

BH

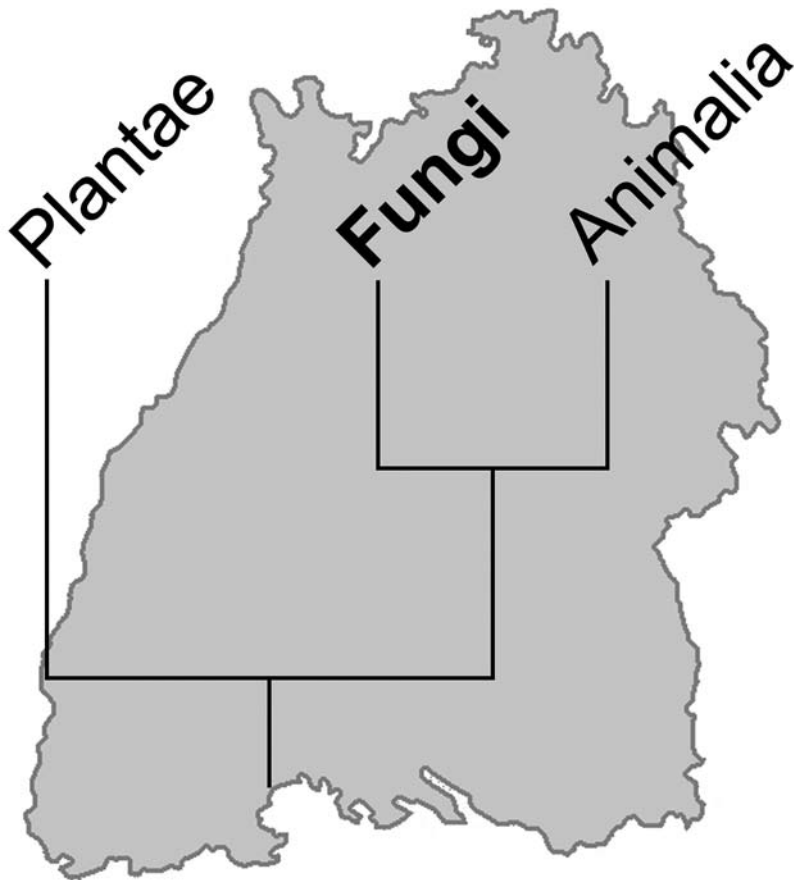
→ BuB

Mykologie in Baden-Württemberg

andrias 19

Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe 1. 12. 2012

Mykologie in Baden-Württemberg



andrias 19

Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe 1.12.2012

ISSN 0721-6513

Herausgeber: Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe

Redaktion: Dr. M. SCHOLLER, Prof. Dr. W. GAMS, Prof. Dr. J. WEINHARDT
unter Mitarbeit von Dr. U. GEBHARDT, Dr. H. HÖFER

Wissenschaftlicher Beirat: Prof. Dr. L. BECK, Prof. Dr. N. LENZ

Wissenschaftliche Gutachter in diesem Band: Dr. P. DIEDERICH,
Dr. habil. M. FISCHER, Prof. Dr. W. GAMS, Prof. Dr. R. KIRSCHNER,
Dr. M. SCHOLLER, Dr. M. VERHAAGH, Prof. Dr. J. WEINHARDT,
PD Dr. habil. M. WEISS, Prof. Dr. W. WINTERHOFF

Repro und Satz: S. SCHARF,
Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe

Druck: Wahl Druck GmbH, Aalen

© Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe
Erbprinzenstraße 13, D-76133 Karlsruhe

Vorwort/Preface

MARKUS SCHOLLER	Morcheln, Mykotoxine und Moleküle: Mykologie in Baden-Württemberg	5
-----------------	--	---

Mykologie an Universitäten

REINHARD FISCHER, JÖRG KÄMPER, PETER NICK & NATALIA REQUENA	Molekulare Mykologie am Karlsruher Institut für Technologie (KIT)	13
FRANZ OBERWINKLER	Mykologie am Lehrstuhl Spezielle Botanik und Mykologie der Universität Tübingen, 1974-2011	23
OTMAR SPRING	Biotrophe Oomyceten, eine sehr spezielle Gruppe von Pflanzenpathogenen	111
MANUEL MÜLLER, MATTHIAS KOHLDORFER, TOBIAS I. LINK & RALF T. VOEGELE	Molekulare Aspekte der obligat biotrophen Parasit-Wirt-Interaktion am Beispiel der Rostpilze	115

Mykologie an außeruniversitären Forschungseinrichtungen

ROLF GEISEN, EVA GRAF & MARKUS SCHMIDT-HEYDT	Molekulare Lebensmittelmykologie am Max Rubner-Institut	119
JAN HINRICHS-BERGER	Untersuchungen pilzlicher Krankheitserreger an Pflanzen am Landwirtschaftlichen Technologiezentrum Augustenberg, Außenstelle Stuttgart	129
ANDREA JONITZ & NORBERT LEIST	Untersuchung von Saatgut auf samenübertragbare pilzliche Schaderreger am Landwirtschaftlichen Technologiezentrum Augustenberg (LTZ), Karlsruhe	135
MARKUS SCHOLLER	Leben nach dem Tod: Die Sammlungen des Pilzherbariums am Staatlichen Museum für Naturkunde (KR)	139

Populärmykologische Einrichtungen

ERNST DITTRICH	„Verein der Pilzfreunde Stuttgart e.V.“ – Zur Geschichte des mitgliederstärksten deutschen pilzkundlichen Ortsvereins.	145
DIETER OBERLE, GEORG MÜLLER, REINHOLD SCHNEIDER, PETER SPERLING † & MARKUS SCHOLLER	Öffentliche Pilzberatung in Karlsruhe früher und heute	155
KARIN PÄTZOLD	„Schwarzwälder Pilzleherschau“ – 50 Jahre populäre Pilzkunde	159
UWE STEDTLER & MAREN HERMANN-CLAUSEN	Pilzvergiftungen – die Perspektive der Vergiftungs-Informations-Zentrale Freiburg	165
GEORG MÜLLER	www.pilzepilze.de: Die erste pilzkundliche Internetseite in Deutschland	171

Originalartikel

Taxonomie, Phylogenie und Floristik

- HANS-OTTO BARAL & GUY MARSON *Deltopyxis triangulispora* gen. et sp. nov., a polysporous *Tromeropsis*-like discomycete of unclear relationship 175
- ANDREAS GMINDER & GÜNTER SAAR Ergänzungen zur Großpilzflora von Baden-Württemberg 185

Ökologie und Naturschutz

- LOTHAR KRIEGLSTEINER Gefährdete Wiesenpilze als Politikum bei der Planung von Baumaßnahmen 225

Phytopathologie und Epidemiologie

- MICHAEL FISCHER Ein Basidiomycet als Neubürger: Vorkommen und Ausbreitung des Mittelmeer-Feuerschwamms (*Fomitiporia mediterranea*, Hymenochaetales) in den badischen Weinbaugebieten, mit Hinweisen zum Vorkommen in Deutschland. 229
- BERTHOLD METZLER Forstpathologische Beiträge zur Erhaltung der Holzqualität bei stehendem und liegendem Holz. 237
- MARKUS SCHOLLER, VERENA HEMM & MATTHIAS LUTZ *Erysiphe platani*: monitoring of an epidemic spread in Germany and molecular characterization based on rDNA sequence data. 263

Medizinische Mykologie

- HERBERT HOF Resistenzen von Pilzen gegen medizinisch relevante Antimykotika 273

Geschichte der Mykologie

- ULRIKE SCHOFER JULIUS HAUCK (1876-1966), ein patriotischer Pilzkundler in Zeiten des 1. Weltkriegs. 281
- JOACHIM WEINHARDT Der Hausschwamm (*Serpula lacrymans*) in der Bibel? Zur Aussatz-Tora Lev 13 und 14 293

Anhang

- Adressen mykologischer Forschungs-, Fortbildungs- und Beratungseinrichtungen sowie von Vereinen und Arbeitsgruppen in Baden-Württemberg. 303

Morcheln, Mykotoxine und Moleküle: Mykologie in Baden-Württemberg

MARKUS SCHOLLER

Pilze verbindet der Laie zunächst meist mit einer leckeren Mahlzeit. Champignons, Steinpilze oder Morcheln sind äußerst schmackhaft und heute regelmäßiger Bestandteil unserer Speisen. Bekannt sind auch die Bierhefe und der Blauschimmel im Käse und damit eher unscheinbare Pilze, die wir (industriell) zur Herstellung oder Veredelung von Lebens- und Genussmitteln nutzen. In die Gruppe der nützlichen Schimmelpilze fallen außerdem wichtige Antibiotikaproduzenten. Andere Pilze fürchten wir, etwa den tödlich giftigen Grünen Knollenblätterpilz, Schimmelpilze an feuchten Wänden und in Lebensmitteln oder den Hausschwamm im Kellergewölbe.

Ansonsten werden Pilze oft nicht wahrgenommen – im Gegensatz zu Pflanzen, die allgegenwärtig sind, oder zu Tieren, wie Eichhörnchen, Blaumeise oder Zitronenfalter, die uns schon im eigenen Garten begegnen. Umso erstaunlicher ist es, dass die so genannten Echten Pilze, zu denen die allermeisten Pilzarten gehören, ein eigenes Reich (Regnum Fungi) von großer Vielfalt bilden. Mit geschätzten 1,5 Millionen Arten übertreffen sie die Gefäßpflanzen um das Fünf- bis Sechsfache. In diesem Zusammenhang sei angemerkt, dass die Pilze, was viele nicht wissen, mitnichten zu den Pflanzen (Regnum Plantae) gehören, sondern die Schwestergruppe der Tiere (Regnum Animalia) bilden. Auch sind sie potentiell unsterblich und bilden die größten Individuen. – So breitet der in der populären Presse häufig als „größter Organismus“ klassifizierte Hallimasch sein Pilzgeflecht über mehrere km² aus. Die Unscheinbarkeit der Pilze erklärt sich damit, dass sie sich dem Menschen meist nur anhand ihrer unregelmäßig und kurzzeitig gebildeten Fruchtkörper zeigen. Die in ihrer Gesamtheit als Myzel bezeichneten Pilzfäden (Hyphen) im Substrat (Boden, Holz, Streu, Horn, lebendes Gewebe von Wirtsorganismen) stellen die meist unsichtbare Hauptmasse des Organismus dar. Die Hyphen scheiden Enzyme in das Substrat aus, nehmen dann die zerkleinerten Teile durch Endocytose auf und gewinnen so die Energie für Wachstum und Fortpflanzung. Durch diese äu-

ßere Verdauung unterscheiden sie sich von den meisten Tieren (innere Verdauung oder Ingestion) und den autotrophen Pflanzen. Bei Pilzen sind drei Grundtypen der Ernährung bekannt: Als Saprobionten zersetzen sie totes organisches Material und mineralisieren es. Ohne Saprobionten wäre ein Leben auf dem Planeten nicht möglich, da die anderen Organismen im „organischen Müll“ ersticken würden. Als Symbionten (Mykorrhiza- und Flechtenpilze) versorgen sie Pflanzen mit Wasser und Mineralstoffen und fördern deren Wachstum. Schließlich gibt es unter den Pilzen auch reichlich Parasiten von Pflanzen und Tieren. Deren Bedeutung u.a. als Regulator und Evolutionsmotor ist immens. Der Mensch sieht das nicht immer aus dieser Perspektive, zumal viele Parasiten auch bedeutende Kulturpflanzenschädlinge sind, die Ernteerträge mindern und Zierpflanzen „verunstalten“.

Wenngleich in der Gesamtbevölkerung das Wissen um Pilze eher gering ist, so muss doch betont werden, dass es auch eine nicht geringe Zahl von Menschen gibt, die sich mit Pilzen beschäftigen. Dies sind einerseits Pilzsammler und Freizeitpilzkundler, häufig organisiert in Pilzvereinen, andererseits professionelle Mykologen, etwa in der freien Wirtschaft (meist Industrie), an Universitäten und anderen Forschungseinrichtungen, Pflanzenzüchter, Phyto- und Forstpathologen, Mediziner, Ökologen, Naturschützer etc. Dies galt und gilt auch heute noch ganz speziell für Baden-Württemberg, das südwestdeutsche Bundesland mit seinen knapp 10,8 Millionen Einwohnern.

Die professionelle wissenschaftliche Mykologie im heutigen Baden-Württemberg nahm ihren Aufschwung, wie andernorts in Mitteleuropa, in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Gefördert wurde sie durch den Staat, auch als Folge der zahlreich eingeschleppten und ökonomisch bedeutenden Kulturpflanzenschädlinge (Kraut- und Knollenfäule der Kartoffel, Echter und Falscher Mehltau des Weins). Hier muss vor allem Prof. HEINRICH ANTON DE BARY (1831-1888) genannt werden. Der in Frankfurt a. M.

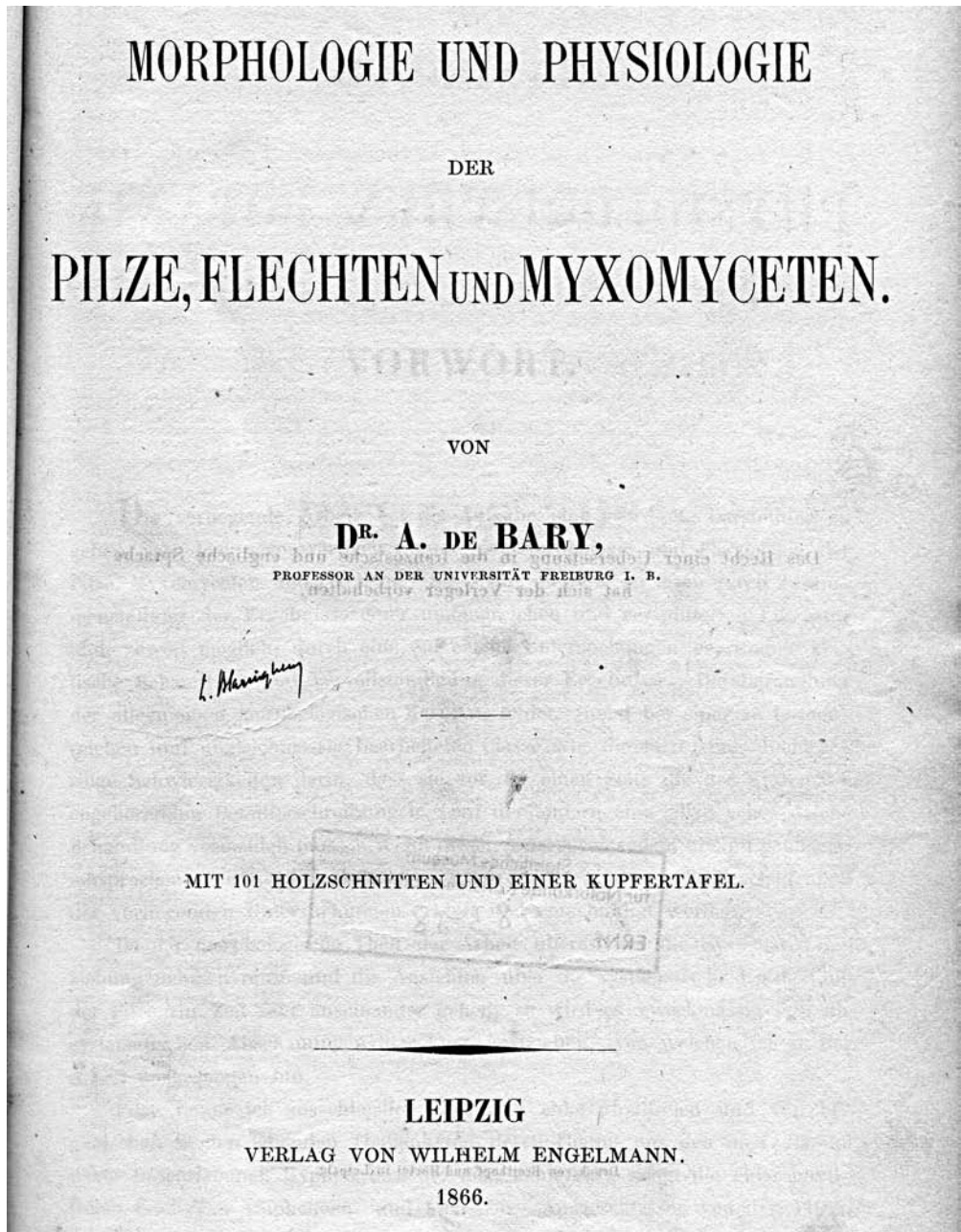
geborene DE BARY ist vielleicht der weltweit bekannteste Mykologe und wird in den USA als „Father of Plant Pathology“ verehrt. Seine wissenschaftlich produktivste Zeit verbrachte er in Baden-Württemberg. Er habilitierte sich an der Universität Tübingen und war danach bis 1866 als Professor an der Universität Freiburg tätig, um danach in Halle a. d. Saale und schließlich in Straßburg zu lehren. Seiner Tätigkeit in Freiburg verdanken wir das bedeutendste Lehrbuch der Mykologie des 19. Jahrhunderts mit dem Titel „Morphologie und Physiologie der Pilze, Flechten und Myxomyceten“, die Entdeckung der Sexualität bei Pilzen, den Entwicklungszyklus des Erregers der Kraut- und Knollenfäule der Kartoffel, den experimentellen Nachweis des Wirtswechsels bei Rostpilzen, Grundlagen zur Flechtensymbiose und vieles mehr. Erstaunlich für die damalige Zeit war, dass DE BARY auch Studenten aus anderen Ländern, selbst aus dem außereuropäischen Ausland, anzog und ausbildete. Diese wiederum exportierten sein mykologisches Know-how in die Welt. In „Introduction to the history of mycology“ (1976) des englischen Mykologen GEOFFREY CLOUGH AINTHWORTH wird DE BARY auf nicht weniger als 41 Seiten und damit häufiger als jeder andere Mykologe zitiert.

Baden-Württemberg hat immer wieder wichtige Mykologen hervorgebracht, so auch in den vorangehenden Jahrzehnten. Einer von ihnen ist Prof. KURT WALTER MENDGEN, ein vielfach ausgezeichnete Wissenschaftler der Universität Konstanz, der die Wirt-Parasit-Interaktionen von Rostpilzen molekularbiologisch und immunhistologisch erforschte. Sein Schüler Prof. RALF THOMAS VOEGELE sowie Prof. OTMAR SPRING setzen diese Forschungsrichtung an der Universität Hohenheim fort. Ein bekannter Flechtenkundler ist der ehemalige Direktor des Karlsruher Naturkundemuseums Prof. VOLKMAR WIRTH. Der ursprünglich aus Bayern stammende Pilzsystematiker und -ökologe Prof. FRANZ OBERWINKLER konnte einen international bedeutenden Lehrstuhl mit Schwerpunkt Mykologie an der Universität Tübingen aufbauen und wurde, als erster und bisher einziger Deutscher, zum Präsidenten der „International Mycological Conference“ gewählt. Auch ist er Chefredakteur von „Mycological Progress“, einer von der „Deutschen Gesellschaft für Mykologie“ herausgegebenen international führenden mykologischen Zeitschrift. Prof. OBERWINKLERS Schüler sind heute weltweit tätig.

Während die Nachfolge von Prof. OBERWINKLER in Tübingen noch nicht geklärt ist, haben sich an

den Universitäten in Hohenheim und Karlsruhe mehrere mykologische Arbeitsgruppen etabliert. An der Karlsruher Universität (Karlsruher Institut für Technologie) gibt es jeweils drei Arbeitsgruppen, die sich teilweise, und drei, die sich ausschließlich mit Pilzen beschäftigen. Die letzteren sind an der Fakultät für Chemie und Biowissenschaften angesiedelt und werden von den Professoren NATALIA REQUENA, REINHARD FISCHER und JÖRG KÄMPER geleitet. Sie arbeiten ausschließlich mit molekularbiologischen Methoden. Berücksichtigt man, dass es weitere Mykologen am Max Rubner-Institut (u.a. mit bedeutender Mykotoxinforschung der Arbeitsgruppe um Prof. ROLF GEISEN), dem Landwirtschaftlichen Technologiezentrum Augustenberg und dem Naturkundemuseum in Karlsruhe gibt, darf man Karlsruhe ein Zentrum der deutschen wissenschaftlichen Mykologie nennen. In Baden-Württemberg gibt es Mykologen außerdem in forstwissenschaftlichen Instituten, Weinbauinstituten, Krankenhäusern und anderen medizinischen Einrichtungen.

Doch würde man der Geschichte der Mykologie in Baden-Württemberg in keiner Weise gerecht, wollte man alleine die professionelle Mykologie hervorheben. Tatsächlich haben ehrenamtliche Pilzfreunde und Freizeitforscher in Baden-Württemberg Erstaunliches vollbracht. So gab es bereits in der ersten Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts ehrenamtliche Pilzberater mit fundierter Artenkenntnis, die in Notzeiten der hungernden Bevölkerung die Speise- und Giftpilze erklärten und ihr Wissen weitergaben. Zu den bekanntesten „Volksmykologen“ gehören wohl der Gablenberger WILHELM OBERMEYER (1861-1920), der Eberbacher JULIUS HAUCK (1876-1966), der Karlsruher PAUL STRICKER (1878-1956) und der Stuttgarter Dr. HANS HAAS (1904-2003). Alle vier waren Lehrer und Verfasser populärer Pilzbücher. Die wohl älteste populärmykologische Bildungseinrichtung in Deutschland, geleitet von Autodidakten, ist die Schwarzwälder Pilzlehrschau in Hornberg. Gegründet von Schullektor MAX HETZEL (1899-1977) und langjährig geleitet von WALTER PÄTZOLD (1948-2011), feiert sie in diesem Jahr (2012) ihren 50. Geburtstag. Beachtlich sind auch die vielen Pilzvereine und ausgebildeten Pilzberater. Dem Stuttgarter Künstler OTTO BARAL (1909-2000) verdanken wir tausende von Pilzaquarellen, die meisten davon aus Baden-Württemberg. Ein baden-württembergischer Pilzfreund, der Meteorologe GEORG MÜLLER, wusste das neue Medium Internet als Erster zu nutzen und gründete das erste deutsche Internetportal



Das bedeutendste Lehrbuch der Mykologie des 19. Jahrhunderts mit dem Titel „Morphologie und Physiologie der Pilze, Flechten und Myxomyceten“ verfasste 1866 der Freiburger Professor HEINRICH ANTON DE BARY. Später (1887) erschien auch eine englischsprachige Ausgabe.

The most important textbook of mycology of the 19th century titled “Morphologie und Physiologie der Pilze, Flechten und Myxomyceten” was written by Professor HEINRICH ANTON DE BARY in Freiburg in 1866. Later in 1887, an English version was published as well.

für Pilzfreunde (pilzpilze.de). Viele Autodidakten waren auch an wissenschaftlich anspruchsvollen Veröffentlichungen beteiligt. Hierzu gehört das dreibändige Werk „Die Myxomyceten“ des Bühler Richters HERMANN NEUBERT (1935-2003) und seiner Mitautoren WOLFGANG NOWOTNY und KARLHEINZ BAUMANN. Letzterer wurde für seine Fotos und Filme vielfach prämiert, zuletzt 2011 mit dem internationalen „Meridian Naturfilmpreis“. Als BAUMANNs Meisterstück gilt vielen der Film „Als wären sie nicht von dieser Welt – Der unmögliche Lebenswandel der Schleimpilze“. Einmalig für ein Bundesland ist auch eine reich illustrierte fünfbandige Großpilzflora Baden-Württembergs, die durch den Lehrer GERMAN JOSEF KRIEGLSTEINER (1937-2001) zusammen mit vielen Freizeitforschern erarbeitet wurde. Stellvertretend für viele Großpilzforscher mit beachtlicher Publikationsliste sei der Riedheimer Industriekaufmann und Dolmetscher MANFRED ENDERLE genannt.

Dass Baden-Württemberg (auch) ein Land der Mykologen war und noch immer ist, dafür sprechen weitere Fakten. So ist der erste populäre Pilzverein 1918 (damals als gesamtdeutscher Verein) in Stuttgart gegründet worden. Aus ihm ging der „Verein der Pilzfreunde Stuttgart e.V.“ hervor. Er ist heute im populären Bereich der mitgliederstärkste deutsche lokale Pilzverein, der sogar eine eigene Zeitschrift herausgibt, die Südwestdeutsche Pilzrundschau. Ferner hat die „Deutsche Gesellschaft für Mykologie“ ihren Sitz in Baden-Württemberg (in Karlsruhe) und die Mehrzahl der 1. Vorsitzenden stammten aus dem „Ländle“. Prof. LUDWIG KLEIN (1857-1928), Ordinarius an der Karlsruher Universität und deren zweimaliger Rektor, machte 1923 den Anfang. Momentan steht kein Baden-Württemberger der Gesellschaft vor. Dies gilt aber nicht für die Interessensvereinigung der medizinischen Mykologie, der „Deutschsprachigen Mykologischen Gesellschaft e.V.“ (DMyG), die aktuell von dem Tübinger Dermatologen Prof. MARTIN SCHALLER geleitet wird.

All dies ist Grund genug, die aktuelle Mykologie in Baden-Württemberg einmal in einem andrias-Band vorzustellen. Es war uns wichtig, neben professionellen Mykologen auch Amateure zu Wort kommen zu lassen. Im ersten allgemeinen Teil berichten Autoren verschiedener öffentlicher Einrichtungen über ihre mykologischen Aktivitäten in Forschung, im Dienstleistungs- und im Öffentlichkeitsbereich. Der zweite Teil umfasst wissenschaftliche Originalarbeiten von Mykologen aus den unterschiedlichsten Disziplinen,

meist mit Bezug zu Baden-Württemberg. Es hätte noch eine Vielzahl potentieller Autoren in Baden-Württemberg gegeben, doch war Vollständigkeit nicht Ziel dieses Bandes. Um Vollständigkeit bemüht haben wir uns dagegen bei der Auflistung der Adressen mykologischer Institutionen im Anhang und damit über das „Who is who“ in der Mykologie Baden-Württembergs.

Mein sehr großer Dank bei der Gestaltung von „Mykologie in Baden-Württemberg“ gilt zwei externen Kollegen, Herrn Prof. WALTER GAMS (Baarn, Niederlande) und Herrn Prof. JOACHIM WEINHARDT (Karlsruhe), die ich für eine Mitarbeit gewinnen konnte und die mir bei der Überarbeitung der Manuskripte besonders zur Seite standen. Mein Dank gilt ferner Herrn STEFAN SCHARF für die kompetente digitale Umsetzung, Herrn Dr. HUBERT HÖFER (Leiter der Abteilung Biowissenschaften im Naturkundemuseum Karlsruhe) für die Unterstützung des Projekts, den zahlreichen Reviewern und dem Förderverein „Freunde des Naturkundemuseums Karlsruhe e.V.“ für einen Druckkostenzuschuss. Schließlich danke ich allen Autoren für ihre interessanten Beiträge und die sehr gute Zusammenarbeit.

Morels, mycotoxins and molecules: Mycology in Baden-Württemberg

At first sight, most people will associate fungi with a tasty meal as button mushrooms, beefsteak mushrooms, and morels are very delicious and common components in our kitchen. Well-known are also, although rather inconspicuous, fungi like brewer's yeast and blue mould of cheese which we use (industrially) for the production or refinement of food and luxury food. Antibiotic-producing moulds are among the useful fungi as well. We dread other fungi, such as the life-threatening poisonous death cap, moulds on the wall or the dry rot fungus in a cellar vault.

Apart from this, fungi often pass unnoticed in contrast to plants, being omnipresent, or animals, like squirrels, blue tits or brimstone butterflies in your own garden. This is astonishing. Finally, the so-called true fungi, to which most fungal species belong, form their own kingdom (Regnum Fungi) with high diversity. With an estimated 1.5 million species the fungi outnumber the vascular plants by a factor of five to six. In this context it should be emphasized that fungi are not related to plants (Regnum Plantae) but they form a sister group with animals (Regnum Animalia). Fungi are



„Pilzausstellung Feuerbach 19.9.1977“. Skizze des Stuttgarter Künstlers OTTO BARAL.

„Mushroom exhibition Feuerbach 19.9.1977“. Sketch of OTTO BARAL, an artist from Stuttgart.

potentially immortal and they form the tallest individuals. The honey mushroom, often classified as the tallest organism on earth by the popular press, can form a mycelium of several km². The inconspicuous nature of fungi may be explained by their short-lived and erratically formed fruit-bodies, the only part of the fungus that we see. The major part of the fungal biomass consists of invisible hyphae (in a body called mycelium) in the substrate such as soil, wood, litter, horn, or living tissue of hosts. Hyphae release enzymes into the substrate and after decomposition take up smaller soluble components by endocytosis and thus gain their energy for growth and reproduction. This external digestion is different from the internal digestion (ingestion) of most animals and the autotrophic life style of plants. There are three basic types of nutrition in fungi: As saprobes they decompose dead organic material and mineralize it. Without fungal saprobes life on our planet would not be possible, because other organisms would suffocate in the organic "waste". As symbionts (mycorrhizal and lichenized species) they supply plants or algae with water and minerals and promote their growth. Finally, there are many parasites of plants and animals. Their significance among other things as regulator and promoter of evolutionary processes is immense. Many people view this differently, the more so as many parasites are pests of cultivated plants reducing crop yields and misshape ornamental plants.

Although the knowledge about fungi is rather limited in the general public, it should be emphasized, that there is a considerable number of people dealing with fungi. On the one side, there are mushroom hunters and amateur mycologists, often organized in public mushroom clubs, on the other side professional mycologists are working in commercial (mostly industrial) sectors, as researchers in universities and other research institutions, plant breeders, plant and forest pathologists, physicians, ecologists, conservationists etc. This formerly and presently holds for Baden-Württemberg, the southwestern German federal state with its close to 10.8 million people.

As in other parts of Central Europe, the professional scientific mycology in today's Baden-Württemberg boosted in the second part of the 19th century. It was promoted by the state, among other things as a consequence of numerous introduced fungal pests (late blight of potato, powdery and downy mildew of grape). Here particu-

larly Prof. HEINRICH ANTON DE BARY (1831–1888) must be mentioned. DE BARY, born in Frankfurt a. M., is probably the world's most famous mycologist. In the USA, he is venerated as "father of plant pathology". Scientifically, he spent his most productive period in Baden-Württemberg. He was promoted professor (habilitation) at the University of Tübingen and taught as professor at Freiburg University until 1866 (afterwards accepting positions in Halle a. d. Saale and finally in Straßburg, today belonging to France). During his period in Freiburg i. B. he wrote the most important mycological textbook of the 19th century titled "Morphology and Physiology of Fungi, Lichens and Slime moulds"; we owe him the discovery of sexuality in fungi, the life cycle of the causative agent of the light blight of potato, the experimental evidence of host-alternation in rust fungi, the fundamentals of the lichen symbiosis etc. For this period, it is exceptional that DE BARY attracted and taught students from foreign countries, even from non-European ones. These students, in turn, brought de BARY's know-how to other continents. In „Introduction to the history of mycology (1976)" by the English mycologist GEOFFREY CLOUGH AINTHWORTH, DE BARY is cited more than any other mycologist on not less than 41 pages.

Baden-Württemberg always generated important mycologists, so it did in the preceding decades. One is Prof. KURT WALTER MENDGEN, a multiply-decorated scientist of the University of Konstanz (Constance), who studied host-parasite interactions on a molecular and immune-histological level. His former student, RALF THOMAS VOEGELE, and Prof. OTMAR SPRING are carrying this topic of research at the University of Hohenheim forward. A well-known lichenologist is the former director of the Natural History Museum in Karlsruhe, Prof. VOLKMAR WIRTH. Prof. FRANZ OBERWINKLER, a fungal systematist and ecologist of Bavarian origin, established an internationally important chair with emphasis on mycology at the University of Tübingen. He is the first and only German mycologist appointed president of the „International Mycological Conference". He also is editor-in-chief of "Mycological Progress", one of the leading international mycological journals. Today, Prof. OBERWINKLER's former students are scattered throughout the world. Whether Prof. OBERWINKLER's chair in Tübingen will be re-occupied or not by a mycologist is still undecided. Meanwhile, however, several mycological groups have been established at the universities

in Hohenheim and Karlsruhe. At Karlsruhe University (Karlsruhe Institute of Technology) there are three research groups which partly, and three which only study fungi. The latter are integrated in the faculty of chemistry and biosciences and are supervised by the professors NATALIA REQUENA, REINHARD FISCHER and JÖRG KÄMPER. They apply molecular biological methods exclusive. Considering that there are further mycologists at the Max Rubner-Institut (Federal Research Institute of Nutrition and Food), at the Agricultural Technology Centre Augustenberg, and at the State Museum of Natural History Karlsruhe can be regarded as a centre of scientific mycology in Germany. There are mycologists in further institutions in Baden-Württemberg, such as forest science and viticulture institutes, hospitals and other medical facilities.

But you would by no means do justice to the history of mycology in Baden-Württemberg, when considering professional mycology only. In fact, many mushroom friends and amateur researchers in Baden-Württemberg have performed astonishing results. Already in the first part of the twentieth century, there were many competent honorary mushroom advisers with a good knowledge of species, who explained edible and poisonous mushrooms to starving people in times of need and passed their knowledge on to other people. Among the best known "people's mycologists" are WILHELM OBERMEYER from Gablenberg, JULIUS HAUCK (1876-1966) from Eberbach, PAUL STRICKER (1878-1956) from Karlsruhe und Dr. HANS HAAS (1904-2003) from Stuttgart. All of them were teachers and authors of popular mushroom books. The "Schwarzwälder Pilzlehrschau", a mycology education center in the Black Forest, celebrates its 50th anniversary this year (2012). It was founded by the head master MAX HETZEL (1899-1977) and it was managed longest and until 2011 by WALTER PÄTZOLD (1948-2011). The high number of public mushroom clubs and trained mushroom advisers are remarkable as well. Thanks are due to the artist OTTO BARAL (1909-2000) from Stuttgart for thousands of mushroom water colours mainly from Baden-Württemberg. It was a mushroom lover from Baden-Württemberg, the meteorologist GEORG MÜLLER, who for the first time used the internet in Germany to generate a mycological news network. He founded the first German internet portal called "pilzepilze.de". Many self-educated persons contributed to appealing publications. This especially holds for the beautifully illustrated

three-volume publication „Die Myxomyceten“ (“The Myxomycetes”) by a judge from Bühl, HERMANN NEUBERT (1935-2003) and his co-authors WOLFGANG NOWOTNY and KARLHEINZ BAUMANN. The latter has received several awards for his photographs and films, ultimately in 2011, when he received the renowned international “Meridian Naturfilmpreis” (“Meridian Nature Film Award”). Many consider his documentary film titled „As if they were not from this world. – The impossible life cycle of the slime moulds“ BAUMANN’s masterpiece. Exceptional for a German federal state is a well-illustrated five-volume macrofungus flora initiated by the teacher GERMAN JOSEF KRIEGLSTEINER (1937-2001) in co-operation with many amateur mycologists. The industrial clerk and interpreter MANFRED ENDERLE from Riedheim is representative among macrofungal research amateurs with a considerable output of publications.

There is additional evidence that Baden-Württemberg has been and still is (also) a country of mycologists. The first German mushroom club (at that time an all-German club) was founded in Stuttgart in 1918. Later, the “Verein der Pilzfreunde Stuttgart e.V.” has arisen from this. Today, it is the most popular local mushroom club in Germany with the highest number of members and an own journal called “Südwestdeutsche Pilzrundschau”. Furthermore, the “German Mycological Society” („Deutsche Gesellschaft für Mykologie“, DGfM) is registered in Karlsruhe and most of its chairmen were from the state of Baden-Württemberg. Prof. LUDWIG KLEIN (1857-1928), ordinary professor at the University of Karlsruhe (of which he was dean twice) was the first one appointed in 1923. At present, no-one from Baden-Württemberg is heading this Society, but the association of medical mycologists, called “Deutschsprachige Mykologische Gesellschaft e.V.” (DMYkG) is presently headed by the dermatologist Prof. MARTIN SCHALLER from the University of Tübingen.

All this is good reason to introduce today’s mycology in Baden-Württemberg in a volume of “andrias”. Again, amateur as well as professional mycologists have contributed to this volume. In the first general part, authors of various public facilities report about their mycological activities in research, service and work for the public. The second part includes research articles mostly with reference to Baden-Württemberg by researchers from different fields. There is a great number of potential authors in Baden-Württemberg, but, of course, to let all of them write an article is beyond

the scope of this volume. But we have tried to be complete in the addendum, where the addresses of public mycological institutions are listed and information is given about who is who in mycology in Baden-Württemberg.

I am deeply grateful to two external colleagues whose assistance I obtained for "Mycology in Baden-Württemberg", Prof. WALTER GAMS (Baarn, The Netherlands) und Prof. JOACHIM WEINHARDT (Karlsruhe) who helped to proof-read and review

articles. Thanks are also due to STEFAN SCHARF who carried out the computer-graphical work, to Dr. HUBERT HÖFER (head of the bioscience department of the natural history museum) for supporting this project, to the numerous reviewers and to the friends' association "Freunde des Naturkundemuseums Karlsruhe e.V." for a contribution towards the printing costs. Finally, I am very obliged to all authors for their interesting contributions and for good collaboration.

Molekulare Mykologie am Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

REINHARD FISCHER, JÖRG KÄMPER, PETER NICK & NATALIA REQUENA

Kurzfassung

Am Karlsruher Institut für Technologie (KIT), das aus der Zusammenfügung der Universität Karlsruhe mit dem Helmholtz-geförderten Forschungszentrum 2008 entstanden ist, untersuchen vier Arbeitsgruppen ein breites Spektrum an pathogenen, symbiontischen und saproben Pilzen mit molekularbiologischen Methoden. Prof. REINHARD FISCHER und Mitarbeiter arbeiten an Wachstumsmechanismen und Lichtperzeption bei *Aspergillus (Emericella) nidulans* und Mechanismen der Mykotoxinproduktion bei *Alternaria alternata* als Beispiele saprober Schimmelpilze. Prof. JÖRG KÄMPER und Mitarbeiter bearbeiten den Pilz des Maisbeulenbrandes als Modell für phytopathologische Interaktionen. Prof. NATALIA REQUENA spezialisiert sich auf zelluläre Interaktionen zwischen arbuskulären Mykorrhiza-Pilzen und ihren Wirtspflanzen. Prof. PETER NICK versucht, den wertvollen Rebsorten Resistenzgene aus Wildarten einzubauen, um den benötigten Fungizideinsatz so stark wie möglich zu reduzieren.

Abstract

Molecular mycology at the Karlsruhe Institute of Technology (KIT)

At the Karlsruhe Institute of Technology (KIT) that has arisen from the combination of the Universität Karlsruhe and the Forschungszentrum supported by Helmholtz in 2008, four working groups are studying members of all groups of fungi, saprobes, symbionts and pathogens, at the molecular level. Prof. REINHARD FISCHER and coworkers work on growth mechanisms and light perception in *Aspergillus (Emericella) nidulans*, and mechanisms of mycotoxin production by *Alternaria alternata* as examples of saprobic molds. Prof. JÖRG KÄMPER and coworkers study *Ustilago maydis* as a model of phytopathogenic interactions. Prof. NATALIA REQUENA specializes on cellular interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and their host. Prof. PETER NICK attempts to insert resistance genes of wild grape species into valuable grape cultivars, in order to minimize the application of fungicides.

Autoren

Prof. Dr. REINHARD FISCHER, Prof. Dr. JÖRG KÄMPER, Karlsruhe Institute of Technology, Institute for Applied Biosciences, Dept. of Microbiology and Dept. of Genetics, Hertzstr. 16, 76187 Karlsruhe, Germany, E-Mail: reinhard.fischer@KIT.edu, joerg.kaemper@KIT.edu.

Prof. Dr. PETER NICK, Karlsruhe Institute of Technology, Botanical Institute, Dept. of Molecular Cell Biology, Kaiserstr. 2, 76128 Karlsruhe, Germany, E-Mail: peter.nick@KIT.edu

Prof. Dr. NATALIA REQUENA, Karlsruhe Institute of Technology, Botanical Institute, Dept. of Molecular Phytopathology, Hertzstr. 16, 76187 Karlsruhe, Germany, E-Mail: natalia.requena@KIT.edu

1 Geschichte der Mikrobiologie und Mykologie am KIT

Das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) wurde offiziell im Jahre 2008 mit dem Zusammenschluss der Universität Karlsruhe und dem Helmholtz-geförderten Forschungszentrum Karlsruhe gegründet. Dieser Zusammenschluss war Teil eines Zukunftskonzeptes des Standortes Karlsruhe im Rahmen der von der Deutschen Forschungsgemeinschaft initiierten Exzellenzinitiative. Das KIT wurde als eine von zunächst drei Eliteuniversitäten in Deutschland ausgezeichnet.

Die Mikrobiologie und Mykologie hat eine lange Tradition an der Universität Karlsruhe, die 1825 zunächst als polytechnische Schule gegründet wurde und sich fortan stetig vergrößerte. Um die Jahrhundertwende gab es bereits eine Zoologie und eine Botanik. 1891 wurde LUDWIG KLEIN zum Professor für Botanik ernannt, der sich sehr für Großpilze interessierte und 1912 Mitgründer der Deutschen Gesellschaft für Pilzkunde war. Einer der Pioniere der Mykologie und Mikrobiologie in Karlsruhe war WALTER MIGULA, der sich 1890 in Botanik habilitierte und bis 1904 Professor war. Er beschrieb die wichtige Bakteriengattung *Pseudomonas*. Im Jahre 1956 wurde HANS KÜHLWEIN als Professor für Botanik berufen. Er arbeitete nicht nur mit Myxobakterien, sondern auch mit holzzerstörenden Pilzen, wie z.B. dem Hausschwamm. Im Jahre 1967 wurde die Universität neu strukturiert, Professor WALTER ZUMFT wurde 1982 als Mikrobiologe berufen und die Mikrobiologie 2004 durch Professor REINHARD FISCHER verstärkt. Während sich Herr ZUMFT mit Bakterien beschäftigte, die am Umsatz von Stickstoffverbindungen im Boden beteiligt sind, ist das Forschungsgebiet von Herrn FISCHER die molekulare Mykologie. Im Jahre 2005 kam die Abteilung Pflanzen-Mikroben-Interaktionen, zunächst als Heisenberggruppe, heute

als gleichwertige Abteilung Molekulare Phytopathologie, dazu. Das Team wurde durch die Abteilung Genetik, in der das Mais-Pathogen *Ustilago maydis* untersucht wird, im Jahre 2008 weiter verstärkt. Die botanische Abteilung Molekulare Zellbiologie beschäftigt sich in einigen Projekten ebenfalls mit phytopathogenen Pilzen. So hat sich aus einem Botanikprofessor, der sich vor mehr als 100 Jahren für Pilze interessierte, heute eine Forschungslandschaft mit mehr als 60 Mitarbeitern, bestehend aus mehreren Professuren, vielen Doktoranden und Masterstudenten entwickelt.

2 Saprobe Schimmelpilze – von der Grundlagenforschung zur Anwendung

(Leiter der Arbeitsgruppe:

Prof. Dr. REINHARD FISCHER, seit 2004 am KIT)

Ewiges Spitzenwachstum – die Wuchsform filamentöser Pilze

Eine faszinierende Eigenschaft filamentöser Pilze ist das fädige Wachstum. Die Pilzfäden können prinzipiell unendlich weit wachsen, so dass pilzliche Individuen viele km² einnehmen können und die größten Organismen der Erde darstellen. Das Wachstum ist auf die Spitze der Hyphen beschränkt und erfordert die kontinuierliche Fusion von sekretorischen Vesikeln mit der Membran. Dadurch werden Enzyme, die für die Zellwandbiosynthese benötigt werden, ausgeschieden. Außerdem wird durch die Fusion der Membranvesikel die Cytoplasmamembran ständig vergrößert. Durch den intrazellulären Druck wird die Hyphe schließlich vorne verlängert. Eine spannende Frage betrifft die Markierung der Hyphenspitze als Wachstumszone. Warum wächst eine Pilzzelle nur an der Spitze? Diesem Phänomen geht die Arbeitsgruppe von Professor FISCHER nach. Sie hat Proteine entdeckt, die an der wachsenden Hyphenspitze lokalisiert und für eine Ausrichtung des Aktincytoskeletts verantwortlich sind. Fehlt eine dieser Komponenten, wachsen die Pilzhypen nicht mehr gerade, sondern in Mäandern (Tafel 1, Abb.1).

Pilze „sehen“ rotes und blaues Licht

Betrachtet man die Fruchtkörper vieler Pilze in unseren Wäldern, ist gleich offensichtlich, dass es sich um *sessile* Lebewesen handelt, die sich nicht durch aktive Bewegung verbreiten können. Dennoch sind es gerade diese Fruchtkörper, die durch Bildung von Abermillionen mikroskopisch kleiner Sporen und mit Hilfe von Wind und Was-

ser die Verbreitung der Organismen gewährleisten. Da es sich um komplexe Strukturen handelt, erfordert die Bildung der Fruchtkörper und der Sporen eine regelrechte Umprogrammierung der Pilzzellen. Klar, dass der *Startschuss* zur Bildung der Fruchtkörper genauestens gesteuert werden muss. Jeder Pilzsammler weiß, dass viele Arten vor allem bei feuchtem Wetter zu finden sind. Ein weiterer wichtiger Parameter ist die Erkennung der Bodenoberfläche. Pilzhypen leben vor allem im Boden, im Verborgenen. Die Bildung der Fruchtkörper hat aber nur an der Bodenoberfläche einen Sinn. Eine Ausnahme bilden Trüffel, die ihre Fruchtkörper unterirdisch bilden und zu ihrer Verbreitung auf Tierfraß angewiesen sind. Licht zeigt dem Pilz, ob er im Boden oder auf der Oberfläche wächst. Deshalb ist es nicht verwunderlich, dass Pilze in der Evolution ein ausgeklügeltes Lichtwahrnehmungssystem entwickelt haben. Sie besitzen mehrere Photorezeptoren, die blaues, rotes oder grünes Licht wahrnehmen können.

Die Gruppe von Professor FISCHER untersucht die Lichtwahrnehmung im Modellorganismus *Aspergillus (Emericella) nidulans* und hat kürzlich Blaulicht- und Rotlichtrezeptoren entdeckt, die sogar miteinander interagieren. Der Rotlichtrezeptor ist Phytochrom, der zentrale Lichtregulator auch in Pflanzen. Die Entdeckung von Phytochrom in Pilzen eröffnet ganz neue Möglichkeiten, die Funktion des Rezeptors zu verstehen (Tafel 2, Abb. 2).

Gift oder Medikament – Untersuchung des pilzlichen Sekundärmetabolismus

Pilze zeichnen sich durch einen äußerst mannigfaltigen Sekundärmetabolismus aus. Produkte dieses Sekundärmetabolismus umfassen sowohl für den Menschen nützliche Substanzen wie auch krebserregende oder lebensgefährliche Moleküle. Zu den nützlichen Substanzen zählen viele unserer Antibiotika oder andere Medikamente, während z.B. das Gift des Knollenblätterpilzes äußerst gefährlich ist und oft zu Todesfällen führt. Schimmelpilze bilden meist keine akut toxischen Verbindungen, sondern viele Stoffe mit karzinogenem oder teratogenem Potenzial. Dazu zählen Aflatoxin, Ochratoxin oder auch Alternariol. Deshalb werden unsere Lebensmittel hinsichtlich des Toxingehaltes kontrolliert, bevor sie zum Verzehr freigegeben werden. Während die Bildung, aber auch die toxikologische Wirkung von Aflatoxin recht gut untersucht ist, ist das Wissen über Alternariol noch sehr beschränkt. Alternariol

wird z.B. von der Sammelart *Alternaria alternata*, einem häufigen Schimmelpilz auf Lebensmitteln, gebildet (Tafel 3, Abb. 3).

Die Gruppe von Professor FISCHER untersucht die Genetik der Alternariolbildung, um den Biosyntheseweg sowie die Regulation der Expression der Gene zu verstehen. Die Untersuchungen könnten zu verbesserten Anweisungen zur Ernte und/oder Lagerung von Lebensmitteln beitragen, um die Alternariolbildung in Lebensmitteln zu minimieren. Daneben versucht die Gruppe, auch neue Sekundärmetabolite zu identifizieren und deren toxikologisches Potenzial sowie eine mögliche pharmakologische Wirkung zu prüfen.

Vom „Regenschirm“ der Pilze zur Beschichtung technischer Oberflächen

Vor nunmehr 20 Jahren wurde in einem an totem Holz wachsenden Pilz, *Schizophyllum commune*, ein kleines, wasserabweisendes und in herkömmlichen Lösemitteln unlösliches Protein, das als Hydrophobin bezeichnet wurde, entdeckt. Dieses Protein wurde danach in vielen Pilzen gefunden und es zeigte sich, dass eine ganze Reihe verwandter Proteine diese Funktion erfüllen. In *Aspergillus nidulans* gibt es insgesamt sechs Hydrophobine. Eines davon bildet eine filamentartige Struktur auf der Oberfläche der asexuellen Konidien. Viele dieser Filamente (sog. Rodlets) liegen dicht an dicht nebeneinander und führen zu einem strohballenartigen Aussehen der Oberfläche, wenn sie im Rasterelektronenmikroskop oder mit einem Rasterkraftmikroskop sichtbar wird. Das Protein macht die Sporenoberfläche hydrophob und widerstandsfähig. Vor kurzem ist es Kollegen der BASF SE gelungen, eines der *A. nidulans* Hydrophobine biotechnologisch herzustellen (www.hydrophobin.basf.com). Es wird unter dem Namen *H-Star Protein* vertrieben. Die Möglichkeit der großtechnischen Gewinnung eröffnet viele neue Wege der Anwendung dieses interessanten Proteins. Die Arbeitsgruppe von Professor FISCHER versucht, andere Proteine, Peptide oder funktionelle Gruppen mit Hydrophobin zu fusionieren, um Oberflächen zu funktionalisieren. Die Anwendungen reichen von der Beschichtung von Knochenimplantaten bis zur Nanotechnologie (Tafel 3, Abb. 4).

Ausgewählte Publikationen

FISCHER, R., ZEKERT, N. & TAKESHITA, N. (2008): Polarized growth in fungi – interplay between the

cytoskeleton, positional markers, and membrane domains. – *Mol. Microbiol.*, **68**(4): 813-826.

PURSCHWITZ, J., MÜLLER, S., KASTNER, C., SCHÖSER, M., HAAS, H., ESPESO, E. A., ATOUI, A., CALVO, A. M. & FISCHER, R. (2008): Functional and physical interaction of blue and red-light sensors in *Aspergillus nidulans*. – *Curr. Biol.*, **18**: 255-259.

RODRIGUEZ-ROMERO, J., HEDTKE, M., KASTNER, C., MÜLLER, S. & FISCHER, R. (2010): Fungi, hidden in soil or up in the air – Light makes a difference. – *HERMANT Ann. Rev. Microbiol.*, **64**: 585-610.

TAKESHITA, N., HIGASHITSUJI, Y., KONZACK, S. & FISCHER, R. (2008): Apical sterol-rich membranes are essential for localizing cell end markers that determine growth directionality in the filamentous fungus *Aspergillus nidulans*. – *Mol. Biol. Cell*, **19**(1): 339-351.

ZEKERT, N. & FISCHER, R. (2009): The *Aspergillus nidulans* kinesin-3 UncA motor moves vesicles along a subpopulation of microtubules. – *Mol. Biol. Cell*, **20**: 673-684.

3 Der phytopathogene Pilz *Ustilago maydis*

(Leiter der Arbeitsgruppe:

Prof. Dr. JÖRG KÄMPER, seit 2007 am KIT)

Ustilago maydis ist der Erreger der Beulenbrandkrankheit bei Mais. Der Pilz gehört zu einer großen Gruppe von Pflanzenschädlingen, den Brandpilzen.

Ustilago maydis hat sich in den letzten Jahrzehnten zu einem der führenden Modellsysteme für pflanzenpathogene Pilze entwickelt. Der Pilz ist hoch spezialisiert auf Mais. *U. maydis* durchläuft einen komplexen Lebenszyklus auf der Oberfläche und im Gewebe der Maispflanze. In der „saprotrophen Phase“ wächst der Maisbrand außerhalb der Pflanze; einzelne Zellen des Pilzes, Sporidien genannt, teilen sich durch Ab sprossen neuer Zellen, ähnlich wie die Bäckerhefe *Saccharomyces cerevisiae*. Die Sporidien sind haploid, d.h. sie besitzen nur einen Satz ihrer Chromosomen. Die Sporidien sind nicht in der Lage, Maispflanzen zu infizieren. Wenn jedoch zwei unterschiedliche Sporidien miteinander verschmelzen, wird die typische fadenförmige Struktur filamentöser Pilze, die Hyphe, gebildet. Jede Zelle der Hyphe hat nun zwei Kerne, die den Kernen der fusionierten Sporidien entsprechen. Diese sogenannten dikaryotischen Hyphen

sind in der Lage, die Pflanze zu infizieren (Tafel 4, Abb. 5c) und sind für die weitere Entwicklung auf lebendes Pflanzengewebe angewiesen (biotrophe Phase). Die Pflanzeninfektion führt zur Bildung von Tumoren (Tafel 4, Abb. 5a), in denen sich der Pilz massenhaft vermehrt (Tafel 4, Abb. 5 s1, d2). Gegen Ende der Infektion sind diese Tumore mit Millionen dunkel gefärbter Brandsporen gefüllt; erst in den Sporen verschmelzen die beiden Kerne des Dikaryons; die Kerne haben nun einen doppelten Chromosomensatz (diploid). Unter geeigneten Bedingungen keimen die Brandsporen aus, es kommt zur Meiose und wieder zur Bildung haploider Sporidien.

***Ustilago maydis* als Modellsystem**

Im Gegensatz zu den meisten biotrophen Pilzparasiten, die außerhalb ihrer Wirtspflanzen nicht kultiviert werden können, können zumindest die Sporidien von *U. maydis* leicht auf künstlichen Nährböden vermehrt werden. Die Pilzzellen sind sehr gut zugänglich für genetische und molekularbiologische Untersuchungen. Es ist leicht möglich, gezielt bestimmte Gene zu zerstören, zu verändern oder unter definierten Bedingungen an- und abzuschalten. Zellbiologische Untersuchungen werden durch eine Vielzahl fluoreszierender Proteine (wie das Grün Fluoreszierende Protein, GFP) erleichtert, was die Untersuchung von Proteinen und Prozessen in der lebenden Zelle ermöglicht. Fluoreszierende Proteine erleichtern auch die Beobachtung des Pilzwachstums innerhalb der Pflanze, wodurch beispielsweise die Auswirkungen von bestimmten Genveränderungen auf die pathogene Entwicklung untersucht werden können (Tafel 4, Abb. 5c, d1, d2).

Genetische Kontrolle der Pathogenität

Eine bemerkenswerte Eigenschaft von *U. maydis*, aber auch aller anderen Brandpilze ist, dass der Pilz erst nach Verschmelzung zweier Sporidien pathogen wird. Dieser Prozess wird genetisch durch die beiden Kreuzungstyp-Loci kontrolliert; die Zellen fusionieren nur, wenn sie sowohl verschiedene Allele (Zustandsformen) des *a*- als auch des *b*-Kreuzungstyp-Locus besitzen. Jedes der mindestens 19 verschiedenen *b*-Allele kodiert für zwei verschiedene Transkriptionsfaktoren, *bE* und *bW* genannt, die als Schalter für Gene funktionieren. Während der *a*-Locus die Annäherung der Zellen und die Zellfusion steuert, hat der *b*-Kreuzungstyp-Locus die Rolle eines zentralen Schalters für die pathogene

Entwicklung. Tragen die Zellen beide verschiedenen Allele des *b*-Locus (z.B. *b1* und *b2*), wird das pathogene Programm angeschaltet; haben die Zellen die gleichen Allele (*b1* und *b1*), kann der Pilz die Pflanze nicht infizieren. Die Zellfusion kann im Labor auf aktivkohlehaltigen Festmedien erfolgen; die Bildung der Hyphen ist makroskopisch an der watteartigen Oberfläche der Kolonie erkennbar (Tafel 5, Abb. 5c).

Was versteckt sich nun hinter diesen verschiedenen Allelen? Wenn die *bE* und *bW* Proteine von verschiedenen Allelen abstammen, lagern sich die Proteine aneinander und bilden ein Heterodimer, das DNA bindet und eine Vielzahl von Genen an- oder abschaltet; *bE*- und *bW*-Proteine des gleichen Allels können dies nicht.

Unser Hauptinteresse liegt in der Aufklärung der Mechanismen, die bei *U. maydis* zur Etablierung der pathogenen Phase führen. Um den Eintritt in die pathogene Phase gezielt untersuchen zu können, haben wir die Pilzzellen genetisch so manipuliert, dass das aktive *bE1/bW2* Heterodimer kontrolliert gebildet wird, wodurch die pathogene Entwicklung beginnt. Die Verfügbarkeit solcher Stämme hat erstmals einen breit angelegten genetischen Zugang zur Identifizierung von Prozessen, die die pathogene Entwicklung steuern, ermöglicht. So wissen wir genau, welche Gene direkt durch *bE1/bW2* reguliert werden. Unter diesen sogenannten Klasse-1-Genen befinden sich wiederum Regulatoren, die weitere Gene (Klasse-2-Gene) regulieren, die erneut Regulatoren regulieren; wir haben also ein sehr komplexes Netzwerk unterhalb des zentralen Pathogenitätsschalters *bE1/bW2* (Tafel 5, Abb. 6). Über dieses Netzwerk findet eine Signalintegration statt, über welche die Zellteilung (Entwicklung) und die Adaptation der Hyphne in der Pflanze koordiniert wird. Verschiedene der von uns identifizierten Regulatoren sind für die pathogene Entwicklung absolut notwendig. Neben dem *bE/bW* Heterodimer ist *Rbf1* der zentrale Transkriptionsfaktor, der für die Regulation der meisten *bE/bW* regulierten Gene notwendig ist. Einer der *Rbf1*-abhängigen Transkriptionsfaktoren ist *Biz1*; *Biz1* wiederum koordiniert die Expression während der frühen Infektionsphase auf der Pflanzenoberfläche. Interessanterweise haben alle diese Regulatoren auch Einfluss auf die Zellteilung. Das aktive *bE/bW* Heterodimer verhindert nach der Zellfusion der Sporidien eine weitere Teilung der Zellkerne. Dieser Zellzyklus-Arrest wird erst aufgehoben, wenn die Zellen eine Pflanze infizieren. Aber wie kommt

es zu diesem koordinierten Start der Zellteilung? Wir konnten zeigen, dass dafür das *clp1*- Gen notwendig ist, eines der wenigen direkt vom *b*-Kreuzungs-Locus regulierten Klasse-1-Gene. Das Clp1 Protein wird genau zum Zeitpunkt der Pflanzenpenetration gebildet und lagert sich dann an das bW und das Rbf1 Protein an, wodurch deren Funktion verändert und der Zellzyklus-Block aufgehoben wird.

Sezernierte Proteine und Pflanzenabwehr

Verschiedene der von uns identifizierten regulatorischen Proteine koordinieren die Bildung von Proteinen, die für die Infektion der Pflanze absolut notwendig sind. Diese sogenannten Effektoren werden von den Pilzzellen sezerniert und unterdrücken zum Beispiel Abwehrreaktionen der Pflanzenzellen, die zum Abtöten der Pilzzellen führen würden. Wir denken aber auch, dass *U. maydis* Effektoren verwendet, um den Metabolismus seiner Wirtspflanze so umzuprogrammieren, dass sie ihn mit Zuckern und Stickstoffquellen versorgt. Unsere Ergebnisse haben bereits gezeigt, dass das von *U. maydis* infizierte Blattgewebe kaum photosynthetisch aktiv ist. Stattdessen werden Zucker aus anderen Geweben zur Infektionsstelle transportiert. Es zeichnet sich generell ab, dass sich *U. maydis* während der Pathogenese spezifisch an verschiedene Zelltypen bzw. Gewebe adaptieren muss, was eine zeitliche und gewebespezifische Expression von bestimmten Effektoren voraussetzt.

Wir haben insgesamt vier Effektoren identifiziert, die für die Proliferation des Pilzes in der Pflanze essentiell sind. Infektion mit den entsprechenden Mutanten-Stämmen führt zu verschiedenen Abwehrreaktionen (Produktion von reaktiven Sauerstoffmolekülen, Zellulosebarrieren) und Stresssymptomen der Pflanze, die in Wildtyp-Infektionen mit *U. maydis* nicht beobachtet werden. Für zwei der Effektoren konnten wir den Transfer aus der Pilzhyphe in den Zellkern der Wirtspflanze nachweisen. Wir gehen davon aus, dass *U. maydis* mit diesen Effektoren direkt in die Genregulation der Pflanze eingreift und so die Abwehrreaktionen gezielt unterdrückt.

Stofftransport während der pathogenen Entwicklung

Ein weiterer Schwerpunkt unserer Forschung ist die Stoffaufnahme während der biotrophen Wachstumsphase. Wir haben zwei Zucker-Transporter identifiziert, deren Ausschalten zu einer drastischen Reduktion der Pflanzeninfek-

tion führt. Der Haupttransportzucker in Pflanzen ist das Disaccharid Saccharose (Rohrzucker). Bislang ist man davon ausgegangen, dass Pilze die Saccharose mit dem Enzym Invertase in die Monosaccharide Glucose (Traubenzucker) und Fructose (Fruchtzucker) spalten und dann diese Monosaccharide mit Hexosetransportern aufnehmen. Wir konnten nun zeigen, dass einer der von uns identifizierten Transporter, Srt1, die Saccharose ohne diesen Umweg direkt in die Pilzzellen transportiert. Freie Glucose ist nämlich für die Pflanze ein Signal, dass ein Eindringling ihre Saccharose abbaut, was zum Anschalten der Pflanzenabwehr führt. Und genau das scheint *U. maydis* durch die direkte Aufnahme zu umgehen.

Ausgewählte Publikationen

- HEIMEL, K., SCHERER, M., SCHULER, D. & KÄMPER J. (2010): The *Ustilago maydis* Clp1 protein orchestrates pheromone and b-dependent signaling pathways to coordinate the cell cycle and pathogenic development. – *Plant Cell*, **22**(8): 2908-2922.
- HEIMEL, K., SCHERER, M., VRANES, M., WAHL, R., POTHIRATANA, C., SCHULER, D., VINCON, V., FINKERNAGEL, F., FLOR-PARRA, I. & KÄMPER, J. (2010): The transcription factor Rbf1 is the master regulator for b-mating type controlled pathogenic development in *Ustilago maydis*. – *PLoS Pathog.*, **6**(8) pii: e1001035.
- SPANU, P. & KÄMPER, J. (2010) Genomics of biotrophy in fungi and oomycetes-emerging patterns. – *Curr. Opin. Plant Biol.*, **13**(4): 409-414.
- WAHL, R., WIPPEL, K., GOOS, S., KÄMPER J. & SAUER, N. (2010) A novel high-affinity sucrose transporter is required for virulence of the plant pathogen *Ustilago maydis*. – *PLoS Biol.*, **8**(2):e1000303.
- ZAHIRI, A., HEIMEL, K., WAHL, R., RATH, M. & KÄMPER, J. (2010): The *Ustilago maydis* Forkhead transcription factor Fox1 is involved in the regulation of genes required for the attenuation of plant defenses during pathogenic development. – *Mol. Plant Microbe Interact.*, **23**(9): 1118-1129.

4 Unterirdische Symbionten – die arbuskuläre Mycorrhiza

(Leiterin: Prof. Dr. NATALIA REQUENA, seit 2005 am KIT)

Die arbuskuläre Mycorrhiza (AM) – ein biologischer Dünger

Die in der Natur allgegenwärtige arbuskuläre Mycorrhiza-Symbiose (von altgriechisch *mýkēs* - Pilz sowie *rhiza* - Wurzel) ist eine Gemeinschaft von Pflanzen und Pilzen zu beiderseitigem Nutzen. Hierbei dringt der Pilz in die Wurzel ein und vergrößert durch sein ausgedehntes Hyphenetzwerk den der Wurzel zugänglichen Bereich im Boden um ein Vielfaches. Somit versorgen die Mycorrhiza-Pilze ihren Pflanzenwirt mit essentiellen mineralischen Nährstoffen wie beispielsweise Phosphat oder Stickstoff, die sie aus der Erde aufnehmen. Die Pflanze gewinnt dadurch an Vitalität, was sich in einem verbesserten Wachstum äußert. Zusätzlich sind kolonisierte Pflanzen resistenter gegenüber schädlichen Pilzen und Bakterien sowie ungünstigen Bedingungen wie Trockenheit, Salz- oder Schwermetallbelastung der Böden. Im Gegenzug erhält der Pilz von der Pflanze Kohlenhydrate aus deren Photosynthese und kann somit wachsen und sich fortpflanzen. Tatsächlich werden bis zu 20 % des durch Photosynthese erzeugten Zuckers von der Pflanze an den pilzlichen Partner abgegeben (Tafel 6, Abb. 7).

Wie Pflanzen und AM-Pilze „Handel“ betreiben

Eine Besonderheit der AM-Symbiose ist der gegenseitige Nährstoffaustausch. Die vom Pilzpartner aufgenommenen mineralischen Nährstoffe teilt er mit der Pflanze und unterstützt dadurch das Pflanzenwachstum. Als Gegenleistung erhält der Pilz von der Pflanze Kohlenhydrate für sein eigenes Wachstum. Beide profitieren somit von ihrer Lebensgemeinschaft. Dreh- und Angelpunkt des Nährstoffaustauschs sind die Arbuskeln. Hier findet auf zellulärer Ebene der Nährstoffhandel statt.

In der Arbeitsgruppe von Professor REQUENA werden zwei Aspekte dieses Nährstoffaustauschs genauer untersucht: Zum einen der Transport von Stickstoff über den AM-Pilz zur Pflanze, zum anderen der Transport von Kohlenhydraten der Pflanze zum Pilz. Die Forscher konzentrieren sich dabei auf die Charakterisierung von pflanzlichen und pilzlichen Proteinen, über die

die Nährstoffaufnahme erfolgt. So konnten sie vor kurzem ein Protein des Pilzes identifizieren, den Monosaccharidtransporter 2 (MST2), über das der Pilz Zucker von der Pflanze aufnimmt. Ein weiteres Transportprotein, welches derzeit detailliert untersucht wird, ist ein pflanzlicher Ammoniumtransporter (AMT2.2). Dieser wird in der Symbiose aktiviert und dient der Aufnahme der vom Pilz gelieferten Stickstoffverbindungen (Tafel 6, Abb. 8).

Anklopfen oder Tür eintreten? Arbuskuläre Mycorrhiza-Pilze beherrschen beides

Da Mycorrhiza-Pilze Gemeinsamkeiten mit schädlichen Pilzen teilen, ist es für die Pflanze essentiell, zwischen Freund und Feind unterscheiden zu können. Diese Erkennung erfolgt durch eine Art Riechen, die Kommunikation durch organische Moleküle. Neben der Identifizierung pilzlicher Signalstoffe beschäftigt sich Prof. REQUENA auch mit den molekularen Mechanismen, die das Wachstum des Pilzes innerhalb der Wurzel ermöglichen.

Sprich, Freund, und tritt ein

In Folge der Perzeption pilzlicher Signalstoffe produziert die Pflanze bestimmte Proteine als Folge einer erhöhten Aktivität der entsprechenden Gene. Solche Gene werden in der Arbeitsgruppe von Prof. REQUENA identifiziert und in ihrer Funktion beschrieben. So konnte sie nachweisen, dass ein steroid-bindendes Protein (MSBP1, membrangebundenes steroid-bindendes Protein) nach der Erkennung des Pilzes aktiviert wird und die Aufnahme des Pilzes in die Pflanzenzelle fördert. Die Forscher vermuten, dass dies mit einer regulatorischen Rolle des Proteins auf den Sterolmetabolismus im Zusammenhang steht. Sterole sind wichtige Komponenten der zellulären Membranen. Da der Pilz beim Wachstum innerhalb der Wurzelzelle von Membranen der Pflanzenzelle umgeben ist, ist eine erhöhte Membransynthese in diesem Stadium unabdingbar. Das identifizierte Protein könnte somit der Schlüssel zu einer gesteigerten Sterolsynthese und somit auch zu einer vermehrten Produktion der notwendigen Membranen sein (Tafel 7, Abb. 9).

Und bist du nicht willig, so brauch' ich Gewalt

Doch der friedliche Schein trügt. Während die Pflanze ihrerseits die Aufnahme des Pilzes fördert, besitzt sie doch ein Immunsystem, das das Chitin in der Zellwand des Eindringlings erkennt.

Zu ihrer Verteidigung antworten Pflanzen nun normalerweise mit verschiedenen, für die Pilze tödlichen Reaktionen. Die Forscher um NATALIA REQUENA konnten jedoch zeigen, dass sich arbuskuläre Mykorrhiza-Pilze ähnlicher Tricks wie pathogene Organismen bedienen, um das Immunsystem der Pflanze zu umgehen. Tatsächlich sezernieren die Pilze Proteine, sogenannte Effektoren, die in die Pflanzenzelle eindringen und dort die Induktion einer Verteidigungsantwort unterwandern. Im Zellkern der Pflanze bindet ein solcher von der Gruppe identifizierter Effektor, SP7 (sezerniertes Protein 7), einen Transkriptions-Faktor (ERF19), der die Aktivität von Abwehr-Genen beeinflusst. Durch die Interaktion wird die Transkription der Verteidigungs-Gene verhindert und der Pilz kann ungehindert innerhalb der Wurzel wachsen (Tafel 7, Abb. 10).

Ausgewählte Publikationen

- BONFANTE, P. & REQUENA, N. (2011): Dating in the dark: how roots respond to fungal signals to establish arbuscular mycorrhizal symbiosis. – *Curr. Opin. Plant Biol.* (doi:10.1016/j.pbi.2011.03.014).
- GUETHER, M., VOLPE, V., BALLESTRINI, R., REQUENA, N., WIPF, D. & BONFANTE, P. (2011): LjLHT1.2 – a mycorrhiza-inducibile plant amino acid transporter from *Lotus japonicus*. – *Biol. Fertil. Soils*, **47**: 925-936.
- HELBER, N. & REQUENA, N. (2008): Expression of the fluorescence markers DsRed and GFP fused to a nuclear localization signal in the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices*. – *New Phytologist*, **177**: 537-548.
- HELBER, N., WIPPEL, K., SAUER, N., SCHAARSMIDT, S., HAUSE, B. & REQUENA, N. (2011): A versatile monosaccharide transporter that operates in the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus* sp. is crucial for the symbiotic relationship with plants. – *Plant Cell*, **23**: 3812-3823.
- KLOPPHOLZ, S., KUHN, H. & REQUENA, N. (2011): A secreted fungal effector of *Glomus intraradices* promotes symbiotic biotroph. – *Curr. Biol.* (doi: 10.1016/j.cub.2011.06.044).
- TISSERANT, E. & forty additional authors (2011): The transcriptome of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* (DAOM 197198) reveals functional tradeoffs in an obligate symbiont. – *New Phytol.*, **193**(3): 1711-1720.

5 Reinen Wein einschenken trotz Pilzattacke – geht das?

(Leiter: Prof. Dr. PETER NICK, seit 2003 am KIT)

Worum geht es bei unserer Forschung?

Etwa 70 % der in Europa notwendigen Kosten für Fungizide gehen auf das Konto des Weinbaus. Die Weinrebe ist sehr anfällig gegen viele Krankheitserreger wie zum Beispiel den Falschen Mehltau (*Plasmopara viticola*), den Echten Mehltau (*Erysiphe necator*) und, seit einigen Jahren zunehmend problematisch, die Schwarzfäule (*Guignardia bidwellii*). Der Aufwand für chemischen Pflanzenschutz ist daher erheblich. Gibt es keine Alternativen? In Nordamerika hat sich der Falsche Mehltau gemeinsam mit wilden Weinarten entwickelt, die offenbar gut mit diesem Erreger „zurechtkommen“. Die Evolution hat dieses Problem also schon gelöst – könnte man nicht die natürliche Artenvielfalt wilder Weinarten nutzen, um neue Strategien zum Schutz unserer anfälligen Rebsorten zu entwickeln? Genau dies wird in der Arbeitsgruppe von Professor NICK in einer langjährigen Kooperation mit dem Staatlichen Weinbauinstitut in Freiburg ausgelotet.

Zurück zu den Wurzeln – Wein, Wissenschaft und Revolution...

Offen gestanden ist der Ansatz der Forschergruppe gar nicht so neu, sondern knüpft an einer spannenden Geschichte an, die in Karlsruhe begonnen hat: FRIEDRICH HECKER, der badische Revolutionär von 1848, emigrierte nach dem Scheitern seiner politischen Visionen über die Schweiz in die USA. Dort wandte er sich dem wissenschaftlichen Weinbau zu. Vor allem die Reblaus, die den Weinbau hierzulande komplett verwüstete, beschäftigte ihn. In einem langjährigen Briefwechsel überzeugte er ADOLPH BLANKENHORN, der in Karlsruhe 1868 mit eigenen Mitteln ein „Oenologisches Institut“ gegründet hatte, „Amerikanerleben“ einzusetzen, um den Weinbau vor der Reblaus und den neu eingeschleppten Pilzkrankheiten zu schützen. Aus dieser Idee entstand nicht nur das erste Staatliche Weinbauinstitut in Freiburg, sondern eine lange Tradition, in der man mit züchterischen Mitteln sogenannte pilzresistente Reben (PiWis) erzeugte, die auch ohne Fungizideinsatz dem Pilzbefall zu trotzen vermögen. Gerade wurden wieder sechs PiWi-Sorten im Beisein von Landwirtschaftsminister BONDE zugelassen – PiWi-Sorten sind das Kernelement des immer populärer werdenden ökologischen Weinbaus. Anmerkung am Rande: Ein Ableger der vor wenigen Jahren in einem überwu-

cherten Pavillon in Blankenhorns Weingut im Kaiserstuhl wieder entdeckten Heckerrebe ist inzwischen im Botanischen Garten des KIT zu sehen.

Wie gehen wir vor?

Grundlage der Untersuchungen ist eine umfangreiche Sammlung von Wildreben aus aller Welt, die im Botanischen Garten aufgebaut wurde und die inzwischen fast alle Arten der Gattung *Vitis* (Weinreben) umfasst. Zunächst einmal soll verstanden werden, wie sich Wildreben gegen diese Pilzkrankheiten zur Wehr setzen. Dabei wurde festgestellt, dass unsere anfällige Kulturrebe durchaus ähnliche Abwehrreaktionen zeigt wie resistente Wildarten aus Nordamerika und Asien. Sie reagiert jedoch zu spät, so dass der Erreger schon nicht mehr zu besiegen ist. Die resistenten Wildarten sind also offenbar schneller alarmiert und können ihre Abwehr schneller mobilisieren. Wenn wir wüssten, wie sie den Erreger wahrnehmen, könnten wir daraus eine Art „Impfung“ entwickeln, um auch bei unserer Kulturrebe die Abwehrreaktionen zu beschleunigen.

Wenn man etwas bekämpfen will, dann muss man es erst einmal sehr gut kennen lernen. Daher wird der Lebenslauf des Falschen Mehltaus sehr genau untersucht. Dies ist nicht ganz einfach, da sich das meiste im Innern des Blattes abspielt, so dass modernste mikroskopische Verfahren eingesetzt werden müssen, um den Pilz sichtbar zu machen. Bei diesen Untersuchungen wurde eine Art „chemischer Dialog“ entdeckt, mit dem der Erreger die Weinpflanze überlistet und in die Blätter eindringt. Wenn es gelänge, die „Worte“ dieses „Dialogs“ zu verstehen, könnte der „chemische Dialog“ so beeinflusst werden, dass es zu „Missverständnissen“ kommt und der Falsche Mehltau so lange behindert wird, bis die Kulturrebe ihre Abwehr mobilisiert hat.

Was ist dabei herausgekommen?

Vor allem für den Falschen Mehltau wurden inzwischen sehr genaue Einblicke in die einzelnen Schritte des Befalls gewonnen. Die Daten wurden in ein Vorhersageprogramm des Weinbauinstituts Freiburg eingegeben und helfen nun den Winzern dabei, den besten Zeitpunkt für die Spritzung zu bestimmen und so die Menge an Fungiziden zu vermindern – es dauert nämlich nur knappe 15 Minuten, bis die geschlüpften Sporen die Spaltöffnungen der Pflanze gefunden haben und dann im Innern des Blattes verschwinden, wo ihnen Fungizide recht wenig anhaben können.

In evolutionsbiologischen Untersuchungen kam es zu einer Überraschung: Auf chinesischen

Wildreben finden die Sporen die Spaltöffnungen nicht mehr und können nicht in das Blatt eindringen. Sie versuchen dann, auf der Oberfläche zu wachsen, gehen aber nach wenigen Tagen ein. Offenbar werden sie durch den „Mundgeruch der Pflanze“ zu den Spaltöffnungen gelenkt. In Zusammenarbeit mit Prof. BOLAND vom Max-Planck-Institut für Chemische Ökologie in Jena konnte mithilfe hochempfindlicher „chemischer Nasen“ (Gaschromatographie in Verbindung mit zweidimensionaler Massenspektrometrie) der „Mundgeruch“ identifiziert werden – ein kleiner Aldehyd namens Nonanal. Dieser entsteht bei der Bildung von Spaltöffnungen, weil an dieser Stelle die Cuticula, eine luftdichte Schicht auf der Blattoberfläche, abgebaut wird, um den Gasaustausch für die Photosynthese möglich zu machen. Bei den chinesischen Wildreben scheint Nonanal auch noch an anderen Stellen zu entstehen, was die Sporen „verwirrt“. Als Probe aufs Exempel wurden die hochanfälligen Blätter des ‚Müller-Thurgau‘ mit Nonanal parfümiert und siehe da – die Blätter waren nun auf einmal gegen den Falschen Mehltau gefeit (Tafel 8, Abb. 11).

Mehr oder weniger zufällig entdeckten wir im Rahmen eines Erhaltungsprojekts des Botanischen Gartens, dass einige Sippen der fast ausgestorbenen Europäischen Wildrebe (*Vitis vinifera silvestris*), der Stamm-Mutter unserer Weinrebe, ebenfalls über diesen „Trick“ verfügen. Gemeinsam mit dem Julius-Kühn-Institut in Siebeldingen wird nun versucht, diesen „Trick“ über Kreuzung in den ‚Weißburgunder‘ einzubringen. Da das Erbgut der Weinrebe inzwischen vollständig sequenziert ist, gibt es zahllose Marker, mit denen man schon in den Sämlingen dieser Kreuzung vorhersagen kann, welche Eigenschaften sie als ausgewachsene Pflanzen haben werden (die Technik ist dieselbe, wie man sie beispielsweise beim Vaterschaftstest einsetzt). Durch solche molekularbiologischen „Vaterschaftstests“ muss man nicht mehr viele Jahre warten, bis die Reben ausgewachsen sind, sondern kann viel Zeit einsparen. Das ist auch notwendig – die Natur schläft nämlich nicht. Schon gibt es die ersten Stämme des Falschen Mehltaus, die auf PiWis wachsen können.

Ausgewählte Publikationen

CHANG, X., HEENE, EL, QIAO, F. & NICK, P. (2011): The phytoalexin resveratrol regulates the initiation of hypersensitive cell death in *Vitis*. – *PLoS One*, **6**: e26405.

- JÜRGES, G., KASSEMAYER, H. H., DÜRRENBARGER, M., DÜGGELIN, M. & NICK, P. (2009): The mode of interaction between *Vitis* and *Plasmopara viticola* BERK. & CURT. ex DE BARY depends on the host species. – *Plant. Biol.*, **11**: 886-898.
- NICK, P. (2010): *Ex-situ* Erhaltungskulturen im Botanischen Garten des Karlsruhe Institute of Technology (KIT). – *Ber. Ges. Pflanzenbauwiss.*, **5**: 136-139.
- QIAO, F., CHANG, X. & NICK, P. (2010): The cytoskeleton enhances gene expression in the response to the Harpin elicitor in grapevine. – *J. Exp. Bot.*, **61**: 4021-4031.
- SCHRÖDER, S., TELLE, S., NICK, P. & THINES, M. (2011): Cryptic diversity of *Plasmopara viticola* (Oomycota, Peronosporaceae) in North America. – *Organisms, Diversity and Evolution*, **11**: 3-7.

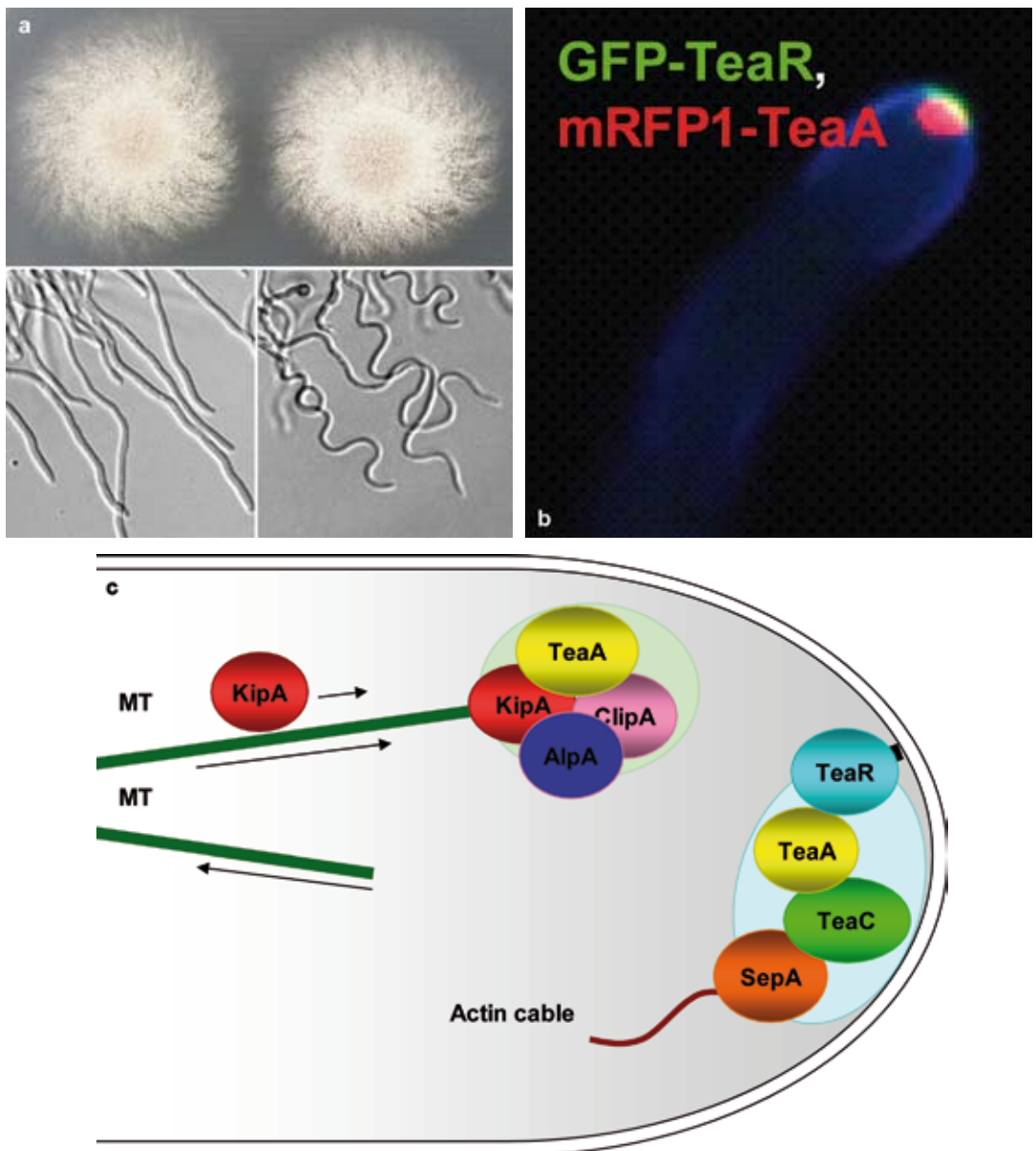


Abbildung 1. So genannte Zellendmarkerproteine bestimmen die Wachstumsrichtung von Schimmelpilzen. a) Kolonie von *Aspergillus (Emericella) nidulans* und einer Mutante, in der ein Zellendmarker fehlt (rechte Kolonie). Obwohl das Wachstum der Kolonie nicht beeinträchtigt ist (Durchmesser ca. 1 cm nach zwei Tagen), wachsen die Hyphen der Mutante (unten rechts) in Kurven. Die Hyphen haben in beiden Fällen einen Durchmesser von ca. 3 μm . b) Lebende *A. nidulans*-Hyphenspitze im Fluoreszenzmikroskop. TeaR und TeaA wurden mit fluoreszierenden Proteinen markiert, so dass man sie in der lebenden Zelle beobachten kann. c) Schema einer Hyphenspitze und der Anordnung der Zellendmarkerproteine, die als farbige Kugeln dargestellt sind. Mikrotubuli (MT) transportieren die Proteine wie z.B. TeaA zur Spitze, wo sie in der Membran verankert werden und die Bildung des Aktincytoskeletts ermöglichen. Die Aktinkabel dienen dem Transport der sekretorischen Vesikel. Bilder aus KONZACK et al. (2005), FISCHER et al. (2008) und TAKESHITA et al. (2008).

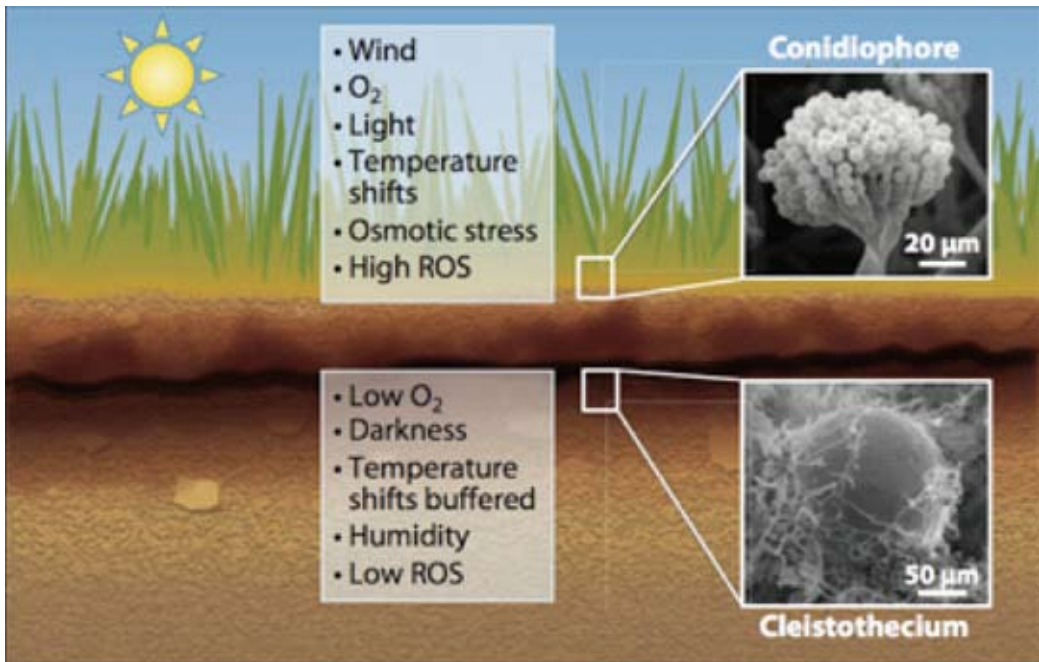
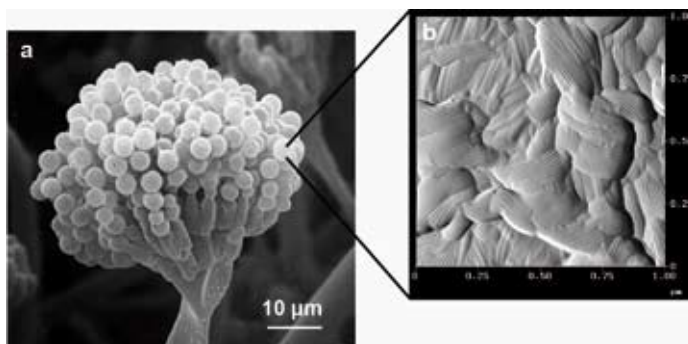


Abbildung 2. Lichtwahrnehmung bei *Aspergillus nidulans*. *A. nidulans* passt sich nicht nur physiologisch an die unterschiedlichen Bedingungen an, sondern auch morphologisch. Im Dunkeln bilden Fruchtkörper (Cleistothecien) sexuelle Sporen, die sogenannten Ascosporen. Im Licht wird ein anderes Entwicklungsprogramm initiiert, die asexuelle Sporenbildung. Die Sporenträger (Konidiophoren) bilden tausende von vegetativen Sporen (Konidien), die der schnellen Verbreitung dienen. Die Ascosporen hingegen sind Dauerformen, mit denen *A. nidulans* jahrzehntelang überdauern kann, bevor die Sporen unter günstigen Bedingungen wieder auskeimen. Das Bild wurde entnommen aus RODRIGUEZ-ROMERO et al. (2010).

Abbildung 4. Hydrophobine sind den Konidien von *Aspergillus nidulans* aufgelagert. a) Rasterelektronenmikroskopisches Bild eines Sporenträgers. b) Vergrößerte rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der Konidienoberfläche. Die strohballartige Anordnung der wenige Nanometer dicken Hydrophobinfilamente ist erkennbar.



Abbildung 3. *Alternaria alternata* und die Bildung von Alternariol. a) Zwei Beispiele von befallenen Lebensmitteln. b) *A. alternata* bildet eine Vielzahl von Toxinen und anderen Sekundärmetaboliten. Beispiele sind Alternariol, Alternariol-Methylether (engl. alternariol-methyl ether) und Altertoxin I. Die Formeln sind in Teil b dargestellt. Die Toxine können extrahiert und in Dünnschichtchromatographie aufgetrennt werden. Viele Verbindungen fluoreszieren und können leicht in UV-Licht visualisiert werden. *A. alternata* wurde im Dunkeln unter Weiß-, Blau- und Rotlichtbedingungen kultiviert, bevor die Toxine extrahiert wurden. Je drei Kulturen wurden untersucht. Unter Blau- und Weißlichtbedingungen kommt es zu einer Steigerung der Alternariolbildung. Die Bilder von Tomate (MICHELLE GRABOWSKY, University of Minnesota) und Möhren wurden hier entnommen: <http://www.extension.umn.edu/gardeninfo/diagnostics/vegetable/tomato/fruit-spots.html>; <http://ogb.tirol.at/index.php?id=280&topId=105>.



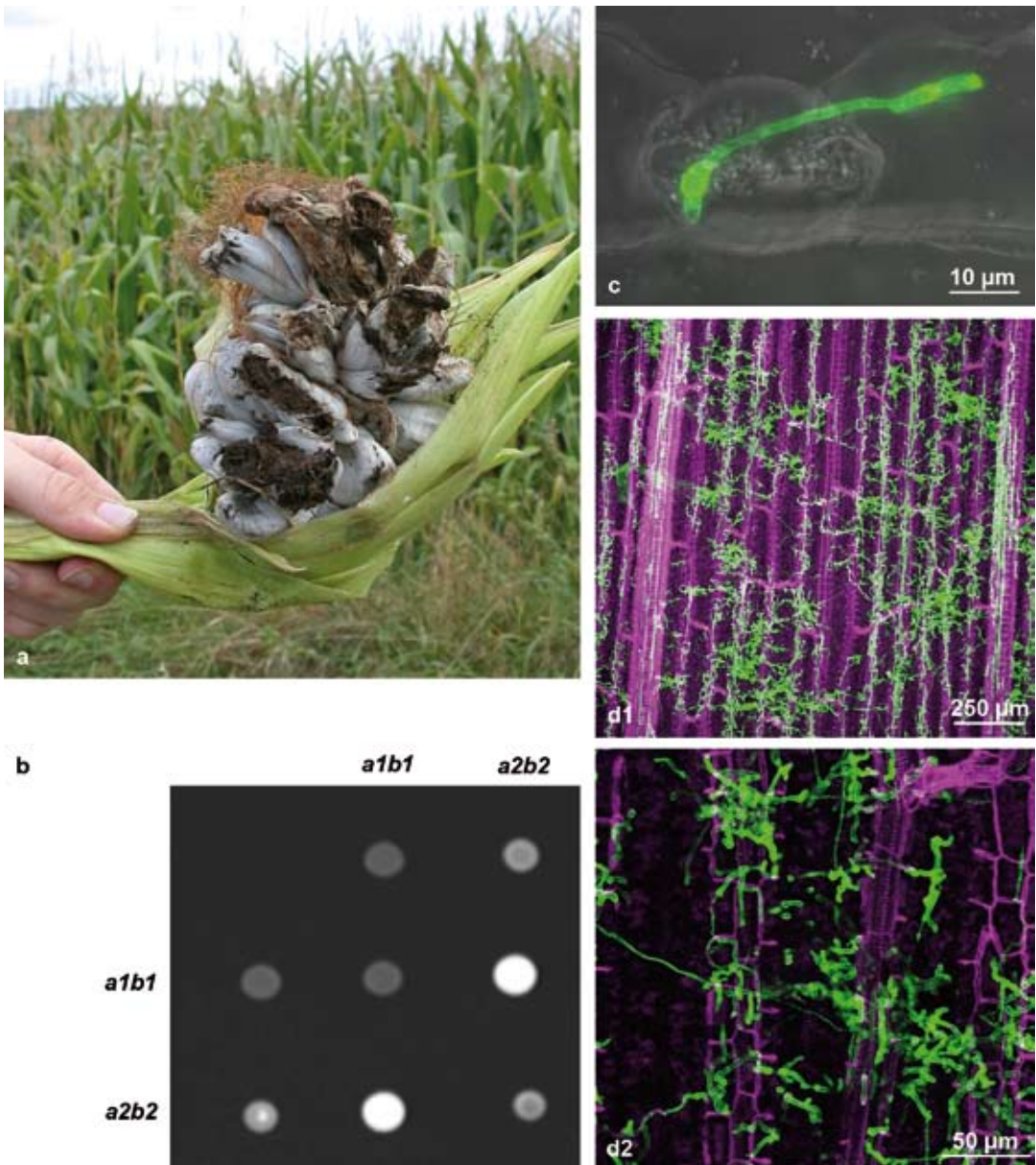


Abbildung 5. *Ustilago maydis*. a) Mit *U. maydis* infizierter Maiskolben. Einzelne Maiskörner sind stark vergrößert und mit schwarzen Sporen gefüllt. b) Fusion von *U. maydis*-Sporidien auf Aktivkohle-haltigen Agar-Platten. Die beiden *U. maydis*-Stämme FB1 (*a1b1*) und FB2 (*a2b2*) wurden entweder alleine oder in Kombination auf die Medienplatten getropft. Nur wenn sich die beiden Kreuzungstyp-Loci unterscheiden, kommt es zu Zellfusion und Bildung des Filaments, was an der weiß erscheinenden Koloniefarbe ersichtlich ist. c) Infektionsstruktur von *U. maydis*. Eine markierte Hyphe, die das „Grün Fluoreszierende Protein“ (GFP) exprimiert, bildet auf der Pflanzenoberfläche eine Verdickung (Appressorium) und penetriert die Kutikula der Pflanzenzelle (Pfeil). d1), d2) Wachstum von *U. maydis*-Hyphen im Pflanzengewebe. Hyphen sind durch Expression von GFP sichtbar gemacht. Die Pflanzenzellen erscheinen lila.

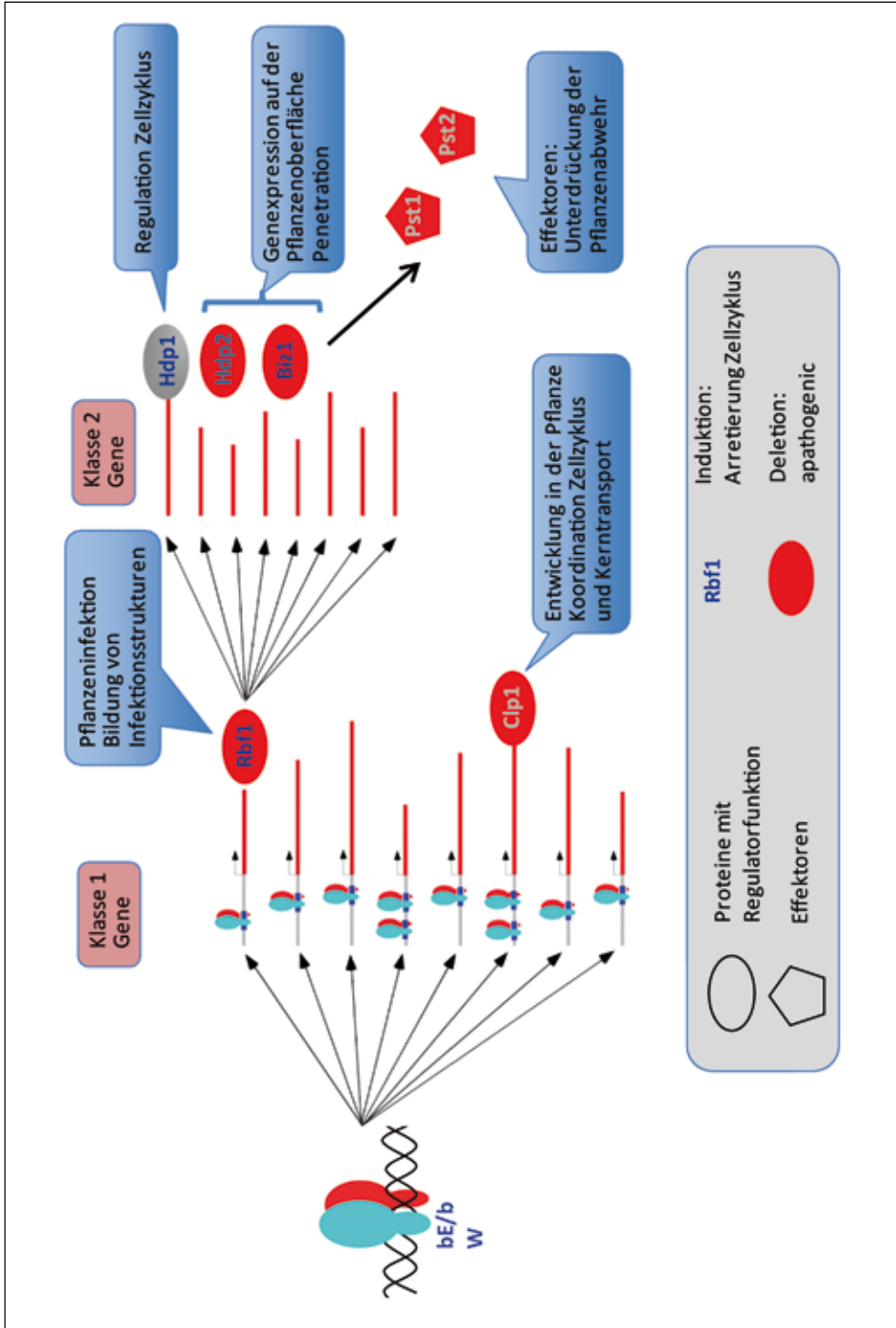


Abbildung 6. Regulationskaskaden bei *Ustilago maydis*. Regulationskaskaden während der pathogenen Entwicklung. Dargestellt sind die hierarchischen Funktionszusammenhänge einiger der Regulatoren und Effektoren, die experimentell identifiziert wurden. Die Funktion der Proteine ist angegeben.

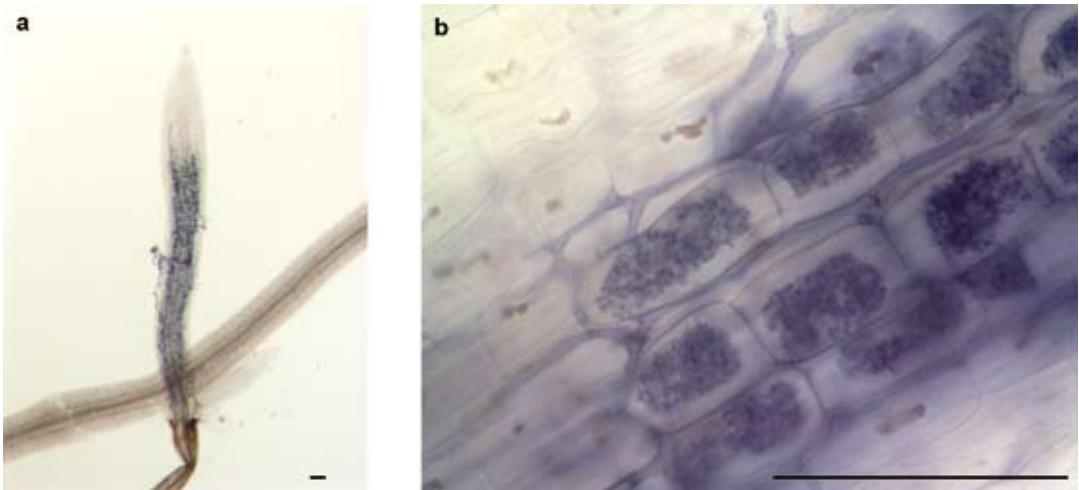


Abbildung 7. Pilzhyphen innerhalb der Wurzel. a) Der Pilz dringt in die Wurzel ein und wächst dort zunächst zwischen den Zellen. Die Übersichtsaufnahme einer Wurzelspitze zeigt die massive und intensive Interaktion der Wurzel mit dem Pilz. b) Ausschnitt vom Wurzelkortex. In den Zellen bildet der Pilz durch vielfache Verzweigung die bäumchenartigen Arbuskeln. Hier werden die Nährstoffe in der Symbiose ausgetauscht. Die Pilzhyphen sind mit Tinte angefärbt. Messbalken 100 μm .

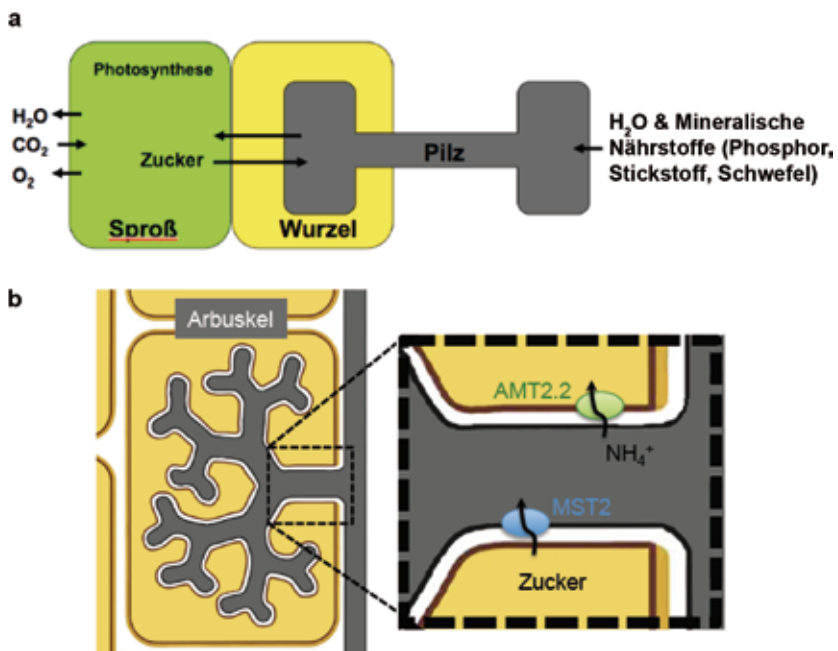


Abbildung 8. Austausch von Nährstoffen in der AM-Symbiose. a) Der Pilz nimmt mineralische Nährstoffe im Boden auf und transportiert sie zur Pflanze. Dafür erhält der Pilz Zucker aus der Photosynthese der Pflanze. b) Schema der Lokalisation des pflanzlichen Ammoniumtransporters AMT2.2 und des pilzlichen Zuckertransporters MST2 in einer arbuskelhaltigen Pflanzenzelle. Verändert nach HELBER et al. (2011).

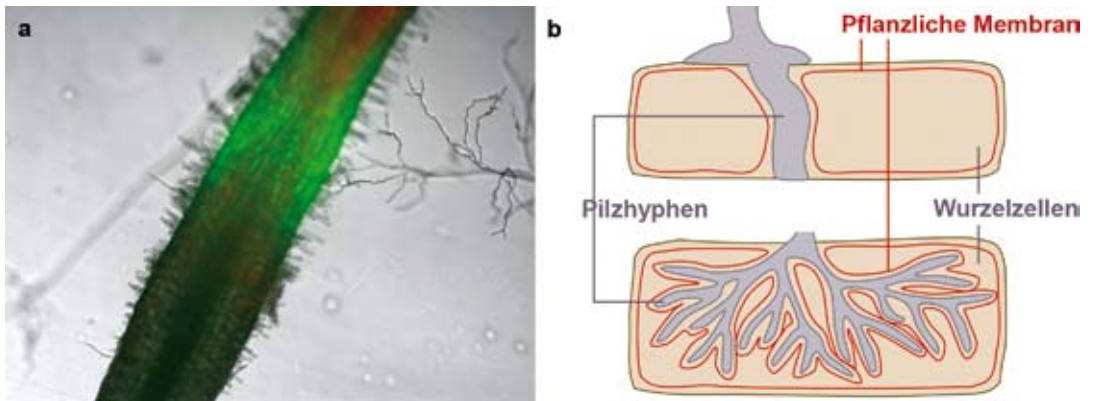


Abbildung 9. Die Aktivierung des Gens MSBP1 fördert das intrazelluläre Wachstum des Pilzes. a) Das Gen MSBP1 wird nach Perzeption pilzlicher Signale aktiviert. Die Genaktivität ist mit Hilfe des „Grün Fluoreszierenden Proteins“ (GFP) nachweisbar. b) Intrazelluläre Strukturen des Pilzes sind von pflanzlichen Membranen umgeben. MSBP1 fördert die Bildung von Sterolen, die für die Synthese der Membranen benötigt werden. Die Wurzel ist ca. 1 mm im Durchmesser. Verändert nach KUHN et al. (2010).

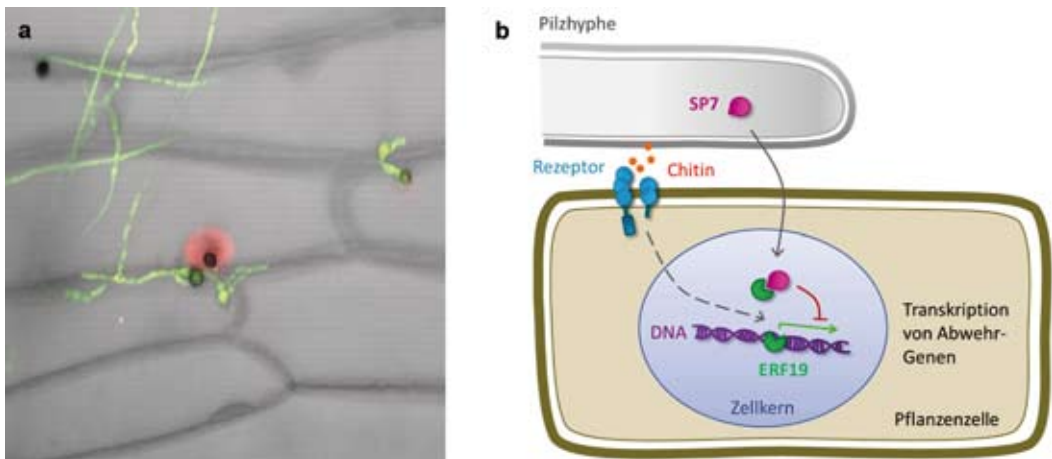


Abbildung 10. Das Effektor-Protein SP7 manipuliert das Immunsystem der Pflanze. a) Mikroskopisches Bild einer Wurzel, die mit *Magnaporthe grisea* (durch GFP-Expression grün visualisiert) infiziert ist. Dieser Pilz wurde gentechnisch so verändert, dass er das Mykorrhizaprotein SP7 produziert. Das rot-markierte Protein-SP7 wird vom Pilz sezerniert und dringt in die Pflanzenzelle ein. Dort ist es im Zellkern lokalisiert. b) Modell der SP7 Funktion. Das Chitin der pilzlichen Zellwand wird von Rezeptoren der Pflanzenzelle erkannt und führt zur Aktivierung von Abwehrgenen durch den Transkriptionsfaktor ERF19. Der Effektor SP7 wird vom Pilz sezerniert und dringt in den Zellkern der Pflanze ein. Dort interagiert er mit ERF19 und unterdrückt die Aktivierung einer Immunantwort der Pflanze. Abbildung verändert nach KLOPPHOLZ et al. (2011).

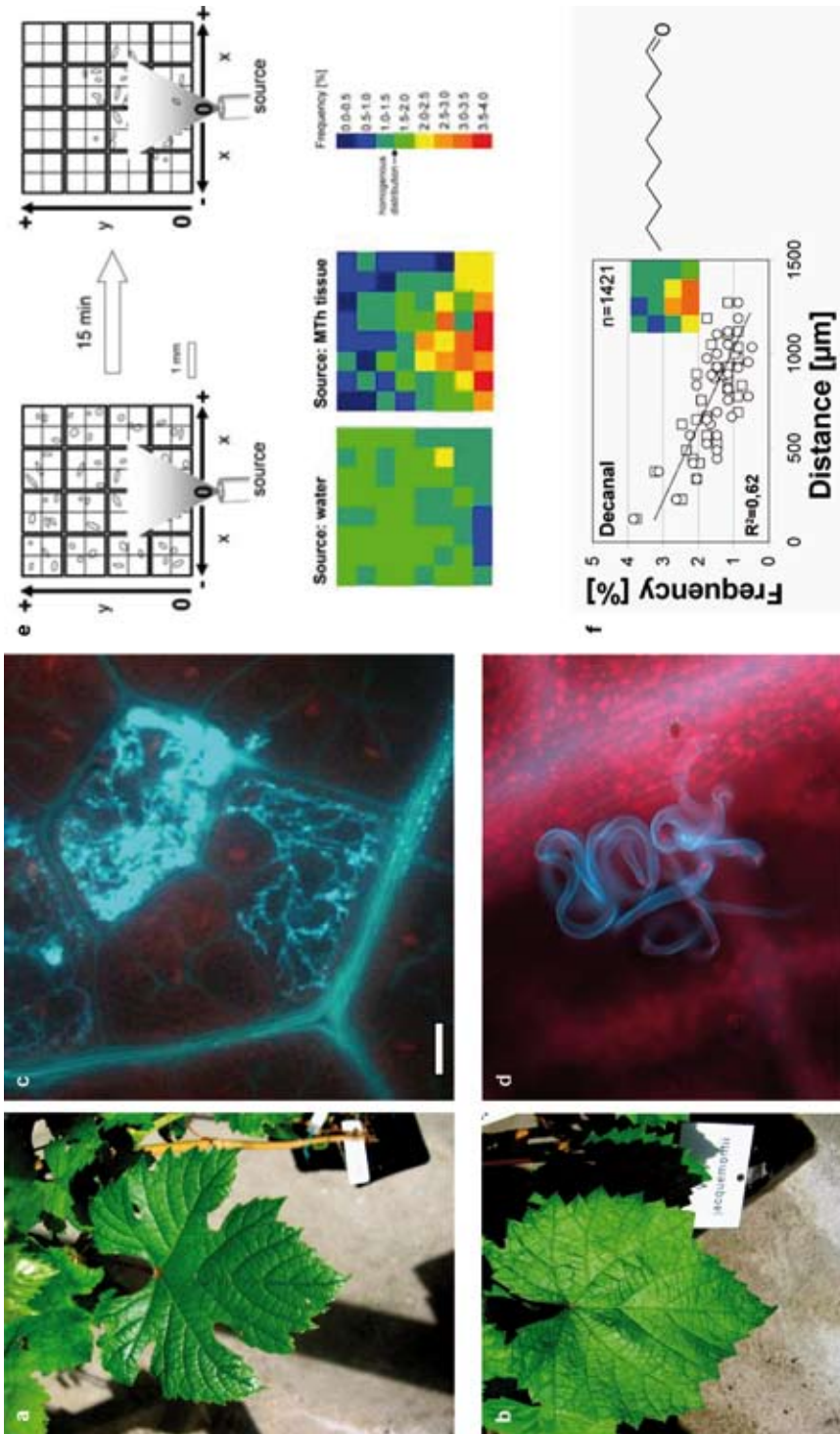


Abbildung 11. Die Spaltöffnung der Weinrebe ist die Eindringpforte für den Falschen Mehltau der Weinrebe (*Plasmopara viticola*). Blätter der Kultursorte ‚Müller-Thurgau‘ (a) werden in kurzer Zeit komplett besiedelt (b). Bei asiatischen Wildreben wie der pakistanischen Wildrebe *Vitis jaquemontii* (c) können die Sporen die Spaltöffnungen nicht finden und biden auf der Blattoberfläche ein Kümmermycel (d). Mit Hilfe eines sogenannten Chemotaxisstests (e) konnten flüchtige Aldehyde wie Nonanal und Decanal (f) als Signal identifiziert werden.

Mykologie am Lehrstuhl Spezielle Botanik und Mykologie der Universität Tübingen, 1974-2011

FRANZ OBERWINKLER

Kurzfassung

Die mykologischen Forschungsaktivitäten am ehemaligen Lehrstuhl „Spezielle Botanik und Mykologie“ der Universität Tübingen von 1974 bis 2011 und ihre internationale Ausstrahlung werden beschrieben. Leit-schiene des gemeinsamen mykologischen Forschungskonzeptes war die Verknüpfung von Gelände- mit Laborarbeiten sowie von Forschung mit Lehre. Dieses Konzept spiegelte sich in einem weit gefächerten Lehrangebot, das insbesondere den Pflanzen als dem Hauptsubstrat der Pilze breiten Raum gab. Lichtmikroskopische Untersuchungen der zellulären Baupläne von Pilzen bildeten das Fundament für unsere Arbeiten: Identifikationen, Ontogeniestudien, Vergleiche von Mikromorphologien, Überprüfen von Kulturen, Präparateauswahl für Elektronenmikroskopie, etc. Bereits an diesen Beispielen wird die Methodenvernetzung erkennbar.

In dem zu besprechenden Zeitraum wurden Ultrastrukturuntersuchungen und Nukleinsäuresequenzierungen als revolutionisierende Methoden für den täglichen Laborbetrieb verfügbar. Flankiert wurden diese Neuerungen durch ständig verbesserte Datenaufbereitungen und Auswertungsprogramme für Computer. Zusammen mit den traditionellen Anwendungen der Lichtmikroskopie und der Kultivierung von Pilzen stand somit ein effizientes Methodenspektrum zur Verfügung, das für systematische, phylogenetische und ökologische Fragestellungen gleichermaßen eingesetzt werden konnte, insbesondere in der Antibiotikaforschung, beim Studium zellulärer Interaktionen von Parasiten und Wirten, bei der Analyse mykorrhizierter Wurzeln und von Algen-Pilz-Assoziationen sowie bei den Insekt-Pilz-Vergesellschaftungen.

Systematisch-phylogenetische Untersuchungen haben wir an nahezu allen Großgruppen der Basidiomyceten durchgeführt. Ursprünglich konzentrierten sich diese Arbeiten auf die damals „Heterobasidiomyceten“ genannten Taxa der Rost- und Brandpilze, der Zitter- und Tränenpilze und ihrer nächsten Verwandten. Sie wurden dann ausgeweitet auf die Nichtblätterpilze und schließlich auch auf Blätter- und Bauchpilze angewendet. Neben Basidiomyceten wurden von uns auch Ascomyceten studiert, einschließlich der nur in asexuellen Stadien bekannten Gruppen. Schließlich haben wir uns saproben und besonders den parasitischen Oophyten gewidmet. Diese „Falschen Mehltaupilze“ wurden mikromorphologisch und molekularphylogenetisch bearbeitet und, wenn möglich, nach ihren koevolutiven Trends interpretiert.

Mit unseren Studien haben wir wesentlich zum verbesserten Verständnis der Phylogenie und der Evoluti-

onstendenzen der Pilze beigetragen. Zahlreiche Arten, Gattungen, aber auch Familien und Ordnungen wurden von uns als neue Sippen beschrieben.

Mit unserer Beteiligung an der Untersuchung „neuartiger Waldschäden“ begannen die Studien an Pilz-Wurzel-Vergesellschaftungen. In unseren Wäldern sind Arten der Kieferngewächse sowie der Buchen- und Birken-gewächse dominant. Diese Wälder sind Ektomykorrhiza-Vegetationen. Ektomykorrhizen wurden von uns über Jahrzehnte hinweg in heimischen Wäldern, dann aber auch in Taiwan und Südecuador beprobt und im Labor als Kulturen in ihrer Ontogenie und strukturellen Differenzierung licht- und elektronenmikroskopisch untersucht sowie physiologisch und molekularphylogenetisch analysiert. Dies zeigt erneut den hohen methodischen Vernetzungsgrad an unserem Lehrstuhl. Nach Ausweiten unserer Untersuchungen von Pilz-Wurzel-Assoziationen auf unterschiedliche Landpflanzen-zugruppen haben wir auch arbuskuläre, ericoide und arbutoide Mykorrhizen sowie Orchideen-Pilzvergesellschaftungen studiert. Schließlich kamen noch die Mykothalli von Lebermoosen als Untersuchungsobjekte hinzu. Mit diesen Arbeiten einher gingen Untersuchungen an pilzlichen Endophyten von Waldbäumen und an Mikropilzen der Rhizosphären und der Böden. Basidiolichenen wurden von uns mehrfach hinsichtlich der zellulären Baupläne und der Pilz-Algen-Interaktionen licht- und elektronenmikroskopisch untersucht sowie in Übersichten vergleichend dargestellt.

Abstract

The mycological research, conducted from 1974-2011 by the staff of the former chair of „Systematic Botany and Mycology“, University of Tübingen, is reviewed in this article. The availability of electronmicroscopic and molecular techniques has revolutionized studies in fungi. In addition, the application of computer facilities for analyzing of huge data sets, and programs for constructing phylogenetic trees, opened new fields of research. Including traditional and well established methods of light microscopy and of culture techniques, a reasonable set of methods was available to study systematics, phylogeny and ecology in a so far unknown magnitude. We applied a concept of integrating field studies with laboratory work. This strategy has been supported effectively by teaching programs. Particular focus was given to plants because of their unparalleled importance in fungal ecology.

In our studies, light microscopy played a basic role, referring to identification, life cycle reconstruction, comparison of micromorphologies, checking of fungal

cultures, screening for optimal slides in ultrastructural work, etc. In this context, the network of methodologies is quite obvious, and was highly effective in studies of fungi producing antibiotics, interacting as parasites with their hosts, or as symbionts in the rhizosphere, in basidiolichens, and in insect associations.

We have carried out studies in systematics and phylogeny of major basidiomycetous lineages, starting with taxa of the former „Heterobasidiomycetes“, rusts, smuts, and all kinds of jelly fungi. Then we added non-gilled and gilled Homobasidiomycetes, including gasteroid forms. These studies have contributed considerably to an improved understanding of basidiomycete phylogeny and evolution. Numerous species and genera as well as families and orders have been introduced by us and our collaborators. We have also studied the morphology, ecology and phylogeny of some Ascomycetes, including groups only known from asexual stages. Our work on Oophyta started with saprobic ones but quickly focussed on plant parasites of the downy mildews, studying their micromorphologies, phylogenies and coevolutionary trends.

Symptoms of a previously unknown forest decline in Central Europe had a strong impact on our mycoecological work. We started studies on ectomycorrhizal systems in our native climax vegetations, i.e.

ectomycorrhizal vegetations, dominated by trees of the Pinaceae, Fagaceae and Betulaceae. These studies were extended to Taiwan and South Ecuador. Ectomycorrhizal systems were established in the lab and studied ontogenetically, ultrastructurally, and physiologically. Finally, molecular identification and phylogenetic reconstructions became very important. Again, these approaches underpin a rather effective networking of methods in our lab. Extending our work to diverse groups of land plants led us to studies in arbuscular, ericoid, arbutoid, and orchid mycorrhizae. Also mycothalli of liverworts, fungal endophytes in forest trees, and microfungi of the rhizosphere and of soil ecosystems were included in our research.

We were interested in basidiolichens over a long time. Cellular constructions of basidiocarps, lichen thalli, and fungus-alga interactions have been studied microscopically and ultrastructurally.

Author

Prof. Dr. em. FRANZ OBERWINKLER

Universität Tübingen, Institut für Organismische Botanik (ehemals Institut für Spezielle Botanik und Mykologie), Auf der Morgenstelle 1, 72076 Tübingen,
E-Mail: franz.oberwinkler@uni-tuebingen.de

Inhalt

Einleitung	26	Boletales, Röhrlinge, Steinpilz-Verwandschaft . .	60
Pilze	26	Amylocorticiales	61
Basidiomycota	26	Agaricales, Blätterpilze im engen Sinne	61
„Heterobasidiomycetes“	30	Hygrophoraceae, Schnecklinge und	
Pucciniomycotina, Rostpilz-Verwandschaft	30	Verwandte	62
Cryptomycocolacales	30	Stephanosporaceae	62
Mixiales	31	Lachnellaceae	64
Agaricostilbales	31	Armillariaceae, Familie der Hallimaschpilze	
Spiculogloeales	32	und Verwandte	65
Atractiellales	32	Marasmiaceae, Schwindlinge und Verwandte . .	65
Classiculales	32	Amanitaceae, Knollenblätterpilze,	
Naohideales	32	Wulstlinge und Verwandte	65
Cystobasidiales	32	Mycenaceae, Helmlinge und Verwandte	66
Platyglöeales	33	Tricholomataceae, Ritterlinge und Verwandte . .	67
Helicobasidiales	33	Nidulariaceae, Nestpilze	67
Pucciniales, Rostpilze	33	Agaricaceae, Champignon-Verwandschaft . . .	67
Septobasidiales, Schildlausparasiten	36	Hydnangiaceae, Lacktrichterlinge und	
Pachnocybales	36	Verwandte	67
Heterogastridiales	36	Cortinariaceae, Schleierlinge und Verwandte . .	68
Leucosporidiales, Sporidiobolales	37	Crepidotaceae, Stummelfüßchen und	
Microbotryales, Falsche Brandpilze	37	Verwandte	69
Ustilaginomycotina, Echte Brandpilze	38	Bolbitiaceae, Mistpilze und Verwandte	69
Urocystidales	40	Strophariaceae, Träuschlinge und Verwandte . .	69
Ustilaginales	41	Basidiomyceten-Gattungen incertae sedis	69
Tilletiales, Steinbrände	43	Ektomykorrhizen mit Basidiomyceten	69
Georgefischeriales	44	Ascomycota, Schlauchpilze und ihre	
Doassansiales	44	asexuellen Stadien	72
Entylomatales	44	Saprobe Arten	72
Ceraceosorales	45	Mykoparasiten	72
Microstromatales	45	Pflanzenparasiten	73
Exobasidiales	45	Humanpathogene Arten	73
Graphiolales, Palmenbrände	45	Borkenkäferpilze	73
Brachybasidiales und Cryptobasidiales	45	Hefen in Termiten	74
Malasseziales	46	Ektomykorrhizabildner	74
Entorrhizales	46	Hefen	75
Agaricomycotina	47	Pilze des Bodens und des Wurzelraumes	75
Bartheletiaceae	47	Glomeromycota	75
Tremellales, Zitterpilze	47	Oophyta, Falsche MehltauPilze und ihre Verwandten . .	77
Filobasidiales	49	Waldökosysteme	78
Cystofilobasidiales	50	Mykologische Untersuchungen zu „neuartigen	
Dacrymycetales, Tränenpilze	50	Waldschäden“	78
Sebacinales, „Wurzelpilze“ mit weitgehend		Sturmwurfflächen, verursacht durch die	
unbekannter Vielfalt	51	Orkane „Vivian“ und „Wiebke“ und „Lothar“	80
Auriculariales, Judasohrpilze und Verwandte . .	53	Nadelpilz-Sukzessionen	81
Tulasnellales	54	Pilz-Borkenkäfer-Assoziationen	81
Cantharellales, Pfifferlings-Verwandschaft . .	55	Pilze tropischer Böden und Wälder	82
Trechisporales	56	Ausbildung	83
Phallales, Stinkmorchel-Verwandschaft	57	Nationale und Internationale mykologische	
Hymenochaetales, Borstenscheiben, Feuer-		Aktivitäten	84
schwamm, Schillerporlings-Verwandschaft . . .	57	Längere Forschungsaufenthalte von Mykologinnen	
Polyporales, Porlinge und Verwandte	57	und Mykologen in Tübingen	86
Theleporales, Erdwarzenpilze, Habichts-		Ehemalige Doktoranden und Mitarbeiter, die	
pilz und Verwandte	58	heute Hochschullehrer sind	87
Russulales, Täublinge, Milchlinge und		Auszeichnungen für Dissertationen	88
Verwandte	59	Schlussbemerkungen	88
Atheliales	59	Dank	89
		Literatur	89

Einleitung

Die mykologische Forschung am ehemaligen Lehrstuhl Spezielle Botanik und Mykologie der Universität Tübingen betrachten wir in diesem Rückblick unter dem Gesichtspunkt des Fortschritts unserer Wissenschaftsdisziplinen. Um unsere Forschungsrichtungen, die schwerpunktmäßig auf Systematik, Evolution und Ökologie der Basidiomyceten ausgerichtet waren, vor 40 Jahren dem neuesten Stand der Methodik anzupassen, hat OBERWINKLER, der den Lehrstuhl am 1.3.1974 übernahm, neben einer neuen lichtmikroskopischen Ausstattung auch ein elektronenmikroskopisches Labor einrichten können. Die Voraussetzungen für die Kultivierung und experimentelle Untersuchung von Pilzen wurden geschaffen. Dies war der Weitsicht des damaligen Präsidenten der Universität Tübingen, ADOLF THEIS, zu verdanken. Es ermöglichte der jungen Tübinger Mykologengruppe den gleichzeitigen Einstieg in die aktuellen Forschungsmethoden der Ultrastruktur, der Kultivierung von Pilzen und der Arbeiten mit antibiotisch aktiven Metaboliten. Wir stellen unsere mykologische Forschung nach Themenkreisen gegliedert dar, die durch jeweils verwandte Pilzgruppen definiert sind. Diese Abfolge soll verdeutlichen, dass nicht die Einrichtung unterschiedlich methodischer, voneinander getrennter Arbeitsrichtungen unser Ziel war, sondern ganz im Gegenteil eine möglichst enge Vernetzung. Diese über Jahrzehnte praktizierte Forschungsstrategie hat sich für alle kooperativ beteiligten Mitarbeiter als optimal erwiesen. Dem Lehrstuhl angegliedert war eine selbständige Abteilung für Vegetationskunde unter der Leitung von WILHELM SAUER. Vom mykologischen Bereich war auch die Arbeitsgruppe von AXEL BRENNICKE, die molekularbiologisch an höheren Pflanzen arbeitete, thematisch abgekoppelt. Seit 2009 wird der Lehrstuhl, der inzwischen in „Organismische Botanik“ umbenannt wurde, kommissarisch von MICHAEL WEISS geleitet. Die Benennung der Taxa, von den Ordnungen bis zur Abteilung, folgt der Nomenklatur von HIBBETT et al. (2007). Taxonnamen werden ohne Autoren verwendet. Um auch Nicht-Mykologen den Text verständlich zu machen, wurden, soweit möglich, neben wissenschaftlichen auch gebräuchliche deutsche Volksnamen verwendet. Zitiert werden in diesem Rückblick nur Publikationen, die an unserem Lehrstuhl entstanden sind oder an denen unsere Mitarbeiter beteiligt waren. Damit werden, bedauerlicherweise, Diplom- und Zulassungsarbeiten nicht referiert.

Ausgangspunkt unserer verschiedenen mykologischen Forschungsrichtungen waren immer Pilze in ihren Lebensräumen. Dieser Ansatz bestätigte ständig den Stellenwert der Geländearbeit mit Beobachten, Erkennen, Sammeln, Identifizieren und schließlich Kultivieren der Pilze. In dieses Primärkonzept ging der Lebensraum als die zentrale ökologische Komponente schlechthin ein, und damit wurden die jeweiligen Pflanzen- und Tierarten als obligate Interaktionspartner der Pilze angemessen berücksichtigt.

Zu Beginn standen Arbeiten an zellulären Bauplänen saprober und parasitischer Basidiomyceten sowie Isolierungen und Charakterisierungen antibiotischer Inhaltsstoffe von ausgewählten Arten. Es folgte 1978 eine Ausweitung der Untersuchungen auf Boden- und Holzpilze sowie Mykorrhizen von heimischen Waldbäumen im Rahmen der Waldschadensforschung. Als molekulare Analysen von Pilzen möglich wurden, haben wir diese mit den seither bewährten Methoden verknüpft, um Aussagen zur Biodiversität, Ökologie und Phylogenie der Pilze zu optimieren.

Pilze

In einer aktualisierten Übersicht haben PRILLINGER et al. (2002) die Systematik und Phylogenie der Echten Pilze (Fungi) unter besonderer Berücksichtigung der Asco- (Schlauchpilze) und Basidiomyceten (Ständerpilze) dargestellt. – Basierend auf den Genomen von 21 Pilzen, drei Tieren und *Arabidopsis thaliana* haben KURAMAE et al. (2006) ein Dendrogramm erstellt, für das sie die größtmögliche Sicherheit einer richtigen phylogenetischen Hypothese annahmen. Die Tiere stellen die Schwestergruppe der Pilze dar, Asco- und Basidiomycota sind Nachbarabteilungen. – Für das groß angelegte Projekt „Assembling the Fungal Tree of Life“ (AFTOL) haben CELIO et al. (2006) auf die benötigten Datenbanken für strukturelle und biochemische Merkmale hingewiesen. Um die dabei auftretenden Schwierigkeiten zu verdeutlichen, wurden Septenporen, Kernteilungen und Spindelpolzyklen als Beispiele erläutert.

Basidiomycota, Ständer- oder Basidienpilze

Bei der Tagung der damals noch als „Gesellschaft für Pilzkunde“ benannten und durch Mitgliederbeschluss in „Gesellschaft für Mykologie“ umbenannten Vereinigung in Tübingen hat OBERWINKLER am 29.9.1977 zum Thema „Was ist ein Basidiomycet“ referiert (OBERWINKLER 1978). Die von ihm angeführten fünf Merkmalsträger zur Unterscheidung von Asco- und Basidiomycota,

nämlich Meiosporangien (Asci bei Ascomycota / Basidien bei Basidiomycota), Septentypen (einfache Poren mit Woronin-Körpern / einfache Poren mit / ohne Microbodies / Doliporen), Zellwandigenschaften (zweischichtig / mehrschichtig), Hefeknospung (mit kontinuierlicher Wand / mit Kragenbildung) und diverse Chemismen, haben weiterhin Gültigkeit. Rückblickend soll daran erinnert sein, dass damals noch deutlich gemacht werden musste, dass Ustilaginales, Tilletiales, Sporobolomycetales, Exobasidiales, Cryptococcales und Cryptobasidiales tatsächlich den Basidiomyceten zuzurechnen sind.

Während seiner Studien an „Primitiven Basidiomyceten“ (OBERWINKLER 1965) wurden die meisten der damals in der Bayerischen Staatssammlung München aufbewahrten heterobasidialen und aphylophoralen Typusarten von Basidiomyceten-Gattungen vergleichend lichtmikroskopisch untersucht. Diese Arbeiten konnten mit Unterbrechungen bis 1974 fortgesetzt und auf agaricale und gastroide Gruppen ausgeweitet werden. Das Ergebnis dieser Untersuchungen erschien in einer stark komprimierten Form als „Das neue System der Basidiomyceten“ (OBERWINKLER 1977a). Aus dieser Publikation reproduzieren wir das Schema des Systems (Abb. 1) weil hier das Wesentliche wiedergegeben wird: Unterschiedliche Fruchtkörperbaupläne, wie corticioid, merulioide, porioide, steroid, hydroid, clavarioide, cantharelloide, boletoid, agaricoide oder gasteroide, sind mehrfach und unabhängig voneinander entstanden. Nach Jahren wurden diese Vorstellungen molekularphylogenetisch bestätigt. Die daraus resultierende Konsequenz für die Systematik erzwang eine gravierende Umgruppierung der Großtaxa, z.B. der Polyporales, Russulales oder Theleporales. Für die Hymenochaetales und Boletaceae war eine solche Interpretation schon akzeptiert. Nicht aufgelöst werden konnten die meisten Agaricales und die „echten“, d.h. nicht secotialen Gasteromyceten. Unter den damals gebräuchlichen Phragmobasidiomyceten waren die Ustilaginales, Uredinales, Septobasidiales, Auriculariales und Tremellales zusammengefasst. Zu den Heterobasidiomyceten erweitert enthielt diese Gruppierung auch noch die Tilletiales, Cryptobasidiales, Exobasidiales, Dacrymycetales und Tulasnellales. Den mikrostrukturellen Merkmalen der Meiosporangien haben wir eine besondere Bedeutung beigemessen, sie daher vergleichend analysiert. Diese Thematik hatte OBERWINKLER (1964a) knapp zusam-

mengefasst und dann (OBERWINKLER 1982) auch auf die Systematik der gesamten Basidiomyceten angewendet. In den Anmerkungen zur Evolution und Systematik der Basidiomyceten (OBERWINKLER 1985) wurden neben den konvergent entstandenen Fruchtkörperbauplänen auch Basidiomycetenhefen im ontogenetischen und phylogenetischen Kontext dargestellt.

Heterobasidiomyceten mit ontogenetischen Hefestadien hat OBERWINKLER (1987) besprochen. Zu dieser Zeit waren ultrastrukturelle Merkmale der Septenporen soweit bekannt, dass sie von „einfachen“ Poren bis zu komplexen Doliporen als Spiegel der Basidiomycetenevolution gedeutet werden konnten. Die 5S rRNAs von mehr als 50 Basidiomycetenarten waren damals bereits in unserem Tübinger Labor sequenziert worden (BLANZ & GOTTSCHALK 1985, GOTTSCHALK 1985, GOTTSCHALK & BLANZ 1984, 1985). Die Verteilung von Typ-A- und Typ-B-Sekundärstrukturen der 5S rRNAs trennte die Rostpilz-Verwandtschaft (Pucciniomycotina) von den übrigen Basidiomyceten (Ustilaginomycotina und Agaricomycotina). Dies wurde in allen nachfolgenden molekularphylogenetischen Hypothesen, basierend auf unterschiedlichen Sequenzbereichen, untermauert (HIBBETT et al. 2007). Bei Verwendung von β -Tubulin-Genen konnte die Monophylie der Basidiomyceten, der Ustilaginomycotina und der Agaricomycotina (als Hymenomycetes) bestätigt werden (BEGEROW et al. 2004a), nicht jedoch die der Pucciniomycotina (als Urediniomycetes).

In der Evolution der Pilze sind Substratabhängigkeiten auf unterschiedlichen systematischen Ebenen außerordentlich bedeutungsvoll. In einer Übersicht zur Biodiversität filamentöser Pilze hat OBERWINKLER (1992b) besonders Basidiomyceten hinsichtlich ihrer Substratbindungen und damit einhergehenden Funktionen in Ökosystemen dargestellt. Diese Thematik hat er mehrfach (OBERWINKLER 1993a, 2009) zusammengefasst: Parasitismus an Pilzen und Pflanzen ist bei basalen Basidiomyceten weit verbreitet. Mykorrhizierungen sind dagegen weitgehend auf die Agaricomycotina und Lichenisierungen (Flechtenbildungen) sogar auf die Agaricomycetes beschränkt. Exklusiv saprobe Basidiomyceten fehlen bei den Ustilaginomycotina, sie sind bei den Pucciniomycotina selten und bei den Agaricomycotina weit verbreitet. Dies erweckt den deutlichen Eindruck einer Evolutionstendenz in den Großgruppen. Die Abfolge der Ordnungen (Abb. 2) lehnt sich an die Übersicht von HIBBETT et al. (2007) an.

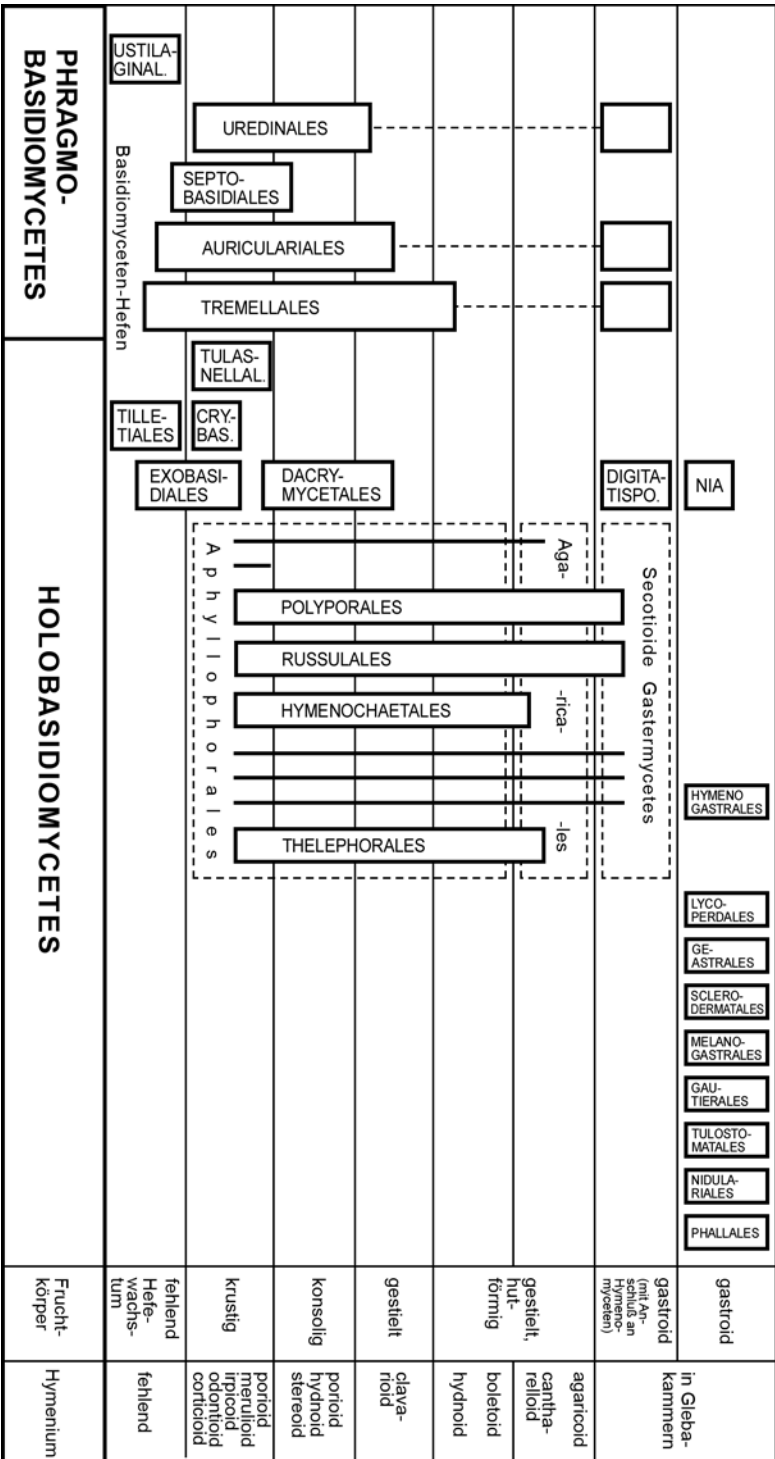


Abbildung 1. System-Vorschlag für die Gruppierung natürlicher Verwandtschaften der Basidiomyceten. Aus OBERWINKLER (1977a). In diesem System aus „vormolekularer Zeit“ wurde versucht, natürliche Verwandtschaften darzustellen. Die Abfolge der Taxa von links nach rechts sollte ihre Phylogenie illustrieren. Die vertikalen Säulen stellen Monophyla dar, von denen mehrere damals bereits gut abgesichert waren. Andere, wie die Polyporales und besonders die Russulales, erschienen revolutionär. Besonders wichtig war die Auflösung der Nichtblätterpilze (Aphyliophorales) und Blätterpilze (Agaricales s.l.) und die jeweilige Anbindung von Bauchpilzen (Secotiale Gasteromycetes). Es verblieben isolierte Gasteromyceten, die nach makro- und mikromorphologischen Merkmalen an keine der nicht-gasteroiden Verwandtschaften angehängt werden konnten. Abkürzungen: USTILAGINALES, TULASNELLALES, CRYPTO-BASIDIALES, DIGITATISPOA.

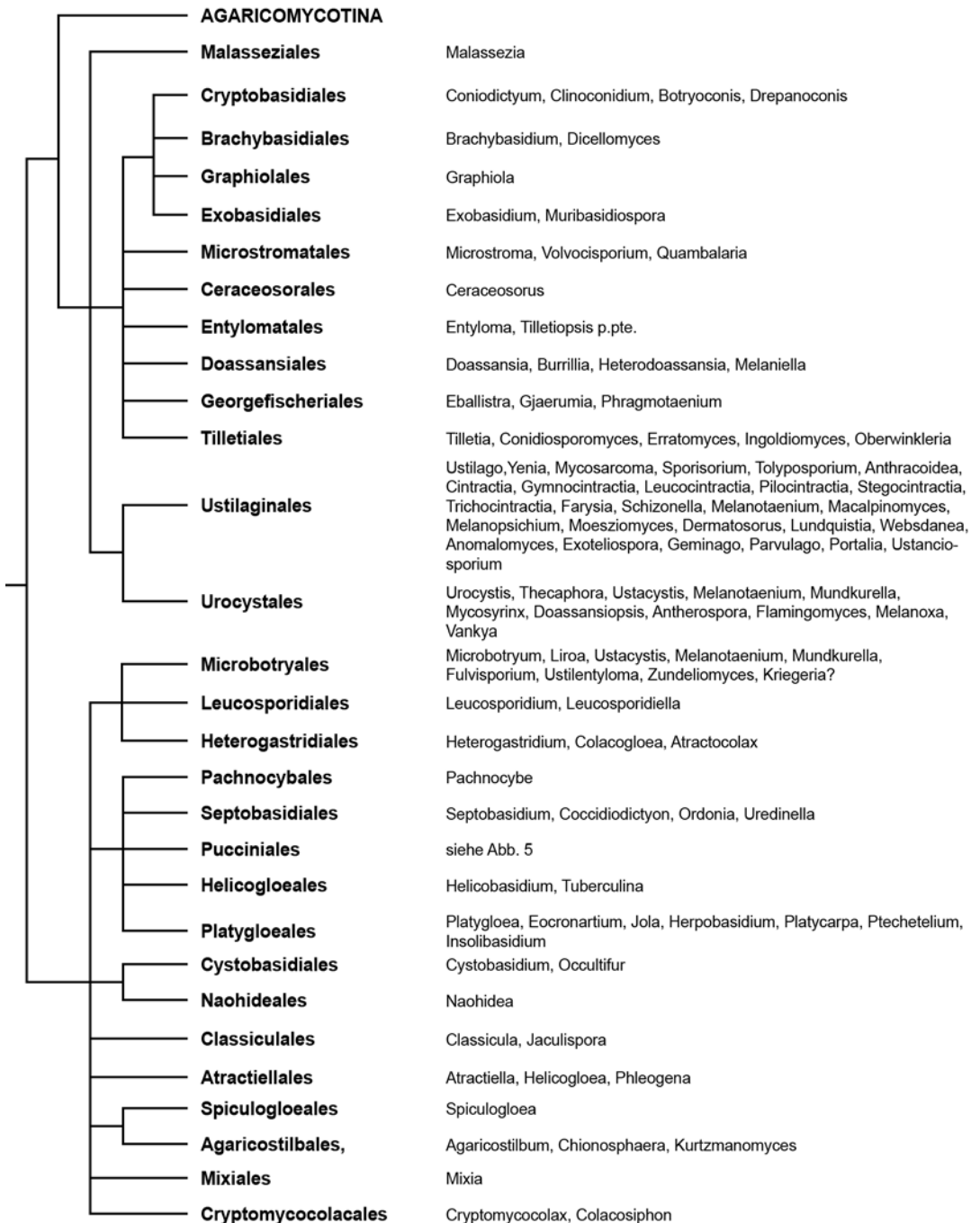


Abbildung 2. Phylogenetische Hypothese für Ordnungen der Pucciniomycotina und Ustilaginomycotina in Anlehnung an HIBBETT et al. (2007). Die Taxa werden entlang der hier gegebenen Anordnung, von unten nach oben, besprochen.

„Heterobasidiomycetes“

Die Heterobasidiomyceten bildeten den Fokus für systematisch-phylogenetische Untersuchungen an unserem Lehrstuhl. Bis 2009 hat die Reihe „Studies in Heterobasidiomycetes“, die 1980 begonnen wurde, 235 Publikationen erbracht. – Heterobasidiomyceten waren ein erweiterter taxonomischer Ersatz für die Phragmobasidiomyceten, die sich, der Name deutet darauf hin, durch mehrzellige, septierte Basidien (Phragmobasidien) auszeichnen und von den Basidiomyceten mit einzelligen Basidien (Holobasidien) unterscheiden. Insgesamt kann in dieser Gruppe eine hohe Variabilität wichtiger Merkmale festgestellt werden, die OBERWINKLER (1992a) aufgelistet hat. Unter diesen ist die Plastizität der Sporenkeimung besonders bemerkenswert: Hefen, Schleudersporen, Konidien oder Hyphen. Einen Überblick über tropische Heterobasidiomyceten hat OBERWINKLER (1995) erstellt. In einer detaillierten Übersicht haben WEISS et al. (2004a) mit ultrastrukturellen und molekularen Daten deutlich gemacht, dass „Heterobasidiomycetes“ nicht monophyletisch sind. Vielmehr beinhalten sie, nach damaliger Nomenklatur, Urediniomycetes, Ustilaginomycetes und basale Gruppen der Hymenomycetes. Die Autoren listeten alle Gattungen, mit Ausnahme jener der Rostpilze, auf und ordneten sie den höheren Taxa zu. Den Mykoparasitismus verstanden sie als treibenden Motor in der Evolution der Basidiomyceten, eine Thematik, die seit dem Beginn der Untersuchungen an heterobasidialen Mykoparasiten an unserem Lehrstuhl häufig diskutiert wurde. Desgleichen war in ständiger Diskussion, ob *Cryptomyocolax abnormis* der basale Basidiomycet schlechthin ist. Die Atractiellales erwiesen sich als monophyletisch. Innerhalb der Urediniomycetes wurden zwei Gruppen mit Pflanzenparasiten ausgewiesen, die Rostpilze und die Platyglloeales. Überraschend war der Befund, dass *Helicobasidium* nicht in die Platyglloeales fällt. Dass die Brandpilze in zwei große, konvergent evolvierte Gruppen zerfallen, wurde ausführlich thematisiert. Die Ustilaginomycetes wurden als Schwestergruppe der Hymenomycetes angesehen. Für die *Malassezia*-Hefen, lipophile Hautbewohner von Säugetieren, wurde eine Herkunft von Pflanzenparasiten angenommen. Klassifikationsprobleme von Sebaciales und Auriculariales wurden im historischen Kontext beleuchtet. Schließlich wurde auf die Frage der Abgrenzung von „Heterobasidiomyceten“ und „Homobasidiomyceten“, unter besonderer Berücksichtigung der Ceratobasidiales, eingegangen.

Unsere Arbeiten an heterobasidialen Pilzen resultierten aus einem Verbund von Organismenkenntnis, der Verfügbarkeit und der gezielten Verwendung optimierter Methoden von Kulturtechniken, von Licht- und Elektronenmikroskopie und von molekularen Analysen. Die Themenverteilung mag anfangs als zu breit gestreut erschienen sein, hat sich aber im Verlaufe der Zeit zu einem Gesamtbild verdichtet, für das viele Bausteine unverzichtbar waren.

Pucciniomycotina, Rostpilz-Verwandtschaft

Diese Unterabteilung der Basidiomycota wurde von BAUER et al. (2006) nomenklatorisch begründet sowie systematisch und phylogenetisch bis zu den Ordnungen dargestellt. Sie fasst die „einfachporigen“ Basidiomyceten zusammen. An einer Übersicht der Klassifikation der Pucciniomycotina durch AIME et al. (2006) waren vier Mitarbeiter des Lehrstuhls beteiligt. In der phylogenetischen Systematik der gesamten Pilze (HIBBETT et al. 2007) wurde unser System der Pucciniomycotina und der Ustilaginomycotina übernommen.

Cryptomyocolocales

Bisher sind nur zwei Arten aus der Ordnung Cryptomyocolocales bekannt. Beide sind Mykoparasiten an Ascomyceten, die Colacosomen und einfache Septenporen sowie plattenförmige Spindelpolkörper besitzen. Die subzellulären Strukturen weisen auf eine basale Stellung in der Rostpilzverwandtschaft und damit der gesamten Basidiomycota hin. Diese Position kann auch molekularphylogenetisch gestützt werden.

Cryptomyocolax abnormis haben OBERWINKLER & BAUER (1990), nach einer Aufsammlung von OBERWINKLER vom Vulkan Irazú, Costa Rica, beschrieben. Der Pilz parasitiert einen Ascomyceten. Die Interaktionsorganelle sind zwei unterschiedliche Colacosomen. Ein Colacosomentyp wurde von BAUER & OBERWINKLER (1991) von *Platyglloea peniophorae* (*Colacogloea p.*) beschrieben. Das konvergente Auftreten dieser sehr speziellen, mykoparasitischen Interaktionsorganelle bei Cryptomyocolacomycetes und Microbotryomycetes haben BAUER et al. (2006) diskutiert. Die einfachen Septenporen von *Cryptomyocolax abnormis* werden von Mikrobodies flankiert, die Woroninkörperchen gleichen. Dieses Ascomyceten-Merkmal findet sich bei Basidiomyceten nur noch bei der nächst verwandten Gattung *Colacosiphon* (KIRSCHNER et al. 2001a). Auch die Spindelpolkörperchen der Kernteilungs-Interphase

entsprechen in Lage, Struktur und Teilungsverhalten jenen der Ascomyceten. Erst in der späten Interphase entstehen die für Basidiomyceten typischen Mittelstücke zwischen den Spindelpolkörperplatten. In molekularphylogenetischen Analysen bilden *Cryptomycocolax* und *Colacosiphon* einen gut unterstützten Ast, der eine basale Position im Dendrogramm der Basidiomyceten einnimmt und als eigene Klasse, *Cryptomycocolacomycetes*, ausgewiesen wurde (BAUER et al. 2006).

Mixiales

Mixia osmundae, die einzige Art der Mixiales, parasitiert in ihrer Hyphenphase auf den japanischen und nordamerikanischen Königsfarne, *Osmunda japonica* und *O. cinnamomea*. An blasenförmigen Zellen des Parasiten, die aus den Wirtsblättern heraus wachsen, werden viele Sporen nach außen abgegliedert, die daher keine Asci sein können, wie ursprünglich falsch angenommen wurde. Es ist unbekannt, ob es sich bei den Sporen um Konidien oder um Basidiosporen handelt. Diese Zellen knospen und leiten damit die Hefephase ein. Mehrfach wurden uns Aufsammlungen von *M. osmundae* aus Japan von JUNTA SUGIYAMA für elektronenmikroskopische Untersuchungen zugesandt. Es sollte mit hiesiger Expertise herausgefunden werden, ob die sporenbildenden Zellen Meio- oder Mitosporangien sind. Trotz zeitraubender Untersuchungen sind leider keine Kernteilungs- und Chromosomenstadien gefunden worden, die mitotische oder meiotische Teilungen belegen konnten. Ultrastrukturelle Details der Zellwände, der exogenen Sporen und der Spindelpolkörper wurden von BAUER et al. (2006) dokumentiert. Eine basale Stellung von *M. osmundae* innerhalb der Basidiomyceten erscheint danach wahrscheinlich. Dies wird auch durch molekularphylogenetische Hypothesen (WEISS et al. 2004a, AIME et al. 2006, BAUER et al. 2006) gestützt.

Agaricostilbales (Tafel 1, Abb. 3)

Nach den bisher bekannten Aufsammlungen von *Agaricostilbum*-Arten bevorzugen diese Pilze abgestorbene Palmenblätter als Substrat. In der Ordnung finden sich keine Pilzparasiten, wohl aber in der Klasse der Agaricostilbomycetes. Basidiosporen knospen mit Hefen. Das ursprünglich als Deuteromycet beschriebene und wie der Name andeutet, stilboide (gestielte mit Köpfchen) *Agaricostilbum pulcherrimum* (als *A. palmicolum*), wurde in Tübingen und Vancou-

ver nachuntersucht. Wir fanden (WRIGHT et al. 1981), dass die Verbreitungseinheiten bildenden Zellen Basidien sind, die sitzende Basidiosporen abgliedern. Meiose, meiotischer Zyklus der Spindelpolkörper und Basidienontogenie von *A. pulcherrimum* wurden von BAUER et al. (1992) transmissionselektronenmikroskopisch untersucht. BAUER & OBERWINKLER (1986a) haben experimentell-ontogenetische Untersuchungen an Phragmobasidien von *Agaricostilbum pulcherrimum*, *Gymnosporangium clavariiforme*, *Helicogloea lagerheimii*, *Phleogena faginea*, *Platygloea peniophorae* und *Sphacelotheca polygoni-persicariae* durchgeführt. Sie fanden, dass bei diesen Arten die Basidiosporenbildung und -keimung durch die äußeren Faktoren Luft, Wasser und Wasseragar stark beeinflusst werden. Es können Schleudersporen, Mikrokonidien oder Hefen gebildet werden. Die Basidienzelle kann sich also in ihrer Weiterentwicklung so verhalten wie die Basidiospore. Mit der Bildung der Basidienzellen ist die Ontogenie des Meiosporangiums abgeschlossen. Die Basidiosporen haben wir als vegetative Verbreitungseinheiten definiert. – Mit der Auswertung vollständiger 5S rRNA-Sequenzen konnte GOTTSCHALK (1985) zeigen, dass *Agaricostilbum pulcherrimum* (als *A. palmicolum*) die Typ-A-Sekundärstruktur besitzt, wie dies u.a. auch für *Atractiella solani*, *Phleogena faginea*, *Pachnocybe ferruginea*, *Platygloea peniophorae* (*Colacogloea p.*) und die Brandpilze *Microbotryum violaceum*, *Sphacelotheca* sp. und *Ustilago scabiosae* (*Microbotryum s.*), aber auch für *Taphrina deformans*, zutrifft. In nachfolgenden molekularphylogenetischen Untersuchungen (B. MÜLLER 1989, WEISS et al. 2004, AIME et al. 2006, BAUER et al. 2006, BAUER et al. 2009) wurde die basale Stellung der Agaricostilbomycetes im phylogenetischen System der Basidiomyceten untermauert. Die *Chionosphaera*-Arten sind von KIRSCHNER et al. (2001b) vergleichend untersucht worden. Sie beschrieben die neue Spezies *C. cuniculicola*, die mit Koniferen-Borkenkäfern vergesellschaftet ist. *Fibulostilbum phylacicola* (SEIFERT et al. 1992) wurde in *Chionosphaera* einbezogen. – Eine neue anamorphe Heterobasidiomycetenhefe, *Kurtzmanomyces insolitus* wurde von SAMPAIO et al. (1999b) beschrieben. *Mycogloea nipponica* war das durch KIRSCHNER et al. (2003) erstmals gefundene Teleomorph in der Hefegattung *Kurtzmanomyces*. – Die Agaricostilbales wurden mit den Spiculogloeales in der Klasse Agaricostilbomycetes (BAUER et al. 2006) zusammengefasst.

Spiculogloales

Arten dieser Ordnung (BAUER et al. 2006) sind Mykoparasiten mit tremelloiden Haustorien. Die Mikromorphologie der Fruchtkörper von *Spiculogloea occulta*, die Interaktion mit dem Wirt *Hyphodontia sambuci* sowie Merkmale in Kultur wurden von LANGER & OBERWINKLER (1998) dargestellt. Die Autoren haben auch die bis dahin bekannten auricularioiden Gattungen mit intrahyphalen Arten geschlüsselt.

Atractiellales

Vertreter dieser Ordnung besitzen subzelluläre Organellen aus Membranstapeln, die wir Symplechosomen nannten. Diese Pilze leben saprob, können aber auch in epiphytischen Orchideen als Wurzel-Mykobionten auftreten. In einer Übersicht der gestielt-kopfigen, gasteroiden, auricularioiden Heterobasidiomyceten fassten OBERWINKLER & BANDONI (1982a) in der neuen Ordnung Atractiellales drei Familien zusammen: Hoehnelomycetaceae mit den Gattungen *Agaricostilbum* und *Atractiella*, Chionosphaeraceae mit *Chionosphaera* und *Stilbum* sowie die Phleogenaceae mit der einzigen Gattung *Phleogena*. Auch ein höchst ungewöhnlicher, holobasidialer, stilboider Heterobasidiomycet, *Pachnocybe ferruginea*, wurde behandelt (siehe: Pachnocybales). Mit *Atractogloea* fügten OBERWINKLER & BANDONI (1982c) den Hoehnelomycetaceae eine weitere Gattung hinzu, deren einzige Art, *A. stillata*, sitzend-pustelige Fruchtkörper hat.

OBERWINKLER & BAUER (1989) haben die genannten Gruppen einer erneuten Revision unterzogen. Es wurden vergleichend dargestellt: Fruchtkörper, Hyphen und Hyphensysteme, Septen und Septenporen, Spindelpolkörper, Membrankomplexe, Basidien, Basidiosporen, Hefen, Konidien und 5S ribosomale RNAs. Sie fanden, dass die behandelten Taxa heterogen sind und führten daher die Agaricostilbales, Agaricostilbaceae, Pachnocybaceae und Atractogloeaceae ein. Ferner beschrieben OBERWINKLER & BAUER (1989) ein bis dahin unbekannt gebliebenes Zellorganell aus Membrankomplexen, das Symplechosom, das für Arten der Atractiellales typisch ist. Der systematische Wert dieses Merkmals wird durch molekulare Stammbäume dieser Gruppen und ihrer Verwandten bestätigt (BAUER et al. 2006). Entsprechend werden in der Ordnung neben *Atractiella* auch *Helicogloea* und *Phleogena* zusammengefasst. – Aus Taiwan haben CHEN & OBERWINKLER (2000b) *Helicogloea globosa* und *H. musaispora* beschrieben und die Arten der

Gattung geschlüsselt. – Atractiellales aus Costa Rica wurden von KISIMOVA-HOROVITZ et al. (2000b) studiert. – Zwei pyknidiale, zumeist in Borkenkäfergängen vorkommende Atractiellales wurden von OBERWINKLER et al. (2006) beschrieben. *Basidiopycnis hyalina* ist im Basidien- und Konidienstadium bekannt, *Proceropycnis pinicola* nur als Anamorph. KIRSCHNER & OBERWINKLER (2009) fanden, dass *Basidiopycnis albertensis* mit dem Anamorph von *Basidiopycnis hyalina* übereinstimmt, somit ein Synonym ist. Es konnte auch gezeigt werden, dass *Mycogelidium sinense* kein Basidiomycet ist, vielmehr eine Nebenfruchtform eines Ascomyceten aus der Verwandtschaft der Capnodiales. – In terrestrischen und epiphytischen neotropischen Orchideen wurden molekular und ultrastrukturell Hyphen nachgewiesen, die zu Atractiellalesarten gehören (KOTTKE et al. 2010). Dieser Befund ist bisher singulär geblieben.

Classicuales

Bis jetzt ist nur eine Art, *Classicula fluitans*, mit reif transversal septierten Basidien, subterminal angeschwollenen Sterigmen und langspindeligen Basidiosporen bekannt geworden. Dagegen kennt man *Jaculispora submersa* nur als konidienbildenden Deuteromyceten. Beide Pilze sind aus Süßwasser isoliert worden. BAUER et al. (2003) haben die teleomorphe Gattung *Classicula* und das anamorphe Taxon *Jaculispora* in dieser Ordnung zusammengefasst. *Classicula fluitans* ist das Basidienstadium von *Naiadella fluitans*. Die Arten besitzen tremelloide Haustorien. In der phylogenetischen Systematik einfachporiger Heterobasidiomyceten wurde die eigene Klasse Classiculomycetes vorgeschlagen (BAUER et al. 2006).

Naohideales

OBERWINKLER (1990) hat für *Platygloea sebacea* eine eigene Gattung, *Naohidea*, eingeführt, weil die Art durch mehrere mikromorphologische Merkmale von *P. disciformis*, der Typusart der Gattung, deutlich abweicht (vergleiche Platyglloeales). BAUER (2004) fand Nanometerporen in den intrazellulären Haustorien, und WEISS et al. (2004a) konnten die molekularphylogenetisch unterstützte Position von *Naohidea* in den Cystobasidiomycetes zeigen.

Cystobasidiales

Es handelt sich hier um dimorphe Pilze mit meist rosa bis orangefarbenen Hefekolonien und Hyphen mit tremelloiden Haustorien für mykoparasitische Interaktionen. Die Typusart der Gattung

Cystobasidium, *C. fimetarium* (= *C. lasioboli*), wurde von SAMPAIO & OBERWINKLER (2011a) nach mikromorphologischen Merkmalen der Hauptfruchtform und der Hefephase sowie nach Daten zur Substratverwertung und der Molekularphylogenie dargestellt. – OBERWINKLER (1990) beschrieb *Occultifur internus*, einen Mykoparasiten, der in Fruchtkörpern von Dacrymyceten wächst und tremelloide Haustorien mit Nanometerporen und tremelloide Septenporen mit Cystosomen (BAUER 2004) besitzt. SAMPAIO et al. (1999a) fanden eine weitere Art, *Occultifur externus*, die unter Laborbedingungen zur Fruktifikation gebracht werden konnte. Für diese Spezies konnte auch molekularphylogenetisch die Zuordnung zu den Cystobasidiales erbracht werden. Die Arten der Gattung *Occultifur* haben SAMPAIO & OBERWINKLER (2011c) nach morphologischen, biochemischen und molekularphylogenetischen Merkmalen besprochen.

Platyglloeales (Tafel 1, Abb. 4)

Die pflanzenparasitischen Platyglloeales kommen auf Laubmoosen, Farnen und Samenpflanzen vor. Ihre Phragmobasidien sind quer septiert. Als OBERWINKLER et al. (1990a) *Platyglloea peniophorae* in die eigene Gattung *Colacogloea* transferierten, haben sie auch die Typusart der Gattung *Platyglloea*, *P. disciformis*, ausführlich behandelt. Bei der Bearbeitung Farne bewohnender, nicht den Rostpilzen zugehöriger, auricularioider Parasiten der Gattungen *Herpobasidium* und *Platycarpa* haben OBERWINKLER & BANDONI (1984) auch deren Verwandte auf Caprifoliaceen vergleichend untersucht. Sie haben *Herpobasidium australe* aus Australien neu beschrieben und die Gattungen *Ptechetelium* für *Herpobasidium cyathaeae* sowie *Insolibasidium* für *H. deformans* vorgeschlagen. *Herpobasidium abnorme* wurde als neue Art aus Idaho von OBERWINKLER & WELLS (1985) beschrieben. Für den Vergleich von Basidientypen hat OBERWINKLER (1982) die Mikromorphologie von *Eocronartium muscicola*, einem Laubmoosparasiten, dargestellt. Meiose, Spindelpolzyklus und Septenporen von *Herpobasidium filicinum* wurden von BAUER & OBERWINKLER (1994) transmissionselektronenmikroskopisch untersucht, um weitere Daten für die systematische Interpretation der Art zu erhalten.

Helicobasidiales

LUTZ et al. (2004a) konnten zeigen, dass *Tuberculina* spp. zu *Helicobasidium*-Nebenfruchtformen gehören, relativ nahe mit den Rostpilzen verwandt

sind und diese parasitieren. Die Identitäten von *Tuberculina* spp. und der Hauptfruchtform *Helicobasidium* spp. mit krustenförmigen (corticoiden) Fruchtkörpern konnten experimentell belegt werden (LUTZ et al. 2004b). BAUER et al. (2004) haben den Mykoparasitismus von *Tuberculina persicina* auf *Puccinia silvatica* und *Tranzschelia prunispinosae* untersucht. Sie fanden die Fusion von Parasiten- und Wirtszellen und deren Zytoplasmamembranen. Die Fusionskanäle erreichen bis zu 1 µm Durchmesser, was ungehinderten Zellorganelltransfer ermöglicht. Experimente zur Wirtsspezifität von *Tuberculina* haben eine hohe Diversität der Mykoparasiten ergeben (LUTZ et al. 2004c). Für den Projektfinanzierer, die Deutsche Forschungsgemeinschaft, haben wir (LUTZ et al. 2006) einen Artikel geliefert, der das Doppelleben des Birnengitterrost-Parasiten beschreibt. In die Titelzeile hatte sich der gravierende Fehler eingeschlichen, der dem Birnengitterrost selbst das Doppelleben als Pilz- und Pflanzenparasit zuschrieb. Dies konnte in der englischen Version des Beitrages (LUTZ et al. 2007) korrigiert werden.

Pucciniales (Uredinales), Rostpilze (Abb. 5)

Die artenreichen Rostpilze sind obligate Pflanzenparasiten, die mehrere morphologisch unterschiedliche Sporentypen ausbilden können, u. a. die namengebenden rostroten Uredosporen (Uredinales). Zahlreiche Arten sind wirtsspezifisch und einige sind ökonomisch bedeutende Kulturpflanzenschädlinge, so der Schwarzrost des Getreides (*Puccinia graminis*) und der Kaffee-Rost (*Hemileia vastatrix*).

In seiner Dissertation hat SEBALD (1977) die Sporenontogenien, -ornamente und Septenporen von Rostpilzen transmissionselektronenmikroskopisch vergleichend untersucht. – Beim Studium des Keimungsverhaltens der Sporen von *Coelosporium tussilaginis* fanden sich Hefekolonien an Pycnosporen (DEML et al. 1982a, b). Diese Befunde wurden lichtoptisch als Hefekeimung interpretiert. Erst als molekulare Charakterisierungen möglich wurden, ließ sich zeigen, dass die aufbewahrten Kulturen nicht mit den untersuchten Rostpilzen identisch waren (MÜLLER, 1989). Die Pyknidialstruktur und Pyknosporogenese sowie die Basidiosporenkeimung und den Infektionsvorgang beim Birnengitterrost hat METZLER (1981, 1982) untersucht. – Experimentell-ontogenetische und karyologische Untersuchungen hat BAUER (1983, 1986, 1987) durchgeführt. Er konnte zeigen, dass Sekundärsporenbildung nur im



Abbildung 5. Phylogenetische Hypothese für Familien der Pucciniales in Anlehnung an MAIER et al. (2003). Das Phylogramm enthält Gattungen, die MAIER in seiner Dissertation behandelte.

monokaryotischen Zustand erfolgt und dass Volumen- und Strukturänderungen des Chromatins von der Kernphase des Mitosezyklus abhängen. – BAUER & OBERWINKLER (1986b) haben die gastroid Entwicklung der Basidien und Basidiosporen von *Ochropsora ariae* in Wirtsblättern und in Wasseragar studiert. Die Kerndegeneration während der Ballistosporenbildung wurde von ihnen (BAUER & OBERWINKLER 1988) an *Cronartium asclepiadeum* analysiert. – Ultrastruktur und Anatomie der Melampsoraceen wurden von BERNDT (1993) in seiner Dissertation untersucht. Die dikaryotischen Haustorien (D-Haustorien) von Farnrosten wurden von BERNDT et al. (1994) transmissionselektronenmikroskopisch analysiert. Sie entdeckten ultrastrukturelle Unterschiede zwischen *Hyalopsora* und *Uredinopsis* einerseits sowie *Milesia* andererseits. Es wurde postuliert, dass die Farnroste mit *Cronartium*-Arten eine Ab-

stammungsgemeinschaft bilden. BERNDT & OBERWINKLER (1995) fanden, dass *Thekopsora galii*, *Naohidemycetes vaccinii* sowie *Pucciniastrum circicaeae*, *P. epilobii*, *P. hikosanense* und *P. styracinum* einfache (gymnopedunculate) D-Haustorien besitzen. Dagegen haben *Pucciniastrum actinidiaceae*, *P. agrimoniae*, *P. pyrolae* und *Calyptospora goeppertiana* Haustorienstiele, die von einer zurückgefalteten extrahaustorialen Matrix umgeben sind, was wir als velopedunculat bezeichnet haben. BERNDT (1996c) hat die Haustorien von *Coleosporium*-Arten und diejenigen von *Ravenelia* und *Kernkampella* spp. analysiert (BERNDT 1997a). Schließlich haben BERNDT & OBERWINKLER (1997) die Ultrastruktur und Morphologie der Haustorien von *Melampsorella*-Arten und *Thekopsora areolata* beschrieben und illustriert. Sie konnten zeigen, dass *Melampsorella caryophyllacearum* velopedunculate D-Haustorien und *M.*

symphyti gymnopedunculate D-Haustorien besitzen. Im Gegensatz zu anderen *Thekopsora*-Arten hat *T. areolata* velopedunculate D-Haustorien. – Aus Venezuela hat BERNDT (1995) eine neue Gattung und Art, *Diabolidium calliandrae* und aus Taiwan (BERNDT 1996a) die neue Spezies *Diorchidium taiwanensis* beschrieben. Von neotropischen Leguminosen wurden von BERNDT (1996b) weitere neue Rosttaxa bekannt gemacht: *Ravenelia palenquensis*, *R. magnispina*, *R. verrucata* var. *apurensis*, *Uredo santa-rosensis*, *U. paschoae* und *Uraecium guanacastensis*. *Cerotelium dioscoreae* von *Dioscorea* aus Ecuador hat BERNDT (1997b) eingeführt. Sechs neue *Puccinia*-Arten von *Baccharis* spp. wurden von BERNDT (1998a) vorgestellt: *Puccinia basirostrata*, *P. ecuadorientalis*, *P. lentapiculata*, *P. otavalensis* und *P. quitensis* aus Ecuador und *P. vulcanicola* aus Costa Rica. Weitere neue neotropische Rostpilzarten hat BERNDT (1998b) aus Ecuador und Venezuela bekannt gemacht: *Prosopodium manabi* auf Bignoniaceen, *Puccinia garcilassae* auf *Garcilassa rivularis*, *P. machillae* auf *Wedelia* cf. *grandiflora*, *Uromyces valerianae-microphyllae* auf *Valeriana microphylla*, wahrscheinlich das Teleutosporenstadium von *Uredo quitensis*, *Uredo verruculosa* auf *Pteridium aquilinum*, vermutlich eine *Uredinopsis*-Art, *U. ribesii-andicola* auf *Ribes* cf. *andicola* und *Aecidium begoniae* auf *Begonia* sp. Zusätzliche neotropische Arten wurden durch BERNDT (1999) eingeführt: *Goplana ribis-andicola*, *Puccinia ponsae*, *P. promatensis*, *Uromyces siphocampyli-gigantei*, *Uredo cyclanthacearum*, *U. meremiae* und *U. semidiscifera*. Aus Brasilien beschrieben BERNDT et al. (2002) *Crossopsora piperis*. In Argentinien konnte BERNDT (2002) folgende neue Arten finden: *Puccinia baccharidiboliviensis*, *P. cordyceps*, *P. pucarae* und *Aecidium hypseocharidiola*. BERNDT (in BERNDT & UHLMANN 2006) stellte folgende neue Rostpilzarten aus dem südlichen Afrika vor: *Puccinia cornurediata*, *P. subindumentana* und *Uromyces lotononidicola*. BERNDT & UHLMANN (2006) beschrieben *Puccinia horti-kirstenboschi* und *P. rapipes*. Zusammen mit A. R. WOOD haben BERNDT & UHLMANN (in BERNDT & UHLMANN 2006) *Puccinia dioscoreae-mundtii*, *P. othonnoides* und *Uromyces otholobii* eingeführt. – Für seine Dissertation hat MAIER einen Teil der DNA der nukleären großen ribosomalen Untereinheit von 52 Rostpilzarten sequenziert. Aus diesen Daten wurde erstmals eine repräsentative Phylogenie der Pucciniales (Uredinales, MAIER et al. 2003) erstellt. Es zeigte sich, dass *Puccinia*, *Uromyces*, *Endophyllum* und *Cumminsiiella* einen

gemeinsamen Ursprung haben, die autoecischen Rosaceen-Roste *Phragmidium*, *Kuehneola*, *Triphragmium* und *Trachyspora* (Tafel 1, Abb. 6) sowie die Pucciniastreae sensu DIETEL jeweils ein Monophylum darstellen und *Ochropsora* nahe verwandt mit *Tranzschelia* ist. Ferner konnte nachgewiesen werden, dass die Gattungen *Chrysomyxa*, *Coleosporium*, *Cronartium*, *Gymnosporangium*, *Melampsora*, *Phragmidium* und *Tranzschelia* jeweils monophyletisch sind. – Im Rahmen des BIOTA-Projektes Südafrika wurden von Tübingen aus auch Rostpilze untersucht. MENNICKEN et al. (2003) konnten erstmals für die Penaeaceae einen Rostpilz nachweisen: Für den Wirt *Saltera sarcocolla* wurde *Uredo sarcocollae* beschrieben. MENNICKEN & OBERWINKLER (2004) konnten weitere sechs, bislang unbekannt Rostpilze, aus dem südlichen Afrika beschreiben: *Puccinia rocherpaniana* auf *Helichrysum tricostatum*, *P. pteroniae* auf *Pteronia divaricata*, *Uredo tarchonanthia* auf *Tarchonanthus littoralis*, *Uredo aspalathi* auf *Aspalathus laricifolia*, *Uromyces silksvleyensis* auf cf. *Bartholina burmanniana* und *Uromyces quaggafonteinus* auf *Ehrharta calycina*. Ein Jahr später wurden weitere fünf neue Rostpilzarten aus Südafrika publiziert (MENNICEN et al. 2005a): *Puccinia namibiana* auf *Blepharis obmitrata*, *P. ovamboensis* auf *Triaspis hypericoides*, *P. windhoekensis* auf *Coccinia rehmannii*, *Uropeltis flavae* auf *Grewia flava* und *Uromyces otaviensis* auf *Ipomoea* cf. *verbascoidea*. Die Bearbeitung von Rostpilzen auf afrikanischen Zygothylaceen (MENNICEN et al. 2005b) lieferte drei Spezies, die bisher nicht beschrieben waren: *Uromyces dinteri* auf *Tetraena decumbens*, *U. namaqualandus* auf *Roepera cordifolia* und *U. paulshoekensis* auf *Roeperia* cf. *foetida*. Schließlich wurden die Rostpilze auf Aizoaceen des südlichen Afrika revidiert (MENNICEN et al. 2005c). Unter den acht Arten fanden sich fünf neue Taxa: *Puccinia aridariae* auf *Aridaria noctiflora*, *P. knersvlaktensis* auf *Mesembryanthemum nodiflorum*, *P. otzeniana* auf *Lampranthus otzenianus*, *Uredo guerichiani* auf *Mesembryanthemum guerichianum* und *U. leliefontinensis* auf *Galenia* sp. – Für Costa Rica hat BERNDT (2004) eine Zusammenstellung der bis dahin aus dem Land bekannten Rostpilze veröffentlicht. Darin finden sich 292 Arten, von denen 70 Spezies Erstnachweise darstellen. *Puccinia hypoxidis* und *P. phyllostachydis* wurden erstmals für die Neue Welt nachgewiesen. – Als Dissertation wurde von RITSCHEL (2005) eine klassische Monographie der umfangreichen Gattung *Hemileia* erstellt. RITSCHEL et al.

(2005) beschrieben die neue Rostpilzgattung *Desmosorus* aus Mittel- und Südamerika, mit der einzigen Art, *D. oncidii*, die auf Arten der Orchideengattungen *Cattleya*, *Epidendrum*, *Laelia*, *Lophiaris* und *Oncidium* gefunden werden konnte. Der Pilz hat suprastomatale Sori mit terminalen Sporen an verzweigten Hyphen, subglobose, stachelige Uredosporen und dünnwandige, zylindrische Teleutosporen. – *Phragmidium mucronatum* und *P. tuberculatum* kommen auf Rosen der Sektion *Caninae*, *Rosa canina*, *R. corymbifera* und *R. rubiginosa* vor. RITZ et al. (2005) konnten in molekularphylogenetischen Analysen zeigen, dass *P. mucronatum* mit anderen *Rosa*-Phragmidien verwandt ist. Dagegen gehört *P. tuberculatum* zu einer Gruppe von *Rubus-Sanguisorba*-Phragmidien. Wie die Radiation und die Wirtsspezifität der *Phragmidium*-Arten entstand, ist weiterhin ungeklärt (KOHNNEN et al. 2010). – Die Taxonomie und Phylogenie von *Puccinia lagenophorae* wurde von SCHOLLER et al. (2011) behandelt. Sie wiesen nach, dass dieser weltweit verbreitete Rostpilz auf ca. 140 Asteraceen-Arten vorkommt und wahrscheinlich von einer mit Cyperaceen/Juncaceen wirtswechselnden *Puccinia* aus Australien abstammt.

Septobasidiales, Schildlausparasiten

(Tafel 2, Abb. 7)

Vertreter dieser Ordnung sind häufig wirtsspezifische, meist in den Tropen vorkommende Schildlaus-Parasiten. Hyphen wachsen aus den Wirten aus und überdecken die Schildlauskolonien mit einer Deckschicht. Da nicht alle Individuen einer Kolonie befallen werden und die Pilzdecke einen Schutz für die Schildläuse darstellen könnte, wird auch von einer Beziehung zum beiderseitigen Vorteil (Mutualismus) gesprochen. Eine fruchtkörperlose septobasidiale Art aus Teneriffa wurde von OBERWINKLER (1989a) als neue Gattung und Art, *Coccidiodyctyon inconspicuum*, beschrieben. Die RACIBORSKISCHE Gattung *Ordonia* wurde wieder aus *Septobasidium* ausgegliedert und *Uredinella spinulosa* in diese Gattung transferiert. – Die Vielgestaltigkeit und mögliche koevolutive Trends der *Septobasidium*-Arten hat OBERWINKLER (1993a) diskutiert. – Eine neue Art, *Septobasidium wilsonianum*, wurde von GÓMEZ & KISIMOVA-HOROVITZ (2001) aus Costa Rica beschrieben.

Pachnocybales (Tafel 2, Abb. 8)

Die morphologischen Merkmale von *Pachnocybe ferruginea* sind in Abb. 8 dargestellt und erläutert.

In ihrer Übersicht der gasteroiden, auricularioiden Heterobasidiomyceten haben OBERWINKLER & BANDONI (1982a) auch den stilboiden, holobasidialen Pilz *Pachnocybe ferruginea* behandelt. OBERWINKLER & BAUER (1989) führten die Pachnocybaceae ein. Umfangreiche ultrastrukturelle Analysen der meiotischen Kernteilungen ermöglichten die Darstellung des Spindelpolkörper-Zyklus (BAUER & OBERWINKLER 1990c). Die strukturellen Ähnlichkeiten der Spindelpolkörper mit denen der Rostpilze, mit *Eocronartium muscicola* und *Helicobasidium mompa*, gaben wichtige Hinweise auf die systematische Stellung von *Pachnocybe* im Bereich der Rostpilz-Verwandtschaften.

Heterogastridiales

Es handelt sich um fruchtkörperlose, unscheinbar pustelförmige oder pyknidienartig wachsende Mykoparasiten mit Colacosomen und ohne Teleutosporen. BANDONI & OBERWINKLER (1981) konnten glaubhaft machen, dass der Konidien bildende Pilz *Hyalopycnis blepharistoma* ein Basidiomycet ist. Dies wurde schließlich durch das Auffinden von auricularioiden Basidien, die sitzende, tetraradiäre Basidiosporen bilden (OBERWINKLER et al. 1990b), eindeutig belegt. Das perfekte Stadium wurde *Heterogastridium pycnidioideum* genannt. Konidien und Basidien entstehen in Pyknidien. Wie alle Vertreter der Ordnung, besitzt die Art Colacosomen (BAUER 2004), kann damit zumindest potentiell als Mykoparasit angesehen werden. – Colacosomen wurden erstmals in *Platygløea peniophorae* nachgewiesen (OBERWINKLER et al. 1990a). Diese Art wurde in eine eigene Gattung, *Colacogloea*, transferiert. Die Colacosomen wurden von BAUER & OBERWINKLER (1991) ultrastrukturell charakterisiert. Sie ließen sich auch in *Platygløea bispora* (*Colacogloea bispora*) nachweisen (OBERWINKLER et al. 1999), einer Art, die auf *Tubulicrinis* spp. parasitiert. Schließlich haben KIRSCHNER & OBERWINKLER (2000) *Colacogloea papilionacea* mit Zygokonidien beschrieben. Die Art parasitiert auf Ascomyceten, die in Borkenkäfergängen vorkommen. Einen Colacosomen besitzenden Heterobasidiomyceten, der durch Borkenkäfer auf Koniferen verbreitet wird, haben KIRSCHNER et al. (1999) als neue Art und Gattung, *Atractocolax pulvinatus*, beschrieben. Die Hefeeigenschaften von *Colacogloea* spp. wurden durch SAMPAIO et al. (2011) zusammengefasst. – Zwei Colacosomentypen haben wir in *Cryptomycolax abnormis* (OBERWINKLER & BAUER 1990, siehe *Cryptomycolacales*) nachgewiesen.

Leucosporidiales, Sporidiobolales

Die Pilze bilden weißliche, creme- bis rosa-farbene Hefekolonien. Auch bei ihnen wurden Colacosomen, aber kein Mykoparasitismus nachgewiesen. SAMPAIO et al. (2003) haben ernährungsphysiologische, ultrastrukturelle und molekulare Daten von asexuell und sexuell auftretenden, Pflanzen und Pilze parasitierenden sowie vermutlich saproben *Microbotryomyceten* vergleichend untersucht. Sie schlugen die Leucosporidiales und Sporidiobolales als neue Ordnungen, *Leucosporidiella* als neue Gattung und *Leucosporidium golubevii* als neue Art vor.

Microbotryales, Falsche Brandpilze

(Tafel 3, Abb. 9)

Die Falschen Brandpilze sind, gleich den Echten Brandpilzen (siehe Ustilaginomycotina), obligate Pflanzenparasiten. Auch sind die Befallsmerkmale ähnlich. Lange wurden Brandpilze deshalb in einer Ordnung (Ustilaginales) vereinigt. Die Erkenntnis, dass es sich hierbei um nicht näher verwandte Sippen handelt, wurde von unserer Gruppe in zahlreichen Arbeiten gewonnen. In einem erweiterten Screening von Eisentransportverbindungen haben DEML & OBERWINKLER (1980) die Siderochrome von Brandpilzen mit ontogenetischen Hefestadien untersucht und dabei in *Ustilago*-Arten, die wir später zu den Microbotryales stellten, eine Verbindung entdeckt, die DEML & OBERWINKLER (1982b) als Rhodotorulasäure identifizieren konnten. DEML (1985) hat die Siderophorproduktion von Hefen aus Polygonaceen-Blüten bewohnenden Brandpilzen studiert und eine systematisch relevante Verteilung von Ferrichrom und Rhodotorulasäure gefunden. – Als wir Antherenbrände der Caryophyllaceen systematisch studierten (DEML & OBERWINKLER 1982a), sind wir beim Vergleich mit Brandpilzen anderer Wirtsgruppen auf die Heterogenität von *Ustilago*-Arten gestoßen. Es erschien uns daher sinnvoll, die bereits von LÉVEILLÉ eingeführte Gattung *Microbotryum* für *Ustilago violacea* zu verwenden, den Pilz also *M. violaceum* zu nennen. – Die beiden in den Antheren von *Silene vulgaris* sporulierenden *M. silenes-inflatae* und *M. violaceo-irregulare* haben wir (DEML & OBERWINKLER 1983) nach Befallsbildern, Sporenfarben, Sporenornamenten, Basideneigenschaften und den Verwertungsspektren von Kohlenstoffquellen ihrer Hefen unterschieden. Feinstrukturelle Untersuchungen zu einzelnen Ontogeniestadien von *M. scabiosae* (als *Ustilago* s.) wurden von SCHMITTER (1982) durchgeführt. – Beim Studium der Basidiomyce-

ten-Hefen unterschieden PRILLINGER et al. (1991) einen *Microbotryum*-Typ. Nach der Kohlenhydratzusammensetzung der Zellwände konnten PRILLINGER et al. (1993) *Ustilago* s. str., *Sporisorium*, *Entyloma* und *Melanotaenium* von *Microbotryum* und *Sphacelotheca* trennen. *Ustilentyloma fluitans* konnte mit *Microbotryum* gruppiert werden. – Den Zyklus des Spindelpolkörpers, die Meiose und die Basidienentwicklung haben wir (BERBEE et al. 1990) am Beispiel von *M. violaceum* untersucht und mit den entsprechenden Eigenschaften von *Ustilago maydis* und *Sphacelotheca polygoni-serrulati* verglichen. – Einen illustrierten Lebenszyklus von *M. lychnidis-dioicae* auf der Wirtsart *Silene latifolia* haben SCHÄFER et al. (2010) veröffentlicht. – Mit einer „simple colour contrast method“ der Sporenpulverfarben hat VÁNKY (1998b) 55 Brandpilzarten mit violettfarbenen Sporenmassen, die Dikotylenwirte aus acht Familien besitzen, nach *Microbotryum* umkombiniert. Über drei neue Arten, die auf Portulacaceen vorkommen, *M. calyptratae* auf *Calandrinia calyptratae* und *C. menziesii*, *M. lewisiae* auf *Lewisia nevadensis* und *M. perfoliatae* auf *Claytonia perfoliata*, berichtete VÁNKY (1998d). – Mit molekularphylogenetischen Methoden konnten wir (LUTZ et al. 2005) zeigen, dass die Antherenbrände der Caryophyllaceen eine wirtsabhängige Speziation durchliefen. Das paraphyletische *M. violaceum* wurde in monophyletische Taxa zerlegt, *M. chloranthae-verrucosum* und *M. saponariae* wurden als neue Arten eingeführt und *M. dianthorum* emendiert. Mit erweiterten Daten wiesen KEMLER et al. (2006) nach, dass die *Microbotryum*-Arten auf Caryophyllaceen ein Monophylum darstellen und dass die nordamerikanischen Spezies von den europäischen getrennt wurden, bevor diese begannen, sich aufzuspalten. Eine zweite Gruppe von Antherenbränden rekrutiert ihre Wirte aus den Dipsacaceen, Lamiaceen und Lentibulariaceen. Auch die meisten Antherenbrände auf Asteraceen sind monophyletisch. Die Polygonaceen parasitierenden Microbotryaceen können als basal innerhalb der Taxa angesehen werden, die auf Eudicotylen vorkommen. LUTZ et al. (2008) haben die in Antheren von Caryophyllaceen sporulierenden Microbotryen erneut ökologisch, morphologisch und molekular analysiert. Es gelang ihnen drei bis dahin unbekannt gebliebene Arten zu entdecken: *M. adenopetalae*, *M. minuartiae* und *M. silenes-acaulis*. – Brandpilze auf Polygonaceen hatten wir (DEML et al. 1981b) unter den Gattungen *Sphacelotheca* und *Ustilago* behandelt. Wir fanden, dass Artab-

grenzungen nach Wirtsspektren, Befallsbildern und Brandsporenmorphologien möglich sind. Von Madeira haben wir *Sphacelotheca polygoni-persicariae* auf *Polygonum persicaria* als neue Art beschrieben (DEML et al. 1985). *Sphacelotheca*-Arten hatten wir damals auf Polygonaceen begrenzt interpretiert und die Ähnlichkeiten mit den Antherenbränden der Gattung *Microbotryum* erkannt. – Licht- und rasterelektronenmikroskopisch haben DEML et al. (1981a) die Sporenbildung microbotryaler Brandpilze (als *Ustilago pustulata* und *U. scabiosae*) untersucht. Sie fanden in schnallenträgenden Hyphen intrazelluläre, kettenförmig angeordnete Brandsporen. – Arten der Gattung *Ustilago* s.l. von mono- und dikotylen Wirten wurden von SCHMITTER (1984) vergleichend für ihre Dissertation untersucht. Sie fand, dass erste Gruppeneinteilungen nach Wirtspflanzen getroffen werden können und dass innerhalb dieser Gruppen Befallsbilder, Sporenfarben, Sporengrößen, -oberflächen und -wände sowie Keimungsverhalten bei vergleichbaren Versuchsbedingungen systematisch wichtige Merkmale liefern. Unter den behandelten Taxa waren auch *Sphacelotheca*- und *Ustilago*-Arten auf Caryophyllaceen und Polygonaceen, die nachfolgend zu *Microbotryum* gestellt wurden. – VÁNKY & OBERWINKLER (1994) haben die Brandpilze der Polygonaceen revidiert und 48 Arten anerkannt, die den Gattungen *Liroa*, *Melanopsichium*, *Sphacelotheca*, *Thecaphora*, *Ustilago* und *Zundeliomyces* zugeordnet wurden. KEMLER & al. (2009) fanden eine hohe Wirtsspezifität von *Microbotryum*-Arten auf Wirten, die nicht zu den Caryophyllaceen zählen. Übergreifende Wirtsbindungen konnten für *Fallopia* und *Polygonum* glaubhaft gemacht werden. – An *Sphacelotheca polygoni-serrulati* haben BAUER et al. (1991) die Meiose und den Spindelpolkörperzyklus untersucht. – Für *Ustilago subnitens* auf *Scleria melaleuca* aus Costa Rica haben wir (PIEPENBRING et al. 1996) die neue Gattung *Aurantiosporium* vorgeschlagen. Das Gattungskonzept gründet auf der Brandsporenbildung, den unregelmäßigen Sporengruppierungen und hellen, mehrfach geschichteten Sporenwänden. K. & C. VÁNKY (in VÁNKY 1999a) haben eine weitere Art, *A. marisci*, die auf *Mariscus thunbergii* parasitiert, hinzugefügt. – Vier *Ustilago* Arten, die von *Cyperus*, *Juncus* und *Luzula* bekannt waren, hat VÁNKY (1999b) wegen des Vorhandenseins „interzellulärer Hyphen“ in eine eigene Gattung, *Bauerago*, transferiert. Die Berechtigung der Gattung wurde nachträglich molekularphylogenetisch (BAUER et al. 2006, KEMLER et al. 2006) bestätigt. Dagegen

musste die neue Gattung *Tothiella* VÁNKY (1999b) von VÁNKY et al. (2008a) mit *Thecaphora* synonymisiert werden. – Ein höchst ungewöhnlicher Parasit der Microbotryomyceten auf *Scirpus*, *Kriegeria eriophori*, ist von uns ausführlich mikromorphologisch, ultrastrukturell und molekularphylogenetisch untersucht worden (BAUER et al. 2006, SAMPAIO & OBERWINKLER 2011b). Die einzige Art der Gattung lebt in den großen Lufthöhlen der Blattgewebe von *Scirpus sylvaticus* in Europa und verwandter Wirte in Nordamerika. Die Probasidien entwickeln sich als dünnwandige, sackartige Zellen und wachsen zu mehreren mit extrem schmalen Hyphen durch die Spaltöffnungen nach außen. An der Oberfläche des Blattes werden quer septierte Basidien gebildet, die leicht abfallen und im Wasser flutend Basidiosporen abschleudern. Diese können sekundäre Schleudersporen bilden, die mit Hefezellen keimen. Hyphen besitzen Schnallen und Septen, die durch jeweils mehrere, einfache Poren durchbrochen sind. Der Pilz dringt mit Haustorien in die Wirtszellen ein. – Die neue, phylogenetische Systematik der Brandpilze (BAUER et al. 1997) veranlassten BAUER & OBERWINKLER, die Ordnung Microbotryales und die Familie Ustilentylomataceae einzuführen. – Damals verfügbare Daten zur Evolution von Brandpilzen im traditionellen Sinne, also Microbotryales und Ustilaginomycetes, haben BEGEROW et al. (2004b) zusammengefasst und theoretisch problematisiert. Näher behandelten sie die Gattungen *Microbotryum*, *Ustilago/Sporisorium*, *Entyloma* und *Exobasidium*.

Ustilaginomycotina, Echte Brandpilze (Abb. 10)

Die meisten echten Brandpilze sind dimorphe, überwiegend an Pflanzen parasitierende und in ihrer Hyphenphase obligate Parasiten. Viele Vertreter bilden dunkle Brandsporen aus und verleihen damit ihren Wirtspflanzen ein angebranntes Aussehen. Von den beiden anderen Unterabteilungen der Basidiomycota unterscheiden sie sich durch eine Kohlenhydratzusammensetzung der Zellwände, in der Glucose dominiert und Xylose fehlt. Zumeist treten bei diesen Pilzen auch submikroskopische Interaktionszonen mit Vesikeln beim zellulären Kontakt mit ihren Wirten auf. Septenporen sind überwiegend durch Membrankappen umschlossen.

Die Anhebung der Klasse Ustilaginomycetes (BAUER et al. 1997) zur Unterabteilung der Basidiomycota wurde von BAUER et al. (2006) vorgeschlagen. Morphologische und ultrastrukturelle

Merkmale wurden kladistisch ausgewertet um ein phylogenetisches System der echten Brandpilze zu erhalten. Dieses System wurde durch molekulare Daten phylogenetisch untermauert (BEGEROW et al. 1997, BAUER et al. 1998, BEGEROW et al. 2006). MOORE's „Ustomycota“ sind von BAUER & OBERWINKLER (1997) kritisch besprochen worden. Ihre Abspaltung von den übrigen Basidiomyceten wurde begründet zurückgewiesen. Den damals aktuellen Kenntnisstand über Brandpilze haben BAUER et al. (2001a) in einem Übersichtsartikel zusammengefasst. Morphologische Daten und Sequenzen von Brandpilzen wurden von PIEPENBRING & OBERWINKLER (2003) hinsichtlich ihrer Eignung für eine optimierte phylogenetische Interpretation besprochen. In der phylogenetischen Systematik der gesamten Pilze (HIBBETT et al. 2007) wurde unser System der Ustilaginomycotina übernommen. – Zur Charakterisierung von Brandpilzen hat DEML (1977a) für seine Dissertation Feinstrukturuntersuchungen an Zellwänden und Zellepten durchgeführt. Bei *Tilletia*- und *Entyloma*-Arten konnte er Doliporen ohne Parenthesome nachweisen. Von vier verschiedenen Brandpilz-Sideraminen konnten Ferrichrom, Ferrichrom A und Ferricrocin identifiziert werden. Aus *Schizonella melanogramma* isolierte er neue Antibiotika und stellte sie rein dar. Diese bis dahin unbekannt Glycolipide wurden Schizonellin A und B genannt (DEML et al. 1980). Sie besitzen antibiotische Aktivitäten gegen Gram-positive und Gram-negative Bakterien sowie gegen einige Pilze. – DEML (1986) hat die Basidiosporenenstehung mehrerer Brandpilze vergleichend untersucht. Er fand sitzende, aus dem Meiosporangium auskospende Basidiosporen bei Arten der Gattungen *Microbotryum* und *Sphacelotheca*. Bei *Anthracoidea*-, *Sporisorium*- und *Ustilago*-Spezies entstehen die Sporen dagegen an kurzen, sterigmenartigen Auswüchsen. – Die Verwendbarkeit der Brandsporenmorphologie für die Taxonomie der Ustilaginales hat VÁNKY (1991d) diskutiert und (1998a) auf die Sporenballen bildenden Taxa bezogen. Für Europa hat VÁNKY (1994a) 400 Brandpilzarten aus 28 Gattungen im traditionellen Sinne erfasst und mit 1003 Abbildungen illustriert. Weitere 70 Arten wurden von ihm neu beschrieben. – Thema der Dissertation von PIEPENBRING (1994) waren die Brandpilze Costa Ricas. Sie konnte 52 Arten aus 16 Gattungen für das Land nachweisen, mikroskopisch und ultrastrukturell untersuchen sowie auf das Keimverhalten überprüfen. Über Costa Ricanische Ustilaginales hat PIEPENBRING

(1995a, 1996b) taxonomisch weiter gearbeitet, aber auch deren Ökologie, saisonale Variabilität und Höhenverbreitung untersucht (PIEPENBRING 1996a). Die Brandpilze von Kuba haben PIEPENBRING (1999) und PIEPENBRING & RODRIGUEZ (1998a,b) bearbeitet. Über neue neotropische Arten hat PIEPENBRING (2000a) berichtet, dann über Ustilaginomycetes und Microbotryales von Panama (PIEPENBRING 2001). – Sporenfreisetzung und -verbreitung bei Arten der Ustilaginales und Tilletiales, aber auch von *Microbotryum*, haben PIEPENBRING et al. (1998d) behandelt. – Die Ontogenie, Sporenwand- und Ornamentbildung sowie die Keimporen der Brandsporen wurden von PIEPENBRING et al. (1998a, b, c) an 120 Arten von 37 Gattungen transmissionselektronenmikroskopisch untersucht. – Die Septenbildung in Basidien von *Ustilago*-Arten verläuft irisblendenartig, bis ein schmaler Porus resultiert, der dann durch Zellwandauflagerungen verschlossen wird. BAUER et al. (1989) haben diese Septenontogenie untersucht und mit derjenigen von *Sphacelotheca polygoni-serrulati* verglichen. Bei dieser Art, die zu den Microbotryales gehört, werden keine Poren in Basidiensepten ausgebildet. – Die subzellulären Differenzierungen der Wirt-Brandpilz-Interaktionen haben BAUER & OBERWINKLER (2004) in einem Übersichtsartikel dargestellt. – Basierend auf molekularen Daten haben BEGEROW et al. (2000) Brandpilzhefen in phylogenetische Hypothesen integrieren können. – Die Besiedelung geernteter Äpfel durch Brandpilzhefen wurde von BOEKHOUT et al. (2006) studiert.

Urocystidales (Tafel 3, Abb. 11)

In einem neuen, phylogenetischen System der Brandpilze (BAUER et al. 1997) haben BAUER & OBERWINKLER die Ordnung Urocystales und die Familie Mycosyringaceae eingeführt. Ultrastrukturell können die Arten der Ordnung durch den Septenporenbauplan mit zwei plattenartigen Strukturen im Porus charakterisiert werden. Die vergleichenden, licht- und elektronenmikroskopischen Untersuchungen von Nebenfruchtformen, Mycelien, Sporenbildung, Sporenmorphologie, Keimstadien, Septenporen und Haustorien mehrerer Arten der Gattungen *Ginanniella* und *Urocystis* ergaben, dass diese Genera nicht getrennt werden können (NAGLER 1986, 1987). Primär- und Sekundärkonidiengenerationen von *Urocystis* (*Ginanniella*) *primulicola* wurden von NAGLER & OBERWINKLER (1984) unter Freiland- und Kulturbedingungen untersucht, um bisher unbekannte Stadien im Nebenfrucht-Entwicklungsgang des

Parasiten zu finden. Die Haustorien von *Urocystis*-Arten wurden von NAGLER & OBERWINKLER (1989) licht- und transmissionselektronenmikroskopisch untersucht. Sie fanden botryose Haustorien, die im aktiven Zustand von einer extrahaustorialen Matrix umgeben sind, deren Membran eine hohe ATPase-Aktivität zeigt. – BAUER et al. (1995a) haben die zelluläre Interaktion von *Ustacystis waldsteiniae* mit Haustorien in den Wirtszellen von *Waldsteinia geoides* ultrastrukturell untersucht. Sie verwendeten chemisch fixierte und unter Hochdruck gefriersubstituierte Proben. In der das Haustorium umgebenden, extrahaustorialen Matrix wurden membrangebundene, koralloide Vesikel gefunden, die vom Wirt gebildet werden. Sie fusionieren mit der Zytoplasmamembran des Pilzes und geben offensichtlich ihren Inhalt an ihn ab. Die Septenporen von *Ustacystis waldsteiniae* wurden ebenfalls von BAUER et al. (1995b) mit der neu verfügbaren Gefriertechnik fixiert und transmissionselektronenmikroskopisch untersucht. – VÁNKY & BERBEE (1988) fanden, dass keine der fünf *Thecaphora*-Arten, die damals von Süßgräsern bekannt waren, zu dieser Gattung gehören. *Thecaphora herteriana* wurde zu *Urocystis* gestellt. *Thecaphora ambrosiae* auf *Ambrosia artemisioides* wurde von K. VÁNKY, *T. polymniae* auf *Polymnia riparia* von K. VÁNKY & PARDO-CARDONA und *T. spilanthes* auf *Spilanthes oleracea* von FREIRE & K. VÁNKY in VÁNKY (1996b) beschrieben. – In der Gattung *Mundkurella* hat VÁNKY (1990a) drei Arten unterschieden, auf Leguminosen hat er (VÁNKY 1991c) elf *Thecaphora*-Arten anerkannt, von *Camassia quamash* (VÁNKY 1994c) *Urocystis camassiae* und von *Trautvetteria grandis* *U. trautvetteriae* (VÁNKY 1998d) beschrieben. – VÁNKY (1998e) schlug vor, den Gattungsnamen *Thecaphora* gegenüber *Sorosporium* zu schützen. – Die Morphologie der Hexenbesen von *Mycosyrinx cissi* auf *Cissus* spp. hat PIEPENBRING (1995c) beschrieben. *Mycosyrinx* und andere „paar-sporige“ Ustilaginales hat VÁNKY (1996a) revidiert und für *M. nonveilleri* haben VÁNKY & BAUER die neue Gattung *Geminago* eingeführt. – Die ungewöhnlichen Basidienbildungen der Costa Ricanischen Brandpilze *Doassansiopsis limnocharidis*, *Mycosyrinx cissi* und *Thecaphora haumani* haben PIEPENBRING & BAUER (1995) erstmals dargestellt. – Aus Indien beschrieben K. VÁNKY, M.S. PATIL & N.D. SHARMA (in VÁNKY 1997d) *Melanotaenium indicum*, das auf *Ischaemum indicum* vorkommt. Die Art wurde von BAUER et al. (2001b) in eine neue Gattung, *Phragmotenium*, gestellt. – VÁNKY & BAUER (in

VÁNKY 1998d) haben CLINTONS *Melanotaenium gunnerae* aus Chile validiert. – Die im Meerwasser wachsende *Ruppia maritima* wird von einem Brandpilz befallen, der ursprünglich als *Melanotaenium ruppiae* beschrieben wurde. BAUER et al. (2007) wiesen nach, dass es sich jedoch um den Vertreter einer eigenen Gattung handeln muss, die als *Flamingomyces* beschrieben wurde. – Für den in Antheren von *Muscari*- und *Scilla*-Arten sporulierenden Brandpilz *Ustilago vaillantii* haben BAUER et al. (2008b) die neue Gattung *Antherospora* vorgeschlagen. Für diese Gattung und *Floromyces anemarrhenae* (*Thecaphora* a.), die auf der Agavacee *Anemarrhena asphodeloides* vorkommt, führten VÁNKY et al. (2008b) die Familie Floromycetaceae ein. – *Thecaphora*-Arten, die Caryophyllaceen parasitieren, wurden von VÁNKY & LUTZ (2007) untersucht. Sie konnten zwei bis dahin unbekannte Brandpilzarten, *T. al-sinearum* und *T. melandrii*, aufdecken. Die Revision von *Thecaphora* (Glomosporiaceae) zeigte, dass die Gattungen *Glomosporium*, *Kochmania* und *Tothiella* mit *Thecaphora* zu synonymisieren sind (VÁNKY et al. 2008a). – Ein Brandpilz auf der nordamerikanischen *Oxalis oregana*, der als *Melanotaenium oxalidis* bekannt war, wurde von LUTZ et al. (2011) in die neue Gattung *Melanoxa* transferiert. Eine zweite Art, *Melanoxa oxalidiella*, wurde nach jüngst gesammeltem Material von *Oxalis acetosella* aus Slovenien neu beschrieben. Die für Slovenien bekannten Brandpilze haben LUTZ & VÁNKY (2009) kompiliert.

Ustilaginales (Tafel 3, Abb. 12)

Mit den Arten der Gattung *Ustilago* stellt diese Ordnung die Kerngruppe der echten Brandpilze dar. Charakteristisch für diese Pflanzenparasiten sind ihre intrazellulär in Wirtszellen wachsenden Hyphen mit reif porenlosen Septen.

Im Meristem junger Sprosse von *Zizania latifolia* verursacht *Ustilago esculenta* hypertrophierende, weich bleibende Gewebewucherungen, die in Ostasien als Nahrungsmittel auf den Markt kommen. Die Brandsporenkeimung, Spindelkörper, Septenporen und Charakteristika der Wirt-Parasit-Interaktion wurden von NAGLER et al. (1990) untersucht. Sie schlossen, dass die Art mit übrigen, grasbewohnenden *Ustilago*-Spezies eine natürliche Verwandtschaft bildet. Mit erweiterten Art- und Methodenspektren griffen PIEPENBRING et al. (2002) das Thema erneut auf. *Ustilago maydis* und *U. scitaminea* waren in diese Untersuchung miteinbezogen. Nach den Ergebnissen dieser Studie lässt sich die Gattung

Yenia, zu der *Ustilago esculenta* (Abb. 12) gestellt wurde, aufrecht erhalten. *Ustilago maydis* gruppiert mit *Sporisorium*-Arten, könnte aber auch von diesen getrennt und in der alten BREFFELDSchen Gattung *Mycosarcoma* geführt werden. – Für *Sorosporium pachycarpum* haben VÁNKY & LUTZ (2011) eine neue Gattung, *Tubisorus*, vorgeschlagen. Diese steht nach einer molekularphylogenetischen Hypothese nahe bei *Mycosarcoma*. – DEML (1983) hat *Sphacelotheca transfissa* auf *Hyparrhenia hirta* nach *Sporisorium* transferiert. – Die *Sporisorium*-Arten auf *Dichanthium ischaemum* und *Hyparrhenia hirta* wurden von VÁNKY et al. (1988) untersucht. Sie fanden, dass *Sphacelotheca barcinonensis*, *S. transfissa* und *Ustilago puellaris* zu *Sporisorium* gehören. *Sporisorium langdonii* auf *Themeda avenacea*, *S. lingii* auf *T. australis*, *S. themedaeargentis* auf *T. arguens* und *Sporisorium walkei* auf *T. australis* hat VÁNKY (1994c) eingeführt. *Sorosporium capillipedii* hat er (VÁNKY 1995a) in eine neue Gattung, *Endosporisorium*, gestellt, dieses Genus aber später (VÁNKY 1997a) mit *Macalpinomyces* synonymisiert. Von *Polytrias amaura* haben K. & C. VÁNKY (in VÁNKY 1997a) *Sporisorium amaurae* neu beschrieben, drei weitere *Sporisorium*-Arten auf *Thelepogon* und *Themeda*-Wirten und *Ustilago schmidtiae* auf *Schmidtia pappophoroides* wurden von K. VÁNKY aufgestellt. *Sporisorium exsertiformum* auf *Themeda australis* und *S. trachypogonis-plumosi* auf *Trachypogon plumosus* wurden von K. VÁNKY sowie *S. trachypogonicola*, ebenfalls auf *T. plumosus*, von K. & C. VÁNKY (in VÁNKY 1995b) beschrieben. Hinzu kamen *S. iseilematis-prostrati* auf *Iseilema prostratum* (VÁNKY 1997d) und *S. loudetiae-pedicellatae* auf *Loudetia pedicellata* (K. & C. VÁNKY in VÁNKY 1997e). Über zwei neue *Sporisorium*-Arten auf *Pseudoraphis spinescens*, *S. pseudoraphis* und *S. anthracoideisporum* K. VÁNKY & R.G. SHIVAS sowie *S. iseilematis-ciliati* auf *Iseilema ciliatum*, hat VÁNKY (1998c) berichtet. Auf den südafrikanischen Gräsern *Digitaria eriantha* und *D. monodactyla* fand VÁNKY (1999a) die neue Art *S. pole-evansii*. – Von *Onopordium bracteatum* hat VÁNKY (1991b) *Ustilago onopordi* beschrieben. – Ein auf *Cyperus ustulatus* vorkommender Brandpilz wurde von MCKENZIE & VÁNKY (in VÁNKY 1991b) als *Ustilago gardnerii* veröffentlicht. – Auf Commelinaceen hat VÁNKY (1994b) fünf *Ustilago*-Arten anerkannt, eine weitere, *U. combensis*, wurde vorgeschlagen, *U. ctenioides* auf *Dactyloctenium ctenioides* wurde von ihm (VÁNKY 1996b) beschrieben. Ein Brand-

pilz auf *Boissiera squarrosa* von Pakistan wurde von VÁNKY (1997d) als *U. boissierae*, ein weiterer auf *Schoenfeldia gracilis* aus dem Chad als *U. schoenfeldiae* bezeichnet (VÁNKY 1997e). K. & C. VÁNKY (in VÁNKY 1997e) machten aus Südafrika *U. dregeanoides* bekannt, der auf *Merxmuellera stricta* vorkommt und K. VÁNKY & A.A. MITCHELL (in VÁNKY 1998c) beschrieben *U. inaltilis* von dem australischen Gras *Triodia longiloba*. *Ustilago drakensbergiana* auf *Digitaria tricholaenoides* wurde von VÁNKY (1999a) eingeführt. – VÁNKY & PIEPENBRING (in VÁNKY 1994c) haben *Anthracoidea altiphila* aufgestellt, die auf *Carex jamesonii* und *C. pichinchensis* vorkommt, K. & C. VÁNKY (in VÁNKY 1995a) beschrieben *A. uncinae* von *Uncinia hamata* und K. VÁNKY (1995b) hat *A. grallatoriae* auf *Carex grallatoria* vorgeschlagen. Eine Revision der Brandpilze auf der Cyperaceengattung *Schoenus* (VÁNKY & WEBSDANE 1995) ergab zwei *Anthracoidea*-Arten, drei *Tolyposporium*-Spezies und *Sorosporium solidum*. – Von australischen Cyperaceen haben VÁNKY & WEBSDANE (1996) sechs neue *Tolyposporium*-Arten beschrieben. Weitere neue Arten der Gattung aus Australien hat VÁNKY (1997b) aufgestellt, *T. tetra-ri-ae* auf *Tetaria capillaris* und *T. triste* auf *Gahnia tristis*. K. & C. VÁNKY fügten diesen *T. gahniae* auf *Gahnia radula* und *T. gymnoschoeni* auf *Gymnoschoenus sphaerocephalus* hinzu. Von *Lepidosperma gunnii* wurde *T. megalospermum* (VÁNKY 1997d) und von *Epischoenus gracilis* *T. epischoeni* (VÁNKY, 1999a) beschrieben. Aus Neuseeland haben VÁNKY & MCKENZIE (1990) *Cintractia oreoboli* und *Schizonella isolepidis* von *Oreobolus strictus* bzw. *Isolepis nodosa* beschrieben. VÁNKY & LUTZ (2008a) haben *Schizonella isolepidis* in die Gattung *Tolyposporium* transferiert und *Ustilago duriusculae* mit *U. striiformis* synonymisiert (VÁNKY & LUTZ 2008b). *Tolyposporium restifaciens*, ein Brand auf australischen *Stipa*-Wirten, wurde von VÁNKY et al. (1997) in eine eigne, monotypische Gattung, *Fulvisporium*, transferiert. K. VÁNKY (1995a) hat *Dermatosorus cyperi* auf *Cyperus* aff. *cellulosoreticulatus* und *Macalpinomyces sharmae* von *Panicum sumatrense* aufgestellt. Bei einer Revision der ursprünglich monotypischen Gattung *Macalpinomyces* hat VÁNKY (1996c) fünf Arten anerkannt, zwei wurden von ihm neu beschrieben, *M. sharmae* auf *Panicum sumatrense* und *Setaria pallide-fusca* und *M. zonotriches* auf *Zonotriche inamoena* sowie *M. eragrostiellae* K. & C. VÁNKY auf *Eragrostiella bifaria*. Auf *Vetiveria nigriflora* kommt eine weitere Art, *M. nigriflora*

(VÁNKY 1997d), vor. Die südafrikanischen Gräser *Trichopteryx dregeana* und *Tristachya leucothrix* sind die Wirte für die neuen Brandpilzarten *M. trichopterygis* und *M. tristachyae* (K. & C. VÁNKY in VÁNKY 1997e). – Die neue Gattung *Heterotolyposporium* ist durch *H. lepidospermae* aus Tasmanien typifiziert (VÁNKY 1997c). *Uredo piluliformis* auf *Juncus* sp. wurde ebenfalls in diese Gattung gestellt. *Ustilago lyginiae* hat VÁNKY (1997f) in eine neue Gattung, *Websdanea*, transferiert. Für einen Brandpilz auf der südafrikanischen *Rhynchospora rugosa* hat VÁNKY (1999a) die neue Gattung *Ustanciosporium* mit der Typusart *U. rhynchosporae* vorgeschlagen. – Die molekulare Phylogenie und Koevolution von 85 Arten der Gattungen *Ustilago* und *Sporisorium* mit Gräsern wurden von STOLL (2001) im Rahmen seiner Dissertation bearbeitet. Zusätzlich wurde auch eine für Wirte repräsentative Zahl von Poaceen molekularphylogenetisch analysiert. Eine Wirt-Parasit-Koevolution konnte nicht bestätigt, aber auch nicht ausgeschlossen werden. Kospeziationen als koordinierte Artbildungsprozesse waren mit den verfügbaren Daten nicht belegbar. STOLL et al. (2003) werteten ITS-Sequenzen von 53 *Sporisorium*- und *Ustilago*-Arten phylogenetisch aus. Sie konnten zeigen, dass *Sporisorium* s.l. und *Ustilago* s.str. monophyletisch sind und dass *Sporisorium*-Spezies nur auf Arten der Panicoideae sowie *Ustilago*-Brände ausschließlich auf Gräsern der Pooideae oder Chloridoideae vorkommen. In der kombinierten Auswertung der ITS- und LSU-rDNA-Sequenzen von 98 Arten aus den Gattungen *Lundquistia*, *Melanopsichium*, *Moesziomyces*, *Macalpinomyces*, *Sporisorium* und *Ustilago* wiesen STOLL et al. (2005) drei Monophyla nach, *Sporisorium*, *Ustilago* und eine Gruppe, die sich aus Arten dieser beiden Gattungen zusammensetzt. *Lundquistia* gruppiert innerhalb *Sporisorium*. Mit der Typusart verbleibt *Macalpinomyces* in einer eigenen Gattung. – BAUER et al. (1999a) untersuchten morphologische und ultrastrukturelle Merkmale von *Ustilago osmundae* auf *Osmunda regalis* und *O. cinnamomea*. Sie fanden eine hohe Übereinstimmung mit Strukturmerkmalen der Melanotaeniaceen. Entsprechend wurde der Königsfarnbrand in eine eigene Gattung, *Exoteliospora*, gestellt. – Von *Carex lemmaniana* hat VÁNKY (1992) *Farysia corniculata* beschrieben. – Für *Cintractia utriculicola* hat PIEPENBRING (1995b) die Gattung *Trichocintractia* eingeführt. Morphologische und molekularphylogenetische Untersuchungen an

Arten der Gattungen *Cintractia* (PIEPENBRING et al. 1999) resultierten in der Beschreibung von drei neuen Gattungen, *Gymnocintractia*, *Leucocintractia* und *Stegocintractia*. Die Gattung *Cintractia* s.l. wurde von PIEPENBRING (2000b) monographiert. Es wurden 43 Arten, darunter vier neue Taxa, behandelt. – *Cintractia uljanishcheviana* wurde von GONZÁLEZ et al. (2007) in die neue Gattung *Portalia* gestellt. Molekularphylogenetisch ist sie nächst verwandt mit *Dermatosorus*. Diese Gattung hatte VÁNKY (1987) revidiert und mit *Zundelula* synonymisiert. – Ein Grasbrand auf dem australischen Wirt *Panicum trachyrachis* wurde von VÁNKY et al. (2006) als neue Art und Gattung, *Anomalomyces panici*, eingeführt. – Auf der im Meerwasser wachsenden *Eleocharis parvula* war der Brandpilz *Ustilago marina* bekannt. BAUER et al. (2007) zeigen, dass diese Art in eine eigene Gattung, *Parvulago*, zu stellen ist. – Für die Dissertation HENDRICHs zur Phylogenie der Gattung *Anthracoidea* (HENDRICHs et al. 2005) waren auch umfangreiche molekularphylogenetische Untersuchungen der Wirtsgattung *Carex* (HENDRICHs et al. 2004a, b) erforderlich. – *Schizonella intercedens* beschrieben K. VÁNKY & A. NAGLER (in VÁNKY 1998d) von *Carex michelii* aus Ungarn. Eine neue, kryptische Art der Gattung *Schizonella* haben PRILLINGER et al. (2009) als *S. caricis-atratae* von *Carex atrata* aus Österreich mitgeteilt. – In einer Übersicht der Ustilaginomycotina mit phylogenetischen Hypothesen, die auf Multigenanalysen und morphologischen Daten basierten, haben BEGEROW et al. (2006) Anthracoideaceae, Ustilaginaceae und Websdaneaceae bestätigt, Cintractiaceae, Dermatosoraceae, Melanopsichiaceae und Farysiaceae (VÁNKY 2001) jedoch eingezogen. Für die weiteren, von VÁNKY (2001) eingeführten Familien, Clintamraceae, Geminaginaceae und Uleiellaceae, fehlen noch molekularphylogenetische Bestätigungen.

Tilletiales, Steinbrände

Nach der traditionellen, alten Systematik der Brandpilze, wurden in den Tilletiales die Taxa mit Holobasidien zusammengefasst (OBERWINKLER 1977a). Bemerkenswert ist ferner, dass diese Brandpilze keine Hefephase besitzen, aber oft Schleuderkonidien ausbilden. Ein bekannter Vertreter und ökonomisch bedeutender Parasit ist der Weizensteinbrand (*Tilletia caries*). – In seinen feinstrukturellen Merkmalsanalysen an Ustilaginales-Arten und weiteren Brandpilzen konnte DEML (1977b) für *Tilletia caries* und *T. foetida* Doliporen ohne Parenthesome nachweisen. – Te-

traglycyferrichrom, das erste Heptapeptid-Ferrichrom wurde von DEML et al. (1984) aus einem Stamm von *Neovossia indica* isoliert. – Von *Alopecurus geniculatus* aus Japan beschrieb VÁNKY (1990c) *Neovossia japonica*. VÁNKY & BAUER (1992) führten die neue Gattung *Conidiosporomyces* ein, deren Hauptmerkmal ypsilonförmige Konidien in den Brandsporenlagern sind. – VÁNKY & SHARMA (in VÁNKY 1994c) beschrieben *Tilletia polypogonis* von *Polypogon monspeliensis*, VÁNKY (1995a) *T. dactyloctenii* von *Dactyloctenium aegyptium* und VÁNKY (1995b) *T. brachypodii-mexicani* und *T. colombiana* von *Brachypodium mexicanum* sowie K. & C. VÁNKY & N.D. SHARMA (in VÁNKY 1995b) *T. eragrostiellae* von *Eragrostiella bifaria*. – Ein auf dem Süßgras *Ortache (Muhlenbergia) erectifolia* vorkommender Brandpilz in der Cordillera de Mérida, Venezuela, wurde von VÁNKY & BAUER (1995) als *Oberwinkleria anulata* beschrieben. Die Art zeichnet sich durch Brandsporen aus, die zugleich als Basidien fungieren, also mit Basidiosporen auskeimen. – Für *Tilletia hyalospora*, die auf *Nassella*- und *Stipa*-Arten parasitiert, haben VÁNKY & BAUER (1996) die Gattung *Ingoldiomyces* vorgeschlagen. Dieser Brandpilz bildet nicht nur Schleuderkonidien, sondern auch Schleuderbasidiosporen. – Auf *Phaseolus*-Blättern kommt in den Tropen eine Schwarzfleckenkrankheit vor, die als *Entyloma vignae* bzw. *Protomycoopsis patelii* bekannt war. PIEPENBRING & BAUER (1997) erkannten, dass die beiden Namen ein und denselben Parasiten betreffen und dass dieser zu den Tilletiales zu stellen ist. Es wurde die neue Brandpilzgattung *Erratomyces* eingeführt.

Georgefischeriales

In ihrem neuen System der Brandpilze (BAUER et al. 1997) haben BAUER, BEGEROW und OBERWINKLER die Georgefischeriales mit ultrastrukturellen Differentialmerkmalen beschrieben: Interaktionszonen mit tubulären Organellen zwischen Parasiten und Wirten sind lokal begrenzt und Hyphensepten besitzen öfters keine Poren. Molekularphylogenetische Untersuchungen (BEGEROW et al. 1997) bestätigten die Georgefischeriales. In einer methodisch und organismisch erweiterten Studie untergliederten BAUER et al. (2001b) die Georgefischeriales in drei Familien: Eballistraceae, Georgefischeriaceae und Tilletiaceae. Sie schlugen auch *Eballistra* und *Phragmotenium* als neue Gattungen vor. – Eine Überprüfung von *Entyloma ossifragi* auf *Nartheicum ossifragum* (BAUER et al. 2005) zeigte, dass dieser Brandpilz

zu den Georgefischeriales zu stellen ist. Die neue Gattung *Gjaerumia* und die neue Familie Gjaerumiaceae wurden auf dieser Art begründet.

Doassansiales (Tafel 4, Abb. 13)

Die Ordnung wurde von BAUER & OBERWINKLER (in BAUER et al. 1997) beschrieben. Sie ist durch komplexe Interaktionsapparate mit cytoplasmatischen Vesikeln gekennzeichnet. Die meisten Arten parasitieren Wasser- und Sumpfpflanzen und bilden intramatrilale Sporen-Ballen mit sterilen Zellen aus. Basidiosporen haben oft eine sigmoide Form, was als Anpassung an das Leben im Wasser interpretiert wird. Zusätzlich zu den Doassansiaceae wurde als neue Familie die Rhamphosporaceae vorgeschlagen. Diese Gliederung wurde durch molekularphylogenetische Hypothesen (BEGEROW et al. 1997) bekräftigt. Die Wirt-Parasit-Interaktionen werden durch subzellulär komplexe Strukturen vermittelt. – Für *Doassansia morotiana*, *D. punctiformis*, *D. putkonenii* und *Entyloma hottoniae* hat VÁNKY (1993) die Gattung *Heterodoassansia* vorgeschlagen. *Burrillia sagittariae* auf *Sagittaria planitiana* wurde von K. & C. VÁNKY (in VÁNKY 1996b) beschrieben. – *Entyloma callitrichis* wurde von VÁNKY et al. (1998) in die neue Gattung *Doassinga* gestellt. – Von *Selaginella*-Wirten waren zwei Brandpilzarten bekannt, *Melanotaenium oreophilum* und *M. selaginellae*. Eine Überprüfung (BAUER et al. 1999b) zeigte, dass diese Parasiten den Doassansiales angehören. Entsprechend wurden die Gattung *Melaniella* und die Familie Melaniellaceae vorgeschlagen.

Entylomatales

BAUER & OBERWINKLER (in BAUER et al. 1997) beschrieben die Entylomataceae und Entylomatales und charakterisierten sie als Brandpilze mit Brandsporen, einfachporigen Hyphensepten und einfachen parasitären Interaktionsapparaten mit homogenen Inhalten. Die Befallsmerkmale (Sporen werden im Pflanzengewebe gebildet) ähneln denen der vorgenannten Ordnung (Doassansiales). Auf dem Wirt *Crepis zacintha* hat VÁNKY (1990b) *Entyloma zacintha* als neue Art erkannt. Von *Erodium laciniatum* aus Tunesien beschrieb er (VÁNKY 1991a) *Entyloma erodii*. Auf *Delilia biflora* fanden VÁNKY, DOBBELER & U. BRAUN (in VÁNKY 1992) einen bis dahin unbekanntem Brandpilz, den sie *Entyloma delliae* nannten. Aus Mittelamerika beschrieb PIEPENBRING (1996c) zwei neue Entylomen. – Hypothesen zur Molekularphylogenie von *Entyloma* haben BEGEROW et

al. (2002c) vorgelegt. Sie konnten die Ordnung als Monophylum bestätigen, das anamorphe *Tilletiopsis*-Arten beinhaltet. Es gibt deutliche Evidenzen für eine Koevolution von *Entyloma*-Taxa mit ihren Wirten. Dies ist besonders auffällig bei den Asteridae. – Nach molekularphylogenetischen Analysen und Merkmalen der Sporen-morphologie haben VÁNKY & LUTZ (2010) einen weiteren Brandpilz auf *Ranunculus ficaria* aus dem Iran, *Entyloma majewskii*, beschrieben.

Ceraceosorales

BEGEROW et al. (2006) beschrieben die Ceraceosorales und definierten sie als Pflanzenparasiten mit intrazellulären Hyphen in Wirtszellen und lokal begrenzten Interaktionszonen. Zweisterigige Basidien wachsen durch die Stomata nach außen. *Ceraceosorus* ist nach molekularphylogenetischen Daten nächst verwandt mit *Entyloma*.

Microstromatales (Tafel 4, Abb. 14)

Arten der Microstromatales besitzen gastroide Holobasidien ohne Probasidien (OBERWINKLER 1978, 1982) und lokal begrenzte Interaktionszonen mit ihren Wirten, in denen keine komplexen Interaktionsstrukturen zu finden sind (BAUER et al. 1997). BLANZ (1978) hat *Exobasidium* und *Microstroma* licht- und transmissionselektronen-mikroskopisch sowie nach dem Wachstum ihrer Hefen in Submerskulturen untersucht. Er konnte die einfachen Septenporen nachweisen. – Die Ordnung wurde von BAUER & OBERWINKLER (in BAUER et al. 1997) beschrieben. – Eine Revision von *Muribasidiospora* (BEGEROW et al. 2001, 2002b) erbrachte, dass *M. triumfeticola* von *M. indica* abgespalten werden muss. Für *M. triumfeticola* wurde die Gattung *Volvocisporium* eingeführt, die den Microstromatales angehört, während *M. indica* bei den Exobasidiales verbleibt. RITSCHEL et al. (2008) haben für Namibia eine weitere *Volvocisporium*-Art, *V. grewiae*, nachgewiesen. – DE BEER, BEGEROW & BAUER beschrieben die Quambalariaceae (DE BEER et al. 2006) für anamorphe Pilzparasiten auf *Eucalyptus* und *Corymbia* und stellten sie nach molekularphylogenetischen Hypothesen zu den Microstromatales.

Exobasidiales, Nacktbasidien und Verwandte (Tafel 5, Abb. 15)

Die dimorphen Pflanzenparasiten besitzen Holobasidien, die durch Stomata auswachsen oder durch sich zersetzende Epidermiszellen der Pflanzen freigelegt werden. Der Kontakt zu den lebenden Wirtszellen wird über tubulär struk-

turierte Interaktionsapparate hergestellt. Die Schleuderbasidiosporen werden an kurzen Sterigmen gebildet und sind einwärts gekrümmt. Ein Befall durch viele Arten dieser Ordnung, so von *Exobasidium* (Nacktbasidien), veranlasst die meisten Wirte zu hypertrophierendem Wachstum organspezifischer Gewebepartien. – Vergleichende Merkmalsanalysen an *Exobasidium*-Arten und verwandten Basidiomyceten hat BLANZ (1977) im Rahmen seiner Dissertation durchgeführt. – BLANZ & OBERWINKLER (1983) haben sich mit der Artabgrenzung von *Exobasidium* beschäftigt. – Aus Costa Rica und Jamaica haben GÓMEZ & KISIMOVA-HOROVITZ (1998) sieben *Exobasidium*-Arten beschrieben, *E. aequatorianum* auf *Vaccinium crenatum*, *E. disterigmicola* auf *Disterigma humboldtii*, *E. escalloniae* auf *Escallonia myrtilloides*, *E. jamaicense* auf *Lyonia jamaicensis*, *E. pernettyae* auf *Pernettya prostrata*, *E. poasanum* auf *Cavendishia bracteata* und *E. sphyrospermii* auf *Sphyrospermum cordifolium*. – BEGEROW et al. (2001) fanden, dass nur *Muribasidiospora indica* den Exobasidiales angehört, nicht jedoch *M. triumfeticola* (siehe Microstromatales). – BEGEROW et al. (2002a) haben die Exobasidiales im weiten Sinne verstanden. Sie schlossen, dass die Exobasidiaceae hauptsächlich auf Ericanae, die Cryptobasidiaceae vorwiegend auf Lauraceae, die Brachybasidiaceae auf Poaceae und die Graphiolaceae auf Palmen vorkommen. Ferner verwiesen sie auf Parallelen der Wirtspylogenien, was allerdings auf *Exobasidium* und die Vaccinioideae nur eingeschränkt zutrifft.

Graphiolales, Palmenbrände (Tafel 5, Abb. 16)

Bis 1982 war für die Palmen parasitierenden *Graphiola*-Arten nicht geklärt, welcher Pilzgruppe sie angehören. OBERWINKLER et al. (1982) konnten nachweisen, dass es sich um Basidiomyceten handelt. Die Mikromorphologie und Ontogenie der kettenförmig aneinander gereihten Holobasidien untermauern die Eigenständigkeit der Gruppe, auch wenn molekularphylogenetisch die Einbindung in die Exobasidiales nahe liegt.

Brachybasidiales und Cryptobasidiales

Diese beiden Ordnungen werden taxonomisch auch als Familien innerhalb der Exobasidiales klassifiziert. Brachybasidiales besitzen Schleuderbasidiosporen und Cryptobasidiales haben gastroide Basidien.

In einer vergleichenden Abhandlung von Basidientypen und ihrer phylogenetischen Bedeutung hat OBERWINKLER (1982) *Exobasidium*, *Exobasi-*

diellum, *Microstroma*, auch *Brachybasidium* und *Coniodictyum* behandelt und repräsentative Arten illustriert. – Über Wieder- bzw. Neufunde von *Clinoconidium bullatum* und *C. farinosum* sowie *Drepanoconis larviformis* in Costa Rica berichteten GÓMEZ & KISIMOVA-HOROVITZ (1998). – Süd- und mittelamerikanische Taxa der Gattungen *Botryconis*, *Clinoconidium* und *Drepanoconis* wurden von HENDRICHS et al. (2003) morphologisch und ultrastrukturell untersucht sowie nach kladistischer Methode phylogenetisch interpretiert. Molekularphylogenetische Hypothesen sprechen für die Eingliederung in die Exobasidiales (BEGEROW et al. 2006). – BERNDT & SHARMA (1998) haben aus Indien eine neue Art, *Dicellomyces calami*, von Blättern von *Calamus* cf. *rotang* beschrieben.

Malasseziales

Die auf der Haut von Säugetieren vorkommenden Hefen der Gattung *Malassezia* konnten molekularphylogenetisch den Exobasidiomycetes zugeordnet werden (BEGEROW et al. 2000). Die phylo-

genetische Herkunft dieser thermophilen Hefen mit ihrer besonderen ökologischen Spezialisierung ist nicht geklärt.

Entorrhizales (Abb. 17)

Traditionell werden *Entorrhiza*-Arten als Brandpilze klassifiziert. Sie parasitieren lebende Wurzelzellen von Cyperaceen und Juncaceen, bilden dickwandige Überdauerungszellen (Brandsporen), die reif durch interne Septierung vierzellig werden. – Die Ontogenie der Brandsporenentwicklung und die Ultrastruktur der Septenporen von *Entorrhiza casparyana* wurden von DEML & OBERWINKLER (1981) untersucht. Wegen einer Probenverwechslung haben sie anstatt der *Entorrhiza*-Basidie diejenige von *Tilletia* sp. dargestellt. Aus Brandsporenzellen wächst jedoch jeweils ein Keimschlauch aus, wie BAUER et al. (2001a) zeigen konnten. – Von *Scirpus cernuus* und *S. basilaris* wurde *Entorrhiza finerani* und von *Eleocharis parvula* *Entorrhiza parvula* von VÁNKY (1992) beschrieben. – Nach ultrastruk-

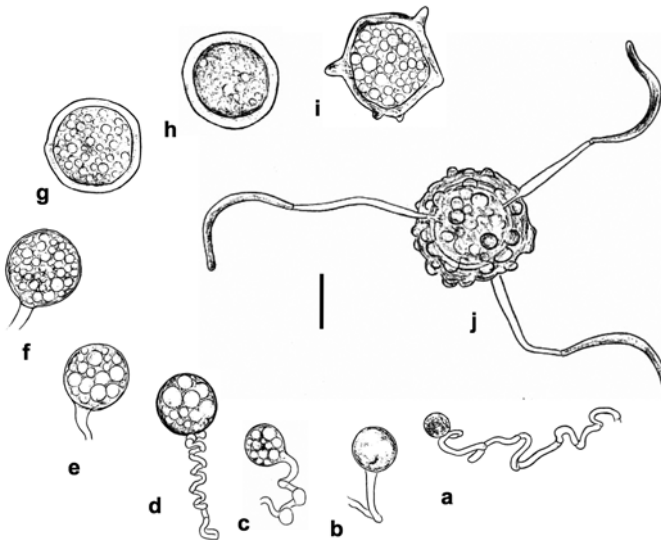


Abbildung 17. Entwicklungsstadien des Wurzelbrandpilzes *Entorrhiza casparyana* auf der Gliederbinse *Juncus articulatus*. a)-i) Die gesamte Ontogenie verläuft in lebenden Wurzelzellen des Wirtes. a)-f) Junge Brandsporen jeweils an einer generativen Hyphenspitze. Mit zunehmender Reife wird das Cytoplasma der Sporen stark granulär, schließlich lösen sie sich von den Trägerhyphen ab (g-i), werden zunehmend dickwandiger und bilden ein Sporenornament aus. j) Keimung einer reifen Brandspore mit drei Keimhyphen, an denen jeweils terminal eine sigmoide Spore entsteht. Da die Karyologie nicht bekannt ist, ist unklar, ob Basidiosporen oder Konidien gebildet werden. Mehrfach haben wir vierzellige keimende Brandsporen beobachtet. Dies war jedoch am Beispiel unserer Abbildung nicht erkennbar. Weder die Verbreitungsbiologie noch die phylogenetische Stellung der *Entorrhiza*-Pilze konnten bisher geklärt werden. Messbalken 10 µm. – Coll. R. BAUER, G. DEML, M. NEBEL, Triensbach, 9.1986, Keimstadien R. BAUER 1.1987. – Alle noch folgenden Fotos und Zeichnungen (außer anderweitig bezeichnet): F. OBERWINKLER.

turellen und molekularen Daten interpretierten BAUER et al. (1997) und BEGEROW et al. (1997) die Entorrhizales als eine Schwesterngruppe aller Brandpilze. Entorrhizaceae und Entorrhizales haben BAUER & OBERWINKLER (in BAUER et al. 1997) beschrieben. – Aus Neuseeland hat VÁNKY (1998c) *Entorrhiza casparyanella* auf *Jun-cus gregiflorus* bekannt gemacht. – VÁNKY et al. (2007) haben die südafrikanische *Entorrhiza calospora*, die an Wurzeln verschiedener Arten der Aizoaceae, Molluginaceae und Portulacaceae Gallen bildet, in die neue Gattung *Talbotiomyces* transferiert. Wegen fehlender ontogenetischer, ultrastruktureller und molekularer Daten war jedoch eine systematische Zuordnung der Gattung nicht möglich.

Agaricomycotina (Abb. 18)

Um die Taxonomie der Phylogenie der Basidiomyceten anzugleichen, haben BAUER et al. (2006) die Unterabteilung der Agaricomycotina vorgeschlagen, deren Arten sich durch den Typ B der Sekundärstruktur der 5S RNA, dominierende Glucose und das Vorhandensein von Xylose in den Zellwänden definieren lassen. Ein gemeinsames Strukturmerkmal für diese sehr artenreiche Unterabteilung der Basidiomycota ist weder im subzellulären und zellären Bereich noch in makroskopischen Bauplänen vorhanden. Die meisten Pilze, deren Fruchtkörper mit freiem Auge erkannt werden können (die sog. Großpilze), gehören hierher.

Wie wichtig der breite Ansatz unseres gesamten Forschungskonzeptes war, wird aus den folgenden Abschnitten deutlich. Systematik und Phylogenie der einzelnen Taxa waren unverzichtbar für einen wissenschaftlich fundierten Einstieg in ökologische Fragestellungen, insbesondere der Bodenbiologie und vornehmlich der Mykorrhizaforschung. Optimierte Kultivierungstechniken, ausgereifte Feinstrukturmethodik und sukzessive Verwendbarkeit molekularer Analytik wurden zu essentiellen Komponenten unserer Arbeiten.

Bartheletiaceae

Die auf abgefallenen *Ginkgo biloba*-Blättern schwarze Kolonien bildende *Bartheletia paradoxa*, die von ARNAUD schon 1954 beschrieben wurde, haben SCHEUER et al. (2008) ontogenetisch, morphologisch, ultrastrukturell und molekularphylogenetisch untersucht. Sie fanden dickwandige Probasidien (Teliosporen), die über jeweils einen Keimporus mit Hyphen auskeimen und in

einer tremelloiden Basidie terminieren. Auf stummelförmigen Sterigmen werden sitzende Basidiosporen gebildet. Hyphensepten sind vielfach mit Mikroporen durchlöchert. Molekularphylogenetisch kann eine basale Stellung in den Agaricomycotina wahrscheinlich gemacht werden.

Tremellales, Zitterpilze (Tafel 6, Abb. 19)

Viele Tremellales-Arten kommen auf Holz vor und täuschen damit eine saprobe Lebensweise vor. Tatsächlich ließen sich die genauer untersuchten Arten als Mykoparasiten erkennen. Häufig haben diese Pilze gallertige, bei Trockenheit einschrumpfende und bei erneut einsetzender Feuchtigkeit wieder aufquellende Fruchtkörper. Ursprünglich waren Tremellales innerhalb der Heterobasidiomyceten als Pilze mit längs septierten Basidien definiert. – Bei der Bearbeitung cyphelloider Pilze fanden AGERER & OBERWINKLER (1979) tremelloide Basidien in *Flagelloscypha applanata*. Da sie keine Haustorien an den Basidien bildenden Hyphen finden konnten, nahmen sie an, dass diese Basidien nicht zu einem tremelloiden Mykoparasiten gehörten. Entsprechend schlugen sie eine neue Gattung, *Heteroscypha*, vor. Bei *Flagelloscypha malmei* fanden sie nur vereinzelte, partiell apikal septierte Basidien. – An kultivierter *Tremella uliginosa* wiesen OBERWINKLER & BANDONI (1981) dickwandige Basidien nach, deren Teilzellen entweder direkt mit dikaryotischen Hyphen keimen, oder deren monokaryotische Keimhyphen außerhalb der Basidie fusionieren. Sie führten für diesen Pilz die Gattung *Tetragoniomyces* und die Familie Tetragoniomycetaceae ein. Die mykoparasitische Interaktion von *Tetragoniomyces uliginosus* mit *Rhizoctonia* sp. untersuchten BAUER & OBERWINKLER (1990a) transmissionselektronenmikroskopisch. Sie fanden einen Mikroporus, der durch die Haustorienspitze und die Wirtszellwand geht. Dabei verschmelzen die Cytoplasmamembranen von Wirt und Parasit, was zu einem direkten Cytoplasmakontakt der beiden interagierenden Pilze führt. Dies war der Erstnachweis eines derartigen Mykoparasitismus bei Basidiomyceten. – Für seine Dissertation hat ZUGMAIER (1991) den Mykoparasitismus von *Tremella encephala*, *T. mycophaga*, *T. polyporina* und einer unbeschriebenen *Tremella* auf *Dacryonema rufum* licht- und transmissionselektronenmikroskopisch untersucht. Es konnte belegt werden, dass die zellulären Differenzierungen bei allen studierten Arten identisch sind. Die mykoparasitischen Interaktionen von *Tremella mesenterica*, *T. encephala* und *T. mycophaga* haben ZUGMAIER

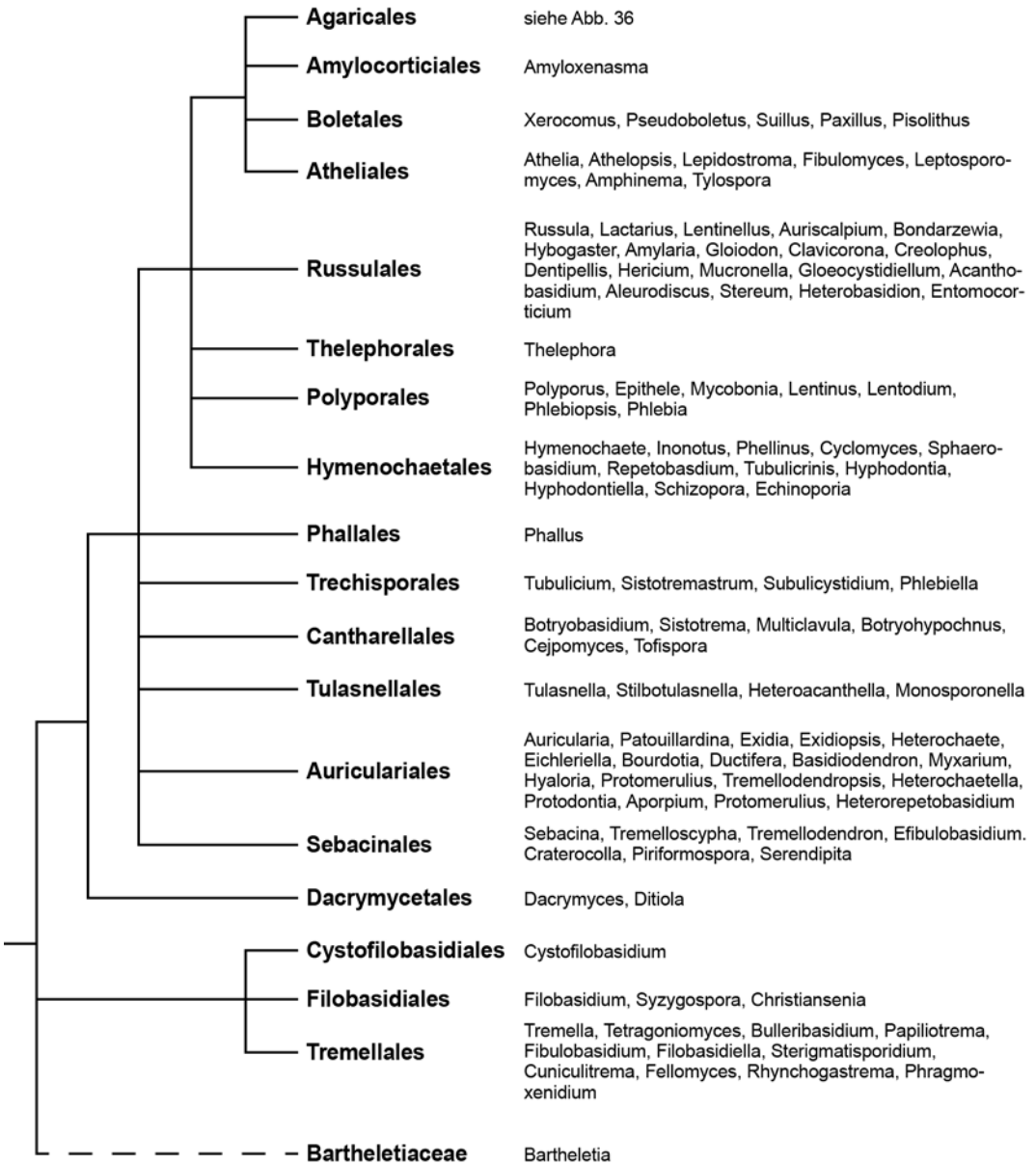


Abbildung 18. Phylogenetische Hypothese für Ordnungen der Agaricomycotina (verändert nach HIBBETT et al. 2007). Die Taxa werden entlang der hier gegebenen Anordnung, von unten nach oben, besprochen. Die phylogenetische Stellung der Bartheletiaceae ist ungeklärt.

et al. (1994) licht- und transmissionselektronenmikroskopisch studiert. Sie fanden denselben Interaktionstyp wie er schon für *Tetragoniomyces uliginosus* nachgewiesen war. Für *Tremella mesenterica* haben ZUGMAIER & OBERWINKLER (1995) diese Studien vertieft und das Wirtsspektrum mit *Peniophora eriksonii*, *P. quercina* und *Phanerochaete cremea* getestet. – OBERWINKLER & BANDONI (1983) beschrieben *Trimorphomyces papilionaceus* als neue Art und Gattung. Der Pilz parasitiert *Arthrimum sphaerocarpum*. Neben Basidiensporen werden mono- und dikaryotische Konidien gebildet. – Für die von MÖLLER 1885 aus Brasilien beschriebenen *Tremella anomala*, *T. auricularia*, *T. dysenterica*, *T. fibulifera* und *T. spectabilis* haben BANDONI & OBERWINKLER (1983) ausführliche Beschreibungen und detaillierte Illustrationen erstellt. – Mikromorphologische und molekulare Untersuchungen an einer Vielzahl von *Tremella*-Belegen, vornehmlich aus Taiwan, hat CHEN (1998) für seine Dissertation durchgeführt. Er hat 11 neue Arten beschrieben, *Tremella cerebriiformis*, *T. flava*, *T. fuscosuccinea*, *T. giraffa*, *T. griseobrunnea*, *T. neofoliacea*, *T. nivalis*, *T. resupinata*, *T. taiwanensis*, *T. tropica* und *T. vasifera*. In seiner phylogenetischen Analyse unterscheidet er fünf Artgruppen: *Aurantia*-, *Foliacea*-, *Fuciformis*-, *Indecorata*- und *Mesenterica*-Gruppe. In die Studien eingeschlossen war auch *Sirobasidium magnum*. – CHEN et al. (2001) untersuchten, beschrieben und illustrierten Typusbelege von folgenden *Tremella*-Arten: *T. australiensis*, *T. brasiliensis*, *T. coalescens*, *T. microspora* und *T. samoensis*. Dabei fanden CHEN & OBERWINKLER (2000a) im Neotypus von *Tremella brasiliensis* einen Mykoparasiten der zwei Jahre vorher als *Heteromycophaga tremelicola* beschrieben wurde. – *Sirobasidium minutum* haben KISIMOVA-HOROVITZ et al. (2000b) aus Costa Rica beschrieben und über weitere Heterobasidiomyceten aus dem Land berichtet. – In Arbeiten zu seiner Dissertation hat B. MÜLLER (1989) aus nicht sterilen Pyknosporenlagern von *Puccinia punctiformis* (*P. suaevolens*) häufig *Cryptococcus laurentii* isoliert, den er molekularphylogenetisch den Tremellales zuordnen konnte. – Merkmale, die sich für die Unterscheidung von *Filobasidiella depauperata* und *Filobasidiella neoformans* eignen, wurden von KWON-CHUNG et al. (1995) herausgearbeitet. – BIALEK et al. (2002) zeigten, dass durch *Cryptococcus neoformans* verursachte Meningitis der Maus in Gewebepreparaten durch PCR des 18S rRNA-Gens nachgewiesen werden kann. – Nach morphologischen, ultrastrukturellen, physio-

gischen und molekularen Charakteristika haben SAMPAIO et al. (2002) zwei neue Gattungen, *Bulkeribasidium* und *Papiliotrema* sowie drei neue Arten *B. oberjochense*, *P. bandonii* und *Fibulobasidium murrhardtense*, beschrieben. – LAASER et al. (1988) isolierten aus dem auf Blätterpilzen parasitierenden Stäubenden Zwitterling (*Asterophora lycoperdoides*) eine Hefe, die biochemisch und ultrastrukturell charakterisiert wurde. Doliporen vom *Tremella*-Typ ermöglichten eine Zuordnung zu den Tremellales. – Unter den mit Borckenäfern assoziierten Pilzen fanden KIRSCHNER et al. (2001d) eine Art mit tremelloiden Basidien und die zugehörige Hefe, *Sterigmatosporidium polymorphum*, die an stielartigen Fortsätzen weiter knospt. Sie beschrieben die neue Gattung *Cuniculitrema* mit der Art *C. polymorpha* und führten die Familie der Cuniculitremaceae ein. Diese Familie bildet ein Monophylum, das auch die Hefegattungen *Fellomyces* und *Kockovaella* beinhaltet. – SPAALJ et al. (1991) haben aus *Xenamatella*-Fruchtkörpern eine Hefe isoliert, die sie als *Fellomyces horovitziae* beschrieben haben. – Aus Ackerböden von Ahlum bei Braunschweig haben METZLER et al. (1989) einen Pilz isoliert, der tremelloide Haustorien und tremelloide Doliporen besitzt. Die Basidien sind nur apikal partiell längsseptiert und entwickeln sitzende Basidiosporen. Die neuen Taxa, *Rhynchogastrema coronata* und Rhynchogastremaceae, wurden den Tremellales zugeordnet. – In Fruchtkörpern von *Uthatabasidium fusisporum* fanden OBERWINKLER et al. (1990c) einen fruchtkörperlosen Mykoparasiten mit schnallenlosen Hyphen, Doliporen ohne Parenthosome, quer septierten Basidien und Basidiosporenkeimung mit Sekundärsporen oder kugeligen Mikrokonidien. Die mykoparasitische Interaktion erfolgt durch Mikroporen, die durch die Parasiten- und Wirtszellwände verlaufen. Wir haben diesen höchst ungewöhnlichen Mykoparasiten *Phragmoxenidium mycophilum* genannt und ihn in einer eigenen Familie, Phragmoxenidiaceae, mit großem Vorbehalt zu den Tremellales gestellt.

Filobasidiales (Tafel 6, Abb. 20)

Pilze, die zu dieser Ordnung gerechnet werden, haben Holobasidien, die keine Schleudersporen ausbilden können. Ihre Fruchtkörper sind äußerst unscheinbar, manchmal entstehen Basidien an vereinzelt Hyphen. Neben *Filobasidium floriforme* haben BANDONI et al. (1991) zwei unbekannte Arten der Gattung, *F. elegans* und *F. globosporum*, auf *Yucca* spp. gefunden, beschrieben

und illustriert. – OBERWINKLER & BANDONI (1982b) haben Arten der holobasidialen Gattungen *Carcinomyces*, *Christiansenia* und *Syzygospora* ontogenetisch, licht- und elektronenmikroskopisch untersucht. Sie haben diese Taxa in der Familie Carcinomycetaceae zusammengefasst. Es wurden auch die mykoparasitischen Interaktionen dargestellt. Die Untersuchung des Typus von *Syzygospora alba* veranlassten OBERWINKLER & LOWY (1981) diesen Namen für das Basidiend Stadium des Mykoparasiten anzuwenden. Sie waren auch der Meinung, dass die Gattung von *Christiansenia* unterschieden werden kann. Ferner haben sie die mykoparasitischen Strukturen analysiert und dargestellt. CHEN et al. (1997) haben die neue Art *Syzygospora nivalis* aus Taiwan beschrieben. – Die Ontogenie von *Christiansenia pallida*, die auf *Phanerochaete cremedia* parasitiert, wurde von OBERWINKLER et al. (1984) nach Kultivierungsexperimenten rekonstruiert. Es wurden auch die subzellulären Interaktionsstrukturen von Parasit und Wirt dargestellt. Diese haben BAUER & OBERWINKLER (1990b) in einer ausführlichen Arbeit analysiert. Sie fanden auch bei diesem mykoparasitischen Interaktionssystem Mikroporen als Interaktionskanäle, die Cytoplasmafusionen von Wirt und Parasit ermöglichen.

Cystofilobasidiales (Abb. 21)

Es handelt sich hier um dimorphe Pilze mit weißen, orangefarbenen oder roten Hefekolonien,

die von unterschiedlichsten Substraten isoliert wurden und die keine mykoparasitischen Interaktionen erkennen lassen. In Hefekolonien von *Rhodospodium capitatum* wiesen OBERWINKLER et al. (1983) Hyphen mit kugeligen, dickwandigen Zellen nach, aus denen langgestielte, kopfige Holobasidien mit sitzenden Basidiosporen auswuchsen. Sie konnten zeigen, dass Hefe- und Hyphenphase zu ein und demselben Pilz gehören. Entsprechend führten OBERWINKLER & BANDONI die neue Gattung *Cystofilobasidium* mit zwei Arten, *C. capitatum* und *C. bisporidii*, ein. – Eine neue Art, *Cystofilobasidium ferigula*, wurde von SAMPAIO et al. (2001) durch Kreuzen kompatibler Hefestämme von *Cryptococcus ferigula* erhalten. Es konnte auch die Identität von *C. lari-marini* mit *C. capitatum* nachgewiesen werden.

Dacrymycetales, Tränenpilze (Tafel 7, Abb. 22)

Das gemeinsame Merkmal der Tränenpilze ist die dacrymycetale Gabelbasidie, ein Meiosporangium, das zwei lange Sterigmen besitzt. Sehr selten kommen auch Basidien mit einem Sterigma oder drei Sterigmen vor. Zudem haben die Tränenpilze zu allermeist septierte Basidiosporen. Dies ist, im Gegensatz zu den Ascomycota, bei Basidiomycota außerordentlich selten. Typisch sind Arten der Gattung *Dacrymyces*, die als Saprobionten auf Holz vorkommen und eine intensive Braunfäule hervorrufen. Sie bilden galartige, gelb- bis orangefarbene (carotinhalte)

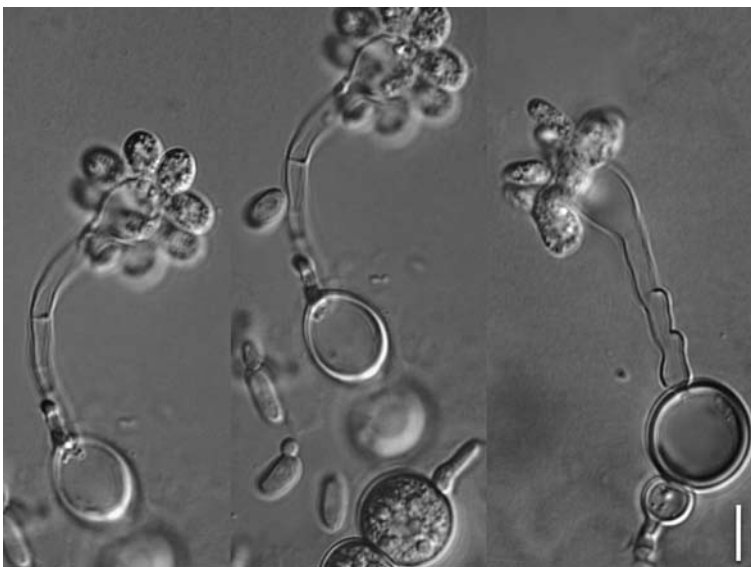


Abbildung 21. *Cystofilobasidium capitatum* in Kultur, Phasenkontrastaufnahmen. Dickwandige Probasidien (Teleutosporen) keimen mit je einer unterschiedlich langen Basidie, die kopfig anschwillt und sitzende Basidiosporen sukzessive abschnürt. Messbalken 10 µm.

Fruchtkörper. Die einheimischen 11 Arten dieser Gattung hat GÖTTEL (1983) für ihre Dissertation licht- und transmissionsmikroskopisch untersucht und systematisch interpretiert. – Eine an Fichtenmoderholz in Bergwäldern vorkommende Dacrymyceten-Art hat OBERWINKLER (1989b) als *Ditiola haasii* neu beschrieben. Die Zuordnung zur Gattung *Ditiola* erfolgte nach mikromorphologischen Merkmalen im Vergleich mit dem Gattungstyp, *Ditiola radicata*. – Auf Zweigen von *Dendrocalamus giganteus* fanden OBERWINKLER & TSCHEN (1990b) in Taiwan einen winzigen Pilz, den sie als neue Art erkannten und als *Dacrymyces dendrocalami* beschrieben. Charakteristisch sind kurz-tonnenförmige Basidien und die stark verzweigten Hyphiden im Hymenium. – Die Gattungen der Dacrymycetales hat OBERWINK-

LER (1993b) nach morphologischen Merkmalen charakterisiert und cladistisch interpretiert. – Karyologische Untersuchungen zur sexuellen Fortpflanzung von *Dacrymyces stillatus* sowie ultrastrukturelle Analysen zu Differenzierungen bei der Konidiogenese wurden von MOSSEBO (1995) durchgeführt.

Sebacinales, „Wurzelpilze“ mit weitgehend unbekannter Vielfalt (Abb. 23)

Arten dieser Pilzgruppe sind zuallermeist mit Pflanzenwurzeln assoziiert, entweder als Einwohner, Endophyten, oder als Mykorrhizapilze. Als solche decken sie das gesamte Spektrum der bisher für Basidiomycota bekannten Interaktionstypen ab. Sie bilden mit Kieferngewächsen und Arten der Buchen-Verwandtschaft sowie einigen

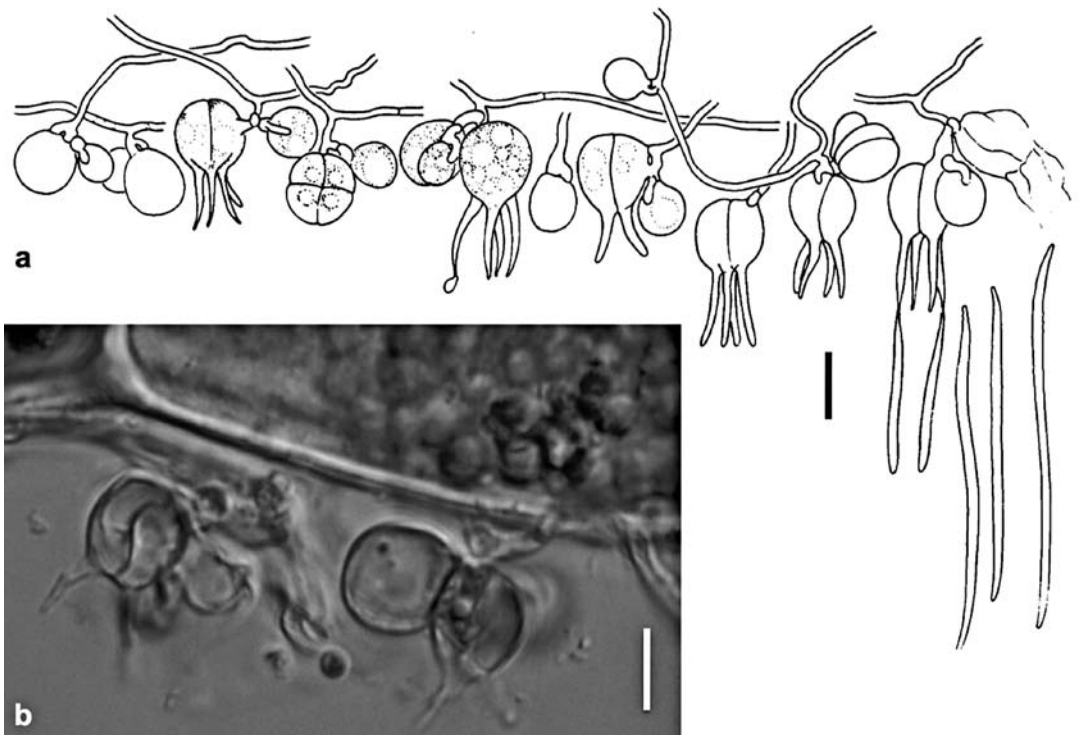


Abbildung 23. Vollständiger zellulärer Aufbau von *Serendipita (Sebacina) vermifera* im sporulierenden Zustand. a) Die Art besteht aus sehr schmalen generativen Hyphen, die nur subbasidial Schnallen besitzen. Die Basidiosporen erinnern an Fadenwürmer, worauf der Artnachname Bezug nimmt. Regen-Eggenried, 3.9.1967. b) Während eines Pilzkurses in Oberjoch hat G. KOST den Pilz an einem Lebermoos wachsend entdeckt (11.9.1985). *Serendipita vermifera* zählt zu den kryptischen Arten, die makroskopisch nicht erkennbar sind, also nur zufällig gefunden werden können. Besonders kurios war das Auffinden dieses Mikropilzes 1976 bei der Rastermikroskopie einer *Tomentella* (Herbarium P. BLANZ Nr. 3563), unter deren Hymenium *S. vermifera* fruktifizierte. Auf die Typusherkunft der Art wird im Text eingegangen. Beide Messbalken 10 µm.

weiteren Pflanzengruppen Ektomykorrhizen. Mit Arten der Heidekraut-Verwandtschaft gehen sie ericoide, arbutoide und cavendishioide Mykorrhizen ein, und schließlich treten sie mit Orchideen, sogar mit epiphytisch lebenden, in spezifische Orchideenmykorrhizen ein. Die Hyphen der Sebacinales sind fast immer schnallenlos, ihre Septenporen haben Doliporen mit kontinuierlichen Parenthesomen und ihre Basidien sind reif längs septiert.

Die jüngste Entdeckungsgeschichte kryptischer Sebacin kann als sensationell bezeichnet werden. Um dies zu verdeutlichen, greifen wir auf eigene Arbeiten aus „vormolekularer Zeit“ zurück. – Südbayerische Arten der Gattung *Sebacina*, nach damaliger Umgrenzung, hat OBERWINKLER (1963) behandelt und *S. dimitica* als neue Spezies beschrieben. – Fruchtkörperlose und intrahymenial in anderen Pilzen wachsende *Sebacina*-Arten (s.l.) wurden von OBERWINKLER (1964b) untersucht. Er hat drei neue Arten, *Sebacina gloeophora*, *S. vermifera* intrahymenial in *Uthatabasidium fusisporum* und *S. inclusa* in Fruchtkörpern von *Botryobasidium*, gefunden und beschrieben. Eine weitere Art, *Sebacina interna*, die im Fruchtkörper von *Hyphoderma obtusum* gefunden wurde, ist zusammen mit POELT beschrieben worden. Diese frühen Arbeiten von OBERWINKLER werden hier angeführt, weil *Sebacina vermifera* und viele fruchtkörperlose, nur molekular detektierte *Sebacina*-Sippen, sich jüngst weltweit in Dendrogrammen als Sequenztaxa unbekannter Sebacinen akkumulieren. Wie diese molekular detektierbare, kryptische Diversität künftig als Organismen handhabbar gemacht werden kann, ist derzeit absolut rätselhaft. – Eine weitere Art mit winzigen, kaum sichtbaren Fruchtkörpern und gebogenen Basidiosporen wurde von KIRSCHNER & OBERWINKLER (2002) als *Sebacina allantoidea* beschrieben. – WELLS & OBERWINKLER (1982) erkannten, dass *Eichleriella gelatinosa*, die damals nur von Jamaica und Florida bekannt war, in die engere Verwandtschaft von *Sebacina* gehört. Sie haben für die Art die neue Gattung *Tremelloscypha* errichtet und die Familie der Sebacinaceae eingeführt, in die sie auch *Tremellodendron* transferierten. – Über *Sebacina*-Arten aus Costa Rica haben KISIMOVA-HOROVITZ et al. (2000a) berichtet. – Nach molekularphylogenetischen Hypothesen von WEISS & OBERWINKLER (2001) stellen die Sebacinaceae mit den Gattungen *Sebacina*, *Efibulobasidium*, *Tremelloscypha* ein Monophylum dar, in das auch *Craterocolla* zu stellen ist. – Sebacinoide Pilze

konnten von SELOSSE et al. (2002a, b) in Wurzeln der chlorophyllosen Orchidee *Neottia nidus-avis* und in den Ektomykorrhizen benachbarter Fichten und Kiefern sowie von Buchen, Hainbuchen, Haselsträuchern, Linden und Schwarzpappeln gefunden werden. – Sebacinen als Ektomykorrhizabildner entdeckten URBAN et al. (2003) an *Picea abies*, *Fagus sylvatica*, *Quercus robur*, *Carpinus betulus* und *Tilia* sp. Es konnte *Sebacina incrustans* als eine der mykorrhizierenden Pilzarten identifiziert werden. – KOTTKE et al. (2003) fanden mit molekularen Methoden, dass die Mycobionten der foliosen Lebermoose *Calypogeia muelleriana*, *Lophozia incisa* und *L. sudetica* Sebacinen im Cluster von *Sebacina vermifera* sensu WARCUP & TALBOT sind. Dagegen stellte sich der Mycobiont von *Aneura pinguis*, ebenso ein Lebermoos, als *Tulasnella* heraus. Ultrastrukturelle Befunde konnten diese Nachweise erhärten. – WEISS et al. (2004b) führten auf der Basis zahlreicher Sequenzen die Sebacinales ein, die ein Monophylum repräsentieren. Sie fanden, dass Fruchtkörper bildende und ektomykorrhizierende Arten nur in der Gruppe A des Sebacinales-Stammbaumes auftreten, während mit *Calypogeia*- und *Lophozia*-assoziierte Sebacinen und ericoide Mykorrhizabildner auf die Gruppe B beschränkt sind. Orchideenmykorrhizen werden dagegen von Arten beider Gruppen gebildet. Diese Arbeit belegte die hohe Zahl kryptischer *Sebacina*-Sippen durch molekulare Detektion. Hier ist auf die wenigen, fruchtkörperlosen Sebacinen zu verweisen, die ab 1964 lichtmikroskopisch entdeckt wurden. – SETARO et al. (2006a, b) untersuchten die Ektomykorrhizen bildenden Sebacinen der andinen Ericacee *Cavendishia nobilis*. Sie rekrutieren sich aus einer Vielzahl kryptischer *Sebacina*-Taxa, die alle der Gruppe B angehören. Der Mykorrhizierungstyp unterscheidet sich durch einen lockeren Hyphenverband zwischen Wurzelrindenzellen und durch angeschwollene intrazelluläre Hyphen. Aus diesen Gründen wurde der Begriff „Cavendishioide Mykorrhiza“ vorgeschlagen. – In 76 ericoiden Mykorrhizen haben SELOSSE et al. (2007) „Clade B Sebacinales“ entdeckt, „Clade A Sebacinales“ wurden in 13 Wurzeln „basaler Ericaceae“ gefunden. – Für die anamorphe Sebacinales-Art *Piriformospora indica* und verwandte Arten aus dem *Sebacina-vermifera*-Komplex wurde nachgewiesen (DESHMUKH et al. 2006), dass diese Pilze in einer endophytischen Interaktion mit Gerste sowohl eine höhere Wuchsleistung ihrer Wirtspflanzen als auch deren erhöhte Resistenz gegen

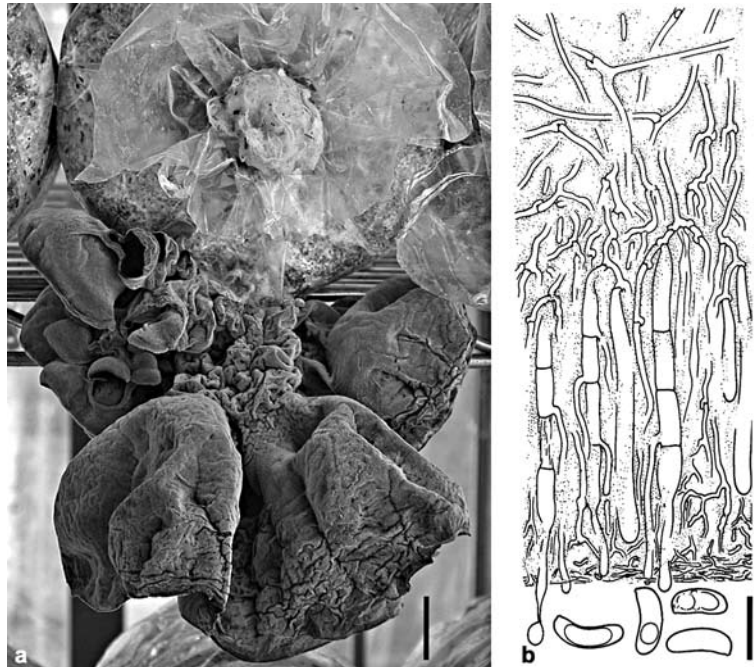
abiotischen und biotischen Stress induzieren. Für die Verlängerung des mutualistischen Interaktionsgeschehens sind offenbar absterbende Wirtszellen notwendig, die von sebacinale Pilzen besiedelt werden. – Die verborgene Welt der Sebaciales und ihr enormes Potential für die Mykorrhizaforschung und für Anwendungen im Pflanzenbau hat WEISS (2007, 2010) für einen breiten Leserkreis allgemein verständlich dargestellt. – Epiphytische Orchideen aus ecuadorianischen Bergregenwäldern bilden Mykorrhizen mit Sebaciales der Gruppe B (SUÁREZ et al. 2008, 2009). Dass diese *Sebacina*-Sippen Mykorrhizen bilden, wurde ultrastrukturell an Orchideen (*Stelis* spp., *Pleurothallis lilijae*) belegt. – Den relativen Artenreichtum von Sebaciales, die mit Ericaceen und Orchideen in tropischen Bergwäldern bei Loja, Südecuador, assoziiert sind, haben SETARO et al. (2011) zu kalkulieren versucht. Sie berichten, dass 74 % der Sebaciales MOTUs (molecular operational taxonomic units) weltweit bisher nur von diesen Untersuchungsflächen bekannt sind. Trotzdem könne hier nicht von einem hotspot der Sebaciales-Diversitäten gesprochen werden. – Die außerordentlich weite Verbreitung und das häufige Auftreten von Sebacinen in Landpflanzen haben WEISS et al. (2011) themati-

siert. Auf Grund ihrer molekularen Daten nehmen sie an, dass die Vielzahl der Mykorrhizierungstypen, an denen Sebacinen beteiligt sind, auf einen endophytischen Ursprung zurückgeführt werden kann. – *Sebacina vermifera*-Stämme, die mit Orchideenwurzeln assoziiert sind, wurden von BASIEWICZ et al. (2011) molekular und phänotypisch charakterisiert. In dieser Arbeit haben ZUCCARO & WEISS *Piriformospora williamsii* neu beschrieben. Die mutualistischen Eigenschaften, das ungewöhnlich breite Wirtsspektrum und die potentiellen landwirtschaftlichen Anwendungsmöglichkeiten von *Piriformospora indica* haben QIANG et al. (2011) besprochen. Dies wurde auch unter dem Gesichtspunkt diskutiert, dass mittlerweile das Genom von *P. indica* bekannt ist. – Die enorme ökologische Bedeutung der kryptischen *Sebaciales*-Sippen kann derzeit auch nicht annäherungsweise abgeschätzt werden.

Auriculariales, Judasohrpilze und Verwandte (Abb. 24)

In Ostasien sind Judasohrpilze, die elastisch-galartige Fruchtkörper bilden und an Holz wachsen, bedeutende, häufig kultivierte Speisepilze. In westlichen Ländern wird diese Esskultur weitgehend durch ostasiatische Restaurants vermittelt.

Abbildung 24. Judasohrpilze, *Auricularia*-Arten. a) *Auricularia polytricha*, Taiwan, Hualien, 22.5.2008. Dieser riesige Fruchtkörper eines Judasohrpilzes ist in Kultur gewachsen. Die Sägespäne in dem Plastikbehälter waren vorher mit Mycel des Pilzes beimpft worden. Messbalken 2 cm. b) *Auricularia auricula-judae*, Ausschnitt aus dem Hymenium mit unterschiedlich reifen Basidien und Basidiosporen. Messbalken 20 µm, nach OBERWINKLER (1977a).



Auricularia-Arten haben reif quer septierte, die Arten der meisten übrigen Gattungen der Ordnung besitzen längs septierte Basidien (Meiosporangien). Auf diese Tatsache wurde des öfteren mit der Bemerkung verwiesen, dass Basidienmorphologien hier und vielleicht auch in anderen Verwandtschaften, für phylogenetische Systematik nicht verwendbar seien. Dabei wird die Bandbreite morphologischer Differenzierungen übersehen, die Übergänge zwischen unterschiedlichen Bauplänen herstellen. OBERWINKLER (1982) hat dies an Basidien der Gattung *Patouillardina* gezeigt. – Die mikromorphologischen Ähnlichkeiten einiger Arten der Gattungen *Exidiopsis*, *Basiododendron*, *Heterochaete*, *Myxarium* und *Tremellodendropsis* mit holobasidialen Taxa der Aphyllophorales hat OBERWINKLER (1972) dargestellt. – Die von BANDONI et al. (1982) untersuchten Vertreter „poroider Tremellaceae“, *Aporpium caryae*, *Protodaedalea japonica* und *Protomerulius brasiliensis* sind nach heutiger Systematik Auriculariales mit längs septierten Basidien. – Ab 1974 haben unsere mikromorphologischen Studien, wann immer machbar, auch Ultrastrukturuntersuchungen eingeschlossen. So war für uns und unsere Kooperationspartner klar geworden, dass die Unterscheidung Tremellales / Auriculariales am sichersten durch die unterschiedlichen Parenthesomtypen der Doliporen getroffen werden kann. Es wurde dann auch immer deutlicher, dass die meisten Tremellen Mykoparasiten sind, die Haustorien und Hefephase besitzen, Merkmale, die bei Auriculariales-Arten nicht vorkommen. – Resupinate Vertreter der *Exidia*- und *Myxarium*-Verwandtschaft aus Costa Rica wurden von KISIMOVA-HOROVITZ et al. (1997b, 2000a, b) studiert. Sie haben *Myxarium mesonucleatum* und *M. subsphaerosporum* als neue Arten beschrieben (KISIMOVA-HOROVITZ et al. 2000a). – WEISS & OBERWINKLER (2001) stellten molekularphylogenetische Hypothesen zu Auriculariales und verwandten Taxa vor, die auf der Auswertung von Sequenzen der großen Untereinheit der 28S rDNA basierten. Innerhalb der Auriculariales unterschieden sie 5 Gruppen: (1) *Auricularia*, *Exidia*, *Exidiopsis*, *Heterochaete* und *Eichleriella*; (2) *Bourdotia* und *Ductifera*; (3) kugelsporige *Basiododendron*-Arten; (4) *Myxarium* und *Hyaloria*; (5) *Protomerulius*, *Tremellodendropsis*, *Heterochaetella* und *Protodontia*. Diese Gruppen können größtenteils durch mikromorphologische Merkmale gestützt werden. Arten der Gruppe (1) konnten mit ITS-Sequenzen inclusive den 5.8S rDNA Genen so aufgelöst werden, dass *Auricu-*

laria-Arten monophyletisch clustern. – Zwei resupinate Arten mit apikal partiell längs septierten Repetobasidien und stark angeschwollenen Sterigmen haben C.-J. CHEN & OBERWINKLER (in CHEN et al. 2002) als *Heterorepetobasidium ellipsoideum* und *H. subglobosum* aus Taiwan beschrieben. Nach mikromorphologischen Charakteristika schlossen die Autoren, dass diese Pilze am besten bei den Auriculariales unterzubringen wären. Die Eingruppierung in die Tulasnellales erschien gleichermaßen sinnvoll. WEISS et al. (2004a) listeten die Gattung unter Taxa incertae sedis. Molekulare Daten fehlen bis jetzt.

Tulasnellales (Tafel 7, Abb. 25)

Basidien von *Tulasnella* spp. (Wachskrustenpilz) haben wir in unseren Lehrveranstaltungen wegen ihrer höchst ungewöhnlichen Morphologie immer wieder gezeigt und mikroskopieren lassen. Mehr Interesse wurde den sehr schwer unterscheidbaren, unscheinbar corticioid fruktifizierenden, „saproben“ Heterobasidiomyceten nicht entgegen gebracht. Dies änderte sich schlagartig mit dem Auffinden von *Tulasnella*-Arten als mykorrhizierende Pilze. – Über die Zuordnung von *Tulasnella* und verwandten Taxa zu höheren taxonomischen Einheiten besteht derzeit kein Konsens. Wir bevorzugen eine von den Cantharellales getrennte, eigene Ordnung. – BANDONI & OBERWINKLER (1982) haben die neue Gattung *Stilbotulasnella* vorgeschlagen, die durch eine stilboide Nebenfruchtform, hefeartige Keimung von Konidien und Basidiosporen sowie Doliporen ohne Parenthesome charakterisiert wird. – Für einen Pilz aus Taiwan hat OBERWINKLER eine neue Gattung, *Heteroacanthella*, eingeführt, in die OBERWINKLER & LANGER die Art *H. variabilis* stellten (OBERWINKLER et al. 1990d). Auch *Platyglaea acanthophysa* wurde von OBERWINKLER in *Heteroacanthella* transferiert. Basidien mit stachelartigen Auswüchsen (Acanthobasidien) und Acanthophysen, Sporen mit Sekundärsporenbildung und Doliporen mit kontinuierlichen Parenthesomen kommen in beiden Arten vor, sind somit für die Gattung charakteristisch. – Ein in Termitenbauten in Sambia vorkommender Pilz wurde von OBERWINKLER & RYVARDEN (1990a) als eine monotypische Gattung, *Monosporonella termitophila*, beschrieben und illustriert. Die Art hat einsterigmige Basidien, die gelegentlich repetieren. Basidiosporen keimen mit Sekundärsporen und Doliporen besitzen kontinuierliche Parenthesome. – Das heterotrophe Lebermoos *Cryptothallus mirabilis* konnte als epiparasitisch

auf *Tulasnella*-Arten erkannt werden (BIDARTONDO et al. 2003). Die Tulasnelliden ihrerseits bilden Ektomykorrhizen mit *Alnus glutinosa*, *Betula pubescens*, *Pinus pinaster* oder *Salix aurita* und *S. cinerea*. – Aus 59 Wurzelproben von sieben europäischen und nordamerikanischen *Cypripedium*-Arten haben SHEFFERSON et al. (2005) überwiegend Tulasnelliden nachgewiesen, nur selten Vertreter der Sebacinaceae und Ceratobasidiaceae sowie eine Art der Deuteromyceten-gattung *Phialophora*. Bei einer Quantifizierung der *Cypripedium*-Mykorrhizaspezifitäten fanden SHEFFERSON et al. (2007) eine enge spezifische Bindung der Pilzpartner an die Orchideenarten. Dies wurde als ein konservierter Koevolutions-trend interpretiert. – Aus einem andinen Bergregenwald bei Loja, Ecuador, haben SUÁREZ et al. (2006) *Tulasnella* spp. als Mycobionten in epiphytischen Orchideen nachgewiesen. Die molekularen Daten wurden durch ultrastrukturelle Befunde abgesichert. Es konnten jedoch keine Zuordnungen zu bereits bekannten *Tulasnella*-Arten gemacht werden. Die Autoren nahmen an, dass der hohen Diversität von Tulasnelliden als Mykorrhizapartner epiphytischer Orchideen eine erhebliche ökologische Bedeutung zukommt. An den Orchideenmykorrhizen sind, wie bereits erwähnt, auch Sebacinen der Gruppe B (SUÁREZ et al. 2008, 2009) beteiligt. – KOTTKE et al. (2008a) haben versucht, mit Hilfe von Sequenztaxa Pilznetzwerke im oben bereits erwähnten Bergregenwald bei Loja, Südecuador, zu erfassen. Sie fanden, dass die detektierten Tulasnellales-Taxa an epiphytischen, pleurothalloiden Orchideen und in Aneuraceen auftraten. – Identifikation und funktionelle Typen mutualistischer, Orchideenwurzeln bewohnender Pilze wurden von KOTTKE & SUÁREZ (2009) beschrieben. – An *Tulasnella*-Mycobionten von südecuadorianischen Orchideenmykorrhizen haben CRUZ et al. (2010) die Variabilität der Mikromorphologie und den intragenomischen Polymorphismus untersucht. In einem morphologisch kaum variablen Taxon des *Tulasnella pruinosa*-Komplexes wurde, mit Ausnahme von einem Klon, nur eine Variabilität von weniger als 1 % der ITS1-5.8S-ITS2 Region gefunden. – In 54 europäischen und 48 ecuadorianischen Aufsammlungen des thallosen Lebermooses *Aneurina pinguis* (Metzgeriales) haben PREUSSING et al. (2010) molekularphylogenetisch die hohe Diversität von 13 verschiedenen Gruppen mycobiontischer *Tulasnella* festgestellt. Diese Diversität war in europäischen Proben wesentlich höher als in ecuadorianischen. Aneuraceae mit ihren

tulasnelliden Pilzen haben KRAUSE et al. (2011) als ein Modell der frühen evolutiven Entwicklung von Pilzsymbiosen interpretiert.

Cantharellales, Pfifferlings-Verwandtschaft (Abb. 26)

Diese Ordnung wird, entsprechend unterschiedlicher molekularphylogenetischer Hypothesen, uneinheitlich umschrieben. Wir separieren in dieser Darstellung die Tulasnellales als eigenes Taxon (siehe oben). – In ihrer mykofloristischen Studie „niederer Basidiomyceten aus Südbayern II“ haben POELT & OBERWINKLER (1962) auch *Botryobasidium pruinosa* und *Sistotrema raduloides* aufgelistet, die jetzt zu den Cantha-

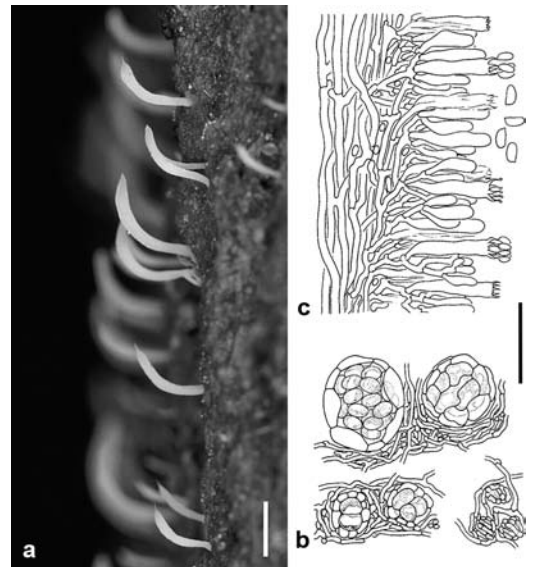


Abbildung 26. Basidiomyceten-Flechten mit keulenförmigen Fruchtkörpern. a) *Multi-clavula mucida* auf einem Fichtenstumpf, Wertach, 4.10.1996. Diese Basidiomycetenflechte fruktifiziert stiftförmig, clavarioid. Der Flechtenthallus bildet einen grünen Pilz-Algen-Überzug auf dem Fichtenholz. Die Flechte hat eine weltweite Verbreitung. Messbalken 1 cm. b) Unterschiedliche Entwicklungsstadien der Pilz-Flechten-Verbindung (Lichenisierung). Einzelne Grünalgenzellen (punktiert) werden von Hyphen umhüllt. Diese Ummantelung erlaubt oder fördert sogar die Vermehrung der Algen, sodass immer größere Thalluskugeln entstehen. Hier sind nur die Anfangsstadien illustriert. c) Ausschnitt aus dem Subhymenium und Hymenium eines Pilzfruchtkörpers mit unterschiedlichen Stadien der Basidientwicklung und Basidiosporen. Messbalken für b) und c) 20 µm, nach OBERWINKLER (1970).

rellales gestellt werden. Der bleibende Wert dieser Studie hat sich durch die Identifizierbarkeit der in ihren zellulären Konstruktionen illustrierten Arten ergeben. – Einige Spezies der Gattungen *Botryobasidium* und *Sistotrema* hat OBERWINKLER (1977b) ausgewählt, um zu zeigen, wie mikromorphologische Merkmale zur Artabgrenzung verwendet werden können. – Holobasidiomyceten mit unscheinbar corticioiden Fruchtkörpern wurden von OBERWINKLER (1965) hinsichtlich ihrer unterschiedlichen Basidientypen lichtoptisch analysiert. Unter den behandelten Taxa war auch *Sistotrema brinkmannii*. – In seiner ersten zusammenfassenden Bearbeitung der Basidiolichenen hat OBERWINKLER (1970) *Sistotrema brinkmannii* erneut berücksichtigt, weil dieser Pilz auf einer *Chlorella*-Algenkultur kugelige Verbände ausbildete, die morphologisch Lichenisierungen entsprachen, wie sie bei *Multiclavula mucida* vorkommen. Diese Basidiolichene wurde ebenfalls lichtmikroskopisch bearbeitet und vollständig illustriert. Ihre kugeligen Thalli wurden in ihrer Ontogenie verfolgt und die zelluläre Interaktion, Pilz-Alge, transmissionselektronenmikroskopisch analysiert (OBERWINKLER 1984). *Multiclavula* wurde auch in den Reviews über Basidiolichenen von OBERWINKLER (2001, 2012) behandelt. In molekularphylogenetischen Bäumen gruppieren *Sistotrema brinkmannii* und *Multiclavula mucida* zusammen. – Die Gattung *Botryobasidium* wurde an unserem Lehrstuhl durch G. LANGER (1994) monographiert. Inklusive *Botryohypochnus* und *Cejpomyces* hat Frau LANGER 48 Arten nach morphologischen Merkmalen unterschieden, beschrieben und zellulär illustriert. Sie hat die neue Gattung *Tofispora* eingeführt und mit RYVARDEN zusammen *T. repetospora* beschrieben. Für *Botryobasidium* wurden acht neue Arten vorgeschlagen: *B. arachnoideum*, *B. asterosporum*, *B. grandisporum*, *B. lacinisporum*, *B. longisporum*, *B. sublaeve*, *B. tuberculisporum* und *B. tubulicystidium*. Bei ultrastrukturell untersuchten Arten wurden Doliporen mit kontinuierlichen Parenthesomen gefunden. Alle erhobenen Daten, inklusive solcher von Kreuzungsverhalten, wurden einer kladistischen Analyse unterworfen, um phylogenetische Hypothesen mit Evolutionsstendenzen erstellen zu können. Die behandelten Arten wurden geschlüsselt. Aus Costa Rica beschrieben LANGER & LANGER (1998) *Haplotrichum parmastii* als neues Anamorph einer vermutlich unbekanntes *Botryobasidium*-Art. Elf *Botryobasidium*-Arten haben LANGER & LANGER

(2000) aus dem Bayerischen Wald nachgewiesen. Kreuzungen von *Botryobasidium subcornatum*-Stämmen aus Europa und Taiwan haben LANGER et al. (2000) durchgeführt. Sie konnten drei Intersterilitätsgruppen finden. – Mit vier Genbereichen haben MONCALVO et al. (2006) die cantharelloide Verwandtschaft molekularphylogenetisch zu interpretieren versucht. Sie konnten vier monophyletische Gruppen identifizieren. Die Gattung *Sistotrema* erwies sich als polyphyletisch. Es ließ sich mit molekularen Daten nicht klären, ob *Tulasnella* den Cantharellales zuzuordnen ist. Die Rekonstruktion eines „Superbaumes“ schlug fehl.

Trechisporales (Tafel 8, Abb. 27)

In einer Auswahl unscheinbar fruktifizierender Holobasidiomyceten hat OBERWINKLER (1965) auch die von BOURDOT beschriebene *Peniophora vermifera* untersucht. Er hat für diese Art und *Peniophora clematidis* sowie für *Hypochnus dusii* die neue Gattung *Tubulicium* vorgeschlagen. Diese wird nach molekularphylogenetischen Hypothesen jetzt in den Hydnodontaceae zu den Trechisporales gestellt. Molekular begründet soll in der gleichen Ordnung auch die Gattung *Sistotremastrum* stehen, die OBERWINKLER (1965) ebenfalls lichtmikroskopisch bearbeitete. Nach mikromorphologischen Merkmalen kann eine solche Gruppierung nicht verstanden werden. Unter Berücksichtigung zellulärer Strukturen ist es besonders irritierend, dass *Sistotremastrum suecicum* und *S. niveocremaeum* in molekularen Dendrogrammen clustern, *Paullicorticium* aber nicht in diese Gruppe fallen soll und auch mit keinem anderen Taxon gruppiert werden kann. – Molekular begründet ist auch *Subulicystidium*, eine Gattung der Hydnodontaceae. Die Schwierigkeiten der Artunterscheidung nach Sporenmerkmalen hat OBERWINKLER (1977b) an einer Reihe von *Subulicystidium*-Taxa gezeigt. Er hat zwei Arten, *Subulicystidium meridense* und *S. naviculatum*, aus Venezuela neu beschrieben und illustriert. Die Gattung wurde neben *Litschauerella* und *Tubulicium* von KISIMOVA-HOROVITZ et al. (1997a) für Costa Rica bearbeitet. – Die Gattung *Xenasmatella* hatte OBERWINKLER (1965) vorgeschlagen um pleurobasidiale Sippen ohne Cystiden von *Xenasma* zu unterscheiden. Amyloidsporige *Xenasmatellen* wurden in einer eigenen Untergattung, *Amyloxenasma*, gruppiert. Diese wird mittlerweile als Gattung geführt. Als OBERWINKLER (1977b) auf *Phlebiella vaga* stieß, hat er *Xenasmatella* mit *Phlebiella*

synonymisiert, diese Gattung aber auf die warzigsporigen Arten beschränkt. In molekular begründeten Dendrogrammen repräsentieren die Phlebiellen eine eigene Gruppe.

Phallales, Stinkmorchel-Verwandtschaft (Tafel 9, Abb. 28)

Unter Anmerkungen zur Evolution und Systematik der Basidiomyceten hat OBERWINKLER (1985) auch die Entstehung von gastroiden Sippen (Bauchpilzen) behandelt. Gestielte Phallales wurden in vormolekularer Zeit hinsichtlich zunehmender Differenzierungen ihrer Fruchtkörperhüte und Hymenien interpretiert.

Hymenochaetales, Borstenscheiben, Feuerschwamm- und Schillerporlings-Verwandtschaft (Tafel 8, Abb. 29)

Die Ordnung wurde von OBERWINKLER (1977a), basierend auf mikromorphologischen Merkmalen und dem Pigmentchemismus, vorgeschlagen. Die so definierten Hymenochaetales beinhalten u.a. die Gattungen *Hymenochaete* (Borstenscheibe), *Inonotus* (Schillerporling), *Phellinus* (Feuerschwamm) und *Cyclomyces*. – In der molekularphylogenetischen Ära wurde dieses Konzept so stark erweitert, dass der Umfang der Hymenochaetales nur noch als molekulare Hypothese zu verstehen ist. Einige der neuerdings hierher gestellten Taxa, die von uns bearbeitet wurden, sollen erwähnt werden. – *Sphaerobasidium* wurde als neue Gattung von OBERWINKLER (1965) eingeführt. Sie erscheint auch mikromorphologisch nah verwandt mit *Repetobasidium*. Den damals bekannten Arten hat OBERWINKLER (1965) die neue Art *R. erikssonii* hinzugefügt. Aus Taiwan beschrieben und illustrierten OBERWINKLER & TSCHEN (1989) *R. intermedium*. In molekularen Phylogrammen stehen *Repetobasidium* und *Sphaerobasidium* in den Tubulicrinaceae. – Die damals bekannten *Tubulicrinis*-Arten hat OBERWINKLER (1966) beschrieben und illustriert und die Gattung gegenüber *Tubulicium*, *Dacryobolus sudans* und *Hyphodontia* abgegrenzt. – Aus Taiwan wurde von E. LANGER (in LANGER et al. 1992) *Hyphodontia serpentiiformis* beschrieben. Arten der Gattungen *Hyphoderma*, *Hyphodontia*, *Hypochnicium* und *Schizopora* wurden von LANGER & OBERWINKLER (1993) licht- und transmissionselektronenmikroskopisch untersucht. Sie fanden Doliporen mit kontinuierlichen Parenthesomen bei Arten von *Hyphodontia* und *Schizopora*. Dagegen konnten für *Hyphoderma*- und *Hypochnicium*-Arten Doliporen mit perforierten

Parenthesomen nachgewiesen werden. Die Gattung *Hyphodontia* wurde durch E. LANGER (1994) monographiert. Inklusive *Hyphodontiella*, *Schizopora* und *Echinoporia* hat LANGER 60 Arten untersucht, *Hyphodontia adhaerispora* neu beschrieben und sieben gültig veröffentlichte *Hyphodontia*-Arten und eine *Schizopora*-Spezies nicht akzeptiert. Die charakterisierbaren Merkmale wurden kladistisch ausgewertet und für phylogenetische Hypothesen verwendet, die behandelten Arten wurden geschlüsselt. LANGER et al. (1996) hatten vorgeschlagen, *Hyphodontia* als nomen conservandum gegenüber *Schizopora* und *Xylodon* zu schützen. Molekularphylogenetische Hypothesen zur Phylogenie von *Hyphodontia* und *Schizopora* sowie von verwandten Aphyllophorales wurden von LANGER (1998) entwickelt. *Schizopora* muss in *Hyphodontia* einbezogen werden. Letztere erwies sich als nicht monophyletisch. Aus dem Bayerischen Wald hat E. LANGER (2000) *Schizopora bresinskyi* beschrieben und im Changbai Shan konnten LANGER & DAI (1998) *Hyphodontia syringae* entdecken.

Polyporales, Porlinge und Verwandte (Abb. 30)

Diese Ordnung von GÄUMANN, der in diese Ordnung Sippen mit poroidem Hymenophor (Fruchträgerschicht) stellte, wurde von OBERWINKLER (1977a) wieder aufgegriffen und nach mikromorphologischen Merkmalen charakterisiert. Dementsprechend wurde sie durch Sippen mit corticioiden (*Epithele*) und stereoiden (*Mycobonia*) über polyporoide Vertreter bis zu agaricoiden (*Lentinus*) und gastroiden (*Lentodium*) Sippen erweitert. – SAUTER (1978) hat im Rahmen seiner Dissertation an 12 Polyporaceen, an *Epithele typhae* und an *Lentinus tigrinus* vergleichend morphologische, licht- und rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen durchgeführt und, soweit machbar, die Arten unter Kulturbedingungen studiert. – An *Phlebiopsis gigantea* wurden die genetische Variabilität, die phylogenetische Position und das antagonistische Verhalten gegenüber dem Wurzelschwamm *Heterobasidion annosum*, einem bedeutenden Forstschädling, von FROBÖSE (1998) untersucht. Es konnten molekulare Unterschiede der *Phlebiopsis*-Stämme gefunden werden. Von *Picea abies* isolierte Stämme zeigten für den Einsatz gegen *Heterobasidion* günstigere Eigenschaften als die von *Pinus sylvestris* stammenden Isolate. Die Berechtigung der Gattung *Phlebiopsis* wur-

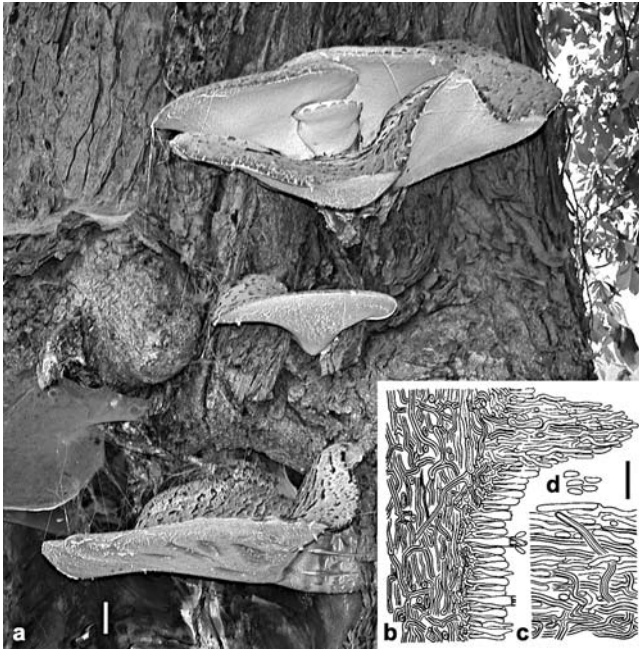


Abbildung 30. Porlinge im engeren Sinn, *Polyphorus* s.str. a) *Polyphorus squamosus* auf *Aesculus hippocastanum*, Schweiz, Zillis, 22.5.2009. Der Schuppige Stielporling befällt lebende Bäume und bildet an ihnen meist mehrere große, seitlich gestielte Fruchtkörper. Die Hutoberseite trägt auffällige, bräunliche Schuppen. Die Pilze im Bild fruktifizierten an einer Rosskastanie über längere Zeit. Basidiosporen haben sich an den Porenrändern angehäuft und in den Spinnennetzen verfangen. Messbalken 1 cm. b), c), d) Wabenporling, *Polyphorus arcularis*, Messbalken 20 µm, nach OBERWINKLER (1977a). b) Durch ihre Mikromorphologie lassen sich Porlinge im engeren Sinn gut definieren. Sie haben zwei bis drei unterschiedliche Hyphentypen und sterile Auswüchse aus dem Hymenium (hyphal pegs). c) Huthaut aus dünn- und dickwandigen Hyphen. d) Basidiosporen sind dünn- und glattwandig sowie hyalin.

de kritisch diskutiert. – Das Mycorrhiza-Helferbakterium *Streptomyces* sp. Ach 505 wurde von LEHR et al. (2007) gegenüber *Heterobasidion* sp. getestet. Die Besiedelung von Fichtenholz wurde durch das Bakterium gehemmt, jedoch nicht beim Isolat *Heterobasidion abietinum* 331. *Heterobasidion*-Stämme, die gegenüber antifungischen Bakterienmetaboliten resistent sind, werden in ihrer Wurzelbesiedelung gefördert. – GIANNETTI et al. (1978), QUACK (1978) und QUACK et al. (1978) haben aus *Merulius tremellosus* (*Phlebia tremellosa*) und *Phlebia radiata* bis dahin unbekannte, antibiotisch wirksame Substanzen, Merulinsäuren A, B, C und Merulidial, isoliert.

Thelephorales, Erdwarzenpilze, Habichtspilz und Verwandte (Tafel 10, Abb. 31)

Die meisten Arten der Thelephorales haben braun pigmentierte, primär höckerige und zusätzlich warzige Sporen. Ferner konnte in allen untersuchten Arten Thelephorsäure nachgewiesen werden. Schließlich gibt es ausreichend Evidenzen dafür, dass alle Pilzarten dieser Ordnung Mycobionten sind, zuallermeist Ektomykorrhizierer. Daher werden Thelephorales-Arten nur in Wäldern oder bei Bäumen gefunden. Bei seinen vergleichend mikromorphologischen

Untersuchungen der Basidiomyceten konnte OBERWINKLER (1977a) die „Série des Phylactéries“ von PATOILLARD, die DONK später Thelephoraceae nannte, nachdrücklich bestätigen. In der Vielfalt habitueler Hymenomycetenstrukturen (corticoid, odontoid, lenzitoid, thelephoroid-clavarioid, hydroid und boletoid), die bei Arten dieser Verwandtschaft vorkommen, fehlte jedoch der agaricoide Typ. – HORAK hatte die Gattung *Verrucospora*, seiner Meinung nach, ungültig publiziert und OBERWINKLER darauf hingewiesen. Zu Ehren des verdienstvollen Agaricologen hatte OBERWINKLER (1974) den neuen Namen *Horakia* für *Inocybe flavofusca*, die damals nur von zwei Aufsammlungen aus dem Kongo und Kamerun bekannt war, vorgeschlagen. Lichtmikroskopisch sind die thelephoroiden Basidiosporen mit ihren Doppelwarzen auf Höckern besonders auffällig (Abb. 46). *Verrucospora flavofusca* taucht nun in molekularen Dendrogrammen zusammen mit *Lepiota cristata* und *Coprinus comatus* bei den Agaricaceae auf (siehe dort), eine Position, die mikromorphologisch nicht zu verstehen ist. – Die von CORNER verwendeten Thelephorales hat OBERWINKLER (1974) nomenklatorisch validiert. – In den tropischen Bergregenwäldern von Südecuador fanden HAUG et al. (2005) Russulaceen und Thelephoraceen als Ektomykorrhizapilze an

Bäumen zweier *Neea*-Arten und einer *Guapira*-Spezies, die zu den Nyctaginaceae gehören. Die Verbreitung und Evolution der Ektomykorrhizen neotropischer Vertreter dieser Familie wurden diskutiert.

Russulales, Täublinge, Milchlinge (Sprödblätler) und Verwandte (Tafel 11, Abb. 32)

Über viele Jahre hat OBERWINKLER die zellulären Baupläne von Basidiomyceten vergleichend untersucht und zeichnerisch dokumentiert. Eine sehr knappe Zusammenfassung und Interpretation seiner Ergebnisse hat er als „Das neue System der Basidiomyceten“ veröffentlicht (OBERWINKLER 1977a). Er hat die „Série des Asterosporées“ von MALENÇON (Russulales im Sinne von KREISEL) aufgegriffen und nach dem Vorkommen ihrer mikroskopischen Leitmerkmale in allen Gattungen der Basidiomyceten überprüft. Die Kombination von amyloidem Sporenornament und Gloecystidialsystem ließ sich in ganz unterschiedlichen Homobasidiomyceten aufdecken. Darunter war u.a. die Blätterpilzgattung *Lentinellus* mit dem verwandten, hydroiden *Auriscalpium*. Auch der polyporoide Tannenparasit *Bondarzewia montana* mit dem gastroiden *Hybogaster* sowie die stereoid-clavarioide *Amylaria himalayensis*, zählen hierzu. Unter den konsolid-hydroiden Pilzen gehören *Gloiodon*-Arten zu den Russulales, unter den clavarioid-hydroiden *Clavicornia* (Becherkoralle), *Creolophus* (Stachelseitling), *Dentipellis*, *Hericum* (Stachelbart) und, molekular nicht bestätigt, *Mucronella* sowie unter den corticioid-stereoiden Sippen Arten der Gattung *Gloeocystidiellum* im weiten Sinne. – Bereits beim Studium unscheinbarer Fruchtkörper corticioider Pilze fand OBERWINKLER (1965) den kaum sichtbaren *Aleurodiscus delicatus* auf Blättern der Cyperaceen *Carex pendula* und *Cladium mariscus*. Wegen seiner stacheligen Probasidien wurde diese Art in eine eigene, neue Gattung, *Acanthobasidium*, gestellt. In molekular begründeten Dendrogrammen clustern Arten dieser Gattung in den Russulales zusammen mit polyphyletischen *Aleurodiscus*- und *Stereum*-Taxa. – Es konnte experimentell gezeigt werden (GÖRKE 2004), dass der auf *Picea abies* häufige Rotfäuleerreger *Stereum sanguinolentum* Fichtensetzlinge nicht über Wurzeln infizieren kann. – Die Zugehörigkeit von *Heterobasidion annosum* zu den Russulales konnte HONOLD (1982) mit mikromorphologischen und ultrastrukturellen Merkmalen nachweisen. – Für ihre Dissertation hat MAIFELD (1998) aus Fichtenstämmen, die von *Heterobasidion annosum* infiziert waren, aber

auch von befallsfreien Bäumen, Endophyten isoliert und deren antagonistische Wirkungen getestet. In *Cordana pauciseptata* fand sie einen Deuteromyceten, der den Wurzelschwamm in vitro deutlich hemmte, dagegen die Fichtensämlinge im Wachstum förderte. – Das mit Borkenkäfern vergesellschaftete *Entomocorticium dendroctoni* wurde von WHITNEY et al. (1987) beschrieben und hinsichtlich der Vergesellschaftung mit *Dendroctonus ponderosae* experimentell untersucht. Offensichtlich verbreiten die Käfer den Pilz, weiden ihn aber auch ab und werden dadurch fertiler. – In tropischen Wäldern Südtaiwans bei Tainan und Kenting haben HAUG et al. (1994) Baummykorrhizen an 60 Gehölzarten untersucht. An Arten der Pinaceen und Fagaceen fanden sie Ektomykorrhizen, darunter *Lactarius* sp. an Wurzeln von *Tsuga chinensis*. – Die Ektomykorrhiza von *Lactarius deterrimus* (Fichten-Reizker) an *Picea abies* haben MÜNZENBERGER et al. (1986) morphologisch und anatomisch charakterisiert. In ihrer Dissertation hat MÜNZENBERGER (1991) die Fichtenreizker- und *Laccaria amethystea*-Ektomykorrhizen mit den Ektendomykorrhizen des Violetten Lacktrichterlings am Erdbeerbaum, *Arbutus unedo*, verglichen. Es wurden auch Stoffwechselleistungen der Interaktionspartner jenen parasitischer Systeme gegenüber gestellt. – Molekulare Analysen zur Verwandtschaft der agaricoiden Russulaceen im Vergleich mit Mykorrhiza- und Fruchtkörpermerkmalen hat EBERHARDT (2000) im Rahmen ihrer Dissertation durchgeführt. Nach den untersuchten Arten erschien *Lactarius* (Milchlinge) monophyletisch und *Russula* (Täublinge) paraphyletisch. Molekular begründete, infragenerische Gruppierungen konnten nur bei *Lactarius* mit Untergattungen gleichgesetzt werden. Neben einer morphologischen Beschreibung haben EBERHARDT et al. (2000) die *Lactarius*-Ektomykorrhizen an *Abies alba* auch molekular charakterisiert. In Bergregenwäldern Südecuadors fanden HAUG et al. (2005) *Russula puiggarii* und *Lactarius* sp. als Ektomykorrhizabildner von *Neea* sp. (Nyctaginaceae). In reliktiären Beständen der endemischen Buche *Fagus grandifolia* var. *mexicana* der Berglagen von Veracruz in Mexiko haben MONTOYA et al. (2010) *Lactarius badiopallenscens* und *L. cinereus* als Ektomykorrhizapartner nachgewiesen.

Atheliales (Tafel 10, Abb. 33)

Die nach molekularphylogenetischen Hypothesen im Stammbaum der Agaricomycotina angeordneten Atheliales können weder durch

morphologische noch durch ökologische Eigenschaften ihrer Arten in dieser Position verstanden werden. – Auf Algen und Flechten parasitierende und mit Algen symbiontische Interaktionen eingehende *Athelia*-Arten hat OBERWINKLER (1970) beschrieben und illustriert. Die von OBERWINKLER (1965) „ad interim“ eingeführte Gattung *Athelopsis* enthält Arten, die zumindest fakultativ lichensiert sein können. – In molekularphylogenetischen Dendrogrammen ist die clavarioide Basidiolichene *Lepidostroma calocerum* in den Atheliales zu finden. Sie bildet einen schuppenförmigen, blattartig differenzierten Thallus aus (OBERWINKLER 1970, 1984, 2001, 2012). – Die zellulären Baupläne von *Fibulomyces mutabilis* und *Leptosporomyces galzinii* hat OBERWINKLER (1977b) lichtmikroskopisch untersucht und illustriert. Diese Arten stehen in molekularen Dendrogrammen in den Atheliales. – Die umfangreiche Beprobung taiwanesischer Baumarten konnte zwei corticioide Ektomykorrhizabildner nachweisen, *Amphinema byssoides* bei *Pinus taiwanensis* und *Tylospora fibrillosa* bei *Picea morrisonicola* (HAUG et al. 1994). – Mykorrhizen von *Tylospora asterophora* und *T. fibrillosa* konnten EBERHARDT et al. (1999) morphologisch und molekular unterscheiden.

Boletales, Röhrlinge, Steinpilz-Verwandtschaft (Abb. 34)

Unter experimentellen Bedingungen im Labor haben KOTTKE & OBERWINKLER (1988a) mit dem Goldröhrling, *Suillus grevillei*, die Ektomykorrhizierung von *Larix decidua* erreichen können. Erstaunlicherweise gelang dies unter den gewählten künstlichen Voraussetzungen und, entgegen dem natürlichen Verhalten des Pilzes, auch mit *Picea abies*. – Ektomykorrhizaprobe von *Paxillus involutus* (Kahler Krempling) aus stark mit Industriestaub kontaminierten Fichtenwäldern wurden von TURNAU et al. (1993a) auf die Elementlokalisierung in den Pilzzellen analysiert. Dies wurde mit Energieverlustspektroskopie transmissions-elektronenmikroskopisch durchgeführt. Es konnte die Anreicherung von Cadmium in Pilzvakuolen nachgewiesen werden. Dieser Befund kann auf eine Detoxifikation von Schwermetallen durch symbiontische Pilze hinweisen. Ektomykorrhizen von *Paxillus involutus* – *Pinus sylvestris* eines stark kontaminierten Waldes wurden von TURNAU et al. (1994a) ultrastrukturell und cytochemisch untersucht. – Das hohe Speichervermögen der Ektomykorrhiza von *Xerocomus badius* (Maronen-Röhrling) mit *Picea abies* für Phosphor- und

Stickstoffverbindungen unter sauren Bodenverhältnissen konnte durch Vitalfluoreszenzfärbung sowie durch Emissions- und Energieverlustspektroskopie (EELS) bestimmt werden (KOTTKE et al. 1998). – Mit *Paxillus involutus* vormykorhizierte, ungedüngte und auf Ackerböden ausgepflanzte Eichen- und Buchensetzlinge erwiesen sich nach dreijähriger Versuchsdauer deutlich vitaler als nicht mykorhizierte, gedüngte oder ungedüngte Vergleichspflanzen (HERRMANN et al. 1992). Inokulierungen von Buchen- und Eichen-Sämlingen im Gewächshaus mit *P. involutus* wurden von HÖNIG (1996) durchgeführt. Nach Auspflanzen der Setzlinge auf Wald- und Ackerflächen wurde der Mykorrhizierungsstatus und sein Einfluss auf das Wachstum der Bäumchen untersucht. Mit molekularbiologischen Methoden wurden zehn *P. invo-*

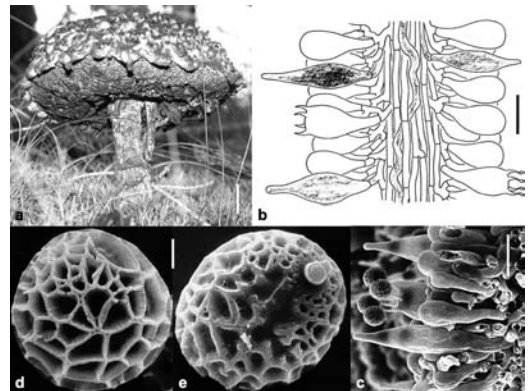


Abbildung 34. Strubbelkopfröhrling *Strobilomyces strobilaceus*. a) Alter Fruchtkörper auf einer Waldwiese, Tübingen 9.10.2002. Die graubraune Färbung und die faserig-wolligen Hutschuppen kennzeichnen die Art habituell. Der Strubbelkopfröhrling ist ein Mykorrhizapilz, der oft mit Fichte oder Buche zusammenlebt. Messbalken 2 cm. b) Längsschnitt durch eine Röhrenwand mit beidseitigen Hymenien, jungen Basidien und plasmatisch dunkel gefärbten Zellen, Cystiden, die über die Hymeniumsoberfläche hinausragen. c) Gefrierbruch einer Röhrenwand und schräger Ansicht des Hymeniums mit jungen und einer Sporen tragenden, reifen Basidie sowie Cystiden. b), c) Messbalken 20 µm. d), e) Basidiosporen mit netzig-wabigem Ornament der Sporenwand. Dieser Sporenbauplan ist für die Boletaceae und die Boletales höchst ungewöhnlich. Am häufigsten kommen bei diesen Pilzen dunkel pigmentierte, spindelige, glatt- und dickwandige Basidiosporen vor. Trotz dieser auffälligen Verschiedenheit gehört *Strobilomyces* nach molekularphylogenetischen Hypothesen zu den Boletaceae. e: Ansicht von der Apiculus-Seite. Der Hilarfleck mit reduziertem Sporenornament ist erkennbar. d), e) Messbalken 20 µm.

lutus-Isolierungen charakterisiert. Bewertungen vormykorrhizierter Bäumchen haben KOTTKE & HÖNIG (1998) vorgenommen. Unterschiedliche *P. involutus*-Stämme wurden von HÖNIG et al. (2000) molekular charakterisiert. – Die Mykorrhizierung der Fichte durch den Erbsenstreuling, *Pisolithus arhizus* (als *P. tinctorius*), in Abhängigkeit von verschiedenen Stickstoffkonzentrationen hat HAUG (1989b) untersucht. – Nach Behandlung mit Cadmiumstaub wurde das Mycel von *P. arhizus*, von TURNAU et al. (1994b) auf die Elementverteilung analysiert. Den Elementgehalt in vakuolären Granula von Ektomykorrhizen von *Pisolithus arhizus* (*P. tinctorius*), *Suillus bovinus* (Kuh-Röhrling) und *Xerocomus badius* haben BÜCKING et al. (1998) mit Emissions- und Energieverlustspektroskopie (EELS) und Energie-dispersiver Röntgenspektroskopie (EDXS) bestimmt. – Eine Hypothese zur möglichen Rolle von Hydrophobingen für die Ektomykorrhizierung durch *Pisolithus arhizus* haben TAGU et al. (1998) entwickelt.

Amylocorticiales (Abb. 35)

Erst jüngst wurden aphyllporale (Nicht-Blätterpilze) und überwiegend amyloidsporige Taxa von den Agaricales als eigene Ordnung, Amylocorticiales, abgetrennt. In dieser Gruppe findet sich auch *Amyloxenasma allantosporum*, eine

pleurobasidiale Art, die von OBERWINKLER (1965) als *Xenasmatella allantosporum*, in der Untergattung *Amyloxenasma*, beschrieben wurde. Als OBERWINKLER (1977b) *Xenasmatella* mit *Phlebiella* synonymisierte (vgl. Trechisporales) hat er letztere Gattung auf warzigsporige Arten begrenzt.

Agaricales, Blätterpilze im engen Sinne (Tafel 12, Abb. 36)

Eine erste molekular begründete Übersicht über die phylogenetischen Positionen von Blätterpilzen und Gasteromyceten (Bauchpilze) haben HIBBETT et al. (1997) erstellt. Es konnte gezeigt werden, dass sowohl agaricoide wie gastroide Taxa mehrfach konvergent entstanden sind. – Durch Auswertung von Kernensequenzen und Merkmalen der Ultrastruktur und Pigmentation von Basidiosporen konnten GARNICA et al. (2007) glaubhaft machen, dass Sippen mit dickwandigen und gefärbten Basidiosporen innerhalb der Agaricales eine abgeleitete Gruppe bilden (Abb. 36). Dies wurde als Anpassung an besondere ökologische Bedingungen gedeutet. – An haploiden und dikaryotischen Hyphen von 90 Blätterpilzarten haben WALTHER et al. (2005) Konidiogenesen studiert. Sie konnten Charakteristika der Anamorphe als brauchbare Merkmale zur Umschreibung monophyletischer Gruppen bestätigen.

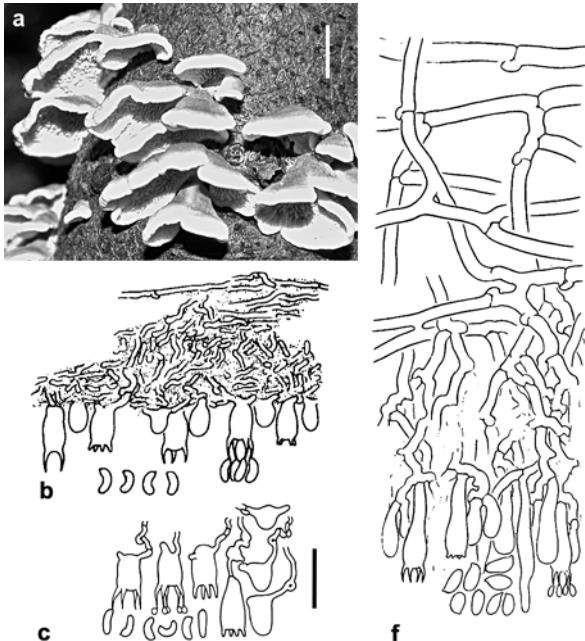


Abbildung 35. Die meisten Arten der Amylocorticiales haben krustige, corticioide Fruchtkörper und besitzen amyloide Basidiosporen. Diese artenarme Ordnung wurde erst 2010 als Monophylum und als Schwestergruppe der Agaricales molekularphylogenetisch begründet. a) Der Aderzählung, *Plicaturopsis crispa*, ist ein häufiger Winterpilz in unseren Laubwäldern. Die Fruchtkörper wachsen gesellig, mit nach unten gerichteten, geotropisch positiven, unregelmäßig faltigen (merulioiden) Hymenien. Tübingen, 14.10.2004. Messbalken 1 cm. b), c) *Amyloxenasma allantosporum*, Messbalken 10 µm. b) Der fruktifizierende Pilz besteht nur aus einer einfachen Basidienschicht in einer gelatinösen Hyphenmatrix (punktiert) und einem dünnen Subhymenium, insgesamt 20-30 µm dick. Schnitt durch den gesamten Fruchtkörper mit Subhymenium, unterschiedlich reifen Basidien und Basidiosporen. c) Abfolge der Basidiontogenie und Basidiosporen, aus OBERWINKLER (1965). Die Art hat typische Pleurobasidien und amyloide Sporen. d) *Ceraceomyces tessulatus*, Schnitt durch den gesamten Fruchtkörper. Messbalken 20 µm. b), d) nach OBERWINKLER (1977b).

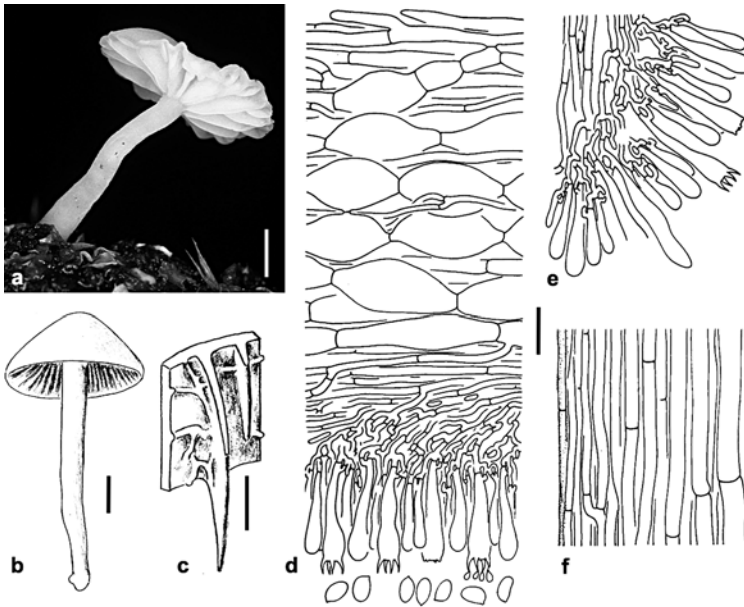


Abbildung 37. Wachsblättler, Schnecklinge und ihre Verwandten, Hygrophoraceae. a) *Lichenomphalia hudsoniana*, Oberjoch, 22.9.1995. Dieser Blätterpilz lebt obligat mit Algen zusammen, ist also eine Basidiomycetenflechte. Die schuppenförmigen Blättchen am Fuß des Stieles sind die Flechten-thalli, in denen Pilz und Alge eine zellulär hochdifferenzierte Lebensgemeinschaft eingegangen sind. Messbalken 0,5 cm. b-f) *Humidicutis marginata* nach OBERWINKLER (1979). b) Fruchtkörper, Messbalken 1 cm. c) Hutausschnitt mit Lamellen-Anschnitten, Messbalken 0,5 mm. d) Schnitt durch den Hut mit Hymenium und Hutdeckschicht. e) Hälfte einer Lamellenschneide, f) Stielhyphen. d-f) Messbalken 20 µm.

Hygrophoraceae, Schnecklinge und Verwandte (Abb. 37)

Diese Lamellenpilze zeichnen sich makroskopisch durch dickliche, entfernte Lamellen aus. Daher werden sie auch als „Dickblättler“ oder „Wachsblättler“ bezeichnet. Studien zur Mikromorphologie veranlassten OBERWINKLER (1979), nahe systematische Beziehungen zwischen einigen aphylophoralen und agaricalen Basidiomyceten (Nichtblätter- und Blätterpilzen) zu postulieren. Als Beispiele benutzte er detaillierte zelluläre Baupläne von *Dictyopanus* und *Panelus* sowie *Holocoryne* und *Humidicutis*. In molekularphylogenetischen Dendrogrammen findet sich das erste Gattungspaar als Monophylum in den Mycenaceae. Für das zweite Beispiel ist uns bisher keine artspezifische molekulare Studie bekannt. Sehr bemerkenswert ist aber, dass *Lentaria albovinacea* und *Hygrophorus chrysoodon* (Goldzahn-Schneckling) nächstverwandte Taxa in einem molekularphylogenetischen Dendrogramm der Agaricales darstellen (GARNICA et al. 2007). – Flechtenbildende Blätterpilze der Gattung *Omphalina* (Nabelinge) haben POELT & OBERWINKLER (1964) erstmals mikromorphologisch untersucht. Sie konnten glaubhaft machen, dass die kugeligen Thalli von *Botrydina* und die schuppenförmigen von *Coriscium* die Flechtenschichten von *Omphalina*-Arten sind. Die von OBER-

WINKLER (1970, 1980, 1984) bearbeiteten sowie von ihm 2001 und 2012 in Übersichtsartikeln behandelten Basidiolichenen *Dictyonema*, *Cora*, *Cyphellostereum* und die lichenisierten *Omphalina*- (*Lichenomphalia*-) Arten, sind nach molekular begründeten Hypothesen Hygrophoraceen. Ihre Flechtenthalli sind bei *Dictyonema*-Arten undifferenziert bis konsolentförmig, bei *Cora* blattartig und bei *Lichenomphalia* kugelig (*Botrydina*) bis schuppig (*Coriscium*). Einmalig und höchst ungewöhnlich ist die zelluläre Interaktion von *Dictyonema*-, *Cora*-, *Cyphellostereum*- und *Acantholichen*-Pilzen mit den Trichomen der *Rhizonema*- (*Scytonema*-) Cyanobakterien. Von Zellen des Hyphenmantels um die Trichome zweigen haustoriale Hyphen ab, die in die *Rhizonema*-Zellen eindringen und im Centroplasma mit abwechselnd eingeschnürten und ausgebuchten Hyphen zentral weiterwachsen (OBERWINKLER 1980, 2012).

Stephanosporaceae (Tafel 13, Abb. 38)

Die verblüffende Übereinstimmung der Mikromorphologie der Basidiosporen von *Lindtneria trachyspora* und *Stephanospora caroticolor* (Möhrenrüffel) sowie ihre orange bis karottenfarbene Pigmentation in gewissen Entwicklungsstadien haben OBERWINKLER & HORAK (1979) bewogen, für diese Arten eine eigene Familie,

Stephanosporaceae, vorzuschlagen. Es wurden dadurch Pilze mit krustig-merulioiden und gasteroid-hypogäischen Fruktifikationen zusammengefasst, ein höchst ungewöhnlicher Vorschlag für die vormolekulare Ära. In molekularphylogenetischen Hypothesen wird die Familie bestätigt und es wird *Athelidium aurantiacum* hinzugefügt. Die Gattung *Athelidium* hat OBERWINKLER (1965) für *Xenasma aurantiacum* eingeführt, weil diese

Art mit *Xenasma* keine mikromorphologischen Charakteristika teilt. Sowohl in der Fruchtkörperpigmentation wie im Hyphenbauplan bestehen aber Übereinstimmungen mit den beiden Stephanosporaceen. Dagegen sind die Sporen von *Athelidium aurantiacum* dünn- und glattwandig und nicht pigmentiert. Dieser Sachverhalt von Übereinstimmungen und Diskrepanzen kann derzeit nicht erklärt werden.

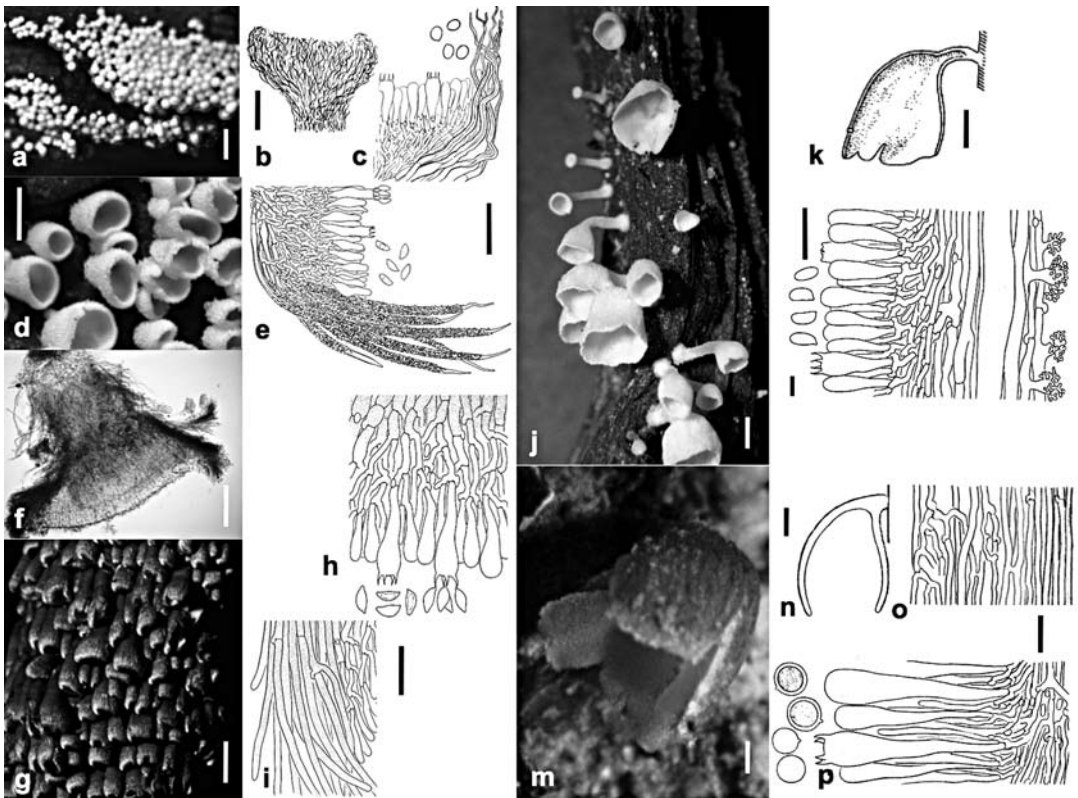


Abbildung 39. Schüsselförmige, cyphelloide Basidiomyceten, die als abgeleitete Blätterpilze gedeutet werden. a)-c) Der im Meerwasser auf Treibholz vorkommende, cyphelloide Basidiomycet *Halocyphina villosa*, Kolumbien, Turbo an der Rio Atrato Mündung, 27.6.1978. a) Fruchtkörper-Kolonie, Messbalken 5 mm. b) Einzelfruchtkörper, Messbalken 0,5 mm. c) Fruchtkörper-Ausschnitt mit Hymenium, Subhymenium, Randhyphen und Basidiosporen, Messbalken 1 mm. d), e) *Flagelloscypha* sp., Oberjoch, 10.9.1985. d) Fruchtkörper-Kolonie, Messbalken 1 mm. e) Fruchtkörper-Ausschnitt mit Hymenium, Subhymenium, Randhyphen und Basidiosporen, Messbalken 20 µm. f) *Lachnella alboviolascens*, Medianschnitt durch den Fruchtkörper, Messbalken 200 µm. g)-i) *Woldmaria crocea* auf dem Straußfarn *Matteucia struthiopteris*, Botan. Garten München, 7.9.1967, g) Fruchtkörper-Kolonie, Messbalken 1 mm. h) Fruchtkörper-Ausschnitt mit Hymenium, Subhymenium und Basidiosporen, Messbalken 20 µm. i) Randhyphen, Messbalken 20 µm. j)-l) *Calyptella capula*, Oberjoch, 2.9.1984. j) Fruchtkörper-Kolonie, Messbalken 1 mm. k) Fruchtkörper-Längsschnitt, Messbalken 1 mm. l) Fruchtkörper-Ausschnitt mit Hymenium, Subhymenium, Hyphen des Hutes und der Hutaufbenseite sowie Basidiosporen, Messbalken 20 µm. m)-p) *Cyphella digitalis*, Oberjoch, auf Weißtanne, *Abies alba*, 21.9.1991. m) Alter Fruchtkörper, Messbalken 1 mm. n) Fruchtkörper-Längsschnitt, Messbalken 1 mm. o) Hyphen des Hutes und der Hutaufbenseite. p) Hymenium, Subhymenium und Basidiosporen. o), p) Messbalken 20 µm.

Lachnellaceae (Abb. 39)

Pilze mit verkehrt becher- bis röhrenförmigen Fruchtkörpern werden cyphelloid genannt. Manche sind den scheibenförmig fruktifizierenden Ascomyceten (Discomyceten) täuschend ähnlich, unterscheiden sich aber meistens von diesen durch ihre geotropisch positiv ausgerichteten Hymenien, die in „verkehrt-becherförmigen Fruchtkörpern“ am Standort erkannt werden können.

Die Verwandtschaftsreihen von *Lachnella-Crinipellis*, *Stigmatolemma-Fistulina* hat AGERER (1978a) behandelt. – Im Verlaufe einer von uns für Studierende der Universität Tübingen auf Teneriffa durchgeführten Exkursion wurden auch Pilze berücksichtigt und gesammelt. AGERER

(1978b) hat die cyphelloiden Arten untersucht. – Die Sektion *Lachnelloscypha* der Gattung *Flagelloscypha* interpretierte AGERER (1979a) als ein Bindeglied zu *Lachnella*. – Typusstudien erwiesen sich als unumgänglich zur Klärung kritischer und unzureichend beschriebener Taxa, wie von *Cyphella peckii* (AGERER 1979b), *Lachnella alboflavida* (AGERER 1979c), *Rectipilus erubescens* (AGERER 1979d) sowie von *Flagelloscypha orthospora*, *F. pseudopanax* und *F. tongariro* (AGERER 1979e). – Die von OBERWINKLER auf der Expedition des New York Botanical Garden 1978 in Kolumbien gesammelten cyphelloiden Basidiomyceten haben AGERER veranlasst, sich intensiv mit neotropischen Arten zu beschäftigen. Er

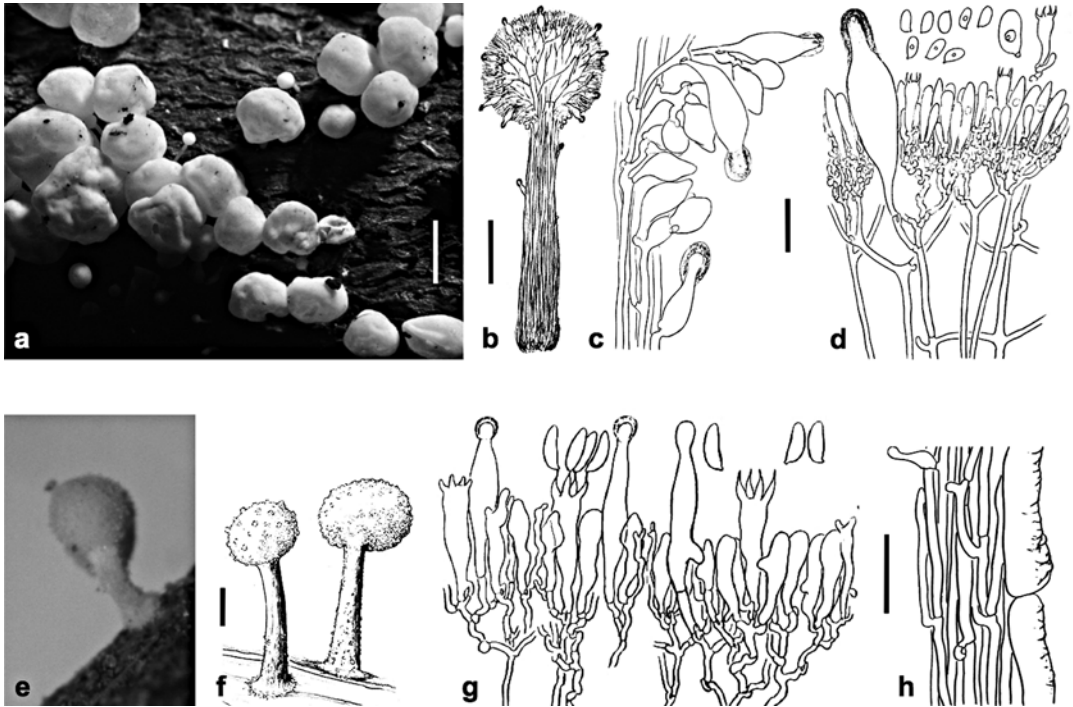


Abbildung 40. Die Hallimasch-Familie, Armillariaceae, wird jetzt Physalacriaceae genannt. Daher sollen hier drei Arten der namensgebenden Gattung illustriert werden. a) *Physalacria inflata*, Mérida, Venezuela, 12.1969. Die Köpfe dieser kleinen, gestielten Pilze vergrößern sich zunehmend, werden hohl und reißen gelegentlich löcherig auf. Die Hymenien befinden sich auf den Außenseiten der terminalen Ballone. Messbalken 1 cm. b)-d) *Physalacria bambusae*, Taiwan, Hui Sun, auf *Phyllostachys* sp., 20.7.1988. b) Schnitt durch einen Fruchtkörper. Das Hymenium überzieht den gesamten Kopf und wird von Cystiden durchsetzt. Diese finden sich auch am Stiel. Messbalken 100 µm. c) Übergang vom Stiel zum Hymenium. d) Ausschnitt aus dem Hymenium mit Basidien, einer Cystide und Basidiosporen, eine doppelt vergrößert. Das Subhymenium erwächst aus einem sehr lockeren Hyphenverband im Inneren des Kopfes. c)-d) Messbalken 20 µm. e)-h) *Physalacria cryptomeriae*, Graz, auf Nadeln der Sichelanne, *Cryptomeria japonica*, mis. J. POELT, 10.1984. e), f) Fruchtkörper auf den Wirtsnadeln, Messbalken 100 µm. g) Ausschnitt aus dem Hymenium mit Basidien, Cystiden und Basidiosporen. h) Ausschnitt aus dem Stiel. g), h) Messbalken 20 µm.

konnte drei neue Arten der Gattung *Flagelloscypha* (AGERER 1980a) und die neuen Gattungen *Deigloria* (AGERER 1980b) und *Cyphellocalathus* (AGERER 1981) beschreiben. Für Paraguay hat AGERER (1982) *Deigloria paraguayensis* nachgewiesen. Studien zur Sippenstruktur der Gattung *Cyphellopsis* haben AGERER et al. (1980) durchgeführt. – Die Gattung *Flagelloscypha* wurde von AGERER (1975) monographiert und eine neue Gattung cyphelloider Pilze, *Cephaloscypha*, vorgeschlagen. – Zu cyphelloiden Pilzen aus den Gattungen *Cyphellopsis*, *Lachnella* und *Halocyphina* sollen nach molekular begründeten Phylogenien auch die marinen Arten *Nia vibrissa* (ein Bauchpilz) und *Digitatispora marina* gehören. Letztere Art wurde wegen der ungewöhnlichen Basidien- und Sporenmorphologie von OBERWINKLER (1982) in einer Arbeit über Meiosporangien der Basidiomyceten berücksichtigt und zellulär illustriert.

Physalacriaceae (Armillariaceae) Familie der Hallimaschpilze und Verwandte (Abb. 40)

Aus *Strobilurus tenacellus* (Kiefernzapfen-Nagelschwamm) haben SCHRAMM et al. (1978) die antifungisch wirkenden Strobilurine A und B isoliert und charakterisiert. Strobilurine haben in der praktischen Anwendung als Fungizide eine beachtliche wirtschaftliche Bedeutung erlangt.

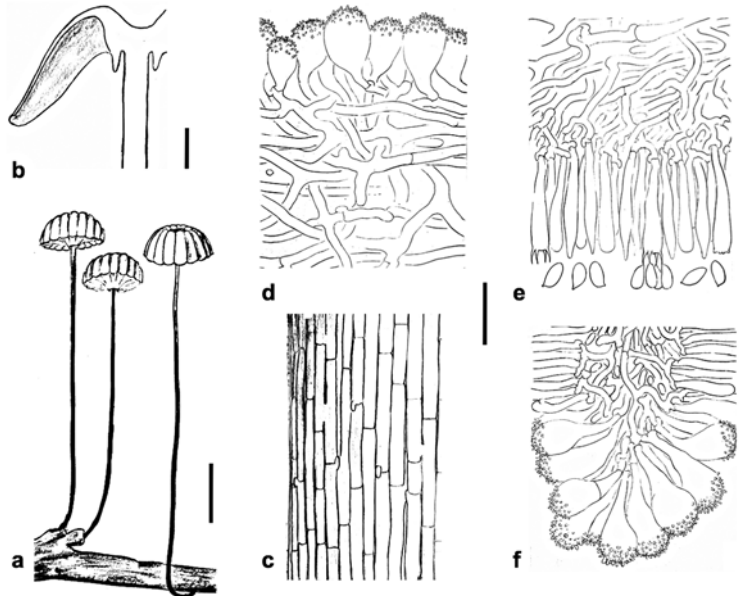
Marasmiaceae, Schwindlinge und Verwandte (Abb. 41)

Den auf Tannen spezialisierten cyphelloiden Pilz *Cyphella digitalis* hat AGERER (1976) dargestellt. Es ist die Typusart der Gattung. *Friesula platensis* wurde von OBERWINKLER (1985) lichtmikroskopisch untersucht. Die gastroiden Basidien können als Anpassung an zeitweise Überflutungen im Mündungsgebiet des Rio de la Plata, wo diese Art vorkommt, verstanden werden. Die kugelzellige Hutoberfläche erinnert an sehr ähnliche Strukturen von *Marasmius*-Arten. Molekular ist die Art bisher nicht untersucht. – Die Gattung *Amyloflagellula* in Westafrika haben AGERER & BOIDIN (1981) behandelt. – Antibiotika aus Arten der Gattungen *Crinipellis* (Zitzen-Haarschwindling), *Flagelloscypha*, *Halocyphina*, *Lachnella*, *Marasmius* (Schwindlinge) und *Pleurotellus* (Zwergseitlinge) hat KUPKA (1979) in ihrer Dissertation bearbeitet. *Halocyphina villosa* wurde von OBERWINKLER 1978 an der Mündung des Rio Atrato in Kolumbien gesammelt. Ein neuartiges Antibiotikum, Crinipellin, wurde von KUPKA et al. (1979) aus *Crinipellis stipitaria* isoliert und charakterisiert.

Amanitaceae, Knollenblätterpilze, Wulstlinge und Verwandte (Tafel 13, Abb. 42)

Markantes Merkmal vieler Arten dieser Blätterpilzfamilie ist das Universalvelum, das häufig in

Abbildung 41. Der Halsband-Schwindling, *Marasmius rotula*, die Typusart der Gattung, Burgwalden 22.8.1970. a) Fruchtkörper, Messbalken 1 cm. b) Schnitt durch eine Huthälfte mit Lamellen- und Stielansatz zur Verdeutlichung der Kragenbildung. Messbalken 1 mm. c) Stielhyphen, Außenseite links. d) Hutausschnitt mit blasigen und bewarzten Endzellen. e) Subhymenium und Hymenium mit unterschiedlich reifen Basidien und Basidiosporen. f) Lamellenschneiden mit Cheilocystiden, die den Huthaut-Endzellen entsprechen. c)-f) Messbalken 20 µm,



Form weißer Flecken auf der Hutoberfläche reifer Fruchtkörper zurückbleibt, so beim wohl bekanntesten Vertreter, dem Fliegenpilz (*Amanita muscaria*).

Die *Amanita*-Arten von Südwestchina hat YANG (1997) monographisch bearbeitet. Unter den 47 beschriebenen, nach makro- und mikroskopischen Merkmalen illustrierten sowie ökologisch charakterisierten Spezies wurden auch neun neue Taxa behandelt: *Amanita atrofusca*, *A. brunneofulginea*, *A. hemibapha* var. *ochracea*, *A. sinensis*, *A. subfrostiana*, *A. subglobosa*, *A. subjunquillea* var. *alba*, *A. tomentosivolva* und *A. verrucosivolva*. Eine erste morphologisch und molekularphylogenetisch begründete Gliederung der Gattung *Amanita*, basierend auf 49 Arten, haben WEISS et al. (1998) vorgelegt. Als monophyletische Sektionen haben sie *Amanita*, *Caesarea*, *Vaginatae*, *Phalloideae* und *Amidella* unterschieden. – Die Fruchtkörperentwicklung von *Amanita muscaria* haben YANG & OBERWINKLER (1999) lichtmikroskopisch untersucht. Sie fanden, dass in jüngsten Stadien das primordiale Velum universale und der Primordialbulbus bereits ausdifferenziert sind. Mit der Entwicklung des Hutprimordiums werden auch die ersten Stadien des Hymenophors angelegt, aus dem sich schließlich die Lamellen ausdifferenzieren. Radial angeordnete, senkrecht stehende, dünne Platten aus degenerierenden Hyphen trennen die benachbarten Lamellen voneinander. Hyphen der Lamellenscheide und der Stielvolva sind miteinander verflochten. Das primordiale Velum universale zerreißt frühzeitig und hinterlässt die Velumreste auf der Hutoberseite, die Manschette entsteht aus der Stielvolva. – *Amanita* wurde von YANG et al. (1999) als eine der Schlüsselgattungen ektomykorrhizierender Pilze dargestellt. Dieser Review enthielt Beiträge zur Morphologie, Phylogenie, Physiologie und Ökologie der Gattung. – Vier neue *Amanita*-Arten, *A. altipes*, *A. parvipantherina*, *A. orientifulva* und *A. liquii*, aus dem östlichen Himalaja und angrenzenden Gebieten, haben YANG et al. (2004) beschrieben und illustriert. – Die frühen Stadien der Ektomykorrhizierung von *Picea abies* durch *Amanita muscaria* haben KOTTKE & OBERWINKLER (1986b) in Reinkulturen untersucht. Sie studierten den Abbau der Wurzelhaubenzellen, die Kontakte der Hyphen zu lebenden Rindenzellen und ihr Einwachsen zwischen ihnen. In den fächerförmig aufgegliederten, nicht septierten, coenocytischen terminalen Hyphen des Hartigschen Netzes konnten zahlreiche Mitochondrien und ein in Richtung des Spitzenwachstums gestrecktes

raues endoplasmatisches Reticulum (rER) nachgewiesen werden (KOTTKE & OBERWINKLER 1987). Dieser Bauplan erscheint für den Nährstofftransport optimiert. Er wurde mit Transferzellen verglichen. Die Bedeutung der Oberflächenvergrößerung des Interaktionsraumes zwischen Pilz- und Wurzelzellen durch das Hartigsche Netz wurde von KOTTKE & OBERWINKLER (1990a) diskutiert, die Entwicklung und die Differenzierungen bis zur Endodermis haben sie (1990b) vergleichend an *Picea abies* und *Larix decidua* studiert. – Auf Mykorrhizen von *Amanita muscaria* – *Picea abies* haben die CO₂-Konzentration und der Stickstoffeintrag einen nachweisbaren Effekt hinsichtlich der C- und N-Speicherung der Hyphen (TURNAU et al. 2001). – In-vitro-Synthesen von *Amanita muscaria*-Ektomykorrhizen waren sowohl mit Wildtypen als auch mit transgenen Pflanzen von *Populus tremula* x *P. tremuloides*, die Gene der Indoessigsäurebiosynthese aus *Agrobacterium tumefaciens* exprimieren, möglich (HAMPP et al. 1996). – Dasselbe experimentelle Modell wurde benutzt, um die Rolle von Aquaporinen bei der Mykorrhizierung zu studieren (MARJANOVIĆ et al. 2005). Vier von sieben im Pappelgenom nachweisbare Aquaporingene wurden hauptsächlich in Wurzeln exprimiert, für drei dieser Gene konnte eine im mykorrhizierten Zustand erhöhte Transkriprate nachgewiesen werden. Dies wurde als eine Verbesserung der Wasserleitungskapazität durch die Mykorrhizierung verstanden. Die Gene der relevanten Proteine der Plasmamembran (PIP2) wurden phylogenetisch interpretiert. Die Funktionsfähigkeit der häufigsten Aquaporine wurde durch Expression in Oocyten von Krallenfröschen (*Xenopus*) demonstriert. Der Ammonium-Importer PtAMT1.2 und seine Rolle bei der Ektomykorrhizierung wurde von SELLE et al. (2005) am gleichen Versuchssystem studiert. Mykorrhizierte Pappelwurzeln zeigten eine erhöhte Ammoniumaufnahme, die durch den Symbiosepartner *A. muscaria* ermöglicht wird. Schließlich wurde durch WILLMANN et al. (2007) nachgewiesen, dass das Ammonium-Importerger AmAMT2 von *A. muscaria* vom endogenen Stickstoffgehalt der Hyphen reguliert wird. Ammonium wird als potentielle Stickstoffquelle angesehen, das in der Symbiose durch die Pilzhypen angeliefert wird.

Mycenaceae, Helmlinge und Verwandte

(Tafel 14, Abb. 43)

Auf die übereinstimmenden zellulären Baupläne, die OBERWINKLER (1979) für *Dictyopanus* und *Panellus* nachgewiesen hatte, wurde bereits hin-

gewiesen (vgl. Hygrophoraceae). Dieses Gattungspaar stellt ein Monophylum der Mycenaceae dar. – In seiner Dissertation hat REXER (1994) 21 Arten der Gattungen *Calyprella*, *Hemimyces*, *Hydropus* und *Mycena* s.l. lichtmikroskopisch untersucht. Die Gattung *Roridomyces* wurde von ihm mit den neuen Arten *R. roridus* und *R. appendiculatus* eingeführt.

Tricholomataceae, Ritterlinge und Verwandte (Tafel 14, Abb. 44)

Die Morphologie von *Collybia tuberosa* (Braunknolliger Sklerotienrübling) hat OBERWINKLER (1979) mit derjenigen von *Typhula phacorrhiza* (Linsen-Fadenkeulchen) verglichen. Die Übereinstimmungen der Mikrostrukturen sind erstaunlich, aber nach molekularen Hypothesen sind die Sippen deutlich getrennt. – Den Entwicklungszyklus des Erregers der *Typhula*-Fäule der Wintergerste, *Typhula incarnata*, hat METZLER (1984) für seine Dissertation licht- und transmissionselektronenmikroskopisch sowie mit Kreuzungs- und Infektionsversuchen studiert. Weiterhin hat METZLER (1986) die Ultrastruktur der Sklerotienentwicklung sowie diejenige der Konidiogenese (METZLER 1988a) und die Funktion der Konidien von *T. incarnata* als Spermatien (METZLER 1988b) analysiert. – Aus der Sektion *Genuina* der Gattung *Tricholoma* hat KOST (1981) 18 Arten vergleichend morphologisch, anatomisch und feinstrukturell untersucht. – Mit einem umfassenden morphologischen Datensatz und ITS Sequenzvergleichen konnten COMANDINI et al. (2004) nachweisen, dass *Tricholoma sulphureum* und *T. bufonium* konspezifisch sind.

Nidulariaceae, Nestpilze

Aus *Cyathus striatus* (Gestreifter Teuerling) haben ANKE et al. (1977) neue Antibiotika, die sie Striatine A, B und C nannten, isoliert und charakterisiert. Sie konnten als sehr wirksam gegen imperfekte Pilze, aber auch gegen Gram-positive und einige Gram-negative Bakterien getestet werden. – Mit Röntgenstrukturanalyse konnten HECHT et al. (1978) zeigen, dass Striatin A ein Cyathin-Skelett besitzt, das dreifach mit Pentose verknüpft ist.

Agaricaceae, Champignon-Verwandtschaft (Abb. 45)

Auf *Verrucospora flavofusca* sind wir unter den Thelephorales eingegangen. Die Art clustert in molekularphylogenetischen Analysen mit *Lepiota cristata* (Stink-Schirmling) und *Coprinus co-*

matus (Schopf-Tintling), die zu den Agaricaceae gestellt werden.

Hydnangiaceae, Heidetrüffel, Lacktrichterlinge und Verwandte

(Tafel 15, Abb. 46)

Experimentell konnten MÜNZENBERGER et al. (1990) zeigen, dass mehrere Phenolverbindungen und Ferulasäure in *Picea abies*-Ektomykorrhizen mit den Mykobionten *Laccaria amethystea* und *Lactarius deterrimus* gebildet werden, nicht aber von den Pilzen selbst. Die regulatorischen Effekte bei der Pilz-Pflanzen-Interaktion konnten in diesem Zusammenhang nicht näher untersucht werden. – Anatomie und Ultrastruktur der arbutoiden Mykorrhiza von *Arbutus unedo* und *Laccaria amethystea* in axenischer Kultur wurden von MÜNZENBERGER et al. (1992) studiert. Sie fanden, dass Rhizodermiszellen und ihre Zellorganelle in mykorrhizierten Wurzeln vergrößert sind. – Die strukturellen Besonderheiten von Ektomykorrhizen haben KOTTKE et al. (1997) hinsichtlich ihrer funktionellen Bedeutungen diskutiert. Dabei wurden auch die *Laccaria amethystea*-Mykorrhizierungen mit *Picea abies* und *Arbutus unedo* berücksichtigt. – Die in nicht mykorrhizierten Feinwurzelzellwänden von *Larix decidua* von MÜNZENBERGER et al. (1995) durch HPLC identifizierten, löslichen Phenole, p-Hydroxybenzoylglucose, p-Hydroxybenzoesäure, Picein, Catechin und Epicatechin konnten in Ektomykorrhizen von *L. amethystea* (Amethystfarbener Lacktrichterling) – *Larix decidua* nur in geringen Quantitäten und in Reinkulturen des Mycels von *L. amethystea* überhaupt nicht nachgewiesen werden. Es wurde geschlossen, dass der Pilzpartner die Phenolbildung in den Wurzelzellen hemmt und dadurch eine zügige Mykorrhizierung erreicht. – Aluminium in Polyphosphaten von *L. amethystea* haben KOTTKE & MARTIN (1994) und in *L. bicolor* (Zweifarbiger Lacktrichterling) MARTIN et al. (1994) mit Elektronenenergieverlust-Spektroskopie nachgewiesen. – An in vitro mit *L. amethystea* mykorrhizierten Fichtensämlingen hat LEONTOVYCOVA (1996) im Rahmen ihrer Dissertation die Lokalisation der Kationenaufnahme durch Elektronenenergieverlust-Analyse in Abhängigkeit von der Wasser- und Sauerstoffverfügbarkeit unterschiedlich aggregierter Böden analysiert (KOTTKE & LEONTOVYCOVA 1996). Die Anheftung von *L. amethystea*-Hyphen an *Picea abies*-Wurzeln und die Durchdringung der Cuticula wurde von KOTTKE (1997) dargestellt. – Die Funktion der Genfamilie der Zuckertransporter

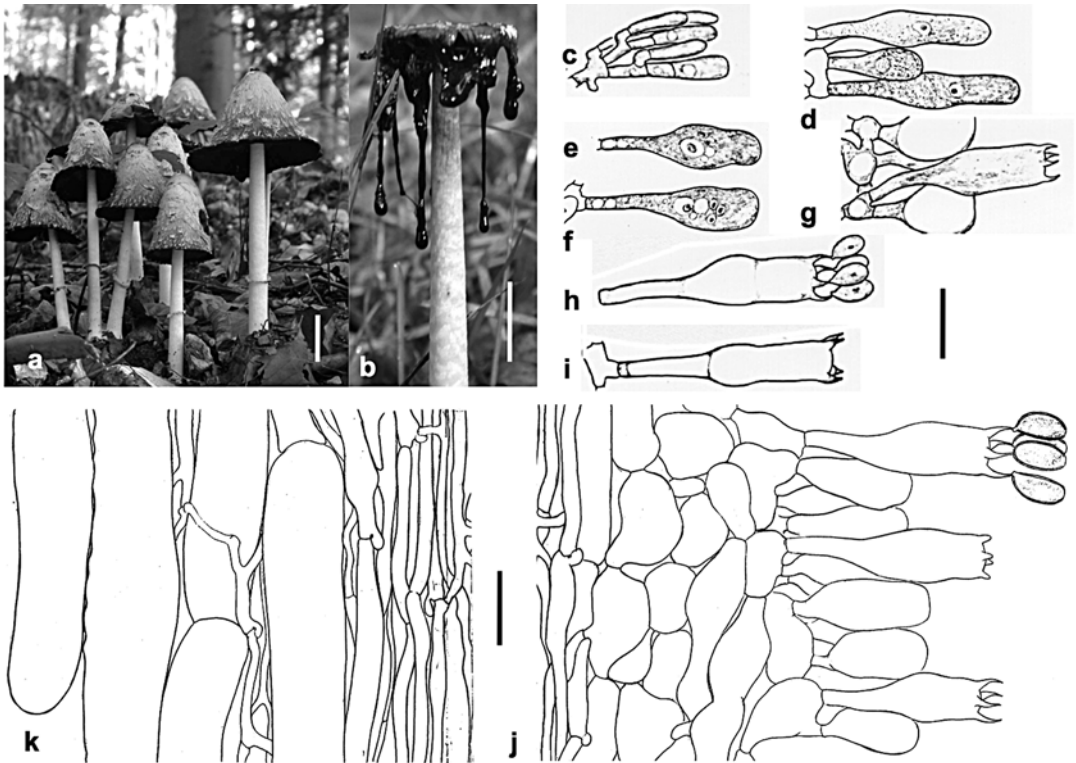


Abbildung 45. Der Schopftintling, *Coprinus comatus*, Bad Reichenhall, 14.10.2004. a) Gruppe alter Fruchtkörper, Messbalken 2 cm. b) Sehr alter Fruchtkörper mit sich selbst auflösendem, autolysierendem Hut und abtropfender Sporenmasse. Messbalken 2 cm. c-h) Kernverhalten während der Basidienentwicklung. Mikroskopie lebender Zellen in Wasserpräparaten, Messbalken 20 µm. c: Basidienanlagen in einem sehr jungen Hymenium. d), e) Junge Basidien mit diploiden Kernen. f) Meiotische Kernteilung vor der Sterigmenbildung. g) Basidie mit Sterigmen, Zellkerne nicht erkennbar. h) Basidie mit nahezu reifen Basidiosporen, jede Spore mit einem haploiden Kern. Das Cytoplasma der Basidie wurde weitgehend in die Sporen gepumpt. i) Alte, absporulierte Basidie. Cytoplasmareste sind in den Sterigmenspitzen hängen geblieben. j) Hymeniumsausschnitt zu Beginn der Sporulation mit unterschiedlich reifen Basidien. An den Basidiosporen sind terminale Keimporen erkennbar. Die Hyphenzellen des Subhymeniums sind stark aufgeblasen. k) Ausschnitt aus der Hutoberseite mit darunter liegenden Hyphen.

in *L. bicolor*-Ektomykorrhizen wurde von FAJARDO LÓPEZ et al. (2008) untersucht.

Cortinariaceae, Schleierlinge und Verwandte (Tafel 15, Abb. 47)

Die Hauptgattung der Cortinariaceae ist der Schleierling, *Cortinarius*. Alle untersuchten Arten der mehr als 2.000 Spezies umfassenden Gattung sind Ektomykorrhiza bildende Lamellenpilze und nächst verwandte secotioide Taxa, also Bauchpilze. Schleierlinge verdanken ihren Namen dem schleierartigem Velum (*Cortina*), das sich mit dem Wachstum des Fruchtkörpers in haarförmige Fasern auflöst.

Aus *Nothofagus*-Wäldern Südchiles haben GARNICA et al. (2002) vier neue *Cortinarius*-Arten beschrieben. *Cortinarius aurantiorufus* und *C. punctatisporus* gehören zur Untergattung *Phlegmacium*, *C. parahumilis* und *C. rubrivelatus* zu Subgenus *Telamonia*. – In einer Kombination von makro- und mikromorphologischen sowie pigmentchemischen Merkmalen und Sequenzen der nukleären rDNA sowie ökologischer Parameter haben GARNICA et al. (2003b) 54 europäische *Cortinarius* der Untergattung *Phlegmacium* untersucht. Die Sektionen *Fulvi* und *Calochroi* stellen Schwestergruppen dar und sind von den übrigen Taxa deutlich getrennt. Ihre Arten bevor-

zugen basische Substrate, während diejenigen der anderen untersuchten Taxa acidophil sind. Auch die Sektionen *Glaucopodes* und *Caerulescentes* stehen sich phylogenetisch nahe. – In einem ebenfalls methodisch integrativen Ansatz haben GARNICA et al. (2003a) 30 südamerikanische *Cortinarius*-Arten der Untergattungen *Telamonia*, *Dermocybe*, *Myxaciium*, *Phlegmacium* und *Cystogenes* bearbeitet. *Telamonia*, zwei *Dermocybe*- und zwei *Phlegmacium*-Gruppen konnten als jeweils enger verwandte Taxa identifiziert werden. – Eine auf 262 Arten erweiterte Analyse (GARNICA et al. 2005), in der die meisten Untergattungen repräsentiert waren, ermöglichte es, eine phylogenetisch begründete Systematik der Riesengattung *Cortinarius* vorzuschlagen, die erheblich von der bisherigen Klassifikation abwich. Es wurden acht Verwandtschaftsgruppen unterschieden, die als Grundlage für weitergehende phylogenetische Analysen zu verstehen sind. So wurden nahezu alle europäischen, nord- und mittelamerikanischen Arten der Sektion *Calochroi* von GARNICA et al. (2009) unter Verwendung von ITS-, 5.8S-, D1/D2- und RPB1-Sequenzen analysiert. Die Autoren konnten zeigen, dass die *Calochroi*-Arten nur in der Nordhemisphäre vorkommen und dass sie erstaunliche Bindungen an ihre Wirtsbäume haben, die sogar zu Arealen über Kontinentgrenzen hinweg führten. – Neue *Cortinarius*-Arten aus Costa Rica, die mit *Quercus* und *Comarostaphylis* vergesellschaftet sind, wurden von AMMIRATI et al. (2007) beschrieben. – Schließlich haben GARNICA et al. (2011) vier *Calochroi*-Spezies mit transozeanisch disjunkten Arealen untersucht. Es zeigte sich, dass *Cortinarius arcuatorum* in der neuen Welt in sympatrische Populationen evolvierte. Dagegen haben zwei sich auseinander entwickelnde *C. elegantior*-Verwandtschaften alt- und neuweltliche Haplotypen hervorgebracht. Die niedrigen Raten genetischer Divergenzen bei *C. aureofulvus* und *C. napus* werden durch jüngere demographische Populationsausweitungen erklärt. Obwohl anzunehmen ist, dass die Ausbreitungsgeschichte der Baumarten von entscheidender Bedeutung für die Arealbildung der Pilze war, können die komplexen Komigrationsvorgänge derzeit nicht verstanden werden.

Crepidotaceae, Stummelfüßchen und Verwandte

Ein winziger, gestielt-kopfiger Basidiomycet wurde von OBERWINKLER & PETERSEN (in OBERWINKLER et al. 1990e) aus der Umgebung der Highlands

Station in North Carolina als *Nanstelocephala physalacrioides* beschrieben. Die mikromorphologischen Merkmale und die feinstrukturellen Differenzierungen der Sporenwand wurden als sehr ähnlich derjenigen von Crepidotaceen angesehen. Es gibt bis jetzt keine molekulare Analyse der Art.

Bolbitiaceae, Mistpilze und Verwandte

Arten der Gattungen *Bolbitius* (Mistpilze) und *Conocybe* (Samthäubchen) haben gewundene konidiogene Hyphen (WALTHER & WEISS 2006). Sie bilden auch molekularphylogenetisch ein Monophylum. *Agrocybe* (Ackerlings)-Arten unterscheiden sich davon morphologisch und molekular. Entsprechend wurden die Bolbitiaceae emendiert.

Strophariaceae, Träuschlinge und Verwandte (Abb. 48)

Die Konidiogenesen von 21 Arten der Gattungen *Hypholoma* (Schwefelköpfe), *Kuehneromyces* (Stockschwämmchen), *Pholiota* (Schüpplinge), *Psilocybe* (Kahlköpfe) und *Stropharia* (Träuschlinge) wurden von WALTHER & WEISS (2008) lichtmikroskopisch vergleichend untersucht. Nach mikromorphologischen Merkmalen konidiogener Hyphen und den Kernzahlen der Konidien ließen sich zwei Gruppen unterscheiden.

Basidiomyceten-Gattungen incertae sedis

Wir haben mehrere Gattungen bearbeitet, die nach heutiger Kenntnis nicht eindeutig höheren Taxa zugeordnet werden können. Darunter befinden sich die pleurobasidialen *Xenasma* und *Xenosperma* sowie *Paulliticium* (OBERWINKLER 1965). Auch die systematische Stellung von *Amauromyces farinaceus* ist ungeklärt (CHEN & OBERWINKLER 2004).

Einen neuen, schnallentragenden Hyphomyzeten, *Cruciger lignatilis*, auf morschem, am Boden liegenden Holz, fanden KIRSCHNER & OBERWINKLER (1999a) im Schönbuch bei Tübingen. Nach den kreuzförmigen Konidien wurde die Gattung *Cruciger* benannt.

Ektomykorrhizen mit Basidiomyceten (Abb. 49)

Zu Beginn unserer Untersuchungen an Ektomykorrhizen war die Identifikation der Pilzpartner äußerst schwierig, in vielen Fällen sogar unmöglich. Trotzdem ließen sich die Mykorrhizen morphologisch gut charakterisieren. AGERER,

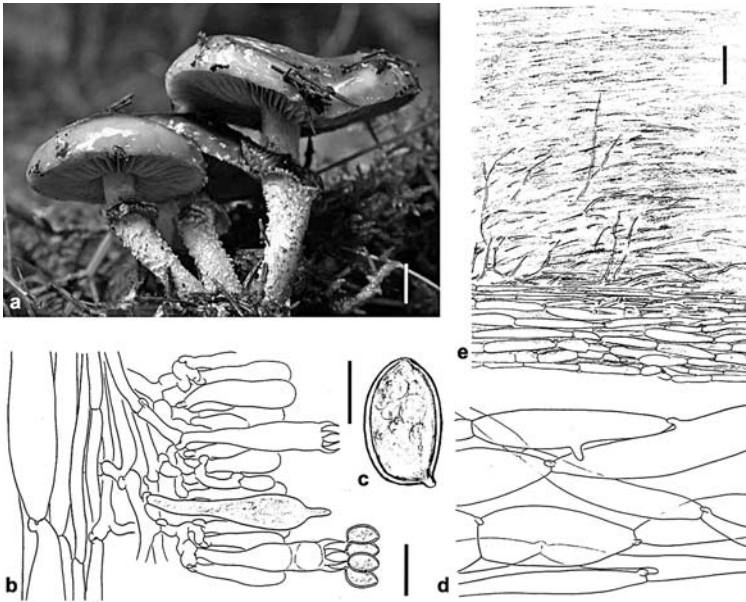


Abbildung 48. a) Der saprob lebende Grünspan-Träuschling, *Stropharia aeruginosa*, ist an seiner unverwechselbar blaugrünen, im Alter vergilbenden Farbe sowie dem schuppigen Stiel und Ring leicht zu erkennen. Er liebt saure Böden, bevorzugt daher Nadelwälder und ältere Holzreste. Wertach, 30.9.2003, Messbalken 1 cm. b) Teil eines Längsschnittes einer Lamelle mit zentralen Hyphen, Subhymenium und Hymenium mit unterschiedlich reifen Basidien und einer Cystide. Messbalken 20 µm. c) Dickwandige Basidiospore mit terminalem Keimporus, Messbalken 5 µm. d) Hyphen aus dem Hutfleisch. Messbalken 20 µm. e) Hyphen der Hutoberseite, die nach außen allmählich verschleimen. Messbalken 50 µm.

der Erstbeteiligte an den Tübinger Mykorrhiza-forschungen, führte später eine binäre Nomenklatur für die Ektomykorrhizen ein, die auch die Baumarten erfassen. – Sozio-ökologische Studien an Pilzen von Fichten- und Eichen-Buchen-Hainbuchen-Wäldern im Naturpark Schönbusch haben AGERER & KOTTKE (1981) durchgeführt. Sie haben versucht, die Fruchtkörper-Biomassen als relative Produktivitäten unterschiedlicher Standorte zu erfassen. – Die Bedeutung der Ektomykorrhiza in älteren Laub- und Nadelwaldbeständen des südwestdeutschen Keuperberglandes haben KOTTKE & AGERER (1981, 1983) diskutiert. Die Wurzelentwicklung und das Wachstum der Fichte auf unterschiedlichen Böden und künstlichen Substraten hat KOTTKE (1986b) dargestellt. Eine Quantifizierung des Pilzmyzels im Waldboden haben KUNZWEILER & KOTTKE (1986) vorgenommen. – Morphologie und Funktion der Ektomykorrhizen von Waldbäumen haben KOTTKE & OBERWINKLER (1986a) in einem Reviewartikel dargestellt. – Differenzierungen in Wurzelspitzen, Meristemen und Mykorrhizen von Feinstwurzeln gesunder und kranker Fichten wurden von KOTTKE et al. (1986) vergleichend untersucht. – HAUG et al. (1986) und HAUG (1987) haben 25 Mykorrhizaformen der Fichte aus dem Schwarzwald makroskopisch, lichtmikroskopisch und ultrastrukturell charakterisiert. Die Dominanz der Basidiomyceten konnte belegt werden. In 0-30 cm Bodentiefe

fand sich die größte Mykorrhizaformenvielfalt. Die Strukturen des Hartigschen Netzes wurden in dieser Arbeit intensiv untersucht. Zehn nach morphologischen und feinstrukturellen Merkmalen gut unterscheidbare *Picea abies*-Ektomykorrhizen haben HAUG & OBERWINKLER (1987) dargestellt und geschlüsselt. Unter ihnen konnten erstmals zwei gefunden werden, deren Doliporen kontinuierliche Parenthesomen besaßen, sodass sie nach damaliger Systematik den Heterobasidiomyceten zuzuordnen waren. – Künstlich gezogene Mykorrhizen hat KOTTKE (1986a) mit Formen vom Naturstandort verglichen und dabei auch die „safran-gelbe Mykorrhiza“ behandelt. Für *Larix decidua*, *Picea abies* und *Pinus sylvestris* haben KOTTKE et al. (1987) eine Methode zur in-vitro-Mykorrhizierung unter sterilen Bedingungen in Petrischalenkulturen mit *Amanita muscaria* (Fliegenpilz), *Piloderma croceum*, *Pisolithus ahrius* (*P. tinctorius*, Erbsenstreuung) und *Suillus grevillei* (Goldröhrling) beschrieben. – An *Pinus sylvestris* wurde die in-vitro-Mykorrhizierung in Abhängigkeit von pH-Werten experimentell durch METZLER & OBERWINKLER (1987) ermittelt und deren Bioindikation dargestellt (METZLER & OBERWINKLER 1989). – Über intrazelluläre pilzliche Infektionen an Ektomykorrhizen geschädigter Fichten haben HAUG et al. (1988) berichtet. Die interzelluläre Besiedelung der meristematischen Region von Fichtenwurzeln durch den Mykorrhizapilz der „Piceirhiza gelatino-

sa' hat HAUG (1989a) untersucht. – Die Anatomie von Feinstwurzelsystemen und ihrer Mykorrhizen nach Trockenstress und Düngemaßnahmen haben KOTTKE & OBERWINKLER (1988b) analysiert. – Für seine Dissertation hat BLASIUS (1989) die zellulären Strukturen und die Dynamik von Ektomykorrhizen der Fichte studiert. Aus diesen Untersuchungen resultierten mehrere einschlägige Publikationen (BLASIUS et al. 1986, 1989, BLASIUS & OBERWINKLER 1989). – Bei diesen Studien wurden auch Bewertungen der Güte von Fichtenwurzeln in geschädigten Beständen durchgeführt (BLASIUS et al. 1985). – Von FEIL et al. (1988) und FEIL (1989) wurden die Reaktionen der Mykorrhizen von *Picea abies* auf natürlichen und experimentellen Trockenstress untersucht. Die Freilandstudien wurden im Ulmer Universitätswald durchgeführt, für die Gewächshausexperimente wurden Originalböden verwendet. Durch Trockenperioden kann die Seitenwurzelbildung erhöht werden und selbst nach extremer Trockenheit sind Mykorrhizen zu erneutem Wachstum befähigt. Allerdings führt die Schädigung von Meristemen zum Absterben der Mykorrhizen. – Um die Vitalität der Mykorrhizen unterschiedlich geschädigter Koniferenbestände mit Fichte und Tanne im Schwarzwald zu bestimmen, haben RITTER et al. (1986, 1989a, b) und RITTER (1990) fluoreszenzmikroskopische Untersuchungen mit FDA-Vitalfluorochromierung durchgeführt. Die Mykorrhizaentwicklung in solchen Wäldern haben RITTER et al. (1989c) in einem Übersichtsartikel besprochen. – Tuberkeln von Ektomykorrhizen der taiwanesischen Fagaceen *Castanopsis borneensis* und der Juglandacee *Engelhardtia roxburghiana* wurden von HAUG et al. (1991) untersucht. In diesen Anschwellungen wurden Hyphen in abgestorbenen Pflanzengewebe gefunden, die bis zu den Gefäßbündeln vorgedrungen waren. – Die Möglichkeiten der subzellulären Elementlokalisierung in Mykorrhizen mit Hilfe der Elektronenenergieverlust-Spektroskopie hat KOTTKE (1991) dargestellt. – Den Einfluss der Düngung mit Kalksalpeter und Silvital auf ektomykorrhizierende Arten der Cantharellales, Russulales, Boletales und Agaricales in den Versuchsflächen Pfalzgrafenweiler und Hirschkopf der Forstlichen Versuchsanstalt Baden-Württemberg im Schwarzwald hat C. MÜLLER (1991) in seiner Dissertation untersucht. Umgekehrt wurde auch die gesteigerte Stickstoffversorgung der Waldböden bei Zersetzung der Pilzfruchtkörper kalkuliert. – Morphologie, mikroskopische und ultrastrukturelle Merkmale der Fichten-Ektomykorrhizen im Schwarzwald haben

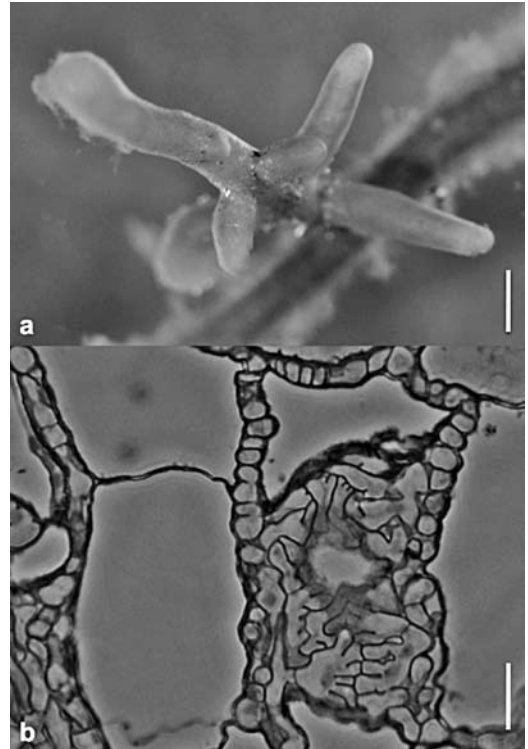


Abbildung 49. Ektomykorrhiza des Fichtenreizkers, *Lactarius deterrimus*, an Fichtenwurzeln, *Picea abies*. a) Fichtenfeinstwurzeln vom Fichten-Reizker ummantelt. Messbalken 1 mm. b) Schnitt durch den Wurzelrindenbereich mit Hyphen, die das Hartigsche Netz bilden. An der tangentialen Schnittstelle sind die fingerförmig aufgefächerten Hyphen deutlich zu erkennen. Messbalken 5 µm.

HAUG & PRITSCH (1992) in einem Atlas zusammengestellt. – Über die Auswirkungen von Düngung auf Feinwurzeln und Mykorrhizen im Kulturversuch und im Freiland haben HAUG et al. (1992) in einer umfangreichen Dokumentation berichtet. Aufnahme und Filterung von Kationen durch Ektomykorrhizen hat KOTTKE (1992) dargestellt. KOTTKE & OBERWINKLER (1992) haben die Vitalität von Baummykorrhizen auf sauren Böden untersucht. – Anwendungsmöglichkeiten und Grenzen der Elektronenenergieverlust-Spektroskopie (EELS) zur Lokalisation und Identifikation von Elementen in Mykorrhizen hat KOTTKE (1994) dargestellt. – Der Hyphenmantel von Ektomykorrhizen als Ort des Transportes und der Speicherung gelöster Stoffe wurde von KOTTKE et al. (1995b) beschrieben. – Die Ektomykorrhizen von *Rhizo-*

pogon roseolus an *Pinus sylvestris* von Galmei-Abraumhalden wurden von TURNAU et al. (1996) mittels EELS auf potentiell toxische Elemente untersucht. Ergänzend wurden cytochemische Tests durchgeführt. Eine Anreicherung von Cd und Al wurde im Hyphenmantel gefunden. Entlang des Hartigschen Netzes nahmen die Elementkonzentrationen zum Wurzelinneren hin ab. Dies wurde als Filtereffekt gedeutet. – Den Einfluss von Elicitoren, Hormonen, Lectinen und Nährstoffgradienten auf die benötigten Signale zur Bildung und zum Erhalt der Ektomykorrhiza haben SALZER et al. (1997) untersucht. – Die Stickstoffdeposition in den Mykorrhizen der Fichte im Schwarzwald wurde von BECKMANN et al. (1998) analysiert. Dies war ein Beitrag in einem Verbundprojekt, das die Auswirkungen von atmosphärischen Einträgen auf den Wasser- und Stoffhaushalt von Fichtenwäldern untersuchte. – Strukturen und Wirkungsgefüge von Ektomykorrhizen wurden von KOTTKE (1999, 2004) dargestellt. – Den Nachweis der Einwirkungen von Schwermetallen auf Mykorrhizen haben TURNAU & KOTTKE (2005) beschrieben. – Die Ektomykorrhizagesellschaften von *Salix*-Arten auf früheren Erzabbaustandorten haben HRYNKIEWICZ et al. (2008) untersucht.

Ascomycota, Schlauchpilze und ihre asexuellen Stadien (Tafel 16, Abb. 50)

Saprobe Arten

Beim Sammeln unscheinbar corticioider Pilze ist OBERWINKLER auf der Innenseite alter Borken von *Pinus sylvestris* schon 1962 auf *Ascocorticium*

anomalum gestoßen. Da die Art damals als selten galt und sogar vermutet wurde, dass sie ein Bindeglied zwischen Asco- und Basidiomyceten darstellen könnte, erschien uns (OBERWINKLER et al. 1967) eine genaue mikromorphologische Analyse angezeigt. Diese wurde durch erfolgreiche Kultivierungsversuche ergänzt. Wir haben *Ascocorticium* zu den Helotiales gestellt. Eine Verbindung zu Basidiomyceten konnte ausgeschlossen werden. – Aufsammlungen saprober Hyphomyceten zwischen 1998-2000 aus der Umgebung von Taipei und den Hochgebirgslagen erbrachten zehn Neunachweise von Deuteromyceten für Taiwan (KIRSCHNER et al. 2001c): *Actinocladium rhodosporum*, *Chromelosporium ochraceum*, *Conoplea novae-zelandiae*, *Dictyochaeta subfuscispora*, *Exochalara longissima*, *Gyothrix pediculata*, *Hyalosynnema multiseptatum*, *Kumanasamuha sundara*, *Spadicoides obovata* und *Stachycoremium parvulum*.

Mykoparasiten (Abb. 51)

Den Mykoparasitismus von drei *Diplococcium*-Arten haben KIRSCHNER & OBERWINKLER (2001) licht- und transmissionselektronenmikroskopisch studiert. *Diplococcium clarkii* und *D. clavarium*, die Basidiomyceten parasitieren, haben Appressorien, die Fortsätze in die Wirtszellwände ausbilden. Darauf reagiert der Wirt mit sekundären Zellwandauflagerungen. Hyphen von *Diplococcium parvum* wurden vermutlich von *Tulasnella*-Hyphen umwunden und von *Diplococcium* parasitiert. Diese Interaktion konnte jedoch nicht in Reinkultur studiert werden.

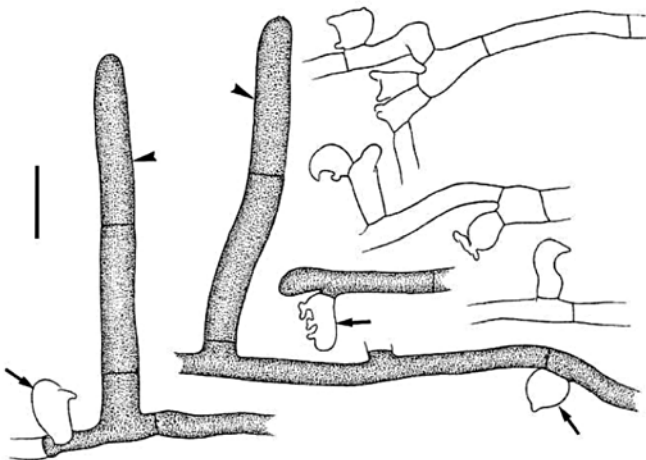


Abbildung 51. Der Mykoparasit *Diplococcium clavarium*, aus KIRSCHNER & OBERWINKLER (2001). Pfeile verweisen auf Appressorien, Pfeilköpfe auf Konidienträger. Messbalken 10 µm, Zeichnung R. KIRSCHNER.

Pflanzenparasiten

In einer vergleichenden Sequenzanalyse von Teilbereichen der 18S und 28S ribosomalen RNAs bei niederen Eukaryonten hat UNSELD (1988) in seiner Dissertation auch *Taphrina deformans* und *T. vestergrenii* berücksichtigt. Er konnte zeigen, dass sich die verwendeten Teilsequenzen für eine Interpretation der Phylogenie der untersuchten Taphrinen und folgender Taxa eignen: *Schizosaccharomyces pombe*, *Septobasidium carestianum*, *Gymnosporangium clavariiforme*, *Rhodospidium toruloides*, *Ustilago hordei*, *Exobasidium vaccinii* und *Lycoperdon pyriforme*. Bemerkenswert war, dass sich anhand dieser Sequenzen die Rotalge *Porphyridium cruentum* nicht von der Grünalge *Chlorella vulgaris* und dem Reis, *Oryza sativa*, abgrenzen ließ. – Licht- und transmissionselektronenmikroskopisch konnten NAGLER et al. (1989) nachweisen, dass in den Sporen und Keimhyphen von *Schroeteria delastrina* und *S. poeltii* keine Karyogamie und keine Meiose erfolgen. Ferner konnten sie zeigen, dass an den Septenporen Woroninkörper vorhanden sind und dass die Spindelpolkörper vom Ascomycetenbauplan sind. Damit musste *Schroeteria* von den Basidiomyceten zu den Ascomyceten transferiert werden. – Die in Taiwan auf einer Süßgrasart der Gattung *Microstegium* vorkommende, phytopathogene *Ovularia pollinae* haben KIRSCHNER et al. (2002) licht- und transmissionselektronenmikroskopisch untersucht. Merkmale der Wirtsinteraktion, der Ontogenie und der Konidien wurden mit denjenigen von *Beniowskia sphaeroidea*, *Ramularia* und *Ramulariopsis* verglichen. Für den Grasparasiten haben die Autoren die neue Gattung *Pleurovularia* vorgeschlagen. – Die höchst komplizierte, zelluläre Interaktion zwischen dem Blattparasiten *Cymadothea trifolii* und *Trifolium repens* wurde von SIMON et al. (2004) transmissionselektronenmikroskopisch analysiert. Zur Fixierung wurden die Proben hochdruckgefroren und gefriersubstituiert. Dies ergab eine optimale Erhaltung subzellulärer Strukturen. Der in den Pilzzellen aufgebaute Interaktionsapparat besteht aus langgestreckten, miteinander vernetzten Zisternen, die insgesamt von einer Membran eingehüllt werden, die mit der Zytoplasmamembran verbunden ist. Dieser Struktur gegenüber liegt eine Kleezelle, deren Plasmalemma invaginiert, sodass eine Blase entsteht. Diese Blase ist mit dem pilzlichen Interaktionsapparat tubulär verbunden, wodurch eine Verbindung zwischen Pilz- und Pflanzenzelle entsteht, die haustoriale Eigenschaften besitzt und einen Nährstofftransport

ermöglicht. Immunocytochemisch konnte in der Tubuswand Cellulose und Xyloglucan nachgewiesen werden, dagegen nicht Rhamnogalacturonan I und Homogalacturonane (SIMON et al. 2005a). Im Interaktionsapparat waren Chitin, β -1,3-Glucane und eine pilzliche Polygalacturonase nachweisbar. Es wurde angenommen, dass der Kleeparasit in der Wirtszellwand lokal Pektine abbaut, jedoch nicht Cellulose und Xyloglucan. Anhand elektronenmikroskopischer Befunde konnte der vegetative Entwicklungsgang inklusive der Konidiogenese von *Cymadothea trifolii* rekonstruiert werden (SIMON et al. 2005b). – In Yunnan fanden HOU et al. (2004) einen rhythmatalen Pilz auf *Rhododendron lutescens*, den sie als neue Art und neue Gattung, *Nematococcomyces rhododendri*, vorschlugen. Die Fruchtkörper erinnern an *Coccomyces*, dagegen haben die elliptischen Sporen fädige, hyaline Anhängsel. Die Gattung wurde auch gegenüber *Hypoderma*, *Hypodermella*, *Myriophacidium*, *Ploidoderma*, *Neococcomyces* und *Therrya* abgegrenzt. – Die intragenomische Variation pilzlicher ribosomaler Gene wurde von SIMON & WEISS (2008) an den vier Ascomyceten *Davidiella tassiana*, *Mycosphaerella punctiformis*, *Phoma exigua* und *Teratosphaeria microspora* untersucht. Sie fanden einen unerwartet hohen Nucleotidpolymorphismus, der daraufhin deutet, dass auch an diesen Loci nicht nur konzertierte Evolution abläuft. – Die zelluläre Interaktion der necrotrophen *Mycosphaerella podagrariae* auf ihrem Wirt *Aegopodium podagraria* wurde von SIMON et al. (2009) ultrastrukturell untersucht. Am Interaktionsort fanden sich elektronendichte Auflagerungen auf die Zellwände des Wirtes und des Parasiten. Herkunft, Bestandteile und Funktion der Verdickungssubstanz blieben unklar. Molekularphylogenetisch konnte bestätigt werden, dass der Parasit zur Gattung *Mycosphaerella* gehört.

Humanpathogene Arten

Sequenzdaten der kleinen Untereinheit der ribosomalen DNA zeigten, dass *Paracoccidioides brasiliensis* nahe mit *Blastomyces dermatitidis* verwandt ist (BIALEK et al. 2000). Die Fortschritte bei molekularen Diagnosen von *B. dermatitidis* und *Coccidioides* spp., den Erregern der Blastomykose und Coccidiomykose wurden von BIALEK et al. (2005) referiert.

Borkenkäferpilze

Da die Borkenkäfer Holz nicht verwerten können, sind sie auf Pilze angewiesen, die in den Bohrgängen mit ihnen zusammenleben. Zu

diesen Pilzen gehört die bisher übersehene Art *Ophiostoma neglectum*, die von KIRSCHNER & OBERWINKLER (1999b) isoliert, beschrieben und illustriert wurde. Die Art besitzt unseptierte, pigmentierte und konvergent ausgerichtete Ostiolarhyphen, eingehüllte, hutförmige Sporen und eine *Hyalorhinocladia*-Nebenfruchtform. – Aus der Pfalz haben GEBHARDT et al. (2002) von dem Ambrosiakäfer *Xyleborus dryographus* die bis dahin unbekannte Art *Ophiostoma verrucosum* nachgewiesen. Sie zeichnet sich durch dick beschichtete Ascosporen und basal ornamentierte Perithezien aus. Die scolytinen Ambrosiakäfer *Xyleborus monographus* und *X. dryographus* besitzen orale Mycetangien, in denen Ambrosiapilze leben. Diese wurden von GEBHARDT et al. (2004) untersucht. Als dominant konnten sie *Raffaelea montetyi* nachweisen, eine Art, die bis dahin als nur mit *Platypus cylindrus* vergesellschaftet bekannt war. Der Pilz konnte molekularphylogenetisch den Ophiostomatales zugeordnet werden. Dies wird durch eine gleich verlaufende Konidiogenese der jeweiligen Taxa bekräftigt (GEBHARDT & OBERWINKLER 2005). – Aus Taiwan konnten GEBHARDT et al. (2005) die neue Pilzart und Gattung *Dryadomyces amasae* beschreiben, die an den Ambrosiakäfer *Amasa concitatus* gebunden ist. Auch dieser Pilz wird in oralen Mycetangien gehalten. Molekularphylogenetisch ließ sich zeigen, dass *Dryadomyces* zusammen mit *Ambrosiella*-Arten zu den Ophiostomatales gehört. – Von 23 Borkenkäfern auf Koniferen im Odenwald und einem ihrer Bohrgänge haben KIRSCHNER & OBERWINKLER (1998) eine unbekannte *Phialocephala*-Art mit dreieckigen Sporen isoliert und als *P. trigonospora* beschrieben. – In Bohrgängen von Borkenkäfern an Fichten und Waldkiefern fanden KIRSCHNER & OBERWINKLER (1999c) einen Hyphomyceten, den sie auch von Borkenkäfern isolieren konnten. Aus taxonomischen Gründen musste für das schon von BRESADOLA beschriebene *Diplocadium gregarium* eine neue Gattung eingeführt werden, die wir *Cylindrocarponostylus* nannten. Die Gattung kann von *Cylindrocarpon* durch den langgestielten Konidienträger und die kopfig zusammengelagerten Konidien unterschieden werden.

Hefen in Termiten

Aus 39 Hefeisolaten von Termiten konnten PRILLINGER et al. (1996) neben einem *Sporothrix*-Anamorph elf Arten der Endomycetales identifizieren. Es wurde auch eine Basidiomyceten-Hefe

mit *Trichosporon*-Eigenschaften gefunden. Diese Hefen wurden als Symbionten im Enddarm der Termiten gedeutet.

Ektomykorrhizabildner

An den Feinwurzeln von *Picea abies* konnten BUSCOT & KOTTKE (1990) Ektomykorrhizen von *Morchella rotunda* ultrastrukturell nachweisen. – Mykorrhizen von *Cenococcum graniforme* und drei weiteren, nicht identifizierbaren Ascomyceten, die an Tannensetzlingen in Topfkulturen dominierten, wurden von BERNDT et al. (1990) analysiert und diskutiert. Feinstrukturuntersuchungen an Septenporen (BERNDT & OBERWINKLER 1992) gaben Hinweise darauf, dass die Pilzpartner dieser Ascomyceten zu den Pezizales oder Tuberales gehören. – Unterschiedliche Entwicklungsstadien der Woroninkörper von *Disciotis venosa* (Aderiger Morchelbecherling) und *Sarcosphaera crassa* (Kronenbecherling) wurden von TURNAU et al. (1993b) transmissionselektronenmikroskopisch mit Hilfe der Energieverlust-Spektroskopie untersucht, um Elementgehalte, besonders von N, S, P und Ca, zu bestimmen. Die Interpretation der Ergebnisse war durch die chemische Fixierung des Untersuchungsmaterials erheblich erschwert. Die Stickstoffspeicherung in vakuolären Granula von *Cenococcum geophilum* haben KOTTKE et al. (1995a) beschrieben. – In Baumschulen gewachsene Ektomykorrhizen von *Tuber uncinatum* (Burgunder-Trüffel) und *T. melanosporum* (Perigord-Trüffel) an *Corylus avellana* und *Quercus robur* wurden von PARGNEY & KOTTKE (1994) mit analytischer Transmissionselektronenmikroskopie auf die Ca-Verteilung hin analysiert. Mit Alterung der Hyphen ging eine Ca Reduktion einher. – Die Wurzeln von elf epiphytischen Farnarten der Gattungen *Elaphoglossum*, *Hymenophyllum*, *Grammitis* und *Lellingeria* aus Costa Rica wurden von SCHMID et al. (1995) licht- und transmissionselektronenmikroskopisch untersucht. Sie fanden an allen Beispielen einen Ascomyceten, der über Wurzelhaare eindringt und Hyphenknäuel in zytoplasmatischen Epidermiszellen und äußeren Rindenzellen bildet. Lebende Pilze konnten auch in degenerierten Wirtszellen gefunden werden. Diese Interaktionen zeigen Ähnlichkeiten mit ericoiden Mykorrhizen. – Die Mäander-Wüstentrüffel *Terfezia terfezioides* wurde von KOVÁCS et al. (2002) hinsichtlich ihrer genetischen Variabilität und ihres Mykorrhizierungspotentials untersucht. An 19 Fruchtkörpern konnten keine Abänderungen der ITS-Sequenzen festgestellt werden.

Von den am Standort gefundenen Samenpflanzen erwies sich nur *Helianthemum ovatum* als Ektomykorrhizapartner. Unter experimentellen Bedingungen konnte die Pilzbesiedelung abgestorbener Wurzelzellen von *Robinia pseudoacacia* nachgewiesen werden (KOVÁCS et al. 2003b). Bei *Helianthemum ovatum* waren Ansätze eines Hartigschen Netzes erkennbar. – Durch morphologische Untersuchungen an Kulturen und durch Sequenzvergleiche der 28S rDNA konnten E. WEBER et al. (2002) Arten der Anamorphgattung *Lecythophora* der Teleomorphgattung *Coniochaeta* zuordnen.

Hefen

Aus Böden der Rhizosphäre von Mangobäumen, *Mangifera indica*, die OBERWINKLER in Florida sammelte, konnten SPAAJ et al. (1990) eine bislang unbekannte Ascomycetenhefe der Candidaceae isolieren, die sie *Myxozyma udenii* nannten. Aus Costa Rica konnten SPAAJ et al. (1992a) *Myxozyma neotropica*, vom Holzmehl der Holzwespe *Sirex juvencus* (SPAIAJ et al. 1992b) *M. sirexii*, von *Ips typographus* f. *japonicus*, dem Japanischen Buchdrucker, *M. nipponensis* (SPAIAJ et al. 1993b) und aus den Blüten von *Protea repens*, der ersten Protea, die in Kultur zu Blüte gebracht werden konnte, *M. vanderwaltii* (SPAIAJ et al. 1993a) isolieren und beschreiben. – Aus der Rhizosphäre der Fichte haben WEBER et al. (1992) die neue Hefeart *Kluyveromyces piceae* gewonnen.

Pilze des Bodens und des Wurzelraumes

Von brasilianischen Böden haben PFENNING & OBERWINKLER (1993) *Ophiostoma bragatinum* beschrieben. Als Nebenfruchtform konnte *Sporothrix inflata* wahrscheinlich gemacht werden, eine Art, die in Böden der gemäßigten Breiten weit verbreitet ist. – Von Fichtenwurzeln im Schwarzwald bei Freudenstadt haben WEBER et al. (1989) einen Pilz isoliert und kultiviert, den sie als neue phialidische Hyphomycetenart und -gattung, *Myxocephala albida*, beschrieben und illustrierten. Charakteristisch sind die bräunlichen, dickwandigen, mehrfach septierten und drei- bis vierfach quirlig verzweigten Konidienträger auf denen sich die Konidien in einem Schleimtropfen ansammeln. Aus Costa Rica haben WEBER et al. (1994) die neue Hyphomycetengattung *Ticogloea*, mit der Art *T. guttulata* von *Ticodendron incognitum*-Wurzeln und von *Talauma sambuensis*-Wurzeln *Leptographium costaricense* (WEBER et al. 1996) beschrieben.

Glomeromycota (Tafel 16, Abb. 52)

Bei licht- und transmissionselektronenmikroskopischen Untersuchungen der chlorophylllosen Gametophyten von *Lycopodium clavatum* fanden SCHMID & OBERWINKLER (1993) Pilzendophyten mit Hyphen ohne Querwände und zahlreiche kleine Vesikel unterschiedlicher Entwicklungsstadien. Durch elliptische Interphase-Spindelpolkörper konnten Vertreter der Oophyta als Endophyten ausgeschlossen werden. Da keine Arbuskel gefunden werden konnten, blieb damals die Entscheidung offen, ob Glomeromyceten die Interaktionspartner sind. Wir schlugen für diesen Interaktionstyp den Terminus „Lycopodioider Mycothallus“ vor. – Auch in den chlorophylllosen Gametophyten von *Botrychium lunaria* fanden SCHMID & OBERWINKLER (1994) Endophyten mit nicht septierten Hyphen und intrazelluläre Hyphenknäuel, die von einer fibrillären Matrix und dem Wirtsplasmalemma umgeben waren. Arbuskeln konnten nicht nachgewiesen werden. Wie bei *Lycopodium*-Gametophyten erfolgt auch hier ein organischer Nährstofftransfer vom Pilz zur Pflanze und nicht, wie bei arbuskulären Mykorrhizen, in umgekehrter Richtung. – Von KOVÁCS et al. (2003a) wurden in Sporophyten von *Botrychium virginianum* aus Ungarn arbuskuläre Mykorrhizen in zwei bis drei Zellschichten der Wurzelrinde gefunden. Die lappenartige Arbuskelstruktur wurde mit ähnlichen Bildungen triassischer Fossilien verglichen. – In reifen Sporophyten von *Ophioglossum reticulatum* aus dem Wilson Botanical Garden, San Vito, Costa Rica, konnten SCHMID & OBERWINKLER (1996) arbuskuläre Mykorrhizen mit multinukleären, unseptierten Hyphen, terminalen Vesikeln, intrazellulären Hyphenknäueln und Arbuskeln nachweisen. – Auch in Gametophyten und jungen Sporophyten von *Gleichenia bifida* aus dem Nationalpark Tapanti, Costa Rica, konnten SCHMID & OBERWINKLER (1995) arbuskuläre Mykorrhizen mit unseptierten Hyphen, intrazellulären Hyphenknäueln, Arbuskeln und Vesikeln feststellen. In den Rhizoiden bildete der Pilz kugelige Sporen. Während der Arbuskelbildung erschienen Cytoplasma und Zellorganelle der Wirtszellen vermehrt, dagegen wurde die Stärke in den Chloroplasten abgebaut. – An Wurzeln des Adlerfarns, *Pteridium aquilinum*, der auf Cadmium-kontaminierten Böden wuchs, wurden mit Elektronenenergieverlust-Spektroskopie Elementbestimmungen von TURNAU et al. (1993c) durchgeführt. Die Endomykorrhizazellen enthielten mehr Cd, Ti und Ba als die Wurzelzellen. – Mykorrhizierungen von heimischen Bäumen

der trockenen afro-montanen Wälder Äthiopiens wurden von WUBET et al. (2003a) untersucht. In Wurzeln von *Albizia gummifera*, *Albizia schimperi*, *Aningeria adolfi-friedericii*, *Ekebergia capensis*, *Hagenia abyssinica*, *Prunus africana* und *Syzygium guineense* konnten erstmals arbuskuläre Mykorrhizen nachgewiesen werden, für *Croton macrostachyus*, *Olea europaea* ssp. *cuspidata* und die Koniferen *Juniperus procera* und *Podocarpus falcatus* wurden sie bestätigt. – Die ITS- und 5.8S rDNA-Sequenzdiversitäten arbuskulärer Mykorrhizen von *Prunus africana* haben WUBET et al. (2004) analysiert. Den Glomeraceae konnten 20 Sequenztypen, den Archaeosporaceae und Diversisporaceae je ein Typ zugeordnet werden. Zwei Sporentypen wurden als *Glomus etunicatum* und *G. mosseae* identifiziert. – An zwei Standorten trockener, afromontaner Wälder haben WUBET et al. (2006a) *Juniperus procera* beprobt, um die molekulare Diversität der nucSSU-rDNA zu bestimmen. Es wurden sieben verschiedene *Glomus*-Sequenztypen gefunden, die bisher unbekannt waren. Die AM-Pilzgesellschaften verschiedener Baumindividuen und diejenigen der beiden Standorte unterschieden sich signifikant. Diese Ergebnisse wurden durch eine weitere Studie (WUBET et al. 2006b) untermauert, in die *Podocarpus falcatus* einbezogen wurde. Es konnten 16 *Glomus* und drei *Diversispora*-Sequenztypen sowie ein *Archaeospora*-Typ nachgewiesen werden, die nicht mit bekannten Sequenzen identisch waren. Auch die Sequenzen, die von den beiden Probeflächen stammten, waren signifikant verschieden. – Der Vergleich von Mykorrhizierungstypen dreier gemeinsam vorkommender, afromontaner Baumarten in äthiopischen Trockenwäldern, *Olea europaea* subsp. *cuspidata*, *Prunus africana* und *Podocarpus falcatus* (WUBET et al. 2009) wurde an Sequenztypen, die eine > 97 % Ähnlichkeit der SSU-rDNA (NSR1-AM1) besitzen, durchgeführt. Die gefundenen 409 Sequenzen konnten in 32 Sequenztypen gruppiert werden, die zu den Glomeraceae, Diversisporaceae und Gigasporaceae gehören. Mit Baumsämlingen konnten diverse Pilzarten gekördert werden, die sich weitgehend von denjenigen alter Bäume unterschieden. Dies eröffnet Möglichkeiten zur Optimierung der Mykorrhizierungen bei Wiederaufforstungen. – In den Wurzeln von *Taxus baccata*, die aus Tübingen und Balingen stammten, fanden WUBET et al. (2003b) bei 5.8S rDNA und ITS2 vier Sequenztypen von *Glomus* und einen Typ von *Archaeospora*. Diese Sequenztypen waren

bisher bekannten nicht zuzuordnen. – Die Diversität arbuskulärer Mykorrhizapilze Namibias und des westlichen Südafrikas haben UHLMANN (2004) in ihrer Dissertation und UHLMANN et al. (2004a) in ausgewählten Biodiversitätsobservatorien aufgenommen. In semiariden Grasvegetationen Namibias waren die in Wurzeln gefundenen Mykorrhizen weniger divers als Glomeromyceten-Sporen in den Böden (UHLMANN et al. 2004b). Dies könnte durch unterschiedliche Vergesellschaftungen während der Vegetationsperioden oder auch durch Bindungen an Gehölze und andere Pflanzen bedingt sein. Im westlichen Südafrika fallen Winterregen, in Namibia dagegen Sommerregen. Es konnte von UHLMANN et al. (2004c) gezeigt werden, dass die arbuskulären Mykorrhizen dieser Gebiete in ihrer Verbreitung nicht nur von abiotischen Faktoren, sondern auch von der Vergesellschaftung mit geeigneten Wirtspflanzen abhängig sind. An drei Standorten des ariden Südnamibia wurden von UHLMANN et al. (2006) die arbuskulären Mykorrhizen analysiert. Unter den 12 registrierten Arten war *Glomus aggregatum* der dominante Sporentyp. Es zeigte sich, dass die Mykorrhizierungen durch die Landnutzung beeinflusst werden, nicht jedoch die Artenzusammensetzungen. Diese sind von abiotischen Konditionen abhängig. – In den organischen Böden der montanen Nebelwälder Südecuadors dominieren arbuskuläre Endomykorrhizen (KOTTKE et al. 2004), die nach morphologischen Merkmalen den Gattungen *Glomus*, *Acaulospora*, *Scutellospora* und *Gigaspora* zugeordnet wurden. An 57 Baumarten der Versuchsflächen der Forschungsstation San Francisco bei Loja konnten arbuskuläre Mykorrhizen nachgewiesen werden. HAUG et al. (2004) fanden, dass *Graffenrieda emarginata* (Melastomataceae) zusätzlich mit einem Ascomyceten aus dem *Hymenoscyphus ericae*-Aggregat Mykorrhizen bildet. – Zwei Morphotypen der Glomeromycota in den Wurzeln von *Alzatea verticillata*, einer in den Bergregenwäldern Südecuadors häufigen Baumart, wurden von BECK et al. (2005) lichtmikroskopisch studiert und illustriert. Bemerkenswert ist ihr ektendomykorrhizierendes Wachstum sowie das Fehlen von Vesikeln und intraradikalen Sporen. In einer weiterführenden Arbeit haben BECK et al. (2007) strukturelle Merkmale durch molekulare ergänzt. Die Checkliste der Mykorrhizapilze für die Reserva Biológica San Francisco (HAUG et al. 2007) zeigt die Dominanz der Glomeromycota ebenso deutlich wie die Übersichten von Gradienten (KOTTKE et al. 2008b) und Gruppierungen

der Mykorrhizierungstypen von Bäumen, Ericaceen, Orchideen, Farnen und Lebermoosen (KOTTKE et al. 2008a). – In ursprünglichen Bergregenwäldern und benachbarten Aufforstungsflächen Südecuadors konnten HAUG et al. (2010) jeweils hoch diverse, aber verschieden zusammengesetzte, arbuskuläre Mykorrhizagesellschaften beobachten. Angepflanzte Baumarten waren *Cedrela montana*, *Heliocarpus americanus*, *Juglans neotropica* und *Tabebuia chrysantha*. – Phylogenetische Überlegungen zu obligaten Pilz-Lebermoos-Vergesellschaftungen haben NEBEL et al. (2004) und KOTTKE & NEBEL (2005) angestellt. Sie postulieren primäre Glomeromycota-Bindungen an Moose der Marchantiales und Monocleales und die „einfach-thallosen“ Pelliziaceae, Fossombroniaceae und Pallaviciniaceae. Nach Verlust dieser glomerale Pilzassoziationen seien erneut Symbiosen evolviert, von *Tulasnella*-Arten mit Aneuraceae sowie von *Sebacina* und/oder *Hymenoscyphus* mit Jungermanniales und Lepicoleales p.pte. Es muss angenommen werden, dass obligate Pilz-Pflanzen-Assoziationen lange vor den Wurzeln und den Mykorrhizen der Gefäßpflanzen entstanden sind.

Oophyta, Falsche Mehltaupilze und ihre Verwandten (Tafel 16, Abb. 53)

Durch Plastidenverlust sind die Oophyten aus Algen hervorgegangen, die zu den Verschiedengeißlern (Heterokonta, Stramenopiles) gehören. Die noch im Wasser lebenden oder davon abhängig gebliebenen Pilze dieser Gruppe besitzen Flagellaten und/oder Gameten mit je einer Peitschen- und Flimmergeißel (heterokont). Damit unterscheiden sie sich grundsätzlich von den echten Pilzen, die in ihrer basalen Gruppe (Chytridiomycota) Flagellaten mit je einer Schubgeißel (opisthokont) besitzen und damit ihre nahe Verwandtschaft mit den Tieren erkennen lassen. In 26 Proben natürlicher Oberflächengewässer Baden-Württembergs konnten EL-HISSY & OBERWINKLER (1999a) an Sesamkødern 38 Arten von 10 Gattungen aquatischer Pilze (*Allomyces*, *Aqualinderella*, *Thraustotheca*, *Woronina*, *Achlya*, *Dictyuchus*, *Pythiopsis*, *Pythium*, *Phytophthora* und *Saprolegnia*) aquatischer Pilze finden. Aus unterschiedlichen Böden der Umgebung von Tübingen haben sie (EL-HISSY & OBERWINKLER 1999b) 13 Gattungen aquatischer Oomyceten und Chytridiomyceten nachgewiesen. Die größte Diversität fanden sie in Böden mit hohen organischen Substratanteilen und geringen Men-

gen löslicher Salze. – Für ihre Dissertation hat RIETHMÜLLER (2000) die Diversität aquatischer Oomyceten aus Baden-Württemberg untersucht. Die Biotope wurden selbst beprobt. Es wurden 29 Arten aus 8 Gattungen isoliert, ökologisch und morphologisch charakterisiert, systematisch zugeordnet und phylogenetisch interpretiert. Sequenzen der großen Untereinheit der ribosomalen DNA haben RIETHMÜLLER et al. (1999) benutzt, um phylogenetische Untersuchungen an Saprolegniomycetidae durchzuführen. Sie konnten die Untergliederung der Peronosporomycetes in Saprolegniomycetidae, Rhipidiomycetidae und Peronosporomycetidae sowie die Positionen der Saprolegniales und Leptomitales in den Saprolegniomycetidae bestätigen. Die Peronosporales und Pythiales konnten nicht getrennt werden, dagegen bildeten *Phytophthora* und die Peronosporales ein Monophylum. Die Gattung *Achlya* erwies sich als heterogen. Um die Verwandtschaftsverhältnisse der Peronosporomycetes zu klären, haben RIETHMÜLLER et al. (2002) 92 Arten der Peronosporales, Pythiales, Leptomitales, Rhipidiales, Saprolegniales und Sclerosporales molekularphylogenetisch untersucht. Pythiales und Peronosporales sowie Saprolegniales, Leptomitales und Rhipidiales repräsentierten die beiden Hauptgruppen. Die Sclerosporales erwiesen sich als polyphyletisch. *Albugo* bildet eine basale Gruppe, *Peronophytophthora* und *Phytophthora* lassen sich nicht trennen und gehören in die Peronosporaceae. *Peronospora* erscheint paraphyletisch und *Peronospora*-Arten auf Brassicaceae bilden ein Monophylum. – Mit Bayesscher Analyse von Sequenzen der nukleären 28S rDNA haben GÖKER et al. (2003) phylogenetische Zusammenhänge der Peronosporaceae geklärt. Sie konnten bestätigen, dass *Peronospora* und *Phytophthora* paraphyletisch sind. Einige Arten wurden in *Hyaloperonospora* transferiert und für *Peronospora oplismeni* wurde die neue Gattung *Viennotia* eingeführt. Es konnte glaubhaft gemacht werden, dass obligat biotropher Parasitismus innerhalb der Peronosporales mindestens zweimal entstanden ist. – Die Auswertung von ITS-Sequenzen lieferte überzeugende Hypothesen zur Phylogenie von *Hyaloperonospora* (GÖKER et al. 2004), wonach für viele Arten taxonomische Umgruppierungen vorgenommen wurden. Es stellte sich auch heraus, dass unter *Hyaloperonospora brassicae* bisher mehrere Arten zusammengefasst wurden. Mit ribosomalen ITS- und LSU-Sequenzen haben GÖKER et al. (2009) *Hyaloperonospora* erneut phylogenetisch

untersucht und unter Einbeziehen der Wirtsbindungen die Artabgrenzungen präzisiert. – Die nucLSU rDNA mit den D1- und D2-Regionen haben VOGLMAYR et al. (2004) benutzt, um phylogenetische Analysen an den Gattungen *Basidiophora*, *Bremia*, *Paraperonospora*, *Phytophthora* und *Plasmopara* durchzuführen. Es konnte eine Verwandtschaft von *Plasmopara pygmaea* s., *Pl. sphaerosperma*, *Basidiophora*, *Bremia* und *Paraperonospora* umgrenzt und *Plasmopara* als polyphyletisch erkannt werden. Die neue Gattung *Protobremia* wurde für *Pl. sphaerosperma* vorgeschlagen. Der Formenkreis von *Bremia lactucae* s.l. ließ drei größere Verwandtschaften auf Asteraceen-Wirten erkennen. Für alle untersuchten Arten konnten ellipsoide bis birnenförmige Haustorien nachgewiesen werden. Diese subzellulären Strukturen können als gemeinsames Merkmal für die gesamte Verwandtschaft gewertet werden. – Eine von *Helianthus x laetiflorus* isolierte *Plasmopara halstedii* s.l. wurde molekular, biochemisch und infektionsbiologisch von SPRING et al. (2003) untersucht. Es zeigte sich, dass die Isolate von *H. x laetiflorus* und *H. annuus* konspezifisch sind. Die intraspezifische Variabilität von *P. halstedii* haben SPRING et al. (2006) an Teilen der ITS-1, 5.8S und ITS-2 Regionen der nukleären rDNA untersucht. Sie fanden, dass physiologisch hoch aggressive Rassen eine sehr junge Entstehungsgeschichte haben. – Die Mikromorphologien der Haustorien und Sporangienträger sowie molekulare Daten der nuc-rDNA der *Arthraxon* spp. (Poaceae) parasitierenden *Bremia graminicola* ließen unschwer erkennen (THINES et al. 2006), dass diese Art nicht zu *Bremia* gehört. Dementsprechend wurde eine neue Gattung, *Graminivora*, eingeführt. – Morphologische, ultrastrukturelle und molekulare Untersuchungen an Arten der Gattungen *Basidiophora*, *Benua*, *Bremia*, *Paraperonospora*, *Plasmopara*, *Plasmoverna* und *Protobremia* zeigten, dass diese Taxa nur auf dicotylen Wirten vorkommen (THINES et al. 2007). Da *Plasmopara penniseti* mit dieser Gruppe nicht näher verwandt ist, wurde für den Grasparasiten die neue Gattung *Poakatesthia* vorgeschlagen. – In einer Multigenanalyse haben GÖKER et al. (2007) versucht, die Phylogenie der Falschen Mehltaue als obligate Parasiten zu rekonstruieren. *Phytophthora* erwies sich als partiell paraphyletisch. Vier Verwandtschaften konnten molekularphylogenetisch umgrenzt und zusätzlich durch morphologische bzw. ökologische Merkmale gestützt werden: *Peronospora* und *Pseudope-*

ronospora; eine Gruppe mit vesikulären bis birnenförmigen Haustorien; *Hyaloperonospora* und *Perofascia*, die überwiegend Kreuzblütler parasitieren; schließlich die Grasparasiten *Viennotia* und *Graminivora*. – Die ITS-Sequenzen der auf Fabaceen parasitierenden *Peronospora*-Arten haben GARCÍA-BLÁZQUEZ et al. (2008) benutzt um phylogenetische Aussagen auch hinsichtlich der Wirtsbindungen treffen zu können. Hierzu wurde ein enges Artkonzept verwendet. In dieser Studie wurden auch bisher unbekannte Wirte der iberischen Halbinsel berücksichtigt. – Die Verwandtschaften der grasbewohnenden Falschen Mehltaupilze haben THINES et al. (2008) erstmals einer umfassenden molekularen Analyse unterzogen, in der gezeigt werden konnte, dass sie über die gesamten Peronosporaceae s.l. verteilt sind.

Waldökosysteme

Wälder, heimische Forste bis zu tropischen Urwäldern und weltweit gestreut, waren Orte unserer Freilandforschung und der Probennahmen. Diese reichten von den Böden und Wurzelräumen bis zu den Baumkronen, von den Symbionten zu den Parasiten und den saproben Holzzeretzern. Damit war eine Vielzahl von ökologischen, systematischen und phylogenetischen Fragestellungen verbunden, nicht zuletzt auch die nach der Bedeutung von Biodiversität und der Erhaltung in ihren Lebensräumen (OBERWINKLER 2002). – Die über 18 Jahre bei botanisch-mykologischen Lehrveranstaltungen für Studierende der Universität Tübingen in Oberjoch zusammengetragenen Daten hat OBERWINKLER (1994) als Korrekturversion einer Flora des Gebietes, „Höhere Pflanzen und ihre Pilze“, für Teilnehmer der Kurse und Exkursionen (Abb. 54), insbesondere aber für die Mitglieder unseres damaligen Graduiertenkollegs „Organismische Interaktionen in Waldökosystemen“, zur Verfügung gestellt.

Mykologische Untersuchungen zu „neuartigen Waldschäden“

Neuartige Waldschäden erschienen Ende der 1970er Jahre so gravierend, dass sogar von professoraler Seite prophezeit wurde, es würde 1990 keinen Wald mehr in Mitteleuropa geben. Immerhin wurde dadurch mitbewirkt, dass ein kritisches Umweltbewusstsein wachgerufen wurde. In der seriösen Wissenschaft ging es allerdings um sorgfältig erhobene, reproduzierbare Daten, die begründete Interpretationen zuließen. – Meristemschäden, die in Fichtenwurzeln durch niedrigen pH-Wert und Aluminium-Ionen ausgelöst



Abbildung 54. Pilzkurs im Berghaus Iseler der Universität Tübingen in Oberjoch, 1.10.1997. Unter den damaligen Studierenden sind heute fünf Professoren: Links am Fenster ROLAND KIRSCHNER, jetzt Professor am Department of Life Sciences der National Central University in Jhongli, Taiwan; Mitte mit Blick zum Betrachter DIRK HOFFMEISTER, jetzt Professor an der Universität Jena; rechts vorne CHEE-JEN CHEN, jetzt Professor am Department of Biotechnology an der Southern Taiwan University in Tainan; darüber mit Blick ins Mikroskop ZHU-LIANG YANG, jetzt Professor an der Academia Sinica, Kunming; darüber, teilweise verdeckt, MEIKE PIEPENBRING, jetzt Professorin an der Universität Frankfurt am Main; ihr gegenüber LJUBA KISIMOVA-HOROVITZ, die langjährige Mitarbeiterin am Lehrstuhl Spezielle Botanik und Mykologie in Tübingen.

wurden, konnten METZLER & OBERWINKLER (1986) nachweisen. – Bei der Beprobung verschiedenen stark geschädigter Alt- und Jungfichten auf sechs Standorten im Nordschwarzwald konnte G. WEBER (1990) für ihre Dissertation 145 Mikropilz- und Hefearten aus 67 Gattungen isolieren. Unterschiede in der Pilzbesiedelung ließen sich hauptsächlich in der Mykorrhizoplane feststellen. Stark geschädigte Altfichtenbestände zeigten eine deutlich reduzierte Besiedelung durch Mikropilze, die mehr auf biotische als auf abiotische Störungen hinwies. Eine Korrelation mit der Vitalität der Mykorrhizen schien naheliegend. – Den Düngungseffekt mit $MgSO_4$ und $(NH_4)_2SO_4$ auf Mykorrhizen und Feinwurzeln von Fichten haben HAUG & FEGER (1990) untersucht. – Interaktionen von Mykorrhizen mit der Rhizosphäre hat KOTTKE

(1990) dargestellt. – Ob O_3 , SO_2 und saure Beregnung die Mykorrhizen junger Fichten, Tannen und Buchen, die in „Open Top Chambers“ (OTC) kultiviert waren, verändern, wurde von WÖLLMER & KOTTKE (1990) rhizoskopisch in situ und im Labor analysiert. Die Vitalität der Mykorrhizen wurde mit Fluoresceindiazetat-Färbung überprüft. Langzeiteinwirkung der Schadstoffe bewirkte Wachstumssteigerungen bei Tannenmykorrhizen, SO_2 beeinträchtigte dagegen die Fichtenmykorrhizen. – Mykorrhizen und die sie begleitenden Mikropilze in stark und weniger stark geschädigten Fichtenbeständen Nordrhein-Westfalens haben KOTTKE et al. (1992) untersucht. – EL-ASHKAR (1993) hat die Mikropilzflora des Bodens und der Rhizoplane von Mykorrhizen eines Buchenwaldes und zweier Fichtenbestände des

südöstlich von Augsburg gelegenen Höglwaldes untersucht. Er fand bei 123 Mikropilzarten nur geringe qualitative Unterschiede, dafür aber deutliche Veränderungen der Dominanzverhältnisse. Dies wurde nicht nur durch unterschiedliche Bodenchemismen erklärt, sondern auch durch spezifische Merkmale der organismischen Interaktionen. – Fluoreszenzmikroskopische Untersuchungen zur Vitalität von Mykorrhizen an Fichten verschiedener Schadklassen am Standort „Postturm“ bei Ratzeburg hat R. WEBER (1993) als Dissertationsthema durchgeführt. Sie fand, dass die äußerlich erkennbaren Kronenschäden der Fichten unterschiedlicher Schadklassen auffälliger sind als die Unterschiede in den Feinstwurzelsystemen. Diese erschienen vielmehr stark von Bodenchemismen und Klimaeinflüssen abhängig zu sein. – Den Gesundheitszustand von Waldbäumen und die Vitalität ihrer Mykorrhizen in verschiedenen Waldbeständen Westdeutschlands haben KOTTKE et al. (1993) vergleichend untersucht. – KOTTKE & WÖLLMER (1995) haben Beobachtungen zur Mykorrhiza- und Feinstwurzeldynamik sowie zur Aktivität von Bodentieren im Schwarzwald unter Einsatz der Rhizoskopie durchgeführt. Wurzelproduktion und -differenzierungen sowie Mykorrhizaentwicklung in Abhängigkeit von Stickstoffverfügbarkeit hat KOTTKE (1995) vorgestellt. – Den Einfluss des Stickstoffeintrags auf Ektomykorrhizen von Waldbäumen haben BECKMANN et al. (1996) und WALLEND & KOTTKE (1998) studiert. Sie waren der Meinung, dass die Fruktifikationsraten von „Generalisten“ kaum, die von „Spezialisten“ auf Koniferen anscheinend mehr beeinflusst waren. Auch unter Kultivierungsbedingungen waren Verallgemeinerungen über negative Auswirkungen erhöhter Stickstoffkonzentrationen nicht möglich. – Die Vitalitäten von Ektomykorrhizen der Fichten im Höglwald wurden von QIAN et al. (1998a) fluoreszenzmikroskopisch bestimmt. Untersucht wurden Mykorrhizen von *Cenococcum geophilum*, *Russula ochroleuca* (Ocker-Täubling), *Tylospora* sp. und *Xerocomus badius* (Maronen-Röhrling), die damals nicht identifizierbaren „*Piceirhiza gelatinosa*“ und „*P. nigra*“ sowie zwei weitere, nicht benennbare Ektomykorrhizen. – Den Einfluss von Kalkung und Ansäuerung auf die Mykorrhizen in Fichtenbeständen des Höglwaldes haben QIAN et al. (1998b) studiert. Auf versauerten Flächen schienen *R. ochroleuca* und *X. badius* als mykorrhizierende Arten gefördert, während in gekalkten Parzellen *Tuber puberulum* (Flaumhaarige Trüffel) und „*Piceirhiza nigra*“ vermehrt auftraten.

Statistische Absicherungen waren jedoch nicht möglich. – Die pathogenen und antagonistischen Effekte von Mikropilzpopulationen untereinander und auf Ektomykorrhizen in versauerten oder gekalkten Fichten- und Buchenwäldern wurden von QIAN et al. (1998c) untersucht. Das Beziehungsgeflecht dieser Bodenpilze erscheint in höchstem Maße komplex. Es ist offensichtlich für die Funktionalität der Rhizosphäre ebenso bedeutend wie abiotische Faktoren. – Der Einfluß von Trockenheit auf Mykorrhizen der Buche wurde von SHI et al. (2002) experimentell überprüft. Die ektomykorrhizierenden *Byssocorticium atrovirens* und *Lactarius subdulcis* (Süßlicher Buchen-Milchling) wurden nicht beeinflusst, *Xerocomus chrysenteron* hingegen gefördert. Die Speicherung von Zuckeralkoholen, die den Trockenheitseffekten entgegen wirken, hängt offensichtlich von der jeweiligen Pilzart ab. – Mykorrhizen als dominante Elemente der Rhizosphäre und Pilz-Wurzel-Symbiosen als Überlebensstrategien in artenreichen Pflanzengesellschaften und auf Pionierstandorten hat KOTTKE (2002, 2003) dargestellt. „Das unterirdische Geheimnis von Steinpilz und Trüffel“ im Wald lüfteten NÖRR et al. (2003).

Sturmwurfflächen, verursacht durch die Orkane „Vivian“ und „Wiebke“ 1990 und „Lothar“ 1999

Ab Herbst 1990 haben wir auf den Sturmwurfflächen von Oberjoch, am Iseler und am Ornach (Abb. 55) die Pilzsukzessionen verfolgt und während der Kurse im Berghaus Iseler mit Studierenden die Pilze bearbeitet. – Auf drei von der Forstdirektion Tübingen als zukünftige Bannwälder ausgewiesenen Sturmwurfflächen und angrenzenden stehenden Nachbarbeständen wurden mykologische Sukzessionsstudien durchgeführt, die Aussagen über die Ökologie von Schad- und Nutzpilzen und ihre Beeinflussung von forstlich wichtigen Waldbäumen ermöglichten (OBERWINKLER et al. 1993). Die natürliche Sukzession auf den ungeräumten Sturmwurfflächen führte zu artenreichen Wiederbewaldungsstadien. Für die forstliche Praxis ließen sich aus diesen Untersuchungen wichtige Erkenntnisse für die Beurteilung und Verbesserung der Pflege und Erhaltung von Wäldern ableiten. Die Möglichkeiten und Chancen für die Waldökosystemforschung auf Sturmwurfflächen wurden von GÖRKE et al. (1996) erläutert. Pilz-Baum-Interaktionen in Sturmwurfflächen und stehenden Nachbarbeständen haben HONOLD et al. (1994, 1996) und REXER et al. (1995) untersucht. Pilze im Totholz von Waldbio-

Abbildung 55. Blick vom Berghaus Iseler zum nördlich gelegenen Ornach oberhalb von Oberjoch, 21.9.1990. Die Ausmaße der Sturmschäden des Orkans „Wiebke“ vom 28.2.1990 werden deutlich.



zönosen nach Sturmwurf wurden von HONOLD & OBERWINKLER (1998) erfasst, die Möglichkeiten für den Biodiversitätserhalt und die Gefahren für den Wirtschaftswald von HONOLD et al. (1997) thematisiert. Die Auswirkungen des Extremsturmes der „Wilden WIEBKE“ 1990 und die nachfolgenden Untersuchungen im Sturmwurfflächen-Projekt haben HONOLD et al. (1998) dargestellt. Sukzessionen saprophytischer und parasitischer Pilze im Fichtentotholz von Sturmwurfflächen wurden von HONOLD & OBERWINKLER (1999) studiert. Die ökologischen Schlüsselrollen der Pilze bei der Wiederbewaldung nach Sturmwurf, der Mykorrhizen sowie des Holz- und Streuabbaus haben REXER et al. (1999) behandelt. – Vergleichende Untersuchungen an Mykozönosen junger Waldbäume in vier unterschiedlichen Beständen des Schönbuchs nördlich von Tübingen sind von GÖRKE (1998, 1999) durchgeführt worden. Die Beprobungsflächen waren zwei Sturmwurfflächen, die durch die Extremstürme „Vivian“ und „Wiebke“ verursacht wurden sowie eine Anpflanzung und ein lichter Wald. Eine Sturmwurffläche blieb ungeräumt, die Vergleichsfläche war geräumt worden. Die Vielfalt der Befunde lassen sich verkürzt dahingehend zusammenfassen, dass eine Wiederbewaldung durch Naturverjüngung vorteilhaft erscheint. Über phytopathogene Pilze aus Wurzeln und Stämmen juveniler Waldbäume von Naturverjüngungen und Baumschulen haben GÖRKE et al. (1998), über diejenigen junger Waldbäume der Sturmwurfflächen im Schönbuch GÖRKE & OBERWINKLER (1999a) berichtet. Die Frage, ob

pathogene Pilze Stressfaktoren für aufwachsende Bäume darstellen können, sind GÖRKE & OBERWINKLER (1999b) nachgegangen. Für Aufforstungen empfehlen sie vormykorrhizierte Pflanzen zu verwenden. – Sukzessionsprozesse auf Sturmwurfflächen im Schönbuch bei Bebenhausen (Abb. 56), bei Langenau und bei Bad Waldsee hat BIEGERT (1999) in ihrer Dissertation untersucht. Sie hat die Wechselwirkungen zwischen der streuzersetzenden Mikropilzflora und dem Substrat der Humusaufgabe in Abhängigkeit verschiedener Bodenparameter analysiert. Dabei wurden 4.000 Pilzstämmen isoliert, die 155 Arten repräsentierten.

Nadelpilz-Sukzessionen

Die Besiedelung der Nadeln von *Abies alba* durch Pilze wurde in ihrer Sukzession von AOKI et al. (1992) verfolgt. Die Pilze wurden von lebenden und abgefallenen Nadeln aus zwei Nadelstreuungen isoliert. Das Pilzartenspektrum wurde mit demjenigen verglichen, das unter Verwendung der gleichen Methodik aus *Abies alba* von Frankreich und von der japanischen Tanne, *Abies firma*, erhalten wurde. Zum Vergleich haben TOKUMASU et al. (1994) die Abfolge der Pilzbesiedelung von *Pinus sylvestris* in der Tübinger Umgebung untersucht. Es konnten biogeographische Aspekte der Verbreitungsmuster diskutiert werden.

Pilz-Borkenkäfer-Assoziationen

In ca. 170 Probestämmen von Buche, Eiche, Esche, Fichte, Kiefer, Lärche und Tanne hat



Abbildung 56. Baumbrüche, verursacht durch den Orkan „Lothar“, in einem Nadelwaldbestand des Schönbuchs am Heuberger Tor bei Tübingen, 26.12.1999.

KIRSCHNER (1998) 17 überwiegend rindenbrütende Borkenkäferarten mit ihren assoziierten Pilzen untersucht. Unter etwa 200 Pilzarten dominierten die Deuteromyceten mit 111 Spezies, gefolgt von den Ascomyceten mit 50 Arten. Inklusiv der in der Diplomarbeit von KIRSCHNER enthaltenen Taxa wurden für Europa erstmals nachgewiesen: *Ambrodiscus pseudotsugae*, *Ceratocystiopsis alba*, *Ceratocystis leucocarpa*, *Dactylella tenuis*, *Exophiala angulospora*, *Graphium pseudormiticum*, *Nematoctonus campylosporus*, *Ophiostoma araucariae*, *O. arborea*, *O. obscura* und *O. simplex*. Als bisher unbeschriebene Deuteromyceten wurden *Phialocephala trigonospora* und eine *Graphium*-Art erkannt. Neu für die Wissenschaft waren die Ascomyceten *Ophiostoma neglectum* und zwei *Pyxidiphora*-Spezies. Besonders überraschend war die hohe Diversität und Häufigkeit von Basidiomyceten, die mit Borkenkäfern vergesellschaftet sind. Darunter fanden sich bisher nicht beschriebene Arten der Gattungen *Atractiella*, *Chionosphaera*, *Colacogloea*, *Mycospira* und *Occultifur*, allesamt Vertreter der Pucciniomycotina. Auch ein bisher unbekannter cryptomycocolacaler und ein filobasidialer Pilz wurden entdeckt, dazu noch vier Basidiomyceten mit gasteroid-auricularioiden und zwei mit tremelloiden Basidien. Die Diversität filamentöser Pilze in Borkenkäfergängen hat KIRSCHNER (2001) in einer Übersicht zusammengefasst. Mit holzbrütenden Borken- und Ambrosiakäfern assoziierte Pilze wurden von GEBHARDT untersucht (s. unter Ascomyceten).

Pilze tropischer Böden und Wälder

Mikroskopische Bodenpilze des ostamazonischen Regenwaldes wurden von PFENNING (1993) im Rahmen seiner Dissertation an vier verschiedenen Standorten, einem Primärwald, einer Kakaoanpflanzung, einem Weideland und einer Fläche mit annuellen Kulturen bzw. einer Brache, untersucht. Von 830 Isolaten konnten 134 Pilzarten identifiziert werden, unter denen die Deuteromyceten mit 98 Spezies dominierten. In den Böden mit kultivierten Pflanzen war ein erhöhter Anteil potentieller Wurzelparasiten nachzuweisen.

Auf die Bedeutung der Mykorrhizadiversität von Bäumen tropischer Bergwälder des südlichen Ecuador haben KOTTKE & HAUG (2004) aufmerksam gemacht. Die hohe Diversität an Pflanzen und Pilzen haben BECK & KOTTKE (2008), diejenige der Mykorrhizen und ihrer Wirte KOTTKE et al. (2008b, c) für die neotropischen Bergregenwälder der Station San Francisco bei Loja (Abb. 57), Südecuador, dargestellt. – Die Mykorrhiza-Assoziationen von 85 Farnarten des südlichen Ecuador wurden von LEHNERT et al. (2009) untersucht. Arbuskuläre Mykorrhizen wurden in 19 Arten, septierte, dunkle Endophyten, die als Ascomyceten identifiziert werden konnten, fanden sich in 36 Farnspezies. – Mykorrhizierte Wurzeln von *Inga acreana*, *Tabebuia chrysantha*, *Cedrela montana* und *Heliocarpus americanus* haben URGILES et al. (2009) in Baumschulen verwendet, um *C. montana* und *H. americanus* mit bodenständigen arbuskulären Mykorrhizapilzen zu infizieren. Die vorinokulierten, sechs Monate alten Bäumchen



Abbildung 57. Estación Científica San Francisco bei Loja, Südecuador, 17.7.2004.

waren, im Vergleich zu gering gedüngten, deutlich wüchsiger.

Ausbildung

Der Universitätsunterricht ist nicht Gegenstand dieser Darstellung. Da aber ohne ein angemessenes mykologisches Lehrangebot der benötigte akademische Nachwuchs ausgeblieben wäre, soll kurz auf unsere Ausbildung hingewiesen werden.

Bereits im damaligen Grundstudium wurden Pilze in Vorlesungen, Kursen, Seminaren und auf Exkursionen behandelt. Zu Schemata komprimierter Lehrstoff war anspruchsvoll und herausfordernd zugleich, wurde aber erfolgreich eingesetzt. Nicht überraschend war, dass diese Lehrmaterialien allmählich weit verstreut, mittlerweile sogar über nationale Grenzen hinweg, zu finden sind.

Im Hauptstudium waren unsere Forschungsrichtungen in Systematik und Phylogenie diverser

Pilztaxa, in Ökologie von Mikropilzen inklusive Hefen, Mykorrhizen und unterschiedlichen Parasitengruppen, durch Spezialvorlesungen, Seminare und Praktika hinreichend abgedeckt. Flankiert wurde dieses Angebot durch Methodenkurse in Kultur- und Mikroskopietechniken, Transmissionselektronenmikroskopie und molekularphylogenetische Rekonstruktionen. Zu diesen hat WEISS (2004-2011) ein anwendungsorientiertes Handbuch herausgegeben. Die aktuellen Methoden und Anwendungen molekularphylogenetischer Rekonstruktionen haben WEISS & GÖKER (2011) ausführlich dargestellt.

Auf die bereits erwähnten Lehrveranstaltungen in Oberjoch muss hier nochmals verwiesen werden. Anfänger, Fortgeschrittene, Doktoranden und sogar wissenschaftliche Mitarbeiter, inklusive Post-docs, haben daran teilgenommen. Ebenfalls über viele Jahre gab es bei uns morphologisch-systematische Übungen, die schnell und dauerhaft als „Zeichenkurs“ betitelt und geschätzt wurden.

Hier war größtmögliche Freiheit der Objektwahl mit scharfer Kontrolle der Ausarbeitung kombiniert. Das Hauptaugenmerk lag auf der naturgetreuen Wiedergabe zellulärer Baupläne der Pilze. Erfreulicherweise haben ehemalige Teilnehmer dieser Lehrveranstaltung an anderen Orten und in anderen Ländern diese Tradition fortgeführt. In Oberjoch, wie beim Zeichenkurs, lag der Anreiz zu mehrfacher bis dauernder Teilnahme, in der eigenständigen Arbeitsweise – von der Materialbeschaffung im Gelände bis zum Endprodukt von (Neu)beschreibungen mit Illustrationen, von Reinkulturen für Laborexperimente und von Proben für Elektronenmikroskopie und für molekulare Analysen.

Nationale und internationale mykologische Aktivitäten

Diese Auflistung stellt nur eine Auswahl dar.

Wir begannen mit dem Aufbau einer Stammsammlung für Pilze 1974 und haben sie bis heute weiter geführt. Viele der bei uns isolierten, identifizierten, charakterisierten und weiter in Kultur gehaltenen Arten sind weltweit benutzt worden. Mehrfach wurden unsere Pilzstämmen auch für industrielle Screenings auf unterschiedliche Sekundärmetabolite verwendet. Die Stammsammlung wurde auch intensiv für unsere Lehrveranstaltungen eingesetzt. – Am Sonderforschungsbereich 76, „Chemische Biologie der Mikroorganismen“, der Tübinger Mikrobiologie waren wir mit eigenen Basidiomycetenstämmen und Screenings auf antibiotisch wirksame Verbindungen seit 1974 beteiligt.

Als 1976 das Berghaus Iseler der Universität Tübingen für Lehrveranstaltungen genutzt werden konnte, begannen dort unsere floristischen und vegetationskundlichen Lehrveranstaltungen und Forschungsaktivitäten, die bis 2011 fortgesetzt werden konnten. – In Lausanne war OBERWINKLER 1976 Teilnehmer am internationalen HERBETTE-Symposium über das „Species concept of Hymenomycetes“ und 1991 an demjenigen zum „Genus concept in mycology“.

Am interdisziplinären Schönbuch-Forschungsschwerpunkt haben wir uns 1978 mit einem mykofloristisch-ökologischen Pilz-Baumwurzels-Projekt beteiligt. Damit begann die Mykorrhizaforschung an unserem Lehrstuhl, die sich ab 1981 intensiv mit Themen der Waldschadensforschung beschäftigte.

Mit der Teilnahme von OBERWINKLER an der mykologischen Expedition des New York Botanical Garden 1978 nach Kolumbien bekam die Tübingen

ger Tropen-Mykologie neuen Aufschwung. In diesem Jahr wurde auch die Kooperation mit BANDONI, University of British Columbia, Vancouver, zu Themen der Heterobasidiomyceten-Systematik angefangen. – Wie oben erwähnt begannen wir die Publikationsreihe „Studies in Heterobasidiomycetes“ 1980.

Von 1978-83 war OBERWINKLER 1. Vorsitzender der Deutschen Gesellschaft für Mykologie. In der weiteren Nachfolge von OBERWINKLER waren die Amtsträger, dann Präsidenten genannt, seine Schüler AGERER (2000-2006, 2011-2012), PIEPENBRING (2007-2008) und LANGER (2008-2011). Jahrestagungen der Gesellschaft wurden 1977 und 2006 in Tübingen abgehalten. – 1991 haben die meisten Tübinger Mykologen an der Tagung der Sektion Mykologie der Deutschen Botanischen Gesellschaft in Bayreuth und 1997 in Regensburg teilgenommen.

Bereits 1981 wurde unser erstes molekularbiologisches Labor von BLANZ und BRENNICKE eingerichtet, die damit ihre in Urbana und Stanford begonnenen Arbeiten bei uns fortsetzen und eine junge, hiesige Generation von Molekularbiologen ausbilden konnten. BRENNICKE wird wegen seines enormen methodischen Inputs an unserem Lehrstuhl erwähnt. Da er mit Höheren Pflanzen arbeitete, sind seine Arbeiten nicht Gegenstand dieser Übersicht.

Den Botanik-Lehrstühlen der Universität Tübingen wurde 1985 das Kooperationsprojekt „Pilz-Baumwurzels-Symbiosen“ im Landesforschungsförderungsprogramm bewilligt. 1991 konnten sie ein koordiniertes Forschungs- und Lehrkonzept im Rahmen des von der DFG finanzierten Graduiertenkollegs „Organismische Interaktionen in Waldökosystemen“, dessen Sprecher OBERWINKLER war, umsetzen. Dieser Verbund konnte schließlich noch Lehrstühle der Universität Freiburg einbeziehen.

Auf Einladung von VAN UDEN haben BLANZ, DEML und OBERWINKLER 1986 einen international besuchten Hefe-Kurs am Gulbenkian Institute of Science in Oeiras, Portugal, abgehalten (Abb. 58).

1987 begannen wir in Zusammenarbeit mit JOHANNES CHEN von der Chung-Hsing-Universität Taichung, mit Untersuchungen zur Pilzflora von Taiwan. Diese Arbeiten in Taiwan konnten mit weiteren Kollegen und ehemaligen Schülern von uns bis heute fortgesetzt werden. – Ein projektbezogener Wissenschaftler austausch mit Taiwan 2000-2001 wurde vom DAAD gefördert. Daran waren KIRSCHNER und Z.-C. CHEN beteiligt. – Mit



Abbildung 58. Teilnehmer des internationalen Hefekurses in Oeiras, Portugal, 1.4.1986. – Foto: Anonymus.

einer Lehr- und Forschungsexkursion für Studierende der Universität Tübingen nach Costa Rica, 1989, haben wir unsere mykologische Forschung in den Neotropen erneut stimuliert.

OBERWINKLER war von 1994-1998 Präsident der International Mycological Association (IMA). Er hat die deutsche Mykologie auf allen bisherigen 9 internationalen mykologischen Kongressen, IMCs (International Mycological Congress) der IMA, vertreten: IMC 1 in Exeter 1971, IMC 2 in Tampa 1977, IMC 3 in Tokyo 1983, IMC 4 in Regensburg 1990, IMC 5 in Vancouver 1994, IMC 6 in Jerusalem 1998, IMC 7 in Oslo 2002, IMC 8 in Cairns 2006, IMC 9 in Edinburgh 2010. Die Kongresse von Regensburg, Jerusalem und Oslo wurden von OBERWINKLER mit vorbereitet, zum Kongress in Cairns wurde er für den Eröffnungsvortrag, „The fungal tree of life“, eingeladen. – Auch auf internationalen Botanik Kongressen (IBCs) hat OBERWINKLER die Mykologie vertreten, so in Sydney 1981 (IBC XIII), in Berlin 1987 (IBC XIV), in Yokohama 1993 (IBC XV), in St. Louis 1999 (IBC XVI) und 2005 in Wien (IBC XVII). Bei letzterem

waren die Tübinger Mykologen auch durch BAUER, BEGEROW, GÖKER und WEISS präsent.

Zu nationalen Evaluierungen universitärer biologischer Disziplinen wurde OBERWINKLER als Gutachter für Mykologie 1988 nach Norwegen und 1990 nach Schweden eingeladen.

Die Ausgabe der „Ustilaginales Exsiccata“ hatte VÁNKY in Gagnef begonnen und als Mitarbeiter am Lehrstuhl Spezielle Botanik und Mykologie in Tübingen von 1986-1999 fortgesetzt. – 1995 wurde von E. LANGER, G. LANGER und OBERWINKLER ein „Digital Exsiccate of Fungi“ ins Internet gestellt. – An der internationalen Initiative der Global Biodiversity Information Facility (GBIF), Daten zur Artenvielfalt in digitaler Form frei verfügbar zu machen, hatten sich BAUER, BEGEROW und OBERWINKLER seit 2002 mit licht- und elektronenmikroskopischen Bildern der Mikrostrukturen von Basidiomyceten beteiligt. – BAUER et al. (2008a) sind am „Tree of Life Web Project“ mit den Ustilaginomycotina beteiligt.

Das Konzept eines ökologischen Verbundprojektes zur Biodiversität und ihrer Funktionen in

einem tropischen Bergregenwald an der Estación Científica de Francisco bei Loja, Südecuador, wurde 1998 durch die DFG begutachtet. Damals konnte von OBERWINKLER vermittelt werden, dass auf Kenntnisse funktionaler Aspekte der Bodenorganismen nicht verzichtet werden kann. Dies führte zur Beteiligung der Tübinger Mykologen an diesem beachtlichen Vorhaben bis heute.

Anlässlich des Jubiläums „25 Jahre Mykologie in Tübingen“ wurde 1999 ein Symposium ausgerichtet (Abb. 59).

Für die Deutsche Gesellschaft für Mykologie geben HONOLD als Managing Editorin und OBERWINKLER als Editor-in-Chief seit 2002 die internationale Zeitschrift „Mycological Progress“ heraus.

Zum 65. Geburtstag von OBERWINKLER 2004 haben Schüler und Mitarbeiter die Festschrift „Frontiers in Basidiomycote Mycology“ (AGERER et al., eds. 2004) erstellt und anlässlich der Festveranstaltung überreicht. – GARNICA und OBERWINKLER haben 2004 an der Universidad Técnica Popular de Loja, UTP, einen Pilzkurs, in nachfolgenden Jahren HAUG, KOTTKE und SETARO Mykorrhizakurse, durchgeführt. Ein Mykorrhiza-Workshop wurde dort 2008 von SUÁREZ und KOTTKE abgehalten. – Zur Jahrestagung der American Mycological Society zusammen mit der American Phytopathological Society, 2006 in Québec, wurde OBERWINKLER eingeladen. – An der Southern Taiwan University of Technology hat OBERWINKLER 2008 und 2011 mykologische Vorlesungen gehalten. In Taichung wurde 2009 der Asiatische Mykologische Kongress abgehalten, zu dem OBERWINKLER eingeladen wurde, ebenso wie zu einem mykologischen

Workshop der Academia Sinica in Kunming 2010. – Zum Kongress der Asociación Latinoamericana de Micología in San José, Costa Rica, wurde 2011 WEISS eingeladen. – Bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft konnten OBERWINKLER & RENNER 2011 eine Nachwuchsakademie für „Systematik der Pflanzen und Pilze“ einrichten.

Nationale und internationale Kooperationen der Mitarbeiter des ehemaligen Lehrstuhls Spezielle Botanik und Mykologie der Universität Tübingen, der im ersterbauten Gebäude (Abb. 60) auf der Morgenstelle 1 untergebracht war, können aus den Publikationsziten dieses Artikels abgeleitet werden.

Längere Forschungsaufenthalte von Mykologinnen und Mykologen in Tübingen

Die Personen werden, mit Angabe ihrer damaligen und heutigen Herkunftsinstitutionen, alphabetisch gelistet. Forschungsgebiete fast aller Genannten können über unsere Publikationszitate erschlossen werden.

DILZARA AGHAYEVA, Institute of Botany, Azerbaijan National Academy of Science, Baku.

TAKAYUKI AOKI, University of Tsukuba/National Institute of Agrobiological Science, Japan.

ROBERT BANDONI, University of British Columbia, Vancouver.

MARY BERBEE, University of California Davis/University of British Columbia, Vancouver.

FARIDA EL-HISSY, Faculty of Science, Assiut University, Ägypten.

GEMA GARCÍA-BLÁZQUEZ, Departamento de Micología, Real Jardín Botánico de Madrid.



Abbildung 59. Teilnehmer des Symposiums „25 Jahre Mykologie in Tübingen“, 6.6.1999. – Foto: ALBRECHT.

Abbildung 60. Ehemaliges Botanisches Institut der Universität Tübingen, 22.10.2000. Im ersten Stock dieses Gebäudes war der Lehrstuhl Spezielle Botanik und Mykologie seit 1974 untergebracht.



SYLVIE HERRMANN, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, Halle.

JAN HOLEC, Národní Muzeum, Prag.

GÁBOR KOVÁCS, Eötvös Lóránd Universität/Institut für Phytopathologie der ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest.

DAVID J. McLAUGHLIN, University of Minnesota, Saint Paul.

XIAO MING QIAN, Department of Biology, Xiamen University, China.

HANSJÖRG PRILLINGER, Institut für Angewandte Mikrobiologie, Universität für Bodenkultur, Wien.

DÉLFIDA RODRÍGUEZ JUSTAVINO, Panama.

JOSÉ PAULO SAMPAIO, Gulbenkian Institute of Science, Oeiras/Departamento de Ciências da Vida da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

KATARZYNA TURNAU, Jagiellonian Universität, Krakau.

HERMANN VOGLMAYR, Institut für Botanik und Botanischer Garten, Wien.

GRIT WALTHER, Universität Jena/CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre, Utrecht.

KENNETH WELLS, University of California, Davis.

Ehemalige Doktoranden und Mitarbeiter der Mykologie des Lehrstuhls Spezielle Botanik und Mykologie der Universität Tübingen, die heute Hochschullehrer an anderen Orten sind

Der Export mykologischer Experten von Tübingen an andere Orte soll durch folgende Liste dokumentiert werden, die auf die Gruppe der Hochschullehrer begrenzt bleiben muss.

Bochum: Prof. Dr. DOMINIK BEGEROW war Schüler von OBERWINKLER. Er wurde 1998 promoviert, 2003 habilitiert und 2007 an die Universität Bochum berufen.

Braunschweig: Direktor und Prof. Dr. GÜNTHER DEML war Schüler von OBERWINKLER. Er wurde 1977 promoviert, 1985 habilitiert und 1991 an die Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft als Leiter des Instituts für Mikrobiologie in Berlin berufen sowie an die Freie Universität und 1994 an die Humboldt-Universität umhabilitiert. 1995 übernahm er zusätzlich die Leitung des Instituts für Pflanzenvirologie in Braunschweig. 2008 wurde dort das Julius-Kühn-Institut gegründet.

Frankfurt am Main: Prof. Dr. MEIKE PIEPENBRING war Schülerin von OBERWINKLER. Sie wurde 1994 promoviert, 1999 habilitiert und 2001 an die Universität Frankfurt am Main berufen.

Freiburg im Breisgau: Privatdozent Dr. BERTHOLD METZLER war Schüler von OBERWINKLER. Er wurde 1984 promoviert, war 1986-91 an der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Berlin und ist seit 1991 an der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg in Freiburg tätig. Er wurde 2008 an der Universität Freiburg habilitiert.

Halle: Prof. Dr. FRANÇOIS BUSCOT war 1988-1989 Stipendiat der Humboldtstiftung in Tübingen und bis 1991 wissenschaftlicher Mitarbeiter des Lehrstuhls, danach in Braunschweig und München-Neuherberg tätig. 1997 wurde er an die Universität Jena und 2003 an die Universität Leipzig berufen. Seit 2005 ist er Direktor des

Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung, UFZ, in Halle.

Kaiserslautern: Prof. Dr. TIMM ANKE war Assistent am Lehrstuhl Spezielle Botanik ab 1975. Er wurde 1979 habilitiert und 1981 an die Universität Kaiserslautern berufen.

Kassel: Prof. Dr. EWALD LANGER war Schüler von OBERWINKLER. Er wurde 1994 promoviert, 2001 habilitiert und 2002 an die Universität Kassel berufen.

Marburg: Prof. Dr. GERHARD KOST war Schüler von OBERWINKLER. Er wurde 1981 promoviert, 1989 habilitiert, war ab 1992 Wissenschaftlicher Oberassistent an der FU Berlin und wurde 1993 an die Universität Marburg berufen.

München: Prof. Dr. REINHARD AGERER war der erste Schüler von OBERWINKLER. Er wurde 1975 promoviert, 1981 habilitiert und 1982 an die Universität München berufen.

Graz: Prof. Dr. PAUL BLANZ war Schüler von OBERWINKLER. Er wurde 1977 promoviert, 1985 habilitiert und 1986 an die Universität Bayreuth berufen. Einem Ruf an die Universität Graz folgte er 1993.

Zürich: Privatdozent Dr. REINHARD BERNDT war Schüler von OBERWINKLER. Er wurde 1993 promoviert und 2000 habilitiert. Er ging 2005 als Kurator an das Mykologische Herbarium der ETH Zürich.

Yaoundé: Prof. Dr. DOMINIQUE MOSSEBO war Schüler von OBERWINKLER. Er wurde 1995 promoviert und kehrte nach Kamerun an die Université de Yaoundé zurück.

Peking: Prof. Dr. CHENGLIN HOU war 2000 Stipendiat in Tübingen, ging mit M. PIEPENBRING nach Frankfurt, wurde 2004 promoviert und kehrte nach China zurück. Seit 2006 ist er Professor an der Capital Normal University in Peking.

Kunming: Prof. Dr. ZHU-LIANG YANG war Stipendiat in Tübingen, Schüler von OBERWINKLER und wurde 1997 promoviert. Er ist Professor und Executive Director of the Key Laboratory of Biodiversity and Biogeography, Kunming Institute of Botany der Academia Sinica.

Jhongli: Prof. Dr. ROLAND KIRSCHNER war Schüler von OBERWINKLER. Er wurde 1998 promoviert, ging mit M. PIEPENBRING nach Frankfurt, wurde 2004 habilitiert und ist seit 2010 Professor am Department of Life Sciences der National Central University in Taiwan.

Tainan: Prof. Dr. CHEE-JEN CHEN war Schüler von OBERWINKLER. Er wurde 1998 promoviert, kehrte nach Taiwan zurück und ist Professor am Department of Biotechnology an der Southern Taiwan University in Tainan.

Lavras: Prof. Dr. LUDWIG H. PFENNING war Schüler von OBERWINKLER. Er wurde 1993 promoviert und ist seit 1997 Associate Professor an der Universidade Federal de Lavras, Departamento de Fitopatologia.

Auszeichnungen für Dissertationen

CHEE-CHEN CHEN erhielt 1998 den Martin Baker Research Award der Mycological Society of America.

CLAUDIA GÖRKE wurde 1998 mit dem Walter-Schall-Preis der Gesellschaft für Naturkunde in Württemberg ausgezeichnet.

GITTA LANGER wurde 1994 der Anton-de-Bary-Preis der Regensburgischen Botanischen Gesellschaft verliehen.

MATTHIAS LUTZ erhielt 2004 den Promotionspreis der Universität Tübingen sowie den Oskar-Breffield-Preis der Deutschen Gesellschaft für Mykologie.

UWE SIMON wurde 2006 von der Deutschen Botanischen Gesellschaft für die beste Publikation 2006 geehrt.

ZHU-LIANG YANG erhielt 1997 den Promotionspreis der Universität Tübingen.

Schlussbemerkungen

Stichpunktartig sollen abschließend einige wichtige Zusammenhänge angesprochen werden, die zumeist in diesem Rückblick erkennbar sind. – Für den Zeitraum von 1974 bis 2011 wurde mit unseren Forschungsergebnissen ein eigener Beitrag zur Geschichte der Mykologie geliefert. Themenwandel und Methodeneinsatz sind bei mehreren unserer Forschungsrichtungen und den Autoren chronologisch sehr gut zu verfolgen.

– Die Chronologie der Publikationen einzelner Mitarbeiter und der gesamten Gruppe zeigt, wie integrative Forschungsansätze entstanden sind und sich durchgesetzt haben. Sie lässt auch das Entstehen und Verschwinden von Kooperationen sowie die Entwicklung neuer Schwerpunkte an neuen Orten erkennen.

– In den allermeisten Lehrveranstaltungen haben wir den Substraten der Pilze die größtmögliche Aufmerksamkeit gezollt, besonders den Pflanzen. Für die Koevolution der Parasiten dienten die Rostpilze als Modell. Verständlich war der Widerstand, dieses Konzept auch auf die Brandpilze anzuwenden. Mit der schrittweisen Klärung der Phylogenie in dieser Gruppe ging auch die Akzeptanz ihrer koevolutiven Prozesse einher.

– Es gab mehrere Lehrveranstaltungen unter dem Motto „vom Gelände zum Labor“. Der über Jahrzehnte andauernde Oberjoch-Pilzkurs wird von vielen ehemaligen Teilnehmern unter dieser erfolgreichen Zielvorstellung gesehen, desgleichen der Pilzzeichenkurs und weitere einschlägige Praktika.

– Lichtmikroskopie haben wir mit Studierenden ab dem zweiten Semester und besonders in Kursen des Hauptstudiums ausgiebig geübt. Für manche so ausgebildete Mykologen blieb das Prinzip, „zuerst Lebendbeobachtung im Wasserpräparat“, für ihre weitergehende Forschung verbindlich und sehr erfolgreich.

– Unsere Lehr- und Forschungsangebote haben wesentlich dazu beigetragen, dass wir Studierende begeistern und qualifizierte Mykologen ausbilden konnten.

– In Lehre und Forschung konnte immer nachhaltig vermittelt werden: Kein Ökologieverständnis ohne Organismenkenntnis.

– Eine besondere Herausforderung war die Verfügbarkeit der geeignetsten Organismen für unsere Untersuchungen. Oft war dies die Suche nach bisher unbekanntem Arten, etwa bei Mykoparasiten, Rost- und Brandpilzen, Käfersymbionten, unbekanntem Mykorrhizapartnern und Endophyten, und vielen „Höheren Pilzen“.

– Mit *Sebacina* und *Tulasnella* waren früher nur einige wenige Mykologen vertraut. Mykorrhiza- und Endophytenforschung hat ein beachtliches Interesse an diesen Gattungen wachgerufen, deren Systematik noch der Klärung harret.

– Es gehört zu unserem besonderen Erfolg, dass „exportiert“ werden konnte, gut ausgebildete Mitarbeiter zu allererst, dann aber auch Forschungsthemen zu bestimmten Organismengruppen und sogar Untersuchungsmethoden.

– Die Qualifikation und der intensive Einsatz vieler Mitarbeiter hat den hier dokumentierten Erfolg möglich gemacht. Dafür sind mehrere Mitarbeiter mit Ehrungen und Preisen ausgezeichnet worden. Weil das auch auf den Autor zutrifft, wurden nur diejenigen für ehemalige Doktorandinnen und Doktoranden angeführt.

Dank

Der vorliegende Rückblick belegt ein Netzwerk von Kooperationen, persönlich, institutionell, landesweit und international. Durch Publikationen sind viele Mitarbeiter nominell erfasst, Mitarbeiter mit Schwerpunkten außerhalb der Mykologie und Nichtautoren bleiben leider unerwähnt. Unter diesen wären viele zu nennen, in

ganz unterschiedlichen Bereichen. Ihnen allen soll hier für ihre Tätigkeiten in gemeinsamer Sache gedankt werden. Besonderer Dank gilt drei Mitarbeiterinnen mit außergewöhnlichem Einsatz: BRIGITTE HINDERER im Sekretariat, CORNELIA DILGER-ENDRULAT im Herbarium und LJUBOV KISIMOVA-HOROVITZ im Labor. Ohne sie hätten unsere Arbeiten nicht entstehen können. Gedankt sei auch MARKUS SCHOLLER, denn ohne seine Initiative zur Dokumentation der Mykologie in Baden-Württemberg wäre dieser Beitrag nicht entstanden. GÜNTHER DEML danke ich für die tatkräftige Unterstützung bei der Literaturbeschaffung. PAUL BLANZ, ROLAND KIRSCHNER, GABRIELE und MARTIN SCHABERT, MICHAEL WEISS und ZHU-LIANG YANG haben Korrekturen und/oder kritische Anmerkungen zu verschiedenen Versionen des Manuskripts geliefert. Für diese mühsame und zeitraubende Arbeit danke ich ihnen sehr. Meine Frau, BARBARA OBERWINKLER, hat diese Arbeit mit Hinweisen und Ratschlägen vielfältig begleitet.

Unsere Forschungsvorhaben konnten nicht einzeln dargestellt werden. Die meisten Projekte, aus denen unsere Publikationen hervorgingen, wurden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) finanziert. Auch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) war ein wesentlicher Geldgeber. Ihnen und den ungenannt bleibenden Geldgebern sei hier für ihre Unterstützung nachdrücklich gedankt.

Literatur

- AGERER, R. (1975): *Flagelloscypha*. Studien an cyphelloiden Basidiomyceten. – *Sydowia*, **27**: 1-265. Dissertation Universität München.
- AGERER, R. (1976): *Cyphella digitalis* A. & S. ex Fr. – Ein schüsselförmiger Basidiomycet. – *Z. Pilzk.*, **42**: 39-44.
- AGERER, R. (1978a): *Lachnella-Crinipellis*, *Stigmatomma-Fistulina*: zwei Verwandtschaftsreihen? – *Z. Mykol.*, **44**: 51-70.
- AGERER, R. (1978b): Cyphelloide Pilze aus Teneriffa. – *Nova Hedwigia*, **30**: 295-341.
- AGERER, R. (1979a): *Flagelloscypha* sect. *Lachnelloscypha*, a link between the genera *Lachnella* and *Flagelloscypha*. – *Persoonia*, **10**: 337-346.
- AGERER, R. (1979b): A new combination in the genus *Flagelloscypha* and a contribution to the identity of *Cyphella peckii*. – *Mycotaxon*, **9**: 464-468.
- AGERER, R. (1979c): Typusstudien an cyphelloiden Pilzen I. Zur Identität von *Lachnella alboflavida* BRES. ex W. B. COOKE. – *Z. Mykol.*, **45**: 191-194.
- AGERER, R. (1979d): Typusstudien an cyphelloiden Pilzen II. *Rectipilus erubescens*. – *Sydowia*, **32**: 1-4.
- AGERER, R. (1979e): Typusstudien an cyphelloiden Pilzen III. *Flagelloscypha orthospora*, *F. pseudopanax*, *F. tongariro*. – *Sydowia*, **32**: 5-12.
- AGERER, R. (1980a): Contribution to neotropical cyphelloid fungi I. Three new species of *Flagelloscypha*. – *Mycotaxon*, **72**: 908-915.
- AGERER, R. (1980b): Contribution to neotropical cyphelloid fungi II. *Deigloria* gen. nov. (Physalacriaceae). – *Mycotaxon*, **12**: 185-200.

- AGERER, R. (1981): Contribution to neotropical cyphelloid fungi III. The new genus *Cyphellocalathus*. – *Mycologia*, **73**: 486-492.
- AGERER, R. (1982): Beitrag zur Flora cyphelloider Pilze aus der Neotropis IV. *Deigloria paraguayensis*. – *Z. Mykol.*, **48**: 253-255.
- AGERER, R. & BOLDIN, J. (1981): The genus *Amyloflagellula* in West Africa (Basidiomycetes, 'Cyphelloaceae'). – *Sydowia*, **34**: 1-12.
- AGERER, R. & KOTTKE, I. (1981): Sozio-ökologische Studien an Pilzen von Fichten- und Eichen-Buchen-Hainbuchen-Wäldern im Naturpark Schönbuch. – *Z. Mykol.*, **47**: 103-122.
- AGERER, R. & OBERWINKLER, F. (1979): Cyphelloide Tremellaceen. Beihefte – *Sydowia, Annales Mycologici Ser. II*, **8**: 26-32.
- AGERER, R., PIEPENBRING, M. & BLANZ, P. (eds.) (2004): *Frontiers in Basidiomycete Mycology*. – pp. 428; Eching (IHW-Verlag).
- AGERER, R., PRILLINGER, H. J. & NOLL, H. P. (1980): Studien zur Sippenstruktur der Gattung *Cyphellopsis* I. Darstellung zweier Ausgangssippen. – *Z. Mykol.*, **46**: 177-207.
- AIME, M. C., MATHENY, P. B., HENK, D. A., FRIEDERS, E. M., NILSSON, R. H., PIEPENBRING, M., MCLAUGHLIN, D. J., SZABO, L. J., BEGEROW, D., SAMPAIO, J. P., BAUER, R., WEISS, M., OBERWINKLER, F. & HIBBETT, D. (2006): An overview of the higher level classification of Pucciniomycotina based on combined analyses of nuclear large and small subunit rDNA sequences. – *Mycologia*, **98**: 896-905.
- AMMIRATI, J., GARNICA, S., HALLING, R. E., MATA, M., MUELLER, G. M. & CARRANZA, J. (2007): New *Cortinari* species associated with *Quercus* and *Comarostaphylis* in Costa Rica. – *Canad. J. Bot.*, **85**: 794-812.
- ANKE, T., OBERWINKLER, F., STEGLICH, W. & HÖFLE, G. (1977): The Striatins – new antibiotics from *Cyathus striatus* (HUDS. ex PERS.) WILLD. – *J. Antibiot.*, **30**: 221-225.
- AOKI, T., TOKUMASU, S. & OBERWINKLER, F. (1992): Fungal succession on fir needles in Germany. – *Trans. Myc. Soc. Jap.*, **33**: 359-374.
- BANDONI, R. & OBERWINKLER, F. (1981): *Hyalopycnis blepharistoma*: a pycnidial basidiomycete. – *Canad. J. Bot.*, **59**: 1613-1620.
- BANDONI, R. & OBERWINKLER, F. (1982): *Stilbotulasnella*: a new genus in the Tulasnellaceae. – *Canad. J. Bot.*, **60**: 1875-1879.
- BANDONI, R. & OBERWINKLER, F. (1983): On some species of *Tremella* described by ALFRED MÖLLER. – *Mycologia*, **75**: 854-863.
- BANDONI, R., OBERWINKLER, F. & BANDONI, A. (1991): On species of *Filobasidium* associated with *Yuccas*. – *System. Appl. Microbiol.*, **14**: 98-101.
- BANDONI, R., OBERWINKLER, F. & WELLS, K. (1982): On the poroid genera of the Tremellaceae. – *Canad. J. Bot.*, **60**: 998-1003.
- BASIEWICZ, M., WEISS, M., KOGEL, K.-H., LANGEN, G., ZORN, H. & ZUCCARO, A. (2011): Molecular and phenotypic characterization of *Sebacina vermifera* strains associated with orchids, and the description of *Piriformospora williamsii* sp. nov. – *Fungal Biology*, doi: 10.1016/j.funbio.2011.11.003.
- BAUER, R. (1983): Experimentell-ontogenetische und karyologische Untersuchungen an Uredinales. – Dissertation Universität Tübingen.
- BAUER, R. (1986): Basidiosporentwicklung und -keimung bei Heterobasidiomyceten. Teil A: Experimentell-ontogenetische und karyologische Untersuchungen an keimenden Rostpilzbasidiosporen. – *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, **99**: 67-81.
- BAUER, R. (1987): Uredinales – Germination of basidiospores and pycnospores. – *Stud. Mycol.*, **30**: 111-125.
- BAUER, R. (2004): Basidiomycetous interfungal cellular interactions – a synopsis. – In: AGERER, R., PIEPENBRING, M., BLANZ, P. (eds): *Frontiers in basidiomycete mycology*. – 325-337; Eching (IHW-Verlag).
- BAUER, R., BEGEROW, D., NAGLER, A. & OBERWINKLER, F. (2001b): The Georfischeriales: a phylogenetic hypothesis. – *Mycol. Res.*, **105**: 416-424.
- BAUER, R., BEGEROW, D. & OBERWINKLER, F. (1998): Progress in the systematics of smut fungi. – *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten*, **105**: 224-238.
- BAUER, R., BEGEROW, D. & OBERWINKLER, F. (2008a): Ustilaginomycotina R. BAUER, The true smut fungi. <http://tolweb.org/Ustilaginomycotina/20530/2008.01.23> in The Tree of Life Web Project, <http://tolweb.org/>
- BAUER, R., BEGEROW, D., OBERWINKLER, F. & MARVANOVA, L. (2003): *Classicula*: the teleomorph of *Naiadella fluitans*. – *Mycologia*, **95**: 756-764.
- BAUER, R., BEGEROW, D., OBERWINKLER, F., PIEPENBRING, M. & BERBEE, M. L. (2001a): Ustilaginomycetes. – In: MCLAUGHLIN, D. J., MCLAUGHLIN, E. G. & LEMKE, P. A.: *Mycota VII Part B. Systematics and evolution*. – 57-83; Heidelberg, New York (Springer Verlag).
- BAUER, R., BEGEROW, D., SAMPAIO, J. P., WEISS, M. & OBERWINKLER, F. (2006): The simple-septate basidiomycetes: a synopsis. – *Mycol. Progr.*, **5**: 41-66.
- BAUER, R., BERBEE, M. L. & OBERWINKLER, F. (1991): An electron-microscopic study of meiosis and the spindle pole body cycle in the smut fungus *Sphacelotheca polygoni-serrulati*. – *Canad. J. Bot.*, **69**: 245-255.
- BAUER, R., LUTZ, M., BEGEROW, D., PIATEK, M., VÁNKY, K., BÁCIGALOVÁ, K. & OBERWINKLER, F. (2008b): Anther smut fungi on monocots. – *Mycol. Res.*, **112**: 1297-1306.
- BAUER, R., LUTZ, M. & OBERWINKLER, F. (2004): *Tuberulina*-rusts: a unique basidiomycetous interfungal cellular interaction with horizontal nuclear transfer. – *Mycologia*, **96**: 960-967.
- BAUER, R., LUTZ, M. & OBERWINKLER, F. (2005): *Gjaerumia*, a new genus in the Georfischeriales (Ustilaginomycetes). – *Mycol. Res.*, **109**: 1250-1258.
- BAUER, R., LUTZ, M., PIATEK, M., VÁNKY, K. & OBERWINKLER, F. (2007): *Flamingomyces* and *Parvulago*, new genera of marine smut fungi (Ustilaginomycotina). – *Mycol. Res.*, **111**: 1199-1206.
- BAUER, R., MENDGEN, K. & OBERWINKLER, F. (1995a): Cellular interaction of the smut fungus *Ustacystis waldsteiniae*. – *Canad. J. Bot.*, **73**: 867-883.

- BAUER, R., MENDGEN, K. & OBERWINKLER, F. (1995b): Septal pore apparatus of the smut *Ustacystis waldsteini*ae. – *Mycologia*, **87**: 18-24.
- BAUER, R., METZLER, B., BEGEROW, D. & OBERWINKLER, F. (2009): *Cystobasidiopsis nirenbergiae*, a new agaricostilbomycete (Pucciniomycotina). – *Mycol. Res.*, **113**: 960-966.
- BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1986a): Experimentell-ontogenetische Untersuchungen an Phragmobasidien. – *Z. Mykol.*, **52**: 259-264.
- BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1986b): Experimentell-ontogenetische und karyologische Untersuchungen an *Ochropsora ariae* (FUCK.) RAMSB. – *Z. Mykol.*, **52**: 271-275.
- BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1988): Nuclear degeneration during ballistospore formation of *Cronartium asclepiadeum* (Uredinales). – *Bot. Acta*, **101**: 272-282.
- BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1990a): Direct cytoplasm connection: an unusual host-parasite interaction of the tremelloid mycoparasite *Tetragoniomyces uliginosus*. – *Protoplasma*, **154**: 157-160.
- BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1990b): Haustoria of the mycoparasitic heterobasidiomycete *Christiansenia pallida*. – *Cytologia*, **55**: 419-424.
- BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1990c): Meiosis, spindle pole body cycle and taxonomy of the heterobasidiomycete *Pachnocybe ferruginea*. – *Plant Syst. Evol.*, **172**: 241-261.
- BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1991): The colacosomes: new structures at the host-parasite interface of a mycoparasitic basidiomycete. – *Bot. Acta*, **104**: 53-57.
- BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1994): Meiosis, septal pore architecture, and systematic position of the heterobasidiomycetous fern parasite *Herpobasidium filicinum*. – *Canad. J. Bot.*, **72**: 1229-1242.
- BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1997): The Ustomycota: an inventory. – *Mycotaxon*, **64**: 303-319.
- BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (2004): Cellular ustilaginomycete-host interactions. – In: VARMA, A., ABBOTT, L., WERNER, D. & HAMPP, R. (eds): *Plant Surface Microbiology*: 227-236; Heidelberg (Springer).
- BAUER, R., OBERWINKLER, F. & DEML, G. (1989): Ultrastruktur der Basidiensepten phragmobasidialer Brandpilze. – *Z. Mykol.*, **55**: 163-168.
- BAUER, R., OBERWINKLER, F. & McLAUGHLIN, D. J. (1992): Meiosis, spindle pole body cycle and basidium ontogeny in the heterobasidiomycete *Agaricostilbum pulcherrimum*. – *System. Appl. Microbiol.*, **15**: 259-274.
- BAUER, R., OBERWINKLER, F. & VÁNKY, K. (1997): Ultrastructural markers and systematics in smut fungi and allied taxa. – *Canad. J. Bot.*, **75**: 1273-1314.
- BAUER, R., OBERWINKLER, F. & VÁNKY, K. (1999a): Ustilaginomycetes on *Osmunda*. – *Mycologia*, **91**: 669-675.
- BAUER, R., VÁNKY, K., BEGEROW, D. & OBERWINKLER, F. (1999b): Ustilaginomycetes on *Selaginella*. – *Mycologia*, **91**: 475-484.
- BECK, A., HAUG, I., OBERWINKLER, F. & KOTTKE, I. (2007): Structural characterization and molecular identification of arbuscular mycorrhiza morphotypes of *Alzatea verticillata* (Alzateaceae), a prominent tree in the tropical mountain rain forest of South Ecuador. – *Mycorrhiza*, **17**: 607-625.
- BECK, E. & KOTTKE, I. (2008): Facing a hotspot of biodiversity. – *Basic Appl. Ecol.*, **9**: 1-3.
- BECK, A., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (2005): Two members of the Glomeromycota form distinct ectendomycorrhizas with *Alzatea verticillata*, a prominent tree in the mountain rain forest of southern Ecuador. – *Mycol. Progr.*, **4**: 11-22.
- BECKMANN, S., HAUG, I., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1998): Stickstoffdeposition in den Mykorrhizen der Fichte. – In: RASPE, S., FEGER, K. H. & ZÖTTL, H. W. (Hrsg.): *Ökosystemforschung im Schwarzwald. Auswirkungen von atmosphärischen Einträgen und Restabilisierungsmaßnahmen auf den Wasser- und Stoffhaushalt von Fichtenwäldern*. – 325-335; Verbundprojekt ARINUS, Landsberg (Ecomed Verlagsges).
- BECKMANN, S., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1996): Pilz-Baumwurzelsymbiosen als ökologischer Faktor in mitteleuropäischen Wäldern. – Bedeutung und Nutzung der Ektomykorrhiza insbesondere bei steigender Stickstoffbelastung. – *Tübinger Geographische Studien*, **116**: 185-200.
- BEGEROW, D., BAUER, R. & BOEKHOUT, T. (2000): Phylogenetic placements of ustilaginomycetous anamorphs as deduced from nuclear LSU rDNA sequences. – *Mycol. Res.*, **104**: 53-60.
- BEGEROW, D., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1997): Phylogenetic studies on nuclear large subunit ribosomal DNA sequences of smut fungi and related taxa. – *Canad. J. Bot.*, **75**: 2045-2056.
- BEGEROW, D., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (2001): *Muri-basidiospora*: Microstromatales or Exobasidiales? – *Mycol. Res.*, **105**: 798-810.
- BEGEROW, D., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (2002a): The Exobasidiales: an evolutionary hypothesis. – *Mycol. Progr.*, **1**: 187-199.
- BEGEROW, D., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (2002b): The sterigmata of *Volvocisporium*: a clarification. – *Mycol. Res.*, **106**: 131.
- BEGEROW, D., GÖKER, M., LUTZ, M. & STOLL, M. (2004b): On the evolution of smut fungi on their hosts. – In: AGERER, R., BLANZ, P., & PIEPENBRING, M. (eds.): *Frontiers in Basidiomycete Mycology*: 81-98; Eching (IHW-Verlag).
- BEGEROW, D., JOHN, B. & OBERWINKLER, F. (2004a): Evolutionary relationships among β -tubulin gene sequences of basidiomycetous fungi. – *Mycol. Res.*, **108**: 1257-1263.
- BEGEROW, D., LUTZ, M. & OBERWINKLER, F. (2002c): Implications of molecular characters for the phylogeny of the genus *Entyloma*. – *Mycol. Res.*, **106**: 1392-1399.
- BEGEROW, D., STOLL, M. & BAUER, R. (2006): A phylogenetic hypothesis of Ustilaginomycotina based on multiple gene analyses and morphological data. – *Mycologia*, **98**: 906-916.
- BERBEE, M., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1990): The spindle pole body cycle, meiosis, and basidial cytology of the smut fungus *Microbotryum violaceum*. – *Canad. J. Bot.*, **69**: 1795-1803.

- BERNDT, R. (1993): Untersuchungen zur Ultrastruktur und Anatomie der Melampsoraceen s.l. (Uredinales, Basidiomycetes). Dissertation Universität Tübingen.
- BERNDT, R. (1995): *Diabolidium*, a new genus of rust fungi (Uredinales). – *Mycotaxon*, **54**: 263-271.
- BERNDT, R. (1996a): *Diorchidium taiwanensis* sp. nov. (Uredinales), a new *Diorchidium* from Taiwan. – *Mycotaxon*, **59**: 253-257.
- BERNDT, R. (1996b): New species and a new variety of rust fungi (Uredinales) on legumes from tropical America. – *Mycotaxon*, **59**: 259-267.
- BERNDT, R. (1996c): Ultrastructure of D-haustoria of *Coelosporium* spp. (rust fungi, Uredinales). – *Sydowia*, **48**: 263-272.
- BERNDT, R. (1997a): Morphology of haustoria of *Ravenelia* and *Kernkampella* spp. – *Mycol. Res.*, **101**: 23-34.
- BERNDT, R. (1997b): *Cerotelium dioscoreae*, a new rust fungus on *Dioscorea*. – *Mycol. Res.*, **101**: 3011-314.
- BERNDT, R. (1998a): New *Puccinia* species on *Baccharis* from Ecuador and Costa Rica. – *Mycol. Res.*, **102**: 1108-1122.
- BERNDT, R. (1998b): New species of neotropical rust fungi. – *Mycologia*, **90**: 518-526.
- BERNDT, R. (1999): Neotropical rust fungi: new species and observations. – *Mycologia*, **91**: 1045-1059.
- BERNDT, R. (2002): Additions to rust fungi of Argentina. – *Mycologia*, **94**: 523-534.
- BERNDT, R. (2004): A checklist of Costa Rican rust fungi. – In: AGERER, R., BLANZ, P. & PIEPENBRING, M. (eds.): *Frontiers in Basidiomycete Mycology*: 185-236; Eching (IHW-Verlag).
- BERNDT, R., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1994): Ultrastructure of the host-parasite interface in the fern rusts *Milesia*, *Uredinopsis*, and *Hyalopsora* (Uredinales, Pucciniastraceae). – *Canad. J. Bot.*, **72**: 1084-1094.
- BERNDT, R., FREIRE, F. & BASTOS, C. N. (2002): *Crossopora piperis*, a new rust species from Brazil. – *Mycotaxon*, **83**: 265-268.
- BERNDT, R., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1990): Ascomycete mycorrhizas from pot-grown silver-fir seedlings (*Abies alba* Mill.). – *New Phyt.*, **115**: 471-482.
- BERNDT, R. & OBERWINKLER, F. (1992): Ultrastructure of septal pores of mycorrhiza-forming Ascomycetes. – *Mycologia*, **84**: 360-366.
- BERNDT, R. & OBERWINKLER, F. (1995): Ultrastructure of the parasitic interface of *Pucciniastrum*, *Thekopsora*, *Naohidemycetes*, and *Calyptospora* (Uredinales, Pucciniastraceae). – *Mycoscience*, **36**: 51-59.
- BERNDT, R. & OBERWINKLER, F. (1997): Haustorial ultrastructure and morphology of *Melampsorella* and *Thekopsora areolata*. – *Mycologia*, **89**: 698-705.
- BERNDT, R. & SHARMA, N.D. (1998): *Dicellomyces calami* sp. nov., from India. – *Mycol. Res.*, **102**: 1484-1486.
- BERNDT, R. & UHLMANN, E. (2006): New species, reports, observations and taxonomical changes of southern African rust fungi (Uredinales). – *Mycol. Progr.*, **5**: 154-177.
- BIALEK, R., GONZÁLEZ, G. M., BEGEROW, D. & ZELCK, U. E. (2005): Coccidioid mycosis and blastomycosis: advances in molecular diagnosis. – *FEMS Immun. Med. Microbio.*, **45**: 355-360.
- BIALEK, R., IBRICEVIC, A., FOTHERGILL, A. & BEGEROW, D. (2000): Small subunit ribosomal DNA sequence shows *Paracoccidioides brasiliensis* closely related to *Blastomyces dermatitidis*. – *J. Clin. Microbio.*, **38**: 3190-3193.
- BIALEK, R., WEISS, M., BEKURE-NEMARIAM, K., NAJVA, L. K., ALBERDI, M. B., GRAYBILL, J. R. & REISCHL, U. (2002): Detection of *Cryptococcus neoformans* DNA in tissue samples by nested and real-time PCR assays. – *Clin. Diagn. Lab. Immunol.*, **9**: 461-469.
- BIDARTONDO, M. I., BRUNS, T. D., WEISS, M., SÉRGIO, C. & READ, D. J. (2003): Specialized cheating of the ectomycorrhizal symbiosis by an epiparasitic liverwort. – *Proc. R. Soc. Lond. B*, **270**: 835-842.
- BIEGERT, G. (1999): Sukzessionsprozesse auf Sturmwurfflächen – Wechselwirkungen zwischen der streuzersetzenden Mikropilzflora und dem Substrat Humusaufgabe. – Dissertation Universität Tübingen.
- BLANZ, P. (1977): Vergleichende Merkmalsanalysen an *Exobasidium*-Arten und verwandten Basidiomyceten. – Dissertation Universität Tübingen.
- BLANZ, P. (1978): Über die systematische Stellung der Exobasidiales. – *Z. Mykol.*, **44**: 91-108.
- BLANZ, P. & GOTTSCHALK, M. (1985): Systematic position of *Septobasidium*, *Graphiola* and other Basidiomycetes as deduced from their 5S ribosomal RNA nucleotide sequences. – *System. Appl. Microbiol.*, **8**: 121-127.
- BLANZ, P. & OBERWINKLER, F. (1983): A contribution to the species definition in the genus *Exobasidium* (Basidiomycetes). – *System. Appl. Microbiol.*, **4**: 199-206.
- BLASIVUS, D. (1989): Studien zur Struktur und Dynamik von Ektomykorrhizen der Fichte. – Dissertation Universität Tübingen.
- BLASIVUS, D., FEIL, W., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1986): Hartig net structure and formation in fully ensheathed ectomycorrhizas. – *Nord. J. Bot.*, **6**: 837-842.
- BLASIVUS, D., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1985): Zur Bewertung der Güte von Fichtenwurzeln geschädigter Bestände. – *Forstw. Cbl.*, **104**: 318-325.
- BLASIVUS, D., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1989): Spatial and seasonal dynamics of ectomycorrhizae of *Picea abies* (L.) KARST. in the Black Forest. – *Agric. Ecosyst. Environ.*, **28**: 27-30.
- BLASIVUS, D. & OBERWINKLER, F. (1989): Succession of mycorrhizae – a matter of tree age or stand age. – *Ann. Sci. Forest.*, **46**: 758-761.
- BOEKHOUT, T., GILDEMACHER, P., THEELEN, B., MÜLLER, W. H., HEIJNE, B. & LUTZ, M. (2006): Extensive colonization of apples by smut anamorphs causes a new postharvest disorder. – *FEMS Yeast Research*, **6**: 63-76.
- BÜCKING, H., BECKMANN, S., HEYSER, W. & KOTTKE, I. (1998): Elemental contents in vacuolar granules of ectomycorrhizal fungi measured by EELS and EDXS. A comparison of different methods and preparation techniques. – *Micron*, **29**: 53-61.

- BUSCOT, F. & KOTTKE, I. (1990): The association of *Morchella rotunda* (PERS.) BOUDIER with roots of *Picea abies* (L.) KARST. – *New Phyt.*, **116**: 425-430.
- CELIO, G. J., PADAMSEE, M., DENTINGER, B. T. M., BAUER, R. & McLAUGHLIN, D. J. (2006): Assembling the Fungal Tree of Life: constructing the structural and biochemical database. – *Mycologia*, **98**: 850-859.
- CHEN, C.-J. (1998): Morphological and molecular studies in the genus *Tremella*. – *Bibliotheca Mycologica*, **174**: 1-225.
- CHEN, C.-J. & OBERWINKLER, F. (2000a): *Heteromycesphaga tremellicola* found in the neotype specimen of *Tremella brasiliensis*. – *Mycotaxon*, **76**: 163-169.
- CHEN, C.-J. & OBERWINKLER, F. (2000b): *Helicogloea* species collected in Taiwan. – *Mycologia*, **96**: 418-423.
- CHEN, C.-J. & OBERWINKLER, F. (2004): *Amauromyces farinaceous*, a rare known species and new record from Taiwan. – *Mycologia*, **96**: 418-423.
- CHEN, C.-J. & OBERWINKLER, F., CHEN, Z.-C. (1997): *Syzygospora nivalis* sp. nov. from Taiwan. – *Mycotaxon*, **67**: 217-226.
- CHEN, C.-J., OBERWINKLER, F. & CHEN, Z.-C. (2001): Restudy of some type specimens of *Tremella*. – *Mycotaxon*, **77**: 215-224.
- CHEN, C.-J., OBERWINKLER, F. & CHEN, Z.-C. (2002): *Heterorepetobasidium*, a new genus in the Auriculariales. – *Mycologia*, **94**: 515-522.
- COMANDINI, O., HAUG, I., RINALDI, A. C. & KUYPER, T. W. (2004): Uniting *Tricholoma sulphureum* and *T. bufonium*. – *Myc. Res.*, **108**: 1162-1171.
- CRUZ, D., SUÁREZ, J. P., KOTTKE, I., PIEPENBRING, M. & OBERWINKLER, F. (2010): Defining species in *Tulasnella* by correlating morphology and nrDNA ITS-5.8S sequence data of Basidiomycota from a tropical Andean forest. – *Mycol. Progr.*, doi 10.1007/s11557-010-0692-3.
- DE BEER, W., BEGEROW, D., BAUER, R., PEGG, G. S., CROUS, P. W. & WINGFIELD, M. J. (2006): Phylogeny of the Quambalariaceae fam. nov., including important *Eucalyptus* pathogens in South Africa and Australia. – *Stud. Mycol.*, **55**: 293-302.
- DEML, G. (1977a): Vergleichende feinstrukturelle und chemische Merkmalsanalysen an Ustilaginales-Arten. – Dissertation Universität Tübingen.
- DEML, G. (1977b): Feinstrukturelle Merkmalsanalysen an Ustilaginales-Arten. – *Z. Pilzk.*, **43**: 291-303.
- DEML, G. (1983): Über die Brandpilze von *Hyparrhenia hirta* (L.) STAPF. I. *Sporisorium transissum* (TUL.) G. DEML comb. nov. – *Z. Mykol.*, **49**: 171-178.
- DEML, G. (1985): A survey on siderophore formation in low-iron cultured smuts from the floral parts of Polygonaceae. – *System. Appl. Microbiol.*, **6**: 23-24.
- DEML, G. (1986): Keimung phragmobasidialer Brandpilze. – *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, **99**: 83-88.
- DEML, G., ANKE, T., OBERWINKLER, F., GIANNETTI, B. M. & STEGLICH, W. (1980): Schizonellin A and B, new glycolipids from *Schizonella melanogramma*. – *Phytochem.*, **19**: 83-87.
- DEML, G., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1982a): Axenische Kultur von *Coleosporium tussilaginis* (PERS.) LÉV. (Uredinales). II. Kreuzungsversuche mit monokaryotischen Stämmen. – *Phytopath. Z.*, **103**: 149-155.
- DEML, G., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1982b): Axenic cultures of *Coleosporium tussilaginis* (Uredinales). I. Isolation, identification and characterization of the cultures. – *Phytopath. Z.*, **104**: 39-45.
- DEML, G., NEBEL, M. & OBERWINKLER, F. (1981a): Light and scanning electron microscopic studies of spore formation in *Ustilago pustulata* and *U. scabiosae*. – *Canad. J. Bot.*, **59**: 122-128.
- DEML, G. & OBERWINKLER, F. (1980): Siderochromes from heterobasidiomycetes with ontogenetic yeast phases and related species. – In: STEWART, G. G. & RUSSEL, I. (eds.): Current developments in yeast research: 509-514; Toronto (Pergamon Press).
- DEML, G. & OBERWINKLER, F. (1981): Investigations on *Entorrhiza casparyana* by light- and electronmicroscopy. – *Mycologia*, **73**: 392-398.
- DEML, G. & OBERWINKLER, F. (1982a): On *Ustilago violacea* (PERS.) ROUSS. from *Saponaria officinalis* L. – *Phytopath. Z.*, **104**: 345-356.
- DEML, G. & OBERWINKLER, F. (1982b): A survey on siderophore formation in low-iron cultured anther smuts of Caryophyllaceae. – *Zbl. Bakt. Hyg. I. Abt. Orig. C*, **3**: 475-477.
- DEML, G. & OBERWINKLER, F. (1983): On the anther smuts of *Silene vulgaris* (MOENCH) GÄRCKE. – *Phytopath. Z.*, **108**: 61-70.
- DEML, G., POHL, A. & OBERWINKLER, F. (1981b): Brandpilze auf Polygonaceen. – *Z. Mykol.*, **47**: 257-270.
- DEML, G., VOGES, K., JUNG, G. & WINKELMANN, G. (1984): Tetraglycyllferrichrome – the first heptapeptide ferrichrome. – *FEBS Letters*, **173**: 53-57.
- DEML, G., OBERWINKLER, F. & BAUER, R. (1985): *Sphacelotheca polygони-persicariae* G. DEML & OBERW. spec. nov. – *Phytopath. Z.*, **113**: 231-242.
- DESHMUKH, S., HÜCKELHOVEN, R., SCHÄFER, P., IMANI, J., SHARMA, M., WEISS, M., WALLER, F. & KOGEL, K.-H. (2006): The root endophytic fungus *Piriformospora indica* requires host cell death for proliferation during mutualistic symbiosis with barley. – *PNAS*, **103**: 18450-18457.
- EBERHARDT, U. (2000): Molekulare Analysen zur Verwandtschaft der agaricoiden Russulaceen im Vergleich mit Mykorrhiza- und Fruchtkörpermerkmalen. – Dissertation Universität Tübingen.
- EBERHARDT, U., OBERWINKLER, F., VERBEKEN, A., RINALDI, A., PACIONI, G. & COMANDINI, O. (2000): *Lactarius ectomycorrhizae* on *Abies alba*: morphological description, molecular characterization, and taxonomic remarks. – *Mycologia*, **92**: 860-873.
- EBERHARDT, U., WALTER L. & KOTTKE, I. (1999): Molecular and morphological discrimination between *Tylospora fibrillosa* and *Tylospora asterophora* mycorrhizae. – *Canad. J. Bot.*, **77**: 11-21.
- EL-ASHKAR, A. (1993): Mikropilzflora des Bodens und der Rhizoplane von Mykorrhizen eines Buchenwaldes und zweier Fichtenbestände. – Dissertation Universität Tübingen.

- EL-HISSY, F. T. & OBERWINKLER, F. (1999a): Aquatic Phycomyces isolated from natural surface waters in Baden-Württemberg (Germany). – *Acta Microbiol. Polon.*, **48**: 363-372.
- EL-HISSY, F. T. & OBERWINKLER, F. (1999b): Oomycetes and Chytridiomycetes (Mastigomycotina) from different soil habitats in Tübingen region (Germany). – *Acta Hydrobiol.*, **41**: 139-153.
- FAJARDO LÓPEZ, M., DIETZ, S., GRUNZE, N., BLOSCHIES, J., WEISS, M. & NEHLS, U. (2008): The sugar porter gene family of *Laccaria bicolor*: function in ectomycorrhizal symbiosis and avoidance of carbohydrate leakage. – *New Phyt.*, **180**: 365-378.
- FEIL, W. (1989): Morphologische und anatomische Untersuchungen zur Reaktion der Mykorrhizen von *Picea abies* (L.) KARST. auf natürlichen und experimentellen Trockenstreß. – Dissertation Universität Tübingen.
- FEIL, W., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1988): The effect of drought on mycorrhizal growth and very fine root systems of *Picea abies* (L.) KARST. under natural and experimental conditions. – *Plant and Soil*, **108**: 221-231.
- FROBÖSE, C. (1998): Genetische Variabilität bei *Phlebiopsis gigantea*, einem Antagonisten zu *Heterobasidion annosum*. – Dissertation Universität Tübingen.
- GARCÍA-BLÁZQUEZ, G., GÖKER, M., VOGLMAYR, H., MARTIN, M. P., TELLERIA, M. T. & OBERWINKLER, F. (2008): Phylogeny of *Peronospora*, parasitic on Fabaceae, based on ITS sequences. – *Mycol. Res.*, **112**: 502-512.
- GARNICA, S., SPAHN, P., OERTEL, B., AMMIRATI, J. & OBERWINKLER, F. (2011): Tracking the evolutionary history of *Cortinarius* species in section *Calochroi*, with transoceanic disjunct distributions. – *BMC Evolutionary Biology*, **11**: 213.
- GARNICA, S., WEISS, M. & OBERWINKLER, F. (2002): New *Cortinarius* species from *Nothofagus* forests in south Chile. – *Mycologia*, **94**: 136-145.
- GARNICA, S., WEISS, M. & OBERWINKLER, F. (2003a): Morphological and molecular phylogenetic studies in South American *Cortinarius* species. – *Mycol. Res.*, **107**: 1143-1156.
- GARNICA, S., WEISS, M., OERTEL, B. & OBERWINKLER, F. (2003b): Phylogenetic relationships of European *Phlegmacium* species (*Cortinarius*, Agaricales). – *Mycologia*, **95**: 1155-1170.
- GARNICA, S., WEISS, M., OERTEL, B. & OBERWINKLER, F. (2005): A framework for a phylogenetic classification in the genus *Cortinarius* (Basidiomycota, Agaricales) derived from morphological and molecular data. – *Canad. J. Bot.*, **83**: 1457-1477.
- GARNICA, S., WEISS, M., OERTEL, B., AMMIRATI, J. & OBERWINKLER, F. (2009): Phylogenetic relationships in *Cortinarius*, section *Calochroi*, inferred from nuclear DNA sequences. – *BMC Evolutionary Biology*, **9**: 1, doi:10.1186/1471-2148-8-1.
- GARNICA, S., WEISS, M., WALTHER, G. & OBERWINKLER, F. (2007): Reconstructing the evolution of agarics from nuclear gene sequences and basidiospore ultrastructure. – *Mycol. Res.*, **111**: 1019-1029.
- GEBHARDT, H., BEGEROW, D. & OBERWINKLER, F. (2004): Identification of the ambrosia fungus of *Xyleborus monographus* and *X. dryographus* (Coleoptera: Scolytinae). – *Mycol. Progr.*, **3**: 95-102.
- GEBHARDT, H., KIRSCHNER, R. & OBERWINKLER, F. (2002): A new *Ophiostoma* species isolated from the ambrosia beetle *Xyleborus dryographus* (Coleoptera: Scolytidae). – *Mycol. Progr.*, **1**: 377-382.
- GEBHARDT, H. & OBERWINKLER, F. (2005): Conidial development in selected ambrosial species of the genus *Raffaelea*. – *Antonie van Leeuwenhoek*, **88**: 61-66.
- GEBHARDT, H., WEISS, M. & OBERWINKLER, F. (2005): *Dryadomyces amasae*: a nutritional fungus associated with ambrosia beetles of the genus *Amasa* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae). – *Mycol. Res.*, **109**: 687-696.
- GIANNETTI, B., STEGLICH, W., QUACK, W., ANKE, T. & OBERWINKLER, F. (1978): Antibiotics from basidiomycetes. 6. Merulinic acids A, B, and C, new antibiotics from *Merulius tremellosus* and *Phlebia radiata*. – *Z. Naturf.*, **33**: 807-816.
- GÖKER, M., RIETHMÜLLER, A., VOGLMAYR, H., WEISS, M. & OBERWINKLER, F. (2004): Phylogeny of *Hyaloperonospora* based on nuclear ribosomal internal transcribed spacer sequences. – *Mycol. Progr.*, **3**: 83-94.
- GÖKER, M., VOGLMAYR, H., GARCÍA-BLÁZQUEZ, G. & OBERWINKLER, F. (2009): Species delimitation in downy mildews: the case of *Hyaloperonospora* in the light of nuclear ribosomal ITS and LSU sequences. – *Mycol. Res.*, **113**: 308-325.
- GÖKER, M., VOGLMAYR, H., RIETHMÜLLER, A. & OBERWINKLER, F. (2007): How do obligate parasites evolve? A multi-gene phylogenetic analysis of downy mildews. – *Fungal Genetics and Biology*, **44**: 105-122.
- GÖKER, M., VOGLMAYR, H., RIETHMÜLLER, A., WEISS, M. & OBERWINKLER, F. (2003): Taxonomic aspects of Peronosporaceae inferred from bayesian molecular phylogenetics. – *Canad. J. Bot.*, **81**: 672-683.
- GÖRKE, C. (1998): Mykozönosen von Wurzel und Stamm von Jungbäumen unterschiedlicher Bestandsbegründungen. – *Bibliotheca Mycologica*, **173**: 1-462.
- GÖRKE, C., (1999): Mykozönosen von Wurzel und Stamm von Jungbäumen unterschiedlicher Bestandsbegründungen. – *Jahreshefte der Gesellschaft für Naturkunde in Württemberg*, **155**: 81-96.
- GÖRKE, C. (2004): Are saplings of Norway spruce (*Picea abies*) endangered by the pathogenic basidiomycete *Stereum sanguinolentum*? – In: AGERER, R., BLANZ, P. & PIEPENBRING, M. (eds.): *Frontiers in Basidiomycote Mycology*: 403-410; Eching (IHW-Verlag).
- GÖRKE, C., HONOLD, A. & OBERWINKLER, F. (1996): Sturmwurf: eine Chance für die Waldökosystemforschung. – *Tübinger Geographische Studien*, **116**: 221-235.
- GÖRKE, C., HONOLD, A. & OBERWINKLER, F. (1998): Phytopathogene Pilze aus Wurzel und Stamm juveniler Waldbäume der Naturverjüngung und der Baumschule. – *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem*, **357**: 55.

- GÖRKE, C. & OBERWINKLER, F. (1999a): Phytopathogene Pilze aus juvenilen Waldbäumen von Sturmwurfflächen des Schönbuchs. – In: BÖCKER, R. & KOHLER, A. (eds.): Umweltforschung im Dialog – aktuelle Beiträge aus dem mittleren Neckarraum. – 31. Hohenheimer Umwelttagung: 25-32.
- GÖRKE, C. & OBERWINKLER, F. (1999b): Pilze – ein biotischer Streßfaktor für juvenile Bäume? – Forstliche Forschungsberichte, **176**: 53-60.
- GÖTTEL, G. (1983): Untersuchungen zur Systematik der Gattung *Dacrymyces* NEES per FR. (Basidiomycetes). – Dissertation Universität Tübingen.
- GÓMEZ, P. L. D. & KISIMOVA-HOROVITZ, L. (1998): Basidiomycetes de Costa Rica. Nuevas especies de *Exobasidium* (Exobasidiaceae) y registros de Cryptobasidiales. – Rev. Biol. Trop., **46**: 1081-1093.
- GÓMEZ, L. D. & KISIMOVA-HOROVITZ, L. (2001): A new species of *Septobasidium* from Costa Rica. – Mycotaxon, **80**: 255-259.
- GONZÁLEZ, V., VÁNKY, K., PLATAS, G. & LUTZ, M. (2007): *Portalia* gen. nov. (Ustilaginomycotina). – Fungal Diversity, **27**: 45-55.
- GOTTSCHALK, M. (1985): Untersuchungen zur Phylogenie der Basidiomyceten anhand des Vergleichs der Nukleotidsequenzen ihrer 5S ribosomalen Ribonukleinsäuren. – Dissertation Universität Tübingen.
- GOTTSCHALK, M. & BLANZ, P. (1984): Highly conserved 5S ribosomal RNA sequences in four rust fungi and atypical 5S rRNA secondary structure in *Microstroma juglandis*. – Nucl. Acids Res., **12**: 3951-3958.
- GOTTSCHALK, M. & BLANZ, P. (1985): Untersuchungen an 5S ribosomalen Ribonukleinsäuren als Beitrag zur Klärung von Systematik und Phylogenie der Basidiomyceten. – Z. Mykol., **51**: 205-243.
- HAMPP, R., ECKE, M., SCHAEFFER, C., WALLEND, T., WINGLER, A., KOTTKE, I. & SUNDBERG, B. (1996): Axenic mycorrhization of wild type and transgenic hybrid aspen expressing T-DNA indolacetic acid-biosynthetic genes. – Trees, **11**: 59-64.
- HAUG, I. (1987): Licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen an Mykorrhizen von Fichtenbeständen im Schwarzwald. – Dissertation Universität Tübingen.
- HAUG, I. (1989a): Intercellular infection in the meristematic region of *Piceirhiza gelatinosa* mycorrhizas. – New Phyt., **111**: 203-207.
- HAUG, I. (1989b): Mycorrhization of *Picea abies* with *Pisolithus tinctorius* at different nitrogen levels. – Agriculture, Ecosystems and Environment, **28**: 167-170.
- HAUG, I. & FEGER, K. H. (1990): Effects of fertilization with MgSO₄ and (NH₄)₂SO₄ on soil solution chemistry, mycorrhiza and nutrient content of fine roots in a norway spruce stand. – Water, air and soil pollution, **54**: 453-467.
- HAUG, I., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1986): Licht- und elektronenmikroskopische Untersuchung von Mykorrhizen der Fichte (*Picea abies* (L.) KARST.) in Vertikalprofilen. – Z. Mykol., **52**: 373-392.
- HAUG, I., LEMPE, J., HOMEIER, J., WEISS, M., SETARO, S., OBERWINKLER, F. & KOTTKE, I. (2004): *Graffenrieda emarginata* (Melastomataceae) forms mycorrhizas with Glomeromycota and with a member of the *Hyphomycoscyphus ericae* aggregate in the organic soil of a neotropical mountain rainforest. – Canad. J. Botany, **82**: 340-356.
- HAUG, I. & OBERWINKLER, F. (1987): Some distinct types of spruce mycorrhizae. – Trees, **1**: 172-188.
- HAUG, I., PREUSSING, M., SETARO, S., SUÁREZ, J. P., OBERWINKLER, F. & KOTTKE, I. (2007): 06 Mycorrhizal Fungi. Checklist Reserva Biológica San Francisco (Prov. Zamora-Chinchipe, S. Ecuador). – Ecotropical Monographs, **4**: 119-123.
- HAUG, I. & PRITSCH, K. (1992): Ectomycorrhizal types of spruce (*Picea abies* (L.) KARST.) in the Black Forest. A microscopical atlas. – Kernforschungszentrum Karlsruhe.
- HAUG, I., PRITSCH, K. & OBERWINKLER, F. (1992): Der Einfluss von Düngung auf Feinwurzeln und Mykorrhizen im Kulturversuch und im Freiland. – Forschungsbericht KfK-PEF, **97**: 1-159.
- HAUG, I., WEBER, G. & OBERWINKLER, F. (1988): Intracellular infection by fungi in mycorrhizae of damaged spruce trees. – Eur. J. For. Path., **18**: 112-120.
- HAUG, I., WEBER, R., OBERWINKLER, F. & TSCHEN, J. (1991): Tuberculate mycorrhizas of *Castanopsis borneensis* KING and *Engelhardtia roxburghiana* WALL. – New Phyt., **117**: 25-23.
- HAUG, I., WEBER, R., OBERWINKLER, F. & TSCHEN, J. (1994): The mycorrhizal status of Taiwanese trees and the description of some ectomycorrhizal types. – Trees – Structure and Funktion, **8**: 237-253.
- HAUG, I., WEISS, M., HOMEIER, J., OBERWINKLER, F. & KOTTKE, I. (2005): Russulaceae and Thelephoraceae form ectomycorrhizas with members of the Nyctaginaceae (Caryophyllales) in the tropical mountain rain forest of southern Ecuador. – New Phyt., **165**: 923-936.
- HAUG, I., WUBET, T., WEISS, M., AGUIRRE, N., WEBER, M., GÜNTER, S. & KOTTKE, I. (2010): Species-rich but distinct arbuscular mycorrhizal communities in reforestation plots on degraded pastures and in neighboring pristine tropical mountain rain forest. – Trop. Ecol., **51**: 125-148.
- HECHT, H.-J., HÖFLE, G., STEGLICH, W., ANKE, T. & OBERWINKLER, F. (1978): Striatin A, B, and C: novel diterpenoid antibiotics from *Cyathus striatus*; X-ray crystal structure of striatin – A. JCS. Chem. Comm.: 665-666.
- HENDRICH, M., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (2003): The Cryptobasidiaceae of tropical Central and South America. – Sydowia, **55**: 33-64.
- HENDRICH, M., BEGEROW, D., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (2005): The genus *Anthracoidea* (Basidiomycota, Ustilaginales): a molecular phylogenetic approach using LSU rDNA sequences. – Mycol. Res., **109**: 31-40.
- HENDRICH, M., MICHALSKI, S., BEGEROW, D., OBERWINKLER, F. & HELLWIG, F. H. (2004b): Phylogenetic relationships in *Carex* subgenus *Vignea* (Cyperaceae) based on ITS sequences. – Plant Syst. Evol., **246**: 109-125.

- HENDRICH, M., OBERWINKLER, F., BEGEROW, D. & BAUER, R. (2004a): *Carex*, subgenus *Carex* (Cyperaceae) – A phylogenetic approach using ITS sequences. – *Plant Syst. Evol.*, **246**: 89-107.
- HERRMANN, S., RITTER, T., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1992): Steigerung der Leistungsfähigkeit von Forstpflanzen (*Fagus sylvatica* L. und *Quercus robur* L.) durch kontrollierte Mykorrhizierung. – *Allgem. Forst- u. Jagd-Zeitung*, **163**: 72-79.
- HIBBETT, D. S., BINDER, M., BISCHOFF, J. F., BLACKWELL, M., CANNON, P. F., ERIKSSON, O. E., HUHNORFF, S., JAMES, T., KIRK, P. M., LÜCKING, R., LUMBSCH, H. L., LUTZONI, F., MATHENY, P. B., McLAUGHLIN, D. J., POWELL, M. J., REDEAD, S., SCHOCH, C. L., SPATAFORA, J. W., STALPERS, J. A., VILGALYS, R., AIME, M. C., APTROOT, A., BAUER, R., BEGEROW, D., BENNY, G. L., CASTLEBURY, L. A., CROUS, P. W., DAI, Y.-C., GAMS, W., GEISER, D. M., GRIFFITH, G. W., GUEIDAN, C., HAWKSWORTH, D. L., HESTMARK, G., HOSAKA, K., HUMBER, R. A., HYDE, K. D., IRONSIDE, J. E., KÖLJALG, U., KURTZMAN, C. P., LARSSON, K.-H., LICHTWARDT, R., LONGCORE, J., MIADLIKOWSKA, J., MILLER, A., MONCALVO, J.-M., MOZLEY-STANDRIDGE, S., OBERWINKLER, F., PARMASIO, E., REEB, V., ROGERS, J. D., ROUX, C., RYVARDEN, L., SAMPAIO, J. P., SCHÜSSLER, A., SUGIJAMA, J., THORN, R. G., TIBELL, L., UNTEREINER, W. A., WALKER, C., WANG, Z., WEIR, A., WEISS, M., WHITE, M. M., WINKA, K., YAO, Y.-J. & ZHANG, N. (2007): A higher-level phylogenetic classification of the Fungi. – *Mycol. Res.*, **111**: 509–547.
- HIBBETT, D. S., PINE, E. M., LANGER, E., LANGER, G. & DONOGHUE, M. J. (1997): Evolution of gilled mushrooms and puffballs inferred from ribosomal DNA sequences. – *PNAS*, **94**: 12001-12006.
- HÖNIG, K. (1996): Inokulierung von Eichen- (*Quercus robur* L.) und Buchen- (*Fagus sylvatica* L.) Sämlingen im Gewächshaus und Charakterisierung von zehn Stämmen von *Paxillus involutus* (BATSCH) Fr. mit den molekularbiologischen Methoden PCR (polymerase chain reaction) und RFLP (restriction fragment length polymorphism). – Dissertation Universität Tübingen.
- HÖNIG, K., RIEFLER, M. & KOTTKE, I. (2000): Survey of *Paxillus involutus* (BATSCH) Fr. inoculum and fruitbodies in a nursery by IGS-RFLPs and IGS sequences. – *Mycorrhiza*, **9**: 315-322.
- HONOLD, A. (1982): *Heterobasidion annosum* (Fr.) BREF., Ontogenie und Systematik. – Dissertation Universität Tübingen.
- HONOLD, A. & OBERWINKLER, F. (1998): Pilze im Totholz. – In: FISCHER, A. (Hrsg.): Die Entwicklung von Wald-biozözen nach Sturmwurf: 214-226; Landsberg (Ecomed Verlag).
- HONOLD, A. & OBERWINKLER, F. (1999): Sukzession saprophytischer und parasitischer Pilze im Fichtentotholz von Sturmwurfflächen. – *FZKA-BWPLUS*: 28.
- HONOLD, A., REXER, K.-H. & OBERWINKLER, F. (1994): Pilz-Baum-Interaktionen in Sturmwurfflächen und stehenden Nachbarbeständen. – In: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): 2. Statuskolloquium des Projektes „Angewandte Ökologie“ (PAÖ), **8**: 373-382.
- HONOLD, A., REXER, K.-H. & OBERWINKLER, F. (1996): Pilz-Baum-Interaktionen in Sturmwurfflächen und stehenden Nachbarbeständen. – In: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): 4. Statuskolloquium des Projektes „Angewandte Ökologie“ PAÖ, **16**: 341-355.
- HONOLD, A., REXER, K.-H. & OBERWINKLER, F. (1997): Pilze in und auf Totholz: Eine Chance für den Naturschutz oder eine Gefahr für den Wirtschaftswald? – In: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): 5. Statuskolloquium des Projektes „Angewandte Ökologie“ PAÖ, **22**: 153-162.
- HONOLD, A., REXER, K.-H. & OBERWINKLER, F. (1998): Die Auswirkungen der „Wilden Wiebke“. Das Sturmwurf-flächen-Projekt. – In: GAMER-WALLERT I. & LORENZ, S. (Hrsg.): Der Schönbuch: 129-141; Tübingen (Attempo-Verlag).
- HOU, C.-L., PIEPENBRING, M. & OBERWINKLER, F. (2004): *Nematococcomyces rhododendri*, a new species in a new genus of the Rhytismatales from China. – *Mycologia*, **96**: 1380-1385.
- HRYNKIEWICZ, K., HAUG, I., BAUM, C. (2008): Ectomycorrhizal community structure under willows at former ore mining sites. – *Europ. J. Soil Biol.*, **44**: 37-44.
- KEMLER, M., GÖKER, M., OBERWINKLER, F. & BEGEROW, D. (2006): Implications of molecular characters for the phylogeny of the Microbotryaceae (Basidiomycota: Urediniomycetes). – *BMC Evol. Biol.*, **6**: 35.
- KEMLER, M., LUTZ, M., GÖKER, M., OBERWINKLER, F. & BEGEROW, D. (2009): Hidden diversity in the non-caryophyllaceous plant-parasitic members of *Microbotryum* (Pucciniomycota: Microbotryales). – *System. Biodiv.*, **7**: 297-306.
- KIRSCHNER, R. (1998): Diversität mit Borkenkäfern assoziierteter filamentöser Mikropilze. – Dissertation Universität Tübingen.
- KIRSCHNER, R. (2001): Diversity of filamentous fungi in bark beetle galleries in Central Europe. – In: MISRA, J. K. & HORN, B. W. (eds.): *Trichomycetes and Other Fungal Groups: Professor ROBERT W. LICHTWARDT Commemoration Volume*: 175-196; Enfield/USA (Science Publishers, Inc).
- KIRSCHNER, R., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1999): *Atractocolax*, a new heterobasidiomycetous genus based on a species vectored by conifericolous bark beetles. – *Mycologia*, **91**: 538-543.
- KIRSCHNER, R., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (2001a): *Colacosiphon*: a new genus described for a mycoparasitic fungus. – *Mycologia*, **93**: 634-644.
- KIRSCHNER, R., BEGEROW, D. & OBERWINKLER, F. (2001b): A new *Chionosphaera* species associated with conifer inhabiting bark beetles. – *Mycol. Res.*, **105**: 1403-1408.
- KIRSCHNER, R., BRAUN, U., CHEN, Z.-C. & OBERWINKLER, F. (2002): *Pleurovularia*, a new genus of hyphomycetes proposed for a parasite on leaves of *Microstegium* sp. (Poaceae). – *Mycoscience*, **43**: 15-20.
- KIRSCHNER, R., CHEN, Z.-C. & OBERWINKLER, F. (2001c): New records of ten species of hyphomycetes from Taiwan. – *Fungal Science*, **16**: 47-62.

- KIRSCHNER, R. & OBERWINKLER, F. (1998): *Phialocephala trigonospora*, a new hyphomycete species associated with conifericolous bark beetles. – *Sydowia*, **50**: 205-212.
- KIRSCHNER, R. & OBERWINKLER, F. (1999a): A new basidiomycetous anamorph genus with cruciform conidia. – *Mycoscience*, **40**: 345-348.
- KIRSCHNER, R. & OBERWINKLER, F. (1999b): A new *Ophiostoma* species associated with bark beetles infesting Norway spruce. – *Canad. J. Bot.*, **77**: 247-252.
- KIRSCHNER, R. & OBERWINKLER, F. (1999c): *Cylindrocarpomyces*, a new genus based on a hyphomycete rediscovered from bark beetle galleries. – *Mycol. Res.*, **103**: 1152-1156.
- KIRSCHNER, R. & OBERWINKLER, F. (2000): A new species of *Colacogloea* with zygoconidia. – *Sydowia*, **52**: 195-203.
- KIRSCHNER, R. & OBERWINKLER, F. (2001): Mycoparasitism by three species of *Diplococcium* (hyphomycetes). – *Plant Biology*, **3**: 449-454.
- KIRSCHNER, R. & OBERWINKLER, F. (2002): *Sebacinia allantoidea* sp. nov. – *Cryptogamie, Mycologie*, **23**: 129-133.
- KIRSCHNER, R. & OBERWINKLER, F. (2009): Supplementary notes on *Basidiopycnis hyalina* (Basidiomycota, Atractiellales) and its anamorph. – *Mycotaxon*, **109**: 29-38.
- KIRSCHNER, R., SAMPAIO, J., GADANHO, M., WEISS, M. & OBERWINKLER, F. (2001d): *Cuniculitrema polymorpha* (Tremellales, gen. nov. and sp. nov.), a heterobasidiomycete vectored by bark beetles, which is the teleomorph of *Sterigmatosporidium polymorphum*. – *Antonie van Leeuwenhoek*, **80**: 149-161.
- KIRSCHNER, R., SAMPAIO, J., BEGEROW, D., CHEN, Z.-C. & OBERWINKLER, F. (2003): *Mycogloea nipponica* – the first known teleomorph in the heterobasidiomycetous yeast genus *Kurtzmanomyces*. – *Antonie van Leeuwenhoek*, **84**: 109-114.
- KISIMOVA-HOROVITZ, L., OBERWINKLER, F. & GÓMEZ, P. L. D. (1997a): Resupinate Basidiomycetes from Costa Rica. *Litschauerella*, *Subulicystidium* and *Tubulicium* (Corticaceae s.l.). – *Rev. Biol. Trop.*, **45**: 1311-1324.
- KISIMOVA-HOROVITZ, L., OBERWINKLER, F. & GÓMEZ, P. L. D. (1997b): Basidiomicetos resupinados de Costa Rica. Exidiaceae (Tremellales). – *Rev. Biol. Trop.*, **45**: 1325-1347.
- KISIMOVA-HOROVITZ, L., OBERWINKLER, F. & GÓMEZ, P. L. D. (2000a): Basidiomicetos resupinados de Costa Rica. Myxariaceae s. JÜLICH, Sebacinaceae WELLS & OBERW., y Tremellodendropsidaceae JÜLICH. – *Rev. Biol. Trop.*, **48**: 519-538.
- KISIMOVA-HOROVITZ, L., OBERWINKLER, F. & GÓMEZ, P. L. D. (2000b): Basidiomicetos resupinados de Costa Rica. Especies nuevas o raras de Atractiellales (Auriculariales s.l.), Exidiaceae, Sirobasidiaceae y Tremellaceae. – *Rev. Biol. Trop.*, **48**: 539-554.
- KÖHNEN, A., BRANDL, R., FRICKE, R., GALLENMÜLLER, F., KLINGE, K., KÖHNEN, I., MAIER, W., OBERWINKLER, F., RITZ, C., SPECK, T., THEISSEN, G., TSCHARNTKE, T., VAUPEL, A. & WISSEMANN, V. (2010): Radiation, biological diversity and host-parasite interactions in wild roses, rust fungi and insects. – In: GLAUBRECHT, M. (Hrsg.): *Evolution in Action*. – 215-238; Berlin, Heidelberg (Springer Verlag).
- KOST, G. (1981): Vergleichende morphologische, anatomische und feinstrukturelle Merkmalsstudien an Arten der Gattung *Tricholoma* (Fr.) STAUDE, Sektion *Genuina* (Fr.) SACC. – Dissertation Universität Tübingen.
- KOTTKE, I. (1986a): Charakterisierung und Identifizierung von Mykorrhizen. I. Vergleich künstlich gezogener Mykorrhizen mit Formen vom Naturstandort. II. Zur Identität der „safrangelben“ Mykorrhiza. – In: EINSELE, G. (Hrsg.): *Das landschaftsökologische Forschungsprojekt Naturpark Schönbuch: 463-485*; Weinheim (DFG, VCH Verlagsgesellschaft mbH).
- KOTTKE, I. (1986b): Wurzelentwicklung und Wachstum der Fichte (*Picea abies* (L.) KARST.) auf unterschiedlichen Böden und künstlichen Substraten. – In: EINSELE, G. (Hrsg.): *Das landschaftsökologische Forschungsprojekt Naturpark Schönbuch: 443-462*; Weinheim (VCH Verlagsgesellschaft mbH).
- KOTTKE, I. (1990): Reaction and interaction of mycorrhizae and rhizosphere. – *Lectures Vol. 1*: 405-414. Intern. Congr. Forest Decline, Friedrichshafen 1989, Kernforschungszentrum Karlsruhe.
- KOTTKE, I. (1991): Electron energy loss spectroscopy and imaging techniques for subcellular localization of elements in mycorrhiza. – In: NORRIS, J. R., READ, D. J. & VARMA, A. K. (eds.): *Methods in Microbiology*, Vol. 23, *Techniques for the study of mycorrhiza*: 369-382; New York (Academic Press, London).
- KOTTKE, I. (1992): Ectomycorrhizas – organs for uptake and filtering of cations. – In: READ, D. J., LEWIS, D. H., FITTER, A. H. & ALEXANDER, I. J. (eds.): *Mycorrhizas in Ecosystems*: 316-322; Wellingford (CAB International).
- KOTTKE, I. (1994): Localization and identification of elements in mycorrhizas. Advantages and limits of electron energy-loss spectroscopy. – *Acta Bot. Gallica* **141**: 507-510.
- KOTTKE, I. (1995): Wirkungskomplex Stickstoff und Wald: Wurzelproduktion, Wurzelsysteme und Mykorrhizaentwicklung. IMA-Querschnittseminar. Umweltbundesamt. – *Texte*, **28**: 97-106.
- KOTTKE, I. (1997): Fungal adhesion pad formation and penetration of root cuticle in early stage *Picea abies-Laccaria amethystea* mycorrhizas. – *Protoplasma*, **196**: 55-64.
- KOTTKE, I. (1999): Das Einmaleins des Miteinander – Pilz-Wurzel-Symbiosen. – In: GAMER-WALLERT, I. & LORENZ, S. (Hrsg.): *Der Schönbuch. Mensch und Wald in Geschichte und Gegenwart*: 142-152; Tübingen (Attempto Verlag).
- KOTTKE, I. (2002): Mycorrhizae – Rhizosphere determinants of plant communities. – In: WAISEL, Y., ESHEL, A. & KAFKAFI, U. (eds.): *Plant Roots: The Hidden Half*: 919-932; New York (Marcel Dekker).
- KOTTKE, I. (2003): Mykorrhiza: Pilz-Wurzel-Symbiosen – Überlebensstrategien in artenreichen Pflanzenge-

- sellschaften und auf Pionierstandorten. – Praxis Naturwissenschaften, Biologie in der Schule, **52**: 17-20.
- KOTTKE, I. (2004): The surface of ectomycorrhizal roots and the interaction with ectomycorrhizal fungi. – In: VARMA, A., ABBOTT, L., WERNER, D. & HAMPP, R. (eds.): Plant Surface Microbiology: 211-226; Berlin (Springer).
- KOTTKE, I. & AGERER, R. (1981): Pilzbestand und Mykorrhizaentwicklung älterer Laub- und Nadelwaldbestände des Südwestdeutschen Keuperberglandes. – Z. Mykol., **47**: 301-302.
- KOTTKE, I. & AGERER, R. (1983): Untersuchungen zur Bedeutung der Mykorrhiza in älteren Laub- und Nadelwaldbeständen des Südwestdeutschen Keuperberglandes. – Mitt. Ver. Forstl. Standortsk. Forstpflanzenz., **30**: 30-39.
- KOTTKE, I., BECK, A., OBERWINKLER, F., HOMEIER, J. & NEILL, D. (2004): Arbuscular endomycorrhizas are dominant in the organic soil of a neotropical montane cloud forest. – J. Trop. Ecol., **20**: 125-129.
- KOTTKE, I., BECK, A., HAUG, I., SETARO, S., JESKE, V., SUÁREZ, J. P., PAZMIÑO, L., PREUSSING, M., NEBEL, M. & OBERWINKLER, F. (2008a): Mycorrhizal state and new and special features of mycorrhizae of trees, ericads, orchids, ferns and liverworts. – In: BECK, E., BENDIX, J., KOTTKE, I., MAKESCHIN, F. & MOSANDL, R. (eds): Gradients in a Tropical Mountain Ecosystem of Ecuador. – Ecol. Stud., **198**: 137-148.
- KOTTKE, I., BECK, A., HAUG, I., SETARO, S. & SUÁREZ, J. P. (2008b): Mycorrhizal fungi and plant diversity in tropical mountain rain forest of southern Ecuador. – In: GRADSTEIN, S. R., HOMEIER, J., GANSERT, D. (eds): The Tropical Mountain Forest: Patterns and Processes in a Biodiversity Hotspot: 67-78; Biodiversity and Ecology Series vol. 2, Göttingen (Universitätsverlag).
- KOTTKE, I., BEITER, A., WEISS, M., HAUG, I., OBERWINKLER, F. & NEBEL, M. (2003): Heterobasidiomycetes form symbiotic associations with hepatics: Jungermanniales have sebacinoic mycobionts while *Aneura pinguis* (Metzgeriales) is associated with a *Tulasnella* species. – Mycol. Res., **107**: 957-968.
- KOTTKE, I., GUTTENBERGER, R., HAMPP, R. & OBERWINKLER, F. (1987): An in vitro method for establishing mycorrhizae on coniferous tree seedlings. – Trees, **1**: 191-194.
- KOTTKE, I. & HAUG, I. (2004): The significance of mycorrhizal diversity of trees in the tropical mountain forest of southern Ecuador. – Lyonia, **7**: 50-56.
- KOTTKE, I., HAUG, I., SETARO, S., SUÁREZ, J. P., WEISS, M., PREUSSING, M., NEBEL, M. & OBERWINKLER, F. (2008c): Guilds of mycorrhizal fungi and their relation to trees, ericads, orchids and liverworts in a neotropical mountain rain forest. – Basic Appl. Ecol., **9**: 13-23.
- KOTTKE, I., HOLOPAINEN, T., ALANEN, E. & TURNAU, K. (1995a): Deposition of nitrogen in vacuolar bodies of *Cenococcum geophilum* Fr. mycorrhizas as detected by electron energy loss spectroscopy. – New Phyt., **129**: 411-416.
- KOTTKE, I. & HÖNIG, K. (1998): Improvement of maintenance and autochthones mycorrhization of beech (*Fagus sylvatica* L.) and oak (*Quercus robur* L.) plantlets by premycorrhization with *Paxillus involutus* (BATSCH) FR. – In: MISRA, A. (ed.): Problems of Wasteland Development and Role of Microbes: 187-218; Bhubaneswar (AMIFM Publications).
- KOTTKE, I. & LEONTOVYCOVA, J. (1996): Entwicklung von Mykorrhizen in Abhängigkeit von der Nährelement- und Wasser- und Sauerstoffverfügbarkeit in unterschiedlich aggregierten Böden sowie Lokalisation der Kationenaufnahme. – Forschungszentrum Karlsruhe-PEF, **146**: 99-153.
- KOTTKE, I. & MARTIN, F. (1994): Demonstration of aluminium in polyphosphate of *Laccaria amethystea* (BOLT. ex HOOKER) MURR. by means of electron energy loss spectroscopy. – J. Microsc., **174**: 225-232.
- KOTTKE, I., MÜNZENBERGER, B. & OBERWINKLER, F. (1997): Structural approach to function in ectomycorrhizas. – In: RENNENBERG, H., ESCHRICH, W. & ZIEGLER, H. (eds.) Trees: 357-376; The Hague (SPB Academic Publ.).
- KOTTKE, I. & NEBEL, M. (2005): The evolution of mycorrhizal-like associations in liverworts: an update. – New Phyt., **167**: 330-334.
- KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1986a): Mycorrhiza of forest trees – structure and function. – Trees, **1**: 1-24.
- KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1986b): Root fungus interactions observed on initial stages of mantle formation and hartig net establishment in mycorrhizas of *Amanita muscaria* on *Picea abies* in pure culture. – Canad. J. Bot., **64**: 2348-2354.
- KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1987): Cellular structure and function of the Hartig net: coenocytic and transfer cell-like organization. – Nord. J. Bot., **7**: 85-95.
- KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1988a): Comparative studies on the mycorrhization of *Larix decidua* and *Picea abies* by *Suillus grevillei*. – Trees **2**: 115-128.
- KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1988b): Vergleichende Untersuchungen der Feinstwurzelsysteme und der Anatomie von Mykorrhizen nach Trockenstreß und Düngemaßnahmen. – KfK-PEF, **39**: 1-19
- KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1990a): Amplification of root-fungus-interface by Hartig net architecture. – In: DREYER, E. et al. (eds.): Forest Tree Physiology. – Int. Symp. Nancy 1988, Ann. Sci. For. **46** suppl.: 737-740.
- KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1990b): Comparative investigations on the differentiation of the endodermis and the development of the Hartig net in mycorrhizae of *Picea abies* and *Larix decidua*. – Trees, **4**: 41-48.
- KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1992): Vitality of tree mycorrhizas in acidic soils. – In: TESCHE, M. & FEILER, S. (eds.): Air pollution and interactions between organisms in forest ecosystems. – IUFRO-Centennial, Proceedings, Tharandt 1992: 242-244.
- KOTTKE, I., RAPP, C. & OBERWINKLER, F. (1986): Zur Anatomie gesunder und „kranker“ Feinstwurzeln von Fichten: Meristem und Differenzierungen in Wurzelspitzen und Mykorrhizen. – Europ. J. Forest Path., **16**: 159-171.
- KOTTKE, I., OBERWINKLER, F. & MAIFELD, D. (1992): Untersuchungen der Mykorrhizen und der sie begleiten-

- den Mikropilze in stark und weniger stark geschädigten Fichtenbeständen Nordrhein-Westfalens. Forschungsberichte zum Forschungsprogramm des Landes Nordrhein-Westfalen. – In: MURL Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Forschungsprojekt Luftverunreinigungen und Waldschäden in Nordrhein-Westfalen, **25**: 1-45.
- KOTTKE, I., PARGNEY, J. C., QIAN, X. M. & LE DISQUET, I. (1995b): Passage and deposition of solutes in the hyphal sheath of ectomycorrhizas – the soil-root interface. – In: SANDERMANN, H. & BONNET-MASIMBERT, M. (eds.): EUROSILVA – Contribution to tree physiology: 255-271; Paris (INRA).
- KOTTKE, I., QIAN, X.-M., PRITSCH, K., HAUG, I. & OBERWINKLER, F. (1998): *Xerocomus badius* – *Picea abies*: an ectomycorrhiza of high activity and element storage capacity in acidic soil. – *Mycorrhiza*, **7**: 267-275.
- KOTTKE, I. & SUAREZ, J. P. (2009): Mutualistic, root-inhabiting fungi of orchids. Identification and functional types. – In: PRIDGEON, A. M. & SUAREZ, P. J. (eds.): Proceedings of the Second Conference on Andean Orchids: 84-99; Universidad Técnica Particular de Loja.
- KOTTKE, I., SUÁREZ, J. P., HERRERA, P., CRUZ, D., BAUER, R., HAUG, I. & GARNICA, S. (2010): Atractiellomycetes belonging to the 'rust' lineage (Pucciniomycota) form mycorrhizae with terrestrial and epiphytic neotropical orchids. – *Proc. Royal Soc. B*, **277**: 1289-1298.
- KOTTKE, I., WEBER, R., RITTER, T. & OBERWINKLER, F. (1993): Vitality of mycorrhizas and health status of trees on diverse forest stands in West Germany. – In: HÜTTL, R. F. & MUELLER-DOMBOIS, D. (eds.): Forest Decline in the Atlantic and Pacific Region: 189-201; Berlin, Heidelberg, New York (Springer Verlag).
- KOTTKE, I. & WÖLLMER, H. (1995): Beobachtungen zur Mykorrhiza- und Feinstwurzeldynamik sowie zur Aktivität von Bodentieren am Standort Schöllkopf unter Einsatz der Rhizoskopie. – In: BITTLINGMAIER, L., REINHARDT, W. & SIEFERMANN-HARMS, D. (Hrsg.): Waldschäden im Schwarzwald: 141-148 (Ecomed Verlagsges.).
- KOVÁCS, G. M., BAGI, I., VÁGVÖLGYI, C., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (2002): Studies on the root associations of the truffle *Terfezia terfezioides*. – *Acta Microbiol. Immun. Hungarica*, **49**: 207-213.
- KOVÁCS, G. M., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (2003a): Light and electron microscopic study on the mycorrhizae of sporophytes of *Botrychium virginianum* – arbuscular structure resembling fossil forms. – *Plant Biology*, **5**: 574-580.
- KOVÁCS, G. M., VÁGVÖLGYI, C. & OBERWINKLER, F. (2003b): In vitro interaction of the truffle *Terfezia terfezioides* with *Robinia pseudoacacia* and *Helianthemum ovatum*. – *Folia Microbiol.*, **48**: 369-378.
- KRAUSE, C., GARNICA, S., BAUER, R. & NEBEL, M. (2011): Aneuraceae (Metzgeriales) and tulasnelloid fungi (Basidiomycota) – a model for early steps in fungal symbiosis. – *Fungal Biology*, **115**: 839-851.
- KUNZWEILER, K. & KOTTKE, I. (1986): Quantifizierung von Myzel im Waldboden. – In: EINSELE, G. (Hrsg.): Das landschaftsökologische Forschungsprojekt Naturpark Schönbuch. – DFG, Weinheim (VCH Verlagsgesellschaft mbH).
- KUPKA, J. (1979): Antibiotika aus Basidiomyceten der Gattungen *Crinipellis*, *Flagelloscypha*, *Halocyphina*, *Lachnella*, *Marasmius* und *Pleurotellus*. – Dissertation Universität Tübingen.
- KUPKA, J., ANKE, T., OBERWINKLER, F., SCHRAMM, G. & STEGLICH, W. (1979): Antibiotics from basidiomycetes. 7. Crinipellin, a new antibiotic from the basidiomycetous fungus *Crinipellis stipitaria* (Fr.). *PAT.* – *J. Antibiot.*, **32**: 130-135.
- KURAMAE, E., ROBERT, V., SNEL, B., WEISS, M. & BOEKHOUT, T. (2006): Phylogenomics reveal a robust fungal tree of life. – *FEMS Yeast Research*, **6**: 1213-1220.
- KWON-CHUNG, K. J., CHANG, Y. C., BAUER, R., SWANN, E. C., TAYLOR, J. W. & GOEL, R. (1995): The characters that differentiate *Filobasidiella depauperata* from *Filobasidiella neoformans*. – *Stud. Mycol.*, **38**: 67-79.
- LAASER, G., JAHNKE, K. D., PRILLINGER, H. J., BAUER, R., HOFFMANN, P., DEML, G. & OBERWINKLER, F. (1988): A new-tremelloid yeast isolated from *Asterophora lycoperdoidea*. – *Antonie van Leeuwenhoek*, **54**: 57-74.
- LANGER, E. (1994): Die Gattung *Hyphodontia* JOHN ERIKSSON. – *Bibliotheca Mycologica*, **154**: 1-298.
- LANGER, E. (1998): Evolution of *Hyphodontia* (Corticaceae, Basidiomycetes) and related Aphyllophorales inferred from ribosomal DNA sequences. – *Folia Crypt. Estonica*, **33**: 57-63.
- LANGER, E. (2000): Bemerkenswerte Pilze aus dem Nationalpark Bayerischer Wald: *Schizopora bresinskyi* sp. nov. – *Hoppea*, **61**: 229-235.
- LANGER, E. & DAI, Y.-C. (1998): Changbai wood-rotting fungi 8. *Hyphodontia syringae* sp. nov. – *Mycotaxon*, **66**: 181-190.
- LANGER, E., HALLENBERG, N., KNUDSEN, H., KÖLJALG, U., LANGER, G., LARSSON, K.-H., OBERWINKLER, F., PARMASO, E., RYVARDEN, L. & VESTERHOLT, J. (1996): (1255) Proposal to reject the names *Xylodon* and *Schizopora* in favour of *Hyphodontia*, nom. cons. (Fungi, Corticiaceae). – *Taxon*, **45**: 685-686.
- LANGER, E., LANGER, G., OBERWINKLER, F. & TSCHEN, J. (1992): A new *Hyphodontia* species from Taiwan. – *Trans. Mycol. Soc. Japan*, **33**: 401-408.
- LANGER, E. & OBERWINKLER, F. (1993): Corticioid Basidiomycetes I. Morphology and ultrastructure. – *Windahlia*, **20**: 1-28.
- LANGER, E. & OBERWINKLER, F. (1998): *Spiculogloea oculata* (Heterobasidiomycetes) – morphology and culture characters. – *Mycotaxon*, **69**: 249-254.
- LANGER, G. (1994): Die Gattung *Botryobasidium* DONK (Corticaceae, Basidiomycetes). – *Bibliotheca Mycologica*, **158**: 1-459.
- LANGER, G. & LANGER, E. (1998): *Haplotrichum parmastii* sp. nov. collected in Costa Rica. – *Folia Crypt. Estonica*, **33**: 63-69.
- LANGER, G. & LANGER, E. (2000): Die *Botryobasidium*-Arten (Basidiomycetes) des Bayerischen Waldes. – *Hoppea*, **61**: 237-266.

- LANGER, G., LANGER, E., OBERWINKLER, F. & TSCHEN, J. (2000): Speciation of *Botryobasidium subcoronatum* (Basidiomycota) collected in Taiwan: morphology, mating tests, and molecular data. – *Mycoscience*, **41**: 201-210.
- LEHNERT, M., KOTTKE, I., SETARO, S., PAZMIÑO, L. F., SUÁREZ, J. P. & KESSLER, M. (2009): Mycorrhizal associations in ferns from southern Ecuador. – *Am. Fern J.*, **99**: 292-306.
- LEHR, N. A., SCHREY, S. D., BAUER, R., HAMPP, R. & TARKKA, M. T. (2007): Suppression of plant defence response by a mycorrhiza helper bacterium. – *New Phyt.*, **174**: 892-903.
- LEONTOVYCOVA, J. (1996): Lokalisation der Kationenaufnahme mit Hilfe der Elektronen-Energieverlust-Analyse (EELS/ESI) in Mykorrhizen in Abhängigkeit von der Wasser- und Sauerstoffverfügbarkeit in unterschiedlich aggregierten Böden. – Dissertation Universität Tübingen.
- LUTZ, M., BAUER, R., BEGEROW, D., OBERWINKLER, F., TRIEBEL D. (2004a): *Tuberculina*: rust relatives attack rusts. – *Mycologia*, **96**: 614-626.
- LUTZ, M., BAUER, R., BEGEROW, D. & OBERWINKLER, F. (2004b): *Tuberculina-Thanatomythum/Rhizoctonia crocorum-Helicobasidium*: a unique mycoparasitic-phytoparasitic life strategy. – *Mycol. Res.*, **108**: 227-238.
- LUTZ, M., BAUER, R., BEGEROW, D. & OBERWINKLER, F. (2004c): *Tuberculina-Helicobasidium*: host specificity of the *Tuberculina*-stage reveals unexpected diversity within the group. – *Mycologia*, **96**: 1316-1329.
- LUTZ, M., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (2006): Das Doppelleben des Birnengitterrostes. – *Forschung 4/2006*: 13-15.
- LUTZ, M., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (2007): The Double life of a fungus. – *German Research 1/2007*: 21-23.
- LUTZ, M., GÖKER, M., PIATEK, M., KEMLER, M., BEGEROW, D. & OBERWINKLER, F. (2005): Anther smuts of Caryophyllaceae: molecular characters indicate host-dependent species delimitation. – *Myc. Progr.*, **4**: 225-238.
- LUTZ, M., PIATEK, M., KEMLER, M., CHLEBICKI, A. & OBERWINKLER, F. (2008): Anther smuts of Caryophyllaceae: molecular analyses reveal further new species. – *Myc. Res.*, **112**: 1280-1296.
- LUTZ, M. & VÁNKY, K. (2009): An annotated checklist of smut fungi (Basidiomycota: Ustilaginomycotina and Microbotryales) in Slovenia. – *Lidia*, **7**: 33-72.
- LUTZ, M., VÁNKY, K. & BAUER, R. (2011): *Melanoxa*, a new genus in the Urocystales. – *Mycol. Progr.*, DOI 10.1007/s11557-010-0737-7.
- MAIER, W., BEGEROW, D., WEISS, M. & OBERWINKLER, F. (2003): Phylogeny of the rust fungi: an approach using nuclear large subunit ribosomal DNA sequences. – *Canad. J. Bot.*, **81**: 12-23.
- MAIFELD, D. (1998): Endophytische Pilze der Fichte (*Picea abies* (L.) KARST.) – Neue Aspekte zur biologischen Kontrolle von *Heterobasidium annosum* (Fr.) Bref. – Dissertation Universität Tübingen.
- MARJANOVIĆ, Ž., UEHLEIN, N., KALDENHOFF, R., ZWIAZEK, J. J., WEISS, M., HAMPP, R. & NEHLS, U. (2005): Aquaporins in poplar: What a difference a symbiont makes! – *Planta*, **222**: 258–268.
- MARTIN, F., RUBINI, P., CÔTE, R. & KOTTKE, I. (1994): Aluminium polyphosphate complexes in the mycorrhizal basidiomycete *Laccaria bicolor*: a 27Al NMR study. – *Planta*, **194**: 241-246.
- MENNICKEN, M., BERNDT, R. & OBERWINKLER, F. (2003): A new rust fungus (Uredinales) on Penaeaceae: *Uredo sarcocollae* on *Saltera sarcocolla*. – *Mycotaxon*, **80**: 147-151.
- MENNICKEN, M., MAIER, W. & OBERWINKLER, F. (2005a): A contribution to the rust flora (Uredinales) of southern Africa, with an emphasis on Namibia. – *Myc. Progr.*, **4**: 55-75.
- MENNICKEN, M., MAIER, W. & OBERWINKLER, F. (2005b): A contribution to the rust flora (Uredinales) on Zygophylloideae (Zygophyllaceae) in Africa. – *Mycotaxon*, **91**: 39-48.
- MENNICKEN, M., MAIER, W., CROUS, P.W. & OBERWINKLER, F. (2005c): A contribution to the rust flora (Uredinales) on Aizoaceae in southern Africa. – *Myc. Progr.*, **4**: 215-224.
- MENNICKEN, M. & OBERWINKLER, F. (2004): A contribution to the rust flora (Uredinales) of southern Africa, with an emphasis on South Africa. – *Mycotaxon*, **90**: 1-28.
- METZLER, B. (1981): Pyknidialstruktur und Pyknosporogenese bei *Gymnosporangium fuscum* DC. – *Z. Mykol.*, **47**: 271-280.
- METZLER, B. (1982): Basidiosporenkeimung und Infektionsvorgang beim Birnengitterrost. – *Phytopath. Z.*, **103**: 126-138.
- METZLER, B. (1984): Der Entwicklungszyklus von *Typhula incarnata* LASCH ex FR. – Feinstrukturelle und funktionelle Aspekte. – Dissertation Universität Tübingen.
- METZLER, B. (1986): Die Ultrastruktur der Sklerotienentwicklung von *Typhula incarnata*. – *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, **99**: 59-65.
- METZLER, B. (1988a): The conidia of *Typhula incarnata*. 1. The ultrastructure of conidiogenesis. – *Canad. J. Bot.*, **66**: 1316-1320.
- METZLER, B. (1988b): The conidia of *Typhula incarnata*. 2. Their function as spermatia. – *Canad. J. Bot.*, **66**: 1321-1324.
- METZLER, B. & OBERWINKLER, F. (1986): Charakteristische Meristemschäden in Fichtenwurzeln durch niedrigen pH-Wert und Aluminium-Ionen. – *Allgem. Forstz.*, **42**: 649-651.
- METZLER, B. & OBERWINKLER, F. (1987): The in-vitro-mycorrhization of *Pinus sylvestris* L. and its dependence on the pH-value. – *Europ. J. Forest Path.*, **17**: 385-397.
- METZLER, B. & OBERWINKLER, F. (1989): *Pinus sylvestris* mycorrhizae and their reaction to acidity in vitro – aspects of bioindication. – *Agric. Ecosyst. Environ.*, **28**: 339-342.
- METZLER, B., OBERWINKLER, F. & PETZOLD, H. (1989): *Rhynchogastrema* gen. nov. and *Rhynchogastremaceae* fam. nov. (Tremellales). – *Syst. Appl. Microbiol.*, **12**: 280-287.

- MONCALVO, J. M., NILSSON, R. H., KOSTER, B., DUNHAM, S. M., BERNAUER, T., MATHENY, P. B., MCLENON, T., MARGARITescu, S., WEISS, M., GARNICA, S., DANELL, E., LANGER, G., LANGER, E., LARSSON, E., LARSSON, K.-H. & VILGALYS, R. (2006): The cantharelloid clade: dealing with incongruent gene trees and phylogenetic reconstruction methods. – *Mycologia*, **98**: 937-948.
- MONTOYA, L., HAUG, I. & BANDALA, V. M. (2010): Two *Lactarius* species associated with a relict *Fagus grandifolia* var. *mexicana* population in a Mexican montane cloud forest. – *Mycologia*, **102**: 153-162.
- MOSSEBO, D. C. (1995): Karyologische Untersuchungen zur sexuellen Fortpflanzung von *Dacrymyces stillatus* NEES ex FRIES (Basidiomycetes) und Ultrastruktur der Konidiogenese. – Dissertation Universität Tübingen.
- MÜLLER, B. (1989): Chemotaxonomische Untersuchungen an Basidiomycetenhefen. – Dissertation Universität Tübingen.
- MÜLLER, C. (1991): Untersuchungen zum Einfluß von Düngung im Wald auf die Fruktifikation von Mykorrhizapilzen. – Dissertation Universität Tübingen.
- MÜNZENBERGER, B. (1991): Lösliche und zellwandgebundene Phenole in Mykorrhizen und nicht mykorrhizierten Wurzeln der Fichte (*Picea abies* (L.) KARST.) und des Erdbeerbaumes (*Arbutus unedo* L.) und ihre Bedeutung in der Pilz-Wurzel-Interaktion. – Dissertation Universität Tübingen.
- MÜNZENBERGER, B., HEILEMANN, J., STRACK, D., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1990): Phenolics of mycorrhizae and non-mycorrhizal roots of Norway spruce. – *Planta*, **182**: 142-148.
- MÜNZENBERGER, B., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1992): Ultrastructural investigations of *Arbutus unedo*-*Laccaria amethystea* synthesized in vitro. – *Trees*, **7**: 40-47.
- MÜNZENBERGER, B., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1995): Reduction of phenolics in mycorrhizas of *Larix decidua* MILL. – *Tree Physiology*, **15**: 191-196.
- MÜNZENBERGER, B., METZLER, B., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1986): Morphologische und anatomische Charakterisierung der Mykorrhiza *Lactarius deterrimus* – *Picea abies* in vitro. – *Z. Mykol.*, **52**: 407-422.
- NAGLER, A. M., (1986): Untersuchungen zur Gattungsabgrenzung von *Ginanniella* CIFERRI und *Urocystis* RABENHORST sowie zur Ontogenie von *Thecaphora seminis-convolvuli* (DESM.) ITO. – Dissertation Universität Tübingen.
- NAGLER, A. M., (1987): *Urocystis* RABENHORST und *Ginanniella* CIFERRI – zwei eigenständige Gattungen? *Urocystis galanthi* PAPE und *Ginanniella primulicola* (ROSTR.) CIFERRI. – *Z. Mykol.*, **53**: 331-354.
- NAGLER, A., BAUER, R., BERBEE, M. L., VÁNKY, K. & OBERWINKLER, F. (1989): Light and electron microscopic studies of *Schroeteria delastrina* and *S. poeltii*. – *Mycologia*, **81**: 884-895.
- NAGLER, A., BAUER, R., OBERWINKLER, F. & TSCHEN, J. (1990): Basidial development, spindle pole body, septal pore, and host-parasite interaction in *Ustilago esculenta*. – *Nord. J. Bot.*, **10**: 457-464.
- NAGLER, A. & OBERWINKLER, F. (1984): Über die Nebenfruchtform des Primelbrandes, *Ginanniella primulicola* (MAGNUS) CIFERRI. – *Z. Mykol.*, **50**: 253-265.
- NAGLER, A. & OBERWINKLER, F. (1989): Haustoria in *Urocystis* (Tilletiales). – *Pl. Syst. Evol.*, **165**: 17-28.
- NEBEL, M., KREIER, H.-P., PREUSSING, M., WEISS, M. & KOTTKE, I. (2004): Symbiotic fungal associations of liverworts are the possible ancestors of mycorrhizae. – In: AGERER, R., PIEPENBRING, M. & BLANZ, P. (eds.): *Frontiers in Basidiomycete Mycology*: 339-360; Eching (IHW-Verlag).
- NÖRR, R., KOTTKE, I. & BLASCHKE, M. (2003): Das unterirdische Geheimnis von Steinpilz und Trüffel. – LWF aktuell, Magazin für Wald, Wissenschaft und Praxis, **41**: 26-28.
- OBERWINKLER, F. (1963): Niedere Basidiomyceten aus Südbayern III. Die Gattung *Sebacina* Tul. s. l. – *Ber. Bayer. Bot. Ges.*, **36**: 41-55.
- OBERWINKLER, F. (1964a): Basidientypen niederer Basidiomyceten. – *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, **77**: 114-117.
- OBERWINKLER, F. (1964b): Intrahyemale Heterobasidiomyceten. Fruchtkörperlose *Sebacina*-Sippen und ihre systematische Stellung. – *Nova Hedwigia*, **7**: 483-499.
- OBERWINKLER, F. (1965): Primitive Basidiomyceten. Revision einiger Formkreise von Basidienpilzen mit plastischer Basidie. – *Sydowia, Ann. Myc. Ser. II*, **19**: 1-72.
- OBERWINKLER, F. (1966): Die Gattung *Tubulicrinis* Donk s. l. (Corticaceae). – *Z. Pilzk.*, **31**: 12-48.
- OBERWINKLER, F. (1970): Die Gattungen der Basidiolichenen. Vorträge aus dem Gesamtgebiet der Botanik. – *Ber. Dt. Bot. Ges.*, **4**: 139-169.
- OBERWINKLER, F. (1972): The relationships between the Tremellales and the Aphyllophorales. – *Persoonia*, **7**: 1-16.
- OBERWINKLER, F. (1974): Eine agaricoide Gattung der Thelephorales. – *Sydowia*, **8**: 359-361.
- OBERWINKLER, F. (1977a): Das neue System der Basidiomyceten. – In: FREY, W., HURKA, H. & OBERWINKLER, F. (Hrsg.): *Beiträge zur Biologie der niederen Pflanzen*: 59-105; Stuttgart, New York (G. Fischer Verlag).
- OBERWINKLER, F. (1977b): Species and generic concepts in the Corticiaceae. – In: CLEMENÇON, H. (ed.): *The species concept in Hymenomycetes*: 331-348. Proc. Herbetariae Symp.
- OBERWINKLER, F. (1978): Was ist ein Basidiomycet? – *Z. Mykol.*, **44**: 13-29.
- OBERWINKLER, F. (1979): Beziehungen aphyllophoraler zur agaricalen Basidiomyceten. – *Sydowia*, **8**: 276-289.
- OBERWINKLER, F. (1980): Symbiotic relationships between fungus and alga in basidiolichens. – In: SCHWEMMLER, H. & SCHENK, H. E. A. (eds.): *Endocytobiology, Endosymbiosis and Cell Biology*: 305-315; Berlin, New York (de Gruyter).
- OBERWINKLER, F. (1982): The significance of the morphology of the basidium in the phylogeny of Basidiomycetes. – In: WELLS, K. & WELLS, E. K.: *Basidium*

- and basidiocarp. Evolution, cytology, function, and development: 9-35; New York, Heidelberg, Berlin (Springer).
- OBERWINKLER, F. (1984): Fungus-alga interactions in basidiolichens. – In: HERTEL, H. & OBERWINKLER, F. (eds.): Beiträge zur Lichenologie. Festschrift J. POELT. – Beiheft Nova Hedwigia, **79**: 739-774.
- OBERWINKLER, F. (1985): Anmerkungen zur Evolution und Systematik der Basidiomyceten. – Bot. Jahrb. Syst., **107**: 541-580.
- OBERWINKLER, F. (1987): Heterobasidiomycetes with ontogenetic yeast-stages – systematic and phylogenetic aspects. – Studies in Mycology, **43**: 61-74.
- OBERWINKLER, F. (1989a): *Coccidioidictyon* gen. nov. and *Ordonia*, two genera in the Septobasidiales. – Opera Bot., **100**: 185-191.
- OBERWINKLER, F. (1989b): *Ditiola haasii* sp. nov., eine neue Art der Dacrymycetales. – Z. Mykol., **55**: 197-206.
- OBERWINKLER, F. (1990): New genera of auricularioid heterobasidiomycetes. – Reports of the Tottori Mycological Institute, **28**: 113-127.
- OBERWINKLER, F. (1992a): Diversity and phylogenetic importance of tropical heterobasidiomycetes. – In: ISAAC, S., FRANKLAND, J. C., WATLING, R. & WHALLEY, A. J. S. (eds): Aspects of Tropical Mycology: 121-147; Cambridge (Cambridge University Press).
- OBERWINKLER, F. (1992b): Biodiversity amongst filamentous fungi. – Biodiv. Conserv., **1**: 293-311.
- OBERWINKLER, F. (1993a): Evolution in functional groups in Basidiomycetes (Fungi). – In: SCHULZE, E.-D. & MOONEY, H. A. (eds.): Biodiversity and Ecosystem Function: 143-163; New York (Springer).
- OBERWINKLER, F. (1993b): Genera in a monophyletic group: The Dacrymycetales. – Mycologia Helvetica, **6**: 35-72.
- OBERWINKLER, F. (1994): Höhere Pflanzen und ihre Pilze. Korrekturversion einer Flora von Oberjoch. Farne, Samenpflanzen und mit ihnen vergesellschaftete Pilze, 325 pp.
- OBERWINKLER, F. (1995): Die phylogenetische Bedeutung tropischer Pilze, erläutert am Beispiel der Heterobasidiomyceten. – Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Bd. **10** „Tropenforschung“: 137-156; München (Verlag Dr. Friedrich Pfeil).
- OBERWINKLER, F. (2001): Basidiolichens. – In: B. HOCK (ed.): The Mycota: 211-225; Heidelberg (Springer).
- OBERWINKLER, F. (2002): Ohne Biotoperhalt kein Artenschutz. – Attempto, **13**: 10-11.
- OBERWINKLER, F. (2009): Die Evolution parasitischer, symbiontischer und saprober Basidiomyceten. – Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Bd., **37** „Ökologische Rolle von Pilzen“: 19-34; München (Verlag Dr. Friedrich Pfeil).
- OBERWINKLER, F. (2012): Basidiolichens. – In: B. HOCK (ed.): The Mycota IX. – Heidelberg (Springer, im Druck).
- OBERWINKLER, F. & BANDONI, R. J. (1981): *Tetragoniomyces* gen. nov. and Tetragoniomycetaceae fam. nov. (Tremellales). – Canad. J. Bot., **59**: 1034-1040.
- OBERWINKLER, F. & BANDONI, R. (1982a): A taxonomic survey of the gasteroid, auricularioid heterobasidiomycetes. – Canad. J. Bot., **60**: 1726-1750.
- OBERWINKLER, F. & BANDONI, R. (1982b): Carcinomycetaceae: a new family in the Heterobasidiomycetes. – Nord. J. Bot., **2**: 501-516.
- OBERWINKLER, F. & BANDONI, R. (1982c): *Atractogloea*: a new genus in the Hoehnelomycetaceae (Heterobasidiomycetes). – Mycologia, **74**: 634-639.
- OBERWINKLER, F. & BANDONI, R. (1983): *Trimorphomyces* – a new genus in the Tremellaceae. – System. Appl. Microbiol., **4**: 105-113.
- OBERWINKLER, F. & BANDONI, R. J. (1984): *Herpobasidium* and allied genera. – Trans. Br. Mycol. Soc., **83**: 639-658.
- OBERWINKLER, F., BANDONI, R., BLANZ, P., DEML, G. & KISIMOVA-HOROVITZ, L. (1982): Graphiolales, basidiomycetes parasitic on palms. – Plant Syst. Evol., **140**: 251-277.
- OBERWINKLER, F., BANDONI, R., BLANZ, P. & KISIMOVA-HOROVITZ, L. (1983): *Cystofilobasidium* – a new genus in the Filobasidiaceae. – System. Appl. Microbiol., **4**: 114-122.
- OBERWINKLER, F., BANDONI, R. J., BAUER, R., DEML, G. & KISIMOVA-HOROVITZ, L. (1984): The life history of *Christiansenia pallida*, a dimorphic, mycoparasitic heterobasidiomycete. – Mycologia, **76**: 9-22.
- OBERWINKLER, F. & BAUER, R. (1989): The systematics of gasteroid, auricularioid heterobasidiomycetes. – Sydowia, **41**: 224-256.
- OBERWINKLER, F. & BAUER, R. (1990): *Cryptomycolax*: a new mycoparasitic heterobasidiomycete. – Mycologia, **82**: 671-692.
- OBERWINKLER, F., BAUER, R. & BANDONI, R. J. (1990a): *Colacogloea*: a new genus in the auricularioid heterobasidiomycetes. – Canad. J. Bot., **68**: 2531-2536.
- OBERWINKLER, F., BAUER, R. & BANDONI, R. J. (1990b): Heterogastridiales: a new order of Basidiomycetes. – Mycologia, **82**: 48-58.
- OBERWINKLER, F., BAUER, R. & SCHNELLER, J. (1990c): *Phragmoxenidium mycophilum* sp. nov., an unusual mycoparasitic heterobasidiomycete. – System. Appl. Microbiol., **13**: 186-191.
- OBERWINKLER, F., BAUER, R. & TSCHEN, J. (1999): The mycoparasitism of *Platygløea bisporea*. – Kew Bull., **51**: 763-769.
- OBERWINKLER, F., CASAGRANDE, F. & MÜLLER, E. (1967): Über *Ascocorticium anomalum* (ELL. et HARKN.) EARLE. – Nova Hedwigia, **14**: 283-289.
- OBERWINKLER, F., HONOLD, A., HÖNIG, K., KOTTKE, I., LANGER, E., LANGER, G., PFEFFER, C., REXER, K.-H. & WEBER, E. (1993): Pilz-Baum-Interaktionen in Sturm-wurfflächen und stehenden Nachbarbeständen – Erhebung der Ausgangssituation. – In: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): 1. Statuskolloquium des Projektes „Angewandte Ökologie“ PAÖ, **7**: 373-382.
- OBERWINKLER, F. & HORAK, E. (1979): Stephanosporaceae – eine neue Familie der Basidiomycetes mit

- aphyllophoralen und gastroiden Fruchtkörpern. – *Plant Syst. Evol.*, **131**: 157-164.
- OBERWINKLER, F., KIRSCHNER, R., ARENAL, F., VILLAREAL, M., RUBIO, V., BEGEROW, D. & BAUER, R. (2006): Two new pycnidial members of the Atractiellales: *Basidiopycnis hyalina* and *Proceropycnis pinicola*. – *Mycologia*, **98**: 637-649.
- OBERWINKLER, F., LANGER, E., BURDSALL, H. H. Jr. & TSCHEN, J. (1990d): *Heteroacanthella*: a new genus in the Tulasnellales. – *Trans. Mycol. Soc. Japan*, **31**: 207-213.
- OBERWINKLER, F. & LOWY, B. (1981): *Syzygospora alba*, a mycoparasitic heterobasidiomycete. – *Mycologia*, **73**: 1108-1115.
- OBERWINKLER, F., PETERSEN, R. & BANDONI, R. (1990e): *Nanstelocephala*, a new genus of stalked-capitate basidiomycetes. – *Mycologia*, **82**: 782-786.
- OBERWINKLER, F. & RYVARDEN, L. (1990a): *Monosporonella*, a new genus in the Tulasnellaceae, Basidiomycetes. – *Mycol. Res.*, **95**: 377-379.
- OBERWINKLER, F. & TSCHEN, J. (1990b): A new *Dacrymyces* from Taiwan. – *Trans. Myc. Soc. Japan*, **30**: 349-356.
- OBERWINKLER, F. & TSCHEN, J. (1990c): A new *Repetobasidium* from Taiwan. – *Trans. Myc. Soc. Japan*, **30**: 343-347.
- OBERWINKLER, F. & WELLS, K. (1985): A new species of *Herpobasidium* from Idaho. – *Mycologia*, **77**: 265-271.
- PARGNEY, J. C. & KOTTKE, I. (1994): Microlocalization of Calcium in the walls of truffle mycorrhizae by analytical transmission electron-microscopy. – *J. Trace Microprobe Techn.*, **12**: 305-321.
- PFFENNING, L. (1993): Mikroskopische Bodenpilze des ostamazonischen Regenwaldes (Brasilien). – Dissertation Universität Tübingen.
- PFFENNING, L. & OBERWINKLER, F. (1993): *Ophiostoma bragantinum* sp. nov., a possible teleomorph of *Sporothrix inflata*, found in Brazil. – *Mycotaxon*, **46**: 381-385.
- PIEPENBRING, M. (1994): Brandpilze (Ustilaginales und Tilletiales) von Costa Rica. Ökologie, Morphologie, Ultrastruktur und Systematik. – Dissertation Universität Tübingen.
- PIEPENBRING, M. (1995a): Taxonomic studies on Ustilaginales from Costa Rica. – *Mycol. Res.*, **99**: 783-788.
- PIEPENBRING, M. (1995b): *Trichocintractia*, a new genus for *Cintractia utricularicola* (Ustilaginales). – *Canad. J. Bot.*, **73**: 1089-1096.
- PIEPENBRING, M. (1995c): The morphology of witches' brooms of *Mycosyrinx cissi* (Ustilaginales) on *Cissus* spp. (Vitaceae). – *Beitr. Biol. Pflanzen*, **69**: 177-190.
- PIEPENBRING, M. (1996a): Ecology, seasonal variation, and altitudinal distribution of Costa Rican smut fungi (Ustilaginales and Tilletiales, Basidiomycetes). – *Rev. Biol. Trop.*, **44**: 115-123.
- PIEPENBRING, M. (1996b): Smut fungi (Ustilaginales and Tilletiales) in Costa Rica. – *Nova Hedwigia* (Beiheft), **113**: 1-155.
- PIEPENBRING, M. (1996c): Two new *Entyloma* species (Ustilaginales) in Central America. – *Sydowia*, **48**: 241-249.
- PIEPENBRING, M. (1999): New and poorly known smut fungi in Cuba. – *Mycol. Res.*, **103**: 459-467.
- PIEPENBRING, M. (2000a): New species of smut fungi from the neotropics. – *Mycol. Res.*, **105**: 757-767.
- PIEPENBRING, M. (2000b): The species of *Cintractia* s. l. (Ustilaginales, Basidiomycota). – *Nova Hedwigia*, **70**: 289-372.
- PIEPENBRING, M. (2001): Smut fungi (Ustilaginomycetes and Microbotryales, Basidiomycota) in Panama. – *Rev. Biol. Trop.*, **49**: 411-428.
- PIEPENBRING, M. & BAUER, R. (1995): Noteworthy germinations of some Costa Rican Ustilaginales. – *Mycol. Res.*, **99**: 853-858.
- PIEPENBRING, M. & BAUER, R. (1997): *Erratomyces*, a new genus with species on Leguminosae. – *Mycologia*, **89**: 924-936.
- PIEPENBRING, M., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1998a): Teliospores of smut fungi – general aspects of teliospore walls and sporogenesis. – *Protoplasma*, **204**: 155-169.
- PIEPENBRING, M., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1998b): Teliospores of smut fungi – teliospore walls and the development of ornamentation studied by electron microscopy. – *Protoplasma*, **204**: 170-201.
- PIEPENBRING, M., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1998c): Teliospores of smut fungi – teliospore connections, appendages, and germ pores studied by electron microscopy; phylogenetic discussion of characteristics of teliospores. – *Protoplasma*, **204**: 202-218.
- PIEPENBRING, M., BEGEROW, D. & OBERWINKLER, F. (1999): Molecular sequence data assess the value of morphological characteristics for a phylogenetic classification of species of *Cintractia*. – *Mycologia*, **91**: 485-498.
- PIEPENBRING, M., HAGEDORN, G. & OBERWINKLER, F. (1998d): Spore liberation and dispersal in smut fungi. – *Botanica Acta*, **111**: 444-460.
- PIEPENBRING, M. & OBERWINKLER, F. (2003): Integrating morphological and molecular characteristics for a phylogenetic system of smut fungi. – *Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie*, **124**: 241-253.
- PIEPENBRING, M. & RODRIGUEZ H. M. (1998a): Carbones (Fungi: Ustilaginomycetes) de Cuba. I parte. – *Revista del Jardín Botánico Nacional (de Cuba)*, **19**: 121-131.
- PIEPENBRING, M. & RODRIGUEZ H. M. (1998b): Carbones (Fungi: Ustilaginomycetes) de Cuba. II parte. – *Revista del Jardín Botánico Nacional (de Cuba)*, **19**: 132-146.
- PIEPENBRING, M., STOLL, M. & OBERWINKLER, F. (2002): The generic position of *Ustilago maydis*, *Ustilago scitaminea* and *Ustilago esculenta* (Ustilaginales). – *Mycol. Progr.*, **1**: 71-80.
- PIEPENBRING, M., VÁNKY, K. & OBERWINKLER, F. (1996): *Aurantiosporium*, a new genus for *Ustilago subnitens* (Ustilaginales). – *Plant Syst. Evol.*, **199**: 53-64.
- POELT, J. & OBERWINKLER, F. (1962): Niedere Basidiomyceten aus Südbayern II. – *Ber. Bayer. Bot. Ges.*, **35**: 89-95.

- POELT, J. & OBERWINKLER, F. (1964): Zur Kenntnis der flechtenbildenden Blätterpilze der Gattung *Omphalina*. – Österr. Botan. Z., **111**: 393-401.
- PREUSSING, M., NEBEL, M., OBERWINKLER, F. & WEISS, M. (2010): Diverging diversity patterns in the *Tulasnella* (Basidiomycota, Tulasnellales) mycobionts of *Aneura pinguis* (Marchantiophyta, Metzgeriales) from Europe and Ecuador. – *Mycorrhiza*, **20**: 147-159.
- PRILLINGER, H., DEML, G., DÖRFLER, CH., LAASER, G. & LOCKAU, W. (1991): Ein Beitrag zur Systematik und Entwicklungsbiologie höherer Pilze: Hefe-Typen der Basidiomyceten. Teil II: *Microbotryum*-Typ. – *Bot. Acta*, **104**: 5-17.
- PRILLINGER, H., DEML, G., DÖRFLER, CH., LAASER, G. & LOCKAU, W. (1991): Ein Beitrag zur Systematik und Entwicklungsbiologie höherer Pilze: Hefe-Typen der Basidiomyceten. Teil II: *Microbotryum*-Typ. – *Bot. Acta*, **104**: 5-17.
- PRILLINGER, H., LOPANDIC, K., SCHWEIGKOFER, W., DEAK, R., AARTS, H. J. M., BAUER, R., STERFLINGER, K., KRAUS, G. F. & MARAZ, A. (2002): Phylogeny and systematics of the fungi with special reference to the Ascomycota and Basidiomycota. – *Chem. Immunol.*, **81**: 207-295.
- PRILLINGER, H., MESSNER, R., KÖNIG, H., BAUER, R., LOPANDIC, K., MOLNAR, O., DANGEL, P., WEIGANG, F., KIRISITS, T., NAKASE, T. & SIGLER, L. (1996): Yeasts associated with termites: a phenotypic and genotypic characterization and use of coevolution for dating evolutionary radiations in asco- and basidiomycetes. – *System. Appl. Microbiol.*, **19**: 265-283.
- PRILLINGER, H., OBERWINKLER, F., UMILE, C., TLACHAC, K., BAUER, R., DÖRFLER, C. & TAUFRAZTZOHER, E. (1993): Analysis of cell wall carbohydrates (neutral sugars) from ascomycetous and basidiomycetous yeasts with and without derivatization. – *J. Gen. Appl. Microbiol.*, **39**: 1-34.
- PRILLINGER, H., WUCZKOWSKI, M., LOPANDIC, K., BAUER, R., MOLMÁR, O. & STERFLINGER, K. (2009): *Schizonella caricis-atratae* (Ustilaginomycetes): a new cryptic species on *Carex atrata* from Austria. – *Mycol. Progr.*, **8**: 157-164.
- QIAN, X. M., EL-ASHKER, A., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1998a): Studies of pathogenic and antagonistic microfungal populations and their potential interactions in the mycorrhizoplane of Norway spruce (*Picea abies* (L.) KARST.) and beech (*Fagus sylvatica* L.) on acidified and limed plots. – *Plant and Soil*, **199**: 111-116.
- QIAN, X. M., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1998b): Activity of different ectomycorrhizal types studied by vital fluorescence. – *Plant and Soil*, **199**: 91-98.
- QIAN, X. M., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1998c): Influence of liming and acidification on the activity of the mycorrhizal communities on a *Picea abies* (L.) KARST. stand. – *Plant and Soil*, **199**: 99-109.
- QIAN, X., WEISS, M., KOGEL, K.-H. & SCHÄFER, P. (2011): *Piriformospora indica* – a mutualistic basidiomycete with an exceptionally large plant host range. – *Molecular Plant Pathology*, doi: 10.1111/J.1364-3703.2011.00764.X.
- QUACK, W. (1978): Merulinsäure A, B und C und Merulidial, neue Antibiotika aus Basidiomyceten. – Dissertation Universität Tübingen.
- QUACK, W., ANKE, T., OBERWINKLER, F., GIANNETTI, B. & STEGLICH, W. (1978): Antibiotics from basidiomycetes. 5. Merulidial, a new antibiotic from the basidiomycete *Merulius tremellosus* Fr. – *J. Antibiot.*, **31**: 737-741.
- REXER, K.-H. (1994): Die Gattung *Mycena* s.l. Studien zu ihrer Anatomie, Morphologie und Systematik. – Dissertation Universität Tübingen.
- REXER, K.-H., HONOLD, A. & OBERWINKLER, F. (1995): Pilz-Baum-Interaktionen in Sturmwurfflächen und stehenden Nachbarbeständen. – In: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): 3. Statuskolloquium des Projektes „Angewandte Ökologie“ PAÖ, **12**: 117-129.
- REXER, K.-H., HONOLD, A. & OBERWINKLER, F. (1999): Mykorrhiza, Holz- und Streuabbau: Pilze in ökologischen Schlüsselrollen bei der Wiederbewaldung nach Sturmwurf. – *Forstliche Forschungsberichte*, **176**: 42-52.
- RIETHMÜLLER, A. (2000): Morphologie, Ökologie und Phylogenie aquatischer Oomyceten. – Dissertation Universität Tübingen.
- RIETHMÜLLER, A., VOGLMAYR, H., GÖKER, M., WEISS, M. & OBERWINKLER, F. (2002): Phylogenetic relationships of the downy mildews (Peronosporales) and related groups based on nuclear large subunit ribosomal DNA sequences. – *Mycologia*, **94**: 834-849.
- RIETHMÜLLER, A., WEISS, M. & OBERWINKLER, F. (1999): Phylogenetic studies of Saprolegniomycetidae and related groups based on nuclear large subunit ribosomal DNA sequences. – *Canad. J. Bot.*, **77**: 1790-1800.
- RITSCHEL, A. (2005): Monograph of the genus *Hemileia* (Uredinales). – *Bibliotheca Mycologica*, **200**: 1-132.
- RITSCHEL, A., BEGEROW, D. & OBERWINKLER, F. (2008): A new species of *Volvocisporium* from Namibia, *V. grewiae* sp. nov. (Microstromatales, Ustilaginomycota). – *Mycol. Progr.*, **7**: 1-5.
- RITSCHEL, A., OBERWINKLER, F. & BERNDT, R. (2005): *Desmosorus*, a new rust genus (Uredinales). – *Myc. Progr.*, **4**: 333-338.
- ITTER, T. (1990): Fluoreszenzmikroskopische Untersuchungen zur Vitalität der Mykorrhizen von Fichten (*Picea abies* (L.) KARST.) und Tannen (*Abies alba* MILL.) unterschiedlich geschädigter Bestände im Schwarzwald. – Dissertation Universität Tübingen.
- ITTER, T., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1986): Nachweis der Vitalität von Mykorrhizae durch FDA-Vitalfluorochromierung. – *Biologie in unserer Zeit*, **16**: 179-185.
- ITTER, T., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1989a): Vitality and ageing of the ectomycorrhizae of damaged and undamaged trees. – *Agriculture, Ecosyst. Environ.*, **28**: 415-419.
- ITTER, T., WEBER, G., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1989b): Interrelationship between vitality of ectomycorrhizae and occurrence of microfungi. – *Ann. Sci. For.*, **46**: 745-749.

- RITTER, T., WEBER, G., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1989c): Zur Mykorrhizaentwicklung von Fichten und Tannen in geschädigten Beständen. – Biologie in unserer Zeit, **19**: 9-15.
- RITZ, C. M., MAIER, W. F. A., OBERWINKLER, F. & WISSE-MANN, V. (2005): Different evolutionary histories of two *Phragmidium* species infecting the same dog rose hosts. – Mycol. Res., **109**: 603-609.
- SALZER, P., MÜNZENBERGER, B., SCHWACKE, R., KOTTKE, I. & HAGER, A. (1997): Signalling in ectomycorrhizal fungus-root interactions. – In: RENNENBERG, H., ESCH-RICH, W. & ZIEGLER, H. (eds.): Trees – Contribution to modern tree physiology: 339-356; The Hague (SPB Academic Publ.).
- SAMPAIO, J. P., BAUER, R., BEGEROW, D. & OBERWINKLER, F. (1999a): *Occultifur externus* sp. nov., a new species of simple-septate auricularioid heterobasidiomycete from plant litter in Portugal. – Mycologia, **91**: 1094-1101.
- SAMPAIO, J. P., FELL, J. W., GADANHO, M. & BAUER, R. (1999b): *Kurtzmanomyces insolitus* sp. nov., a new anamorphic heterobasidiomycetous yeast species. – System. Appl. Microbiol., **22**: 619-625.
- SAMPAIO, J. P., GADANHO, M. & BAUER, R. (2001): Taxonomic studies on the genus *Cystofilobasidium*: description of *Cystofilobasidium ferigula* sp. nov. and clarification of the status of *Cystofilobasidium lari-marini*. – Int J Syst Evol Microbiol., **51**: 221-229.
- SAMPAIO, J. P., GADANHO, M., BAUER, R. & WEISS, M. (2003): Taxonomic studies in the Microbotryomycetidae: *Leucosporidium golubevii* sp. nov., *Leucosporidiella* gen. nov. and the new orders Leucosporidiales and Sporidiobolales. – Mycol. Progr., **2**: 53-68.
- SAMPAIO, J. P., KIRSCHNER, R. & OBERWINKLER, F. (2011): *Colacogloea* OBERWINKLER & BANDONI (1990). – In: KURTZMANN, C. P., FELL, J. W. & BOEKHOUT, T. (eds.): The yeasts: 1403-1409; Amsterdam (Elsevier).
- SAMPAIO, J. P. & OBERWINKLER, F. (2011a): *Cystobasidium* (LAGERHEIM) NEUHOF (1924). – In: KURTZMANN, C. P., FELL, J. W. & BOEKHOUT, T. (eds.): The yeasts; 1419-1422; Amsterdam (Elsevier).
- SAMPAIO, J. P. & OBERWINKLER, F. (2011b): *Kriegeria* BRESADOLA (1891). – In: KURTZMANN, C. P., FELL, J. W. & BOEKHOUT, T. (eds.): The yeasts: 1477-1480; Amsterdam (Elsevier).
- SAMPAIO, J. P. & OBERWINKLER, F. (2011c): *Occultifur* OBERWINKLER (1990). – In: KURTZMANN, C. P., FELL, J. W. & BOEKHOUT, T. (eds.): The yeasts: 1515-1518; Amsterdam (Elsevier).
- SAMPAIO, J. P., WEISS, M., GADANHO, M. & BAUER, R. (2002): New Taxa in the Tremellales: *Bulleribasidium oberjochense* gen. et sp. nov., *Papiliotrema bandonii* gen. et sp. nov. and *Fibulobasidium murrhardtense* sp. nov. – Mycologia, **94**: 873-887.
- SAUTER, C. (1978): Vergleichend morphologische und anatomische Untersuchungen an Polyporaceen. – Dissertation Universität Tübingen.
- SCHÄFER, A. M., KEMLER, M., BAUER, R. & BEGEROW, D. (2010): The illustrated life cycle of *Microbotryum* on the host plant *Silene latifolia*. – Canad. J. Bot., **88**: 875-885.
- SCHUEER, C., BAUER, R., LUTZ, M., STABENTHEINER, E., MEL'NIK, V. A. & GRUBE, M. (2008): *Bartheletia paradoxa* is a living fossil on *Ginkgo* leaf litter with a unique septal structure in the Basidiomycota. – Mycol. Res., **112**: 1265-1279.
- SCHMID, E. & OBERWINKLER, F. (1993): Mycorrhiza-like interaction between the achlorophyllous gametophyte of *Lycopodium clavatum* L. and its fungal endophyte studied by light and electron-microscopy. – New Phyt., **124**: 69-81.
- SCHMID, E. & OBERWINKLER, F. (1994): Light and electron-microscopy of the host-fungus interaction in the achlorophyllous gametophyte of *Botrychium lunaria*. – Canad. J. Bot., **72**: 182-188.
- SCHMID, E. & OBERWINKLER, F. (1995): A light-microscopic and electron-microscopic study on a vesicular-arbuscular host-fungus interaction in gametophytes and young sporophytes of the Gleicheniaceae (Filicales). – New Phyt., **129**: 317-324.
- SCHMID, E. & OBERWINKLER, F. (1996): Light and electron microscopy of a distinctive VA mycorrhiza in mature sporophytes of *Ophioglossum reticulatum*. – Mycol. Res., **100**: 843-849.
- SCHMID, E., OBERWINKLER, F. & GOMEZ, L. D. (1995): Light and electron-microscopy of a host-fungus interaction in the roots of some epiphytic ferns from Costa Rica. – Canad. J. Bot. **73**: 991-996.
- SCHMITTER, A. (1982): Studien an Heterobasidiomyceeten – Feinstrukturelle Untersuchungen zu einzelnen Ontogeniestadien von *Ustilago scabiosae* (SOWERBY) WINTER. – Z. Mykol., **48**: 261-274.
- SCHMITTER, A. (1984): Vergleichende Untersuchungen zur Aufklärung von Verwandtschaftsverhältnissen innerhalb der Gattung *Ustilago* (PERS.) ROUSSEL. – Dissertation Universität Tübingen.
- SCHOLLER, M., LUTZ, M., WOOD, A. R., HAGEDORN, G. & MENNICKEN, M. (2011): Taxonomy and phylogeny of *Puccinia lagenophorae*: a study using rDNA sequence data, morphological and host range features. – Mycol. Progr., **10**: 175-187.
- SCHRAMM, F., STEGLICH, W., ANKE, T. & OBERWINKLER, F. (1978): Strobilurin A und B, antifungische Stoffwechselprodukte aus *Strobilurus tenacellus*. – Chem. Ber., **111**: 2779-2784.
- SEBALD, F. (1977): Feinstrukturstudien zur Ontogenie der Uredinales und verwandter Basidiomyceten. – Dissertation Universität Tübingen.
- SEIFERT, K. A., OBERWINKLER, F. & BANDONI, R. (1992): Notes on *Stilbum vulgare* and *Fibulostilbum phylacicola* gen. et sp. nov. (Atractiellales). – Bol. Soc. Argent. Bot., **28**: 213-217.
- SELLE, A., WILLMANN, M., GRUNZE, N., GESSLER, A., WEISS, M. & NEHLS, U. (2005): The high-affinity popular ammonium importer PttAMT1.2 and its role in ectomycorrhizal symbiosis. – New Phyt., **168**: 697-706.
- SELOSSE, M. A., BAUER, R. & MOYERSOEN, B. (2002a): Basal hymenomycetes belonging to the Sebacinaceae are ectomycorrhizal on temperate deciduous trees. – New Phyt., **155**: 183-195.

- SELOSSE, M.-A., SETARO, S., GLATARD, F., RICHARD, F., URCELAY, C. & WEISS, M. (2007): Sebaciniales are common mycorrhizal associates of Ericaceae. – *New Phyt.*, **174**: 864-878.
- SELOSSE, M.-A., WEISS, M., JANY, J.-L. & TILLIER, A. (2002b): Communities and populations of sebacinoid basidiomycetes associated with the achlorophyllous orchid *Neottia nidus-avis* (L.) L.C.M. Rich. and neighbouring tree ectomycorrhizae. – *Molec. Ecol.*, **11**: 1831-1844.
- SETARO, S., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (2006a): Anatomy and ultrastructure of mycorrhizal associations of neotropical Ericaceae. – *Mycol. Progr.*, **5**: 243-254.
- SETARO, S., WEISS, M., OBERWINKLER, F. & KOTTKE, I. (2006b): Sebaciniales form ectendomycorrhizas with *Cavendishia nobilis*, a member of the andean clade of Ericaceae, in the mountain rain forest of southern Ecuador. – *New Phyt.*, **169**: 355-365.
- SETARO, S. D., GARNICA, S., HERRERA, P. I., SUÁREZ J. P. & GÖKER, M. (2011): A clustering optimization strategy to estimate species richness of Sebaciniales in the tropical Andes based on molecular sequences from distinct DNA regions. – *Biodivers. Conserv.* DOI 10.1007/s10531-011-0205-y.
- SHEFFERSON, R. P., WEISS, M., KULL, T. & TAYLOR, D. L. (2005): High specificity generally characterizes mycorrhizal association in rare lady's slipper orchids, genus *Cypripedium*. – *Molec. Ecol.*, **14**: 613-626.
- SHEFFERSON, R., TAYLOR, D., WEISS, M., GARNICA, S., MCCORMICK, M., ADAMS, S., GRAY, H., MCFARLAND, J., KULL, T., TALI, K., YUKAWA, T., KAWAHARA, T., MIYOSHI, K. & LEE, Y.-I. (2007): The evolutionary history of mycorrhizal specificity among lady's slipper orchids. – *Evolution*, **61**: 1380-1390.
- SHI, L., GUTTENBERGER, M., KOTTKE, I. & HAMPP, R. (2002): The effect of drought on mycorrhizas of beech (*Fagus sylvatica* L.): changes in community structure, and the content of carbohydrates and nitrogen storage bodies of the fungi. – *Mycorrhiza*, **12**: 303-311.
- SIMON, U. K., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (2004): The unique cellular interaction between the leaf pathogen *Cymadothea trifolii* and *Trifolium repens*. – *Mycologia*, **96**: 1209-1217.
- SIMON, U. K., BAUER, R., RIOUX, D., SIMARD, M. & OBERWINKLER, F. (2005a): The intercellular biotrophic leaf pathogen *Cymadothea trifolii* locally degrades pectins, but not cellulose or xyloglucan in cell walls of *Trifolium repens*. – *New Phyt.*, **165**: 243-260.
- SIMON, U. K., BAUER, R., RIOUX, D., SIMARD, M. & OBERWINKLER, F. (2005b): The vegetative life-cycle of the clover pathogen *Cymadothea trifolii* as revealed by transmission electron microscopy. – *Mycol. Res.*, **109**: 764-778.
- SIMON, U. K., GROENEWALD, J. Z., STIERHOF, Y.-D., CROUS, P. W. & BAUER, R. (2009): *Mycosphaerella podagrariae* – a necrotrophic phytopathogen forming a special cellular interaction with its host *Aegopodium podagraria*. – *Mycol. Progr.*, **9**: 49-56.
- SIMON, U. K. & WEISS, M. (2008): Intragenomic variation of fungal ribosomal genes is higher than previously thought. – *Molec. Biol. Evol.*, **25**: 2251-2254.
- SPAAIJ, F., WEBER, G., VAN DER WALT, J. P. & OBERWINKLER, F. (1990): *Myxozyma udenii* sp. nov. (Candidaceae), a new yeast isolated from the rhizosphere of *Mangifera indica*. – *System. Appl. Microbiol.*, **13**: 182-185.
- SPAAIJ, F., WEBER, G., ROEIJMANS, H. J., VAN EIJK, G. W. & OBERWINKLER, F. (1991): *Fellomyces horovitziae* sp. nov., a new basidiomycetous yeast species isolated from a *Xenasmatella* basidiocarp. – *Antonie van Leeuwenhoek*, **59**: 293-298.
- SPAAIJ, F., WEBER, G., VAN DER WALT, J. P. & OBERWINKLER, F. (1992a): *Myxozyma neotropica* sp. nov., a new yeast species from Costa Rica. – *Antonie van Leeuwenhoek*, **62**: 261-265.
- SPAAIJ, F., WEBER, G. & VAN DER WALT, J. P. (1992b): *Myxozyma sirexii* sp. nov. (Candidaceae), a new yeast isolated from the frass of the wood wasp *Sirex juvenicus*. – *System. Appl. Microbiol.*, **15**: 427-431.
- SPAAIJ, F., WEBER, G., AOKI, T. & VAN DER WALT, J. P. (1993a): *Myxozyma nipponensis* sp. nov. (Candidaceae), a new species recovered from frass of *Ips typographus* f. *japonicus*. – *J. Gen. Appl. Microbiol.*, **39**: 521-528.
- SPAAIJ, F., WEBER, G. & SMITH, M. TH. (1993b): *Myxozyma vanderwaltii* sp. nov. (Candidaceae), a new yeast isolated from a flower of *Protea repens* (L.) L. – *Antonie van Leeuwenhoek*, **63**: 17-21.
- SPRING, O., BACHOFER, M., THINES, M., RIETHMÜLLER, A., GÖKER, M. & OBERWINKLER, F. (2006): Intraspecific relationship of *Plasmopara halstedii* isolates differing in pathogenicity and geographic origin based on its sequence data. – *Europ. J. Plant Path.*, **114**: 309-315.
- SPRING, O., VOGLMAYR, H., RIETHMÜLLER, A. & OBERWINKLER, F. (2003): Characterization of a *Plasmopara* isolate from *Helianthus x laetiflorus* based on cross infection, morphological, fatty acids and molecular phylogenetic data. – *Mycol. Progr.*, **2**: 163-170.
- STOLL, M. (2001): *Ustilago/Sporisorium* (Ustilaginales) – Molekulare Phylogenie und Koevolution mit Gräsern (Poaceae). – Dissertation Universität Tübingen.
- STOLL, M., BEGEROW, D. & OBERWINKLER, F. (2005): Molecular phylogeny of *Ustilago*, *Sporisorium*, and related taxa based on combined analyses of rDNA sequences. – *Mycol. Res.*, **109**: 342-356.
- STOLL, M., PIEPENBRING, M., BEGEROW, D. & OBERWINKLER, F. (2003): Molecular phylogeny of *Ustilago* and *Sporisorium* species (Basidiomycota, Ustilaginales) based on internal transcribed spacer (ITS) sequences. – *Canad. J. Bot.*, **81**: 976-984.
- SUÁREZ, J. P., WEISS, M., ABELE, A., GARNICA, S., OBERWINKLER, F. & KOTTKE, I. (2006): Diverse tulasnelloid fungi form mycorrhizas with epiphytic orchids in an andean cloud forest. – *Mycol. Res.*, **110**: 1257-1270.
- SUÁREZ, J. P., WEISS, M., ABELE, A., OBERWINKLER, F. & KOTTKE, I. (2008): Members of Sebaciniales subgroup B form mycorrhizae with epiphytic orchids in a neotropical mountain rain forest. – *Mycol. Progr.*, **7**: 75-85.

- SUÁREZ, J. P., WEISS, M., ABELE, A., OBERWINKLER, F. & KOTTKE, I. (2009): Epiphytic orchids in a mountain rain forest in southern Ecuador harbor groups of mycorrhiza-forming Tulasnellales and Sebaciniales subgroup B (Basidiomycota). – In: PRIDGEON, A. M. & SUÁREZ, P. J. (eds.): Proceedings of the Second Conference on Andean Orchids: 184-196; Universidad Técnica Particular de Loja.
- TAGU, D., KOTTKE, I. & MARTIN, F. (1998): Hydrophobins in ectomycorrhizal symbiosis: hypothesis. – *Symbiosis*, **25**: 5-8.
- THINES, M., GÖKER, M., OBERWINKLER, F. & SPRING, O. (2007): A revision of *Plasmopara penniseti*, with implications for the host range of the downy mildews with pyriform haustoria. – *Mycol. Res.*, **111**: 1377-1385.
- THINES, M., GÖKER, M., SPRING, O. & OBERWINKLER, F. (2006): A revision of *Bremia graminicola*. – *Mycol. Res.*, **110**: 646-656.
- THINES, M., GÖKER, M., TELLE, S., RYLEY, M., MATHUR, K., NARAYANA, Y. D., SPRING, O. & THAKUR, R. P. (2008): Phylogenetic relationships of graminicolous downy mildews based on *cox2* sequence data. – *Mycol. Res.*, **112**: 345-351.
- TOKUMASU, S., AOKI, T. & OBERWINKLER, F. (1994): Fungal succession on pine needles in Germany. – *Mycoscience*, **35**: 29-37.
- TURNAU, K., BERGER, A., LOEWE, A., EINIG, W., HAMPP, R., CHALOT, M., DIZENGREMEL, P. & KOTTKE, I. (2001): CO₂ concentration and nitrogen input affect the C and N storage pools in *Amanita muscaria-Picea abies* mycorrhizae. – *Tree Physiol.*, **21**: 93-99.
- TURNAU, K. & KOTTKE, I. (2005): Fungal activity as determined by micro-scale methods with special emphasis on interactions with heavy metals. – In: DIGHTON, J. (ed.): *The Fungal Community*: 287-305; New York, USA (Decker).
- TURNAU, K., KOTTKE, I. & DEXHEIMER, J. (1994a) *Paxillus involutus/Pinus sylvestris* mycorrhizae from heavily polluted forest. II. Ultrastructure and cytochemical observations. – *Acta Botanica*, **107**: 73-80.
- TURNAU, K., KOTTKE, I., DEXHEIMER, J. & BOTTON, B. (1994b): Element distribution in mycelium of *Pisolithus arrhizus* treated with cadmium dust. – *Annals Botany*, **74**: 137-142.
- TURNAU, K., KOTTKE, I. & DEXHEIMER, J. (1996): Toxic element filtering in *Rhizopogon roseolus/Pinus sylvestris* mycorrhizas collected from calamine dumps. – *Mycol. Res.*, **100**: 6-22.
- TURNAU, K., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1993a): *Paxillus involutus-Pinus sylvestris* mycorrhizae from heavily polluted forest. I. Element localization using electron-energy-loss spectroscopy and imaging. – *Botanica Acta*, **106**: 213-219.
- TURNAU, K., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1993b): Comparative study of elongated and globose Woronin bodies using electron-energy-loss spectroscopy (EELS) and imaging (ESI). – *Mycol. Res.*, **97**: 1499-1504.
- TURNAU, K., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1993c): Element localization in mycorrhizal roots of *Pteridium aquilinum* (L.) KUHN collected from experimental plots treated with cadmium dust. – *New Phyt.*, **123**: 313-324.
- UHLMANN, E. (2004): Diversitäten arbuskulärer Mykorrhizapilze Namibias und des westlichen Südafrikas an Hand ausgewählter Biodiversitätsobservatorien. – Dissertation Universität Tübingen.
- UHLMANN, E., GÖRKE, C. & OBERWINKLER, F. (2004a): Arbuscular mycorrhizae from arid sites in the summer- and winter rainfall area of southern Africa. – In: OTTE, A., SIMMERING, D., ECKSTEIN, L., HÖLZEL, N. & WALDHARDT, R. (eds.): *Ecocomplexity and dynamic of the cultural landscape*. – *Verh. Ges. Ökol. Berlin* **34**: 292.
- UHLMANN, E., GÖRKE, C., PETERSEN, A. & OBERWINKLER, F. (2004b): Arbuscular mycorrhizae from semiarid regions of Namibia. – *Canad. J. Bot.*, **82**: 645-653.
- UHLMANN, E., GÖRKE, C., PETERSEN, A. & OBERWINKLER, F. (2004c): Comparison of AMF species diversity in winter-rainfall areas of South Africa and summer-rainfall areas of Namibia. – *Mycol. Progr.*, **3**: 267-274.
- UHLMANN, E., GÖRKE, C., PETERSEN, A. & OBERWINKLER, F. (2006): Arbuscular mycorrhizae from arid parts of Namibia. – *J. Arid Environ.*, **64**: 221-237.
- UNSELD, M. G. (1988): Vergleichende Sequenzanalyse von Teilbereichen der 18S und 28S ribosomalen RNAs bei niederen Eukaryonten. – Dissertation Universität Tübingen.
- URBAN, A., WEISS, M., BAUER, R. (2003): Ectomycorrhizae in the Sebacinaceae. – *Mycol. Res.*, **107**: 3-14.
- URGILES, N., LOJÁN, P., AGUIRRE, N., BLASCHKE, H., GÜNTER, S., STIMM, B. & KOTTKE, I. (2009): Application of mycorrhizal roots improves growth of tropical tree seedlings in the nursery: a step towards reforestation with native species in the Andes of Ecuador. – *New Forests*, **38**: 229-239.
- VÁNKY, K. (1987): The genus *Dermatosorus* (Ustilaginales). – *Trans. Br. Mycol. Soc.*, **89**: 61-65.
- VÁNKY, K. (1990a): The genus *Mundkurella* (Ustilaginales). – *Mycol. Res.*, **94**: 269-273.
- VÁNKY, K. (1990b): Taxonomical studies on Ustilaginales. V. – *Mycotaxon*, **36**: 473-482.
- VÁNKY, K. (1990c): Taxonomical studies on Ustilaginales. VI. – *Mycotaxon*, **38**: 267-278.
- VÁNKY, K. (1991a): Taxonomical studies on Ustilaginales. VII. – *Mycotaxon*, **40**: 157-168.
- VÁNKY, K. (1991b): Taxonomical studies on Ustilaginales. VIII. – *Mycotaxon*, **41**: 483-495.
- VÁNKY, K. (1991c): *Thecaphora* (Ustilaginales) on Leguminosae. – *Trans. Mycol. Soc. Japan*, **32**: 145-159.
- VÁNKY, K. (1991d): Spore morphology in the taxonomy of Ustilaginales. – *Trans. Mycol. Soc. Japan*, **32**: 381-400.
- VÁNKY, K. (1992): Taxonomical studies on Ustilaginales. IX. – *Mycotaxon*, **43**: 417-425.
- VÁNKY, K. (1993): Taxonomical studies on Ustilaginales. X. – *Mycotaxon*, **48**: 27-44.
- VÁNKY, K. (1994a): *European smut fungi*. – Stuttgart, Jena, New York (Gustav Fischer Verlag).
- VÁNKY, K. (1994b): Ustilaginales of Commelinaceae. – *Mycoscience*, **35**: 353-360.

- VÁNKY, K. (1994c): Taxonomical studies on Ustilaginales. XI. – *Mycotaxon*, **51**: 153-174.
- VÁNKY, K. (1995a): Taxonomical studies on Ustilaginales. XII. – *Mycotaxon*, **54**: 215-238.
- VÁNKY, K. (1995b): Taxonomical studies on Ustilaginales. XIII. – *Mycotaxon*, **56**: 197-216.
- VÁNKY, K. (1996a): *Mycosyrinx* and other pair-spored Ustilaginales. – *Mycoscience*, **37**: 137-185.
- VÁNKY, K. (1996b): Taxonomical studies on Ustilaginales. XIV. – *Mycotaxon*, **59**: 89-113.
- VÁNKY, K. (1996c): The genus *Macalpinomyces* (Ustilaginales). – *Mycotaxon*, **59**: 115-126.
- VÁNKY, K. (1997a): Taxonomical studies on Ustilaginales. XV. – *Mycotaxon*, **62**: 127-150.
- VÁNKY, K. (1997b): New Ustilaginales from Australia. – *Mycotaxon*, **62**: 151-174.
- VÁNKY, K. (1997c): *Heterotolyposporium*, a new genus of Ustilaginales. – *Mycotaxon*, **63**: 143-154.
- VÁNKY, K. (1997d): Taxonomical studies on Ustilaginales. XVI. – *Mycotaxon*, **65**: 133-158.
- VÁNKY, K. (1997e): Taxonomical studies on Ustilaginales. XVII. – *Mycotaxon*, **65**: 159-182.
- VÁNKY, K. (1997f): *Websdanea*, a new genus of smut fungi. – *Mycotaxon*, **65**: 183-190.
- VÁNKY, K. (1998a): A survey of the spore-ball-forming smut fungi. – *Mycol. Res.*, **102**: 513-526.
- VÁNKY, K. (1998b): The genus *Microbotryum* (smut fungi). – *Mycotaxon*, **67**: 33-60.
- VÁNKY, K. (1998c): New Australian Ustilaginales. – *Mycotaxon*, **68**: 327-344.
- VÁNKY, K. (1998d): Taxonomical studies on Ustilaginales. XVIII. – *Mycotaxon*, **69**: 93-115.
- VÁNKY, K. (1998e): (1327) Proposal to conserve the generic name *Thecaphora* against *Sorosporium* (Fungi, Ustilaginales). – *Taxon*, **47**: 153-154.
- VÁNKY, K. (1999a): New smut fungi from South Africa. – *Mycotaxon*, **70**: 17-34.
- VÁNKY, K. (1999b): The new classificatory system for smut fungi, and two new genera. – *Mycotaxon*, **70**: 35-49.
- VÁNKY, K. (2001): The emended Ustilaginaceae of the modern classificatory system for smut fungi. – *Fungal Diversity*, **6**: 131-147.
- VÁNKY, K. & BAUER, R. (1992): *Conidiosporomyces*, a new genus of Ustilaginales. – *Mycotaxon*, **43**: 426-435.
- VÁNKY, K. & BAUER, R. (1995): *Oberwinkleria*, a new genus of Ustilaginales. – *Mycotaxon*, **53**: 361-368.
- VÁNKY, K. & BAUER, R. (1996): *Ingoldiomyces*, a new genus of Ustilaginales. – *Mycotaxon*, **59**: 277-287.
- VÁNKY, K., BAUER, R. & BEGEROW, D. (1997): *Fulvisporium*, a new genus of Ustilaginales. – *Mycotaxon*, **64**: 57-66.
- VÁNKY, K., BAUER, R. & BEGEROW, D. (1998): *Doassinga*, a new genus of Doassansiales. – *Mycologia*, **90**: 964-970.
- VÁNKY, K., BAUER, R. & BEGEROW, D. (2007): *Talbotiomyces*, a new genus for *Entorrhiza calospora* (Basidiomycota). – *Mycol. Balcan.*, **4**: 11-14.
- VÁNKY, K. & BERBEE, M. (1988): Are there *Thecaphora* species (Ustilaginales) on Gramineae? – *Mycotaxon*, **33**: 281-282.
- VÁNKY, K., DEML, G. & OBERWINKLER, F. (1988): The smut fungi of *Hypparrhenia hirta* (Gramineae). – *J. Phytopath.*, **121**: 181-191.
- VÁNKY, K. & LUTZ, M. (2007): Revision of some *Thecaphora* species (Ustilaginomycotina) on Caryophyllaceae. – *Mycol. Res.*, **111**: 1207-1219.
- VÁNKY, K. & LUTZ, M. (2008a): The generic position of *Schizonella isolepidis*. – *Mycotaxon*, **106**: 155-157.
- VÁNKY, K. & LUTZ, M. (2008b): *Ustilago duriusculae* is *U. striiformis*. – *Mycotaxon*, **106**: 157.
- VÁNKY, K. & LUTZ, M. (2010): *Entyloma majewskii* sp. nov. (Entylomataceae) on *Ranunculus ficaria* from Iran. – *Polish Bot. J.*, **55**: 271-279.
- VÁNKY, K. & LUTZ, M. (2011): *Tubisorus*, new genus of smut fungi (Ustilaginomycetes) for *Sorosporium pachycarpum*. – *Mycol. Balcan.*, **8**: 129-135.
- VÁNKY, K., LUTZ, M. & BAUER, R. (2008a): About the genus *Thecaphora* (Glomosporiaceae) and its new synonyms. – *Mycol. Progr.*, **7**: 31-39.
- VÁNKY, K., LUTZ, M. & BAUER, R. (2008b): *Floromyces*, a new genus of Ustilaginomycotina. – *Mycotaxon*, **104**: 171-184.
- VÁNKY, K., LUTZ, M. & SHIVAS, R. G. (2006): *Anomalomyces panici*, new genus and species of Ustilaginomycetes from Australia. – *Mycol. Balcan.*, **3**: 119-126.
- VÁNKY, K. & MCKENZIE, E. H. C. (1990): *Cintractia oreoboli* and *Schizonella isolepidis*, two new species of Ustilaginales on Cyperaceae in New Zealand. – *New Zealand J. Bot.*, **28**: 249-253.
- VÁNKY, K. & OBERWINKLER, F. (1994): Ustilaginales on Polygonaceae – a taxonomic revision. – *Nova Hedwigia*, **107**: 1-96.
- VÁNKY, K. & WEBSDANE, K. (1995): Ustilaginales of *Schoenus* (Cyperaceae). – *Mycotaxon*, **56**: 217-229.
- VÁNKY, K. & WEBSDANE, K. (1996): New Ustilaginales on Cyperaceae from Australia. – *Mycotaxon*, **58**: 167-183.
- VOGLMAYR, H., RIETHMÜLLER, A., GÖKER, M., WEISS, M. & OBERWINKLER, F. (2004): Phylogenetic relationships of *Plasmopara*, *Bremia* and other genera of downy mildew pathogens with pyriform haustoria based on bayesian analysis of partial LSU rDNA sequence data. – *Mycol. Res.*, **108**: 1011-1024.
- WALLEMDA, T. & KOTTKE, I. (1998): Nitrogen deposition and ectomycorrhizas. – *New Phyt.*, **139**: 169-187.
- WALTHER, G., GARNICA, S. & WEISS, M. (2005): The systematic relevance of conidiogenesis modes in the gilled Agaricales. – *Mycol. Res.*, **109**: 525-544.
- WALTHER, G. & WEISS, M. (2006): Anamorphs of the Bolbitiaceae (Basidiomycota, Agaricales). – *Mycologia*, **98**: 792-800.
- WALTHER, G. & WEISS, M. (2008): Anamorphs in the Strophariaceae (Basidiomycota, Agaricales). – *Botany*, **86**: 551-566.
- WEBER, E., GÖRKE, C. & BEGEROW, D. (2002): The *Lecytophthora-Coniochaeta* complex II. Molecular studies based on sequences of the large subunit of ribosomal DNA. – *Nova Hedwigia*, **74**: 187-200.

- WEBER, G. (1990): Untersuchungen der Mikropilzflora im Wurzelbereich von Fichten verschiedener Schadstufen. – Dissertation Universität Tübingen.
- WEBER, G., SPAAIJ, F. & GAMS, W. (1994): *Ticogloea*, a new genus of hyphomycetes from roots of *Ticodendron incognitum* from Costa Rica. – *Mycol. Res.*, **98**: 660-664.
- WEBER, G., SPAAIJ, F. & OBERWINKLER, F. (1989): *Myxoccephala*, a new genus of hyphomycetes from roots and soil. – *Sydowia*, **41**: 360-366.
- WEBER, G., SPAAIJ, F. & VAN DER WALT, J. P. (1992): *Kluyveromyces piceae* sp. nov., a new yeast species isolated from the rhizosphere of *Picea abies* (L.) KARST. – *Antonie van Leeuwenhoek*, **62**: 239-244.
- WEBER, G., SPAAIJ, F. & WINGFIELD, M. (1996): *Leptographium costaricense* sp. nov., a new species from roots of *Talauma sambuensis* from Costa Rica. – *Mycol. Res.*, **100**: 732-736.
- WEBER, R. (1993): Fluoreszenzmikroskopische Untersuchungen zur Vitalität von Mykorrhizen an Fichten (*Picea abies* (L.) KARST.) verschiedener Schadklassen am Standort „Postturm“ bei Ratzburg. – Dissertation Universität Tübingen.
- WEISS, M. (2004-2011): Molecular Phylogenetic Reconstruction. Manual for a course at the Universität of Tübingen, pp. 115.
- WEISS, M. (2007): Die verborgene Welt der Sebaciales. – *Bibliotheca Mycologica*, **3**: 18-23.
- WEISS, M. (2010): Sebaciales: Basidiomyceten mit enormem Potential für die Mykorrhizaforschung und für Anwendungen im Pflanzenbau. – *Journal für Kulturpflanzen*, **63**: 113-114.
- WEISS, M., BAUER, R. & BEGEROW, D. (2004a): Spotlights on heterobasidiomycetes. – In: AGERER, R., PIEPENBRING, M. & BLANZ, P. (eds.): *Frontiers in Basidiomycete Mycology*: 7-48; Eching (IHW-Verlag).
- WEISS, M. & GÖKER, M. (2011): Molecular phylogenetic reconstruction. – In: KURTZMAN, C. P., FELL, J. W. & BOEKHOUT, T. (eds.): *The Yeasts – A Taxonomic Study*, **1**: 159-174; Amsterdam (Elsevier).
- WEISS, M. & OBERWINKLER, F. (2001): Phylogenetic relationships in Auriculariales and related groups – hypotheses derived from nuclear ribosomal DNA sequences. – *Mycol. Res.*, **105**: 403-415.
- WEISS, M., SYKOROVÁ, Z., GARNICA, S., RIESS, K., MARTOS, F., KRAUSE, C., OBERWINKLER, F., BAUER, R. & REDECKER, D. (2011): Sebaciales everywhere: previously overlooked ubiquitous fungal endophytes. – *PLoS ONE*, **6**(2): e16793.
- WEISS, M., YANG, Z.-L. & OBERWINKLER, F. (1998): Molecular phylogenetic studies in the genus *Amanita*. – *Canad. J. Bot.*, **76**: 1170-1179.
- WELLS, K. & OBERWINKLER, F. (1982): *Tremelloscypha gelatinosa*, a species of a new family Sebacinaceae. – *Mycologia*, **74**: 325-331.
- WHITNEY, H., BANDONI, R. & OBERWINKLER, F. (1987): *Entomocorticium dendroctoni* gen. et sp. nov. (Basidiomycotina), a possible nutritional symbiote of the mountain pine-beetle in lodgepole pine in British Columbia. – *Canad. J. Bot.*, **65**: 95-102.
- WILLMANN, A., WEISS, M. & NEHLS, U. (2007): Ectomycorrhiza-mediated repression of the high-affinity ammonium importer gene AmAMT2 in *Amanita muscaria*. – *Current Genetics*, **51**: 71-78.
- WÖLLMER, H. & KOTTKE, I. (1990): Fine root studies in situ and in the laboratory. – *Environ. Pollution*, **68**: 383-407.
- WRIGHT, J. E., BANDONI, R. & OBERWINKLER, F. (1981): *Agaricostilbum*: an auricularioid basidiomycete. – *Mycologia*, **73**: 880-886.
- WUBET, T., KOTTKE, I., TEKETAY, D. & OBERWINKLER, F. (2003a): Mycorrhizal status of indigenous trees in dry afro-montane forests of Ethiopia. – *Forest Ecology and Management*, **179**: 387-399.
- WUBET, T., KOTTKE, I., TEKETAY, D. & OBERWINKLER, F. (2009): Arbuscular mycorrhizal fungal community structures differ between co-occurring tree species of dry afro-montane tropical forest, and their seedlings exhibit potential to trap isolates suited for reforestation. – *Mycol. Progr.*, **8**: 317-328.
- WUBET, T., WEISS, M., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (2003b): Morphology and molecular diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in wild and cultivated yew (*Taxus baccata*). – *Canad. J. Bot.*, **81**: 255-266.
- WUBET, T., WEISS, M., KOTTKE, I., TEKETAY, D. & OBERWINKLER, F. (2004): Molecular diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in *Prunus africana*, an endangered medicinal tree species in dry afro-montane forests of Ethiopia. – *New Phyt.*, **161**: 517-528.
- WUBET, T., WEISS, M., KOTTKE, I., TEKETAY, D. & OBERWINKLER, F. (2006a): Phylogenetic analysis of nuclear small subunit rDNA sequences suggests that the endangered African Pencil Cedar, *Juniperus procera*, is associated with distinct members of Glomeraceae. – *Mycol. Res.*, **110**: 1059-1069.
- WUBET, T., WEISS, M., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (2006b): Two threatened coexisting indigenous conifer species in the dry afro-montane forests of Ethiopia are associated with distinct arbuscular mycorrhizal fungal communities. – *Canad. J. Bot.*, **84**: 1617-1627.
- YANG, Z.-L. (1997): Die *Amanita*-Arten von Südwestchina. – *Bibliotheca Mycologica*, **170**: 1-240.
- YANG, Z.-L. & OBERWINKLER, F. (1999): Fruit body development in *Amanita muscaria* (Basidiomycetes). – *Nova Hedwigia*, **68**: 441-468.
- YANG, Z.-L., WEISS, M., NEHLS, U., KOTTKE, I., GUTTENBERGER, M., HAMPP, R. & OBERWINKLER, F. (1999): *Amanita*. – In: CAIRNEY J. W. G. & CHAMBERS S. M. (eds.): *Ectomycorrhizal fungi: key genera in profile*: 201-230; Berlin, Heidelberg (Springer-Verlag).
- YANG, Z.-L., WEISS, M. & OBERWINKLER, F. (2004): New species of *Amanita* from the eastern Himalaya and adjacent regions. – *Mycologia*, **96**: 636-646.
- ZUGMAIER, W. (1991): Parasitismus von *Tremella*-Arten. – Dissertation Universität Tübingen.
- ZUGMAIER, W., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1994): Mycoparasitism of some *Tremella* species. – *Mycologia*, **86**: 49-56.

ZUGMAIER, W. & OBERWINKLER, F. (1995): Tremelloid haustorial cells with haustorial filaments and potential host-range of *Tremella mesenterica*. – Nord. J. Bot., **15**: 207-213.

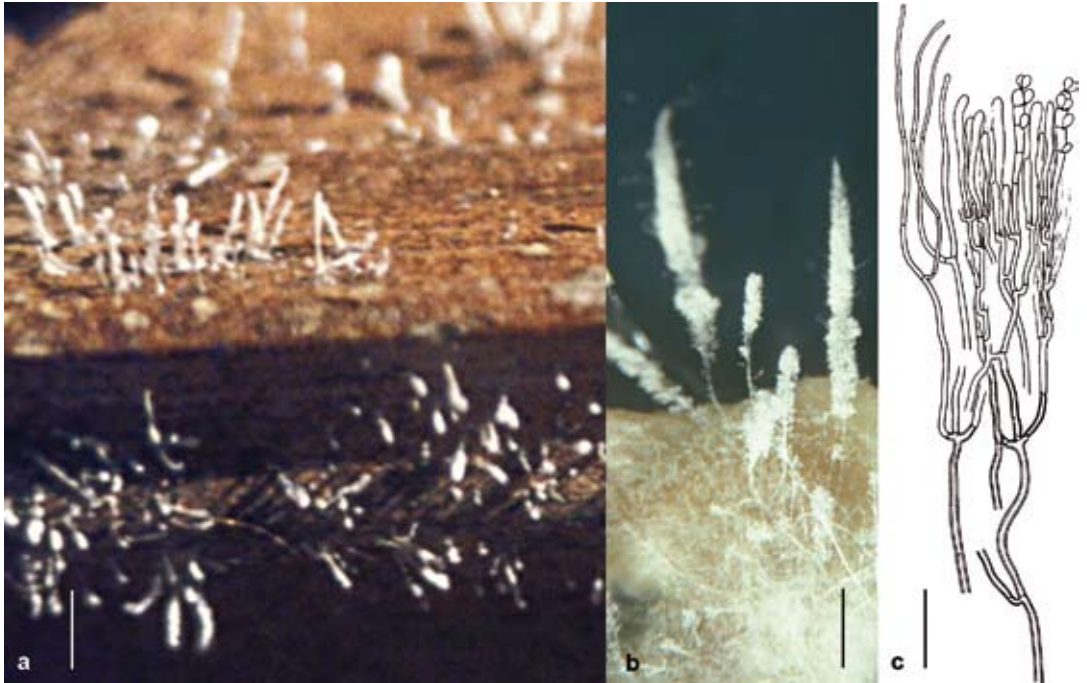


Abbildung 3. *Agaricostilbum pulcherrimum*. a) Australien, Wilson River Reserve, 7.8.1981. Die weißen, gestielt-kopfig-walzhilichen Fruchtkörper wachsen rasig in unterschiedlich großen Populationen. Messbalken 1 mm. b) Kultur der Art auf Agar, Messbalken 200 µm. c) Ausschnitt einer Randpartie des Fruchtkörpers von *Agaricostilbum hyphaenes* (Typus). Nach OBERWINKLER & BANDONI (1982). Messbalken 20 µm. – Alle nachfolgenden Fotos und Zeichnungen (außer anderweitig bezeichnete): F. OBERWINKLER.

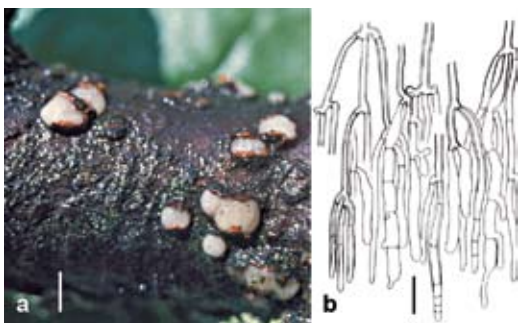


Abbildung 4. *Platygløea disciformis*. a) Fruchtkörper auf der Sommerlinde, *Tilia platyphyllos*, Tübingen, 8.1979. Das Mycel des Pilzes wächst im Holz. Fruchtkörper brechen durch die Borke nach außen. Die Art ist nur von Lindenästen bekannt. Sie ist wahrscheinlich im Areal der Lindenarten verbreitet. Messbalken 1 mm. b) Ausschnitt aus dem Hymenium mit unterschiedlich reifen Basidien und einer Cystidiole. Typisch sind für die gesamte Verwandtschaft die schnallenlosen Septen. Nach OBERWINKLER et al. (1990).



Abbildung 6. *Trachyspora intrusa* auf *Alchemilla* sp., Schweiz, St. Antönien, Partnun, 17.6.2011. Dieser Rostpilz bildet nur Uredo- und Teleutosporien auf Frauenmantelarten aus, er hat also keinen Wirtswechsel. In manchen Gebieten, besonders in den Alpen, ist der Frauenmantelrost weit verbreitet und häufig. Messbalken 2 mm.

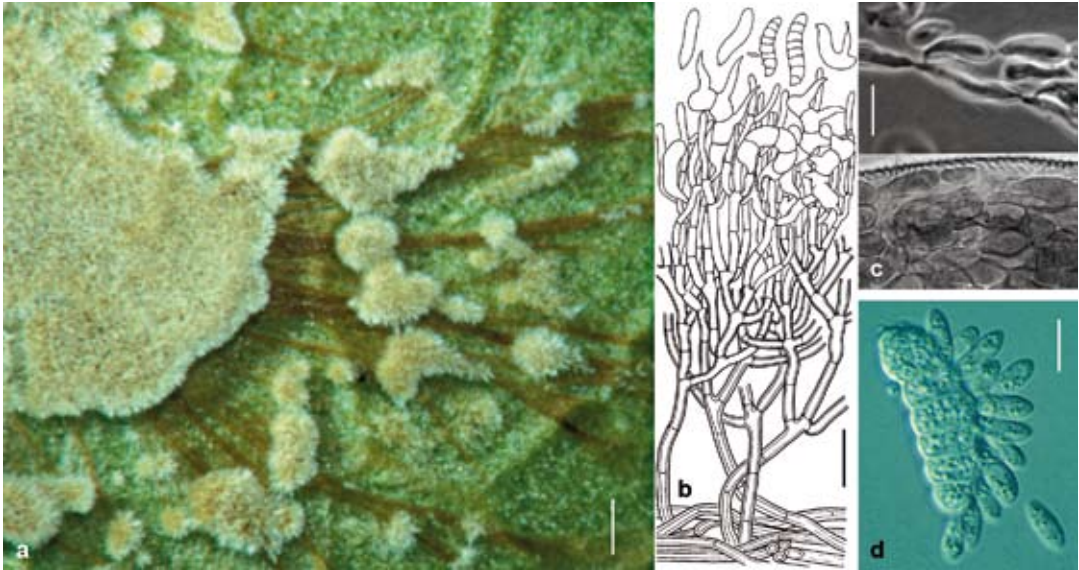


Abbildung 7. *Septobasidium*-Arten parasitieren Schildläuse, die ihrerseits die Phloembahnen ihrer Gehölpwirte anzapfen. a) *Septobasidium foliicolum* auf *Ocotea foetens*, Madeira, Faja de Nogeira, 31.4.1984. Diese Art wächst ausnahmsweise auf immergrünen Blättern. Braun gefärbte Hyphenstränge sind auf der Blattoberfläche zu erkennen. Von diesen steigen senkrecht gebündelte Hyphen säulenartig empor und breiten sich über den Schildläusen dachartig aus. Allmählich verbinden sich diese einzelnen Dächer zu einer gemeinsamen Decke (linker Teil). Messbalken 100 μm . b) Die Zeichnung von *Septobasidium albidum* (Venezuela, Mérida, auf *Erythrina glauca*, 29.11.1968) soll den grundsätzlichen zellulären Aufbau septobasidialer Fruchtkörper von den basalen Hyphen bis zur hymenialen Deckschicht mit Basidien und Basidiosporen illustrieren. Bemerkenswert an dieser südamerikanischen Art ist, dass sie keine dickwandigen Probasidien besitzt, die ansonsten für Septobasidien sehr charakteristisch sind. Messbalken 20 μm , nach OBERWINKLER (1977a). c) Haustorien von *Coccidioidictyum inconspicuum* im Schildlauskörper. In der unteren Bildhälfte ist der geriefte Chitinpanzer eines Tieres zu erkennen, im oberen Teil ist eine frei präparierte haustoriale Hyphe abgebildet. Teneriffa, Anagagebirge, 23.2.1978, Messbalken 5 μm . d) *Septobasidium carestianum*, Basidiosporenkeimung. Reife Sporen der meisten Septobasidien sind mehrfach quer septiert. Aus jeder Basidiosporenzelle knospen Hefezellen, die weiter knospen und schließlich Hefekolonien bilden. Septobasidiale Pilze haben also einen Entwicklungsgang, der aus einer Hyphen- und einer Hefephase besteht, was als dimorph bezeichnet wird. *S. carestianum* ist in Mitteleuropa weitgehend auf Weidenauen begrenzt und ist eine der wenigen nicht-tropischen Arten.

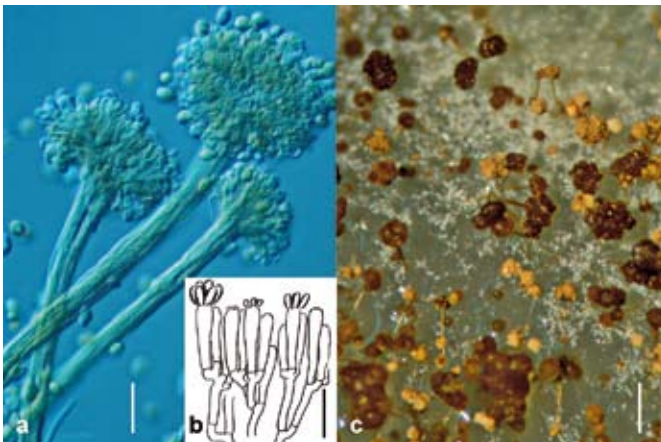


Abbildung 8. *Pachnocybe ferruginea* in Kultur. Dieser Pilz, von dem nur einige wenige europäische und nord-amerikanische Aufsammlungen existieren, wächst saprob auf Koniferenholz. a) Auf Stielen entwickeln sich kopfige Hymenien mit Holobasidien. Basidiosporen sitzen kronenartig auf den Basidien-scheiteln, von denen sie passiv abbrechen. Entsprechend ist der Basidientyp gasteroid. Phasenkontrast, Messbalken 100 μm . b) Ausschnitt aus dem Hymenium mit unterschiedlich reifen Basidien. Nach OBERWINKLER & BANDONI (1982a), Messbalken 10 μm . c) Kultur auf Agar. Messbalken 500 μm .



Abbildung 9. Der Staubbeutel-Brandpilz des Seifenkrautes, *Microbotryum saponariae*. a) Befallsbild auf dem Seifenkraut, *Saponaria officinalis*, Tübingen, 10.7.2007. Die Brandsporen werden anstatt der Pollenkörner in den Antheren des Seifenkrautes gebildet. Staubartige, „brandige“ Flecken auf den Kronblättern des Wirtes sind durch die abgefallenen Brandsporen verursacht. Eine solch dunkel pigmentierte und ornamentierte Brandspore ist in der rechten Abbildung zu sehen. Messbalken 2 mm. b) Die keimende Brandspore ist die Zelle, in der das Kernpaar zu einem diploiden Kern verschmilzt, also der Ort vor der Reifeteilung, dementsprechend ein Promeiosporangium. Das „Keimen“ der Brandspore liefert die Zelle, in der die Reduktionsteilung, die Wiederherstellung der haploiden Kerne, erfolgt. Diese Zelle nennen wir allgemein Meiosporangium und bei Basidiomyceten Basidie. Nach der Meiose wird die Basidie quer septiert, sodass sich im Idealfall ein haploider Kern in einer Meiosporangienzelle befindet. Im Bild ist ein Querseptum zu erkennen. Die terminale Basidienzelle knospt eine Basidiospore, bei Brandpilzen meist Spodie genannt, ab. Die Orte der Abknospung der unteren Basidiosporen liegen nicht im Fokus. Messbalken 5 μ m.

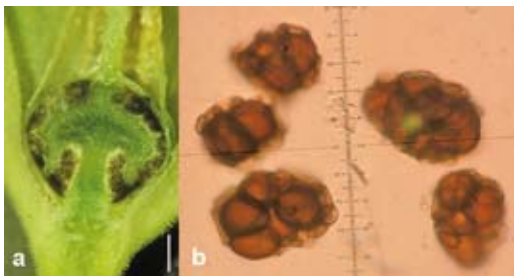


Abbildung 11. Brandpilze der Gattung *Urocystis* besitzen Sporenballen. a) Der Primelbrandpilz *Urocystis primulae* in der Echten Schlüsselblume, *Primula veris*, Tübingen, 7.1985. Im Schnitt durch den Fruchtknoten der Schlüsselblume sind keine Samenanlagen der Pflanze zu sehen. Diese sind durch Brandsporenlager ersetzt. Die Brandsporenballen sind nur als winzige Punkte zu erkennen. Messbalken 2 mm. b) In den Blättern des Leberblümchens, *Hepatica nobilis*, kann sich der spezifische Brandpilz *Urocystis syncocca* entwickeln. Brandsporen (dickwandig und braun) sind zu mehreren in Ballen zusammengelagert und mit sterilen Zellen (dünnwandig, weitgehend hyalin) vereint. Ein Teilstrich der Messskala = 1 μ m.

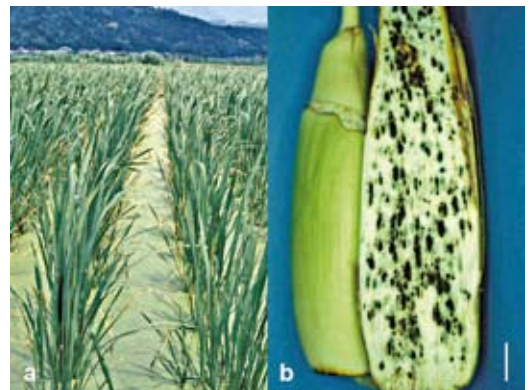


Abbildung 12. Der „Speisebrandpilz“ *Ustilago esculenta* im Mandchurischen Wasserreis, *Zizania latifolia*. a) Anbauflächen der Wirtspflanze in gefluteten Feldern bei Puli, Taiwan, 24.3.1987. b) Basale Halmteile des Reises werden von diesem spezifischen Brandpilz befallen, der den Wirt zu hypertrophierendem Wachstum anregt. Dadurch entstehen weiche Pflanzengewebe, die von Brandsporenlagern durchsetzt sind und die in diesem Zustand als Delikatesse verspeist werden. Markt in Taichung, Taiwan, 3.1987. Messbalken 1 cm.



Abbildung 13. Der Wassersternbrandpilz, *Doassinga callitrichis* auf *Callitriche palustris*, Botanischer Garten Tübingen, 10.1986. a) Der Brandpilz wächst in den Blattgeweben des Wassersterns. Stark befallene Blätter verlieren ihr Blattgrün, wodurch die Infektion deutlich erkennbar wird. Messbalken 2 mm. b) Brandspore mit reifer Basidie und terminalen, sitzenden Basidiosporen. Die beiden transversalen Septen in der Basidie sind Rückzugssepten, die ein Zurückfließen des Cytoplasmas während der Sporenbildung verhinderten. Es liegt also eine Holobasidie und nicht eine Phragmobasidie vor. Die kahnförmige, sigmoide Form der Basidiosporen wird als Anpassung an Wasserverbreitung gedeutet. Zwei Basidiosporen sind quer septiert. Messbalken sind 5 μm .

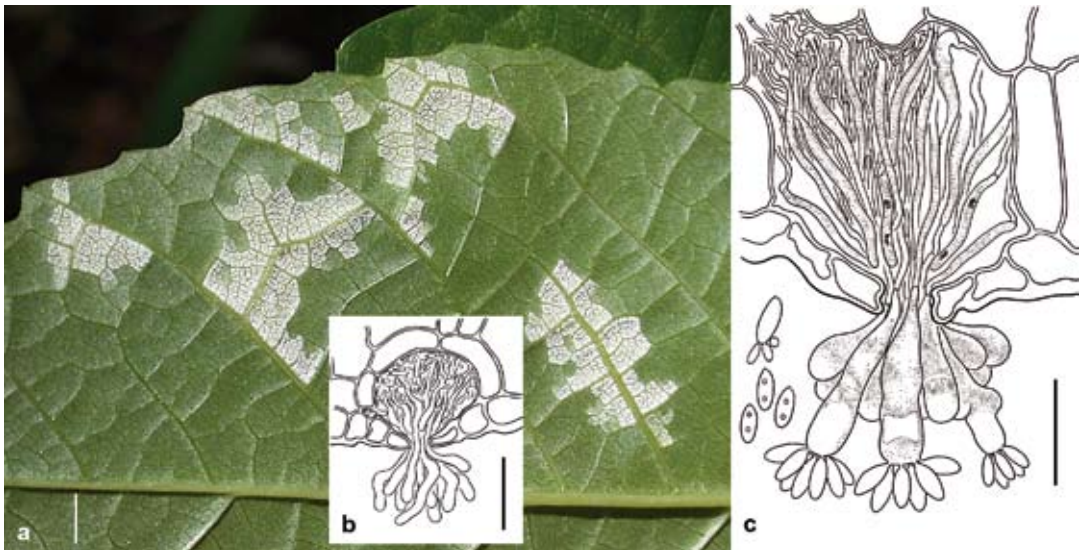


Abbildung 14. a) *Microstroma juglandis* auf der Blattunterseite von *Juglans regia*, Tübingen, 1.7.2009. Die winzigen, weißen Aufwölbungen entsprechen jeweils Basidienbüscheln, die aus Spaltöffnungen der Blätter des Walnussbaumes hervorwachsen. Das gesamte Infektionsfeld wird durch Blattadern begrenzt. Diese sind Ausbreitungsbarrieren für das parasitische Mycel im Blattgewebe. Der spezifische, sehr weit im Walnuss-Areal und den Anbaugebieten verbreitete und häufige Parasit könnte treffend als „Weißbrand der Walnussblätter“ bezeichnet werden. Messbalken 5 mm. b) Schnitt durch ein Pilzlager, das sich in einer Atemhöhle des Walnussblattes entwickelt hat und von dem junge Basidien durch die Spaltöffnung nach außen wachsen. c) Reife Basidien mit terminalen, sitzenden Basidiosporen. Eine der abgefallenen Sporen knospt Hefezellen ab. Nach OBERWINKLER (1978). Messbalken für b), c) 20 μm .



Abbildung 15. „Nacktbasidienpilze“, *Exobasidium*-Arten, parasitieren überwiegend Pflanzen der Heidekraut-Verwandtschaft (Ericales). a) *Exobasidium rhododendri* auf *Rhododendron ferrugineum*, Botanischer Garten Tübingen, 13.6.2009. Die kugeligen Gallen bestehen aus hypertrophierten Wirtsgeweben, an deren Oberflächen der hochspezialisierte Parasit Basidien und Basidiosporen bildet. b) Oberer Teil einer Basidie mit Sterigmen und jungen Basidiosporen. Eine Besonderheit der Exobasidiaceen-Basidie sind die nach innen gekrümmten Schleudersporen. Ein Teilstrich der Messkala = 1 μm .

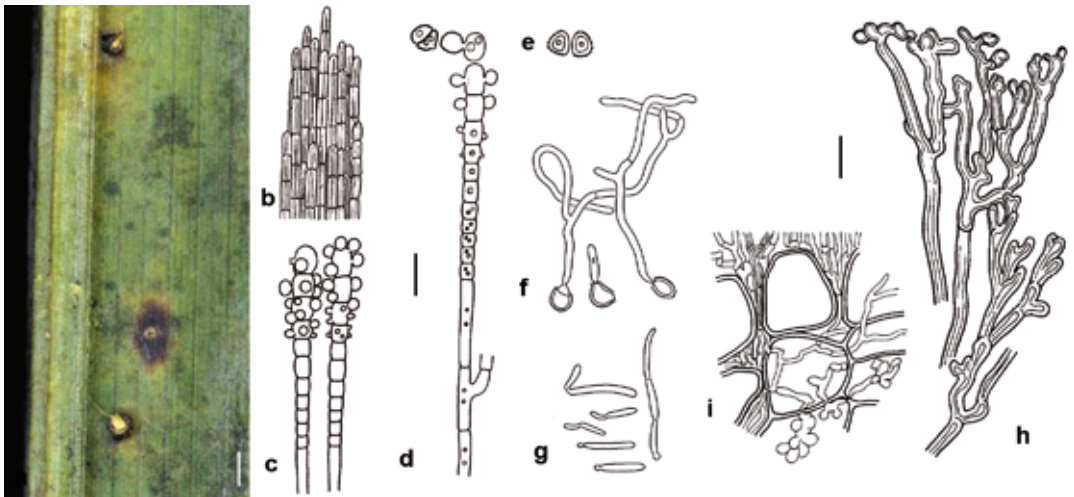


Abbildung 16. a) Der Palmen-Brandpilz *Graphiola phoenicis* auf der Kanarenpalme, *Phoenix canariensis*, China, Menglun, Botanischer Garten, 10.8.1995. Zwei Fruchtkörper des Pilzes haben die Blattepidermis durchbrochen. Beim linken Sporenlager sind die fadenförmigen Hyphenbündel erkennbar, die über das Hymenium hinauswachsen. *Graphiola*-Arten und Verwandte parasitieren nur Palmen, bevorzugt *Phoenix* und *Sabal*-Species. Messbalken 5 mm. b) Hyphen der Peridie. c) Zwei Basidienketten, die jeweils aus kurz tonnenförmigen Basidien bestehen. Die oberen Basidienzellen sind reif und gliedern lateral Basidiosporen ab. d) Basidienkette mit Zellkernen, die den Übergang von der Zweikernphase ($n+n$) zum diploiden Zustand ($2n$) verdeutlichen. e) Teilung einer Basidiospore und reife, dickwandige Sporen. f) Basidiosporenkeimung mit Hyphen und einer Hefeknosung. g) Hefeknosung. i) Parasitäre Interaktion mit lebenden Wirtszellen. Beim Durchwachsen der Wirtszellwände verschmälern sich die Hyphen zu feinen Kanälen, um sich danach in den Wirtszellen mit gelappten Haustorien auszubreiten. b)-i) nach OBERWINKLER et al. (1982), Messbalken 5 μm .

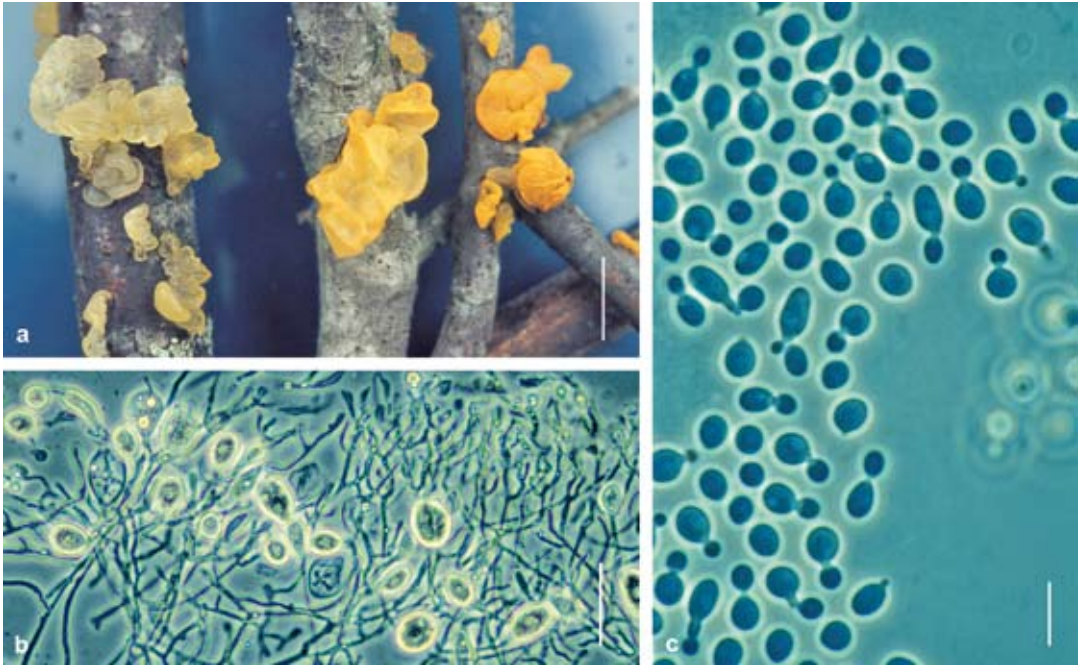


Abbildung 19. Der Goldgelbe Zitterling *Tremella mesenterica*. a) Fruktifikationen auf Laubholzweigen, Tübingen, 7.1983. Rechts: Junge Fruchtkörper im Stadium der Konidienbildung. Mitte: Reife Fruchtkörper mit Konidien und Basidien. Links: Alte Fruchtkörper mit Basidien und Basidiosporen. Messbalken 3 cm. b) Quetschpräparat des Hymeniums mit reifen und alten, längs septierten Basidien. Noch nicht sporulierende Basidien sind dicht plasmatisch, absporulierte Meiosporangien haben das Cytoplasma in die Basidiosporen gepumpt. Der unregelmäßige Hyphenverlauf im Subhymenium lässt die gelatinöse Konsistenz der Fruchtkörper erahnen. Messbalken 40 μm . c) Hefekeimung mit unterschiedlichen Stadien der Knospung. Messbalken 10 μm .

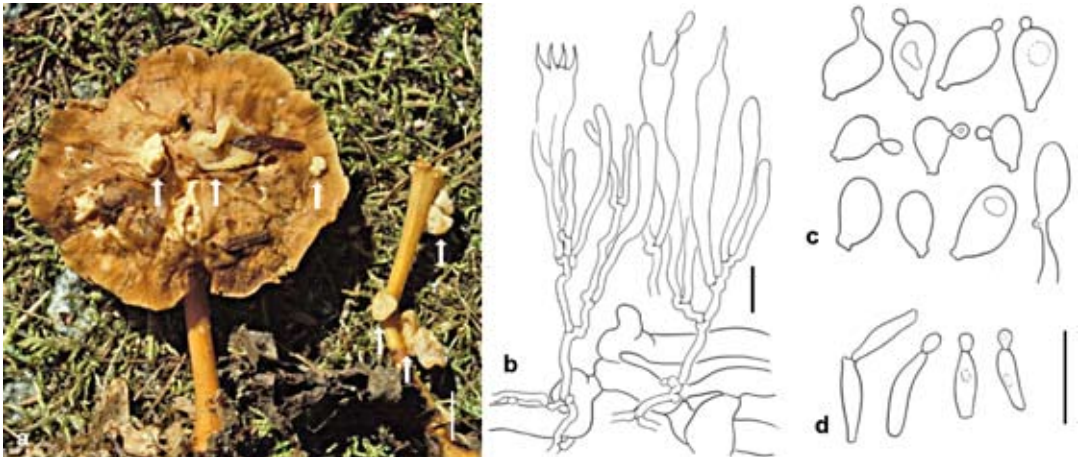


Abbildung 20. a) Der Gallen induzierende Pilzparasit *Carcinomyces mycetophilus* auf einem Rübbling, *Collybia* sp., North Carolina, Highlands, 4.8.1985. Die Gallenbildungen auf dem Hut und dem Fruchtkörperstiel des Wirtes sind durch Pfeile markiert. Messbalken 1 cm. b) Hymenium des Parasiten mit zwei Basidien sowie schmalen und Schnallen tragenden Hyphen. Die breiten, basalen Hyphen gehören zum Wirt. Messbalken 5 μm . c) Mit Hefen keimende Basidiosporen. d) Hefeknospung. c), d) Messbalken 10 μm .

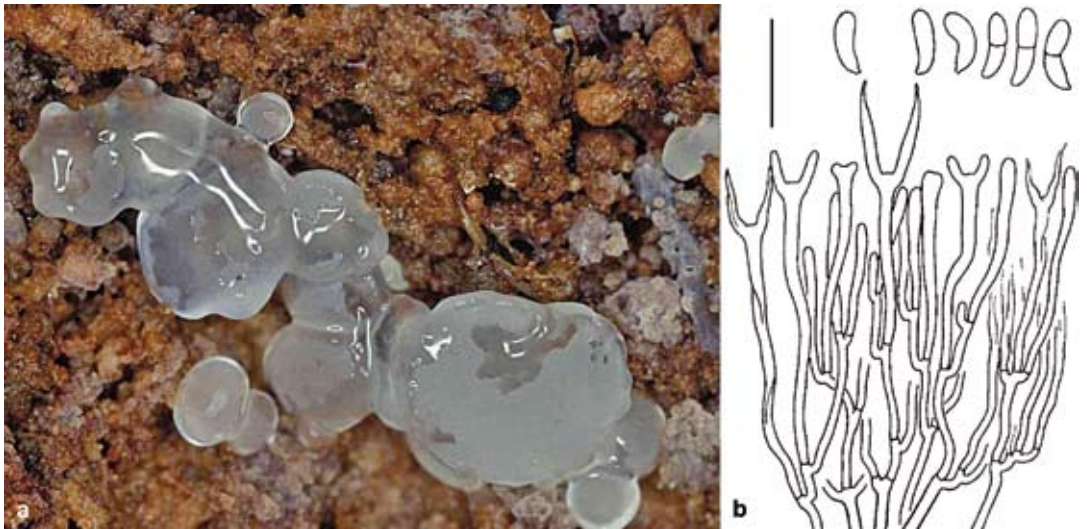


Abbildung 22. Wurzelnde Tränenpilze. a) *Ditiola haasii* auf Fichtenmoderholz, Oberjoch, 10.10.1996. Sporulierende Fruchtkörper haben eine rau erscheinende Hymeniumsoberfläche, überreife Hymeniumsteile sind schleimig-glatt. Die Art ist nur aus den montan-subalpinen Nadelwäldern der Alpen nachgewiesen. b) Hymenium mit unterschiedlich reifen Basidien und Sporen von *Ditiola radicata*. Nach OBERWINKLER (1989). Messbalken 20 µm.

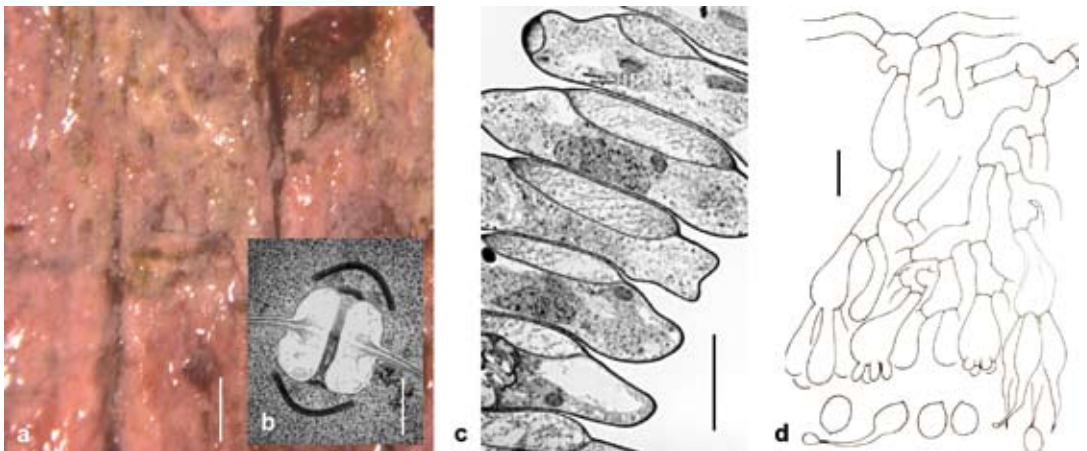


Abbildung 25. Die mikromorphologischen Differentialmerkmale von *Tulasnella*-Arten sind ihre tropfenförmig angeschwollenen Sterigmen (d). Tatsächlich wurde die Gattung von JOHAN-OLSEN 1889 als *Pachysterigma* bezeichnet. Der von J. SCHRÖTER ein Jahr vorher zu Ehren der französischen Mediziner, Botaniker und Mykologen CHARLES und LOUIS RENÉ TULASNE eingeführte Name hat jedoch Priorität. Die großartigen Pilzzeichnungen von CHARLES TULASNE in den „Selecta Fungorum Carpologia“ haben Maßstäbe gesetzt. a) Der voll entwickelte Fruchtkörper von *Tulasnella violea* breitet sich dünn-krustenförmig auf der Unterseite von am Boden liegendem Holz aus (Oberjoch, 11.10.2003). Mit welchen Pflanzenwurzeln der Pilz in Verbindung steht, oder ob er nur saprob wächst, kann bei diesem Fund nicht entschieden werden. Schwach bis deutlich rosa gefärbte Oberflächen des Hymeniums treten bei Arten dieser Gattung öfter auf. Messbalken 5 mm. b) Doliporen mit kontinuierlichen Parenthesomen sind für alle Vertreter der Tulasnellales charakteristisch. Messbalken 0,1 µm. c) Oft haben *Tulasnella*-Zellwände Aussackungen, die mit einer amorphen Substanz gefüllt sind. Solche Strukturen sind von anderen Basidiomyceten nicht bekannt. Messbalken 2 µm. d) Die Zeichnung zeigt das Hymenium von *T. violea*. Der Ausschnitt entspricht der gesamten Fruchtkörperdicke. Es wurden Basidien in unterschiedlichen Entwicklungsstadien illustriert. Messbalken 5 µm, nach OBERWINKLER (1977a). – Transmissionselektronenmikroskopische Aufnahmen: R. BAUER.



Abbildung 27. a) Der Krustenpilz *Phlebiella vaga* auf morschem Fichtenholz, Oberjoch, 24.9.2007. Die Art kann an den makroskopisch sichtbaren, creme-ocker gefärbten Hyphensträngen erkannt werden. Bei Sporulation sind diese Hyphenbündel mit Basidien überzogen (b oben). b) Ausschnitte aus dem Hymenium mit unterschiedlich entwickelten Pleurobasidien. Diese wachsen aus Hyphen seitlich aus, haben daher eine Art Hyphensockel. Das obere Bild zeigt einen Hyphenstrang, der allseitig vom Hymenium umgeben ist. Messbalken 20 μm . c) Basidiosporen stärker vergrößert. Messbalken 10 μm . b), c) nach OBERWINKLER (1977b).

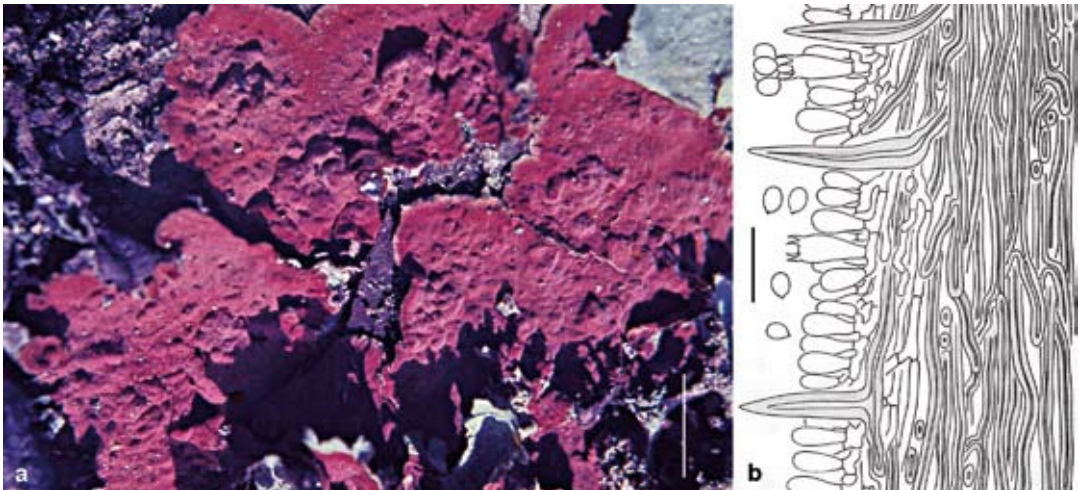


Abbildung 29. a) Die Ochsenblutfarbene Borstenscheibe, *Hymenochaete mougeotii* auf der Tanne, *Abies alba*, Bad Reichenhall, 15.4.1964. Diese Art mit ihren flach ausgebreiteten Fruchtkörpern ist auf absterbende Tannenäste spezialisiert. Das Bild zeigt Hymeniumsbereiche, die von Schnecken abgeweidet wurden und die zum Teil wieder regenerierten. Messbalken 1 cm. b) *Fuscoporia torulosa* (*Phellinus torulosus*) wächst bevorzugt an Eichen, wurde aber auch von weiteren Laubholzarten nachgewiesen. Der Hymeniumsausschnitt zeigt die typischen Hyphensysteme der Feuerschwämme und ihrer nächsten Verwandten mit einer Mischung von dünnwandigen generativen und dickwandigen Hyphen, welche die holzige Konsistenz verursachen. Messbalken 20 μm .

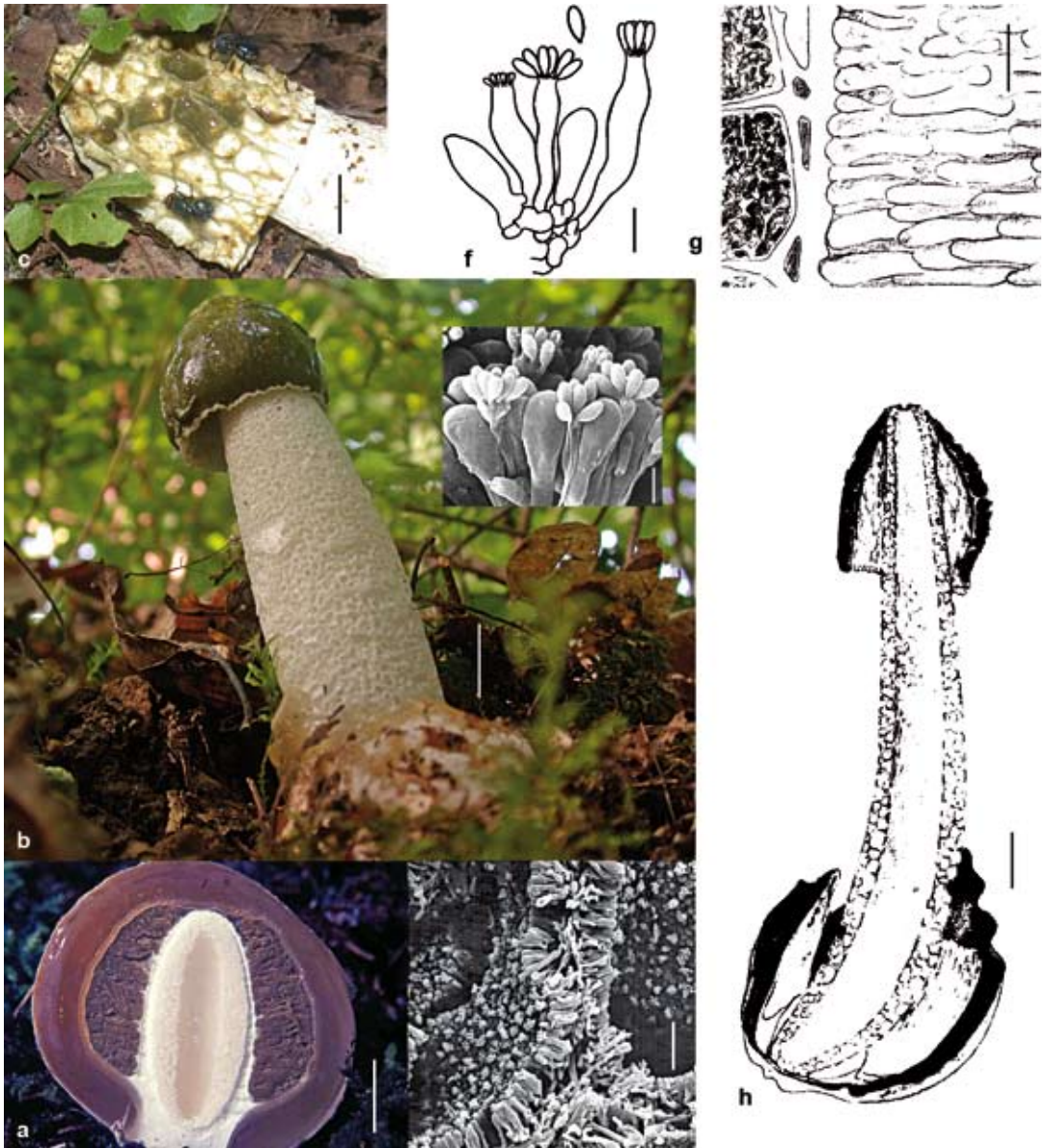


Abbildung 28. Die Stinkmorchel, *Phallus impudicus*. a) Das reife Hexenei der Stinkmorchel zeigt im Schnitt den zentralen, komprimierten Stiel, dann das gefälte Hymenium, die Gleba, schließlich die Ummantelung aus Peridienschichten. Burgwalden, 18.8.1970. b), h) Beim Auswachsen des Fruchtkörpers wird die Hülle des Hexeneis gesprengt und der Stiel schiebt den Kopf mit dem Hymenium in wenigen Stunden in die Höhe. c) Die übel riechende Sporenmasse auf der Außenseite des Hutes wird von Aasfliegen in kürzester Zeit abgeweidet. b), c) Tübingen 18.6.2002. a)-c) Messbalken 1 cm. d) Hymenien zweier Glebakammern bei Basidienreife. Messbalken 20 μ m. e), f) Ausschnitte aus dem Hymenium mit Basidien unterschiedlicher Reife. Mehr als vier Basidiosporen sitzen auf Stummelsterigmen scheidelständig auf den Basidien. Messbalken 5 μ m. g) Grenzbereich zwischen Glebakammern (links) und dicht gepackten Huthyphen (rechts). Messbalken 1 mm. h) Längsschnitt durch einen reifen Fruchtkörper kurz nach dem Streckungswachstum des Stiels. Messbalken 2 cm. f), h) Nach OBERWINKLER (1977a).

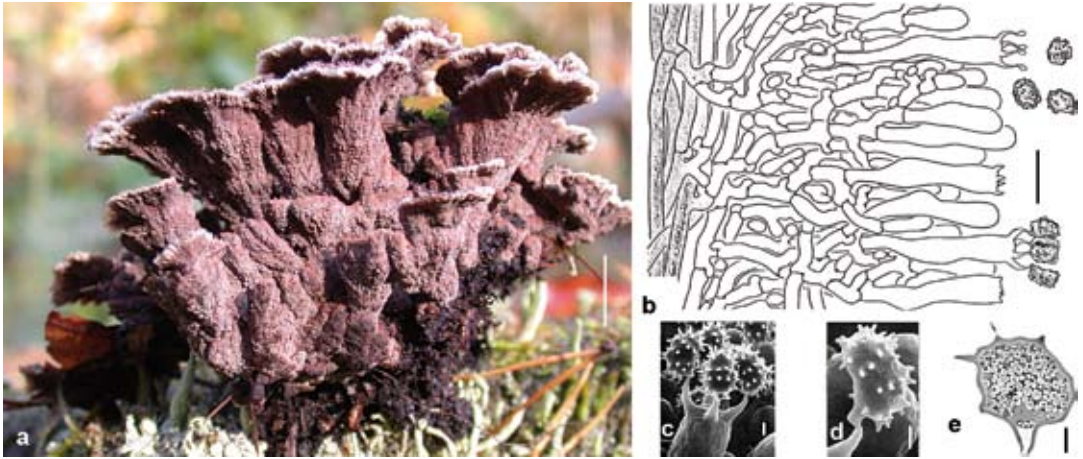


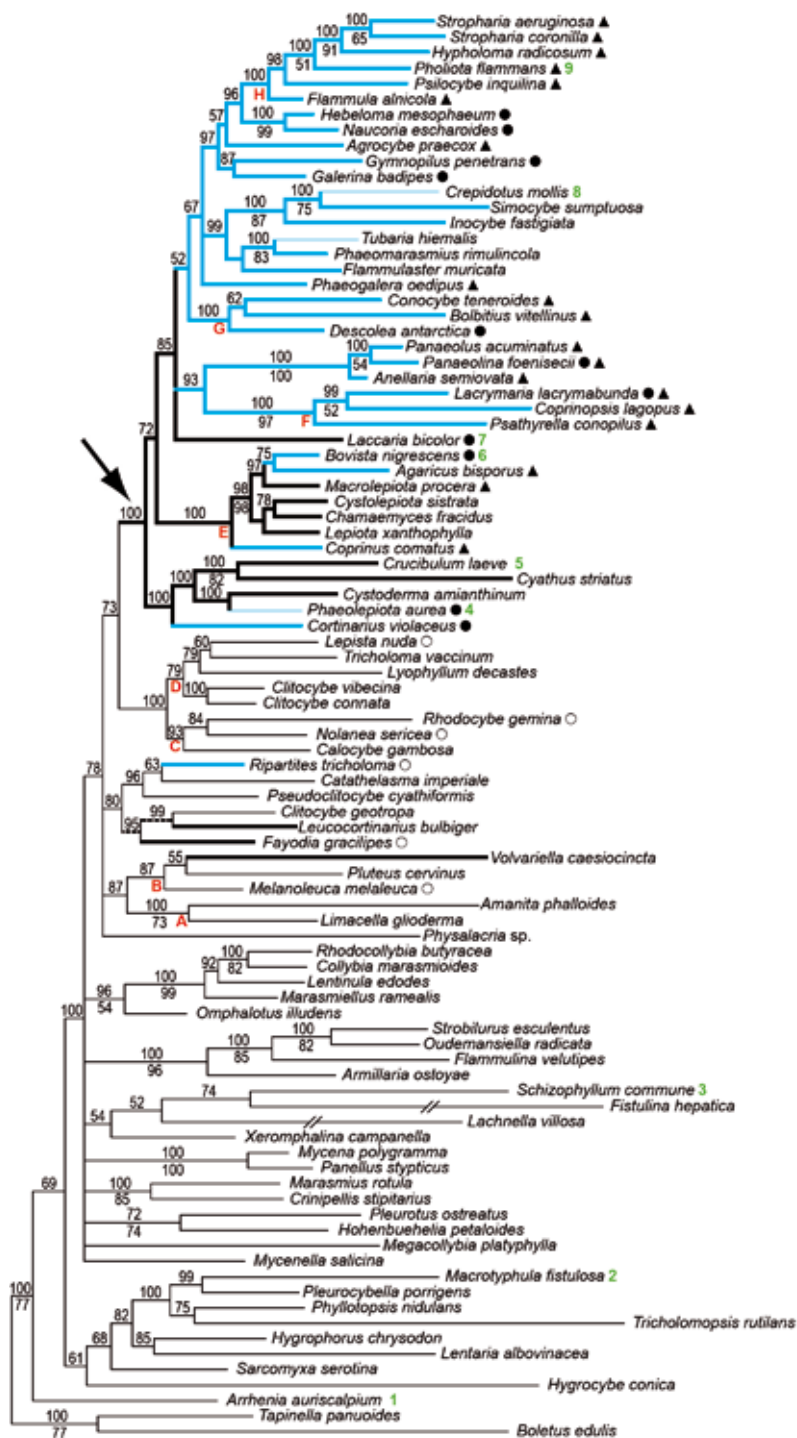
Abbildung 31. a) *Thelephora terrestris* auf Mischwaldboden, Tübingen, 24.10.2004. Der Graubraune Erdwarzenpilz wächst mit sehr unterschiedlich geformten Fruchtkörpern flach bis aufrecht und hat unregelmäßig buckelige Hymenien mit fransigen Rändern. Diese Art und ihre Verwandten sind wichtige Mykorrhizapilze in bodensauren Nadelwäldern, aber auch in Ektomykorrhiza-Vegetationen der Buchen- und Birkengewächse. Damit haben sie in den riesigen boreo-nemoralen Wäldern eine enorme ökologische Bedeutung. Messbalken 1 cm. b) Ausschnitt aus dem Hymenium mit unterschiedlich reifen Basidien, hyalinen Hyphen des Subhymeniums, braun pigmentierten Basidiosporen und Hyphen (punktiert) im Inneren des Fruchtkörpers. Messbalken 20 μm . c) Basidie mit reifen Basidiosporen. d) Basidiospore in Seitenansicht mit asymmetrischem Ansatz am Sterigma. Die Sporenoberfläche ist höckerig und stachelige Fortsätze sitzen meist paarig auf den Höckern. e) Schnitt durch eine Basidiospore und ihren Apiculus. Das Cytoplasma ist stark granulär, der Apiculus cytoplasmafrei. b), c), d), e) nach OBERWINKLER (1977a), c), d), e) Messbalken 2 μm .



Abbildung 33. *Athelia*-Arten zeichnen sich durch weiße und dünne, den Substraten flach anliegende Fruchtkörper mit einfachen, sich nicht verdickenden Hymenien aus. a) *A. arachnoidea* über Grünalgen an einer Sumpfschypresse, *Taxodium distichum*, im Botanischen Garten Tübingen, 25.2.2003. Der sehr häufige Pilz parasitiert Algen und Flechten und wächst oft großflächig über sie hinweg. Messbalken 1 cm. b) Quetschpräparat des Hymeniums in 10 % KOH mit Phloxin. Der Farbstoff wird von den Zellen differenziell aufgenommen. Zellkerne bleiben transparent. Dikaryotische Zellen und diploide Kerne sind gut zu erkennen. Zwei Basidien hatten bereits Sterigmen ausgebildet. Ein Teilstrich der Messkala = 1 μm .



Abbildung 32. a) Der Speitäubling, *Russula emetica*, im subalpinen Mischwald, Oberjoch, 1.10.2002. Die intensiv rote Huthaut, der weiß gefärbte Stiel und die weißlichen Lamellen sind ein guter Hinweis auf die Art, sein brennend scharfer Geschmack macht ihn aber unverkennbar. Wie alle Täublinge und die verwandten Milchlinge sind diese Pilze mit Lamellen keine echten Blätterpilze, Agaricales, vielmehr sind sie in einer getrennten Verwandtschaft zu diesen, also konvergent, entstanden. Die Gattungen *Russula*, Täubling, und *Lactarius*, Milchling, sind sehr artenreich und als Symbiosepartner von Bäumen weltweit von großer Bedeutung in Ektomykorrhiza-Wäldern. Messbalken 1 cm. b), c) Basidiosporen in Seiten- (b) und Rückenansicht (c). Das Ornament der Sporen ist stark amyloid, d.h. aus Melzers Lösung wird Jod selektiv in die Sporenmatrix eingelagert, wodurch diese Strukturen im Lichtmikroskop blau gefärbt erscheinen. Diese Eigenschaft findet sich nicht nur in der Täublings-Familie, sondern bei den allermeisten Arten, die heute zur Ordnung der Russulales gestellt werden. c) Der oberhalb des Apiculus liegende, nicht ornamentierte und auch nicht amyloide Bereich wird Hilarfleck genannt. Bei ornamentierten Basidiosporen bleibt diese Stelle immer wenig strukturiert bis glatt. Dies ist nötig für die Ausbildung eines Tropfens gegenüber der Anheftung des Apiculus am Sterigma. Der Tropfen ist eine funktionelle Voraussetzung für die Abschleuderung der Basidiospore. Messbalken 2 μm . d) Gefrierbruch einer Lamelle, der die Symmetrie des zellulären Aufbaus verdeutlicht. Die Außenseiten zeigen die regelmäßige Anordnung der Hymenien (Hym) mit unterschiedlich reifen Basidien. Darunter folgen die schmalen und stark verflochtenen Hyphen des Subhymeniums (Subhym). Schließlich finden sich im Lamelleninneren zahlreiche kugelig angeschwollene Zellen, die Sphaerocysten (Sph) genannt werden. Sie entstehen in der Spätphase der Fruchtkörperbildung und sind mit verantwortlich für die Endausdifferenzierung der Lamellen und für das Aufspannen des Hutes. Das leichte, „spröde“ Brechen der Milchlings- und Täublingsblätter liegt in dieser besonderen Mikromorphologie begründet. Sphaerocysten sind innerhalb der Russulales auf die Familie Russulaceae begrenzt und nicht, wie in manchen Verallgemeinerungen zu finden ist, ein Merkmal der ganzen Ordnung. Messbalken 20 μm .



● Spores with connected ornaments ○ Spores with isolated ornaments ▲ Spores with germ pore ——— 0.1 substitutions/site

Tafel 12 (linke Seite): Abbildung 36. Phylogenetische Hypothese für Taxa der Agaricales. Aus GARNICA et al. (2007). Die Abfolge des Stammbaumes benutzen wir für die Besprechung von Gattungen. Im begleitenden Text werden derzeit anerkannte Familien zur weiteren Untergliederung der Ordnung verwendet. Die Auswahl der Gattungen im Dendrogramm und im Text ist unterschiedlich. Der Pfeil verweist auf das Auftreten von Pilzen mit komplex gebauten Basidiosporenwänden. Blaue Linien markieren Arten mit dunkel pigmentierten Sporen, fette Linien kennzeichnen Spezies mit Basidiosporen, deren Wände dicker als 200 nm sind. Für das Phylogramm wurden Arten von 88 Gattungen verwendet. Neben den Domänen D1-D3 und D7-D8 der nucLSU und den Domänen A-C der RPB1 Gene wurden auch morphologische und chemische Merkmale berücksichtigt.

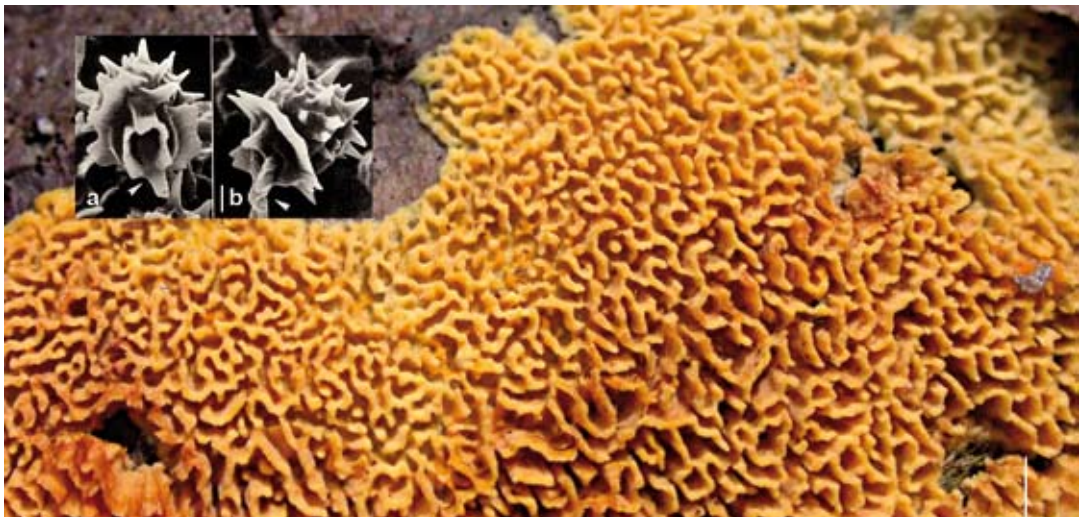


Abbildung 38. *Lindtneria trachyspora*. Nicht das merulioide Hymenium (c) ist das Kennzeichen der Gattung, es ist vielmehr die höchst ungewöhnliche Mikromorphologie der Basidiosporen (a, b). Dieser Sporentyp findet sich, ganz überraschend, auch bei dem hypogäischen Gasteromyceten *Stephanospora caroticolor*, der Karottentrüffel. Die in ihren Fruchtkörperbauplänen sehr unterschiedlichen Pilze stimmen aber auch in ihren Hyphenbauplänen und ihren Pigmentchemismen überein. a), b) Die Pfeilspitzen verweisen auf die Sporenapiculi, Messbalken 2 µm, nach OBERWINKLER & HORAK (1979). c) Hinterstein, auf Grauerlen-Moderholz, *Alnus incana*, 26.9.2005, Messbalken 5 mm.

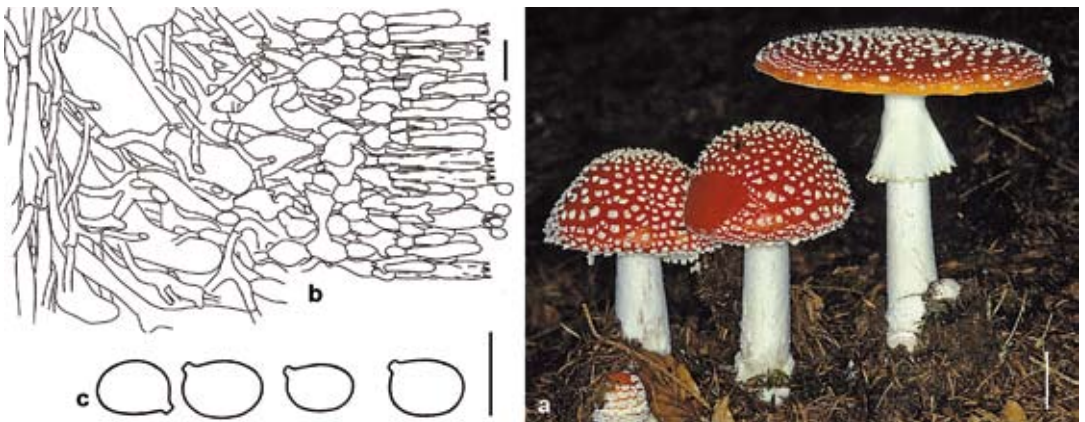


Abbildung 42. Der Fliegenpilz, *Amanita muscaria*, Tübingen, 15.7.1997. a) Fruchtkörper in unterschiedlichen Entwicklungsstadien. Die Scheide ist brüchig und vergänglich, dagegen sind die Manschette und die weißen Velumreste auf dem Hut ausdauernd. Messbalken 2 cm. b) Teil eines Längsschnittes einer Lamelle von ihrer Mitte bis zum Hymenium mit unterschiedlich reifen Basidien. Messbalken 20 µm. c) Basidiosporen, Messbalken 10 µm. a), b) nach YANG & OBERWINKLER (1999). – Zeichnungen: Z.-L. YANG.



Abbildung 43. *Mycena stipata*, Tübingen, 8.10.2002. Der Alkalische Helmling bekam diesen Namen wegen seines auffälligen Geruchs. Der Pilz wächst büschelig und saprob auf Holz. Messbalken 1 cm.



Abbildung 44. *Tricholoma cingulatum*, Botanischer Garten Tübingen, 29.10.2004. Der Beringte Ritterling wächst gerne gesellig als Ektomykorrhizapilz bei Weiden. Messbalken 1 cm.

Abbildung 46. Lacktrichterlinge sind wichtige und weit verbreitete Ektomykorrhizapilze. a) Rötlicher Lacktrichterling, *Laccaria laccata*, im Hintergrund der Violette Lacktrichterling, *L. amethystea*, Oberjoch, 8.10.2002, Messbalken 1 cm. Die Lacktrichterlinge haben dicke und weit voneinander entfernte Lamellen, die an Schnecklinge erinnern. b) Teil eines Längsschnittes einer Lamelle von ihrer Mitte bis zum Hymenium mit unterschiedlich reifen Basidien. Messbalken 20 µm. c-d) Basidiosporen sind nicht pigmentiert, aber charakteristisch stachelig ornamentiert. Messbalken 5 µm. e) Teil eines Stiel-längsschnittes, Außenseite rechts. f) Radiär verlaufende Hyphen der Hutoberfläche mit plasmatisch pigmentierten Zellen. b), e), f) Messbalken 20 µm.

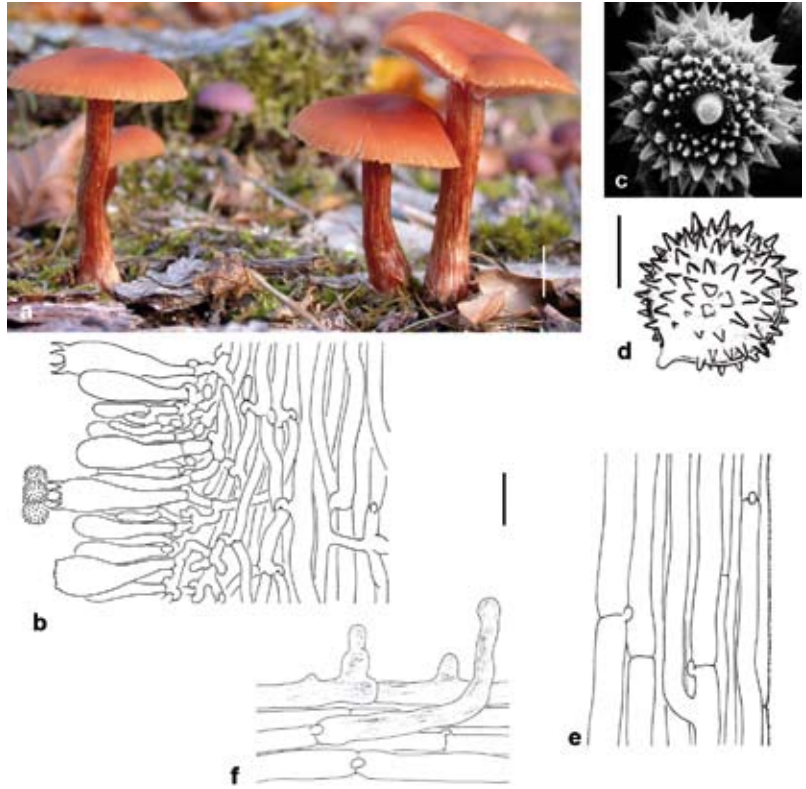


Abbildung 47. Strohgelber Klumpfuß, *Cortinarius elegantior*, Oberjoch, 29.9.2003, Messbalken 1 cm. Typisch für Schleierlinge sind die fädigen Velumhyphen, die junge Fruchtkörper einhüllen. Oft bleiben die bräunlich gefärbten Basidiosporen an den Velumresten hängen, die den Fruchtkörperstiel ringartig umgeben. Der Strohgelbe Klumpfuß ist besonders in Bergnadelwäldern verbreitet, die über Kalk- und Dolomitgesteinen stocken.



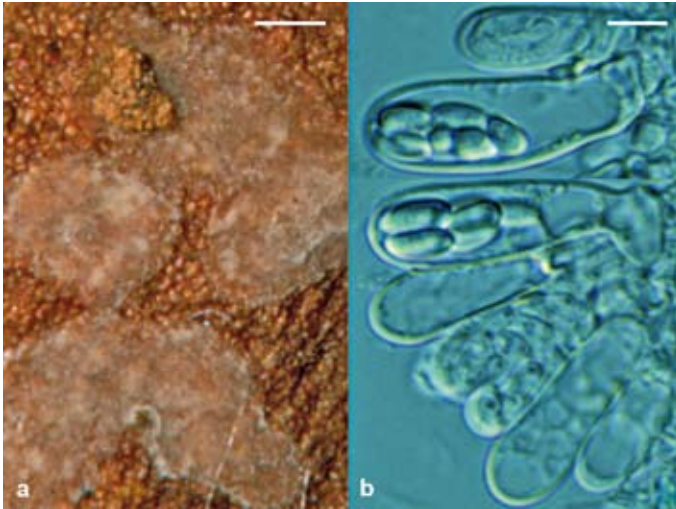


Abbildung 50. a) Der Schlauchpilz *Ascocorticium anomalum* als dünne, transparente Fruchtschicht auf der Innenseite einer Waldkiefernborke, *Pinus sylvestris*. Tübingen, 29.10.1984, Messbalken 0,5 cm. b) Schnitt durch den gesamten Fruchtkörper. Der Pilz besteht nur aus der Ascusschicht und einem sehr dünnen Subhymenium, das der Kiefernborke aufsitzt. Da die beiden Schnitte in Wasserpräparaten lagen, sind die zytoplasmatischen Strukturen in den Asci wie im Lebendzustand erhalten. Die Asci sind unterschiedlich alt. Messbalken 5 μ m.

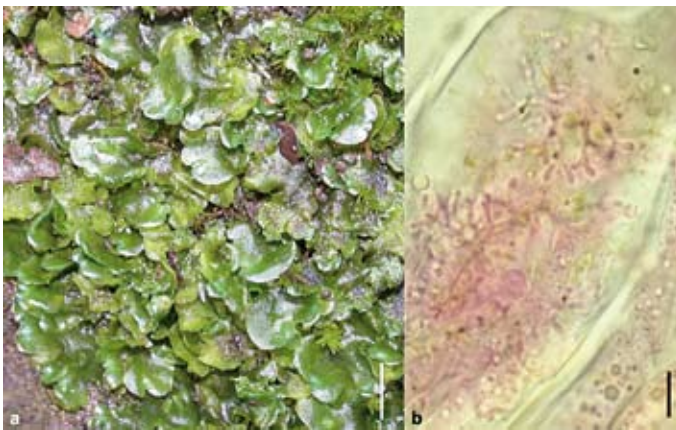


Abbildung 52. a) Das thallose Lebermoos *Pellia endiviifolia* ist Wirt für arbuskuläre Mykobionten, Oberstdorf, 21.9.1991, Messbalken 1 cm. b) Hyphen und Arbuskeln eines Glomeromyceten in einer lebenden Zelle. Das Wasserpräparat wurde mit Safranin angefärbt. Dadurch werden die Hyphen und Arbuskel deutlicher sichtbar. Messbalken 5 μ m.

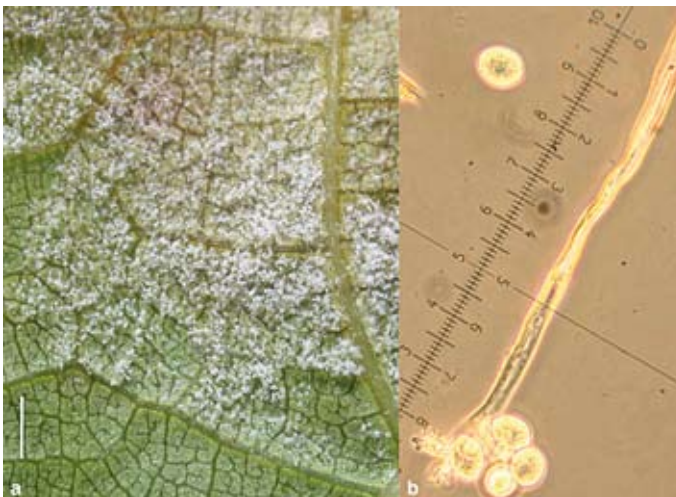


Abbildung 53. a) Der Erreger des Falschen Mehltaus des Weins, *Plasmodium viticola*, auf der Blattoberseite von *Vitis vinifera*, Tübingen, 9.8.2002. Der mehlig-weiße Belag entsteht durch viele Sporangienträger, die durch die Spaltöffnungen der Weinblätter auswachsen. Messbalken 1 mm. b) Ein Sporangienträger mit terminalen Sporangien. Aus den Sporangien können bei feuchter Witterung Flagellaten mit je einer Peitschen- und einer Flimmergeißel, einem Merkmal der Heterokonta, freigesetzt werden. Ein Teilstrich der Messskala = 1 μ m.

Biotrophe Oomyceten, eine sehr spezielle Gruppe von Pflanzenpathogenen

OTMAR SPRING

Kurzfassung

Oomyceten – zu denen die überwiegend saprobiontischen Wasserschimmel ebenso zählen wie die meist bodenbürtigen Pathogene der Gattungen *Pythium* und *Phytophthora*, die Weißrost- und die Falschen Mehltau- pilze – stellen eine eigenständige Lebensform mit einer außergewöhnlichen phylogenetischen Entwicklung dar. Unter ihnen gibt es zahlreiche Vertreter, die sich auf parasitische Lebensweise an Samenpflanzen spezialisiert haben und damit weltweit zu den wirtschaftlich bedeutendsten Schaderregern in der Landwirtschaft zählen. Ihre Biologie ist komplex und weist zahlreiche Anpassungen auf, die bei pathogenen Arten in Koevolution mit ihren Wirten besondere Spezialisierungen erfahren haben. Die biotrophe Lebensweise erschwert die Untersuchung vieler Taxa und stellt eine besondere Herausforderung für die Klärung taxonomischer, physiologischer und ökologischer Fragen dar. Das Fachgebiet *Biodiversität und pflanzliche Interaktion* am Institut für Botanik der Universität Hohenheim beschäftigt sich seit langem mit Erregern des Falschen Mehltaus an wichtigen Kulturpflanzen wie Sonnenblume, Wein oder Tabak. Dabei wurden insbesondere Kultivierungsverfahren entwickelt, die eine detaillierte Untersuchung biologischer relevanter Fragestellungen mit Hilfe mikroskopischer, physiologischer und molekular-genetischer Verfahren erst ermöglichen. Im Rahmen dieser Arbeiten wurden zahlreiche neue Arten identifiziert, unterschiedliche Formen der sexuellen und asexuellen Vermehrung aufgeklärt und Infektions- sowie Resistenzmechanismen analysiert. Die Erkenntnisse dieser Forschungsarbeiten sind die Grundlage für die Klärung evolutiver Zusammenhänge und dienen der Entwicklung von effektiven Maßnahmen im Pflanzenschutz.

Abstract

Biotrophic oomycetes, a very unusual group of plant pathogens

Oomycetes – comprising the mostly saprobic water moulds as well as the parasitic, often soilborne necrotrophic species of *Pythium* and *Phytophthora*, and the biotrophic white rusts and downy mildews – are an independent fungal lineage with an exceptional phylogeny. Numerous taxa of this group are specialized pathogens of higher plants and some of them have become a major threat to important crop plants. The biology of oomycetes is complex and shows many adaptations which had been acquired in co-evolution with specific hosts. The obligate biotrophy (permanently depending on living host cells) of many parasitic spe-

cies hampers their scientific investigation considerably and provides a major challenge for the clarification of seemingly trivial questions in terms of their taxonomy, physiological requirements or ecological relevance. For a long time, research in the section *Biodiversity and Plant Interaction* of the Institute of Botany at the University of Hohenheim is focused on downy mildews of crops such as sunflower, grape vine and tobacco. In the course of these studies we have developed techniques for the cultivation of biotrophic oomycetes which enabled us to tackle scientifically relevant questions by means of microscopy, physiological and molecular genetic approaches. This has led to the identification of several new taxa, unravelled different modes of sexual and asexual reproduction and provided insight in infection and resistance mechanisms. Conclusions from this work are the basis for our understanding of evolutionary relationships in this group and serve for the development of effective measures in plant protection.

Autor

Prof. Dr. OTMAR SPRING, Fachgebiet Biodiversität und pflanzliche Interaktion, Institut für Botanik, Universität Hohenheim, Garbenstr. 30, 70599 Stuttgart, E-Mail: O.Spring@uni-hohenheim.de

1 Einleitung

Molekulare Arbeitstechniken haben in den letzten Jahrzehnten eine Fülle von neuen Erkenntnissen aus allen Bereichen der Biologie zu Tage gefördert und damit auch unsere Vorstellungen über die Evolution der Organismenwelt grundlegend verändert. Oomycota (Algenpilze, Eipilze), von denen man schon früh wusste, dass sie sich in vielen Eigenschaften von den Chitinpilzen oder Echten Pilzen (Eumycota oder Fungi) unterscheiden, sind heute unzweifelhafter Bestandteil einer ganz eigenständigen Entwicklungslinie, deren vereinendes Merkmal in der einzigartigen heterokonten Begeißelung liegt und damit zum namengebenden Element dieser Gruppe wurde, den Heterokontobionta. Während die autotrophen Vertreter dieser Gruppe mit den Braunalgen eine den Landpflanzen in ihrer Größe und Gestalt kaum nachstehende, konvergente Entwicklung eingeschlagen haben, gab es in mehreren Ab-

stammungslinien den unabhängigen Verlust von Plastiden und damit die Rückkehr zur heterotrophen Lebensweise (Tafel 1, Abb.1). Die Peronosporomycetes (früher Oomycetes) stellen auf diesem Weg die sowohl zahlenmäßig als auch hinsichtlich der Differenzierung erfolgreichste Lebensform dar. Aus den überwiegend saprobiontischen Wasserschimmelpilzen (Saprolegniomycetidae) entstanden mit den Albuginomycetidae und den Peronosporomycetidae hoch spezialisierte Pflanzenpathogene, die durch ihre biotrophe Lebensweise im Wirtsgewebe den Sprung ans Land geschafft haben. Zu den bekanntesten Vertretern zählen *Phytophthora infestans*, der Erreger der Kraut- und Knollenfäule der Kartoffel, *Plasmopara viticola*, der Falsche Mehltau am Wein, oder *Albugo candida*, der Weißrosterreger an Brassicaceen.

Die Besonderheit vieler pflanzenpathogener Oomyceten besteht in ihrer biotrophen Lebensweise, bei der die lebende Wirtspflanze als dauerhafte Nahrungsquelle dient, in den der Erreger zwar eindringt, sich dann aber vorwiegend in den Zellzwischenräumen des Gewebes ausbreitet. Zellwände werden nur punktuell penetriert, um sich über spezielle „Saugorgane“ (Haustorien) Zugang zu den benötigten Pflanzenstoffen zu verschaffen. Äußerlich ist befallenen Pflanzen zunächst wenig anzumerken. Deutlich sichtbar wird die Infektion erst, wenn das Pathogen genügend Kraft gesammelt hat, um sich massenhaft durch mitotisch erzeugte Sporangien zu vermehren. Die Bildung von Sporangien erfolgt bei Falschen Mehltaupilzen an Trägern, die aus den Spaltöffnungen heraus an die Oberfläche gelangen, bei Weißrosten in Lagern unter der Epidermis. Sporangien werden durch den Wind verbreitet, bei den Weißrosten erst nach Aufreißen der Epidermis (Tafel 1, Abb. 2).

Diese Lebensweise – quasi im Verborgenen – gepaart mit dem Bedarf an spezifischen Pflanzenstoffen (vermutlich Sterole), die eine Kultur vieler dieser Organismen auf künstlichen Medien bisher unmöglich gemacht hat, erschwert die wissenschaftliche Bearbeitung dieser Organismen ungemein. So sind in vielen Fällen bis heute grundlegende Aspekte aus dem Lebenszyklus biotropher Oomyceten noch nicht geklärt. Das schließt Fragen nach dem Modus der sexuellen Reproduktion, der Überdauerung ungünstiger Lebensphasen außerhalb des Wirtes oder der molekularen Mechanismen bei der Infektion ein, die nicht nur von zentraler Bedeutung für die Biologie, sondern ebenso essentiell für die an-

gewandte Forschung sind, um Strategien für die erfolgreiche Kontrolle dieser Organismen in der Landwirtschaft zu entwickeln.

2 Etablierung von Kultursystemen

Ausgehend von *Plasmopara halstedii*, dem Erreger des Falschen Mehltaus an Sonnenblumen, wurden am Institut für Botanik der Universität Hohenheim in den vergangenen Jahren eine ganze Reihe von hauptsächlich an Nutzpflanzen parasitierenden Oomyceten erfolgreich in Kultur genommen. Dabei zeigte sich, dass die artspezifischen Ansprüche eine individuelle Anpassung der Kultursysteme notwendig macht. Arten der Gattung *Peronospora* keimen beispielsweise aus Sporangien mit einem Keimschlauch aus, während *Pseudoperonospora*, *Plasmopara* oder *Pustula* zunächst Zoosporen aus den Sporangien freisetzen, die sich nach einer Phase des Umherschwimmens auf der Wirtsoberfläche niederlassen, encystieren und erst dann eine Keimhyphne ausbilden, die sich mit einem Primärhaustorium in der Wirtszelle verankert. *Bremia lactucae*, der Falsche Mehltau an Salat und anderen Korbblütlern, verfügt gar über beide Keimungsmöglichkeiten, je nach Temperaturbedingungen. Ähnlich unterschiedlich sind die Orte der Infektion und dies selbst innerhalb von Arten derselben Gattung. So bildet *Plasmopara halstedii* nach der Encystierung Keimhyphen aus, die über Appressorien aktiv die Epidermis der jungen Sonnenblume durchdringen und so von der Wurzel bis zum Blatt überall infizieren können. Bei *P. viticola* und bei *Pustula helianthicola* erfolgt die Infektion dagegen über die Stomata, zu denen die Zoosporen vermutlich durch Alkylaldehyde („Nonanale“) geleitet werden, ehe sie in der substomatären Höhle encystieren und dann auskeimen. Die Infektion erfolgt hier also nur an Wirtsorganen mit Spaltöffnungen, was z.B. erklärt, warum junge Fruchtstände am Wein nur solange befallen werden, bis die Wachsschicht der heranwachsenden Beeren die Stomata verschließt. Zugleich stellt sich die Frage, wie bei *Pustula helianthicola* unter natürlichen Bedingungen die Primärinfektion abläuft. Werden die dafür notwendigen Oosporen, die üblicherweise im Boden überwintern, durch Spritzwasser auf die Blätter verfrachtet oder erfolgt der Befall bereits an bodennahen Stomata des Hypokotyls und bleibt asymptomatisch, bis sich erst viel später am Blatt die typischen Pusteln mit Sporangien zeigen? Die Etablierung

spezifischer Infektionstechniken ist also nicht nur Selbstzweck zur Erhaltung der Kultur, sondern gibt Einblicke in die Infektionsbiologie der Pathogene, die sich im Pflanzenschutz als nützlich erweisen können.

3 Pathogenmonitoring

Dies gilt auch für die Erarbeitung vereinfachter Infektionstechniken, mit deren Hilfe zuverlässige und schnelle Aussagen über die Pathogenität und Aggressivität von selektionierten Pathogenstämmen gemacht werden können. Da vielfach noch keine funktionsfähigen molekulargenetischen Typisierungssysteme für Pathogenrassen bei Oomyceten existieren, sind Biotest-abhängige Differenzierungen sogenannter Pathotypen die einzige Möglichkeit, die Verbreitung von resistenzbrechenden Genotypen zu erfassen. Über solche Infektionsstudien an Sonnenblumenlinien mit definierter Resistenz wurde in Hohenheim die Populationszusammensetzung von *Plasmodium halstedii* in Deutschland erfasst.

Einfache Infektionsverfahren waren auch Ausgangspunkt für Studien zur Fungizidresistenz bei biotrophen Oomyceten. So wurde mit Blattscheibentests ein seit 2003 erstmals in Deutschland auftretender Genotyp des Tabakblauschimmels *Peronospora tabacina* identifiziert, der sich mit Metalaxyl, dem bisher einzigen vollsystemischen Fungizid für Oomyceten, nicht mehr kontrollieren ließ. Molekulargenetische Untersuchungen zeigten, dass in Europa bislang wohl nur zwei deutlich unterscheidbare Populationen dieses Erregers existieren und auf Grund fehlender sexueller Fortpflanzung wohl auch genetisch isoliert bleiben, obwohl sie gleichzeitig an derselben Wirtspflanze auftreten können.

4 Genotypisierung für diagnostische und taxonomische Zwecke

Die vorgestellten Beispiele zeigen, wie eng verzahnt die grundlagen- und die anwendungsorientierte Forschung auf dem Gebiet der biotrophen Oomyceten sind. Erst die scheinbar banale Etablierung von geeigneten Kultivierungstechniken erlaubte die Infektion mit Einzelsporangien und Einzelzoosporen, über die aus gemischten Feldisolaten erstmals genotypisch homogene Stammkulturen der Pathogene selektioniert werden konnten. Dies war die Grundlage für gene-

tische Vergleiche, die eine Differenzierung auf der Basis von PCR-Nachweisen erlaubte. Dies ermöglichte nicht nur das schon erwähnte Monitoring von Populationen im Feld, sondern auch den Nachweis überdauernder Pathogenstrukturen in Saatgut oder Böden und lieferte damit wichtige Erkenntnisse zur Ausbreitungsbiologie der Erreger.

Die genetischen Vergleiche dienen darüber hinaus natürlich auch der taxonomischen Differenzierung biotropher Oomyceten, die von Hause aus eher arm an verlässlichen phänotypischen Artmerkmalen sind. Zahlreiche Neubeschreibungen von Arten und systematische Umgruppierungen im Sinne monophyletischer Einheiten wurden auf Grund der Forschungsergebnisse aus unserer Arbeitsgruppe vorgenommen.

5 Physiologische Aspekte der Wirt-Pathogen-Interaktion

Die zunehmende Erfassung genetischer Sequenzen aus Oomyceten bis hin zur vollständigen Genomsequenzierung wie im Falle von *Phytophthora infestans* oder *Hyaloperonospora arabidopsidis* eröffnet inzwischen ein riesiges Potential zur Klärung bisher kaum zugänglicher biologischer Fragestellungen im Hinblick auf die physiologischen Grundlagen der Infektion durch biotrophe Oomyceten und der Reaktion ihrer Wirte. Hier beschäftigt sich die Arbeitsgruppe *Biodiversität und pflanzliche Interaktion* in Hohenheim besonders mit Fragen der Induktion pflanzlicher Abwehr durch Elicitoren und Effektoren. Aber auch die Signale, die zur Induktion des Infektionsvorganges beitragen, sind Ziel unserer Untersuchungen. Dabei stehen die Oosporen als Überdauerungsform der biotrophen Oomyceten besonders im Mittelpunkt. Ihre Entstehung, Freisetzung und Keimung ist bei den meisten Arten aus dieser Gruppe bisher unerforscht, obwohl die Kenntnis darüber die Grundlage für das Verständnis des gesamten Lebenszyklus dieser Organismen darstellt. Hier zeigt sich erneut, dass vor dem Einsatz hoch technisierter Analyseverfahren zunächst ganz einfache Grundlagen erarbeitet werden müssen. Scheinbar triviale Fragen sind bei vielen Pathogenen offen. So etwa der Ort und Zeitpunkt der Oogamie im Wirtsgewebe. Sind Paarungspartner für die sexuelle Fortpflanzung erforderlich oder erfolgt sie homothallich? Unter welchen Bedingungen keimen die Oosporen und wie lässt sich dieser Vorgang so be-

obachten, dass potentielle Signale mit einem gut handhabbaren Biotest geprüft und identifiziert werden können?

6 Fazit und Schlussfolgerungen

Die vorgestellten Beispiele aus der aktuellen Forschung an biotrophen Oomyceten am Institut für Botanik der Universität Hohenheim sollten einen Einblick in die Besonderheiten dieser phylogenetisch eigenständigen und agronomisch so wichtigen Organismengruppe mit pilzlicher Lebensweise geben. Die Existenz (mit Ausnahme der Verbreitungseinheiten) ausschließlich eingebettet und untrennbar verbunden mit inneren Geweben der Wirtspflanze ermöglichte einen Einblick in die Biologie dieser Organismen oft erst Jahrzehnte später als bei vielen anderen Pilzgruppen. Es ist daher kaum verwunderlich, dass z.B. Umbrüche in der taxonomischen Einteilung, die in anderen Gruppen längst schon „verdaut“ sind und in den festen Bestand der Lehrbücher Einzug gehalten haben, momentan für Verwirrung sorgen oder ignoriert werden (im Weinbau spricht man auch heute noch von der „Reben-Peronospora“, obwohl das Pathogen schon vor 120 Jahren in die Gattung *Plasmopara* aufgenommen wurde). Die Vielfalt in den Lebenszyklen biotropher Oomyceten wird man erst erfassen können, wenn man über die Modellarten hinausschaut und weitere Arten gründlich studiert. Dabei stehen naturgemäß Nutzpflanzenschädlinge im Fokus. Es gibt aber noch viel mehr Vertreter, die auf Wildpflanzen parasitieren und bisher nur von we-

nigen Spezialisten wahrgenommen werden. Sie stellen das genetische Reservoir dar, aus dem sich neue Genotypen entwickeln, auch solche, die den Sprung auf Nutzpflanzen schaffen. Diese Prozesse der Anpassung und der daraus resultierenden Artbildung beginnen wir gerade erst zu untersuchen.

Ausgewählte Publikationen

- SPRING, O. (2004): Potential and limits for the use of new characters in the systematics of biotrophic oomycetes. – In: SPENCER-PHILLIPS, P. & JEGGER, M. (eds.): *Advances in Downy Mildew Research*, Vol. 2.: 211-231; The Netherlands (Kluwer).
- SPRING, O. (2012): Oomycota ARX. – In: FREY, W. (ed.): *Syllabus of Plant Families*, 13th Edition, Part 1/1; 98-105; Stuttgart (Gebr. Bornträger).
- SPRING, O. & THINES, M. (2010): Molecular techniques for classification and diagnosis of plant pathogenic Oomycota. – In: GHERBawy, Y. & VOIGT, K. (eds.): *Molecular Identification of Fungi*: 35-50; Berlin, Heidelberg (Springer).
- SPRING, O., THINES, M., WOLF, S. & ZIPPER, R. (2011): PCR-based detection of sunflower white blister rust (*Pustula helianthicola* C. ROST & THINES) in soil samples and asymptomatic host tissue. – *European J. Plant Pathology*, **131**: 519-527.
- THINES, M. & SPRING, O. (2005): A revision of *Albugo* (Chromista, Peronosporomycetes). – *Mycotaxon*, **92**: 443-48.
- ZIPPER, R., HAMMER, T. R. & SPRING, O. (2009): PCR-based monitoring of recent isolates of tobacco blue mold from Europe reveals the presence of two genetically distinct phenotypes differing in fungicide sensitivity. – *European J. Plant Pathology*, **123**: 367-375.

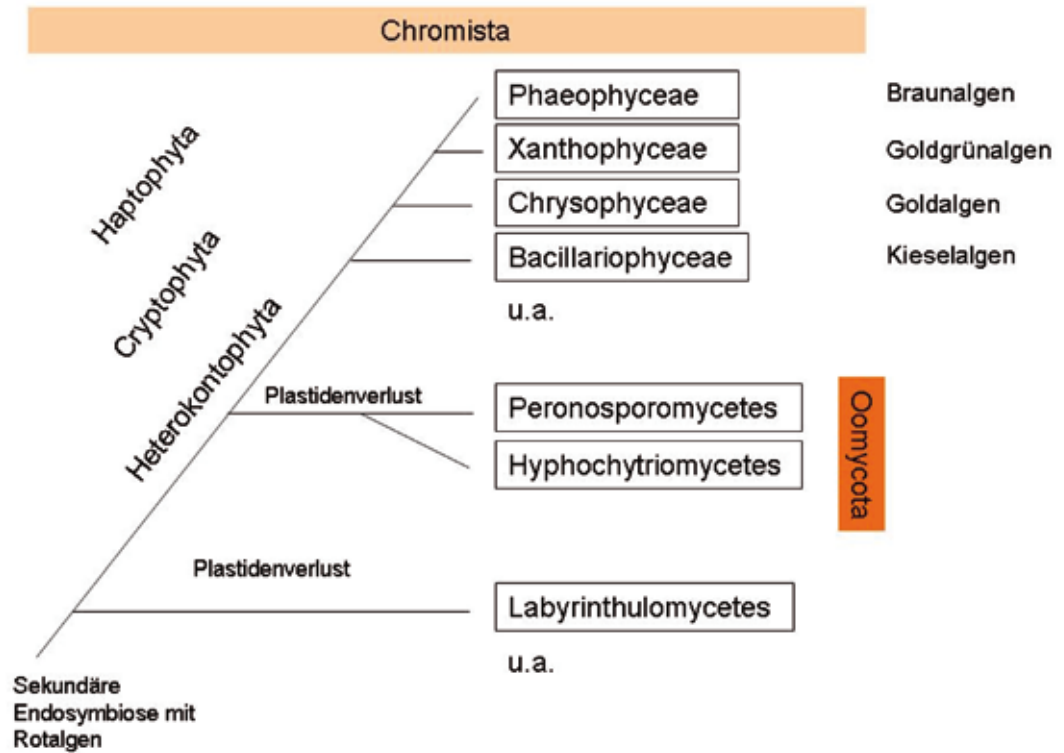


Abbildung 1. Phylogenetische Übersicht über die Heterokontobionta. Manche Autoren trennen zwischen den algenartigen autotrophen Linien (Suffix „-phyta“) und den pilzartigen (Suffix „-mycetes“); zusammen mit Haptophyten und Cryptophyten bilden die Heterokontophyten die Gruppe der Chromista, die ihrerseits mit den Alveolata zu den Chromalveolata vereint werden.



Abbildung 2. Sporulation von Falschen Mehltauipilzen (Beispiel *Plasmopara halstedii*; links) und Weißrosten (Beispiel *Pustula helianthicola*; rechts) an Keimblättern der Sonnenblume. – Fotos: O. SPRING.

Molekulare Aspekte der obligat biotrophen Parasit-Wirt-Interaktion am Beispiel der Rostpilze

MANUEL MÜLLER, MATTHIAS KOHLNDORFER, TOBIAS I. LINK & RALF T. VOEGELE

Kurzfassung

Rostpilze stellen eine der bedeutendsten Gruppen von Pflanzenpathogenen dar. Verschiedene Vertreter dieser Ordnung verursachen jedes Jahr weltweit große Schäden an wichtigen Kulturpflanzen wie Weizen oder Soja. Wie die Echten und die Falschen Mehltaupilze sind Rostpilze obligat biotrophe Parasiten. Dies bedeutet, dass sie zur Vollendung ihres Lebenszyklus auf einen lebenden Wirt angewiesen sind. Eines der wesentlichen Merkmale dieser besonderen Lebensweise ist die Entwicklung von speziell differenzierten Hyphen, sogenannten Haustorien. Hierbei handelt es sich um hochspezialisierte Strukturen, welche in die Pflanzenzelle eingesenkt werden und dem Pilz die Aufnahme von Nährstoffen und die Unterdrückung pflanzlicher Abwehrmaßnahmen durch die Sekretion sogenannter Effektorproteine ermöglichen. Das Fachgebiet Phytopathologie am Institut für Phytomedizin der Universität Hohenheim beschäftigt sich unter anderem mit der Identifizierung und Charakterisierung der molekularen Vorgänge in diesen Haustorien. Der Schwerpunkt liegt dabei auf den molekularen Aspekten der Nährstoffaufnahme und -verstoffwechslung, der Identifikation neuer Effektorproteine und der Entwicklung neuer Methoden zur Charakterisierung dieser Gruppe von Pathogenen. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse sollen nicht nur ein tieferes Verständnis der molekularen Aspekte der obligat biotrophen Parasit-Wirt-Interaktion ermöglichen, sondern längerfristig auch Verwendung in der Entwicklung neuer Ansätze für den Pflanzenschutz finden.

Abstract

Molecular aspects of obligate biotrophic parasite-host-interactions, the case of rust fungi

Rust fungi are one of the most important groups of plant pathogens, causing severe losses on major crops like wheat or soybean. Like the powdery and the downy mildews, rust fungi are obligate biotrophic parasites, depending on a living host to complete their life cycle. One of the defining features of biotrophy is the differentiation of highly specialized hyphae, so-called haustoria. Haustoria penetrate plant cells and form a narrow contact zone between host and parasite. The main functions of haustoria are the uptake of nutrients and the suppression of plant defense responses through secretion of so-called effector proteins. One of the research areas of Prof. RALF VOEGELE'S group at the University of Hohenheim is the identification and characterization of mole-

cular processes in haustoria of different rust fungi. The research at the Chair of Phytopathology is focused on molecular mechanisms playing crucial roles in nutrient uptake and metabolism, as well as on the identification of new effector proteins. Much emphasis is also placed on the development of new methods to characterize these pathogens. Results obtained from this work should enable a more profound understanding of obligate biotrophic pathogens and might also open new vistas in plant protection in the long run.

Autoren

MANUEL MÜLLER, MATTHIAS KOHLNDORFER, DR. TOBIAS I. LINK & Prof. Dr. RALF T. VOEGELE
 Fachgebiet Phytopathologie, Institut für Phytomedizin, Universität Hohenheim, Otto-Sander-Str. 5, 70599 Stuttgart, E-Mail: Ralf.Voegel@uni-hohenheim.de

1 Einleitung

Pilze, welche der Ordnung Pucciniales (Basidiomycota, alte Bezeichnung: Uredinales) zugeordnet werden, werden im allgemeinen Sprachgebrauch als Rostpilze bezeichnet. Derzeit werden dieser Ordnung mehr als 7.000 Arten zugeschrieben, wovon 4.000 Arten aus der Gattung *Puccinia* (u.a. die meisten Getreide-Roste) und rund 600 Arten aus der Gattung *Uromyces* (u.a. viele Leguminosen-Roste) stammen. Rostpilze leben parasitisch auf höheren Pflanzen und verursachen zum Teil erhebliche Schäden in der Landwirtschaft. Wie auch die Erreger des Echten und Falschen Mehltaus (Erysiphales und Peronosporales), sind Rostpilze obligat biotrophe Parasiten. Anders als nekrotrophe Pilze wie *Fusarium* spp. oder *Septoria* spp., welche ihre Wirte schnell und gezielt abtöten und sich dann von abgestorbenem Gewebe ernähren, sind Rostpilze zur Reproduktion und zur Vollendung ihres Lebenszyklus zwingend auf lebendes Gewebe angewiesen. Diese Besonderheit setzt voraus, dass Rostpilze ihren Wirten während der Besiedlung nur begrenzt Schaden zufügen und zudem pflanzliche Abwehrreaktionen, wie den programmierten Zelltod, effektiv unterdrücken können.

Gleichzeitig müssen Rostpilze in der Lage sein, ausreichend Nährstoffe aus den Geweben des Wirts aufzunehmen. Als Antwort auf diese Herausforderungen haben Rostpilze besondere Strategien entwickelt.

Dazu gehört die Differenzierung von Haustorien. Dies sind hochspezialisierte Hyphen, welche bei Rostpilzen in den Mesophyllzellen des pflanzlichen Wirtes gebildet werden. Dabei wird nur die pflanzliche Zellwand durchbrochen, die pflanzliche Zellmembran wird dagegen eingestülpt und bildet zusammen mit der haustoriellen Membran und der extrahaustoriellen Matrix einen funktionellen Komplex (Tafel 1, Abb. 1).

Wie der Name Haustorium [haustum (lat.) = Schöpfkelle, haurire (lat.) = schöpfen, austrinken] zeigt, wurden diese Strukturen schon zu Zeiten ihrer Entdeckung vor rund 200 Jahren mit der Nahrungsaufnahme des Pilzes in Verbindung gebracht. Allerdings gehen die heute bekannten Funktionen dieser Strukturen weit über die bloße Aufnahme von Nährstoffen hinaus (siehe unten).

Mit diesem Artikel möchten wir einen Überblick über die molekularen Vorgänge der obligat biotropen Parasit-Wirt-Interaktion geben. Dabei sollen die molekularen Mechanismen der Nahrungsaufnahme sowie der Umgang des Parasiten mit pflanzlichen Abwehrsystemen im Vordergrund stehen. Um einen detaillierteren Einblick in das behandelte Thema zu bekommen, sei der interessierte Leser auf die einschlägige Fachliteratur verwiesen.

2 Untersuchung der haustoriellen Genaktivität

Haustorien werden nur in lebenden Wirtszellen gebildet. Dieser Umstand macht eine Untersuchung der molekularen Vorgänge in diesen Strukturen prinzipiell sehr schwierig. Innerhalb der letzten Jahre wurden mehrere Verfahren für die Isolierung von Haustorien aus infiziertem Pflanzenmaterial entwickelt. In Hohenheim arbeitet man mit einer Affinitätschromatographischen Methode. Dabei nutzt man die Eigenschaft von bestimmten Proteinen (Lektinen), selektiv spezifische Oberflächenstrukturen (Oligosaccharide) der Haustorien zu binden. Diese Methode ermöglicht die effiziente Isolation von intakten Haustorien (Tafel 2, Abb. 2) und daran anschließend eine Untersuchung der molekularen Vorgänge in diesen Strukturen.

Um zu untersuchen, welche Gene in den Haustorien aktiv sind, werden sogenannte cDNA-Banken angelegt. Darunter versteht man eine molekulare Bibliothek aller zu einem bestimmten Zeitpunkt transkribierten Gene einer Zelle. Jedes cDNA-Molekül dieser Bibliothek repräsentiert den spezifischen Bauplan eines in den Haustorien synthetisierten Proteins. Mittels molekularbiologischer Methoden können selektiv einzelne cDNA-Moleküle vervielfältigt und sequenziert werden. Über den Vergleich der gewonnenen Sequenzinformationen mit bereits bekannten Sequenzen anderer (Rost-) Pilze lassen sich anschließend Hinweise auf die Funktion und Struktur haustoriell exprimierter Proteine ermitteln.

Dabei konzentriert man sich in Hohenheim insbesondere auf die Arbeit mit dem Ackerbohnenrostpilz *Uromyces fabae*, welcher in der Rostforschung als Modellorganismus dient und auf die ökonomisch bedeutenden Schädlinge *Phakopsora pachyrhizi* (Erreger des Sojabohnenrostes) und *U. appendiculatus* (Erreger des Buschbohnenrostes).

3 Molekulare Aspekte der Nährstoffaufnahme

Obligat biotrophe Parasiten sind darauf angewiesen, Nährstoffe aus den Geweben ihrer Wirte zu akquirieren. Die Aufnahme von Aminosäuren und Zuckern aus den infizierten Wirtszellen erfolgt dabei über spezielle Transporter. Die Entdeckung eines ausschließlich in der Haustorienmembran (vgl. Abb. 1) lokalisierten Hexosetransporters in *U. fabae* stellte den Beweis dar, dass bei Rostpilzen die Aufnahme von Zuckern vollständig auf das Haustorium beschränkt ist. Durch die Aktivität dieses Transporters werden die Hexosen D-Glukose und D-Fruktose in das Innere des Haustoriums transportiert und dort von anderen Enzymen verstoffwechselt. Da in Pflanzenzellen nur sehr wenig freie Hexosen verfügbar sind, muss dafür zunächst das in der Pflanze vorhandene Disaccharid Saccharose enzymatisch gespalten werden. Für diese Aufgabe konnte neben einer Invertase auch eine β -Glukosidase identifiziert werden. Durch die Aktivität dieser Enzyme kommt es zudem zu einer Umprogrammierung des infizierten Gewebes, welche die ständige Verlagerung von Nährstoffen aus gesunden Teilen der Pflanze zur Folge hat. Neben den Mechanismen der Nährstoffaufnahme konnten auch die daran anschließenden Stoffwechselwege entschlüsselt

selt werden. Die Identifikation einer haustoriell exprimierten Glukokinase spricht dafür, dass die aufgenommene Glukose bereits in den Haustorien verstoffwechselt wird. Der weitere Weg der aufgenommenen Fruktose konnte über die Entdeckung zweier Alkoholdehydrogenasen erklärt werden. Diese Enzyme wandeln die aufgenommene Fruktose in die Zuckeralkohole Mannitol bzw. einen Teil der aufgenommenen Glukose in D-Arabinol um. Zuckeralkohole dienen dem Pilz vermutlich in erster Linie als Energiespeicher und werden in beträchtlichen Mengen in die neu gebildeten Sporen eingelagert. Kommt es zum Auskeimen der Sporen, können diese Verbindungen über einfache enzymatische Reaktionen wieder in Zucker umgewandelt werden. Damit steht dem Pilz während der Besiedelung des Wirtes ausreichend Energie zur Verfügung.

4 Unterdrückung der pflanzlichen Abwehr

Obligat biotrophe Parasiten wie die Rostpilze sind, wie anfangs bereits erwähnt, auf die Interaktion mit einem lebenden Wirt angewiesen. Diese besondere Lebensweise setzt voraus, dass Rostpilze in der Lage sind, pflanzliche Abwehrreaktionen zu unterdrücken oder abzumildern. Auch hier wurden bereits einige Mechanismen entschlüsselt, welche eng mit der Nährstoffaufnahme des Pilzes verknüpft sind. Ein wesentlicher Bestandteil pflanzlicher Abwehrreaktionen ist die Freisetzung von reaktiven Sauerstoffspezies, wie Wasserstoffperoxid. Eine Möglichkeit, diese Substanzen für den Pilz unschädlich zu machen, besteht in der Freisetzung großer Mengen von Zuckeralkoholen wie Mannitol und D-Arabinol, welche aufgrund ihrer biochemischen Eigenschaften in der Lage sind, diese Verbindungen abzufangen. Tatsächlich konnte in befallenen Gewebe die Freisetzung großer Mengen dieser Verbindungen aus dem pilzlichen Myzel nachgewiesen werden. Auch die Funktion der bereits erwähnten β -Glukosidase scheint nicht nur der Bereitstellung von Hexosen zu dienen. Vergleichende Analysen dieses Enzyms zeigten große Ähnlichkeiten zu anderen bereits beschriebenen Enzymen dieser Klasse, welche an der Entgiftung pflanzlicher Sekundärmetabolite beteiligt sind.

Eine weitere wichtige Rolle spielt die Sekretion sogenannter Effektorproteine. Diese Proteine können beispielsweise an der Unterdrückung der pflanzlichen Abwehr beteiligt sein und sind daher

ein wichtiger Faktor für die Virulenz des Pathogens. Für die Rostforschung von besonderem Interesse sind dabei Proteine, welche in das pflanzliche Gewebe sekretiert und von der infizierten Pflanzenzelle aufgenommen werden. Rust Transferred Protein 1 (RTP1p) stellt den ersten Vertreter dieser Klasse von Proteinen dar, mittlerweile konnten aber bereits weitere Kandidaten identifiziert und lokalisiert werden (Tafel 2, Abb. 3).

Aus Arbeiten mit anderen phytopathogenen Organismen weiß man, dass diese als Effektorproteine, oder kurz, als Effektoren bezeichneten Proteine wichtige Aufgaben übernehmen. Die Wirkung von Effektoren reicht dabei von der Beeinflussung der pflanzlichen Genexpression oder des pflanzlichen Metabolismus bis hin zur Unterdrückung pflanzlicher Abwehrmechanismen. Aufgrund der vielfältigen Funktionen und der damit verbundenen Beeinflussung der Parasit-Wirt-Interaktion, stellt die Identifikation von Effektoren derzeit einen Schwerpunkt nicht nur in der Rostforschung dar.

5 Fazit und Ausblick

Die Aufklärung der molekularen Aspekte obligat biotropher Parasit-Wirt-Interaktionen ist für das Verständnis dieser besonderen Lebensweise von grundlegender Bedeutung. Im Zentrum dieser besonderen Form des Parasitismus stehen dabei die (molekularen) Vorgänge in den Haustorien. Für die Rostpilze konnten bereits wichtige Erkenntnisse über die molekularen Mechanismen der Nährstoffaufnahme und der Unterdrückung pflanzlicher Abwehrreaktionen erlangt werden. Die Verwendung moderner Sequenzierverfahren soll die zukünftige Identifikation von Effektorkandidaten erleichtern und beschleunigen. Wichtige Fragestellungen sind die an der Aufnahme von Effektoren in die Pflanzenzelle beteiligten Mechanismen sowie die Identifizierung pflanzlicher Interaktionspartner. Mit der Beantwortung dieser Fragen könnten sich neue Perspektiven für den Pflanzenschutz ergeben. Neben der Identifikation resistenter Pflanzensorten ist beispielsweise die gezielte Stilllegung pilzlicher Effektoren durch biotechnologisch veränderte Pflanzen denkbar.

Dank

Wir bedanken uns für die Möglichkeit, unsere Forschung an der Universität Hohenheim in dieser Arbeit vorstellen zu können. Unser besonderer Dank gilt Prof.

Dr. K. MENDGEN für die jahrelange gute Zusammenarbeit und der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die Finanzierung der Projekte.

Ausgewählte Publikationen

- KEMEN, E., KEMEN, A. C., RAFIQI, M., HEMPEL, U., MENDGEN, K., HAHN, M. & VOEGELE R. T. (2005): Identification of a protein from rust fungi transferred from haustoria into infected plant cells. – *Molecular Plant-Microbe Interactions*, **18**: 1130-1139.
- LINK, T. I. & VOEGELE, R. T. (2008): Secreted proteins of *Uromyces fabae*: similarities and stage specificity. – *Molecular Plant Pathology*, **9**: 59-66.
- VOEGELE, R. T., HAHN, M., LOHAUS, G., LINK, T., HEISER, I. & MENDGEN, K. (2005): Possible roles for mannitol and mannitol dehydrogenase in the biotrophic plant pathogen *Uromyces fabae*. – *Plant Physiology*, **137**: 190-198.
- VOEGELE, R. T., HAHN, M. & MENDGEN, K. (2009): The Uredinales: Cytology, Biochemistry, and Molecular Biology. – In: DEISING, H. B. (ed.): *The Mycota V*: 69-98; Berlin (Springer).
- VOEGELE R. T., STRUCK C., HAHN M. & MENDGEN K. (2001) The role of haustoria in sugar supply during infection of broad bean by the rust fungus *Uromyces fabae*. – *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **98**: 8133-8138.
- VOEGELE, R. T., WIRSEL, S., MÖLL, U., LECHNER, M. & MENDGEN, K. (2006): Cloning and characterization of a novel invertase from the obligate biotroph *Uromyces fabae* and analysis of expression patterns of host and pathogen invertases in the course of infection. – *Molecular Plant-Microbe Interactions*, **19**: 625-634.

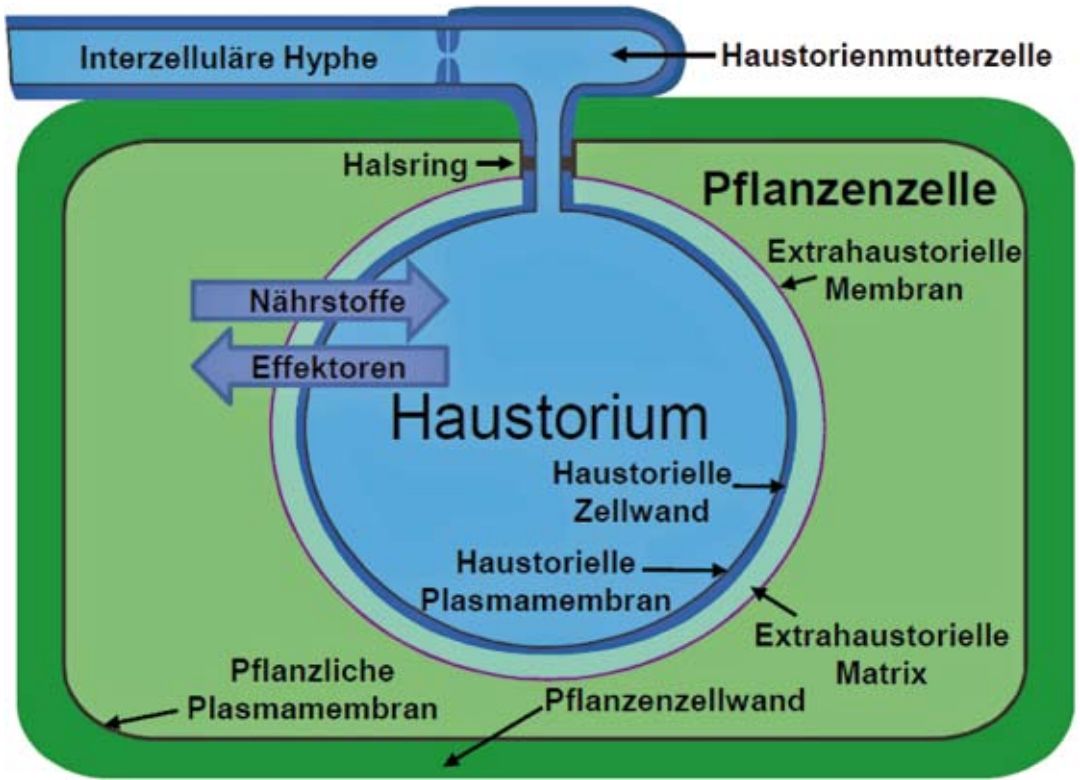


Abbildung 1. Schematische Darstellung eines Haustoriums des Ackerbohnenrostes *Uromyces fabae*.

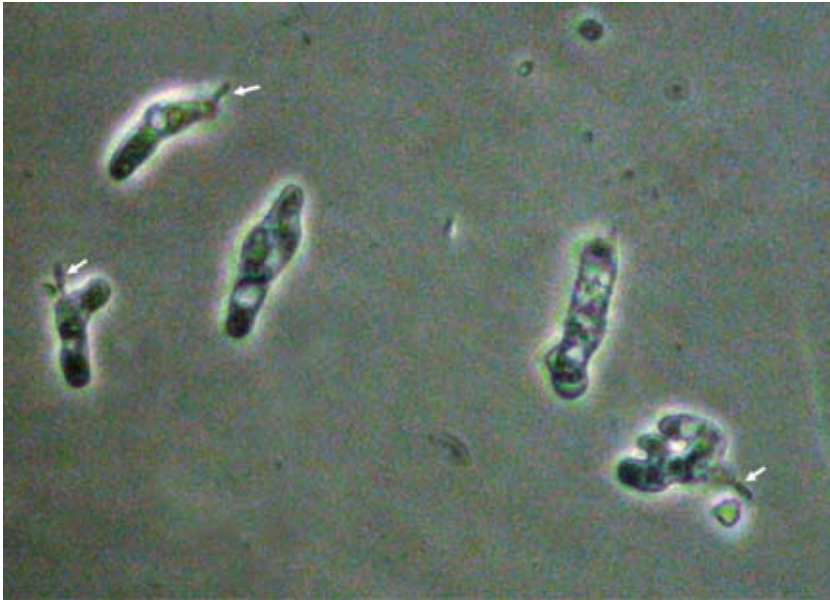


Abbildung 2. Lichtmikroskopische Aufnahme isolierter Haustorien von *Uromyces fabae* mit teilweise deutlich sichtbarem Hals (Pfeile, vgl. Abb. 1). – Foto: M. MÜLLER.

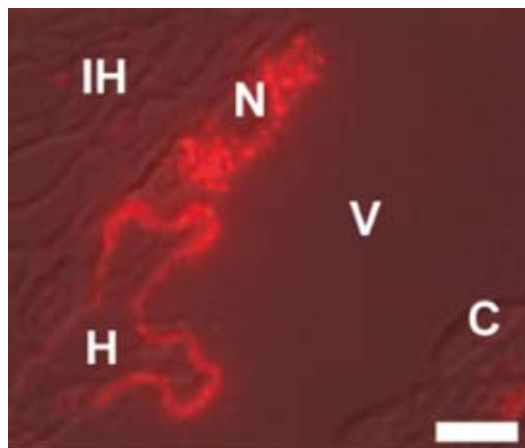


Abbildung 3. Immunzytologische Detektion des Effektors *Uf*-Hsp25p in der Peripherie eines Haustoriums (H) und gleichzeitig im Zellkern (N) der Wirtszelle. Das Protein konnte dagegen nicht in anderen pilzlichen Strukturen (IH), dem Zytoplasma (C) oder der Vakuole (V) der Wirtszelle nachgewiesen werden (Balken: 5 μ m). – Foto: T. LINK.

Molekulare Lebensmittelmykologie am Max Rubner-Institut

ROLF GEISEN, EVA GRAF & MARKUS SCHMIDT-HEYDT

Kurzfassung

Das Max Rubner-Institut befasst sich, neben anderen Aufgaben, mit dem Thema der Lebensmittelsicherheit. Chemische und mikrobielle Kontaminationen in Lebensmitteln werden wissenschaftlich bearbeitet. Die Kontamination durch Pilze stellt für gewisse Lebensmittel, insbesondere für pflanzliche Lebensmittel wie Obst und Gemüse, ein besonderes Problem dar, namentlich durch Bildung von Mykotoxinen. Im Max Rubner-Institut wird versucht, die molekularen Hintergründe der Mykotoxinbildung, die unter anderem stark durch die Bedingungen im Lebensmittel beeinflusst werden, aufzuklären und zu verstehen. Ziel dieses Ansatzes ist die Entwicklung von Methoden, die die Kontamination der Lebensmittel durch Pilze verhindern bzw. die Bildung von Mykotoxinen vermeiden können. In diesem Zusammenhang werden besonders Arten der Gattungen *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium* und *Alternaria* bearbeitet.

Abstract

Molecular food mycology at the Max Rubner Institute

One of the tasks of the Max Rubner Institute is to care for food safety. Microbial and chemical contaminants in foods are examined scientifically. The contamination by fungi is particularly relevant for certain plant-derived food products like fruits and vegetables. In this context the production of mycotoxins by several fungi plays an important role. The Max Rubner Institute aims at understanding and unravelling the molecular basis of mycotoxin biosynthesis, which is strongly influenced by conditions in the food. The overall goal is the development of new methods of controlling the contamination of food by fungi and to reduce mycotoxin biosynthesis. Species of the genera *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium* and *Alternaria* are particularly studied.

Autoren

ROLF GEISEN, EVA GRAF & MARKUS SCHMIDT-HEYDT
Max Rubner-Institut, Haid-und-Neu-Str. 9, 76131 Karlsruhe, E-Mail: rolf.geisen@mri.bund.de

1 Mykologische Forschung am Max Rubner-Institut

Das Max Rubner-Institut (MRI) ist eine Forschungseinrichtung des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz und

hat die Aufgabe, gesundheitsfördernde Eigenschaften und Bestandteile von Lebensmitteln zu untersuchen sowie Forschungsarbeiten zur Qualität und Sicherheit von Lebensmitteln durchzuführen. Das Institut für Sicherheit und Qualität bei Obst und Gemüse des Max Rubner-Institutes befasst sich speziell mit sicherheitsrelevanten Fragen zu Produkten wie Obst, Gemüse, Nüssen oder Gewürzen. Gerade diese pflanzlichen Produkte sind häufig sehr stark mit Schimmelpilzen kontaminiert, was ein großes Problem für die Lebensmittelsicherheit darstellt, da einige der relevanten Schimmelpilzarten in der Lage sind, Mykotoxine zu bilden. Daher werden am MRI molekulare Grundlagen erarbeitet, um auf der praktischen Ebene neue Möglichkeiten der Vermeidung des Pilzwachstums bzw. der Mykotoxinbildung zu entwickeln.

2 Das Problem der Mykotoxinbildung

Schimmelpilze sind ubiquitär vorkommende Mikroorganismen, die aufgrund der leichten, nicht kontrollierbaren Sporenverteilung über die Luft nahezu alle organischen Substrate als Saprobionten besiedeln können. Pflanzliche Produkte, wie verschiedene Obstsorten mit hohem Zuckergehalt, stellen daher ideale Substrate dar. Von der WHO/FAO (BHATNAGAR et al. 2002) wird geschätzt, dass 20 bis 25 % der jährlichen Ernte durch Pilzbefall verdorben werden. Viele Pilze sind zusätzlich in der Lage Mykotoxine zu bilden. Mykotoxine sind giftige Produkte des sekundären Stoffwechsels von Pilzen. Es sind mehr als 300 verschiedene Sekundärmetabolite bekannt, von denen aber nur ca. 20 eine Rolle als Mykotoxine spielen, weil nur sie in messbaren Mengen in Lebensmitteln vorkommen können (BHATNAGAR et al. 2002). Die in diesem Zusammenhang wichtigsten lebensmittelrelevanten mykotoxinbildenden Pilze gehören zu den Gattungen *Fusarium* (Fusarien), *Aspergillus* (Aspergillen oder Gießkannenschimmel), *Penicillium* (Penicillien oder Pinselschimmel) und *Alternaria* (Alternaria-

Schwärzepilze) (Tafel 1, Abb. 1). Für die meisten der von diesen Gattungen gebildeten Mykotoxine sind Grenzwerte festgelegt. Dies gilt für die Aflatoxine, die Trichothecene, die Fumonisine und Ochratoxin A. Für Alternariol bzw. Tenuazonensäure sind Grenzwerte in der Diskussion.

Die Vertreter der Gattung *Fusarium* kommen vor allem auf Getreide vor und können hier zur Bildung von Trichothecenen, wie Deoxynivalenol (DON), 3- oder 15-Acetyl-DON (ADON) oder Nivalenol (NIV) führen. Diese Mykotoxine gehören zur Gruppe der B-Typ Trichothecene, die durch eine etwas geringere Toxizität gekennzeichnet ist. Daher sind die Grenzwerte für diese Gruppe relativ hoch angesetzt. Die wichtigsten Spezies, die Stoffe dieser Gruppe bilden, sind *F. graminearum* (Artenkomplex) und *F. culmorum*. Beide Spezies sind in Getreide sehr häufig zu finden. Weniger häufig, aber wegen der Bildung von hochtoxischen Typ-A Trichothecenen dennoch relevant, können *F. sporotrichioides* und *F. langsethiae* nachgewiesen werden. Typ-A Trichothecene sind wesentlich toxischer als die vom Typ-B. Sie können zu starken Hautirritationen und inneren Blutungen führen, im ungünstigsten Fall zur „alimentären toxischen Aleukie“, die in den vierziger Jahren in bestimmten Teilen Russlands Tausende Todesopfer gefordert hat (DESJARDIN 2009). Gemeinsam ist beiden Toxingruppen das Trichodiengrundgerüst, das ein Sesquiterpenoid darstellt und über Isoprenoidvorstufen gebildet wird (Tafel 2, Abb. 2). Beide Toxingruppen unterscheiden sich durch Veränderungen an der Position 5 des Trichodiengrundgerüsts. Trichothecene hemmen allgemein die Proteinsynthese und führen so zu den toxischen Wirkungen. Neben den Trichothecenen bilden die Fusarien eine weitere wichtige Toxinklasse, die Fumonisine, die in bestimmten Lebensmitteln ebenfalls reguliert sind. Die Fumonisine sind aliphatische Polyketide, die aus Acetyl-CoA Einheiten aufgebaut sind. Sie werden besonders durch *F. verticillioides* und *F. proliferatum* gebildet, die besonders auf Mais regelmäßig vorkommen. Fumonisine zeigen bei Tieren verschiedene, spezifische toxische Wirkungen, die alle darauf beruhen, dass Fumonisin aufgrund seiner strukturellen Ähnlichkeit mit den Sphingosinen, die Ceramidsynthetase hemmt und damit in den Lipidstoffwechsel des Nervengewebes eingreift. Bei Pferden werden ernsthafte Schäden am Zentralnervensystem gemeldet. Für Menschen gelten Fumonisine als möglicherweise karzinogen (BHATNAGAR et al., 2002). Verschiedene *Fusarium*-Spezies spielen auch eine Rolle

bei Obst und Gemüseprodukten, z.B. *F. solani* (Artenkomplex) auf Kartoffeln (MECTEAU et al. 2008) oder *F. sambucinum* auf Spargel, jedoch hauptsächlich als Verderbsorganismen und weniger als Mykotoxinbildner.

Die Aspergillen sind wichtige Verderbsorganismen und Mykotoxinbildner von Getreide und andern pflanzlichen Produkten wie Obst, Kaffee, Kakao oder Gewürzen. Sie können verschiedene hochtoxische und daher wichtige Mykotoxine wie die Aflatoxine, bzw. Ochratoxin A bilden. Für beide Toxine existieren enge Grenzwerte. Bei beiden Toxinen handelt es sich um Polyketide, die wiederum aus Acetyl-CoA Einheiten aufgebaut werden. Der Polyketidanteil von Ochratoxin A (Dihydroisocoumarin) ist mit einer Aminosäure, dem Phenylalanin gekoppelt. Die Aflatoxine sind starke Leberkarzinogene und werden vor allem durch *A. flavus* und *A. parasiticus* gebildet. Beide Spezies und damit auch Aflatoxin können in Erdnüssen, Paranüssen, Feigen oder anderen fett- und zuckerreichen Produkten gefunden werden. Aflatoxine spielen besonders in Afrika und einigen asiatischen Ländern eine große Rolle. Im Jahr 2004 sind ca. 150 Personen in Kenia an einer akuten Toxinvergiftung gestorben, nachdem sie kontaminierten Mais verzehrten (PROBST et al. 2007). Ochratoxin A kann durch verschiedene *Aspergillus*-Spezies, wie *A. ochraceus*, *A. niger*, *A. westerdijkiae*, *A. carbonarius* oder *A. steynii* gebildet werden. Diese Spezies sind besonders an Kaffee, Kakao, verschiedene Gewürze oder an Trauben angepasst und können hier Ochratoxin A bilden, das in den Endprodukten angereichert auftritt. Ochratoxin ist nephrotoxisch und wird als Karzinogen der Gruppe II eingestuft (PETZINGER & ZIEGLER 2000). Die Aspergillen sind besonders an wärmere Temperaturen (30 bis 35 °C) angepasst und spielen daher in nordeuropäischen Breiten eine untergeordnete Rolle.

Auch die Penicillien bilden wichtige Mykotoxine wie das Ochratoxin, das Citrinin oder das Patulin. Ochratoxin wird von zwei Spezies gebildet. *P. verrucosum* kommt hauptsächlich auf Getreide vor und ist hier für die Bildung von Ochratoxin A verantwortlich (LUND & FRISVAD 2003). Neueste Ergebnisse zeigen aber, dass *P. verrucosum* sehr anpassungsfähig ist und auch auf salzhaltigen Produkten, wie getrockneten Fleischprodukten oder Oliven (HEPERKAN et al. 2009) vorkommen kann. *P. nordicum* ist morphologisch sehr nah mit *P. verrucosum* verwandt und kommt nahezu ausschließlich auf sehr salzhaltigen Produkten, wie getrocknetem Schinken, Salami (LUND & FRISVAD

2003) oder sogar in reinem Salz (SONJAK et al. 2011) vor. *P. verrucosum* ist unter bestimmten Umständen auch in der Lage, Citrinin zu bilden, wozu *P. nordicum* nicht fähig ist. Citrinin ist strukturell Ochratoxin A sehr ähnlich. Patulin ist ein Mykotoxin, das durch Arten verschiedener Gattungen, wie *Penicillium* oder *Byssoschlamys* gebildet werden kann (MOAKE et al. 2005). Der wohl bekannteste Bildner ist allerdings *P. expansum*, der regelmäßig für die Bildung von Patulin in Apfelprodukten und anderen Obstsorten verantwortlich ist (BAERT et al. 2007). Da Patulin eine Reihe von toxischen Wirkungen besitzt (MOAKE et al. 2005), wurde die Höchstmenge dieses Mykotoxins ebenfalls reguliert.

Insbesondere *Alternaria alternata* (Artenkomplex) kann häufig als Kontaminante verschiedener Früchte isoliert werden, ist aber auch auf Getreide zu finden. Sie führt zur Schwarzfleckenkrankheit von Tomaten, Möhren, Birnen, Äpfeln, Oliven etc. (LOGRIECO et al. 2009). *A. alternata* ist in der Lage eine Reihe von Mykotoxinen wie Alternariol, Alternariolmonomethylether, Tenuazonsäure, Altenuen oder Altertoxin zu bilden. Für diese Mykotoxine sind verschiedene toxische Wirkungen beschrieben worden, aber eine abschließende Beurteilung der Toxizität dieser Metabolite steht aufgrund fehlender toxikologischer Daten noch aus. Erst kürzlich wurde eine Stellungnahme der EFSA (European Food Safety Authority 2011) zum *Alternaria*-Problem veröffentlicht. In dieser Stellungnahme wurde festgestellt, dass das Wissen über die toxikologischen Wirkungen von *Alternaria*-Toxinen noch nicht ausreicht, um zu einer abschließenden Bewertung zu kommen. Es wurden über 11.000 Daten über das Vorkommen von *Alternaria*-Toxinen ausgewertet. Aufgrund der vorliegenden Daten liegt allerdings die Exposition von Alternariol, bzw. Alternariol-Monomethylether über dem TTC Wert (Threshold of Toxicological Concern).

3 Regulation der Mykotoxinbildung

Für alle Mykotoxine gilt, dass sie nicht durchgehend (konstitutiv) gebildet werden, sondern dass ihre Synthese stark von den äußeren Bedingungen abhängig ist. Der Pilz kann unter Umständen vollkommen normal wachsen, ohne Mykotoxine zu bilden. Umgekehrt sind es gerade Stresssituationen, die den Pilz dazu bringen, vermehrt Mykotoxine zu bilden, obwohl er unter diesen Bedingungen in der Regel nur sehr schlecht

wachsen kann. Die wichtigsten Umweltparameter, die einen Einfluss auf die Bildung der Mykotoxine haben, sind die Substratzusammensetzung, also die Zusammensetzung der Lebensmittel, die Temperatur, der pH-Wert und die Wasseraktivität a_w , die ein Maß für die Menge des verfügbaren Wassers darstellt (MEDINA & MAGAN 2011). In der Regel reduziert sich die Mykotoxinbildung mit fallender Temperatur und fallendem a_w -Wert. Dabei müssen, wie oben schon erwähnt, das Wachstumsoptimum der Pilzkolonie und die maximale Bildung der Mykotoxine nicht übereinstimmen (PARDO et al. 2004).

Diese phänotypisch beobachtbare Regulation der Mykotoxinbildung basiert auf regulatorischen Vorgängen auf molekularer Ebene. Die Gene der Mykotoxinbiosynthese werden aktiviert, bevor es phänotypisch zu einer nachweisbaren Mykotoxinbiosynthese kommt, d.h. bevor das gebildete Mykotoxin analytisch nachgewiesen werden kann. Nahezu alle bekannten Gene der Mykotoxinbildung sind in Clustern im Genom des Pilzes organisiert, d.h. sie liegen direkt nebeneinander. Die Mykotoxinbiosynthesegene werden in der Regel durch das Genprodukt eines spezifischen regulatorischen Gens aktiviert. Dieses regulatorische Gen wird wiederum durch höher geordnete regulatorische Gene reguliert, bzw. steht mit der Außenwelt über Signalkaskaden in Verbindung. Wenn sich die Umweltparameter wie Temperatur, pH-Wert oder Wasseraktivität ändern, kann diese Änderung über zelluläre Sensoren und Signalkaskadewege direkt auf die Transkriptionsebene weitergegeben werden und hier zur Aktivierung oder Inaktivierung der Mykotoxingene führen.

Genau diese regulatorischen Vorgänge sind das zentrale Thema bei den Forschungsarbeiten innerhalb des MRI. Mit diesen Arbeiten soll ein Verständnis über die Regulationsvorgänge ausgewählter Mykotoxine (Trichothecene, Aflatoxin, Ochratoxin A und Alternariol) (Tafel 2, Abb. 2) gewonnen werden, mit dem Ziel zu neuen Ansätzen zur Kontrolle und Vermeidung der Mykotoxinbildung zu kommen und damit zu einer Erhöhung der Lebensmittelsicherheit beizutragen. In diesem Zusammenhang wurden im MRI verschiedene molekulare Ansätze und Methoden entwickelt, um den Einfluss von äußeren lebensmittelrelevanten Faktoren auf die Aktivierung der Gene der Mykotoxinbiosynthese bzw. auf die regulatorischen Gene untersuchen zu können. Unter anderem wurde eine Microarray-Methode (MycoChip) entwickelt (Tafel 3 und 4, Abb. 3) ent-

wickelt, die es erlaubt, sehr detaillierte Analysen der Aktivierung von Mykotoxinbiosynthesegenen in Relation zu Umweltbedingungen durchzuführen (SCHMIDT-HEYDT & GEISEN 2007).

4 Entwicklung eines mathematischen Modells zur Voraussage der Trichothecenbildung von *Fusarium culmorum* anhand der Expressionsdaten der Trichothecenbiosynthesegene (*tri*-Gene)

Fusarium culmorum ist eine wichtige trichothecenbildende Art, die neben *F. graminearum* häufig als Kontaminant in verschiedenen Getreideproben gefunden wird. *F. culmorum* ist Mitverursacher der partiellen Taubährigkeit (Fusarium head blight), einer Ährenerkrankung bei verschiedenen Getreidearten, die zu einer drastischen Reduktion des Ertrages führt und bei der man mit erhöhtem Vorkommen von Trichothecenen rechnen muss. *F. culmorum* ist in der Lage, Typ-B-Trichothecene zu bilden, insbesondere Desoxynivalenol und Nivalenol. Die Bildung der Trichothecene wird durch die *tri*-Gene gesteuert, deren Organisation gut aufgeklärt ist (BROWN et al. 2003). Zur Erstellung des Modells wurde die Expression des gesamten Trichothecenbiosynthesecusters unter verschiedenen Kombinationen an Temperatur und Wasseraktivität mittels des Microarrays gemessen. Eine mathematisch-statistische Auswertung ergab dann einen Algorithmus, der die Beziehung zwischen Temperatur, Wasseraktivität und der Expression bestimmter Gene des Trichothecenclusters beschreibt (Abb. 4).

Dieses Modell erlaubt eine Voraussage der Menge an Trichothecen, in Abhängigkeit von der Temperatur und der Wasseraktivität, wenn beide Parameter innerhalb der Grenzen der systematisch erhobenen Expressionsdaten liegen. Ein Vergleich der durch dieses Modell vorhergesagten Daten und der unter diesen Bedingungen tatsächlich gemessenen Daten zeigt eine sehr gute Übereinstimmung. Mit diesem Ansatz ist es also

möglich, anhand der Expressionsdaten die Bildung des Mykotoxins Nivalenol unter bestimmten Bedingungen vorauszusagen. Dieses Modell wurde in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe von Prof. NARESH MAGAN, University of Cranfield, UK, entwickelt und veröffentlicht (SCHMIDT-HEYDT et al. 2011a). Das erstellte Modell gibt dem Produzenten Hinweise, welche Umweltbedingungen zu einer Bildung von Trichothecenen führen bzw. welche die Trichothecenbildung hemmen.

5 Analyse der Genregulation bei aflatoxinbildenden *Aspergillen*

Ein ähnlicher Ansatz wurde bei *Aspergillus flavus* und *A. parasiticus* durchgeführt, um Informationen über die Regulation der Aflatoxinbildung unter verschiedenen Umweltparametern zu erhalten. Zu diesem Zweck wurden die Pilze unter verschiedenen Kombinationen von Temperatur und Wasseraktivität wachsen gelassen und die Expression der Gene der Aflatoxinbiosynthese mittels Microarray oder Real Time PCR gemessen. Gleichzeitig wurde das gebildete Aflatoxin mittels HPLC bestimmt. Die Auswertung dieses Versuchs ergab bestimmte Gesetzmäßigkeiten in der Regulation der Aflatoxinbiosynthese, die sich in anschließenden Versuchen auch bei der Trichothecen-, bzw. Ochratoxin A Biosynthese bestätigen ließen. Auch spätere Literaturdaten über die Regulation der Fumonisinbiosynthese durch *F. verticillioides* zeigten das gleiche Ergebnis (JURADO et al. 2008). Die Aktivierung (Expression) der Aflatoxinbiosynthesegene erfolgt nach einem bestimmten Muster (Tafel 5, Abb. 5).

Es konnte ein starker Anstieg der Expression unter Bedingungen gefunden werden, die nahe am Wachstumsoptimum liegen. Stärkste Expression und damit höchste Aflatoxin-Bildung wurde bei einer Parameterkombination von 0,99 a_w und 25 bis 30 °C beobachtet, d.h. in der Nähe des Wachstumsoptimums des Pilzes (SCHMIDT-HEYDT et al. 2009). Interessanterweise erfolgte nahe der Wachstumsgrenze (0,99 a_w ; 20 °C) eine weitere

$$\text{DON (ppm)} = 5.85 + 0.216X_{a_w} - 1.1X_T - 2.5X_{\text{TRI6}} + 4.03X_{\text{TRI10}} + 3.16X_{\text{TRI4}} - 2.01X_{\text{TRI5}} - 10.8X_{\text{TRI12}} - 6.42X_{\text{TRI13}}$$

Abbildung 4. Mathematisches Modell, mit dessen Hilfe anhand der aktuellen Temperatur, der Wasseraktivität und der jeweiligen Expressionsdaten einiger relevanter Trichothecenbiosynthesegene, die mit dem Microarray ermittelt wurden, die Trichothecenbildung (DON) vorhergesagt werden kann. Die durch das Modell vorhergesagten DON-Konzentrationen korrelieren sehr gut mit den anschließend tatsächlich gemessenen Daten. SCHMIDT-HEYDT et al. (2011a).

Aktivierung der Gene der Mykotoxinbiosynthese. Diese Aktivierung wurde von einer Erhöhung der Aflatoxinbildung begleitet. Dies deutet darauf hin, dass neben optimalen Bedingungen auch Stressbedingungen (gekennzeichnet durch stark vermindertes Wachstum) zu einer, wenn auch geringeren, Bildung von Aflatoxinen führt (SCHMIDT-HEYDT et al. 2008a). Dieses Verhalten wurde ebenfalls bei Fusarien (Trichothecenbildung), bei Penicillien (Ochratoxin A-Bildung) oder der Fumonisinbildung durch *Fusarium verticillioides* (JURADO et al. 2008) beobachtet und kann daher als genereller Regulationsmechanismus der Mykotoxinbildung in Relation zu bestimmten Umweltbedingungen angesehen werden. Dass bestimmte Arten von Stress, wie z.B. oxidativer Stress (JAYASHREE & SUBRAMANIAM, 2000) oder Stress durch suboptimale Mengen an Konservierungsstoffen (SCHMIDT-HEYDT et al. 2007), bzw. Fungiziden (DOOHAN et al. 1999) zu einer Aktivierung der Mykotoxinbildung führen, wurde schon mehrfach beschrieben und bestätigt die hier beschriebenen molekularen Erkenntnisse.

Unter dem Gesichtspunkt der Lebensmittelsicherheit hat diese neue Erkenntnis eine große Bedeutung. Lebensmittel werden unter Bedingungen gelagert, die ihre Haltbarkeit verlängern, d.h. das Wachstum von Schimmelpilzen und anderen Mikroorganismen vermindern. Dies geschieht durch Kühlung oder Trocknung (Verminderung des a_w -Wertes). Gerade diese physikalischen Prozesse sind aber sehr energieaufwendig. Daher wird versucht, genau den Punkt zu erreichen, der zu einer Verlängerung der Haltbarkeit führt, bei dem die Energiekosten aber noch vertretbar sind. An dieser Grenze ist das Schimmelpilzwachstum stark reduziert, aber nicht unbedingt ausgeschlossen. Wie oben schon erwähnt, führen gerade diese Stressbedingungen, falls noch ein Restwachstum des Pilzes möglich ist, zu einer Erhöhung der Mykotoxinbildung. Daher sind diese neuen Erkenntnisse für eine Optimierung der Sicherheit von zentraler Bedeutung.

6 Regulation der Ochratoxin A- und Citrininbiosynthese in *Penicillium*

Es gibt verschiedene Theorien über die ökologische Bedeutung der Bildung von Sekundärmetaboliten, also auch Mykotoxinen. Eine dieser Hypothesen besagt, dass die Bildung die Adaption und Konkurrenzfähigkeit im jeweiligen Habi-

tat erhöht. Die hier vorgestellten Ergebnisse über die Bildung von Ochratoxin, die im MRI erarbeitet wurden, unterstützen diese Hypothese.

Die Aufklärung der genetischen Grundlagen und der Regulation der Ochratoxin A-Bildung in *Penicillium* ist schon seit einigen Jahren ein Schwerpunkt der Mykotoxinforschung am MRI. So wurde schon vor einiger Zeit das Gencluster, das für die Bildung von Ochratoxin in *P. nordicum* verantwortlich ist, im MRI weitgehend aufgeklärt (KAROLEWIEZ & GEISEN 2005; GEISEN et al. 2006). Für alle in diesem Cluster vorhandenen Gene wurden Real Time PCR-Systeme entwickelt und verschiedene Expressionsstudien in Abhängigkeit von unterschiedlichen Parametern durchgeführt. Weiterhin wurden für die Ochratoxinbiosynthesegene verschiedene Oligonucleotide entwickelt und auf den MycoChip aufgebracht, so dass auch mit diesem Ansatz umfassende Expressionsstudien durchgeführt werden konnten. Es wurden in den letzten Jahren umfangreiche Untersuchungen über den Einfluss verschiedener Umweltparameter auf die Expression der Ochratoxinbiosynthesegene in *Penicillium* durchgeführt, so dass diese Arbeiten zu einem generellen Bild der Regulation der Ochratoxinbildung unter lebensmittelrelevanten Bedingungen geführt haben.

Im MRI konnte weiterhin gezeigt werden, dass der Einsatz von Real Time PCR-Systemen bzw. eines Microarrays auch sehr gut dazu geeignet sind, die Expression der Ochratoxinbiosynthesegene und damit die Bildung von Ochratoxin A direkt im Lebensmittel zu verfolgen. Durch diesen Ansatz erhält man nicht nur Informationen darüber, welche Bedingungen im Produkt direkt zu einer Aktivierung der Mykotoxinbiosynthesegene führen, sondern auch über die Bildung von Ochratoxin A. Die Bildung kann dann unter Umständen sogar verhindert werden, wenn der zeitliche Abstand zwischen der Expression und der Bildung von analytisch nachweisbarem Ochratoxin A lang genug ist und die Bedingungen (z.B. Veränderung von Temperatur, a_w -Wert oder pH-Wert) bekannt sind, die zu einer Verhinderung der Synthese führen (Abb. 6).

Es wird hier deutlich, dass mit Hilfe der Expressionsanalyse die Gene schon deutlich vor der Bildung von nachweisbaren Mengen an Ochratoxin in Weizen klar erkennbar aktiviert werden (SCHMIDT-HEYDT et al. 2008b). Wenn z.B. in dieser Zeit der Feuchtegehalt des Weizens weiter reduziert wird, kann die Bildung von Ochratoxin A vermieden werden. Dieses Beispiel de-

monstriert sehr eindrucksvoll die Möglichkeiten dieses molekularen Ansatzes. Ein ähnlicher Ansatz wurde bei der Analyse des Trocknens von Feigen eingesetzt. Feigen können mit Aflatoxin belastet sein, was durch die häufigen Warnmeldungen im RASFF (Rapid Alert System for Food and Feed, http://ec.europa.eu/food/food/rapidalert/index_en.htm) dokumentiert wird. Feigen werden häufig in der Sonne getrocknet, was zu einer langsamen Trocknung bei mittleren Temperaturen führt. Dies sind optimale Bedingungen für *Aspergillus flavus* zur Bildung von Aflatoxin. Aufgrund der oben erwähnten Expressionsanalysen mittels Microarray konnte jedoch ein eindeutiger Einfluss der Temperatur und der Wasseraktivität auf die Aktivierung der Aflatoxinbiosynthesegene gefunden werden. Diese Daten können dazu benutzt werden, die Trocknung so zu steuern, dass eine Aflatoxinbildung vermieden wird. Erhöht man die Temperatur auf $> 38\text{ }^{\circ}\text{C}$, ist nur eine geringe Expression der Aflatoxinbiosynthesegene und weiterführend

keine Aflatoxinbildung möglich (O'BRIAN et al. 2007, SCHMIDT-HEYDT et al. 2009). Wenn nach dieser Temperaturbehandlung ein a_w -Wert von 0.96 erreicht wird, ist das Produkt aufgrund des tiefen a_w -Wertes sicher und die Temperatur kann reduziert werden.

Diese Beispiele demonstrieren, wie die erzeugten Expressionsdaten von Mykotoxinbiosynthesegenen dazu genutzt werden können, die mikrobiologische Sicherheit bestimmter Lebensmittel zu erhöhen. Die Daten können evtl. aber auch dazu benutzt werden, um den ökologischen Grund der Mykotoxinbiosynthese zu erklären. Derzeit werden verschiedene Theorien diskutiert, die versuchen, den Vorteil der Mykotoxinbildung für den produzierenden Organismus zu erklären (ROZE et al. 2011), aber keine ist bis jetzt abschließend bestätigt worden.

Für die Bildung von Ochratoxin A durch *Penicillium* ist es im MRI erstmals gelungen, einen physiologisch/ökologischen Grund der Ochratoxin A Bildung zu beschreiben. Wie oben erwähnt, ist P

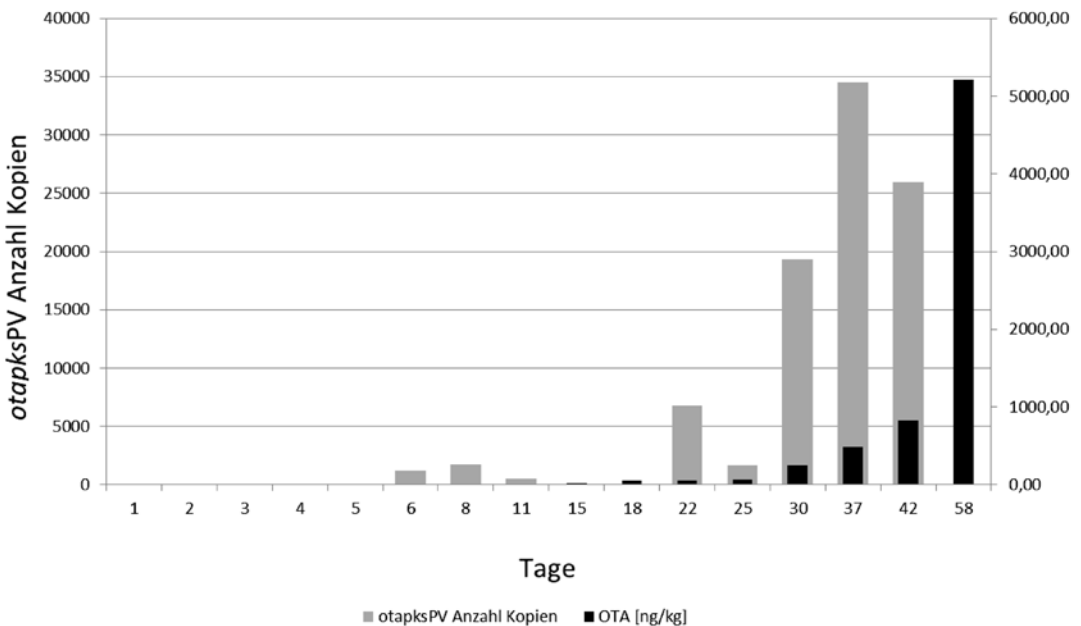


Abbildung 6: Kinetik der Bildung von Ochratoxin A (schwarze Balken) und der Expression des Ochratoxin A Polyketidsynthesegenes (graue Balken) in Weizen. Wie aus diesen Ergebnissen deutlich wird, ist die Expression dieses für die Biosynthese wichtigen Gens ein Indikator für die Toxinbildung. Die Expression der biosynthetischen Gene erfolgt naturgemäß früher als die analytisch messbare Biosynthese des Toxins. Dieser Abstand zwischen Genexpression und phänotypischer Bildung des Toxins scheint sich im Lebensmittel zu verstärken, so dass unter diesen Umständen die zukünftige Ochratoxinbildung relativ früh vorhergesagt werden kann (ab Tag 22), während hohe Toxinmengen erst wesentlich später nachgewiesen werden können.

nordicum und teilweise auch *P. verrucosum* an osmotisch anspruchsvolle Bedingungen angepasst. Beide Spezies kommen auf Lebensmitteln mit hohem Salzanteil (NaCl), wie luftgetrockneten Produkten (Schinken, Salami, Käse) oder auch auf Oliven vor. Diese Produkte können bis zu 10% NaCl enthalten. In den Untersuchungen am MRI fiel auf, dass eine gewisse Konzentration an NaCl die Ochratoxinbildung in *P. nordicum* erhöht. Weiterhin kann *P. nordicum* auch unter sehr hohen NaCl-Konzentrationen Ochratoxin A bilden (SCHMIDT-HEYDT et al. 2011b). Diese Spezies wird im Wachstum auch durch höhere NaCl-Konzentrationen kaum beeinflusst. Sie ist also sehr gut an diese Bedingungen angepasst. *P. verrucosum* kommt üblicherweise auf Getreide vor, kann aber wie oben erwähnt auch auf salzhaltigen Produkten, wie etwa Oliven, gefunden werden. *Penicillium verrucosum* kann sein Metabolitenprofil umweltabhängig ändern (SCHMIDT-HEYDT et al. 2011). Bei geringen NaCl-Konzentrationen wird auf YES-Medium hauptsächlich Citrinin gebildet, bei höheren NaCl-Konzentrationen wird die Bildung von Citrinin zu Ochratoxin A verschoben.

Wie oben erwähnt, besitzt Ochratoxin A ein Chlorid im Molekül. Citrinin besitzt einen sehr ähnlichen strukturellen Aufbau wie Ochratoxin A. Es enthält allerdings kein Chlorid. Diese Tatsache führte zur Hypothese, dass die Bildung von Ochratoxin A zu einer partiellen Chloridhomöostase führt. Durch diese Homöostase wird die Chloridkonzentration innerhalb der Zelle konstant gehalten. Unter hohen NaCl-Konzentrationen wird die Zelle hohe Mengen an Chlorid aufnehmen (SIMKOVIC et al. 2004), die für die Zelle unter Umständen toxisch sein können (SAMAPUNDO et al. 2010). Ein kontinuierliches Ausschleusen von Chlorid durch die Bildung und die Exkretion von Ochratoxin A würde damit die Durchsetzungsfähigkeit der Ochratoxin A bildenden Pilze in dieser Umgebung erhöhen (SCHMIDT-HEYDT et al. 2010). Tatsächlich konnte gezeigt werden, dass sich Ochratoxin A bildende *P. nordicum* Stämme besser gegen andere Spezies durchsetzen können als Nichtbildner (SCHMIDT-HEYDT et al. 2011b).

Die Bildung von Ochratoxin A scheint das Wachstum von Penicillien in diesem Habitat zu unterstützen. Damit diese Regulation funktioniert, muss der Pilz die hohen Chloridkonzentrationen im Medium messen können, und diese Information muss auf die Genebene weitergeleitet werden, so dass es zu Anpassungen in der Regulation der Gene für die Ochratoxin A-Bildung kommen

kann. Dies geschieht durch Signalkaskadewege. Für *Penicillium* wurde gezeigt, dass die Bildung von Ochratoxin A durch den sogenannten HOG-Signalkaskadeweg (High Osmolarity Glycerol Signalkaskadeweg) aktiviert wird. Der HOG-Signalkaskadeweg wird besonders durch Veränderungen des osmotischen Druckes und damit durch Veränderungen des NaCl-Gehalts beeinflusst. Nach Ausschaltung dieses Signalkaskadeweges wird jene Regulation gestört.

7 Regulation der Biosynthese von Alternariol/Alternariol-Monomethylether in *Alternaria alternata*

Alternaria alternata ist ein wichtiger Verderbsorganismus bestimmter Obst- und Gemüsesorten, kann aber auch auf Getreide gefunden werden (LOGRIECO et al. 2009). Im Rahmen eines Projektes mit der Universität Karlsruhe (KIT) über die Bedeutung der Alternariolbildung bei *A. alternata* wurden vom MRI *A. alternata*-Stämme von Tomaten und Getreide isoliert und mittels molekularen Typisierungsmethoden, wie ITS Sequenzierung (Internal Transcribed Spacer) und RAPD Analysen charakterisiert. Es zeigte sich, dass die Stämme aus Tomaten eine etwas homogenere genetische Zusammensetzung haben als die Stämme aus Getreide. Auch das Toxinbildungsvermögen der Stämme aus Tomaten war wesentlich konsistenter, was darauf schließen ließ, dass die Bildung von Alternariol für die Tomatenstämme von ökologischer Bedeutung ist. Aufgrund dieser Erkenntnis wurde auch hier der Einfluss verschiedener Parameter, wie Temperatur, a_w -Wert und pH-Wert auf die Bildung von Alternariol untersucht. Interessanterweise war bei Veränderungen der Temperatur oder bei geringfügiger Veränderung der Wasseraktivität durch Erhöhung der NaCl-Konzentration oder von anderen osmolytisch aktiven Substanzen, wie Glycerin, eine sofortige Inaktivierung der Alternariolbiosynthese festzustellen. Nicht so bei Veränderungen des pH-Wertes, wo die Alternariolbiosynthese über einen weiten Bereich konstant bleibt. Gerade der pH-Wert spielt aber bei Obst und Gemüseprodukten eine große Rolle und kann hier einen weiten Bereich umfassen. Andererseits besitzen diese Produkte in der Regel einen hohen Wassergehalt, sodass für *Alternaria* eine effiziente pH-Regulation, aber weniger eine osmotische Regulation der Alternariolbiosynthese eine Rolle spielt. Die im MRI

erzielten Ergebnisse deuten tatsächlich in diese Richtung. *A. alternata* bildet Alternariol nahezu im gesamten physiologischen pH-Bereich (von pH 4-10), wird aber durch sehr geringe Zusätze von NaCl (5 g/l) oder Glycerin in der Bildung gehemmt. Wie oben schon erwähnt, werden Veränderungen des osmotischen Druckes über den HOG Signalweg von der Außenwelt zur transkriptionellen Ebene der Gene übermittelt (LIN & CHUNG 2010). Änderungen des pH-Wertes werden dagegen über das *pacC/palA*-J System auf die Ebene der Genregulation weitergeleitet. Um den Einfluss beider Signalwege auf die Regulation der Alternariolbildung von *A. alternata* zu untersuchen, wurden Mutantenstämme in diesen Signalkaskadewegen erzeugt und deren Reaktion im Vergleich zum Wildtyp unter verschiedenen Bedingungen gemessen. Es konnte bei diesem Ansatz ein sehr detailliertes Modell der Regulation der Alternariol-Bildung unter natürlichen Habitat-Bedingungen erstellt werden.

Unter hohen osmotischen Bedingungen wird HOG auch in *Alternaria* phosphoryliert, aber die Aktivierung von HOG wird bei steigender Osmolarität des Mediums zeitlich nach hinten verschoben, was zu einer wesentlich langsameren Alternariolbildung führt. Daraus kann geschlossen werden, dass eine hohe Osmolarität dem Pilz ein nicht kolonisierbares Substrat signalisiert und die Bildung von Alternariol, die einen Energieverbrauch für den Pilz darstellt, wird gestoppt. Bei Substraten mit hoher Wasseraktivität (Obst und Gemüse) ist dies nicht der Fall. HOG ist jetzt stark phosphoryliert und *A. alternata* bildet hohe Mengen an Alternariol. *A. alternata* hat also einen komplexen Regulationsmechanismus entwickelt, um möglichst unter allen Bedingungen im natürlichen Habitat Alternariol bilden zu können. Dies deutet auf einen ökologischen Grund hin. In der Tat wurde durch weitere Versuche gezeigt, dass die Bildung von Alternariol zu einer Verstärkung der Kolonisierungsfähigkeit von Tomaten (und wahrscheinlich auch anderer Substrate) führt. Stämme, in denen die HOG- bzw. *pacC*-Signalfunktion inaktiviert wurde, waren nicht mehr in der Lage, Alternariol reguliert zu bilden und auf Tomaten zu wachsen (Tafel 6, Abb. 7).

Literatur

- BAERT, K., DEVLIEGHERE, F., FLYPS, H., OOSTERLINCK, M., AHMED, M. M., VERLINDEN, B., NICOLAI, B., DEBEVERE, J. & DE MEULENAER, B. (2007): Influence of storage conditions of apples on growth and patulin production by *Penicillium expansum*. – Int. J. Food Microbiol., **119**: 170-181.
- BHATNAGAR, D., YU, J. & EHRlich, K. C. (2002): Toxins of filamentous fungi. – In: BREITENBACH, M., CRAMERI, R. & LEHRER, S. B. (eds.): Fungal Allergy and Pathogenicity: 167-206; Basel (Karger).
- BROWN, D. W., PROCTOR, R. H., DYER, R. B. & PLATTNER, R. D. (2003): Characterization of a *Fusarium* 2-gene cluster involved in trichothecene C-8 modification. – J. Agric. Food Chem., **51**: 7936-7944.
- DESJARDINS, A. E. (2009): From yellow rain to green wheat: 25 years of trichothecene biosynthesis research. – J. Agric. Food Chem., **57**: 4478-4484.
- DOOHAN, F. M., WESTON, G., REZANOOR, H. N., PARRY, D. W. & NICHOLSON, P. (1999): Development and use of a reverse transcription-PCR assay to study expression of *Tri5* by *Fusarium* species *in vitro* and *in planta*. – Appl. Environ. Microbiol., **65**: 3850-3854.
- GEISEN, R., SCHMIDT-HEYDT, M. & KAROLEWIEZ, A. (2006): A gene cluster of the ochratoxin A biosynthetic genes in *Penicillium*. – Mycotoxin Res., **22**: 134-141.
- HEPERKAN, D., DAZKIR, G. S., KANSU, D. Z. & GÜLER, F. K. (2009): Influence of temperature on citrinin accumulation by *Penicillium citrinum* and *Penicillium verrucosum* in black table olives. – Toxin Reviews, **28**: 180-186.
- JAYASHREE, T. & SUBRAMANYAM, C. (2000): Oxidative stress as a prerequisite for aflatoxin production by *Aspergillus parasiticus*. – Free Radical Biology & Medicine, **29**: 981-985.
- JURADO, M., MARÍN, P., MAGAN, N., & GONZÁLEZ-JAÉN, M. T. (2008): Relationship between solute and matrix potential stress, temperature, growth, and FUM1 gene expression in two *Fusarium verticillioides* strains from Spain. – Appl. Environ. Microbiol., **74**: 2032-2036.
- KAROLEWIEZ, A. & GEISEN, R. (2005): Cloning a part of the ochratoxin A biosynthetic gene cluster of *Penicillium nordicum* and characterization of the ochratoxin polyketide synthase gene. – System. Appl. Microbiol., **28**: 588-595.
- LIN, C. H. & CHUNG, K.-R. (2010): Specialized and shared functions of the histidine kinase- and HOG1 MAP kinase-mediated signaling pathways in *Alternaria alternata*, a filamentous fungal pathogen of citrus. – Fungal Genetics and Biology, **47**: 818-827.
- LOGRIECO, A., MORETTI, A. & SOLFRIZZO, M. (2009): *Alternaria* toxins and plant diseases: an overview of origin, occurrence and risks. – World Mycotoxin Journal, **2**: 129-140.
- LUND, F. & FRISVAD, J. C. (2003): *Penicillium verrucosum* in wheat and barley indicates presence of ochratoxin A. – J. Appl. Microbiol., **95**: 1117-1123.
- MECTEAU, M. R., ARUL, J. & TWEDDELL, R. J. (2008): Effect of different salts on the development of *Fusarium solani* var. *coeruleum*, a causal agent of potato dry rot. – Phytoprotection, **89**: 1-6.
- MEDINA, A. & MAGAN, N. (2011): Temperature und water activity effects on production of T-2 and HT-2 by

- Fusarium langsethiae* strains from European countries. – Food Microbiol., **28**: 392-398.
- MOAKE, M. M., PADILLA-ZAKOUR, O. I. & WOROBO, R. W. (2005): Comprehensive review of patulin control methods in foods. – Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, **1**: 8-21.
- PARDO, E., MARIN, S., SANCHIS, V. & RAMOS, A. J. (2004). Prediction of fungal growth and ochratoxin A production by *Aspergillus ochraceus* on irradiated barley grain as influenced by temperature and water activity. – Int. J. Food Microbiol., **95**: 79-88.
- PETZINGER, E. & ZIEGLER, K. (2000): Ochratoxin A from a toxicological perspective. – J. vet. Pharmacol. Therap., **23**: 91-98.
- PROBST, C., NJAPAU, H. & COTTY, P. J. (2007): Outbreak of an acute aflatoxicosis in Kenya in 2004: Identification of the causal agent. – Appl. Environ. Microbiol., **73**: 2762-2764.
- ROZE, L. V., CHANDA, A. & LINZ J. E. (2011): Compartmentalization and molecular traffic in secondary metabolism: A new understanding of established cellular processes. – Fungal Genetics and Biology, **48**: 35-48.
- SAMAPUNDO, S., DESCHUYFFELEER, N., VAN LAERE, D., DE LEYN, I. & DEVLIEGHERE, F. (2010): Effect of NaCl reduction and replacement on the growth of fungi important to the spoilage of bread. – Food Microbiol., **27**: 749-756.
- SCHMIDT-HEYDT, M. & GEISEN, R. (2007): A microarray for monitoring the production of mycotoxins in food. – Int. J. Food Microbiol., **117**: 131-140.
- SCHMIDT-HEYDT, M., BAXTER, E., GEISEN, R. & MAGAN, N. (2007): Physiological relationship between food preservatives, environmental factors, ochratoxin and *otapksPV* gene expression by *Penicillium verrucosum*. – Int. J. Food Microbiol., **119**: 277-283.
- SCHMIDT-HEYDT, M., MAGAN, N. & GEISEN, R. (2008a): Stress induction of mycotoxin biosynthesis genes by abiotic factors. – FEMS Microbiology Letters, **284**: 142-149.
- SCHMIDT-HEYDT, M., RICHTER, W., MICHULEC, M., BUTTINGER, G. & GEISEN, R. (2008b): A comprehensive molecular system to study presence, growth and ochratoxin A biosynthesis of *P. verrucosum* in wheat. – Food Additives & Contaminants, **25**: 989-996.
- SCHMIDT-HEYDT, M., ABDEL-HADI, A., MAGAN, N. & GEISEN, R. (2009): Complex regulation of the aflatoxin biosynthesis gene cluster of *Aspergillus flavus* in relation to various combinations of water activity and temperature. – Int. J. Food Microbiol., **135**: 231-237.
- SCHMIDT-HEYDT, M., PARRA, R., GEISEN, R. & MAGAN, N. (2011a): Modelling the relationship between environmental factors, transcriptional genes and deoxynivalenol mycotoxin production by strains of two *Fusarium* species. – Journal of the Royal Society Interface, **8**: 117-126.
- SCHMIDT-HEYDT, M., GRAF, E., BATZLER, J & GEISEN, R. (2011b): The application of transcriptomics to understand the ecological reasons of ochratoxin a biosynthesis by *Penicillium nordicum* on sodium chloride rich dry cured foods. – Trends in Food Science & Technology, **22**: 39-48.
- SCHMIDT-HEYDT, M., GRAF, E., STOLL, D. & GEISEN, R. (2012): The biosynthesis of ochratoxin A by *Penicillium* as one mechanism for adaptation to NaCl rich foods. – Food Microbiol., **29**: 233-241.
- SIMKOVIC, M., POKORNY, R., HUDECOVA, D. & VARECKA, L. (2004): Chloride transport in the vegetative mycelia of filamentous fungus *Trichoderma viride*. – Journal of Basic Microbiology, **44**: 122-128.
- SONJAK, S., LICEN, M., FRISVAD, J. C. & GUNDE-CIMERMAN, N. (2011): Salting of dry-cured meat - a potential cause of contamination with the ochratoxin A-producing species *Penicillium nordicum*. – Food Microbiol., **28**: 1111-1116.

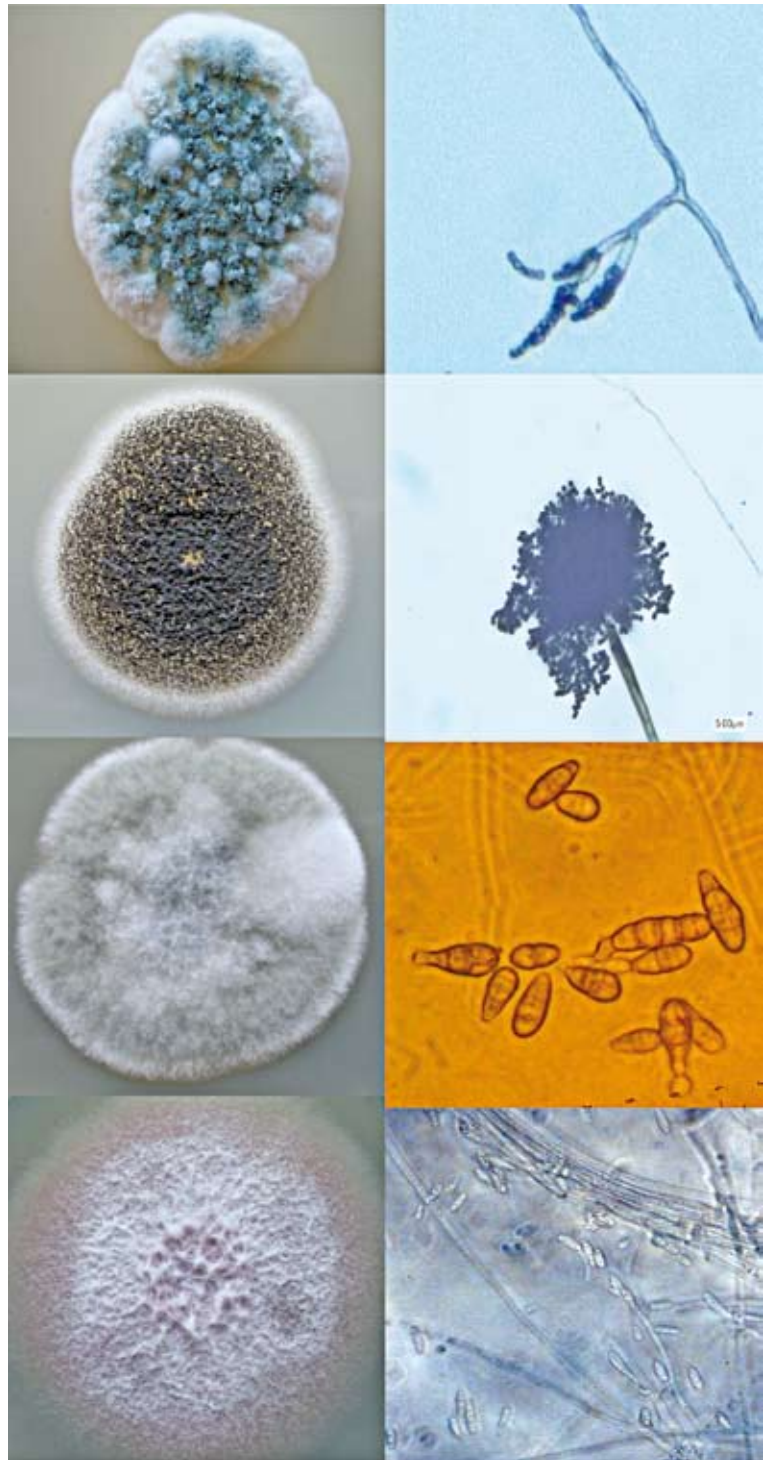
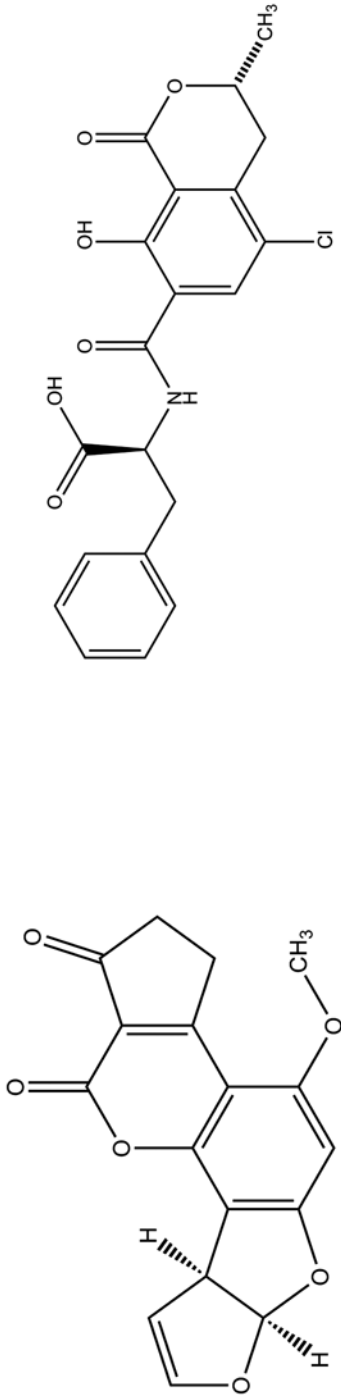
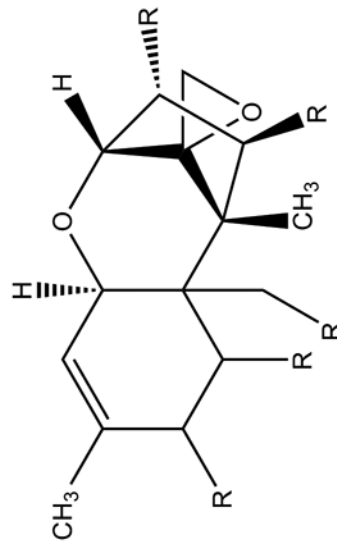


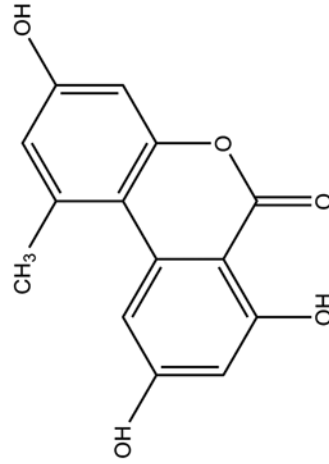
Abbildung 1. Koloniemorphologie (linke Spalte) und mikroskopische Aufnahme der Sporenträger bzw. der Sporen (rechts). Von oben nach unten *Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Fusarium*.

Aflatoxin B₁

Ochratoxin A



Trichothecen Grundgerüst



Alternariol

Abbildung 2. Strukturformeln der Mykotoxine, die unter anderem durch *Aspergillus* (Aflatoxin), *Penicillium* (Ochratoxin A), *Fusarium* (Trichothecene) und *Alternaria* (Alternariol) gebildet werden.

A

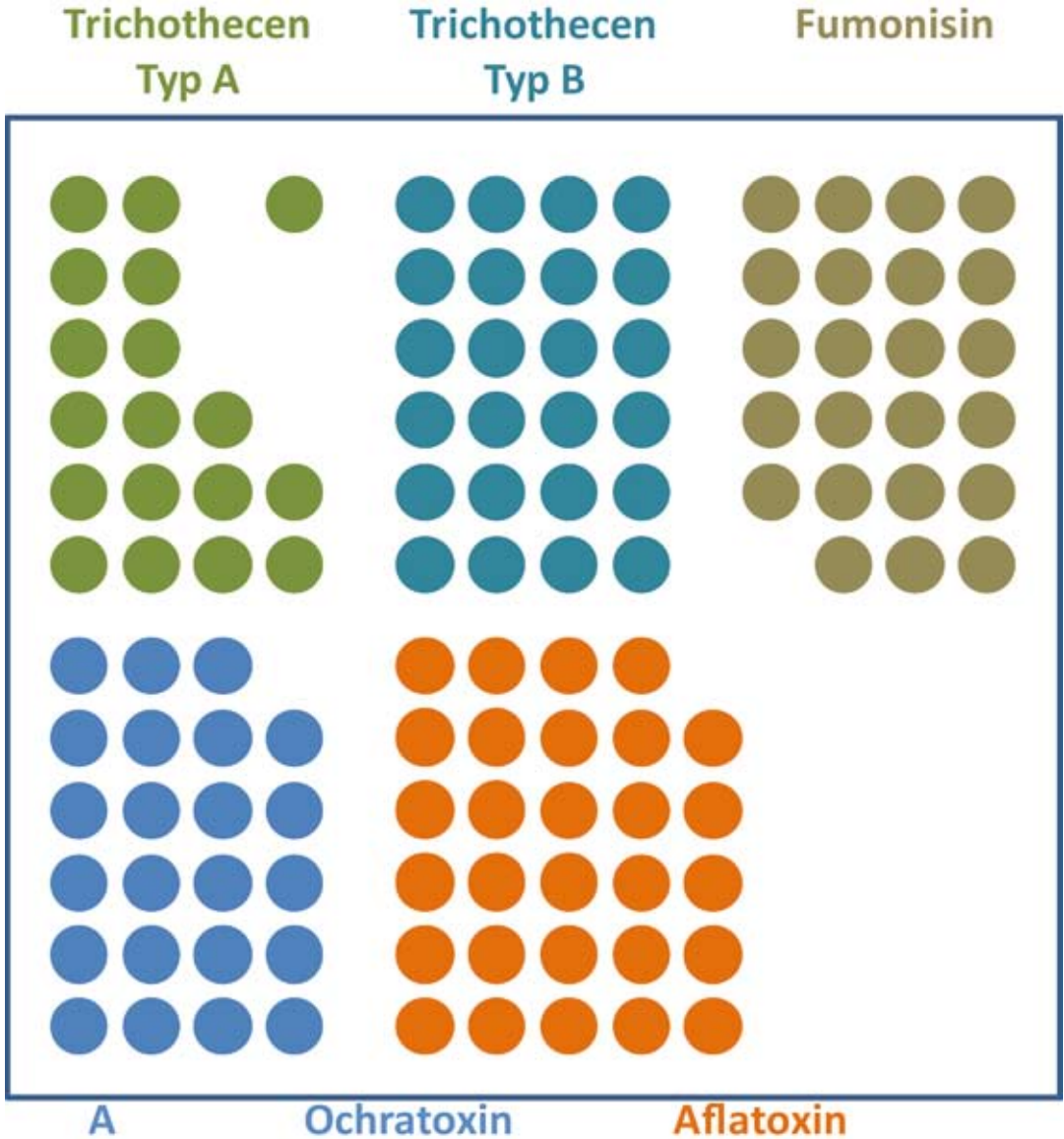
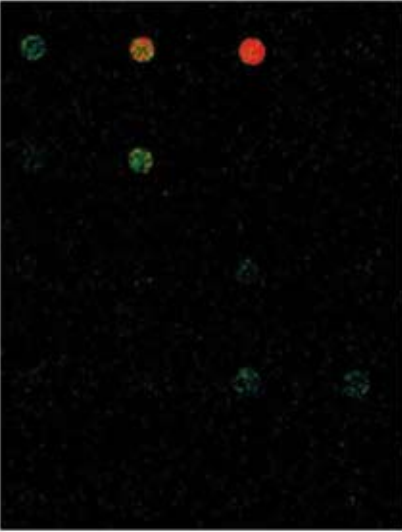


Abbildung 3: Layout A und Anwendung B (nachfolgende Tafel 4) des Microarrays (MycoChip). Auf dem MycoChip sind Oligonucleotide immobilisiert, die für die Gene der jeweiligen Mykotoxinbiosynthese spezifisch sind (SCHMIDT-HEYDT & GEISEN, 2007). Für den jeweiligen Mykotoxingencluster sind die Oligonucleotide in Subarrays angeordnet wie gezeigt. Der MycoChip wurde für die Untersuchung der Aktivierung der Ochratoxin- und Trichothecenbiosynthesegene eingesetzt. Dazu wurden die RNA von *Penicillium nordicum* (Ochratoxin) oder *Fusarium sporotrichioides* (Trichothecen Typ A) von Kulturen, die unter Bedingungen kultiviert wurden, die entweder keine Mykotoxinbildung erlaubten (inaktiv) oder die eine starke Mykotoxinbildung förderten (aktiv) isoliert, fluoreszenzmarkiert und mit dem Chip hybridisiert. Die deutlich erkennbare Aktivierung der Gene unter geeigneten Bildungsbedingungen ist unter B gezeigt. Im Fall der Trichothecengene ist durch Vergleich mit dem Schema unter A eine komplette Aktivierung des Genclusters zu erkennen.

B

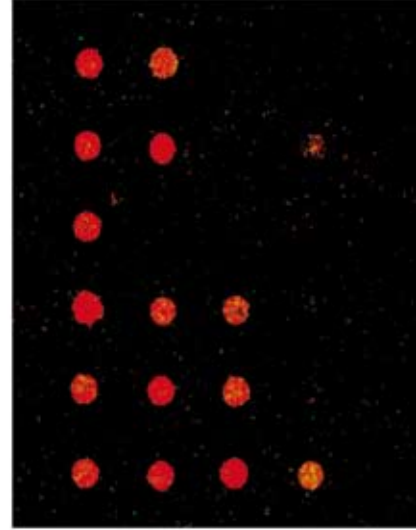
inaktiv



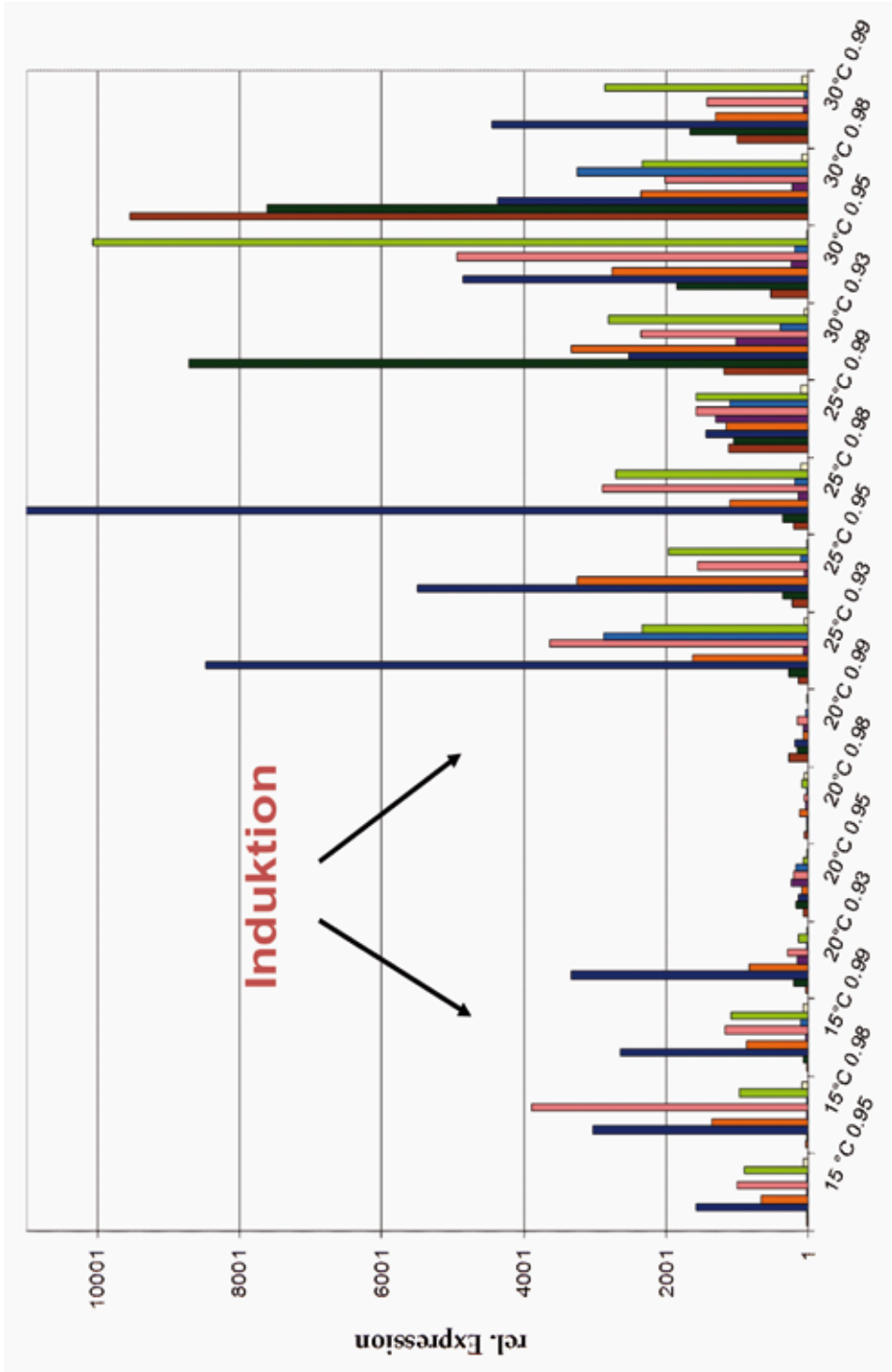
aktiv



Ochratoxin
Subarray



Trichothecen
Subarray



gutes Wachstum

stark reduziertes Wachstum

Abbildung 5. Generelles Expressionsprofil von Mykotoxinbiosynthesegenen unter verschiedenen äußeren Bedingungen (hier verschiedene Kombinationen an Wasseraktivität und Temperatur). In der Regel wird eine hohe Aktivität der Gene in der Nähe des Wachstumsoptimums und eine tiefere, aber signifikante Aktivität unter grenzwertigen Wachstumsbedingungen gefunden.



Abbildung 7. Klonisierungsfähigkeit des *Alternaria alternata* Wildtyps (wt) sowie der beiden HOG- bzw. pacC-inaktivierten Signalkaskademutanten. Beide Mutanten sind nicht mehr zu einer regulierten Alternariolbildung in der Lage und haben verglichen mit dem Wildtyp-Stamm, eine stark verminderte Fähigkeit, Tomaten zu besiedeln. Links: Aufsicht, rechts: Querschnitt.

Untersuchungen pilzlicher Krankheitserreger an Pflanzen am Landwirtschaftlichen Technologiezentrum Augustenberg, Außenstelle Stuttgart

JAN HINRICHS-BERGER

Kurzfassung

Eine gesetzliche Aufgabe des Landwirtschaftlichen Technologiezentrums Augustenberg (LTZ) ist die Überwachung von Pflanzenbeständen in Baden-Württemberg hinsichtlich des Auftretens von Schadorganismen. Dazu gehören neben Unkräutern, Schädlingen, Viren, Bakterien und Phytoplasmen auch die Schadpilze. Eine exakte Ermittlung der Schadursache ist Voraussetzung für eine effiziente Pflanzenschutzberatung. Nur die eindeutige Bestimmung des Schaderregers und die Kenntnis seiner Biologie erlauben den Einsatz zielgerichteter Abwehrmaßnahmen. Dazu gehören im Rahmen des integrierten Pflanzenschutzes pflanzenbauliche, biologische, physikalische und chemische Verfahren sowie gegebenenfalls administrative Maßnahmen.

Das Tätigkeitsfeld des Sachgebiets Mykologie am LTZ, Außenstelle Stuttgart, umfasst die Untersuchung kranker Pflanzen auf pilzliche Schaderreger. Dafür kommen neben klassischen mikrobiologischen Verfahren auch molekularbiologische Methoden zum Einsatz. Darüber hinaus werden in Forschungsvorhaben für Baden-Württemberg bedeutsame pilzliche Krankheiten intensiv bearbeitet, wie aktuell die Vermeidung der Monilia-Fruchtfäule an Zwetschgen.

Abstract

Diagnosis of plant diseases caused by fungi at the Center for Agricultural Technology Augustenberg, branch Stuttgart

It is the task of the Center for Agricultural Technology Augustenberg (LTZ) to monitor harmful organisms on crops in Baden-Württemberg, including fungi. A prompt and accurate diagnosis of plant diseases and disorders is a prerequisite for efficient plant protection advice. The precise identification of the pathogen and the knowledge of its biology is the basis for efficient corrective measures. In line with an integrated pest management they include preventive cultural practices, biological, physical and chemical control as well as administrative measures in some cases (e. g. quarantine).

The examination of diseased plants for fungal pathogens is the main field of activity of the LTZ section „Mycology“ in Stuttgart. Besides classical microbiological techniques, molecular biological methods are applied as well. Furthermore, fungal plant diseases relevant to Baden-Württemberg such as the current Monilia rot of plum fruits are intensively studied in research projects.

Dr. JAN HINRICHS-BERGER, Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Außenstelle Stuttgart, Reinsburgstr. 107, 70197 Stuttgart, Tel.: 0721/9468-428, E-Mail: jan.hinrichs-berger@ltz.bwl.de

Das Landwirtschaftliche Technologiezentrum Augustenberg (LTZ) ist eine nicht rechtsfähige Anstalt im Geschäftsbereich des Ministeriums für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg. Es ging am 01.01.2007 aus den bis dahin selbständigen Institutionen Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt Augustenberg, Landesanstalt für Pflanzenschutz Stuttgart sowie der Landesanstalt für Pflanzenbau Forchheim mit dem Institut für umweltgerechte Landbewirtschaftung Müllheim und dem Saatbauamt Donaueschingen hervor. Nach dem Pflanzenschutzgesetz hat das LTZ als zuständige Behörde für den Pflanzenschutzdienst in Baden-Württemberg die Aufgabe, Pflanzenbestände auf das Auftreten von Schadorganismen zu überwachen. Ein mykologischer Arbeitsschwerpunkt liegt damit im Referat „Diagnostik von Schaderregern, Pflanzenquarantäne“ in der Abteilung „Pflanzengesundheit und Produktqualität“. Er umfasst die Diagnose von pilzlichen Schaderregern an Pflanzen, die in Baden-Württemberg wachsen oder eingeführt werden sollen mit Ausnahme der Weinrebe und Bäumen im Wald beziehungsweise Forst.

Darüber hinaus finden am LTZ mykologische Arbeiten in den Referaten „Futtermitteluntersuchungen und Mikrobiologie“ sowie „Saatgut-erkennung“ (vergleiche Beitrag von JONITZ und LEIST in diesem Band) statt.

Eine exakte Diagnose der Ursache von Schadbildern ist Voraussetzung für eine effiziente Pflanzenschutzberatung. Die eindeutige Identifizierung des Schadorganismus und die Kenntnis seiner Epidemiologie sind nämlich grundlegende Voraussetzung für eine gezielte Bekämpfung

beziehungsweise das Ergreifen geeigneter Maßnahmen, um den Schaden in der Zukunft zu vermeiden. Zur Bekämpfung bzw. Vermeidung der Schadursache kommen pflanzenbauliche, biologische, physikalische und chemische Verfahren im Rahmen des Integrierten Pflanzenschutzes sowie in besonderen Fällen administrative Maßnahmen (Quarantäne) in Betracht.

Nach Eingang von beschädigten Pflanzen beim LTZ ist zunächst zu klären, ob die Schädigung auf eine Krankheit (Pilze, Bakterien, Phytoplasmen, Viren), einen Schädling (tierische Schadorganismen), abiotische Ursachen (Wetter, Schadstoffe, Bodenfaktoren), Veränderungen des Erbgutes (Mutationen) oder einen Schadursachenkomplex zurückzuführen ist. Aufgrund dieser ersten Einschätzung erfolgt dann eine eingehende Untersuchung in den zuständigen Sachgebieten.

Das Tätigkeitsfeld des Sachgebiets Mykologie umfasst die Untersuchung kranker Pflanzen auf pilzliche Schaderreger und nicht-parasitäre Ursachen. Die Anzahl der jährlich zu untersuchenden Einsendungen hat seit den 70er Jahren von gut 200 auf etwa 1.800 im Jahr 2010 zugenommen (Abb. 1). Die zu untersuchenden Proben stammen von anderen Behörden (z.B. Landwirtschaftsämtern), Beratungsdiensten, freien Beratern und von Mitarbeitern des LTZ oder sind Direkteinsendungen von Privatpersonen.

Die Zunahme der Probenanzahl im Laufe der Jahre hat drei wesentliche Ursachen:

Die im Pflanzenschutz eingesetzten Fungizide sind im Laufe der Jahre spezifischer geworden. So sind Breitbandfungizide, die gegen eine große Gruppe von Schadpilzarten wirksam waren, durch Fungizide ersetzt worden, die zwar aus ökotoxikologischer Sicht eine Verbesserung darstellen, aber oft nur ein kleines Spektrum von pilzlichen Schaderregern erfassen. Das macht eine genaue Bestimmung der Schadpilze auf Gattungsebene erforderlich, die durch bloße Inaugenscheinnahme des Schadbildes nicht mehr zu leisten war.

Im Jahr 1986 wurde das Leitbild des integrierten Pflanzenschutzes erstmals in das Pflanzenschutzgesetz aufgenommen. Der integrierte Pflanzenschutz basiert auf einer Kombination von Verfahren, bei denen durch vorrangige Berücksichtigung biologischer, biotechnischer, pflanzenzüchterischer sowie anbau- und kulturtechnischer Maßnahmen die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel auf das notwendige Maß beschränkt wird. Das hat unter anderem eine genaue Ermittlung der Schadursache, wie sie häufig nur im Labor zu leisten ist, erforderlich gemacht.

Seit Anfang der 90er Jahre wurden in Baden-Württemberg zunehmend Beratungsdienste ge-

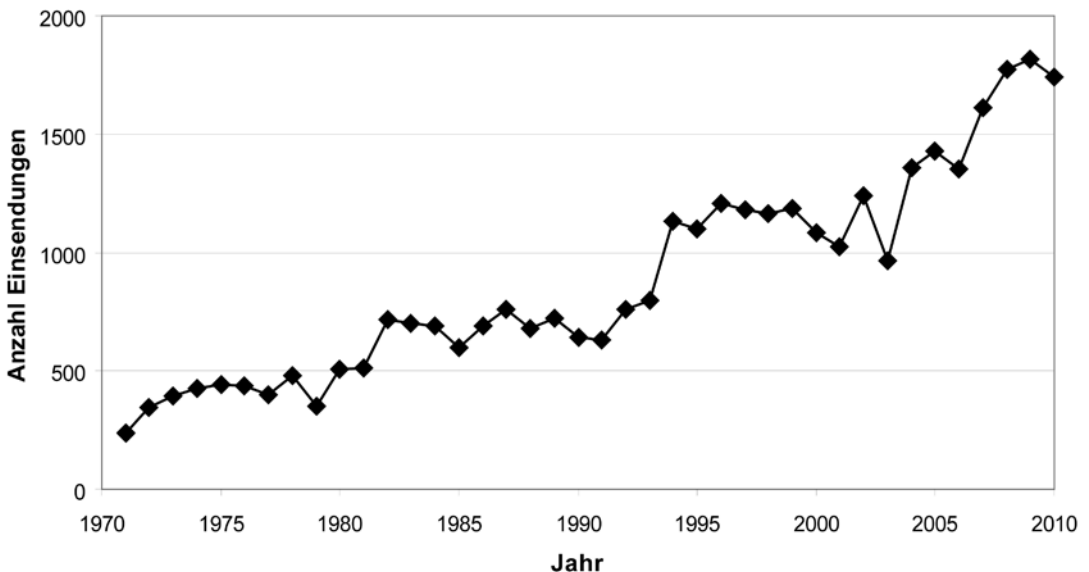


Abbildung 1. Anzahl jährlicher Einsendungen an das Sachgebiet Mykologie am Landeswirtschaftlichen Technologiezentrum Augustenberg, Außenstelle Stuttgart.

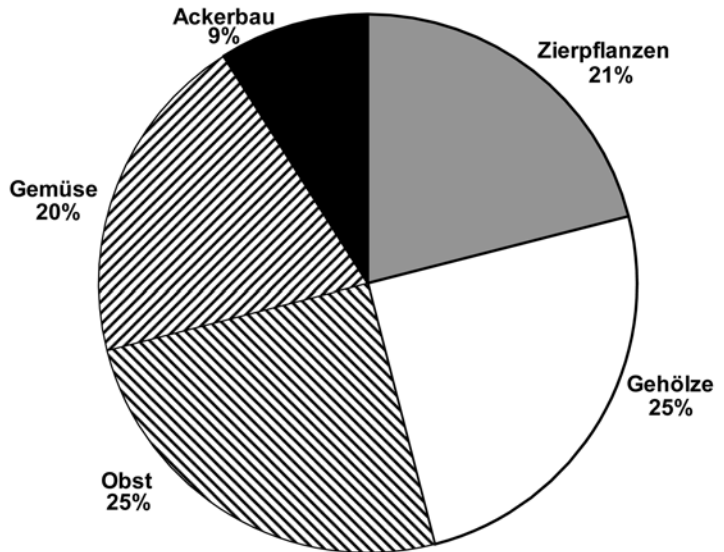


Abbildung 2. Probeneinsendungen an das Landwirtschaftliche Technologiezentrum Augustenberg, Außenstelle Stuttgart, im Jahr 2010, verteilt auf die einzelnen Kulturgruppen.

gründet, die den biologischen Pflanzenschutz in die gärtnerische, obstbauliche und landwirtschaftliche Praxis vorantreiben. Da die biologische Bekämpfung in der Regel hoch spezifisch ist, war mit ihrer Einführung eine exakte Diagnose der Schadursache notwendig.

Im Jahr 2010 wurden vom Sachgebiet Mykologie 1.742 Pflanzenproben untersucht. Sie verteilen sich auf die Kulturgruppen Zierpflanzen (21 %), Gemüse (20 %), Gehölze (25 %), Obst (25 %) und Ackerbau (9 %) (Abb. 2). Die große Vielfalt an Kulturen und damit einhergehend das große Spektrum phytopathogener Pilze erklärt die relativ hohe Probenanzahl aus dem Bereich des Gartenbaus. Demgegenüber wird im Ackerbau, der flächenmäßig in Baden-Württemberg um ein Vielfaches größer ist als der Gartenbau, nur eine relativ geringe Kulturartenanzahl genutzt, sodass den Landwirten und Beratern sehr viele Schadbilder gut bekannt sind und sie auf eine diagnostische Hilfestellung durch das LTZ verzichten.

Von besonderer Bedeutung sind die Untersuchungen auf Quarantäne-Schadorganismen bzw. Schadpilze, die ihnen gleich gestellt sind. In den vergangenen Jahren wurden beispielsweise Haselnuss-Importe auf einen Befall mit dem Pilz *Anisogramma anomala* untersucht. Dieser Pilz ist in den USA relativ weit verbreitet und verursacht dort hohe Verluste. Er konnte sich glücklicherweise bisher noch nicht in Europa etablieren.

Das ist sicherlich nicht zuletzt auf eine effektive Pflanzenbeschau mit der damit einhergehenden Diagnostik zurückzuführen. Darüber hinaus wurde die Verbreitung der Schadpilze *Synchytrium endobioticum* (Erreger des Kartoffelkrebs), *Phytophthora ramorum* (Erreger des Eichensterbens in den USA, der in Europa jedoch vor allem an *Rhododendron* und *Viburnum* vorkommt), *Monilinia fructicola* (Blüten-, Trieb- und Fruchtfäuleerreger an Kern- und Steinobst) und *Fusarium foetens* (Gefäßkrankung an Begonien) in Baden-Württemberg erfasst.

Untersucht werden die Proben in erster Linie visuell (Lupe, Lichtmikroskop) sowie durch Kultivierung der Schaderreger auf verschiedenen Nährmedien und anschließender Bestimmung. Diese Untersuchungen werden von Fall zu Fall durch molekularbiologische Verfahren (PCR) ergänzt.

Neben der Diagnose für die Beratung und die Pflanzenbeschau werden in einem verhältnismäßig kleinen Rahmen Forschungsprojekte durchgeführt, wenn pilzliche Schaderreger eine besondere Bedeutung in Baden-Württemberg erlangen. So wurden von 2000 bis 2003 im Rahmen eines vom Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg geförderten Forschungsvorhabens die Hopfen- und Stockwelke des Hopfens im Raum Tetttnang untersucht. Hopfenstöcke der bedeutenden Sorten ‚Hallertauer mfr‘ und ‚Tetttnanger‘ zeigen seit

Ende der 90er Jahre massiv Welkesymptome. Als Ursache wurde ein Befall mit der Tracheomykose *Verticillium albo-atrum* identifiziert. Darüber hinaus können noch *Fusarium* spp. und *Rhizoctonia solani* an dem Krankheitsbild beteiligt sein. Die Versuche zur Bekämpfung dieser gefährlichen Hopfenerkrankung zeigten, dass hohe Stickstoffgaben die Welke begünstigen. Zink fördert hingegen die Widerstandsfähigkeit des Hopfens gegenüber den Welkeerregern. Allerdings wird die Aufnahme von Zink durch hohe Phosphatgaben behindert. Um die Hopfenwelke zu verhindern, ist daher eine ausgewogene N- und P-Versorgung anzustreben. Vor allem ist jedoch auf die Pflanzenhygiene (Verwendung gesunden Pflanzguts, konsequente Bekämpfung aller als Wirtspflanzen dienenden Unkräuter) zu achten.

Aktuell wird an einem Projekt zur Bekämpfung der *Monilia*-Fruchtfäule an Zwetschgen (Abb. 3) gearbeitet. In den letzten Jahren traten nämlich in

Baden-Württemberg und anderen Regionen mit intensivem Zwetschgenanbau verstärkt und weit verbreitet Probleme mit Fäulnis von Früchten im Nacherntebereich auf. Obwohl augenscheinlich gesunde Zwetschgen von den Erzeugern für die Vermarktung erfasst wurden, kam es im Lager bzw. auf dem Weg zum Kunden innerhalb von nur wenigen Tagen nach Anlieferung zur Fäulnis der Früchte. Als Hauptschaderreger wurden die *Monilia*-Arten *M. laxa* und *M. fructigena* identifiziert. Die *Monilia*-Fäule im Lager trat unabhängig von der Intensität des Pflanzenschutzmitteleinsatzes auf. So kam es an Früchten aus Anlagen mit einem intensiven Fungizideinsatz zur Fäule, während in anderen Anlagen mit nur geringem Pflanzenschutzmitteleinsatz die *Monilia*-Fruchtfäule zu vernachlässigen war. Dies führte zu den Annahmen, dass die Pflanzenschutzmittel nicht mehr wirksam sind oder zu einem falschen Zeitpunkt in der Entwicklung von Baum und Pilz eingesetzt wurden.



Abbildung 3. *Monilia*-Fruchtfäule an Zwetschgen.

Das Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg und das Marktkontor Obst und Gemüse Baden e.V. haben seit 2006 Forschungsmittel bereitgestellt, um die Biologie der *Monilia*-Pilze im Hinblick auf die Infektion von Zwetschgen näher zu untersuchen und eine Bekämpfungsstrategie zur Vermeidung der Fäulnis zu entwickeln.

Die Ergebnisse von Labor- und Freilandversuchen zeigen, dass die zur *Monilia*-Bekämpfung an Zwetschgen nach den Richtlinien der integrierten Produktion zugelassenen Fungizide wirksam sind. Die oftmals unzureichende Wirkung der Fungizide gegen die *Monilia*-Fruchtfäule ist somit sehr wahrscheinlich ein Problem des Applikationszeitpunkts. So kann die Zwetschgenblüte in allen Blühstadien durch *Monilia* infiziert werden; am anfälligsten ist sie jedoch während des Ballonstadiums und der Vollblüte.

Für eine Infektion der Frucht durch *Monilia*-Konidien sind Verletzungen erforderlich. Sie können keine Früchte mit intakter Fruchtschale infizieren. Daher weisen grüne Früchte einen natürlichen Schutz gegenüber *Monilia*-Infektionen auf. Mit einsetzender Blaufärbung und Reife der Zwetschgen steigt jedoch die Anfälligkeit der Früchte für *Monilia*-Infektion: Je reifer die Frucht ist, desto anfälliger ist sie für *Monilia*.

Die kritische Infektionszeit für die *Monilia*-Krankheit, die an Zwetschgenfrüchten nach der Ernte sichtbar wird und die zu den Reklamationen des Handels und des Verbrauchers führt, liegt hauptsächlich kurz vor und während der Ernte.

Auf Basis der Erkenntnisse zu den kritischen Infektionsphasen von *Monilia* an Zwetschgen lässt sich die *Monilia*-Bekämpfung genau ein-

planen. So erscheint der Einsatz von Fungiziden nur zur Blüte und ab dem Umfärben der Früchte bis zur Ernte angezeigt, wenn gleichzeitig eine längere Blattnässedauer vorliegt oder zu erwarten ist. Ist es zur Blüte und in der letzten Phase vor der Ernte trocken, kann vermutlich auch in dieser Phase auf einen Fungizideinsatz verzichtet werden. Allerdings ist eine Fungizidbehandlung zwischen Blüte und Umfärben notwendig, wenn es beispielsweise durch Hagelschlag und Sonnenbrand zu Fruchtschäden kommt.

Allein durch den Einsatz von Fungiziden wird man die *Monilia*-Fäule der Zwetschgen voraussichtlich nicht in den Griff bekommen. Daher sind weitere, vor allem obstbauliche Maßnahmen erforderlich, durch die der Fungizideinsatz auf ein Minimum reduziert werden kann.

Ausgewählte Publikationen

- FRITSCH, S. & HINRICHS-BERGER, J. (2011): Fungizideinsatz gegen Fruchtmönilia an Zwetschen. Entwicklung einer Strategie auf Basis mehrjähriger Versuchserfahrungen in Praxisanlagen. – *Obstbau*, **36**: 328-333.
- FRITSCH, S. & HINRICHS-BERGER, J. (2011): Haltbare Zwetschen durch sorgfältige Ernte. Bedeutung der Erntebedingungen für den Fruchtmöniliabefall von Zwetschen im Lager. – *Obstbau*, **36**: 391-396.
- HINRICHS-BERGER, J. & MÜLLER, G. (2010): First record of *Monilia fructicola* on blackberry fruits. – *Journal of Plant Disease and Protection*, **117**: 110-111.
- HINRICHS-BERGER, J. & MÜLLER, G. (2011): Zum Auftreten von *Monilia fructicola* in Mittelbaden. – *Journal für Kulturpflanzen*, **63**: 249-254.

Untersuchung von Saatgut auf samenübertragbare pilzliche Schaderreger am Landwirtschaftlichen Technologiezentrum Augustenberg (LTZ), Karlsruhe

ANDREA JONITZ & NORBERT LEIST

Kurzfassung

Saatgut ist die Grundlage jeglicher pflanzlicher Produktion und somit auch Grundlage für die menschliche und tierische Ernährung. Die Verwendung von qualitativ hochwertigem Saatgut garantiert den Anbauerfolg. Für zahlreiche pathogene Pilze ist die samenbürtige Übertragung ein wichtiger Verbreitungsweg, sodass es bei der Nutzung von befallenem Saatgut zu beträchtlichen Ertrags- und Qualitätseinbußen kommen kann. Am LTZ Augustenberg befasst sich die Saatgutprüfstelle seit ihrer Gründung mit Fragen zu samenbürtigen Krankheiten. Regelmäßig werden Erhebungen zur Befallsituation von *Fusarium*- und *Drechslera*-Arten vorgenommen. Mit zunehmender Saatgutproduktion für den ökologischen Pflanzenbau stieg auch die Anfrage nach Gesundheitsprüfungen. Im Referat Saatgutuntersuchung sind mittlerweile Untersuchungsmethoden für 41 verschiedene Kulturpflanzenarten auf etwa 150 verschiedene pilzliche Schaderreger etabliert.

Aufgrund des aktuell verstärkten Auftretens von Steinbränden (*Tilletia* spp.) im Saatgut wurde das baden-württembergische Dinkelsaatgut systematisch auf Erreger hin untersucht. Der Verwendung von gesundem oder wirksam gebeiztem Saatgut ist die sicherste Maßnahme, um die Ausbreitung von Krankheiten zu verhindern. Deshalb kommt der Gesundheitsprüfung im Rahmen der Saatgutbeschaffenheitsprüfung allerhöchste Bedeutung zu.

Abstract

Study of seedborne fungal pathogens at the Center of Agricultural Technology Augustenberg (LTZ), Karlsruhe

Seeds are the basis for any plant production. Therefore, they are also the basis for human and animal food production and nutrition. The use of high quality seeds guarantees the success in plant production. Like with many pathogenic fungi the transmission through seeds is the main way of distribution, the use of infected seed often leading to big losses in yield and quality of the harvested products. Since its foundation the Seed Testing Station at the LTZ Augustenberg studies seedborne diseases caused by different fungus species. The increasing seed production for organic farming goes along with increasing requests for seed check-ups. Meanwhile, methods for 41 cultivars and for about

150 pathogens have been established in the Department of Seed Testing.

Because of the increasing occurrence of *Tilletia* spp. (bunt) in recent seed production, the regionally produced seed in Baden-Württemberg is being investigated systematically. The use of healthy or effectively treated seed is the most secure measure to avoid the dispersal of pathogens. Therefore health testing in the seed quality testing is given top priority.

Autoren

Dr. ANDREA JONITZ, Prof. Dr. NORBERT LEIST, Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Neßlerstr. 23-31, 76227 Karlsruhe, E-Mail: Andrea.Jonitz@ltz.bwl.de

Zur Bedeutung phytopathogener Pilze in der Saatgutproduktion

Pflanzenkrankheiten verursachende (phytopathogene) Pilze sind neben Insektenfraß und Unkrautbesatz die bedeutendste Ursache für die Minderung von Menge und Qualität des Ernteguts bei Kulturpflanzen weltweit. Bei geeigneten Witterungsbedingungen können sich lokale Infektionen in kurzer Zeit auf große Flächen ausweiten und durch Keimlingskrankheiten, Kümmerkornbildung oder Taubährigkeit zu beträchtlichen Ertrags- und Qualitätseinbußen führen. Viele Pilzarten bilden zudem Toxine, sodass bei starkem Befall auch das Risiko einer Gesundheitsgefährdung für Mensch und Tier gegeben ist.

Neben den obligaten phytopathogenen (d.h. auf die lebende Wirtspflanze angewiesenen) Parasiten finden sich Pilzarten, die zunächst als Saprobionten (Zersetzer toten organischen Materials) im Boden oder auf Ernterückständen leben, um von dort aus erneut die frische Saat als Parasiten zu infizieren. Für zahlreiche pathogene Pilze ist die samenbürtige Übertragung ein wichtiger Verbreitungsweg. Dabei befällt der Pilz bereits

während der Samenentwicklung die Fortpflanzungsorgane der Pflanze und verbleibt dann als Myzel oder in Form von Dauerstadien im reifen Samen. Somit kann ein Pilz über infiziertes Saatgut die nächste Pflanzengeneration und auch bisher befallsfreie Anbauflächen besiedeln.

Gesundheitsprüfung von Saatgut

Saatgut für die pflanzliche Produktion ist die Grundlage menschlicher und tierischer Ernährung. Nach dem derzeit gültigen Saatgutverkehrsgesetz darf Saatgut nur gehandelt werden, wenn es bestimmte, gesetzlich vorgegebene Parameter erfüllt. Neben Werteigenschaften wie Reinheit, Keimfähigkeit und Sortenechtheit ist auch der Gesundheitsaspekt geregelt. So dürfen Saatgutpartien nicht in stärkerem Maße von bakteriellen oder pilzlichen Schadorganismen beziehungsweise Krankheitserregern befallen sein. Bei manchen Kulturarten wie Lein bestehen explizite Grenzwerte. Die Gesundheitsprüfung von Saatgut ist somit eine wesentliche Aufgabe zur Bestimmung der Saatgutqualität. Von besonderer Bedeutung sind Krankheiten und Schädlinge, die mit dem Saatgut übertragen werden, da befallenes Saatgut der Beginn einer progressiven Schädigung sein kann. Dadurch kann zum einen der wirtschaftliche Wert des Erntegutes gemindert, zum anderen können Krankheiten über infizierte Saatgutpartien in neue Gebiete eingeführt werden, weshalb die Bestimmung von Quarantäne-Schädlingen für den internationalen Handel von wesentlicher Bedeutung ist und schließlich können sie die Ursache von Keimlings-Anomalien sein.

Die Gesundheitsprüfung hat am LTZ Augustenberg eine lange Tradition, die bis 1872 zurückreicht. In jüngerer Zeit, seit 1959, wurde eine Methode zur Feststellung des prozentualen Befalles von Bohnen- und Erbsensaatgut mit den Erregern der Brennfleckenkrankheit (*Ascochyta Colletotrichum*) ausgearbeitet, die bis heute mit Erfolg angewandt wird.

Der Befall von Hülsenfrüchten, Getreide und Mais mit samenbürtigen Pilzen wird regelmäßig erfasst und dokumentiert. Im Laufe der Jahre wurde so eine Übersicht zu Befallsgrad und Befallshäufigkeit vor allem mit *Fusarium*- und *Drechslera*-Arten geschaffen (Tafel 2, Abb. 2). Das in Baden-Württemberg vermehrte Saatgut verschiedener Kulturarten wurde systematisch auf pflanzenpathogene Pilze hin untersucht und

dokumentiert. Es zeigte sich, dass jahresbedingt und in Abhängigkeit vom Anbaugesbiet und der regionaltypischen Klimasituation verschiedene Phytopathogene auftreten. So wurde bereits 1987 das Einwandern einer wärmeliebenden Art (*Fusarium sporotrichioides*) beobachtet. Damit gelang es, neben präzisen Aussagen zur Gesundheit von Saatgutpartien, den Einfluss von Sorte, Standort und Witterung auf das Befallsgeschehen zu bestimmen. Neben Gras- und Ölfruchtarten wird vor allem Gemüsesaatgut auf Befall mit samenbürtigen, obligat oder fakultativ parasitischen Pilzen hin untersucht. Fallweise mussten hier zunächst die Methoden zur Bestimmung der Erreger erarbeitet und in Laboranweisungen festgeschrieben werden.

Mit zunehmender Saatgutproduktion für den ökologischen Pflanzenbau stieg die Nachfrage nach Überprüfung von Saatgut auf samenbürtige Erreger hin stetig an (Tafel 1, Abb.1). Darüber hinaus hat sich die Nachfrage nach Gesundheitsprüfungen mit der Novellierung des Pflanzenschutzgesetzes im Jahre 2001 deutlich verstärkt. Da für Kulturen mit kleiner Anbaufläche immer weniger Pflanzenschutzmittel zugelassen werden, kommt der Verwendung von gesundem Saatgut für eine erfolgreiche Gemüseproduktion eine strategische Bedeutung zu.

Im Referat Saatgutuntersuchung des LTZ Augustenberg, das bei der International Seed Testing Association (Internationale Vereinigung für Saatgutprüfung; ISTA) akkreditiert ist, sind zur Erfüllung dieser Anforderungen im Laufe der Jahre Untersuchungsmethoden für 41 verschiedene Kulturarten auf etwa 150 verschiedene pilzliche Schaderreger etabliert worden. Dabei werden die Pilze entweder durch direkte Inspektion des Saatgutes identifiziert oder auf Nährmedien angezogen, wo sie anhand ihrer Morphologie und ihrer Wachstumscharakteristika mikroskopisch oder physiologisch genau bestimmt werden.

Oftmals sind gutachterliche Stellungnahmen bei Reklamationsfällen gefragt, wobei es zu klären gilt, ob die im Pflanzenbestand aufgetretenen Schäden auf den Befall des Saatgutes mit samenbürtigen Erregern zurückzuführen sind oder durch bodenbürtige Erreger ausgelöst wurden. Der internationale Samenhandel erfordert für den grenzüberschreitenden Transport regelmäßige Untersuchungen über das Freisein von bestimmten Quarantäneschädlingen, wobei fallweise auch tropische und subtropische Pilzarten bestimmt werden müssen.

Aktuelle Probleme

Durch konsequente Anwendung fungizider Beizmittel können die meisten samenbürtigen Pilze effektiv bekämpft werden. So hatten Brandpilze der Gattungen *Tilletia* und *Ustilago* in Deutschland stark an Bedeutung verloren. Durch die Verwendung von ungebeiztem Saatgut – vor allem im Ökolandbau – hat sich jedoch wieder ein Reservoir an Erregern aufgebaut. Im Jahr 2011 traten aufgrund der speziellen Witterungssituation im zeitigen Frühjahr in bestimmten Regionen der Zwerg- und der Stink-Steinbrand (*Tilletia controversa* und *T. caries*) insbesondere bei der Saatgutproduktion von Dinkel in solchem Ausmaß auf, dass manche Vermehrungsflächen aberkannt werden mussten (Tafel 2, Abb 3). Aufgrund dieser Befallssituation wurden im Jahr 2011 im Land 117 Proben von Dinkelsaatgut stichprobenartig auf *Tilletia* spp. hin überprüft. Dabei war bei 75 % der untersuchten Saatgutpartien nur ein unbedeutender Befall festzustellen.

Um den Einsatz von gesundem Saatgut sicherzustellen, das einen verringerten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln nach sich zieht, bedarf es der rechtzeitigen und präzisen Untersuchung der Saatgutpartien. Angesichts des Zeit- und Kostenaufwandes bei den herkömmlichen Methoden

wird daran gearbeitet, moderne Technologien wie NIRS (Nahinfrarotspektroskopie) und die DNA-Analytik einzuführen, um rasch und kostengünstig quantifizierbare Ergebnisse zu erhalten. Dabei ist die Mitarbeit in den internationalen Gremien der ISTA zielführend.

Ausgewählte Publikationen

- GOTTWALD, T. (1980): Über das Vorkommen samenbürtiger, phytopathogener Pilze bei Gräsern der Gattungen *Phleum*, *Festuca*, *Lolium* und *Poa*, sowie bei Cruciferen der Gattungen *Brassica* und *Sinapis*. – Festschrift Saatgutprüfung 1872-1997, Staatliche Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt Augustenberg (Eigenverlag).
- JONITZ, A. & LEIST, N. (1997): Zur Gesundheitsprüfung bei Lupinen und Gemüsearten. – VDLUFA-Schriftenreihe, **46** (Kongressband 1997): 95-98.
- JONITZ A. & ZEIDLER, L. (2009): Fusarienbefall an Winterweizen Saatgut der Ernte 2007. – VDLUFA-Schriftenreihe, **65**: 509-515.
- SCHUY, M., (1990): Über samenbürtige Pilze bei Weizen (*Triticum aestivum* L.). – Festschrift Saatgutprüfung 1872-1997, Staatsexamensarbeit Universität Karlsruhe.
- SCHWEYDA, H.-J. & LEIST, N. (1995): Zur Systematik von *Fusarium* bei Getreide, insbesondere der Sektionen *Sporotrichiella* und *Liseola*. – VDLUFA-Schriftenreihe, **40** (Kongressband 1995): 389-392.

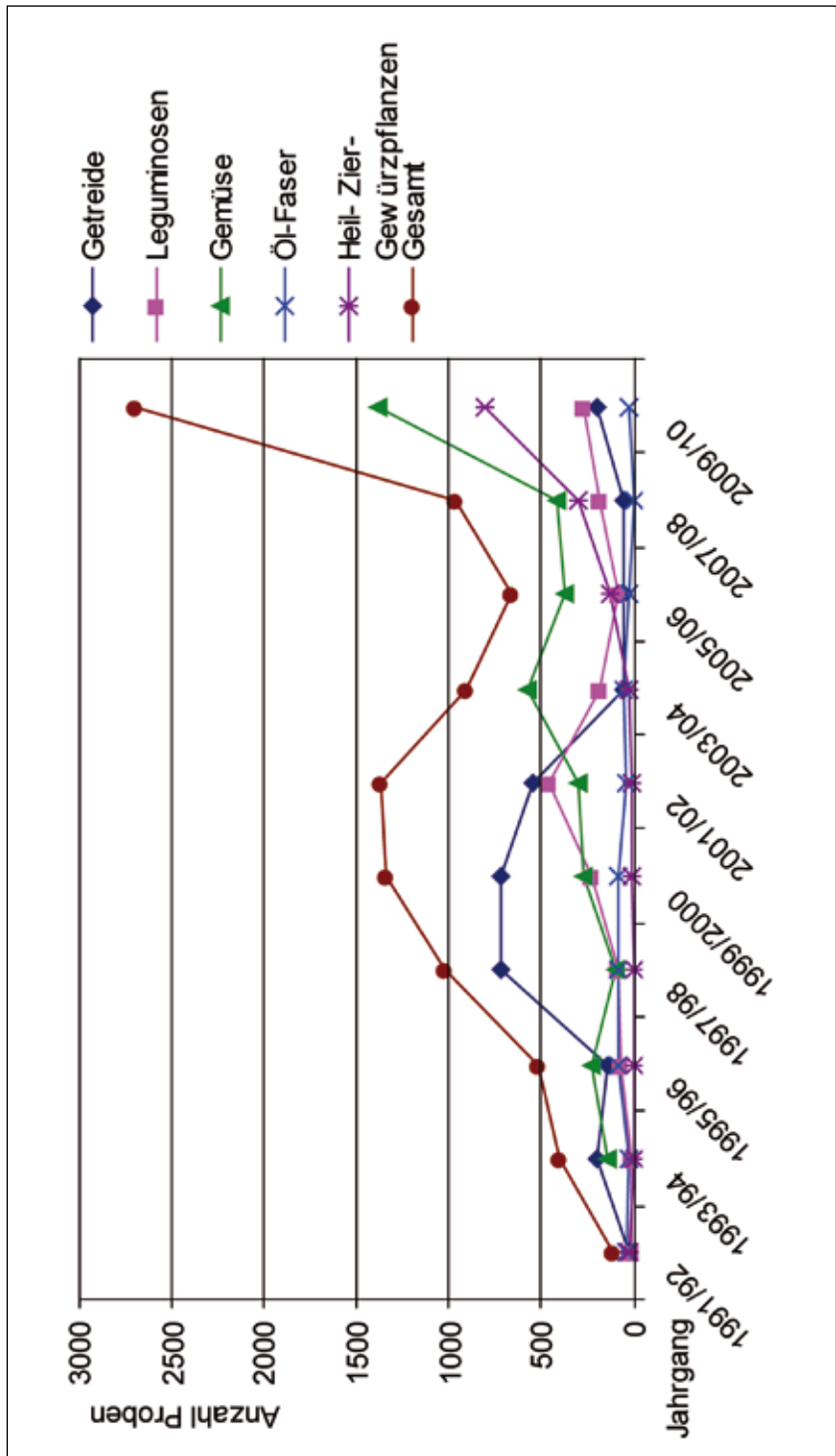


Abbildung 1. Entwicklung der Anzahl von Gesundheitsprüfungen am LTZ; die Einzelwerte stellen jeweils zwei Erntejahre dar.



Abbildung 2. *Fusarium sporotrichioides*, Makrokonidien.



Abbildung 3. *Tilletia caries* (Weizensteinbrand), Brandsporen.

Leben nach dem Tod: Die Pilzsammlungen des Herbariums des Staatlichen Museums für Naturkunde Karlsruhe (KR)

MARKUS SCHOLLER

Kurzfassung

2003 wurde mit der Einstellung eines Kustoden für Pilze auch mit dem Aufbau einer Pilzsammlung (nicht-lichenisierte Pilze) am Staatlichen Museum für Naturkunde Karlsruhe begonnen. Die Sammlung umfasst derzeit 45.600 Belege, davon gut 27.000 in einer Datenbank erfasst (Stand 2011). Schwerpunkt der Sammlungen sind Baden-Württemberg (alle taxonomischen Gruppen) und Rostpilze (Nordhemisphäre). Die Bedeutung der Sammlungen wird durch eine recht hohe Ausleihfrequenz und zahlreiche Forschungsprojekte (klassische Morphologie und Taxonomie, molekulare Taxonomie und Phylogenie, Ökologie), die an diese Sammlung geknüpft sind, dokumentiert. Günstig ist, dass ein Großteil der Belege noch „jung“ ist und sich deshalb für DNS-Sequenzanalysen eignet.

Abstract

Life after death: The fungus collections of the herbarium of the State Museum of Natural History Karlsruhe (KR)

In 2003 a curator for fungi was employed at the State Museum of Natural History Karlsruhe. In the same year a fungus collection (non-lichenized species) was initiated. The collection contains 45 600 specimens, 27 000 of which have been entered in a database (2011). The main focus of the collections is on material from the state of Baden-Württemberg (all taxonomic groups) and on rust fungi (northern hemisphere). The importance of the collections is documented by a rather high loan frequency and numerous research projects (classic morphology and taxonomy, molecular taxonomy and phylogeny, ecology) linked to the collections. It is an advantage, that a major part of the specimens is "young" and therefore suitable for DNA sequence analyses.

Autor

Dr. MARKUS SCHOLLER, Staatliches Museum für Naturkunde, Abteilung Biowissenschaften, Erbprinzenstr. 13, 76133 Karlsruhe. E-Mail: scholler@naturkundeka-bw.de.

1 Einleitung

Öffentliche Herbarien sind Sammlungen getrockneter Pilze und Pflanzen, die nach wissenschaft-

lichen Kriterien geordnet und primär für wissenschaftliche Zwecke verwendet werden. Alle Herbarien haben auch heute noch die Funktion, die sie zu CARL V. LINNÉ'S Zeiten im 18. Jahrhundert hatten: Sie dienen der Bestimmung, Benennung und Beschreibung (Taxonomie), der Klassifikation in einem hierarchischen System (Systematik) und der Ermittlung des Verbreitungsareals (Chorologie). Auch werden sie gelegentlich noch für die Lehre und Ausstellungen verwendet, wenngleich nicht mehr mit der Bedeutung wie in früherer Zeit. Ein modernes Forschungsherbarium hat heute weitere Funktionen. Genannt sei hier zunächst die Ermittlung von Vielfalt und Häufigkeit von Arten (Biodiversitätsforschung) und ihrer Gefährdung (Artenschutz), meist unterstützt durch leistungsstarke Computer- und Datenbanksysteme. Mit detaillierteren Angaben zu den einzelnen Funden können schließlich auch Beziehungen der Art zu ihrem belebten und unbelebten Umfeld (Ökologie) anhand von Sammlungen hergestellt werden. Ferner ermöglichen es moderne Methoden, kleinste Spuren von z.B. Schwermetallen, Proteinen, DNS und Umweltgiften aus Belegen unterschiedlichen Alters zu isolieren. Hiervon profitieren neben Taxonomen, die die DNS isolieren und ihre Sequenzen zur Untersuchung von Verwandtschaftsbeziehungen nutzen, vor allem Umweltforscher, die mit Hilfe von wissenschaftlichen Sammlungen Umweltveränderungen aufzuzeigen vermögen. Ein Beispiel aus der Mykologie mag dies verdeutlichen. Nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl vom 26.4.1986 befürchtete man bei Speisepilzen einen besonderen Anstieg der Radioaktivität, hatte jedoch keine Vergleichsdaten aus der Zeit vor dem Unfall. Regensburger Wissenschaftler lösten dieses Problem, indem sie auf Herbarmaterial zurückgriffen und es mit Frischmaterial, gesammelt am selben Fundort im Fichtelgebirge im Herbst 1986, verglichen. Aufgrund der deutlich höheren Radiocaesium-Werte im 1986er-Material konnte die Bevölkerung auf mögliche Gefahren beim Pilzverzehr hingewiesen werden.

Wissenschaftliche Sammlungen sind somit auch bedeutende Archive, um Umweltveränderungen zu dokumentieren. Im Vergleich zu den modernen Umweltprobenbanken in Deutschland und Schweden, die die Dokumentation von Veränderungen nur innerhalb der letzten Jahrzehnte ermöglichen, kann man mit Hilfe technisch gut geführter Herbarien ggf. mehrere Jahrhunderte zurückblicken. Schließlich sei auch noch angemerkt, dass gute Herbarien ein funktionierendes Leihsystem anbieten, von dem auch Wissenschaftler von außerhalb profitieren. Zusammenfassend kann man sagen, dass Herbarien heute wichtiger sind denn je für die Forschung von Mykologen und Botanikern. Aber auch andere Naturwissenschaftler können profitieren, immer vorausgesetzt, die räumliche Unterbringung und die Ausstattung mit wissenschaftlichem und technischem Personal ist adäquat. Im Folgenden wird das noch junge Pilzherbarium des Karlsruher Naturkundemuseums vorgestellt.

2 Die Pilzsammlungen

2003 wurde mit dem Autor erstmals ein Mykologe am Karlsruher Museum eingestellt mit dem Auftrag, ein Pilzherbarium mit Schwerpunkt Baden-Württemberg aufzubauen. Bis zu diesem Zeitpunkt wiesen die Sammlungen, Flechten nicht berücksichtigt, lediglich ca. 11.800 Belege auf, verstaut im Dachstuhl des Hauptgebäudes (Abb. 1). Diese waren taxonomisch-nomenklatorisch veraltet und in präparatorisch schlechtem Zustand: Ein Großteil der Blätterpilze und Röhrlinge war durch Insektenfraß zu Staub verfallen und damit wertlos. Die Nichtblätterpilze und die pflanzenparasitischen Kleinpilze wurden weitgehend von Insektenfraß verschont. Ein Teil der Sammlungen wies auch Schimmelbefall auf. Die wichtigste Sammlung innerhalb dieser Altbestände stammte von dem Wertheimer Lehrer WILHELM STOLL (1832-1917) mit rund 1.100 Belegen. In der Folgezeit konnte die Sammlung durch Schenkungen, einige wenige Aufkäufe und eigene Aufsammlungen, ein bis Dezember 2011 auf rund 45.600 Belege erweitert werden. Somit ist die Karlsruher Pilzsammlung die am schnellsten wachsende und die zweitgrößte in Baden-Württemberg (vgl. Tabelle 1). Zu den wissenschaftlich bedeutendsten Sammlungen gehören (Schwerpunkt der Aufsammlungen in Klammern): JOSEPH CHARLES ARTHUR (Rostpilze, Nord- und Mittelamerika, Dubletten), ELSWORTH BETHEL (Rost-



Abbildung 1. Stahlschränke im Pilzherbarium des Karlsruher Naturkundemuseums, in denen Großpilze in großen Kartons alphabetisch nach wissenschaftlichen Namen geordnet werden. – Sämtliche Fotos vom Autor.

pilze, Nordamerika), WOLFGANG BRANDENBURGER (pflanzenparasitische Kleinpilze, vor allem Rostpilze Mitteleuropas), PETER DÖBBELER (Rostpilze, Mittelamerika, Dubletten), MANFRED ENDERLE (Blätterpilze, Süddeutschland), LOTHAR KRIEGLSTEINER (Großpilze, Süddeutschland), DORIS LABER (Großpilze, Südschwarzwald), GUSZTÁV VON MOESZ (pflanzenparasitische Kleinpilze, Ungarn und Slowakei), OSKAR MÜLLER (Rostpilze, Baden-Württemberg), SUSANNE PHILIPPI (Ascomyceten, Baden-Württemberg), ANKE SCHMIDT (Echte Mehltaupilze, Norddeutschland), MARKUS SCHOLLER (pflanzenparasitische Kleinpilze, Europa, USA), LEOPOLD SCHRIMPL (Großpilze, Schwarzwald) und HORST STAUB/URSULA SAUTER (Aphylllophorales, Südwestdeutschland). Der Schwerpunkt der Sammlungen liegt auf Süddeutschland (alle Pilzgruppen) und pflanzenparasitischen Kleinpilzen, vor allem Rostpilzen (gesamte Holarktis; Tafel 1, Abb. 2, 3). Die Anzahl der in der Datenbank dokumentierten Typen beträgt 173.

Tabelle 1. Die Anzahl der Pilzbelege (ohne lichenisierte Pilze) in den öffentlichen im Index Herbariorum registrierten Herbarien Baden-Württembergs.

Herbarium	Akro- nym	Anzahl Belege (ca.)	Anzahl digitalisiert	Quelle, Sonstiges
Universität Freiburg	FB	–	–	Mykologische Sammlungen an KR abgegeben (U. DEIL, pers. Mitt.)
Museum für Naturkunde Freiburg	FBMN	–	–	C. HILTI (pers. Mitt.)
Universität Heidelberg	HEID	–	–	http://botgart.hip.uni-heidelberg.de/Herbarium.php
Universität Hohenheim	HOH	–	–	http://www.universitaetssammlungen.de/sammlung/578
Bodensee-Naturkundemuseum	KONL	1.250	–	Grobe Schätzung nach Durchsicht des Autors, Mai 2012
Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe	KR	45.600	27.165	Stand: Dezember 2011
Staatliches Museum für Naturkunde Stuttgart	STU	100.000	–	http://www.naturkundemuseum-bw.de/forschung/botanik/sammlung M. NEBEL (pers. Mitt.); Stand: Mai 2012
Universität Tübingen	TUB	5.900	–	C. DILGER-ENDRULAT (pers. Mitt.); Stand: Mai 2012
Universität Ulm	ULM	–	–	http://www.biologie.uni-ulm.de/herbarium/*
Summe		152.750	27.165	

* Laut M. ENDERLE (pers. Mitt.) sollen in ULM jedoch 22 Belege von Blätterpilzen aus seiner Sammlung stammen, darunter Typusmaterial.

3 Die Datenbank

Die Belegdaten wurden zunächst in einer Access-Datenbank eingegeben. 23.000 Datensätze wurden 2011 in vereinfachter Form online gestellt, vor allem um die Ausleihen zu vereinfachen. (<http://www.smnk.de/SMNK/02-Forsch-I/02-01-Botanik/2-1-1-2/2-1-1-2-A/2-1-1-2-A-Frame.html>)¹. Die Anzahl der Datensätze beträgt 27.165 (Stand: Dezember 2011). Damit hat das Karlsruher Pilzherbarium die meisten in einer Datenbank erfassten Belege in Baden-Württemberg (Tab. 1). Die Daten werden derzeit in zwei Systeme migriert, (1) in das speziell für naturwissenschaftliche Forschungssammlungen konzipierte Programm Diversity Collection und (2) in vereinfachter Form in das vom Land zur Verfügung gestellte Oracle-basierte Imdas pro.

Über Diversity Collection sind die Daten auch in GBIF (Global Biodiversity Information Facility; www.gbif.de) online verfügbar. Für weitere Datenbankeingaben wurde im Juni 2012 aus Landesmitteln eine technische Hilfskraft befristet eingestellt, sodass die Digitalisierung schneller voranschreiten kann.

4 Ausleihstatistik

Die Anzahl der ausgeliehenen Belege betrug 909 in 9 Jahren von 2003 bis 2011 (i. D. 101/Jahr) bei insgesamt 74 Ausleihen (i. D. 8,2/Jahr). Belege wurden mehrheitlich aus Deutschland angefordert, jedoch auch aus dem europäischen und sogar dem außereuropäischen Ausland (China, Iran, Kanada, USA). Abb. 1 zeigt, dass die Belege neben morphologischen Untersuchungen häufig auch zwecks DNS-Untersuchungen (Taxonomie, Phylogenie) angefragt wurden. Hin und wieder werden Belege auch für Demonstrations-

¹ Die homepage des Naturkundemuseums wird demnächst neu gestaltet. Damit wird sich auch die URL ändern.

und Lehrzwecke verliehen, so für Schulen, Fernsehen, Vorlesungen und Vorträge. Auch wurden Belege hauseigen für Ausstellungen (jährliche Pilzausstellung, letztmalig 2009 und 2011 mit den Sonderthemen „Trüffeln“ bzw. „Erdsterne“, mehrere Sonderausstellungen wie z.B. „Biologische Vielfalt erforschen...“) oder bei sonstigen Veranstaltungen wie dem Deutschen Naturschutztag genutzt. Diese wurden jedoch nicht in der Statistik in Abb. 5 berücksichtigt.

5 Forschung

Die mykologische Forschung in der Abteilung Biowissenschaften des Karlsruher Naturkundemuseums ist ausnahmslos an die Pilzsammlungen im Herbarium gebunden. Die wichtigsten Projekte sind:

Die Flora der Rost- und Brandpilze Baden-Württembergs

Dieses Projekt ist Bestandteil der landesweiten Kartierungsarbeiten zur Fauna und Flora von Baden-Württemberg mit Angaben zur Verbreitung und Ökologie der Arten, wie sie auch von einigen anderen Wissenschaftlern am Karlsruher Museum durchgeführt werden. Die Bearbeitung der Rost- und Brandpilze erbrachte bisher 390 Arten. Finanziert wird das Projekt aus Museumsmitteln.

Die Rostpilzgattung *Tranzschelia*

Rostpilze (Pucciniales) sind eine sehr artenreiche Gruppe pflanzenparasitischer Kleinpilze mit meist hochkomplexen Entwicklungszyklen. Die taxonomische Bearbeitung der nordhemisphärisch verbreiteten Gattung *Tranzschelia* wird mit Kollegen aus den USA und dem Iran erarbeitet. Neben klassisch-morphologischen Untersuchungen mit Licht- und Rasterelektronenmikroskop werden auch Sequenzanalysen berücksichtigt. Teile des Projekts wurden bisher von der Studienstiftung Mykologie und durch Reisemittel der DFG finanziert.

Die synanthrope Pilzflora des Ballungsraums Karlsruhe

Ziel ist es, die Diversität der Pilzflora Karlsruhes und ihre Veränderung unter dem Einfluss des Menschen seit 1924 zu dokumentieren. Auch wird eine Referenzsammlung Karlsruher Pilze im Herbarium angelegt. Fast alle Pilzgruppen werden berücksichtigt. Hierfür werden neben aktuellen Untersuchungen auch Daten aus der

Vergangenheit (Herbarbelege, Tagebücher, Literatur) ausgewertet. Bisher wurden 2.100 Belege und gut 1.000 Arten gesammelt. Die Arbeiten werden in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Pilze im Naturwissenschaftlichen Verein Karlsruhe e.V. durchgeführt. Teile des Projekts wurden bzw. werden vom Umweltamt Karlsruhe sowie der FanB-Stiftung (Jena) finanziert.

Barcoding von Rostpilzen

Im GBOL-Projekt (GBOL – German Barcode of Life, www.bolgermany.de/) werden die in Deutschland vorkommenden Tiere, Pilze und Pflanzen anhand ihres genetischen DNS-Barcodes (Fingerabdrucks) erfasst. Damit übernimmt Deutschland als Wissenschaftsnation eine führende Rolle in einem internationalen Konsortium aus Naturkundemuseen, Zoos, Herbarien, Forschungseinrichtungen und staatlichen Institutionen, die den Aufbau einer „DNS Barcode Bibliothek des Lebens“ zum Ziel haben. Die GBOL-Partner stellen ihre professionelle taxonomische Expertise und ihre bereits existierende Infrastruktur (Sammlungs-, DNS-, Bio- und Sequenzdatenbanken, Bioinformatik-Plattformen und Labors) zur Verfügung, um umfassend und flächendeckend die Arten zu sammeln, zu katalogisieren, wissenschaftlich zu beschreiben, zu sequenzieren und in die globale Referenz-Barcode Datenbank „BOLD“ einzuspeisen. In einer ersten dreijährigen Phase wurden die in Deutschland mit rund 500 Arten vertretenen Rostpilze (Pucciniales) aufgenommen. Das Großprojekt, finanziert vom BMBF, wird von Prof. JOHANN WOLFGANG WÄGELE und Mitarbeitern (Forschungsmuseum Alexander Koenig, Bonn) koordiniert, das Teilprojekt Pucciniales von M. SCHOLLER in Kooperation mit Kollegen der Universität Tübingen und dem Julius-Kühn-Institut Braunschweig. Als wertvoll für dieses Teilprojekt erweisen sich die ca. 12.000 Rostpilzbelege im Karlsruher Pilzherbarium.

Bestimmungsschlüssel für pflanzenparasitische Kleinpilze Mitteleuropas

Dieses Buchprojekt in Kooperation mit einem Kollegen aus Sachsen wird durch die Stiftung Landesbank Baden-Württemberg (LBBW) und das Netzwerk Phytodiversität Deutschland (NetPhyD) finanziert. Die Rostpilze sind die artenreichste und gleichzeitig die am schlechtesten untersuchte Gruppe obligat-phytoparasitischer Kleinpilze Mitteleuropas. Die Fertigstellung des Buches erfordert deshalb auch intensive morphologische Studien und damit auch die Nutzung

der Rostpilzsammlungen des Karlsruher Pilzherbariums.

Anamorphen von Echten Mehлтаupilzen

Gleich den Rostpilzen handelt es sich bei den Echten Mehлтаupilzen (Erysiphales) um biotrophe pflanzenparasitische Kleinpilze. In diesem kleinen Projekt werden in Kooperation mit einer Lübecker Kollegin die Anamorphen (Nebenfruchtformen) dieser Pilze morphologisch und ontogenetisch mit Hilfe lichtmikroskopischer Methoden untersucht. Häufig sind diese im Gegensatz zu den Hauptfruchtformen nur unzureichend untersucht und beschrieben, obwohl die Pilze in der Natur häufig nur als Anamorphe anzutreffen sind. Die Arten sind deshalb mitunter schwer bestimmbar.

6 Ausblick

Das noch junge Karlsruher Pilzherbarium ist eine mittlerweile wichtige Referenzsammlung, mehr aber noch ein „working herbarium“, das intensiv für verschiedene wissenschaftliche Projekte genutzt wird und worin die Pilze, bildlich gesprochen, ein bedeutendes Leben nach dem Tod führen. Wenngleich Altbestände und damit auch Typusmaterial nur in relativ geringer Zahl vorhanden sind, haben die vielen „Jungbestände“ (ca. die Hälfte der Belege ist ≤ 20 Jahre alt) den Vorteil, dass sie für Sequenzanalysen geeignet sind. Damit ist auch die relativ hohe Ausleihfrequenz für eine so kleine Sammlung zu erklären.² Da der Mykologie am Karlsruher Naturkundemuseum kein technisches Personal aus dem Hause zur Verfügung steht, mussten Sammlungsarbeiten (Datenbankeingaben, Präparation etc.) von Beginn an vom Kurator selbst, von ehrenamtlichen und freien Mitarbeitern oder von Personen in

Arbeitsbeschaffungsmaßnahmen absolviert werden. Seit April 2012 steht eine 2/3-Kraft im Rahmen einer staatlich finanzierten, längerfristigen „Bürgerarbeitsstelle“ auch für Sammlungsarbeiten zur Verfügung. Dringlichste Aufgabe für die nähere Zukunft wird es sein, die auch vom wissenschaftlichen Beirat des Museums für dringend notwendig erachtete Renovierung und Erweiterung der botanischen Sammlungsräume vorzunehmen.

Ausgewählte Publikationen

- ABBASI, M. & SCHOLLER, M. (2005): A new species of *Tranzschelia* on *Prunus mahaleb*. – *Sydowia*, **57** (2): 149-153.
- BÖLLMANN, J. & SCHOLLER, M. (2006): Life cycle and life strategy features of *Puccinia glechomatis* (Uredinales) favourable for extending the natural range of distribution. – *Mycoscience*, **47**: 152-158.
- JAGE, H., SCHOLLER, M. & KLENKE, F. (2010): Phytoparasitische Kleinpilze aus dem bayerischen und baden-württembergischen Allgäu. – *Andrias*, **18**: 149-192.
- SCHMIDT, A. & SCHOLLER, M. (2011): Studies in Erysiphales anamorphs (4): species on Hydrangeaceae and Papaveraceae. – *Mycotaxon*, **115**: 287-301.
- SCHOLLER, M. & AIME, M. C. (2006): On some rust fungi (Uredinales) collected in an *Acacia koa*-*Metrosideros polymorpha* woodland, Mauna Loa Road, Big Island, Hawaii. – *Mycoscience*, **47**, 159-165.
- SCHOLLER, M., LUTZ, M., WOOD, A. R., HAGEDORN, G. & MENNICKEN, M. (2011): Taxonomy and phylogeny of *Puccinia lagenophorae*: a study using rDNA sequence data, morphological and host range features. – *Mycol. Progress*, **10**: 175-187.

Dank

Allen Privatpersonen, die ihre Pilzsammlungen dem Karlsruher Naturkundemuseum als Schenkung überließen, möchte ich herzlich für ihr Vertrauen danken. Es sind so viele, dass sie hier nicht alle namentlich genannt werden können. Mein großer Dank gilt auch ehrenamtlichen Mitarbeitern (Dr. ANNEMARTHE RUBNER, HORST STAUB, BARBARA THOMAS, HELENE ZERR) und Personen in Arbeitsbeschaffungsmaßnahmen als 2-Euro-Kräfte (DANIELA BRUNNER, RALF GLANZMANN, DIRK GÜNTHER, WITOLD KOWAL, CHRISTOPH KRÖGER, BRIGITTE LACHER, HENRIETTE MAURATH-KOSTECKA, DIRK MATALLA, GALINA RITTER, ANDREA SCHRAMM, MICHAEL SEXAUER, NADINE SCHWARZ, THOMAS UNSER) für ihre Mithilfe bei der Präparation der Belege und bei Datenbankeingaben.

² Das zeigt z.B. ein Vergleich mit dem Pilzherbarium am Stuttgarter Naturkundemuseum, welches 100.000 Belege fasst und damit mehr als doppelt so viele wie die Karlsruher Sammlung. Die Ausleihen betragen jedoch nur 1-3/Jahr (M. NEBEL, pers. Mitt.) und damit lediglich $\frac{1}{4}$ der Ausleihfrequenz in Karlsruhe.



Abbildung 2. Mykologischer Forschungsschwerpunkt am Karlsruher Naturkundemuseum sind die pflanzenparasitischen Rostpilze (Pucciniales), hier eine Art (*Melampsorella symphyti*) auf der Blattunterseite des Beinwells.



Abbildung 3. Anders als Großpilze werden pflanzenparasitische Kleinpilze mit ihren Wirten wie Pflanzenbelege gepresst. Danach werden sie in kleine Umschläge überführt, mit einem Etikett versehen und zusammen mit anderen Belegen derselben Art in einem großen Umschlag im Herbarschrank deponiert. Die Abbildung zeigt den in Abbildung 1 in der Natur fotografierten Rost *Melampsorella symphyti*.



Abbildung 4. Logo des GBOL-Großprojekts. Im Rahmen dieses Großprojekts werden Rostpilzbelege aus dem Herbarium nachbestimmt, dann Sporenproben entnommen und nach Bonn geschickt, wo in einem weiteren Schritt die DNS im Labor des Forschungsmuseums Alexander Koenig extrahiert wird. Im nächsten Schritt wird sie sequenziert und schließlich ein genetischer „Barcode“ jeder Art erstellt.

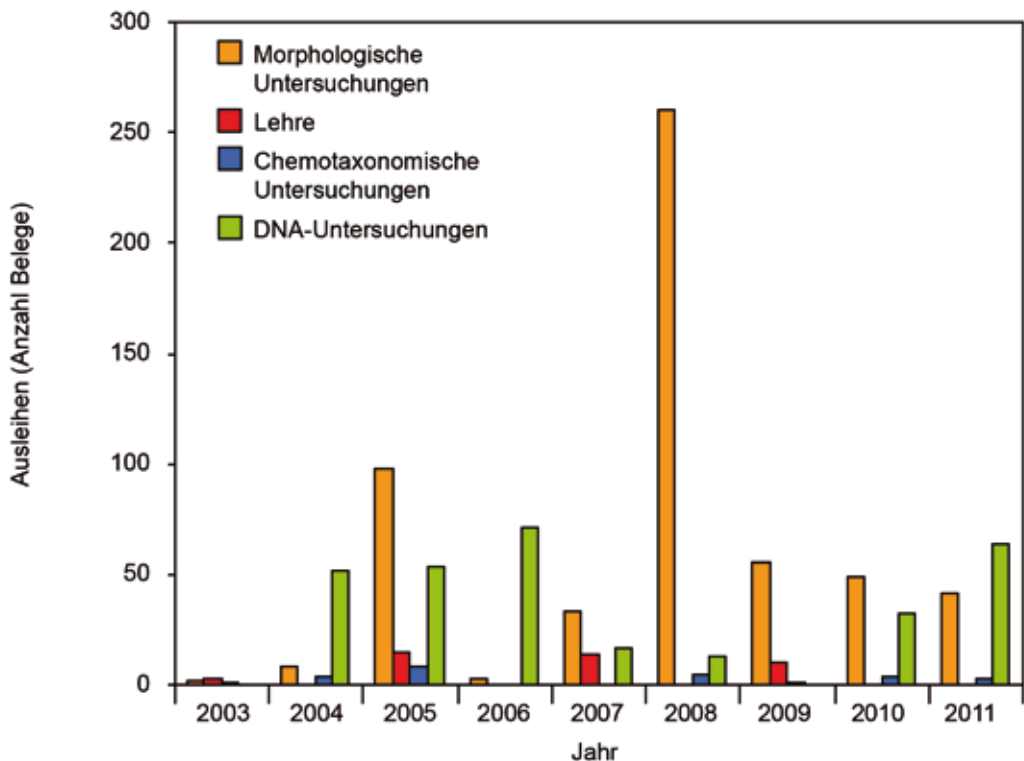


Abbildung 5. Die Anzahl der Ausleihen aus dem Pilzherbarium KR von 2003 bis 2011 und die Art ihrer Nutzung.

„Verein der Pilzfreunde Stuttgart e.V.“ – zur Geschichte des mitgliederstärksten deutschen pilzkundlichen Ortsvereins

ERNST DITTRICH

Kurzfassung

Nach dem 1. Weltkrieg erfolgte die Gründung des populären gesamtdeutschen Vereins „Verein der Pilzfreunde e.V.“ Dies war auch der Auslöser für die Gründung zahlreicher unabhängiger lokaler Pilzvereine. Später (1930) ging aus diesem Verein der „Verein der Pilzfreunde Stuttgart e.V.“ hervor, der heute der mitgliederstärkste lokale Pilzverein Deutschlands ist und eine eigene pilzkundliche Zeitschrift herausgibt. Die interessante Geschichte des Vereins wird kurz beschrieben. Einige Dokumente aus dem Archiv des Vereins werden erstmals veröffentlicht.

Abstract

„Verein der Pilzfreunde Stuttgart e.V.“ – on the history of the local mushroom club with the highest number of members in Germany

The all-German mushroom club „Verein der Pilzfreunde e.V.“, founded in Stuttgart after World War I, triggered the foundation of numerous independent local mushroom clubs. Later in 1930, a local club named „Verein der Pilzfreunde Stuttgart e.V.“ arose from the all-German club. Today, this club is the local mushroom club with the highest number of members in Germany and an own mycological journal. The interesting history of the club is briefly described. Some documents of the club's archive are shown for the first time.

Autor

ERNST DITTRICH, Danziger Str. 27, 73262 Reichenbach, E-Mail: ernst.dittrich@t-online.de

1 Einleitung

Bereits früher haben Autoren des Stuttgarter Pilzvereins über die interessante Geschichte des „Verein der Pilzfreunde Stuttgart e.V.“ berichtet, so STEINMANN (1968), RAITHELHUBER (1968), HAAS (1993) und BOLLMANN (1998). Im Folgenden wird der Bogen bis in die Gegenwart gespannt und zusätzliche Dokumente aus dem Archiv des Vereins gezeigt.

Die Geschichte des Stuttgarter Pilzvereins beginnt mit den Hungersnöten des 1. Weltkrieges, als die proteinreichen Pilze als zusätzliche Nahrungsquelle erschlossen werden sollten und

mit einem von dem Tübinger Agrarökonom KURT RITTER in der „Schwäbischen Kronik“ am 12.6.1915 publizierten Aufruf (Abb. 1). Er fordert, es „sollten Anordnungen getroffen werden, um in allen Wäldern das Sammeln [von Pilzen] sicher zu stellen“, und „als oberster Grundsatz dürfte [...] jetzt anerkannt sein: es darf nichts Brauchbares ungenützt zu Grunde gehen.“ Das betreffe vor allem die Waldpilze, die entweder von Menschen als Fleischersatz gegessen oder – die „geringeren Arten“ – an die Schweine verfüttert werden können. Um die Pilzversorgung aus dem Wald auf eine breite Basis zu stellen, sollten nach RITTER zum einen die Forstämter und die Schulen zur Öffentlichkeitsarbeit verpflichtet werden. Noch wichtiger aber sei es, dass überall Fachleute vorhanden seien, die die Pilzsammler zur Unterscheidung von brauchbaren, nicht brauchbaren und giftigen Pilzen anleiten. Dieselben Fachleute müssten auch die Aufsicht über die öffentlichen Pilzverkäufe übernehmen. Schließlich folgte 1918 in der Stuttgarter Naturkundlichen Zeitschrift „Kosmos“ (Anonymus 1918; Abb. 2) ein Aufruf zur Bildung einer deutschlandweiten Vereinigung der Pilzfreunde. Trotz des wissenschaftlichen Anspruchs der Zeitschrift steht in diesem Aufruf die Verwertbarkeit der Pilze für die Volksernährung im Vordergrund.

2 Ein gesamtdeutscher Pilzverein mit Sitz in Stuttgart

Laut STEINMANN (1968: 4) war es der Lehrer WILHELM OBERMEYER (1861-1920; Abb. 3), Sohn eines Försters aus Herrenalb, der in den letzten Tagen des Jahres 1918 zum Zusammenschluss aller Pilzfreunde aufrief, um, „unterstützt von der Kosmos-Gesellschaft, unseren Verein ins Leben rufen“ (ANONYMUS 1920). Das Jahr 1918 wird auch als offizielles Gründungsdatum angegeben (mit Jubiläum 1968 und 1998; vgl. STEINMANN 1968, BOLLMANN 1998). Die erste Mitglieder- und Vertreterversammlung des Vereins fand am 20. Sep-

Nr. 271.
Abendblatt.

Schwäbische Kronik,

des Schwäbischen Merkurs zweite Abteilung.

Samstag
12. Juni 1915.

Pilznahrung und Pilzkunde.

Im Herbst vorigen Jahres ist von mir im Schwäbischen Merkur eine Aufforderung zum Sammeln und Verwerten der vielen eßbaren Schwämme unserer Wälder ergangen. Ich selber habe dann in den letzten frostfreien Wochen mit Hilfe von Freunden und Schülern in der Umgebung von Tübingen noch so viel ersammelt und durch Vermittlung zweier Tübinger Geschäftshäuser zum Verkauf gebracht, daß dem Roten Kreuz ein Erlös von rund 100 M überlassen werden konnte. Ob sonst im Land viel geschehen ist, weiß ich. Denn gar mancherlei Bemühungen, mit denen ich das zu erreichen suchte, waren leider vergeblich. Als höchst beachtenswertes müßte eher jetzt merkwürdig sein, es ist wertvoll aber von dem, was wir für gewöhnlich verderben lassen, sind eben die Pilze. Ueber die Frage, wie viel davon man reichen Gehalt an Nährstoffen unser Magen wirklich zu nützen könne, soll hier nicht gestritten werden. Jedenfalls kann man aus ihnen allein mit etwas Butter und Rahm zu Suppe und Kartoffeln sich schmackhafte Zukost bereiten, die das Fleisch völlig entbehrlich erscheinen läßt. (Recht oft kommt in meinem Saufe mittags nichts anderes auf den Tisch.) Außerdem ist zu bedenken, daß auch die in nicht mehr ganz frischem Zustand aufgefundenen Schwämme und die zum Teil besonders ausgiebigen geringeren Arten (wie der Milchpfifferling) zur Schweinefütterung mit großem Vorteil herangezogen werden könnten. Sobald bei andauernd warmem Wetter nach ausgiebigen Regen eine gründliche Durchseuchung des Waldbodens eingetreten ist, werden manche Arten von Schwämmen in Menge erscheinen. Es ist Zeit, daß wir uns darauf zweckmäßig vorbereiten.

Schon jetzt sollten Anordnungen getroffen werden, um in allen Wäldern das Sammeln sicher zu stellen. Das könnte teils von den Forstämtern, teils von den Schulen aus geschehen. Die Schulbehörden haben erfreulicherweise vor mehreren Wochen in einem besonderen Erlaß auf die Wichtigkeit der Sache aufmerksam gemacht und den Lehrern ihre Beachtung ans Herz gelegt. Inbes das genügt offenbar nicht; vielmehr müßte auch dafür gesorgt werden — wovon bis jetzt nichts verlautet — daß überall Männer vorhanden seien, die auf Gängen im Waldgebiet selbst den Personen, die zum Sammeln bereit sind, zuverlässige Anleitung zum Unterscheiden der brauchbaren und unbrauchbaren, namentlich der giftigen Arten geben können. Eben diese Männer müßten dann auch amtlich mit der verantwortlichen Aufsicht über die zum öffentlichen Verkauf bestimmten Pilze betraut werden.

Die zweite Forderung ist noch wichtiger als die erste. Denn wenn sie erfüllt wäre, würde das Sammeln und Benützen der Pilze sich fast von selber ergeben. Außerdem aber können nur durch ihre Erfüllung schlimme Unglücksfälle sicher verhütet werden. Denn wer nur etwa mit oberflächlicher Kenntnis, wie sie aus den üblichen kleinen Pilzbüchlein erworben werden kann, sich ans Sammeln macht, der begeht den gefährlichsten Täuschungen ausgesetzt. Außerdem wird ein solcher weitaus die meisten guten Pilze im Walde stehen lassen müssen. Es ist, nebenbei bemerkt, ein besonders empfindlicher Mangel, daß in der Landeshauptstadt Stuttgart, die naturgemäß bei weitem am meisten Pilze aufzunehmen in der Lage wäre, der Markt nicht ganz in Ordnung ist, da es an der notwendigen Pilzkenntnis fehlt. Nach meinen eigenen Beobachtungen möchte ich niemand raten, daß er alles, was an Pilzen auf den Stuttgarter Markt kommt, als unbedingt gesund und empfehlenswert betrachte; und andererseits bebaure ich die Stuttgarter, daß sie dort die meisten Arten der guten Speisepilze überhaupt nie zu sehen bekommen.

Am besten wird durch Ausstellungen, die von wirklichen Kennern veranstaltet sind, die erforderliche Kenntnis begründet. Im Anschluß an solche allerorts zu veranstaltenden Ausstellungen können dann weitere Belehrungen gegeben werden.

Über wo sind die Sachverständigen, die man offenbar braucht, um alles in gute Wege zu leiten? Es gibt wenigstens einen in unserem Land, der nicht bloß unbedingt zuverlässige theoretische Kenntnisse besitzt (das möchte ja wohl auch noch von einigen anderen gelten), sondern namentlich auch alle die praktische Erfahrung, die wünschenswert ist. Es ist das Hr. Hauptlehrer Obermeyer in Gablenberg, der Kassier des Deutschen Lehrervereins für Naturkunde. Ausstellungen von Pilzen hat er schon seit Jahren in den verschiedensten Teilen des Landes manchmal veranstaltet und manchem hat er Anleitung zum Sammeln gegeben. Ich selber habe mich mehrfach in unsicheren Fällen an ihn um Auskunft gewandt und nie umsonst. Wenn er amtlich beauftragt werden könnte, die ganze Sache in die Hand zu nehmen, dann glaube ich, müßte etwas Erfrießliches dabei herauskommen. Eines ersten Versuches wäre es jedenfalls wert.

Tübingen.

C. Ritter.

Abbildung 1. Ein Aufruf des Agroökonom KURT RITTER zum Sammeln von Pilzen in „Schwäbische Kronik“ vom 12. Juni 1915.

tember 1919 in Stuttgart statt. Die Geschäftsstelle wurde im Verlagshaus des „Kosmos“ in der Pfitzerstr. 5 in Stuttgart angesiedelt.¹ Erster Vorsitzender des gesamtdeutschen Vereins wurde WILHELM OBERMEYER (1861-1920). In Stuttgart war er seit 1892 Volksschullehrer, dann Hauptlehrer, später Volksschulrektor in Gablenberg. Er widmete sich der Erforschung der Pilze und wurde durch seine Veröffentlichungen von Taschenbüchern (Tafel 1, Abb. 4) und Farbtafeln bekannt. Mit dem Mitgliedsbeitrag von einer Mark jährlich — später stieg der Betrag auf drei Mark — sollte eine „gemeinnützige Volksbewegung im ganzen deutschen Sprachgebiet“ gefördert werden

(Protokollbuch). In der folgenden Zeit wurden im damaligen Deutschen Reich zahlreiche Ortsgruppen aufgebaut. Bis 1920 stieg die Zahl der

¹ Das Gründungsjahr wird unterschiedlich datiert. So gibt HAAS (1993: 4) das Jahr 1916 an, was vermutlich auf einen Tippfehler zurückzuführen ist. STEINMANN (1968) und BOLLMANN (1998) datieren es aus gutem Grund auf 1918, weil Ende 1918 die erste Zusammenkunft stattfand und der Verein in den folgenden Monaten, jedoch noch vor der amtlichen Registrierung, bereits sehr aktiv war. So berichtet STEINMANN (1968: 4), dass am 1.8.1919 bereits 2026 Mitglieder in 32 Ortsgruppen arbeiteten. Im juristischen Sinne (e. V.) wurde der Verein jedoch erst am 10.11.1919 gegründet (im Vereinsregister des Amtsgerichts Stuttgart unter Nr. 565). Eine Angabe von BOLLMANN (1998: 15), nach der der „Verein der Pilzfreunde e.V.“ schon 1918 existierte, ist hier missverständlich.

B 12

Bekanntmachungen des Kosmos.

Aufruf zur Bildung einer Vereinigung der Pilzfreunde.

War schon in der Friedenszeit die Zahl der Naturfreunde, die sich mit den Pilzen aus wissenschaftlichem oder praktischem Interesse eingehend beschäftigen, nicht klein, so ist sie während des langen Krieges noch bedeutend gewachsen. In dieser Notzeit wurde die große volkswirtschaftliche Bedeutung der Pilze erst völlig erkannt; die Knappheit aller wichtigen Lebensmittel lehrte ihren nicht geringen Nähr- und Sättigungswert gebührend schätzen und nötigte zugleich weite Volksschichten, die den Pilzen und ihrer Verwendung in der Küche während der langen Friedens- und Überflußzeiten ablehnend gegenüber gestanden hatten, sich mit ihnen bekannt zu machen und sie als Nahrungsmittel auf den Küchenzettel zu setzen. So sind selbstgeerntete Pilze für manche Hauswirtschaft während der Sommer- und Herbstmonate ein willkommenes billiger Ersatz für teures Gemüse und eine angenehme Abwechslung und Bereicherung des Kostzettels geworden. Für Sammler und Trockner bedeuten sie zudem eine Einnahmequelle.

Die in weiten Volkskreisen vorhandene und wachgerufene Vorliebe für die Pilze ist sicher keine vorübergehende Laune, sondern wird die jetzige Kriegs- und Notzeit überdauern.

Alle die zahlreichen Pilzfreunde und die es werden wollen, werden gerne Anschluß an Gleichgesinnte suchen, und der Kosmos, Handweiser für Naturfreunde, erklärt sich gerne bereit, einer ins Leben tretenden Vereinigung der Pilzfreunde nach Bedarf oder regelmäßig einige Spalten zur Verfügung zu stellen. Die Geschäftsstelle des Kosmos würde dann den Mittelpunkt für die Vorarbeiten und die Schaffung einer großen Organisation der Pilzfreunde bilden, sowie unter Mitwirkung von Fachleuten für die Sichtung, Begutachtung und Veröffentlichung des einlaufenden Beobachtungs- und Studienmaterials Sorge tragen. Wir möchten daher alle Pilzfreunde und Pilzforscher, die einen Zusammenschluß wünschen, ersuchen, ihre Adressen mit etwaigen Vorschlägen über die Organisation und ihre Mitarbeit einzusenden.

Stuttgart, Pflegerstr. 5.

Geschäftsstelle des Kosmos.

Abbildung 2. Aufruf zur Bildung einer Vereinigung der Pilzfreunde in der Zeitschrift „Kosmos“, 1918.

Ortsgruppen auf 40 mit 3.000 Mitgliedern. Aktive Ortsgruppen gab es etwa in Aalen, Altenburg, Anklam, Berlin, Bremen, Bromberg, Bamberg, Chemnitz, Darmstadt, Eberswalde, Eilenburg, Erfurt, Flensburg, Frankfurt a.M., Hall, Hilchenbach, Jena, Kassel, Magdeburg, Mühlhausen (Thür.), Neuruppin, Nürnberg, Roßlau, Rostock, Saßnitz, Schwenningen, Sonneberg, Stuttgart, Tirol, Ulm, Wien und Wittenberg. Vom 2.3.1920 stammt der noch heute gültige Beschluss, an jedem 1. Montag im Monat um 19.30 Uhr zusammenzukommen.

Nach OBERMEYERS Tod übernahm Geheimrat Prof. Dr. LUDWIG KLEIN (1857-1928), vormals Ordinarius

für Botanik an der Technischen Hochschule Karlsruhe, den Vorsitz. Auch er war Verfasser einiger populärmykologischer Artikel und Bücher und hatte während des 1. Weltkrieges die Propaganda für die Pilznahrung aus dem Walde unterstützt (vgl. SCHOLLER 2008: 163, dort weiterführende Literatur. Siehe auch die Beiträge von U. SCHOFER und D. OBERLE et. al. in diesem Band). KLEIN war 1921 auch Mitgründer der „Deutschen Gesellschaft für Pilzkunde“ (DGfP; später „Deutsche Gesellschaft für Mykologie“, DGfM) und wurde später (1923-1925 und 1926-1927) deren 1. Vorsitzender. Als eine Vereinigung der „Pilzfreunde“ mit der im Aufbau befindlichen DGfP angestrebt

wurde, kam es zu internen Spannungen. Die DGfP beabsichtigte etwa, die seit 1917 bestehende Zeitschrift „Der Pilz- und Kräuterfreund“ (PuK) weiterzuführen², in der inzwischen schon einige Ortsgruppen der Pilzfreunde publiziert hatten. Der hohe Bezugspreis dieser Zeitschrift verhinderte die Vereinigung der beiden Institutionen. Ein Kompromiss mit dem Herausgeber des „Pilz- und Kräuterfreundes“, GEORG KROPP aus Heilbronn, konnte nicht gefunden werden. Infolge der Querelen kehrten mehrere Ortsgruppen dem „Verein der Pilzfreunde“ den Rücken. Eine Auflösung des Vereins erschien als letztes Mittel, um die ausweglose Situation zu beenden. Der Auflösungsbeschluss erfolgte in der Mitglieder- und Vertreterversammlung vom 22.10.1921 mit der Maßgabe, die Vollstreckung auszusetzen, bis die im Aufbau befindliche „Deutsche Gesellschaft für Pilzkunde“ einen Eintrag im Vereinsregister hatte. In der Übergangszeit zwischen Auflösungsbeschluss des deutschlandweiten Vereins von 1921 und der Verselbständigung der Stuttgarter Ortsgruppe wurde diese von L. KLEIN weiter geführt. Dergeschäftsführende Ausschuss der Stuttgarter Ortsgruppe beauftragte am 2.3.1920 jedoch nicht KLEIN – möglicherweise wegen seiner Doppelfunktion – sondern den Reallehrer ALFRED WAIDELE aus Feuerbach, die Ortsgruppe formell selbstständig zu machen. Leider liegen für die Gründungsversammlung vom 15.3.1920 keine Unterlagen vor. Aus dem Pro-

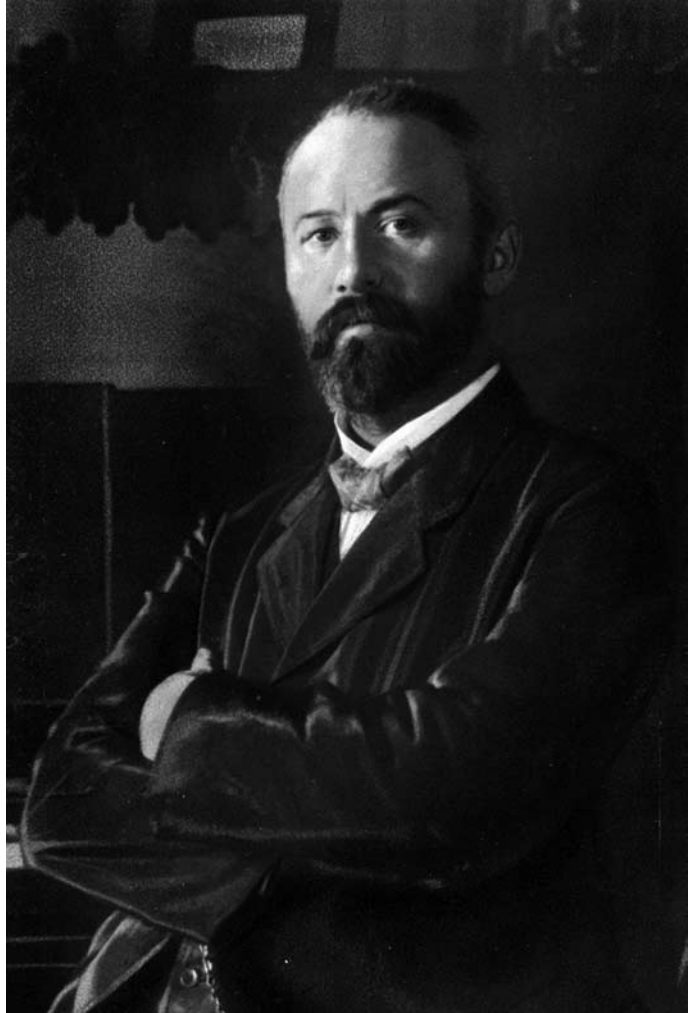


Abbildung 3. WILHELM OBERMEYER, Gründer des Vereins für Pilzfreunde.

tokollbericht vom 14.6.1920 geht jedoch hervor, dass WAIDELE zum 1. Vorsitzenden gewählt wurde. Die Löschung des „Vereins der Pilzfreunde“ beim Amtsgericht Stuttgart erfolgte erst 1927.

² Die Zeitschrift führte den vollständigen Namen „Der Pilz- und Kräuterfreund: illustrierte Monatsschrift für praktische und wissenschaftliche Pilz- und Kräuterkunde. Zentralblatt für Kryptogamenkunde. Organ der Pilz- und Kräuterzentrale, der Pilzauskunfts- und Beratungsstellen der meisten Pilzvereinigungen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz.“ Sie erschien von 1917/18 (1. Jahrgang) bis zum Juni 1922 (5. Jahrgang 1921/22). Sie ging in der von der DGfP herausgegebenen „Zeitschrift für Pilzkunde“ auf.

2 Der „Verein der Pilzfreunde Stuttgart e.V.“

Nachdem der deutschlandweite „Verein der Pilzfreunde“ offiziell erloschen war, wurde am 10.9.1930 von den Mitgliedern der Ortsgruppe Stuttgart der „Verein der Pilzfreunde Stuttgart

1. Naturhistorischer Verein vom 20. Sept. 19
im Saal des Herzog Christoph-Restaurants.

Der 1. Vorsitzende eröffnet die Naturhistorische Vereinigung um 3 Uhr, begrüßt die Naturhistoriker und Mitglieder der und gibt nach Überprüfung der Freispendenliste die Tagesordnung bekannt.

- 1.) Der Schriftführer berichtet sein niedersächsisches Referat über die Notwendigkeit der eines gemeinnützigen Volksvereins im ganzen deutschen Reichgebiet zum Nutzen, so spricht er allen gegen die die Gesellschaft und für gleichmäßige Teilung der wissenschaftlichen und der wirtschaftlichen Seite der Forderung.
- 2.) Herr H. Franke berichtet über die bisherige Tätigkeit der Gesellschaft und über den Verlauf der Annahmeverhandlungen und den Verlauf.
- 3.) Der Kassenschriftführer berichtet von den Freispenden, und dass in der Vergangenheit, dass der Annahmeverhandlungen rund 500.- M betrug, dass

Abbildung 5. Erste Vertreterversammlung am 20. September 1919 im Saal des Restaurants „Herzog Christoph“ in Stuttgart.

e.V.“ gegründet und Hauptlehrer FRIEDRICH GACKSTATTER als 1. Vorsitzender gewählt.

2.1 Die Vorsitzenden des Vereins

Während GACKSTATTERS Amtszeit wurden in weiteren Städten Pilzvereine gegründet und von den Stuttgartern Starthilfe geleistet, so in Heilbronn, Friedrichshafen, Ravensburg, München, Trossingen und Tuttingen. GACKSTATTER hatte auch die Zäsur von 1945 zu begleiten. Am 14.5.1946 beantragte er bei der Militärregierung eine „Genehmigung zur Aufrechterhaltung und Weiterführung des Vereins der Pilzfreunde für die künftige Zeit“ (GACKSTATTER 1946: 2). Im Sommer/Herbst-Programm von 1948 taucht zum ersten Mal das neue Vereinssymbol, der Pfifferling auf, gleichzeitig auch auf den neuen Mitgliedskarten (welche bis dato verschiedene Pilzarten schmückten; siehe Abb. 6). Die Loslösung von den Zielsetzungen der „Arbeitsgemeinschaft Ernährung aus dem Wald“, die bis 1945 der NSDAP zugeordnet und deren lokaler Gauleiter GACKSTATTER gewesen war, setzte diesen unter Druck, seine Position zu überdenken. 1946 wurde er durch GERHARD SAUER ersetzt, dem 1952 WILLY SCHNELL folgte, und schließlich übernahm 1959 GERHARD FLEISCHFRESSER den Vorsitz, dies ebenfalls nur für kurze Zeit bis 1962. FLEISCHFRESSERS Amtszeit war vor allem durch die Programmerweiterung gekennzeichnet, so durch Frühjahrsexkursionen mit der Möglichkeit zur Bestimmung von Gehölzen im Winterzustand. Seinem Nachfolger, HANS STEINMANN (1919-2007), war erstmalig eine längere Amtszeit vergönnt.

Unter seiner 19jährigen Ägide wuchs der Verein zum mitgliederstärksten pilzkundlichen Ortsverein Deutschlands. Mitgliederstärkster Verein ist er bis heute geblieben, freilich auch begünstigt durch den Umstand, dass seit 1965 ein Bezug der „Südwestdeutschen Pilzrundschau“ mit einer Mitgliedschaft im Verein verknüpft wurde und die Anzahl „aktiver“ Mitglieder tatsächlich sehr viel geringer ist.³ Seine großen Verdienste um die Pilzkunde wurden mit der Ehrennadel des Landes Baden-Württemberg honoriert. STEINMANNS Nachfolger wurde 1981 JÖRG RAITHELHUBER, dieser wiederum wurde 1985 durch den Realschulkonrektor ERNST DITTRICH abgelöst, der bis heute den Verein leitet. In dieser letzten Periode wurde die Öffentlichkeitsarbeit vor allem um Themen wie „Funktion und Verbreitung der Pilze“ und „Pilzschutz“ erweitert. Auch war er es, der den „Pilzler des Jahres“ auf Vorschlag ACHIM BOLLMANNs einführte, einen Wanderpokal, den seit 1992 Mitglieder erhalten, die sich in besonderer Weise für den Verein engagiert haben.

³ Den Status des mitgliederstärksten lokalen Pilzvereins könnte auch die „Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e. V.“ beanspruchen, da sie damals wie heute mehr Mitglieder hat. Doch ist hier nur ein kleiner Anteil, nämlich die Mitglieder der „Abteilung Pilz- und Kräuterfreunde“ der Mykologie verbunden. Diese Abteilung ging aus einem eigenständigen Verein hervor, dem „Verein für Pilzfreunde“, der 1910 von AUGUST HENNING in Nürnberg gegründet wurde und damit der älteste deutsche Ortsverein ist. Als „Abteilung für Pilz- und Kräuterkunde“ gehört er seit 1923 zur Naturhistorischen Gesellschaft Nürnberg, die bereits 1801 gegründet wurde (Anonymus 2012).



Abbildung 6. Mitgliedskarte aus dem Jahr 1937.

2.2 Die Tätigkeitsfelder des Vereins Ausstellungen, Führungen, Beratung

Von den Anfangsjahren bis in die Gegenwart standen öffentliche Pilzführungen, Beratung für den Verzehr, Pilzausstellungen und die Organisation mykologischer Vorträge und Fortbildungsveranstaltungen auf dem Programm der Stuttgarter Pilzfreunde. Auch für die Wissenschaft engagierten sich verschiedene Mitglieder (siehe unten).

Etwas näher soll auf die Pilzausstellungen eingegangen werden. Aus GACKSTATTERS Zeit sind Pilzausstellungen in der Schickhardtschule, später in der Schloss-Mittelschule dokumentiert. Die Pilzausstellungen wurden durch öffentliche kostenlose Pilzberatungen ergänzt. Die öffentliche Beratung in der Markthalle Stuttgart wird am 22.7.1963 in der Nachfolge von GACKSTATTERS „Arbeitskreis Ernährung aus dem Walde“ übernommen und weiter ausgebaut. Schon an diesem ersten Tag wurden 384 (!) Beratungen durchgeführt, eine Zahl, die heute unvorstellbar ist. Jährliche Pilzausstellungen fanden seit 1963 im Jägerhaus in Esslingen statt, ab 1988 dann in der Waidachhütte in Stuttgart-Möhringen. In den Ausstellungen in der Waidachhütte wurde auch

erstmalig der Naturschutz thematisiert. Er sollte in den folgenden Jahren ein wichtiger Schwerpunkt der Vereinsarbeit werden. So wurden Schautafeln geschützter und schützenswerter Pilzarten gezeigt und Hinweise zum korrekten Pilzesammeln gegeben. Eine vom Stuttgarter Verein organisierte Ausstellung in Reutlingen im gleichen Jahr zog sogar 3.000 Besucher an. Ein „Highlight“ war auch 1990 eine Pilzausstellung anlässlich der Landesgartenschau in Sindelfingen. Seit 1997 findet jedes Jahr im Herbst eine Pilzausstellung im Haus des Waldes in Degerloch statt, die von etwa 1.000 Pilzinteressierten besucht wird. Schließlich konnten 2005 von OTTO BARAL (1909-2000), dem Künstler, Bildhauerlehrmeister und Vereinsmitglied seit 1965, postum Pilzaquarelle im Karlsruher Naturkundemuseum ausgestellt werden. Ein Nachlassen des Interesses der Bevölkerung wird auf den Reaktorunfall von Tschernobyl im Jahr 1986 und die damit verbundene radioaktive Belastung von Speisepilzen in manchen deutschen Landstrichen zurückgeführt. Ob dies auch ein Grund war, weshalb die 1985 erreichte Höchstzahl von 776 Vereinsmitgliedern (Abb. 8) nicht mehr erreicht wurde, wie BOLLMANN (1998: 27) mutmaßt?

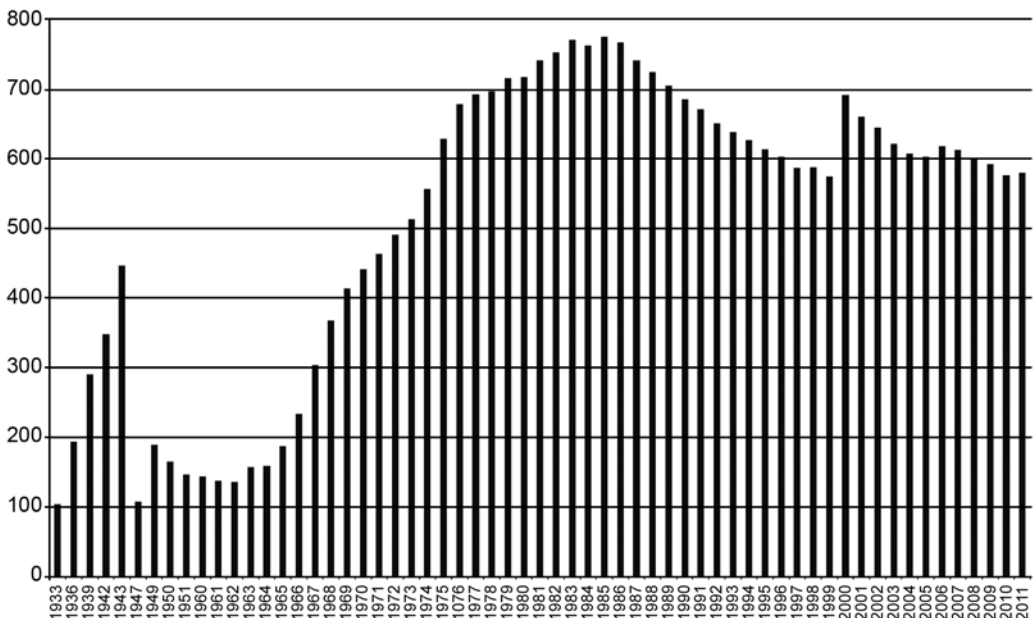


Abbildung 8. Entwicklung der Mitgliederzahlen des Stuttgarter Pilzvereins.

Fortbildungsveranstaltungen

1963 organisierten H. HAAS und J. RAITHELHUBER erstmals eine Fortbildungstagung in Neubulach mit Exkursionen und Bestimmungsübungen. Da das Interesse groß war, organisierte man sie fortan jährlich. In späterer Zeit wurde der Standort nach Hornberg in die „Schwarzwälder Pilzleherschau“ verlegt. Dort fand später auch einmal im Jahr das „Expertentreffen“ des Stuttgarter Pilzvereins statt. Bei Fortbildungsveranstaltungen wurde schließlich auch mit der „Deutschen Gesellschaft für Pilzkunde“ kooperiert, zumal H. STEINMANN und H. HAAS auch als Vorstandsmitglieder dieser Gesellschaft fungierten. So wurden in Calw gemeinsam Pilzstudenten organisiert. Es wurde geplant, eine Organisation der Pilzberater in Baden-Württemberg zu bilden, deren Schwerpunkt beim Stuttgarter Pilzverein liegen sollte. Es waren dann auch die Stuttgarter Pilzfreunde die maßgeblich zusammen mit der „Deutsche Gesellschaft für Mykologie“ ein Programm zur Prüfung für Pilzsachverständige erarbeiteten, das eine schriftliche und eine mündliche Prüfung umfasst. Daraus entstanden die „Richtlinien der Deutschen Gesellschaft für Mykologie e.V.“ für die Ausbildung, Prüfung, Tätigkeit und Fortbildung der Pilzsachverständigen“ (<http://www.dgfm-ev.de/taxonomy/term/47>) (siehe auch den Beitrag von K. PÄTZOLD in diesem Band).

Herausgabe der Pilzzeitschrift „Südwestdeutsche Pilzrundschau“

1919 wurden vom „Verein der Pilzfreunde“ erstmalig Vereinsmitteilungen in wenigen Seiten als „Blätter für Pilzfreunde. Mitteilungen für die Mitglieder des Vereins der Pilzfreunde, e.V.“ herausgegeben (vgl. Abb. 7). Die Mitglieder des „Verein der Pilzfreunde Stuttgart“ setzten die Publikation bis 1964 fort. 1965 wurden sie durch eine mykologische Pilzzeitung, die „Südwestdeutsche Pilzrundschau“ ersetzt; sie wurde zunächst von J. RAITHELHUBER, später von FRITZ FRASCH (ab 1968), ACHIM BOLLMANN/H. STEINMANN (ab 1972), von ANDREAS GMINDER/PETER REIL ab 1993 und schließlich von P. REIL ab 1999 selbstständig redaktionell geleitet. Sie enthält bis heute Fachbeiträge mit Schwerpunkt Südwestdeutschland, allgemeine Beiträge sowie Vereinsnachrichten. Die Auflage betrug laut BOLLMANN (1998) 1975 1.200, aktuell beträgt sie 800. Mit Stolz bemerken die Redakteure (GMINDER & REIL 1993), dass die Zeitschrift sich „ständig weiterentwickelt und zu einer vielbeachteten pilzkundlichen Zeitschrift gemauert [hat], deren Bezieher schon lange

nicht mehr nur aus dem süddeutschen Raum stammen“.

Publikations- und Forschungstätigkeit der Vereinsmitglieder

Zwei Umstände mögen dazu geführt haben, dass im Stuttgarter Verein auch wissenschaftlich gearbeitet und reichlich publiziert wurde. Zum einen der Einfluss von HANS HAAS, eines Lehrers und Mykologen, der über bodenbewohnende Großpilze in den Waldformationen Württembergs promovierte (HAAS 1932), zum zweiten die Anschaffung eines Mikroskops der Firma Zeiss im Jahr 1959, das eine Bestimmung auch schwieriger Pilzgruppen ermöglichte.

Nicht wenige aktive Mitglieder des Stuttgarter Pilzvereins haben beachtliche Veröffentlichungen vorzuweisen. Hier soll auf einige ausgewählte Publikationen verwiesen werden. HAAS veröffentlichte ein populäres Buch über „Pilze in Mitteleuropa“ (HAAS 1951), das 1991 in mindestens siebzehnter (!) Auflage erschien. Auch „Pilze in Wald und Flur“ (HAAS & SCHREMPF 1970) wurde mehrfach aufgelegt. Die große Reputation HAAS' zeigte sich 1985, wo ihm zu Ehren und anlässlich seines 80. Geburtstages ein Symposium „Mykoökologie – Mykosoziologie“ an der Universität Tübingen stattfand, an dem führende Mykologen des In- und Auslands teilnahmen. Auch wurde ihm zu Ehren eine Blätterpilzgattung, *Haasiella* KOTL. & POUZAR, benannt. J. RAITHELHUBER hat nicht nur über die Pilze der Stuttgarter Heimat publiziert (z.B. RAITHELHUBER 1987), sondern auch zahlreich zur Pilzflora von Argentinien. Die Gattung *Rickenella* RAITHELH. (Heftelabelinge) wurde von ihm beschrieben. Drei Mitglieder haben ein Abbildungsverzeichnis europäischer Großpilze (BOLLMANN, GMINDER & REIL 1994) veröffentlicht, das bisher in vier jeweils stark erweiterten Auflagen erschienen ist. GERMAN JOSEF KRIEGLSTEINER initiierte u.a. das mehrbändige Grundlagenwerk „Die Großpilze Baden-Württembergs“ (KRIEGLSTEINER, 2000 und 4 Nachfolgebände; siehe auch den Beitrag von A. GMINDER in diesem Band), das für den Artenschutz eine nicht zu überschätzende Bedeutung hat. Bei diesen Werken haben zahlreiche Mitglieder des Vereins Zuarbeit geleistet. Belegmaterial wurde in den Pilzherbarien der Naturkundemuseen in Stuttgart und Karlsruhe hinterlegt. Die Stuttgarter Sammlungen wurden von ANDREAS GMINDER und HANS HAAS über lange Zeit ehrenamtlich betreut. Wissenschaftlich hochwertige Pilzphotographien fertigten KARLHEINZ BAUMANN und ANDREAS BOLL-

MANN an. Sie wurden zahlreich in Zeitschriften, Büchern und Kalendern publiziert. Mehrere Tausend Pilzaquarelle fertigte OTTO BARAL an. Auch sie wurden häufig in Publikationen genutzt. Sie befinden sich teils im Herbarium des Stuttgarter Naturkundemuseums, teils im Privatbesitz seines Sohnes, des Ascomyceten-Experten HANS-OTTO BARAL in Tübingen. Abschließend sei noch erwähnt, dass der Stuttgarter Pilzverein mit GERHARD KOST auch einen Universitätsprofessor, der heute an der Universität Marburg lehrt, hervor gebracht hat. Prof. KOST verdankt Dr. HAAS seine mykologischen Grundkenntnisse und hatte an seinen Fortbildungsveranstaltungen in Inzighofen teilgenommen (vgl. HAAS 1993, KOST 2003).

3 Ausblick

Das Engagement für den Pilzverein ist, ähnlich wie in vielen anderen Vereinen, deutlich gesunken. Mangelnder Nachwuchs mag eine Folge knapper Freizeit und – wie bereits 1979 ein Vereinsmitglied moniert – auf einer zu starken Abkehr von der volkstümlichen Naturkunde zurückzuführen sein (BOLLMANN 1998). Die Zahl der Mitglieder stieg seit 1965 kontinuierlich auf 771 (1985), um danach auf 580 (2011) zurück zu gehen (Abb. 8)⁴. Das Interesse an Pilzen in der Bevölkerung im Stuttgarter Raum scheint hingegen immer noch hoch. Dafür spricht die große Resonanz bei Pilzausstellungen, -exkursionen und -beratungen. Eine Möglichkeit der Rekrutierung neuer Mitglieder besteht heute auf ganz anderer Ebene: Für die Wissenschaft sind Pilzvereine von großer Bedeutung, da Formenkenntnisse heute kaum noch an Universitäten vermittelt werden und Vereinsmitglieder heute gefragte Ansprechpartner bei feldökologischen Studien und Kartierungsprojekten darstellen.

⁴ Die deutliche Zunahme der Mitglieder von 1999 auf 2000 erklärt sich mit der Berücksichtigung von 109 Abonnenten der Vereinszeitschrift, die bis 1999 nicht als Mitglieder geführt wurden.

Literatur

- ANONYMUS (1918): Aufruf zur Bildung einer Vereinigung der Pilzfreunde. – Kosmos, **8**: B12.
- ANONYMUS (1920): Rektor W. OBERMEYER, Gablenberg †. – Blätter für Pilzfreunde. Mitteilungen für die Mitglieder des Vereins der Pilzfreunde, e. V., **2**: 1.
- ANONYMUS (2012): Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V. - Gegr. 1801. Abteilung für Pilz- und Kräuterkunde. – <http://www.nhg-nuernberg.de/main.php?section=Pilze> (Abruf 28.6.2012).
- BOLLMANN, A. (1998): Chronik des Vereins der Pilzfreunde Stuttgart e.V. – Südwestdeutsche Pilzrundschau, **34** (1):15-30.
- BOLLMANN, A., GMINDER, A. & REIL, P. (1994): Abbildungsverzeichnis europäischer Großpilze. – Hornberg (Schwarzwälder Pilzlehrschau).
- GACKSTATTER, F. (1946): Antrag auf Weiterführung des Vereins, 1946. – Archiv des Vereins der Pilzfreunde.
- GMINDER, A. & REIL, P. (1993): Die alten Bärte sind ab. – Südwestdeutsche Pilzrundschau, **29** (1): 1.
- HAAS, H. (1932): Die bodenbewohnenden Großpilze in den Waldformationen einiger Gebiete von Württemberg. – Beihefte zum Botanischen Centralblatt, **50** (2): 36-134.
- HAAS, H. (1951): Pilze Mitteleuropas. – Stuttgart (Franckh).
- Haas, H. (1993): 70 Jahre Mykologie in Südwestdeutschland. Ein persönlicher Rückblick. – Mitteilungen der Mikro AG Stuttgart e. V., **3**: 1-16.
- HAAS, H. & SCHREMPF, H. (1970): Pilze in Wald und Flur. 112 Pilze in Farbe. – Stuttgart (Franckh).
- KOST, G. (2003): Nachruf auf den Ehrenvorsitzenden Dr. H. HAAS. – Zeitschrift für Mykologie, **69**: 155-166.
- KRIEGLSTEINER, G. J. (2000): Die Großpilze Baden-Württembergs, Band 1. – Stuttgart (Ulmer).
- RAITHELHUBER, J. (1968): Aus der Geschichte des Vereins der Pilzfreunde Stuttgart e.V. 2. Teil 1945-1968. – Südwestdeutsche Pilzrundschau, Sondernummer zum 50-jährigen Bestehen: 8-11.
- RAITHELHUBER, J. (1987): Die Pilze des Höhenparks Killesberg in Stuttgart. – Metrodiana, Sonderheft **3**, Stuttgart (Eigenverlag).
- SCHOLLER, M. (2008): Die Arbeitsgruppe Pilze im Naturwissenschaftlichen Verein Karlsruhe e. V. (PiNK) – ein Rückblick auf die Aktivitäten der ersten Jahre. – Caroleinea, **66** (2008): 163-170.
- STEINMANN, H. (1968): Aus der Geschichte des Vereins der Pilzfreunde Stuttgart e.V. 1. Teil 1945-1968. – Südwestdeutsche Pilzrundschau, Sondernummer zum 50-jährigen Bestehen: 2-7.

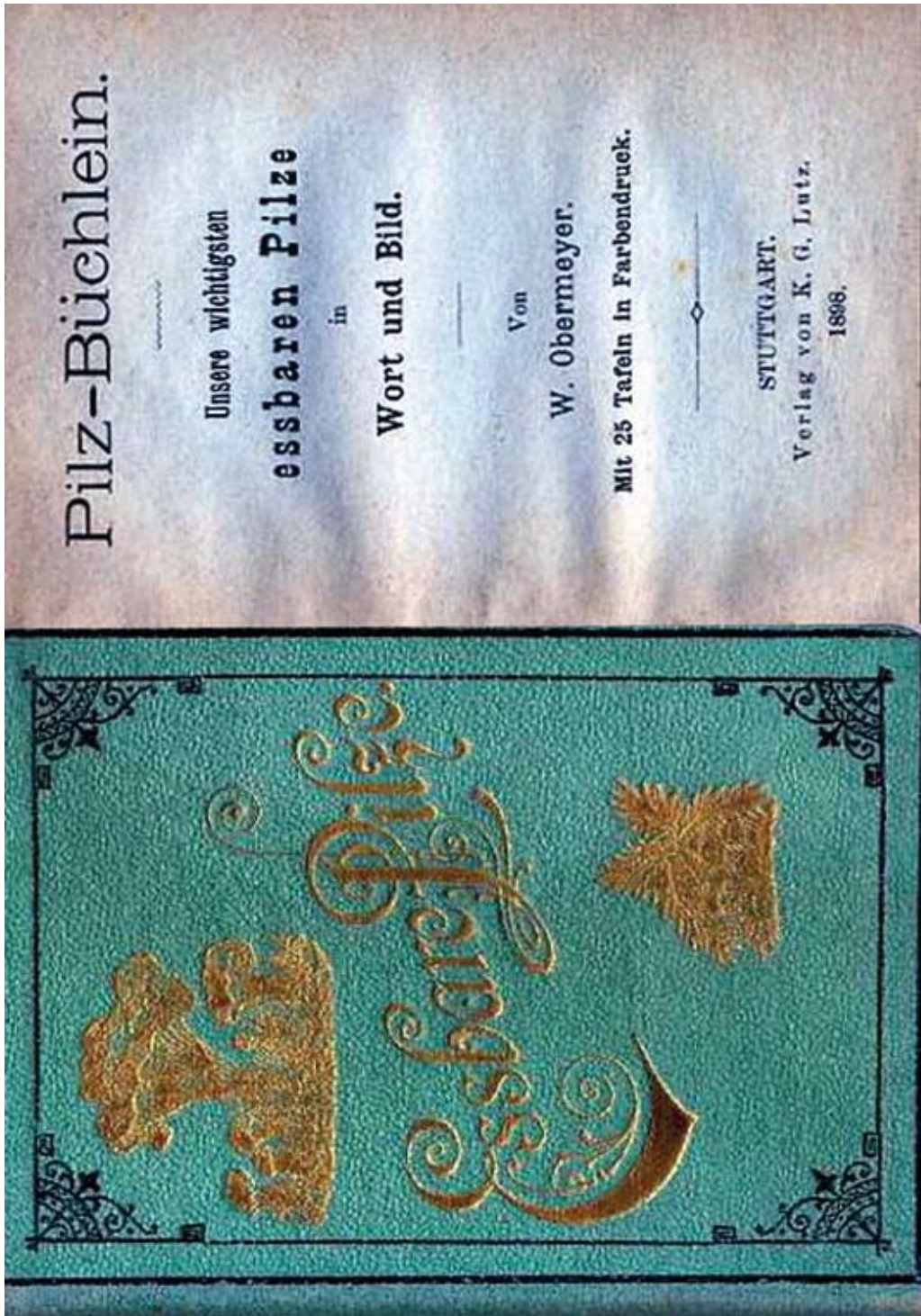


Abbildung 4. Populäres Pilzbuch von WILHELM OBERMEYER.

1. Heft
1920

Blätter für Pilzfreunde

Mitteilungen für die Mitglieder des Vereins der Pilzfreunde, E.V.

Die Tätigkeit des Vereins der Pilzfreunde.


Die erste Vertreterversammlung unseres Vereins fand am 20. September 1919 im Saal des „Herzog Christoph“ in Stuttgart statt. Der Vorsitzende eröffnet die Versammlung um 3 Uhr, begrüßt die Vertreter und die Mitglieder und gibt nach Feststellung der Anwesenheitsliste die Tagesordnung bekannt. Der Schriftführer bringt seinen ausführlichen Bericht über die Notwendigkeit einer gemeinnützigen Volksbewegung im ganzen deutschen Sprachgebiet zum Vortrag. Er spricht

Herr Rechnungsrat Klett stellt dann den Antrag zu folgenden Satzungsänderungen: Bei Ziff. 5 c ist anzufügen: „Das Protokoll ist von zwei Vorstandsmitgliedern zu unterzeichnen“. Bei Ziff. 8 ist als zweiter Satz einzufügen: „Als stimmberechtigte Vertreter nehmen teil: der Vorstand, der Aufsichtsrat und von den Ortsgruppen für je 50 angehangene Mitglieder ein beauftragter Beauftragter.“ Bei Ziff. 8 f ist anzufügen: „Diese Entwürfe sind von zwei Vorstandsmitgliedern zu unterschreiben.“ Der Antrag wird einstimmig angenommen. Herr Kassier Herr Weidner beantragt Streichung von Ziff. 11 c, da ein derartiges Vorgehen dem Geist der neuen Zeit zuwiderläufe. Sein Antrag wird einstimmig genehmigt. Der erste Vorsitzende bittet, den Vorstand zu formellen unbedeutenden Änderungen der Satzung zu ermächtigen, falls das Amtsgericht davon die Eintragung ins Handelsregister abhängig macht. Einstimmig genehmigt.

Es folgen die Wahlen. Sie ergeben: 1. Vorsitzender: Rektor W. Obermeyer, Kassensführer: Professor G. Oberhard, Schriftführer: Mediziner F. Schö, Stellvertreter des 1. Vorf.: Frau Val. Henke-Hoven, Stellvertreter des Kassensf.: Rechnungsrat G. Klett, Stellvertreter des Schriftf.: Eisenbahndirektor Fischer. In den Aufsichtsrat wurden gewählt: Oberrealschullehrer Herr Ankele, Hofrat Gotth. K. H. H. H., Genossenschaftsbeamter R. Beder, Geh. Kriegsrat G. Dreiß, Sekretär F. Fischer, Apotheker Dr. G. G. G. (Kalen), Fabrikant G. Henninger (Gannstätt), Frau Val. Henke-Hoven, Rechnungsrat G. H. H. H., Hofrat W. Keller, Rechnungsrat G. Klett, Kaufmann Th. Krämer, Fräulein W. W. W., Oberrealschullehrer Dr. W. Obermeyer, Oberforstrat Dr. R. Schuch, Schriftsteller Weidner.


Um 6.15 Uhr abends schloß der Vorsitzende die Versammlung. Um 8 Uhr fand in denselben Räumen ein gemütliches Beisammensein der Ortsgruppe Stuttgart statt, bei dem Herr Rektor Obermeyer einen lichtvollen Vortrag über den Hallenwald hielt. Außerdem wurden Deklamationen, Sologesänge und Klavierstücke geboten.

Der Arbeitsausschuß hielt am 20. Januar 1920 eine Sitzung ab. Nach Begrüßung durch den Vorsitzenden wurde über die Durchführung des Arbeitsprogramms für 1920 beraten, die Herausgabe des ersten Mitteilungsblattes beschlossen und Pläne für eine wirksame Werbeaktivität im Frühjahr erwoogen. Eine scharfe Trennung der Führung der Bundesarbeiten von der Organisation der Stuttgarter Ortsgruppe wurde allseitig gewünscht. Es wurde beschlossen, auch in den pilz-



SÜDWESTDEUTSCHE PILZRUNDSCHAU

47. Jahrgang
Stuttgart, im Juli 2011
Heft 2



www.pilzverein.de

Herausgegeben vom Verein der Pilzfreunde Stuttgart e.V.
Geschäftsstelle 73262 Reichenbach/Fils - Danziger Straße 27
Telefon 07153 / 958224

ISSN 0179-1818

1920. L.

Man zahle den Jahresbeitrag 1920 (3 Mk.) sofort durch Postscheckkonto 13717 Stuttgart

Abbildung 7. Ausgabe der „Blätter für Pilzfreunde“ (Heft 1, 1920). Ausschnitt: Aktuelle Ausgabe der „Südwestdeutschen Pilzrundschaue“ von 2011.

Öffentliche Pilzberatung in Karlsruhe früher und heute

DIETER OBERLE, GEORG MÜLLER, REINHOLD SCHNEIDER,
PETER SPERLING † & MARKUS SCHOLLER

Kurzfassung

Die öffentliche Pilzberatung in Karlsruhe hat eine lange Tradition, die bis in die Zeit des 1. Weltkriegs zurückreicht. Damals war es LUDWIG KLEIN, ein Professor an der Technischen Universität, der die Not leidende Bevölkerung dazu aufrief, Pilze zu sammeln. Fortgesetzt wurde die Pilzberatung von 1927 bis 1956 durch PAUL STRICKER, der seine Tätigkeit als Pilzberater in Tagebüchern dokumentierte. Die Tradition der öffentlichen Pilzberatung wurde durch die 2003 gegründete Arbeitsgruppe Pilze im Naturwissenschaftlichen Verein Karlsruhe e.V. in Zusammenarbeit mit dem Naturkundemuseum Karlsruhe aufgegriffen. Zunächst wurde 2003 eine jährlich wiederholte Frischpilzausstellung organisiert, 2004 dann auch eine wöchentliche Pilzberatung in den Monaten August bis Oktober. In den Jahren 2004 bis 2011 wurden 936 Beratungen von ehrenamtlichen Pilzberatern durchgeführt, im Durchschnitt 117 Beratungen im Jahr. Im Vergleich zu früher, als die Pilzberatung vor allem der hungernden Bevölkerung zugute kam, versucht die moderne Pilzberatung am Naturkundemuseum, auch erweiterte Kenntnisse über Pilze zu vermitteln, so zur Artenvielfalt, Bestimmung, Funktion im Naturhaushalt, Verbreitung und Gefährdung.

Abstract

Public advice on wild mushrooms in Karlsruhe in former years and today

In Karlsruhe, public wild mushroom advice has a long tradition dating back to World War I, when LUDWIG KLEIN, a professor at the Technical University, asked starving people to collect mushrooms. His successor as public mushroom advisor, PAUL STRICKER, documented his activities in his diaries from 1927-1956. The tradition was re-activated by the mycology group "Pilzkundliche Arbeitsgruppe im Naturwissenschaftlichen Verein Karlsruhe e.V." founded in 2003 in co-operation with the State Museum of Natural History Karlsruhe. Initially, an annual two-day mushroom exhibition was established, and from 2004 on members of the mycology club are giving no-cost advice to visitors every year. In contrast to mushroom advice during and after the world wars, when mushrooming was a valuable supply to starving people, modern mushroom consultants at the Natural History Museum try to provide additional information on mushrooms, such as identification, their function in nature, distribution, and threatened species. Within eight years 936 people have come to the public wild mushroom advice, i.e. an average of 117 consultations per year.

Autoren

DIETER OBERLE, Hauptstr. 23, 76744 Vollmersweiler
GEORG MÜLLER, Umlandstr. 18, 76332 Bad Herrenalb
REINHOLD SCHNEIDER, Siedlungstraße 10c, 76571 Gaggenau
PETER SPERLING †, ehemals Saarstr. 8, 76676 Graben-Neudorf
Dr. MARKUS SCHOLLER, Staatliches Museum für Naturkunde, Erbprinzenstr. 13, 76133 Karlsruhe, E-Mail: scholler@naturkundeka-bw.de

1 Einleitung

Am Staatlichen Museum für Naturkunde Karlsruhe (SMNK) wurde 2003 erstmalig ein Mykologe (M. SCHOLLER) an einem Staatlichen Museum in Baden-Württemberg eingestellt. Damit hatte das Museum die Möglichkeit, öffentlichen pilzkundlichen Informationsbedarf im Karlsruher Raum zu decken. Heute werden das ganze Jahr über Anfragen, vor allem von öffentlichen Einrichtungen (Krankenhäuser, Kindergärten, Gartenbau-, Forst- und Umweltämter etc.), zu Themen wie Schimmelpilzbefall in Häusern und an Lebensmitteln, Zierpflanzen- und Baumschädlingen sowie Gift- und Speisepilzen beantwortet. Am größten ist der Informationsbedarf jedoch bei Privatpersonen im Spätsommer und Herbst, also in der „Pilzseason“. Aus diesem Grund wurde, in Kooperation mit der 2003 gegründeten Arbeitsgruppe Pilze im Naturwissenschaftlichen Verein Karlsruhe e.V. (PiNK), eine jährliche zweitägige Frischpilzausstellung und eine öffentliche Pilzberatung (Tafel 1, Abb. 1) organisiert. Die Pilzausstellung wurde erstmalig 2003 durchgeführt und ist mittlerweile fester Bestandteil des jährlichen Museumsprogramms. Über die zweite öffentliche Veranstaltung, die wöchentliche kostenlose Pilzberatung, die in Karlsruhe eine fast 100jährige Tradition hat, berichten wir im Folgenden.

2 Öffentliche Pilzberatung in Karlsruhe während und nach den Weltkriegen

Ein Aufruf zum Sammeln von Pilzen und eine öffentliche Pilzberatung gab es bereits während des 1. Weltkriegs in Karlsruhe. Schon Ende des 19. Jahrhunderts wurden in Deutschland Pilze als Eiweißlieferanten und damit als Fleischersatz gepriesen (RUBNER 1915). Unberücksichtigt in der populären Literatur blieben jedoch Erkenntnisse zur schlechten Resorbierbarkeit der Pilzproteine, was von SALTET (1885) am Beispiel des Steinpilzes dargelegt und später von anderen Autoren (vgl. die Auflistung der Arbeiten in BODINUS 1917: 33) bestätigt wurde. RUBNER (1915) und BODINUS (1917) betonen deshalb, dass Pilze keinen hohen Nährwert haben und „dass für sie die vulgäre Bezeichnung ‚Pflanzen-Beefsteak‘ nicht angebracht ist“ (BODINUS, l.c.). Es überrascht daher ein wenig, dass der Aufruf zum Sammeln eiweißreicher Pilze in Karlsruhe ausgerechnet von Prof. LUDWIG KLEIN, einem Botaniker, für gut geheißen wurde. KLEIN, seit 1892 an der Technischen Universität Karlsruhe Professor und später deren Rektor, war als DEBARY-Schüler mit den Pilzen vertraut. Während des 1. Weltkriegs war er vom Badischen Unterrichtsministerium beauftragt worden, die Menschen zum Sammeln von Pilzen zu animieren (siehe den Beitrag von U. SCHOFER in dieser Ausgabe). In ganz Baden, vor allem aber in Karlsruhe, führte er öffentliche Pilzberatungen und Ausstellungen durch (KLEIN 1921a, b, SCHOLLER 2008b). In der Einleitung zu seinem beliebten Pilzbüchlein mit dem Titel „Gift- und Speisepilze und ihre Verwechslungen“ (KLEIN 1921a) berichtet er, dass „ich während des Weltkriegs eine ausgedehnte Propagandatätigkeit für stärkere Ausnutzung unserer Pilzschätze entfaltet hatte, durch eine Reihe von Pilzausstellungen ... wie durch Lichtbildervorträge und Unterrichtskurse...“. Der Karlsruher Lehrer PAUL STRICKER (1878-1956) übernahm später KLEINS Funktion des öffentlichen Karlsruher Pilzberaters. Auskunft über seine Tätigkeit geben uns SCHWÖBEL (1957), KÜHLWEIN (1957) und OBERDORFER (1957), vor allem aber STRICKER selbst durch seine unveröffentlichten Pilztagebücher (STRICKER 1927-1956). Demnach beriet er zuhause, auf den Wochenmärkten (und hier besonders auf dem Gutenbergplatz) sowie im Rahmen von Ausstellungen an den Landessammlungen für Naturkunde (dem heutigen Naturkundemuseum). Zahlreiche „Überbleibsel“ im Pilzherbarium des

Naturkundemuseums (Informationstafeln, Bilder, Schaubelege, Pilzmodelle) legen hierfür Zeugnis ab. In seinen handschriftlichen Pilztagebüchern dokumentierte er Pilzfunde, Beratungserlebnisse und Pressemitteilungen akribisch (Tafel 2, Abb. 3 zeigt seine Kommentare zu Pilzvergiftungen). Die Tagebücher dokumentieren, welche große Bedeutung die Pilzberatung für die hungernde Bevölkerung in dieser Zeit hatte. So berichtete er von einem „Pilzlehrgang“ im Rittnert, einem Waldgebiet im östlichen Karlsruhe, bei dem „trotz der 400-500 Teilnehmer“ manche ihren Korb füllen konnten, am 18.11.1947 „bringt Frau PFEFFERLE einige völlig verfaulte Hallimasch; eine bekannte Frau hatte sie einem gewissenlosen Händler abgekauft, zu 3 RM!“. Wie groß der Bedarf einerseits und die Not andererseits war, dokumentiert auch eine zusätzliche Pilzberatung, die ab ca. 1947/1948 im Keller des 1942 zerbombten Naturkundemuseums angeboten wurde. Pilzberater war der aus dem Sudetenland stammende Kriegsflüchtling und Botaniker Prof. JOHANN HRUBY (H. SCHWÖBEL, mündl.). In den boomenden 1950er Jahren konnten sich die Karlsruher endlich ausreichend Nahrungsmittel kaufen und sie waren nicht mehr auf das Pilzesammeln angewiesen. Dies hat wohl auch zu einem geringeren Interesse an PAUL STRICKERS Pilzberatung geführt. Seinem Tagebuch vertraut er am 24.11.1951 an: „Heute habe ich den Pilzmarkt a. d. Gutenbergplatz geschlossen u. gleichzeitig der Markthallenverwaltung mitgeteilt, dass ich hiermit meine Funktion als Pilzkontrolleur einstelle.“ Laut H. SCHWÖBEL (mündl.) soll es auch in der Folgezeit öffentliche Pilzberatungen durch diverse Personen in der Markthalle gegeben haben, jedoch liegen uns hierzu keine Dokumente vor. Auch heute gibt es noch eine Pilzberatung am Großmarkt. Beraten wird nach telefonischer Vereinbarung, weshalb die Resonanz gering ist. Ware von Händlern, die ihre Pilze früher zur Inspektion brachten, gibt es heute keine mehr zu begutachten. Besucherzahlen werden nicht dokumentiert (W. ZIMMER, mündl.).

3 Pilzberatung am Karlsruher Naturkundemuseum heute

Die öffentliche Pilzberatung am Karlsruher Naturkundemuseum wird seit 2004 einmal pro Woche (montags, anfangs 16-18 h, später 17-19 h) von August bis Oktober, je nach Witterung

mit Verlängerung bis November von den vier erstgenannten Autoren und anderen ehrenamtlichen Mitgliedern der PiNK am Westeingang des Pavillons durchgeführt (Tafel 1, Abb. 1). Federführend war bis 2007 P. SPERLING, nach dessen Ableben 2008 übernahm die Aufgabe D. OBERLE. Von OBERLE werden regelmäßig Protokolle für die Giftnotzentrale (siehe auch den Beitrag von U. STEDTLER und M. HERMANNSCLAUSEN in dieser Ausgabe) und die Deutsche Gesellschaft für Mykologie verfasst. Besucher sind meist Personen, die am Wochenende Pilze sammeln, welche sie von den Pilzberatern vor dem Verzehr überprüfen lassen. Immer häufiger finden sich auch Pilzinteressierte ein, die nur den Pilzberatern bei der Arbeit zuschauen, um so mehr über Pilze zu lernen. Heute wie früher werden Speisepilze für den Verzehr aussortiert. Doch wird zusätzlich versucht, den Ratsuchenden ein tieferes Wissen über Pilze zu vermitteln. So wird Sammlern Hilfe zur Selbsthilfe bei der Bestimmung geleistet, geeignete Literatur empfohlen, über die Funktion von Pilzen informiert und über seltene oder gefährdete Pilze aufgeklärt. Auskünfte über gute Sammelgebiete werden nicht erteilt.

Die Veranstaltung wird über Museumsbroschüren (Vierteljahresprogramm als Flyer und on-

line), durch das Programm des Naturwissenschaftlichen Vereins, die online-Präsentation der PiNK (www.pilze-karlsruhe.de), Presse, Rundfunk und häufig sogar durch das Fernsehen angekündigt. Am ersten Beratungstag im August fanden sich meist Vertreter von Fernsehen und Rundfunk ein und berichteten mitunter recht ausführlich. Auch wurden mehrmals vor Beginn der Beratung Pilzberater von den Sendern zu Interviews eingeladen.

Die Anzahl der Rat suchenden Personen/Jahr fluktuiert stark; sie ist eine gute Messzahl für das Pilzaufkommen eines Jahres. Gibt es reichlich Pilze, so werden auch mehr Pilze zur Pilzberatung gebracht. So hatten die Berater im guten Pilzjahr 2010 mit mehr als 250 Beratungen am meisten zu tun (Abb. 4). In diesem Jahr wurde auch mit 33 Beratungen (27.9.) ein Tagesrekord erzielt. Die Gesamtzahl der Beratungen von 2004 bis 2011 betrug 936 und damit durchschnittlich 117 pro Jahr.

Es finden sich immer wieder Giftpilze in den Körben der Sammler. Der Giftpilz, der am häufigsten aussortiert wird, ist der schwach giftige Karbol-Egerling. Hin und wieder sind auch tödlich giftige Arten wie der Grüne Knollenblätterpilz, der Gift-Häubling und der Kahle Krempling darunter. Letztere Art, die in älteren Pilzbüchern

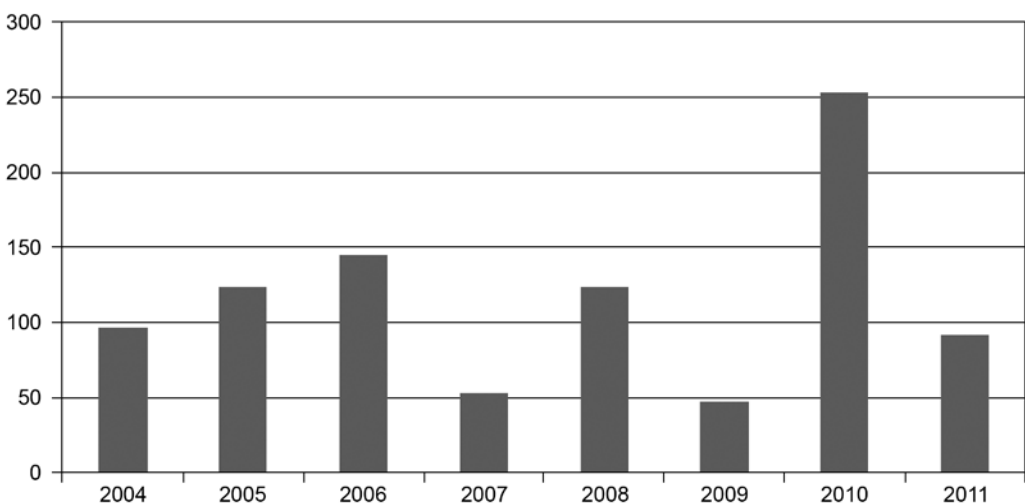


Abbildung 4. Anzahl der Pilzberatungen der Pilzkundlichen Arbeitsgruppe Karlsruhe.

fälschlich als Speisepilz geführt wird, wurde 2011 von einem Ratsuchenden eimerweise gesammelt mit dem Hinweis, dass eine Nachbarin, eine Russlanddeutsche, die Art als essbar eingestuft habe (Tafel 1, Abb. 2). In Deutschland gibt es immer wieder Todesfälle durch Pilzvergiftungen, so auch in Karlsruhe (HAENDLE 2010a, b). Ob die Pilzberatung am Naturkundemuseum zu weniger Vergiftungen führt, darf jedoch bezweifelt werden, da erfahrungsgemäß Leute, die zur Pilzberatung kommen, ihr Sammelgut ohne Beratung nicht verzehren würden. Die meisten Vergiftungen resultieren daraus, dass Sammler ihre Artenkenntnis überschätzen und die Pilzberatung nicht nutzen. In Deutschland gilt dies im Besonderen für Russlanddeutsche aus dem nördlichen Russland, die den Grünen Knollenblätterpilz aus ihrer Heimat nicht kennen (vgl. PRINGLE & VELLINGA 2006). Die Pilzberater der PiNK bieten deshalb Behörden und Wohnungsverwaltungen mit hohem Aussiedleranteil ein kostenloses deutsch-russisches Poster der DGfM an, auf dem Speisepilze und ihre giftigen Doppelgänger erklärt werden. An der Konzeption dieses Posters (siehe <http://www.dgfm-ev.de/taxonomy/term/68>) waren auch PiNK-Mitglieder beteiligt. Auch wurde von der Arbeitsgruppe ein weiteres Poster mit dem Titel „Karlsruher Speisepilze und ihre giftigen Doppelgänger“ konzipiert, das sich großer Beliebtheit bei Biologielehrern im Schulunterricht erfreut.

4 Schlussfolgerungen

Die moderne Pilzberatung ist ein kostenloser Service des Naturkundemuseums für die Bevölkerung. Im Gegensatz zu früher dient sie jedoch nicht allein der Volksernährung und der Vergiftungsprophylaxe. Vielmehr versuchen Pilzberater, auch Pilzkunde im weiteren Sinne zu vermitteln, im speziellen naturkundliche und naturschutzrelevante Aspekte. Und dies mit beachtlichem Erfolg. So rekrutieren sich die meisten der in der PiNK aktiven Mitglieder aus ehemaligen Ratsuchenden, die über die „Kochtopfmykologie“ hinaus Interesse für die Pilze zeigten und sich weiterbildeten. So haben acht Mitglieder die Prüfung zum Pilzsachverständigen der DGfM abgelegt, sind anderweitig in der Öffentlichkeit aktiv, so für die Pilzausstellung, die Giftnotzentrale in Freiburg und Naturschutz-

behörden, führen Lehrwanderungen durch oder beteiligen sich am Forschungsprojekt „Pilzflora von Karlsruhe“ (SCHOLLER & MÜLLER 2008). Der Erstautor fungierte von 2008 bis 2012 als Vorstandsmitglied und Beauftragter für Pilzsachverständige der DGfM.

Dank

Für diverse Auskünfte danken wir Dr. ULRIKE SCHOFER, HELMUT SCHWÖBEL und WILLIAM ZIMMER.

Literatur

- BODINUS, F. (1917): Über Pilze und Pilzwürzen. – Zeitschrift für Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel sowie der Gebrauchsgegenstände, **34**: 481-485.
- HAENDLE, R. (2010a): Patientin stirbt an einer Pilzvergiftung. – Badische Neueste Nachrichten, **221**: 5.
- HAENDLE, R. (2010b): Korrektur. – Badische Neueste Nachrichten, **222**: 9.
- KLEIN, L. (1921a) Gift- und Speisepilze und ihre Verwechselungen. – 146 S.; Heidelberg (Carl Winter).
- KLEIN, L. (1921b): Über die Bedeutung der Pilze für die Volksernährung und die restlose Erfassung der Pilzschatze unserer Heimat. – Deutsche Revue, **46**: 45.
- KÜHLWEIN, H. (1957): PAUL STRICKER zum Gedächtnis 22.9.1878 – 24.12.1956. – Beiträge zur naturkundlichen Forschung in Südwestdeutschland, **16**: 3-4.
- OBERDORFER, E. (1957): PAUL STRICKER zum Gedächtnis 22.9.1878 – 24.12.1956. – Beiträge zur naturkundlichen Forschung in Südwestdeutschland, **16**: 4.
- PRINGLE, A. & VELLINGA, E. C. (2006). Last chance to know. Using literature to explore the biogeography and invasion biology of death cap mushroom *Amanita phalloides* (Vaill. ex Fr.: Fr.) Link. – Biological Invasions, **8**: 1131-1144.
- RUBNER, M. (1915): Die Zusammensetzung der Steinpilze und ihre Verdaulichkeit. – Archiv für Anatomie und Physiologie/Physiologische Abteilung, **4/5**, 286-294.
- SALTET, R. H. (1885): Bedeutung der eßbaren Schwämme als Nahrungsmittel für den Menschen. – Archiv für Hygiene, **3**: 43.
- SCHOLLER, M. (2008): Die Arbeitsgruppe Pilze im Naturwissenschaftlichen Verein Karlsruhe e. V. (PiNK) – ein Rückblick auf die Aktivitäten der ersten Jahre. – Carolina, **66**: 163-170.
- SCHOLLER, M. & MÜLLER, G. (2008): Projekt „Pilzflora von Karlsruhe“ – erste Ergebnisse. – Carolina, **66**: 87-93.
- SCHWÖBEL, H. (1957): Rektor i. R. PAUL STRICKER †. – Zeitschrift für Pilzkunde, **23**: 24-25.
- STRICKER, P. (1927-1956): Pilztagebücher. – 6 Bände, unveröffentlicht (Privatarchiv M. SCHOLLER).



Abbildung 1. Wöchentliche Pilzberatung mit DIETER OBERLE am Westeingang des Pavillons des Naturkundemuseums. – Foto: M. SCHOLLER.



Abbildung 2. Ein Eimer voller Kahler Kremplinge wurde 2011 zur Pilzberatung gebracht. Der Verzehr der Art kann tödlich sein. – Foto: M. SCHOLLER.

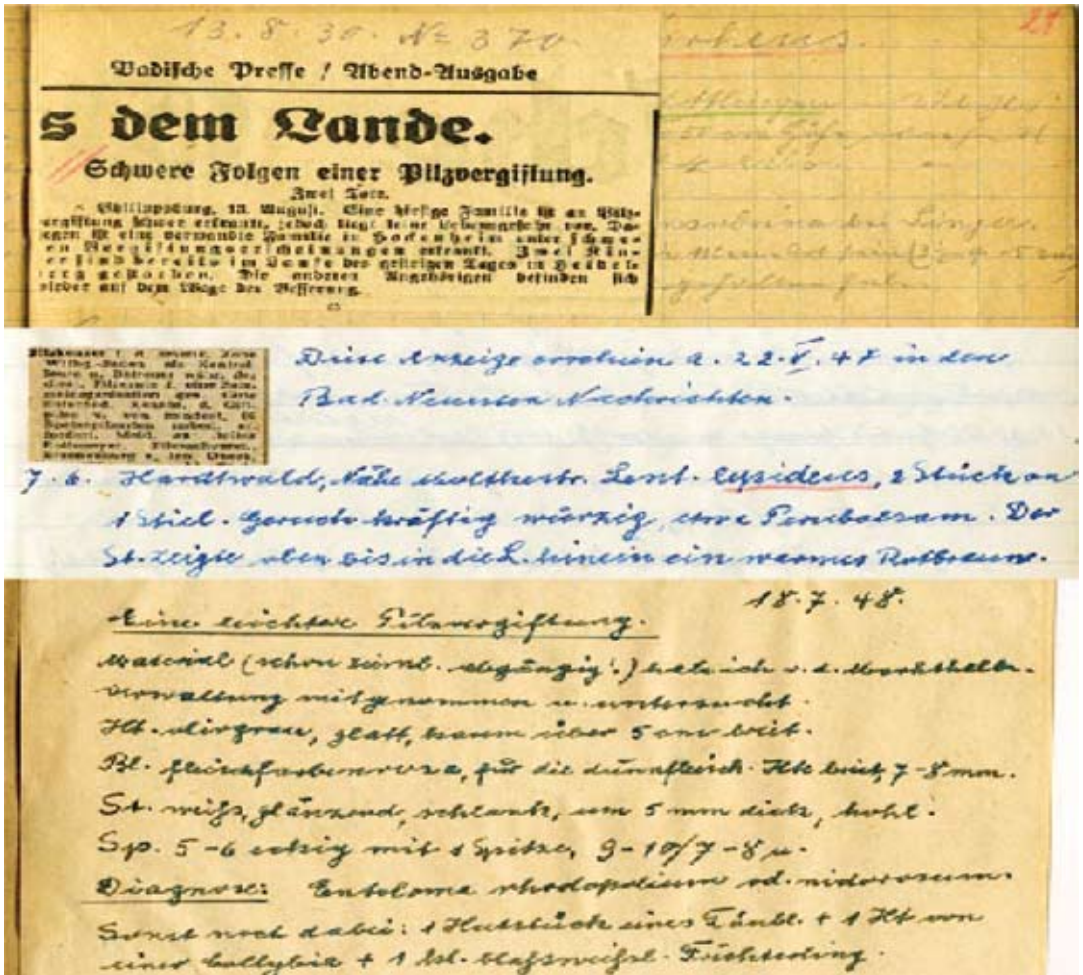


Abbildung 3. Auszüge aus den Pilztagebüchern des Karlsruher Lehrers PAUL STRICKER. Oben: STRICKER klebte regelmäßig Zeitungsartikel über Pilze und speziell über Pilzvergiftungen in seine Tagebücher, so einen Bericht aus „Badische Presse“ vom 13.8.1930. Mitte: Gerade in den Nachkriegsjahren waren wegen der Hungersnot Pilzexperten gefragt. Am 22.5.1947 publizierten die „Badischen Neuesten Nachrichten“ eine Anzeige, in der gegen „gute Entschädigung“ ein Pilzkenner für die amerikanische Zone gesucht wird. Unten: Am 18.7.1948 beschreibt STRICKER nach einem Vergiftungsfall die Merkmale des Pilzes und kommt zum Bestimmungsergebnis „*Entoloma rhodopolium* od. *nidosum*“. – Fotos: M. SCHOLLER.

„Schwarzwälder Pilzlehrschau“ – 50 Jahre populäre Pilzkunde

KARIN PÄTZOLD

Zusammenfassung

Dieses Jahr (2012) feiert die „Schwarzwälder Pilzlehrschau“, eine populärmykologische Ausbildungsstätte in Hornberg im Schwarzwald, ihr 50jähriges Bestehen. Sie ist die älteste Bildungsstätte ihrer Art in Deutschland und hat ein Besucheraufkommen von 800 bis 1.000 Pilzfreunden pro Jahr. Es wird ein kurzer Überblick über die Geschichte und die Bildungsangebote gegeben.

Summary

The “Black Forest Educational Mushroom Exhibition” – 50 years of popular mycology

This year (2012), the popular mycology education facility “Schwarzwälder Pilzlehrschau” (“Black Forest Educational Mushroom Exhibition”) in Hornberg/Black Forest is celebrating its 50th anniversary. It is the oldest institution of its kind with 800 to 1.000 visitors per year. A short overview is given over its history and learning opportunities.

Autorin

KARIN PÄTZOLD, Im Feriendorf 43, 78132 Hornberg, E-Mail: karin-paetzold@t-online.de

1 Einleitung

Die „Schwarzwälder Pilzlehrschau“, ursprünglich „Pilzberatungsstelle Hornberg im Kreis Wolfach“ in Hornberg/Schwarzwaldbahn im mittleren Schwarzwald, gilt als die wichtigste populärmykologische Bildungseinrichtung in Deutschland. Die Entstehung der Pilzlehrschau in einer pilzreichen Region hat folgende Vorgeschichte: 1952 stellte sich der Hornberger Schulrektor MAX HETZEL (1899-1977; Abb. 1) als Pilzberater dem Landkreis Wolfach zur Verfügung. Mit der Unterstützung des Landkreises, der Stadt Hornberg, der Gemeinde Gutach und der Zentralstelle für Pilzverwertung in München erwarb er 70 Pilzmodelle von JULIUS ROTHMAYER (Abb. 2). Diese Modelle bildeten den Grundstock der „Pilzlehrschau“, die am 27.7.1962 im Zeichensaal der Volksschule von HETZEL eröffnet wurde. 1963 wurde sie in einen Raum des alten Kinos verlagert und ab Juli 1964 fand sie in den Räumen

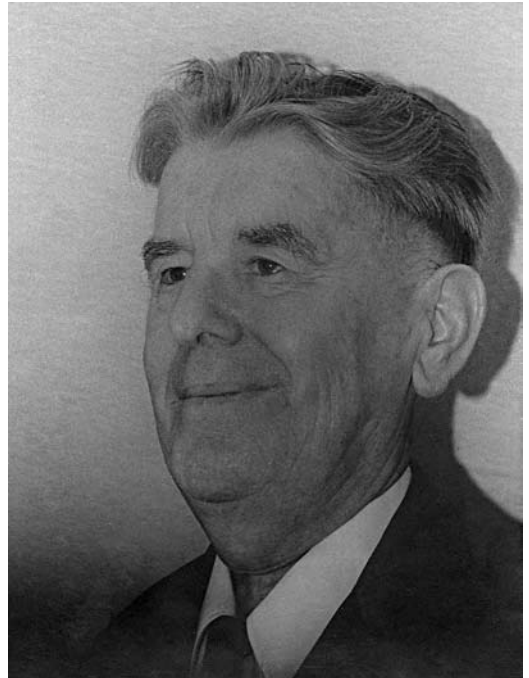


Abbildung 1. MAX HETZEL (1899-1977), Gründer der Schwarzwälder Pilzlehrschau. – Foto: Archiv der Stadt Hornberg.

des ehemaligen Real-Gymnasiums (später Alte Gewerbeschule; Abb. 2) in Hornberg statt. In diesem Gebäude befindet sie sich bis heute. HETZEL leitete die Einrichtung bis 1971; an seine Stelle trat 1972 die Lübecker Fotografin und spätere Pilzbuchautorin ROSE MARIE DÄHNCKE (*1925), der 1981 der aus Scherfede in Nordrhein-Westfalen stammende Biologielaborant WALTER PÄTZOLD (1948-2011; Abb. 4) nachfolgte. PÄTZOLD leitete die Pilzlehrschau über 30 Jahre bis zu seinem Ableben. Im Folgenden werden die Bildungsangebote und ihre Inhalte vorgestellt, immer auch unter Berücksichtigung besonderer historischer Ereignisse.



Abbildung 2. Pilzdemonstration anhand von Pilzmodellen (1964). – Foto: Archiv der Stadt Hornberg.

2 Bildungsangebote

Pilzkurse

Mit der Eröffnung der Pilzleherschau hielt HETZEL auch Einführungskurse in die Pilzkunde in Hornberg und Wolfach. Die Bedingungen wurden kontinuierlich verbessert, so durch Pilzdias und die Anschaffung eines Mikroskops (ANONYM 1972). Die Kursinhalte wurden kontinuierlich erweitert. Heute werden neben Einführungskursen vor allem Fortgeschrittenenkurse und Spezialkurse für bestimmte Pilzgruppen wie *Russula* (Täublinge), *Cortinarius* (Schleierlinge) oder Schleimpilze angeboten. Auch werden Flechten-, Moos- und Gefäßpflanzenkurse sowie Exkursionen ins Ausland oder Kinderkurse durchgeführt. Bedeutende Gastdozenten, die Kurse zu Spezialgruppen durchführten, wurden gewonnen, mit MARIA LAWRYNOWITZ (Polen) und HEINZ CLÉMENÇON (Schweiz) sogar zwei Professoren aus dem Ausland.

Pilzausstellungen und Pilzberatung

In den Anfangsjahren wurden Pilzausstellungen auch außerhalb von Hornberg durchgeführt. So berichtet HETZEL in seinem Jahresbericht von 1962 (Abb. 3) an die Stadtverwaltung Hornberg von 200 Pilzberatungen sowie 700 Schülern und 1.400 Erwachsenen, die die Pilzausstellungen

mit den Pilzmodellen in Hornberg, Wolfach und Schiltach besucht hatten. Das Pilzjahr muss besonders gut gewesen sein („Reich konnte geerntet werden, wo nicht gesät wurde“). Schon 1963 erhöhten sich die Pilzberatungen auf 600, weshalb seinem Antrag auf größere Räumlichkeiten stattgegeben wurde.

Höhepunkt jeder Pilzsaison war bis 2011 die jährliche Frischpilzausstellung (Abb. 5), ausgerichtet von KARIN und WALTER PÄTZOLD mit Unterstützung durch den Mykologischen Arbeitskreis Mittlerer Schwarzwald sowie DORIS und PETER LABER. Außer den ausgestellten Frischpilzarten gab es auch in jedem Jahr ein abwechslungsreiches Rahmenprogramm mit Kinder- und Jugendecke sowie zu Themen wie „Pilzgifte“, „Mykorrhiza“, „Funktion der Pilze im Wald“, „Pilze in der Kunst“, „Wolle färben mit Pilzen“, „die Zunderschwammindustrie im 19. Jahrhundert im Schwarzwald“, „Trüffelbau“ u.v.m.

Ausbildung Pilzberater und Pilzsachverständiger

1963 ereigneten sich mehrere tödliche Pilzvergiftungen in Baden-Württemberg. Daher wurde 1963 die Aktion „Pilzberatung in Baden-Württemberg“ ins Leben gerufen. Das Land förderte die Aus- und Weiterbildung von Pilzberatern finanziell über den „Landesausschuss

Ablichtung

Pilzberatung im
Landkreis Wolfach

Hornberg, 25. Novb. 1962.

An
die Zentralstelle für
Pilzforschung u. Pilzverwertung
München.

Betr. Ein Jahr Pilzberatung
im Landkreis Wolfach.

Die Pilzberatungsstelle Hornberg darf auf ein Jahr erfolgreicher Arbeit im Kreis Wolfach zurückblicken. Zugleich als Sachbearbeiter der "Arbeitsgemeinschaft Ernährung aus dem Talde" wurde die Erfassung der Heil- u. Nährstoffe aus Wald und Flur weitgehend gefördert. Das Jahr 1962 brachte reiche Ernten an Heidelbeeren, Himbeeren und Brombeeren, die wieder von der Bevölkerung mehr gesammelt wurden. Dank großzügigem Entgegenkommen der Firmen Donnath-München und Soeffing-Ehemann-Kötzing konnte eine Werbeaktion für unsere natürlichen Vitamin C-Spender wie Sanddorn, Hegebutte u. a. m. im Rahmen der Pilzausstellungen durchgeführt werden. Als Leiter der Pilzberatungsstelle u. Pilzberater sah ich in der Werbung u. Förderung des Pilznusses meine Hauptaufgabe. Nach einem recht trockenen Sommer schossen Ende August-September u. Oktober überraschend die Pilze aus dem Boden. Reiche Pilzernte im Schwarzwald wie seit Jahren nicht mehr. Gute u. ergiebige Steinpilzernte, Der Hallimasch als Massenpilz -Rekordernte bis November. Durch gründliche Vorarbeit der Pilzberatungsstelle wurde gute Aufklärungsarbeit geleistet. Reich konnte geerntet werden, wo nicht gesät wurde. In keinem Jahr zuvor wurden im Kreisgebiet Wolfach so viele Speisepilze gesammelt u. verwertet wie im Berichtsjahr 1962. In Hornberg und Wolfach hielt der Unterzeichnete schon im zeitigen Frühjahr Einführungskurse in die volkstümliche Pilzkunde (Lichtbilder Modelle), die ganz besonders gut in Hornberg besucht waren. In Hornberg, Wolfach u. Schiltach haben die 3 großen Pilzausstellungen betr. Besucherzahl alle Erwartungen übertroffen. Mit finanzieller Unterstützung vom Kreis, der Stadt Hornberg, sowie der Gemeinde Gutach u. Herr Dr. Böttcher, München konnten bis zum Jahresende 70 neuzeitliche u. naturgetreue Pilzmodelle angeschafft werden, über 1400 Erwachsene und Jugendliche, sowie annähernd 700 Schüler verschiedener Schulen besuchten die Lehrschau oder wurden in Vorträgen geschult. Besonders groß war stets das Interesse der vielen Kurgäste, selbst Ausländer waren Gäste. Die Ausstellungen wurden jeweils zu großen Pilzberatungen, da immer wieder Frischpilze gebracht wurden. Der Unterzeichnete beabsichtigt im kommenden Sommer die Pilzausstellung jeweils 5-8 Tage den Kur- u. Verkehrsämtern als Sonderausstellung auf Wunsch zur Verfügung zu stellen. Weitgehend wurden auch die Giftpilze (Knollenblätterpilz) gezeigt und auf ihre Gefährlichkeit hingewiesen. Wie groß das Vertrauen zur Pilzberatungsstelle Hornberg ist, beweist die Tatsache, daß über 200 Pilzberatungen im Landkreis Wolfach (vorwiegend Raum Hornberg) von mir und meiner Frau durchgeführt wurden. Meine Frau konnte - gestützt auf jahrelange praktische Erfahrung Hinweise über die Verwertung der Pilze geben. Die Zusammenarbeit mit der Presse war gut. Der Leitsatz der Pilzberatungsstelle: Das Gute frisch aus dem Walde ist dem Besseren aus der Dose jederzeit vorzuziehen, wurde weitgehend beachtet.

Pilzberatungsstelle Hornberg.

M. Hetzel



Abbildung 4. Pilzkurse mit WALTER PÄTZOLD (Mitte). – Foto: R. BÄNZIGER.

für Gesundheitliche Volksbildung e.V.“ (später: „Landeszentrale für Gesundheitsförderung“). Die Gesprächspartner unter den Pilzkundigen des Landes waren unter anderem Dr. HANS HAAS und HANS STEINMANN vom Stuttgarter Pilzverein (vgl. den Beitrag von ERNST DITTRICH in diesem Band). Sie beriefen Arbeitstagungen für Pilzkundige und Pilzberater ein, an denen auch HETZEL beteiligt war. 1965 verzeichnete die offizielle Liste schon 77 Pilzberater in 55 verschiedenen Städten und Gemeinden. DÄHNCKE erhielt 1972 von der Deutschen Gesellschaft für Pilzkunde (DGfP; später Deutsche Gesellschaft für Mykologie, DGfM) und dem „Verein der Pilzfreunde Stuttgart e. V.“ die Berechtigung, Pilzberaterprüfungen abzunehmen. Die „Landesaktion Pilzberatung“ verlegte 1973 unter der Geschäftsführerin des zuständigen Landesausschusses, der Medizinerin Dr. CHRISTEL SCHULTZE-RHONHOF, „das

Schwergewicht in der Beraterausbildung nach Hornberg, um die weiter nebenberuflich tätigen Ausbilder im Lande, es sind dies die Herren Dr. HAAS, FLEISCHFRESSER, KNOCH, SCHWÖBEL und STEINMANN, zu entlasten“ (STEINMANN 1987). Von STEINMANN (l.c.: 12) wird aber auch erstmals Kritik an der starken Kommerzialisierung mit Werbeaktionen im ganzen Bundesgebiet (sogar Werbespots im Zweiten Deutschen Fernsehen) geübt, zumal die Funktion der Pilzaufklärung nicht mit der nach dem Krieg zu vergleichen sei.

1977 wurde die Aktion Pilzberatung des Landes dann eingestellt. Dabei mag auch eine Rolle gespielt haben, dass die Vorstellungen der Landeszentrale, der DGfP/DGfM und der „Schwarzwälder Pilzleherschau“ nicht recht in Einklang gebracht werden konnten (STEINMANN 1987: 13). Doch trotz des Weg-



Abbildung 5. Pilzausstellung 2010. – Foto: C. SCHWARZ.

falls der finanziellen Unterstützung durch das Land wurden weiterhin Pilzberater- bzw. Pilzsachverständigentreffen durchgeführt, die zunächst in Hornberg, später an verschiedenen Orten stattfanden (letztmalig 2012 im Haus der Natur auf dem Feldberg). PÄTZOLD bildete in 30 Jahren 500 bis 600 Pilzsachverständige aus. Hinzu kam ein neues Thema, das – von PÄTZOLD vorangetrieben – mit „Aufklärung über Pilze und ihre Bedeutung im Naturhaushalt und deren Schutz“ überschrieben werden könnte. „Die Natur besser kennen, die Natur besser schützen“ war ein Motto, mit dem auch ein Aufkleber für die Schwarzwälder Pilzlehrschau warb. Die Schwarzwälder Pilzlehrschau erwarb sich durch PÄTZOLDS Meriten (u. a. wurde er von der DGfM in den Beirat der „Rote Liste Großpilze“ berufen, auch erhielt er einen Naturschutzpreis, siehe unten) und durch das Engagement zahlreicher kompetenter Referenten eine durchaus gewichtige Rolle als Ratgeber im Bereich Pilz- und Naturschutz.

3 Sonstige Aktivitäten

Geprägt durch die Schwerpunktsetzung der Leiter überraschte die Pilzlehrschau durch Aktivitäten, die das Programm abwechslungsreich ergänzten. So legte DÄHNKE 1973 mit Hilfe der Stadt Hornberg ein Pilzzuchtgelände an, den sogenannten „Pilzgarten“, mit einem dazugehörigen Grillplatz, der auch heute noch von den Pilzkurs-Teilnehmern genutzt wird. Hinzu kam ein Pilzzuchtlabor in einem Keller neben dem Gasthaus „Krokodil“. PÄTZOLD begann mit der Züchtung bisher nicht kultivierter Arten im Pilzlabor und im Freiland (STEINMANN 1974, DÄHNKE 1979).

Erwähnenswert ist auch die Einrichtung eines Naturlehrpfades, eines 3 km langen Wanderweges (vom „Gesundbrunnen“ bis zum „Lamm“). 2008 erhielt W. PÄTZOLD hierfür vom „Bund für Umwelt und Naturschutz“ (BUND) den Nordschwarzwälder Naturschutzpreis.

Einen Namen gemacht hat sich die Pilzschau schließlich durch die Organisation der Tagungen

der „Association Journées Européennes du Cortinaire“ (J.E.C.), an der auch Pilzfreunde aus dem Ausland teilnahmen

4 Ausblick

Die Kursteilnehmer und Besucher der Ausstellungen beliefen sich den vergangenen Jahren auf beachtliche 800 bis 1.000 jährlich (PÄTZOLD 2012); sie ist damit die wohl bedeutendste pilzkundliche Fortbildungsstätte ihrer Art in Deutschland. Nach dem Tod von W. PÄTZOLD übernahm im Februar 2011 die Stadt Hornberg die Schwarzwälder Pilzlehrschau und versucht seitdem Übergangsweise in Eigenregie in Form eines Gastdozentensystems weiter zu führen. Die Gemeinde bemüht sich jedoch intensiv um einen geeigneten Nachfolger und um den Erhalt der Pilzlehrschau. So wurden Umbauarbeiten der Räumlichkeiten der „Schwarzwälder Pilzlehrschau“ in Höhe von 125.000 € vorgenommen und diese am 15.6.2012 feierlich eingeweiht.

Dank

Ich möchte mich ganz herzlich bei der Stadt Hornberg und allen Pilzfachleuten für die Unterstützung bei der Erstellung meiner Dokumentation bedanken.

Literatur

- ANONYM (1972): Schwarzwälder Pilzlehrschau in jüngerer Händen. – Südwestdeutsche Pilzrundschaue, **8**(2): 12-14.
- DÄHNKE, R. M. (1979): Schwarzwälder Pilzlehrschau. – Südwestdeutsche Pilzrundschaue, **15**(2): 23.
- PÄTZOLD, K. (2012): 50 Jahre Schwarzwälder Pilzlehrschau – „das Mekka für Pilzfreunde“. – Hornberg (Verlag der Stadt Hornberg).
- STEINMANN, H.(1974): 10 Jahre Pilzberatung in Baden-Württemberg. – Südwestdeutsche Pilzrundschaue, **10**(1): 18-19.
- STEINMANN, H. (1987): 25 Jahre Schwarzwälder Pilzlehrschau. Rückblick von 1962 bis 1979. In: PÄTZOLD, W. (Hrsg.): 25 Jahre Schwarzwälder Pilzlehrschau. – Festschrift (Hornberg): 10-13.

Pilzvergiftungen – die Perspektive der Vergiftungs-Informations-Zentrale Freiburg

UWE STEDTLER & MAREN HERMANNNS-CLAUSEN

Kurzfassung

Die Vergiftungs-Informations-Zentrale Freiburg (VIZ) berät die allgemeine Öffentlichkeit und medizinisches Fachpersonal bei tatsächlichen oder vermuteten Vergiftungen. Die VIZ ist das für Baden-Württemberg zuständige Giftnotrufzentrum. Pilzvergiftungen spielen wegen ihrer potenziell schwerwiegenden Folgen eine wichtige Rolle, ihr Anteil an allen Anfragen an die VIZ beträgt 1-2 %. Die Häufigkeit der jährlichen Anfragen schwankt von Jahr zu Jahr stark. Von den insgesamt 1.200 Patienten mit potenzieller Pilzvergiftung entwickelten 654 Patienten Symptome, davon 521 leicht, 122 mittelschwer und 11 schwer. In dem untersuchten Zeitraum 2006 bis 2010 verstarb eine Patientin. In vielen Fällen (knapp 30 %) handelt es sich um die versehentliche Einnahme kleiner Pilzmengen durch Kleinkinder; hierbei wurden in den Jahren 2006-2010 keine mittelschweren oder schweren Vergiftungen berichtet. Nach Einnahme von Pilzen, um einen Rausch zu erzeugen, oder nach Verwechslung giftiger Pilze mit Speisepilzen, wurden der VIZ jedoch mittelschwere und schwere Vergiftungen berichtet.

Besonders gefürchtet ist die Vergiftung mit amatoxinhaltigen Pilzen, wie dem Grünen Knollenblätterpilz (*Amanita phalloides*), der die Leber vollständig zerstören kann, dessen Aufnahme aber erst nach mehreren Stunden Beschwerden verursacht. Noch später treten die schweren Nierenschäden durch Haarschleierlinge auf. Das Muskarinsyndrom, ausgelöst durch *Clitocybe*- und *Inocybe*-Arten, ist charakterisiert durch Schweißausbruch, Schwitzen, wässrige Durchfälle, Herzfrequenz- und Blutdruckabfall. Fliegenpilz (*A. muscaria*), Pantherpilz (*A. pantherina*), Risspilze (*Inocybe*) und psilocybinhaltige Pilze können ebenfalls mittelschwere und schwere Vergiftungen verursachen. Diese heilen aber unter Therapie im Allgemeinen folgenlos aus. Die der VIZ von 2006 bis 2010 berichteten schweren Pilzvergiftungen wurden v.a. durch diese Pilzarten ausgelöst, auch wenn im Einzelnen die genaue Pilzart nicht immer sicher zu identifizieren war.

Die VIZ hilft bei Pilzunfällen, indem sie Sachverständige vermittelt, die eventuell vorhandene Pilzreste bestimmen, über die zu erwartenden Beschwerden aufklärt und im Bedarfsfall Empfehlungen zur Diagnostik und Behandlung gibt.

Abstract

Mushroom poisoning – the perspective of the Poisons-Information-Center in Freiburg

The Poisons-Information-Center (VIZ) Freiburg is a 24-hour regional poison emergency information and

resource center for the public and health care professionals in Baden-Württemberg. Mushroom poisoning is rare (1-2 % of all enquiries) but persons affected are at risk of developing serious complications. Frequency of mushroom poisoning fluctuates from year to year, in particular because of weather fluctuations. Many exposures occurred in young children (≤ 6 years of age) after swallowing small amounts of fungi, but in none of these cases were moderate or severe symptoms reported to the PIC Freiburg during 2006 to 2010. Only 654 out of 1.200 patients developed symptoms after eating (mainly wild) mushrooms. Mild poisoning was reported in 521, moderate in 122 and severe in 11 cases. One patient died. Severe and moderate poisoning was reported after ingestion of mushrooms as a result of misidentification of the mushroom by an amateur mushroom hunter or after consumption to achieve hallucinogenic effects.

Fungal species involved in severe mushroom poisoning reported to the Poisons-Information-Center (VIZ) Freiburg in 2006 to 2010 are presented: Mushrooms containing amatoxins, like *Amanita phalloides* (death cap) are especially dangerous due to the fact that the symptoms are delayed for 6 to 24 hours, by which time the amatoxins have been absorbed, and due to the fact that the toxins may destroy the liver. Symptoms after eating certain species of *Cortinarius* are even more delayed, and they may cause acute renal failure between 2 and 20 days after ingestion. Species of *Clitocybe* and *Inocybe* are responsible for muscarinic mushroom poisoning. The syndrome includes excessive salivation, lacrimation, urination, sweating, watery diarrhoea, hypotension and bradycardia. *Amanita pantherina* (panther cap) and *A. muscaria* (fly agaric) as well as psilocybin-containing mushrooms like *Psilocybe* spp. cause a syndrome characterized by central nervous system dysfunction, but symptoms resolve usually completely under therapy.

The VIC gives advice in case of suspected mushroom poisoning, about risk after exposure and about possible symptoms. In case of serious health effects the physicians recommend specialized treatment including possible antidotes.

Autoren

Dr. UWE STEDTLER, Dr. MAREN HERMANNNS-CLAUSEN, Vergiftungs-Informations-Zentrale Freiburg, Mathildenstr. 1, 79106 Freiburg, Tel. 0761/270-43820, E-Mail: uwe.stedtler@uniklinik-freiburg.de

Die Vergiftungs-Informations-Zentrale

Die Vergiftungs-Informations-Zentrale Freiburg (VIZ) ist eine Einrichtung des Landes Baden-Württemberg und der Universitätsklinik Freiburg. Sie berät Laien und Fachpersonal im Falle vermuteter oder tatsächlicher Vergiftungen. Die acht Mitarbeiter/innen der VIZ geben täglich rund um die Uhr Rat, sei es beispielsweise, wenn Kinder beim Erkunden ihrer Umgebung etwas Falsches in den Mund gesteckt haben, Patienten ihre Tabletten verwechselt haben oder wenn der Verdacht besteht, dass Gesundheitsschäden durch die akute Aufnahme von Chemikalien, Medikamenten, Pflanzen oder Pilzen bestehen. Das Team der VIZ setzt sich aus Ärztinnen und Ärzten, einer pharmazeutisch-technischen Assistentin, einer Pharmazeutin und einem Biologen zusammen.

Der Kontakt mit der VIZ erfolgt überwiegend telefonisch, seltener per E-Mail. Persönliches Erscheinen in der VIZ ist die Ausnahme. Die VIZ beantwortet jährlich ca. 22.000 Anfragen. In 94 % der Anfragen geht es um einen akuten Vergiftungsverdacht. Knapp 2/3 der Anfragen kommen aus der allgemeinen Öffentlichkeit (meist Betroffene oder deren Angehörige). Die anderen Anfragen erfolgen überwiegend durch Ärztinnen und Ärzte, die Betroffene behandeln. Gut die Hälfte dieser Fälle (52 %) betrifft Kinder im Alter unter 5 Jahren.

Die Beratungsfälle werden ausgewertet, um neue Risiken zu erkennen, bekannte Problem-

stoffe besser einschätzen zu können sowie Therapiestrategien zu entwickeln und zu verbessern (Toxikovigilanz). Dies betrifft auch Pilzunfälle.

Einige Pilzarten sind essbar, viele jedoch nur im gegarten Zustand. Andere Pilze sind sicher giftig (vgl. unten). Bei vielen Großpilzarten ist nicht klar, wie gefährlich sie sind. Die VIZ beteiligt sich derzeit an einer Studie der Gesellschaft für Klinische Toxikologie (GfKT), bei der einzelne Pilzunfälle nachverfolgt werden, um neue Erkenntnisse darüber zu gewinnen, welche Pilze zu Vergiftungen führen und welche Beschwerden sie auslösen. Ein wesentlicher Punkt ist dabei die intensive Zusammenarbeit mit Pilzsachverständigen, da die beteiligte Pilzspezies häufig unklar ist.

Jahresberichte der VIZ mit weiteren Informationen finden sich auf der Homepage der VIZ (www.giftberatung.de).

Eine Auswahl wichtiger, durch Pilze ausgelöster Krankheitsbilder

Phalloides-Syndrom

Ausgelöst wird dieses Syndrom durch Amatoxine, Cyclopeptide, die in einigen Knollenblätterpilzarten (*Amanita phalloides*, *A. virosa* u.ä.), aber auch in anderen Pilzen wie Gifthäubling (*Galerina marginata*) oder Giftschirmlingen (*Lepiota helveola* z.B.) enthalten sind. Die Patienten entwickeln nach 6-24 Stunden Übelkeit, Bauchschmerzen und schwere Durchfälle. Nach ca. 1 Tag bessern sich diese Symptome. In den näch-

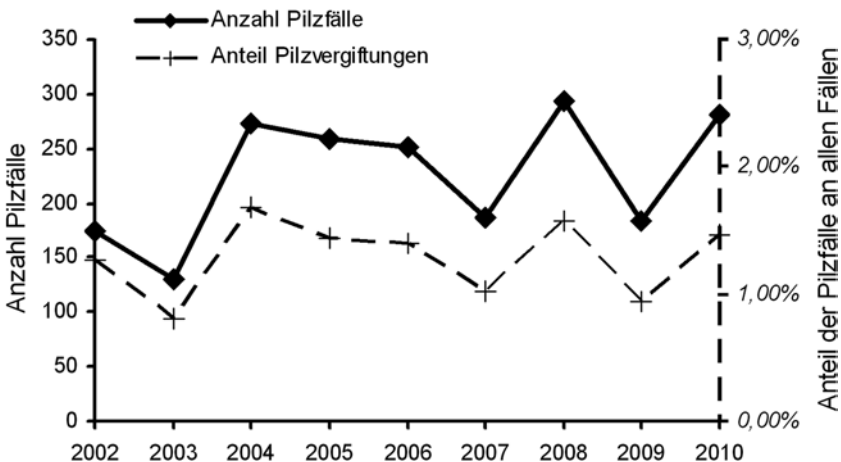


Abbildung 1. Die Anzahl der Vergiftungen durch Pilze und der Anteil dieser Vergiftungen am Gesamtaufkommen aller in der VIZ beratenen Vergiftungsfälle in den Jahren 2002 bis 2010.

sten Tagen entwickeln die Patienten Symptome eines Leberzerfalls, der in schweren Fällen eine Lebertransplantation erforderlich macht oder zum Tod führen kann. Behandelt wird die Vergiftung unter anderem durch frühzeitige Kohlegebe, Infusionen mit dem Gegengift Silibinin und durch intensivmedizinische Therapie. Kohle und Silibinin sind umso wirkungsvoller, je früher sie gegeben werden. Überleben die Patienten die Vergiftung ohne Transplantation, erholt sich die Leber meist vollständig.

Pantherina-Syndrom

Dieses Syndrom wird ausgelöst durch den Fliegenpilz (*Amanita muscaria*), den Pantherpilz (*A. pantherina*) und einige andere verwandte Pilzarten. Kurze Zeit nach dem Essen kommt es u.a. zu Übelkeit, Erbrechen, Gleichgewichtsstörungen, Stimmungsveränderungen (Angst, Depression, Wut, Euphorie) und zu Muskelkrämpfen. Meist erholen sich die Patienten innerhalb von 1-2 Tagen.

Orellanin-Syndrom

Der Genuss einiger Haarschleierling-Arten (*Cortinarius orellanus*, *C. speciosissimus* z.B.) führt neben gelegentlichen Magen-Darm-Beschwerden nach ca. 1-2 Wochen zu Nierenversagen. Manchmal erholt sich die Nierenfunktion, häufig bleiben die Patienten aber auf Blutwäscheverfahren (z.B. Hämodialyse) angewiesen oder benötigen eine Nierentransplantation.

Muscarin-Syndrom

Wenige Minuten bis 2 Stunden nach der Einnahme kommt es zu heftigem Speichelfluss, Schwitzen, Übelkeit, wässrigem Durchfall, Verschleimung der Bronchien, Kreislaufschwäche mit niedrigem Blutdruck und langsamem Puls. Dazu kommen Sehstörungen mit engen Pupillen und Kurzsichtigkeit. Ausgelöst wird das Syndrom durch Muscarin, enthalten in Rißpilzen (*Inocybe*) und Trichterlingen (*Clitocybe*). Die Symptome können durch die Gabe von Atropin meist gut beherrscht werden. Unter Therapie erholen sich die Patienten vollständig.

Psilocybin-Syndrom

Kurz nach der Einnahme entsprechender Pilze kommt es zu Rauschsymptomen mit veränderter Stimmung, u.U. auch zu Halluzinationen, die bis zu einem Tag anhalten können. Begleitsymptome sind Müdigkeit, Gleichgewichtsstörungen und Kreislaufschwäche. Stark angstbe-

setzte Verläufe („bad trip“), Wut, Gewalttätigkeit und Bewusstlosigkeit sind möglich. Psilocybin ist in einigen heimischen Pilzen enthalten, z.B. im Spitzkegeligen Kahlkopf (*Psilocybe semilanceata*), häufig werden aber speziell gezüchtete und/oder aus dem Ausland eingeführte Pilze gekauft und zu Rauschzwecken konsumiert. Psilocybinhaltige Pilze fallen unter das Betäubungsmittelgesetz.

Pilzanfragen

Großpilze kommen überall in Deutschland vor. Der Kontakt mit Pflanzen und Pilzen ist mit 14 % aller Fälle der dritthäufigste Grund, die VIZ zu kontaktieren (nach Arzneimitteln in 32,3 % und chemischen Produkten in 31,6 % aller Fälle im Jahr 2010). Fälle mit Kontakt zu Pflanzen sind dabei nahezu 9 mal häufiger als Fälle mit Kontakt zu Pilzen. Die Zahl der Pilzanfragen schwankt von Jahr zu Jahr sehr stark in Abhängigkeit vom Wetter (Abb. 1). Schwere Vergiftungen durch Pflanzen und Pilze sind selten, kommen aber immer wieder vor. Die Aufnahme unbekannter Pilze stellt dabei ein besonderes Problem dar. Die auch nur grobe Einschätzung, ob es sich bei der betroffenen Art um eine tödlich giftige Spezies handeln könnte oder nicht, ist per Telefon praktisch nicht möglich. Auch Röhrenpilze können unangenehme und im Einzelfall gefährliche Vergiftungen verursachen. Die Therapie ist in all diesen Fällen symptomorientiert und führt in der Regel zur völligen Ausheilung. Große Sorge ruft aber die Aufnahme von Lamellenpilzen hervor, da hier verschiedene potenziell tödliche Vergiftungssyndrome bekannt sind, die eine frühzeitige spezifische Therapie erforderlich machen. Verpasst man hier die rechtzeitige Diagnose, kann ein irreparabler Schaden bis hin zum Tod des Patienten oder bleibendem Organverlust die Folge sein.

Im Falle der Amanitin-, aber auch bei Orellaninhaltenen Pilze sollte die Therapie frühzeitig, d.h. vor dem Auftreten der ersten Symptome, eingeleitet werden. Es ist deshalb wichtig, den fraglichen ingestierten Pilz genau zu bestimmen. Die VIZ pflegt daher zusammen mit den anderen Gif tinformationszentren in Deutschland eine Liste sachkundiger Personen, überwiegend Pilzsachverständigen der Deutschen Gesellschaft für Mykologie (DGfM), die bereit sind, bei solchen Pilzunfällen mit ihrer Expertise zu helfen. Mit 88 Pilzberatern/innen stehen in Baden-Württemberg

vergleichsweise viele Personen zur Verfügung. In Deutschland sind es insgesamt 569 Pilzberater (Stand 2010).

In den Jahren 2006-2010 wurden von der VIZ 1.200 Fälle von Pilzverzehr beraten. Davon waren 654 Patienten symptomatisch (Tabelle 1). Eine typische Situation, in der die Hilfe der VIZ gesucht wird, besteht darin, dass Kleinkinder in einem unbeobachteten Moment (meist beim Spiel im Freien) Pilzkörper finden und probieren (knapp 30 % der Fälle). Da es sich meist nicht um gängige Speisepilze handelt, kann oft nur ein Pilzsachverständiger klären, welcher Pilz gegessen wurde. Ist die Spezies geklärt, kann die VIZ Auskunft geben, ob und mit welchen Beschwerden zu rechnen ist, und welche Therapie gegebenenfalls eingeleitet werden sollte. Glücklicherweise probieren die Kinder meist nur kleine Pilzmengen, so dass in der VIZ zumindest in den Jahren 2006-2010 bei diesen Ereignissen maximal leichte Symptome dokumentiert wurden. Allerdings konnte nicht in allen Fällen der Verlauf bis zum Ende verfolgt werden.

Schwerer verlaufen die Fälle mitunter, wenn die Patienten absichtlich giftige Pilze zu sich genommen haben, um einen Rausch zu erzeugen. Dazu werden z.T. gekaufte halluzinogene Pilze eingesetzt, zum Teil auch Pilze selbst gesammelt. In 19 Fällen wurden die Pilze in einer solchen Absicht eingenommen und führten in 11 Fällen zu Symptomen, die eine Krankenhausbehandlung erforderlich machten (Verwirrtheit, Halluzinati-

onen – z.T. sehr angstbeladen, Kreislaufreaktionen, Magen-Darm-Beschwerden).

Bei schweren Vergiftungen, die uns angezeigt wurden, wurden die Pilze meist im Rahmen einer Mahlzeit verspeist, in der Meinung, es handle sich um Speisepilze. Aber auch nach der Einnahme von Pilzen in der Absicht, sich zu berauschen, wurden von schweren Vergiftungen berichtet. Bei den schweren Vergiftungen, die der VIZ in den Jahren 2006 bis 2010 berichtet wurden, wurden als Symptom unter anderem starkes Erbrechen, Durchfall, schwerer Leberschaden, bleibendes Nierenversagen, Halluzinationen und schwere Agitation berichtet. Auch wenn nicht in jedem Einzelfall die genaue Pilzart sicher zu identifizieren war, konnten die berichteten Symptome den oben geschilderten Syndromen zugeordnet werden.

Die einzige Patientin, die in den Jahren 2006-2010 nach der Aufnahme von Pilzen verstorben ist, bereitete sich einen Pilzsud zu, den sie mehrfach innerhalb einiger Tage zu sich nahm. Es blieb unklar, um welche Pilze es sich handelte, und warum sie das tat. Vier Tage nach Beginn dieser „Diät“ wurde sie mit schwerer Leberfunktionsstörung im Krankenhaus aufgenommen und eine Lebertransplantation vorbereitet, die aber nicht mehr durchgeführt werden konnte.

Ein ungewöhnlicher Fall betrifft sodann einen älteren Herrn, der abends eine Mahlzeit aus Speisemorcheln (*Morchella esculenta*; Abb. 2) zu sich



Abbildung 2. Die Speisemorchel (*Morchella esculenta*) gilt als vorzüglicher Speisepilz. Dennoch kommt es immer wieder zu Unverträglichkeiten. Die Ursache dieser wechselnden Verträglichkeit ist noch unklar. – Foto: M. SCHOLLER.

Tabelle 1. Anzahl der Fälle mit vermuteter Pilzvergiftung, bei denen Symptome aufgetreten sind. Nicht in jedem Fall sind die geschilderten Symptome durch die Wirkung der Pilze zu erklären (in der rechten Spalte sind nur die symptomatischen Fälle aufgeführt, die durch die Aufnahme von Pilzen erklärt werden können; insgesamt 70 % der symptomatischen Fälle). Mittelschwere Symptome erfordern eine ärztliche Behandlung (ggf. auch ambulant), schwere Symptome bedingen die stationäre Behandlung im Krankenhaus.

	Symptomatische Fälle nach Kontakt mit Pilzen	Fälle, wo Pilze zumindest möglicherweise die Ursache der Beschwerden waren
Leichte Symptome	521	346
Mittelschwere Symptome	122	102
Schwere Symptome	11	8
Tödlich	1	1

nahm und am nächsten Morgen neurologische Symptome entwickelte: Zittern, Gangunsicherheit (zeitweise konnte er nicht mehr alleine laufen), bei geschlossenen Augen auch Halluzinationen und Übelkeit. Die Symptome besserten sich bereits nach einigen Stunden ohne besondere Therapie und waren am Folgetag fast verschwunden. Dieses Krankheitsbild nach Morchelgenuss tritt in Einzelfällen auf, wurde aber bislang nur gelegentlich in der Literatur beschrieben. Es wurden viele Hypothesen zur Ursache entwickelt. Bisher kann aber keine von ihnen alle bekannten Fälle erklären.

Verhalten bei Verdacht auf Pilzvergiftung

Wegen der möglicherweise schwerwiegenden Folgen einer Pilzvergiftung – sei es durch Giftpilze oder durch verdorbene Pilze – sollte man nur frische Pilze und ausschließlich solche verwenden, die man sicher identifiziert hat (oder die von vertrauenswürdigen Personen bestimmt wurden).

Sollte dennoch der Verdacht auf eine Pilzvergiftung aufkommen, muss Folgendes beachtet werden:

- Nicht (!) auf Symptome warten. Gerade die Pilzarten, die erst spät Vergiftungssymptome auslösen, sind besonders gefährlich.
- Übrig gebliebene Pilze, Putzreste oder Essensreste sollten aufgehoben werden.
- Eine Giftinformationszentrale muss kontaktiert und das weitere Vorgehen besprochen werden.

Ausgewählte Publikationen

- STEDTLER, U. (2009): Jahresbericht Pilze 2007 der VIZ Freiburg. – Südwestdeutsche Pilzrundschau, **45**(1): 18-20.
- STEDTLER, U. (2011): Jahresbericht Pilze 2009 der VIZ Freiburg. – Südwestdeutsche Pilzrundschau, **47**(1): 25-27.
- STEDTLER, U., SCHUSTER, K., HERMANN-CLAUSEN, M. (2010): Neurologische Symptome nach dem Genuss von Speisemorcheln. Fallbericht eines *Morchella*-Syndroms. – 10. Kongress der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin: 107.

www.pilzepilze.de: Die erste pilzkundliche Internetseite in Deutschland

GEORG MÜLLER

Kurzfassung

Die Entstehung und die aktuellen Angebote der ersten deutschen pilzkundlichen Internet-Präsenz „www.pilze.pilze.de“ werden beschrieben.

Abstract

www.pilzepilze.de: The first German mycological website

An overview is given of the history of the first German mycological website “www.pilzepilze.de” and its services.

Autor

GEORG MÜLLER, Umlandstr. 18, 76332 Bad Herrenalb, E-Mail: Georg.Mueller@pilzepilze.de

Einleitung

Es ist heute nur noch schwer vorstellbar, dass das Internet vor 20 Jahren praktisch nicht existierte bzw. nur einem engen Nutzerkreis an einigen Universitäten zugänglich war. Dies zeigt sich z.B. auch in der Liste mykologischer Adressen im Anhang dieses andrias-Bandes, wo jede Institution eine eigene Internetseite vorweisen kann. Entstanden war das Internet in den 1960er Jahren aus dem Bestreben, die Informationsinfrastruktur des amerikanischen Militärs ausfallsicher und redundant verfügbar zu halten. Dazu wurden verschiedene Protokolle entwickelt, die in den 1970er und 1980er Jahren dazu benutzt wurden, Rechner zunächst in den USA, später auch mehr und mehr weltweit zu vernetzen und Informationen zwischen ihnen auszutauschen. Zu dieser Zeit waren es hauptsächlich textbasierte Informationen und reine Daten, die transportiert wurden. Die Verknüpfung von Informationen durch so genannte Links und die Darstellung von Bildern wurden nur theoretisch behandelt. Dennoch wuchs der Einfluss des Internets im Laufe der 1980er Jahre, und mit E-Mail und Usenet entstanden wichtige textbasierte Kommunikationsmittel, die auch heute noch verwendet werden. Der große Durchbruch geschah jedoch in den

1990er Jahren, als am europäischen Kernforschungszentrum CERN durch TIM BERNERS-LEE der erste so genannte Webserver in Betrieb genommen wurde. Ein Webserver ist ein Rechner, der an das Internet angeschlossen ist und Dokumente auf Anfrage ausliefert. Meist sind diese Dokumente HTML-Seiten, die anklickbare „Links“ enthalten, die auf weitere Datenseiten oder Bilder verweisen und so eine umfassende Verknüpfung großer Datenmengen erlauben. Spezielle Programme („Browser“) wurden entwickelt, um diese Dokumente anzuzeigen und waren mittels aktueller Eingabegeräte zu bedienen. Diese dramatische Verbesserung der Interaktivität gegenüber den früheren Protokollen hat zu einer raschen Akzeptanz des Internets geführt. Schnell vermehrte sich die Zahl der vernetzten Rechner. Waren es 1993 in Deutschland gerade einmal 15 und weltweit etwa 500 Webserver, schnellte diese Zahl 1997 auf über 6 Millionen (http://de.wikipedia.org/wiki/Chronologie_des_Internets). Heute (2011) sind es mehrere hundert Millionen und das Internet hat sich in dieser kurzen Zeit als Massenmedium etabliert. Es gibt ein unüberschaubares Angebot von Datenbanken, Nachrichtenseiten, Sozialen Netzwerken und sonstigen Diensten zu allen nur vorstellbaren Themengebieten. Auch die Mykologie ist mittlerweile sehr umfangreich vertreten.

www.pilzepilze.de

Just zu der Zeit, als in Deutschland die ersten Webserver aufgestellt wurden, begann ich als Physikstudent mit meiner Diplomarbeit im Fach Meteorologie am Institut für Meteorologie und Klimaforschung der Universität Karlsruhe. Meteorologische Fragestellungen werden meist mittels Rechnern gelöst, und so hatte ich ausgiebig Gelegenheit, die rasant entstehenden neuen Möglichkeiten zu beobachten und bald auch selbst zu nutzen. Als ab etwa 1994 vom Universitätsrechenzentrum das Angebot präsentiert wurde,

eigene Inhalte mittels Webseiten zu veröffentlichen, lernte ich umgehend Hypertext Markup Language (HTML), um mein seit früher Kindheit bestehendes Interesse an Pilzen in Form eines Informationsangebotes im neuen „Netz“ zu manifestieren. Ich schrieb einige Artikel über Pilzvergiftungen und die Bedeutung wissenschaftlicher Namen und bastelte eine einfache HTML-Seite: „Alles über Pilze“. Etwas hochtrabend gewiss, war es dennoch die meines Wissens erste nennenswerte mykologische deutschsprachige Webpräsenz. Die Zugriffszahlen waren sehr mäßig, da damals kaum jemand privaten Netzzugang hatte und auch eine Verlinkung auf anderen Seiten kaum stattfand. Suchmaschinen, wie sie heute allgegenwärtig sind, gab es noch keine. Ich veröffentlichte noch einige weitere Seiten über andere meiner Interessen sowie eine recht umfangreiche Wetterseite mit aktuellen Wetterdaten und -karten. Die Pilzseite wurde nur ab und an angeklickt, fand aber vorerst keine große Resonanz. Dies sollte sich erst einige Jahre später ändern.

Im Herbst 1998 fand ich in Karlsruhe eine stattliche Kolonie des halluzinogenen Pilzes *Psilocybe cyanescens* (Blauer Kahlkopf). Ich nahm sie mit und startete einige Tage später einen Selbstversuch mit den getrockneten Pilzen. Meine Erlebnisse protokollierte ich und platzierte den Text auf meiner Pilzseite als Aufmacher der neuen Rubrik „Pilzgeschichten“ (www.pilzepilze.de/pt1.html). Mittlerweile waren Suchmaschinen verfügbar, die jeden Artikel auffindbar machten und so auch bald meinen Selbstversuch. Binnen weniger Wochen wurde er mehrere tausend Male gelesen und auch verlinkt.

Pilzforum

Meine Pilzseite wurde recht schnell sehr bekannt, und die Anfragen zu pilzbezogenen Themen per E-Mail häuften sich zusehends. Diese alle zu beantworten, sah ich mich außerstande, sodass ich auf die Idee kam, die Besucher direkt miteinander in Kontakt zu bringen, um so den Wissensaustausch effizienter zu gestalten. So entstand die Idee eines „Forums“, das dann nach Installation entsprechender Software startete (www.pilzepilze.de/forum) auf der mittlerweile in „PilzePilze-Pilze“ umbenannten Seite. Überraschenderweise war die Aktivität von Anfang an recht hoch, und Anfragen wurden meist innerhalb weniger Tage oder gar Stunden beantwortet. Eine „Community“ entwickelte sich und ich kam mit neuen interessanten Leuten in Kontakt. So rief mich z.B. eines

Tages der Pilzbuchautor GERMAN JOSEPH KRIEGL-STEINER an und zeigte sich stark erregt ob eines Beitrags im Forum, in dem ich die Sortierung des Registers nach Gattungs- und nicht nach Artnamen in seiner Veröffentlichung monierte. Er verstehe nicht, warum ich nur öffentlich kritisiere und mich nicht selbst an der Kartierung beteilige. Nach einigem Hin und Her fand ein schönes und ertragreiches Kartierwochenende statt, das ich zusammen mit ihm und einigen Mitstreitern nahe meiner Heimatstadt Oberkirch durchführte. Damit war das Internet auch in den Köpfen der altgedienten Pilzherrschaften angekommen. Auch verschiedene Ärzte und Psychologen befragten mich zu meinen Psilocybin-Erfahrungen, und schon fast regelmäßig kam – von einem anderen Personenkreis – die Frage nach Standorten von Pilzen, welche ich natürlich möglichst allgemein beantwortete.

Es gab im Forum auch ab und an kleinere Konflikte mit Personen, die mehr Redefreiheit beanspruchten oder meinten, Propaganda veröffentlichen zu müssen. Im Großen und Ganzen lief aber alles (für ein Internetforum vergleichsweise) zivilisiert ab. Auch finden regelmäßige Forumstreffen statt, bei denen sich die Teilnehmer auch direkt austauschen.

Pilzfoto-Galerie

Der Wunsch, die gefundenen Pilze auch in Form von Fotos festzuhalten, erfüllte sich mit dem Aufkommen der Digitalfotografie für den Massenmarkt um das Jahr 2000. Rasch kamen mehrere Tausend Fotos zusammen. Mittlerweile befinden sich über 4.000 Fotos in der Galerie, die inzwischen mit professionell entwickelter Software organisiert wird (www.pilzepilze.de/galerie). Viele Verlage (z.B. Brockhaus, Pearson Studium) und Medienanstalten (z.B. SWR) verwenden Pilzfotos von „www.pilzepilze.de“. Die dadurch eingekommenen Honorare erlauben zumindest die Finanzierung des Servers, auf dem die Seiten gehostet werden und ab und an die Modernisierung der Kameraausrüstung.

Nutzerzahl

Heute werden pro Jahr ca. 20.000 Beiträge verfasst, die jeweils wiederum von bis zu mehreren hundert Nutzern gelesen werden. „www.pilzepilze.de“ hatte 2011 etwa 1.000 regelmäßige Nutzer. Zur Pilzhauptsaison (Juli-Oktober) sind es mehrere 1.000 Besucher pro Woche. Die Gesamtzahl der Bildabrufe aus der Foto-Galerie liegt bisher bei über 10 Millionen (Stand: Ende

Pilze, Pilze, Pilze

Aktuell: Neue Galerie - Über 4300 Fotos von mehr als 500 Pilzarten - Die 100 neuesten Bilder

Web www.pilzepilze.de

Neuestes Foto aus der Galerie

05.05.2009
 Zufalls-Pilz aus der Galerie

Pholiota flammans

Interessantes	Wissenswerte Tatsachen aus der Welt der Pilze.
Pilzvergiftungen	Übersicht der wichtigsten Pilzvergiftungstypen und der sie verursachenden Pilze. Mit Fotos der jeweiligen Giftpilze.
Pilzbücher	Hier werden einige interessante Pilzbücher vorgestellt, die mir in den letzten Jahren aufgefallen sind.
Wissenschaftliche Namen	Wörterbuch der botanischen Namen der Pilze. Alphabetsch nach Wortstämmen angeordnet.
Fundliste	Dies ist eine Liste der Pilzarten, die ich in den vergangenen Jahren gefunden und bestimmt habe (mittlerweile veraltet).
Pilzgeschichten	Hier erscheinen in unregelmässigen Abständen 'pilzige' Artikel. Eigene Beiträge sind erwünscht!
Pilzlinks	Meine gesammelten Pilzlinks: Pilzbilder, Gesellschaften, Institute, Zucht, Zauberpilze, Rezepte ...
Pilze Pilze Forum	Hier kann alles diskutiert werden, was mit Pilzen zu tun hat. Es gibt auch einen Chat zum online diskutieren.
Pilzgalerie	 Über 4300 Pilzfotos von mehr als 500 Arten! Die Alte Galerie ist nach wie vor verfügbar.

Baumpilze
 Baumgutachten, Gehölzwertermittlung Baunseminare und -führungen.
www.baumerfahrung.de 

Abbildung 1. Startseite der mykologischen Internetpräsentation pilzepilze.de im Dezember 2011.

2011). Die immensen Möglichkeiten einer Internetpräsenz in der Mykologie zeigt auch der Vergleich mit den mykologischen Printmedien, die nur einen Bruchteil des Publikums erreichen. So ist die Leserschaft deutschsprachiger pilzkundlicher Zeitschriften viel geringer, was sich leicht an der Auflage erkennen lässt (z.B. Südwestdeutsche Pilzrundschau 800, Der Tintling 2.500-3.000, Zeitschrift für Mykologie 1.580).

Ausblick

Wenngleich die absolute Nutzerzahl von „www.pilzepilze.de“ noch immer zunimmt, ist sie relativ zurückgegangen, da heute die Pilzfreunde auf eine Vielzahl anderer, nationaler wie internatio-

ner mykologischer Internet-Informationsquellen zurückgreifen können. Tatsächlich bieten heute viele öffentliche Forschungseinrichtungen (z.B. Sammlungs- und Literaturdatenbanken, Bestimmungsschlüssel) oder Vereine und Verbände wie die „Deutsche Gesellschaft für Mykologie e.V.“ (z.B. Verbraucherinformationen, Veranstaltungen, Diskussionsforen) mykologische Informationen in viel umfangreichem Maße an, als dies „www.pilzepilze.de“ vermag. Früher oder später werden auch mykologische Zeitschriften nur noch online überlebensfähig sein. Die international bedeutenden deutschen (englischsprachigen) Zeitschriften „Mycological Progress“ und „Mycoses“ haben schon seit vielen Jahren beides, eine Druck- und eine online-Version.

Deltopyxis triangulispora gen. et sp. nov., a polysporous *Tromeropsis*-like discomycete of unclear relationship

HANS-OTTO BARAL & GUY MARSON

Abstract

The new genus and species *Deltopyxis triangulispora* is described. It is so far known from 14 sites in the south of Luxembourg and one in the neighbouring region of France. The discomycete forms very small, blackish-brown apothecia on bark, more rarely on wood, but particularly on more or less strongly senescent hymenia of *Vuilleminia* spp. The apothecia occur on dead, corticated, internally very slightly to rather strongly white-rotten, attached or broken, periodically dry branches at a height of about 1–3 m above ground. In most of the collections *Vuilleminia* was present and covered the bast on one side of the branch, while the periderm still covered the remaining areas. *D. triangulispora* is so far recorded on angiosperm shrubs of the genera *Corylus*, *Crataegus*, *Ilex*, *Prunus*, and *Salix*, which had an advanced age or were already dead. The species prefers undisturbed, usually thermophilous hedges or open woodlands, especially close to their edges, but sometimes occurs also in dense, more air-humid woods. The fungus is characterized by 64-spored, elongate saccate, short-stalked, inamyloid, rather thin-walled asci which arise from croziers and open at the apex by a broad slit-like pore. The hyaline ascospores have a distinctly triangular shape when seen in profile view, but look slightly flattened, (ellipsoid-)deltoid in front view. In the living ascus they are arranged in a dense elongate cluster, which is forcibly discharged as one entity. The position of *Deltopyxis* within the Ascomycota is unknown.

Kurzfassung

***Deltopyxis triangulispora* gen. et sp. nov., ein viel-sporiger, *Tromeropsis*-ähnlicher Discomyzet von unklarer systematischer Stellung**

Die neue Gattung und Art *Deltopyxis triangulispora* wird beschrieben. Bislang sind 14 Standorte im Süden Luxemburgs und eine in der angrenzenden Region Frankreichs bekannt. Der Discomyzet bildet sehr kleine, schwarzbraune Apothecien auf Rinde, seltener Holz, und besonders auf mehr oder weniger stark gealterten Hymenien von *Vuilleminia*-Arten. Apothecien traten ausschließlich auf toten, berindeten, intern leicht bis ziemlich stark weißfaulenden, ansitzenden oder gebrochenen, wiederholt trockenfallenden Ästen in einer Höhe von ungefähr 1–3 m über dem Boden auf. In den meisten Kollektionen war *Vuilleminia* auf einer Seite des Asts

vorhanden, während das Periderm den Bast auf den verbleibenden Astflächen noch bedeckte. *D. triangulispora* konnte bislang auf Angiospermen-Sträuchern der Gattungen *Corylus*, *Crataegus*, *Ilex*, *Prunus* und *Salix* nachgewiesen werden, welche ein fortgeschrittenes Alter zeigten oder bereits abgestorben waren. Die Art bevorzugt ungestörte, normalerweise wärmeliebende Hecken oder offene Wälder, vorzugsweise in Wald-randnähe, kommt aber manchmal aber auch in dichten, luftfeuchteren Wäldern vor. Der Pilz ist gekennzeichnet durch 64-sporige, länglich-sackförmige, kurz gestielte, inamyloide, ziemlich dünnwandige Asci, die aus Haken entstehen und sich apikal mittels eines schlitzförmigen Porus öffnen. Die hyalinen Ascosporen haben in Profilansicht eine deutlich dreieckige Form, während sie in Rückenansicht leicht abgeflacht, (ellipsoid-)rauten- bis drachenförmig aussehen. Im lebenden Ascus sind sie in einer dichten, länglichen Traube angeordnet, welche als eine Einheit aktiv abgeschossen wird. Die Position von *Deltopyxis* innerhalb der Schlauchpilze ist unbekannt.

Autoren

HANS-OTTO BARAL, Blaihofstr. 42, Tübingen, D-72074 Germany, E-Mail: zotto@arcor.de
GUY MARSON, 45 B, rue de Bettembourg, Hesperange, L-5810 Luxembourg

1 Introduction

During various searching trips for desiccation-tolerant ascomycetes on xeric (= exposed, periodically dry), dead branches, the second author discovered in 1991 a very small blackish-brown discomycete with polysporous asci and triangular spores, which could not be identified with the consulted literature. It somewhat resembled the unispecific genus *Tromeropsis* SHERWOOD. However, a number of characteristics deviate from *Tromeropsis*, therefore, we place this apparently undescribed species in a new genus.

In most of the collections the species was found fruiting on the hymenia of slightly to very strongly decayed *Vuilleminia*. This saprobiontic corticioid

genus of basidiomycetes decorticates dead attached branches by rupturing the periderm. However, on some of the recorded hosts of *D. triangulispora* (*Salix*, *Ilex*) the presence of *Vuilleminia* could not be demonstrated. The fungus appears to have been overlooked because of its minute apothecia and its exclusive occurrence on xeric branches, a habitat which is currently neglected by collectors. Our collecting activities showed that such branches carry a vast diversity of little known ascomycetes.

2 Materials and Methods

2.1 Microscopy

Observations were made with a Zeiss Standard 14 microscope with 100x oil immersion phase contrast achromat objective, and a modified Olympus CH-2 microscope with a Zeiss 100/1.25 oil immersion planachromat objective and Zeiss Kpl W 16 x/16 wide field oculars. All collections were examined in tap water, mostly in the living state (see Baral 1992), after rehydrating the branches which were dry when collected. IKI was added either directly to a water mount, or after treatment with KOH. The presence of gel was tested using CRB added to a water mount. CR_{SDS} was applied to a mount in KOH. Photographic images (macro- and microphotos) were obtained using a Nikon Coolpix E4500 and a Canon S70 by using different macrolenses, and all drawings were done free-hand.

2.2 Cultures and media

Pure cultures were obtained from ascospores shot on Corn Meal Agar (Sigma-Aldrich, Fluka analytical #42347). 4g CMA and 12 g Agar-Agar (Merck #1615) were dissolved in 1l water, which corresponds to a dilution of 1:4 of the recommended concentration. The agar plates were incubated at room temperature. Illumination with UV-A (365 nm) for some hours was partly applied.

2.3 Deposition of cultures and dried specimens

Type material is deposited in the public herbaria at Botanische Staatssammlung München (M) and Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe (KR), further specimens in the private herbaria of the authors (H.B., G.M.). The pure culture is deposited at Centraalbureau voor Schimmelcultures (CBS). A sequence is deposited in GenBank (JQ688406).

3 Results

Abbreviations: * = living state, † = dead state. Relative lipid content: 0 = without lipid bodies (= LBs), 5 = maximum possible lipid content relative to ascospore volume. Values in { } indicate the number of collections that were examined. IKI = Lugol's solution, ~1% I₂, 2% KI, in H₂O; KOH = potassium hydroxide, 5–10%; CR_{SDS} = Congo Red with SDS (sodium dodecyl sulfate); CRB = Brilliant Cresyl Blue, ~1% in H₂O; KClO = potassium hypochlorite.

Deltopyxis triangulispora BARAL & G. MARSON gen. et sp. nov.

Mycobank: MB 564441, 564489

Diagnosis generico-specifica: Apothecia solitaria vel gregaria, 0.07-0.35 mm diam, 60-160 µm alta, sessilia, brunneoatra, orbicularia, superficialia, margine distincta, leniter crenulata. Asci in statu vivo 30-50 × 10-13 µm, clavato-fusoidei, apice late rotundati, tenuitunicati, inamyloidei (IKI), 64-spore, saepe non stipitati, e uncis nati. Ascosporeae in statu vivo 2.5-4 × 2-3 µm, triangulares, guttulis oleagineis 1-4 praeditae. Paraphyses rectae, non ramosae, dense septatae, in statu vivo 1.5-2.8 µm latae, apice clavatae vel capitatae, 2-3.3 µm latae, cellulae terminales 2.3-7 µm longae, exsudato granulato, intense flavo-brunneo tectae. Excipulum ectale e textura prismatica-angulare, 10-95 µm altum, cellulae 5-17 × 3-9 µm, angulo arduo orientatae, multi- ad eguttulatae, gelatina intercellularis pallide ochracea, extus exsudato crasso, obscure rubrobrunneo vel (olivaceo-) brunneo tectum, in solutione KOH non dissoluto, excipulum marginem versus 15-30 µm crassum, textura prismatica-globulosa. Habitat ad corticem vel lignum ramulorum durorum siccorum Coryli, Crataegi, Illicis, Pruni vel Salicis, in societate vel supra basidiomata Vuilleminiae et algas.

Holotypus: Luxembourg, Dudelange, Därebësch, 24.XII.1991, in *Vuilleminia* senescente ad corticem ramuli sicci Crataegi, Guy Marson, holotypus in M-0190818 (ex H.B. 4576a) isotypus G.M. 4668.

Etymology: named after the triangular, in dorsal view deltoid ascospores and the resemblance with the genus *Phaeopyxis*.

Apothecia rehydrated (0.07-)0.1-0.28(-0.35) mm diam {8}, 60-160 µm thick {7}, scattered to gregarious, singly or crowded in small groups, sessile or

with an indistinct stipe-like base, superficial, round, hymenium flat, light cream to dark brownish-grey or blackish, margin dark brown to black, always indistinctly to distinctly crenulate-pustulate, hairless, protruding (0-)5-20 μm beyond hymenium {4}, exterior on flanks \pm glabrous. **Asci** *(30-)32-40(-50) \times (8-)9.5-12(-13) μm {6}, †(23-)35-40(-45) \times (7-)8-10 μm (spores alive) {5}, †24-35(-45) \times (6.5-)7-10(-11) μm {7} (spores dead), ellipsoid-clavate-fusoid, 64-spored (50-64 spores counted) {6}, spores in living mature asci forming a central column *23-33 \times 6.5-9 μm , in dead asci filling the whole ascus lumen; **apex** of mature asci broadly hemispherical, rather thin-walled (*0.3-0.4 μm , †H₂O 0.5-0.6 μm), in KOH subapical and upper lateral wall distinctly swollen (especially in immature asci), 0.5-1.4 μm thick {4}, with a \pm distinct apical chamber (here wall 0.3-0.7 μm thick), opening by a large slit-like pore, entirely IKI- {4} (with or without pretreatment with 5 % KOH), wall surface in CRB faintly to deeply lilac {2}, ectotunica of apex in KOH+CR_{SDS} partly distinctly reddish; **base** \pm unstalked, rarely stalked, arising from croziers without perforation {6}; immature living asci with fusion nucleus 5 μm diam {2}, nucleolus 2.5 μm diam, asci multinucleate prior to spore delimitation, ascoplasma staining red-brown in IKI only at the base of some submature asci. **Ascospores** slightly to strongly triangular in profile view, medium flattened and \pm deltoid to ovoid in dorsal view, *(2.5-)2.8-3.5(-4) \times (2-)2.2-2.8(-3) μm {7}, †2.3-3 \times 1.8-2.3 μm {1}, *1.8-2.3 μm wide in dorsal view (†1.7-1.9 μm); with 1-4 LBs 0.5-1.2 μm diam {4} (often only near one end, relative lipid content 2-3), KOH-inert, CRB-, CR-; germinating ascospores rarely seen, budding to form cylindrical(-ellipsoid) **phialoconidia** *2-3 \times 1-1.2 μm {1} with 1-2 small LBs. **Paraphyses** straight, consistently unbranched along their entire length, without anastomoses, laterally emerging from excipular cells at the junction of hymenium and ectal excipulum, terminal cells *2.7-6 \times (2-)2.5-3(-3.3) μm {4}, †2.3l-7 {2} \times (1.3-)1.8-2.7(-3) μm {4} (3-4 μm wide including gel sheath), slightly to distinctly clavate-capitate, lower cells *(4-)5-9(-10) \times (1.5-)1.7-2.3(-2.7) μm {5}, †(4-)5-6.5(-7.5) \times (1-)1.3-1.8 (-2) μm {2}, near base *4-7 \times 2.2-3.5 μm (†1.6-2.3 μm wide); 2-4 μm longer than living asci, 4-9 μm longer than dead asci; living cells constricted at septa, containing a few small LBs, some terminal or lower cells with a very indistinct, transient, globose body 1-1.2 μm diam; middle part agglutinated with asci by a gel (CRB bright lilac); **exudate** directly attached or over a 0.5-1.5 μm

thick gel, cloddy to granular, pale to deep yellowish- to ochraceous- or olivaceous-brown, 0.2-0.6 up to 1-2 μm thick, unchanged in KOH. **Medullary excipulum** 5-30 μm thick, of hyaline, dense, slightly gelatinized, partly horizontally oriented textura globulosa-angularis-prismatica, cells *2-5 μm wide, multiguttulate to eguttulate, indistinctly delimited from ectal excipulum. **Ectal excipulum** at base and lower flanks of textura (prismatica-) globulosa-angularis, (10-)30-95 μm thick {4}, light brown (subhyaline near base), orientation irregular or at a 30-90° angle towards surface, individual cells *(5-)6-12(-17) \times (3-)4-7(-9) μm {5}, containing a few or many larger and smaller hyaline LBs (0.2-)1-2(-3) μm diam, also \pm eguttulate depending on the population, at mid flanks and margin 15-30 μm thick, of textura prismatica-globulosa \pm irregularly oriented at 10-90°, cells *(2.5-)3-5(-6) \times (2-)2.5-3.5(-4) μm {2}; cells (†) thin-walled but agglutinated by a medium refractive intercellular gel */†1-2(-3) μm thick, lower flanks medium gelatinized, at mid flanks strongly so, gel in CRB deep lilac; inner cells at margin forming periphyses-like outgrowths; intercellular pigment at lower flanks scattered, light reddish ochre-brown, towards margin abundant, bright (olivaceous-)yellowish-ochraceous to red-brown; all parts of ascocarp inamyloid (IKI); **exudate** on excipular surface forming large, 1-2 μm thick, deep red-brown to olivaceous-brown clods, scattered on flanks, dense at margin; pigment unchanged in KOH though sometimes darker, not dissolved (even when heated), stained blue in CRB, entirely discoloured in KClO. **Anchoring hyphae** very sparse, hyaline, smooth, *1.5-2 μm wide, wall 0.2 μm thick {2}. — **Anamorph: Conidiomata** 0.12-0.25(-3.5) mm diam, round, densely gregarious, partly confluent and then reaching 0.8 mm diam, sessile, with a bright ochre- to red-brown peridium composed of globose, light brown cells; at first globose, black, apically closed, opening by a transversal slit, margin indistinctly crenulate, producing a whitish slimy conidial mass. **Conidiophores** subglobose to obpyriform, with a short to long neck, *4.5-8 \times (2.5-)3-3.3 μm , conidiogenesis phialidic with minute collarete. **Phialoconidia** *(2.7-)3.2-4.5 \times (1-)1.1-1.4(-1.5) μm , straight to slightly curved, eguttulate or with a single minute LB.

Ecology: collected in ca. 1-3 m above ground, on (9-)12-25(-34) mm thick, corticated or partly decorticated, dead, internally little to rather strongly white-rotten, attached or sometimes broken branches of *Corylus avellana* {1}, *Crataegus* sp.

{6}, *C. laevigata* {1}, *C. monogyna* {4}, *Ilex aquifolium* {1}, *Prunus spinosa* {7}, *Salix caprea* {1}, *Salix xcapreola* {1}, *Salix* (?)*cinerea* {1}, on little to mostly medium (sometimes strongly) rotten bark {3} and wood {4}, often on slightly to very strongly decayed *Vuilleminia* spp. {16}, *V. cystidiata* {3}, periderm usually present only on one side of the branch, ruptured and rolled aside by *Vuilleminia* which is either still perceptible or has disappeared, in the latter case apothecia on exposed bast, sometimes over narrow cracks of periderm, or on periderm around spines (*Prunus*), with abundant green aerophytic algae around and below apothecia, but often also without. **Assoc.:** *Capronia* aff. *chlorospora* {4}, *Catillaria nigroclavata* {1}, *Chaetosphaeria myriocarpa* {1}, *Claussenomyces* sp. (on *Vuilleminia*) {2}, *C. atrovirens* (conidia ellipsoid) {1}, *C. aff. atrovirens* (conidia allantoid) {1}, indet. *Corticaceae* {2}, *Cryptocoryneum condensatum* {1}, *Dacrymyces* sp. {1}, *Dactylospora* spp. {13}, *Eutypella prunastri* {1}, *Frullania dilatata* {2}, *Gloniopsis smilacis* {1}, *Hyphodiscus* aff. *hymenophilus* {3}, *Hyphodontia sambuci* {1}, *Hypnum cressiforme* {3}, *Lepraria* sp. {4}, *Melanelia exasperatula* {2}, *Thyridaria* sp. {2}, *Metzgeria* sp. {1}, ?*Nitschkia* sp. {1}, *Orbilbia eucalypti* {1}, *O. vinosa* {1}, *Parmelia sulcata* {2}, *Patellariopsis atrovinosa* {1}, *Peniophora* sp. {1}, *Physcia* sp. {2}, *Platismatia glauca* {1}, *Polydesmia pruinosa* {1}, *Porina aenea* {2}, *Rhizodiscina lignyota* {2}, *Ulota crispa* {1}. **Altitude:** 220–395 m. **Geology:** mostly ± calcareous: Lower Keuper (Bunte Mergel), Lower Liassic (Grès de Luxembourg, Marnes et Calcaires de Strassen), Upper Liassic (minette, Toarcien; Bettembourg bituminous shale), Lower Dogger (coral limestone). **Phenology:** throughout the year. **Desiccation tolerance:** After 7–10 weeks alive in all parts; after 17 months still many spores and excipular cells, and some paraphysis cells viable.

Specimens examined (all collected by G. MARSON, \emptyset = no specimen preserved):

France, Lorraine, Moselle: 2.8 km SE of Dudelange, 1.5 km WNW of Zoufftgen, Nachtweide, 255 m, *Crataegus monogyna*, on very old *Vuilleminia*, 4.XI.2011 (G.M. 2011.11.04. #01).

Luxembourg: Mersch, 4 km S of Larochette, 2 km E of Fischbach, E of Folkend, Wald, 350 m, *Ilex aquifolium*, on wood, 25.IV.1994 (\emptyset); – *ibid.*, *Ilex aquifolium*, on wood and bark, 6.XII.2011 (G.M. 2011.12.06. #01). – **Luxembourg,** 5.5 km NNW of Luxembourg, 1.5 km E of Bridel, Plakigebierg, 280 m, *Prunus spinosa*, on *Vuilleminia*, 7.III.2003 (H.B. 7316). – 6 km S of Luxem-

bourg, 0.8 km SE of Fentange, Wênkel, 265 m, *Salix caprea*, on ?bark, 7.III.1993 (\emptyset). – **Capellen,** 5 km ENE of Pétange, 1 km E of Hautcharage, Reischlaedchen, 328 m, *Prunus spinosa*, on *Vuilleminia cystidiata*, 27.III.1999 (\emptyset ?). – Grevenmacher, 4 km NNE of Grevenmacher, 2 km NW of Mertert, Schlaufiels, N of Schlammbaach, 220 m, *Corylus avellana*, on old *Vuilleminia*, 19.III.1995 (H.B. 5281b). – **Esch-sur-Alzette,** 2.3 km SE of Dudelange, Därebësch, 272 m, *Prunus spinosa*, on bark, 12.XII.1991 (H.B. 4571a, G.M. 4643); – *ibid.*, *Crataegus* sp., on *Vuilleminia*, 24.XII.1991 (M [ex H.B. 4576a], **holotype**; G.M. 4668, isotype); – *ibid.*, *Prunus spinosa*, on bark, 23.II.1992 (G.M. 4786); – *ibid.*, ?*Crataegus*, on old *Vuilleminia*, 17.IV.1996 (\emptyset ?); – *ibid.*, *Prunus spinosa*, on *Vuilleminia cystidiata*, 20.V.2001 (\emptyset); – *ibid.*, *Crataegus laevigata*, on old ?*Vuilleminia*, 28.II.1998 (H.B. 6071a); – *ibid.*, *Crataegus* sp., on *Vuilleminia*, 2.XI.2000 (H.B. 6820a); – *ibid.*, *Prunus spinosa* and *Crataegus* sp., on *Vuilleminia cystidiata*, also on bark, 30.X.2011 (KR 0029475, ex H.B. 9634a); – *ibid.*, *Crataegus*, on old *Vuilleminia*, 14.I.2012 (\emptyset). – 2.5 km NNE of Dudelange, 1.2 km S of Bettembourg, near railway area, 280 m, *Salix* (?)*cinerea*, on wood, 16.X.2000 (H.B. 6808a). – 1.5 km W of Dudelange, Haard, 345 m, *Crataegus monogyna*, on *Vuilleminia*, 30.V.2010 (G.M. 2010.05.30. #01). – 2 km SE of Dudelange, Bloklapp, 288 m, *Prunus spinosa*, on old *Vuilleminia*, 19.I.2007 (\emptyset ?). – 1.5 km S of Differdange-Obercorn, Kiemreech, 395 m, *Crataegus monogyna*, on old *Vuilleminia*, 6.VIII.2008 (\emptyset). – 1 km S of Differdange-Obercorn, Kallek, 380 m, *Crataegus monogyna*, on old *Vuilleminia*, 16.VI.2010 (H.B. 9626a). – 5 km SSW of Luxembourg, 0.7 km N of Kockelscheuer, 305 m, *Salix xcapreola*, on wood, 10.XI.2000 (H.B. 6836b). – 1.5 km SW of Kayl, Léiffrächen, 388 m, *Crataegus* sp., on *Vuilleminia*, 7.X.2011 (H.B. 9625b). – 1 km NW of Rumelange, Holleschbiërg, 380 m, *Crataegus*, on old *Vuilleminia*, partly on apothecia of *Dactylospora* sp., 6.IV.2010 (\emptyset).

4 Discussion

Based on its peculiar features of triangular spores and multispored asci, *Deltopyxis triangulispora* is a well-characterized fungus. In several of its characteristics, it showed some variation among the studied populations. However, this variation was never so strong that we excluded any of our collections from the description.

Apothecia. The small ascomata of *Deltopyxis triangulispora* are clearly recognizable only in the hydrated state. Their size is usually 0.1-0.2 mm but varies between 0.07-0.15 and 0.2-0.28 mm, rarely 0.35 mm, sometimes within a collection. According to the apothecial diameter, the height of the apothecia varies considerably. The hymenium is usually greyish-cream but especially in larger or older apothecia it may get dark blackish-brown due to more abundant exudate over the paraphyses.

Young (immature) apothecia of *D. triangulispora* are blackish and almost globose when rehydrated, with a diameter of 70-80 µm and a height of 60-70 µm. At their apex they possess a 15-20 µm wide pore. At this development stage no or only a few very immature asci are present. When the first asci attain maturity, the hymenium is distinctly exposed and bordered by the protruding dark margin.

Hamathecium ontogeny. In young apothecia the paraphyses grow upwards from the bottom of the young hymenium, but also from the sides of the hymenial cavity. Those that arise from the bottom form their short, capitate terminal cell only when they reach their final length.

During apothecial growth, new paraphyses were seen to be formed exclusively at the margin. At the junction of hymenium and ectal excipulum, new paraphyses emerge laterally from inner cells of the ectal excipulum (Fig. 1.3). When starting as lateral outgrowths, they resemble periphyses, but they soon bend upwards and elongate until they reach the hymenial surface. At this development stage they are still much shorter than the adult paraphyses, but they will elongate when the lateral excipulum becomes the bottom of the expanding hymenium.

Young paraphyses in *Deltopyxis* were never observed to develop between the asci, neither emerging from the subhymenium, nor by branching of adult paraphyses. This peculiar feature of marginal development of new paraphyses might support the isolated position of *Deltopyxis* in comparison to members of the *Helotiales* and *Orbiliomycetes*, in which young paraphyses generally develop also between the asci during apothecial growth.

Lipid bodies in excipular cells. In the holotype and some other collections, the cells of the ectal excipulum contained a more or less high amount of larger and smaller lipid bodies (LBs, Figs 1.1d, 1.2b, 5c). In some other collections the cells were often devoid of these droplets or contained them

in lower abundance. We conclude that the lipid content in the excipular cells is subjected to external circumstances rather than having a genetical origin.

Asci. Based on our observation of living asci at different stages of development, the ascospores of *Deltopyxis triangulispora* are formed by multiple mitoses after meiosis of the fusion nucleus, i.e., the asci are "truly polysporous" in the terminology of MARTENS (1937). True polyspory is also observed in the genera *Sarea* Fr. and *Tromeropsis* with similar elongate-saccate, multisporous asci and small ascospores (HAWKSWORTH & SHERWOOD 1981).

The asci are unitunicate and open by a large apical pore which is distinctly slit-like (Fig. 5g images on the upper right). An apical thickening is only slightly developed. In very young asci the entire ascus is thick-walled in the dead state (e.g., when mounted in KOH, Fig. 5g, images on the left), except for a small region at the very apex. Later the thickened part of the wall is restricted to the apical region (Fig. 1.1i), though this wall thickening is often rather inconspicuous, and immature asci may also be uniformly thin-walled (Fig. 1.1g).

The asci are inamyloid in IKI, with or without KOH pretreatment. In CR_{SDS} the ectotunica is distinctly stained, but only in the apical region (Fig. 5g, in another collection the wall did not stain). This congophilicity of the apical ectotunica could not be observed in any of those taxa of *Helotiales* and *Orbiliomycetes* that we have tested so far.

The spores are arranged in a dense elongate cluster in the living ascus (Figs 1e, 5f, 6c), which is actively discharged. When rehydrated and placed in a Petri dish, apothecia started to eject spore clusters after ca. 5 min. When shot on agar, the spores form dense, single-layered heaps which allow quite exact counting of the spores (Fig. 5h-i). These heaps suggest that the spores are ejected as one entity, similar as in the *Orbiliomycetes*.

Ascus length was in some specimens consistently around 25-30 µm but in others always around 30-40 µm. Likewise, the width of the asci varied between 7-9 and 10-12 µm. These differences are only to a certain degree due to real variation, but mainly depend on the living versus dead state. However, contrary to many other ascomycetes, the asci of *Deltopyxis* shrink only insignificantly when they loose turgor, as long as the spores remain alive. In fact, adding KOH to dead asci that contain living spores provokes an unexpected ascus shrinkage for 10-17 % in length and 5-20 %

in width due to shrinkage of the included spores (a similar effect is induced by shortly heating the slide). Living asci shrink to a similar rate (10-15 % in length and 15-20 % in width) when killed by KOH or heat.

The effect is provoked by an increase in water content and volume of the living spores as soon as the ascus turgor is released. In the spore cluster the spores are rather strongly dehydrated. When the asci loose turgor, the spores fill the complete ascus by keeping the elastic ascus wall in a state of tension (Fig. 6d-e). As a consequence, such dead asci are scarcely smaller in size than living asci (Figs 5f, 6c). This peculiarity of *D. triangulispora* might be due to the saccate shape of the asci which are not much longer than the pars sporifera.

Despite the observed real variation in ascus size, the asci appear to be always 64-spored, with rare exceptions of single asci with perhaps only 32 spores or intermediate spore numbers. The variation in length is partly explained by the occasional presence of a more or less pronounced stalk.

The first collection from Folkend near Fischbach on *Ilex* consisted of only two apothecia. This specimen differed in the asci which were noted much shorter ($21 \times 9 \mu\text{m}$, with a pars sporifera of only $20 \times 6 \mu\text{m}$). Ascospore size was not evaluated; also spore number was not noted but might well have been only 32. This site was revisited in 2011, but again only a few apothecia could be detected. Here the asci were distinctly longer ($23-27 \times 7.5-10 \mu\text{m}$, containing living spores). They were clearly more than 32-spored and matched the specimens on the other hosts in every respect.

Ascospores. The living ascospores are quite consistent in size when measured outside the asci. Their shape is somewhat variable, but strongly depends on the direction of view: the characteristic triangular shape is only seen in profile view, whereas in dorsal view they look \pm deltoid and especially in oblique view more ellipsoid (Figs 1.11, 1.2d upper right). Shrinkage of the spores when killed by KOH lies in the range of 5-20 % in both length and width.

In turgescient asci the angular spore shape permits a very dense packing within the spore cluster. This is best seen in asci that lost turgor prior to spore release: the living spores completely fill the ascus and fit together like a honeycomb.

Anamorph. In one collection of *D. triangulispora* a few ascospores were seen to show yeast-like germination, i.e. to bud off conidia at one end, apparently by phialidic conidiogenesis (Fig. 1.4).

This phenomenon seems to be rare because it was not observed in any of the other collections studied.

When the ascospores were shot on agar, they formed dense heaps. Germination did either not occur at all, or spores germinated only 7 days after shooting, especially when the heaps were separated with a glass rod. Often, germinated spores very soon stopped growing, but in one culture (on CMA1:4) they formed a very slow-growing mycelium, with up to $110 \mu\text{m}$ long hyphae within ca. 25 days after germination, i.e., ca. $30 \mu\text{m}$ per week. When transferred one week later to another plate, the hyaline mycelium formed a dense mat that hardly increased in diameter within the next month. Simultaneously, several dozens of ochre-to red-brown conidiomata developed (Fig. 6f-g). These somewhat resemble the ascomata in both size and shape, but open by a transversal slit. The abundantly produced phialoconidia resemble those formed on the ascospores but are longer and partly also wider.

The conidia of *Deltopyxis* resemble those obtained by WEBER (2002) in pure culture of *Tromeropsis microtheca*, the ascospores of which produced a likewise slowly growing mycelium on agar (MEA). However, the small, \pm cylindrical, straight to medium curved conidia of *T. microtheca* emerged from little pegs on integrated conidiogenous cells (conidiogenesis holoblastic). Also larger conidia were observed which germinated yeast-like to form small conidia.

Ecology. The sites where *Deltopyxis triangulispora* was collected are open woodlands or hedges, particularly at \pm S-exposed slopes but also in areas with indistinct inclination. The geology was generally more or less calcareous or basic, and the vegetation usually thermophilous. The inhabited substrates are dead branches with a usually initial to optimal, rarely final stage of wood decay, attached to living or dead shrubs or small trees one or a few meters above ground, sometimes also broken but hanging on other branches. Quite an undisturbed vegetation over many years is a prerequisite for the detection of many of these desiccation-tolerant ascomycetes that are confined to xeric branches. Most of the branches on which *D. triangulispora* occurred were previously infected by *Vuilleminia* which was, however, no more viable when this and other discomycetes appeared on their basidiomata and on the bark around. Such branches are usually entirely corticated, but with the periderm replaced by the *Vuilleminia* on one side (Figs. 2c, 3a). The branches

were usually broken only terminally, but are quite easy to break near the trunk due to an often advanced wood decay (white rot) caused by *Vuilleminia*. Sometimes they were already broken towards the trunk and hang on lower branches. The apothecia of *Deltopyxis triangulispora* are preferably found on the very thin layer of the fruitbodies of *Vuilleminia*, either when these were still whitish to skin-coloured, or on the darker, more grey-brown to olivaceous marginal regions (Figs. 3a,e, 4b-c). *D. triangulispora* may also sparsely occur on bark remote from *Vuilleminia*, and here usually over small holes or clefts of the periderm (Figs. 3b, g, 4d).

In the collections on *Salix* and *Ilex* no *Vuilleminia* could be noted at all, however. Here the branches were partly or entirely decorticated, and the apothecia grew mainly on wood, though often close to other corticioid basidiomycetes (*Peniophora*, *Hypodontia*). Also in a collection on *Prunus spinosa* from Därebesch (H.B. 4571a) no *Vuilleminia* could be observed, instead, the branch was entirely corticated.

Frequently, *Deltopyxis triangulispora* occurs in close association with species of *Dactylospora* and *Capronia*, which likewise preferably grow on senescent *Vuilleminia*. In a single collection, *D. triangulispora* even grew partly on the apothecia of *Dactylospora* (Fig. 4a). This raises the question whether *D. triangulispora* shows some fungicolous connection to *Dactylospora* rather than *Vuilleminia*.

Aerophytic algae and various lichens and mosses typically occur on the inhabited branches, but are not always present. Sometimes they even cover the apothecia and need to be removed by a jet of water in order to detect the apothecia.

Relationship. *D. triangulispora* was first considered by us to belong in the genus *Tromeropsis* (*Ascomycota* incertae sedis). We studied *T. microtheca* (P. KARST.) SHERWOOD from several collections and found that it differs in many points, which appears to justify separation at the generic level (see also the redescription by HAWKSWORTH & SHERWOOD 1981). *T. microtheca* resembles *D. triangulispora* in the dark apothecia and multispored, inamyloid asci that arise from croziers and open by a large apical slit. *T. microtheca* differs in (1) apothecia with an even margin, (2) an ectal excipulum of elongate, vertically oriented cortical cells, (3) paraphyses with uninflated terminal cells which are much longer than wide, young paraphyses at the margin not formed as in *Deltopyxis*, (4) strongly refractive, hyaline, KOH-soluble extracel-

lular drops between the paraphyses in the middle and lower part of the hymenium, (5) an also laterally thickened ascus wall in the apical half of the mature ascus (dead state), (6) a negative stain of the entire ascus wall in CR_{SDS}, (7) an often long, flexuous ascus stalk, (8) 128-spored asci, (9) cylindrical-ellipsoid ascospores, and (10) occurrence on coniferous substrate. Particularly the criteria 1-6 are considered diagnostic at the generic level. The brief and rather inaccurate description of the genus *Microspora* VELEN. [non *Microspora* THURET 1850, algae] with the single species *M. dura* VELEN., reported from coniferous wood by VELENOVSKÝ (1934), resembles *Deltopyxis* in some respects. However, it was found to be a synonym of *Tromeropsis microtheca*, based on a study of syntype collections preserved at PRM (BARAL ined.). Several members of *Lecanoromycetes* show a certain similarity with *Deltopyxis*. The genus *Dactylospora* KOERB. resembles not only macroscopically, but also in the construction of the ectal excipulum. It differs in mostly 8-spored asci with a strong hemiamyloid iodine reaction of the thin lateral wall and a thick, strongly euamyloid apical cap, also in brown, septate, elongate ascospores. The genus *Steinia* KÖRB. resembles *Deltopyxis* in its elongate-saccate, 16-spored asci and subglobose ascospores, but the hymenium is hemiamyloid, also the asci possess an euamyloid tholus, the paraphyses are much narrower and somewhat curved, and the apothecia have a convex immarginate disc (see KANTVILAS & MCCARTHY 1999). The lichenized or lichenicolous genus *Polysporina* VÉZDA resembles *Deltopyxis* in its multispored asci, but deviates in richly branched and anastomosing paraphyses with uninflated apices, and in amyloid asci (see KANTVILAS 1998). Macroscopically, *Catillaria nigroclavata* (NYL.) SCHULER can easily be confused with *Deltopyxis*, when the latter forms larger apothecia.

The resinicolous genus *Sarea* FR. closely resembles *Deltopyxis* in the saccate multispored asci and the paraphyses tipped by pigmented exudate (see also HAWKSWORTH & SHERWOOD 1981). It differs in asci with a strongly hemiamyloid thick external gel and an inamyloid tholus with a rostrate opening mechanism. The ascus wall layers are unstained in CR_{SDS}, and the paraphyses are sometimes branched above and below and are not formed in the manner as described for *Deltopyxis*. The ectal excipulum is internally hyaline, sharply delimited, heavily gelatinized, of vertically oriented elongate cells. The pycnidial anamorph of *Sarea* is quite similar to that of *Deltopyxis*.

The genus *Rhizodiscina* HAFELLNER (*Patellariales*, *Dothideomycetes*) is superficially rather similar to *Dactylospora* and *Deltopyxis*. It is characterized by faintly euamyloid or sometimes inamyloid, saccate, 8-spored asci with a thick inamyloid tholus, brown, 1-septate ascospores, and projecting, brown, 3-4.5 µm wide anchoring hyphae.

Quite a lot of genera of *Helotiales* (*Leotiomyces*) with small, sessile, blackish apothecia bear some similarity with *Deltopyxis*. However, the rather saccate asci in *Deltopyxis* seem to indicate that this genus does not belong to the *Helotiales*. Five mainly lichenicolous genera with black apothecia are in the following compared with *Deltopyxis*: *Geltingia* ALSTRUP & D. HAWKSW., *Llimoniella* HAFELLNER & NAV.-ROS., *Phaeopyxis* RAMBOLD & TRIEBEL, *Rhymbocarpus* ZOPF, and *Skyttea* SHERWOOD, D. HAWKSW. & COPPINS. *Skyttea* differs in asci with strongly thickened apical and thin lateral wall, also in elongate, hyaline to brown, hair-like cells at the protruding margin (SHERWOOD, HAWKSWORTH & COPPINS 1981). Hair-like structures are partly also typical of *Rhymbocarpus*, in which the asci are not or only slightly thick-walled at the apex. The genus *Llimoniella* resembles *Deltopyxis* in the structure of the ectal excipulum and the rather thin-walled asci. It differs in a purplish pigment that turns violaceous in KOH, and in addition an olivaceous pigment that turns bright green herein (DIEDERICH & ETAYO 2000). The type species of *Geltingia*, *G. associata* ALSTRUP & D. HAWKSW., strongly resembles *Deltopyxis* in median section and in the slightly thickened apical ascus wall with a slight apical chamber, according to the redescription by DIEDERICH et al. (2010 Figs 2E, 5). Also *Rhymbocarpus aggregatus* ETAYO & DIEDERICH (2011, Fig. 1C-E) concurs in median section with *Deltopyxis*. The asci in *Phaeopyxis* have an immature overall thickened wall (laterally †1-1.5 µm thick, apically †1.5-3.5 µm) and partly show a faintly amyloid iodine reaction; the brown excipular and hymenial pigment often stains ± violet-brown in KOH (RAMBOLD & TRIEBEL 1990).

A specimen of *Phaeopyxis punctum* (MASSAL.) RAMBOLD et al., identified by R. SANTESSON and G. RAMBOLD (H.B. 4341), was examined by us: the (bluish) black-brown exudate did not change its colour in KOH. In contrast to *Deltopyxis*, the apical ascus wall did not stain in CR_{SDS}.

All five genera differ from *Deltopyxis* in their 8-spored, rather narrowly cylindrical asci, in apically not or only slightly inflated paraphyses in which the terminal cells are generally about 5-10× longer than wide, in a tendency of the paraphyses

to being branched at the uppermost septum or at least towards the base, in ellipsoid-ovoid or cylindrical-oblong to fusiform ascospores with a usually rather high lipid content, and in a mostly lichenicolous habitat, the apothecia being often deeply immersed or erumpent (except for *Llimoniella*).

A certain similarity is seen between *Deltopyxis* and the type species of *Patinella* SACC., *P. hyalophaea* SACC., which was placed with hesitation by NANNFELDT (1932) in the *Orbiliaceae* because of capitate paraphyses and angular excipular cells, and later in the *Dermateaceae* by SPOONER (1987). Reexamination of the type material (BARAL ined.) confirmed placement in the *Helotiales*, but its relationship to a family is quite difficult to assess. The apices of the narrow, 8-spored asci have a pronounced inamyloid apical thickening, and the strongly capitate, dark brown apices of the long terminal cells of paraphyses appear as being thick-walled. The spores have a similar size and lipid content as in *Deltopyxis* but are ellipsoid.

The genera *Claussenomyces* KIRSCHST. (in the current circumscription) and *Tympanis* TODE frequently possess polysporous asci, but this feature is due to budding of 8 ascospores within the premature ascus, very different from *Deltopyxis*. Also here the asci open by a large apical slit, but the ascus wall is congophilous laterally rather than apically [observed in *C. kirschsteinianus* (KIRSCHST.) G. MARSON & BARAL and *C. atrovirens* (PERS.) KORF & ABAWI agg.]. Several further genera with black apothecia exist in the *Helotiales*, but none of them appears to be related to *Deltopyxis*.

There exist also some undescribed species of *Orbiliomyces* with black-olivaceous apothecia and 8-16-spored asci (BARAL et al. in prep.). Their ascospores contain spore bodies that disappear when KOH is added, whereas the drops in the spores of *Deltopyxis* resist herein and are, therefore, classified as lipid bodies. Moreover, the asci have a furcate base without croziers, unlike *Deltopyxis*. In its extraordinary spore shape, *D. triangulispora* reminds of some undescribed species of *Orbilium* FR. in which triangular spores actually occur, but particularly the absence of a spore body and the fact that small conidia bud from the ascospores make such relationship highly improbable. Like *Deltopyxis*, the asci of *Orbilium* open by an apical slit; yet, it was never the ectotunica that stained in CR_{SDS}, but instead the endotunica showed a congophilous reaction in species with a thick-walled ascus apex.

Phylogenetic placement: A sequence of the ITS1-5.8S-ITS2 rDNA gained from pure culture (H.B.

Table 1. Alignment of *Orbiliiales*-specific signature (Orb5.8s1F) in the 5.8S rDNA with the deviating signature of a few basal *Orbiliomycetes* and the signature of *Deltopyxis* and the remaining *Ascomycota*. Different bases in bold type.

Group	5.8S rDNA																	
<i>Orbiliomycetes</i> (Orb5.8s1F)	G	C	A	G	C	G	A	A	A	C	G	C	G	A	T	A	G	T
<i>Orbiliomycetes</i> (basal)	G	C	A	G	C	G	A	A	A	C	G	C	G	A	T	A	G	G
<i>Deltopyxis</i> and other <i>Ascomycota</i>	G	C	A	G	C	G	A	A	A	T	G	C	G	A	T	A	A	G

9625b) was provided by S. HERMANT. Two clarify the phylogenetic placement of *Deltopyxis* within the *Ascomycota* proved impossible with this gene region, but it allows at least to exclude a closer relationship with the *Orbiliomycetes*. This class is characterized by a signature in the 5.8S rDNA which was used by SMITH & JAFFEE (2009) as one of three *Orbiliiales*-specific primers (Orb5.8s1F, see Tab. 1). *Deltopyxis* differs from this signature in three positions, while it concurs in this signature with many if not all of the remaining *Ascomycota* from which a sequence is available in GenBank. However, it must be mentioned that a few basal members of *Orbiliomycetes*, from which we got sequences, differ from this primer signature at the last position by a base that corresponds to the remaining *Ascomycota*.

Acknowledgements

DAGMAR TRIEBEL and PAUL DIEDERICH are thanked for suggestions concerning related genera, P. DIEDERICH for the identification of some lichens, and P. DIEDERICH and WALTER GAMS for reviewing the manuscript. We are also thankful to SYLVIE HERMANT (National Museum of Natural History, Luxembourg) for gaining a sequence of *Deltopyxis triangulispora*.

References

BARAL, H. O. (1992): Vital versus herbarium taxonomy: morphological differences between living and dead cells of *Ascomycetes*, and their taxonomic implications. – *Mycotaxon*, **44**: 333-390.

DIEDERICH, P., ERTZ, F. & ETAYO, J. (2010): An enlarged concept of *Llimoniella* (lichenicolous *Helotiales*) with a revised key to the species and notes on related genera. – *Lichenologist*, **42**: 253-269.

DIEDERICH, P. & ETAYO, J. (2000): A synopsis of the genera *Skyttea*, *Llimoniella* and *Rhymbocarpus* (lichenicolous *Ascomycota*, *Leotiales*). – *Lichenologist*, **35**: 423-485.

ETAYO, J. & DIEDERICH, P. (2011): *Rhymbocarpus aggregatus*, a new species of lichenicolous fungi (*Helotiales*) growing on *Buellia griseovirens* in Spain, with a revised key to species of the genus. – *Bull. Soc. nat. luxemb.*, **112**: 3-38.

HAWKSWORTH, D. L. & SHERWOOD, M. A. (1981): A reassessment of three widespread resinicolous discomycetes. – *Can. J. Bot.*, **59**: 357-372.

KANTVILAS, G. (1998). Notes on *Polysporina* VÉZDA, with a description of a new species from Tasmania. – *Lichenologist*, **30**: 551-562.

KANTVILAS, G. & MCCARTHY, P. M. (1999): *Steinia australis*, a new species in the lichen family Aphanopsidaceae. – *Lichenologist*, **31**: 555-558.

MARTENS, P. (1937): Les *Ascomycètes* à asques polyspores. – *Bull. Trim. Soc. Mycol. France*, **52**: 379-407.

NANNFELDT, J. A. (1932): Studien über die Morphologie und Systematik der nicht-lichenisierten inoperculaten Discomyceten. – *Nova Acta Regiae Soc. Scient. Upsal.*, Ser. 4, **8**(2): 1-368.

RAMBOLD, G. & TRIEBEL, D. (1990): *Gelatinopsis*, *Geltlingia* and *Phaeopyxis*: three helotialean genera with lichenicolous species. – Notes from the Royal Botanic Garden Edinburgh, **46**: 375-389.

SHERWOOD M. A., HAWKSWORTH, D. L. & COPPINS, B. J. (1981, "1980"): *Skyttea*, a new genus of odontotremoid lichenicolous fungi. – *Trans. Br. mycol. Soc.*, **75**: 479-490.

SMITH, M. E. & JAFFEE, B. A. (2009): PCR primers with enhanced specificity for nematode-trapping fungi (*Orbiliiales*). – *Microb. Ecol.*, **58**: 117-128.

SPOONER, B. M. (1987): *Helotiales* of Australasia: Geoglossaceae, Orbiliaceae, Sclerotiniaceae, Hyaloscyphaceae. – *Bibl. Mycol.*, **116**: 1-711.

VELENOVSKÝ, J. (1934): Monographia Discomycetum Bohemiae. Vol. 1, 2. – 436 pp., 31 pl., Pragae.

WEBER, E. (2002): The *Lecythophora-Coniochaeta* complex I. Morphological studies on *Lecythophora* isolated from *Picea abies*. – *Nova Hedwigia*, **74**: 159-185.

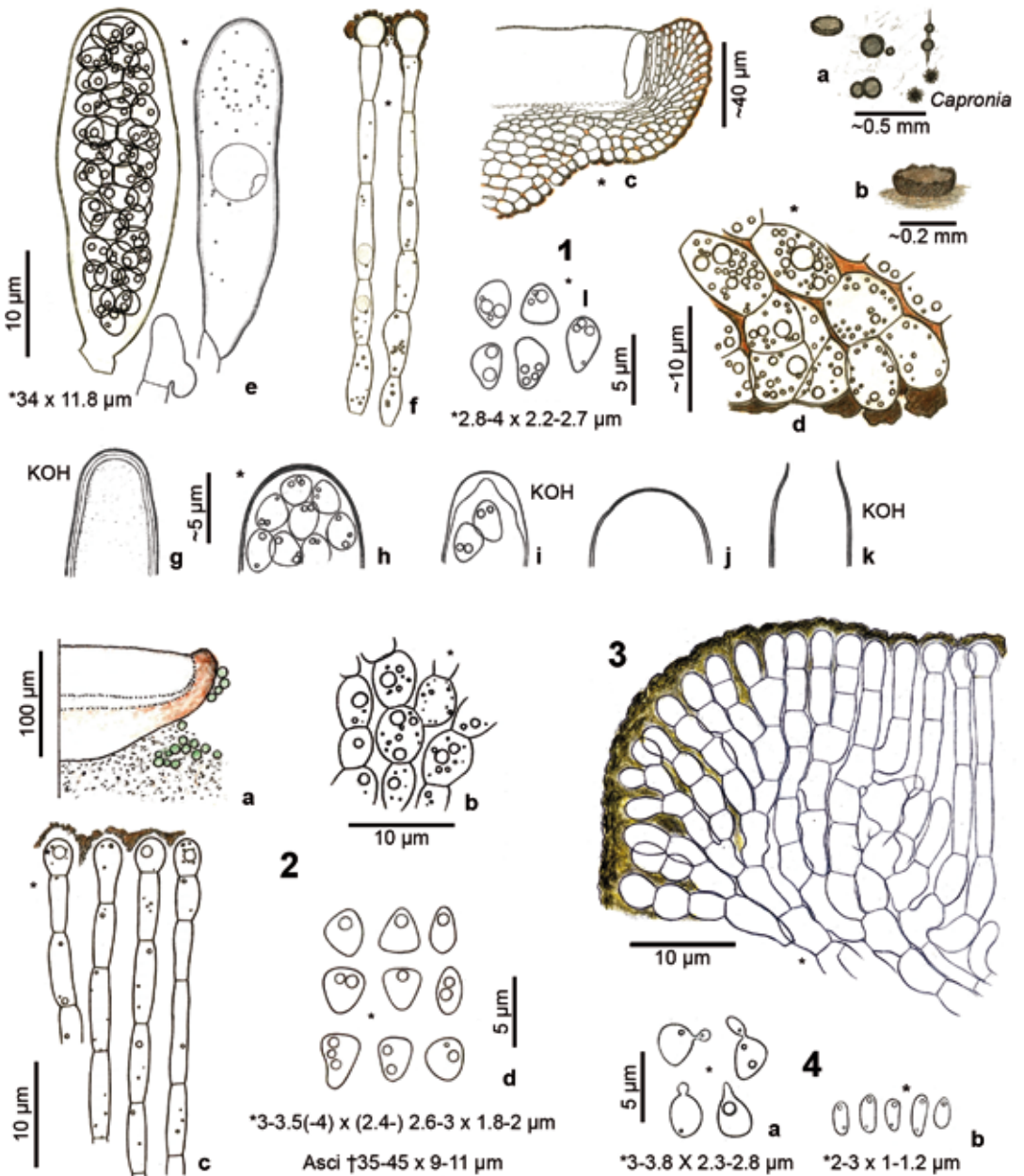


Fig. 1. *Deltopyxis triangulispora*. 1a)-b) apothecia (rehydrated, a with *Capronia* aff. *chlorospora*); 1c), 2a) median section of apothecium; 1d) median section of ectal excipulum at apothecial base (cortex); 2b) dto., inner part; 1e) mature and young ascus (with fusion nucleus), very young ascus in process of crozier formation; 1f), 2c) paraphyses; 1g)-k) ascus apices (1g) immature, 1h)-j) mature, 1k) emptied); 1l), 2d) ascospores (right spore in 1l) and two upper right spores in 2d) in dorsal view); 3. median section of margin of excipulum (marginal hymenium); 4a). yeast-like budding of ascospores; 4b) conidia formed on ascospores. – 1. from Därebesch (Dudelange), on *Crataegus*, H.B. 4576a (holotype), 2. *ibid.*, H.B. 6071a (topotype), 3. *ibid.*, on *Prunus spinosa*, H.B. 9634a, 4. from Léiffrächen (Kayl), on *Crataegus*, H.B. 9625b.



Fig. 2. Collection sites of *Deltopyxis triangulispora*. a) Därebésch (Dudelange, type locality), open *Crataegus* and *Prunus spinosa* bushes at the border of a pasture; b) Léiffrächen (Kay), *Crataegus* bushes in a more dense and air-humid woodland; c) Därebésch, *Crataegus* branch in situ, with *Vuillerminia* (14.1.2012).



Fig. 3. Branches of *Crataegus* with *Deltopyxis triangulispora* (rehydrated, white arrows). a)-c), g) from Léiffrächen (Kayl, H.B. 9625b); d) from Därebesch (Dudelange, H.B. 9634a); e)-f) from Kallek (Obercorn). – a), c) on periderm over small holes (a) with *Vuilleminia* below, c) detail of a); d), g) on border of senescent *Vuilleminia*; e), f) on very old ?*Vuilleminia*. – a)-c) with *Melanelia exasperatula*; g) with *Lepraria* sp.; b), g) with *Dactylospora* sp.; f) with *Chaetosphaeria myriocarpa*.

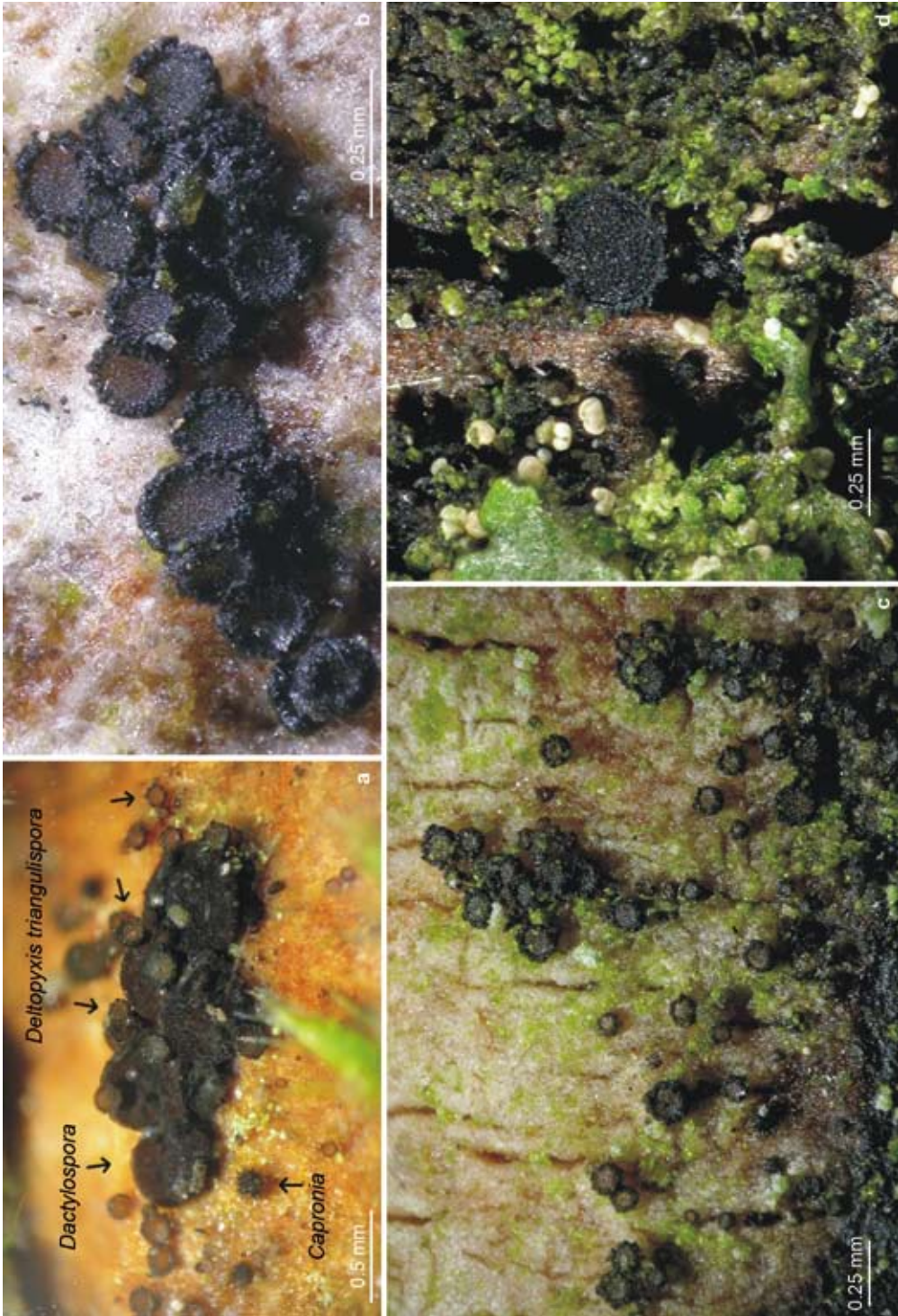


Fig. 4. Apothecia of *Deltopyxis triangulispora* on the natural substrate (rehydrated). a) from Kiemreesch (Obercorn); b) from Kiemreesch (Obercorn); c) from Haard (Dudelange); d) from Därebesch (Dudelange, H.B. 9634a); - a)-c) over senescent *Dactylospora* sp.; - d) on bark (single oversized apothecium over split through periderm). - a)-c) *Crataegus* sp., d) *Prunus spinosa*

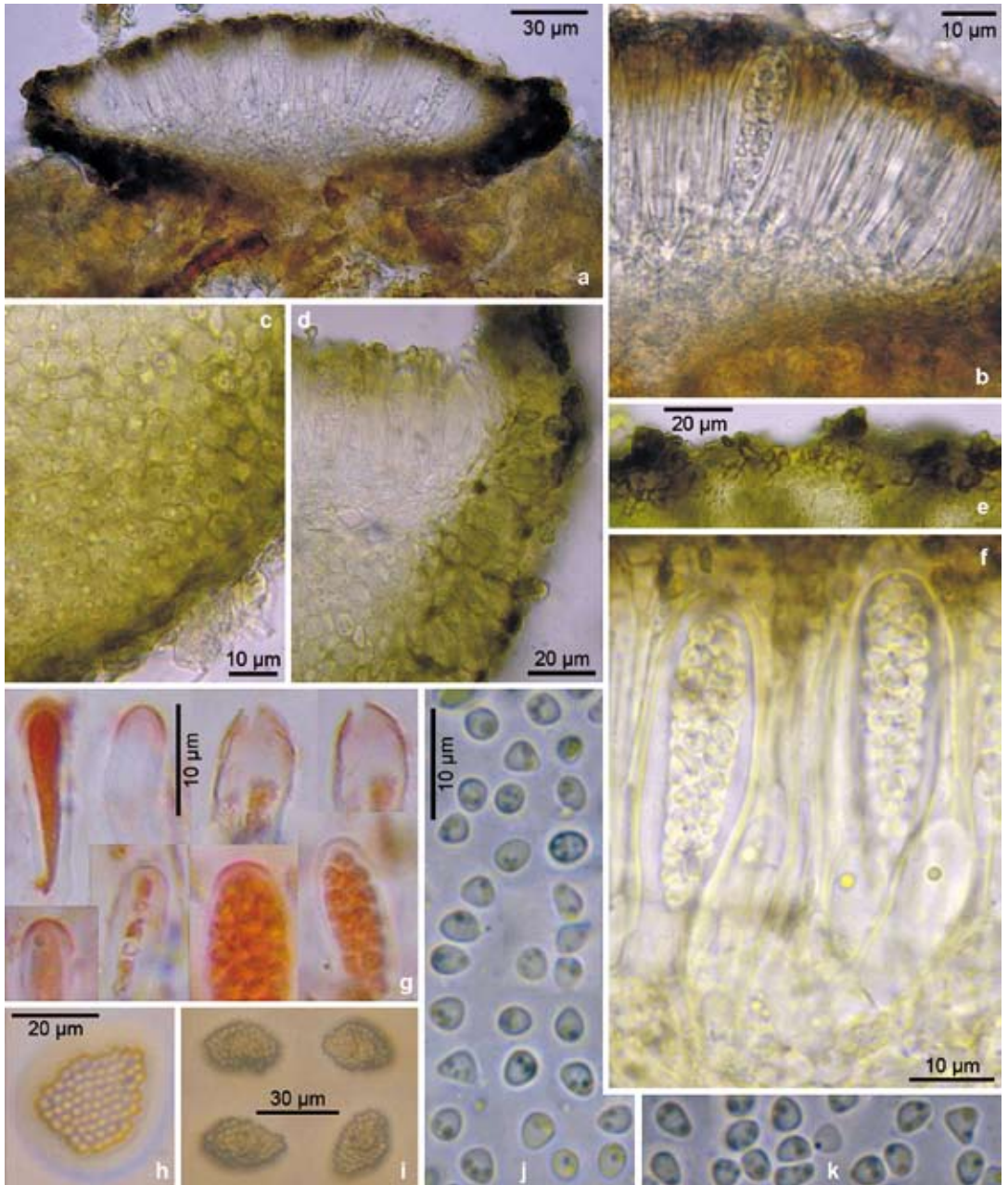


Fig. 5. Microscopic teleomorph features of *Deltopyxis triangulispora* (living state in tap water, except for g) in KOH+CP_{SDS}). a)-b) median section of apothecium on *Vuilleminia*; c)-d) dto., cells of ectal excipulum containing LBs; e. top view on crenulate, dark olivaceous-brown margin; f) turgescient mature asci in context of hymenium; g) ascus apices at different stages of development, showing thickened wall in young asci (left), slit-like broad pore after ejection (upper right), and congophilous ectotunica at apex; h)-i) spore heaps on agar; j)-k) ascospores. – a)-b), i) Léiffträchen (Kayl, on *Crataegus*, H.B. 9625b); f) from Kiemreech (Obercorn, on *Crataegus monogyna*, 6.VIII.2008; h), k). Därebesch (Dudelange, H.B. 9634a, *Prunus spinosa*); j) from Holleschbiereg (Rumelange).

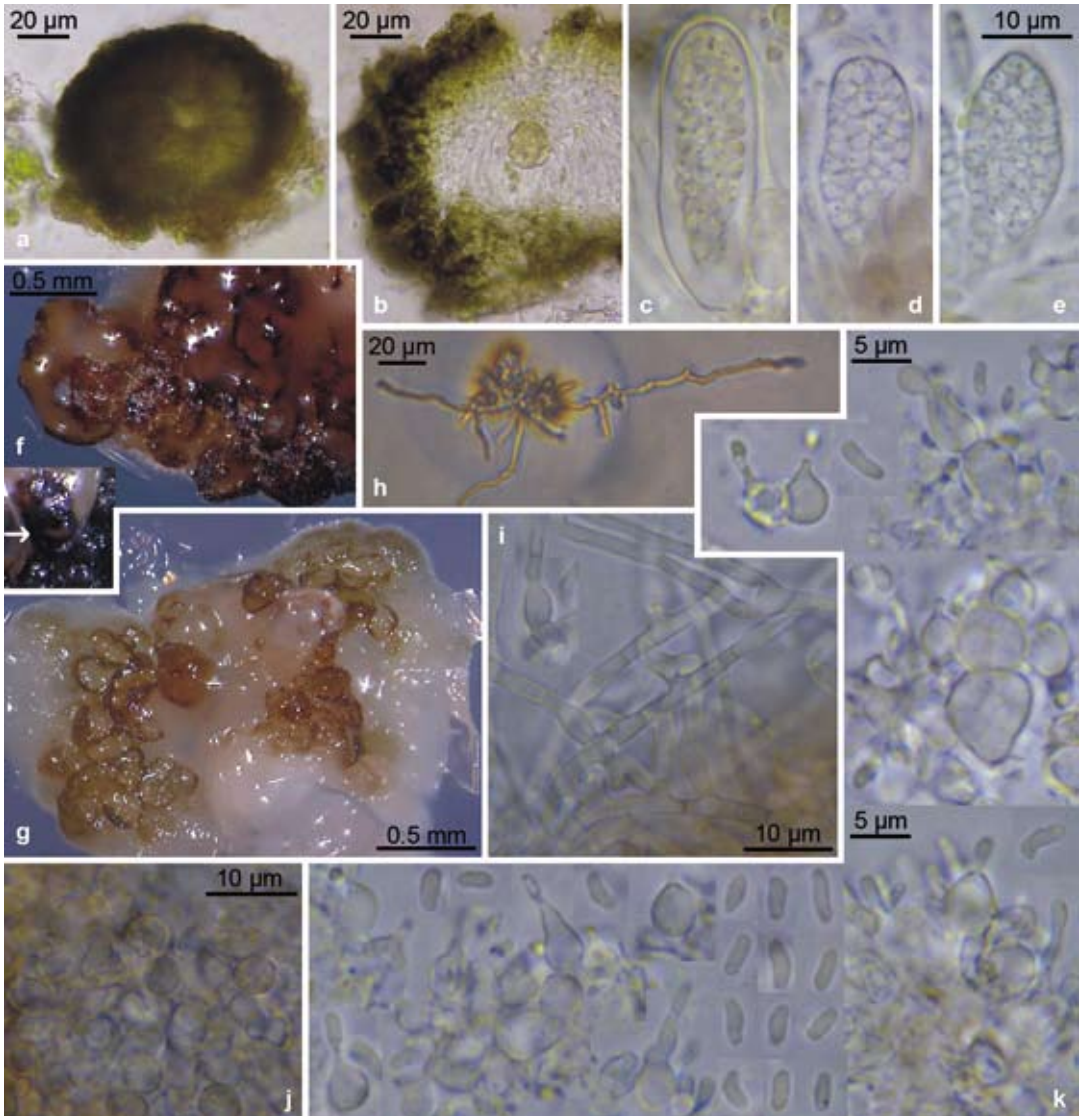


Fig. 6. Microscopic teleo- (a-e) and anamorph (f-k) features of *Deltopyxis triangulispora* (living state in tap water). a)-b) median section of young apothecia; c-e) mature asci containing living spores (c) ascus turgescent, d)-e) asci dead); f)-g) anamorph produced in pure culture, conidiomata rupturing by a slit; h) young mycelium from germinated ascospores; i) mycelium around conidiomata; j) globose cells of peridium; k) phialides and phialoconidia. – a)-c) Därebesch (Dudelange, H.B. 9634a, *Prunus spinosa*); d)-e) Wald (Koedange, on *Ilex*, 25.XII.2011); f)-k). Léiffrächen (Kayl, on *Crataegus*, H.B. 9625b).

Ergänzungen zur Großpilzflora von Baden-Württemberg

ANDREAS GMINDER & GÜNTER SAAR

Kurzfassung

Dies ist ein Nachtrag zu den fünf Bänden „Die Großpilze Baden-Württembergs“. 76 Arten und 10 Gattungen von Großpilzen werden als neu für Baden-Württemberg gemeldet. 28 Arten sind auch Erstnachweise für ganz Deutschland. Angaben zur Morphologie (einschließlich Bestimmungsschlüsseln), Ökologie und Verbreitung werden ergänzt. Eine Neukombination wird vorgeschlagen: *Hemimycena mauretana* var. *megaspora* (KÜHNER) SAAR & GMINDER comb. nov. Die Gesamtzahl der Agaricomycotina in Baden-Württemberg beläuft sich auf 3.150 Arten (3.112 Agaricomycetes, 18 Dacrymycetes, 20 Tremellomycetes).

Abstract

This is a supplement to the five volumes of „Die Großpilze Baden-Württembergs“. 76 species and 10 genera of macromycetes are newly recorded for the state of Baden-Württemberg. 28 are new to Germany. Further information on morphology (including identification keys), ecology and distribution is provided. A new combination is proposed: *Hemimycena mauretana* var. *megaspora* (KÜHNER) SAAR & GMINDER comb. nov. The overall number of species of Agaricomycotina in Baden-Württemberg is 3.150 (3.112 Agaricomycetes, 18 Dacrymycetes, 20 Tremellomycetes).

Autoren

ANDREAS GMINDER, Dorfstr. 27, 07751 Jena-Prießnitz. E-Mail: andreas@mollisia.de
GÜNTER SAAR, Dammenmühle 7, 77933 Lahr-Sulz

Inhalt

Einführung	185
Abkürzungen	185
Ergänzungen zu Band 1 (KRIEGLSTEINER 2000a)	186
Ergänzungen zu Band 2 (KRIEGLSTEINER 2000b)	194
Ergänzungen zu Band 3 (KRIEGLSTEINER 2001)	202
Ergänzungen zu Band 4 (KRIEGLSTEINER 2003)	210
Ergänzungen zu Band 5 (KRIEGLSTEINER & GMINDER 2010)	215
Die Zahl der Großpilze (Agaricomycotina) in Baden-Württemberg	219
Dank	220
Literatur	220
Anhang: Artenliste	222

Einführung

Der folgende Nachtrag zu „Die Großpilze Baden-Württembergs“ (KRIEGLSTEINER 2000a, b, 2001, 2003, KRIEGLSTEINER & GMINDER 2010) enthält 75 neue Arten und 10 neue Gattungen. Nicht berücksichtigt wurde die Gattung *Cortinarius* (Schleierlinge), deren Nachträge separat publiziert werden (SAAR & GMINDER, in Vorbereitung). In einigen Fällen machten die Neufunde eine Aktualisierung der Bestimmungsschlüssel notwendig.

Neben diesen Ergänzungen wäre eigentlich auch eine große Menge an Fehlerkorrekturen, neuen Erkenntnissen und wichtigen Funden bereits bekannter Arten usw. notwendig. Diese hier aufzulisten hätte jedoch den Rahmen des Beitrags gesprengt. Sie werden dennoch vom Erstautor (A.G.) weiterhin gesammelt und sollen zukünftig einmal online gestellt werden.

Die Anordnung der Arten erfolgt weitgehend nach dem System der fünf Bände der „Großpilze Baden-Württembergs“ (KRIEGLSTEINER 2000a, b, 2001, 2003, KRIEGLSTEINER & GMINDER 2010). Den neu aufgenommenen Taxa ist im Regelfall die Seitenzahl des jeweiligen Bandes vorangestellt, in den es einzuordnen wäre. Damit soll ein schnelleres Auffinden der entsprechenden Stellen erleichtert werden.

Abkürzungen

Öffentliche Herbarien (Akronyme laut Index Herbariorum – <http://sciweb.nybg.org/science2/IndexHerbariorum.asp>):

GLM – Pilzherbarium Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz,

KR – Pilzherbarium Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe,

M – Pilzherbarium Botanische Staatssammlung München,

STU – Pilzherbarium Staatliches Museum für Naturkunde Stuttgart

Sonstige Abkürzungen

AMO – Arbeitsgemeinschaft Mykologie Ostwürttemberg, conf. = bestätigt von (confirmavit), cult. – kultiviert, inval. – ungültig, l.c. – am zuvor zitierten Orte (loco ci-

tato), lt Lit. – nach der Literatur, nom. nud. – nomen nudum (reine Nennung eines neuen Namens, der aber ungültig publiziert ist, da die vom Botanischen Code (ICBN) vorgeschriebene Bedingungen nicht erfüllt sind), NSG – Naturschutzgebiet, p.p. – zum Teil (pro parte), REM – Rasterelektronenmikroskop, RL – Rote Liste, ss. auct. – im Sinne der Autoren (sensu auctorum), soc. – vergesellschaftet mit (societate).

Ergänzungen zu Band 1

(KRIEGLSTEINER 2000a)

Exobasidium japonicum SHIRAI (Bot. Mag. (Tokyo) 10: 52, 1896) (Tafel 1, Abb. 1)
Azaleen-Nacktbasidie

Morphologie: Bei infizierten Pflanzen werden vor allem die Blätter (selten Blüten) befallen, die unförmig gallenartig anschwellen und unterseits bei Reife vom kalkweißen Hymenium bedeckt sind.

Ökologie: In Gärten, Friedhöfen und Parkanlagen, vermutlich auch in Gewächshäusern und Pflanzenzuchtbetrieben anzutreffen. Stets an gepflanzten Azaleen und Rhododendren, vermutlich beschränkt auf die *Rhododendron „indicum“*-Gruppe und *Rhododendron japonicum*-Sorten.

Häufigkeit und Verbreitung: Drei Nachweise.

Oberrheingebiet: 6916/3, Karlsruhe, Grünwinkel, Privatgarten, auf *Rhododendron* sp. (cult.), 115 m NN, 01.06.2003, M. SCHOLLER (KR 12114, Erstnachweis). – Odenwald: 6520/1, Eberbach, NÖ Schollerbuckel, Hotel „Neckarblick“, Garten, auf *Rhododendron* sp. (cult.), 260 m NN, 21.06.2006, M. SCHOLLER (KR 17724). – Schwarzwald: 7116/4, Marxzell, SW Schielberg, Frauenalb, Privatgarten, auf *Rhododendron* sp. (cult.), 330 m NN, 12.07.2009, M. SCHOLLER (KR 4815).

Bestand und Bedrohung: Die Art ist in Baden-Württemberg nicht ursprünglich. Tendenzen zu einer Ausbreitung außerhalb von gärtnerisch beeinflussten Umgebungen sind nicht zu erkennen. Die Art nimmt seit Anfang des letzten Jahrhunderts europaweit zu und kann in Gärtnereien beträchtlichen Schaden anrichten (bekannt als „Ohrläppchenkrankheit“). Ihr Ursprung wird von KREISEL & SCHOLLER (1994) in Japan vermutet.

Allgemeine Verbreitung: In ganz Europa vorkommend, wenn auch nicht besonders häufig. In Deutschland immer wieder in Gärtnereien und Kulturen auftretend, seit 1908 bekannt (LAUBERT 1932, nicht eingesehen).

Tremella aurantia SCHW. (Schr. naturf. Ges. Leipzig 1: 114, 1822)
Schichtpilz-Zitterling

Morphologie: Makroskopisch kaum von *T. mesenterica* RETZ. zu unterscheiden (etwas größere, hirnartige Fruchtkörper), doch durch die schmalen Sporen (6-7,5 µm gegenüber 7-9,5 µm bei *T. mesenterica*), die teilweise gestielten Basidien und den unterschiedlichen Wirt problemlos bestimmbar.

Ökologie: Ohne Bindung an bestimmte Biotope, scheinbar auf morschem Laubholz, tatsächlich aber an Schichtpilzen (*Stereum*) parasitierend. Im Gebiet sowie in der Literatur bisher ausschließlich an *Stereum hirsutum* (WILLD.) PERS. berichtet.

Häufigkeit und Verbreitung: Zwei Nachweise.

Keuper-Lias-Land: 7125/4, Mögglingen, an liegendem *Quercus*-Ast, soc. *Stereum hirsutum*, Jan./Feb. 2010, W. ZITZMANN. – 7220/4, Stuttgart-Degerloch, Dornhaldenfriedhof, an Holzbank, soc. *Stereum hirsutum*, 26.02.2011, A. GMINDER. Bestand und Bedrohung: Die Art scheint nicht gefährdet zu sein, auch wenn erst wenige Daten vorliegen. Allerdings dürfte sie auch bei gezielter Beachtung deutlich seltener als ihr Doppelgänger *T. mesenterica* sein.

Allgemeine Verbreitung: Nordamerika (USA, Kanada). Europa. Die Verbreitung ist erst unvollständig bekannt. Nachgewiesen zumindest in West- (Frankreich, Luxemburg, Großbritannien) und Mitteleuropa (Deutschland). In Deutschland wird die Art erst seit einigen Jahren beachtet, ist aber bereits in Bayern, Rheinland-Pfalz, Saarland, Hessen und Niedersachsen gefunden worden.

Tulasnella deliquescens (JUEL) JUEL (Arch. Bot. 14: 8, 1914)

Zerfließender Wachskrustenpilz

Morphologie: Vgl. *T. calospora* (BOUD.) JUEL, von der sich die Art nur durch längere und gleichzeitig schmalere Sporen unterscheidet.

Ökologie: Im Kiefernforst, jedoch sicherlich nicht an diesen Biotop gebunden.

An seit rund 30 Jahren liegenden, finalfaulen Kiefernstämmen.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

Oberrheingebiet: 6617/4, Sandhausen, Bannwald Franzosenbusch, 103 m NN, Kiefernforst, morsche Stämme von *Pinus sylvestris*, 09.-10.10.2002, leg. W. WINTERHOFF, det. H. OSTROW.

Bestand und Bedrohung: Aufgrund zu schwacher Datenlage unbekannt.

Allgemeine Verbreitung: Oft nicht von *T. calospora* getrennt (z.B. bei JÜLICH 1984), daher Verbreitung nur ungenügend bekannt. Australien, Nordamerika (USA, Kanada) und Europa. Nachgewiesen in West- (Frankreich, Belgien), Mittel- (Deutschland), Nord- (Dänemark, Schweden) und Osteuropa (Polen). In Deutschland keine weiteren Funde bekannt.

Der Schlüssel (S. 133) kann wie folgt ergänzt werden:

8. Sporen schwach gekrümmt-zylindrisch, 4-7,5 x 2,5-3 µm *T. tomaculum*
 8* Sporen spindelig, wesentlich größer . . . 9
 9. Sporen 20-50 x 2-4(5) µm, Quotient = 8-15 *T. deliquescens*
 9* Sporen 16-30 x 3,5-5(8) µm, Quotient = 4-7 *T. calospora*

Acanthophysellum PARMASIO (Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised 16: 377, 1967)

Resupinate, meist dünne Überzüge, mit Acanthohyphidien und glatten, amyloiden Sporen, monomitisch.

Saprob an Laubholz und Kräuterstängeln. Weltweit 12, in Europa 9, in Deutschland 2, in Baden-Württemberg 1 Art.

Acanthophysellum buxicola (BOIDIN & LANQ.) BOIDIN & GILLES (Bull. trimest. Soc. mycol. Fr. 117(3): 180, 2002 [2001])

Morphologie: Gekennzeichnet durch die runden, glatten, amyloiden Sporen und das Vorkommen ausschließlich auf *Buxus*.

Ökologie: Im Gebiet bisher nur in Parkanlagen. Auf abgefallenen Blättern von Buchs (*Buxus sempervirens*).

Häufigkeit und Verbreitung: Ein nicht indigener Fund, jedoch in räumlicher Nähe zu den (möglicherweise) natürlichen Buchs-Vorkommen am Dinkelberg.

Südliches Oberrheingebiet: 8412/3, ehemaliges Kloster, 24.03.2001, H. BRUNNER (Erstnachweis). Bestand und Bedrohung: Während die Art vermutlich an kultiviertem Buchs noch öfters aufzufinden sein dürfte, sind indigene Vorkommen der Seltenheit indigener Buchs-Vorkommen gleich zu setzen. Diese extrem seltenen, nur am Dinkel-

berg vorkommenden Bestände galten noch bei SEBALD et al. (1992: 86) als stabil und nicht gefährdet. Sie sind jedoch seit einigen Jahren durch das massive Auftreten des aus Ostasien um 2007 eingeschleppten Buchsbaum-Zünlers (*Cydalima perspectalis* (WALKER, 1859) von existenzbedrohenden Vitalitätsverlusten betroffen (u.a. DISCHINGER, pers. Mitt.). Dadurch muss *A. buxicola*, auf seine natürlichen Vorkommen bezogen, in RL 1 (vom Aussterben bedroht) eingereiht werden.

Allgemeine Verbreitung: Die vermutlich atlantisch-mediterrane Art ist bisher wohl nur aus Frankreich bekannt gewesen. Weitere Funde aus Deutschland liegen nicht vor.

Der Schlüssel 3 (S. 139) kann wie folgt ergänzt werden:

3. Mit Acantho- oder Dendrohyphidien . . . 4
 3* Ohne oder mit unverzweigten Hyphidien 6
 4. Hyphenstruktur dimitisch mit Skeletthyphen *Stereum*
 4* Hyphenstruktur monomitisch 5
 5. Fruchtkörper resupinat, trocken sehr tief und breit blockrissig; erzeugt Wabenfäule *Xylobolus*
 5* Fruchtkörper resupinat, nicht oder kaum rissig; erzeugt Weißfäule 5a
 5a. Sporen glatt *Acanthophysellum*
 5a* Sporen ornamentiert *Aleurodiscus*
 6. Skeletthyphen oder skelettoide Hyphen vorhanden, jedoch z.T. nur in den Rhizomorphen 7
 6* Ohne Skeletthyphen (monomitisch) . . 10

Amylocorticium POUZAR (Česká Mykol. 13(1): 11, 1959)

Durch glatte, amyloide Sporen und das Fehlen von auffallenden Hymenialelementen gekennzeichnet.

Amylocorticium steht verwandtschaftlich nahe bei der poroiden Gattung *Anomoporia* (RYVARDEN & GILBERTSON 1993, LARSSON et al. 2004).

Saprob an Holz. Weltweit 12, in Europa 9, in Deutschland 2, in Baden-Württemberg 1 Art.

Amylocorticium cebennense (BOURDOT) POUZAR (Česká Mykol. 13(1): 11, 1959)

Morphologie: Basidiocarprien als weißer bis cremegelblicher häutiger Überzug, ohne Rhizo-

dien und Vorkommen auf Gräsern abzugrenzen. Grasbewohner. Weltweit 1 Art.

Laetisaria fuciformis (McALPINE) BURDS.
(Trans. Br. mycol. Soc. 72(3): 420, 1979)
(Tafel 7, Abb. 18)

≡ *Hypochnus fuciformis* McALPINE 1906

= *Phanerochaete fuciformis* (BERK.) JÜLICH 1976
(inval. Art. 59.6)

≡ *Isaria fuciformis* BERK. 1872

Rosa Graswatte

Morphologie: Teleomorphen bis 2 cm lange, roslich-cremefarbene, häutig bis schwach wachsartige Beläge bildend, am Rand oft lebhaft korallenfarbene unverzweigte oder koralloide, bis 3 cm lange sterile Auswüchse bildend. Die Anamorphe bildet die sogenannte Rotspitzigkeit des Grases und ist als Rasenkrankheit bekannt. Sporen hyalin, glatt, 9-12 x 5-6,5 µm. Basidien viersporig, keulig, 16-25 x 5-10 µm, Probasidien ballonförmig. Hyphensystem monomitisch, Septen ohne Schnallen.

Taxonomie: Aufgrund dessen, dass das Basionym der Art, *Isaria fuciformis* BERK., das anamorphe Stadium ist, konnte die Umkombination von McALPINE (1906), die auf der Teleomorphen basiert, bis 2012 nicht als solche angesehen werden, wohl aber als Neubeschreibung (Art. 59.6. Vgl. auch Diskussion bei BERNICCHIA & GORJÓN, 2010).

Ökologie: Ob eine Bindung an bestimmte Pflanzengesellschaften vorliegt, ist nicht bekannt, aufgrund des in der Literatur verzeichneten großen Wirtsspektrums (z.B. McALPINE l.c.) aber eher unwahrscheinlich. Auf verschiedenen Süßgräsern (Poaceae), parasitisch. Die Art kann während ihres Fruktifikationschubes auch auf benachbarte Kräuterstängel übergreifen.

Häufigkeit und Verbreitung: Vermutlich nicht selten.

Oberrrheingebiet: 6916/3, Karlsruhe, Grünwinkel, Albsiedlung, Privatgarten, an *Poa* sp., 110 m NN, 27.02.2010, M. SCHOLLER (KR 24831). – 8111/1, Grissheim, Rheindamm, im Gras, 210 m NN, 05.11.2011, E. STRITTMATTER (Herbar STRITTMATTER). – Schwäbische Alb: 7225/1, Schwäbisch Gmünd, Bettringen, Lindenfeld, Heide, bodensauer, auf lebenden und toten Blättern von *Agrostis capillaris*, 450 m NN, 28.09.2004, L. KRIEGLSTEINER (KR 11845).

Bestand und Bedrohung: Vermutlich nicht gefährdet.

Allgemeine Verbreitung: Nordamerika (USA) und Europa. Hier wohl in allen Ländern vorkommend.

Berichte liegen allerdings nur aus Großbritannien, den Niederlanden, der Schweiz und Dänemark vor. In Deutschland ist die Art ebenfalls verbreitet. Möglicherweise handelt es sich um einen aus Nordamerika stammenden Neomyzeten (M. SCHOLLER, pers. Mitt.).

Membranomyces JÜLICH (Persoonia 8: 296, 1975)

Von *Clavulicium* abgetrennte Nachbargattung, die sich durch schnallenlose Hyphen und fehlende Gloeozystiden unterscheidet.

Holzbewohner an Laub- und Nadelbäumen. Weltweit, in Europa und in Deutschland 2, in Baden-Württemberg 1 Art.

Membranomyces delectabilis (H. S. JACKS.) KOTIR. & SAAREN. (Ann bot. fenn. 30(3): 227, 1993)

Morphologie: Cremegelbliche, fast wachsartige, glatte Überzüge bildend.

Sporen glatt, breit ellipsoid bis subglobos, 7-9 x 6-8 µm. Basidien schlank keulig, viersporig, ohne Basalschnalle, 50-80 x 7-9 µm. Schnallen überall fehlend.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

Schwarzwald: 8114/1, Zastlertal, an der Kluse, Unterseite eines liegenden Astes (*Fagus sylvatica*), 900 m NN, 19.09.1991, I. DUNGER (GLM).

Bestand und Bedrohung: Aufgrund zu weniger Daten unklar.

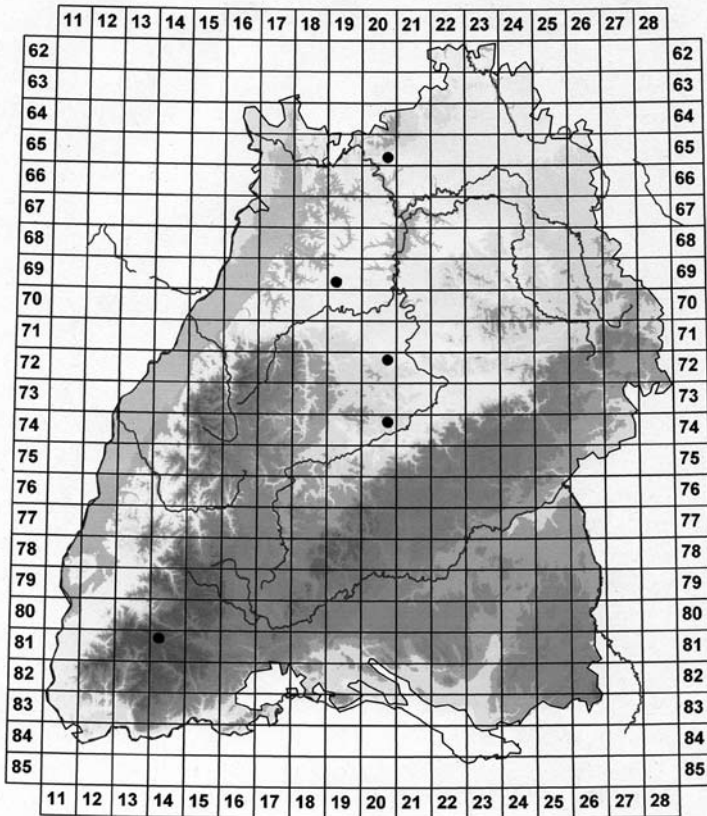
Allgemeine Verbreitung: Circumpolar. Asien (Kaukasus) und Europa. Süd- (Italien), West- (Frankreich, Niederlande, Großbritannien), Mittel- (Deutschland), Nord- (Fennoskandinavien) und Osteuropa (Weißrussland, Russland). In Deutschland keine weiteren Funde bekannt.

Phlebia nothofagi (G. CUNN.) NAKASONE (Sydowia 49(1): 67, 1997)

≡ *Mycoacia nothofagi* (G. CUNN.) RYVARDEN 1981
Scheinbuchen-Kamppilz

Morphologie: Ocker- bis graubraune, bisweilen auch leicht bläulich getönte Fruchtkörper bildend, die bis zu 50 cm Länge erreichen können, Oberfläche hydroid, mit stumpfen unregelmäßigen Zähnen von 5-7 mm Länge.

Ökologie: In naturnahen Buchenwäldern, seltener in forstlich stärker beeinflussten Buchen- und Eichen-Buchenwäldern. Auf am Boden lie-

Karte 1. *Phlebia nothofagi*

gendem, meist großvolumigem Laubholz in der Optimal- bis beginnenden Finalphase. Im Gebiet stets an Laubholz, vorzugsweise Buche (*Fagus sylvatica*), einmal an Eiche (*Quercus* sp.). Lt Lit. in Europa auch an *Populus*, *Ulmus*, *Quercus ilex* und selbst *Abies alba*, auf der Südhalbkugel an *Nothofagus*.

Häufigkeit und Verbreitung: Das bisherige Areal der Art ist noch ungenügend bekannt, vermutlich ist die Ausbreitung auch noch nicht abgeschlossen. Derzeit vor allem in den tieferen Lagen des Buchenwaldareals, doch auch ein Fund im Feldberggebiet.

Odenwald: 6520/4, Fahrenbach, „Lichtenherd“, auf am Boden liegendem Eichenast, 230 m NN, 05.11.1998, L. KRIEGLSTEINER, det. H. OSTROW (Beleg 4824, Herbar OSTROW). – Schwarzwald: 8114/1, Zastlertal, an der Kluse, Unterseite eines liegenden Buchenastes, 900 m NN, 19.09.1991, I. DUNGER (höchster Fundort, GLM). – Keuper-Lias-Land: Strom- und Heuchelberg, 6919/3, Häfner-

haslach, Bannwald Sommerberg, Eichen-Buchenwald, schwach sauer, an liegendem Buchenstamm, späte Optimalphase, 340 m NN, 16.06.1997, A. GMINDER (Erstnachweis, Herbar GMINDER). – 7220/2, Stuttgart-Vaihingen, Bärensee, buchendominierter Mischwald, Stubensandstein, 460 m NN, 17.07.2002, A. GMINDER. – 7420/2, Schönbuch, Bebenhausen, NSG „Eisenbachhain“, an liegendem Buchenstamm, 370 m NN, 26.05.2001, A. GMINDER. Vertikale Verbreitung: Die vermutlich etwas Wärme liebende Art kommt von der kollinen bis in die montane Stufe vor. Bisher in der planaren Stufe nicht nachgewiesen, aber zu erwarten.

Bestand und Bedrohung: Einerseits wird die Art als Naturnähezeiger für naturnahe (Buchen-)Wälder angesehen (BLASCHKE et al. 2009), andererseits scheint sie sich derzeit stark auszubreiten und mehr und mehr auch stärker bewirtschaftete Wälder zu besiedeln. Eine Gefährdung

ist derzeit nicht erkennbar.

Allgemeine Verbreitung: Neuseeland (Typuslokalität). Europa. Hier in Süd- (Portugal, Spanien, Italien, Slowenien, Bosnien und Herzegowina), Südost- (Bulgarien), West- (Frankreich, Großbritannien), Mittel- (Schweiz, Deutschland,) und im südlichen Osteuropa (Bulgarien, Tschechien, Russland: Kaukasus). In Deutschland zumindest in den südlichen Bundesländern in Ausbreitung begriffen (Bayern, Rheinland-Pfalz, Hessen, Thüringen). Ob die derzeitige Ausbreitung der Art auf einer Verbesserung ihrer Lebensansprüche (z.B. Temperaturerhöhung, größeres Tothholzangebot) oder auf eine Einwanderung in neuerer Zeit beruht, ist nicht bekannt.

Da in Band 1 die Gattung *Mycoacia* noch getrennt aufgeführt wird, kann der Schlüssel (S. 265) wie folgt ergänzt werden:

0. Hymenialzystiden zylindrisch, dickwandig, stark kristallin inkrustiert; Hymenophor ge-

- wöhnlich düster rost- bis graubraun
- *M. nothofagi*
- 0* Hymenialzystiden anders (Vorsicht: Oft kommen inkrustierte Hyphenenden an den Zahnspitzen vor!); Hymenophor gewöhnlich mit irgendwie gelben Farbtönen und oft sehr lebhaft 1
- 1. Mit KOH keine Farbveränderung; Sporen 1,5-2 µm breit, suballantoid *M. aurea*
- 1* Mit KOH rot; Sporen 2-3 µm breit, subzylindrisch bis schmal ellipsoid 2

Diese Arten können auch als Block in den Schlüssel für *Phlebia* (S. 291) eingefügt werden, wie es der heutigen Sichtweise entspricht:

- 5. Hyphen ohne Schnallen (*Efibula*)
- *Ph. deflectans*
- 5* Hyphen mit Schnallen 5a
- 5a. Hymenophor hydroid
- *Mycoacia* (Schlüssel s.o.)
- 5a* Hymenophor glatt, warzig oder höchstens mit kurzen und unregelmäßig verteilten Zähnen 6

Amaurodon atrocyaneus (WAKEF.) KÖLJALG & K.-H. LARSS. (Syn. Fung. (Oslo) 9: 33, 1996)

Morphologie: Durch die bläulichen Farben und die dunkelblauen Sporen sofort als *Amaurodon*-Art zu erkennen. Innerhalb der Gattung durch glattes Hymenium in Kombination mit bifurkaten Sporen und Schnallen gekennzeichnet.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

Keuper-Lias-Land: 7024/2, Welzheimer Wald, Gschwend, „Bergsee“, Unterseite von liegendem Fichten-Stammstück (*Picea abies*), 430 m NN, 09.03.2007, L. KRIEGLSTEINER, conf. OSTROW (KR 1135).

Bestand und Bedrohung: Da die Art europaweit wenig berichtet wird, andererseits aber für einen Rindenpilz einfach bestimmbar ist, gehört sie vermutlich zu den echten Raritäten und somit in der RL in Kategorie R.

Allgemeine Verbreitung: Südamerika (Venezuela: Typuslokalität) und Europa, hier nur selten berichtet. In Deutschland bisher nur aus Schleswig-Holstein bekannt.

Zu ergänzen wäre der Schlüssel 2 (S. 139) wie folgt:

- 1. Fruchtkörper resupinat 1a
- 1* Fruchtkörper hutförmig, keulig, trichterförmig, röhrlings- oder porlingsartig 5

- 1a. Sporen in KOH dunkelblau; Fruchtkörper frisch ebenfalls blau getönt. . . *Amaurodon*
- 1a* Sporen in KOH braun; Fruchtkörper frisch ohne Blautöne 2

Pseudotomentella flavovirens (HÖHN. & LITSCH.) SVRČEK, Česká Mykologie 12(2): 68, 1958)

Morphologie: Durch die grünbläuliche bis -graue Färbung und die hellen Sporen innerhalb der Gattung gut abgrenzbar. Vermutlich ist die amyloide Reaktion der Hyphen des Subhymeniums (auch andere Fruchtkörperteile?) ebenfalls ein gutes Merkmal.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

Schwarzwald: 8114/1, Feldberg, Rinken, Batzenberg-Höhe, an Fichte (*Picea abies*), 19.09.1991, I. DUNGER (GLM).

Bestand und Bedrohung: Aufgrund der Datenlage keine Aussage möglich.

Allgemeine Verbreitung: Nordamerika (USA) und Europa (hier eher selten berichtet). Bisher aus West- (Frankreich), Mittel- (Deutschland), Nord- (Dänemark, Schweden) und Osteuropa (Tschechien) bekannt. In Deutschland weitere Funde z.B. in Niedersachsen (Typuslokalität bei Braunlage im Harz), Sachsen und Berlin.

Der Schlüssel für *Pseudotomentella* kann folgendermaßen ergänzt werden:

- 1. Sporen in KOH 3% hell- bis dunkelbraun *P. tristis*
- 1* Sporen in KOH 3% hyalin bis gelblich . . . 2
- 2. Fruchtkörper graugrünlich; Hyphen des Subhymenium amyloid . . . *P. flavovirens*
- 2* Fruchtkörper leder- bis zimtbraun, violettlich; Hyphen ohne amyloide Reaktionen *P. mucidula*

Sarcodon lepidus MAAS GEEST. (Verh. K. ned. Akad. Wet., Afd. Natuurkunde, Tweede Reeks 65: 105, 1975) (Tafel 1, Abb. 3)
Zierlicher Stacheling

Morphologie: Von den ähnlichen *Sarcodon*-Arten durch bräunlichen, kleinschuppig werdenden Hut mit aufgerichteten Schuppen, rosabräunliches Fleisch, graugrüne Stielbasis und Vorkommen im Laubwald unterscheidbar.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

Oberrheingebiet: 8012/2, Freiburg, Ebringen, Schönberg, 360 m NN, Orchideen-Buchenwald,

Muschelkalk, unter *Fagus*, 04.09.2002, G. SAAR, conf. P. OTTO (Herbar SAAR).

Bestand und Bedrohung: Wie alle terrestrischen Stachelpilze aufgrund ihrer Empfindlichkeit gegenüber Stickstoff stark im Rückgang begriffen. Die Art muss als „akut vom Aussterben bedroht“ (RL 1) angesehen werden.

Allgemeine Verbreitung: Europa, überall sehr selten. Nachweis sind bekannt aus Spanien, Italien, Niederlande und Deutschland. In Deutschland nur ein weiterer Fundort in Thüringen (Nordhausen, KR 18949).

Anomoporia POUZAR (Česká Mykol. 20(3): 172, 1966)

Poroide Überzüge mit violetten, gelben oder weißen Farben, amyloide, glatte Sporen, monomitisch, mit Schnallen.

Braunfäuleerreger auf Laub- und Nadelholz. Weltweit 10, in Europa 7, in Deutschland 3, in Baden-Württemberg 1 Art.

Anomoporia kamtschatica (PARMASTO) BONDARTSEVA (Novosti Sistematiki Nizhnikh Rastenii 9: 135, 1972)
= *Anomoporia ambigua* A. DAVID & GILLES 1987

Morphologie: Vgl. Schlüssel. Insbesondere die dickwandigen, amyloiden Sporen sind ein charakteristisches Merkmal der Art.

Ökologie: Im Gebiet auf einer Wacholderheide, auf Weißjurakalk, an am Boden liegenden toten Ästen von *Juniperus communis*. Das Substratspektrum dürfte allerdings nicht nur auf diese Art beschränkt sein.

Verbreitung in Baden-Württemberg: Ein Nachweis. Schwäbische Alb: Nordostalb, 7226/2, Oberkochen, auf altem Wacholder (*Juniperus communis*), 13.10.1994, AMO.

Bestand und Bedrohung: Aufgrund zu weniger Daten unklar, doch scheint es sich um eine allgemein sehr seltene Art zu handeln, sodass sie in der RL in Kategorie R geführt werden sollte.

Allgemeine Verbreitung: Circumpolar. Asien (Russland: Sibirien, Kamtschatka). Europa. West- (Frankreich, als *A. ambigua*), Mittel- (Deutschland), Nord- (Finnland) und Osteuropa (Russland). In Deutschland keine weiteren Funde bekannt.

Im Generalschlüssel zu den Gattungen der Poriales ist *Anomoporia* zwar aufgeschlüsselt

(Schlüssel 4, S. 417), jedoch kein Vertreter der Gattung im Folgenden dargestellt. Allerdings käme man mit 9.1 *Ceriporia myceliosa* aufgrund der amyloiden Sporen zur Gattung *Anomoporia*. Auch BERNICCHIA (2005) hat diese Art dort geschlüsselt.

Als Schlüssel vor dieser Gattung ist ergänzen:

1. Rhizomorphen vorhanden; Poren eng (2-4 pro mm); Sporen 3-4 x 2,5-2,8 µm, dünnwandig „*Ceriporiopsis*“ *myceliosa*
- 1* Rhizomorphen fehlen; Poren größer (1-2 pro mm); Sporen 4-5 x 3-3,7 µm), dickwandig *A. kamtschatica*

Antrodia albobrunnea (ROMELL) RYVARDEN (Norw. J. Bot. 20: 8 (1973)

Braunfleckende Tramete

Morphologie: Gekennzeichnet durch voll resupinate Basidiocarprien mit weißlichen, bald bräunlich fleckenden Poren und ockerfarbenem, zum Substrat hin dunkler werdendem Subikulum.

Sporen allantoid, 5-7 x 1,5-2,2 µm.

Ökologie: Im Gebiet nur an morschem Holz der Wald-Kiefer (Finalphase) in Kiefernforsten auf Sandboden.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein leider unbelegter Nachweis.

Oberrheingebiet: 6717/4, Kronau, 115 m NN, Kiefernforst, braunfauler Stubben von *Pinus sylvestris*, 08.11.2003, A. GMINDER (Beleg wegen Schimmelbildung verworfen).

Vertikale Verbreitung: Bisher im Gebiet nur in der planaren Stufe aufgefunden.

Bestand und Bedrohung: Möglicherweise als Kälte liebende Art in Rückgang begriffen, doch reicht die Datenlage für eine sichere Einschätzung nicht aus.

Allgemeine Verbreitung: Circumpolar. Atlantisch, temperat-boreal, Nordamerika (USA: nördlich bis Alaska). Europa. Hier insbesondere in Nordeuropa (Fennoskandinavien), selten nach Zentraleuropa ausstrahlend (Deutschland, Polen), in Südeuropa nur ein Nachweis in Italien (Calabrien: BERNICCHIA 2005) und dem ehemaligen Jugoslawien. Nachweise aus Deutschland sind bisher nicht bekannt.

Antrodia sitchensis (D. V. BAXTER) GILB. & RYVARDEN (Mycotaxon 22(2): 364, 1985)

Kleinsporige Tramete

Morphologie: Vgl. WINTERHOFF (2003). Ähnlich *A. albobrunnea*, jedoch mit etwas kleineren Sporen und (schwach) amyloiden Skeletthyphen. Sporen allantoid, 4-5,5 x 1,5-2 µm.

Ökologie: Im Gebiet in einem Kiefernforst auf Sandboden. Auf morschen Kiefern-Stämmen der Finalphase.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

Oberrheingebiet: 6617/4, Sandhausen, Bannwald Franzosenbusch, 103 m NN, Kiefernforst, morsche Stämme von *Pinus sylvestris*, 29.11.2001, W. WINTERHOFF, det. L. RYVARDEN (WINTERHOFF 2003).

Vertikale Verbreitung: Nur in der planaren Stufe aufgefunden.

Bestand und Bedrohung: Möglicherweise als Kälte liebende Art in Rückgang begriffen, doch reicht die Datenlage für eine sichere Einschätzung nicht aus.

Allgemeine Verbreitung: Circumpolar. Nordamerika (Kanada, USA: von Alaska südwärts bis New Mexico und Kalifornien) und Europa. Hier bisher nur in Nord- und Nordosteuropa (Finnland, Estland) nachgewiesen, aber vermutlich weiter verbreitet. Der hier aufgeführte Fund dürfte der derzeit südlichste in Europa sein. In Deutschland keine weiteren Funde bekannt.

Antrodia sordida RYVARDEN & GILB. (Mycotaxon 19: 143, 1984)

Schmutzige Tramete

Morphologie: Ähnlich *A. sitchensis*, jedoch mit schmälere Sporen und dextrinoiden statt (schwach) amyloiden Skeletthyphen.

Ökologie: Montaner Tannen-Buchenwald, auf liegendem Holz von *Fagus sylvatica*. RYVARDEN & GILBERTSON (1993) geben als Substrat für alle übrigen europäischen Kollektionen *Pinus* an.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

Schwarzwald: 7913/4, St. Märgen, Bannwald Conventwald, Buchen-Tannenwald, auf Buchenholz, 17.06.1996, I. DUNGER, conf. R. L. GILBERTSON (GLM).

Bestand und Bedrohung: Aufgrund von extremer Seltenheit latent gefährdet. Der einzige Fundort im Gebiet liegt in einem Bannwald und ist somit nicht von forstlichen Eingriffen bedroht.

Allgemeine Verbreitung: Nordamerika (USA) und Europa. Hier bisher nur in Polen, Russland und Deutschland nachgewiesen. Neben dem hier aufgeführten Fund in Deutschland nur ein Nachweis aus Sachsen.

Der Schlüssel (S. 477) kann nach dem Schlüssel-paar 6./6* wie folgt ergänzt werden:

- 7. Skeletthyphen amyloid 8
- 7* Skeletthyphen nicht amyloid 9
- 8. Poren lebhaft- bis blassgelb; Sporen 3,5-5 x 1-1,5 µm *A. xantha*
- 8* Poren creme bis bräunlich; Sporen 4-5,5 x (1,5)2-2,5 µm *A. sitchensis*
- 9. Poren 1-3 per mm, irregulär, gewunden; Porenwände zerrissen *A. sinuosa*
- 9* Poren 3-7 per mm, rund bis eckig; Porenwände unversehrt 10
- 10. Sporen 5-7 x 1,5-2,2 µm. . *A. albobrunnea*
- 10* Sporen kürzer, gedrungener 11
- 11. Sporen 3,5-5 x 1-1,5 µm oder 4-5,5 x (1,5)2-2,5 µm; Skeletthyphen dicht verwoben (meist amyloid) vgl. 7a./7a*
- 11* Sporen 4-5(5,5) x 1,5-1,8(2) µm; Skeletthyphen locker und parallel angeordnet, schwach dextrinoid *A. sordida*

Parmastomyces KOTL. & POUZAR (Feddes

Rep. 69: 138, 1964)

Gelwachsporling

Die früher in der Gattung *Tyromyces* oder *Oligoporus* untergebrachte Typusart steht aufgrund ihrer dextrinoiden Sporen recht isoliert. Mit dem Hauptschlüssel für poroide Pilze ist die Gattung nicht zu erreichen. Daher sollte Schlüssel 4 (S. 417) wie folgt ergänzt werden.

- 3. Sporen dextrinoid 3a
- 3* Sporen nicht dextrinoid 4
- 3a. Sporen truncat bis ellipsoid, 4-5,5 µm breit *Perenniporia*
- 3a* Sporen zylindrisch bis ellipsoid, 2,5-3 µm breit *Parmastomyces*

Parmastomyces mollissimus (MAIRE) POUZAR (Česka Mykol. 38: 203, 1984)

= *Parmastomyces transmutans* (OVERH.) RYVARDEN & GILB. 1984

= *Parmastomyces kravtzevianus* (BONDARTSEV & PARMASTO) KOTL. & POUZAR 1964

= *Sarcoporia polyspora* P. KARST. 1884

Weicher Gelwachsporling

Morphologie: Meist resupinater, gelegentlich etwas effuso-reflexer, weicher und saftiger Porling, der beim Trocknen kreidig-brüchig wird, weißlich, bei Berührung rötend (ähnlich *Oligoporus fragilis*). Sporen dextrinoid, 4,5-6 x 2,5-3 µm.

Ökologie: Auwaldartiger Mischwald, auf liegendem Holz von *Pinus sylvestris*. RYVARDEN & GILBERTSON (1993) geben als Substrat für alle übrigen europäischen Kollektionen ebenfalls *Pinus* an, während BERNICCHIA (2005) allgemein „Nadelholz, selten Laubholz“ vermerkt (obwohl die italienischen Funde allesamt von *Pinus* spp. stammen).

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

Oberrrheingebiet: 6517/3, Mannheim, Friedrichsfeld, Dossenwald, nahe Kleintierzuchtverein, auf liegendem Kiefernstamm, 90 m NN, 17.10.2009, U. SAUTER (KR 26097).

Bestand und Bedrohung: Aufgrund der Datenlage keine Aussage möglich.

Allgemeine Verbreitung: Boreal-temperat(-submediterranean?), circumpolar. Asien (östliches Russland) und Europa. Hier in erster Linie im Norden und Nordosten, doch sind auch Funde von Küstenregionen Italiens bekannt. Aus Deutschland sind keine weiteren Funde bekannt.

Ergänzungen zu Band 2 (KRIEGLSTEINER 2000b)

Familie

Clavicornaceae CORNER (Beih. Nova Hedwigia 33: 6, 1970)

Die beiden nahe verwandten und bisweilen synonym angesehenen Gattungen *Artomyces* und *Clavicornia* waren in Baden-Württemberg bisher nicht nachgewiesen. Sie unterscheiden sich von ähnlich aussehenden Gattungen mit weißem Sporenpulver wie z.B. *Clavaria* oder *Clavulina* durch das Vorhandensein von Gloeozystiden. Zusätzlich sind die Sporen bei *Artomyces* stark, bei *Clavicornia* schwach und undeutlich amyloid. Sie bilden zusammen die Familie Clavicornaceae, die heute in der Ordnung Russulales ihren Platz findet. Die Familie wird von manchen Mykologen als synonym zu den Auriscalpiaceae gesehen.

1. Fruchtkörper stark verzweigt; Äste wirtelartig angeordnet; Astspitzen flach und krönchenartig; Sporenpulver stark amyloid *Artomyces*
- 1* Fruchtkörper keulig-zugespitzt; höchstens mit wenigen Verzweigungen; Sporenpulver schwach amyloid *Clavicornia*

Artomyces pyxidatus (PERS.) JÜLICH
(Bibl. Mycol. 85: 399 (1982) [1981]) (Karte 2)
(Tafel 1, Abb. 2)
Verzweigte Becherkoralle

Morphologie: Fruchtkörper 5-10 cm hoch, cremegelb bis blass ockerfarben, reich verzweigt, und an eine Koralle (*Ramaria*) erinnernd. Astspitzen jedoch artcharakteristisch flach und krönchenartig statt zuspitzend, Äste oberwärts z.T. zu mehreren auf gleicher Höhe abzweigend (quirllartig). Trama cremeweißlich, alt bräunend, wenig brüchig, etwas dumpf riechend, nach einiger Zeit scharf schmeckend. Sporenpulver weiß. Sporen breit ellipsoid bis eiförmig, amyloid, teils fein warzig, 3,5-4,5(5) x 2-2,5(2,8) µm. Gloeozystiden im Hymenium vorhanden.

Ökologie: Im Gebiet einerseits in wärmebegünstigten Laubmischwäldern, andererseits (Oberrrheingebiet) in Kiefernforsten. An morschen Stubben von Laubholz (*Fraxinus excelsior*, *Populus tremula*) oder *Pinus sylvestris*, einmal an einem liegenden Stamm.

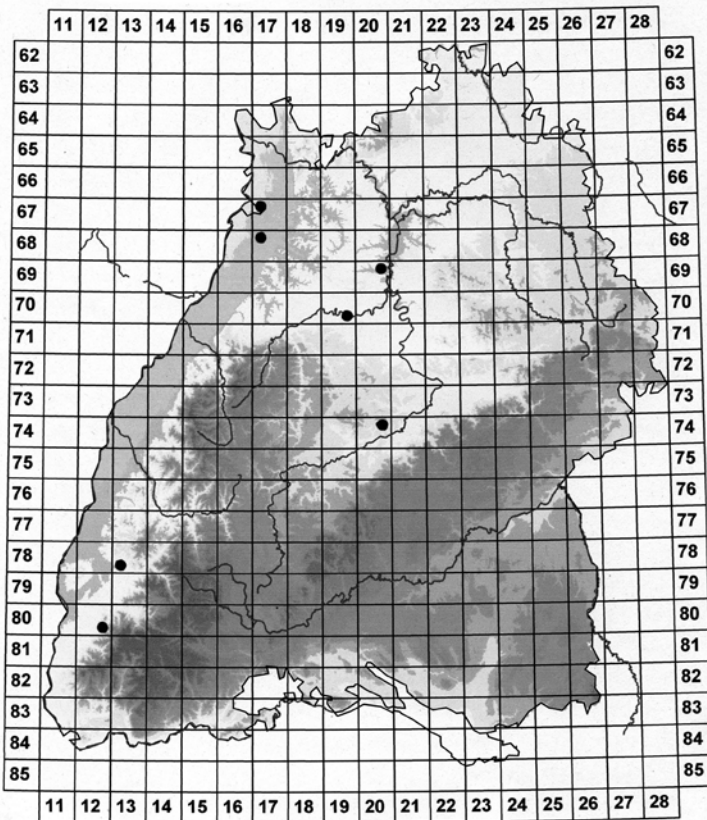
Phänologie: Frühsommer (ab Mai) bis Herbst (24.10.).

Häufigkeit und Verbreitung: Selten, aber möglicherweise in Zunahme begriffen.

Oberrrheingebiet: 6717/1, Kirrlach, nahe der Autobahn, Kiefernforst, an finalfaulen Stubben (*Pinus sylvestris*), 125 m NN, 24.06.2002, A. GMINDER. – 6817/1, Graben-Neudorf, Kohlplattenschlag, Kiefern-mischforst, morscher Stubben, 125 m NN, 25.06.2002, A. GMINDER. – 7813/3, Emmendingen, Windenreute, 280 m NN, 26.08.2006 (SCHRIMPL 2007), 03.10.2007, 24.10.2008, L. SCHRIMPL (KR). – 8012/4, Teuchelwald, an morschem Laubholz, 08.08.2010, E. STRITTMATTER (Beleg in Herbar STRITTMATTER). – Gäulandschaften: 6920/2, Lauffen, bei der Kläranlage, Auwald, an morschem Stubben (*Populus tremula*), 190 m NN, 29.05.2003, A. GMINDER (Beleg in Herbar GMINDER). – 7019/4, Enzthal bei Mühlhausen, Hangwald, liegender morscher Stamm (*Fraxinus excelsior*), 210 m NN, 27.06.2001, A. GMINDER (Erstnachweis, Beleg in Herbar GMINDER). – Keuper-Lias-Land: 7420/2, Schönbuch, Bebenhausen, NSG „Eisenbachhain“, an morschem Laubholzstubben (*Betula?*), 370 m NN, 23.07.2001, A. GMINDER (höchster Fundort).

Vertikale Verbreitung: In der planaren und kollinen Stufe gleichmäßig verbreitet, im Gebiet nicht über 370 m NN hinausgehend.

Bestand und Bedrohung: Die Art gilt in den meisten Ländern als bedroht, doch scheint sie sich in den letzten 20 Jahren eher auszubreiten. Dazu passt auch das offenbar plötzliche Auftreten im Gebiet. Da sie zudem durchaus nicht nur in naturnahen (Au-)Wäldern vorkommt, sondern auch recht regelmäßig in Kiefernforsten, kann derzeit

Karte 2. *Artomyces pyxidatus*

davon ausgegangen werden, dass die Art nicht gefährdet ist. Ihre Bestandsentwicklung sollte aber im Auge behalten werden.

Allgemeine Verbreitung: Nordamerika (USA: häufig, Kanada), Nordafrika und Europa. Hier zerstreut und ohne Schwerpunkt in Süd- (Spanien, Italien), West- (Frankreich, Großbritannien), Mittel- (Schweiz, Deutschland, Österreich), Nord- (Schweden, Finnland) und Osteuropa (Tschechien, Ungarn, Polen, Lettland, Estland). In Deutschland sehr zerstreut und oft in den regionalen Roten Listen geführt, in Bayern, Hessen, Thüringen, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Niedersachsen und Berlin nachgewiesen.

Clavaria incarnata WEINM. (Hymeno et Gasteromycetes hucusque in Imp. Ross. Observatos (Petropoli): 510, 1836)
Fleischrosa Keule

Morphologie: Durch rosafarbene Fruchtkörper in Verbindung mit Schnallen an den Basidien gut gekennzeichnet (*C. rosea* ist schnallenlos!).
Ökologie: Im Gebiet bisher nur in schafbeweideten Magerrasen mit Wacholder. Außerhalb Baden-Württembergs kommt die Art gelegentlich auch in anderem nährstoffarmem Grünland sowie in basenreichen Eschenmischwäldern vor. Auffallend ist die Nähe zu Wacholder, was an Standorten außerhalb des Gebiets nicht beobachtet werden konnte.

Häufigkeit und Verbreitung: Nur Nachweise von der Schwäbischen Alb. Ob andernorts übersehen?

Schwäbische Alb: 7325/2, Söhnstetten, „Stöckelberg“, Wacholderheide über Jurakalk, unter *Juniperus*, 630 m NN, 12.10.2005, L. KRIEGLSTEINER (KR 202). – 7326/2, Steinheim, „Schafhalde“, Wacholderheide über Jurakalk, in der Streu unter Wacholder, 620 m NN, 08.10.2005, L. KRIEGLSTEINER (KR 227).

Bestand und Bedrohung: Wie fast alle Arten dieser Gattung aufgrund ihrer starken Stickstoffsensibilität rückläufig und stark gefährdet (RL 2).

Allgemeine Verbreitung: Europa. Bisher nur aus West- (Frankreich, Niederlande, Großbritannien) und Mitteleuropa (Deutschland, Dänemark) bekannt. In Deutschland sehr seltene Einzelfunde in Bayern, Saarland, Thüringen, Sachsen, Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen und Brandenburg.

Clavaria zollingeri LÉV. (Annl. Sci. Nat., Bot., sér. 3, 5: 155, 1846)
Amethystfarbige Keule

Morphologie: Unter den violetten Korallen im weiteren Sinne durch die hyalinen, 4-7 x 3-5 µm breiten Sporen, aufgeblasenen, über 20 µm breiten Hyphen und schnallenlose Basidien gekenn-

zeichnet. Selten tritt die Art auch mehr oder weniger unverzweigt auf.

Ökologie: Lt Lit. auf stickstoffarmen, beweideten Wiesenflächen, insbesondere Magerrasen und mesophilem Weidegrünland.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis aus dem Nordschwarzwald.

Nordschwarzwald: 7116/1, Völkersbach, Magerwiese, zusammen mit über 20 Saftlingsarten, 440 m NN, 08.11.2004, D. DOCKAL (KR 29476).

Bestand und Bedrohung: Europaweit sehr selten und aufgrund zunehmender Stickstoffbelastung ihrer Biotope vom Aussterben bedroht (Rote Liste 1).

Allgemeine Verbreitung: Nordamerika (USA). Europa. Bekannt aus Süd- (Spanien, Italien), West- (Frankreich, Großbritannien), Mittel- (Schweiz, Deutschland, Österreich) und Nordeuropa (Dänemark). In Deutschland überall sehr selten. Funde sind gemeldet aus Bayern, Thüringen, Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein.

Clavulinopsis umbrinella (SACC.) CORNER (Monograph of *Clavaria* and allied Genera (Annals of Botany Memoirs No. 1): 393, 1950)

= *Clavulinopsis cinereoides* (G. F. ATK.) CORNER 1950

= *Clavulinopsis holmskjoldii* (OUDEM.) CORNER
Graue Wiesenkeule

Morphologie: Fruchtkörper korallig verzweigt, bis 5 cm hoch, weißlich, cremefarben bis nussbraun, abgesehen von der Farbe an *C. corniculata* erinnernd. Mikroskopisch fallen oft sehr lange Basidien (> 100 µm) auf.

Ökologie: Extensives, stickstoffarmes Grünland, im Gebiet im unbeweideten Bereich eines Halbtrockenrasens. Die Art ist vermutlich häufiger am Grund der Grasbüschel in etwas ruderalen Magerrasen zu finden

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

Schwäbische Alb: 7423/1, südlich Reußenstein, unter Gras in Saum zu Wacholderheide, 770 m NN, 20.10.2004, L. KRIEGLSTEINER (KR 12039).

Bestand und Bedrohung: Aufgrund der Bindung an stickstoffarme Grünlandbiotope deutlich rückläufig und somit als stark gefährdet (RL 2) anzusehen.

Allgemeine Verbreitung: Nordamerika (USA). Europa. Bisher zumindest aus West- (Frankreich, Niederlande, Großbritannien) und Mitteleuropa

(Deutschland, Dänemark) bekannt. In Deutschland bisher nur aus Thüringen und Sachsen bekannt.

Typhula graminum P. KARST. (Bidr. Känn. Finl. Nat. Folk 26: 340, 1876)

Morphologie: Gehört zu den grasbewohnenden Arten mit Sklerotium, die in keinen Fruchtkörperteilen Gallerte enthalten. Von der ähnlichen *T. caricina* durch kleinere Sporen abgrenzbar.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

Odenwald: 6519/4, NSG „Totenbrunnen“, Uferstaudenflur, an vorjährigen Sprossen von *Equisetum fluviatile*, 370 m NN, 26.08.1983, leg. W. WINTERHOFF, det. K. SIEPE (Beleg 83106, Herbar WINTERHOFF) (SIEPE 2005).

Bestand und Bedrohung: Europaweit sehr selten, möglicherweise aufgrund dieser Seltenheit latent gefährdet (RL R).

Allgemeine Verbreitung: Europa. Bekannt nur aus Frankreich, Großbritannien, Deutschland und Finnland. Aus Deutschland sind keine weiteren Funde bekannt.

Ramaria flavosalmonicolor SCHILD (Z. Mykol. 56(1): 135, 1990)

= *Ramaria sandaracina* MARR & STUNTZ SS. SCHILD 1982

Lachsgelbliche Koralle

Morphologie: Von den ähnlich gefärbten Arten in erster Linie durch die kleinen Sporen (< 10 µm) und Schnallen unterscheidbar.

Ökologie: Gilt lt. Lit. als Buchenbegleiter (wohl auch bei Kiefer?), was auch im Conventwald wahrscheinlich ist. Angegeben von Kalkboden, was hingegen für den unten aufgeführten Fund nicht zutrifft.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

Schwarzwald: 7913/4, Stegen, Bannwald Conventwald, Buchen-Fichten-Bergwald, auf Paragneis, 700 m NN, 07.07.1996, D. & P. LABER (KR 1916).

Bestand und Bedrohung: Europaweit sehr selten und wie alle großen Korallen rückläufig. Die Art muss daher mindestens als stark gefährdet (RL 2) gewertet werden.

Allgemeine Verbreitung: Europa. Bisher nur aus der Schweiz und Deutschland nachgewiesen. Aus Deutschland sind etliche Fundorte in Bayern, sowie ein Einzelfund aus Niedersachsen bekannt.

Hydnum ellipsosporum OSTROW & BEENKEN

(Z. Mykol. 70(2): 139, 2004)

Schmalsporiger Stoppelpilz

Morphologie: Makroskopisch sehr an *H. rufescens* PERS. erinnernd, aber von den anderen *Hydnum*-Arten durch die Sporenmaße klar unterschieden.

Ökologie: Lt Lit. in Buchen- und Fichtenwäldern auf sauren Böden, meist an nur schütter bewachsenen Stellen. Im Gebiet bisher einmal in einem Buchen-Kiefernforst, aber einmal auch überraschenderweise an einem Sportplatz unter *Carpinus betulus* gefunden.

Häufigkeit und Verbreitung: Zwei Nachweise, aber sicherlich weit verbreitet und nicht selten.

Oberheingebiet: 6916/2, Karlsruhe, Waldstadt, Hardtwald, „Am Alten Acker“, Buchen-Kiefernforst, auf Sandboden, 115 m NN, 21.09.2008, R. JUNGHANS, det. M. SCHOLLER (KR 1873). – 6919/3, Karlsruhe, Innenstadt-Ost, Sportplatz Unicampus, unter Hainbuche, 115 m NN 20.11.2008, M. ZIEGMANN (KR 2435).

Bestand und Bedrohung: Vermutlich nicht seltener als die anderen beiden *Hydnum*-Arten. Nicht gefährdet.

Allgemeine Verbreitung: Die Gesamtverbreitung der Art ist bisher weitgehend unbekannt. Aus Deutschland sind etliche Standorte in Bayern, Rheinland-Pfalz, Thüringen und Hessen bekannt, aber sicherlich weiter verbreitet.

Die bisher nicht im Gebiet nachgewiesene Art *Hydnum albidum* PECK, die aber aufgrund ihrer ökologischen Vorliebe für flachgründige Kalkböden in wärmebegünstigten Lagen im Main-Tauber-Gebiet zu erwarten ist, wird im folgenden Schlüssel (abgewandelt nach OSTROW & BEENKEN 2004) berücksichtigt.

1. Fruchtkörper zumindest jung weiß, dann cremefarben, alt bisweilen fast die Färbung der nachfolgenden Arten bekommend; Sporen 4-5,5 x 3-4 µm [*H. albidum*]
- 1* Fruchtkörper von Anfang an ockerlich; Sporen länger als 5,5 µm 2
2. Fruchtkörper mit großen blassgelben Hüten und kurzem, meist etwas seitlichem Stiel (Quotient ca. 1,8-2); Stacheln alle zugespitzt; Sporen 6,5-9 x 5,5-7 µm, Quotient = 1,2-1,5 *H. repandum*
- 2* Fruchtkörper mit kleineren mehr orange-farbenen Hüten und deutlichem, meist +/- zentralem Stiel (Quotient ≈ 0,6-0,7);

Stacheln teilweise breit abgeplattet; Sporen wie bei *H. repandum* oder größer und länglicher 3

3. Sporen rundlich bis breit oval, 6,5-9 x 5,5-7, Quotient = 1,2-1,4 . . . *H. rufescens*
- 3* Sporen ellipsoid bis subzylindrisch, 9-11(12) x 6-7 µm, Quotient = 1,4-1,8 *H. ellipsosporum*

Myriostoma coliforme (DICKS.) CORDA (Anleit. Stud. Mykol., Prag: 131, 1842) (Tafel 7, Abb. 19) Gemeiner Sieberdstern

Die Art ist zwar bei WINTERHOFF (2000) aufgeführt, aber kein sicherer Nachweis bekannt. Das Vorkommen des Sieberdsterns kann nun für Baden-Württemberg abgesichert bestätigt werden. Beschreibung und allgemeine Verbreitung siehe WINTERHOFF (l.c.).

Häufigkeit und Verbreitung: Zwei Nachweise.

Nördliches Oberheingebiet: 6417/3, Mannheim, Käfertal, im Gebüsch, unter Robinie, auf Sandboden, 95 m NN, 22.01.2012, D. BANDINI, B. OERTEL (Beleg in Herbar BANDINI). – 6618/3, St. Ilgen, Waldfriedhof, Robinienmischforst, auf Kalksand (Flugsanddüne), 115 m NN, 27.09.2009, W. WINTERHOFF (Herbar WINTERHOFF und KR 28575, WINTERHOFF 2010).

Allgemeine Verbreitung: Vgl. WINTERHOFF (2000).

Tulostoma pulchellum SACC. (Bull. Soc. mycol. Fr. 5(4): 118, 1890 [1889])

Schöner Stielbovist

Morphologie: Das fransig-aufgerissene Peristom und die nur sehr fein warzigen, im Lichtmikroskop fast glatt wirkenden Sporen lassen die Art problemlos erkennen. Eine weitere Art mit glatten Sporen ist *T. leioporum* R. E. FRIES, das aber kleinere Sporen hat (im Gebiet nicht nachgewiesen).

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

Nördliches Oberheingebiet: 6618/3, Sandhausen, NSG Düne Pflege Schönau, offener Sandrasen, 115 m NN, 13.11.2006, W. WINTERHOFF, conf. H. KREISEL (Beleg in Herbar WINTERHOFF) (WINTERHOFF & HAAR 2008).

Bestand und Bedrohung: Sehr seltene und durch zunehmende Nitrifizierung ihrer Standorte stark rückläufige Art. Sie muss als stark gefährdet (RL 2) angesehen werden. Zu diesem Ergebnis kamen auch RIMÓCZI et al. (2011), die die unga-

rischen Populationen als bedeutend für den Gesamterhalt der Art erachten und damit Ungarn eine besondere Verantwortlichkeit für *T. pulchellum* bescheinigen.

Allgemeine Verbreitung: Kosmopolitisch (WRIGHT 1987, zitiert nach RIMÓCZI et al. 2011). In Europa in den kontinentalen Steppengebieten Tschechiens, der Slowakei und Ungarns vorkommend. Aus Deutschland sind weitere Fundorte aus Sachsen-Anhalt und Mecklenburg-Vorpommern bekannt.

Boletus erythropus* var. *immutatus (PEGLER & A. E. HILLS) K. PHILIPP & KÄRCHER (Beitr. Kenntn. Pilze Mitteleur. 14: 112, 2005)

≡ *Boletus immutatus* (PEGLER & A. E. HILLS) A. E. HILLS & WATLING

= *Boletus „noncolorans“* H. ENGEL & K. PHILIPP 1989 nom. nud.

Unveränderlicher Hexen-Röhrling

Morphologie: Die Varietät unterscheidet sich von der Typus-Varietät durch das fehlende Blauen der Trama.

Ökologie: Der einzige Fund aus dem Gebiet stammt aus einem Fichten-Buchenforst auf Sandboden.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

Odenwald: 6519/4, Moosbrunn, Fichtenforst, unter *Fagus* und *Picea abies*, auf saurem Boden, 29.05.2000, A. & U. SCHOFER (KR 20894).

Bestand und Bedrohung: Nach derzeitiger Datenerhebung kann weder der genaue Bestand noch eine Gefährdung eingeschätzt werden. Vermutlich ist die Art aber trotz Seltenheit nicht gefährdet.

Allgemeine Verbreitung: Europa. Bisher nur in Großbritannien und Deutschland aufgefunden. In Deutschland noch sehr seltene Einzelfunde in Süd-Hessen.

Boletus rhodopurpureus SMOTL. (Čas. Česk. Houb. 29(1-3): 31, 1952) (Tafel 2, Abb. 4a, 4b)

Bunthütiger Purpur-Röhrling

Morphologie: Der *Boletus rhodopurpureus*-Komplex ist innerhalb der rotporigen Dickröhrlinge durch bei Berührung blauschwarz fleckenden Hut und von jung an rote Poren gekennzeichnet (*B. torosus* FR. & HÖK hat lange gelb bleibende Poren!).

Variabilität: Funde mit von jung an altrosa bis rosageber Tönung werden als *B. r.* var. *gallicus* Ro-

MAGN. bezeichnet. Sehr ähnlich, wenn nicht sogar mit dieser Varietät identisch, ist *B. luteocupreus* BERTÉA & ESTADES, mit überwiegend goldgelber bis gelboranger oder kupferfarbener Hutfarbe. *B. torosus* unterscheidet sich schon alleine durch die sehr lange gelb bleibenden Röhrenmündungen.

Ökologie: Basenreiche Buchen- und Eichenmischwälder, z.B. Orchideen-Buchenwald. Thermophile Art, die aus dem mediterranen Raum hierher ausstrahlt. Im Gebiet Mykorrhiza mit Buche oder Eiche.

Häufigkeit und Verbreitung: Vier Nachweise in zwei Naturräumen.

Oberrhodanengebiet: 8012/2, Freiburg, Ebringen, Schönberg, relativ junger Orchideen-Buchenwald, Hanglage, unter *Fagus*, auf Muschelkalk, 380 m NN, 27.08.2002, 20.08.2006, G. SAAR (Herbar SAAR). – 8012/4, Bollschweil, Kalkbruch, extrem trockener, südorientierter Eichenwald (über 150 Jahre) mit jungem Buchenunterwuchs, Kalkboden, 14.09.2010, G. SAAR (Herbar SAAR). – Südwestdeutsches Voralpenland: Bodenseegebiet, 8220/3, Mindelsee, Südufer, August 2009, CH. GRANER, conf. J. SCHREINER (Herbar SCHREINER). – 8220/4, Mühlenweiher, Ostufer, 480 m NN, 1996, CH. GRANER (in GMINDER 2000 fälschlich als *B. torosus* aufgeführt). – Mühlenweiher (anderer Standort als voriger), 480 m NN, 09.08.2010, U. WINKLER.

Bestand und Bedrohung: Eine in Zentraleuropa höchst seltene Art, deren Bestand aufgrund von Stickstoffeinträgen in die Wälder zusätzlich rückläufig eingeschätzt werden muss. Daher mindestens stark gefährdet (RL 2), wenn nicht sogar vom Aussterben bedroht (RL 1).

Allgemeine Verbreitung: Europa. Bisher nur im westlichen und mittleren Mittelmeergebiet aufgefunden, darüber hinaus selten nach Norden ausstrahlend (Schweiz, Deutschland, vermutlich bis Großbritannien und Süd-Schweden reichend). In Deutschland sehr seltene Einzelfunde in Süd-Hessen und Bayern.

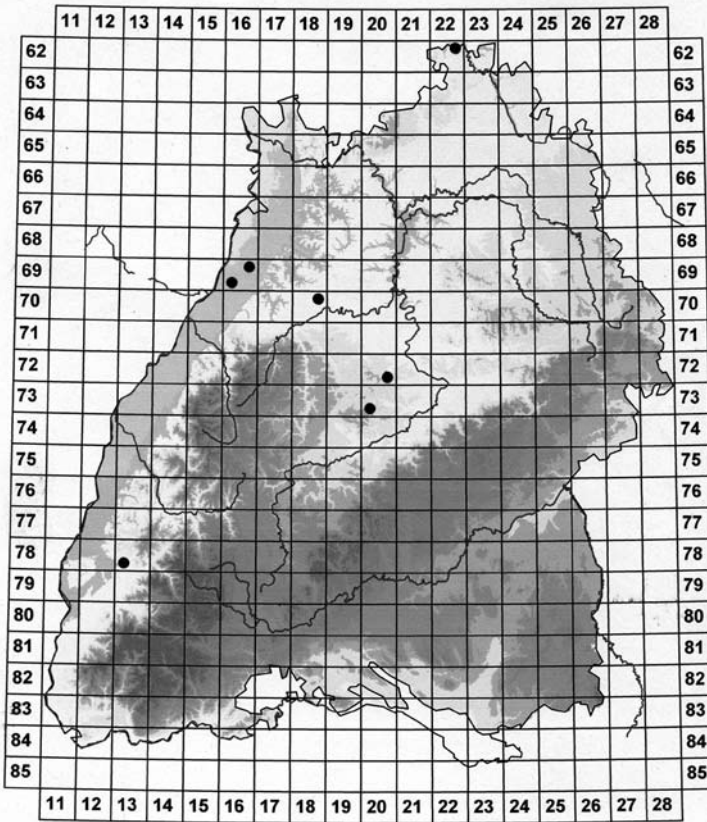
Xerocomus cisalpinus SIMONINI, H. LADURNER & PEINTNER (Mycol. Res. 107(6): 664, 2003)

≡ *Boletus cisalpinus* (SIMONINI, H. LADURNER & PEINTNER) WATLING & A. E. HILLS 2004

= *Xerocomus chrysenteron* f. *gracilis* H. ENGEL 1996

Starkblauer Rotfußröhrling

Morphologie: Von den anderen Arten der *Xerocomus chrysenteron*-Gruppe durch die fast wei-

Karte 3. *Xerocomus cisalpinus*

Be, stark blauende Trama unterschieden. Sporen im REM schwach gestreift.

Ökologie: Parkähnliche Biotope, oft mit ungedüngten (Zier-)Rasen, daneben in Eichenmischwäldern, auf basenreichen bis neutralen Böden. Die Art scheint etwas Wärme liebend zu sein. Mykorrhiza wird in erster Linie mit Laubbäumen, vor allem Eichenarten gebildet, selten mit Nadelbäumen (*Picea orientalis*).

Aus Italien und Großbritannien wurden Funde unter *Pinus* und *Cedrus* gemeldet.

Phänologie: Frühsommer bis Anfang Herbst, einmal bereits im Mai fruktifizierend.

Häufigkeit und Verbreitung: Wenige Nachweise. Ob zerstreut?

Oberrheingebiet: 6916/2, Karlsruhe, Neureut, Hardtwald, Buchen-Kiefernwald, unter Buche, 110 m NN, 16.09.2007, K. SCHOLLER, A. RUBNER, det. M. SCHOLLER (KR 18769). – 6916/3, Karlsruhe, Nordweststadt, Alter Flugplatz, Feldgehölz,

Quercus robur (?), 110 m NN, 20.10.2006, M. ZIEGMANN, det. M. SCHOLLER (KR 16483). – 7813/3, Emmendingen, Park des Zentrums für Psychiatrie, unter Linde sowie unter *Picea orientalis*, 210 m NN, 14.-19.10.2008, L. SCHRIMPL (KR 4978, KR 4986). – Odenwald: 6222/2, Grünenwört, steile Schluchtböschung, unter *Quercus petraea*, Buntsandstein, 160 m NN, 27.08.1996, J. SCHREINER (Beleg Herbarium SCHREINER 103/96, als *X. chrysenteron* f. *gracilis* ENGEL). – Bestenheid, Waldfriedhof, moosiger Zierrasen unter *Pinus sylvestris* und *Quercus robur*, anlehmiger Sandboden, 20.05.2005, J. SCHREINER, conf. M. BINDER (Beleg Herbarium SCHREINER 05/05). Alle Funde in LEHR & SCHREINER (2006). – Gäulandschaften: 7018/2, Ötisheim, Hürstwald, Eichen-Hainbuchenwald (Waldrand), neutraler lehmiger Sandboden, unter *Quercus petraea*, 210 m NN, 12.10.2000, A. GMINDER. – Keuper-Lias-Land: 7220/4, Stuttgart-Sonnenberg, Dorn-

haldenfriedhof, moosiger Rasen an Bauminselfen, unter *Quercus robur*, 380 m NN, 24.07.2007, A. GMINDER. – Schönbuch, 7320/3, Weil im Schönbuch, „Weißer Stein“, Keuperlehm, 500 m NN, 21.08.2005, leg. T. LEHR & E. STRITTMATTER, det. T. LEHR (Beleg Herbarium LEHR 2005/08.15) (LEHR & SCHREINER 2006).

Vertikale Verbreitung: Planar bis in die untere submontane Stufe.

Bestand und Bedrohung: Die Art scheint nicht gefährdet zu sein.

Allgemeine Verbreitung: Europa. Süd- (Spanien, Italien), West- (Frankreich, Belgien, Niederlande, Großbritannien), Mittel- (Deutschland, Österreich) und Osteuropa (Tschechien). In Deutschland bisher nachgewiesen aus Bayern, Hessen, Thüringen und Niedersachsen. Erst seit wenigen Jahren bekannt, daher ist die Verbreitungsübersicht noch unvollständig (im Wesentlichen nach LEHR & SCHREINER l.c.).

Lactarius leonis KYTÖV. (Karstenia 24(2): 46, 1984)

Löwengelber Milchling

Morphologie: Die Art ist charakterisiert durch blass ockergelben, unzonierten Hut, vollständig grubigen Stiel, sowie Sporen mit netzartigem Ornament.

Ökologie: Hangmoore und Moorränder in Fichten-Tannenwäldern, auf Granit. Im Gebiet stets unter *Picea abies*.

Häufigkeit und Verbreitung: Nur in den Hochlagen des Südschwarzwalds im Feldberggebiet.

Schwarzwald: 8114/1, Hinterzarten, Rotmeer, Zipfelhofmühle, Hangmoor, 26.08.2002, 1.000 m NN, D. LABER (KR 3993). – Feldsee, Feldseemoor, unter Fichte (und Moor-Birke), 1.100 m NN, 08.09.2003, D. LABER (KR 4597). – 8114/2, Hinterzarten, Matthisleweiher, Hangmoor, unter Fichte, 13.08.2002, 24.08.2007, 1.010 m NN, D. LABER (KR 4199). Alle Funde sind bei LABER (2009) aufgeführt.

Bestand und Bedrohung: Die Art kann als Glazialrelikt angesehen werden. Sie dürfte durch die zunehmende Erwärmung rückläufig sein und ist somit als stark gefährdet (RL 2) anzusehen.

Allgemeine Verbreitung: Skandinavisch-circumalpestrisch. Europa. Bisher nur aus dem östlichen Skandinavien (Schweden, Norwegen, Finnland), dem angrenzenden Osteuropa (Estland, West-Russland) und dem Alpenraum bekannt. In Deutschland keine weiteren Funde, am ehesten im Voralpenland, Bayerischen Wald und Harz zu erwarten.

Lactarius torminosulus KNUDSEN & T. BORGES in KNUDSEN & HANSEN (Nordic J. Bot. 16(2): 212, 1996) (Karte 4)

Nordischer Birken-Milchling

Morphologie: Sehr ähnlich *Lactarius torminosus* (SCHAEFF.) PERS., von dem er sich durch deutlich kürzere Randbehaarung und stumpfer ockerrosa Hutfärbung unterscheidet.

Ökologie: Obligat an Niedermoore gebunden. Mykorrhiza im Gebiet stets mit *Betula pubescens* ssp. *carpathica*. Damit ist die Ansicht von HEILMANN-CLAUSEN et al. (1998), dass die Art nur bei *Betula nana* wächst, widerlegt.

Häufigkeit und Verbreitung: Nur in den Hochlagen des Südschwarzwalds im Feldberggebiet.

Schwarzwald: 8014/2, Titisee, Südspitze des Sees, Sandbank, Niedermoor mit Moor-Birke und

Schwarz-Erle, 860 m NN, 08.09.1999 (KR 4671), 27.09.2000 (KR 4369), 25.08.2002 (KR 39971), 16.09.2003 (KR 4599), D. LABER. – 8014/3, Hinterzarten, Bistenmoor, 930 m NN, 19.08.2007, D. LABER (KR 4330). – 8114/2, Hinterzarten, Matthisleweiher, Hangmoor, unter Fichte, 13.08.2002, 24.08.2007, 1010 m NN, D. LABER. – Erlenbrückmoor, 870 m NN, ohne Datum, D. LABER. – 8115/1, Lenzkirch, NSG Urseemoor, Niedermoor, unter Moor-Birke und Öhrchen-Weide, 12.09.1981 (KR 3861), 28.08.2000 (KR 4370), 26.08.2002, 840 m NN, D. LABER (KR). Alle Funde sind bei LABER (2009) aufgeführt.

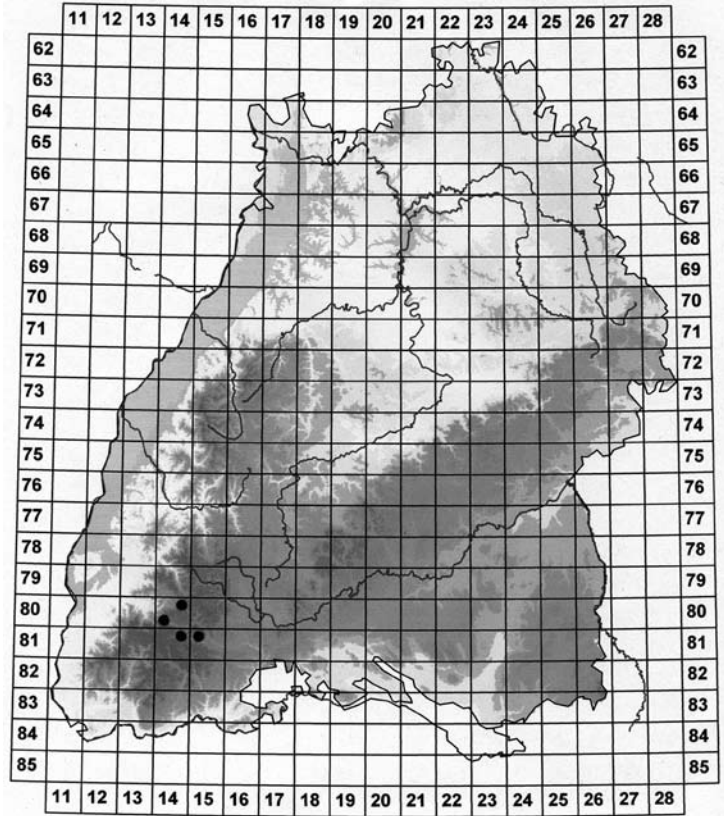
Bestand und Bedrohung: Die Art kann als Glazialrelikt angesehen werden. Sie besiedelt hochsensibile, gefährdete Biotope und dürfte zusätzlich auch durch die zunehmende Erwärmung rückläufig sein. Sie ist daher mindestens als stark gefährdet (RL 2) anzusehen.

Allgemeine Verbreitung: Skandinavisch (circumpolar?). Asien (Sibirien). Europa. Bisher nur in Fennoskandinavien inkl. Grönland und Island gefunden. In Deutschland keine weiteren Nachweise. Dies sind die einzigen außerhalb Skandinaviens und Sibiriens.

Der Schlüssel für die Milchlinge mit fransig-zottigem Hutrand (S. 367) sieht folgendermaßen aus (abgewandelt ergänzt nach HEILMANN-CLAUSEN et al., 1998).

1. Milch an der Luft nach violett oder gelb umfärbend 2
- 1* Milch an der Luft unveränderlich weiß 9
2. Milch an der Luft violett umfärbend *L. repraesentaneus*
2. Milch an der Luft gelb umfärbend 3
3. Hut weiß bis weißlich 4
- 3* Hut stroh-, leder-, ocker- bis olivgelb 5
4. Hutrand deutlich fransig-haarig; Vorkommen im basischen Laubwald mit Eiche, Buche und Hasel *L. citriolens*
- 4* Hutrand nur flaumig; Vorkommen auf nährstoffarmen Böden mit Kiefer und Birke *L. resimus*
5. Stiel deutlich grubig (meist auf ganzer Länge); Makropleurozystiden fehlen oder nur sehr wenige nach langem Suchen . 6
- 5* Stiel völlig oder nahezu ohne Gruben; Makropleurozystiden zahlreich bis spärlich. 8

- 6. Hut stumpf zitronen- bis ockergelb, nahezu unzoniert; Sporen mit +/- vollständigem Netz *L. leonis*
- 6* Hut lebhafter ockergelb oder weißlich gelb, zoniert, wenn heller und schwach zoniert, dann Sporen nur mit wenigen geschlossenen Netzmaschen und Mykorrhiza mit Weiß-Tanne 7
- 7. Hutrand mit ange-drückten dunkleren Zot-ten; Hut deutlich zoniert, ockergelb; Mykorrhiza mit Fichte *L. scrobiculatus*
- 7* Hutrand mit ange-drückten hyalinen Zot-ten; Hut kaum zoniert, weißlichgelb; Mykorrhiza mit Weiß-Tanne *L. intermedius*
- 8. Hut 5-15 cm; Hutrand mit verklebten, schup-penartigen Zotzen; Spo-ren im Durchschnitt > 6,5 µm breit *L. tuomikoskii*
- 8* Hut 3-7 cm; Hutrand mit ab-stehenden Fransen; Sporen im Durchschnitt < 6,5 µm breit [*L. auriolla*]
- 9. Hut düster oliv- bis schwärzlichgrün; Rand flaumig-fransig von gelblichen Härchen, dort mit KOH violett reagierend . *L. turpis*
- 9* Hutfarben anders, ohne violette KOH-Re-aktion 10
- 10. Hut rosafila, mit kleinen Schüppchen be-setzt *L. spinosulus*
- 10* Hut anders gefärbt, nicht geschuppt . . 11
- 11. Hut weiß, weißlich, gelblich- bis roslich-weiß 12
- 11* Hut lachs- bis ziegelrosa, fleischfarben, le-der- bis lehm Braun 13
- 12. Stiel im Regelfall > 1 cm breit; Hut eher roslich-weiß; an trockenen Pionierstand-orten *L. pubescens*
- 12* Stiel im Regelfall < 1 cm breit; Hut eher gelblich-weiß; an nassen Stellen, oft im *Sphagnum* *L. scoticus*



Karte 4. *Lactarius torminosulus*

- 13. Hut leder- bis lehm Braun; unter Eichen, thermophil [*L. mairei*]
- 13* Hut lachs- bis ziegelrosa; unter Birken . 14
- 14. Fruchtkörper mittelgroß bis groß; Randzot-teln bis 10 mm lang und beständig; unter allen Birkenarten *L. torminosus*
- 14* Fruchtkörper klein bis höchstens mittel-groß; Randzotteln höchstens 5 mm lang, alt verkahlend; unter Zwerg- und Moorbir-ken *L. torminosulus*

Russula columbicolor JURKEIT & HERCHES
(Z. Mykol. 73(2): 251-258, 2007)
Pastellfarbener Täubling

Morphologie: Makroskopisch zwischen *R. iono-chlora* und *R. parazurea* stehend, jedoch ohne Bereifung. Mikroskopisch durch die fehlenden

tönnchenförmigen, aber auffallend schlanken und zuspitzenden Haarzellen von ersterer und weniger gratiges Sporenornament von letzterer unterschieden. Für eine ausführliche Gegenüberstellung dieser drei Arten vgl. HAMPE & DOST (2010).

Ökologie: Vor allem in Parks und anderen parkähnlichen Biotopen, oft mit ungedüngten (Zier) Rasen, in Alleen und auf Grünstreifen entlang von Straßen, seltener in lichten Laubwäldern mit lockerem Baumbestand, kaum einmal im Waldesinneren, auf basenreichen bis neutralen Böden. Mykorrhiza ausschließlich mit Laubbäumen, in erster Linie Eichen (*Quercus* sp.) und Buche (*Fagus sylvatica*).

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis. Ob zerstreut?

Keuper-Lias-Land: 7220/4, Stuttgart-Sonnenberg, Waldfriedhof, Kriegsgräberwiese, moosiger, schütterer Rasen, unter *Quercus robur*, 380 m NN, 06.07.2003, A. GMINDER, conf. F. HAMPE (Herbar GMINDER).

Bestand und Bedrohung: Die Art scheint nicht gefährdet zu sein.

Allgemeine Verbreitung: Europa. Bisher nur aus Belgien und Deutschland bekannt. In Deutschland bisher aus Bayern, Thüringen, Sachsen und Niedersachsen nachgewiesen. Erst seit wenigen Jahren bekannt, daher ist die Verbreitungsübersicht noch unvollständig.

Ergänzungen zu Band 3

(KRIEGLSTEINER 2001)

Camarophyllopsis hymenocephala (A. H. SM. & HESLER) ARNOLDS (Mycotaxon 25(2): 643, 1986)
Düsterer Samtschneckling

Morphologie: Von den anderen Arten der Gattung, insbesondere *C. atropuncta* und *C. phaeophylla*, durch den kahlen Stiel, sowie die insgesamt dunkleren, alt schwärzenden Fruchtkörper unterschieden.

Variabilität: Das Merkmalspektrum und ihre Gewichtung ist in dieser Gattung noch bei weitem nicht eindeutig ausgeleuchtet. Es ist daher nicht klar, ob alle hier und bei KRIEGLSTEINER (2001) aufgeführten Arten Artstatus beanspruchen können.

Ökologie: Ungedüngtes, extensiv genutztes Grünland, insbesondere wenn es nicht mehrmals im Jahr beweidet wird.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

Schwäbische Alb: 7326/3, Heuchstetten, Südhang des "Hohberg", Wacholderheide, Jurakalk, unter *Juniperus communis*, 640 m NN, 08.11.2005, L. KRIEGLSTEINER (KR 75).

Bestand und Bedrohung: Aufgrund der Bindung an stark rückläufige Biotope wie alle Arten aus dieser Gattung stark gefährdet (RL 2).

Allgemeine Verbreitung: Europa. Bekannt aus West- (Großbritannien), Mittel- (Deutschland) und Nordeuropa (Dänemark). In Deutschland augenscheinlich sehr selten, weitere Funde sind nur aus Bayern bekannt.

Callistosporium foetens E. LUDW.
(Pilzkompodium, Band 1: 40, 2001)
Stinkender Goldrübling

Morphologie: Trennmerkmale zu den anderen Arten der Gruppe sind das Vorkommen auf Erdboden, der unangenehme Geruch, die dunkel werdende Trama und die etwas anderen Sporenmaße.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis, gleichzeitig der Locus typicus.

Schwäbische Alb: 7522/3, Gächingen, Fichtenhochwald, auf Jurakalk, in der Nadelstreu, 24.06.1988, E. LUDWIG (M).

Bestand und Bedrohung: Keine Einschätzung möglich.

Allgemeine Verbreitung: Nur von diesem einen Fundort bekannt (LUDWIG 2001).

Callistosporium pinicola ARNOLDS (Acta Mycologica, Warszawa 41(1): 32, 2006)
= *Callistosporium minor* (VERBEKEN & WALLEYN) M. WILH. 2007
Kleinsporiger Goldrübling

Morphologie: Um die Art von anderen der Gattung sicher abgrenzen zu können, muss zur Absicherung mikroskopisch die Sporengröße (4-5 x 3-4 µm) überprüft werden.

Häufigkeit und Verbreitung: Sehr selten.

Oberrheingebiet: 8012/2, Freiburg, Möslwald, Kalkboden, auf (vermutlich) Nadelholz, 06.11.2005, G. SAAR.

Keuper-Lias-Land: Welzheimer Wald, 7023/4, Bannwald NSG „Steinhäusle“, an *Abies*-Stumpf der Finalphase, 500 m NN, 02.10.2007, L. KRIEGLSTEINER (KR 1386). – 7024/2, Rotenhar, an Fichtenstumpf der Finalphase in panemontaner Waldschlucht, 450 m NN, 31.07.2007, L. KRIEGLSTEINER (KR 1034).

Bestand und Bedrohung: Zwar selten, doch sind weder Rückgangstendenzen zu erkennen noch ist eine Bindung an gefährdete Biotope gegeben. Daher kann die Art als ungefährdet gelten.

Allgemeine Verbreitung: Europa. Bekannt aus Süd- (Italien), West- (Frankreich), Mittel- (Schweiz, Deutschland) und Osteuropa (Tschechien). Nach ANTONÍN et al. (2009) möglicherweise in Zunahme begriffen. In Deutschland auch in Bayern und Berlin, überall sehr selten.

Schlüssel für die Arten der Gattung *Callistosporium*:

1. Sporen 4-5 x 3-4 µm, Trama mit Mehlgeruch *C. pinicola*
- 1* Sporen größer, nicht mehlig riechend ... 2
2. Sporen (8)9-12 x 5-7 µm ... [*C. olivascens*]
2. Sporen 5-7(8) x 3,5-4,5 µm 3
3. Lignicol, Exsikkat olivbräunlich *C. luteoolivaceum* s.l.
- 3* Terrestrisch, Exsikkat tief braunschwarz *C. foetens*

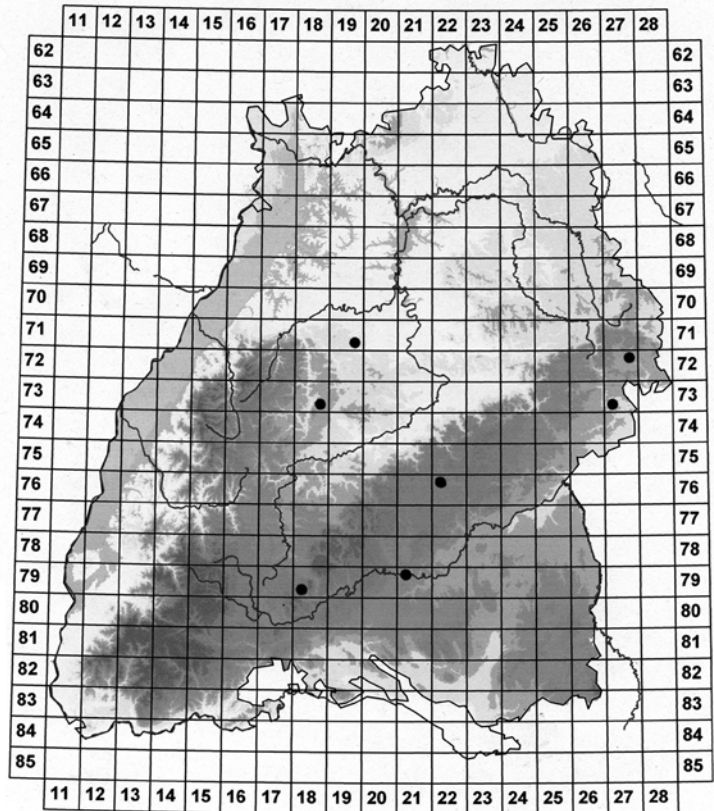
Cantharellopsis KUYPER (La Famiglia delle Tricholomataceae, Atti del Convegno Internazionale 1984, Borgo Val di Taro, Italy 6: 99, 1986)

Monotypische Gattung.

Cantharellopsis prescottii (WEINM.) KUYPER (La Famiglia delle Tricholomataceae, Atti del Convegno Internazionale 1984, Borgo Val di Taro, Italy 6: 99 (1986) (Karte 5) = *Gerronema albidum* (FR.) SINGER 1962 ss. auct. p.p.

Bräunendes Nabeltrichterchen

Morphologie: Besonders fällt die cantharelloide Fruchtkörperentwicklung, das elastische Fleisch und das ockerliche Umfärben älterer



Karte 4. *Cantharellopsis prescottii*

Fruchtkörper sowie das Fehlen von Schnallen auf. Hut 1-3 cm, weiß, später leder- bis ockerfarben, nicht hygrophan, nicht gerieft, mit wellig-verbogenem Rand. Lamellen weißlich, eng stehend, stark herablaufend, mit gelegentlichen Gabelungen. Stiel 2-5 x 1-3 mm, dem Hut gleichfarben weißlich, oft seitlich zusammengedrückt, trocken, jung etwas bereift wirkend. Trama weißlich, elastisch zäh, ohne besonderen Geruch und Geschmack. Sporenpulver weiß bis schwach cremefarben getönt. Sporen hyalin, glatt, inamyloid, apfelkern- bis tränenförmig, 4,5-6 x (2,5)3-4 µm. Ohne Zystiden. Schnallen fehlen in allen Fruchtkörperteilen.

Ökologie: Halb- und Volltrockenrasen, moosige extensiv beweidete Wiesen, Wacholderheiden, stets auf Kalk.

Phänologie: Sommer bis Spätherbst (08.11.).
Verbreitung in Baden-Württemberg: Auf der Schwäbischen Alb zerstreut, in den Gäulandschaften sel-

ten (aber vielleicht nicht gut untersucht).
 Gäulandschaften: 7119/4, Flacht, ca. 430 m NN, 11.10.1937, H. HAAS (Erstnachweis, Beschreibung in STU). – 7318/4, Gültlingen, NSG Gültlinger und Holzbronner Heiden, moosiger Magerasen, schafbeweidet, unter Kiefern, 520 m NN, 06.10.1997, A. GMINDER (STU). – Schwäbische Alb: 7227/2, Neresheim, Halbtrockenrasen, Jurakalk, 27.08.1954, H. HAAS. – 7325/2, Söhnstetten, „Stöckelberg“, in der Streu von/unter *Juniperus communis*, 640 m NN, 08.11.2005, L. KRIEGLSTEINER (KR 56). – 7327/3, Eselsburger Tal NW, Eselsburg, im Nadelreisig unter *Juniperus communis*, 450 m NN, 08.11.2005, L. KRIEGLSTEINER (KR 071). – 7622/1, Münsingen, Sternberg, Mesobrometum, Jurakalk, 780 m NN, 07.10.1989, Verein der Pilzfreunde Stuttgart (Beleg KR 1131).

Schwäbische Alb: Südwestalb, 7918/3, Trossinger Raum (genauer Fundort unbekannt), 1982, J. MELOT („ohne Zweifel nicht sehr selten, aber möglicherweise mit anderen Arten verwechselt“). – Donaualb, 7921/1, Inzigkofen (VHS-Kurs, genauer Fundort unbekannt), 27.-31.08.1950, H. HAAS (Tagebuchaufzeichnung).

Vertikale Verbreitung: Submontan bis montan, alle bisherigen Funde liegen im Bereich zwischen 430 und 780 m NN.

Bestand und Bedrohung: Die Art ist sehr selten und besiedelt zudem durch Stickstoffeintrag gefährdete Biotope. Von einem langfristigen und mehr noch einem kurzfristigen Rückgang muss also ausgegangen werden. Die Art ist daher als „stark gefährdet“ (RL 2) einzustufen.

Allgemeine Verbreitung: Nordamerika (USA, Kanada) und Europa. Bekannt aus Süd- (Italien), West- (Frankreich, Niederlande, Großbritannien inkl. Irland), Mittel- (Schweiz, Deutschland) und Nordeuropa (Schweden). In Deutschland augenscheinlich sehr selten, weitere Funde sind nur aus Bayern und Sachsen bekannt.

Clitocybe krizii-josephi SVRČEK (Česká Mykol. 29(2): 79, 1975)
 Erdigriechender Farnis-Trichterling

Morphologie: Durch stark erdigen Geruch, büscheliges Wachstum und im Exsikkat braune Lamellen relativ gut von den anderen Farnis-Trichterlingen unterscheidbar.

Ökologie: Unter Weiden, insbesondere *Salix caprea*, an nährstoffreichen, oft etwas ruderalen

Stellen.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

Ober rheingegebiet: 7613/3, Lahr, Sulz, mulmreicher Lößlehm, unter *Salix caprea*, 14.10.2011, G. SAAR, conf. P. SPECHT.

Bestand und Bedrohung: Die derzeitige Datenerhebung lässt keine Einschätzung zu. Möglicherweise aufgrund der Bindung an feuchte Biotope mit Weiden gefährdet.

Allgemeine Verbreitung: Europa. Weitgehend unbekannt geblieben und bisher nur in Italien, Deutschland, Österreich und Tschechien nachgewiesen. In Deutschland bisher wenige Funde, z.B. in Sachsen-Anhalt, aber wohl kaum beachtet.

Clitocybe strigosa HARMAJA (Karstenia 10: 109, 1969)

Striegeliger Trichterling

Morphologie: Insgesamt dunkel graubrauner Pilz, farblich ähnlich *Pseudoclitocybe cyathiformis*, mit dünner weißlicher Zone an der Stielspitze, die an *C. subspadicea* erinnert, aber ohne deren Geruch und weniger tief genabelt, Stielbasis mit Myzelfilz.

Ökologie: In Bodensauren Fichtenwäldern. Auf eher nährstoffarmen Böden, im Gebiet über Buntsandstein, oft in Moospolstern.

Häufigkeit und Verbreitung: Zwei Nachweise aus dem Schwarzwald.

Schwarzwald: 7416/2, Igelsberg, an der B294, Fichtenwald, Buntsandstein, 680 m NN, 30.09.1995, H. HAAS, A. GMINDER, conf. E. OHENOJA. – 7716/4, Schramberg-Sulgen, Seedorfer Wald, Fichten-Tannenwald, Grenzbereich zwischen Buntsandstein und Muschelkalk, zwischen *Hylocomium splendens*, 680 m NN, 20.09.1996, I. KYTÖVUORI, E. OHENOJA (STU).

Bestand und Bedrohung: Zwar selten, doch sind keine Rückgangstendenzen zu erkennen. Eine Bindung an gefährdete Biotope scheint ebenfalls nicht gegeben, auch wenn die Art nährstoffarme Böden benötigt. Sie kann als ungefährdet gelten.

Allgemeine Verbreitung: Europa. Insbesondere in Skandinavien bekannt (Schweden, Norwegen, Finnland), ansonsten nur selten berichtet. Ein Fund aus Österreich durch RÜCKER weicht durch seine Standortdaten (Kalk-Buchenwald) stark ab, so dass angenommen werden muss, dass es sich um eine andere Sippe handelt. In Deutschland sind keine weiteren Fundorte bekannt.

Clitocybe truncicola (PECK) SACC. (Syll. Fung. 5: 184, 1887)

Holz-Trichterling

Morphologie: Vom ebenfalls holzbewohnenden *Ossicaulis lignatilis* (PERS.) REDHEAD & GINNS durch völlig unverzweigte Huthauthyphen (bei diesem koralloid) gut unterscheidbar. Von ähnlichen Trichterlingen durch die Kombination aus Wachstum an Holz und nicht hygrophanem Hut abgrenzbar.

Ökologie: Gesellschaftsvag, aber lt Lit. Auwälder deutlich bevorzugend, an morschem Laubholz.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

Oberrheingebiet: 8012/2, Freiburg, Ebringen, Schönberg, 380 m NN, 23.10.2010,

leg. E. STRITTMATTER, det. G. SAAR.

Allgemeine Verbreitung: Nordamerika (USA). Nordafrika (Marokko). Europa (nach LOHMEYER 1999), überall sehr selten. Bisher bekannt aus Süd- (Italien), West- (Frankreich, Niederlande, Großbritannien) und Mitteleuropa (Deutschland, Österreich (Erstfund für Europa in HAUSKNECHT & KRISAI 1988), Tschechien). In Deutschland bisher nur in Bayern (Erstfund für Deutschland bei LOHMEYER l.c.) mehrfach nachgewiesen.

Gymnopus luxurians (PECK) MURRILL (N. Amer. Fl. (New York) 9(5): 362 (1916)

≡ *Collybia luxurians* PECK 1897 (Tafel 3, Abb. 5)

Üppiger Blasssporrübling

Morphologie: Die in großen Büscheln wachsende braune Art ist u.a. auch an ihrer knorpeligen Hutoberfläche zu erkennen, die etwas an Braune Büschel-Raslinge (*Lyophyllum decastes* agg.) oder auch den Spindeligen Rübbling (*Gymnopus fusipes*) erinnert.

Ökologie: In Anthropogene Habitats mit Rindenmulch oder Holzhäcksel, insbesondere Beete in Parkanlagen, Gärten oder entlang von Straßen, auch in der Nadelstreu.

Häufigkeit und Verbreitung: Bisher nur im Oberrheingebiet.

Oberrheingebiet: 6617/4, Sandhausen, Garten, auf Rindenmulch, 105 m NN, 10.08.2002, W. WINTERHOFF (WINTERHOFF 2003). – Waldwegrand, auf Rindenmulch, 110 m NN, 28.06.2007, 14.08.2008, W. WINTERHOFF (WINTERHOFF & HAAR 2008). – 6816/2, Graben-Neudorf, Garten, auf Rindenmulch, 110 m NN 30.08.2004, P. SPERLING (KR 10764). – 6916/3, Karlsruhe, Grünwinkel, Albsiedlung, auf Rindenmulch (Kiefer), 110 m NN,

24.06.2007, M. SCHOLLER (KR 18537) (SCHOLLER & MÜLLER 2008). – 7813/3, Emmendingen, Park des Zentrums für Psychiatrie, in der Nadelstreu von *Picea orientalis*, 210 m NN, 06.09.2008, L. SCHRIMPL (KR 23845). – Emmendingen, Windenreute, auf Holzhäcksel, 280 m NN, 26.07.2004, L. SCHRIMPL (KR 3224). – 7913/3 Freiburg, Stadtgebiet, Kinderspielplatz beim Gefängnis, auf Rindenmulch, 12.10.2010, E. STRITTMATTER. – 8012/3, Bad Krozingen, Klinikpark, in den Beeten auf Rindenmulch, 20.07.1999, G. SAAR.

Bestand und Bedrohung: Die Art ist in Ausbreitung. Allgemeine Verbreitung: Nordamerika (USA) und Europa. Vermutlich beginnt die eingewanderte Art gerade, sich in Europa zu etablieren. Ihre Ausbreitung dürfte noch längst nicht abgeschlossen sein. Bisherige Nachweise stammen aus Italien, Frankreich, den Niederlanden (europäischer Erstfund 1989 nach MONTAG et al. 1999) und Deutschland. In Deutschland ist die Art erstmals ca. 1997 aufgetreten und seit dem in Bayern und dem Saarland nachgewiesen. Als Ursprung der Art wird Nordamerika angenommen, wie auch SCHOLLER & MÜLLER (2008) vermuten.

Hemimycena mauretana var. *megaspora*

(KÜHNER) SAAR & GMINDER comb. nov.

Mycobank Nr. 800836

≡ *Mycena mauretana* var. *megaspora* KÜHNER in KÜHNER & VALLA (Travaux du Laboratoire de 'La Jaysinia' a Samoëns, Haute-Savoie 4: 68, 1972) (Basionym)

= *Delicatula phyllophila* VELEN. 1947

Morphologie: Kleine, rein weiße, flaumig behaarte *Hemimycena* mit adrig reduzierten, sehr entfernt stehenden, Lamellen. Der Flaum auf Hut und Stiel hält bei feuchter Witterung Exsudattröpfchen fest. Sporen 12,5-18 x 4,5-6 µm. Basidien viersporig.

Taxonomie: Die teils kopfig angeschwollenen, teils zuspitzenden Pileozystiden, die aus einer Unterschicht von mit Noppen besetzten Hyphen entstehen, lassen den Fund unsicher als *Hemimycena* erkennen und dem Komplex von *H. mauretana* (MAIRE) SINGER zuordnen. Nach ANTONIN & NOORDELOOS (2004) soll *H. m.* var. *mauretana* zuspitzende, *H. m.* var. *microcephala* KÜHNER und *H. m.* var. *cystidiata* ANTONIN & NOORDEL. etwas kopfige Pileozystiden haben. In Ermangelung guten Materials vermieden ANTONIN & NOORDELOOS (l.c.) eine Neukombination. Der Fund von *H. m.* var. *megaspora* zeigte beide Zystidentypen.

Die Sporengröße lässt innerhalb des Aggregats nur die Zuordnung zu *H. m. var. megaspora* zu.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

Oberrheingebiet: 7613/3, Lahr-Sulz, Wegrund, auf Lößlehm, an Ästchen (ev. *Pinus*), 24.07.2011, G. SAAR, conf. V. ANTONIN (Herbar SAAR).

Bestand und Bedrohung: Aufgrund der Datenlage derzeit keine Aussage möglich.

Allgemeine Verbreitung: Europa. Bisher nur von der Typuslokalität in Frankreich und aus Tschechien (Typus von *Delicatula phyllophila* VELEN.) bekannt.

Hohenbuehelia unguicularis (FR.) O. K. MILL. in THORN (Mycotaxon 25(1): 44, 1986)
Glockiger Muschelring

Morphologie: Glockige, bis 2,5 cm große dunkelbraune Fruchtkörper, die teils eng gedrängt und fast miteinander verwachsen sind, teils aber auch solitär stehen. Oft mit Pseudostiel, dieser dann filzig. Lamellen deutlich entfernt stehend, nur jung weißlich, bald dunkel werdend. Trama mehlig riechend. Sporen ellipsoid bis schwach nierenförmig, 6,5-8,5 x 3-4,5 µm. Cheilozystiden apikal mit mehreren Auswüchsen, die teils eingeschnürt sind und selten eine Gelkappe tragen. Metuloide zumindest an der Basis bräunlich, apikal in der Regel inkrustiert, bis 50 µm lang.

Ökologie: Gesellschafts- und bodenvag, an Laub- und Nadelholz, in erster Linie aber an Kräuterstängeln.

Phänologie: Im Winterhalbjahr. Untenstehender Fund vom 13.11. dürfte den Beginn der Fruktifikationsperiode anzeigen.

Häufigkeit und Verbreitung: Zwei Nachweise, sowie eine geografisch unklare Meldung.

Oberrheingebiet: 6618/3, Sandhausen, an *Verbascum* sp. (WINTERHOFF 1994). – Schwarzwald: 8112/3, Sulzbachtal, luftfeuchter Mischwald mit *Abies alba*, totholzreich, 13.11.2011, leg. B. MAIER, det. H. OBENAUER (Herbar STRITTMATTER).

In KRIEGLSTEINER (1999) ist von einem weiteren Fund aus Südwürttemberg die Rede, der aber nicht exakt zugeordnet werden konnte.

Bestand und Bedrohung: Aufgrund von Seltenheit latent gefährdet (RL R)?

Allgemeine Verbreitung: Nordamerika (nördliche USA) und Europa. Hier vor allem in Nordeuropa (Fennoskandinavien), sonst nur sehr selten berichtet (Italien, Frankreich). In Deutschland aus Bayern und Niedersachsen nachgewiesen.

Hydropus frater-niger SINGER (Mycologia 38(2): 227 (1946) ss. HAUSKNECHT
Aderblättriger Wasserfuß

Morphologie: Vgl. HAUSKNECHT et al. (1997). Kennzeichnend sind demnach dunkle, jung schwarzbraune Hüte, stark anastomosierende Lamellen, schwach amyloide, bisweilen medial eingeschnürte Sporen und das Vorhandensein von Pleurozystiden.

Taxonomie: Die Art bekommt in den nächsten Jahren wohl einen neuen Namen, da die europäischen Kollektionen unter diesem Namen kaum mit der Art im originalen Sinne übereinstimmen dürften (A. HAUSKNECHT, pers. Mitt.).

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

Schwarzwald: 8112/3, Bad Sulzburg, Buchen-Weißtannen-Wald in luftfeuchtem Tälchen, finalmorscher *Abies*-Stumpf, 13.06.2011, leg. S. BAIREUTHER, conf. A. HAUSKNECHT (Herbar STRITTMATTER).

Bestand und Bedrohung: Aufgrund der allgemeinen Seltenheit zumindest in RL R („wegen Seltenheit latent bedroht“) einzuordnen. Sollte sich eine Bindung an naturnahe Buchen-Tannenwälder bestätigen, müsste eine Einstufung in RL 1 erwogen werden.

Allgemeine Verbreitung (nach HAUSKNECHT et al. 1997): Amerika (Nord- bis Südamerika, doch entsprechen die europäischen Kollektionen vermutlich nicht dieser Art), Afrika (Frankreich: La Réunion) und Europa. Bisher nur aus Österreich bekannt.

Lyophyllum amariusculum CLÉMENÇON (Mycotaxon 15: 68, 1982)
Bitterlicher Rasling

Morphologie: Von den anderen schwärzenden Raslingen mit rundlichen Sporen durch den niedrigsten Sporenquotienten, eher dunkel bräunliche Hutfarben und Hutoberflächenstruktur (radialfasrig bis feinst schuppig, abziehbar) zu unterscheiden. Mikroskopisch fallen die mit bis zu 50 µm Länge besonders großen Basidien auf.

Ökologie: Wärmeliebende Laubwaldgesellschaften, insbesondere Buchen- und Eichenmischwälder, stets auf Kalkboden. Im Gebiet vermutlich mit *Quercus*-Arten Mykorrhiza bildend. Im nahegelegenen Elsass von M. WILHELM unter Flaum-Eiche (*Quercus pubescens*) gefunden (KASPAREK et al. 2005).

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

Oberrrheingebiet: 8012/4, Bollschweil, Kalkbruch, extrem trockener, südorientierter Eichenwald (über 150 Jahre) mit jungem Buchen-Unterswuchs, Kalkboden, 14.09.2010, G. SAAR (Herbar SAAR).

Bestand und Bedrohung: Sehr seltene Art, zudem mit Bindung an gefährdete Biotope (Kalkbuchenwälder, thermophile Eichenwälder). Daher muss die Art mindestens als stark gefährdet (RL 2) gelten.

Allgemeine Verbreitung: Europa. Bekannt aus Süd- (Italien), West- (Frankreich, Belgien) und Mitteleuropa (Schweiz, Deutschland). In Deutschland auch in Bayern und Brandenburg, doch scheint letztere Aufsammlung nicht ganz gesichert, da die Kollektion stark überaltert und die Ökologie völlig verschieden war (LUDWIG 2001).

Lyophyllum pseudosinuatum CONSIGLIO, CONTU & SAAR (Österr. Z. Pilzkde. 13: 119-123, 2004) (Tafel 3, Abb. 6)

Riesenrötlingsähnlicher Rasling

Morphologie: Aufgrund der Größe und des trichomatoiden Habitus am ehesten mit *L. rhopalopodium* zu verwechseln, das auch dieselbe Ökologie aufweist. Anhand der rundlichen, 6-8,5 x (5)5,5-8 µm messenden Sporen jedoch eindeutig abgrenzbar, ebenfalls zeigt er keine so stark verdickte Stielbasis wie dieses. Beschreibung und Foto auch in KASPAREK et al. (2005).

Ökologie: In wärmeliebende Laubwaldgesellschaften, insbesondere Buchen- und Eichenmischwälder, stets auf Kalkboden. Mykorrhizaverbindung im Gebiet vermutlich mit *Fagus sylvatica*, in Italien mit *Quercus*-Arten.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

Oberrrheingebiet: 8012/2, Freiburg-Ebringen, Laubmischwald, unter Buche, Hainbuche und Hasel, Kalkboden, 400 m NN, 10.10.1991, 25.09.1998, 22.09.2001, G. SAAR, conf. G. CONSIGLIO, M. CONTU (Herbar SAAR 22901-1) (CONSIGLIO et al. 2004, KASPAREK et al. 2005).

Bestand und Bedrohung: Sehr seltene Art, die zudem an gefährdete Biotope (Kalkbuchenwälder, thermophile Eichenwälder) gebunden zu sein scheint. Eine Gefährdung scheint auf jeden Fall gegeben zu sein, die genaue Quantifizierung kann erst bei einer besseren Datenlage erfolgen (RL G).

Allgemeine Verbreitung: Europa. Bisher nur aus Deutschland und Italien bekannt. Erstnachweis für Deutschland. Die Art wurde inzwischen auch

in Thüringen bei Erfurt und Jena (hier im Eichen-Elsbeerenwald) gefunden.

Lyophyllum tomentosum E. LUDW. & V. KUMM. (Pilzkompodium Band 1: 327, 2001)

Morphologie: Sehr kleine Art, mit fein samtigfilzigem, nicht hygrophanem Hut, Stiel im Alter von der Basis her dunkel werdend, Trama nicht schwärzend.

Ökologie: In Parks mit ungedüngten Wiesenflächen, nährstoffarmes Grünland, insbesondere mit hohem Moosanteil.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

Schwäbische Alb: 7225/1, Schwäbisch Gmünd, Bettringen, Laubmischwald, unter Buche, Hainbuche und Hasel, Kalkboden, 400 m NN, 07.10.2003, L. KRIEGLSTEINER (KR 5265).

Bestand und Bedrohung: Augenscheinlich sehr seltene Art, die möglicherweise durch die zunehmende Nitrifizierung der Landschaft rückläufig ist. Eine Gefährdung scheint auf jeden Fall gegeben zu sein, die genaue Quantifizierung kann erst bei einer besseren Datenlage erfolgen (RL G).

Allgemeine Verbreitung: Bisher nur in Deutschland nachgewiesen und hier von je einem Fundort aus Sachsen und Brandenburg bekannt.

Marasmiellus lateralis BAS & NOORDEL. (Persoonia 15(3): 351, 1993)

Krüppelfüßiger Zwergschwindling

Morphologie: Einzige *Marasmiellus*-Art mit seitlich ansitzendem Stielstummel, bisweilen auch +/- sitzend. Vom optisch äußerst ähnlichen *Cliptopus hobsonii* durch kleinere und ungerippte Sporen sowie die zahlreich vorhandenen Schnallen verschieden.

Ökologie: Im Gebiet in einem Kiefernforst auf Sandboden. Auf morschem Nadelholz.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Fundort.

Oberrrheingebiet: 6617/4, Bannwald Franzosenbusch, 30 Jahre liegender morscher Kiefernstamm, 19.11.2001, W. WINTERHOFF (WINTERHOFF 2003), sowie an einem weiteren Kiefernstamm, 12.10.2004, W. WINTERHOFF (WINTERHOFF & HAAR 2008).

Bestand und Bedrohung: Augenscheinlich extrem seltene Art, die möglicherweise an ungestörte Waldstrukturen gebunden ist. Allein aufgrund ihrer außerordentlichen Seltenheit latent gefährdet (RL R).

Allgemeine Verbreitung: Europa. Bisher nur vom Typusstandort in den Niederlanden bekannt (dort auf *Pseudotsuga menziesii*). Der hier vorgestellte Fund ist Erstfund für Deutschland und der zweite Fund der Art überhaupt.

Mycena seynii QUÉL. (Bull. Soc. bot. Fr. 23: 351, (1877) [1876])
Kiefernzapfen-Helmling

Die verbreitete Schreibweise „*seynii*“ ist beizubehalten, obwohl falsch gebildet (die Art wurde nach M. DE SEYNES benannt und müsste „*seyne-sii*“ heißen), da nach Art. 60.1 ICBN nur Druck- und Schreibfehler, nicht aber grammatikalische Fehler berichtet werden dürfen.

Morphologie: Aufgrund der roten Lamellenschneiden und dem Vorkommen auf Nadelholz bzw. Kiefernzapfen steht die Art sehr nahe bei *M. rubromarginata* (FR.) P. KUMM. und *M. purpureofusca* (PECK) SACC. ROBICH (2003) trennt die Arten u.a. nach Hutfarbe, die bei *M. rubromarginata* ohne Rosa- oder Violetttöne sein soll. Da dies nicht der eigenen Erfahrung entspricht, sollte auf die Unterschiede in den Noppen der Huthautypen geachtet werden.

1. Hyphen der Hutdeckschicht mit vielen dicht stehenden bis büscheligen, oft verzweigten Auswüchsen bedeckt; Cheilozysten zylindrisch, zuspitzend bis fast subulat, nur selten keulig
. *M. rubromarginata*
- 1* Hyphen der Hutdeckschicht fast glatt oder mit zerstreuten, meist unverzweigten Auswüchsen bedeckt; Cheilozysten mehrheitlich keulig bis zylindrisch, nur selten zuspitzend 2
2. Hut und Lamellenschneiden violett bis braunviolett; Sporen ellipsoid bis subglobose, 10-13 x 6-8 µm . . . *M. purpureofusca*
2. Hut mehr rosaviolett; Lamellenschneiden braun- bis purpurrot; Sporen ellipsoid bis zylindrisch, 11-15 x 6-7,5 µm . . . *M. seynii*

Ökologie: Im Gebiet in einem Privatgarten, auf Kiefernzapfen.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

Oberreinegebiet: 7712/2, Orschweier, auf Zapfen von *Pinus pinaster*, der aus West-Frankreich mitgebracht und im Garten ausgelegt wurde, 30.09.2011, G. SAAR (Herbar SAAR).

Bestand und Bedrohung: Vermutlich nur adventiv mit gepflanzten mediterranen Kiefernarten auftretend oder eingeschleppt wie in diesem Fall.

Allgemeine Verbreitung: Nordafrika (Marokko, Tunesien). Europa. Insbesondere im Mittelmeerraum, von Portugal bis Griechenland, wohl überall häufig, ebenso an der Atlantikküste nördlich bis Niederlande (in den Dünen häufig, an *Pinus pinaster*). Aus Deutschland sind bisher keine Nachweise bekannt geworden.

Omphalina discorosea (PILÁT) HERINK & KOTL. (Česká Mykol. 29(3): 163 (1975) (Tafel 3, Abb. 7) Rosasporiger Nabelring

Morphologie: Neben den fleischrosa bis rosabräunlichen Farben vor allem durch das lebhaft rosa gefärbte Sporenpulver gekennzeichnet.

Ökologie: Auwälder. An liegenden Laubholzstämmen, im Gebiet Pappel (*Populus x canadensis*). Auch die Funde aus Osteuropa waren zumindest mehrheitlich auf Pappelholz.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

Oberreinegebiet: 7512/3, Neuried-Altenheim, Auwald, auf liegendem, morschem Pappelstamm, 145 m NN, 01.-19.05.2010, mehrere Fruktifikationen bis Oktober 2010, 23.07.2011, A. EHRET, Funde vom Mai 2010 det. A. GMINDER, G. SAAR, M. WILHELM (Herbarien EHRET, SAAR). Mehrere Fundorte in unmittelbarer Umgebung.

Bestand und Bedrohung: Die Art ist weltweit sehr selten. Möglicherweise benötigt sie naturnahe Waldbiotope. Eine Gefährdung scheint gegeben zu sein, doch ist eine genaue Einschätzung erst mit weiteren Daten möglich (RL G).

Allgemeine Verbreitung: Asien (Russland: Novosibirsk (hier im Red Book 2008 verzeichnet), Kamtschatka) und Europa, sehr selten. West- (Frankreich: Elsass), Mittel- (Deutschland, Österreich) und Osteuropa (Tschechien, Slowakei). In Deutschland keine weiteren Funde.

Resupinatus griseopallidus (WEINM.) KNUDSEN & ELBORNE (Funga Nordica: 913, 2008
= *Resupinatus taxi* (LÉV.) THORN, MONCALVO & REDHEAD 2006
≡ *Stigmatolemma taxi* (LÉV.) DONK 1962
Eiben-Zwergseitling

Da die Gattung *Stigmatolemma* komplett zu *Resupinatus* gestellt wurde (THORN et al. 2006), bietet sich ein neuer Schlüsselentwurf an, der alle

jetzt aus Baden-Württemberg bekannten Arten beider Gattungen beinhaltet:

1. Einzelfruchtkörper dicht gedrängt in einem Stroma sitzend; Lamellen fehlen 2
- 1* Einzelfruchtkörper gesellig, aber einzeln, ohne Stroma; Lamellen meist deutlich und regulär ausgebildet, selten fehlend (*R. griseopallidus*) 3
2. Sporen ellipsoid, 6-10 x 3-4 µm; auf *Abies*-Ästen *R. conspersus*
2. Sporen rundlich, 4,5-6 µm im Durchmesser *R. urceolatus*
3. Sporen eckig-kantig, isodiametrisch; Lamellen fehlend *R. griseopallidus*
- 3* Sporen glatt, Lamellen normal entwickelt. 4
4. Sporen rund, 4-6 µm Diam.; Fruchtkörper 0,5-1,3 cm *R. trichotis* s.l.
- 4* Sporen ellipsoid, 6-6,5 x 4,5-5,5 µm; Fruchtkörper bis 0,3 cm *R. kavinii*

Ökologie: Im Gebiet auf einer Wacholderheide und in einem Garten, jedoch sicherlich nicht auf diese Biotope beschränkt und vermutlich eher gesellschaftsvag. Auf der Rinde lebender Bäume und Sträucher. Im Gebiet je einmal auf Eibe und Wacholder, nach ELBORNE in KNUDSEN & VESTERHOLT (2008) jedoch auch an Flieder, Heckenkirsche, Wein, Waldrebe, Pappel und Eiche, von L. KRIEGLSTEINER auch an Holunder gefunden (pers. Mitt.).

Häufigkeit und Verbreitung: Zwei Nachweise, bei gezielter Suche vermutlich etwas häufiger.

Keuper-Lias-Land: 7123/2, Schorndorf, Zwerenberg, verwilderter Garten, auf Zweig von *Taxus baccata*, 330 m NN, 09.10.2003, L. KRIEGLSTEINER (KR 5232). – Schwäbische Alb: 7325/2, Söhnstetten, Stöckelberg, Wacholderheide, auf Unterseite von *Juniperus communis*-Ast in Wacholdergruppe (Roso-Juniperetum), 640 m NN, 01.10.2005, L. KRIEGLSTEINER (KR 1378).

Bestand und Bedrohung: Aufgrund ihrer Biotopvorlieben könnte die Art in unserer mehr und mehr bereinigten Umwelt rückläufig sein. Dem steht aber zum einen die Tendenz zur Besiedlung von Sekundärstandorten wie Gärten und Friedhöfen gegenüber, zum anderen das umfangreiche Substratspektrum (vgl. KNUDSEN & VESTERHOLT (2008), sodass insgesamt von einem stabilen Bestand ausgegangen werden kann.

Allgemeine Verbreitung: Nordamerika (USA). Europa, hier nur wenige Fundmeldungen, z.B.

aus Slowenien (Plitvice, L. KRIEGLSTEINER, pers. Mitt.), Frankreich, Niederlande und Dänemark. In Deutschland bisher in Bayern, Thüringen und Niedersachsen nachgewiesen. Bei gezielter Suche in den Wacholderbeständen Rügens und Usedom sollte die Art auch in Mecklenburg-Vorpommern zu finden sein.

Tricholoma basirubens (BON) A. RIVA & BON (Rivista di Micologia 31(1-2): 23, 1988) (Tafel 3, Abb. 8a, Tafel 4, 8b)
Rosafüßiger Erd-Ritterling

Morphologie: Während KRIEGLSTEINER (2001: 551) diese Art bei *T. orirubens* QUÉL. mit behandelte, dürfte sie tatsächlich näher mit *T. atosquamosum* SACC. verwandt sein. Von ihm unterscheidet sie sich vor allem durch den nicht pfeffrigen Geruch, den weißen Stiel mit meist grell pink-rosa Verfärbung der Basis und die Tendenz zu rostgelblichem Verfärben am Hutrand. Die Hutoberflächenstruktur ist im Gegensatz zu *T. orirubens* besonders zum Rand hin eher wollig als schuppig, die Hutfarbe hell- bis aschgrau, ferner treten keine blauen Flecken an der Stielbasis auf, das Basismyzel ist weiß statt gelb und die Lamellen werden nicht rosarot bei längerem Liegen. Problematisch in der Bestimmung sind auf den ersten Blick Fruchtkörper, denen die auffallende Färbung der Stielbasis fehlt. Sie sind aber an den anderen genannten Merkmalen dennoch sowohl von *T. atosquamosum* als auch von *T. orirubens* gut abgrenzbar.

Ökologie: Wärmebegünstigte Eichenmischwälder, in Thüringen konstant in Eichen-Elsbeerewäldern und im Orchideen-Buchenwald bei eingestreuten Eichen. Mykorrhiza vermutlich obligat mit Eiche, möglicherweise auch mit Buche.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

Oberrheingebiet: 8012/4, Bollschweil, Kalkbruch, Laubwald, unter Buche und Eiche, Kalkboden, 14.09.2010, G. SAAR (Herbar SAAR.)

Bestand und Bedrohung: Aufgrund der Biotopansprüche kann ein Rückgang der Art glaubhaft gemacht werden. Da sie an ihr zusagenden Standorten zumindest in Thüringen nicht selten ist, dürfte dies auch für Baden-Württemberg zutreffen. Eine Einstufung als „gefährdet“ (RL 3) wird vorgeschlagen.

Allgemeine Verbreitung: Europa. Bekannt aus Süd- (Spanien, Italien), West- (Frankreich) und Mitteleuropa (Schweiz, Deutschland). Die Art wird aber vermutlich nicht immer erkannt. In

Deutschland in Thüringen nicht selten, sonst fehlend oder verkannt.

Tricholoma frondosae KALAMEES & SHCHUKIN in KALAMEES (Folia cryptog. Estonica 38: 14, 2001) (Tafel 4, Abb. 9)
Pappel-Grünling

Morphologie: Unterschiede zum verwandten *T. equestre* (L.) P. KUMM. sind neben dem Standort der schlankere Habitus, die intensiv gelben Fruchtkörper ohne Olivtöne und die starke, konzentrische Hutschuppung.

Ökologie: Artenreiche Mischwälder mit Espe, Waldränder, Pappelwälder und -forste, auf lehmigen, schwach sauren bis neutralen, höchstens mäßig stickstoffreichen Böden. Mykorrhiza ausschließlich mit Pappel, im Gebiet nur Zitter-Pappel (*Populus tremula*).

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

In den Funddaten von *T. equestre* scheinen keine weiteren Funde unerkant subsumiert worden zu sein, zumal KRIEGLSTEINER (2001) auch ausschließlich Nadelbäume als Begleitbaum angibt. Oberrheingebiet: 7713/3, Ettenheimmünster, unter *Populus tremula* und *Pinus sylvestris*, 01.11.1999, G. SAAR (Herbar SAAR).

Bestand und Bedrohung: Aufgrund der Biotopvorlieben und der Empfindlichkeit gegenüber Nährstoffeinträgen stark gefährdet (RL 2).

Allgemeine Verbreitung: Europa. Die genaue Verbreitung ist unbekannt, da die Art oft mit *T. equestre* vermengt wurde und wird. Mit Sicherheit jedoch aus West- (Frankreich: Jura), Mittel- (Schweiz, Deutschland), Nord- (Fennoskandinavien) und Osteuropa (Polen, Estland, Russland) nachgewiesen. Für Deutschland ist bis zu einer konsequenteren Beachtung der Pappel-Sippe keine Aussage möglich.

Ergänzungen zu Band 4 (KRIEGLSTEINER 2003)

Amanita malleata (PIANE ex BON) CONTU (Boll. Assoc. Micol. Ecol. Romana 3(6-7): 43, 1986) (Tafel 4, Abb. 10)
Verbeulter Scheidenstreifling

Morphologie: Die Art ist morphologisch durch ellipsoide Sporen, reichlich Volva-Sphaerocysten und das Fehlen von Schnallen an den Basidien gekennzeichnet. Von *A. dryophila* CONSIGLIO & CONTU unterscheidet sie sich fast nur durch die

ocker- bis braungrauen Hutfarben. Die oft als Differenzialmerkmal angesehenen Vertiefungen im Hut können auch bei anderen Arten dieser Gruppe auftreten.

Variabilität: Der Status der Art und die Beziehung zu den nächst verwandten Taxa ist nicht restlos geklärt.

Ökologie: Lichte Buchen- und Eichenwälder oder Parks, auf neutralem bis basischem Boden. Mykorrhiza mit Laubbäumen, im Gebiet vorzugsweise mit Eiche.

Häufigkeit und Verbreitung: Zwei Nachweise.

Keuper-Lias-Land: 7220/3, Stuttgart-Vaihingen, Katzenbachsee Westufer, neutraler bis schwach saurer Lehmboden, soc. *Inocybe gymnocarpa* KÜHNER und *Lactarius stephensii* (BERK.) VERBEKEN & WALLEYN, 460 m NN, 27.08.2002, A. GMINDER (Erstnachweis). – 7221/3, Stuttgart-Sillenbuch, „Eichenhain“, Brauner Jura, in degeneriertem Mesobrometum unter 300jähriger Eiche (*Quercus robur*), 24.08.2003, A. GMINDER (Herbar GMINDER). Bestand und Bedrohung: Alle Taxa aus der Gruppe um *A. lividopallescens* sind selten und schon aufgrund ihrer Biotopbindung als gefährdet anzusehen. Eine genaue Einstufung kann aber erst vorgenommen werden, wenn mehr nach dem derzeitigen Artkonzept abgesicherte Daten vorliegen (RL G).

Allgemeine Verbreitung: Mediterran-submediterran. Europa, hier bisher nur in Süd- (Italien, Spanien) und Westeuropa (Frankreich). Die bisherige Verbreitung in Deutschland ist ungeklärt, da das Taxon oft nicht als eigenständig angesehen wird bzw. lange unerkant als *A. lividopallescens* bestimmt wurde. In Deutschland bisher in Thüringen nachgewiesen.

Amanita oblongispora TULLOSS & CONTU (Mycotaxon 52: 358, 1994)

= *A. malleata* ss. CONTU p.p.

Länglichsporiger Scheidenstreifling

Morphologie: Vgl. Schlüssel. Von der oben beschriebenen *A. malleata* am sichersten durch die Schnallen an der Basidienbasis abzugrenzen.

Ökologie: Im Gebiet meist in lichten Eichen-Hainbuchen-Buchenwäldern und einmal in einer Parkanlage, stets auf basenreichen Böden. Mykorrhiza im Gebiet vermutlich ausschließlich mit Eiche, insbesondere *Quercus robur*.

Häufigkeit und Verbreitung: Sehr selten.

Keuper-Lias-Land: 7220/4, Stuttgart-Sonnenberg, Waldfriedhof, Kriegsgräberwiese, im

schütterten moosigen Rasen, unter *Quercus robur*, begleitet von *Boletus queletii*, 360 m NN, 16.08.2001, A. GMINDER. – 7321/3, Neuenhaus, Betzenberg, Mönchs buckel, unter *Quercus robur*, 460 m NN, 10.10.1998, A. BOLLMANN, A. GMINDER, rev. A. GMINDER (STU) – 7420/2, Dettenhausen, Weißer Stein, Eichen-Hainbuchen-Buchenwald, Mergelboden, 480 m NN, 03.09.2002, A. GMINDER.

Bestand und Bedrohung: Alle Taxa aus der Gruppe um *A. lividopallescens* sind selten und schon aufgrund ihrer Biotopbindung als gefährdet anzusehen. Eine genaue Einstufung kann aber erst vorgenommen werden, wenn mehr nach dem derzeitigen Artkonzept abgesicherte Daten vorliegen.

Allgemeine Verbreitung: Mediterran-submediterran. Europa, hier bisher nur in Süd- (Italien, Spanien) und Westeuropa (Frankreich). Die Verbreitung in Deutschland ist ungeklärt, da das Taxon oft nicht als eigenständig angesehen wird bzw. lange unerkannt als *A. lividopallescens* bestimmt wurde. Aus Deutschland sind uns bisher keine Funde bekannt.

Amanita ochraceomaculata NEVILLE, POUMARAT & FRAITURE (Boll. Gruppo Micol. „G. Bresadola“ (Trento) 43(2): 261, 2000)

Ockerfleckiger Scheidenstreifling

Morphologie: Insgesamt meist eher schwächliche Art. Hut 3-6(8) cm, schnell flach werdend, meist creme- bis tongrau, hell beige, nach NEVILLE et al. (2000) bis nussfarben. Lamellen weiß, insbesondere beim Trocknen bisweilen einen schwachen Rosaton entwickelnd. Stiel stets deutlich länger als Hutbreite, 6-12 x 0,4-1(1,5) cm, weiß, höchstens sehr unauffällig und +/- gleichfarbig genattert. Volva häutig und stabil, weiß, mit ockerlichen Flecken, die sehr auffallend aber auch relativ schwach ausgeprägt sein können. Trama weiß, unveränderlich, ohne besonderen Geruch. Sporen globos bis leicht subglobos, (9)10-13(14) x (8,5)9-12(14) µm, Quotient 1,0-1,1(1,15). Basidien viersporig, ohne Basalschnalle. Lamellenschneide insbesondere bei jungen Fruchtkörpern mit birnenförmigen Zellen besetzt. Schnallen fehlen im gesamten Fruchtkörper.

Ökologie: Fichtenwälder und -forste auf Kalk, bodensaure Fichten-Tannenwälder (hier nur mit Kalkeinfluss), auf neutralen bis basischen Böden, aber oft an oberflächlich versauerten Stellen. Mykorrhiza im Gebiet wohl nur mit *Pi-*

cea abies, wie auch von NEVILLE et al. (l.c.) angegeben.

Häufigkeit und Verbreitung: Bisher nur im Schwarzwald und den angrenzenden Gäulandschaften, sowie im Schönbuch gefunden, aber vermutlich weit verbreitet.

Schwarzwald: 7516/2, Salzstetten, Fichten-Tannenwald, 680 m NN, 15.10.2001, A. GMINDER & H. HAAS, det. A. GMINDER (Herbar GMINDER). – 7716/4, Sulgen, Gifizenmoos, 720 m NN, 14.10.2002, A. GMINDER.

Gäulandschaften: 7817/1, Flözlingen, Fichten-Tannenwald, Muschelkalk, 700 m NN, 07.10.2001, Anonymus, det. A. GMINDER. – Keuper-Lias-Land: Schönbuch, 7420/1, Bebenhausen, Ochsenbachtal, „Glaswasen“, Fichtenforst (20-jährig), auf Keuperlehm, 420 m NN, 14.09.2002, A. GMINDER (Herbar GMINDER).

Bestand und Bedrohung: Die Art ist weder selten noch gefährdet.

Allgemeine Verbreitung: Europa. Bisher nachgewiesen in Süd- (Italien), West- (Frankreich, Belgien) und Mitteleuropa (Schweiz, Deutschland). In Deutschland weitere Funde aus Bayern und Thüringen bekannt.

Amanita simulans CONTU (Boll. Accad. Gioenia di Scienze Naturali 356: 11, 1999) (Tafel 5, Abb. 11)

= *A. malleata* ss. CONTU p.p., COURTECUISSÉ & DUHEM, non TULLOSS

Pappel-Scheidenstreifling

Morphologie: Insgesamt an eine robuste *Amanita vaginata* erinnernd, von der sie sich neben der Ökologie vor allem durch Sphaerocysten in der (trotzdem recht stabilen) Volva unterscheidet.

Ökologie: Pappelwälder und -forste, Alleen und sonstige Pappelpflanzungen, vermutlich bodenvag. Mykorrhiza ausschließlich mit Schwarz- und Hybrid-Pappeln (*Populus nigra*, *P. x canadensis*). Ob weitere Funde der Art diese enge Mykorrhizabindung bestätigen können, bleibt abzuwarten. Häufigkeit und Verbreitung: Sehr selten, bisher nur im Oberrheingebiet zwischen Freiburg und Lahr, vermutlich aber auch weiter nördlich zu finden.

Oberrheingebiet: 7613/1, Lahr-Hugsweier, Park, unter Hybridpappeln, 15.07. und 01.11.2000, G. SAAR (Herbar SAAR) – 7912/4, Freiburg-West, Allee, unter Hybridpappeln, 14.11.2011, G. SAAR.

Bestand und Bedrohung: Bei derzeitiger Datenlage kann hierzu keine Aussage getroffen werden. Allgemeine Verbreitung: Mediterran-submedi-

terran. Europa. Hier bisher aus Süd- (Spanien, Italien), West- (Frankreich) und Mitteleuropa (Deutschland) bekannt, meist wohl als *A. malleata*. Aus Deutschland sind keine weiteren Funde bekannt.

Amanita subfraudulenta CONTU (Boll. Grup. micol. G. Bresadola 47(1): 28, 2005) (Tafel 5, Abb. 12)

= *Amanita lividopallescens* var. *tigrina* ROMAGN. ex BON 1986 (inval.)

Natternstieliger Scheidenstreifling

Morphologie: Vgl. Schlüssel. In der Gruppe der braunhütigen großen Scheidenstreiflinge am auffallend genatterten Stiel oft schon makroskopisch zu erkennen.

Ökologie: Im Gebiet im Orchideen-Buchenwald und in lichten Eichen-Hainbuchen-Buchenwäldern, stets auf Kalkboden. Mykorrhiza ausschließlich mit Laubbäumen, vor allem Buche, aber auch Eiche.

Häufigkeit und Verbreitung: Sehr selten.

Oberrheingebiet: Kaiserstuhl, 7812/3, Amoltern, unter *Fagus sylvatica*, 20.08.2002, G. SAAR. – Gäulandschaften: 7119/1, Mönshheim, Lerchenhof, Buchenwald, Muschelkalk, 390 m NN, 10.09.2001, 16.08.2002, A. GMINDER. – Keuper-Lias-Land: Schönbuch, 7320/4, Neuhausen, Betzenberg, Buchenmischwald mit *Fagus sylvatica*, *Quercus*, *Carpinus betulus*, 480 m NN, 27.07.2002, A. GMINDER (STU). – Südwestdeutsches Voralpenland: 7726/?, Illerrieden, Laubwaldrand, auf Wiese, Moränenschotter, 26.09.1981, M. ENDERLE, det. M. BON (Erstnachweis, M).

Bestand und Bedrohung: Aufgrund von Biotopansprüchen und einer gewissen Stickstoffintoleranz muss mit einem Rückgang der Art gerechnet werden. Sie dürfte „gefährdet“ (RL 3), eventuell „stark gefährdet“ (RL 2) sein.

Allgemeine Verbreitung: Mediterran-submediterran(-temperat). Europa. Vor allem in Süd- (Spanien, Italien, Kroatien, Slowenien), aber auch in West- (Frankreich, Niederlande), Mittel- (Schweiz, Deutschland) und Osteuropa (Ungarn). In Deutschland in Bayern, Saarland, Thüringen und Niedersachsen, oft als *A. lividopallescens* var. *tigrina*.

Aufgrund der vielen neuen Arten in dieser Gruppe, die mehrheitlich auch im Gebiet gefunden werden können, muss Schlüssel B (S. 9) wie folgt neu konzipiert werden:

1. Sporen ellipsoid, kurzellipsoid bis eiförmig ($Q > 1,15$) 2
- 1* Sporen rund bis fast rund ($Q < 1,15$) ... 9
2. Huthaut und Stielrinde völlig weiß; jung mit (sehr flüchtigem) Ring *A. lactea*
- 2* Huthaut farbig, nie völlig weiß (aber Vorsicht vor Albinoformen!) 3
3. Volva stabil und dick (bis 0,5 cm); Huthaut olivbraun [*A. magnivolvata*]
- 3* Volva instabil oder dünner 4
4. Volva brüchig, fetzig, mit vielen Sphaerozysten 5
- 4* Volva sackartig, stabil, nicht in Stücke reißend, +/- rein hyphig aufgebaut 7
5. Obligate Mykorrhiza mit *Alnus*-Arten; Volva flockig-pulverig *A. friabilis*
- 5* Mykorrhiza nicht mit *Alnus*-Arten; Volva häutiger (wenn auch brüchig) 6
6. Schnallen an den Basidien vorhanden *A. oblongispora*
- 6* Schnallen fehlen auch an den Basidien *A. malleata* (agg.?)
7. Huthaut silbergrau; Stiel und Volva weiß; Sporen mit Q 1,15-1,25 *A. argentea* (als *A. mairei*)
- 7* Sporen mit Q 1,25-1,5; Huthaut zumeist mit bräunlichen Tönen 8
8. Ohne Marginalzellen an der Schneide; Stiel genattert; Huthaut grauocker; im Laubwald auf Kalk ... *A. subfraudulenta*
- 8* Mit Marginalzellen; Stiel nicht genattert; Huthaut grau; im sandigen Kiefernwald [*A. mairei*]
9. Volva brüchig, fetzig, flockig, mit zahlreichen Sphaerozysten 10
- 9* Volva sackartig, stabil, ohne oder nur mit wenigen Sphaerozysten 13
10. Volva grau oder von innen her grau verfärbend (oft erst nach Stunden und nicht immer deutlich!) 11
- 10* Volva weiß, so bleibend oder bräunlich verfärbend 12
11. Volva mausgrau, rasch in Gürtel zerreißend, die ihrerseits nach oben in Schuppen zerbrechen; Hut ockerbraun, von vielen kleinen grauen Flocken bedeckt *A. ceciliae* (als *A. strangulata*)
- 11* Volva von innen her grau verfärbend, häutiger; Hut oliv- bis graubraun, mit einem bis wenigen weißen bis grauen Flecken *A. submembranacea*
12. Volva später meist ockerbräunlich, sehr brüchig und oft in Form von vielen Flocken

- auf dem Hut liegend; Hut ocker- bis nussbraun; Sporen 8-11,5 µm lang . *A. beckeri*
- 12* Volva weiß bleibend, häutiger; Flocken auf dem Hut im Regelfall spärlich; Hut grau bis graubraun; Sporen 9-13 µm lang
 *A. simulans*
13. Hut maus- bis dunkelgrau; Volva weiß . . .
 *A. vaginata*
- 13* Hut orangegelb, orange-, rot-, lehm-, oliv- bis graulichbraun, nicht rein grau 14
14. Hut gelborange, orange- bis rotbraun. . 15
- 14* Hut ocker- bis braungrau, gelb-, oliv- bis graubraun 16
15. Huthaut gelborange bis orangebraun; Stiel genattert; Volva rein weiß; Stieltrama mit Phenol weinrot *A. crocea*
- 15* Huthaut rot- bis rostbraun; Stiel glatt; Volva rostfleckig; Stieltrama mit Phenol schokoladenbraun *A. fulva*
16. Volva rein weiß oder schwach aber gleichmäßig ockerlich getönt 17
- 16* Volva mit deutlichen Ocker- oder Rostflecken 19
17. Volva weit, sackartig, bis 7 cm hoch, 4 cm im Durchmesser und 0,5 cm dick; Stiel genattert; Hut grau- bis olivbraun
 *A. pachyvolvata*
- 17* Volva dünner, eng anliegend; Stiel ungenattert; Hut mit anderen Farben 18
18. Hut einheitlich maus- bis dunkelgrau . . .
 *A. vaginata* (agg.)
- 18* Hut beige, milchkafeeefarben bis ockergrau *A. lividopallescens*
19. Hut gelb- bis oliv- oder graubraun, mit dunkler Zone hinter der Randriefung und dunklem Buckel, dazwischen eine hellere Zone; Lamellenschnitten schwarz gestrichelt; Volva rostfleckig *A. battarae*
19. Hut grau bis braungrau, oft blass, ohne Farbwechsel; Schnitten gleichfarben; Volva ockerfleckig *A. ochraceomaculata*

Clitopilus cystidiatus HAUSKN. & NOORDEL. (Österr. Z. Pilzkde. 8: 200, 1999) (Tafel 5, Abb. 13)
 Grauer Mehrkräsling

Morphologie: Wie *C. prunulus*, aber Hut mehr grau und mit graulichen Wasserflecken (ob konstant?). Mikroskopisch sind die Cheilozystiden und das inkrustierte (nicht intrazellulärem) Pigment der Huthaut maßgeblich.

Taxonomie: Ob sich *C. cystidiatus* und *C. prunulus* tatsächlich konstant durch Vorhandensein

bzw. Fehlen von Cheilozystiden unterscheiden lassen, darf angezweifelt werden. Auch die makroskopischen Unterschiede sind nur marginal, so dass letztlich die Pigmentsituation zur endgültigen Absicherung herangezogen werden muss. Ökologie: Vgl. *C. prunulus*.

Häufigkeit und Verbreitung: Vermutlich häufig, bisher aber nur stichprobenhaft untersucht. Der Verbreitungsschwerpunkt im Oberrheingebiet ist nur entsprechender Kartiertätigkeit geschuldet. Oberrheingebiet: 7613/3, Lahr, Sulz, Waldrand, unter Eiche und Buche, Lößlehm, 21.09.2001, G. SAAR (Herbar SAAR). – 7812/4, Teningen, Unterwald, 12.10.2002, L. SCHRIMPL. – 8315/1, Waldhaus, Nögenschwieler Wald, 14.09.2002, S. BAIREUTHER, L. SCHRIMPL, Pilzgruppe LABER. – 8413/2, Bad Säckingen, Park, unter Eiche, 26.07.2011, G. SAAR (Beleg in Herbar SAAR). – Keuper-Lias-Land: Schönbuch, 7320/4, Dettenhausen, Eichen-Hainbuchenwald mit eingestreuten Buchen, Keuperlehm, 450 m NN, 16.09.2001, A. GMINDER.

Bestand und Bedrohung: Die Art dürfte recht häufig und nicht gefährdet sein.

Allgemeine Verbreitung: Nach HAUSKNECHT & NOORDELOOS (1999) anscheinend mediterranzentraleuropäisch verbreitet, mit Vorliebe für wärmebegünstigte Standorte. Bekannt aus Süd-(Portugal, Italien) und Mitteleuropa (Deutschland, Österreich). In Deutschland noch zu wenig beachtet um eine Aussage zur Verbreitung machen zu können, aber vermutlich in den südlichen Bundesländern nicht selten.

Entoloma rubellum (SCOP.) GILLET (Les Hyménomycètes ou description de tous les champignons (fungi) qui croissent en France (Alençon) 1: 1-176, 1874)
 Isabell-Rötling

Morphologie: Abgesehen von der rosa Färbung identisch mit *E. bloxamii* und *E. prunuloides*. Möglicherweise handelt es sich bei diesen drei Taxa nur um Farbformen ein und derselben Art, was durch molekulare Daten aber nur teilweise bestätigt wird. Vgl. hierzu Beschreibung und Diskussion in BAIREUTHER & STRITTMATTER (2011).

Ökologie: Auf einer Wacholderheide im Gras bei Wacholdergebüsch, auf Kalkboden. Die ökologische Amplitude der Art beinhaltet neben Wiesen- auch Waldstandorte (Eichen-Nelkenwald, mediterrane Macchia). Gemeinsam ist allen bisherigen Funden das Vorkommen auf Kalk.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

Schwäbische Alb: 7622/1, Gomadingen, Sternberg, Wacholderheide auf Rendzina, im hohen Gras, 01.10.2010, leg. S. BAIREUTHER, det. B. DIMA (Herbar STRITTMATTER) (BAIREUTHER & STRITTMATTER I.c., mit Aquarell E. LUDWIG).

Bestand und Bedrohung: Die Eigenständigkeit des Taxons vorausgesetzt, muss *E. rubellum* auf jeden Fall als stark gefährdet (RL 2) angesehen werden. Möglicherweise sollte es sogar in RL 1 („vom Aussterben bedroht“) geführt werden.

Allgemeine Verbreitung (nach BAIREUTHER & STRITTMATTER I.c.): Europa, überall sehr selten. Süd- (Italien, Korsika), West- (Frankreich, Großbritannien), Mittel- (Deutschland) und Nordeuropa (Dänemark, Schweden, Norwegen). In Deutschland erstmals in der Eifel 2004 nachgewiesen, ein zweiter Fund gelang 2010 in Thüringen.

Agrocybe farinacea HONGO (J. Jap. Bot. 32: 143, 1957)

Morphologie: Von *A. putatinum* durch den nur oben bereiften Stiel und etwas kleinere Sporen unterschieden.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

Schwarzwald: 7917/1, Schwenningen, auf Laubholzhäcksel, 04.08.2006, S. BAIREUTHER, G. SAAR (Herbar SAAR).

Bestand und Bedrohung: Vermutlich handelt es sich um eine adventive Art.

Allgemeine Verbreitung: Ursprünglich aus Japan beschrieben. In Europa bisher nur in der Schweiz festgestellt. Für Deutschland erstmals nachgewiesen.

Conocybe brachypodii (VELEN.) HAUSKN. & SVRČEK (Czech Mycol. 51(1): 43, 1999)
= *C. excedens* KÜHNER & WATLING 1983

Morphologie: Wie *C. mesospora* (KÜHNER ex KÜHNER & WATLING, jedoch kleiner und beim Trocknen sehr blass werdend. Zur weiteren Diskussion und genauen Artbeschreibung vgl. HAUSKNECHT (2009).

Ökologie: Im Gebiet in einem Magerrasen, nach HAUSKNECHT (I.c.) jedoch auch in feuchten Laubwäldern, an Straßenrändern in der Laubschicht und an grasigeren Stellen unter Büschen oder in Nadelwäldern.

Häufigkeit und Verbreitung: Wie von GMINDER (2003: 311) bereits vermutet, kommt die Art im Gebiet vor.

Schwäbische Alb: 7127/2, Lauchheim, „Königsbühl“, Wacholderheide, unter Gras, Jurakalk, 590 m NN, 16.11.05, L. KRIEGLSTEINER (KR 9). – 7426/1, Ballendorf, 12.09.1993, M. ENDERLE (HAUSKNECHT 2009) (KR 30895).

Bestand und Bedrohung: Vermutlich nicht gefährdet.

Allgemeine Verbreitung (nach HAUSKNECHT I.c.): Nordafrika (Marokko) und Europa. Hier weit verbreitet in Zentral- und Westeuropa, sonst anscheinend selten (z.B. Italien). In Deutschland zumindest auch in Bayern und Berlin nachgewiesen.

Kuehneromyces lignicola (PECK) REDHEAD (Sydowia 37: 247, 1984)

= *Kuehneromyces vernalis* (PECK) SINGER & A. H. SM. 1946

= *Kuehneromyces myriadophyllus* (P. D. ORTON) PEGLER & T. W. K. YOUNG 1972

Glattstieliges Stockschwämmchen

Morphologie: Die Art ist einer *Galerina* äußerst ähnlich, hat aber kein dextrinoides Sporenpulver. Mikroskopisch fallen die einzigartig geformten Cheilozystiden sofort auf, womit die Art eindeutig bestimmt werden kann. Eine ausführliche Beschreibung und Diskussion findet sich bei MOSER (1994).

Ökologie: Im Gebiet bisher nur auf Rindenmulch nachgewiesen, an naturnahen Standorten auf morschem Fichtenstämmen und -stubben (Bayerischer Wald). Nach MOSER (I.c.) sehr selten auch auf Laubholzresten (Buche, Birke).

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

Schwarzwald: 8014/4, Hinterzarten, Moorrand, auf gemulchtem Wanderweg, 890 m NN, 31.05.2003, D. LABER, G. SAAR, L. SCHRIMPL (LABER et al. 2004, LABER 2009) (Herbar SAAR).

Bestand und Bedrohung: Von LABER (2009) wird eine Einstufung in RL R vorgeschlagen.

Allgemeine Verbreitung: Zirkumpolar, boreal, montan bis subalpin. Nordamerika (USA, Kanada). Europa. Außerhalb von Skandinavien selten, im erweiterten Alpenraum von Deutschland, Österreich, Italien und der Schweiz vorkommend. In Deutschland alpin-skandinavisches verbreitet, daher sind nur Funde aus Bayern (Bayerischer Wald, Alpen und Vorland) und Schleswig-Holstein bekannt.

Mythicomyces REDHEAD & A.H. SM. (Can. J. Bot. 64(3): 643 (1986)
Scheinschwefelkopf

Durch die Risspilz-ähnlichen Zystiden und den blassen, sehr fein warzigen Sporen einzigartig. Die systematische Stellung der monotypischen Gattung ist nicht ganz klar. Sie wird meist den Strophariaceae zugeordnet aber auch bisweilen zu den Crepidotaceae gestellt.

Mythicomyces corneipes (FR.) REDHEAD & A. H. SM. (Can. J. Bot. 64(3): 643, 1986)
Hornstieliger Scheinschwefelkopf

Morphologie: Helmingsartiger Pilz mit hornartig knorpeligem Stiel, ähnlich manchen Schwindlingen. Durch das grau- bis violettbraune Sporenpulver in Verbindung mit den sehr fein warzigen Sporen und den dickwandigen, kristalltragenden Zystiden (wie bei *Inocybe*) ist die Art (und die Gattung) leicht bestimmbar.

Ökologie: Im Gebiet sowie auch bei allen anderen europäischen Funden an nassen, zeitweise überfluteten Stellen an Bächen und Teichen, auf Pflanzenresten.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

Schwarzwald: 8112/3, Sulzbachtal, an einem Rinnsal, auf teilweise überschwemmtem Haufen von Holzdebris (Ästchen), direkt am Bach wachsend, 02.10.2011, leg. H. OBENAUER, E. STRITTMATTER, det. E. STRITTMATTER (Herbar STRITTMATTER).

Bestand und Bedrohung: Aufgrund der Vorliebe für naturnahe Bachränder sicherlich rückläufig und somit als stark gefährdet (RL 2) zu bezeichnen, wenn nicht sogar als akut vom Aussterben bedroht (RL 1)

Allgemeine Verbreitung: Boreal-hemiboreal. Nordamerika (USA). Europa. Hier wenige Fundstellen in Schweden, Norwegen und Finnland. Obiger Fund ist der erste außerhalb Skandinaviens.

Deconica subcoprophila (BRITZELM.) E. HORAK (Darwiniana 14: 363, 1967)
≡ *Psilocybe subcoprophila* (BRITZELM.) SACC. 1895
Großsporiger Dung-Kahlkopf

Morphologie: Aufgrund des dunkel violettbraunen Sporenpulvers in Kombination mit trockenen Fruchtkörpern, fehlenden Chrysozystiden und Vorkommen auf Dung eindeutig der Sekt. *Merdatariae* (FR.) NOORDEL. zuzuordnen (NOORDELOS

2011). Allerdings sind *D. coprophila* und *D. subcoprophila* bei NOORDELOS (2011: 172, 174) aufgrund eines Fehlers im Schlüssel nicht zu erreichen: Bei Schlüsselpunkt 22. muss es (übersetzt) nicht „Velum fehlend“ heißen, sondern „Velum nur am Hut vorhanden, am Stiel fehlend“. Damit ist auch die Artbestimmung einfach, da die restlichen coprophilen *Deconica*-Arten eben eine Ringzone aufweisen.

Taxonomie: *D. subcoprophila* ist nur durch etwas größere und ellipsoide statt hexagonale Sporen von *D. coprophila* unterschieden. Da aber sowohl eigene Untersuchungen zweier Funde als auch die Literatur (ARNOLDS 1982, LUDWIG 2000, NOORDELOS l.c.) eine Überlappung der Sporenmaße verzeichnet (*D. coprophila* 11-16,5 µm, *D. subcoprophila* 14,5-20 µm), wäre *D. subcoprophila* vielleicht besser als infraspezifisches Taxon zu *D. coprophila* zu stellen.

Ökologie: Extensive Weideflächen, Wegränder, auf Dung von Pflanzenfressern.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis im Schwarzwald, doch sollten die Fundangaben von *D. coprophila* auf diese großsporige Sippe hin überprüft werden (soweit möglich).

Schwarzwald: 8014/4, Titisee-Eisweihergebiet, 870 m, Wegrand auf Pferdemit, 09.06.1985, D. LABER.

Bestand und Bedrohung: Nahezu alle coprophilen Arten sind durch die Umgestaltung und Intensivierung der Landwirtschaft auf lange Sicht rückläufig. Sie müssen als gefährdet gelten, doch kann eine genaue Einstufung nur mit genaueren Daten erfolgen (RL G).

Allgemeine Verbreitung: Temperat-arktisch. Europa. In Nordeuropa nicht sehr selten (Fennoskandinavien, inkl. Island und Spitzbergen, in Dänemark bereits selten werdend), des weiteren in West- (Frankreich, Niederlande, Großbritannien) und Mitteleuropa (Schweiz, Deutschland). In Deutschland außer der Typuslokalität in Bayern nur in Niedersachsen (Langeoog) nachgewiesen.

Ergänzungen zu Band 5 (KRIEGLSTEINER & GMINDER 2010)

Galerina nana (PETRI) KÜHNER (Encyclop. Mycol. 7: 219, 1935)
Kristallzystiden-Häubling

Morphologie: Makroskopisch *G. cinctula* P. D. ORTON und anderen kleinen Arten ähnlich, jedoch mikroskopisch durch die einzigartigen kristalltra-

genden dickwandigen Zystiden (wie in *Inocybe*) eindeutig gekennzeichnet

Ökologie: Völlig gesellschaftsvag. In bewuchsarmen Biotopen wie Heiden, Straßenrändern oder sonstiger Pioniervegetation, aber auch an mullreicheren Standorten, in Weidengebüschen, an Wald- und Wegrändern und selbst in Blumentöpfen und Gewächshäusern, auf nackter Erde oder im Moos, manchmal Pflanzenresten, kleinen Ästchen oder stark vermorschtem Holz aufsitzend.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis, obwohl die Art als nicht allzu selten gilt.

Oberrrheingebiet: 6617/4, Hockenheim, ehemalige Ostkurve des Hockenheim-Rings, Rand einer Waldstraße, 30.11.2006, W. WINTERHOFF (Herbar WINTERHOFF) (WINTERHOFF & HAAR 2008).

Bestand und Bedrohung: Trotz (scheinbarer?) Seltenheit kaum als gefährdet anzusehen.

Allgemeine Verbreitung: Australien, Neuseeland, Nordamerika (USA: in den Rocky Mountains bis in alpine Lagen) und Europa. Weit verbreitet aber nicht häufig. Süd- (Spanien, Italien), West- (Frankreich, Belgien, Niederlande, Großbritannien), Mittel- (Schweiz, Deutschland, Österreich), Ost- (Tschechien, Russland) und Nordeuropa (Dänemark). In Deutschland vermutlich in allen Bundesländern vertreten. Nachweise liegen vor aus Bayern, Rheinland-Pfalz, Saarland, Thüringen, Sachsen, Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen und Schleswig-Holstein.

Hebeloma aestivale VESTERH. (Symb. Bot.

Upsal. 30(3): 129-137, 1990) (Tafel 6, Abb. 14)

Sommer-Fälbling

Morphologie: Aufgrund der breiten, dextrinoiden, kalyptraten Sporen und der langen, schmalen Cheilozystiden bereits mikroskopisch recht gut festgelegt. Makroskopisch sehr an *H. velutipes* BRUCHET erinnernd, aber etwas dunkler gefärbt.

Ökologie: Vorzugsweise in Parkanlagen, gelegentlich auch in lichten Laubwäldern, unter *Quercus* und *Fagus sylvatica*.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis, aber bisher wohl wenig beachtet.

Oberrrheingebiet: 7912/4, Freiburg-Landwasser, Park, unter *Quercus*, 07.09.2006, G. SAAR (Herbar SAAR).

Bestand und Bedrohung: Vermutlich ungefährdet.

Allgemeine Verbreitung: Europa. Hier in West- (Belgien, Großbritannien), Mittel- (Deutschland)

und Nordeuropa (Dänemark, Schweden) (VESTERHOLT 2005). In Deutschland sind weitere Funde zumindest aus Bayern und dem Saarland bekannt.

Hebeloma duracinoides BIDAUD & FILION

(Bull. trimest. Féd. Mycol. Dauphiné-Savoie 121: 11, 1991) (Tafel 6, Abb. 15)

Brauner Büschel-Fälbling

Morphologie: Auffallend durch den bräunenden, wurzelnden oder zumindest ausspitzenden Stiel, den eher glockigen Hut und das büschelige Wachstum, wodurch die Art an Schleierlinge aus der *Cortinarius duracinus*-Gruppe erinnert.

Mikroskopisch fallen die großen, +/- kalyptraten, dextrinoiden Sporen auf, die mit 12-15 x 8-9,5 µm ausgesprochen breit sind. Cheilozystiden relativ kurz, kaum über 40 µm lang, zylindrisch bis schwach keulig verbreitert.

Ökologie: Ohne bekannte Vorliebe für bestimmte Waldgesellschaften, im Gebiet über Muschelkalk, in Frankreich über schwach saurem Boden. Mykorrhiza vermutlich mit Laubbäumen.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

Oberrrheingebiet: 8012/4, Wittnau, Buchen-Tannenwald, Muschelkalk, 03.10.2002, G. SAAR (Herbar SAAR).

Bestand und Bedrohung: Derzeit noch nicht abschätzbar.

Allgemeine Verbreitung: Europa, bisher nur aus Frankreich bekannt. Für Deutschland hier das erste Mal nachgewiesen.

Hebeloma lutense ROMAGN. (Bull. trimest.

Soc. mycol. Fr. 81: 342, 1965)

Ockergelber Fälbling

Morphologie: Ähnlich *H. velutipes* BRUCHET, aber lebhafter in der Färbung. Mikroskopisch vor allem durch die langen und schmalen, stark dextrinoiden Sporen gekennzeichnet.

Ökologie: Auf Brandstelle, doch dürfte dies ein Zufall sein. Die Art wird normalerweise unter *Salix* auf feuchten Sandböden gefunden (VESTERHOLT 2005).

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

Schwarzwald, 8214/1, Bernau, auf Brandstelle, soc. *Sphaerosporella brunnea* und andere carbofile Arten, 11.10.2009, E. STRITTMATER (Herbar STRITTMATER).

Bestand und Bedrohung: Obwohl die Art schon seit längerer Zeit beschrieben ist und charakte-

ristische Biotope besiedelt, ist sie im Gebiet erst einmal gefunden worden, muss also als sehr selten angesehen werden. Da sie zusätzlich an gefährdete Biotope (Weidengebüsche an See-uffern) gebunden ist, muss sie als stark gefährdet (RL 2) eingeschätzt werden. Möglicherweise erreicht sie im Gebiet ihre Arealgrenze.

Allgemeine Verbreitung: Atlantisch(?). Europa, bekannt aus West- (Frankreich, Belgien Großbritannien) und Nordeuropa (Dänemark). In Deutschland scheint *H. lutense* bisher nicht nachgewiesen worden zu sein.

Hebeloma quercetorum QUAD. (Mycotaxon 49: 293, 1993) (Tafel 6, Abb. 16)
Eichen-Fälbling

Morphologie: Mikroskopisch *H. sinapizans* (PAUL.) SACC. durch die stark dextrinoiden Sporen und die verbogen-zylindrischen Cheilozystiden ähnelnd, von diesem durch den bräunenden, fein bereiften Stiel und die Mykorrhiza mit Eiche (und Linde) verschieden.

Ökologie: Parks und parkartige lichte Wälder, an wärmebegünstigten Stellen, auf Kalkböden. Mykorrhiza exklusiv mit *Quercus*; sehr selten allerdings im Randbereich des Eichenareals in Norwegen und Estland auf *Tilia* übergehend.

Häufigkeit und Verbreitung: Von zwei Fundorten bekannt, aber in den wärmebegünstigten Gegenden sicherlich noch gelegentlich auch anderswo zu finden.

Ober rheingebiet: Ausläufer des Schwarzwaldes, 7314/2, Bühl, Park, unter *Quercus* sp., 27.10.2010, G. SAAR (Herbar SAAR). – 7813/3, Emmendingen, Park, unter *Quercus* sp., 27.10.2005, G. SAAR (Herbar SAAR).

Bestand und Bedrohung: Aufgrund der Vorliebe für thermophile Eichenwälder auf Kalkboden muss die langjährige Entwicklung als rückläufig eingeschätzt werden. Die Art ist somit als stark gefährdet (RL 2) einzustufen.

Allgemeine Verbreitung: Europa. Vor allem Südeuropa (Spanien, Italien), aber nördlich über West- (Frankreich, Belgien), Mittel- (Deutschland) bis Nord- und Nordosteuropa (Norwegen, Estland) ausstrahlend. In Deutschland wurden bisher keine Funde dieser Art bekannt.

Hebeloma sordidum MAIRE (Bull. trimest. Soc. mycol. Fr. 30: 212, 1914)
= *Hebeloma pallidum* MALENC. 1970 (inval.)

= *Hebeloma mesophaeum* var. *lacteum*

VESTERH. 1989

= *Hebeloma mesophaeum* var. *crassipes*

VESTERH. 1989

Blasser Fälbling

Morphologie: Insgesamt *H. mesophaeum* (PERS.) QUÉL. sehr ähnlich, aber robustere und blässere Fruchtkörper bildend. Die Abgrenzung auf Artebene wird durch Sequenzdaten gestützt (VESTERHOLT 2005).

Ökologie: Im Gebiet in einem Park, lt. Lit. gesellschaftsvag, unter Laub- und Nadelbäumen gleichermaßen.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis. Vermutlich ist die Art aber auch früher schon gefunden, aber unter *H. mesophaeum* subsumiert worden.

Ober rheingebiet: Hochrhein, 8412/2, Kasau, Park, unter Buche, 15.05.2004, S. BAIREUTHER.

Bestand und Bedrohung: Nicht gefährdet.

Allgemeine Verbreitung: Mediterran-temperat. Nordafrika (Marokko). Europa. In Südeuropa (Spanien, Italien) relativ häufig, nach Norden zu seltener, in West- (Frankreich, Großbritannien), Mittel- (Deutschland), Nord- (Dänemark, Finnland) und Osteuropa (Polen). In Deutschland bisher nur in Bayern und Sachsen (GLM) nachgewiesen.

Hebeloma vejense VESTERH. (Fungi of Northern Europe 3: 98, 2005) (Tafel 7, Abb. 17)
Graubereifter Fälbling

Morphologie: Hut bis 8 cm breit, graubraun, beige, cremegrau, jung etwas bereift, alt verkahlend, Rand schwach geripelt. Lamellen zunächst lehmfarben, dann graubraun, relativ dicht stehend, auch bei feuchter Witterung nicht tränend. Stiel stämmig, etwa so lang wie Hutbreite, 4-7 x 0,5-1,5 cm, weißlich und so bleibend, apikal flockig. Trama weißlich, mit Rettichgeruch. Sporen mandel- bis zitronenförmig, stark dextrinoid, kalyptat, (8,5)9,5-12,5(13,5) x 5-6,5(7) µm. Cheilozystiden basal zylindrisch bis schwach bauchig, apikal wenig keulig (selten deutlich) verbreitert, bis 60 µm lang.

Ökologie: Bisher nur in Parkanlagen gefunden, was auch bei den Funden außerhalb des Gebiets stets der Fall war, stets an grasigen Stellen. Die Art dürfte aber auch in lichten Laubwäldern oder an Waldrändern zu finden sein. Mykorrhiza vor allem mit Laubbäumen, im Gebiet je einmal

unter *Tilia* sp. und *Quercus rubra*. VESTERHOLT (2005) gibt ferner noch *Populus*, *Betula* und *Picea* (!) an.

Häufigkeit und Verbreitung: Zwei Nachweise, doch dürfte die Art bei genauer Überprüfung von *Hebeloma*-Funden häufiger zu erwarten sein.

Ober rhein gebiet: 7613/3, Lahr-Mietersheim, Parkanlage, unter Linde, 17.11.2010, G. SAAR (Herbar SAAR). – 8412/2, Rheinfelden, Parkanlage, unter *Quercus rubra*, 07.11.2008, G. SAAR (Herbar SAAR).

Bestand und Bedrohung: Aufgrund der erst jüngst erfolgten Neubeschreibung liegen noch nicht genügend Daten vor. Es zeichnet sich jedoch schon jetzt ab, dass die Art weder besonders selten ist, noch ihren Schwerpunkt in gefährdeten Biotopen hat.

Allgemeine Verbreitung: Europa. Noch wenig bekannt und bisher nur aus Dänemark und Deutschland gemeldet. In Deutschland sind bisher weitere Funde aus dem Saarland und Sachsen (A. MELZER, pers. Mitt.) bekannt.

Inocybe aurivenia (BATSCH) BRES. (Iconogr. Mycol. 15: tab. 726, 1930), ss. ALESSIO, BON, non KUYPER

Morphologie: Im Wesentlichen wie *I. auricoma*, von der sie sich durch größere Sporen, stärker aufbrechenden Hutscheitel und stattlichere Fruchtkörper unterscheidet.

Taxonomie: Nach ALESSIO (1980), der sich auf die Interpretation BRESADOLAS (1930) stützt, und ihm folgend BON (1998), handelt es sich um eine Art mit dickwandigen Zystiden, während KUYPER (1986) die Art als Synonym zu *I. rimosa* ansieht. Diese Diskrepanz könnte darin begründet sein, dass erstere Autoren der Beschreibung mehr Gewicht beimessen und aus der Angabe „Stiel knollig“ eine zystidentragende Art interpretieren, während sich KUYPER (l.c.) wohl eher von der Tafel BATSCHS hat leiten lassen. Diese zeigt im Gegensatz zur Beschreibung einen zylindrischen Stiel und sieht durch die grobe Hutfaserung typischer *I. rimosa* deutlich ähnlicher als der feiner befaserter Kollektion in ALESSIO & REBAUDENGO 1980, Tafel 59). Die Unterschiede zu *I. auricoma* (BATSCH) J. E. LANGE erscheinen fließend und weitere Studien müssen zeigen, inwieweit *I. aurivenia* überhaupt Eigenständigkeit auf Artebene beanspruchen kann.

Ökologie: Gesellschaftsvag. Auf Kalkböden, unter Laub- und Nadelbäumen.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

Odenwald: 6619/1, Wiesenbach, Judenwald, Nordhang, Kalkboden, unter *Picea abies*, *Quercus* und *Fraxinus excelsior*, 12.09.2011, D. BANDINI (Herbar BANDINI).

Bestand und Bedrohung: Aufgrund der derzeitigen Datenlage und der taxonomischen Unsicherheit ist keine Aussage möglich.

Allgemeine Verbreitung: Europa. In obigem Sinne zumindest in Italien und Frankreich nachgewiesen. Aus Deutschland liegen bisher keine Fundberichte vor.

Inocybe xanthocephala P.D. ORTON (Trans. Br. mycol. Soc. 43(2): 277, 1960)

Morphologie: Entgegen GMINDER (2010) kann *I. xanthocephala* anhand der größeren Sporen und der mehr keuligen Cheilozystiden von *I. flavella* P. KARST. getrennt werden, deren Zystiden eher zylindrisch sind. Im direkten Vergleich wirkt die Hutfärbung von *I. xanthocephala* etwas lebhafter und leuchtender als bei *I. flavella* (D. BANDINI, pers. Mitt.)

Variabilität: Der vorliegende Fund gehört zu *I. x. f. roseipes* (BON) BON (Doc. Myc. 12(46): 44, 1983), die sich durch einen roslich überhauchten Stiel unterscheidet.

Ökologie: Bisher nur im feuchten Weidengebüsch, doch müssen weitere Funde zeigen, ob diese enge Biotopbindung tatsächlich für die Art kennzeichnend ist.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

Odenwald: 6519/4, Schönbrunn, Weidengebüsch im Moor, unter *Salix* sp., sehr nass stehend, 21.11.2011, D. BANDINI (Herbar BANDINI).

Bestand und Bedrohung: Es zeichnet sich ab, dass die Art aufgrund ihrer Habitatansprüche (feuchte Weidengebüsche) vermutlich zu den rückläufigen und damit auch gefährdeten Arten zu rechnen ist (RL G). Für eine sichere Einschätzung liegen derzeit aber noch nicht genügend Daten vor.

Allgemeine Verbreitung: Europa. Meist nicht von *I. flavella* getrennt, daher nur wenige sichere Nachweise, z.B. in Italien, Frankreich und Großbritannien. Aus Deutschland bisher keine Funde, aber möglicherweise in Meldungen von *I. flavella* enthalten.

Inocybe pseudoumbrina STANGL (Z. Pilzkde. 41(1-2): 72, 1975) (Tafel 8, Abb. 20)
Falscher Rundknoll-Risspilz

Morphologie: Makroskopisch kaum von einer etwas hell geratenen *I. assimilata* (BRITZ.) SACC. unterscheidbar, jedoch durch deutlich kleinere Sporen gekennzeichnet.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis.

Odenwald: 6519/4, Schönbrunn, Moorrand, feuchte moosige Waldschneise, unter *Picea abies*, 09.08.2011, D. BANDINI (Herbar BANDINI).

Bestand und Bedrohung: Es scheint sich bei diesem Risspilz um eine sehr seltene Art zu handeln, die jahrzehntelang nicht wieder gefunden wurde (STANGL 1989). Sie sollte in Kategorie R geführt werden (potentiell wegen Seltenheit gefährdet).

Allgemeine Verbreitung: Europa. Der einzige Nachweis außerhalb Deutschlands stammt aus Italien (FERRARI 2006: 204). Aus Deutschland liegen keine weiteren Fundmeldungen vor, so dass es sich hier vermutlich um den weltweit erst dritten Fund dieser Art handelt.

Agaricus subrufescens PECK (Ann. Rep. N.Y. St. Mus. 46: 25, 1894 [1893]), non ss. J. E. LANGE Blatthaufen-Egerling

Morphologie: Insgesamt ähnlich einem etwas rötlichen, kleinsporigen Riesen-Egerling (*A. augustus*), doch durch den hinfalligen Ring, der mikroskopisch aus mehrheitlich rundlichen Elementen aufgebaut ist, von allen europäischen Arten unterschieden.

Ökologie: Im Gebiet auf einem Grashaufen, ansonsten stets von Blätterhaufen oder Blätter-Häckselgemisch bekannt.

Häufigkeit und Verbreitung: Ein Nachweis. Möglicherweise beginnt die Art sich derzeit auszubreiten.

Oberrrheingebiet: 7713/1, Ettenheim-Altendorf, auf Grashaufen, 190 m NN, 17.06.1993, 04.07.1993, 26.07.1993, G. SAAR (Herbar SAAR).

Bestand und Bedrohung: Möglicherweise ist die Art erst in jüngster Zeit aus Nord- oder Mittelamerika eingewandert.

Allgemeine Verbreitung: Süd- und Nordamerika. In Europa in den letzten Jahren eingewandert, bisher in Portugal, Niederlande und Großbritannien aufgefunden. Für Deutschland ist dies der Erstnachweis.

Coprinopsis pseudonivea (BENDER & ULJÉ) REDHEAD, VILGALYS & MONCALVO in REDHEAD, VILGALYS, MONCALVO, JOHNSON & HOPPLE (Taxon 50(1): 230, 2001)

≡ *Coprinus pseudoniveus* BENDER & ULJÉ 1993
Isabellfarbener Mist-Tintling

Morphologie: Aufgrund der Größe unter den mehlig bepuderten Mist-Tintlingen nur mit *C. nivea* (PERS.) REDHEAD, VILGALYS & MONCALVO zu verwechseln, die jedoch ein rein weißes Velum und nicht wie *C. pseudonivea* ein grausafarbenes aufweist.

Ökologie: Obligater Dungbewohner, auf Kuh- und Pferdedung.

Häufigkeit und Verbreitung: Sehr selten.

Schwarzwald: 7815/3, Triberg, Geutsche, extensives Wiesengelände, sauer, feucht, auf Kuhfladen, 04.10.2011, A. GMINDER.

Bestand und Bedrohung: Da die Art bisher nur von extensiv beweidetem Grünland bekannt ist, muss von einem drastischen Rückgang in den letzten Jahrzehnten ausgegangen werden. Sie sollte als „stark gefährdet“ (RL 2) geführt werden.

Allgemeine Verbreitung: Asien (Russland: Sibirien) und Europa. Hier weitgestreut und ohne erkennbare Präferenzen in Süd- (Italien: Seiser Alm), West- (Frankreich, Niederlande, Großbritannien), Mittel- (Deutschland, Österreich), Nord- (Schweden) und Osteuropa (Estland). In Deutschland noch wenig bekannt, bisher aus Thüringen und Nordrhein-Westfalen bekannt.

Die Zahl der Großpilze (Agaricomycotina) in Baden-Württemberg

Mit den fünf Bänden zur Großpilzflora (KRIEGLSTEINER 2000a, b, 2001, 2003, KRIEGLSTEINER & GMINDER 2010) und diesem Nachtrag dürfte Baden-Württemberg zu den am besten untersuchten Regionen weltweit gehören. Somit kann auch die Zahl der Arten (und anderer Taxa), zumindest des Subphylums Agaricomycotina, dem der ganz überwiegende Teil der Großpilze des Phylums Basidiomycota (Ständerpilze) angehört, für Baden-Württemberg angegeben werden. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass auch einige der wenigen Großpilze der Subphyla Pucciniomycotina (Rostpilze und Verwandte) und Ustilaginomycotina (Brandpilze und Verwandte) mit 13 Arten in Band 1 (Gattungen *Helicogonium*, *Krieglsteinera*, *Phleogena*, *Saccoblastia* und *Exobasidium*) vertreten sind.

Tabelle 1 zeigt die in Baden-Württemberg vorkommenden Taxa innerhalb der Basidiomycota unter Ausschluss der Pucciniomycotina und der

Ustilaginomycotina. Das System richtet sich weitgehend nach dem Dictionary of the Fungi (KIRK et al. 2008). Diese Klassifikation entspricht nicht immer der der Bände 1-5.

Insgesamt sind 3150 Arten (inkl. Varietäten) in 409 Gattungen in 88 Familien der Agaricomycotina in Baden-Württemberg nachgewiesen. Die Zahl der Agaricomycetes-Arten (3112) entspricht somit 14,5 % der weltweit (21.429 Arten nach KIRK et al. 2008) und knapp 73,7 % der in Deutschland (4.223 Arten nach G. LUDWIG, pers. Mitt.) nachgewiesenen Arten.

Trotz der guten Durchforschung des Landes Baden-Württemberg ist diese bei weitem noch nicht abgeschlossen. Auch in den nächsten Jahren werden wieder bisher nicht im Gebiet bekannte Arten gefunden werden, sei es aufgrund verbesserter taxonomischer Kenntnisse, weil Arten ins Gebiet einwandern, oder weil sie als seltene Arten bisher nicht gefunden wurden.

Die Pilztaxonomie schreitet rasch voran, auch dank neuer Methoden wie DNA-Sequenzanalysen. So konnte ermittelt werden, dass sich hinter gängigen Großpilzarten (z. B. *Hydnum rufescens*, *Heterobasidion annosum*) mehrere Arten verbergen können. Leider wurden diese sowie die meisten anderen Arten in Baden-Württemberg selten belegt und noch seltener in öffentlichen Herbarien hinterlegt (und sind damit für die wissenschaftliche Öffentlichkeit nicht zugänglich). Somit können Funde rückwirkend nicht nachbestimmt werden und MTB-Verbreitungskarten wie die der beiden o.g. Arten sind eigentlich nicht mehr brauchbar. Daher richten die Autoren die Bitte an alle Pilzfreunde, Funde nicht nur zu dokumentieren, sondern auch Belege anzufertigen und diese vorzugsweise und frühzeitig in öffentlichen Sammlungen zu hinterlegen.

Dank

Folgenden Personen gebührt unser Dank für die mannigfaltigen Hilfen bei der Abfassung dieses Nachtrages: D. BANDINI (Heidelberg – Fundmitteilungen, Fotos), M. BROUSSAL (F-Cournonsec – Literatur), A. EHRET (Hohberg - Fundmitteilung, Foto), L. KRIEGLSTEINER (Schwäbisch Gmünd – taxonomische Hinweise, Funddaten), D. LABER (Titisee – Fundmitteilungen), G. LUDWIG (Bonn – Hinweise zur unpublizierten Checkliste von 1993), R. MARKONES (Würzburg – Foto), M. SCHOLLER (Karlsruhe – Fundmeldungen, umfangreiche Zuarbeiten, Listen aus KR, Fotos), J. SCHREINER (Wörth am Main – Fundmeldungen), E. STRITTMATTER (Freiburg – Fundmeldungen, Literatur), U. WINKLER (Konstanz – Fotos) und W. WINTERHOFF (Sandhausen – Fundmel-

Tabelle 1. Die Anzahl der Taxa innerhalb der Abteilung Basidiomycota, Unterabteilung Agaricomycotina in Baden-Württemberg (A – Agaricomycetes, D – Dacrymycetes, T – Tremellomycetes)

Kl.	Ordnungen	Familien	Gattungen	Arten und Varietäten
A	Agaricales	25	162	2.050
A	Atheliales	1	10	26
A	Auriculariales	1	4	30
A	Boletales	13	35	131
A	Cantharellales	6	15	55
A	Corticiales	1	8	15
A	Gaeastrales	1	3	19
A	Gloeophyllales	1	2	5
A	Gomphales	2	7	52
A	Hymenochaetales	3	13	76
A	Hysterangiales	2	2	7
A	Incertae sedis	1	1	4
A	Jaapiales	1	1	1
A	Phallales	1	3	7
A	Polyporales	10	82	241
A	Russulales	10	33	300
A	Sebacinales	1	2	5
A	Thelephorales	2	10	69
A	Trechisporales	1	7	19
D	Dacrymycetales	1	4	18
T	Tremellales	4	5	20
Summe		88	409	3.150

dungen, Literatur), sowie einem anonymen Reviewer für wertvolle Anmerkungen zum Manuskript.

Die Autoren danken auch den zahlreichen hier nicht explizit aufgeführten Pilzfreunden, die durch ihre Beschäftigung mit den Pilzen und die Bekanntgabe ihrer Funde das Wissen um die Pilzflora Baden-Württembergs ständig bereichern.

Literatur

- ALBERS, J. & GRAUWINKEL, B. (2006): Kritische Betrachtung zu *Clavicornona taxophila* (THOM) DOTY im Vergleich mit *C. tuba*, *C. mairei* und *Clavaria corbieri*. Bausteine zur Pilzflora der ostfriesischen Inseln (3). – Z. Mykol., **72**(2): 153-166.
- ALESSIO, C. L. (1980): *Inocybe*. Iconographia Mycologia, vol. XXIX, suppl. 3. Generalia et descriptiones. – Turin.
- ANTONÍN, V., BERAN, M., DVOŘÁK, D. & HOLEC, J. (2009): First records of *Callistosporium pinicola* in the Czech Republic and new findings on its ecology. – Czech Mycol., **61**(1): 1-12.
- ANTONÍN, V. & NOORDELOOS, M. E. (2004): A monograph of the genera *Hemimycena*, *Delicatula*, *Fayodia*, *Gamundia*, *Myxomphalia*, *Resinomycena*, *Rickenella* and *Xeromphalina* in Europe. – Eching (IHW Verlag).

- ALESSIO, C. L. & REBANDENGIO, E. (1980): *Inocybe*. Iconographia Mycologica Vol. 29, suppl. 3. – Trento (Museo Tridentino di Scienze Naturali).
- ARNOLDS, E. J. M. (1982): Ecology and coenology of macrofungi in grasslands and moist heathlands in Drenthe, the Netherlands. Part 3 taxonomy. – Bibliotheca Mycologica, **90**: 1-501.
- BAIREUTHER, S. & STRITTMATTER, E. (2011): Eine Rarität bei der JEC-Tagung 2010: Der Isabell-Rötling, *Entoloma rubellum* (Scop.) Gillet. – Südwestdeutsche Pilzrundschau **48**(1): 1-6.
- BERNICCHIA, A. (2005): Polyporaceae s.l. Fungi Europaei, vol. 10. – Alassio (Edizioni Candusso).
- BERNICCHIA, A. & GORJÓN, S. P. (2010): Corticiaceae s.l. Fungi Europaei, Vol. 12. – Alassio (Edizioni Candusso).
- BESL, H. & BRESINSKY, A. (2009): Checkliste der Basidiomyceten in Bayern. – Regensbg. Mykol. Schriften, **16**: 1-880.
- BLASCHKE, M., HELFER, W., OSTROW, H., HAHN, Ch., LOY, H., BUSSLER, H. & KRIEGLSTEINER, L. (2009): Naturnähezeiger – Holz bewohnende Pilze als Indikatoren für Strukturqualität im Wald. – Natur und Landschaft, **12**: 560-566.
- BON, M. (1998): Clé monographique du genre *Inocybe* (Fr.) Fr. – Doc. Myc., **28**(111): 1-38.
- BRESADOLA, J. (1930): Iconographia Mycologica, vol. XV-XVI. Mediolani.
- CONSIGLIO, G., CONTU, M. & G. SAAR (2004): *Lyophyllum pseudosinuatum* sp. nov. (Tricholomataceae), a new blackening species found in Italy and Germany. – Österr. Z. Pilzkde., **13**: 119-123.
- FERRARI, E. (2006): *Inocybe* alpine e subalpine. – Fungi non delineati XXXIV-XXXVI: 1-458.
- GMINDER, A. (2000): Boletales. – In: G. J. KRIEGLSTEINER (Hrsg.): Die Großpilze Baden-Württembergs, Band 2: 205-349; Stuttgart (Ulmer).
- GMINDER, A. (2003): Bolbitiaceae. – In: G. J. KRIEGLSTEINER (Hrsg.): Die Großpilze Baden-Württembergs, Band 4: 287-346; Stuttgart (Ulmer).
- GMINDER, A. (2010): Cortinariaceae, Coprinaceae, Agaricaceae. – In: G. J. KRIEGLSTEINER & A. GMINDER: Die Großpilze Baden-Württembergs, Band 5: 1-672; Stuttgart (Ulmer).
- HAMPE, F. & DOST, R. (2010): Von bleigrauen und blaugrauen Täublingen aus Niedersachsen. – Tintling, **67**: 34-42.
- HAUSKNECHT, A. (2009): *Conocybe*, *Pholiotina*. Fungi Europaei, vol. 11. – Alassio (Edizioni Candusso).
- HAUSKNECHT, A. & KRISAI, I. (1988): *Clitocybe truncicola* - neu für Europa. – Z. Mykol., **54**(1): 37-40.
- HAUSKNECHT, A., KRISAI-GREILHUBER, I. & KLOFAC, W. (1997): Die Gattung *Hydropus* in Österreich. – Österr. Z. Pilzkde., **6**: 181-210.
- HAUSKNECHT, A. & NOORDELOOS, M. E. (1999): Neue oder seltene Arten der Entolomataceae (Agaricales) aus Mittel- und Südeuropa. – Österr. Z. Pilzkde., **8**: 199-221.
- HEILMANN-CLAUSEN, J., VERBEKEN, A. & VESTERHOLT, J. (1998): The genus *Lactarius*. – Fungi of Northern Europe, vol. 2. – Tilst (Svampetryk).
- JÜLICH, W. (1984): Die Nichtblätterpilze, Gallertpilze und Bauchpilze (Aphylophorales, Heterobasidiomycetes, Gastromycetes). – In: H. GAMS (Hrsg.): Kleine Kryptogamenflora, Band IIb/1. – Stuttgart, New York (G. Fischer).
- KASPAREK, F., MONTAG, K., MÜNZMAY, Th., SAAR, G. & WILHELM, M. (2005): Schwärzende Raslinge. – Tintling, **44**: 10-26.
- KIRK, P. M., CANNON, P. F., MINTER, D. W. & STALPERS, J. A. (2008): Dictionary of the Fungi (10th ed.). – Wallingford (CABI).
- KNUDSEN, H. & VESTERHOLT, J. (2008): Funga Nordica. – Kopenhagen (Nordsvamp).
- KREISEL, H. & SCHOLLER, M. (1994): Chronology of phytoparasitic fungi introduced to Germany and adjacent countries. – Bot. Acta, **107**: 387-392.
- KRIEGLSTEINER, G. J. (1991): Verbreitungsatlas der Großpilze Deutschlands (West). Band 1A: Nichtblätterpilze. – Stuttgart (Ulmer).
- KRIEGLSTEINER, G. J. (Hrsg., 2000a): Die Großpilze Baden-Württembergs, Band 1. – Stuttgart (Ulmer).
- KRIEGLSTEINER, G. J. (Hrsg., 2000b): Die Großpilze Baden-Württembergs, Band 2. – Stuttgart (Ulmer).
- KRIEGLSTEINER, G. J. (Hrsg., 2001): Die Großpilze Baden-Württembergs, Band 3. – Stuttgart (Ulmer).
- KRIEGLSTEINER, G. J. (Hrsg., 2003): Die Großpilze Baden-Württembergs, Band 4. – Stuttgart (Ulmer).
- KRIEGLSTEINER, G. J. & GMINDER, A. (Hrsg., 2010): Die Großpilze Baden-Württembergs, Band 5. – Stuttgart (Ulmer).
- KRIEGLSTEINER, L. (1999): Pilze im Naturraum Mainfränkische Platten und ihre Einbindung in die Vegetation. – Regensbg. mykol. Schriften, **9**(1-2): 1-906.
- KUYPER, Th. W. (1986): A revision of the genus *Inocybe* in Europe I. Subgenus *Inosperma* and the smooth sored species of *Inocybe*. – Persoonia, suppl. 3: 1-247.
- LABER, D. (2009): Die Funga der Moore des Hochschwarzwaldes. – Beih. Z. Mykol., **11**: 1-208.
- LABER, D., SCHRIMPL, L. & SAAR, G. (2004): Das glattstielige Stockschwämmchen, *Pholiota lignicola* (PECK) JACOBSSON. – Südwestdeutsche Pilzrundschau, **40**(2): 40-43.
- LEHR, Th. & SCHREINER, J. (2006): *Xerocomus cisalpinus* für Deutschland nachgewiesen. – Z. Mykol., **72**(2): 123-136.
- LOHMEYER, T. R. (1999): *Clitocybe truncicola* - ein holzbewohnender Trichterling aus der Sektion Candicantes. – Beih. Z. Mykol., **9**: 69-72.
- LUDWIG, E. (2001): Pilzkompendium. Band 1 Beschreibungen. – Eching (IHW-Verlag).
- MCALPINE, D. (1906): A new hymenomycete - the so-called *Isaria fuciformis* BERK. – Ann. myc., **4**(6): 549.
- MONTAG, K., MÜNZMAY, Th. & SAAR, G. (1999): Der Üppige Rübbling (*Gymnopus (Collybia) luxurians* (PECK) MURRILL) ist gut in Deutschland angekommen. – Tintling, **17**: 8-14.
- MOSER, M. (1994): Beobachtungen zur Gattung *Kuehneromyces* SINGER & SMITH. – Österr. Z. Pilzkde., **3**: 101-112.

- NEVILLE, P., POUMARAT, S. & FRAITURE, A. (2000): Una nuova specie europea di *Amanita*, sezione *Vaginatae*: *A. ochraceomaculata*. – Boll. Grup. Micol. G. Bresadola, **43**(2): 261-268.
- NOORDELOOS, M.E. (2011): Strophariaceae s.l. Fungi europaei, vol. 13. – Alassio (Edizioni Candusso).
- NUÑEZ, M. & RYVARDEN, L. (2001): East Asian Polypores. Vol. 2: Polyporaceae s.l. – Syn. Fung. 14. Oslo.
- OBERWINKLER, F. (1965): Primitive Basidiomyceten. Revision einiger Formenkreise von Basidienpilzen mit plastischer Basidie. – Sydowia, Ann. myc. Ser. II, **19**(1-6): 1-77.
- OSTROW, H. & BEENKEN, L. (2004): *Hydnum ellipsosporum* sp. nov. (Basidiomycetes, Cantharellales) – ein Doppelgänger von *Hydnum rufescens* Fr. – Z. Mykol., **70**(2): 137-156.
- RIMÓCZI, I., JEPSON, M. & BENEDEK, L. (2011): Characteristic and rare species of Gasteromycetes in Eupanonicum. – Fungi non delineati, **56-57**: 1-230.
- ROBICH, G. (2003): *Mycena* d'Europa. – Brescia (Fondazione Centro Studi Mycologici).
- RYVARDEN, L. & GILBERTSON, R. L. (1993): European Polypores, part 1. – Oslo (Fungiflora).
- SCHOFER, U. (1996): "Taunus-Bolet" auch im Odenwald. – Südwestdeutsche Pilzrundschau, **32**(2): 42-45.
- SCHOLLER, M. & MÜLLER, G. (2008): Projekt "Pilzflora von Karlsruhe" – erste Ergebnisse. – Carlinea, **66**: 87-93.
- SCHRIMPL, L. (2007): Die Verzweigte Becherkoralle – *Artomyces pyxidatus* (PERS. ex FR.) JÜLICH neu für Baden-Württemberg. – Südwestdeutsche Pilzrundschau, **43**(2): 45-50.
- SEBALD, O., S. SEYBOLD & G. PHILIPPI (1992): Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs, Band 4. – Stuttgart (Ulmer).
- SIEPE, K. (2005): Beiträge zur Kenntnis der Gattung *Typhula* FR.: *Typhula sclerotoides* und *T. uncialis*, zwei Arten aus der Untergattung *Gliocoryne*. – Beitr. Kenntn. Pilze Mitteleuropas, **13**: 47-54.
- STANGL, J. (1989): Die Gattung *Inocybe* in Bayern. – Hoppea, **46**: 5-388.
- THORN, R. G., MONCALVO, J. M., REDHEAD, S. A., LODGE, D. J. & MARTIN, M. P. (2006 „2005“): A new poroid species of *Resupinatus* from Puerto Rico, with a reassessment of the cyphelloid genus *Stigmatolemma*. – Mycologia, **97**(5): 1140-1151.
- VESTERHOLT, J. (2005): The genus *Hebeloma*. – Fungi of Northern Europe, vol. 3. – Tilst (Svampetryk).
- WINTERHOFF, W. (1994): Die Pilzflora der Dünen-Naturschutzgebiete bei Sandhausen. – Beih. Veröff. NSchutz u. LPflege Bad.-Württ., **80**: 97-128.
- WINTERHOFF, W. (2000): Epigäische Gasteromycetanae. – In: G. J. KRIEGLSTEINER (Hrsg.): Die Großpilze Baden-Württembergs, Band 2: 103-183; Stuttgart (Ulmer).
- WINTERHOFF, W. (2001): Die Großpilzflora der Bannwälder "Franzosenbusch" und "Kartoffelacker". – Berichte Freiburger forstliche Forschung, **29**: 112-125.
- WINTERHOFF, W. (2003): Bemerkenswerte Pilzfunde bei Sandhausen. – Südwestdeutsche Pilzrundschau, **39**(2): 34-39.
- WINTERHOFF, W. (2010): Der Siebsterne (*Myriostoma coliforme*) in der nördlichen Oberrheinebene. – Carlinea, **68**: 95-97.
- WINTERHOFF, W. & HAAR, W. (2008): Neue pilzfloristische Beobachtungen in und um Sandhausen. – Carlinea, **66**: 77-86.

Anhang: Artenliste

Die Zahlen in Klammern geben Band und Seitenzahl an, wo die Art in den bisherigen Bänden einzufügen ist.

- Acanthophysellum** (1/144)
aestivale, *Hebeloma* (5/348)
albidum, *Gerronema* (3/144)
albobrunnea, *Antrodia* (1/478)
amariusculum, *Lyophyllum* (3/309)
Amaurodon (1/370)
ambigua, *Anomoporia* (1/477)
Amylocorticium (1/150)
Anomoporia (1/477)
Artomyces (2/95)
atrocyaneus, *Amaurodon* (1/370)
aurantia, *Tremella* (1/119)
aurivenia, *Inocybe* (5/388)
basirubens, *Tricholoma* (3/547)
brachypodii, *Conocybe* (4/311)
buxicola, *Acanthophysellum* (1/144)
Cantharellopsis (3/144)
cebennense, *Amylocorticium* (1/150)
chryseniteron f. *gracilis*, *Xerocomus* (2/322)
cinereoides, *Clavulinopsis* (2/34)
cisalpinus, *Xerocomus* (2/322)
coliforme, *Myriostoma* (2/121)
columbicolor, *Russula* (2/453)
corneipes, *Mythicomyces* (4/369)
cystidiatus, *Clitopilus* (4/138)
delectabilis, *Membranomyces* (1/259)
deliquescens, *Tulasnella* (1/134)
discorosea, *Omphalina* (3/479)
Dendrocorticium (1/196)
duracinoides, *Hebeloma* (5/355)
ellipsosporum, *Hydnum* (2/93)
erythropus var. *immutatus*, *Boletus* (2/211)
excedens, *Conocybe* (4/311)
farinacea, *Agrocybe* (4/294)
flavosalmonicolor, *Ramaria* (2/77)
flavovirens, *Pseudotomentella* (1/387)
foetens, *Callistosporium* (3/136)
frater-niger, *Hydrolus* (3/268)
frondosae, *Tricholoma* (3/560)
fuciformis, *Laetisaria* (1/252)
graminum, *Typhula* (2/47)
griseopallidus, *Resupinatus* (3/505, 3/595)

- holmskjoldii*, *Clavulinopsis* (2/34)
hymenocephala, *Camarophyllopsis* (3/32)
immutatus, *Boletus* (2/211)
incarnata, *Clavaria* (2/26)
japonicum, *Exobasidium* (1/84)
kamtschatica, *Anomoporia* (1/477)
kravtzevianus, *Parmastomyces* (1/565)
krizii-josephii, *Clitocybe* (3/176)
Laetisaria (1/252)
lateralis, *Marasmiellus* (3/334)
leonis, *Lactarius* (2/370)
lepidus, *Sarcodon* (1/390)
lignicola, *Kuehneromyces* (4/366)
lividopallescens var. *tigrina*, *Amanita* (4/29)
lutense, *Hebeloma* (5/361)
luxurians, *Gymnopus* (3/220)
malleata, *Amanita* (4/27, 4/28)
mauretanica var. *megaspora*,
Hemimycena (3/257)
mesophaeum var. *crassipes*, *Hebeloma* (5/372)
mesophaeum var. *lacteum*, *Hebeloma* (5/372)
minor, *Callistosporium* (3/136)
mollissimus, *Parmastomyces* (1/565)
myriadophyllus, *Kuehneromyces* (4/366)
Mythicomyces (4/369)
nana, *Galerina* (5/326)
noncolorans, *Boletus* (2/211)
nothofagi, *Phlebia* (1/295)
oblongispora, *Amanita* (4/27)
ochraceomaculata, *Amanita* (4/27)
pallidum, *Hebeloma* (5/372)
Parmastomyces (1/565)
pinicola, *Callistosporium* (3/136)
polygonioides, *Dendrocorticium* (1/196)
polyspora, *Sarcoporia* (1/565)
prescotii, *Cantharellopsis* (3/144)
pseudoniveus, *Coprinus* (5/573)
pseudosinuatum, *Lyophyllum* (3/3149)
pseudoumbrina, *Inocybe* (5/471)
pulchellum, *Tulostoma* (2/183)
pyxidatus, *Artomyces* (2/95)
quercetorum, *Hebeloma* (5/365)
rhodopurpureus, *Boletus* (2/219)
rubellum, *Entoloma* (4/192)
sandaracina, *Ramaria* (2/77)
seynii, *Mycena* (3/463)
simulans, *Amanita* (4/28)
sitchensis, *Anrotdia* (1/482)
sordida, *Anrotdia* (1/486)
sordidum, *Hebeloma* (5/372)
strigosa, *Clitocybe* (3/191)
subasperisporum, *Gloeocystidiellum* (1/205)
subcoprophila, *Deconica* (4/397)
subfraudulenta, *Amanita* (4/29)
subrufescens, *Agaricus* (5/528)
taxi, *Stigmatolemma* (3/505, 3/595)
tomentosum, *Lyophyllum* (3/315)
torminosulus, *Lactarius* (2/374)
transmutans, *Parmastomyces* (1/565)
truncicola, *Clitocybe* (3/194)
umbrinella, *Clavulinopsis* (2/34)
unguicularis, *Hohenbuehelia* (3/266)
vejlense, *Hebeloma* (5/375)
vernalis, *Kuehneromyces* (4/366)
xanthocephala, *Inocybe* (5/447)
zollingeri, *Clavaria* (2/27)

Abbildung 1. *Exobasidium japonicum*, Marxzell, SW Schielberg, Frauenalb, 12.07.2009. – Foto: M. SCHOLLER.



Abbildung 2. *Artomyces pyxidatus*, Mühlhausen, Enztal, 27.06.2001. – Foto: A. GMINDER.



Abbildung 3. *Sarcodon lepidus*, Freiburg, Ebringen, Schönberg, 04.09.2002. – Foto: G. SAAR.





Abbildung 4a. *Boletus rhodopurpureus*, Konstanz, Mühlenweiher, 09.08.2010. – Foto: U. WINKLER.



Abbildung 4b. *Boletus rhodopurpureus*, Konstanz, Mühlenweiher, 09.08.2010. – Foto: U. WINKLER.



Abbildung 5. *Gymnopus luxurians*, Karlsruhe, Grünwinkel, 24.06.2007. – Foto: M. SCHOLLER.

Abbildung 6. *Lyophyllum pseudosinuatum*, Freiburg, Ebringen, 22.09.2001. – Foto: G. SAAR.



Abbildung 7. *Omphalina discorosea*, Neuried-Altenheim, 09.05.2010. – Foto: A. EHRET.



Abbildung 8a. *Tricholoma basirubens*, Thüringen, Martinroda, Veronikaberg, 12.10.2009. – Foto: A. GMIN-
DER.





Abbildung 8b. *Tricholoma basirubens*, Konstanz, Mühlenweiher, 09.08.2010. – Foto: U. WINKLER.



Abbildung 10. *Amanita malleata*, Stuttgart-Vaihingen, 27.08.2002. – Foto: A. GMINDER.



Abbildung 9. *Tricholoma frondosae*, Ethenheimmünster, 01.11.1999. – Foto: G. SAAR.

Abbildung 11. *Amanita simulans*, Lahr-Hugsweier, 01.11.2000. – Foto: G. SAAR.



Abbildung 12. *Amanita subfraudulosa*, Thüringen, Erfurt, Klettbach, 2009. – Foto: F. HAMPE.



Abbildung 13. *Clitopilus cystidiatus*, Lahr, Sulz, 21.09.2001. – Foto: G. SAAR.





Abbildung 14. *Hebeloma aestivale*, Freiburg-Landwasser, 07.09.2006. – Foto: G. SAAR.



Abbildung 15. *Hebeloma duracinoides*, Wittnau, 03.10.2002. – Foto: G. SAAR.



Abbildung 16. *Hebeloma quercetorum*, Emmendingen, 27.10.2005. – Foto: G. SAAR.

Abbildung 17. *Hebeloma
vejlense*,
Rheinfelden,
07.11.2008. – Foto: G. SAAR.



Abbildung 18. *Laetisaria
fuciformis*, Sachsen-Anhalt,
Ballenstedt, Gegensteine,
06.10.2007. – Foto: R.
MARKONES.



Abbildung 19. *Myriostoma
coliforme*, Mannheim,
Käfertal, 22.01.2012. – Foto:
D. BANDINI.





Abbildung 20. *Inocybe pseudoumbrina*, Schönbrunn, 09.08.2011. – Foto: D. BANDINI.

Gefährdete Wiesenpilze als Politikum bei der Planung von Baumaßnahmen

LOTHAR KRIEGLSTEINER

Kurzfassung

In einem mykologischen Gutachten wurde das Auftreten gefährdeter Wiesenpilze, insbesondere von Saftlingen (*Hygrocybe*), als Argument verwendet, um die Lokalität bei der Planung von Bauvorhaben in Deggen-dorf (Bayern) zu schonen.

Abstract

Endangered meadow fungi as a political issue in the planning of urban development

A mycological report documenting the occurrence of endangered meadow fungi, particularly waxcaps (*Hygrocybe*), has succeeded to protect the locality when planning expansion and building projects in Deggen-dorf (Bavaria).

Autor

Dr. LOTHAR KRIEGLSTEINER, Konrad-Adenauer-Str. 32, 73529 Schwäbisch Gmünd, E-Mail: lkrieglsteiner@t-online.de

Einleitung

Pilze spielen im Zuge von Umweltverträglichkeitsgutachten in Deutschland meist keine Rolle. Jene beschränken sich auf die Erfassung von Pflanzen sowie bestimmter Tiergruppen (z.B. Vögel, Libellen etc.). Dabei sind die Echten Pilze, die ja ein eigenes Organismenreich (Fungi) bilden, durchaus im Gesetz vertreten. Die Anlage 1 zur Bundesartenschutzverordnung stellt (unter: „Besonders geschützte und streng geschützte Tier- und Pflanzenarten“, sic!) auch Pilze unter Schutz. Dies sind sämtliche Arten der Gattungen *Albatrellus*, *Cantharellus*, *Hygrocybe*, *Leccinum*, *Morchella* und *Tuber*, einige *Boletus*-Arten sowie weitere fünf Pilzarten. Außerdem gilt eine beschränkte Sammlerlaubnis für einige Speisepilze, z.B. der Gattungen *Cantharellus*, *Leccinum* und *Morchella*). Dies bedeutet laut Bundesnaturschutzgesetz (Kapitel 5. Schutz der wild lebenden Tier- und Pflanzenarten, ihrer Lebensstätten und Biotope, Abschnitt 3. Besonderer Artenschutz, § 44) konkret: „Es ist verboten, wild lebende Pflanzen (Anm.: incl. Pilze, s.o.) ... oder ihre Entwicklungsformen aus der Natur zu entnehmen, sie oder ihre Standorte zu beschä-

digen oder zu zerstören“. Fasst man diesen Text wörtlich auf, so ist nicht nur die Entnahme von Pilzfruchtkörpern („Entwicklungsformen“) verboten, sondern („Beschädigen, Zerstören“) genau genommen auch die Zerstörung ihrer Standorte sowie deren Degradierung etwa durch Düngung und Kunstdünger. Die reine Fruchtkörperentnahme scheint sich im Übrigen auf den Bestand von Pilzvorkommen bzw. auf die Fruchtkörperproduktion nicht auszuwirken (ARNOLDS 1981, EGLI & al. 2005 u.a.). Abgesehen von der rechtlich bindenden Wirkung des Naturschutzgesetzes gibt es die Roten Listen. Diese sind „Verzeichnisse ausgestorbener, verschollener und gefährdeter Tier-, Pflanzen- und Pilzarten, Pflanzengesellschaften sowie Biotoptypen und Biotopkomplexe. Sie sind wissenschaftliche Fachgutachten, in denen der Gefährdungsstatus für einen bestimmten Bezugsraum dargestellt ist. Sie bewerten die Gefährdung anhand der Bestandsgröße und der Bestandsentwicklung“ (KARASCH & HAHN 2009). Rote Listen haben keine Rechtswirkung, werden aber durchaus in der Praxis als Argumentationsgrundlage für den Schutz der Fundorte von in den Listen enthaltenen Organismen herangezogen, sie „sind als ständig verfügbares Gutachten Argumentationshilfe für raum- und umweltrelevante Planungen“. Im Folgenden wird über einen Fall berichtet, in dem Pilzvorkommen im Rahmen von Bauvorhaben in der ostbayerischen Stadt Deggen-dorf Berücksichtigung fanden.

Saftlings-Vorkommen und die Bebauung in der „Hirzau“

Die Magerwiesen an der „Hirzau“ wurden bereits im Rahmen einer Dissertation (BEISENHERZ 2000, 2002) als überregional bedeutsame Saftlings-Standorte taxiert. Saftlinge (*Hygrocybe* s.l.) sind oft farbenprächtige Blätterpilze. Die Mehrzahl der Arten ist auf nährstoffarme Standorte wie Magerwiesen angewiesen (z.B. BOERTMANN 2010). Ihre Ernährungsweise (wie auch die ihrer wichtigsten Begleitpilze, z.B. der Erdzungen) ist bis heute unvollständig geklärt und im Fokus aktueller

Forschungen (SEITZMANN et al. 2011). Im Gebiet liegen für Saftlinge günstige Nährstoffverhältnisse vor. Grund hierfür ist, dass das Gebiet lange Jahre Übungsgebiet des Bundesgrenzschutzes war und keine Düngung (vor allem keine mit Gülle oder Kunstdünger) erfolgte. Es entwickelten sich so bodensaure Magerwiesen vom Typ des Festuco-Cynosuretum (und weniger mager das Lolio-Cynosuretum, vgl. BEISENHERZ 2000, 2002), nur kleinflächig sind sie mager genug, um den Borstgrasrasen (Nardion) zugerechnet zu werden, auch das Borstgras (*Nardus stricta*) selbst kommt nur ganz kleinflächig vor. Die Standorte liegen über Perlgnais (BEISENHERZ 2000), sind süd-exponiert und deshalb während des Jahres meist ziemlich trocken.

Saftlinge (Gattung *Hygrocybe*) gehören zu den wenigen Pilzen, die gesetzlich geschützt sind (s.o.). Verboten ist dabei nicht nur die Entnahme der Fruchtkörper, sondern auch die Zerstörung ihrer Wuchsorte. Insofern bestand ein Interessenkonflikt, als die expandierende Stadt Deggendorf den Wunsch hatte, die durch ihren attraktiven, weiten Ausblick auf Donau und Hinterland begehrten und damit teuren Flächen an der „Hirzau“ zur Bebauung freizugeben. Genau genommen ging es um fünf zu bebauende Parzellen (insgesamt 0,8 ha – am unteren Hangrand, also ganz im Süden der Magerrasenflächen). Bereits vor Untersuchungsbeginn war mit der Bebauung einer dieser Parzellen begonnen worden. Auf diese Situation wies der Umweltschützer WALTER HANSCHITZ-JANDL die Stadt Deggendorf hin.

Im Auftrag der Stadt Deggendorf (Grundstücksgesellschaft, begleitet vom Stadtplanungsamt) führte der Autor 2007-2008 eine mykologische Untersuchung des potentiellen Baugebietes einschließlich aller an dieses angrenzenden Reste bodensaurer Magerrasen im Bereich „Himmelreich-Hirzau“ durch. Dokumentiert wurden nicht nur Saftlinge, sondern auch andere geschützte und gefährdete Arten einschließlich ihrer Begleitpilze.

Ergebnisse des Gutachtens und Empfehlungen für den Pilzschutz

Die Untersuchungen (KRIEGLSTEINER 2008) brachten in Kurzform folgende Ergebnisse:

1. Im gesamten Gebiet „Himmelreich-Hirzau“ wurden 21 Arten der Gattung *Hygrocybe* s.l. (incl. *Camarophyllus* und *Porpoloma*) gefunden.
2. Zwei der von BEISENHERZ (2000) gefundenen Arten (*H. intermedia*, Feuerschuppiger Saft-

ling) und *H. subminutula* (Schmalsporiger Saftling) wurden nicht wiedergefunden. Drei Arten wurden neu entdeckt: *H. irrigata* (Grauer Saftling), *H. subpapillata* (Trockenfuß-Saftling) und *Porpoloma fornicata* (Blassgrauer Saftling).

3. Alle gefundenen Arten wurden auch (einige nur) außerhalb des geplanten Baugebietes gefunden. Neben Saftlingen wurden weitere Rote Liste-Arten aus den Gattungen Samtellerlinge (*Camarophyllopsis*; 2 Arten), Samtritterlinge (*Dermoloma*; 1), Rötlinge (*Entoloma*; 8), Wiesenkeulen und -korallen (*Clavulinopsis*, *Ramariopsis*, *Clavaria*; 8), Erdzungen (*Geoglossum*; 2) gefunden. Nur eine dieser Arten (der Rötling *Entoloma exile* var. *pyrospilum*) wurde nur im geplanten Bebauungs-Bereich gefunden.
4. Besonders artenreich waren die am höchsten gelegenen („gipfelnahen“) Bereiche, die teils unmittelbar an die Bauflächen angrenzen.

Es wurde betont, dass der Erhalt der Saftlingsvorkommen vor allem von der Nicht-Ausweitung des Bebauungsareals und von einem günstigen Nährstoffmanagement abhinge. Ein für Saftlinge ungünstiger Eintrag von Nährstoffen drohe vor allem durch Hundekot. Somit müsse vor allem an die Vernunft der Spaziergänger appelliert werden.

Konsequenzen

Als Konsequenz aus den Pilzfunden und dem Gutachten wurde das Ausweisungsverfahren für den Bebauungsplan für die 0,8 ha beschlossen bzw. fortgeführt. Gleichzeitig war sich die Stadt Deggendorf der Bedeutung des Gebietes für den Artenschutz bewusst und beschloss, für einen Großteil der restlichen Flächen die Ausweisung als Naturschutzgebiet vorzuschlagen. Zuständig ist die Regierung von Niederbayern; derzeit steht diese Behörde in Verhandlungen u.a. mit dem Bundesgrenzschutz als Eigentümer der Flächen.

Ausblick

Das Vorkommen bestimmter Pilzarten kann im Zuge von Umweltverträglichkeitsgutachten als Argumentationshilfe herangezogen werden. Viele ihrer Vertreter reagieren – ähnlich wie auch viele Pflanzen – sehr empfindlich gegenüber Umwelt-

Kleiner Pilz mit großer Wirkung

Baunternehmer, Naturschutz und Anwohner streiten um das Baugebiet Kreuth



Von Hanne Summer
 Deggendorf. „Eigentlich ist es lächerlich – so groß“ Baunternehmer Alois Erl deutet mit Daumen und Zeigefinger einen Spalt an, der so lang ist wie ein kleiner Finger, und blickt auf ungefähr fünf Hektar gemähte Wiese mit Waldwildnis an einem breiten Graben – das Baugebiet Deggendorfer Kreuth zwischen Aletsberger- und Falkensteinstraße. So klein und unscheinbar ist Walters Haarzungge.

Gutachter Lothar Krieglsteiner hat den dunkelgrauen keulenförmigen Pilz gefunden, als er die Grashalme auseinander gespreizt hat. Im Auftrag der Baufirma hat er auf Känen die Wiesen durchgesehen. Er hat gesehen, welche Pilze hier wachsen und ob schutzwürdige dabei sind. Er entdeckte einige sehr seltene Saftlinge, den schwarzflügeligen Samtellerling kannte er schon aus dem oberen Himmelsreich, und an drei Stellen eben Walters Haarzungge. Das war der Erstnachweis in Bayern. Der Pilz ist so selten, dass er nicht einmal in „Keinzers Pilzzyklopadie“ steht, ein Buch in dem alle Pilze, die eigentlich keiner mehr kennt, vorkommen. Und auch nicht auf der roten Liste in Bayern, weil ihn noch keiner gesucht hat. Walters Haarzungge wächst auf nährstoffarmen Wiesen auf saurem Boden.

„Dieser Biotopkomplex ist in allen Teilen wertvoll und sollte unbedingt als Kultur- und Natursdenkmal erhalten werden“, schreibt Gerhard Nagl, Sprecher der Agenda 21, in seiner Stellungnahme.

Walter Hanschitz-Jandl und Dieter Scherf vom Bund Naturschutz und Günter Schreib vom Landesbund für Vogelschutz sehen die vielfältigen Lebensbeziehungen in der Wiese: Die gelblichen Larven vom hellrot-schwarz gestreiften Immenkäfer leben von den Larven der Wild- und Honigbienen. Das erwachsene Tier wartet auf den weißen schirmförmigen Blüten der Doldenblätter auf Insekten, mitunter fressen sie auch den Pollen. Das Blutstropfchen, ein Schmetterling mit sechs roten Flecken auf den schmalen, grauen Flügeln legt seine Eier auf Hornklee und Kronwicke. Und dann gibt es hier noch den dunklen Wiesenknopf-Ameisenbläuling. Nach der europäischen Flora-Fauna-Habitat (FFH-) Richtlinie ist er streng geschützt.

„Ich habe hier schon zwei Baugebiete erschlossen und weiß, dass es ein sensibles Gebiet ist“, sagt Erl. Die Deggendorfer nennen den Hang „Himmelsreich“, ein paar hundert Meter weiter oben sollen 17 Hektar unter Naturschutz gestellt werden. Erl weiß auch, wie man artenreiche Wiesen abwertet, und die gesetzlich vorgeschriebenen Naturschutzuntersuchungen beginnen. Man muss nur einen Bauern bitten, hier mit Gülle zu düngen und die wichtigsten Bäume fällen, schon hat man keinen Ärger mehr mit dem Naturschutz. Aber weil Erl keine krummen Touren mag, geht er den Dienstweg und hat die ökologischen Untersuchungen machen lassen. Land-

15.09.10

zoid recht geben, dass „eine Umsetzung durch Sodenverpflanzung dem Erlöschen der Art gleichkäme. Als Auftragnehmer von Alois Erl sagt er: „Es ist ein Versuch, vielleicht klappt es ja“. Ende Septem-ber wird der Deggendorfer Stadtrat über den Bebauungsplan entscheiden. „Dann wird jeder mit langen Zähnen lachen und sagen, es ist halt ein Kompromiss“, sagt Erl und so richtig glücklich wird keiner sein. Der Baunternehmer, weil er vielleicht auf Parzellen verzichten muss, die Naturschützer, weil eine wertvolle Wiese aus der Stadt verschwindet, und die Anwohner, weil sie ein lieb gewonnenes Naherholungsgebiet verlieren. Aber das ist der Alltag eines Baunternehmers.

UNO-Jahr der Biodiversität

Der Begriff „Biodiversität“ ist erst Ende des 20. Jahrhunderts geprägt worden. Er steht für die Vielfalt aller Lebensgemeinschaften, Arten und ihrer genetischen Variationen, und dafür, wie sie zusammenwirkt und ihre Umgebung prägt. In dieser Serie stellt die OZ in unregelmäßiger Folge Arten und Lebensgemeinschaften in der Kulturlandschaft vor, die je nach Wirtschaftsweise und Einstellung gefördert, genutzt, geschont, gefährdet oder zerstört werden können.

der Regierung von Niederbayern abgesprochen, sagt Kestel. Schwieriger wird es mit Walters Haarzungge. Kestel rechnet mit einer bis zu 60-prozentigen Chance, dass die Haarzungge überlebt, wenn drei Parzellen mit dem größten Vorkommen ausgespart werden.

Allerdings müsste sie sehr gut vor dem Eintrag von Nährstoffen geschützt werden. Weil viele Anwohner hier ihre Hunde ausführen und Gartenabfälle lagern, sei auch obere Bebauung nicht sicher, dass sich die Pilze hier langfristig halten können.

Ein Teil der Wiese mit dem Pilzvorkommen möchte er auf einen ähnlichen Standort in Mietzing verpflanzen. Als Kreisgruppen-Vorsitzender im Bund Naturschutz würde er der Einschätzung aufgewertet. Das sei schon von der höheren Naturschutzbehörde an

Abbildung 5. Pressebericht „Kleiner Pilz mit großer Wirkung“ in der Deggendorfer Zeitung vom 15.9.2010 zu einem Fund von Walters Erdzunge (*Trichoglossum walteri*).

einflüssen, so auf steigende Nährstoffeinträge u.a. durch Düngung. Viele Pilze und ihre Standorte sind deshalb in unserer heutigen Agrarlandschaft stark gefährdet. Ein intelligentes Stickstoffmanagement ist daher Voraussetzung für ein dauerhaftes Überleben von an Nährstoffarmut angepassten Organismen. In Deggendorf wurden die Pilze erfreulicherweise berücksichtigt. Es könnte außerdem ein großer Erfolg für den Pilzschutz sein, sollte erstmalig ein Gebiet aufgrund seiner Pilzflora als Naturschutzgebiet ausgewiesen werden. Das Gutachten über die „Hirzau“ hatte, dies sei noch ergänzt, die Deggendorfer Bevölkerung für Pilze und den Pilzschutz sensibilisiert. So wurde von einem Bauunternehmer für eine innerstädtische Wiesenfläche („Kreut“) prophylaktisch ein Gutachten zum Pilzvorkommen erbeten. Auf diesem Areal wurde Walters Haarzunge (*Trichoglossum walteri*; Abb. 4) gefunden, ein Erstnachweis für ganz Bayern (KRIEGLSTEINER 2009). Der bemerkenswerte Fund ließ die Diskussion über den möglichen Umfang der im Grundsatz bereits beschlossenen Bebauung der „Kreutwiesen“ neu aufflammen, so auch in der lokalen Presse (Abb. 5). Eine gezielte Suche dieser einerseits schwer zu bestimmenden und im Gras schwer auffindbaren Art zeigte jedoch, dass sie an geeigneten Standorten in Bayern häufiger vorkommt, so auch im Deggendorfer Raum (KRIEGLSTEINER 2010). Dennoch wurde die Art als schützenswert angesehen, vom Bauherrn wurden Pilzschutzbelange akzeptiert (u.a. wird ein Bereich mit dem üppigsten Vorkommen des Pilzes bei der Bebauung ausgespart). Besonders wichtig für den Pilzschutz in Deutschland ist jedoch, dass die Pilze und ihre Bedeutung im Naturkreislauf stärker ins öffentliche Bewusstsein, vor allem in das der Naturschutzbehörden, rücken. So gibt es bisher unter den Pilzen keine FFH-Arten. Gleichzeitig erfordert es gut geschulte Experten, die in der Lage sind, schützenswerte Pilze (genauer: deren nur periodisch gebildete Fruchtkörper) im Gelände zu entdecken, zu bestimmen und ihre ökologischen Ansprüche zu kennen. Da die Ausbildung der Biowissenschaftler an den Universitäten jedoch zunehmend vom „Feld“ in die Labors verlagert wird, ist ein Aussterben dieser Art von Fachleuten zu befürchten.

Dank

Herrn GEORG KESTEL (Deggendorf) danke ich herzlich für die logistische Hilfe während der Geländearbeit, für wertvolle Hintergrund-Informationen sowie für diverse Karten. Herrn HANS HALBWACHS (Amorbach) danke ich für die kritische Durchsicht des Manuskripts und für wertvolle Literaturhinweise. Herrn Dr. MARKUS SCHOLLER (Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe) gilt mein Dank für die Anregung zu diesem Aufsatz sowie für die Unterstützung bei der Abfassung des Manuskripts.

Literatur

- ARNOLDS, E. (1981): Ecology and cenology of macrofungi in grasslands and moist heathlands in Drenthe, the Netherlands, Part I. Introduction and synecology. – *Bibl. Mycol.*, **83**: 1-407.
- BEISENHERZ, M. (2000): Untersuchungen zur Ökologie und Systematik der Gattung *Hygrocybe* (Agaricales). – Dissertation Universität Regensburg.
- BEISENHERZ, M. (2002): Zur Ökologie und Taxonomie der Saftlinge und Ellerlinge (*Hygrocybe*, Agaricales). – *Regensb. Mykol. Schr.*, **10**: 3-65.
- BOERTMANN, D. (2010): The genus *Hygrocybe*. Fungi of Northern Europe, Vol. 1. – Tilst (Svampetryk).
- Bundesamt für Naturschutz (1996): Rote Liste gefährdeter Pflanzen Deutschlands. – Schriftenreihe für Vegetationskunde, **28**: 1-744.
- EGLI, S., PETER, M., BUSER, C., STAHEL, W. & AYER, F. (2005): Mushroom picking does not impair future harvests – results of a long term study in Switzerland. – *Biological Conservation*, **129**: 271-276.
- KARASCH, P. & HAHN, C. (2009): Rote Liste gefährdeter Großpilze Bayerns. – Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU).
- KRIEGLSTEINER, L. (2008): Pilz-Gutachten im Himmereich (Abschlussbericht). – Auftraggeber: Grundstücks-GmbH der Stadt Deggendorf.
- KRIEGLSTEINER, L. (2009): Abschlussbericht (Gutachten) zur mykologischen Untersuchung in Deggendorf („Kreut“, Aletsberger Straße). – Auftraggeber: Büro Umwelt & Landschaft, Deggendorf.
- KRIEGLSTEINER, L. (2010): Bericht. Ergebnisse der Exkursionstouren „Nachsuche *Trichoglossum walteri*“. – Auftraggeber: Erl Bau GmbH & Co KG, Deggendorf.
- SEITZMANN, B. H., OUMETTE, A., MIXON, R. L., HOBBI, HIBBETT, E. A. & HIBBETT, D. S. (2011): Conservation of biotrophy in Hygrophoraceae inferred from combined stable isotope and phylogenetic analyses. – *Mycologia*, **103**: 280-290.



Abbildung 1. *Hygrocybe helobia* (Knoblauch-Saftling): Deggendorf, "Hirzau", 1.10.2008. – Foto: L. KRIEGLSTEINER.



Abbildung 2. *Hygrocybe intermedia* (Feuerschuppiger Saftling): Schwäbisch Gmünd-Bettringen, NSG "Lindenfeld", 26.8.2008. – Foto: M. THEISS.



Abbildung 3. *Hygrocybe irrigata* (Grauer Saftling): Deggendorf, "Hirzau", 14.11.2008. – Foto: L. KRIEGLSTEINER.



Abbildung 4. *Trichoglossum walteri* (Walters Haarzunge): Deggendorf, "Kreut" (Aletsberger Straße), 27.9.2009. – Foto: L. KRIEGLSTEINER.

Ein Basidiomycet als Neubürger: Vorkommen und Ausbreitung des Mittelmeer- Feuerschwamms (*Fomitiporia mediterranea*, Hymenochaetales) in den badischen Weinbaugebieten, mit Hinweisen zum Vorkommen in Deutschland

MICHAEL FISCHER

Kurzfassung

Mehrfährige Erhebungen zu Vorkommen und Ausbreitung invasiver Basidiomyceten sind selten. Der Mittelmeer-Feuerschwamm *Fomitiporia mediterranea* M. FISCHER, ein Weißfäule-Erreger, gilt als einer der Verursacher der sog. Esca-Krankheit der Weinrebe, die sich seit etwa 20 Jahren rasch in Mitteleuropa ausbreitet. Die Art bildet perennierende resupinate Fruchtkörper an Weinreben (*Vitis vinifera*), vor allem an Totstöcken. Die vorliegende Darstellung beschreibt einige Aspekte zu Vorkommen und Ausbreitung von *F. mediterranea* vor allem im Südwesten Deutschlands. Eine Versuchsfläche mit etwa 1.600 Rebstöcken im Bereich Kaiserstuhl wurde in den Jahren 2002-2007 auf das Vorkommen von Fruchtkörpern sowie mit *F. mediterranea* assoziierter Weißfäule beobachtet. Innerhalb dieses Zeitraumes hatte sich die Anzahl der Fruchtkörper sehr deutlich von 8 auf 55 erhöht; die Fruchtkörper sind dabei zufällig über die Anlage verteilt. Eine Teilrodung der Fläche ergab, dass von 366 untersuchten Stöcken alle mit *F. mediterranea* infiziert waren. Kreuzungstests heterokaryotischer Mycelien isoliert aus dem Bereich von Fruchtkörpern zeigten eine ausgeprägte genetische Diversität, wodurch eine Ausbreitung des Pilzes über luftverbreitete Sporen – und nicht von Stock zu Stock – nahe gelegt wird. Der Schwerpunkt des Auftretens von *F. mediterranea* liegt im Mittelmeerraum. Innerhalb Deutschlands finden sich Fruchtkörper am häufigsten im Südwesten; sie werden seltener oder fehlen ganz nach Norden und Osten. Mycelnachweise sind dagegen deutlich häufiger und liegen inzwischen für fast alle Weinbauregionen Deutschlands vor. Der Pilz erreicht in Deutschland seine nördliche Verbreitungsgrenze, bedingt auch durch das fast ausschließliche Vorkommen an *Vitis vinifera*.

Abstract

An alien basidiomycetous species: on the distribution and spread of *Fomitiporia mediterranea* (Hymenochaetales) in viticultural areas of Baden, with some reference to the occurrence in Germany.

Extensive monitoring of the distribution and the spread of invasive basidiomycetes is rare. The white rot fungus *Fomitiporia mediterranea* M. FISCHER is considered one of the causal agents of the so-called esca disease of grapevine, spreading rapidly over Central Europe within the last 20 or so years. The species forms perennial and resupinate fruit bodies on *Vitis vinifera*, mostly on dead vines. The present manuscript describes some aspects of the distribution and spread of *F. mediterranea* with emphasis on southwestern Germany. An experimental plot containing appr. 1.600 vines located in the Kaiserstuhl area was monitored for the existence of fruit bodies and white rot from 2002 through 2007. Within this period the number of fruit bodies increased distinctly from 8 to 55; fruit bodies are randomly distributed over the plot. Partial uprooting of the plot revealed virtually all vines (366 out of 366) to be infested with *F. mediterranea*. Mating tests based on heterokaryotic mycelia isolated from the fruit body area demonstrated a distinct genetic diversity, indicating a spread of the fungus by airborne spores. The main distribution of *F. mediterranea* is in the Mediterranean area. Within Germany, fruit bodies are mostly found in the southwestern part, they become rare or fully absent in other regions. Mycelia, however, may be demonstrated quite frequently, and in the meantime have been shown for almost all wine growing regions of Germany. In Germany, *F. mediterranea* reaches its northernmost range of distribution, also indicated by the almost exclusive occurrence on *V. vinifera*.

¹ Die Arbeit wurde während der Beschäftigung des Autors am Staatlichen Weinbauinstitut Freiburg, Merzhauser Str. 119, 79100 Freiburg begonnen. Auch ein wesentlicher Teil der Freilandarbeiten zum Thema wurde dort durchgeführt.

Autor

Dr. MICHAEL FISCHER, Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau, Geilweilerhof, 76833 Siebeldingen¹. E-Mail: michael.fischer@jki.bund.de

1 Einleitung

Im Vergleich zu anderen Organismengruppen wie Tieren oder Pflanzen ist die Anzahl der „Neubürger“ unter den Pilzen eher gering, wobei sich die Verteilung innerhalb der taxonomischen Hauptgruppen aber wohl unterschiedlich darstellt (SCHOLLER & MÜLLER 2008). Innerhalb der Basidiomyceten gut dokumentiert ist der Fall des Tintenfischpilzes, *Anthurus archeri* (BERKELEY) E. FISCHER, der erstmals 1913 in den Vogesen beobachtet wurde und sich seitdem erfolgreich über weite Teile Europas ausgebreitet hat (z.B. BREITENBACH & KRÄNZLIN 1986). Von einer nachteiligen Auswirkung dieses schönen Pilzes auf seine Umwelt ist nichts bekannt.

Im Gegensatz dazu stehen naturgemäß phytopathogene Pilze, oft aus dem Bereich der Ascomyceten: Ein bekanntes Beispiel innerhalb der Kulturform Weinbau betrifft beispielsweise die seit 1845 in Europa belegte Art *Erysiphe necator* SCHWEIN., den Echten Mehltau. Der Erreger der sog. Schwarzfäule, *Guignardia bidwellii* (ELLIS) VIALA & RAVAZ, stammt ebenfalls ursprünglich aus Nordamerika und wird seit Mitte der 1980er Jahre auch in Europa nachgewiesen. Auch *Plasmopara viticola* (BERK. & M.A. CURTIS) BERL. & DE TONI, der Falsche Mehltau des Weins, ein Oomycet (Algenpilz), ist eine eingeschleppte Art. Die Auswirkungen all dieser Organismen auf den Weinbau können ohne geeignete Kontrollmaßnahmen verheerend sein. „Neubürger“ unter den Basidiomyceten waren als ernsthafte Pathogene bislang nicht auffällig geworden. Für Mitteleuropa liegt aber mit dem Einzug der sog. Esca-Krankheit der Weinrebe wohl ein erstes Beispiel vor. Diese wahrscheinlich bereits in der Antike aus dem Mittelmeerraum bekannte Holzkrankheit (MUGNAI et al. 1999) wurde in Deutschland erstmalig Mitte der 1980er Jahre, im Markgräflerland südlich von Freiburg, festgestellt (KASSEMEYER et al. 2002). Seinerzeit noch als exotisch betrachtet, hat sich die Krankheit inzwischen in allen Weinbauregionen Deutschlands (und der anderen mitteleuropäischen Weinbauländer) etabliert. Da mit herkömmlichen Behandlungsmethoden nicht kontrollierbar, wird sie inzwischen als das größte Problem für den europäischen Weinbau betrachtet.

In einer Sukzession holzbewohnender Pilze stellt der Mittelmeer-Feuerschwamm, *Fomitiporia mediterranea* M. FISCHER (FISCHER 2002), das letzte Glied in der Kette der Esca-Erreger dar. Der Pilz bildet unauffällige krustenförmige mehrjährige

Fruchtkörper, meist im Stammkopfbereich abgestorbener Reben (s. auch Tafel 1, Abb. 1). Die ursprünglich nur sehr kleine Gattung *Fomitiporia* MURRILL (vormals: *Phellinus robustus*-Gruppe) umfasst inzwischen weltweit etwa zwei Dutzend Arten, belegt vor allem durch die sehr umfangreichen Arbeiten von DECOCK und Mitarbeitern (DECOCK et al. 2005, 2007; AMALFI et al. 2010), in geringerem Umfang auch durch eigene Arbeiten (FISCHER & BINDER 2004; FISCHER et al. 2005) bzw. durch die Gruppe um Y.-C. DAI (DAI & ZANG 2002; DAI et al. 2008). Auffällig für *Fomitiporia* ist der beträchtliche Anteil von Arten als Bewohner von Rebholz, auch wenn dies möglicherweise durch die intensiven Untersuchungen auf diesem ökonomisch bedeutsamen Gebiet bedingt ist.

Wichtige Grundlagen einer möglichen Einführung von Neobiota liegen allgemein in der Globalisierung des Handels, im vorliegenden speziellen Fall beispielsweise in der zunehmenden Internationalisierung des Pflanzgutverkehrs seit den 1980er Jahren (SURICO et al. 2006). Ist eine gebietsfremde Art erst einmal in eine neue Umgebung eingeführt, muss sie sich im Sinne einer Etablierung dort auch behaupten und ggf. ausbreiten können. Eine Monokultur wie der Wein leistet diesem „Vorhaben“ naturgemäß Vorschub; Eigenschaften wie schnelles Wachstum, erhöhte Fortpflanzungsrate etc. sind dabei jedenfalls von Vorteil und konnten für *F. mediterranea* teilweise auch nachgewiesen werden (FISCHER 2002, 2009).

Die vorliegende Darstellung beschreibt Langzeiterhebungen auf einer Weinbaufläche im Kaiserstuhl in den Jahren 2002-2007. Im Blickpunkt standen dabei Beobachtungen zur Entwicklung und Verbreitung von Fruchtkörpern der Art *F. mediterranea*. Als Träger der infektiösen Strukturen, d.h. der Sporen, sind diese im epidemiologischen Sinne von besonderer Bedeutung. Zusätzlich wurden Erhebungen zum Auftreten der vegetativen Strukturen, d.h. des Mycel, innerhalb des Holzes betroffener Rebstöcke durchgeführt. Nachträglich erhobene Kreuzungsdaten, beruhend auf einer Auswahl isolierter Reinkulturen, sollten Einblicke in die mögliche Epidemiologie des Pilzes liefern (s. auch CORTESI et al. 2000). Eine vorläufige Übersicht zeigt das bisher nachgewiesene Auftreten des Mittelmeer-Feuerschwammes innerhalb der badischen und, zumindest andeutungsweise, deutschen Weinbaugebiete. Diskutiert wird des Weiteren die Frage nach einer möglichen Wirtsbindung der Art in Abhängigkeit von geographischer Region und Zeitdauer seit erfolgter Etablierung.

2 Methoden

Untersuchungsgebiete

Die detaillierten Erhebungen zur Etablierung und Ausbreitung von *F. mediterranea* wurden im Zeitraum 2002-2007 in einer Rebfläche nahe der Ortschaft Ihringen im Kaiserstuhl (Baden) durchgeführt. Die Fläche ist Bestandteil des Staatsweingutes Freiburg und Blankenhornsberg und war 1979 mit der weißen Sorte Traminer bepflanzt worden. Sie umfasst etwa 1.600 Rebstöcke, verteilt auf 54 Reihen mit jeweils 35 Pflanzstellen, Fehlstellen sind bei der angegebenen Stockanzahl nicht eingerechnet. Bei einem Stockabstand von 1 m sowie einer Zeilenbreite von 2 m umfasst die Anlage demnach eine Gesamtfläche von etwa 3.200 m².

Die Anlage wurde üblicherweise mindestens einmal im Monat aufgesucht und die Stöcke auf das Vorhandensein von Fruchtkörpern hin untersucht. Abgestorbene Stöcke wurden nicht entfernt und verblieben über den gesamten Untersuchungszeitraum in der Anlage.

Zusätzliche Erhebungen erfolgten im Rahmen von Fahrten in die meisten anderen deutschen Weinbaugebiete.

Identifizierung und genetische Diversität

Der Nachweis eines Vorkommens als Mycel erfolgte durch Aufschneiden der Rebstöcke und anschließende visuelle Überprüfung auf Weißfäule; in Stichproben wurden Isolate entnommen, auf 2 % Malzextrakt-Medium (ME) kultiviert und wie unten dargestellt identifiziert. Der Nachweis von Fruchtkörpern erfolgte äußerlich visuell, dazu wurden die Rebstöcke vor allem im Stammkopfbereich eingehend untersucht. Für die Versuchsfläche wurden die Fundorte von Fruchtkörpern in den zugrunde liegenden Pflanzplan eingetragen; ihre Vitalität im Sinne einer Sporulation wurde üblicherweise durch visuelle Inspektion (aktive Fruchtkörper lassen sich oft schon durch ihre Farbe von nicht-aktiven Fruchtkörpern unterscheiden), vereinzelt auch durch Sporenfallen überprüft.

Mycelien für Kreuzungstests wurden durch Entnahme aus der Peripherie der Fruchtkörper oder aus dem Holz unmittelbar daneben und nachfolgender Kultivierung auf 2% ME gewonnen (siehe FISCHER 2002). Die entstehenden Reinkulturen wurden auf molekularem Weg identifiziert: Nach einer DNA-Extraktion wurden im zugrundeliegenden PCR-Ansatz die für Basidio- und Ascomyceten spezifischen Primer ITS 5 und ITS 4

(WHITE et al. 1990) sowie die für *F. mediterranea* spezifischen Primer Fmed1 und Fmed2 verwendet. Basierend auf für *F. mediterranea* spezifischen Insertionen innerhalb der Regionen ITS1 und ITS2 resultieren Fmed1 und Fmed2 in einem etwa 550 bp großen Amplikon (FISCHER, 2006). Die Zugehörigkeit zu spezifischen Genotypen im Sinne einer vegetativen Inkompatibilität (z.B. ADAMS & ROTH 1967, 1969) wurde mittels Kreuzungstests ermittelt: Dazu wurden vom Rand frischer Mycelkolonien Impfstücke von etwa 0,5 x 0,5 cm entnommen und in einem Abstand von etwa 1 cm auf 2 % ME platziert. Genetisch identische Mycelien vermischen sich dabei, ohne dass es zu Farbreaktionen in der Kontaktzone käme; Mycelien unterschiedlicher Klone bilden etwa 1-2 Wochen nach erfolgter Konfrontation eine dunkle Demarkationslinie zwischen sich aus (ADAMS & ROTH 1969; CORTESI et al. 2000).

3 Ergebnisse

Vorkommen von Fruchtkörpern in der Versuchsfläche in den Jahren 2002-2007

Tafel 1, Abb. 1 zeigt den Fruchtkörper 42/7, der zum Zeitpunkt der Aufnahme (2007) zwei Jahre alt war. Die Fruchtkörper treten typischerweise an toten Stämmen und dabei vor allem im Stammkopfbereich nahe den Rebschnittwunden auf. Sie sind morphologisch nicht unterscheidbar zur nahverwandten Art *F. punctata* (P. KARST.) MURRILL; erst Untersuchungen zum Lebenszyklus, zum Temperaturoptimum kultivierter Mycelien sowie molekulare Daten erlauben eine klare Unterscheidung (FISCHER 2002).

In Tafel 2, Abb. 3 ist der Nachweis von Fruchtkörpern für das Frühjahr 2003 (hellblaue Signatur), den Sommer 2004 (dunkelblaue Signatur) sowie abschließend für den Herbst 2007 (rote Signatur) gezeigt. Die Fruchtkörper sind demnach eher zufällig über die Anlage verteilt, eine Clusterbildung ist nicht zu beobachten. Innerhalb des Untersuchungszeitraumes von etwa 4½ Jahren hatte sich die Anzahl der mit Fruchtkörpern versehenen Rebstöcke von 8 (2003) und 15 (2004) auf letztlich 52 (2007) sehr deutlich erhöht. Die Anzahl der betroffenen Rebstöcke korreliert nicht genau mit der Anzahl der Fruchtkörper: Bedingt durch zwei Stöcke mit zwei bzw. drei Fruchtkörpern steigt deren Gesamtzahl auf 55. Von diesen 55 Fruchtkörpern waren zum Abschluss der Untersuchungen noch mindestens 30 im Sinne einer Sporulation aktiv, darunter auch die in Abb. 1

gezeigte Nummer 42/7; nur ein einziger Fruchtkörper (15/26) war offensichtlich abgestorben. 42 der Fruchtkörper (= 78.2 %) hatten sich auf bereits abgestorbenen Stöcken entwickelt. An toten Stöcken betrug die visuell bzw. über Sporenfallen ermittelte Aktivitätsdauer etwa 2-3 Jahre (zum Sporulationsverhalten von *F. mediterranea* s. auch FISCHER 2009). Die Fruchtkörper wechselten dann in eine inaktive Phase, erkennbar an einer grauen Verfärbung und zunehmenden Ausbildung von Rissen; im Sinne einer Kultivierung konnten sie jedoch fast immer noch erfolgreich beprobt werden. Zum Zeitpunkt 2007 war der älteste und dabei noch aktive Fruchtkörper mindestens 4½ Jahre alt, wobei etwa zwei Jahre (Frühjahr 2003 bis Juli 2005) auf die Existenz am lebenden, weitere mindestens zwei Jahre (Juli 2005 bis Herbst 2007) auf die Existenz am abgestorbenen Wirt entfielen.

Identifizierung und genetische Diversität

In den Jahren 2003 und 2004 wurden von 15 Fruchtkörpern bzw. dem benachbarten Holz Proben entnommen und für nachfolgende Kreuzungstests auf ME kultiviert. Eine Überprüfung auf molekularer Basis ergab für alle Isolate nach Anwendung des Primer-Paars Fmed1 und Fmed2 die für *F. mediterranea* spezifische Bande von etwa 550 bp.

Das Ergebnis der Kreuzungen der so definierten Mycelstämme ist in Tab. 1 dargestellt; die Bezeichnungen der Isolate geben die Reihe bzw. die Pflanzstelle der beprobten Stöcke an (s. auch Abb. 3). Prinzipiell waren zwei Reaktionstypen zu unterscheiden: i) eine Untermischung der Mycelien (trat nur in den Innerstammkreuzungen sowie in einer einzelnen Zwischenstammkreuzung auf), sowie ii) die Ausbildung einer durchwegs deutlichen Demarkationslinie (in allen anderen Zwischenstammkreuzungen). Die durch die Tests ermittelte genetische Diversität war beträchtlich: nur in einem einzigen Fall – die Kreuzung 32/30 x 33/29 – kam es bei den Zwischenstammkreuzungen zu einer Vermischung der Mycelien, wodurch eine genetische Identität der beteiligten Klone angezeigt wird. In allen anderen Fällen kam es zur Ausbildung einer Demarkationslinie zwischen den gepaarten Mycelien, die demnach unterschiedlichen genetischen Klonen angehören.

Die Anzahl der genetischen Individuen je Stock kann unterschiedlich sein: Stock 41/20 wies beispielsweise zwei Fruchtkörper in einem Abstand von etwa 60 cm auf, die aber nur einem Genotyp angehörten und demnach aus einem einzelnen Infektionsvorgang hervorgehen. Stock 5/20 wies drei eng benachbarte Fruchtkörper auf, die aber alle verschiedenen Genotypen angehörten und

Tabelle 1. Kreuzungsverhalten heterokaryotischer Mycelien von *Fomitiporia mediterranea* isoliert aus Fruchtkörpern bzw. dazu benachbartem Holz.

Isolat ¹	11/15	14/18	15/26	20/11	31/6	32/9	32/30	33/29	38/27	45/14	45/22	48/15	49/18	52/16	53/7
11/15	²	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14/18		/	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15/26			/	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20/11				/	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31/6					/	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32/9						/	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32/30							/	+	-	-	-	-	-	-	-
33/29								/	-	-	-	-	-	-	-
38/27									/	-	-	-	-	-	-
45/14										/	-	-	-	-	-
45/22											/	-	-	-	-
48/15												/	-	-	-
49/18													/	-	-
52/16														/	-
53/7															/

¹ Rebstock mit Fruchtkörper (Reihe/Pflanzstelle); ² / = Selbstkreuzung, - = Demarkationslinie, + = Vermischung

Tabelle 2. Vorkommen von *Fomitiporia mediterranea* in den badischen Weinbauregionen; überprüft wurde das Vorkommen als Fruchtkörper bzw. als Mycel/Weißfäule.

Weinbau- regionen Baden	Fruchtkörper (%)	Mycel (Weißfäule) (%)
Bodensee	0,7 % (n = 300 ¹)	≥ 50 % (n = 150)
Markgräflerland	2,5 % (n = 500)	≥ 90 % (n = 150)
Breisgau	2,0 % (n = 500)	≥ 90 % (n = 200)
Kaiserstuhl	3,4 % (n = 1600)	≥ 90 % (n = 500)
Ortenau	1,2 % (n = 500)	≥ 80 % (n = 200)
Badischer Kraichgau	0,6 % (n = 500)	≥ 50 % (n = 250)
Bergstraße	0,5 % (n = 200)	≥ 50 % (n = 80)
Tauberfranken	0 % (n = 300)	≥ 50 % (n = 150)

¹ Anzahl beprobter / untersuchter Stöcke

demnach aus mindestens drei Infektionsereignissen hervorgegangen sein müssen.

Im Spätherbst 2007 wurde ein Teil der Fläche, beinhaltend die Reihen 1 bis 12, gerodet. Eine dadurch ermöglichte Untersuchung des Holzkörpers ergab für alle Stöcke (insgesamt 366) einen ausgeprägten Befall durch *Fmed*, sichtbar an einer meist von den Schnittwunden ausgehenden Weißfäule (Tafel 1, Abb. 2, incl. isolierter Reinkultur). Der Pilz in seiner vegetativen Form ist in der Untersuchungsfläche also sehr weit verbreitet. Die Diskrepanz zwischen Auftreten als Mycel (in 100 % der 366 Stöcke) bzw. Fruchtkörper (für die gerodete Fläche insgesamt 14 Fruchtkörper verteilt auf 12 der 366 Stöcke, entsprechend ~ 4 %) ist allerdings enorm.

Vorkommen von *F. mediterranea* in Baden und den deutschen Weinbaugebieten

Über den Zeitraum 2002-2009 wurden aus allen Weinbauregionen Badens Rebstöcke in beträchtlicher Anzahl auf das Vorkommen von *F. mediterranea* hin untersucht: In Tab. 2 ist einerseits das Vorkommen als Mycel im Holz, andererseits das Vorkommen als Fruchtkörper für die einzelnen Regionen dargestellt. Prinzipiell finden sich die Fruchtkörper vor allem an älteren und dabei abgestorbenen Rebstöcken. Die in Tab. 2 enthaltenen Daten beruhen auf einer repräsentativen Auswahl hinsichtlich Alter und Vitalität der Rebstöcke; das Alter der untersuchten Pflanzen reicht von etwa 5 Jahren (in jüngerem Material ist ohnehin kaum ein Nachweis möglich) bis hin zu etwa 50 Jahren, mindestens

75 % der untersuchten Stöcke sind tote Stöcke. Bedingt durch das methodische Vorgehen (üblicherweise können nur Stöcke erfasst werden, die nicht mehr im Ertrag stehen) sind die Werte für das Mycelvorkommen nur als Mindestwerte zu verstehen.

Fomitiporia mediterranea ist den gewonnenen Daten zufolge ein weitverbreiteter Pilz in allen badischen Weinbauregionen. Die nahverwandte und sonst häufige Art *F. punctata* findet sich immer wieder in räumlicher Nähe, war aber kein einziges Mal an Rebholz festzustellen. Insgesamt findet sich kein anderer höherer Pilz auch nur annähernd so häufig im Holz von *Vitis vinifera*. Auffällig ist der Verbreitungsschwerpunkt der Fruchtkörper im Bereich Südbaden, der Bereich Bodensee ist davon allerdings ausgenommen.

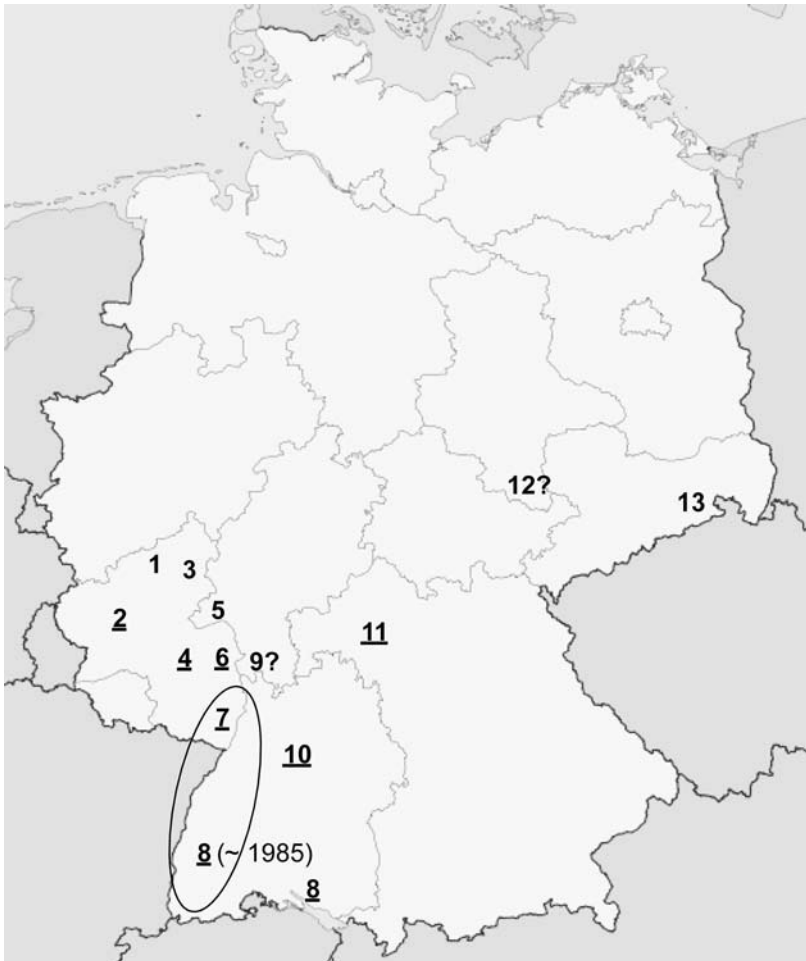
In Abb. 4 dargestellt ist der aktuelle Kenntnisstand (2011) zum Vorkommen von *F. mediterranea* in den deutschen Weinbaugebieten. Die Bearbeitung der einzelnen Regionen ist dabei aber sehr unterschiedlich und entsprechend werden keine quantitativen Aussagen getroffen. Einzelne Regionen wie Sachsen, Hessische Bergstraße und Saale-Unstrut sind bislang nur spärlich oder gar nicht untersucht, die Bereiche Baden, Württemberg und Franken sind hingegen vergleichsweise gut erfasst.

Für alle bisher erfassten Regionen kann *F. mediterranea* als ein im vegetativen Stadium häufig vorkommender Pilz betrachtet werden, bei allerdings deutlich seltenerem oder sogar (weitgehend?) fehlendem Vorkommen als Fruchtkörper.

4 Diskussion

Seit wann ist *F. mediterranea* in Deutschland etabliert?

Für eine ganze Reihe phytopathogener Mikromyceten ist die Chronologie ihrer Einführung nach Deutschland und angrenzenden Gebiete gut bekannt (KREISEL & SCHOLLER 1994). Für *F. mediterranea* lässt sich diese Frage mit den vorliegenden Daten nur näherungsweise beantworten. Die Beobachtungen deuten darauf hin, dass bis zur möglichen Fruktifikation mindestens ein Zeitraum von 10 Jahren vergeht, die der Pilz in seiner vegetativen Form innerhalb der Wirtspflanze verbringt. Rebstöcke, die jünger sind als etwa 5 Jahre, sind nicht sichtbar von der assoziierten Weißfäule betroffen; Fruchtkörper finden sich erst an älteren Stöcken, bevorzugt im Alter von 15 Jahren und mehr. Der älteste im Rahmen



- 1: Ahr
- 2: Mosel-Saar-Ruwer
- 3: Mittelrhein
- 4: Nahe
- 5: Rheingau
- 6: Rheinhessen
- 7: Pfalz
- 8: Baden
- 9: Hessische Bergstraße
- 10: Württemberg
- 11: Franken
- 12: Saale-Unstrut
- 13: Sachsen

Abbildung 4. *Fomitiporia mediterranea* in den deutschen Weinbaugebieten: Vorkommen **fraglich** (?); Vorkommen als **Mycel**; Vorkommen als **Myzel und Fruchtkörper**. Das Oval kennzeichnet das mutmaßliche Zentrum des Vorkommens.

der Untersuchungen beobachtete Fruchtkörper ist etwa 5 Jahre alt. Dies alles zusammengenommen, lässt sich das erste Auftauchen des Pilzes in Deutschland / Baden-Württemberg ausgehend von 2002 (Beginn der Untersuchungen) mindestens 20-25 Jahre zurücksetzen. Dies korreliert zwar einigermaßen mit der ersten Beobachtung von Esca im Bereich Ortenau in der Mitte der 80er Jahre, eine äußerlich sichtbare Symptomatik der Krankheit setzt aber eine mehrjährige Inkubationszeit seit erfolgter Infektion voraus. Das vergleichsweise häufige Vorkommen von Fruchtkörpern und überhaupt der Esca-Krankheit in Baden deutet darauf hin, dass hier die „Eintrittspforte“ der Art nach Deutschland zu vermuten ist (Tab. 2, Abb. 4).

Stellt *F. mediterranea* eine invasive Art in dem Sinne dar, dass andere Arten verdrängt werden?

In Deutschland vorkommende Arten von *Fomitiporia* beinhalten neben *F. mediterranea* noch *F. punctata* (FR.: P. KARST.) MURRILL, *F. robusta* (P. KARST.) FIASSON & NIEMELÄ, *F. hartigii* (ALL. & SCHNABL) FIASSON & NIEMELÄ sowie *F. hippophaëcola* (H. JAHN) FIASSON & NIEMELÄ (JAHN 1965, 1967, 1976). Von diesen Arten war in der Vergangenheit einzig *F. punctata* als an *Vitis* vorkommend beschrieben worden, allerdings ohne Hinweis auf den geographischen Ursprung dieser Beobachtung (RYVARDEN & GILBERTSON 1994). Die beiden Arten sind auf traditionelle Weise nicht differenzierbar; es ist also nicht auszuschlie-

Ben, dass das Vorkommen von *F. mediterranea* als *F. punctata* gedeutet wurde, und umgekehrt. Mit den verfügbaren Daten stellt Deutschland die nördliche Grenze des Verbreitungsgebietes von *F. mediterranea* dar. Die Art ist inzwischen auch aus anderen mitteleuropäischen Ländern nachgewiesen (FISCHER 2009), ihr Verbreitungsschwerpunkt liegt aber eindeutig in der mediterranen Klimazone, wo der Pilz auch an anderen Wirtspflanzen außer *Vitis* vorkommt (FISCHER, 2006, 2009; PILOTTI et al. 2009; s. auch schon PLANK 1980). Im Gegensatz zur sich ausbreitenden Art *F. mediterranea* steht das gesicherte Vorkommen von *F. punctata*: Diese Art war in ihrer Verbreitung bisher als „nordhemispherisch“ und „kosmopolitisch“ angenommen worden (z.B. GILBERTSON & RYVARDEN 1986; RYVARDEN & GILBERTSON 1994). Zahlreiche bisher als *F. punctata* betrachtete Aufsammlungen aus dem Mittelmeer-Raum wurden inzwischen aber als *F. mediterranea* identifiziert (FISCHER 2006). Auch konnte ein Vorkommen der Art im tropischen / subtropischen Teil Amerikas bislang nicht gezeigt werden (DECOCK et al. 2007). Nach aktueller Kenntnis ist *F. punctata* eine boreale Art, beschränkt auf Zentral- und Nordeuropa. Das schweizerische Tessin weist das bislang südlichste gesicherte Vorkommen auf (ein Fruchtkörper an *Alnus incana*; FISCHER, unpubl.). In Baden-Württemberg kommen die beiden Arten nebeneinander vor. Ein Übergreifen von *F. punctata* auf *Vitis* als Wirtspflanze ist dabei nicht bekannt, andererseits ist *F. mediterranea* für diesen Bereich nach aktueller Kenntnis völlig auf *V. vinifera* beschränkt. Demzufolge wäre *F. mediterranea* zwar eine etablierte, aber wohl (noch) nicht invasive Art. Dass die Dinge „in Bewegung“ sind, zeigt eine jüngste Nachricht: Demnach konnte ein Fruchtkörper von *F. mediterranea* im Mai 2010 in Krefeld an Robinie (*Robinia pseudoacacia*) nachgewiesen werden (SCHMIDT et al., 2011). Damit liegt für Mitteleuropa der erste Fund an einer anderen Wirtspflanze als *Vitis* vor; auch ist bisher kein weiter nördlich gelegenes Vorkommen der Art bekannt.

Wie lässt sich die genetische Vielfalt von *F. mediterranea* am untersuchten Standort erklären?

Innerhalb eines Zeitraumes von etwa 4½ Jahren hatte sich die Anzahl der Fruchtkörper von *F. mediterranea* am untersuchten Standort nahezu versiebenfacht (von 8 auf 55; s. Abb. 2). Dieser ungewöhnliche Anstieg lässt sich durch zweierlei Tatsachen erklären: i) ein hoher Anteil

der Rebstöcke ist mit Mycel vorinfiziert – dieser Gesichtspunkt wurde durch den Befund aus der Teilrodungsfläche bestätigt, und ii) die Ausbreitung des Pilzes erfolgt über luftverbreitete Sporen – dieser Gesichtspunkt wird durch die Kreuzungsbefunde unterstützt, die ein sehr hohes Maß an genetischer Individualität anzeigen (Tab. 1). Auch deuten die in der Vergangenheit von CORTESI et al. (2000) gewonnenen Befunde in diese Richtung. Eine „Stock-zu-Stock“-Verbreitung, beispielsweise in Zusammenhang mit dem alljährlich durchzuführenden Rebschnitt, kann aufgrund der vorliegenden Daten eigentlich ausgeschlossen werden. Grundlage der gezeigten genetischen Diversität ist das Vorliegen von heterokaryotischen Mycelien, die aus der Kombination kompatibler Einspor-Mycelien hervorgegangen sind, und in der Tat ließ sich für *F. mediterranea* in der Vergangenheit ein derartiger heterothallischer Fortpflanzungsmechanismus zeigen (FISCHER 2002). Zumindest in einem Fall konnten drei benachbarte Fruchtkörper an einem einzelnen Rebstock (5/20) drei verschiedenen Genotypen zugeordnet werden. Dieses Phänomen sich abgrenzender Individuen lässt sich immer wieder an holzbewohnenden Basidiomyceten nachweisen. Gut untersuchte Beispiele sind *Bjerkandera adusta* (RAYNER & TODD 1979) oder *Stereum hirsutum* (COATES et al. 1981).

Dank

Der Autor denkt mit Freude an seine Beschäftigungszeit am Staatlichen Weinbauinstitut in Freiburg zurück; sein besonderer Dank gilt Dr. HANNS-HEINZ KASSEMEYER und seinen „MitstreiterInnen“, der immer freundlichen und zuvorkommenden Belegschaft am Staatsweingut Freiburg und Blankenhornsberg sowie den allzeit hilfsbereiten badischen Weinbauberatern.

Literatur

- ADAMS, D. H. & ROTH, L. F. (1967): Demarcation lines in paired cultures of *Fomes cajanderi* as a basis for detecting genetically distinct mycelia. – Canadian Journal of Botany, **45**: 1583-1591.
- ADAMS, D. H. & ROTH, L. F. (1969): Intraspecific competition among genotypes of *Fomes cajanderi* decaying young-growth Douglas fir. – Forest Science, **15**: 327-331.
- AMALFI, M., YOMBIYENI, P. & DECOCK, C. (2010): *Fomitiporia* in sub-Saharan Africa: morphology and multigene phylogenetic analysis support three new species from the Guineo-Congolian rainforest. – Mycologia, **102**: 1303-1317.
- BREITENBACH, J. & KRÄNZLIN, F. (1986): Pilze der Schweiz, Band 2. Nichtblätterpilze. – Luzern (Verlag Mykologia).

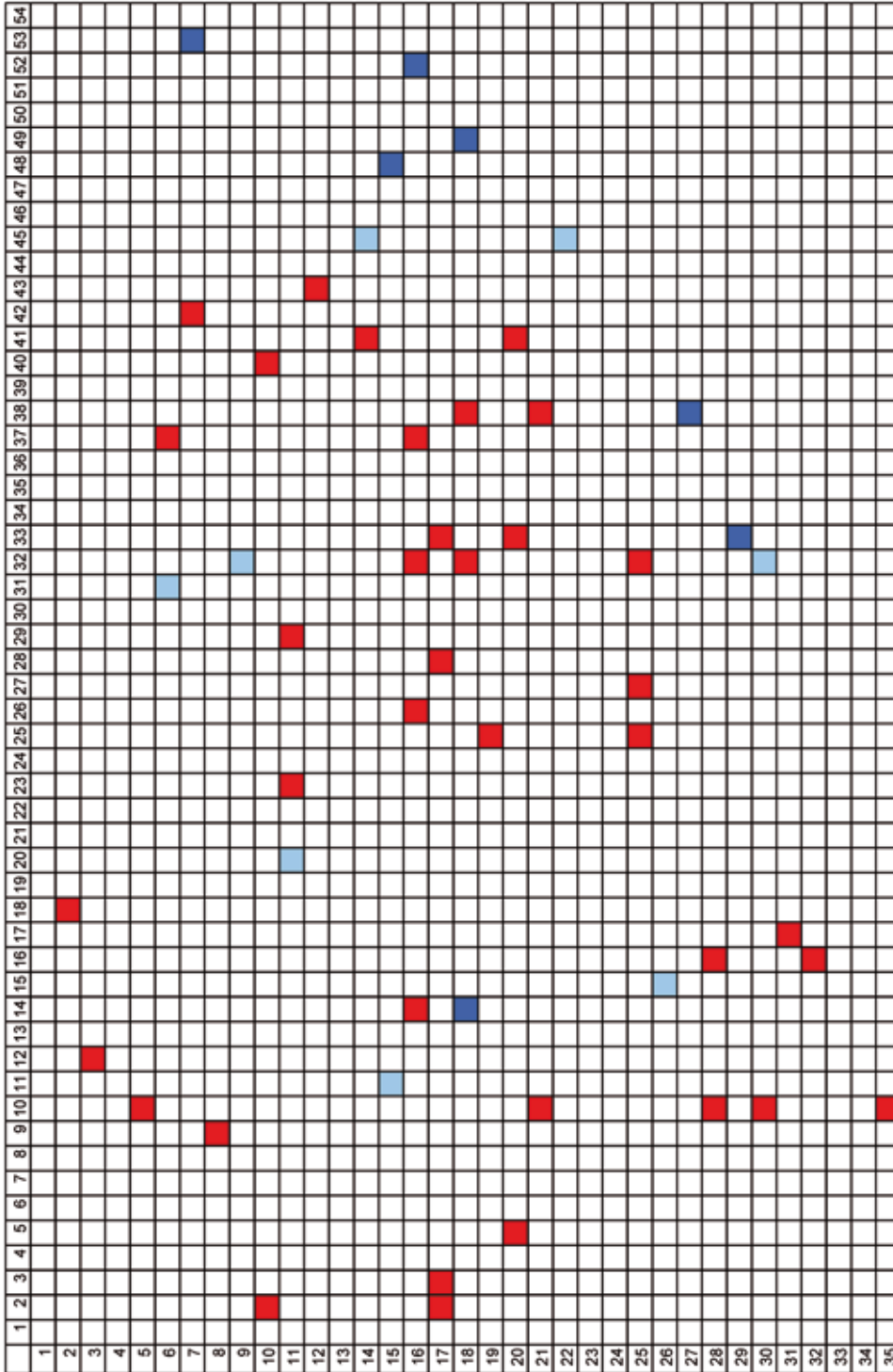
- COATES, D., RAYNER, A. D. M. & TODD, N. K. (1981): Mating behaviour, mycelial antagonism and the establishment of individuals in *Stereum hirsutum*. – Transactions of the British Mycological Society, **76**: 41-51.
- CORTESI, P., FISCHER, M. & MILGROOM, M. (2000): Identification and spread of *Fomitiporia punctata* associated with wood decay of grapevine showing symptoms of esca disease. – Phytopathology, **90**: 967-972.
- DAI, Y.-C., CUI, B.-C. & DECOCK, C. (2008): A new species of *Fomitiporia* (Hymenochaetaceae, Basidiomycota) from China based on morphological and molecular characters. – Mycological Research, **112**: 375-380.
- DAI, Y.-C. & ZANG, M. (2002): *Fomitiporia tibetica*, a new species of Hymenochaetaceae. – Mycotaxon, **83**: 217-222.
- DECOCK, C., BITEW, A. & CASTILLO, G. (2005): *Fomitiporia tenuis* and *Fomitiporia aethiopica* (Basidiomycetes, Hymenochaetales), two undescribed species from the Ethiopian highlands: taxonomy and phylogeny. – Mycologia, **97**: 124-132.
- DECOCK, C., HERRERA FIGUEROA, S., ROBLEDO, G. & CASTILLO, G. (2007): *Fomitiporia punctata* (Basidiomycota, Hymenochaetales) and its presumed taxonomic synonyms in America: taxonomy and phylogeny of some species from tropical/subtropical areas. – Mycologia, **99**: 733-752.
- FISCHER, M. (2002): A new wood-decaying basidiomycete species associated with esca of grapevine: *Fomitiporia mediterranea* (Hymenochaetales). – Mycological Progress, **1**: 314-324.
- FISCHER, M. (2006): Review: Biodiversity and geographic distribution of basidiomycetes causing esca-associated white rot in grapevine: a worldwide perspective. – Phytopathologia Mediterranea, **45**: 30-42.
- FISCHER, M. (2009): Nischengebundene Sippenbildung bei Holz bewohnenden Pilzen – experimentelle Befunde. – In: Bayer. Akademie der Wissenschaften (Hrsg.): Ökologische Rolle von Pilzen. Rundgespräche der Kommission für Ökologie, **37**: 53-62; München (Pfeil).
- FISCHER, M. & KASSEMAYER, H.-H. (2003): Fungi associated with Esca disease of grapevine in Germany. – Vitis, **42**: 109-116.
- FISCHER, M. & BINDER, M. (2004): Species recognition, geographic distribution and host-pathogen relationships: a case study in a group of lignicolous basidiomycetes, *Phellinus* s.l. – Mycologia, **96**: 798-810.
- GILBERTSON, R. L. & RYVARDEN, L. (1987): North American Polypores. Vol. 2. – Oslo (Fungiflora).
- JAHN, H. (1963): Mitteleuropäische Porlinge (Polyporaceae s.l.) und ihr Vorkommen in Westfalen (unter Ausschuß der resupinaten Arten). – Westfälische Pilzbriefe, **4**: 1-143.
- JAHN, H. (1967): Die resupinaten *Phellinus*-Arten in Mitteleuropa mit Hinweisen auf die resupinaten *Inonotus*-Arten und *Poria expansa* (Desm.) [= *Polyporus megaloporus* Pers.]. – Westfälische Pilzbriefe, **6**: 37-108.
- JAHN, H. (1976): *Phellinus hartigii* (All. & Schn.) Pat. und *Phellinus robustus* (P. Karst.) Bourd. & Galz. – Westfälische Pilzbriefe, **11**: 1-15.
- KASSEMAYER, H.-H., BUCHHOLZ, G. & FISCHER, M. (2002): Esca – Pilzkrankheit gefährdet den Weinbau. – Biospektrum, **8**: 365-367.
- KREISEL, H. & SCHOLLER, M. (1994): Chronology of phytoparasitic fungi introduced to Germany and adjacent countries. – Botanica Acta, **107**: 387-392.
- MUGNAI, L., GRANITI, A. & SURICO, G. (1999): Esca (Black measles) and Brown Wood-Streaking: two old and elusive diseases of grapevine. – Plant Disease, **83**: 404-418.
- PILOTTI, M., TIZZANI, L., BRUNETTI, A., GERVAZI, F., DI LERNIA, G. & LUMIA, V. (2009): Molecular identification of *Fomitiporia mediterranea* on declining and decayed hazelnut. – Journal of Plant Pathology, **92**: 115-129.
- PLANK, S. (1980): Porlinge (Polyporaceae s.l.) am Mittelmeer und ihr Vorkommen in Mitteleuropa. – Mitteilungen aus dem Institut für Umweltwissenschaften und Naturschutz, Graz, **3**: 61-75.
- RAYNER, A. D. M. & TODD, N. K. (1979): Population and community structure and dynamics of fungi in decaying wood. – Advances in Botanical Research, **7**: 333-420.
- RYVARDEN, L. & GILBERTSON, R. L. (1994): European polypores. Vol. 2. – Oslo (Fungiflora).
- SCHMIDT, O., GAISER, O. & DUJESIEFKEN, D. (2011): Molekulare Identifizierung der Fäulepilze im Holz von Stadtbäumen. – In: DUJESIEFKEN, D. (Hrsg.): Jahrbuch der Baumpflege 2011: 98-108.
- SCHOLLER, M. & MÜLLER, G. (2008): Projekt „Pilzflora von Karlsruhe“ – erste Ergebnisse. – Carlinea, **66**: 87-93.
- SURICO, G., MUGNAI, L. & MARCHI, G. (2006): Older and more recent observations on esca: a critical overview. – Phytopathologia Mediterranea, **45**: 68-86.
- WHITE, T. J., BRUNS, T., LEE, S. & TAYLOR, J. (1990): Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. – In: INNIS, M. A., GELFAND, D. H., SNINSKY, J. J. & WHITE, T. J. (eds.): PCR Protocols: A guide to Methods and Applications: 315-322; San Diego/USA (Academic Press).



Abbildung 1. *Fomitiporia mediterranea* bildet krustenförmige Fruchtkörper vor allem im Stammkopfbereich aus (hier an der Rebsorte Traminer).



Abbildung 2. Ein Querschnitt durch einen Rebstock (Traminer) im Stammkopfbereich zeigt deutliche Anzeichen von Weißfäule; eingebildet ist eine aus Weißfäulebereichen isolierte Reinkultur von *Fomitiporia mediterranea*.



■ **Frühjahr 2003**
■ **zusätzlich Sommer 2004**
■ **zusätzlich Herbst 2007**

Abbildung 3. *Fomitiporia mediterranea* in einer Untersuchungsfläche im Kaiserstuhl: Die Anzahl der Rebstöcke mit Fruchtkörpern nimmt über die Jahre deutlich zu.

Forstpathologische Beiträge zur Erhaltung der Holzqualität bei stehendem und liegendem Holz¹

BERTHOLD METZLER

Kurzfassung

In dieser Publikation werden wissenschaftliche Ergebnisse und Projekte, die an der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt (FVA) durchgeführt wurden, vorgestellt. Fünf Themengebiete, den Einfluss von Pilzen auf die Holzqualität betreffend, wurden bearbeitet:

1. Bei der Epidemiologie des Buchenkrebses (Erreger: *Neonectria ditissima*) spielt der Gesundheitszustand der Überschirmung eine wesentliche Rolle. Buchen-naturverjüngungen mit Kontakt zu infiziertem Altholz wiesen einen dreifach höheren Befallsgrad auf als bei gesunder Überschirmung. In einem Buchenprovenienz-versuch konnte keine Abhängigkeit des Befallsgrads von der Provenienz nachgewiesen werden. Jedoch waren Parzellen im Umkreis von 20 m um infizierte Überschirmung signifikant am stärksten infiziert. Es zeigte sich auch ein Zusammenhang zwischen Befallsgrad und dem Abstand der Parzellen auf der Lee-Seite von infizierten Altbüchen.

2. Die Grünästung der Fichte wird sowohl in weitständigen Reinbeständen als auch in stufigen Mischbeständen zur Erziehung von Wertholz empfohlen. Sechs Jahre nach einer sorgfältig durchgeführten Grünästung waren Fäulen und holzerstörende Pilze kaum nachweisbar. Geringe Verfärbungen traten ausschließlich im asthaltigen Reifholz von wenigen Bäumen auf. *Neonectria fuckeliana* wurde aus den Aststummeln von geästeten Bäumen, insbesondere nach Ästung im Herbst, am häufigsten isoliert.

3. Fichten-Erstaufforstungen auf der Schwäbischen Alb wurden auf Stockfäulen untersucht, die von *Heterobasidion annosum* s.l. verursacht wurden. Sieben Bestände, deren Stubben aus der Erstdurchforstung etwa zwölf Jahre zuvor mit Natriumnitrit behandelt worden waren, zeigten einen um 71 % niedrigeren Befall als unbehandelt gebliebene Bestände. Wenngleich auch mittlerweile andere Mittel verwendet werden, zeigt dieses Ergebnis doch, dass die Übertragung des Pilzes von den frischen Stubben zu den Wurzeln der Nachbarbäume vermindert werden kann.

4. Trotz fachgerechter Beregnung war es in Nasslagern mit berindetem Fichten/Tannen-Stammholz zu umfangreichen Mantelfäulen gekommen. Es konnte gezeigt werden, dass Hallimasch-Arten (*Armillaria* spp.)

in der Lage sind, in wassergesättigtem Holz Luftkanäle zu erzeugen, welche die Sauerstoffversorgung für den Abbau von Lignin (Weißfäule) ermöglichen. Basierend auf diesen Untersuchungen wurden Maßnahmen entwickelt, welche diese Art von Fäulnis weitgehend ausschließen.

5. Im Rahmen eines Versuchs zur Lagerung von berindetem Fichtenrundholz unter sauerstoffarmer Atmosphäre wurde die Pilzentwicklung im Holz untersucht. Die Holzerzersetzung durch Pilze war bei etwa 1 % Sauerstoff weitgehend ausgeschlossen. Dagegen dominierten potentiell antagonistisch wirkende Pilze: *Clonostachys solani* an der Oberfläche, *Ascocoryne sarcoides* und *Acremorum butyri* (jetzt eine von mehreren Arten in *Cosmospora*) im Inneren des Holzes. In Poltern mit einem höheren Restsauerstoffgehalt von ca. 10 % kam es zu einer schwachen Entwicklung von *Stereum sanguinolentum* und von *Amylostereum areolatum*. Über den gleichen Zeitraum im Freien gelagertes Holz war stark von Holzerstörern durchsetzt, während Frischholz fast vollkommen frei von Pilzen war.

Abstract

Forest pathological contributions to the maintenance of wood quality of standing trees and cut timber

This paper presents scientific results of projects accomplished in the Forest Research Institute of Baden-Württemberg (FVA). This is illustrated by five issues dealing with the impact of fungi on timber quality:

1. The distribution of beech canker caused by *Neonectria ditissima* has been surveyed in natural regeneration. The naturally regenerating trees were significantly more affected when grown under a diseased beech shelterwood than under healthy trees. Forest stands of lower altitudes were more affected than at higher altitudes. Correspondingly, disease incidence was more than tripled in the warmer and dryer areas. Beech canker was abundant in many plots of a large beech provenance trial in Germany. Significant spatial correlation was found between canker incidence in the plantation and the distance to neighbouring diseased shelterwood. The latter evidently served as a source of inoculum. Wind dispersal zones were established which had a stronger effect in disease dispersal than the distance zones.

2. Five *Picea abies* stands in Baden-Württemberg were green-pruned up to a tree height level of ca. 10 m. Six years later the health of pruned trees and control trees

¹ Abgeleitet von der kumulativen, bisher unveröffentlichten Habilitationsschrift der Fakultät für Forst- und Umweltwissenschaften, Universität Freiburg (METZLER 2008).

was assessed. Based on isolations from wood specimens obtained from 175 trees, specific infection rates are given for different tree compartments. Wood decay fungi as well as important blue-stain fungi were only rarely present. Tolerable discolorations were limited to the stub-containing core of a few trees. Wood formed after pruning did not show more fungal infections nor other related damages than the respective increment in unpruned control trees. *Neonectria fuckeliana*, proved to be the most abundant fungus in pruned trees especially in the branch stubs.

3. First rotation stands of Norway spruce in forests in the Swabian Alb region were monitored for butt rot, caused by *Heterobasidion annosum* s.l. Seven stands treated with sodium nitrite within first thinnings and untreated ones were compared regarding butt rot incidence ca. 12 years later. Among a total of 700 trees, butt rot incidence was by 71 % lower in treated than in untreated stands. Even though the applied substance is not in use any more, the experiment shows that stump treatment may principally be effective.

4. Storage of logs under water sprinkling is used as an economic method in forestry for preserving wood quality. However, *Armillaria* spp. are able to decay sapwood of logs in bark stored under water sprinkling, even at a wood moisture content of more than 150 %. This is associated with the formation of tubular air channels from the cambial region into the sapwood. The structure of these little-known aerated microenvironments is described, and proposals about their function are given. In wood of *Picea abies* and *Abies alba*, the three-dimensional structure of tubular air channels which are formed by *Armillaria* spp. was examined. These structures allow the efficiently located extrusion of water from the water-saturated wood and influx of atmospheric oxygen. By these unique tubular air channels *Armillaria* spp. are able to attack wood cells in an aerobic microenvironment in water-saturated wood.

5. As a part of a praxis-oriented experiment in wood storage under reduced atmospheric conditions, the development of fungi in the sapwood of Norway spruce timber was monitored. Wood decay fungi were completely inhibited when the oxygen level was as low as 1 %. Potentially antagonistic fungi were favoured by low oxygen levels: *Clonostachys solani* on the surface of the timber logs, *Ascocoryne sarcoides* and *Acremonium butyri* (now one of several species of *Cosmospora*) in the sapwood. At ca. 10 % O₂, a scanty development of *Stereum sanguinolentum* and *Amylostereum areolatum* could be detected. Abundant growth of both white rot and sap stain fungi occurred in unprotected timber.

Autor

PD Dr. BERTHOLD METZLER, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abt. Waldschutz, Wonnhaldestr. 4, 79100 Freiburg/Br., E-Mail: berthold.metzler@forst.bwl.de

1 Einleitung

1.1 Holzqualität in der Natur

Alle vom Menschen geschätzten Eigenschaften des Holzes sind das Ergebnis evolutionärer Prozesse und förderten das Überleben rezenter Baumarten. Durch die differenzierte zelluläre Struktur des Xylems wird bei relativ geringem Gewicht eine hohe Steifigkeit und Elastizität erreicht, so dass baumförmiges Wachstum möglich ist. Die Optimierung von Höhenwachstum und Kronenstabilität bringt einen entscheidenden Vorteil bei der Lichtkonkurrenz gegenüber anderen Pflanzen. Ferner sind hohe Bäume eher in der Lage, Samen über größere Entfernungen zu verbreiten. Gleichzeitig erfüllt das Xylem die Funktion der Wasserleitung, was bei zunehmender Höhendifferenz zwischen Wurzeln und Baumkrone physikalisch anspruchsvoller wird. Die Art der erforderlichen Differenzierungen zeigt exemplarisch eine mikroskopische Sicht in Douglasienholz (Tafel 1, Abb. 1). Bei einem lebenden Baum kann das Holz nur in Funktionseinheit mit der mantelförmig den Stamm umschließenden Wachstumszone (Kambium) und der Assimilate leitenden und schützenden Rinde (Phloem und Borke) seine Funktionen ausüben.

Diese Funktionseinheit muss zunächst abiotischen Gefährdungen wie Sturm, Frost, Trockenheit sowie Hitze durch Feuer und Sonnenstrahlung standhalten. Die hinzu kommenden biotischen Gefährdungen sind sehr vielfältig, da das Holz für zahllose Organismen das lebensnotwendige Substrat darstellt. Die Hauptbestandteile des Holzes, Zellulose und Lignin, sind zwar schwer abbaubar, jedoch energiereich. Dies sichert entsprechend spezialisierten Destruenten einen wichtigen Vorteil. Andererseits sind Organismen, die das Phloem und das Kambium angreifen oft „Türöffner“ für Holzzerstörer. Beschädigungen des Kambiums bedeuten, sofern der Baum überhaupt überlebt, auch gravierende Störungen im weiteren Holzaufbau.

Die Bäume sind mit einer Vielzahl von sowohl physikalisch-mechanischen als auch biochemischen Schutzmechanismen zur Abwehr von Schaderregern ausgestattet. Entsprechend zahlreich sind die Anpassungen der „Interessenten“ an diesem Substrat bei der Ausbildung von physikalischen und biochemischen Werkzeugen. Das Ergebnis ist besonders augenfällig beim „Schälen“ der Rinde durch spezialisierte Wirbeltiere oder bei Schäden durch holzbohrende Insekten wie beispielsweise Borkenkäfern oder Holzwes-

pen. Der enzymatische Angriff durch Mikroorganismen vollzieht sich unsichtbar, doch sind die Ergebnisse in Form von Rindennekrosen, der Abtötung von ganzen Bäumen oder in Form von destruktiven Holzfäulen (SCHWARZE et al. 1999) spektakulär. Pilze als Verursacher dieser Schäden stehen im Fokus der vorliegenden Arbeit.

Trotz der vielfältigen Bedrohungen leben Individuen vieler Baumarten erstaunlich lange. Sogar im Stamm kernfaule Bäume können oft noch Jahrzehnte, auch Jahrhunderte überleben, solange eine ausreichende Restwandstärke durch ständigen Dickenzuwachs erhalten bleibt. Nicht selten kommt es durch Krankheiten oder Beschädigungen zum teilweisen Zurücksterben der Baumkronen und zur Ausbildung von Sekundärkronen. Dies zeigt, dass suboptimale Strukturen als Folge von Defekten und Reparaturmechanismen entstehen durchaus noch eine erfolgreiche Fortpflanzung von individuellen Bäumen ermöglichen können, auch wenn das Holz nicht mehr qualitativ hochwertig ist.

Die Langlebigkeit über die Blühreife (Mannbarkeit) hinaus sichert angepassten Baumindividuen eine nachhaltige Verbreitung. Andererseits werden durch besondere Langlebigkeit (z.B. infolge von Fäuleresistenz) evolutive Anpassungsprozesse erschwert, indem die Generationendauer verlängert und die eigene Naturverjüngung unterdrückt wird. Daher können sich evolutive Anpassungsprozesse bei Pflanzenarten mit kurzlebigen Individuen schneller vollziehen. Auch der verzögerte Abbau von Totholz ist für die Verjüngung und Weiterentwicklung einer Art eher schädlich, da der Nährstoffkreislauf behindert und der Lebensraum eingeengt wird.

1.2 Die Qualitätsminderung von Nutzholz durch Pilze

Für den Menschen ist Holz als Werkstoff für unterschiedliche Zwecke, insbesondere als Konstruktionsholz, von sehr hohem Wert. Die Holzeigenschaften vieler Baumarten verbinden Leichtigkeit und Stabilität optimal. Die Qualität unterliegt allerdings vielen Einflüssen. Pilze sind bedeutende Schadfaktoren, da sie das Innere des Holzes zersetzen und eine Fäule auslösen oder auch die Holzstruktur indirekt durch Erkrankungen von Rinde und Kambium beeinträchtigen können. Man kann davon ausgehen, dass pilzliche Schäden an Holz Ursache für beträchtliche finanzielle Verluste von Forstbetrieben sind. Allein die Schäden durch den Wurzelschwamm an der Fichte wurden in Deutschland auf jährlich 56 Mio. € geschätzt

(DIMITRI & TOMICZEK 1998). Holzverluste durch Halimaschfäule im Nasslager beliefen sich in Baden-Württemberg nach den Stürmen „Vivian“ und „Wiebke“ auf 5,1 % der eingelagerten Holzmasse nach vierjähriger Lagerung (GROSS et al. 1996). Geschlagenes Holz ist für entsprechend spezialisierte Pilze ein leicht zersetzbarer Rohstoff (HOLDENRIEDER 1992). Dies erfordert besondere Regeln und Maßnahmen bei der Behandlung des Holzes, die teils auf historischem Erfahrungswissen basieren, teils aber auch neu erarbeitet und optimiert werden müssen. Einige Aspekte, zu denen neue Ergebnisse vorliegen, werden in den folgenden Kapiteln dieser Arbeit vorgestellt. Selbst die Funktion des Holzes als Energieträger, bei der die geringsten Qualitätsansprüche zu befriedigen sind, verlangt Schutz vor einer vorzeitigen Zersetzung.

Beeinträchtigungen der Stammholzqualität werden bisher im Holzhandel in Deutschland durch die Heilbronner Sortierkriterien für Rundholz (HKS) geregelt. Für die Einteilung in Güteklassen entscheidende Qualitätsmerkmale des Holzes sind Dimension, Geradschaftigkeit, Ästigkeit, Verfärbungen und insbesondere Fäulen (ANONYMUS 1988). Werden die erforderlichen Qualitätskriterien nicht erreicht, wird das Stammholz in die Klassen C oder D eingruppiert, wobei der Wert jeweils deutlich sinkt. Holz mit hohen Fäuleanteilen verliert unter Umständen seinen gesamten Wert und wird unverkäuflich („X-Holz“).

1.3 Forstpathologie

Als Teildisziplin sowohl der Phytopathologie als auch der Forstwissenschaften befasst sie sich mit Krankheiten forstlich relevanter Baumarten. Die Forstpathologie analysiert und erklärt Schäden oder Qualitätsminderungen am Holz und entwickelt Gegenmaßnahmen. Eingeschlossen sind hier auch Schäden am geschlagenen Holz, da dieses weitgehend von den gleichen Organismen des Waldes angegriffen wird, welche auch in der Natur für die Zersetzung von Totholz sorgen. Außerdem bleibt geschlagenes Holz im Rahmen der Handlungspflogenheiten oft noch geraume Zeit unter forstlicher Zuständigkeit.

Eine sinnvolle forstpathologische Vorgehensweise ist in Abb. 2 dargestellt (vergl. auch MORELET 1988). Nach einer Problemstellung zur Erkrankung einer bestimmten Baumart oder zur Wertminderung von geschlagenem Holz beginnt man in der Regel mit der detaillierten Erfassung der Schadsymptome. Die hohe Zahl von potentiellen abiotischen Schadfaktoren und biotischen Erre-

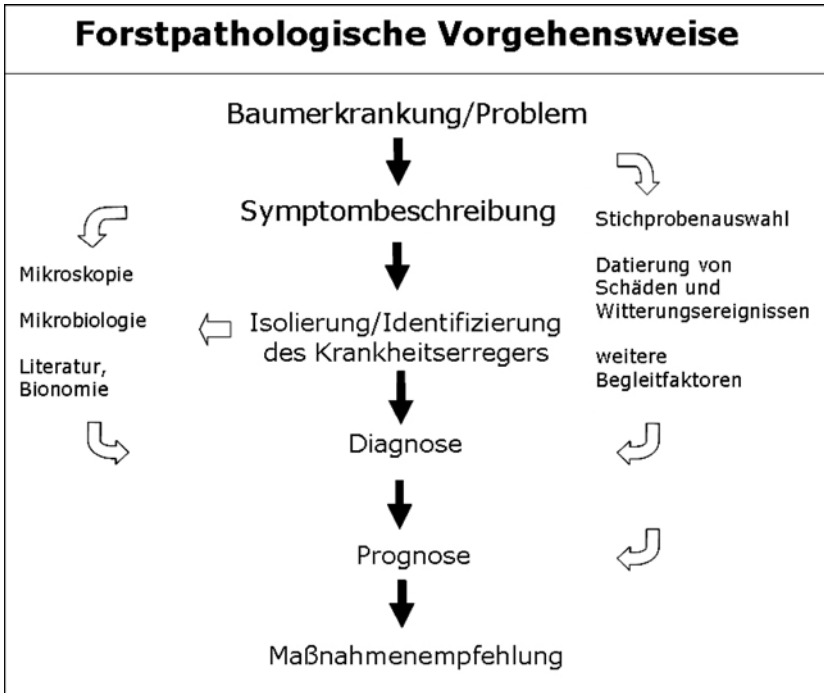


Abbildung 2. Forstpathologische Vorgehensweise bei der Beratung der Forstpraxis.

gern und die evtl. je nach Baumart und Befallsort unterschiedlichen Baumreaktionen führen zu einer hohen Vielfalt von Symptomen. Andererseits können auch unterschiedliche Schadfaktoren zu sehr ähnlichen Symptomen führen. Beispielsweise wird in der Praxis oft die Stockfäule durch den Wurzelschwamm (*Heterobasidion annosum* s.l.) und die Wundfäule durch den Blutenden Schichtpilz (*Stereum sanguinolentum*) verwechselt. Auch ähneln sich Überwallungsstrukturen an Buchenrinde nach dem Befall durch den Kleinen Buchenborkenkäfer *Taphrorychus bicolor* mit den Baumreaktionen bei Buchenkrebs (Erreger: *Neonectria ditissima*). Bei Verwechslungen kommt es zu unpräzisen oder falschen Schlussfolgerungen.

Ein weites Feld sind unspezifische Blatt- oder Nadelverluste, die oft zu Fehlinterpretationen Anlass geben, wenn keine näheren Untersuchungen gemacht werden. Auch greifen Praxisversuche oft zu kurz, wenn wesentliche biotische oder abiotische Einflussfaktoren ignoriert werden. Erfolg oder Misserfolg von Maßnahmen werden durch forstpathologische Begleitung besser erklärlich. Die möglichst präzise Erfassung der pathologischen Strukturen und die Art und Lokalisation der Defekte lassen meist erkennen, ob bestimmte Symptome Teil des zu bearbeitenden

Problems sind oder zufällig oder sekundär hinzugekommen sind. Diese unter dem Einfluss von biotischen oder abiotischen Faktoren entstandenen pathologischen Strukturen an Gehölzen sind sehr vielfältig und wurden umfassend von FINK (1999) analysiert und dargestellt.

Der Symptombeschreibung muss die Identifizierung des Krankheitserregers folgen. Dies geschieht in der Regel anhand von Pilzfruchtkörpern, lichtmikroskopisch, durch Isolierung und Hinzuziehung von mikrobiologischen Vergleichskulturen oder zunehmend auch durch molekularbiologische Techniken. Durch die Identifizierung des Erregers bis zur Art ist eine genauere Einschätzung des pathogenen Potentials möglich, ferner Angaben zum Wirtsspektrum, zum Infektionsort am Baum, zur Latenzzeit, zur Art der Verbreitung, zu besonderen physiologischen Bedingungen und Fähigkeiten sowie zu spezifischen Wechselwirkungen mit anderen Organismen.

Die vorgefundenen Organismen müssen als Erreger identifiziert werden. In der klassischen Phytopathologie erfolgt dies durch die Erfüllung der Koch'schen Postulate. Dies ist bei Bäumen relativ schwierig, weil die Infektionen oft an Bedingungen geknüpft sind, die teilweise während eines jahrelangen Prozesses zustande kommen und daher

im Experiment nicht leicht herzustellen sind (z.B. Vorschädigung durch klimatische Ereignisse oder vorausgehende Infektionen durch andere Organismen). Nicht selten sind einzelne Krankheits-erreger Teil von Komplexkrankheiten, die durch disponierende, auslösende und verstärkende Faktoren begleitet sein können (MANION 1991).

Diesen Synergismen bei der Entstehung von Baumkrankheiten stehen hemmende Aktivitäten von Antagonisten gegenüber. Beispielsweise sind unter den hunderten Arten von Bodenmikroorganismen viele, die als Nahrungskonkurrenten, Bildner von antibiotisch wirksamen Verbindungen oder als direkte Hyperparasiten auf Baumparasiten spezifisch hemmende Einflüsse haben.

Die vom Forstpathologen zu stellende Prognose sollte erklären, wie sich die Krankheit ohne weiteres Zutun entwickeln wird. Daraus wiederum ist zu schließen, ob und welche Gegenmaßnahmen zur Problemlösung nötig und wirtschaftlich vertretbar sind. In der Regel handelt es sich um präventive Maßnahmen. Nicht selten können auch durch genauere Kenntnisse der Vorgänge teure und nicht zielführende Maßnahmen vermieden werden.

Eine besondere Herausforderung stellen invasive Arten von Schaderregern dar, die entweder insgesamt oder mindestens hinsichtlich ihres Potentials als Schaderreger unter hiesigen Verhältnissen nicht bekannt sind (HEINIGER 2003, KEHR et al. 2005, WULF 1993). So würde auch die Einwanderung des Tannenwurzelschwamms (*Heterobasidion abietinum*) aus Südosteuropa ein bisher unbekanntes Risikopotential für unsere Tannenwälder darstellen (HOLDENRIEDER 1994).

Nicht selten setzen die Vielfalt der beteiligten Organismen, die Komplexität ihrer Interaktionen und Standort und Witterung Grenzen bei der Erfassung und der Vorhersehbarkeit von Vorgängen. Es ist die Herausforderung der Wissenschaft, solche Grenzen beharrlich zu weiten.

1.4 Die ausgewählten Themen

Die vorliegende Schrift konzentriert sich auf einige wichtige mykologische Themen, die der Autor im Rahmen seiner Tätigkeit an der FVA bearbeitet hat. Sie sind geordnet nach ihrer zeitlichen Reihenfolge in der Waldentwicklung bzw. -nutzung zwischen der Verjüngung und Rundholz-lagerung.

Holzqualität wird in dieser Arbeit in erster Linie als Handelskriterium verstanden, das monetär bewertet werden kann. Maßnahmen zum Erreichen und zum Erhalt der von den Nachfragern

verlangten Holzqualität müssen also auch als Investition verstanden werden, die sich am Ende auszahlen soll. So sollen Kenntnisse und Informationen bereitgestellt werden, um beispielsweise folgende forstbetriebliche Fragen beantworten zu können: a) Soll ein Buchenaltholzschirm entfernt werden, um die Befallswahrscheinlichkeit durch Buchenkrebs zu senken? b) Ist das Risiko der Grünästung zu bestimmten Jahreszeiten tragbar? c) Ist bei Durchforstungen in Fichtenbeständen eine Stubbenbehandlung zur Minimierung der Rotfäule sinnvoll? d) Soll Nass-lagerholz vor der Einlagerung entrindet werden? e) Kann die Investition der Folienverpackung bei der Holzlagerung lohnend sein?

Die Methoden und Ergebnisse geben Informationen und wesentliche Entscheidungskriterien zu waldbaulichen und ökonomischen Fragestellungen. Letztere müssen jeweils aktuell beantwortet werden, da sich das Preisgefüge (Wert bestimmter Holzqualitäten, Arbeitskosten) und die technischen Möglichkeiten der Bearbeitung und der Verwendung ständig ändern.

Zur Bearbeitung der Themen waren unterschiedliche methodische Ansätze erforderlich. Allen gemeinsam ist die systematische Stichprobenauswahl, sowie der Nachweis der jeweiligen Erreger. Die anatomischen Untersuchungen bei der Überwallung der Schnittwunden nach Grün-ästung waren erforderlich, um den zeitlichen Verlauf und die Lokalisation der wundbesiedelnden Pilze zu erfassen. Besonderes Augenmerk verlangte die bisher unbekannte Art der Kompartimentierung des Holzes durch Hallimasch-Arten (*Armillaria ostoyae*, *A. cepistipes* und *A. borealis*) im Nasslager, was für die Sauerstoffversorgung der Fäuleerreger von erheblicher Bedeutung ist. Sowohl bei der Grünästung als auch bei der Holz-lagerung unter Schutzgas ging es unter anderem darum, die ggf. infolge forstlicher Maßnahmen in das Holz eindringenden Pilzarten zu bestimmen und deren Bedeutung für den Gesundheitszustand des lebenden Baumes bzw. für potentielle Qualitätsminderungen im lagernden Holz abzuschätzen.

Potentiell hunderte weitere Erkrankungen (BUTIN 2011, FINK 1999, SINCLAIR & LYON 2005) beeinflussen oder gefährden das Holz. Allein die vom Autor geleistete forstpathologische Beratung von Forst-dienststellen erstreckt sich auf fast 2.000 Einzel-untersuchungen an 40 Baumarten und auf einige hundert verschiedene Erkrankungen. Darunter sind auch Erkrankungen der Nadeln bzw. Blätter oder der Feinwurzeln, die sich als temporäre und

chronische Minderzuwächse, jedoch weniger als spezifische Qualitätsminderung beim Holz auswirken. Ökonomisch wichtige forstpathologische Themen mit Bezug zur Holzqualität, die gegenwärtig in Baden-Württemberg eine Rolle spielen, jedoch hier nicht behandelt werden, sind beispielsweise die Wurzelhalsfäule der Erle durch *Phytophthora alni*, der Rindenkrebs der Esskastanie durch *Cryphonectria parasitica* und Wundfäulen oder Hallimasch-Erkrankungen nach Trockenheit.

2 Der Buchenkrebs und seine Ausbreitung im Bestand

Der Buchenkrebs ist eine Pilzkrankheit, welche bereits Naturverjüngungen befällt und zu einer nachhaltigen Verschlechterung der Stammform und der inneren Holzqualität führt. Anhand von zwei umfangreichen Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, dass mit erhöhtem Befall in der Nachbarschaft von erkrankten Altbuchen zu rechnen ist. Dabei spielen zusätzlich die Hauptwindrichtung und die Dauer der Exposition eine Rolle. Die vorgestellten Untersuchungen sind in METZLER & VON ERFFA (2000), METZLER et al. (2002) sowie in AUGUSTIN et al. (2005) veröffentlicht.

2.1 Symptomatik und Biologie des Erregers

Kleine Nekrosen auf der dünnen Rinde von Jungbäumen oder an dünnrindigen Zweigen von Altbäumen sind erste Anzeichen für beginnenden Buchenkrebs. Durch den Zuwachs des umgebenden Gewebes sinken diese Stellen in den Folgejahren ein und die tote Rinde reißt auf. Wegen der andauernden Pilzinfektion am Rand der Nekrosen können diese vom Baum über lange Zeit nicht überwallt werden (Tafel 1, Abb. 3). Gelegentlich kommt es zur Ringelung und damit zum Verkümmern von Trieben und Ästen. Wenn dann subterminale Äste die Leitfunktion übernehmen, wird der Stamm krumm. Wenn erkrankte Buchen nicht entfernt werden, können sie noch als Althölzer aktive Stammkrebse aufweisen (BORRMANN 1994).

Um Verwechslungen vorzubeugen, wird hier angemerkt, dass es sich bei den in der Forstpraxis gelegentlich beanstandeten „T-Flecken“ im Stammquerschnitt oft nicht um Buchenkrebs handelt, sondern um abiotisch oder durch temporären Befall durch den Kleinen Buchenborkenkäfer (*Taphrorychus bicolor*) entstandene Kambiumnekrosen, die jedoch in kurzer Zeit problemlos überwallt werden (BOSSHARD 1965, DIMITRI 1967,

PERRIN 1981, SCHÖNHERR & KRAUTWURST 1979). Zur Abgrenzung des Buchenkrebses gegen die „Buchenrindennekrose“, verursacht durch *Nectria coccinea*, wird auf die Beschreibung von SCHÜTT & LANG (1980) hingewiesen.

Der Buchenkrebs wird durch den Pilz *Neonectria ditissima*, seltener auch durch die nah verwandte Art *N. galligena* verursacht. Die Ascosporen (Abb. 4) werden vom Wind, die hydrophilen Konidien der Nebenfruchtform (Abb. 5) durch Spritzwasser bei Regen verbreitet (RICHTER 1928). Als Eintrittspforten werden Wunden durch Hagelschlag (HARTIG 1882), Blattnarben oder Aststummel (BUTIN 2011) vermutet. Nach PERRIN (1981) sollen der Boden, genetische Faktoren der Buchen und insbesondere die zu lange Überschirmung hinsichtlich der Disposition für diese Krankheit wichtige Rollen spielen.

Der Buchenkrebs ist für die Buche in Mitteleuropa insgesamt nicht gravierend, kann jedoch örtlich die Holzqualität deutlich verschlechtern (PERRIN & VERNIER 1979). Dies trifft besonders zu, wenn ein hoher Prozentsatz der Naturverjüngung betroffen ist und nur noch eine ungenügende Zahl von fehlerfreien Jungbäumen für den Endbestand zur Verfügung steht. Unter diesen Voraussetzungen ist es zweckmäßig, die wichtigsten Einflussfaktoren für die Krankheit zu kennen, um ihr gegebenenfalls durch waldbauliche Maßnahmen begegnen zu können. Ferner sollten diese Faktoren anhand von landesweiten Verbreitungsdaten verifiziert werden.

2.2 Räumliche Ausbreitung in einem Provenienzversuch

In einem Anbauversuch der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (BFH) mit 62 europäischen Buchenprovenienzen (MUHS 1991)

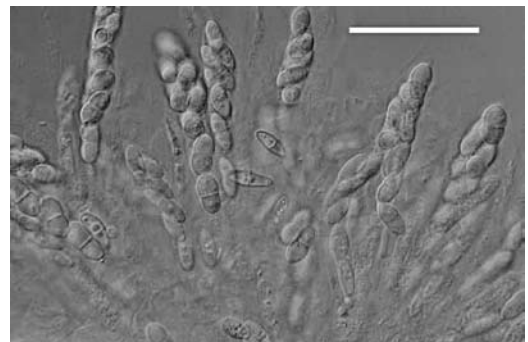


Abbildung 4. Asci mit Ascosporen von *Neonectria ditissima*. Messbalken 50 µm.

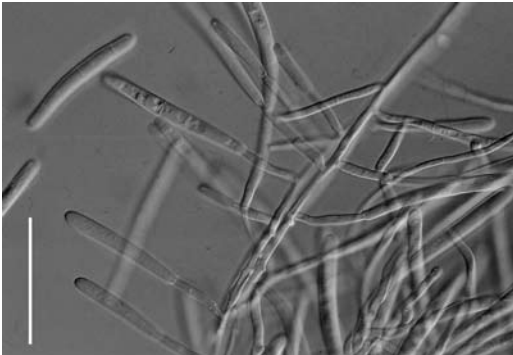


Abbildung 5. *Cylindrocarpon willkommii*-Konidienform von *Neovectria ditissima*. Messbalken 50 µm.

trat im Nord-Schwarzwald ein relativ hoher Befallsgrad mit Buchenkrebs auf. Dies wurde bei routinemäßigen waldwachstumkundlichen Messungen der BFH festgestellt und war der Anlass, das Verbreitungsmuster der Krankheit in den Versuchspartellen zu untersuchen. Die Fläche befindet sich im ehemaligen Forstbezirk Bad Wildbad auf einem flachgründigen Buntsandstein-Plateau auf 600 m NN. Der Herkunftsversuch war auf einer Sturmwurffläche von 1986 angelegt worden, wobei einzelne Buchen-Überhälter belassen wurden. Die Nachbarbestände werden von Fichten dominiert.

Nach der Identifizierung des Buchenkrebs und des Erregers *N. ditissima* wurde der Befallsgrad (Prozent infizierter Pflanzen) in den 149 Partellen ausgezählt, insgesamt an 9.015 Bäumen.

Es wurde vermutet, dass neben den Provenienzen auch die Nachbarschaft zu infizierten Überhältern eine Rolle für die Häufung und Verteilung der Erkrankung spielt (PERRIN 1981, METZLER & VON ERFFA 2000). Der Buchenkrebs in den Baumkronen der Überhälter wurde daher durch sorgfältiges Absuchen mit einem Fernglas diagnostiziert. Position und Höhe der Überhälter wurden eingemessen und in eine Karte eingetragen. Auf den Karten wurden einerseits Äquidistanzlinien von 20, 40, 60 und 80 m Radius um die infizierten Überhälter herum eingetragen und die einzelnen Partellen derjenigen Zone zugeordnet, welche die größte Fläche der Zelle bedeckte. Da insbesondere die Ascosporen (Abb. 4) aber über Regenspritzwasser auch die Konidien (Abb. 5) von *N. ditissima* mit dem Wind verbreitet werden, war zu prüfen, inwieweit neben dem Abstand auch die vorherrschende Windrichtung das Verbreitungsmuster der Krankheit beeinflusst.

Zur Erstellung von Windverbreitungszonen (WDZ: „wind dispersal zones“) wurde eine Grafik der vorherrschenden Windrichtungen einer nahe gelegenen und ähnlich exponierten Messstation der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LUBW) zugrunde gelegt. Dieses Muster wurde um 180° rotiert, um so die potentiell vorherrschende Transportrichtung der Sporenfracht zu erhalten. Es wurden verschiedene große WDZ so errechnet, dass der Flächeninhalt mit den oben beschriebenen kreisförmigen Äquidistanzonen mit Radien von 20, 40 und 60 übereinstimmt. Der Nullpunkt der Zonen (entsprechend dem Zentrum der Windrose) wurde auf jeden erkrankten Überhälter als Ausgangspunkt der Sporenverbreitung zentriert. Jede Versuchspartelle wurde entsprechend dem Verfahren bei den Äquidistanzonen derjenigen WDZ zugeordnet, welche ihren größten Anteil bedeckte.

Im Mittel waren die 149 Partellen mit insgesamt 9.015 Bäumen zu 11,6 % infiziert (METZLER et al. 2002). Dabei war ein hochsignifikanter Zusammenhang mit dem Abstand der Partellen zu infizierten Altbuchen und den Hauptwindrichtungen festzustellen. Partellen in der inneren Äquidistanzzone bis zu einem Abstand von 20 m vom nächsten infizierten Überhälter wiesen einen Befallsgrad von durchschnittlich 21,4 % auf. Der Befall sank in der 20-40 m-Zone auf 11,1 % und über 8,9 % auf 7,2 % in den Zonen 40-60 m bzw. 60-80 m. Die 0-20m-Zone unterschied sich signifikant von allen anderen Zonen.

Der Befall in den einzelnen Windverbreitungszonen nahm ebenfalls von den inneren zu den äußeren ab (Abb. 6). Die innere Zone A hat mit 20,6 % den höchsten Befallsgrad. Sie unterschied sich signifikant von allen anderen WDZ. Auch Zone B und D unterschieden sich voneinander. Die vereinigten WDZ C und D unterschieden sich bei einem Signifikanzniveau von 95 % von B.

Somit beschreiben die WDZ das Risiko der Buchenkrebs-Erkrankung besser als die Äquidistanzonen. Vergleichbare Ergebnisse zum Einfluss der vorherrschenden Windrichtung erzielten HOUSTON et al. (1979) bei Verbreitungsstudien an der Buchenwollschildlaus *Cryptococcus fagisuga*. Der geringfügig höhere Befall in der inneren Äquidistanzzone gegenüber der entsprechenden WDZ deutet darauf hin, dass im unmittelbaren Nahbereich die Windverbreitung eine geringere Rolle spielt, vermutlich bedingt durch die Verbreitung der Konidien im Regenspritzwasser. Residuen in der statistischen Analyse von AUGUSTIN et al. (2005) sind damit zu erklären, dass es inner-

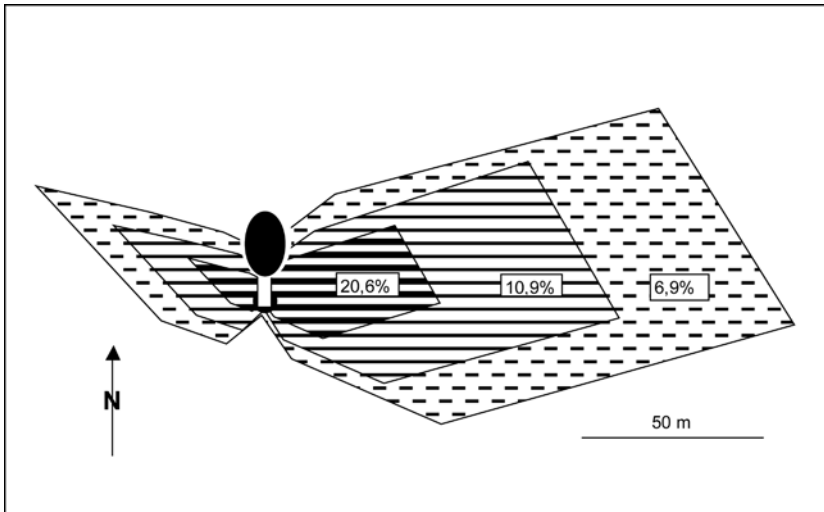


Abbildung 6. Windverbreitungszonen, abgeleitet aus den Abstandszonen in Verbindung mit den Hauptwindrichtungen am Standort.

halb der Kulturen bereits zur Sekundärverbreitung der Krankheit gekommen ist.

Der durchschnittliche Befallsgrad der Provenienzen schwankte zwischen 1,7 und 34,8 %. Allerdings konnte im Rahmen der Varianzanalyse kein signifikanter Einfluss der Provenienz errechnet werden. Die unterschiedlichen Befallsgrade der Provenienzen erklären sich durch deren ungleiche Verteilung in den WDZ; der Einfluss der Entfernung von erkrankten Überhältern bzw. der WDZ überwog bei weitem.

Die Untersuchung hat gezeigt, dass die Übertragung von Buchenkrebs von infizierten Überhältern nicht nur auf Naturverjüngungen sondern auch auf unmittelbar benachbarte Kulturen erfolgen kann.

2.3 Ausmaß und Verbreitungsmuster der Krankheit in Baden-Württemberg

Aus der Forstpraxis waren Bedenken geäußert worden, dass Waldbauverfahren zugunsten von stufigen Beständen dem Befall mit Buchenkrebs Vorschub leisten könnten (KLEIN 1997). Daher musste untersucht werden, in welchem Umfang die Krankheit derzeit in Baden-Württemberg verbreitet ist und ob gegebenenfalls die Bestandesstruktur mit dem Befall in Zusammenhang steht. Für die Studie wurden in Baden-Württemberg 11 repräsentative Forstbezirke mit hohem Buchenanteil ausgewählt. In diesen Forstbezirken wurden alle buchendominierten Bestände, die eine Buchennaturverjüngung im Alter zwischen 1 und 30 Jahren und einen Altholzschirm aufwiesen, in die Untersuchung einbezogen.

Die Auswahl der Probekreise in den Beständen erfolgte zufällig, jedoch wurden Flächen ohne oder mit nur spärlicher Verjüngung ausgeklammert. Pro Bestand wurden so durchschnittlich etwa sieben Probekreise von 25 m² (W. NAIN, pers. Mitt.) angelegt. Die Verjüngung wurde differenziert nach gesunden und mit Buchenkrebs befallenen Bäumen ausgezählt. Das Durchschnittsalter lag im Bereich zwischen 3 und 38 Jahren. Zur Auswertung wurden Altersstufen gebildet.

Als Grundlage für alle durchgeführten Berechnungen hinsichtlich der Intensität des Buchenkrebsses diente der prozentuale Anteil kranker Pflanzen in der Naturverjüngung der einzelnen Probekreise („Befallsgrad“). Der Vorteil dieses Verfahrens ist, dass stammzahlreiche Probekreise nicht überrepräsentiert werden.

Der Deckungsgrad des Altholzschirms wurde direkt über den Probekreisen separat für Buchen und Mischbaumarten geschätzt. Um den Einfluss der Randbäume erfassen zu können, wurde der Deckungsgrad zusätzlich in einem gedachten Trichter mit einem Neigungswinkel von 45° um die Probekreise herum ermittelt („45°-Trichter“). Die Identität des Erregers *N. ditissima* wurde stichprobenartig anhand von Pilzfruktifikationen (Perithezien oder Konidienlager) bestätigt. Insgesamt wurden 59.792 Jungbuchen bonitiert. 457 Probekreise (57 %) waren völlig befallsfrei. In fünf Forstbezirken gibt es insgesamt 17 Probekreise mit 50-100 % befallenen Jungbäumen. Der Maximalwert von 100 % infizierten Jungbäumen wurde in zwei Probekreisen erreicht.

In 83 der 111 untersuchten Bestände war Buchenkrebs in der Naturverjüngung zu finden. Der durchschnittliche Befallsgrad pro Bestand lag bei 4,8 %. Sieben Bestände aus fünf Forstbezirken, repräsentiert mit insgesamt 60 Probekreisen, wiesen einen Befall von über 20 % bis maximal 40,7% auf. 16 Bestände hatten weder Befall in der Überschirmung noch in der Naturverjüngung.

Im Durchschnitt aller Probekreise in allen beteiligten Forstbezirken liegt der Befallsgrad mit 5,3 % im Vergleich mit Literaturangaben (PERRIN & VERNIER 1979, SAGHEB-TALEBI 1996) relativ niedrig. Wirtschaftlicher Schaden ist bei einem Befallsgrad von unter 10 % nicht zu erwarten, da immer noch eine sehr große Zahl gesunder Bäume für den Endbestand zur Verfügung steht. Bei einem Befallsgrad von über 25 % dürfte jedoch ein Risiko für den Endbestand bestehen. Dies ist in unserer Untersuchung bei 5,2 % der Probekreise und bei 4 der 111 Bestände der Fall.

Untersucht man den Befallsgrad differenziert nach Altersstufen, erkennt man, dass die Buchen auf den Probekreisen bis zu einem Alter von fünf Jahren nur schwach (1,6 %) befallen waren. Der maximale Befall liegt mit 8,9 % bzw. 7,3 % in den beiden Altersstufen oberhalb 15 Jahren.

Eine Abhängigkeit des Befallsgrades in der Naturverjüngung von Überschirmung durch alle vorhandenen Baumarten war nicht festzustellen. Auch wenn man nur den Überschirmungsgrad allein durch Altbuchen direkt über den Probekreise oder im 45°-Trichter berücksichtigt, ergibt sich ebenfalls kein Zusammenhang zwischen Überschirmungsintensität und Buchenkrebsbefall in der Naturverjüngung.

379 Probekreise (47 %) hatten Kontakt mit infiziertem Altholz direkt über dem Probekreis oder innerhalb des 45°-Trichters. Hier war mit durchschnittlich 8,2 % ein erhöhter Anteil infizierter Naturverjüngung festzustellen. Diesen Wert wiesen auch die 104 Probekreise auf, bei denen der leichter zu diagnostizierende Klebastbefall bei den Altbäumen vorlag. Dagegen sind die Probekreise, die nur mit gesunden Bäumen überschirmt waren, durchschnittlich nur zu 2,4 % befallen. Diese Unterschiede sind bei einer Wahrscheinlichkeit von 99% signifikant.

Auf die Bedeutung der Erkrankung im Altholzschirm für die Übertragung der Krankheit hat erstmals PERRIN (1981) hingewiesen. KLEIN (1997) sieht in der langen Überschirmungszeit bei im Femelverfahren verjüngten Beständen einen wesentlichen Grund für eine Zunahme von Buchenjüngwüchsen mit Krebsbefall im Forstbezirk

St. Märgen. Flächen, die nach angesamter Verjüngung rasch geräumt wurden, blieben gesund. SAGHEB-TALEBI (1996) fand ebenfalls den höchsten Befall am Rand von Femellöchern. Eine besondere Bedeutung beim Übergang von der Überschirmung zur Naturverjüngung schreiben GERWEN (1980) und PERRIN (1981) den Vorwüchsen zu, die nach ihrer Beobachtung besonders oft verkrebst sind. Sie sind als Sporenquelle näher an der übrigen Verjüngung und sind damit für die Infektion von besonderer Bedeutung.

Mit der Beimischung anderer Baumarten in der Überschirmung sinkt der Anteil der vom Krebs befallenen Buchen in der Naturverjüngung um über 40 %.

Wegen der ungleichen Verteilung der Altersstufen auf die verschiedenen Höhenlagen wurden für diese Auswertung nur die Probekreise mit Naturverjüngung in einem Durchschnittsalter zwischen 6-15 Jahren berücksichtigt. In der Höhenstufe 601-750 m ist der Befallsgrad am geringsten. In Höhenlagen unter 300 m N.N. ist mit 9,0 % signifikant häufiger Buchenkrebs festzustellen als oberhalb 600 m.

Bei Buchen auf kalkbeeinflussten Standorten zeigte sich, dass mit abnehmendem Ariditätsindex der Befallsgrad zunimmt, so dass die wärmeren und trockeneren, in geringerer Höhenlage stockenden Bestände deutlich stärker betroffen waren. Da mit Ausnahme der untersuchten Flächen im Forstbezirk Schopfheim fast alle in diese Studie einbezogenen Standorte kalkbeeinflusst sind, wurde die Bedeutung der geologischen Gegebenheiten nicht weiter quantifiziert. Bemerkenswert ist allerdings, dass gerade die Schopfheimer Flächen (teils auf Granit, teils mit Buntsandstein überlagert) die geringsten Befallszahlen aufweisen.

2.4 Konsequenzen für den Waldbau

Für den waldbaulichen Umgang mit vom Buchenkrebs befallenen Beständen wird ein abgestuftes Vorgehen nach dem Befallsgrad in der Naturverjüngung vorgeschlagen:

1) Bei Befall bis 10 % der Stammzahl: Unbedenklicher Befall; es sind deshalb keine besonderen Maßnahmen erforderlich.

2) Der Befall 11-25 % wird als Warnstufe angesehen: Der Umfang des Befalls ist verstärkt zu beobachten, Schlag- und Jungbestandspflege sind zu intensivieren und kranke Vorwüchse zu entfernen. Zu großzügiges Aushauen erkrankter Jungbäume muss jedoch vermieden werden. Dies würde die Ästigkeit der verbleibenden

Buchen fördern und wäre damit hinsichtlich der Wertholzerzeugung kontraproduktiv. Anstehende Eingriffe ins Altholz sollten auf von Krebs befallene Buchen konzentriert werden.

3) Bei einem Befall von 25-100 % ist mit wirtschaftlich fühlbaren Schäden zu rechnen: Zusätzlich zum obigen Verfahren sollte die Entfernung kranker überschirmender Bäume beschleunigt erfolgen. Eine wesentliche Reduzierung der Krankheit im Zuge der Selbstdifferenzierung eines Bestandes ist nicht zu erwarten. Eher ist damit zu rechnen, dass es zu weiteren Infektionen kommt und dass so eine nennenswerte Zahl erkrankter Buchen mit entsprechend geringer Holzqualität in den Endbestand einwächst. Mischbaumarten sind zu begünstigen. Allerdings muss auch die potentielle Wertentwicklung der noch vorhandenen Überschilderung gegen die potentiellen Wertverluste in der Verjüngung abgewogen werden.

3 Grünästung der Fichte – Infektionsrisiko und Überwallung

Die Ästigkeit von Schnittholz ist ein wesentliches Qualitätskriterium, je nach Verwendung im Hinblick auf die Ästhetik oder auf die mechanische Stabilität (Abb. 7). Das Problem stellt sich insbesondere bei Koniferen, deren dürre Äste meist lange erhalten bleiben. Die Entfernung dieser Äste (Trockenästung) ist eine unumstrittene Methode um das Einwachsen der toten Äste („Schwarzäste“) weitgehend zu vermeiden, welche keinen festen Halt im Holz haben und daher bei Brettware oft unter Zurücklassung eines Astlochs herausfallen. Die kontrollierte Entfernung auch von grünen Ästen im unteren Kronenbereich von Bäumen im Stangenholz- und jungen Baumholzalter führt in den folgenden Jahrzehnten zum Zuwachs von astfreiem Holz. Diese Grünästung gilt seit geraumer Zeit bei der Douglasie als obligatorisch und problemlos, solange sie nicht im Frühjahr durchgeführt wird, da hier ein Infektionsrisiko durch die Rindenschildkrankheit der Douglasie, verursacht durch den Pilz *Phacidium coniferarum*, besteht (BUTIN 2011). Auch für *Picea abies* ergibt sich die verstärkte Notwendigkeit der Grünästung, da bei zeitgemäßen, stammzahlärmeren Fichtenbeständen die basalen Äste wegen der helleren Lichtverhältnisse länger grün bleiben und deshalb stärker werden. Frühere Empfehlungen gegen die Grünästung der Fichte basierten

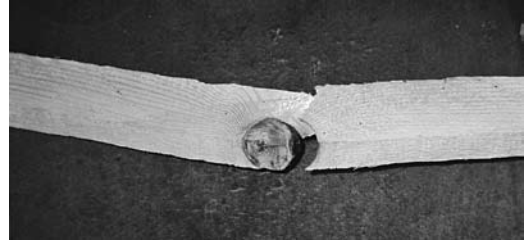


Abbildung 7. Ästigkeit verursacht Qualitätsmangel bei Schnittholz und ist die Ursache von Sollbruchstellen.

meist auf Untersuchungen an unsauber durchgeführten Ästungen, beispielsweise mit der Axt oder anderen ungeeigneten Ästungswerkzeugen (MAYER-WEGELIN 1952, BANERJEE 1955, RISLEY & SILVERBORG 1958). Spätere Untersuchungen an sorgfältiger geästetem Material ergaben deutlich bessere Resultate hinsichtlich der pilzlichen Infektionen (SCHLEGL-BECHTOLD 1985) und auch der Holzqualität (LENZ et al. 1991, SAUTER & MESSINIS 1996). Allerdings fehlten immer noch differenziertere Untersuchungen über den Einfluss unterschiedlicher Standorte und unterschiedlicher Jahreszeiten der Ästung.

Basis der hier vorgestellten Ausführungen sind die Arbeiten von METZLER (1997a, b) über die pilzliche Infektionsrate in verschiedenen Baumkompartimenten und eventuell damit verbundene Auswirkungen auf die Holzqualität unter dem Einfluss der Ästungsjahreszeiten Sommer und Herbst. Es wird nach Standorten unterschiedlicher Wüchsigkeit differenziert und die Überwallung qualitativ und quantitativ beschrieben.

3.1 Methodik der Untersuchung

Fünf Fichtenbestände waren in den Jahren 1978, 1979 und 1980 nach einem Versuchsplan von H. PRANGE und S. SCHÖNHAR (ehem. FVA Baden-Württemberg) geästet worden. Die Bestände liegen jeweils in den damaligen Forstbezirken Biberach (Oberschwaben), Gaildorf, Lorch (Schwäbisch-Fränkischer Wald), Pfalzgrafenweiler (Schwarzwald), sowie Villingen-Schwenningen (Baar). Das Alter der Bestände war damals 20 bis 25 Jahre, die Oberhöhen 14 bis 16 m. Der durchschnittliche jährliche Volumenzuwachs betrug zwischen 12 m³/ha im Bestand „Pfalzgrafenweiler“ und 15 bis 17 m³ in den anderen Beständen. Die Ästung wurde mit der Handsäge ggf. auf der Leiter bis zu einer Höhe 10 m durchgeführt. Es wurden mindestens 8-9 grüne

Astquirlen der oberen Krone belassen. Je ein Kollektiv pro Bestand wurde im Juli bzw. Oktober geästet. Durch die Verteilung der Ästungen auf drei Jahre sollten die Besonderheiten des jährlich spezifischen Witterungseinflusses auf das Infektionsrisiko ausgeglichen werden. Ein weiteres Kollektiv pro Bestand wurde als Kontrolle ungeästet belassen. Zwischen dem Ästungszeitpunkt und der Auswertung etwa 13 Jahre später waren am wechselfeuchten Standort Villingen-Schwenningen 8 % der geästeten und 4 % der ungeästeten Bäume durch Sturm ausgefallen, am Standort Lorch 13 % bzw. 9 %. Ansonsten waren Ausfälle gering und gleichmäßig über die geästeten und ungeästeten Kollektive verteilt (M. Flöss, pers. Mitt.).

In den Jahren 1993 und 1994 wurden die Versuchsbäume gefällt. Für jeden der sechs Ästungszeitpunkte (drei Jahre mit je zwei Jahreszeiten) sowie für die ungeästeten Kontrollen wurden je fünf Bäume untersucht, insgesamt 150 geästete und 25 ungeästete Bäume. Bäume aus den gleichen fünf Standorten wurden von KLÄDTKE & YUE (1997) auf ihr Wachstum hin untersucht.

Für die Untersuchung der Infektionen und der Überwallung wurden von jedem Baum drei Stammscheiben mit je ca. 6 cm Dicke aus dem Bereich von Astquirlen aus der Höhe von ca. 2 m, 7 m und 10 m entnommen. Die Ästungsnarben sind auf der Rinde auch noch Jahrzehnte nach der Ästung zu erkennen. Insgesamt enthielten diese Stammscheiben 1.840 Aststummel, 1.496 von ihnen waren von grünen Ästen. 344 waren Stummel von Ästen, die bereits bei der Ästung dürr waren, diese insbesondere aus den unteren Baumhöhen. Letztere wurden getrennt ausgewertet. Von den 315 Ästen der ungeästeten Vergleichsbäume waren 123 zum Zeitpunkt der Probenahme noch grün, 192 bereits dürr. Dicke und Vitalität der Äste wurden nach Längsschnitt der einzelnen Äste ermittelt.

Drei Baumkompartimente wurden mikrobiologisch untersucht: Der Aststummel selbst sowie Reifholz und Splint jeweils ca. 2 cm vom Aststummel entfernt. Aus jedem Kompartiment wurde pro Ast eine Rondelle von ca. 20 mm³ ausgestanzt und zur Feststellung der enthaltenen Pilzkeime auf SNA-Agar inkubiert (METZLER et al. 1993).

3.2 Pilzliche Infektionsrate

Die höchste pilzliche Infektionsrate bezogen auf die 20 mm³ Holzproben auf SNA-Agar (NIRENBERG 1981) wurde in den Astbasen der ungeästeten Kontroll-Bäume gefunden (34,4 %). Davon waren

die Totäste mit 50,0 % der Proben am meisten mit Pilzen infiziert, dagegen nur 9,4 % der lebenden Äste. Das kann durch den natürlichen Abgang dieser Äste im Zuge der Beschattung der unteren Äste, sowie mit der Flora der natürlichen Astreinigung erklärt werden (BUTIN & KOWALSKI 1990).

Im Reifholz war die Gesamt-Infektionsrate der geästeten Bäume signifikant höher als in dem der ungeästeten Bäume. Im Splintholz konnten keine statistisch gesicherten Unterschiede gefunden werden. Holzerstörende Pilze fehlten nahezu vollständig im geästeten Material. Nur neun solcher Isolate wurden in den 4.357 Proben gefunden, mindestens drei davon standen in Verbindung mit Ästungsfehlern. Bei vier dieser neun Isolate handelte es sich um *Stereum sanguinolentum*.

Klassische Bläuepilze wie *Ophiostoma* spp. oder *Ceratocystis* spp. fehlten sowohl im geästeten Material als auch in den Kontrollen. – Eine *Phialophora*-Art (Stamm FVA 342) war nicht selten in den Basen toter Äste von Bäumen der Kontroll-Gruppe zu finden, ebenso in den Stummeln der trocken geästeten Bäume.

In der Gruppe der „Sonstigen Pilze“, denen keine Holzentwertung nachgesagt werden kann, oder die als Antagonisten von Holzerstörern oder Bläuepilzen eine Rolle spielen, zeigen sich die deutlichsten Einflüsse der Grünästung. *Neonectria fuckeliana* (Konidien siehe Abb. 8) war mit 39 % der Pilzisolat der mit Abstand häufigste Pilz, der aus grün geästeten Bäumen isoliert wurde. Das am häufigsten damit infizierte Baumkompartiment waren die Aststummel, besonders diejenigen, welche im Herbst geästet worden waren. Bemerkenswerterweise ist dieser Pilz auch in der Lage, das Reifholz der betreffenden Bäume zu besiedeln und zwar besonders in den höheren Baumetagen. *N. fuckeliana* ist kaum in den ungeästeten Kontrollbäumen und auch nur selten in trocken geästeten Bereichen zu finden. In ungeästeten Bäumen wurde *N. fuckeliana* ausschließlich an Trockenästen beobachtet.

Neonectria fuckeliana ist die einzige Pilzart mit signifikant höherer Infektionsrate in verfärbtem Holz. Dieser Pilz ist gut bekannt als Besiedler von frischen Rindenwunden an Fichte und wurde auch häufig von grün geästeten Fichten (SCHLEGL-BECHTOLD 1985) und von leicht rötlich braun verfärbtem Holz isoliert (ROLL-HANSEN 1962). Die Verfärbungen sind jedoch so gering, dass sie für die Holzqualität als unbedeutend angesehen werden. Es ist anzunehmen, dass

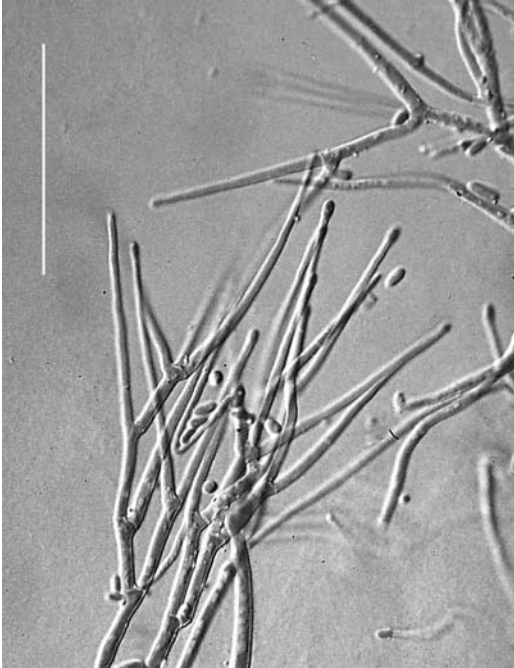


Abbildung 8. *Neonectria fuckeliana* Konidienform. Messbalken 50 µm.

zeitweiser Sauerstoffzutritt nach der Ästung evtl. gemeinsam mit der *N. fuckeliana*-Infektion zu einer Oxidation von phenolischen Substanzen geführt hat. Nach Abschluss der Wundheilung ist der Sauerstoffzutritt unterbunden, so dass keine weitere Verfärbung mehr stattfindet.

Pezicula livida ist spezialisiert auf die Basis belassener Äste, welche sich im Absterbeprozess befinden. Diese Art wurde auch von KOWALSKI & KEHR (1993) als einer der häufigsten Besiedler von geschwächten, jedoch noch lebenden Astbasen der Fichte gefunden. Seine maximale Populationsdichte scheint der Pilz im Frühstadium der natürlichen Astreinigung zu erreichen, um dann von *Phialocephala*- und *Phialophora*-Arten verdrängt zu werden (BUTIN & KOWALSKI 1990). Eher gleichmäßig verteilt sind die beiden nächst häufigsten Pilze im Holz: *Sarea difformis* (Anamorph: *Epithyrium resiniae*) und *Zalerion arboricola* (Abb. 9). Erstgenannte zeigt eine Präferenz für belassene Äste und für Aststummel nach Trockenästung. Deutlich spezialisiert auf letzteres Kollektiv ist auch *Corniculariella cf. abietis*. Als wichtigstes Ergebnis dieser Studie kann festgehalten wer-

den, dass Holz zerstörende Pilze durch eine sorgfältig durchgeführte Grünästung nicht gefördert werden. Bakterien sind besonders häufig in Aststummeln nach Sommerästung festzustellen. Sie fehlen fast vollständig im ungeästeten Kollektiv. Sie sind offenbar nicht in der Lage, auf das Splint- oder Reifholz überzuwechseln und haben hier keine wirtschaftliche Bedeutung.

3.3 Holzqualität

Mikrobielle Infektionen im Xylem lebender Bäume können zu Holzverfärbungen oder Fäulen führen, sie können den Wassertransport stören oder je nach Art der Organismen als Endophyten ohne erkennbare Wirkung bleiben.

Holzersetzung konnte nur in wenigen punktuellen Fäulen von weniger als 2 cm Durchmesser im Bereich von Aststummeln festgestellt werden. Einige gelbliche streifenförmige Verfärbungen im Holz waren beschränkt auf das (asthaltige) Reifholz von geästeten Bäumen. Derartige Verfärbungen, die ein Volumen von 5 dm³ überschritten, wurden an zwei der 75 im Sommer geästeten und in sechs der 75 im Herbst geästeten Bäumen festgestellt. Sie traten vorwiegend im Höhenbereich von sechs bis acht Metern auf und werden in diesem Umfang nicht als ökonomisch bedeutsam gewertet.

Der nach der Ästung astfreie Zuwachs ist das ökonomisch wertvollste Baumkompartiment. Dieses war vollständig frei von Holzverfärbungen oder Fäulen mit Ausnahme von zwei punktuellen Erscheinungen in zwei der 150 Bäume als Folge von Rinden- oder Astringverletzungen.

Dem verfärbten Holz benachbarte Aststummel waren durchschnittlich erst 6,13 Jahre nach



Abbildung 9. *Zalerion arboricola*, einer der häufigsten Besiedler von toten Aststummeln an *Picea abies*. Messbalken 50 µm.

Ästung überwallt, andere durchschnittlich nach 5,50 Jahren. Dies deutet darauf hin, dass eine verzögerte Überwallung Pilzinfektionen begünstigt haben könnte.

Harzgetränkte Aststummel waren bei 40 % der Äste mit einem Durchmesser von über 25 mm (ohne Rinde) signifikant häufiger nach der Ästung im Herbst (gegenüber Sommer) festzustellen. Entsprechend konzentrieren sich die verharzten Äste auf die höheren Baumetagen. Die Produktion von Harz und dessen gerichteter Austritt an Verletzungen ist ein wichtiger Mechanismus, mit dem Wunden an Bäumen geschlossen und Pilzinfektionen weitgehend ausgeschlossen werden können. Dieses dürfte für die Holzqualität unbedeutend sein, da nur der asthaltige Kern betroffen ist.

3.4 Auswirkungen von Ästungsfehlern

Wenn bei der Ästung der Astring (soweit überhaupt vorhanden) verletzt wurde, führte dies zu häufigeren Pilzinfektionen und Holzverfärbungen. Die Überwallungsgeschwindigkeit wurde dadurch nicht negativ beeinflusst. Allerdings sind auch hier vermehrt Pilzinfektionen und Verfärbungen festzustellen. Das versehentliche Belassen von Aststummeln (meist 1-2 cm lang) führte zu einer durchschnittlich um drei Jahre verlängerten Überwallungszeit.

Das größte Risiko bei einer Ästung sind Kambiumverletzungen (Tafel 1, Abb. 10). Diese entstehen beispielsweise, wenn Äste abreißen, bevor sie vollständig mit der Säge abgetrennt sind. An solchen Verletzungen sind die meisten Holzverfärbungen festzustellen, und die Überwallungszeit verlängert sich im Durchschnitt um mehr als zwei Jahre.

3.5 Trockenästung

Nach Trockenästung ist das Splintholz nicht zusätzlich mit Keimen belastet. Die Aststummel dagegen weisen eine qualitativ ähnliche Pilzpopulation auf wie die austrocknenden Äste des ungeästeten Kollektivs. Gleichmaßen sind etwa 45 % der Proben infiziert und zwar vorwiegend durch *Sarea difformis*. Offensichtlich sind die belassenen Totäste und die überwallten Aststummel von Totästen ökologisch ähnlich. Interessanterweise ist die Isolierungsrate aus dem Reifholz in der Nähe von abgeschnittenen Dürträsten deutlich höher als in der Nähe von belassenen oder von grün abgeschnittenen Ästen. Dies kann dadurch erklärt werden, dass die Trockenästung zwangsläufig besonders im unteren

Stammbereich stattfand, wo *Ascocoryne sarcoides*, *A. cylinchium* und *Neobulgaria premnophila* natürlich vorkommen (DELATOUR 1976, ROLL-HANSEN & ROLL-HANSEN 1979b, HUSE 1981, HALLAKSELA 1993).

3.6 Überwallungsgeschwindigkeit

Die Überwallungsgeschwindigkeit ist für den ökonomischen Erfolg einer Ästung aus zwei Gründen entscheidend: 1) Je eher homogenes Holz mit gleichmäßigem Faserverlauf hinzuwächst, um so eher und besser ist der angestrebte Zweck der Ästung erreicht. 2) Die Sauerstoffzufuhr, welche für die holzerstörende Aktivität von Pilzen essentiell ist, wird durch die vollständige Überwallung gehemmt.

Die durchschnittliche Überwallungszeit betrug 5,5 Jahre. Auf den gut wüchsigen Standorten Gaidorf und Lorch verkürzte sie sich auf nur 4,6 Jahre. Am Standort Pfalzgrafenweiler war sie jedoch durch den geringen Radialzuwachs auf 6,9 Jahre verlängert (METZLER 1997b). LENZ et al. (1991) gaben mit 2,5 Jahren eine sehr viel kürzere durchschnittliche Überwallungszeit an, was sich damit erklärt, dass für die Berechnung nicht das Ästungsjahr sondern nur die Jahrringe ab der Schnittkante bis zu ihrem Zusammenschluss zugrunde gelegt wurden. Die Jahrringe vom Ästungszeitpunkt bis zum Erreichen der Schnittkante wurden nicht berücksichtigt. Eine nur schwache Beziehung der Überwallungszeit mit dem Astdurchmesser und der größere Einfluss des Zuwachses wurde von BUES (1996) beobachtet.

3.7 Folgen für die Forstpraxis

Erste Priorität bei der Ästung hat der sorgfältige Schnitt. Verletzungen am Stammholz führen zu einer erhöhten Infektionsrate mit Holz entwertenden Pilzen. Ferner ist, wie auch beim Belassen von Aststummeln, die Zeitspanne bis zur Produktion von störungsfreiem Holz unnötig verlängert.

Die Ästungszeitpunkte Sommer und Herbst unterscheiden sich graduell, wobei der Sommerästung im Hinblick auf Holzverfärbungen und die pilzliche Infektionsrate der Vorzug zu geben ist.

4 Präventive Maßnahmen gegen die Stockfäule der Fichte

Die Stockfäule der Fichte wird überwiegend durch den Wurzelschwamm *Heterobasidion par-*

viporum (*H. annosum* s.l.) verursacht, in geringerem Maß durch Hallimasch-Arten (*Armillaria* spp.), selten durch andere Pilzarten (GRABER 1994, SCHÖNHAR 1994, 1996).

Durch NIEMELÄ & KORHONEN (1998) wurde die bisherige Sammelart *H. annosum* s.l. in drei Arten aufgetrennt: *H. annosum* s.str., die hauptsächlich Kiefern und Douglasien befällt, *H. abietinum* die bevorzugt auf Tannen Südeuropas vorkommt sowie *H. parviporum*, die die Fichte bevorzugt. Eine aktuelle Darstellung zu Verbreitung und Ökologie dieser Arten geben KORHONEN & HOLDENRIEDER (2005). In Baden-Württemberg herrscht *H. parviporum* vor, während *H. annosum* s.str. und *H. abietinum* nur selten isoliert werden (METZLER et al. 2011). Da in den älteren Untersuchungen die Arten dieses Komplexes nicht explizit unterschieden wurden, wird im Folgenden der Sammelartname *H. annosum* s.l. verwendet.

Durch die Fäule werden in erster Linie Starkwurzeln und das Reifholz im Stammfuß (Tafel 1, Abb. 11) zerstört, im fortgeschrittenen Stadium wird von innen her auch der Splint angegriffen. *Heterobasidion annosum* s.l. führt zu einer stark verminderten Standfestigkeit der Bäume. Befallene Einzelbäume erleiden Stockbrüche und destabilisieren das Bestandesgefüge durch erhöhte Sturmanfälligkeit. Wesentlich stärker als durch andere Erreger werden die Stämme bis zu einer Höhe von mehreren Metern, teilweise bis zur gesamten Stammlänge entwertet.

H. annosum s.l. gilt in Deutschland als der forstökonomisch bedeutendste Krankheitserreger der Fichte. Die jährlichen finanziellen Verluste durch diesen Pilz werden auf rund 56 Mio. Euro geschätzt (DIMITRI & TOMICZEK 1998). GRABER (1994) beziffert den Schaden durch Stockfäule in der Schweiz auf bis zu 25.000 SFr./ha während einer Umtriebszeit.

Der Befall der Bäume durch *H. annosum* s.l. kann in geringem Maß durch Stammwunden wie Schäl- oder Rückeschäden erfolgen, weitaus bedeutender ist jedoch der Infektionsweg über Wurzelkontakte (RISHBETH 1950, SCHÖNHAR 1976). Bei zunächst unbefallenen Fichtenbeständen (z.B. Erstaufforstungen) werden nach den ersten forstlichen Eingriffen frische Stubben durch Basidiosporen von Fruchtkörpern (Tafel 2, Abb. 12) infiziert. Nach der Keimung der Sporen durchdringt das Myzel das Stockholz und erreicht so Kontakt zu Wurzeln von Nachbarbäumen. Die Verbindung der Infektionen mit Durchforstungen beschreiben KORHONEN et al. (1998) sehr anschaulich: „Der Wurzelschwamm folgt den Fuß-

stapfen des Menschen in den Wald“. Stubben aus Durchforstungen während des Frühherbstes sind dabei am meisten gefährdet, da hier das Maximum der Sporendeposition festzustellen ist (SYLVESTRE-GUINOT & DELATOUR 1978).

Aus der Schlüsselstellung der Baumstümpfe und der Wurzelkontakte für die Übertragung des Schadpilzes ergeben integrierte Bekämpfungsansätze: a) Ein weiter Pflanzverband und/oder Beimischung von anderen Baumarten soll den Wurzelkontakt zwischen den anfälligen Fichten verringern. b) Durchforstungen sollten im Winter bei Frost durchgeführt werden, wenn keine Sporen des Schadpilzes verbreitet werden. – Die frischen Stubben sind nur innerhalb von etwa vier Wochen nach Fällung der Bäume für *H. annosum*-Sporen infizierbar (SCHÖNHAR 1979).

Wenn *H. annosum* sich bereits im Wurzelsystem eines Bestandes etabliert hat, ist die Ausbreitung mit ökonomisch vertretbaren Maßnahmen nicht mehr zu beeinflussen. Als sinnvoll hat sich deshalb die Prävention in noch nicht oder nur wenig befallenen Erstaufforstungen erwiesen. In mehreren europäischen Ländern, besonders in Skandinavien und Großbritannien, werden Koniferenstubben nach Eingriffen in Erstaufforstungen routinemäßig chemisch oder biologisch behandelt (PRATT & JOHANSSON 1998), um die Etablierung des Erregers auf der frischen Schnittfläche zu erschweren.

Wirkungsuntersuchungen an den behandelten Stubben werden meist innerhalb von 6-12 Monaten durchgeführt. Entscheidendes Erfolgskriterium ist jedoch der Befallsgrad im verbleibenden Bestand (SCHÖNHAR 1988, VOLLBRECHT & JOERGENSEN 1995). Um entsprechende Erfahrungen zu erweitern, wurden für die hier vorgestellte Untersuchung Fichtenbestände mit Stockbehandlungen etwa 12 Jahre nach der Erstdurchforstung untersucht (METZLER & KUBLIN 2003).

4.1 Behandelte Bestände

Die Probeflächen für diese Studie liegen auf flachgründigem Kalkverwitterungslehm oder auf Hang-Terra fusca in einer Höhenlage von ca. 700 m N.N. im ehemaligen Forstbezirk Gammertingen/Schwäbische Alb. Die Vornutzung war landwirtschaftlich als Schafweide, Wiese oder Acker. In den 1980er Jahren waren hier zahlreiche, damals ca. 8-15-jährige Fichten-Erstaufforstungsflächen im Kommunal- und Kleinprivatwald erstmalig durchforstet worden. Auf einem Teil der Flächen waren die Stubben unmittelbar

danach mit einer wässrigen 10%igen Natrium-Nitrit-Lösung mit dem Pinsel nass gestrichen worden (SCHÖNHAR 1977, Anonymus 1987). Für die hier vorgestellte Untersuchung (METZLER & KUBLIN, 2003) wurden sieben so behandelte Flächen von jeweils ca. 0,5-1,5 ha Größe sowie gleich viele benachbarte unbehandelte Vergleichsflächen ausgewählt, die hinsichtlich Vornutzung, Pflanzverband, Eingriffzeitpunkt und -stärke möglichst ähnlich waren. Die Proben wurden im Zuge einer weiteren Durchforstung im Frühjahr 1996, durchschnittlich etwa 12 Jahre nach der Erstdurchforstung, entnommen. Aus jeder behandelten und unbehandelten Fläche wurden je 50 frische Stöcke, also insgesamt 700, zufällig ausgewählt und auf Pilzbefall und Fäule untersucht.

4.2 Der Behandlungserfolg

Durch die Stubbenbehandlung bei der Jungbestandspflege blieb im verbleibenden Bestand der Befall durch *H. annosum* etwa 12 Jahre später bei 2,9 % der Stammzahl, während er in den unbehandelten Parzellen auf 9,7 % anstieg. Anders ausgedrückt heißt dies, dass der Befall im behandelten Kollektiv um 71 % geringer war gegenüber dem unbehandelten Kollektiv.

Unsere Untersuchung zeigt exemplarisch die Wirksamkeit einer Stubbenbehandlung. Allerdings kann das damals noch benutzte Natrium-Nitrit heute nicht mehr in der Praxis eingesetzt werden, da die Anwendung in der Forstpraxis eine amtliche Zulassung als Pflanzenschutzmittel erfordert. Da sie zumindest in der Ausgangskonzentration warmlütertotoxisch ist und damit ein Risiko für den Anwender und für Wildtiere darstellt, hätte sie kaum Aussicht auf Zulassung. Die in der Lebensmittelindustrie eingesetzten Konzentrationen liegen etwa um den Faktor 1.000 niedriger.

Alternative Mittel, insbesondere Harnstoff und der antagonistische Pilz *Phlebiopsis gigantea*, werden in anderen europäischen Ländern, vor allem in Skandinavien und Großbritannien, in großem Umfang mit speziellen Zusatzaggregaten beim Harvester-Einsatz in der Holzernte ausgebracht (PRATT & JOHANSSON 1998, THOR 2001). Eine Verwendung ist auch bei uns unter den gegenwärtigen gesetzlichen Bedingungen als Mittel zur Bodenverbesserung nach Düngemittelverordnung und auch nach § 6a des Pflanzenschutzgesetzes zulässig. *P. gigantea* scheint keine diffundierenden fungitoxischen Verbindungen zu produzieren, welche *H. annosum* hemmen, jedoch überwächst sie *H. annosum* in vitro, wobei

der Schadpilz abstirbt. Die Wirkung von Harnstoff beruht auf der Anhebung des pH-Wertes an der Stubbenoberfläche nach der Hydrolyse und der damit verbundenen Begünstigung von anderen Pilzarten aus der konkurrierenden mikrobiellen Begleitflora (PRATT et al. 1998). Als weiteres Mittel ist die Bor-Verbindung DOT im Gespräch, die jedoch als Fungizid, das insbesondere gegen Basidiomyceten toxisch wirkt, amtlich zugelassen werden müsste (PRATT 1996).

Insbesondere in Skandinavien und Großbritannien werden jährlich Fichtenbestände auf über 116.000 ha behandelt, außerdem über 93.000 ha anderer Baumarten (THOR 2003). 56 % davon werden mit dem Antagonisten *P. gigantea* behandelt, 42 % mit Harnstoff, 2 % mit der Bor-Verbindung DOT. Auf der Datenbasis von etwa 600 Durchforstungen haben VOLLBRECHT & JOERGENSEN (1995) errechnet, dass gegenüber unbehandelten Beständen die Stockbehandlung mit 20 % Harnstoff die jährliche Ausbreitung von Stockfäule auf etwa ein Drittel, die mit Natrium-Nitrit auf etwa die Hälfte reduzierte. Das Ergebnis ist auch deshalb wichtig, weil das Untersuchungsmaterial aller Behandlungsvarianten unterschiedliche Standorte, Nutzungsgeschichte und Ausgangsbefall (nicht nur Erstaufforstungen) beinhaltete. Die Wirksamkeit der Anwendung von Harnstoff wurde von RENFER (2004) bestätigt.

4.3 Perspektiven

Der Wurzelschwamm *H. annosum* verursacht in vielen Fichtenbeständen, besonders auf kalkhaltigen Böden, hohe wirtschaftliche Verluste für die Waldbesitzer. Der wichtigste Verbreitungsweg dieses Pilzes in einem Bestand beginnt bei der Infektion frischer Stubben durch windverbreitete Sporen und führt über Wurzelverwachsungen zu den Nachbarbäumen. Durch die Stubbenbehandlung kann dieser Infektionsweg unterbrochen werden. Die vorliegende Untersuchung unterstützt die Erkenntnis, dass fachgerecht durchgeführte Stockbehandlungen hohe Erfolgsaussichten zur Verhinderung der Stockfäule des verbleibenden Bestandes haben.

Die manuelle Stubbenbehandlung galt bei uns bisher als zu arbeitsaufwändig. Die skandinavische Harvester-technik (Tafel 2, Abb. 14), die in Kombination mit einem antagonistischen Pilzpräparat im Rahmen eines Stützpunktversuchs der Forstdirektion Tübingen in Zusammenarbeit mit der FVA Baden-Württemberg getestet wurde, bietet jedoch neue Perspektiven (METZLER et al.

2005). In den behandelten Flächen wurde eine Befallsreduktion um 80 % erreicht. Die Ergebnisse führten 2006 zu einem Erlass des Regierungspräsidiums Tübingen mit einer Empfehlung zugunsten der Stockbehandlung.

5 Schäden durch Hallimasch im Nasslager

Die Beregnung von Rundholz hat sich als ökonomisch tragbare Konservierungsmethode vielfach bewährt, um größere Holzmengen nach Sturmkatastrophen aus dem Markt nehmen zu können (MOLTESEN 1971, PEEK & LIESE 1974, GIBBS & WEBBER 1996). Damit soll Holzwertung sowohl durch Fäule und Bläue erregende Pilze als auch durch holzbohrende Insekten verhindert werden (LIESE & KARSTEDT 1971).

Nach den Stürmen „Vivian“ und „Wiebke“ 1990 wurden in Deutschland 15 Mio. Festmeter Holz unter Beregnung gelagert (SCHMIDT 1994, Tafel 3, Abb. 15). Nach dem Sturm „Lothar“ im Dezember 1999 wurden allein in Baden-Württemberg 4 Mio. Festmeter auf über 100 Nasslagerplätzen beregnet.

Unter den Gegebenheiten Süddeutschlands werden hauptsächlich Fichte und Tanne, in geringem Umfang auch Kiefer und Douglasie nach dieser Methode eingelagert. Für Buche eignet sich die Methode wegen der kaum vermeidbaren Holzverfärbungen nur beschränkt. Für Eichenholz ist die Beregnung nicht erforderlich, da geringere Mengen anfallen und eine einjährige Waldlagerung meist unproblematisch ist.

Physikalisches Prinzip der Beregnung ist es, eine möglichst hohe Holzfeuchte zu gewährleisten und so den Sauerstoff weitgehend auszuschließen. Während im Splintholz die Holzfeuchte durch die Beregnung wieder erhöht werden kann, ist dies beim Reifholz nicht oder kaum der Fall (SCHUMACHER & GROSSER 1995). Entscheidend für den Konservierungserfolg der Beregnung ist, dass eine ausreichende Beregnungsintensität gewährleistet ist. Wenn dies nicht der Fall ist, kommt es zu teilweiser Austrocknung des Holzes, was wiederum Fäulnis durch verschiedene Holzzerstörer wie *Gloeophyllum sepiarium*, *Heterobasidion annosum* s.l. oder *Stereum sanguinolentum* zur Folge hat (SCHUMACHER & GROSSER 1995, GIBBS et al. 1996).

Allerdings hat sich in den letzten Jahren gezeigt, dass Hallimasch-Arten (*Armillaria* spp.), im Gegensatz zu anderen holzzerstörenden Pilzen, auch in vorschriftsmäßig beregneten Poltern

eine langsam vordringende Mantelfäule verursachen können (METZLER 1994, GROSS & METZLER 1995). Jedenfalls sind die Stämme auch unter Beregnung sehr anfällig für Hallimasch-Wachstum unter der Rinde. Innerhalb weniger Jahre können ganze Polter befallen sein. Entgegen früherer Annahmen wird auch das Splintholz angegriffen. In den ersten zwei Jahren sind die entsprechenden Holz- bzw. Qualitätsverluste meist tolerierbar. Nach vier Jahren lag nach einer Studie an 27.000 Fm in 17 Nasslagerplätzen der durchschnittliche Holzverlust bei 5,1 % (GROSS & METZLER 1995). Allerdings waren auch hier im Gegensatz zu Plätzen mit Beregnungsmängeln keine Schäden durch weitere holzzerstörenden Organismen festzustellen.

Sehr bald nach Entdeckung des überraschenden Phänomens waren im Hallimasch-befallenen Holz charakteristisch ausgebildete Luftkanäle entdeckt worden, denen eine besondere Bedeutung bei der entstehenden Holzfäule zugeschrieben wird (METZLER 1994) und deren Entstehung und Funktion näher zu untersuchen war. Die weiteren hier vorgelegten Untersuchungen (GROSS & METZLER 1995, METZLER & HECHT 2004) wurden an den genannten Praxispoltern, an Versuchspoltern der FVA, Abt. Arbeitswirtschaft und Forstbenutzung (jetzt Waldnutzung), sowie in Laborexperimenten durchgeführt.

5.1 Schadbild

Im Zusammenhang mit Hallimasch-Myzelfächern unter der Rinde waren in der Anfangsphase nur punktuelle, selten stammungsgreifende oberflächliche Fäulen festgestellt worden. Allein das Auftreten von Fächermycel oder Rhizomorphen ist ohne zusätzliche Beil- oder Nagelprobe kein sicheres Anzeichen von holzzerstörendem Befall. Die Fäule wurde bei maschineller Entrindung besonders deutlich (Tafel 2, Abb. 13). Geschädigt war stets der periphere Splintbereich (Mantelfäule), niemals der Kern. An regulär beregneten Poltern konnte kein Befall durch Insekten oder andere Pilze als Hallimasch-Arten festgestellt werden.

Die entsprechenden Hallimasch-Isolate aus Baden-Württemberg wurden als *Armillaria cepistipes* und als *A. ostoyae* bestimmt. Anhand der Zersetzungssymptome am Holz konnte kein Unterschied zwischen den Arten festgestellt werden.

5.2 Infektions- und Ausbreitungsmuster im Polter

Die wahrscheinlichste Erstinfektionsquelle in einem Polter ist die Einlagerung von einzelnen

Stämmen mit Hallimaschbefall im Kambium. Insbesondere unter den Bedingungen der zuvor praktizierten Lebendlagerung wird oft ein hoher Prozentsatz des Sturmholzes innerhalb einer Vegetationsperiode befallen (ACHHAMMER 1992). Für den regelmäßigen Erstbefall von Poltern durch Sporenflug oder durch Rhizomorphen vom Waldboden aus konnten keine Hinweise gefunden werden.

Die Laborergebnisse zeigen, dass bereits nach wenigen Wochen des Kontakts Hallimaschmycel in das Holz eindringen und mit der Holzersetzung beginnen kann. Jedoch fallen Fäulen, die in den Poltern an den wenigen Primärherden bereits in den ersten beiden Jahren auftreten, zahlenmäßig nicht ins Gewicht. Das plötzliche Auftreten von umfangreichen Splintfäulen spätestens im vierten Jahr der Einlagerung erklärt sich mit dem exponentiellen Ausbreitungsmuster der Mycelfächer unter der Rinde der eingelagerten Stämme.

5.3 Beregnungsqualität

Das Auftreten von Hallimasch wurde unabhängig vom Beregnungssystem beobachtet. Die große Zahl untersuchter Polter mit bekanntem Beregnungsregime und die Tatsache, dass Schädigungen selbst im Versuchspolter bei optimalen Beregnungs- und Einlagerungsbedingungen auftraten, zeigen, dass Beregnungsfehler nicht die Ursache für den Befall mit Hallimasch sein können.

5.4 Anatomische Befunde an befallenem Holz

Die Besonderheiten beim Abbau von wassergesättigtem Holz durch den Hallimasch wurden durch METZLER & HECHT (2004) anatomisch detailliert untersucht. Holzfäule ist unter diesen Bedingungen nur möglich, weil eine spezielle pilzliche Aktivität gasgefüllte Räume im wassergesättigten Holz erzeugt und spezielle pilzliche Strukturen wasser- und gasgefüllte Räume voneinander trennen. Es ist deutlich, dass die gasgefüllten Bereiche mit der Außenluft in Verbindung stehen, so dass gasförmiger Sauerstoff in das Holz hinein diffundieren kann.

Die anatomische Untersuchung von frischen, noch wassergesättigten Splintholzproben zeigte radial in das Holz verlaufende helle Streifen. Von der Kambialfläche aus gesehen oder in tangentialen Schnitten erscheinen diese Striche als ovale Schnittflächen. Mit Hilfe des Durchlichtmikroskops konnte gezeigt werden, dass diese hell

erscheinenden Bereiche innerhalb des wassergesättigten Holzes mit Gas gefüllt sind und dass der optische Kontrast durch die unterschiedliche Lichtbrechung zu erklären ist.

Bei frühen Befallsstadien sind die Striche dünner (ca. 0,5 mm) und sie reichen nur wenige Millimeter in das Holz. Im späteren Stadium können sie 3 mm im Durchmesser erreichen und bis zu 4 cm lang werden, d.h. sie durchziehen den gesamten Splint (METZLER 1994). Im mikroskopischen Schnitt ist erkennbar, dass die Grenze zwischen dem gas- und dem wassergefüllten Bereich jeweils durch eine röhrenförmige pseudoparenchymatische Barriere (PPB) aus Pilzzellen gebildet wird, die quer durch die Tracheiden verlaufen kann. Man erkennt im Tangentialschnitt, dass in der Regel Holzstrahlen in diese röhrenförmigen, gasgefüllten Strukturen eingefasst sind und sich viel Pilzmycel darin befindet.

Die Tracheidenwände weisen innerhalb der gasgefüllten Röhren zahlreiche Löcher von 1-2 μm infolge von penetrierenden Hyphen auf (Abb. 16). Diese Bohrlöcher scheinen sich zu größeren rechtwinkligen Perforationen zu vergrößern, welche wiederum zu noch größeren fensterartigen Durchbrechungen fusionieren und dabei Durch-

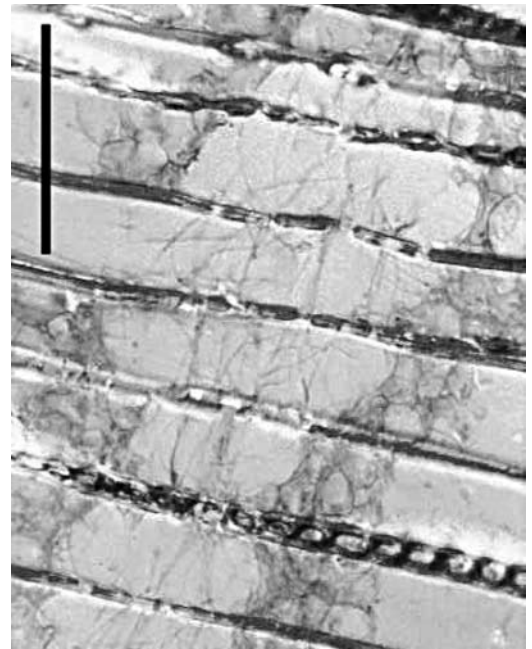


Abbildung 16. Zersetzung von Fichtenholz innerhalb eines Hallimasch-Luftkanals. Messbalken 100 μm .

messer von über 10 µm erreichen können (METZLER & HECHT 2004).

5.5 Einfluss von Substrat und Temperatur

In Laborversuchen konnte gezeigt werden, dass sich die Wachstumsgeschwindigkeit von Rhizomorphen bei Temperaturerhöhung von 10 °C auf 15 °C etwa vervierfacht (Tafel 3, Abb. 17). Der maximale Einzelwert von 40 mm/Woche wurde bei 25 °C gemessen (GROSS & METZLER 1995).

Die radiale Eindringtiefe des Mycels in das Holz innerhalb von 6 Wochen wurde an Mikrotomschnitten mikroskopisch ausgewertet. Sie steigt mit der Temperatur an und erreichte ab 15 °C 12-15 mm. In erster Linie werden zunächst die Holzstrahlen und Harzkanäle besiedelt, in geringerem Umfang auch die Tracheiden. Bei 20-30 °C sind schon kleinräumig die typischen pilzlichen pseudoparenchymatischen Barrieren ausgebildet und es treten bereits vereinzelt Hyphendurchbrüche in den Zellwänden auf („Bohrlöcher“).

5.6 Konkurrenzkraft des Hallimasch

Im Gegensatz zu den Rhizomorphen zeigte das „normale Mycel“ der Hallimasch-Isolate im Laborversuch nur eine geringe Konkurrenzkraft gegenüber antagonistischen Organismen (GROSS & METZLER 1995). Das frische Mycel konnte sich nur auf autoklavierten Splintholzproben mit Bast etablieren. Auf berindetem, nicht sterilisiertem Holz sowie in Dualkulturen auf Agar wurden sie von folgenden aus Fichtenholz isolierten Pilzen gehemmt: *Cylindrocarpon destructans*, *C. magnusianum*, *Volutella ciliata*, *Phialophora spec.*, sowie von zwei weiteren unbestimmten Pilzarten. Der Zygomycet *Mortierella mutabilis* hatte keinen hemmenden Einfluss auf die Hallimasch-Isolate.

5.7 Die Rolle des Sauerstoffs

Generell sinkt unter Sauerstoffmangel die Fähigkeit von Pilzen, Holzfäulen zu erregen (METZLER et al. 1993). Insbesondere der Abbau von Lignin ist stark von Sauerstoff abhängig. CWIELONG et al. (1993) zeigten, dass das Wachstum von *Heterobasidion annosum* auf Ligninsulfat in einer Atmosphäre mit 2 % Sauerstoff nur noch 1,3 % der Rate bei Normalatmosphäre beträgt. Im Gegensatz dazu blieb die Wachstumsrate bei 2 % Sauerstoff auf Glucose als Kohlenstoff-Quelle bei 84 %. Damit wurden Studien zur Substratabhängigkeit von GUNDERSEN (1961) an *H. annosum*, von HALL & LEBEN (1985) an *Perenniporia*

compacta (syn. *Polyporus compactus*) und von SCHEFFER (1986) an verschiedenen Holzerstörern bestätigt.

Flüssiges Wasser enthält nur wenige ppm Sauerstoff. Die Diffusionsrate von Sauerstoff in wassergesättigten Stämmen ist sehr gering und normalerweise nicht ausreichend für holzerstörende pilzliche Aktivität (ZABEL & MORRELL 1992). Aus diesem Grund ist wassergesättigtes Holz weitgehend haltbar, und die Beregnung ist normalerweise eine praktikable Methode, Rundholz in diesem Zustand zu konservieren.

Obwohl das Wachstum von Hallimasch-Rhizomorphen unter sauerstoffarmen Bedingungen nachlässt (MÜNCH 1909, SMITH & GRIFFIN 1971, RISHBETH 1978) fand REITSMA (1932) deutliche Hinweise, dass durch die Rhizomorphen eine Kanalisierung von Sauerstoff von aeroben zu anaeroben Bereichen in Agar-Kulturen stattfindet. Das umfangreiche Wachstum von Hallimasch-Rhizomorphen und -Mycelfächern unter der Rinde von beregnetem Stammholz kann so erklärt werden, zumal sich im Phloem- und Kambialbereich leicht verfügbare Zucker befinden, so dass der Pilz in dieser Phase nicht vom Ligninabbau abhängig ist. Durch diese Untersuchungen konnte die Sauerstoffversorgung des Hallimasch im wassergesättigten Holz durch die anatomisch einzigartige Struktur seiner pilzlichen Luftkanäle erklärt werden (METZLER & HECHT 2004).

5.8 Zusammenfassung des Befallsverlaufs

Der gesamte Ablauf von der Primärbesiedelung eines Polters bis zur Fäule in optimal beregnetem Holz kann nun folgendermaßen dargestellt werden:

- a) Unwillkürliche Einschleppung von Hallimasch in das Nasslager durch einzelne befallene Stämme. Insbesondere Holz aus Lebendlagerung ist häufig unter der Rinde infiziert.
- b) Schnelle Ausbreitung von Mycelfächern und Rhizomorphen im Kambialbereich der berindeten Stämme über weite Polterteile. Die Geschwindigkeit ist temperaturabhängig und steigt zwischen 10 und 20°C stark an.
- c) Einwachsen von Hallimaschhyphen in die Holzstrahlen unter anaeroben oder mikroaeroben Bedingungen. Dies wird begünstigt durch die dort verfügbaren Kohlenstoffquellen, z.B. Stärke.
- d) Hyphenwachstum in der Umgebung der Holzstrahlen im Xylem, wobei eine röhrenförmige pseudoparenchymatische Barriere (PPB) gebildet wird.

e) Durch die physiologische Aktivität der Pilzhyphen entsteht innerhalb dieser röhrenförmigen Barrieren Kohlendioxid und es kommt zu einer Absenkung des pH-Wertes unterhalb pH 4,6 (METZLER 1994). Je nach Temperatur kommt es so bald zu einer Übersättigung der CO₂-Konzentration, wodurch dieses in den gasförmigen Zustand übergeht. Die damit verbundene beträchtliche Volumenausdehnung führt zur Verdrängung des Wassers aus den präformierten Röhren (Sektflascheneffekt).

f) Die nun gasgefüllten Röhren stehen in Verbindung mit der Außenluft. Die Diffusionsrate von Sauerstoff im gasgefüllten Raum ist im Vergleich zu der Rate in Wasser drastisch, d.h. etwa um den Faktor 10.000 erhöht. So kann Sauerstoff leicht in das Holz diffundieren. Der nun verfügbare Sauerstoff ermöglicht zunächst lokal den Abbau von Lignin, also die Entstehung von Weißfäule durch den Hallimasch.

g) Im Verlauf dieser Fäuleentwicklung entstehen „Bohrlöcher“ durch die Hyphen und dann größere Durchbrechungen der Tracheidenwände, was die Sauerstoffdiffusion zusätzlich begünstigt.

h) Das Mark von aus dem Holz herauswachsenden Rhizomorphen ist ebenfalls luftgefüllt und steht in direktem Kontakt zu den röhrenförmigen Luftkanälen im Holz. Damit ist ein zusätzlicher Ferntransport von Sauerstoff durch eine wässrige Umgebung möglich.

5.9 Maßnahmen gegen Hallimaschbefall in Nasslagern

a) Da länger lebend gelagertes Sturmholz eine besonders hohe Befallsrate mit Hallimasch aufweist, sollte dieses nicht oder nur nach dem Prinzip „last in, first out“ eingelagert werden.

b) Die schnelle Besiedelung ganzer Polter durch den Hallimasch ist an die Berindung gebunden. Eine nennenswerte Ausbreitung in Poltern mit entrindetem Holz findet nicht statt (SCHUMACHER & WEGENER 1998).

c) Die Ausbreitung des Pilzes und der Holzabbau sind stark temperaturabhängig. Wenige Grade Temperaturerhöhung, besonders im Bereich zwischen 10 und 15 °C, beeinflussen diese Aktivitäten beträchtlich. Deswegen sollten möglichst höher gelegene und damit kühlere Beregnungsplätze gewählt und möglichst kühles Beregnungswasser verwendet werden.

In Kapitel 6 ist eine weitere Konservierungsmethode durch direkten Sauerstoffausschluss (Folienverpackung) beschrieben, welche das Wachstum von Hallimasch ausschließt.

6 Pilzentwicklung bei Holzlagerung unter Schutzgasatmosphäre

Bei längerer konventioneller Waldlagerung besteht für Rundholz die Gefahr der Entwertung durch Pilz- und Insektenbefall. Die Wertverluste bei Fichte können nach einjähriger Lagerung bei 40-50 % liegen (AMMER 1963, KUHN 1991). Bei Buche taugt das Holz durch den zunächst abiotisch verursachten Einlauf und die dann einige Monate später einsetzende Verstockung (pilzliche Zersetzung) nur noch zu Brennholz. Windwurfkalamitäten wie in Baden-Württemberg durch die Stürme „Vivian“, „Wiebke“ (1990) und „Lothar“ (1999) einerseits und den Wunsch der Sägeindustrie nach kontinuierlicher Versorgung mit Rundholz andererseits verlangen nach verlässlichen Methoden, um die Holzqualität von Frischholz auch über die warme Jahreszeit zu erhalten. Ziel ist es, zu der Methode der Beregnung (siehe Kap. 5) Alternativen zu entwickeln.

Die Aktivität von Holz entwertenden Pilzen lässt erst bei sehr niedriger Sauerstoffkonzentration nach. Mit einer gasdichten Verpackung des Holzes können durch die Atmung des Holzes und der vorhandenen Mikroorganismen eine Reduzierung des Sauerstoffs und eine Erhöhung des CO₂-Gehalts erreicht werden (McKEE & DANIEL 1966, SCHEFFER 1986). Durch künstliche Zugabe von Inertgas erreicht man bereits von Anfang an einen niedrigen Sauerstoffgehalt. YDE-ANDERSON (1973) konnte so folienverpacktes Buchenholz über ein Sommerhalbjahr konservieren.

Im Rahmen eines praxisrelevanten Gemeinschaftsprojektes zur Entwicklung alternativer Holzschutzverfahren (BORT & HÖRGER 1991, MAHLER 1992) wurde einjährig lebend gelagertes Fichten-Sturmholz abgestockt und für ein weiteres Sommerhalbjahr in verschiedenen Versuchsvarianten gelagert: weitgehend gasdichte Folienverpackung (Tafel 3, Abb. 18), teilweise mit Begasung durch Kohlendioxid oder Stickstoff, sowie konventionelle Waldlagerung. Ziel war es, durch die Folienverpackung nicht nur die Holzfeuchte von der Einlagerung an zu stabilisieren, sondern auch durch eine möglichst gute Abdichtung der Folien eine kontrollierte sauerstoffarme Innenatmosphäre zu schaffen und zu erhalten. Die dabei auftretenden Gesetzmäßigkeiten sollten erkannt werden, so dass Prognosen zur Entwicklung der Holzqualität bei längerer Lagerungsdauer gegeben werden können (METZLER et al. 1993).

Für die Bonitur der Holzverfärbung durch Bläuen und Holz zerstörende Pilze wurden Stammschei-

ben aus 35 cm Entfernung von den Stirnseiten verwendet. Die stärksten Verfärbungen traten bei ungeschützter Waldlagerung mit 36 % der Querschnittsfläche auf. Nach der Handelsklassensortierung für Rohholz (HKS) entspricht dies nur noch Güteklasse D (ANONYMUS 1988). Auch bei einem verpackten Polter, das bei der Einlagerung nicht begast worden war, waren 28 % verfärbt, wobei der Sauerstoffgehalt bei Öffnung 9,2 % betragen hatte. Die Polter mit 12,1 bzw. 10,4 % Sauerstoff wiesen intermediäre Verfärbungsintensitäten auf. Deutlich bessere Werte zeigte ein Polter mit 7,8 % Sauerstoffgehalt und nur 4 % verfärbter Querschnittsfläche. Das Holz aus dem Polter mit dem geringsten Sauerstoffgehalt entsprach mit 1 % Verfärbung annähernd dem Frischholz.

6.1 Mykologische Untersuchung des Splintholzes

Die Oberfläche der Stämme im CO₂-Polter „1.0“ war an den Mantelflächen und an den Splintholz-Stirnflächen dicht vom wattigen Mycel des antagonistischen Pilzes *Clonostachys solani* bedeckt (Tafel 4, Abb. 19). Holzzerstörende Pilze, die in anderen verpackten Poltern auftraten, zeigten sich makroskopisch kaum in Form von Fruchtkörpern, sondern nur als besondere Mycelkru-

sten oder als typische Mycelstränge (Tafel 4, Abb. 20). Aus den Stämmen der Variante „Waldlagerung“ wuchsen vereinzelt Fruchtkörper von *Schizophyllum commune*, *Bjerkandera adusta* und *Stereum sanguinolentum*.

Von jedem Polter waren fünf Stämme aus der Mittellage ausgewählt worden. Davon wurden je 10 Proben (also insgesamt 50 pro Polter) von je ca. 10 mm³ aus dem Inneren des Splintholzes im Abstand von 35 cm von den Stirnflächen entnommen. Bei Frischeinschlag enthielten nur 4 % von ihnen lebende Pilzsporen oder -myzelien. Beim CO₂-Polter „1.0“ wuchsen aus 26 %, beim Stickstoff-Polter „2.0“ aus 52 % und beim ungeschützten Freiland-Polter „4.1“ aus 90 % der Splintholzproben Pilzmyzelien aus. Eine Übersicht über die Isolate aus den einzelnen Poltern ist in Abb. 21 differenziert nach drei Pilzgruppen dargestellt.

Holzzerstörende Basidiomyceten ließen sich aus dem CO₂-Polter „1.0“ wie beim Frischeinschlag nicht isolieren. Der Stickstoff-Polter „2.0“ erbrachte je zwei Isolate von *Stereum sanguinolentum* und *Amylostereum areolatum*. Besonders viele Holzzerstörer waren bei „Waldlagerung“ im Polter „4.1“ festzustellen: Neben dem besonders häufigen *S. sanguinolentum* traten auch *Bjerkandera adusta* und *Schizophyllum commune* auf.

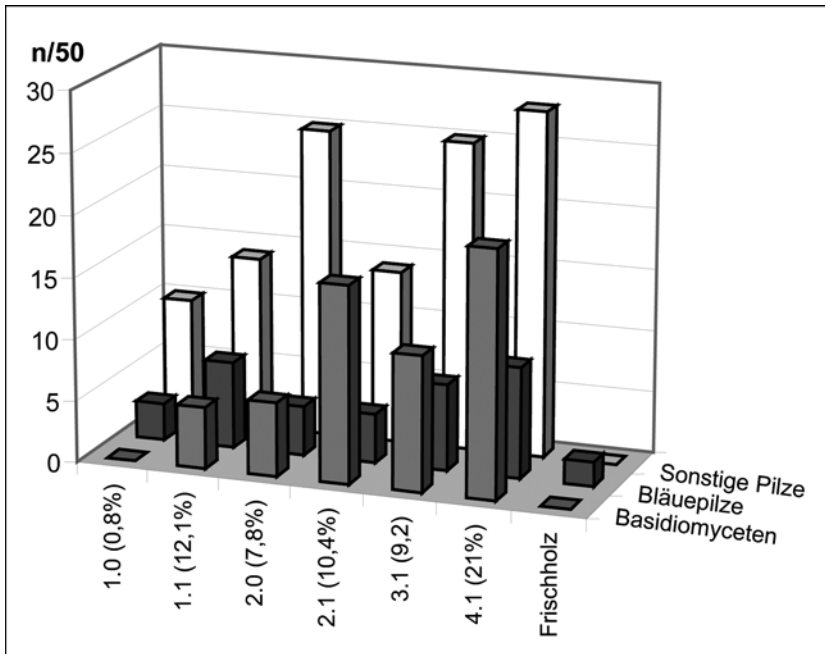


Abbildung 21. Anzahl Isolate von Holz zersetzenden Basidiomyceten, Bläuepilzen und sonstigen Pilzen aus Fichtenholz (je 50 Einzelproben) bei Lagerung in unterschiedlicher Sauerstoffatmosphäre bzw. bei Frischholz. Ordinatebeschriftung: Polternummer mit Sauerstoffgehalt (%).

Das Vorkommen von *Heterobasidion annosum* war auf einzelne Stämme der Polter „1.1“ und „2.1“ beschränkt.

Die Bläuepilze, vertreten vor allem durch *Ophiostoma piceae* (Tafel 4, Abb. 22), zeigten ebenfalls bei „Waldlagerung“ die stärkste Entwicklung. Ansonsten waren hier die Unterschiede zwischen den Versuchsvarianten etwas geringer. *Oidiodendron griseum* war der häufigste Bläuepilz in den begasten Poltern.

Bei den Arten der „sonstigen Pilze“ waren deutliche Unterschiede sichtbar: Bei Waldlagerung war die Zahl der Isolate und Arten am höchsten. Bei den häufigsten Arten handelt es sich um *Trichoderma harzianum* und *T. koningii*, gefolgt von *Cytospora mougeotii* und *Nectria fuckeliana*. *Trichoderma* spp. waren auch im unbegasten Polter „3.1“ häufig. Im CO₂-Polter „1.0“ und im Stickstoff-Polter „2.0“ dominierten *Ascocoryne sarcooides* bzw. *Acremonium butyri* (jetzt eine von mehreren Arten in *Cosmospora*; GRÄFENHAN et al. 2011).

6.2 Sauerstoff als limitierender Faktor für Holzerstörer

Während bereits leicht erhöhte Konzentrationen von Kohlendioxid für Säugetiere letal wirken können, ist dies für eine Reihe holzerstörender Pilze nach HINTIKKA & KORHONEN (1970) nicht der Fall. Selbst in einer Atmosphäre mit 50 % CO₂ und einem Restsauerstoffgehalt von ca. 10 % wuchsen viele Holzerstörer noch gut. Daher ist anzunehmen, dass das Pilzwachstum in den Versuchspoltern besonders durch den niedrigen Sauerstoffgehalt von teilweise unter 1 % (0,01 atm) und weniger durch das Kohlendioxid gehemmt wird. SCHEFFER (1986) ermittelte bei mehreren Holzerstörern und Bläuepilzen erst für einen Sauerstoffgehalt von 0,8 % (= 0,008 atm) eine wesentliche Wachstumshemmung auf einem Agarmedium mit löslichen Zuckern. Allerdings wird zum Ligninabbau deutlich mehr Sauerstoff benötigt, da die Spaltung des Lignins nicht hydrolytisch (wie bei Zellulose), sondern oxidativ erfolgt. Der Holzabbau durch verschiedene Fäulepilze sinkt bei 10 % (0,1 atm) O₂ auf ca. 60 %, bei 1 % (0,01 atm) O₂ auf ca. 10 % gegenüber der Aktivität unter natürlichen Atmosphäre ab (HIGHLEY et al. 1983). *Phanerochaete chrysosporium* baut bereits bei 5 % (0,05 atm) O₂-Gehalt kein Lignin mehr ab (KIRK et al. 1978).

Während also die Höhe des Kohlendioxidgehalts in diesem Zusammenhang fast außer Acht gelassen werden kann, ist der Sauerstoff für

das Pilzwachstum entscheidend und zwar substratspezifisch.

Wenn der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre und damit evtl. die Aktivität der Pilze gegen Null geht, muss das nicht bedeuten, dass diese Mikroorganismen absterben. In gänzlich sauerstofffreier Atmosphäre kann *Schizophyllum commune* über ein bis zwei Jahre überleben, eine Reihe von anderen Holzerstörern und Bläuepilzen über viele Monate (SCHEFFER 1986). Unter annähernd sauerstofffreien Bedingungen ist eine Abtötung von im Holz vorhandenen Pilzen kaum zu erreichen. Bei der Auslagerung des Holzes in Normalatmosphäre ist also die Aktivität von evtl. latent vorhandenen Pilzen zu berücksichtigen.

Hohe Holzfeuchtigkeit behindert über die niedrige Diffusionsrate von Sauerstoff in Wasser die Aktivität von Holzerstörern (WORRALL & PARMETER 1983, METZLER & HECHT 2004). Deshalb wird Fichtenholz üblicherweise nur mit einer Splintfeuchte oberhalb von 100-120 % für eine Nasslagerung vorgesehen (HÜTTE & SCHUMACHER 1992). Wenn in der Folienverpackung der natürliche Wassergehalt des Holzes weitgehend erhalten bleibt, ist dies somit von großem Vorteil. Die Splintholzfeuchte blieb bei den verpackten Poltern zwischen 113 % und 154 %. Bei Waldlagerung sank sie auf 30 %, während die Zahl der Pilzarten, die Menge der Isolate sowie das Ausmaß der entsprechenden Verfärbungen stark zunahm. Das langsame Trocknen der berindeten Stämme während der Sommermonate hält das Holz lange in dem für Pilze optimalen Bereich zwischen 30-100 % Feuchtigkeit. Hier können auch während des Versuchszeitraums zusätzliche Pilzinfektionen über die Luft stattgefunden haben, während bei den verpackten Poltern der pilzliche Erstbefall überwiegend zwischen Aufarbeitung und Einlagerung erfolgt sein muss. Besonders gravierend ist bei normaler Waldlagerung der Befall durch *S. sanguinolentum*, einen der häufigsten Rotstreifepilze (VON PECHMANN et al. 1967). FRÜHWALD et al. (1988) führen die Vermehrung von *Heterobasidion annosum* s.l. in berechneten Poltern auf unzureichende Holzfeuchtigkeit von knapp 100 % zurück. ZYCHA & KNOPF (1963) sowie AMMER (1963) ermittelten für die Holzersetzer *Hypholoma fasciculare* und *H. capnoides* eine noch höhere Feuchtigkeitstoleranz im Holz. Die Bedeutung des Sauerstoffgehalts in der umgebenden Gasatmosphäre zeigt sich am CO₂-Polter „1.0“ mit dem niedrigsten O₂-Gehalt: Hier wurde das geringste Pilzwachstum beobachtet. Das Fehlen von holzerstörenden Pilzen und das

geringe Vorkommen der übrigen Pilze stehen hier im Einklang mit der hervorragenden Holzqualität; teilweise erschien sogar das Kambium noch vital. Die Verfärbungen in den übrigen Poltern lassen sich auf Bläuen und die Aktivität von holzerstörenden Pilzen zurückführen.

6.3 Die Rolle antagonistischer Pilze

Der auffällige Bewuchs auf Rinde und Stirnfläche durch *Clonostachys solani* im CO₂-Polter (Tafel 4, Abb. 19) lässt vermuten, dass neben der Gasatmosphäre auch ein biologischer Antagonismus gegen Bläuepilze und Holzerstörer gewirkt haben könnte. Verschiedene *Clonostachys* bzw. *Gliocladium*-Arten verhalten sich gegen andere Pilze sehr konkurrenzstark, so dass sie für die biologische Bekämpfung von pilzlichen Pflanzenkrankheiten getestet werden (METZLER 1991). Außerdem wachsen sie noch bei extrem niedrigen Sauerstoffkonzentrationen (KENDRICK 1985) und können unter dieser Voraussetzung einen zusätzlichen Vorteil erhalten.

Nach BODDY et al. (1985) verändert sich in sauerstoffarmer Atmosphäre auch das Konkurrenzverhalten von Holzerstörern untereinander. In den beiden Poltern mit dem niedrigsten Sauerstoffgehalt „1.0“ und „2.0“ sticht die Häufigkeit von *Ascocoryne sarcoides* hervor, welche häufig aus lebendem Holz verschiedener Baumarten isoliert wird (DELATOUR 1976, ROLL-HANSEN & ROLL-HANSEN 1979, SCHMIDT 1985). Offenbar ist dieser Pilz an sauerstoffarme Substrate angepasst. Wenn *A. sarcoides* als Erstbesiedler auftritt, wird der Holzabbau durch *H. annosum* (DELATOUR & SYLVESTRE-GUINOT 1978), *Coniophora puteana*, *Onnia tomentosa* (ETHERIDGE 1957) sowie *Fomitopsis pinicola* (WHITTAKER 1962) deutlich vermindert. VON AUFESS (1978) bezeichnet *A. sarcoides* als Moderfäuleerreger. Über einen nennenswerten Holzabbau durch diese Pilzart ist jedoch nichts bekannt.

6.4 Perspektiven

Durch drastische Verringerung des Sauerstoffgehalts unter 2 % mittels Folienverpackung ist es möglich, die Ausbreitung Holz abbauender Pilze zu unterdrücken und Holz über längere Zeiträume in qualitativ gutem Zustand zu lagern. Praktische Bedeutung könnte dieses Verfahren vor allem bei wertvollen und empfindlichen Hölzern erlangen. Weitere Versuche mit verschweißter Folie und somit zuverlässig niedrigerem Sauerstoffgehalt in den Poltern wurden von MAIER & METZLER (1998) und MAIER (2005) durchgeführt. Im gefundenen Pilzspektrum ist zwar ein antago-

nistisches Potential gegen Holzerstörer sichtbar. Gegenüber dem Einfluss des Sauerstoffentzugs dürfte dessen Einfluss auf Holz entwertende Pilze eher geringer sein.

Dank

Diese Schrift fasst Forschungsergebnisse aus einem längeren Zeitraum zusammen, in dem mich sehr viele Kollegen und Vorgesetzte bei der Arbeit unterstützt haben. Stellvertretend besonders bedanken möchte ich mich bei Prof. Dr. FRANZ OBERWINKLER, der mir an der Universität Tübingen die Mykologie nahe gebracht hat und bei Prof. Dr. HANS-ULRICH MOOSMAYER und Dr. HANS-JOCHEN SCHRÖTER, die mir die Arbeiten an der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) ermöglicht haben. Mein Dank gilt auch den Kollegen Dr. MARTIN GROSS, Dr. JOACHIM KLÄDTKE, der Kollegin Dipl.-Biologin ULRIKE HECHT und allen weiteren Koautoren, deren Kooperation und Diskussionen mich bei Projekten motiviert und fachlich weiter gebracht haben. Im Labor haben mich GUDRUN SEIFFERT und GABRIELE ZIPFEL über viele Jahre zuverlässig unterstützt. Alles wäre nicht möglich gewesen ohne die bereitwillige Unterstützung sehr vieler weiterer Kollegen an der FVA und in der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg.

Literatur

- ACHHAMMER, M. (1992): Lebendkonservierung sturmge-worfener Fichten im Forstamt Riedenburg. – Diplomarbeit, Technische Universität München.
- AMMER, U. (1963): Untersuchungen über das Wachstum von Rotstreifepilzen in Abhängigkeit von der Holzfeuchtigkeit. – Forstw. Cbl., **82**: 321-392.
- ANONYMUS (1987): Bekämpfung der durch *Fomes an-nosus* verursachten Rotfäule in Fichtenbeständen. – Merkblatt der FVA Baden-Württemberg, Freiburg Nr. 16 (2. Aufl.).
- ANONYMUS (1988): Sortiermerkblätter für Stammholz. Landesforstverwaltung Baden-Württemberg und Baden-Württembergische Sägewerksverbände. – Faltblatt.
- AUFESS, H. VON (1978): Beobachtungen über die Auswirkungen moderner Durchforstungsverfahren auf die Entstehung von Wundfäulen in jungen Fichtenbeständen. – Forstwiss. Cbl., **97**:141-156.
- AUGUSTIN, N., KUBLIN, E., METZLER, B., MEIERJOHANN, E. & WÜHLISCH, G. VON (2005): Analyzing the spread of beech canker. – Forest Science, **51**: 438-448.
- BANERJEE, S. (1955): A disease of Norway spruce associated with *Stereum sanguinolentum*. – Indian J. Mycol. Res., **1**: 1-30.
- BODDY, L., GIBBON, O. M. & GRUNDY, M. A. (1985): Ecology of *Daldinia concentrica*: Effect of abiotic variables and interspecific interactions. – Trans. Br. Mycol. Soc., **85**: 201-211.
- BORRMANN, K. (1994): Buchenkrebs im Naturschutzgebiet. Vorkommen des Buchenkrebs (*Nectria ditissima*) im NSG Heilige Hallen. – Der Wald, **44**: 15-17.

- BORT, U. & HÖRGER, R. (1991): Konservierung von Holz in kontrollierter Atmosphäre – erste Erfahrungen über Einlagerungs- und Begasungstechnik. – Versuchsbericht der FVA Baden-Württemberg, Abt. AWF, 1/91.
- BOSSHARD, H. H. (1965): Mosaikfarbkernholz in *Fagus sylvatica*. – Schweiz. Z. Forstwesen, **116**: 1-11.
- BUTIN, H. (2011): Krankheiten der Wald- und Parkbäume. – Stuttgart (Ulmer)
- BUES, C. T. (1996): Zur Holzqualität weitständig gepflanzter und „geschneitelter“ Fichten aus dem Frankwald. – Forst und Holz, **51**: 45-49.
- BUTIN, H. & KOWALSKI, T. (1990): Die natürliche Astreinigung und ihre biologischen Voraussetzungen. V: Die Pilzflora von Fichte, Kiefer und Lärche. – Eur. J. For. Path., **20**: 44-54.
- CWIELONG, P., LETTOJÄRVI, T. & HÜTTERMANN, A. (1993): Die Bedeutung des Sauerstoffs für die Physiologie von *Heterobasidion annosum*, dem Erreger der Rotfäule der Fichte. – Allg. Forst u. Jagdz., **164**: 199-203.
- DELATOUR, C. (1976): Microflore interne des tissus ligneux de l'épicéa commun sur pied. – I. Inventaire de la microflore naturelle. – Ann. Sci. For., **33**: 199-219.
- DELATOUR, C. & SYLVESTRE-GUINOT, G. (1978): Microflore interne des tissus ligneux de l'épicéa commun sur pied II. Etude in vitro de la microflore naturelle. – Ann. Sci. For., **35**: 285-298.
- DIMITRI, L. (1967): Untersuchungen über die Ätiologie des „Rindensterbens“ der Buche. – Forstw. Cbl., **86**: 257-276.
- DIMITRI, L. & TOMICZEK, C. (1998): Germany and Austria. – In: WOODWARD, S., STENLID, J., KARJALAINEN, R. & HÜTTERMANN, A. (eds.): *Heterobasidion annosum* – Biology, Ecology, Impact and Control. – 355-368; Wallingford (CABI).
- ETHERIDGE, D. E. (1957): Comparative studies of *Coryne sarcoides* and two species of wood destroying fungi. – Can. J. Bot., **35**: 595-603.
- FALCK, R. (1918): Eichenerkrankung in der Oberförsterei Lödderitz und in Westfalen. – Zeitschr. Forst Jagdw., **50**: 123-132.
- FINK, S. (1999): Pathological and regenerative plant anatomy. – Bd. 14/6, 1094 S; Stuttgart (Borntraeger).
- FRÜHWALD, A., KRAUSE, H.A., SCHWAB, E. & WAHL, G. (1988): Einfluß einer zweijährigen Wasserberieselung von Fichtenrundholz aus Waldschadensgebieten auf die Holzqualität. – Forschungsb. Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg, 110 S.
- GERWEN, C.P. VAN (1980): Kanker bij beuk, een gevaar voor verjonging onder scherm. – Nederlands bowbouw tijdschrift, **52**: 1-5.
- GIBBS, J. N., WEBBER, J., GREIG, B. & THOMPSON, D. (1996): Fungal stain and decay in wet stored logs. – Forestry Commission Bull., **117**: 17-25.
- GRABER, D. (1994): Die Fichtenkernfäule in der Nordschweiz: Schadensausmaß, ökologische Zusammenhänge und waldbauliche Maßnahmen. – Schweiz. Z. Forstwesen, **145**: 905-926.
- GRÄFENHAN, T., SCHROERS H.-J.; NIRENBERG, H. I. & SEIFERT, K. A. (2011): An overview of the taxonomy, phylogeny, and typification of nectriaceous fungi in *Cosmospora*, *Acremonium*, *Fusarium*, *Stilbella*, and *Volutella*. – Stud. Mycol., **68**: 79.
- GROSS, M. & METZLER, B. (1995): Auftreten und Ausbreitung von Hallimasch in Beregnungspolter. – Holz als Roh- und Werkstoff, **53**: 147-153.
- GROSS, M., METZLER, B. & SCHUMACHER, P. (1996): Hallimaschbefall an beregnetem Sturmholz. – Allg. Forstz. **51**: 329-332.
- GUNDERSEN, K. (1961): Growth of *Fomes annosus* under reduced oxygen pressure and the effect of carbon dioxide. – Nature, **190**: 649.
- HALL, T. J. & LEBEN, C. (1985): A new method for evaluating decay: The effect of oxygen on *Polyporus compactus* in red oak. – Can. J. Forest Res., **15**: 1021-1024.
- HALLAKSELA, A. M. (1993): Early interactions of *Heterobasidion annosum* and *Stereum sanguinolentum* with non-decay fungi and bacteria following inoculation into stems of *Picea abies*. – Eur. J. For. Path., **23**: 416-430.
- HARTIG, R. (1882): Lehrbuch der Baumkrankheiten. – 198 S.; Berlin (Springer Verlag).
- HEINIGER, U. (2003): Das Risiko eingeschleppter Krankheiten für die Waldbäume. – Schweiz. Z. Forstwes., **154**: 410-414.
- HIGHLEY, T. L., BAR-LEV, S. S., KIRK, T. K. & LARSEN, M. J. (1983): Influence of O₂ and CO₂ on wood decay by heartrot and saprot fungi. – Phytopathology, **73**: 630-633.
- HINTIKKA, V. & KORHONEN, K. (1970): Effects of carbon dioxide on the growth of lignicolous and soil-inhabiting Hymenomyces. – Comm. Inst. Forest. Fenn., **69**: 1-28.
- HOLDENRIEDER, O. (1992): Zur Biologie von holzbewohnenden Pilzen. – Schweiz. Z. Forstw., **143**: 739-748.
- HOLDENRIEDER, O. (1994): Krankheiten der Tanne (*Abies* spp.). – Schweiz. Beitr. Dendrologie, **43**: 11-21.
- HOUSTON, D. R., PARKER E. J. & LONSDALE, D. (1979): Beech bark disease: patterns of spread and development of the initiating agent *Cryptococcus fagisuga*. – Can. J. For. Res., **9**: 336-344.
- HÜTTE, G. & SCHUMACHER, P. (1992): Neues Verfahren zur Schätzung der Holzfeuchtigkeit von Fichtenrundholz. – Allg. Forstz., **47**: 1026-1027.
- HUSE, K. J. (1981): The distribution of fungi in sound-looking stems of *Picea abies* in Norway. – Eur. J. For. Path., **11**: 1-6.
- KEHR, R., METZLER, B., SCHRÖDER, T. & WULF, A. (2005): Rindenkrebs der Esskastanie auf dem Vormarsch. Hinweise zur Erkennung und Handlungsoptionen. Jahrbuch der Baumpflege 2005. – 192-198; Braunschweig (Thalacker Verlag).
- KENDRICK B. (1985): The Fifth Kingdom. – 363 S.; Waterloo Ontario Canada (Mycologue Publ.).
- KIRK, T. K., SCHULTZ, E., GÖNNERS, W. J., LORENZ, L. F. & ZEIKUS, J. G. (1978): Influence of culture parameters on lignin metabolism by *Phanerochaete chrysosporium*. – Arch. Microbiol. **117**: 277-286.

- KLÄDTKE, J., & YUE, CH. (1997): Wachstumsreaktionen bei Fichte nach Grünästung. – Allg. Forstz. Der Wald, **52**: 145-148.
- KLEIN, E. (1997): Buchenkrebse in Jungwüchsen und Buchen-“T-Krebse“. – Forst und Holz, **52**: 58-61.
- KORHONEN, K., CAPRETTI P., KARJALAINEN, R. & STENLID, J. (1998): Distribution of *Heterobasidion annosum* intersterility groups in Europe. – In: WOODWARD, S., STENLID, J., KARJALAINEN, R. & HÜTTERMANN, A. (eds.): *Heterobasidion annosum* – Biology, Ecology, Impact and Control. – 93-104; Wallingford (CABI).
- KORHONEN, K., & HOLDENRIEDER, O. (2005): Neue Erkenntnisse über den Wurzelschwamm *Heterobasidion annosum* s.l. - Eine Literaturübersicht. – Forst und Holz, **60**: 206-211.
- KOWALSKI, T. & KEHR, R. D. (1993): Endophytic fungal colonization of branch bases in several forest tree species. – Sydowia, **44**: 137-168.
- KUHN, C. (1991): Wertentwicklung bei Waldlagerung von Fi/Ta-Rundholz. – Schweizer Holzzeitung, **143**: 783-794
- LENZ, O., NOGLER, P. & SCHÄR, E. (1991): L'élagage et la qualité des bois d'Épicéa (*Picea abies*) et de Sapin blanc (*Abies alba*) de peuplements réguliers du Plateau suisse. – Berichte der WSL, **331**: 51 pp.
- MAHLER, G. (1992): Konservierung von Holz durch Schutzgas. – Allg. Forstz. **47**: 1024-1025.
- MAIER T. & METZLER B. (1998): Holzkonservierung unter Sauerstoffabschluß. – Mitt. Biol. Bundesanst., **357**: 304-305.
- MANION, P. D. (1991): Tree disease concepts. – New Jersey (Prentice Hall).
- MAYER-WEGELIN, H. (1952): Das Aufästen der Waldbäume – Grundsätze und Regeln. – Hannover (Verlag M. & H. Schaper).
- McKEE, J. C. & DANIEL, J. W. (1966): Long term storage of pulpwood in sealed enclosures. – Tappi, **49**: 47A-50A.
- METZLER, B. (1991): Application, nutritional factors, population dynamics and detection of antagonists. – In: BEEMSTER, A. B. R., BOLLEN, G. J., GERLAGH, M. A., RUISSSEN, B., SCHIPPERS, B. & TEMPEL, A. (eds.): 341-349; Biotic interactions and soil-borne diseases (Elsevier).
- METZLER, B. (1994): Die Luftversorgung des Hallimasch in nassem Fichtenholz. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., **46**: 292-294 .
- METZLER, B. (1996): Phytopathologische Untersuchungen an grünteästeten Fichten. In: Forstl. Vers. u. Forschungsanst. Baden-Württbg. (ed.): Waldwirtschaft und Waldökologie. Agrarforschung in Baden-Württemberg Vol. 25. – 302-307; Stuttgart (Ulmer-Verlag).
- METZLER, B. (1997a): Quantitative assessment of fungal colonization in Norway spruce after green pruning. – Eur. J. Forest Pathol., **27**: 1-11.
- METZLER, B., (1997b): Infektionsrisiko und Überwalungszeit bei grünteästeten Fichten. – Allg. Forstz./Der Wald, **52**: 149-151.
- METZLER, B. (2008): Forstpathologische Beiträge zur Erhaltung der Holzqualität bei stehendem und liegendem Holz. – Unveröffentlichte kumulative Habilitationsschrift, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.
- METZLER, B. & ERFFA, R. VON (2000): Zur Verbreitung von Buchenkrebs in Naturverjüngungen in Baden-Württemberg. – Einfluss von Überschirmung und Standortsfaktoren. – Forstwiss. Cbl., **119**: 297-309.
- METZLER, B., GROSS, M. & MAHLER, G. (1993): Pilzentwicklung in Fichtenholz unter Schutzgasatmosphäre. – Eur. J. For. Path., **23**: 281-289.
- METZLER, B. & HECHT, U. (2004): Three-dimensional structure of tubular air channels formed by *Armillaria* spp. in water saturated logs of silver fir and Norway spruce. – Can. J. Bot., **82**: 1338-1345.
- METZLER B. & KUBLIN, E. (2003): Langzeitwirkung von Stubbenbehandlungen auf das Stockfäulerisiko in Fichten-Erstaufforstungen. – Allg. Forst- u. Jagdz., **174**: 81-84.
- METZLER, B. & MEIERJOHANN, E. (2001): Buchenkrebs – Verbreitungsfaktoren und forstliche Bedeutung. – Allg. Forstz. – Der Wald, **56**: 1111-1112.
- METZLER, B., MEIERJOHANN, E., KUBLIN, E. & WÜHLISCH, G. VON (2002): Spatial dispersal of *Nectria ditissima* (anker of beech) in an international provenance trial. – Forest Pathology, **32**: 137-144.
- METZLER, B., THUMM, H. & SCHAM, J. (2005): Stubbenbehandlung vermindert das Stockfäulerisiko an Fichte. – Allg. Forstz. – Der Wald, **60**: 52-55.
- METZLER, B., LANGER, G., HEYDECK, P., PETERS, F., SCHAM, J., RENFER, A. & LANGER, E., (2011): Survey on *Heterobasidion* species and perspectives of butt rot control in Germany. – Proceedings of XIII IUFRO Conference on “Root and Butt Rot of Forest Trees” Florence and S. Martino di Castrazzo (TN) Italy, 4-10 Sept. 2011 (im Druck).
- MOLTESEN, P. (1971): Water storage of beach roundwood in Denmark. – Mitt. Bundesforsch. f. Forst- u. Holzw. Hamburg-Reinbeck, **83**: 5-33.
- MORELET, M. (1988): Le Diagnostic des Maladies Fongiques en Forêt. – Rev. Forest. Franc., **40**: 96-104.
- MÜNCH, E. (1909): Untersuchungen über die Immunität und Krankheitsempfänglichkeit der Holzpflanzen. – Naturwiss. Zeitschr. f. Forst- u. Landwirtschaft, **7**: 54-75, 87-114, 129-160.
- MÜLLER, F. (2002): Modellierung von Sturm-, Schnee- und Rotfäulerisiko in Fichtenbeständen auf Einzelbaumebene. – Dissertation TU München.
- MUHS, H. J. (1991): Die Anlage des internationalen Buchenherkunftsversuchs 1983-1985. – In: KORPEL S., PAULE, L. (eds.): 85-89; Proc. 3. IUFRO-Buchensymposium in Zvolen 1988. Zvolen.
- NIEMELÄ, T. & KORHONEN, K. (1998): Taxonomy of the Genus *Heterobasidion*. – In: WOODWARD, J., STENLID, A. & HÜTTERMANN, A. (eds.): 27-41; *Heterobasidion annosum*: Biology, Ecology, Impact and Control Wallingford (CABI).
- NIRENBERG, H. I. (1981): A simplified method for identifying *Fusarium* spp. occurring on wheat. – Can. J. Bot., **59**: 1599-1609.

- PECHMANN, H. VON, AUFSSESS, H. VON, LIESE, W. & AMMER, U. (1967): Untersuchungen über die Rotstreifigkeit des Fichtenholzes. – *Beih. Forstw. Cbl.*, **27**: 112 S.
- PEEK, R. D. & LIESE, W. (1974): Erste Erfahrungen mit der Beregnung von Sturmholz in Niedersachsen. – *Forst- und Holzw.*, **29**: 261-263.
- PERRIN, R. (1981): De quoi souffre l'écorce du hêtre? – *Schweiz. Z. Forstwesen*, **132**: 1-16.
- PERRIN, R. & VERNIER, F. (1979): La chancre du hêtre: influence des conditions stationnelles sur la gravité de la maladie. – *Rev. Forest. Fr.*, **29**: 286-297.
- PRATT J. E. (1996): Borates for stump protection – A literature review. – Forestry Commission Edinburgh Technical paper, 15.
- PRATT, J. E., JOHANSSON, M., & HÜTTERMANN, A. (1998): Chemical control of *Heterobasidion annosum*. – In: WOODWARD, J., STENLID, A. & HÜTTERMANN, A. (eds.): *Heterobasidion annosum*: Biology, Ecology, Impact and Control. – 259-282; Wallingford (CABI).
- REITSMA, J. (1932): Studien über *Armillaria mellea*. – *Phytopath. Z.*, **4**: 461-522.
- RENFER, A. (2004): Untersuchungen zur biologischen und chemischen Kontrolle von *Heterobasidion annosum* an Fichtenstöcken. – Diplomarbeit Universität Freiburg.
- RICHTER, H. (1928): Die wichtigsten holzbewohnenden Nectrien aus der Gruppe der Krebserreger. – *Z. Parasitenkunde*, **1**: 24-75.
- RISHBETH, J. (1950): Observations on the biology of *Fomes annosus*, with particular reference to East Anglian Pine Plantations. – *Ann. Bot. N.S.*, **14**: 365-383.
- RISHBETH, J. (1978): Effects of soil temperature and atmosphere on growth of *Armillaria* rhizomorphs. – *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, **70**: 213-220.
- RISLEY, H. & SILVERBORG, S. B. (1958): *Stereum sanguinolentum* on Norway spruce following pruning. – *Phytopathology*, **48**: 337-338.
- ROLL-HANSEN, F. (1962): *Nectria cucurbitula* sensu WOLLENWEBER, its *Cephalosporium* state and some other *Cephalosporium* spp. from conifers. – *Medd. Norske Skovfversv.*, **17**: 293-312.
- Roll-Hansen, F. & Roll-Hansen, H. (1979): *Neobulgaria premnophila* sp. nov. in stems of living *Picea abies*. – *Botany*, **3**: 207-211.
- SACHS, L. (1984): *Angewandte Statistik*. – Berlin (Springer Verlag).
- SAGHEB-TALEBI, K. (1996): Quantitative und qualitative Merkmale von Buchenjüngwüchsen (*Fagus sylvatica*) unter dem Einfluss des Lichtes und anderer Standortsfaktoren. – *Beiheft Schweiz. Z. Forstwesen*, **78**: 1-219.
- SAUTER, U. & MESSINESIS, S. (1996): Überprüfung des Wertüstungserfolges an Fichten - Ein Vergleich der Hand- und Klettersägenästung unter Berücksichtigung holzbiologischer Aspekte. – *Forstw. Cbl.*, **115**: 36-50.
- SCHAEFFER, T. C. (1986): O₂ requirements for growth and survival of wood-decaying and sapwood-staining fungi. – *Can. J. Botany*, **64**: 1957-1963.
- SCHUMACHER, P. & GROSSER, D. (1995): Befall länger beregneten Fichtenstammholzes durch Hallimasch (*Armillaria* spp.) und sonstige Holzpilze. – *Holz als Roh- und Werkstoff*, **53**: 137-145.
- SCHLEGL-BECHTOLD, A. (1985): Untersuchung über Verfärbungen und Fäulen nach Grünästung an Fichte. – *Centrale Marketingges. deut. Agrarwirtschaft Bonn*.
- SCHMIDT, O. (1985): Occurrence of microorganisms in the wood of Norway spruce trees from polluted sites. – *Eur. J. For. Path.*, **15**: 1-10.
- SCHMIDT, O. (1994): Holz- und Baumpilze. – *Biologie, Schäden, Schadensverhütung und Sanierung*. – Berlin, Heidelberg, New York (Springer).
- SCHÖNHAR, S. (1976): Versuche zur Bekämpfung der durch *Fomes annosus* verursachten Rotfäule in Fichten-Erstaufforstungen durch eine chemische Stockbehandlung. – *Allg. Forst- u. Jagdz.*, **147**: 109-111.
- SCHÖNHAR, S. (1977): Erprobung von Chemikalien zur Verhütung einer Infektion frischer Fichtenstöcke durch *Fomes annosus*. – *Allg. Forst- u. Jagdz.*, **148**: 181-182.
- SCHÖNHAR, S. (1979): Über den Befall bei Holzlücken verwundeter Fichtenwurzeln durch Rotfäulepilze. – *Allg. Forst- u. Jagdz.*, **150**: 76-78.
- SCHÖNHAR, S. (1988): Zur Bekämpfung von *Heterobasidion annosum* in Fichten-Erstaufforstungen. – *Forst und Holz*, **43**: 209-210.
- SCHÖNHAR, S. (1994): Der Hallimasch (*Armillaria*) als Kernfäuleerreger in Fichtenbeständen der Schwäbischen Alb. – *Allg. Forst- u. Jagdz.*, **165**: 132-136.
- SCHÖNHAR, S. (1996): *Resinicium bicolor* als Kernfäuleerreger in Fichtenbeständen auf basenreichen Böden. – *Allg. Forst- u. Jagdz.*, **167**: 86-88.
- SCHÖNHAR, S. (1997): *Heterobasidion annosum* in Fichtenbeständen auf basenreichen Böden Südwestdeutschlands - Ergebnisse 30jähriger Untersuchungen. – *Allg. Forst- u. Jagdz.*, **168**: 26-30.
- SCHÖNHERR, J. & KRAUTWURST, K. (1979): Buchenschleimfluß als Folge von Käferbefall. – *Allg. Forstz.*, **34**: 868-869.
- SCHÜTT, P. & LANG K. J. (1980): *Buchen-Rindennekrose*. – *Waldschutzmerkblatt 1*. – Hamburg, Berlin (Parey Verlag).
- SCHUMACHER P. & WEGENER G. (1998): Qualität von ent-rindetem Fichtenstammholz nach dreijähriger Beregnung. – *Abschlussbericht Forschungsproj. X30 Bayerische LWF*.
- SCHWARZE, F. W. M. R., ENGELS, J. & MATTHECK, C. (1999): *Holzersetzende Pilze in Bäumen*. – Freiburg (Rom-bach Verlag).
- SINCLAIR, W. A. & LYON, H. H. (2005): *Diseases of trees and shrubs*. – Ithaca (Cornell University Press).
- SMITH, A. M. & GRIFFIN, D. M. (1971): Oxygen and the ecology of *Armillariella elegans* Heim. – *Austr. J. Biol. Sci.*, **24**: 231-262.
- SYLVESTRE-GUINOT, G. & DELATOUR, C. (1978): Recherches sur les variations saisonnières de l'inoculum aérien du *Fomes annosus* (Fr.) COOKE dans l'est de la France. – *Ann. Sci. Forest.*, **35**: 151-163.
- THOR, M. (2003): Operational stump treatment against *Heterobasidion annosum* in European Forestry –

- current situation. – IUFRO meeting “Root and butt rot” Quebec Canada Sept. 2001., Proc. 170-175.
- VOLLBRECHT, G. & JOERGENSEN, B. B. (1995): The effect of stump treatment on the spread rate of butt rot in *Picea abies* in Danish permanent forest yield research plots. – Scand. J. Forest Res., **10**: 271-277.
- WHITTAKER, E. L. (1962): The interaction of *Coryne sarcoides* and fungi associated with red heart in lodgepole pine. – Can. J. Bot., **40**: 255-256.
- WORRALL, J. J. & PARMETER, J. R. jr. (1983): Inhibition of wood-decay by wetwood of White Fir. – Phytopathology, **73**: 1140-1145.
- WULF, A. (1993): Zur Epidemiologie des Platanenkrebesses. – Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., **45**: 45-46.
- YDE-ANDERSON, A. (1973): Storing of beechwood in a carbon dioxide atmosphere. – Det forstelige Forsogsv., **33**: 1-280.
- ZABEL, R. A. & MORRELL, J. J. (1992): Wood microbiology – Decay and its prevention. – San Diego (Academic Press).
- ZYCHA, H. & KNOPF, H. (1963): Pilzinfektionen und Lagereschäden an Holz. – Schweiz. Z. Forstwesen, **9**: 531-537.

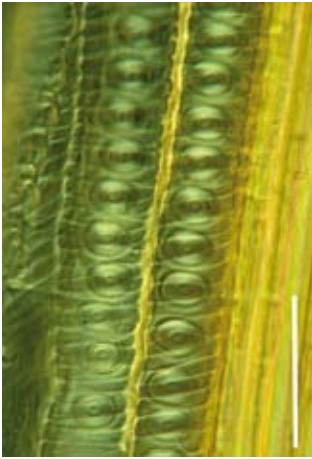


Abbildung 1. Douglasienholz, Radialschnitt; Tracheiden mit Hoftüpfeln und spiralgigen Wandverstärkungen. Messbalken 100 µm.



Abbildung 3. Starker Buchenkrebsbefall an einem jungen Stamm verursacht durch *Neonectria ditissima*.



Abbildung 10. Extreme Überwallungsstörung an einem Fichtenstamm nach Rindenverletzung bei unsauber durchgeführter Ästung.



Abbildung 11. Kernfaules Fichtenholz durch Befall mit dem Wurzelschwamm *Heterobasidion annosum* s.l.



Abbildung 12. Fruchtkörper des Wurzelschwamms (*Heterobasidion annosum* s.l.) an Fichte.



Abb. 13. Starke Mantelfäule nach vierjähriger Nasslagerung von Fichtenholz.



Abbildung 14. Harvesterschwert mit Sprüheinrichtung.



Abbildung 15. Beregnung von Sturmholz.

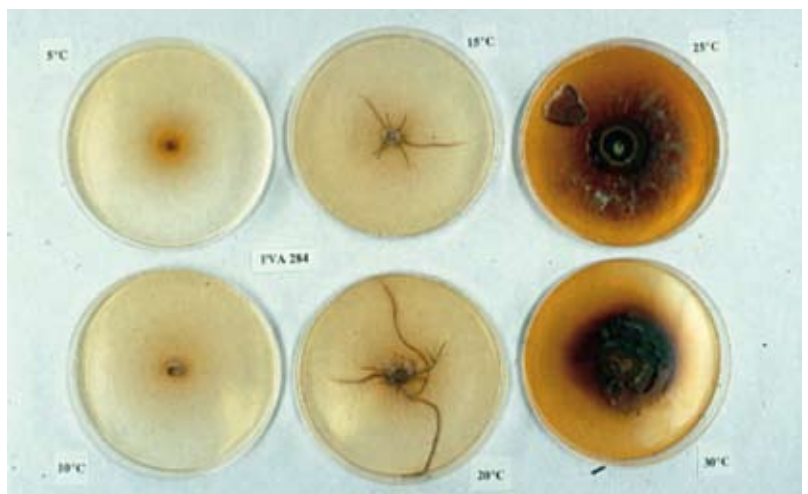


Abbildung 17. Wachstum von *Armillaria cepistipes* in Agarkultur bei verschiedenen Temperaturen



Abbildung 18. Abbau eines Versuchspolters zur Lagerung von Fichtenholz in Schutzgasatmosphäre.



Abbildung 19. *Clonostachys solani* (hier in Form von wattigem Mycel unter sauerstoffarmer Atmosphäre) ist ein Antagonist von Bläuepilzen.



Abbildung 20. Holzzerstörende Basidiomyceten bilden typische Mycelstränge auf den Stirnflächen der ungeschützten Stämme.

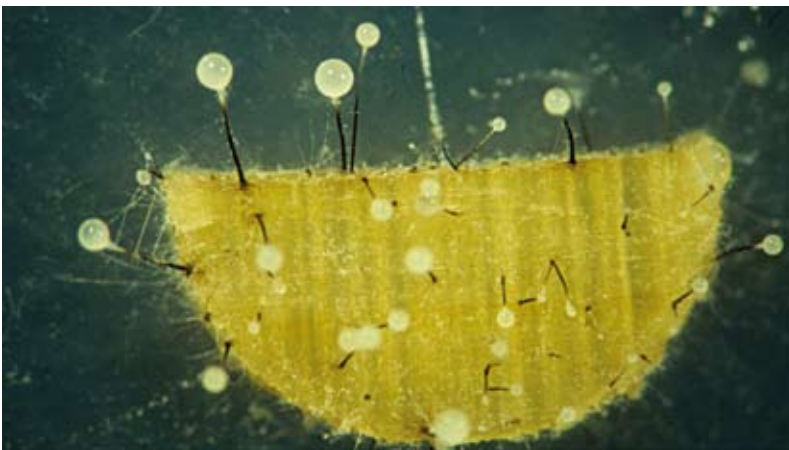


Abbildung 22. Der Bläuepilz *Ophiostoma piceae* auf einer Holzprobe in Agarkultur.

Erysiphe platani: monitoring of an epidemic spread in Germany and molecular characterization based on rDNA sequence data

MARKUS SCHOLLER, VERENA HEMM & MATTHIAS LUTZ

Abstract

This work deals in two sections with the North American plane powdery mildew *Erysiphe platani*, an epidemiological study and a molecular phylogenetic analysis based on rDNA ITS sequence data. Most likely, the species was introduced in South Europe at the beginning of the 1960s. In 2007, it was observed for the first time in Germany near Freiburg (SW Germany) and obviously did not reach other German states until 2009. A detailed monitoring from 2009 to 2011 shows that the fungus continually spread north- and northeastward with a speed of roughly 190 km/year. The northernmost record is from Arendsee in the north of Sachsen-Anhalt from 2011. We assume that the species has come from the Rhone valley and the Burgundian Gate finally entering Germany in the Upper Rhine plain.

The molecular phylogenetic analyses of material of different geographic origins indicate that specimens from Germany and Italy are identical, differ slightly from those from Greece and strongly from extra-European (Australia, USA) material. This might indicate a considerable rate of mutation of this powdery mildew with North American origin in the new European area. In addition, the phylogenetic analyses confirm that *E. platani* is related to other tree-inhabiting powdery mildew species previously accommodated in the genus *Microsphaera*.

Kurzfassung

***Erysiphe platani*: Monitoring einer epidemischen Ausbreitung in Deutschland und molekulare Charakterisierung basierend auf rDNS-Sequenzdaten**

Die vorliegende Arbeit fasst die Ergebnisse zweier Untersuchungen des aus Nordamerika stammenden Echten Mehltaupilzes der Platane, *Erysiphe platani*, zusammen: Eine epidemiologische Untersuchung und eine Sequenzanalyse von rDNS ITS-Sequenzen. Die vermutlich Anfang der 1960er Jahre nach Südeuropa eingewanderte Art wurde 2007 erstmals in Deutschland bei Freiburg (SW-Deutschland) nachgewiesen. Für den Zeitraum von August 2009 bis 2011 wird die epidemische Ausbreitung der Art innerhalb Deutschlands dokumentiert. Von 2007 bis 2009 breitete sich *Erysiphe platani* nur langsam aus und erreichte vermutlich noch nicht die anderen Bundesländer. Danach beschleunigte sich die Ausbreitung auf rund 190 km/Jahr und die Art breitete sich kontinuierlich nord- und nordostwärts aus. Der nördlichste Nachweis von 2011

ist Arendsee im nördlichen Sachsen-Anhalt. Vermutet wird, dass die Art über das Rhonetal und die Burgundische Pforte in die Oberrheinebene nach Deutschland eingedrungen ist.

Die Sequenzanalyse zeigt, dass Material aus Deutschland und Italien identisch ist und sich von Material aus Griechenland leicht und deutlich von außereuropäischem Material (Australien, USA) unterscheidet. Dies deutet auf eine erhebliche Mutationsrate im neuen europäischen Areal hin. Die phylogenetische Auswertung der Sequenzdaten bestätigt, dass *Erysiphe platani* mit anderen auf Gehölzen vorkommenden *Erysiphe*-Arten verwandt ist, die genau wie *E. platani* früher zur Gattung *Microsphaera* gestellt wurden.

Autoren

Dr. MARKUS SCHOLLER, Dipl.-Geoökol. VERENA HEMM, Staatliches Museum für Naturkunde, Abt. Biowissenschaften, Erbprinzenstr. 13, 76133 Karlsruhe, E-Mail: scholler@naturkundeka-bw.de

Dr. MATTHIAS LUTZ, Universität Tübingen, Institut für Evolution & Ökologie, Auf der Morgenstelle 1, 72076 Tübingen

1 Introduction

Powdery mildews (Erysiphales, Ascomycota) are obligate plant-parasitic microfungi predominantly on dicots forming white conspicuous “powdery” conidial layers on plant surfaces, predominantly on leaves, which are often deformed (Fig. 1). Fruitbodies are black, globose, without opening (called cleistothecia or chasmothecia) and with appendages. Conidia, ascospores and fruitbodies may be dispersed by the wind, conidia in highest quantities (e.g. BLUMER 1967). In an unpublished inventory, SCHOLLER et al. (2011) list 141 powdery mildew species for Germany. Fifty species, i.e. more than 1/3 of all species, are introduced (so-called neomyces and ephemeromyces; KREISEL & SCHOLLER 1994) with a culmination of introductions in the past two decades. Interestingly, many species have woody host plants. One of the most recently introduced species in Germany is the plane powdery mildew *Erysiphe pla-*



Figure 1. The anamorph of the Plane Powdery Mildew *Erysiphe platani* on deformed leaves of *Platanus acerifolia* in Karlsruhe, Main Railway Station, August 27, 2009. – Photograph: M. SCHOLLER.

tani (HOWE) U. BRAUN & S. TAKAM. (= *Microsphaera platani* HOWE) with North American origin. The species was recorded for the first time in Europe by CIFERRI & CAMERA (1962) on *Platanus orientalis* in Italy. However, the authors did not provide any record data. Later GULLINO & RAPETTI (1978) found the species in Liguria in Italy and documented its spread toward the French Mediterranean coast. In the following years the species spread throughout the warm regions of the Mediterranean countries, southern Switzerland, the mild atlantic France, and southern UK but not to Central or Eastern Europe with increasingly continental

climates (ANSELMINI et al. 1994)¹. *Erysiphe platani* was reported on the host plants *Platanus occidentalis* L., *P. orientalis* L., and the hybrid *P. acerifolia* (AITON) WILLD. forming the anamorph only. In the beginning of the 1990s the species appeared in south and southwestern Switzerland near lake Geneva (BOLAY 2005) indicating that the species is spreading northward and may be expected in Germany as well. Although there are several “first record” publications from some countries with morphological descriptions in Europe, little is known about the details of the spreading mode, e.g. speed of expansion and if progressing over long or short distances. This lack of information does not concern only *Erysiphe platani*, but almost all other powdery mildew species introduced to Europe. In the following we present the results of a monitoring of the epidemic spread of *E. platani* in Germany. In addition to this, molecular phylogenetic analyses were carried out

¹ In their distribution map ANSELMINI et al. (1994: 165, Fig. 3) report of isolated records of *Erysiphe platani* in Southern Sweden. Since the fungus was not observed in neighboring countries we wanted to get this confirmed and asked the authors directly, but did not get any response. The Swedish Erysiphales expert LENA JONSELL could not confirm the occurrence of *E. platani* in Sweden.

in order to elucidate the phylogenetic placement and compare sequence data from specimens of different geographic origin.

2 Materials and methods

2.1 Documentation of the epidemic spread in Germany

After finding *Erysiphe platani* at a parking lot in Tul (Lorraine, France) in 2008 the first author looked methodically for this fungus in the Karlsruhe region (Baden-Württemberg, Germany). After finding it in August 2009 a call to mycologists and botanists was started in September 2009 to look for this fungus and help to document its spread in Germany. Collaborators were asked via email to provide both positive and negative record data and voucher specimens. They were regularly informed about the present distribution of the fungus in order to look for it where it was still missing. Voucher specimens were all checked by the first author and finally deposited in the fungus herbarium of the Natural History Museum in Karlsruhe (KR). A few specimens are also deposited in the fungus herbarium in Görlitz (GLM). All specimen data including information on anamorph and teleomorph formation, hyperparasites etc. will be available via *diversity collection* and *IMDAS* online databases. The following is a list of collaborators (authors not mentioned): HERBERT BOYLE, ADRIEN BOLAY, UWE BRAUN, WALTER GAMS, PATRICK DORNES, HORST JAGE, ROLAND KIRSCHNER, FRIEDEMANN KLENKE, HANNS KREISEL, JULIA KRUSE, VOLKER KUMMER, DIRK MATALLA, BERTOLD METZLER, BERND OERTEL, HARALD OSTROW, MARÇIN PIATEK, UDO RICHTER, HARRY REGIN, ANNEMARIE RUBNER, ANKE SCHMIDT, MARTIN SCHNITTLER, DIETRICH SCHOLLER, KATHARINA SCHOLLER, MANFRED SCHUBERT, LEOPOLD SCHRIMPL, HORST STAUB, and HJALMAR THIEL.

2.2 Molecular analyses

DNA extraction, PCR, and sequencing

The specimens examined in the course of this study are listed in Table 1. The voucher specimens are deposited in KR. Genomic DNA was isolated directly from the herbarium specimens. For methods of isolation and crushing of fungal material, DNA extraction, amplification, purification of PCR products, sequencing, and processing of the raw data see LUTZ et al. (2004). ITS 1 and ITS 2 regions of the rDNA including the 5.8S rDNA (ITS) were amplified using the primer pair

ITS1-F (GARDES & BRUNS 1993) and ITS4 (WHITE et al. 1990). The 5'-end of the nuclear large subunit ribosomal DNA (LSU) was amplified using the primer pair NL1 and NL4 (O'DONNELL 1993). Primers were used for both PCR and cycle sequencing. For amplification the annealing temperature was adjusted to 45° C. DNA sequences determined in this study were deposited in GenBank. GenBank accession numbers are given in Fig. 2 and Table 1.

Phylogenetic analyses

The *Erysiphe* specimens examined in this study are listed in Table 1. For molecular phylogenetic analyses the following ITS sequences from GenBank were additionally used (ATTANAYAKE et al. 2010; BRAUN et al. 2006; COOK et al. 2004, 2006; CUNNINGTON et al. 2003; FRANCIS et al. 2007; HELUTA et al. 2009; HIRATA & TAKAMATSU 1996; KHODAPARAST et al. 2003; KIRSCHNER 2010; KOVACS et al. 2011; LEE et al. 2011; LIMKAIKANG et al. 2006; MORI et al. 2000; SAENZ & TAYLOR 1999; SEKO et al. 2011; SHIROYA & TAKAMATSU 2009; STANOSZ et al. 2009; and TAKAMATSU et al. 1998, 1999, 2006, 2007, 2008): *Erysiphe abbreviata* (PECK) U. BRAUN & S. TAKAM. AB271785, *E. adunca* (WALLR.) FR. var. *adunca* D84382, *E. alphitoides* (GRIFFON & MAUBL.) U. BRAUN & S. TAKAM. AB292710, *E. aquilegiae* DC. HQ286643, *E. arcuata* U. BRAUN, V. P. HELUTA & S. TAKAM. AB252462, *E. astragali* DC. AB104515, *E. baeumleri* (MAGNUS) U. BRAUN & S. TAKAM. AB015933, *E. betae* (VAÑHA) WELTZIEN DQ164436, *E. buhrii* U. BRAUN AB128924, *E. carpinicola* (HARA) U. BRAUN & S. TAKAM. AB252469, *E. carpini-laxiflorae* U. BRAUN, V. P. HELUTA & S. TAKAM. AB252470, *E. catalpae* SIMONYAN DQ359695, *E. circaeae* L. JUNELL AB104517, *E. clandestina* BIV. AB475115, *E. convolvuli* DC. AF011298, *E. corylopsidis* SHIROYA & S. TAKAM. AB478990, *E. cruciferarum* OPIZ EX L. JUNELL EU140958, *E. densa* BERK. DQ005439, *E. deutziae* (BUNKINA) U. BRAUN & S. TAKAM. GU196146, *E. elevata* (BURRILL) U. BRAUN & S. TAKAM. AY587013, *E. euonymi-japonici* (VIENN.-BOURG.) U. BRAUN & S. TAKAM. AB250228, *E. fimbriata* S. TAKAM., MASUYA & Y. NOMURA AB333839, *E. friesii* var. *dahurica* (U. BRAUN) U. BRAUN & S. TAKAM. AB000939; *E. glycines* F. L. TAI var. *glycines* AB015934, *E. glycines* var. *lespedezae* (R. Y. ZHENG & U. BRAUN) U. BRAUN & R. Y. ZHENG AB015923, *E. helwingiae* (SAWADA) U. BRAUN & S. TAKAM. AB015916, *E. heraclei* DC. AB104510, *E. howeana* U. BRAUN AF011301, *E. huayinensis* R. Y. ZHENG & G. Q. CHEN AB015914, *E. hypogena* S. TAKAM. &

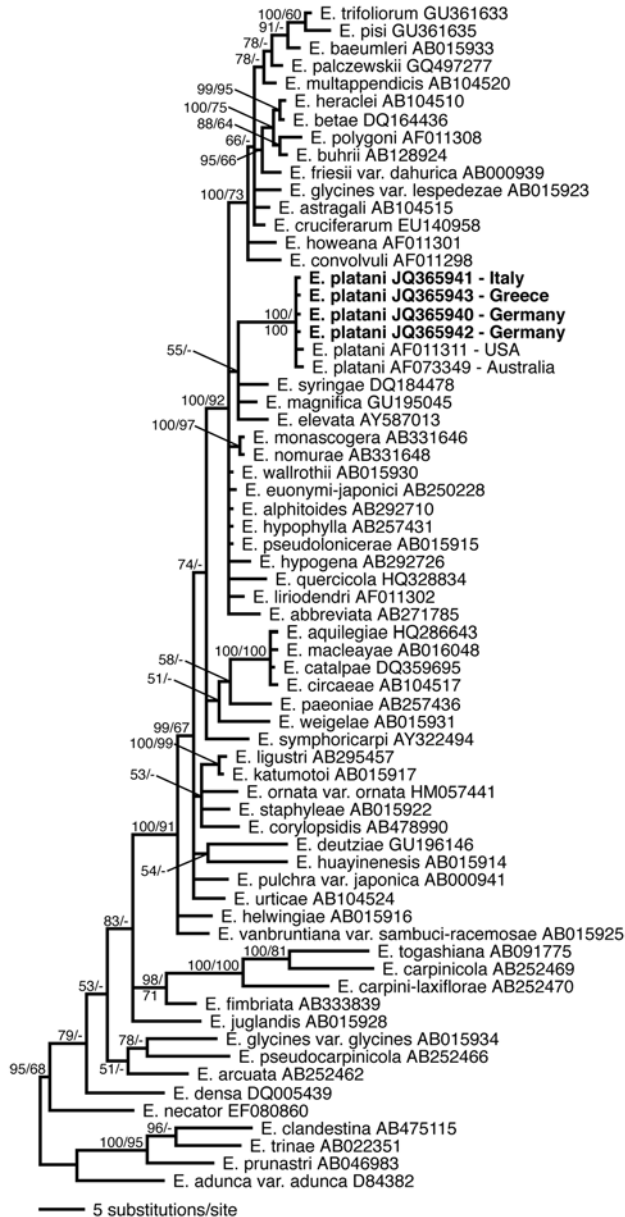


Figure 2. Bayesian inference of phylogenetic relationships within the sampled *Erysiphe* species: Markov chain Monte Carlo analysis of an alignment of ITS base sequences using the GTR+I+G model of DNA substitution with gamma-distributed substitution rates and estimation of invariant sites, random starting trees and default starting parameters of the DNA substitution model. A 50% majority-rule consensus tree is shown computed from 45.000 trees that were sampled after the process had reached stationarity. The topology was rooted with *Erysiphe adunca* var. *adunca*, *E. clandestina*, *E. prunastri*, and *E. trinae*. Numbers on branches before slashes are estimates for a *posteriori* probabilities, numbers after slashes are ML bootstrap support values. Branch lengths were averaged over the sampled trees. They are scaled in terms of expected numbers of nucleotide substitutions per site. Specimens examined in this study are printed in bold. E. = *Erysiphe*.

Table 1. List of *Erysiphe platani* specimens examined in the course of this study with host plants, GenBank accession numbers, and reference specimens.

<i>Platanus</i> Host	GenBank acc. no. (ITS/LSU)	Reference specimens ¹
<i>P. acerifolia</i> (AITON) WILLD.	JQ365940/JQ365936	Germany, Baden-Württemberg, Tübingen, Herrenberger Straße, 21.08.2010, leg. M. LUTZ, KR26134.
<i>P. acerifolia</i>	JQ365941/JQ365937	Italy, Toscana, Livorno, Isola d'Elba, Capoliveri, 30.06.2011, leg. M. LUTZ, KR27975
<i>P. acerifolia</i>	JQ365942/JQ365938	Germany, Baden-Württemberg, Denzlingen, 22.10.2007, leg. B. METZLER, KR26434
<i>P. orientalis</i> L.	JQ365943/JQ365939	Greece, Évia, Karystos, Palaia Styra (Old Styra), 24.08.2011, leg. M. SCHOLLER, KR29265

¹ KR – Fungus collections of the herbarium of Staatliches Museum für Naturkunde, Karlsruhe, Germany.

U. BRAUN AB292726, *E. hypophylla* (NEVOD.) U. BRAUN & CUNNINGT. AB257431, *E. juglandis* (GOLOVIN) U. BRAUN & S. TAKAM. AB015928, *E. katumotoi* (U. BRAUN) U. BRAUN & S. TAKAM. AB015917, *E. ligustri* (HOMMA) U. BRAUN & S. TAKAM. AB295457, *E. liriodendri* SCHWEIN. AF011302, *E. macleayae* R. Y. ZHENG & G. Q. CHEN AB016048, *E. magnifica* (U. BRAUN) U. BRAUN & S. TAKAM. GU195045, *E. monascigera* SHIROYA, C. NAKASH. & S. TAKAM. AB331646, *E. multappendicis* (Z.Y. ZHAO & Y.N. YU) U. BRAUN & S. TAKAM. AB104520, *E. necator* SCHWEIN. EF080860, *E. nomurae* (U. BRAUN) U. BRAUN AB331648, *E. ornata* (U. BRAUN) U. BRAUN & S. TAKAM. var. *ornata* HM057441, *E. paeoniae* R. Y. ZHENG & G. Q. CHEN AB257436, *E. palczewskii* (JACZ.) U. BRAUN & S. TAKAM. GQ497277, *E. pisi* DC. GU361635, *E. platani* (HOWE) U. BRAUN & S. TAKAM. AF011311, AF073349, *E. polygoni* DC. AF011308, *E. prunastri* DC. AB046983, *E. pseudocarpinicola* (Y. NOMURA & TANDA) U. BRAUN & S. TAKAM. AB252466, *E. pseudoloniceriae* (E. S. SALMON) U. BRAUN & S. TAKAM. AB015915, *E. pulchra* var. *japonica* (P. HENN) U. BRAUN AB000941, *E. quercicola* S. TAKAM. & U. BRAUN HQ328834, *E. staphyleae* (SAWADA) U. BRAUN & S. TAKAM. AB015922, *E. symphoricarpi* (HOWE) U. BRAUN & S. TAKAM. AY322494, *E. syringae* SCHWEIN. DQ184478, *E. togashiana* (U. BRAUN) U. BRAUN & S. TAKAM. AB091775, *E. trifoliorum* (WALLR.) U. BRAUN GU361633, *E. triniae* HARKN. AB022351; *E. urticae* (WALLR.) S. BLUMER AB104524, *E. vanbruntiana* var. *sambuci-racemosae* (U. BRAUN) U. BRAUN & S. TAKAM. AB015925, *E. wallrothii* (U. BRAUN) U. BRAUN & S. TAKAM. AB015930, *E. wei-*

geliae Z. X. CHEN & S. B. LUO AB015931.

To elucidate the phylogenetic position of *Erysiphe platani* ITS sequences were analysed within a dataset covering all *Erysiphe* species of which sequences were available in GenBank. Sequence alignment was obtained using MAFFT 6.853 (KATO H et al. 2002, 2005, KATO H & TOH 2008) using the L-INS-i option. To obtain reproducible results, manipulation of the alignment by hand as well as manual exclusion of ambiguous sites were avoided as suggested by GIRIBET & WHEELER (1999) and GATESY et al. (1993), respectively. Highly divergent portions of the alignment were omitted using GBlocks 0.91b (CASTRESANA 2000) with the following options: 'Minimum Number of Sequences for a Conserved Position' to 34, 'Minimum Number of Sequences for a Flank Position' to 34, 'Maximum Number of Contiguous Non-conserved Positions' to 8, 'Minimum Length of a Block' to 5 and 'Allowed Gap Positions' to 'With half'.

The resulting alignment [new number of positions: 526 (31% of the original 1645 positions) number of variable sites: 213] was used for phylogenetic analyses using a Bayesian Approach (BA) and Maximum Likelihood (ML). For BA a phylogenetic inference using a Markov chain Monte Carlo technique was used as implemented in the computer program MrBayes 3.1.2 (HUELSENBECK & RONQUIST 2001, RONQUIST & HUELSENBECK 2003). Four incrementally heated simultaneous Markov chains were run over 5 000 000 generations using the general time-reversible model of DNA substitution with gamma-distributed substitution rates and estimation of invariant sites, random

starting trees and default starting parameters of the DNA substitution model as recommended by HUELSENBECK & RANNALA (2004). Trees were sampled every 100th generation, resulting in an overall sampling of 50 001 trees. From these, the first 5 001 trees were discarded (burnin = 5 001). The trees sampled after the process had reached stationarity (45 000 trees) were used to compute a 50 % majority rule consensus tree to obtain estimates for the *a posteriori* probabilities of groups of species. This Bayesian approach to phylogenetic analysis was repeated five times to test the independence of the results from topological priors (HUELSENBECK et al. 2002).

Maximum likelihood analysis (FELSENSTEIN 1981) was conducted with the RAxML 7.2.6 software (STAMATAKIS 2006), using raxmlGUI (SILVESTRO & MICHALAK 2010), invoking the GTRCAT and the rapid bootstrap option (STAMATAKIS et al. 2008) with 1000 replicates.

In line with the results of molecular analyses of a sampling that covered both all *Erysiphe* ITS sequences available in GenBank and representatives of all erysiphalean genera of which sequences were available in GenBank, trees were rooted with *E. adunca* var. *adunca*, *E. clandestina*, *E. prunastri*, and *E. trinae*.

3 Results

Spread of *Erysiphe platani* in Germany

After starting the public monitoring in September 2009 an earlier German record from 2007 was reported by one of the collaborators (Baden-Württemberg, Kr. Emmendingen, Denzlingen, Hauptstr., 22.10.2007, leg. B. METZLER, teleomorph and anamorph with hyperparasite *Ampelomyces quisqualis* CEs., voucher specimen KR26434). The methodical documentation of the distribution and spread from September 2009 to December 2011 showed that the fungus was heading continuously north(east)ward. The northernmost record in 2011, Sep. 17 is from Arendsee in northern Sachsen-Anhalt (ca. 52.8° latitude). The fungus progressed northward for approximately 375 km in about two years, i.e. almost 190 km/year (Figs. 3a-d). All records were found on London plane (*Platanus acerifolia*).

Phylogenetic analyses

The ITS sequences of the *Erysiphe platani* specimens KR26134, KR26434, and KR27975 were identical, the ITS of KR29265 differed in

one bp from the others. Considering the two *Erysiphe platani* sequences available in GenBank AF011311 differed in five bp in four loci, from the above three specimens and in four bp in three loci from KR29265; AF073349 differed in one bp from KR26134, KR26434, and KR27975. LSU sequences were identical.

The different runs of BA performed were congruent with the results of the ML analysis in respect to well-supported branchings (ML bootstrap support values greater than 58). To illustrate the results, the consensus tree of one run of the Bayesian phylogenetic analyses is presented (Fig. 2). Estimates for *a posteriori* probabilities are indicated on branches before slashes, numbers on branches after slashes are ML bootstrap support values.

In all analyses the *Erysiphe platani* specimens formed a well-supported clade that clustered within *Erysiphe*. The subgrouping of *Erysiphe platani* with *E. elevata*, *E. magnifica*, and *E. syringae* received only weak support.

4 Discussion

Epidemic spread

The species was found for the first time in SW Germany in the Upper Rhine Plain near Freiburg. Together with the Upper Rhone valley/Saône valley and the Belfort Gap (Burgundian Gate), the Upper Rhine Plain forms a passage that allows warm Mediterranean flows to advect northwards into Germany. Numerous authors think that a great part of southern plant and animal species entered the Rhine plain via this passage (e.g. NÄHRIG & HARMS 2003, LENZIN et al. 2011). This may also count for fungi such as the octopus stinkhorn *Clathrus archeri* (BERK.) DRING (STRICKER 1955) and the Asteraceae rust *Puccinia lagenophorae* COOKE (SCHOLLER 1996), both species native of Australia, or the vine white rot fungus *Fomitiporia mediterranea* M. FISCHER (see the contribution by M. FISCHER in this issue). So did *Erysiphe platani*, most probably. This theory is not only supported because of the first German record in the Upper Rhine Plain. It is also supported by two additional observations: First, the fungus has been widespread in the Rhone valley around the lake Geneva before 2007 (BOLAY 2005, FISCHER HUELIN et al. 2008) and secondly, there were no records from other German states until 2009 such as Bayern with its eastern passage, the Danube valley.

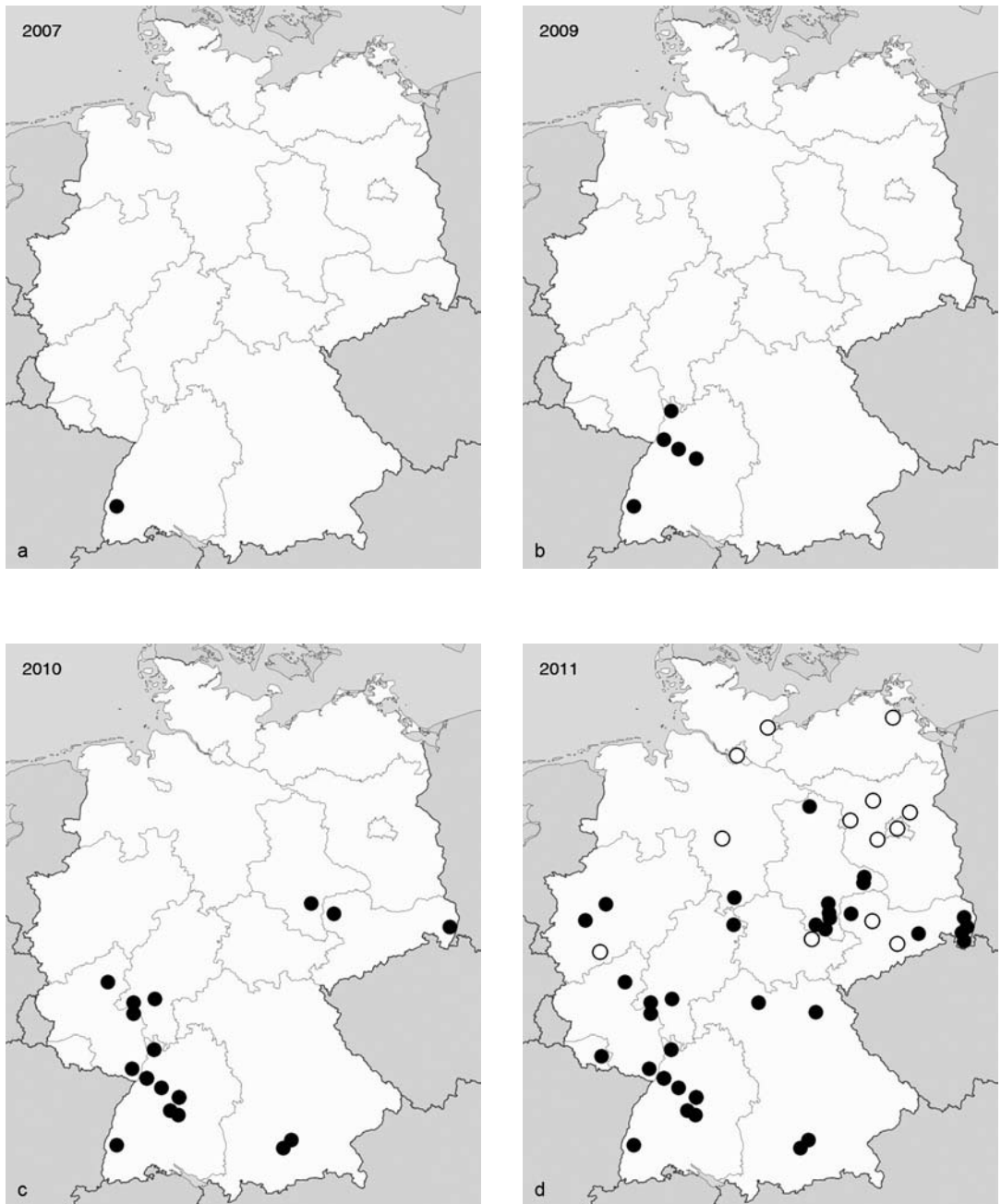


Figure 3a-d. Distribution of *Erysiphe platani* in the federal states (thin lines) of Germany from 2007 to 2011. The unfilled circles in figure d stand for negative records in 2011.

We can hardly reconstruct the spread of the fungus in Germany between 2007 and August 2009. We assume, however, that the species has spread rather slowly and may have reached only a major part of Baden-Württemberg in September 2009. From 2009 onward, however, the spread of *E. platani* could be documented in much detail and probably better than in any other fungal species before in Germany. In 2009 we traced it in northern Baden-Württemberg (Mannheim) and in central Baden-Württemberg (Stuttgart), but not in the south at Lake Constance. Also, the species could not be recorded in the neighboring states of Bayern, Hessen and Rheinland-Pfalz the same year. Negative records were also sent from Nordrhein-Westfalen, Saarland and Sachsen-Anhalt. So most probably, the species had not reached states other than Baden-Württemberg in 2009.

From this point, the monitoring shown in Fig. 3 b-d documents the spread of this fungus in Germany. Considering the northernmost records in 2009 (Mannheim, Baden-Württemberg) and in 2011 (Arendsee, Sachsen-Anhalt) the fungus progressed approx. 190 km/year, i.e. much faster than in the previous years. Given, that the fungus was introduced in SW Germany and wandered also northward to Sachsen-Anhalt, the spread is even 215 km/year. For powdery mildews with woody plant hosts, this fast progressing is not exceptional. We know from powdery mildew epidemic spreads of the 19th and the first part of the 20th century (see compilation and description in BLUMER 1967) and more recently introduced species such as the elder powdery mildew *Erysiphe vanbruntiana* var. *sambuci-racemosae* (U. BRAUN) U. BRAUN & S. TAKAM. (SCHOLLER 1996 as *Microsphaera sambucicola* Henn.) that other powdery mildews may progress even faster.

KIRSCHNER (2011) provided two possible explanations for the sudden migration northward: Firstly, the global warming as it is assumed for many other migrating southern fungal species (e.g. SCHOLLER & MÜLLER 2008) and secondly, the formation of fruitbodies that are better adapted to overwintering than mycelium or conidia. They were first recorded between 2000 and 2002 in Montenegro (RANKOVIĆ 2003), in 2006 in Hungary (PASTIRČÁKOVÁ & PASTIRČÁK 2008) and finally 2007 in Switzerland (FISCHER et al. 2008) and in Germany. So migrating northward goes along with the formation of the sexual state. We agree with this and considering our results we expect this species to appear in the northernmost European plane plantations within the next years.

Phylogenetic placement

Molecular phylogenetic analyses of the ITS clearly place *Erysiphe platani* within *Erysiphe*, however, they do neither resolve well the placement of *E. platani* within *Erysiphe* nor reveal any groups of species that can be correlated with morphological traits or relatedness of host plants.

Fig. 2 shows *E. platani* forming a subclade together with three other *Erysiphe* spp. (*E. elevata*, *E. magnifica*, and *E. syringae*) on woody plants of three different families formerly placed in the genus *Microsphaera*. This subclade, however, received only very low support. Many *Erysiphe* species have recurved dichotomous branchings at the end of the fruitbody appendages, so do all species of this subclade. However, species previously accommodated in *Microsphaera* (see BRAUN & TAKAMATSU 2000) and/or having woody plant hosts also occur in other clades. This has already been found by previous authors (e.g. TAKAMATSU et al. 1999).

Analyses of ITS sequence data may not be suitable for resolving the phylogeny of *Erysiphe*. However, the analyses including specimens from distant places in Europe, the USA (SAENZ & TAYLOR 1999), and Australia (CUNNINGTON et al. 2003) show that *Erysiphe platani* can clearly be distinguished by its ITS sequence from other – in several cases – morphologically similar *Erysiphe* species (e.g. *E. alphitoides*, *E. magnifica*, *E. ornata*, *E. syringae*, *E. wallrothii*). That is in line with SCHOCH et al. (2012) who proposed the ITS as universal DNA barcode marker for fungi.

The genetic distance of *Erysiphe platani* to its closest relatives of which ITS sequences are available is considerable. That may be explained by a high phylogenetic age of the species, a high mutation rate or simply by missing data of the closest relatives.

The relatively high variability of the ITS of specimens from different geographic regions (up to five bp in four loci) points at the potential of the ITS as marker in mycogeographical studies of spreading powdery mildews.

Acknowledgements

We thank the many collaborators for the monitoring of *Erysiphe platani* (names listed in chapter 2.2), ALEXANDRA PINTYE for providing literature and WALTER GAMS and ROLAND KIRSCHNER for reviewing the manuscript and MICHAEL WEISS, SIGISFREDO GARNICA and ROBERT BAUER for providing the molecular lab.

References

- ANSELMINI, N., CARDIN, L. & NICOLOTTI, G. (1994): Plane decline in European and Mediterranean countries: associated pests and their interactions. – Bulletin OEPP / EPPO Bulletin, **24**: 159-171.
- ATTANAYAKE, R. N., GLAWE, D. A., MCPHEE, K. E., DUGAN, F. M. & CHEN, W. (2010) *Erysiphe trifolii* - a newly recognized powdery mildew pathogen of pea. – Plant Pathol., **59**: 712-720.
- BLUMER, S. (1967): Echte Mehltäupilze. Ein Bestimmungsbuch für die in Mitteleuropa vorkommenden Arten. – Jena (G. Fischer).
- BOLAY, A. (2005): Les Oïdiums de Suisse (Erysiphacées). – Cryptogamica Helvetica, **20**: 1-176.
- BRAUN, U. & TAKAMATSU, S. (2000): Phylogeny of *Erysiphe*, *Microsphaera*, *Uncinula* (Erysiphaceae) and *Cystotheca*, *Podosphaera*, *Sphaerotheca* (Cystothecaceae) inferred from rDNA ITS sequences – some taxonomic consequences. – Schlechtendalia, **4**: 1-33.
- BRAUN, U., TAKAMATSU, S., HELUTA, V., LIMKAISANG, S., DIVARANGKON, R., COOK, R. & BOYLE, H. (2006): Phylogeny and taxonomy of powdery mildew fungi of *Erysiphe* sect. *Uncinula* on *Carpinus* species. – Mycol. Prog., **5**: 139-153.
- CASTRESANA, J. (2000): Selection of conserved blocks from multiple alignments for their use in phylogenetic analysis. – Molecular Biology and Evolution, **17**: 540-552.
- CIFERRI R. & CAMERA, C. (1962): Tentativo di elencazione dei funghi italiani. – Istituto Botanico della Università Laboratorio crittogamico, **21**: 1-46.
- COOK, R. T., HENRICOT, B., HENRICI, A. & BEALES, P. (2006): Morphological and phylogenetic comparisons amongst powdery mildews on *Catalpa* in the UK. – Mycol. Res., **110**: 672-685.
- COOK, R. T., HENRICOT, B. & KISS, L. (2004): First record of *Erysiphe elevata* on *Catalpa bignonioides* in the UK. – Plant Pathol., **53**: 807-807.
- CUNNINGTON, J. H., TAKAMATSU, S., LAWRIE, A. C. & PASCOE, I. G. (2003): Molecular identification of anamorphic powdery mildew fungi. – Australas. Plant Pathol., **32**: 421-428.
- FELSENSTEIN, J. (1981): Evolutionary trees from DNA sequences: a maximum likelihood approach. – Journal of Molecular Evolution, **17**: 368-376.
- FISCHER HUELIN, D., JEANMONOD, D. & LOIZEAU, P.-A. (2008): Conservatoire et Jardin Botaniques de la ville de Genève. – Rapport annuel 2007.
- FRANCIS, S. A., RODEN, B. C., ADAMS, M. J., WEILAND, J. & ASHER, M. J. (2007): Comparison of ITS sequences from UK and North American sugar-beet powdery mildews and the designation of *Erysiphe betae*. – Mycol. Res., **111**: 204-212.
- GARDES, M. & BRUNS, T. D. (1993): ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes – application to the identification of mycorrhizae and rusts. – Molecular Ecology, **2**: 113-118.
- GATESY J., DESALLE, R. & WHEELER, W. (1993): Alignment-ambiguous nucleotide sites and the exclusion of systematic data. – Molecular Phylogenetics and Evolution, **2**: 152-157.
- GIRIBET, G. & WHEELER, W. C. (1999): On gaps. – Molecular Phylogenetics and Evolution, **13**: 132-143.
- GULLINO, G. & RAPETTI, S. (1978): Un mal bianco del Platano. – Inf.tore Fitopatol., **11/12**: 65-66.
- HELUTA, V., TAKAMATSU, S., VOYTYUK, S. & SHIROVA, Y. (2009): *Erysiphe kenjiana* (Erysiphales), a new invasive fungus in Europe. – Mycol. Prog., **8**: 367-375.
- HIRATA, T. & TAKAMATSU, S. (1996): Nucleotide sequence diversity of rDNA internal transcribed spacers extracted from conidia and cleistothecia of several powdery mildew fungi. – Mycoscience, **37**: 283-288.
- HUELSENBECK, J. P. & RANNALA, B. (2004): Frequentist properties of Bayesian posterior probabilities of phylogenetic trees under simple and complex substitution models. – Systematic Biology, **53**: 904-913.
- HUELSENBECK, J. P. & RONQUIST, F. (2001): MRBAYES: bayesian inference of phylogenetic trees. – Bioinformatics Applications Note, **17**: 754-755.
- HUELSENBECK, J. P., LARGET, B., MILLER R. E. & RONQUIST, F. (2002): Potential applications and pitfalls of Bayesian inference of phylogeny. – Systematic Biology, **51**: 673-688.
- KATO, K., KUMA, K., TOH, H. & MIYATA, T. (2005): MAFFT version 5: improvement in accuracy of multiple sequence alignment. – Nucleic Acids Research, **33**: 511-518.
- KATO, K., MISAWA, K., KUMA, K. & MIYATA, T. (2002): MAFFT: a novel method for rapid multiple sequence alignment based on fast Fourier transform. – Nucleic Acids Research, **30**: 3059-3066.
- KATO, K. & TOH, H. (2008): Recent developments in the MAFFT multiple sequence alignment program (outlines version 6). – Briefings in Bioinformatics, **9**: 286-298.
- KHODAPARAST, S. A., HEDJAROUDE, G. A. & TAKAMATSU, S. (2003): Phylogenetic relationships between Iranian isolates of *Microsphaera* and *Erysiphe* s. lat. based on rDNA internal transcribed spacers sequences. – Rostaniha, **4**: 79-86.
- KIRSCHNER, R. (2010): First record of *Erysiphe magnifica* on lotus, a host outside the Magnoliales. – Mycol. Prog., **9**: 417-424.
- KIRSCHNER, R. (2011): Observations on *Erysiphe platani* in Germany. – Plant Pathology & Quarantine, **1(2)**: 115-119.
- KOVACS, G. M., JANKOVICS, T. & KISS, L. (2011): Variation in the nrDNA ITS sequences of some powdery mildew species: do routine molecular identification procedures hide valuable information? – Eur. J. Plant Pathol., **131**: 135-141.
- KREISEL, H. & SCHOLLER, M. (1994): Chronology of phytoparasitic fungi introduced to Germany and adjacent countries. – Bot. Acta, **107**: 387-392.
- LEE, H. B., KIM, C. J., MUN, H. Y. & LEE, K.-H. (2011): First report of *Erysiphe quercicola* causing powdery mildew on Uame oak in Korea. – Plant Dis., **95**: 77.
- LENZIN, H., NAGEL, P. GROSS, A. & HUCK, C. (2011): Nischendifferenzierung zweier nah verwandter Neophyten im urbanen Raum. – Bauhinia, **21**: 17-24.

- LIMKAISANG, S., CUNNINGTON, J. H., WUI, L. K., SALLEH, B., SATO, Y., DIVARANGKON, R., FANGFUK, W., TO-ANUN, C. & TAKAMATSU, S. (2006): Molecular phylogenetic analyses reveal a close relationship between powdery mildew fungi on some tropical trees and *Erysiphe alphitoides*, an oak powdery mildew. – *Mycoscience*, **47**: 327-335.
- LUTZ, M., BAUER, R., BEGEROW, D., OBERWINKLER, F. & TRIEBEL, D. (2004): *Tuberculina*, rust relatives attack rusts. – *Mycologia*, **96**: 614-626.
- NÄHRIG, D. & HARMS, K. H. (2003): Rote Listen und Checklisten der Spinnentiere (Arachnida) Baden-Württembergs. – *Naturschutzpraxis, Artenschutz*, **7**: 1-204.
- MORI, Y., SATO, Y. & TAKAMATSU, S. (2000): Evolutionary analysis of the powdery mildew fungi nucleotide sequences of the nuclear ribosomal DNA. – *Mycologia*, **92**: 74-93.
- O'DONNELL, K. L. (1993): *Fusarium* and its near relatives. In: REYNOLDS, D. R. & TAYLOR, J. W. (eds.): The fungal holomorph: mitotic, meiotic and pleomorphic speciation in fungal systematics: 225-233; Wallingford (CABI).
- PASTIRČÁKOVÁ, K. & PASTIRČÁK, M. (2008): *Erysiphe platanii* causing powdery mildew of London plane in Hungary. – *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, **43**: 31-36.
- RANKOVIĆ, B. (2003): Powdery mildew fungi (order Erysiphales) on plants in Montenegro (Chernogoria). – *Mikol. Fitopatol.*, **37**: 42-52.
- RONQUIST, F. R. & HUELSENBECK, J. P. (2003): MRBAYES 3: Bayesian phylogenetic inference under mixed models. – *Bioinformatics*, **19**: 1572-1574.
- SAENZ, G. S. & TAYLOR, J. W. (1999): Phylogeny of the Erysiphales (powdery mildews) inferred from internal transcribed spacer ribosomal DNA sequences. – *Can. J. Bot.*, **77**: 150-168.
- SCHOCH, C. L., SEIFERT, K. A., HUHDORF, S., ROBERT, V., SPOUGE, J. L., LEVESQUE, C. A., CHEN, W. and Fungal Barcoding Consortium (2012): Nuclear ribosomal internal transcribed spacer (ITS) region as a universal DNA barcode marker for Fungi. – *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **109**(16): 6241-6246.
- SCHOLLER, M. (1996): Die Erysiphales, Pucciniales und Ustilaginales der Vorpommerschen Boddenlandschaft. Ökologisch-floristische, florensgeschichtliche und morphologisch-taxonomische Untersuchungen. – *Regensb. Mykol. Schr.*, **6**: 1-325.
- SCHOLLER, M., KLENKE, F., KUMMER, V. & JAGE, H. (2011): Checklist und Rote Liste der obligat-pflanzenparasitischen Kleinpilze (Erysiphales, Microbotryales, Peronosporales, Pucciniales, Ustilaginales) Deutschlands (unpublished manuscript).
- SCHOLLER, M. & MÜLLER, G. (2008). Projekt „Pilzflora von Karlsruhe“ – erste Ergebnisse. – *Carolinea*, **66**: 87-93.
- SEKO, Y., HELUTA, V., GRIGALIUNAITE, B. & TAKAMATSU, S. (2011): Morphological and molecular characterization of two ITS groups of *Erysiphe* (Erysiphales) occurring on *Syringa* and *Ligustrum* (Oleaceae). – *Mycoscience*, **52**: 174-182.
- SHIROYA, Y. & TAKAMATSU, S. (2009): *Erysiphe corylopsidis* sp. nov., a new powdery mildew fungus found on *Corylopsis spicata* and *C. pauciflora*. – *Mycoscience*, **50**: 409-414.
- SILVESTRO, D. & MICHALAK, I. (2010): raxmlGUI: a graphical front-end for RAXML. Available at <http://sourceforge.net/projects/raxmlgui/>.
- STAMATAKIS, A. (2006): RAXML-VI-HPC: maximum likelihood-based phylogenetic analyses with thousands of taxa and mixed models. – *Bioinformatics*, **22**: 2688-2690.
- STAMATAKIS, A., HOOVER, P. & ROUGEMONT, J. (2008): A rapid bootstrap algorithm for the RAXML web servers. – *Systematic Biology*, **57**: 758-771.
- STANOSZ, G., SMITH, D., & BERNIER, L. (2009): First report of *Erysiphe palczewskii* powdery mildew of Siberian pea tree (*Caragana arborescens*) in Wisconsin and Quebec. – *Plant Dis.*, **93**: 1352.
- STRICKER, P. (1955): Die Ausbreitung des Tintenfischpilzes. – *Beiträge Naturk. Forschung Südwestdeutschland*, **13**: 93-98.
- TAKAMATSU, S., BOLAY, A., LIMKAISANG, S., KOM-UN, S. & TO-ANUN, C. (2006): Identity of a powdery mildew fungus occurring on *Paeonia* and its relationship with *Erysiphe hypophylla* on oak. – *Mycoscience*, **47**: 367-373.
- TAKAMATSU, S., BRAUN, U., LIMKAISANG, S., KOM-UN, S., SATO, Y. & CUNNINGTON, J. H. (2007): Phylogeny and taxonomy of the oak powdery mildew *Erysiphe alphitoides* sensu lato. – *Mycol. Res.*, **111**: 809-826.
- TAKAMATSU, S., HIRATA, T. & SATO, Y. (1998): Phylogenetic analysis and predicted secondary structures of the rDNA internal transcribed spacers of the powdery mildew fungi (Erysiphaceae). – *Mycoscience*, **39**: 441-453.
- TAKAMATSU, S., HIRATA, T., SATO, Y., NOMURA, Y. & SATO, Y. (1999): Phylogenetic relationships of *Microsphaera* and *Erysiphe* section *Erysiphe* (powdery mildews) inferred from the rDNA ITS sequences. – *Mycoscience*, **40**: 259-268.
- TAKAMATSU, S., MASUYA, H., DIVARANGKON, R. & NOMURA, Y. (2008): *Erysiphe fimbriata* sp. nov.: a powdery mildew fungus found on *Carpinus laxiflora*. – *Mycoscience*, **49**: 185-191.
- WHITE, T. J., BRUNS, T., LEE S. & TAYLOR, J. (1990): Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: INNIS, M. A., GELFAND, D. H., SNINSKY, J. J. & WHITE, T. J. (eds.): PCR protocols, a guide to methods and applications. 315-322; San Diego (Academic Press).

Resistenzen von Pilzen gegen medizinisch relevante Antimykotika

HERBERT HOF

Kurzfassung

Pilze sind Eukarionten, gleich Mensch und Tier. Es gibt deshalb nur wenige geeignete pilz-spezifische Angriffsorte für Antimykotika. Im Gegensatz zur Therapie der bakteriellen Infektionen, für welche eine Vielzahl von Antibiotika zur Verfügung steht, ist die Zahl der Antimykotika für die Therapie von Pilzinfektionen gering. Die wichtigsten Gruppen sind die Polyene, die Azole und neuerdings die Echinocandine. Die selektive Wirkung der Polyene und der Azole beruht auf der Tatsache, dass (fast alle) Pilze Ergosterin anstelle von Cholesterin als wichtigsten Lipidbaustein in ihrer zytoplasmatischen Membran verwenden. Die Echinocandine hemmen die Synthese von Glucan, das in die Zellwand der Pilze eingebaut wird. Die menschlichen Zellen werden dadurch nicht attackiert, weil sie keine Zellwand haben. Das Spektrum der Polyene ist ganz breit (nur wenige resistente Pilze existieren) und sie wirken fungizid auf Schimmel- und Sprosspilze. Sekundäre Resistenzen sind extrem selten. Die Azole haben ebenfalls ein breites Wirkspektrum, wobei sie auf die Schimmelpilze fungizid und auf die Sprosspilze fungistatisch wirken. Sekundäre Resistenzen durch Mutationen im Genom und durch Ausprägung von Efflux-pumpen kommen hier jedoch vor. Umgekehrt haben die Echinocandine ihre Stärke bei der Therapie von Sprosspilzinfektionen, wo sie fungizid wirken, während sie auf Schimmelpilze nur fungistatischen Effekt haben. Resistenzen durch Genmutationen sind im Prinzip möglich, spielen aber praktisch noch keine Rolle. Die Resistenzen von Bakterien sind oft auf genetischen Elementen kodiert, die sich horizontal und vertikal ausbreiten können, so dass Resistenzprobleme schnell zunehmen. Die Resistenzen von Pilzen sitzen nicht auf mobilen Genstrukturen; folglich ist eine ähnliche Entwicklung nicht zu erwarten.

Abstract

Resistance of fungi against medically relevant antifungals.

Both, human and fungal cells are eukaryotic; hence, they are genetically rather similar. This means that there are only few differences that could function as selective targets for antifungals, which can act exclusively on fungal cells but do not hamper human or animal cells. Hence, only rather few antifungals are available in contrast to the large number of antibiotics for the therapy of bacterial infections. The most important groups are the polyenes, the triazoles and the new echinocandins. The selective action of polyenes and azoles is due to the fact that fungal cells (with only few

exceptions) possess ergosterol as the essential lipid component in their cytoplasmatic membrane instead of cholesterol in human cells. The echinocandins inhibit the synthesis of glucan, which is a major constituent of the cell wall of most fungi, whereas human cells do not have such a structure. The spectrum of polyenes is very broad; resistance is rare; their action is fungicidal for moulds as well as for yeasts. Azoles also have a broad spectrum of activity; they are fungicidal only for moulds but fungistatic for yeasts. Secondary resistance may develop due to either mutation in their genome or to activation of efflux pumps. Echinocandins are primarily used for the therapy of yeast infections, where they are fungicidal, whereas their action on moulds is only fungistatic. Resistance due to gene mutations is principally possible but still rather exceptional. Resistance genes of bacteria are often encoded on mobile genetic elements, which might be transmitted horizontally and vertically, so that problems of resistance with bacteria are steadily increasing. In contrast, there are no such mobile genetic elements that could transfer resistance in fungi, so that we will not be confronted by similar problems in the therapy of fungal infections. Fungi are indeed quite different from bacteria.

Autor

Prof. Dr. med. habil. HERBERT HOF, Labor Limbach, Im Breitspiel 15, 69126 Heidelberg, E-Mail: herbert.hof@labor-limbach.de

1 Einleitung

Pilze stehen als Eukarionten dem Menschen phylogenetisch näher als den prokaryotischen Bakterien. Dies bedeutet, dass es sehr viele Ansatzpunkte für Medikamente gibt, die selektiv bei Bakterien einen Stoffwechselprozess hemmen und ihn im Wachstum behindern, ohne dabei auch gleichzeitig die menschliche Zelle zu beeinflussen. Folglich steht in der Medizin eine Unzahl von verschiedenen Antibiotika zur Bekämpfung von bakteriellen Infektionen zur Verfügung. Dagegen gibt es nur relativ wenige Unterschiede zwischen menschlichen und pilzlichen Zellen, die als Ziel für Antimykotika genutzt werden können. Dies ist zum einen die Präsenz einer Zellwand aus Glucan, Mannan und Chitin, zum andern zytoplasmatische Membranen, die Ergosterin

anstelle von Cholesterin enthalten (s. Überblick zum Thema z.B. in Hof 2003).

Somit stehen im Vergleich zur Unmenge an Antimykotika gegen Bakterien eine vergleichsweise geringe Anzahl an Antimykotika zur Behandlung von systemischen Pilzinfektionen zur Verfügung. Pilzinfektionen werden hauptsächlich von *Candida* spp. und *Aspergillus* spp. und in einigen Fällen auch von Kryptokokken, bestimmten Zygomyceten¹, Fusarien und „Schwärzepilzen“ (Dematiaceen) hervorgerufen. Sie werden sowohl für die Therapie von manifesten Erkrankungen als auch zur Prophylaxe benötigt (Hof 2011). Die Therapie der Erreger von Haut- und Nagelmykosen aus den Onygenales werden hier außer Betracht gelassen.

2 Gruppen von Antimykotika

Im Prinzip gibt es nur drei Gruppen von Antimykotika zur Behandlung von systemischen Mykosen (Tabelle 1). Das 5-Fluorocytosin, welches in die DNS-Synthese der Pilze eingreift, spielt nur eine untergeordnete Rolle, da es nur noch bei ganz wenigen Pilzinfektionen, z.B. einer Kryptokokkeninfektion, indiziert ist. Darüber hinaus stehen noch einige wenige andere Substanzgruppen zur Behandlung von Dermatophyteninfektionen zur Verfügung, die aber hier nicht berücksichtigt werden.

In der Therapie von Pilzinfektionen von Pflanzen sind noch weitere Substanzgruppen, z.B. die Sordarine, im Einsatz. Viel wichtiger als diese sind die Peptaibole oder Peptaibiotica aus *Trichoderma* und anderen Pilzen für die biologische Bekämpfung von Schadpilzen.

Die neuen Echinocandine (Abb. 1) sind eigentlich Naturprodukte. Viele verschiedene Schimmelpilze bilden Pneumocandine, welche wegen ihrer antimykotischen Wirkung den Produzenten im Überlebenskampf gegen die Konkurrenz einen Vorteil verschaffen. In der pharmazeutischen Industrie wurden diesem Grundgerüst diverse Seitenketten angefügt, was die Wirkung noch verstärkte, so dass sogar Schimmelpilze, wie z.B. Aspergillen, attackiert werden können. Diese Substanzen sind nicht wasserlöslich und sind somit nicht über den Intestinaltrakt resorbierbar sondern nur mittels Lösungsvermittler als Infusionslösung zu gebrauchen.

Tabelle 1. Einige medizinisch relevante Antimykotika

Substanzgruppe	Wirkstoffe	Wirkmechanismus
Polyene	Amphotericin B Nystatin	Bindung an Ergosterin
Azole	Clotrimazol Fluconazol Itraconazol Fluconazol Voriconazol Posaconazol Isavuconazol	Hemmung der Produktion von Ergosterin
Echinocandine	Anidulafungin Caspofungin Micafungin	Hemmung der Glucansynthese

Die Polyene gehören in die große Gruppe der Makrolide, d.h. sie sind gekennzeichnet durch einen „großen Ring“ (Abb. 2).

Die große Gruppe der Imidazole wird heute fast nur noch zur topischen Therapie verwendet. Die neuen Triazole (Abb. 3) kann man von ihrer chemischen Struktur her in zwei Gruppen unterteilen, nämlich solche mit einer kurzen und solche mit einer langen Seitenkette.

3 Wirkmechanismen

Echinocandine

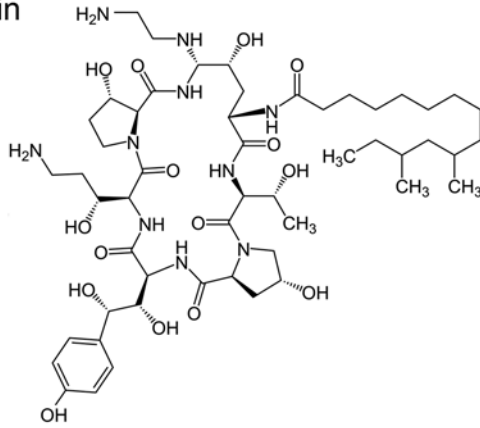
Die Echinocandine binden an das Enzym Glucansynthase, welches in einer menschlichen Zelle kein Pendant hat, weil nur in einer Pilzzelle Glucan zum Aufbau der Zellwand verwendet wird. Folglich gibt es keine Störungen der Physiologie der menschlichen Zelle, d.h. die Verträglichkeit ist sehr gut. Durch das Defizit an Glucan kommt es zu einer Wachstumshemmung bei den Pilzen; da Hyphen von Schimmelpilzen meistens nur an den Spitzen wachsen, kommt es nur dort zu einer Störung. Dagegen ist das Wachstum einer Sprosspilzzelle ringsum möglich, so dass erhebliche Störungen der Stabilität der Zellwand auftreten, was zum Tod der Pilzzelle führt. Die Wirkung auf Schimmelpilze ist also im Prinzip fungistatisch, aber auf Sprosspilze fungizid (Hof 2009).

Polyene

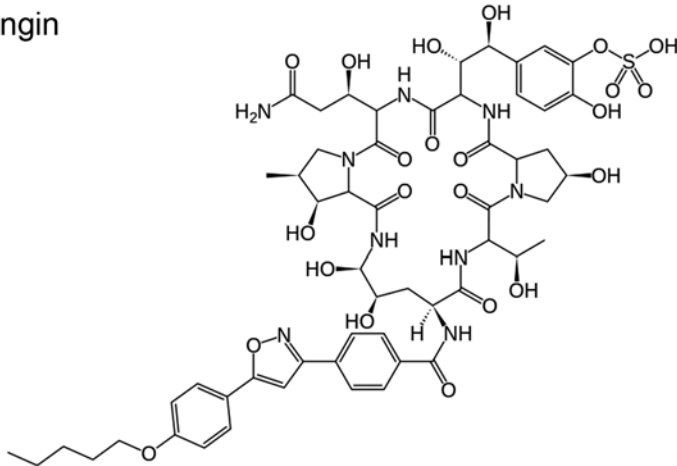
Nach Durchtritt durch die dicke Zellwand der Pilze binden die Polyene an das Ergosterin in

¹ Zygomyceten werden jetzt den Mucoromyceten zugeordnet (vergleiche das System von HIBBETT et al. 2007).

Caspofungin



Micafungin



Anidulafungin

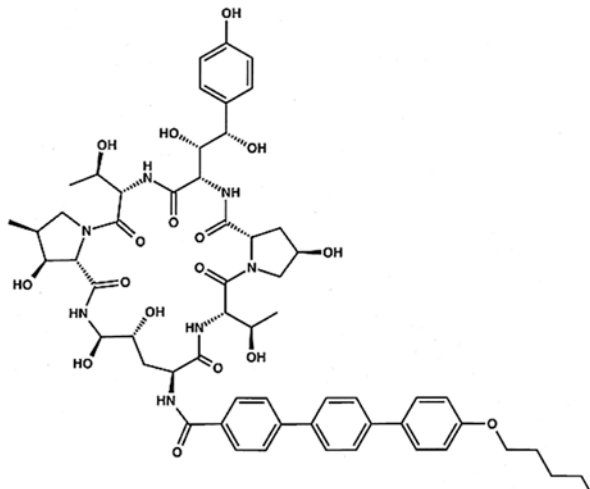
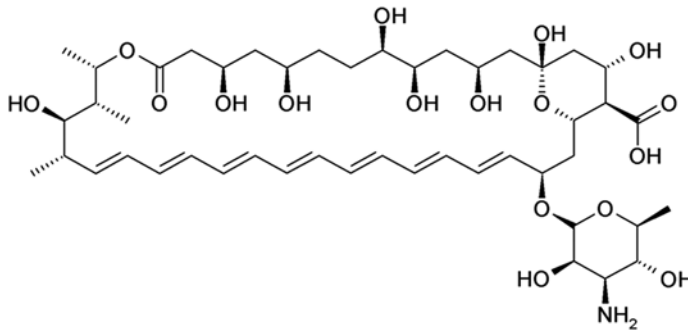
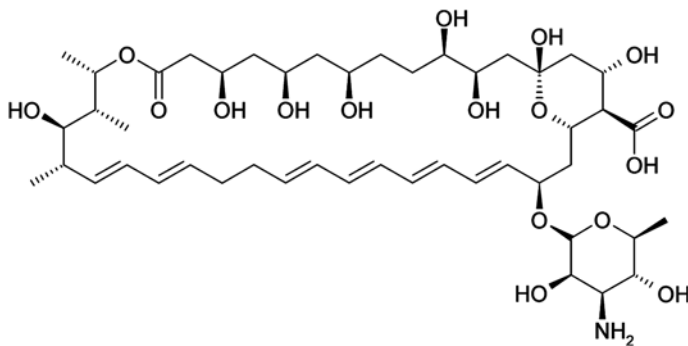


Abbildung 1. Herkunft und chemische Struktur der Echinocandine.



Amphotericin B



Nystatin

Abbildung 2. Chemische Struktur der Polyene.

den zytoplasmatischen Membranen. Mehrere Moleküle aggregieren und bilden einen Kanal, der diese Lipiddoppelschicht durchbohrt. Somit entsteht eine Pore, durch welche die Elektrolyte nach außen dringen. Dann bricht das Membranpotential zusammen und die Zelle stirbt ab. Polyene wirken also im Prinzip rasch fungizid. Sie haben eine ca. 1.000fache höhere Affinität an das Ergosterin als an das Cholesterin in den zytoplasmatischen Membranen menschlicher Zellen. Daraus folgt, dass bei einer hohen Konzentration auch menschliche Zellen unter diesem Medikament leiden. Im Grund ist bei einer für den Pilz notwendigerweise zu erreichenden, optimalen Wirkkonzentration auch schon die Grenze der Verträglichkeit überschritten (Hof 2003).

Azole

Die Azole wirken auf die Pilzzelle fungistatisch, indem sie das für die Produktion von Ergosterin essentielle Enzym 14 α -Demethylase hemmen. Dadurch tritt im Laufe von Stunden und Tagen ein Mangel an diesen notwendigen Lipidbau-

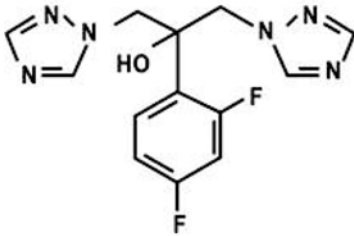
steinen der zytoplasmatischen Membran auf, was nach und nach zu einer Störung der Zellfunktionen und der Vermehrung führt. Zudem häufen sich in der Pilzzelle toxische Vorstufen an, wodurch schlussendlich die Pilzzelle unter Azoleinwirkung abstirbt (Hof 2003). Das Enzym 14 α -Demethylase der Pilzzelle ist verwandt mit den Cytochrom P450 (Cyp)-Enzymen der menschlichen Zellen, z.B. in der Leber. Bei hoher Dosierung kommt es daher evtl. auch zu Nebenwirkungen.

4 Wirkspektren

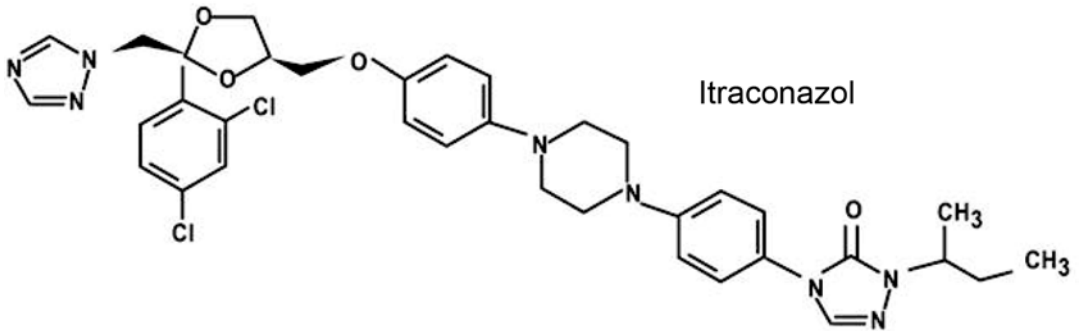
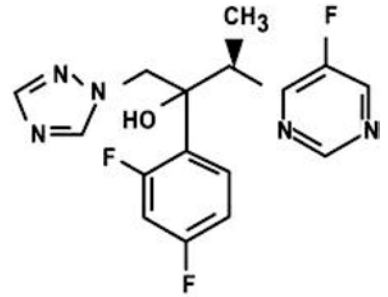
Echinocandine

Der Anteil an Glucan in der Zellwand ist bei verschiedenen Gruppen von Pilzen recht unterschiedlich (Tabelle 2). Generell haben Ascomyeten, z.B. *Candida* spp. und *Aspergillus* spp., einen hohen Glucananteil, weshalb sie recht empfindlich auf Echinocandine reagieren. Die Basidiomyceten und die Zygomyceten sind dagegen von vornherein ziemlich resistent, weil sie

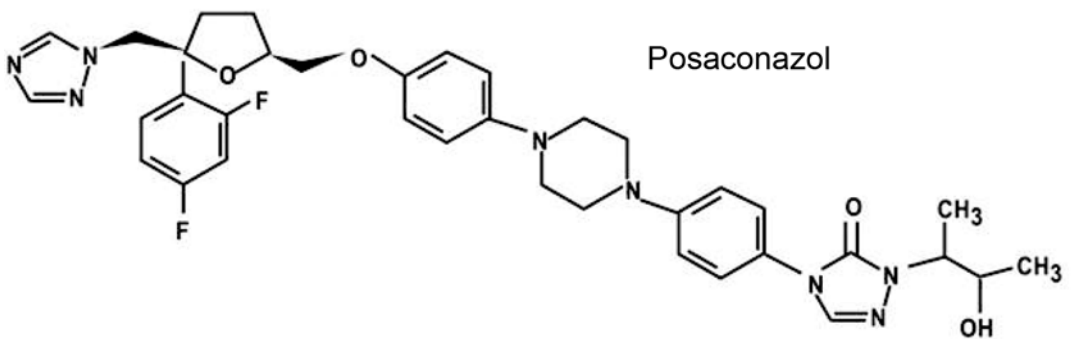
Fluconazol



Voriconazol



Itraconazol



Posaconazol

Abbildung 3. Chemische Struktur der Triazole.

weniger Glucan enthalten und somit die Störung der Synthese kaum Konsequenzen hat (Hof 2009).

Polyene

Diese Antimykotika haben die breiteste Wirkung (Tabelle 2). Nur ganz wenige Pilze sind a priori

dagegen resistent, wie etwa *Pneumocystis jirovecii*, *Aspergillus terreus*, *Candida lusitaniae* (Hof 2003).

Azole

Die verschiedenen Azolderivate haben ein unterschiedliches Spektrum. Die meisten *Candida*-Ar-

Tabelle 2. Wirkspektren einiger Antimykotika

	Amphotericin B (Polyen)	Fluconazol (Triazol)	Itraconazol (Triazol)	Voriconazol (Triazol)	Posaconazol (Triazol)	Anidulafungin (Echinocandin)	Micafungin (Echinocandin)	Caspofungin (Echinocandin)
Sprosspilze								
<i>Candida albicans</i>	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Candida glabrata</i>	□	●	●	□	□	■	■	■
<i>Candida tropicalis</i>	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Candida parapsilosis</i>	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Candida krusei</i>	●	●	●	□	□	■	■	■
<i>Trichosporon asahii</i>	●	●	●	■	■	●	●	●
<i>Cryptococcus neoformans</i>	■	■	■	■	■	●	●	●
Schimmelpilze								
<i>Aspergillus fumigatus</i>	■	●	□	■	■	□	□	□
<i>Aspergillus terreus</i>	●	●	□	■	■	□	□	□
<i>Aspergillus flavus</i>	■	●	□	■	■	□	□	□
<i>Penicillium</i> spp.	■	○	□	■	■	□	□	□
„Schwärzepilze“ (Dematiaceen)	□	○	□	□	□	●	●	●
<i>Fusarium</i> spp.	□	○	○	□	□	○	○	○
Zygomyzeten/Mucorazeen	□	○	○	●	□	○	○	○
<i>Pneumocystis jirovecii</i>	○	○	○	○	○	□	□	□
■ gut wirksam □ mäßig wirksam ● kaum wirksam ○ unwirksam								

ten sind im Allgemeinen hoch empfindlich; es gibt einige Ausnahmen, wie *Candida glabrata* und *C. krusei*. Während Fluconazol ausschließlich nur *Candida*-Arten hemmt, können die neueren Azole, wie Itraconazol und vor allem Voriconazol und Posaconazol darüber hinaus auch gegen einige Schimmelpilze wirken. Bei Zygomyzeten, Fusarien und Dematiaceen wirken sie aber nur mäßig (Hof 2003, 2006).

5 Resistenzmechanismen

Echinocandine

Durch eine Mutation im Hot Spot des Enzyms Glucansynthase wird die Affinität der Echinocandine generell gesenkt, so dass dann die Bindung an das eigentliche Target erschwert wird. Solche Mutanten sind nicht total resistent sondern nur relativ weniger empfindlich. Bei *Candida parapsilosis* ist so eine Genveränderung immer vorhanden, was bedingt, dass diese Stämme eine erhöhte minimale Hemmkonzentration (MHK) aufweisen (Hof 2009). Die Trophozoitenform von

Pneumocystis jirovecii enthält nur wenig Glucan, weshalb dieses Stadium wenig empfindlich ist; dagegen kann die Zystenform durch Echinocandine beeinflusst werden, da in dieser Vermehrungsform große Mengen von Glucan synthetisiert werden (MATSUMOTO et al. 1989).

In geringerem Maße kann die Wirkung der Echinocandine beeinträchtigt werden, wenn ihre Penetration durch die Zellwand aufgehalten wird, z.B. durch Pigmente, wie etwa Melanin. Effluxpumpen erkennen die Echinocandine nicht als Substrat an und spielen folglich keine Rolle.

Polyene

Alle Pilze, die kein Ergosterin in ihrer zytoplasmatischen Membran besitzen, sind a priori resistent gegen diese Antimykotika. Aber solche Pilze sind selten, z.B. *Pneumocystis jirovecii*. Eine Erschwerung des Zugangs zum Ergosterol kann im Prinzip auch zu einem Versagen führen, ist aber nur selten zu beweisen. In Einzelfällen, z.B. bei *Aspergillus terreus*, können Polyene unwirksam sein, ohne dass man dies bis heute plausibel erklären kann (Hof 2003).

Azole

Bislang sind ca. ein Dutzend mutierte Loci im aktiven Zentrum des Enzyms 14 α -Demethylase festgestellt worden, die zu einer Resistenz von Pilzen gegen eines oder mehrere Azole geführt haben (Hof 2006; ARENDRUP et al. 2010; BAHRIE BELLETE 2010). Eine genregulierte Überproduktion des Enzyms kann auch in manchen Fällen zu einer eingeschränkten Wirksamkeit der Azole führen.

Einige resistente Pilze haben Effluxpumpen entwickelt, die in der Lage sind, die Azole aus der Pilzzelle auszuscheiden, noch bevor sie an ihr eigentliches Ziel binden können (Tafel 1, Abb. 4). Die einzelnen Azole sind jedoch unterschiedlich gute Substrate für die diversen Pumpen, so dass meist keine Kreuzresistenzen gegen alle Azolderivate auftreten.

6 Epidemiologie der sekundären Resistenzen

Im Vergleich zu den Bakterien haben Pilze also weniger Resistenzmechanismen; so fehlt vor allem die Fähigkeit, Enzyme zu produzieren, welche die Antimykotika angreifen oder so verändern, dass sie unwirksam würden. Gerade dieser Mechanismus ist für Bakterien die stärkste Waffe gegen Antibiotika, z.B. wenn sie Beta-laktamantibiotika mit Hilfe von Betalaktamasen hydrolysieren.

Besonders wichtig ist die Tatsache, dass eine plasmid- bzw. transposonkodierte Resistenz bei Pilzen bislang im Gegensatz zu Bakterien noch nie aufgetreten ist. Damit ist gesichert, dass eine Ausbreitung von Resistenzen bei Pilzen nicht horizontal erfolgen kann, was ein ganz entscheidender Faktor für die Ausbreitung von bakteriellen Resistenzen ist.

Sekundäre Resistenzen von Pilzen gegen Polyene sind trotz Jahrzehnte langer Anwendung zur Prophylaxe und Therapie von Infektionen des Menschen in der Tat eine Rarität. Während einer längeren Behandlungsdauer können zwar Resistenzen gegen Echinocandine entstehen, jedoch ist dies in der medizinischen Praxis noch nicht von Belang.

Sekundäre Resistenzen bei *Candida*-Arten sind beschrieben, z.B. bei AIDS-Patienten, die über Wochen und Monate wegen eines Soors mit Fluconazol vergeblich behandelt wurden (RUHNKE et al. 2000). Sowohl Mutationen im Gen der 14 α -Demethylase als auch eine

Hochregulierung der Aktivität von Effluxpumpen kann die Ursache dafür sein. Beide Veränderungen stellen jedoch für den betroffenen Pilzstamm ein Handicap dar, wenn der Selektionsdruck durch das Antimykotikum in der Umgebung nachlässt, aber die Fitness reduziert ist. Folglich verschwinden solche resistenten Stämme wieder aus einem Menschen, wenn die Antimykotikumbehandlung aufhört. Dies ist eine weitere Erklärung, warum sich Resistenzen von Pilzen gegen Antimykotika nicht ausbreiten.

Eine primäre Resistenz von *Aspergillus fumigatus* ist sehr selten (PFALLER et al. 2008); in Einzelfällen werden solche Fälle beschrieben, wobei eine Mutation im Enzym der 14 α -Demethylase als Ursache angeführt wurde. Möglicherweise können solche Stämme in der Umwelt des Menschen selektioniert worden sein, da Azole in der Landwirtschaft in großem Umfang zur Bekämpfung von Pilzkrankheiten von Pflanzen eingesetzt werden (Hof 2001). In Ausnahmefällen sind auch bei einer Behandlung des Menschen Azol-resistente Stämme beobachtet worden (ARENDRUP et al. 2010; BELLETE et al. 2010).

7 Fazit

Zur Bekämpfung bakterieller Infektionen des Menschen steht eine Vielzahl von Antibiotika zur Verfügung, da sich die prokaryotische bakterielle Zelle deutlich von der menschlichen eukaryotischen Zelle unterscheidet. Diese Unterschiede ermöglichen eine selektive Wirkung von Antibiotika, ohne dass dabei der Wirt geschädigt wird. Pilzzellen sind hingegen ebenfalls Eukaryoten und bieten deshalb nur wenige mögliche Ansatzpunkte für Antimykotika. Folglich ist die Zahl der Antimykotika klein. Im Gegensatz zu Bakterien gibt es bei Pilzen nur wenige Resistenzmechanismen, nämlich die Veränderung des Targets und die Verhinderung des Zugangs zum Target (Pilze sind nicht in der Lage, durch Enzyme die Medikamente unschädlich zu machen). Insgesamt sind resistente Pilze in der Medizin selten. Die Resistenz von Pilzen breitet sich nicht horizontal durch Plasmide bzw. Transposons aus. Folglich ist eine explosionsartige Zunahme der Resistenzen nicht zu erwarten, auch wenn in der Medizin und in der Landwirtschaft große Mengen davon verwendet werden.

Literatur

- ARENDRUP, M. C., MAVRIDOU, E., MORTENSEN, K. L., SNELDERS, E., FRIMODT-MØLLER, N., KHAN, H., MELCHERS, W. J. & VERWEIJ, P. E. (2010): Development of azole resistance in *Aspergillus fumigatus* during azole therapy associated with change in virulence. – PLoS One, **5**: e10080.
- BAHRIE BELLETE, H. R., MOREL, J., FLORI, P., HAFID, J. & MANHSUNG, R. T. (2010): Acquired resistance to voriconazole and itraconazole in a patient with pulmonary aspergilloma. – Medical Mycology, **48**: 197-200.
- HIBBETT, D. S. et al. [67 Autoren] (2007): A higher-level phylogenetic classification of the Fungi. – Mycological Research, **111**(5): 509-547.
- HOF, H. (2001): Critical annotations to the use of azole antifungals for plant protection. Antimicrob. – Ag. Chemoth., **45**: 2987-2990
- HOF, H. (2003): Mykologie für Mediziner. – Stuttgart (Thieme Verlag).
- HOF, H. (2006): A new, broad spectrum azole antifungal: posaconazole. Mechanisms of action and resistance, spectrum of activity. – Mycoses **49**, Suppl. **1**: 2-6.
- HOF, H. (2009): Echinocandine – Wirkspektren und Resistenzen. – Krankenhauspharmazie, **30**: 575-578.
- HOF, H. (2011): Rationaler Einsatz von Antimykotika zur Prophylaxe und Therapie von Sproß- und Schimmelpilzinfektionen. – Chemotherapiejournal, **20**: 94-101.
- HOWARD, S. J., CERAR, D., ANDERSON, M. J., ALBARRAG, A., FISHER, M. C., PASQUALOTTO, A. C., LAVERDIERE, M., ARENDRU, M. C., PERLIN, D. S. & DENNING, D. W. (2009): Frequency and evolution of Azole resistance in *Aspergillus fumigatus* associated with treatment failure. – Emerg. Infect. Dis., **15**: 1068-1076.
- MATSUMOTO Y., MATSUDA, S. & TEGOSHI, T. (1989): Yeast glucan in the cyst wall of *Pneumocystis carinii*. – J. Protozool., **36**: 21S-22S.
- PFALLER, M. A., MESSER, S. A., BOYKEN, L., RICE, C., TENDOLKAR, S., HOLLIS, R. J. & DIEKEMA, D. J. (2008): In vitro survey of triazole cross-resistance among more than 700 clinical isolates of *Aspergillus* species. – J. Clin. Microbiol., **46**: 2568-2572.
- RUHNKE, M., SCHMIDT-WESTHAUSEN, A. & MORSCHHÄUSER, J. (2000): Development of simultaneous resistance to fluconazole in *Candida albicans* and *Candida dubliniensis* in a patient with AIDS. – J. Antimicrob. Chemother., **46**: 291-295.
- VERWEIJ, P. E., SNELDERS, E., KEMA, G. H., MELLADO, E. & MELCHERS, W. J. (2009): Azole resistance in *Aspergillus fumigatus*: a side-effect of environmental fungicide use? – Lancet Infect Dis., **9**: 789-795.

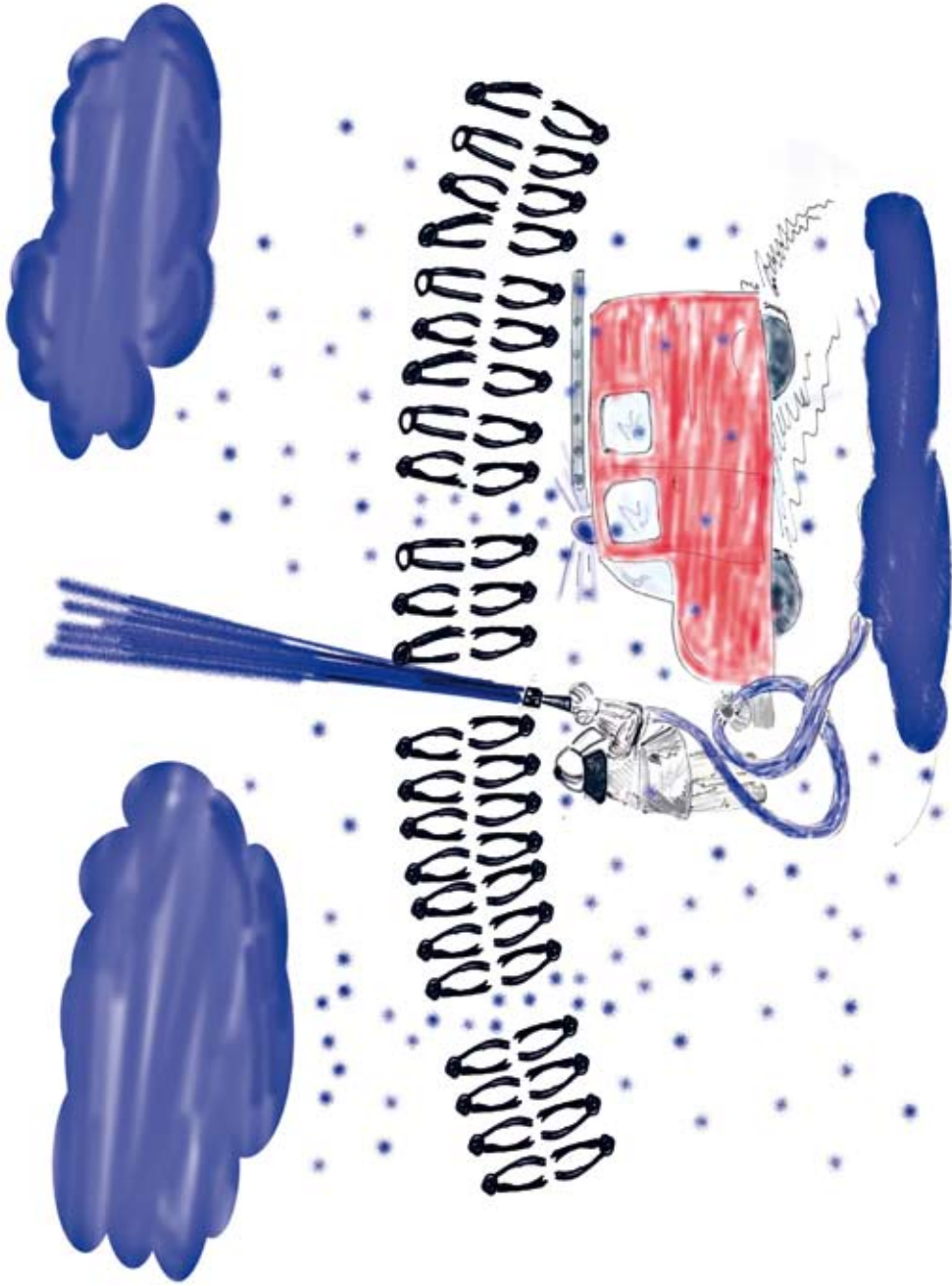


Abbildung 4. Bildhafte Darstellung einer Zelle (Ausschnitt) eines resistenten Pilzes, der Effluxpumpen entwickelt hat. Diese sind in der Lage Azole (blau), die durch die zytoplasmatische Membran (ein Lipidbilayer) ins Zellinnere des Pilzes gelangt sind, auszuscheiden noch bevor sie eine Chance haben, das eigentliche Ziel zu finden.

JULIUS HAUCK (1876-1966), ein patriotischer Pilzkundler in Zeiten des 1. Weltkriegs

ULRIKE SCHOFFER

Kurzfassung

Der Volksschullehrer JULIUS HAUCK (1875-1966) hielt es während des 1. Weltkriegs für seine vaterländische Pflicht, der hungernden Bevölkerung eine neue, bisher meist misstrauisch betrachtete Nahrungsquelle zu erschließen, nämlich die Pilze. Dazu war er bereit, sein ganzes pilzkundliches Wissen einzubringen. Diese Aktivitäten wurden recherchiert und dokumentiert. Er veranstaltete in Eberbach am Neckar eine Aufklärungskampagne mit Vorträgen, Ausstellungen, Wanderungen und Beratungen. Um den Teilnehmern die Vertiefung der erworbenen Kenntnisse zu ermöglichen, schrieb er in den Jahren 1916-1917 mehrere populärwissenschaftliche Büchlein. Seine Schriften enthalten wenig Eigenständiges; er exzerpierte im Wesentlichen verbreitete populärwissenschaftliche Werke seiner Zeit. So verfiel auch er, wie einige der von ihm zitierten Autoren, dem Irrtum, dass der Pantherpilz ein guter Speisepilz sei. Diese falsche Angabe geht vermutlich auf die fehlerhafte Abbildung des Pilzes durch J. CH. SCHAEFFER zurück. Hierauf wird im Detail eingegangen.

Abstract

JULIUS HAUCK (1876-1966), a patriotic mycologist during the First World War

When hunger was spreading in Germany during World War I, JULIUS HAUCK (1875-1966), an elementary school teacher, regarded it as his national duty to divulgate the until then suspiciously viewed mushrooms as a new food source. In Eberbach am Neckar he started an educational campaign with lectures, exhibitions, forays in the woods and a consultancy on mushrooms. These activities were documented. He wrote several instructive booklets for a non-scientific readership. His booklets do not offer new research; they are just excerpts of popular works of his contemporaries. This explains the fact that he, like the authors of the excerpted works, took the wrong view that the panther mushroom was edible and suited for cooking. This misconception could have its roots in a faulty picture in J. CH. SCHAEFFER'S work of mushroom illustrations. This is discussed in detail.

Autorin

Dr. ULRIKE SCHOFFER, Im Lebküchel 12, 69181 Leimen,
E-Mail: ulrikeschoffer@web.de



Abbildung 1. JULIUS HAUCK, Photo um 1910 (aus Festschrift Concordia 1988).

Einleitung

Hin und wieder stößt man in Antiquariaten auf kleine pilzkundliche Schriften von JULIUS HAUCK. Die Schriften erschienen in den Jahren 1915-1917 in mehreren Auflagen, meist im Selbstverlag des Autors, in Eberbach a. Neckar. Der Autorin, einer Pilzkundlerin, deren bevorzugte „Pilzjagdgebiete“ auf den Höhen über Eberbach

liegen und die außerdem noch an der Historie der Pilzkunde interessiert ist, stellte sich zwangsläufig die Frage: Wer war JULIUS HAUCK?

HAUCK unterrichtete in den genannten Jahren als Hauptlehrer an der Schule in Neckarwimmersbach am Neckar (heute in Eberbach eingemeindet). Aus der Eberbacher Zeitung jener Jahre erfährt man, dass HAUCK in jener Zeit für die Eberbacher Bevölkerung mehrere groß angelegte Aufklärungskampagnen und Ausstellungen über Natur, Nutzen und Schädlichkeit der Pilze veranstaltete, die eine überwältigende Resonanz fanden. Später dehnte er seine Aufklärungsarbeit über Eberbach hinaus bis nach Mittelbaden aus. In diesem Zusammenhang sind auch seine populärwissenschaftlichen Schriften entstanden und veröffentlicht worden.

Die Biografie

JULIUS GUSTAV CARL HAUCK wurde als Sohn des Einzelhandelskaufmanns GUSTAV L. HAUCK und seiner Ehefrau BERTA geb. NAUDASCHER (*23.12.1850) am 26. Februar 1875 in Kenzingen im Breisgau geboren. Die kinderreiche, katholische Familie lebte in bescheidenen Verhältnissen, da der Gemischtwarenladen der Eltern nicht allzu viel abwarf; 1896 ging der Laden in Konkurs. Trotz dieser unbefriedigenden wirtschaftlichen Verhältnisse konnte JULIUS HAUCK die Höhere Bürgerschule in Kenzingen von 1885-1890 mit gutem Erfolg besuchen. Neben Deutsch und den naturkundlichen Fächern lernte er Latein, Französisch und Englisch (A. WILD, schriftl. Mitt.). Wo er seine Lehrerausbildung absolvierte, war nicht zu ermitteln (MICHAEL BOCK, schriftl. Mitt.). Ab Juni 1907 unterrichtete HAUCK für wenige Monate auf einer nicht „etatmäßigen“ Stelle als Naturlehrer an der Volksschule in Kirrlach bei Bruchsal (K. HOFFMANN, schriftl. Mitt.). Von dort wurde er noch im gleichen Jahr vom Großherzoglichen Oberschulrat nach Altenbach bei Schriesheim auf eine „etatmäßige“ Hauptlehrerstelle versetzt (D. HECHT, schriftl. Mitt.). Während seiner Zeit in Altenbach wurde das marode Schulhaus durch einen repräsentativen Neubau ersetzt, zu dessen Einweihung HAUCK im Jahre 1910 die Festrede hielt. Er dirigierte den Gesangverein Liederkranz Altenbach 1863 von 1907 bis zu seinem Wegzug 1911; er blieb dem Verein sein Leben lang verbunden und erfuhr mehrere Ehrungen (GROSS 202: 442). Auch an der Schule förderte und intensiverte er den Musikunterricht und führte dem Verein zahlreichen Nachwuchs zu (GROSS 2002:

529). Obwohl er als Lehrer ein hohes Sozialprestige genoss und in dem kleinen Ort als Autorität geachtet war, machte er sich nicht nur Freunde, wie ein aktenkundiger Streit mit dem reichsten Mann Altenbachs, VALENTIN JUNGMANN, belegt. HAUCK ging zwar als Sieger und rehabilitiert aus dem Streit hervor (GROSS 2002: 435), verließ aber am 16.10.1911 Altenbach und übersiedelte mit Mutter und Schwester nach Neckarwimmersbach. Die Familie wohnte im dortigen Schulhaus (R. LENZ, schriftl. Mitt.). Bereits ab etwa 1896 fungierte HAUCK als Chorleiter des Männergesangsvereins Concordia in Neckarwimmersbach, den er zu gesanglichen Höchstleistungen und bemerkenswerten Auszeichnungen führte. 1914 endete diese Tätigkeit, da sich der Chor kriegsbedingt auflöste (Concordia 1988: 54).

1920 verließ HAUCK Neckarwimmersbach, um seinen Dienst an der Wieslocher Gerberschule aufzunehmen. Im März 1930 trat er aus gesundheitlichen Gründen in den vorzeitigen Ruhestand, zog nach Heidelberg (M. KURZ, mündl. Mitt.) und blieb dort bis zu seinem Tod. Er unterrichtete als „Privatlehrer“, wechselte oft die Wohnung und starb im hohen Alter von 91 Jahren am 3. Oktober 1966. Am 5. Oktober fand die Trauerfeier auf dem Bergfriedhof statt, wo seine Urne auch bestattet wurde. HAUCK blieb unverheiratet (D. WEBER: schriftl. Mitt.)

Schüler HAUCKS in Eberbach und Wiesloch schilderten der Autorin im Jahre 1997 den Lehrer als einen gestrengen, hageren Mann, der wenig umgänglich und verschlossen auf sie wirkte. Über sein mykologisches Hobby wussten sie nichts zu berichten.

Eberbach am Neckar in der Zeit von 1914-1918

Die Eberbacher Zeit HAUCKS war über einen langen Zeitraum hinweg von den Wirren und Nöten des 1. Weltkriegs geprägt. Bei Beginn des Krieges hatte die deutsche Regierung keinerlei Vorkehrungen getroffen, um den Nahrungsmittelbedarf der Bevölkerung sicherzustellen. Zwar wurden fast alle nötigen Nahrungsmittel im Lande selbst erzeugt, nur 10 % des Bedarfs mussten importiert werden, so dass sich die englische Seeblockade zunächst nicht bemerkbar machte. Massive Engpässe traten erst ab 1916 auf. Man sprach plötzlich von der „Hungerblockade“, deren Auswirkungen natürlich auch in Eberbach zu spüren waren. Eberbach war, schon durch seine Lage am engen Neckarknie bedingt, keine landwirtschaftlich geprägte Stadt.

Es gab zwar Obstbau, aber die etwa 6.000 Einwohner des lebendigen Landstädtchens mit großem Hinterland verdienten ihren Lebensunterhalt als Kaufleute, Beamte und Angestellte in den örtlichen Handwerksbetrieben, Behörden und Fabriken. In vielen Betrieben wie den Sandsteinbrüchen, den Steinhauerbetrieben, den Holzverarbeitenden Betrieben, der Eisen verarbeitenden Industrie, dem Schiffbau und der Schifffahrt fehlten schon bald die zum Heer eingezogenen wehrtüchtigen Männer. Dadurch ging die Produktion vieler Güter zurück und damit auch der Verdienst der Bevölkerung. Außerdem mussten aus den Nordvogesen evakuierte Flüchtlinge aufgenommen und versorgt werden. Die Berichte und Aufrufe in der Eberbacher Zeitung vermitteln ein lebhaftes Bild der durch den Krieg notleidenden Bevölkerung. Für Bedürftige wurde die Schulspeisung eingeführt und eine Kriegsküche eröffnet. Es wurden Nahrungsmittelbezugscheine eingeführt, die den Menschen das Nötigste zum Leben sicherstellen sollten. Die Läden waren nur noch vormittags geöffnet, und man konnte den Geschützdonner aus den Vogesen und Verdun hören. Die Anzeigen häuften sich, in denen Eltern und Ehefrauen „schmerzerfüllt“ den Tod eines geliebten Menschen anzeigen, der den „Heldentod für das Vaterland“ gestorben sei (WEISS 1927: 400-409). In dieser schwierigen Lage der „Volksernährung“ schlug die Stunde des pilzkundigen Patrioten JULIUS HAUCK. Er schrieb: „Der furchtbare Krieg, der die gesamte Kultur erschüttert, hat das deutsche Volk vor große Aufgaben gestellt. Der aufgezwungene Hungerkrieg legte die Ernährungsfrage in den Mittelpunkt aller Aufgaben. Der zielbewussten Organisation im Bunde mit dem unerschütterlichen Willen des gesamten Volkes zu siegen ist es gelungen, die zur Ernährung unentbehrlichsten Nahrungsmittel sicherzustellen. Enger und enger werden jedoch die Grenzen der zur Erhaltung der Volkskraft nötigen Mengen. Es ist daher freudigst zu begrüßen, dass bisher unbeachtete oder doch nur von wenigen verwertete Erzeugnisse von Wald und Flur, Feld und Trift den ihnen gebührenden Platz als Nahrungsmittel erhalten. Dazu gehören in erster Linie die Pilze“ (HAUCK 1916b, Einleitung). Mit dieser aus der Not geborenen Erkenntnis hielt es HAUCK für seine vaterländische Pflicht, sein Wissen über Pilze in den Dienst der Allgemeinheit zu stellen, woraufhin er mit großem Engagement in Eberbach eine Aufklärungskampagne über Pilze und ihre Verwertung startete.


Pilzwanderungen, Pilzausstellungen, Vorträge und Beratungen

Ab Mitte Juli 1916 startete in Eberbach eine breit angelegte Pilzaufklärungskampagne unter der Federführung des Hauptlehrers J. HAUCK. Unterstützt wurde das Vorhaben vom Volksbildungsverein, dem Frauenverein und dem Gartenbauverein, die in der Eberbacher Zeitung eine großformatige Anzeige aufgegeben hatten. Begonnen wurde am Wochenende vom 14. Juli 1916 mit einem Vortrag von HAUCK über Pilzverwertung (Abb. 2), es folgten eine Pilzwanderung und eine Pilzausstellung, auf der 100 Arten präsentiert wurden. Alle Veranstaltungen waren gut besucht und fanden ein positives Echo in der Bevölkerung und in der örtlichen Presse (EZ 1916, 17. Juli)¹.

Besonders begeistert waren die Eberbacher über einen weiteren Vortrag, gehalten vom Geh. Hofrat LUDWIG KLEIN (1857-1927), Professor für Botanik an der Technischen Hochschule Karlsruhe. Die Eberbacher Zeitung (EZ 1916, 26. Juli) schrieb darüber: „Die Pilze als Volksnahrungsmittel‘ war sehr gut besucht. Mit gespannter Aufmerksamkeit verfolgten die Anwesenden die klaren und leicht verständlichen Ausführungen des Vortragenden, der seine Erläuterungen durch herrliche Lichtbilder illustrierte.“ KLEIN war vom Badischen Unterrichtsministerium abgestellt worden, „Propaganda für stärkere Ausnutzung unserer Pilzschätze“ zu machen. Dafür reiste er durch ganz Baden, hielt Lichtbildervorträge, organisierte Pilzausstellungen und gab vor allem pilzkundliche Fortbildungskurse für Lehrer, die man sich als Multiplikatoren wünschte (EZ 1917, 22. Juni). Dazu hatte er sich eine stattliche Diapositivsammlung angelegt, die er einerseits selbst aufgenommen und koloriert hatte, andererseits von dem Maler JOSEF HANEL erworben hatte. Diese Sammlung bildete den Grundstock für KLEINS populärwissenschaftliches Pilzbuch „Gift- und Speisepilze und ihre Verwechselungen“ (KLEIN 1921: 5-7).

Nach dieser Einstiegskampagne führte HAUCK seine pilzkundliche Aufklärungsarbeit mit großem Eifer über die Jahre bis 1918 fort. Er bot kontinuierlich Wanderungen an und veröffentlichte in der Eberbacher Zeitung immer wieder kleine Artikel über den Umgang und die Verwertung von Pilzen (EZ 1916, 17., 19., 22., 24., 26. Juli; 3.,

¹ Sämtliche zitierten Artikel in der EZ (Eberbacher Zeitung) sind unsigniert. Aus dem Inhalt vieler Artikel lässt sich allerdings vermuten, dass HAUCK der Autor war.



Vortrag über Pilzverwertung.
 Heute Freitag, den 14. ds. Mts., abends 8 $\frac{1}{2}$ Uhr
 findet im Saale der „Burg Stolzeneck“ ein
Vortragsabend über Pilzverwertung
 — Referent Herr Hauptlehrer Julius Hauck, Stadtteil Neckar-
 wimmersbach, — am Sonntag, den 16. ds. Mts. nachm.
 3 Uhr, Zusammenkunft beim Brockenhof eine
Pilzwanderung
 und vom Sonntag, den 23. ds. Mts. ab in einem noch zu
 bestimmenden Lokal eine
Pilzausstellung
 statt.
 In Anbetracht der Wichtigkeit dieser Veranstaltungen für
 die Volksernährung bitten wir um zahlreichen Besuch.
 Jedermann ist hiermit freundlichst eingeladen.
 ————— Eintritt frei. —————
Die Vorstände
des Volksbildungsvereins, Frauenvereins und
Gartenbauvereins.




Abbildung 2. Vortrags-
 ankündigung über Pilz-
 verwertung in der Eber-
 bacher Zeitung vom 14.
 Juli 1916.

11., 18., 25. August; 23. September). Er klagte über die mangelnde Erfahrung der Pilzsammler und riet zum besonnenen und sorgfältigen Umgang mit diesen „Kindern des Waldes“ (EZ 1917, 4. Juli). Man sollte nicht blindwütig und gierig alle Pilze ernten wollen. Besonders sollten alte, schon schimmelige, verdorbene oder stinkende Exemplare im Walde bleiben, wo sie noch ihren Nutzen hätten, denn erstmal im Kochtopf gelandet, könnten sie nur noch der Gesundheit schaden. Er wurde nicht müde, auch vor echten Vergiftungen mit Pilzen zu warnen und bot seine Hilfe als Fachmann unentgeltlich an. Immer wieder und in letzter Zeit gehäuft, sei es durch Verwechslungen zu Vergiftungen mit tödlichem Ausgang gekommen (EZ 1916, 23. September). Um das zu verhindern, hatte er eine Idee: Damit jeder Sammler die giftigsten aller Pilze, nämlich

die Knollenblätterpilze, sicher erkennt, sollte man diese an vielen öffentlichen Orten, wie auf Märkten, in Läden oder Schaufenstern ausstellen und vor ihnen warnen (EZ 1917, 7. Juli).

Im gleichen Jahr 1916 organisierte HAUCK bis in den Oktober hinein noch andere Aufklärungsveranstaltungen, jeweils verbunden mit einer Ausstellung. So konnte er in Mosbach 81, in Lahr 85, in Sinsheim 90, in Durlach 101, in Weinheim 124, in Pforzheim 121, in Heidelberg 137 und in Mannheim 117 Arten ausstellen (HAUCK 1917a, Vorwort).

Im Jahr 1917 fielen HAUCKS Aktivitäten geringer aus als im Vorjahr. Verantwortlich dafür war ein völlig verregneter Sommer. Immerhin ist es HAUCK noch gelungen, in Lahr eine Pilzausstellung mit 82 ausgestellten Arten zu organisieren (EZ 1917, 3. August). Dann wurde das Wetter so

schlecht, dass selbst HAUCK nicht mehr aus dem Haus wollte. Als sich im September das Wetter besserte, veröffentlichte er in der regionalen Zeitung einen überschwänglichen Artikel, mit dem er die Bevölkerung zum Pilzverzehr, leider auch giftiger Pilze, animierte: „Aber jetzt hinaus in die schöne Natur, die ihren herbstlichen Segen vor unseren Augen ausbreitet... Wie ist da alles anders geworden; ein Leben und Wachsen hat hier begonnen; und wir waren zu Hause bis in den Tod betrübt ob des schrecklichen Regens. Der Wald erschließt uns seine Schätze. Wie kleine Zwerge stehen sie da mit ihren roten, gelben, weißen und braunen Köpfen auf einem Beine. Das Reich der Pilze entfaltet seine Herrlichkeit. Dort steht in großer Schar der Trompeten-Pfifferling; da lüpfet ein Samtfuß-Krempling den fruchtbaren Waldboden. Nimm ihn mit und lasse auch den Maronen-Röhrling, der dem Steinpilz an Güte wenig nachsteht, nicht unbeachtet stehen. Hast du eine tüchtige Hausfrau, bring ihr den Rotbraunen Reizker und den Mordschwamm, der, wenn auf besondere Art zubereitet, dir deinen Gaumen reizt...Glücklich streckst du deine Hand nach einem jungen Steinpilz aus, aber halt, du hast den Gallen-Bitterling erwischt, der dir dein Dasein erbittern könnte. Fülle deine Sammelbüchse mit Scheiden-Streifling, Stockschwämmchen, Ziegen-Pfifferling und dem Elfenbein-Schneckling, dem ausgesprochenen Herbstpilze. Dann geh nach Hause und lasse dich nieder zum billigen, göttlichen Mahle“ (EZ 1917, 1. September). Für Wissbegierige war HAUCK bereit, per Post zugesandte Pilze zu bestimmen. Auch dafür war er gut organisiert. Er verlangte, dass alle Pilze mit einer Nummer gekennzeichnet seien, um sich bei der Antwort kurz fassen zu können. Er erhob eine Gebühr von 20 Pfennig pro Pilz und wünschte als Anlage eine frankierte, adressierte Rückpostkarte (HAUCK 1917a; 1).

„Winke und Ratschläge für Pilzsammler 1916“, „Der Ratgeber für Pilzsammler 1916“ und der „Führer durch die Pilzausstellung 1916 und 1917“

HAUCKS Pilzkampagnen sollten hauptsächlich dazu dienen, „sich mit diesen wertvollen Gewächsen bekannt zu machen, welche in hohem Maße geeignet sind, verschiedene jetzt fehlende oder knappe und daher teure Lebensmittel zu ersetzen“ (EZ 1916, 22. Juli). HAUCK wusste natürlich, dass vor der Verwertung an erster Stelle das Erkennen der Pilze und damit die Sicherheit

der Verbraucher gewährleistet sein musste. Zu diesem Zweck schrieb er 1916 eine kleine Broschüre „Winke und Ratschläge für Pilzsammler“ (HAUCK 1916c). In dem nur 16 Seiten umfassenden Büchlein zählte HAUCK zunächst „die in unserer badischen Heimat wachsenden Speisepilze“ auf. Er teilte sie in neun Gruppen auf, beginnend mit den Blätter- und Röhrenpilzen, endend mit den Morcheln. Weiter gab er Sammel- und Verwertungshinweise, nannte die Erscheinungszeit und charakterisierte die bevorzugten Fundorte der verschiedenen Arten (HAUCK 1916c: 8-10). In den beigefügten Merksätzen für Pilzsammler steht an erster Stelle die Warnung, niemals einen Pilz zu essen, den man nicht ganz genau kenne. Konkrete Hinweise auf giftige Pilze oder die Aufzählung von giftigen Pilzen fehlen jedoch vollkommen (HAUCK 1916c,16). Diesen Mangel erkannte und behob HAUCK in der im nächsten Jahr 1917 herausgebrachten, vollkommen überarbeiteten und erweiterten Neuauflage des Büchleins unter dem Titel: „Ratgeber für Pilzsammler“ (HAUCK 1917b). Hier gab er zunächst eine allgemeine Einführung in die Welt der Pilze, erklärte auf einfachste Weise das Wesen eines Pilzes und charakterisierte die einzelnen Familien in kurzen Worten. In dieser Neuauflage nahm nun auch die Warnung vor Giftpilzen breiten Raum ein. In tabellarischen Übersichten stellte er die Merkmale der giftigen Pilze denen ihrer essbaren Doppelgänger gegenüber (HAUCK 1917b, 8f.). Da seine äußerst preiswerte Broschüre ohne Bilder bleiben musste, empfahl er seinen Lesern, um das Erkennen der Pilze zu erleichtern und sicherer zu machen, sich bebilderte Pilzbücher bekannter Autoren zu kaufen, wie von E. GRAMBERG (GRAMBERG 1913), E. MICHAEL (MICHAEL 1917), J. ROTHMAYER (ROTHMAYER 1913), P. SYDOW (SYDOW 1905), J. MACKU & A. KASPAR (MACKU & KASPAR 1915), sowie ihres praktischen Taschenformats wegen, die Bändchen von W. OBERMAYER (OBERMAYER 1917) und H. BLÜCHER (BLÜCHER 1914).

Noch vor „Winke und Ratschläge für Pilzsammler“ (HAUCK 1916c: 8) hatte HAUCK im Jahre 1916 einen „Führer durch die Pilzausstellung“ herausgegeben (HAUCK 1916a). Diesen Führer sah er als wichtige, ergänzende, das Wissen vertiefende Lektüre zu seinen Ausstellungen an. Nach der 1. Auflage von 1916 mit 118 (HAUCK 1916a) folgte 1917 eine 2. verbesserte Auflage mit 206 besprochenen Arten. (HAUCK 1917a, Abb. 3, 4). Er war bemüht, alle aufgeführten Arten in seinen Ausstellungen zu zeigen, und sofern in der Natur nicht auffindbar, durch Modelle oder Bilder zu

Führer
durch die
Pilzausstellung

von
Julius Hauck.



Steinpilz oder Herrnpilz

3.—5. Tausend.

Zweite, vollständig umgearbeitete, erweiterte u. vermehrte Auflage.

Preis 50 Pfg.

12343

Abbildung 3. Umschlag zu „Führer durch die Pilzausstellung“ von JULIUS HAUCK (1917a).

ergänzen. Aber der Pilzfürher sollte nicht nur der Belehrung des Publikums, sondern auch seiner eigenen Bequemlichkeit dienen. Er schrieb dazu: „Um die auf manchen Pilzausstellungen üblichen stundenlangen, an Sprachwerkzeuge und Lunge große Anforderungen stellenden Vorträge entbehrlich zu machen, habe ich in meinen Ausstellungen folgende Einrichtung getroffen: Sämtliche ausgestellten Pilze sind mit Nummern versehen. Schlägt man nun im Pilzfürher die gleiche Nummer auf, so wird man über den betreffenden Pilz alles Wissenswerte finden: Fundort, Standort, Wert (ob eßbar, ungenießbar oder giftig). Bei vielen Pilzen ist angegeben, auf welche Art sie sich zubereiten lassen. Dabei fehlt auch nicht der Hinweis auf die Verwechslungsmöglichkeit einzelner Speisepilze mit ungenießbaren oder giftigen Doppelgängern nebst genauer Angabe ihrer, meist tabellarisch aufgelisteten, Unterscheidungsmerkmale“ (HAUCK 1917a, Vorwort). Um seinen Führer übersichtlich zu gestalten, teilte er die Pilze, in Anlehnung an die 11 Linnéschen Gattungen, in 11 Familien ein, die er aber für seinen Bedarf modifizierte. Er verzichtete auf die, wie er meinte, bei uns nicht vorkommende Trüffel und andere Gattungen. HAUCK legte sich auf folgende Familien fest: 1. Blätterpilze, 2. Löcherpilze, 3. Stachelpilze, 4. Keulenpilze, 5. Staubpilze, 6. Rindenpilze, 7. Morchlinge, 8. Gallertpilze, 9. Becherpilze, 10. Holzpilze und 11. Lorchelpilze (HAUCK 1917a, Vorwort). Aus pädagogischen Gründen teilte er die Pilze in drei Abteilungen. Dazu zog er aus allen Familien die giftigen und die ungenießbaren Pilze heraus und besprach sie separat von den Speisepilzen in eigenen Abteilungen. Auch in den Ausstellungen sind ihnen eigene Abteilungen zugewiesen. Für giftig hielt er lediglich 8 Pilze (deutsche und botanische Namen werden unverändert aus HAUCK übernommen): Die Knollenblätterpilze (*Amanita bulbosa*) nämlich: Den Grünen (*A. viridis*), den Weißen (*A. verna*) und den Gelben (*A. mappa*) Knollenblätterpilz, den Fliegenpilz (*A. muscaria*), den Speitäubling (*Russula emetica*), den Birken-Reizker (*Lactarius torminosus*), den Satanspilz (*Boletus satanas*) und den Kartoffelbovist (*Scleroderma vulgare*).

In der Abteilung der „Ungenießbaren Pilze“ finden sich 55 Arten, die auch heute noch bei nicht allzu erfahrenen Sammlern im Korb landen: Darunter Gallen-Röhrling (*Boletus felleus*), Büscheliger Schwefelkopf (*Hypholoma fasciculare*), Grünspanpilz (*Stropharia viridula*) oder scharfe Milchlinge und Täublinge. Weiter konnten die

Besucher stattliche Porlinge und Zunderpilze bestaunen und sich über so manches Ausstellungsobjekt wundern, das nicht auf Anhieb als Pilz zu erkennen war, wie den als Erlenschwamm bezeichneten Spaltblättling (*Schizophyllum commune*), den Strauchförmigen Rindenpilz (*Telephora palmata*), verschiedene Holzkeulen (*Xylaria polymorpha* und *X. hypoxylon*), Teuerlinge (*Cyathus crucibulus* und *C. striatus*), den Eingeweide-Zitterpilz (*Tremella mesenterica*), auch den Ohrlöfpilz (*Hydnum auriscalpium*) mitsamt seinem Zapfensubstrat oder den Schlüpfrigen Kappenpilz (*Leotia lubrica*).

Zu den essbaren Pilzen zählte HAUCK 143 in unseren Wäldern, d.h. vom Odenwald bis zum mittleren Schwarzwald vorkommende Arten. Die meisten der genannten Arten sind auch heute noch begehrte Speisepilze, angefangen bei Steinpilz, Marone, Parasol, Perlpilz, Pfifferling, Champignon, Fichtenreizker, Totentrompete oder Schopftintling. Aber auch Dachpilze, Lacktrichterlinge, Rüblinge oder Falsche Pfifferlinge zählte er zu den guten Speisepilzen. Als essbar bis gut bezeichnete er Erdsterne (*Geaster stellatus*, *G. coronatus* und *G. fimbriatus*) oder die Herkuleskeule (*Clavaria pistillaris*), die doch ziemlich bitter schmeckt. Ob hier eine Verwechslung mit der Abgestutzten Keule (*Clavariadelphus truncatus*) vorliegt? Dass HAUCK mit großem Bedauern immer wieder über Vergiftungen zu berichten wusste, kann uns nach heutigem Kenntnisstand nicht verwundern: Was geschah, wenn ein Sammler, der in der Ausstellung den Mehlpilz (*Rhodosporus prunulus*) als guten, „unverwechselbaren“ Speisepilz kennen lernte, ihn mit einem giftigen, weißen Trichterling verwechselte? Was geschah nach dem Verspeisen vom Blutroten Hautkopf (*Cortinarius sanguineus*) oder dem Zimmet-Hautkopf (*Cortinarius cinnamomeus*)? Ob ein Mordschwamm (*Lactarius turpis*), wenn auch lange gebraten, bekömmlich war? Kahler Krempling (*Paxillus involutus*) und Falten-Tintling (*Coprinus atramentarius*) fanden sicher auch damals schon ihre Opfer und Rosa Helmpilze (*Mycena rosea* und *M. pura*) verursachten, in Mengen genossen, auch zu dieser Zeit schon muscarinbedingte „Höhenflüge“. Das alles kann HAUCK noch nicht gewusst haben.

HAUCK war ein guter praktischer Pilzkenner, mit wissenschaftlichem Arbeiten war er jedoch nicht vertraut. Gestützt wird diese Beobachtung beispielsweise durch einen Artikel, den HAUCK in der Eberbacher Zeitung veröffentlichte, in dem er sensorisch wahrnehmbare Merkmale eines

Pilzes eindeutig überbewertete: „Pilzsucher, Vorsicht“ lautete die Überschrift. HAUCK erklärte darin, dass er von einem „tüchtigen Pilzkenner und Forscher aus der Schweiz“ erfahren habe, dass es Vergiftungen mit einem Pilz gegeben habe, der aus der für „harmlos geltenden“ Gattung *Entoloma* stamme. HAUCK war diese Gattung nicht geläufig; auch in den besten Pilzwerken von GRAMBERG (1913) und MICHAEL (1917) sei sie unbekannt, rechtfertigte er sich. Weiter kommentierte er, dass der Pilz rosafarbige bis fleischrote Lamellen habe und stark nach dumpfigem Mehl rieche und schmecke, beides Merkmale, meinte er, die sonst nur bei unverdächtigen Pilzen vorkommen. Zur Lösung des Problems schlägt er Folgendes vor: „Es dürfte wohl die schon oft wiederholt aufgestellte Behauptung zutreffen, dass gewisse Pilze ähnlich den Bakterien in Bezug auf die Giftigkeit ihren Charakter wechseln können“ (EZ 1916: 9. Oktober).

Die Konfusion um den Pantherpilz

Auch über die damals bestehende Konfusion um den Speisewert des Pantherpilzes dürfte HAUCK nicht informiert gewesen sein, obwohl er in seiner eher bescheidenen Bibliothek Bücher besaß (nur diese werden hier berücksichtigt), deren Autoren den Pilz unterschiedlich beurteilten. SYDOW (1905: 5) ordnet den Pilz als giftig ein, KLEIN (1921: 4) als verdächtig. In den beiden von HAUCK favorisierten Pilzbüchern von GRAMBERG (1913: I,13) und MICHAEL (1917: I,76), sowie bei ROTHMAYR (1913: 41) und MACKU & KASPAR (1915: 66) gilt die Art jedoch als guter Speisepilz. GRAMBERG und MICHAEL machen allerdings darauf aufmerksam, dass der Pilz früher als giftig galt. Die unterschiedliche Bewertung der Autoren weckte in HAUCK keine Zweifel, er empfahl den Pilz als guten Speisepilz (Abb. 4), dem man vor dem Verzehr nur die unappetitliche Huthaut abziehen sollte, was auch GRAMBERG und MICHAEL empfahlen, da in ihr, wie diese meinten, das Gift lokalisiert sein könnte.

Diese Konfusion um den Pantherpilz bestand schon seit langer Zeit und geht vermutlich auf J. CH. SCHAEFFER (1762) zurück, der in „Fungorum qui in Bavaria et Palatinu circa Ratisbonam nascuntur icones“ auf Tafel 90 sechs Ansichten (I-VI) eines Pilzes abbildete, die aber eindeutig nicht einer Pilzart, sondern mindestens zwei Arten zuzuordnen sind. In der Erstausgabe 1762 bezeichnete SCHAEFFER den Pilz als Wilden Fliegen-schwamm, später in der zweiten Ausgabe von 1774 benannte er ihn in *Agaricus maculatus* um

(SCHAEFFER 1774, Tafel 90) und CH. H. PERSOON (1800: 36) bezeichnete ihn im Kommentarband zu SCHAEFFER als *Agaricus verrucosus*. Die Verwirrung wird nicht kleiner, wenn man bedenkt, dass PERSOON den Pilz in seinem „Tentamen“ bereits 1797 in die Gattung *Amanita* übernommen und ihn als *Amanita umbrina* bezeichnet hatte, wobei er sich auf Tafel 90 bei SCHAEFFER bezog (PERSOON 1797: 67). Noch ratloser wird man, wenn man bemerkt, dass PERSOON in seinem populärwissenschaftlichen „Traité sur les champignons comestibles“ (PERSOON 1819: 194) als Abbildung für seinen *Agaricus verrucosus* sich auf eine Abbildung bei BULLIARD (BULLIARD 1787-88, Tafel 316) bezieht, die aber eindeutig einen Perlpilz (*Amanita rubescens*) darstellt. Auch DE CANDOLLE (1815: 52), der für die Art den Namen *Agaricus pantherinus* kreierte, bezog sich immer noch auf die Abbildung bei SCHAEFFER (1774). Auch FRIES schuf keine Klarheit. Für seinen *Agaricus (Amanita) pantherinus* bezieht er sich in *Systema mycologicum* auf die Abbildung bei SCHAEFFER (FRIES 1821, 1: 16) und die Diagnosen von PERSOON. Genauso fand KROMBHOLZ im Jahr 1836 für seine *Amanita pantherina* die Schaeffersche Abbildung noch verbindlich, obwohl in seinem Werk Abbildungen und Beschreibung des Pilzes eindeutig auf eine *A. pantherina* im heutigen Sinne hinweisen. Die makroskopischen Merkmale sind gut beobachtet, und außerdem festerte er die Giftigkeit des Pilzes in Tierversuchen; danach konnte er ihn zweifelsfrei als giftig bezeichnen (KROMBHOLZ 1836, 4: 24f). KROMBHOLZ war es auch, der als Erster im deutschsprachigen Raum auf die Verwechslungsmöglichkeit der *Amanita pantherina* mit dem Aschgrauen Blätterschwamm (*Agaricus cinereus* J. OTTO 1816 non SCHAEFFER) und dem Hohen Blätterschwamm (*Agaricus excelsus* FRIES) aufmerksam machte, beides Pilze, die aus heutiger Sicht zur Art *A. excelsa-spissa* s.l. zu rechnen sind. Alle drei Pilzarten bildete er gemeinsam auf Tafel 29 ab (KROMBHOLZ 1836, 4: 22-28 und Tafel 29). Wie bereits oben erwähnt, geht die Verwirrung um den Pantherpilz vermutlich auf die SCHAEFFERSche Tafel 90 zurück, auf der offensichtlich zwei verschiedene Pilzarten abgebildet sind. Lediglich die Ansichten II und III sind *A. pantherina* zuzuordnen. Die Ansichten I, IV, V und VI stellen einen ähnlichen Pilz dar, der zum Komplex *A. excelsa-spissa* zu rechnen ist. Obwohl Kromholz bereits 1836 beide Pilzarten kannte und sogar auf die Verwechslungsmöglichkeit aufmerksam machte, äußerte er keine Zweifel und gab nicht zu be-

11. Pantherpilz (*Amanita pantherina*). (Panter=Wulftling. Graubrauner Fliegenpilz. Zigeunerpilz).

Sommer und Herbst in Gebirgswäldern. Nicht sehr häufig. Geruch und Geschmack fade. Nachgeschmack unangenehm.

Guter Speisepilz! Zum Braten u. Einmachen in gesüßtem Essig. Pilzextrakt. Auch zu Suppen. Oberhaut entfernen! Kann mit dem giftigen, aber sehr seltenen Königsfliegenpilz verwechselt werden, daher Vorsicht! Bei letzterem ist der Knollen gelblich und der Ring zeigt gelblichen Rand.

Abbildung 4. Irrtümliche Beschreibung des Pantherpilzes als Speisepilz in „Führer durch die Pilzausstellung“ von JULIUS HAUCK (1917a,19).

denken, dass bei SCHAEFFER irrtümlicherweise beide Arten als eine Art behandelt und bezeichnet wurden. Ob er die Autorität SCHAEFFERS nicht in Frage stellen wollte? Diese Verwirrung wurde nie richtig aufgearbeitet und bestand in vielen populärwissenschaftlichen Werken fort, und nur diese sind für den gewöhnlichen Pilzsammler relevant, bis in die späten Zwanzigerjahre des letzten Jahrhunderts. Die Bezeichnung Pantherpilz blieb also lange „un nomen confusum et un nomen ambiguum“ (NEVILLE & POUMARAT 2004: 399 f.). So wunderte sich SCHNEGG (1916) in seinem Buch über die volkswirtschaftliche Bedeutung der Pilze darüber, dass sich „tatsächlich die Ansichten über die Giftigkeit von Pilzen mitunter in kurzer Zeit ändern.....so der Pantherpilz, der in älteren Pilzbüchern als giftig bis sehr giftig bezeichnet wird, heute allenthalben als essbar empfohlen wird“ (HAUCK 1916b, Einleitung und SCHNEGG 1916: 39f). Bei SYDOW (1905) und KLEIN (1921) finden sich gute Abbildungen mit eindeutigen Merkmalen des Pantherpilzes und befriedigenden Beschreibungen. Bei GRAMBERG (1913), ROTHMAYR (1913), MACKU & KASPAR (1915) und MICHAEL (1917) gelten die als Pantherpilz bezeichneten Pilze, wie einleitend erwähnt, als essbar, sofern man die Huthaut entfernt. Die Abbildungen sind qualitativ sehr unterschiedlich. Die sehr guten Abbildungen bei GRAMBERG und MICHAEL zeigen eindeutige Merkmale der *Amanita excelsa-spissa* s.l.: die deutlich geriefte Manschette, eine warzige Knolle und einen leicht geriefen Hutrand. In den Beschreibungen allerdings finden sich buntgemischt Merkmale beider

Pilzarten nebeneinander. So ist es nicht weiter verwunderlich, dass es beim Verzehr eines sogenannten Pantherpilzes zu Problemen kommen konnte, deren Grund HAUCK nicht hätte erkennen können.

Das Konservieren der Pilze für den Haushalt

Waren die Pilze erst einmal nach Hause gebracht, so galt es, sie richtig zu verarbeiten und die Übervorräte zu konservieren. Für HAUCK, der seine Pilzkampagne startete, um in den mageren Kriegsjahren den Speiseplan der hungernden Bevölkerung aufzubessern, war es folgerichtig, noch im Jahr 1916 eine Schrift über „Das Konservieren der Pilze für den Haushalt“ (HAUCK 1916b) herauszubringen. Er hielt den Nährwert der Pilze für sehr hoch und jedem Gemüse ebenbürtig und ging sogar so weit, dass er den Nährwert der Pilze mit dem der Kartoffel gleichsetzte und glaubte, manche Pilze könnten Fleisch auf der Speisekarte ersetzen. Pilze wurden als Aromaträger gelobt, mit dem man manch fades Essen verbessern könne. Er ermunterte die Sammler, die im Spätjahr anfallenden Mengen von Pilzen nicht im Walde verkommen zu lassen, sondern sie zu ernten und für den späteren Gebrauch zu konservieren. Dazu gab er in seiner Broschüre Ratschläge über die unterschiedlichsten Arten der Konservierung, wie Trocknen, Sterilisieren, Extrakte oder Essenzen bereiten, Einmachen in Essig, in Salz oder in Butter, wobei die Butterkonservierung in Notzeiten doch wohl nicht optimal war. Dazwischen flocht er immer wieder erprobte Rezepte für die Verwendung konser-

vierter Pilze ein. Er warnte auch hier wieder vor leichtsinnigem Sammeln und ermahnte den Pilzfreund, nur Pilze zu sammeln und zu essen, die er ganz genau kenne. Von Schnecken angenagte Pilze seien nicht unbedingt essbar und verfärbte Zwiebeln und Silberlöffel im Kochtopf seien kein Beweis für giftige Pilze, sondern für das schwefelhaltige Eiweiß, das schließlich jeder Pilz enthalte (HAUCK 1916b, Vorwort).

Würdigung

HAUCK war sicher zu seiner Zeit ein guter und anerkannter Pilzkenner. Wie aus seiner Anstellung als Naturlehrer zu schließen ist, hatte er sich wohl schon während seiner Lehrerausbildung gewisse pilzkundliche Grundkenntnisse erworben oder bereits vorhandenes Wissen erweitert. Wichtig und richtungweisend waren für ihn die bekannten, populärwissenschaftlichen Werke seiner Zeit, denen er blind vertraute und die er nicht hinterfragte. Sein Interesse an den Pilzen beschränkte sich überwiegend auf Pilze als Nahrungsmittel. Ihm ging es darum, der unter den Kriegswirren leidenden Bevölkerung eine bis dato wenig genutzte oder misstrauisch betrachtete Nahrungsquelle zu erschließen und vertraut zu machen. Mit großer Hingabe und ungeheurem Fleiß widmete er sich dieser Aufgabe: Er veranstaltete pilzkundliche Vortragsreihen und machte die Bevölkerung durch Anschauungsunterricht in der Natur und in Ausstellungen mit den „Kindern des Waldes“, wie er die Pilze oft bezeichnete, bekannt. Dabei war es ihm ein Anliegen, die Pilzkenntnis der Bevölkerung zu verbessern, aber auch gleichzeitig für die Gefährlichkeit des Objekts zu sensibilisieren. HAUCK hoffte, dass durch seine Schriften viele zum Pilzgenuss finden und sich zu Pilzfreunden und -kennern entwickeln würden (HAUCK 1916b, Vorwort).

Seine kleinen pilzkundlichen Schriften enthalten wenig Originale, man kann sie als Exzerpte aus GRAMBERG (1913), MICHAEL (1917), SCHNEGG (1916) und ROTHMAYR (1913) bezeichnen. Aber die äußerst preiswerten Broschüren erfüllten ihren Zweck, sie wurden in Zeitungen günstig besprochen und von den Käufern gelobt, wie der Weinheimer Anzeiger schrieb: „Die Pilzbücher des Herrn HAUCK zeichnen sich nicht bloß durch den billigen Preis, sondern vor allem dadurch aus, daß mit wenigen Worten alles Wissenswerte mit einer Anschaulichkeit und Übersichtlichkeit dargelegt ist, wie es geradezu als mustergültig bezeichnet werden muß“ (HAUCK 1917a, Um-

schlag). Von den beiden Auflagen des „Führers durch die Pilzausstellung“ wurden über 5.000 Exemplare gedruckt, was auf großen Zuspruch schließen lässt. Dass die Aufklärungskampagnen ihm eine Herzensangelegenheit waren, zeigt die Tatsache, dass er die Schriftchen im Eigenverlag publizierte. Insgesamt sind vier Titel nachgewiesen, teilweise in mehreren Auflagen (VOLBRACHT 2006: 180).

Aus heutiger Sicht sind HAUCKS Aufklärungskampagnen mit gemischten Gefühlen zu betrachten, denn dem Anspruchs, das Pilzsammeln für eine breite Öffentlichkeit sicher zu machen, wurde er nicht gerecht.

Auch für Mykologen sind HAUCKS Schriften wenig ergiebig, da man an Hand seiner Ausstellungslisten nicht auf das Vorkommen von Pilzarten schließen kann. Er sammelte vom Odenwald bis in den mittleren Schwarzwald und machte nur allgemeine Fundortangaben, die sich hauptsächlich auf das Biotop bezogen. Selbst wenn Fundortangaben gemacht worden wären, so blieben viele seiner Bestimmungen trotzdem unbrauchbar, da er z.B. die Bestimmung anspruchsvoller Arten, wie Täublinge, Milchlinge oder Schleierlinge nur nach den Abbildungen in den ihm zur Verfügung stehenden Büchern vorgenommen hatte.

Was von HAUCK bleibt, ist das Andenken an einen Mann, der es verstand, die Bevölkerung einer Kleinstadt in schwierigen Zeiten für Pilze zu begeistern, wovon seine erhalten gebliebenen pilzkundlichen Schriften ein beredtes Zeugnis ablegen.

Dank

Mein Dank gilt CHRISTIAN VOLBRACHT, Hamburg, der mir die Werke HAUCKS in Kopie zur Verfügung stellte und Herrn ANTON WILD, Emmendingen, für Auskünfte. Danken möchte ich auch allen Archivaren für ihre Hilfe und Auskünfte: Dr. RÜDIGER LENZ, Stadtarchiv Eberbach, DIANA WEBER, Stadtarchiv Heidelberg, Dr. DIRK HECHT, Stadtarchiv Schriesheim, KATJA HOFFMANN, Stadtarchiv Waghäusel, MANFRED KURZ, Stadtarchiv Wiesloch und Herrn MICHAEL BOCK, Generallandesarchiv Karlsruhe.

Literatur

- BLÜCHER, H. (1914): *Praktische Pilzkunde*. – 2 Bde. Leipzig.
- BULLIARD, P. (1787): *Herbier de la France, ou Collection complète des plantes indigènes de ce royaume*, Bd. 7. – Paris.
- Concordia (1988): *Festschrift. 100 Jahre Männergesangsverein Concordia Neckarwimmersbach*. – Eberbach.

- DE CANDOLLE, A. P. (1815): Flore française, ou descriptions succinctes de toutes les plantes qui croissent naturellement en France, disposées selon une nouvelle méthode d'analyse, et précédées par un exposé des principes élémentaires de la botanique., Bd. 5. – Paris.
- EZ (Eberbacher Zeitung) Jahrgänge 1915, 1916, 1917, 1918.
- FRIES, E. (1821): Systema mycologicum. – Lund.
- GRAMBERG, E. (1913): Die Pilze unserer Heimat. Schmeils naturwissenschaftliche Atlanten. 2 Bde. – Leipzig (Quelle & Meyer).
- GROSS, K. (2002): Vom Bischofsgut zum Bungalow. 600 Jahre Altenbach im Odenwald. 2. Bd. – Mannheim (Stöckl).
- HAUCK, J. (1916a): Führer durch die Pilzausstellung. – Bühl (Concordia).
- HAUCK, J. (1916b): Das Konservieren der Pilze für den Haushalt. – Eberbach (Selbstverlag).
- HAUCK, J. (1916c): Winke und Ratschläge für Pilzsammler. – Eberbach (Selbstverlag).
- HAUCK, J. (1917a): Führer durch die Pilzausstellung. – 2. Auflage. Bühl (Concordia).
- HAUCK, J. (1917b): Ratgeber für Pilzsammler. – 3. Auflage. Eberbach (Selbstverlag).
- KLEIN, L. (1921): Gift- und Speisepilze und ihre Verwechselungen. Sammlung naturwissenschaftlicher Taschenbücher. Bd. 1. – Heidelberg (Carl Winter).
- KROMBHOLZ, J. V. (1831-1848): Naturgetreue Abbildungen und Beschreibungen der Essbaren, schädlichen und verdächtigen Schwämme. – Prag (J. G. Clave).
- MACKU, J. & KASPAR, A. (1915): Praktischer Pilzsammler. III. Taschen-Bestimmungsbuch. – Olmütz.
- MICHAEL, E. (1917): Führer für Pilzfreunde. 3 Bde. – Zwickau (Förster & Bormies).
- NEVILLE, P. & POUMARAT, S. (2004): Amaniteae. Fungi Europaei Bd. 9. – Allassio SV (Candusso).
- OBBERMEYER, W. (1917): Pilz-Büchlein. 2 Bde. 3. Auflage. – Stuttgart (Lutz).
- PERSOON, CH. H. (1797): Tentamen dispositionis methodica fungorum in classes, ordines, genera et familias. – Leipzig (Wolf).
- PERSOON, CH. H. (1800): Commentarius D. Iac. Christ. Schaefferi fungorum Bavariae indigenorum icones pictas differentii specificis, synonymis et observationibus selectis illustrans. – Erlangen (Johann Jakob Palm).
- PERSOON, CH. H. (1819): Traité sur les champignons, contenant l'indication des espèce nuisibles precede d'une introduction a l'histoire de champignons. – Paris (Berlin-Le Prieur). Übersetzt von DIERBACH, J. H. (1822): Abhandlung über die eßbaren Schwämme. Mit Angabe der schädlichen Arten und einer Einleitung in die Geschichte der Schwämme. – Heidelberg (Groos).
- ROTHMAYR, J. (1913): Die Pilze des Waldes. 2 Bde. – Luzern (F. Haag).
- SCHAEFFER, J. CH. (1762): Fungorum qui in Bavaria et Palatinatu circa Ratisbonam nascuntur icones. 1. Bd. – Regensburg (Zunke).
- SCHAEFFER, J. CH. (1774): Fungorum qui in Bavaria et Palatinatu circa Ratisbonam nascuntur icones. 4. Bd. – Regensburg (Zunke).
- SCHNEGG, H. (1916): Die eßbaren Pilze und deren Bedeutung für unsere Volkswirtschaft und als Nahrungsmittel. Unter Berücksichtigung der giftigen Pilze und Pilzvergiftungen für das Volk dargestellt. – München (Verlag Natur Kultur F. J. Völler).
- SYDOW, P. (1905): Taschenbuch der wichtigeren essbaren und giftigen Pilze Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Sammlung Naturwissenschaftlicher Taschenbücher. – Heidelberg (Carl Winter).
- WEISS, J. G. (1927): Geschichte der Stadt Eberbach am Neckar. – Eberbach (Eigenverlag der Stadt Eberbach).
- VOLBRACHT, CH. (2006): Mykolibri. Die Bibliothek der Pilzbücher. – Hamburg (Selbstverlag).

Der Hausschwamm (*Serpula lacrymans*) in der Bibel? Zur Aussatz-Tora Lev 13 und 14

JOACHIM WEINHARDT

Kurzfassung

Vor allem in der populären pilzkundlichen Literatur wird das in Leviticus 14 als „Zara’at“ (deutsch meist übersetzt mit „Aussatz“) an Hauswänden beschriebene Phänomen häufig als biblischer Beleg für das Vorkommen des holzzeretzenden Hausschwamms *Serpula lacrymans* in Israel und Palästina verstanden. Diese Auffassung wird zurückgewiesen. Eine Exegese des Bibeltextes und ein Abgleich mit der Morphologie des Pilzes zeigen, dass diese Erscheinung auf nicht näher bestimmbare Kolonien von Algen, Schimmelpilzen oder Bakterien von rötlicher, grünlicher oder gelblicher Farbe zurückgeführt werden muss, vorausgesetzt, es handelte sich überhaupt um Organismen.

Abstract

Dry Rot Fungus (*Serpula lacrymans*) in the bible? On the leprosy tora Lev 13 and 14

Particularly in the popular mycological literature, a phenomenon on walls named “Zara’at” (translated as “leprosy”) in Leviticus 14 is often considered a biblical evidence for the existence of the wood-destroying dry rot fungus *Serpula lacrymans* in ancient Israel/Palestine. This hypothesis is rejected. An exegesis of the bible text and a morphological comparison indicate that “Zara’at” more likely represents colonies of unidentifiable algae, moulds or bacteria with reddish, greenish or yellowish color, provided they are organismic at all.

Autor

Prof. Dr. JOACHIM WEINHARDT, Pädagogische Hochschule, Bismarckstr. 10, 76133 Karlsruhe, E-Mail: weinhardt@ph-karlsruhe.de

1 Einleitung

Antike Texte mykologischen Inhaltes sind erheblich seltener als botanische oder zoologische. Auch in der Bibel gibt es nur wenige Stellen, an

denen auf Pilze angespielt wird, etwa Amos 4,9: „Ich vernichtete euer Getreide durch Rost und Mehltau, ich verwüstete eure Gärten und Weinberge; eure Feigenbäume und eure Ölbäume fraßen die Heuschrecken kahl.“ Als wirkungsvoll und sehr phantasieanregend hat sich der Abschnitt Leviticus (3. Buch Mose), Kapitel 14, Verse 33-53 erwiesen. In diesem Kapitel wird ein Phänomen beschrieben, das an Hauswänden auftritt: Es besteht in einer Verfärbung der Wandoberfläche, die sich ausbreitet. Diese Erscheinung heißt Zara’at, sie erfordert das Auswechseln der betroffenen Steine und das Abkratzen des Mörtels im gesamten Innenraum. Erscheint die Zara’at nach der Renovierung des Hauses erneut, muss es vollständig abgebrochen und der Bauschutt entsorgt werden.

Auf zahlreichen bautechnischen Internetseiten¹, aber auch in der exegetischen Literatur (vgl. MICKLEM 1953: 72, ELLIGER 1966: 189, SNAITH 1967: 104, HARTLEY 1992: 198) wird Lev 14,33-53 als frühe Beschreibung des bekannten Echten Hausschwamms *Serpula lacrymans* (WULFEN) P. KARST. interpretiert. Der Echte Hausschwamm ist einer der gefürchtetsten Bauholzerstörer und lässt sich nur schwer und unter meist sehr hohem Kostenaufwand bekämpfen (GROSSER 2008), was schon früh zu dem von NÜESCH (1919: 75) beschriebenen Verhalten führte: „Ich kenne verschiedene vom echten Hausschwamm befallene Gebäulichkeiten. Kluge Hausbesitzer verschweigen dessen Auftreten aus begründeter Angst, mit der Bekanntmachung die Minderwertigkeit des Hauses zu deklarieren“.

Einige Exegeten lehnen die Identifikation von Zara’at an Hauswänden mit *S. lacrymans* jedoch auch tendenziell ab, wie wir unter Abschnitt 7 sehen werden.

¹ Vgl. zum Beispiel: Gesetz über den Aussatz an Häusern, eine alttestamentarische Norm für die Bekämpfung des Echten Hausschwamms (Anonym I, 2012; weitere Beispiele: Anonym II-IV, 2012; Neukom 2006: 70).

Im Folgenden wird untersucht, ob die Gleichsetzung von biblischer Zara'at an Häusern mit *S. lacrymans* gerechtfertigt ist. Zunächst wird der Pilz anhand einschlägiger Literatur morphologisch, ökologisch und chorologisch beschrieben. Danach soll der betreffende Bibeltext untersucht werden, um die Identifikation des Zara'at-Phänomens mit Hausschwamm nach Möglichkeit zu überprüfen.

2 *Serpula lacrymans*: Morphologie, Ökologie und Verbreitung

Morphologie

Serpula lacrymans gehört in die Ordnung Boletales der Klasse Agaricomycetes. Der Pilz bildet ein watteartiges Luftmyzel, das später zu grauen Häuten zusammenfällt, sowie dicke, lappige Myzelpolster auf dem Substrat. Von diesen können zunächst weiße Myzelstränge (Abb. 2) abgehen, die bis zu 10 mm im Durchmesser erreichen. Sie bestehen aus Faserhyphen mit verdickten Zellwänden und weitlumigen Gefäßhyphen. Diese Rhizomorphen ermöglichen dem Pilz das Durchwachsen von unwirtlichem Material, etwa Fugen und Mauern. Die Fruchtkörper sind resupinat bis effuso-reflex. Sie bilden fladenartige, 3-10 mm dicke Überzüge, die bis zu einem Quadratmeter groß werden können (Abb. 1). Gelegentlich kommt es zu konsolenförmigen Fruchtkörperbildungen, die einige cm von der Unterlage abstehen. Das Fleisch ist weich, aber zäh. Das Hymenophor zeigt grubenartige Vertiefungen, die auch labyrinthartig (merulioide) oder unregelmäßig porenförmig aussehen können (Abb. 3). Der Zuwachsrand des Fruchtkörpers ist weiß und watteartig und sondert gelegentlich Wassertropfen ab (Artepitheton: lacryma – Träne). Mit zunehmendem Alter verfärbt er sich aufgrund der sehr reichlichen Sporenbildung gelblich, dann rötlich, zuletzt braun (vgl. WEISS et al. 2000: 51). Bei ausreichend Substrat und Feuchtigkeit können Myzelien große Flächen in Räumen überziehen. NUSS (2009: 10) macht den bemerkenswerten Vergleich, dass diese Myzelmatte von *S. lacrymans* für Wärmedämm-Materialien gehalten werden können.

Das Areal des Hausschwamms und seine anthropogene Verbreitung

Nach KAUSERUD et al. (2007: 3550f., vgl. 3357f.) stammt *S. lacrymans* von einer Wildform ab, die in regenreichen Gebieten des Himalaya heimisch

ist. Die Art konnte sich synanthrop vermutlich durch Holzhandel und Schiffbau ausbreiten und kommt heute in den kühlen Ländern Europas, in Neuseeland, im nördlichen China sowie in Mittel- und Nordamerika vor, jedoch niemals wild, sondern nur in feuchten Häusern oder anderen Artefakten (z.B. WEBSTER 1983: 431; ARORA 1986: 610; KRIEGLSTEINER 2000: 368f., MAO 2009: 524).

Ökologische Ansprüche

Serpula lacrymans ist ein Braunfäuleerreger, der fast ausschließlich Nadelholz aus den verschiedensten Verwandtschaftskreisen befällt. Außerhalb seines natürlichen Areals tritt er vorwiegend auf Bauholz in Altbauten mit schlechter Durchlüftung auf (z.B. BREITENBACH & KRÄNZLIN, 1986: 210, WEISS et al., 2000: 51). Nach Untersuchungen von GROSSER (2008) kann das Myzel dauerhafte Wärme von 40 °C und höher überleben. WEISS et al. (2000: 51) geben als Optimum für das Wachstum des Pilzes 18-22 °C, als Toleranzbereich 3-26 °C an, WEBSTER (1983: 431) gibt ein Temperaturoptimum von 23 °C und ein Maximum von 26 °C an. Was die Feuchtigkeit anbelangt, so erfordert das Wachstum bzw. Überleben des Hausschwammes eine Holzfeuchtigkeit von 20 bis 60 % (WEISS et al. 2000: 51).

Nach dieser Charakterisierung des Pilzes wenden wir uns nun dem Bibeltext zu, der angeblich vom Hausschwamm handelt.

3 Zara'at an Häusern nach Lev 14,33-53

Der biblische Text wird im Folgenden nach der ökumenischen Einheitsübersetzung wiedergegeben (Zwischenüberschriften stammen vom Verfasser):

Redaktionelle Einleitung

³³ Der Herr sprach zu Mose und Aaron:

Das Phänomen Zara'at an Wänden

³⁴ Wenn ihr in das Land Kanaan kommt, das ich euch zum Besitz gebe, und ich lasse an einem Haus des Landes, das ihr besitzen werdet, Ausatz auftreten, ³⁵ so soll der Hausherr kommen, es dem Priester anzeigen und sagen: Ich habe an meinem Haus so etwas wie Ausatz gesehen.

³⁶ Der Priester soll anordnen, dass man das Haus räumt, bevor er kommt, um das Übel zu untersuchen; auf diese Weise wird das, was sich im Haus befindet, nicht unrein. Danach erst soll der Priester kommen, um das Haus zu besichtigen.

³⁷ Stellt er dabei fest, dass sich an den Mauern des Hauses grünlich gelbe oder rötliche Vertiefungen zeigen, die Mulden in der Mauer bilden, ³⁸ so soll der Priester aus dem Haus hinausgehen und den Eingang für sieben Tage abschließen. ³⁹ Am siebten Tag soll er wiederkommen.

Die Behandlung von Zara'at

Stellt er bei der Besichtigung fest, dass sich das Übel an den Hausmauern ausgebreitet hat, ⁴⁰ so ordne er an, die Steine, die vom Übel befallen sind, herauszureißen und sie vor die Stadt hinaus an einen unreinen Ort zu werfen. ⁴¹ Dann soll er die Innenwände des Hauses abkratzen lassen und man soll den so entfernten Mörtel aus der Stadt hinaus schaffen und an einen unreinen Ort schütten. ⁴² Man soll andere Steine nehmen, um die herausgerissenen zu ersetzen, und das Haus mit frischem Mörtel bestreichen.

Das Verfahren bei erneutem Auftreten von Zara'at nach der Behandlung

⁴³ Hat man die Steine entfernt, das Haus abgekratzt und neu verputzt und das Übel bricht wieder aus, ⁴⁴ soll der Priester kommen, um es zu besichtigen. Stellt er fest, dass sich das Übel an dem Haus ausgebreitet hat, so ist bösartiger Aussatz an dem Haus; es ist unrein. ⁴⁵ Man soll es niederreißen und seine Steine, seine Balken und seinen ganzen Mörtelverputz vor die Stadt hinausbringen an einen unreinen Ort. ⁴⁶ Jeder, der das Haus während der Tage, an denen es durch den Priester verschlossen war, betreten hat, ist unrein bis zum Abend. ⁴⁷ Wer im Haus geschlafen hat, muss seine Kleider waschen; wer im Haus gegessen hat, muss seine Kleider waschen.

Das Verfahren bei Ausbleiben von Zara'at nach der Behandlung

⁴⁸ Kommt aber der Priester, um das Übel zu besichtigen, und stellt fest, dass sich das Übel, nachdem das Haus neu verputzt wurde, nicht ausgebreitet hat, soll er das Haus für rein erklären, denn das Übel ist abgeheilt (Es folgen in Vers ⁴⁹–⁵³ noch rituelle Vorschriften für das renovierte Haus).

Zum Verständnis dieses Textes ist zunächst seine Stellung im Zusammenhang wichtig. Die beiden Kapitel Lev 13f. regeln nämlich den Umgang mit höchst verschiedenen Phänomenen, die alle unter der Kategorie Zara'at subsumiert werden. Die Analyse von Zara'at an Häusern muss die beiden anderen Formenkreise von Zara'at mit berücksichtigen.

4 Zum Verhältnis von Zara'at an Menschen, Kleidern und Häusern

Lev 13 und 14 behandeln Zara'at an Menschen, an Kleidern und an Häusern. Zara'at am Menschen (Lev 13,1-46) besteht in verschiedenen Hautveränderungen, wie Brandnarben, Furunkeln, Flechten und sonstigen farblichen oder tastbaren Anomalien. Je nach Aussehen und Veränderung des Befundes muss der Patient vorübergehend oder für immer von der gesunden Bevölkerung abgesondert werden. Der Name „Aussatz“ für eine Reihe von als ansteckend geltenden Hautkrankheiten rührt von der sozialen Isolation der Dauerquarantäne her (Leben außerhalb des Dorfes; Verlust aller sozialen Kontakte, körperliche Verwahrlosung, Vereinsamung).

Zara'at an Kleidern (aus Wolle, Leinen oder Leder, Lev 13,47-59) besteht aus farblichen Veränderungen an der Oberfläche der Stoffe bzw. des Leders. Je nach Art dieser fleckenförmigen Erscheinung und nach ihrer Veränderung, ggf. nach einer Abwaschung, muss das Stück verbrannt bzw. kann es weiter gebraucht werden.

In diesen drei Regelkomplexen – der Aussatz-Tora – ist antikes hygienisches Erfahrungswissen niedergelegt. Dass die Phänomene am Menschen zu einem großen Teil auf Infektionskrankheiten zurückzuführen sind und dass die Erscheinungen an Textilien und Mauern oft mikrobiologischer Natur sein dürften, kann als gegeben angenommen werden. Die alttestamentlichen Priester haben die medizinischen, die textilen und die mineralischen Phänomene mit demselben Begriff versehen, weil sie sich in einigen Eigenschaften überschneiden bzw. überschneiden konnten: In jedem Fall handelte es sich um Erscheinungen an Oberflächen. In allen drei Bereichen konnte es ferner zu Verfärbungen kommen, die freilich nicht dieselbe Farbe hatten: auf der Haut „hell“, „hellrot“ oder „weiß“, auf Textilien und Mauern „grünlich gelb“ oder „rötlich“. Schließlich war auch in zwei Bereichen das Auftreten von Vertiefungen im Zusammenhang mit den Flecken möglich (Lev 13,3: Haut; Lev 14,37: Mauer).

Bei der mikrobiellen Identifikation von Aussatz an Häusern gibt es ähnliche Probleme wie bei dem Versuch, eine moderne medizinische Diagnose für den Aussatz am Menschen zu stellen. Letzteres kann hier nur kurz gestreift werden: Der Begriff „Zara'at“ wurde von den griechischen Übersetzern des Alten Testaments mit „Lepra“ wiedergegeben. Diesen Namen erhielt auch die

Seuche, die im Mittelalter Europa heimsuchte und die heute noch unter diesem Namen bekannt ist. Ihr Erreger wurde 1874 von dem norwegischen Arzt GERHARD HENRIK ARMAUER HANSEN identifiziert, die mittelalterliche „Lepra“ erhielt nach ihm auch den Namen „Hansen’sche Krankheit“. Jedoch ist diese Haut- und Nervenkrankheit, die zu körperlichen, insbesondere Gesichtsverstümmelungen führen kann, nicht identisch mit der „Lepra“ der griechischen Bibelübersetzung. Denn die griechischen Ärzte kannten die mittelalterliche „Lepra“ ebenfalls, bezeichneten sie aber als „Elephantiasis“. KROCHMALNIK (2003: 27f.) zeigt sich einerseits sehr skeptisch bezüglich der Identifizierbarkeit der alttestamentlichen Krankheitsbilder: „Bisher sind alle Versuche gescheitert, die biblische Lepra (Zara’at) zu identifizieren. Es ist überhaupt fraglich, ob wir es bei der Veränderung und Verfärbung von Haut und Haar, die die Bibel so sorgfältig beschreibt, mit einem pathologischen Zustand zu tun haben und ob die vorgeschriebene Quarantäne einen epidemiologischen Sinn hatte“. Dann schreibt er aber doch: „Am ehesten dürften die von den Priestern beobachteten Symptome beim Menschen auf eine Art Schuppenflechte schließen lassen, wie ja auch der griechische Begriff „Lepra“ vom Eigenschaftswort ‚leprós‘, ‚raú‘, ‚schuppig‘ herkommt“. DOUGLAS (1999: 183f.) hingegen meint, dass unter die biblischen Symptombeschreibungen vielerlei Krankheiten fallen wie etwa Hautkrebs, Schuppenflechte, Geschwüre, Pest, Mumps, Röteln, Masern, aber auch die Hansen’sche Krankheit. LAMPATER (1980: 41f.) setzt biblischen Aussatz mit der mittelalterlichen Lepra gleich.

5 Zara’at an Häusern – Historischer und geografischer Hintergrund

Das dritte Buch Mose – Leviticus – enthält hauptsächlich Dienstvorschriften für die Priester. Darunter fallen Anweisungen für die Gestaltung der kultischen Feiern, insbesondere der Opfer, für hygienische Maßnahmen, für die Bestrafung ethischer und religiöser Vergehen, neben vielem anderem, was für das Zusammenleben in einer antiken Gesellschaft wichtig ist.

Das ganze Buch Leviticus hat die literarische Form einer göttlichen Anweisung (Tora) an MOSE bzw. seinen Bruder AARON, die nach der Befreiung der Israeliten aus ägyptischer Sklaverei bei der Gesetzesoffenbarung am Berg Sinai ergangen ist. Die von Leviticus berichteten Ge-

setzesproklamationen müssten dann in eine Zeit vor 1.000 v. Chr. gefallen sein. Denn an dieser Jahrtausendwende wird die Geschichte Israels historisch greifbar, die in den Mosebüchern berichteten Ereignisse müssten also vorher stattgefunden haben (DONNER 1995).

Seine heutige Form hat das Buch Leviticus aber erst im fünften Jahrhundert vor Christus bekommen. Es liegen also fast tausend Jahre zwischen den berichteten Ereignissen am Sinai und der redaktionellen Letztfassung des Berichtes. Diese Entstehungssituation unseres Textes ist für seine Interpretation wichtig. Wir müssen daher kurz auf die Geschichte Israels eingehen.

Die historisch-kritische Wissenschaft kommt zu dieser Sicht (DONNER 1995): Um 1.000 vor Christus lebten in Palästina die Könige SAUL und DAVID. Saul herrschte über eine Gruppe von Stämmen, die auf einem Teilgebiet des späteren Volkes Israel siedelten. Sein Nachfolger DAVID vereinte in Personalunion die Herrschaft über die Stämme SAULS, über den südlichen Stamm Juda und über den kanaanäischen Stadtstaat Jerusalem. In das nationale Bewusstsein dieses gesamtisraelitischen Staates ging im Laufe der Zeit die Exodus-Tradition ein. Nach ihr lebten die Vorfahren einer israelitischen Teilgruppe einst in ägyptischer Sklaverei, wurden aber durch MOSE daraus befreit und nach Palästina geführt. MOSE seinerseits sei durch Jahwe, eine vorderorientalische Gottheit, zu dieser Befreiungsaktion berufen worden.

Unter den Nachfolgern DAVIDS kam es zu einer Spaltung Gesamtisraels in das Nordreich (das hinfort den Namen Israel führte) und in das Südreich um Jerusalem (das den Namen Juda trug). Das Nordreich ging im 8. Jahrhundert vor Christus unter. Das Südreich wurde um 600 vor Christus von den Babyloniern erobert und in das babylonische Reich eingegliedert. Die judäische Oberschicht wurde nach Babel deportiert, um zu verhindern, dass es in Juda zu militärischem Widerstand gegen die babylonische Herrschaft kam.

Auch die Jerusalemer Priesterschaft befand sich nach 600 im babylonischen Exil, der heimische Tempel war von den Siegern zerstört worden. Im Exil wurden die Judäer mit der Kultur und damit auch mit der Religion der Sieger konfrontiert. Die allmähliche Assimilation der Fremden an die heimische Leitkultur war zu erwarten. Es traten aber Profeten auf, die die judäische Identität zu sichern versuchten (vor allem DEUTEROJESAJA, der namentlich unbekanntes Prophet, dessen Reden

in JESAJA 40-55 erhalten sind, und HESEKIEL). In diesen Kreisen wurde israelitische und jüdische Tradition gesammelt und erhalten.

Das babylonische Großreich wurde einige Dutzennien später durch das Perserreich abgelöst. Die persische Religionspolitik unterschied sich von der babylonischen erheblich. Die Perserkönige förderten die regionalen Kulte der unterlegenen Völker und ermöglichten auch den Judäern, in Jerusalem einen neuen Tempel zu erbauen und in politischer Teilautonomie unter persischer Oberhoheit zu leben. In diesem Zusammenhang wurden im 5. Jahrhundert vor Christus die fünf Mosebücher in die Form gebracht, wie sie heute in der Bibel nachzulesen sind. In den Mosebüchern liegt also religiöse und historische Überlieferung Israels und Judas vor, die bis ins 10. Jahrhundert vor Christus und indirekt noch weiter zurück reicht. Es spiegeln sich in den Mosebüchern aber auch die nationalen Erfahrungen Gesamtisraels wider, die bis in die Zeit der Endredaktion des Textes hinaufreichen. Daher ist es im Einzelnen sehr schwer, manchmal auch unmöglich, auszumachen, welche Texte in den fünf Büchern eher alt sind, welche hingegen eher in die neuere Zeit des Exils und des nachexilischen Neuaufbruches gehören.

Für unsere Tora über den Häuser-Aussatz bedeutet dies: Zum einen, wir sollten versuchen zu bestimmen, in welchem Jahrhundert der Geschichte Israels die Notwendigkeit entstand, sich mit Veränderungen an Häuserwänden zu befassen. Levitikus 14,34 weist schon selbst darauf hin, dass zur Zeit der Sinaioffenbarung der Häuser-Aussatz noch kein Problem war, weil sich das Volk Israel damals noch in der Wüste befand, wo es nicht in Häusern, sondern in Zelten wohnte. Es stellt sich aber darüber hinaus auch die Frage, welche mikrobiellen Erscheinungen an Hauswänden es auf dem Territorium des Volkes Israel überhaupt gegeben haben kann, die in Lev 14 hätten beschrieben werden können.

Um diese Frage zu klären, muss zunächst kurz auf die Geografie Israels eingegangen werden. Das jüdische Zentralgebiet um Jerusalem besteht zum Teil aus Steinwüste, zum Teil gibt es Niederschläge, die Landwirtschaft ermöglichen. Hier wohnen die Menschen

„[...] in Steinhäusern, wobei überwiegend kalkhaltige Steine vermauert sind. Sie liegen im palästinischen Bergland zu Tage und werden in unserem Text vorausgesetzt. Ziegel bleiben unerwähnt. Die Wände sind von innen mit einer Lehmmasse verputzt: Das deutet auch auf

Naturstein als Baumaterial (Verschließen der unregelmäßigen, sehr undichten Fugen). Steine und Putz sind witterungsanfällig. Archäologische Funde bestätigen die Vermutung. Mindestens seit dem Beginn des 2. Jahrtausends v. Chr. wurden in den gebirgigen Teilen Palästinas Wohnhäuser aus Bruchsteinen mit Lehmverputz und Balkendecke erstellt“ (GERSTENBERGER 1993: 177).

In seiner größten Ausdehnung umfasste Israel – unter König DAVID – aber auch Flusstäler (Jordan), Seen und größere Oasen sowie Küsten.

Starke Feuchtigkeit gab es schließlich auch im Zweistromland von Euphrat und Tigris, also in Babylon, wo die jüdische Priesterschaft mit den Resten der Oberschicht im Exil lebte und ihre Traditionen sammelte und bearbeitete. Da es im Pentateuch zahlreiche Belege dafür gibt, dass sich die exilierten Judäer mit der Kultur der siegreichen Babylonier auseinandersetzen, wäre es denkbar, dass auch babylonisches Priesterwissen von Feuchtigkeitsphänomenen an Häusern mit in Leviticus eingeflossen sind. Auch GERSTENBERGER (1993: 177) gibt zu bedenken, dass der „Text aus dem wasserreichen Zweistromland, d.h. aus der jüdischen Diaspora stammen könnte.“²

Tatsächlich beschreibt ein Text aus dem Zweistromland ein Phänomen, das von Orientalisten als Pilzbefall interpretiert wird:

„Wenn ein *katarru* an der äußeren Nordwand erscheint, dann muß der Hausbesitzer sterben und sein Haus wird verstreut. Um das Übel abzuwenden, mache dir sechs Schaber aus Tamariskenholz und kratze damit den *katarru* ab. Du sollst [den Staub] auffegen mit einem Dattelwedel von der Nordseite (des Baumes); du sollst ihn in einen Rohrkorb tun. Mit einer Fackel sollst du [die Wand] beräuchern, Schlamm und Gips darüberlegen, und das Übel wird aufgelöst“ (GERSTENBERGER 1993: 173).

Anders als im Bibeltext ist hier das Auftreten des Befalls ein Vorzeichen (Omen) für den Tod des Hausbesitzers. Beachtet man das Omen, kann das Unheil abgewendet werden. In Leviticus wird der Besitzer des Hauses lediglich kultisch unrein, wenn sein Haus Aussatz bekommt und dieser sich nicht ausrotten lässt.

Weitere Hinweise auf den mesopotamischen Ursprung des Phänomens von Aussatz an Häusern gibt JACOB MILGROM:

² Vgl. auch ELLIGER (1966: 191): „Ob Erfahrungen im Klima des wasserreichen Babylonien die Veranlassung bilden?“ – nämlich den Häuseraussatz in recht später Zeit in die Aussatz-Tora aufzunehmen.

„Elsewhere in the ancient Near East, fungus growths on houses were considered to be omens, divine signs, most of which portended evil for the occupants. Most striking is the Mesopotamian series dealing with *katarru* fungus. Black-colored fungus is a sign of health and prosperity, but white, red, and green fungi are invariably omens of ill fortune [...] It cannot escape notice that in Israel precisely red and green fungi are condemnatory signs (MILGROM 1991: 864³).

Bevor wir die Möglichkeit der Existenz von *S. lacrymans* in Israel/Palästina zu biblischen Zeiten diskutieren, müssen wir uns noch kurz der Detailbeschreibung von Zara'at an Häusern nach Lev 14 zuwenden.

6 Symptome von Aussatz an Häusern nach Lev 14

Der Häuser-Aussatz besteht darin, dass sich „an den Mauern des Hauses grünlich gelbe oder rötliche Vertiefungen zeigen, die Mulden in der Mauer bilden“ (Lev 14,37). Diese Vertiefungen können sich ausbreiten (Lev 14,39). Wenn man die betroffenen Steine entfernt, ersetzt und den Lehmörtel erneuert, kann es sein, dass die Symptome wiederkehren. Dies muss aber nicht der Fall sein.

Welches ist das Substrat des beschriebenen Prozesses? Es kommt entweder der Naturstein in Frage oder der Mörtel zwischen den Steinen oder der Putz auf der gesamten Innenwand. Als Phänomen an Holzbalken an der Decke wird Häuser-Aussatz in Lev 14 nicht beschrieben.

Eine sehr merkwürdige Angabe liegt darin, dass Häuser-Aussatz zu Vertiefungen in Stein oder Mörtel führt.

Wie verhält sich nun die biblische Beschreibung von Zara'at an Hauswänden zur Biologie des Echten Hausschwammes?

7 Diskussion

Substrat

Serpula lacrymans ist ein lignicololer Saprobiont an Nadel-, selten auch an Laubholz. In Israel/Palästina ist heute die Aleppo-Kiefer (*Pinus halepensis* MILL.) weit verbreitet. Diese Art wird schon in der Bibel erwähnt (ZOHARY 1966) und stand damit auch in der Antike als Bauholz zur Verfügung. Besonders wertvolle Häuser (Tempel, Paläste) hatten auch Bauteile aus Zedernholz. Somit wäre eine Voraussetzung für das Vorkommen des Pilzes in biblischen Zeiten gegeben.

Chorologie

Der Hausschwamm ist heute in Israel/Palästina nicht nachgewiesen (SALOMON P. WASSER, pers. Mitt.). Damit ist natürlich nicht ausgeschlossen, dass er in biblischen Zeiten dort gewachsen ist und auch heute noch hier und da unerkannt vorkommt. Er müsste dann aber schon mindestens seit dem 5. vorchristlichen Jahrhundert aus seiner asiatischen Heimat in den Vorderen Orient vordringen sein. Allerdings gibt es auch in Afrika insgesamt und in den heißen Ländern Europas und Asiens keine Nachweise für das Vorkommen des Pilzes. Das spricht stark gegen seine frühere oder spätere Existenz in Israel/Palästina.

Ökologie

Serpula lacrymans benötigt für seine Existenz bzw. für sein Wachstum eine hohe Holzfeuchtigkeit. Diese dürfte im zentraljudäischen Siedlungsgebiet allenfalls in Ausnahmefällen vorhanden gewesen sein. Selbst wenn eine Holzdeckenkonstruktion in der kurzen Regenzeit durchfeuchtet worden sein sollte, trocknete sie in der folgenden Dürreperiode wieder weitgehend aus. Die Ständerbauweise war in Israel nicht gängig, und wenn es doch hin und wieder Tragbalken gegeben haben sollte, wäre kaum mit einem ständigen Kontakt zu Grundwasser zu rechnen.

Damit ergibt sich aus der ökologischen Perspektive für die Möglichkeit der Identifikation von Zara'at mit Hausschwamm dieses Ergebnis: (1) Im Großreich Israel – unter DAVIDS Herrschaft –

³ Vgl. auch MILGROM (1991: 870f.): „Supporting the notion that we are dealing with wall fungus is the fact that the Mesopotamian omen and Namburbi texts, cited above, focus on *kamunu* and *katarru* appearing on walls and in inner courtyards, and both growths are identified as fungi (CAD, K 133, 303). Even more significant is that the *katarru* appears as red and green, precisely like its biblical counterpart, and that the term for red, *miqtu*, also stands for a fungus (CAD, M 105, no. 8).“ MILGROM bezieht sich hier auf Chicago Assyrian Dictionary 8, 133: Art.: *kamūna*: „[...] if *k*. of the open country is seen in a man's house; [...] if in a man's house *k*. is seen in a pot of vinegar; [...] in that year during the winter there will be *k*. and „foreign“ *k*. in the land; [...] this fungus was seen in the inner courtyard of the temple of Nabû, and *katarru*-lichen (was seen) on the wall of the central storehouses, there are namburbi-texts for them“; Chicago Assyrian Dictionary 8, 303: Art.: *katarru*: „[...] if white *k*-fungus appears in a man's house; [...] its appearance is as shiny as gypsum“ (hier könnte man tatsächlich an Salpeterbildung denken!); Chicago Assyrian Dictionary 10, 103-105: Art.: *miqtu*, Nr. 8 (S. 105): „red lichen which is called *m*.“.

hätte *S. lacrymans* in Randgebieten (Flussauen, Seeufer, Oasen) an Gebäuden vorkommen können. Wenn die entsprechende Tora aus der Zeit nach 1.000 vor Christus stammen würde, könnte sie sich also auf diesen Pilz beziehen – müsste es aber natürlich nicht. (2) In der späteren Königszeit ist das Vorkommen von Hausschwamm in Israel unwahrscheinlich. Hätte sich die Tora in der Zeit von ca. 950-600 vor Christus entwickelt, müsste sie von einem anderen Phänomen ausgelöst worden sein. (3) Wenn das Häuserausatz-Gebot in der Zeit des babylonischen Exils aus mesopotamischen Traditionen in die Gesetze Judäas eingewandert wäre, hätte es ursprünglich von *S. lacrymans* handeln können – müsste es aber nicht.

Nun liefert die linguistische und formgeschichtliche Untersuchung der Tora für Aussatz an Häusern starke Indizien dafür, dass diese Verse eher späteren als früheren Ursprungs sind (SEIDL 1982: 64-66, 239f., 243⁴). Damit ist die babylonische Herkunft dieser Tradition zwar noch nicht zwingend erwiesen, aber Fall (1) auf jeden Fall ausgeschlossen.

Morphologie

Zara'at an Wänden besteht in grünlich gelben oder rötlichen Flecken an der Wand. Diese Farben könnte man notfalls mit den anfänglich hellen, dann rötlich bzw. rötlichbraunen Fruchtkörpern des Hausschwamms in Verbindung bringen. Die in Lev 14 beschriebenen Flecken bilden aber gleichzeitig Vertiefungen in Mauer oder Mörtel (nicht in Holz!). Kein bekannter Organismus verursacht solche Mulden. Hingegen können Mulden in der Wandoberfläche Mikroorganismen bessere Lebensbedingungen bieten (Feuchtigkeit, kühlere Temperatur).

Die exegetische Literatur geht bei ihrer Auslegung des Bibeltextes auf diese Schwierigkeit nicht immer ein. ELLIGER (1966: 163) etwa übersetzt Vers 14,37 mit: „Befall an den Wänden des Hauses in grünlichen oder rötlichen Nestern [...], die tiefer liegend erscheinen als die Wand“. Auch seine Deutung geht auf „Hausschwamm und ähnlichem bei Feuchtigkeit entstehendem Pilzbelag“ (189) bzw. auf „Schimmelbildungen“ (185). LAMPATER (1980: 42) ist der Meinung, mit dem Häuser-Aussatz sei „an Schimmelpilze, Flechten, Stockflecken und dergleichen gedacht“. Doch bei keinem der genannten Phänomene kommt es zu Vertiefungen im Substrat.

MAIER (1994: 257) ist bei der Identifizierung des Häuser-Aussatzes vorsichtiger: „Es gelang bis-

her nicht, den biblischen Aussatz an Häusern mit modernen Diagnosen (Salpeter o.ä.) in Deckung zu bringen.“⁵

Man könnte noch überlegen, ob es sich bei dem biblischen Phänomen nicht um einen Organismus, sondern um eine chemische Reaktion handelt, die ihre Unterlage zerstört. Aber die spontane Entstehung von derart starken Reagenzien ist auf der Grundlage der bekannten Chemie auszuschließen. Was aber haben die Priester dann an den Hauswänden beobachtet?

Häuser-Aussatz als Konstrukt?

Es besteht noch die Möglichkeit, dass die Beschreibung von Aussatz an Häusern überhaupt nicht auf eine empirische Beobachtung zurück geht. In diese Richtung weist GERSTENBERGER (1993: 174f.), der zwar auch von „Pilz- und Schwammbefall von Mauern“ spricht, dann aber einen weiteren Gedanken einbringt. Das Gesetz könnte nämlich „lediglich theologische Spekulation gewesen“ sein. Für GERSTENBERGER (1993: 176) ist der Anlass für diese Überlegung nicht der, den wir hier ausführen, dass nämlich das in Lev 14,37 beschriebene Phänomen als Naturvorgang nicht vorstellbar ist. Für ihn ist der Gesetzestext vielmehr eine Fortschreibung bzw. Konsequenzmacherei aus der Tora für Aussatz an Menschen: „In ihrem Eifer für das Wohl der Gemeinde und für ihre eigene Position als Sachverständige Gottes hätten Priester den ‚böseren Ausschlag‘ bis an die Schlafzimmerwände verfolgt, vielleicht nur theoretisch vom ‚Schreib-

⁴ Auch STAUBLI (31: 122) hält die Tora über Aussatz an Häusern für einen späten Bestandteil der Aussatz-Tora und schreibt sie der Schule zu, die auch das Heiligkeitgesetz Lev 17-26 verfasste. Ähnlich auch ELLIGER (1966: 176).

⁵ Salpeterausblühungen spielten in der älteren Exegese von Lev 14 eine gewisse Rolle, werden aber inzwischen als Fehldeutung erkannt: „Den Häuserausatz deutet man gewöhnlich auf den Salpeterfrass; noch besser wird an gewisse flechtenartige Strukturen (*Lepraria*) zu denken sein“ (BAENTSCH 1903: 375). Der Salpeter-Deutung schließt sich noch SNAITH (1967: 104) an: „This may be the fungus of dry rot which sometimes forms a layer of greenish or reddish material between lath and plaster, or it may be a deposit of calcium nitrate which can form by the action of the gases of decaying matter on the lime of the plaster, sometimes called mural salt“, ebenso HARTLEY (1992: 198f.): „The growth might be a fungus, a mold, or dry rot; or it might be the piling up of calcium nitrate, which results from the gases of decaying material on the lime of the plaster [...]. Another possibility could be the activity of some insects within the walls“. MILGROM (1991: 870f.) weist dies jedoch zurück: „The color of the eruption indicates that it is a type of mold or fungus, not a deterioration by the formation of saltpeter“.

tisch' her (Gesetzgeber und Verwaltungsbeamte aller Zeiten und Couleurs haben die Neigung, Tatbestände zu erfinden und Tatbestandslücken theoretisch auszumerzen)". Der Autor geht also davon aus, dass Priester das Vorhandensein von Aussatz an Häusern erfunden haben. Dann hätten sie die Symptome aber so konstruiert, dass Häuser-Aussatz niemals diagnostiziert werden konnte. Würde es zu einer inquisitorischen Gesinnung nicht besser passen, möglichst häufige Erscheinungen als gefährlich zu denunzieren? Das Gebot für Aussatz an Häusern kommt insgesamt so gemäßigt daher, dass eher ein zögerlicher Geist hinter ihm zu stehen scheint. Insbesondere fällt auf, dass der wertvolle Hausrat aus einem verdächtigen Haus entfernt werden soll, bevor der Priester kommt, um seine Diagnose zu stellen. Das bedeutet: Wenn der Priester feststellt, dass es sich um Häuser-Aussatz handelt, muss der Hausrat verbrannt werden – er gilt also als ansteckend. Wenn der Hausrat aber vor der Diagnose aus dem Haus herausgebracht wurde, darf er weiter benutzt werden. Aber hygienisch belastet wäre er dann ja auch, so dass das geschilderte Verfahren leichtsinnig wäre.

Leichtsinn läge aber nicht vor, wenn die Priester mit ihrem Gesetzestext auf eine Überängstlichkeit reagieren wollten, die auf Seiten des Volkes verbreitet war. Die Schwere der menschlichen Aussatz-Krankheiten hätte leicht dazu führen können, dass in der Bevölkerung Schimmel o. ä. an Wänden als Ansteckungsherde gefürchtet wurden. Die Priester hätten diese Ängste dadurch kanalisiert, dass sie „gefährlichen Aussatz an Wänden“ zwar definierten, aber nur so, dass er menschlichem Aussatz äußerlich ähnelte (Vertiefungen) und gleichzeitig niemals in der Realität auftrat. Bei der Beschreibung der Farbe von Häuseraussatz könnten sie durch die möglicherweise bekannten Beschreibungen von mesopotamischen Auswüchsen an Gebäuden beeinflusst gewesen sein. In diesem Falle wäre faktisch kein einziges Haus jemals aufgrund der Weisung in Lev 14 abgerissen worden, weil es die Kombination von mikrobiellem Befall und Vertiefung des Substrates nicht gibt.

Auszuschließen zu sein scheint mir, dass die Priester einer fehlerhaften Beobachtung aufgesessen sind. Diese könnte dadurch erfolgt sein, dass sich Schimmelkolonien o.ä. vorwiegend in bauseitig schon vorhandenen Mulden oder Löchern in der Wand ansiedeln, weil sich hier vermehrt Feuchtigkeit niederschlägt (z.B. beim Kochen). Die Priester hätten dann den ursächlichen

Zusammenhang zwischen Befall und Vertiefung falsch gedeutet. In der Häuseraussatz-Tora wird aber vorausgesetzt, dass die Kolonien sich auf bisher noch nicht befallenes Mauerwerk ausbreiten können. Dann wäre aber schnell aufgefallen, dass die Ausbreitung sich auf bereits vorhandene Vertiefungen konzentriert, so dass nicht der Häuseraussatz die Mulden verursacht, sondern umgekehrt. Das spricht stark gegen die Annahme einer fehlerhaften Beobachtung seitens der Priesterschaft.

Aus all diesen Gründen kann ausgeschlossen werden, dass in Lev 14 der Hausschwamm beschrieben wird. In die Symptomatik mögen mehr oder weniger indirekt Erfahrungen mit Schimmel-, Algen- oder Bakterienbefall mit eingegangen sein. Welcher Mikroorganismus genau im Hintergrund der Tora für Zara'at an Häusern gestanden haben könnte, lässt sich heute nicht mehr klären. Die Anzahl von grünlichen, gelblichen oder rötlichen Mikroorganismen ist Legion, und eine umfassende Mykota von Israel/Palästina bietet eine reiche Auswahl von möglichen Kandidaten (vgl. NEVO & VOLZ 2000-2011). Der Hausschwamm jedenfalls wird in Leviticus nicht beschrieben, so wie auch die Hansen'sche Krankheit nicht mehr einfach mit „Aussatz von Menschen“ identifiziert werden kann.

Dank

Für Angaben zum Vorkommen des Hausschwamms und zur Flora von Israel danke ich Prof. SOLOMON P. WASSER und KYRYLO SAVCHENKO. Herr NING SANG übersetzte mir freundlicherweise einen chinesischen Text und Herrn Dr. MARKUS SCHOLLER sei für die Überlassung von Literatur und zweier Hausschwamm-Fotos gedankt.

Literatur

- ANONYM I (2012): Gesetz über den Aussatz an Häusern, eine alttestamentarische Norm für die Bekämpfung des Echten Hausschwamms. – www.holzfragen.de/seiten/rechta.html (Abruf 2. Mai 2012).
- ANONYM II (2012): Steckbrief Echter Hausschwamm. – www.parisek-saniert.de/holzschutz/holzschaedlinge/pflanzlich/echter_hausschwamm.html (Abruf 29. April 2012).
- ANONYM III (2012): Echter Hausschwamm (EHS). Biologie, Vorkommen & wirtschaftliche Bedeutung. – www.holz-schimmel.de/hausschwamm.html (Abruf 29. April 2012).
- ANONYM IV (2012): Hausschwamm. Analyse schnell, genau und sicher! – www.q-bioanalytic.net/auftrags-analytik.php?webyep_di=8 (Abruf 29. April 2012).

- ARORA, D. (1986): *Mushrooms Demystified*. – Berkeley, (Ten Speed Press).
- BAENTSCH, B. (1903): *Exodus – Leviticus – Numeri übersetzt und erklärt* (Handkommentar zum Alten Testament I/2). – Göttingen (Vandenhoeck & Ruprecht).
- BREITENBACH, J. & KRÄNZLIN, F. (1986): *Pilze der Schweiz. Beitrag zur Kenntnis der Pilzflora der Schweiz Bd. 2: Nichtblättermilze*. – Luzern (Verlag Mycologia).
- CHICAGO ASSYRIAN DICTIONARY (CAD) (1971): *The Assyrian Dictionary, Vol. 8: K, Vol. 10: M, part II*. – The Oriental Institute, Chicago (J. J. Augustin).
- DONNER, H. (1995): *Geschichte des Volkes Israel und seiner Nachbarn in Grundzügen* (Grundrisse zum Alten Testament 4). – Göttingen (Vandenhoeck & Ruprecht).
- DOUGLAS, M. (1999): *Leviticus as literature*. – Oxford (Oxford University Press)
- ELLIGER, K. (1966): *Leviticus* (Handbuch zum Alten Testament 4). – Tübingen (Mohr/Siebeck).
- GERSTENBERGER, E. S. (1993): *Das dritte Buch Mose. Leviticus, übersetzt und erklärt* (Das Alte Testament Deutsch 6). – Göttingen (Vandenhoeck & Ruprecht).
- GROSSER, D. (2008): *Praxisorientierte Untersuchungen zur Bekämpfung des Echten Hausschwamms (Serpula lacrymans) nach DIN-Vorschrift und alternativen thermischen Verfahren. Abschlussbericht zum Forschungsprojekt E-1998/14 (= Bauforschung T, 3168)*. – Stuttgart (Fraunhofer IRB-Verlag).
- HARTLEY, J. E. (1992): *Leviticus* (World biblical commentary 4). – Dallas/Texas (Word Books).
- JENNINGS, D. H. & BRAVERY, A. F. (1991): *Serpula lacrymans. Fundamental Biology and Control Strategies*. – Chichester (Wiley).
- KAUSERUD, H., SVEGÅRDEN I. B., SÆTRE, G.-P., KNUDSEN, H., STENSURD, Ø., SCHMIDT, O., DOI, S., SUGIYAMA, T. & HÖGBERG, N. (2007): *Asian origin and rapid global spread of the destructive dry rot fungus Serpula lacrymans*. – *Molecular Ecology*, **16**, 3350–3356.
- KRIEGLSTEINER, G. J. (2000): *Die Großpilze Baden-Württembergs, Bd. 1*. – Stuttgart (Ulmer).
- KROCHMALNIK, D. (2003): *Schriftauslegung. Die Bücher Levitikus, Numeri, Deuteronomium im Judentum (= Neuer Stuttgarter Kommentar, AT 33/5)*. – Stuttgart (Katholisches Bibelwerk).
- LAMPATER, H. (1980): *In Gottes Schuld. Ausgewählte Texte aus dem dritten und vierten Buch Mose übersetzt und ausgelegt (= Die Botschaft des Alten Testaments Bd. 7/8)*. – Stuttgart (Calwer Verlag).
- MAIER, G. (1994): *Das dritte Buch Mose* (Wuppertaler Studienbibel). – Wuppertal (Brockhaus).
- MAO, X. (2009): *Macromycetes of China*. – Beijing (China Press).
- MICKLEM, N. (1953): *The Book of Leviticus (The Interpreters Bible 2)*. – New York/Nashville (Abingdon Press).
- MILGROM, J. (1991): *Leviticus 1-16 (The Anchor Bible 3)*. – New York, London (Doubleday)
- NEVO, E. & VOLZ, P. A. (2000-2011): *Biodiversity of cyanoprocaryotes, algae and fungi of Israel*, 8 Vols. –, Ruggell, Liechtenstein (Gantner).
- NÜESCH, E. (1919): *Die hausbewohnenden Hymenomyceten der Stadt St. Gallen. 83 Pilzarten. Bau, Lebensweise, Bedeutung als Holzzerstörer und Bekämpfung*. – St. Gallen (Fehr'sche Buchhandlung).
- NUSS, I. (2009): *Der Hausschwamm – Mythos und Wahrheit*. – *Der Bausachverständige. Zeitschrift für Bauschäden, Grundstückswert und gutachterliche Tätigkeit*, **5**: 10-16.
- SEIDL, T. (1982): *Tora für den ‚Aussatz‘-Fall. Literarische Schichten und syntaktische Strukturen in Levitikus 13 und 14*. – Münchener Universitätsschriften. Katholisch-theologische Fakultät, St. Ottilien (Eos Verlag).
- SNAITH, N. H. (1967): *Leviticus and Numbers (The Century Bible New Edition 2)*. – London/Edinburgh (Thomas Nelson).
- STAUBLI, T. (1919): *Die Bücker Levitikus, Numeri (Neuer Stuttgarter Kommentar 3)*, Stuttgart (Katholisches Bibelwerk).
- WEBSTER, J. (1983): *Pilze. Eine Einführung*. – Berlin, Heidelberg, New York (Springer).
- WEISS, B., WAGENFÜHR, A. & KRUSE, K. (2000): *Beschreibung und Bestimmung von Bauholzpilzen*. – Leinfelden-Echterdingen (DRW-Verlag).
- ZOHARY, M. (1966): *Flora Palaestina, Part I. Equisetaceae to Moringaceae*. – Jerusalem (Goldberg's Press).

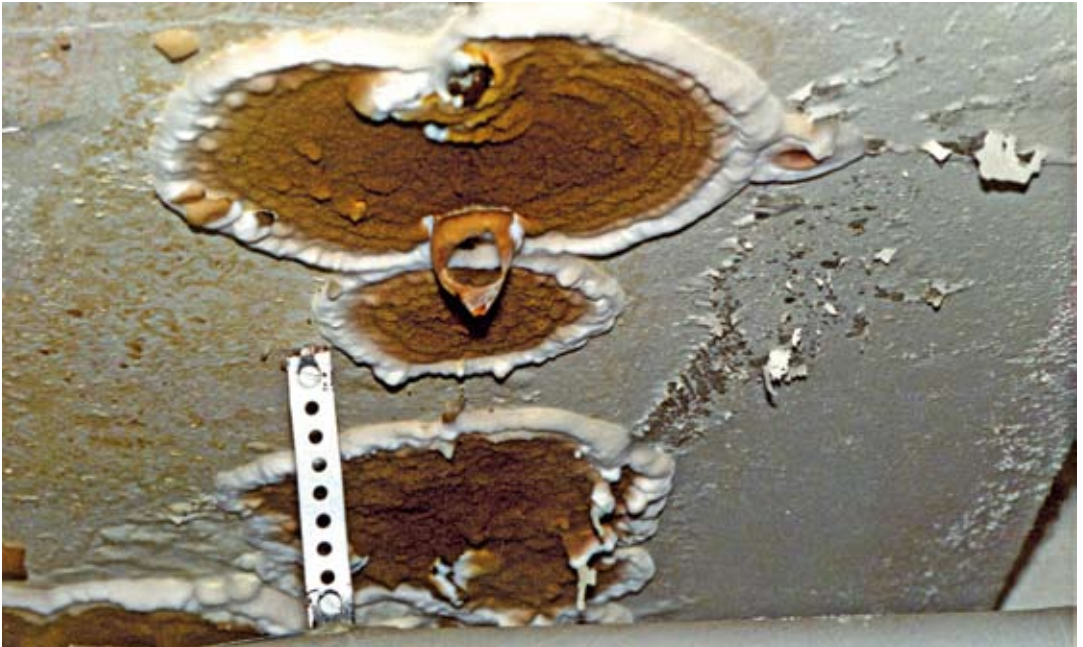


Abbildung 1. *Serpula lacrymans*, Fruchtkörper an der Decke eines Kellers in Berlin-Kreuzberg nach einem Rohrbruch im Treppenhaus, August 1988.– Foto: M. SCHOLLER.



Abbildung 2. Die Ausbreitung des Hausschwamms auf dem Substrat erfolgt zunächst mit weißen Mycelsträngen, hier in einem Haus in der Oberpfalz, August 2010.– Foto: M. SCHOLLER.



Abbildung 3. Grubiges, pseudoporiges (= merulioides) Hymenophor. – Foto: Mycobank.



Abbildung 4. Braunfäule (Würfelbruch) des Holzes nach Befall durch *Serpula lacrymans*. – Foto: MÄTES II, Wikipedia.

Anhang

Adressen mykologischer Forschungs-, Fortbildungs- und Beratungseinrichtungen, Vereine und Arbeitsgruppen in Baden-Württemberg

In den folgenden öffentlichen Institutionen sind Pilze Gegenstand der Forschung, Fortbildung oder Beratung. Rein kommerzielle Einrichtungen mit mykologischem Service gibt es ebenfalls reichlich in Baden-Württemberg, vor allem im Bereich Baubiologie, Innenraumhygiene, Pflanzenschutz, Naturschutz und Medizin. Aufgrund ihrer Fülle werden diese hier nicht berücksichtigt, doch sollte auf sie hingewiesen werden, da die öffentlichen Einrichtungen den mykologischen Informationsbedarf nicht allein decken können. Bei Bedarf sei der Leser auf die entsprechenden Internetpräsentationen, Gelbe Seiten etc. verwiesen.

1 Forschungseinrichtungen an Universitäten

Universität Freiburg

Fakultät für Forst- und Umweltwissenschaften, Institut für Forstbotanik und Baumphysiologie, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Bertoldstr. 17, 79085 Freiburg, Kontakt: Prof. Dr. SIEGFRIED FINK, Tel.: 0761/2033649, E-Mail: forstbotanik@fobot.uni-freiburg.de, Internet: <http://www.forstbotanik.uni-freiburg.de/>.

Institut für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene des Universitätsklinikums, Hermann-Herder-Str. 11, 79104 Freiburg, Kontakt: Prof. Dr. GEORG HÄCKER, Tel.: 0761/2036510, E-Mail: georg.haecker@uniklinik-freiburg.de, Internet: <http://www.uniklinik-freiburg.de/imh/live/index.html>.

Universität Hohenheim

Fachgebiet Biodiversität und pflanzliche Interaktion, Institut für Botanik, Universität Hohenheim, Garbenstr. 30, 70599 Stuttgart, Kontakt: Prof. Dr. OTMAR SPRING, Tel.: 0711/45923811, E-Mail: O.Spring@uni-hohenheim.de, Internet: <https://www.uni-hohenheim.de/~spring/>.

Fachgebiet Phytopathologie, Institut für Phytomedizin, Universität Hohenheim, Otto-Sander-Str. 5, 70599 Stuttgart, Kontakt: Prof. RALF T. VOEGELE, Tel.: 0711/45922387, E-Mail: Ralf.Voegele@uni-hohenheim.de, Internet: <https://www.uni-hohenheim.de/einrichtung/fg-phytopathologie>.

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Botanical Institute, Molecular Cell Biology (*Plasmopara viticola*), Kaiserstr. 2, 76128 Karlsruhe,

Forschung: Mit pflanzenparasitischen Kleinpilzen wie Falschen Mehltaupilzen und Rostpilzen wird an der Universität Hohenheim geforscht, hier im Labor von Prof. VOEGELE. — Foto: B. KAUFMANN.



Kontakt: Prof. Dr. PETER NICK, Tel.: 0721/60842144, E-Mail: peter.nick@KIT.edu, Internet: <http://www.botanik1.uni-karlsruhe.de/Nick-Lab/index.php>.

Botanical Institute, Plant-Microbial interactions (Mykorrhiza), Hertzstr. 16, 76187 Karlsruhe, Germany, Kontakt: Prof. Dr. NATALIA REQUENA: Tel.: 0721/60844626, E-Mail: natalia.requena@KIT.edu, Internet: <http://www.iab.kit.edu/heisenberg/>

Institut für Angewandte Materialien (Biomechanik), 76344 Eggenstein-Leopoldshafen, Kontakt: Prof. Dr. CLAUS MATTHECK, Tel.: 0721/60824852, E-Mail: claus.mattheck@KIT.edu, Internet: http://www.iam.kit.edu/wbm/73_100.php.

Institute for Applied Biosciences, Microbiology (Filamentöse Pilze), Hertzstr. 16, 76187 Karlsruhe, Kontakt: Prof. Dr. REINHARD FISCHER, Tel.: 072/60844630, E-Mail: reinhard.fischer@KIT.edu, Internet: http://www.iab.kit.edu/microbio/487_507.php.

Institute for Applied Biosciences, Genetics (Pflanzenparasitische Pilze), Hertzstr. 16, 76187 Karlsruhe, Kontakt: Prof. Dr. JÖRG KÄMPER, Tel.: 0721/60845670, E-Mail: joerg.kaemper@KIT.edu, Internet: http://genetics.iab.kit.edu/21_46.php.

Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik, Bereich II: Technische Biologie (Mikrobielle Öle und Mykotoxine), Engler-Bunte-Ring 1, 76131 Karlsruhe, Kontakt: PD Dr. ANKE NEUMANN, Tel.: 0721/60842125, E-Mail: anke.neumann@KIT.edu, Internet: http://tebi.bl.t.kit.edu/mitarbeiter_neumann.php

Universität Tübingen

Institut für Organismische Botanik (ehemals Institut für Spezielle Botanik und Mykologie), Lehrstuhl für Evolutionäre Ökologie der Pflanzen, Auf der Morgenstelle 1, 72076 Tübingen. Kontakte: PD Dr. ROBERT BAUER, Tel.: 07071/2973212, E-Mail: robert.bauer@uni-tuebingen.de, Dr. ANGELIKA HONOLD, Tel.: 07071/2976942, E-Mail: angelika.honold@uni-tuebingen.de (auch Redaktion Zeitschrift *Mycological Progress*), Internet: <http://www.mnf.uni-tuebingen.de/fachbereiche/biologie/institute/evolutionecology/lehrebereiche/evolutionaere-oekologie-der-pflanzen.html>.

Institut für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene, Elfriede-Aulhorn-Str. 6, 72076 Tübingen,

Kontakt: Prof. Dr. INGO B. AUTENRIETH, Tel.: 07071/2982351, Internet: <http://www.medicin.uni-tuebingen.de/mikrobiologie/>.

Universitäts-Hautklinik, Klinikum der Universität Tübingen, Liebermeisterstr. 25, 72076 Tübingen, Molekulare Pathogenese von *Candida*-Infektionen (auch Geschäftsstelle der Deutschsprachigen Gesellschaft für Mykologie DMyKG). Kontakt: Prof. MARTIN SCHALLER, Tel.: 07071/2984555, E-Mail: geschaeftsstelle@dmykg.de, Internet: <http://www.hautklinik-tuebingen.de/forschung/molekulare-pathogenese/index.htm> und <http://www.dmykg.de/>.

2 Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, Baden-Württemberg, Abt. Waldschutz (Forstpathologie), Wonnhaldestr. 4, 79100 Freiburg/Br., Kontakt: PD Dr. BERTHOLD METZLER, Tel.: 0761/4018162, E-Mail: berthold.metzler@forst.bwl.de, Internet: <http://www.fva-bw.de/indexjs.html?http://www.fva-bw.de/fva/mitarbeiter/mitarb.php?lang=&id=165>.

Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB, Abt. Molekulare Biotechnologie (Infektionsbiologie *Candida albicans*), Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart, Kontakt: PD Dr. STEFFEN RUPP, E-Mail: steffen.rupp@igb.fraunhofer.de, Telefon 0711/9704045, Internet: <http://www.igb.fraunhofer.de/de/kompetenzen/molekulare-biotechnologie/infektionsbiologie.html>.

Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau, Schwabenheimer Str. 101, 69221 Dossenheim, Kontakt: Prof. WILHELM JELKMANN, Tel.: 06221/8680500, E-Mail: owd@jki.bund.de, internet: <http://www.jki.bund.de/de/startseite/institute/pflanzenschutz-obst-und-weinbau.html>.

Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg im Regierungspräsidium Stuttgart, Referat 96: Arbeitsmedizin und umweltbezogener Gesundheitsschutz (Biomonitoring und Analytische Qualitätssicherung, Medizinisch-chemisches Labor), Nordbahnhofstr. 135, 70191 Stuttgart, Kontakt: Dr. GUIDO FISCHER, Tel.: Tel.: 0711/90439660, E-Mail: guido.fischer@rps.bwl.de, Internet: <http://www.gesundheitsamt-bw.de/ML/DE/Schimmel->

pilzberatung/Seiten/Ergebnisse_Ringversuche.aspx.

Max Rubner-Institut, Haid-und-Neu-Str. 9, 76131 Karlsruhe, Kontakte: Prof. ROLF GEISEN (Mykotoxine), Tel.: 0721/6625450, E-Mail: rolf.geisen@mri.bund.de, Internet: <http://www.mri.bund.de/de/startseite/lichtschranke-fuer-pilzgifte.html>

Dr. BERNHARD TRIERWEILER (Bekämpfung von Pilzen auf Lebensmitteln durch Wärme), Tel.: 0721 6625532, E-Mail: bernhard.trierweiler@mri.bund.de, Internet: <http://www.mri.bund.de/de/institute/sicherheit-und-qualitaet-bei-obst-und-gemuese/forschungsprojekte/mit-waerme-gegen-pilze.html>.

Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Neßlerstr. 23-31, 76227 Karlsruhe (LTZ), Tel.: 0721/9468-0. Außenstellen: Donaueschingen (DO), Villinger Str. 81, 78166 Donaueschingen, Tel.: 0771/89835800. Forchheim (FO), Kutschenweg 20, 76287 Rheinsetten, Tel.: 0721/951830. Ladenburg (LA), Schriesheimer Str. 103, 68526 Ladenburg, Tel.: 06203/924703.

Müllheim (MUE), Auf der Breite 7, 79379 Müllheim, Tel.: 07631/36840. Sigmaringen (SIG), Badstr. 33, 72488 Sigmaringen, Tel.: 07571/63164. Stuttgart (S), Reinsburgstr. 107, 70197 Stuttgart, Tel.: 0721/9468450. E-Mail: poststelle-do@ltz.bwl.de, Internet: <http://www.ltz-augustenberg.de>.

Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe, Abteilung Biowissenschaften, Dr. MARKUS SCHOLLER, Erbprinzenstr. 13, 76133 Karlsruhe, Tel.: 0721/1752810, E-Mail: scholler@naturkundeka-bw.de, Internet: <http://www.smnk.de>.

Versuchs- und Forschungsanstalt für Weinbau und Weinbehandlung, Merzhauserstr. 119, 79100 Freiburg (Pflanzenschutz, pilzliche Schädlinge), Dr. HANNES-HEINZ KASSEMAYER, Tel.: 0761/4016530, E-Mail: Hannes-Heinz.Kassemeyer@wbi.bwl.de, Internet: https://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/menu/1044273_11/index1215611042868.html.



Ausstellungen: Jedes Jahr, immer am ersten Oktoberwochenende, veranstaltet der Karlsruher Pilzverein in Zusammenarbeit mit dem Karlsruher Naturkundemuseum eine Frischpilzausstellung, bei der u. a. rund 300 Großpilze aus der Region gezeigt werden. – Foto: M. SCHOLLER.

3 Bildungs- und Beratungseinrichtungen

Bildungsakademie Handwerkskammer Region Stuttgart, Holderäckerstr. 37, 70499 Stuttgart, Weiterbildungsseminare zu Schimmelpilzen in Innenräumen, Tel.: 0711/1657222, E-Mail: info@hwk-stuttgart.de, Internet: <http://www.hwk-stuttgart.de/>.

Deutsches Beratungszentrum für Hygiene, BZH GmbH des Universitätsklinikums Freiburg, Schnewlinstr. 10, 79098 Freiburg; Tel.: 0761/2026780, E-Mail: info@bzh-freiburg.de, Internet: www.bzh-freiburg.de.

Forstliches Bildungszentrum Karlsruhe, Richard Willstätter Allee 2, 76131 Karlsruhe. Grundkurse Mykologie, Kontakt: HANS-GEORG PFÜLLER, Tel.: 0721/9263391, Internet: fbz.karlsruhe@forst.bwl.de.

Netzwerk Schimmelpilzberatung, Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg, im Regierungspräsidium Stuttgart, Nordbahnhofstr. 135, 70191 Stuttgart, Kontakt: Dr. GUIDO FISCHER, E-Mail: guido.fischer@rps.bwl.de, Tel.: 0711/90439660, 0711/90435000, Internet: <http://www.gesundheitsamt-bw.de/ML/DE/Schimmelpilzberatung/Seiten/default.aspx>.

Schwarzwälder Pilzleherschau, Werderstr. 17, 78132 Hornberg/Schwarzwaldbahn (Bestimmungskurse für Großpilze, Pilzberaterprüfungen), Kontakt: BEATE BROHAMMER, Tel.: 07833/6300, E-Mail: info@pilzzentrum.de, Internet: www.pilzzentrum.de.

Gewerbe Akademie Freiburg, Wirthstr. 28, 79110 Freiburg, Seminare zu Schimmelpilzen, Telefon 0761/218000, E-Mail: info@hwk-freiburg.de, Internet: <http://www.hwk-freiburg.de/html/seiten/text/bildungszentren-gewerbe-akademie;423.de.html>.

Infoservice Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume (LEL), Oberbettringer Str. 162, 73525 Schwäbisch Gmünd, Kontakt: HANSJÖRG SÄTTLER, Tel.: 07171/917130, E-Mail: webmaster@lel.bwl.de, Internet: <https://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/menu/1034707/index.html>. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), VTA-Seminare zu Biomechanik der Bäume, Baum-

diagnose, Holzfäulen und Baumpilze, Gehölzwertermittlung, Tree Engineering mit Prof. CLAUS MATTHECK, Kontakt: Seminarbüro ERIKA KOCH, Fasanenhofstr. 94a, 70565 Stuttgart, Tel. 0711/7157564, www.vtaseminare.de.

Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Neßlerstr. 23-31, 76227 Karlsruhe (LTZ), Kontakt: Tel.: 0721/9468-0, E-Mail: poststelle-do@ltz.bwl.de. Pflanzenschutzhinweise via Telefon und Internet: https://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1308983/flyer_pflanzenschutz_screen.pdf.

Vergiftungs-Informations-Zentrale Freiburg des Universitätsklinikums Freiburg, Mathildenstr. 1, 79106 Freiburg, Kontakt: Dr. UWE STEDTLER, Dr. MAREN HERMANNNS-CLAUSEN, Tel. 0761/27043-820, E-Mail: uwe.stedtler@uniklinik-freiburg.de.

4 Sammlungen (Pilzherbarien)

Pilzherbarium (TUB), Institut für Organismische Botanik, Lehrstuhl für Evolutionäre Ökologie der Pflanzen Auf der Morgenstelle 1, 72076 Tübingen, Kontakt: CORNELIA DILGER-ENDRULAT, Tel.: 07071/2976943, E-Mail: herbarium@uni-tuebingen.de, Internet: <http://www.mnf.uni-tuebingen.de/fachbereiche/biologie/institute/evolutionecology/lehrebereiche/organismische-botanik/herbarium-tubingense.html>.

Pilzherbarium des Bodensee-Naturmuseum (KONL), Hafenstr. 9, 78462 Konstanz, Kontakt: MARTINA KROTH, Tel.: 07531/900915, E-Mail: KrothM@stadt.konstanz.de, Internet: <http://www.konstanz.de/naturmuseum/index.html>.

Pilzherbarium Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe (KR), Abteilung Biowissenschaften, Erbprinzenstr. 13, 76133 Karlsruhe, Kontakt: Dr. MARKUS SCHOLLER, Tel.: 0721/1752810, E-Mail: scholler@naturkundeka-bw.de, Internet (mit Datenbank): <http://www.smnk.de>.

Pilzherbarium Staatliches Museum für Naturkunde Stuttgart (STU), Abteilung Botanik, Rosenstein 1, 70191 Stuttgart, Kontakt: Dr. MARTIN NEBEL, Tel.: 0711/8936208, E-Mail: martin.nebel@smns-bw.de, Internet: <http://science.naturkundemuseum-bw.de/de/node/1801#pilzherbar>.



Fortbildung: Rund 400 bis 500 Teilnehmer kommen zu den jährlichen Baumdiagnose-Seminaren, die von Prof. MATTHECK auf dem Campus Nord der Karlsruher Universität durchgeführt werden. Hier lernen die Teilnehmer, häufig Angestellte von Gartenbauämtern, die Grundlagen über Baumpilze und Holzfäulen. – Foto: E. Koch.

5 Populäre Pilzvereine und Arbeitsgruppen

Bad Mergentheim

Arbeitskreis Mykologie Taubergrund e. V., Kontakt: KLAUS NEESER, Neue Steige 13, 97980 Bad Mergentheim, Tel.: 07931/42727, E-Mail: hoby-pilz@t-online.de, Internet: <http://www.natur-schutz-taubergrund.de/page/?sub=ak14>.

Freiburg

Arbeitsgemeinschaft Pilzkunde Freiburg, Kontakt: MANFRED MATZKE, Alte Breisacher Str. 36, 79112 Freiburg-Tiengen, Tel.: 07664/1476.

Friedrichshafen

Pilzkundliche Arbeitsgemeinschaft Friedrichshafen, Kontakt: KARL-HEINZ ZIMMERMANN, Ailinger Str. 102, 88046 Friedrichshafen, Tel.: 07541/71402, Internet: <http://www.naturfreunde-friedrichshafen.de/sites/pilze.htm>.

Lahr

Mykologischer Arbeitskreis Südbaden, Kontakt: GÜNTER SAAR, Dammenmühle 7, 77933 Lahr-

Sulz, Tel: 0172/2193959, E-Mail: guenter.saar@medtronic.com.

Karlsruhe

Arbeitsgruppe Pilze im Naturwissenschaftlichen Verein Karlsruhe e.V., Kontakt: Dr. MARKUS SCHOLLER, c/o Staatliches Museum für Naturkunde, Erbprinzenstr. 13, 76133 Karlsruhe, Tel.: 0721/175-2810, E-Mail: scholler@naturkundeka-bw.de, Internet: <http://www.pilze-karlsruhe.de>.

Mannheim

Mykologischer Arbeitskreis Rhein-Neckar e.V., Zum Herrenried 18, 68169 Mannheim, Kontakt: DAGMAR GÖDERT, Dr.-Albert-Finkh-Str. 7a, 76863 Herxheim, Tel.: 07276/969875, E-Mail: mitgliederMAK@msn.com, Internet: www.mak-rn.de.

Schömborg

Pilz- und Wildkräuterfreunde Schömborg e.V., Kirchenstr. 12/2, 75328 Schömborg-Bieselsberg, Kontakt: HEIDEMARIE SIEBLER, Tel. 07235/8955, E-Mail: natur.heidemarie@yahoo.de.

Stuttgart

Verein der Pilzfreunde Stuttgart e.V., Kontakt: ERNST DITTRICH, Danziger Str. 27, 73262 Reichenbach, Tel.: 07153/958224, E-Mail: info@pilzverein.de; Internet: www.pilzverein.de.

Tuttlingen

Verein für Pilzkunde Tuttlingen e.V., Kontakt: HELLMUT PLOSS, Balingen Str. 89, 78532 Tuttlingen,

Tel.: 07461/4152, E-Mail: pilzverein-tt@gmx.de, Internet: <http://www.pilze-tuttlingen.de>.

Ulm

Arbeitsgemeinschaft Mykologie Ulm e.V., AMU Vereinslokal „Gut Holz“, Schwabenstr. 35, 89231 Neu-Ulm, Kontakt: Dr. BIRGIT WEISEL, Tel.: 08248/901090, E-Mail: <http://home.versanet.de/~keck-k-m/AMU.htm>.

**Publikationen des Staatlichen Museums für Naturkunde Karlsruhe
Gesamtverzeichnis unter www.naturkundemuseum-karlsruhe.de (Bibliothek)**

Andrias

unregelmäßig erscheinende Einzelbände zu Themen aus naturkundlichen Forschungsgebieten

1. Taxonomie und Phylogenie von Arthropoden. – 102 S., 37 Abb.; 1981	€ 17,00
2. Vegetationskunde und Lichenologie. – 64 S., 17 Abb.; 1983	€ 14,00
3. Morphologie und Taxonomie von Insekten. – 104 S., 172 Abb.; 1983	€ 20,50
4. Fossilfundstätte Messel. – 171 S., 49 Abb., 17 Taf.; 1985	€ 30,50
5. Taxonomie und Phylogenie von Arthropoden. – 224 S., 114 Abb.; 1986	€ 33,00
6. Fossilfundstätte Höwenegg. – 128 S., 96 Abb., 6 Taf., 1 Falttaf.; 1989	€ 28,50
7. Taxonomie und Phylogenie von Arthropoden. – 172 S., 79 Abb.; 1990	€ 26,50
8. Fossilfundstätte Höwenegg. – 64 S., 30 Abb.; 1991	€ 14,00
9. Taxonomie und Phylogenie von Arthropoden. – 210 S., 127 Abb.; 1992	€ 30,50
10. Fossilfundstätte Höwenegg. – 230 S., 192 Abb.; 1997	€ 40,50
11. Taxonomie und Phylogenie von Nematoden. – 90 S., 24 Abb., 81 Taf.; 1993	€ 26,50
12. Taxonomie und Phylogenie von Arthropoden. – 94 S., 48 Abb.; 1994	€ 15,00
13. Taxonomie und Ökologie tropischer Invertebraten. – 224 S., 82 Abb., 16 Farbtaf.; 1994	€ 35,50
14. Taxonomie, Verbreitung und Ökologie von Spinnen. – 279 S., 2 Abb., 124 Kart., 118 Taf.; 1999	€ 35,50
15. Festband Prof. Dr. Ludwig Beck: Taxonomie, Faunistik, Ökologie, Ökotoxikologie einheimischer und tropischer Bodenfauna. – 218 S., 88 Abb., 10 Farbtaf.; 2001	€ 35,50
16. Seen und Moore des Schwarzwaldes. – 160 S., 61 Abb., 8 Farbtaf.; 2005	€ 24,00
17. Die Flechten des Odenwaldes. – 520 S., 932 Abb. 12 Farbtaf.; 2008	€ 29,00
18. Biodiversität in der Kulturlandschaft des Allgäus. – 192 S., 17 Abb., 36 Farbtaf.; 2010	€ 29,00
19. Mykologie in Baden-Württemberg. – 308 S., 80 Abb., 66 Farbtaf.; 2012	€ 29,00

Carolinea

setzt mit Band 40 die von 1936 bis 1980 mit 39 Bänden erschienenen „Beiträge zur naturkundlichen Forschung in Südwestdeutschland“ fort. Jahresbände mit naturkundlichen Arbeiten und Mitteilungen aus dem südwestdeutschen Raum und aus dem Naturkundemuseum Karlsruhe in allgemeinverständlicher Form. Erscheint jährlich mit einem Band; bisher erschienen bis Band 69. Vorliegender Band:

Band 69: 250 S., 86 Abb., 31 Farbtaf.; 2011	€ 29,00
---	---------

Carolinea, Beihefte

Monographische Arbeiten, Kataloge, Themenbände etc., in unregelmäßiger Folge

7. Gesamtverzeichnis der Veröffentlichungen in Zeitschriften des Staatlichen Museums für Naturkunde Karlsruhe 1936 - 1997. – 119 S.; 1999	€ 3,50
8. E. FREY & B. HERKNER (Eds.): Artbegriff versus Evolutionstheorie? – 86 S., 3 Abb; 1993	€ 7,50
9. P. HAVELKA: Auswilderung, Gefangenschaftsvermehrung und Erhaltung bedrohter Tierarten – eine Aufgabe des Naturschutzes. – 64 S., 75 Abb; 1995	€ 10,00
10. R. HECKMANN: Katalog der Wanzen aus Baden-Württemberg in der Sammlung des Staatlichen Museums für Naturkunde Karlsruhe (Insecta, Heteroptera). – 146 S., 25 Karten; 1996	€ 12,50
11. D. HAAS, P. HAVELKA & H.-W. MITTMANN: Neusiedler in menschlichen Siedlungen: Wasservogel auf städtischen Gewässern. – 84 S., 137 Farbb.; 1998	€ 5,00
12. M. R. SCHEURIG, P. HAVELKA & H.-W. MITTMANN: Brutvogel-Monitoring Baden- Württemberg 1992-1998. – 203 S., 12 Abb.; 1998	€ 5,00
13. B. HERKNER: Über die evolutionäre Entstehung des tetrapoden Lokomotionsapparates der Landwirbeltiere. – 353 S., 105 Abb.; 1999	€ 15,00
14. M. R. SCHEURIG, H.-W. MITTMANN & P. HAVELKA: Brutvogel-Monitoring Baden- Württemberg 1992-1999. – 151 S., 24 Abb.; 1999	€ 5,00

Bestellungen an: Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe, Bibliothek, Erbprinzenstraße 13, D-76133 Karlsruhe.
Zu den angegebenen Preisen wird bei Versand ein Betrag von € 2,00 für Porto und Verpackung in Rechnung gestellt. Bestellungen unter € 10,- nur gegen Vorkasse.

Mitglieder des Naturwissenschaftlichen Vereins Karlsruhe e. V. erhalten die Zeitschrift Carolinea mit ihrem Mitgliedsbeitrag. Auf ältere Bände sowie die Beihefte und die Zeitschrift Andrias erhalten sie einen Rabatt von 30%.