

Verbreitung, Habitatnutzung und Phänologie der Glasflügler im Raum Tübingen (Lepidoptera: Sesiidae)

JAN SCHMITT, DANIEL BARTSCH & GREGOR MARKL

Kurzfassung

Von Mai bis August 2020 wurden die Glasflügler (Sesiidae) im Raum Tübingen mittels Pheromonfallen und erfolgsorientierter Suche der Larvalstadien im Gelände kartiert. Die Erfassungen an sieben Standorten am Spitzberg und Schönbuch-Südrand erbrachten Nachweise von sechzehn Arten. Mit den hier beschriebenen Neufunden von *Paranthrene tabaniformis*, *Paranthrene insolita*, *Synanthedon formicaeformis*, *Synanthedon soffneri* und *Bembecia albanensis* stieg die Zahl der im Untersuchungsgebiet insgesamt jemals nachgewiesenen Arten auf zwanzig. Für den Großteil der Glasflügler wurde eine weite Verbreitung über alle Standorte hinweg festgestellt, die sich je nach Biotopausstattung in unterschiedlichen Individuenzahlen äußerte. Die Flugzeiten, welche zwischen dem 6. Mai und 15. August 2020 in 78 Fangperioden erhoben wurden, zeigen deutliche Verschiebungen gegenüber den phänologischen Langzeitdaten der Landesdatenbank Schmetterlinge Baden-Württembergs.

Abstract

Distribution, habitat use and phenology of clearwing moths near Tübingen (Lepidoptera: Sesiidae)

Between May and August 2020, clearwing-moths (Sesiidae) were mapped in the area around Tübingen using pheromone traps and by searching for larval stages. The study at seven sites on the Spitzberg and at the southern border of the Schönbuch forest recorded sixteen species. New records are *Paranthrene tabaniformis*, *Paranthrene insolita*, *Synanthedon formicaeformis*, *Synanthedon soffneri* and *Bembecia albanensis* increasing the number of known species in the study area to 20. The majority of the species showed a wide distribution across all locations; the number of individuals differed depending on the biotope structures. The flight times, which were recorded between May 6th and August 15th, 2020 in 78 survey periods, showed significant differences compared to the phenological long-term data of the central Lepidoptera database of Baden-Wuerttemberg.

Autoren

JAN SCHMITT, Universität Tübingen, Fachbereich Geowissenschaften, Schnarrenbergstrasse 94+96, 72076 Tübingen; E-Mail: jan.markus.schmitt@outlook.de

DANIEL BARTSCH, Staatliches Museum für Naturkunde Stuttgart, Rosenstein 1, 70499 Stuttgart;

E-Mail: daniel.bartsch@smns-bw.de

GREGOR MARKL, Universität Tübingen, Fachbereich Geowissenschaften, Schnarrenbergstrasse 94+96, 72076 Tübingen; E-Mail: markl@uni-tuebingen.de

Einleitung

Eine besondere Stellung bei der faunistischen Untersuchung Südwestdeutschlands nimmt der Raum Tübingen mit dem im Westen an das Stadtgebiet angrenzenden Spitzberg ein. Der Keuper-Höhenrücken zwischen Ammer- und Neckartal diene bereits vielen Generationen von Botanikern und Zoologen als wertvolles Studien- und Demonstrationsobjekt (MÜLLER et al. 1966; GOTTSCHALK 2019a). Um Veränderungen in der Tier- und Pflanzenwelt im Zusammenhang mit den Landnutzungs- und Klimaveränderungen festzuhalten, erfolgten 2017 und 2018 erneut ausgiebige Untersuchungen am Spitzberg, die auch Schmetterlinge umfassten (GOTTSCHALK 2019a). Während die Zahl der Tagfalter seit den 1960er Jahren gesunken war, erhöhte sich die Anzahl nachgewiesener Nachtfalter durch Köder- und Lichtfang um 41 Arten auf insgesamt 537 Arten (STEINER & PERTZEL 2019). Mehrere Taxa blieben allerdings aufgrund der Beschränkung des methodischen Vorgehens unberücksichtigt. Zu diesen zählt die Familie der Glasflügler oder Sesien (Sesiidae).

Bearbeitungsstand der Glasflügler in Baden-Württemberg

Innerhalb der Erfassung von Schmetterlingsfaunen umgrenzter Gebiete blieben die Glasflügler oder Sesien oft unberücksichtigt oder wurden nur lückenhaft registriert; so merkte BARTSCH (1992) an, die Sesien seien „in den bisherigen Faunenlisten für Württemberg eher stiefmütterlich behandelt worden“. Die visuelle Suche der Imagines, die sich gegenüber den Tagfaltern oder den ebenfalls tags fliegenden Widderchen unpraktikabel gestaltet, spielt hierbei die aus-

schlaggebende Rolle. Wegen ihrer teils geringen Größe, ihrer Ähnlichkeit zu Bienen oder Wespen und ihrer kryptischen Lebensweise bleibt eine solche Suche der Sesien-Falter wenig erfolgreich (BLUM 1997).

Abhilfe schuf die Entwicklung synthetischer Sexuallockstoffe, die im Pflanzenschutz gegen einige Sesienarten Einsatz finden sollten. Diese Pheromone optimierten sowohl das Monitoring bei der Schädlingsbekämpfung als auch bei faunistischen Studien (ŠPATENKA et al. 1999). Zur Erprobung gab ERNST PRIESNER vom Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie in Seewiesen in den 1980er Jahren von ihm zusammengestellte Pheromonpräparate an zahlreiche Entomologen aus. In der Folge verbesserte sich der Wissensstand über das Vorkommen und die Verbreitung der Glasflüglerarten erheblich (z.B. STEFFNY 1990, KALLIES & HAMBORG 1993, KÖHLER 1992, 1996, RÄMISCH & GELBRECHT 2008). Mit der neu etablierten Nachweismethode stieg auch das Interesse an der Larvalbiologie der Tiere. Eingegangen sind viele dieser neu gewonnenen Erkenntnisse in den fünften Band der Reihe „Die Schmetterlinge Baden-Württembergs“. Dort lassen sich ausführliche Informationen über deren Verbrei-

tung, Phänologie, Ökologie und Gefährdung im Faunengebiet finden (BARTSCH et al. 1997). Die anfängliche Euphorie über die neue Nachweismethode war jedoch nur von kurzer Dauer. Wie in Abbildung 1 ersichtlich, ging bereits mit dem Erscheinen des Grundlagenwerks die Anzahl erfasster Nachweise in der Landesdatenbank der Schmetterlinge Baden-Württembergs rapide auf durchschnittlich etwa 40 Datensätze pro Jahr zurück. Ein solcher Rückgang war allerdings auch für andere Schmetterlingsfamilien festzustellen, nachdem das Grundlagenwerk erschienen war und stellt wohl zumindest teilweise eine Art „Relaxation“ nach den Anstrengungen zur Erstellung des Werkes dar.

Mittlerweile existieren aus Baden-Württemberg Nachweise von 31 Sesienarten aus 8 Gattungen (Tab. 1). Eine der 31 Arten, *Chamaesphecia leucopsiformis*, wurde im 19. Jahrhundert wiederholt bei Karlsruhe gefangen, das letzte Mal 1899. Sie gilt seither in Baden-Württemberg als ausgestorben oder verschollen (EBERT et al. 2008). Mit 15 der 25 europäischen Arten ist *Synanthedon* die im Faunengebiet Baden-Württemberg am stärksten vertretene Gattung (PÜHRINGER & KALLIES 2004). Etwa die Hälfte der Sesienarten Baden-Württembergs gelten als ungefährdet.

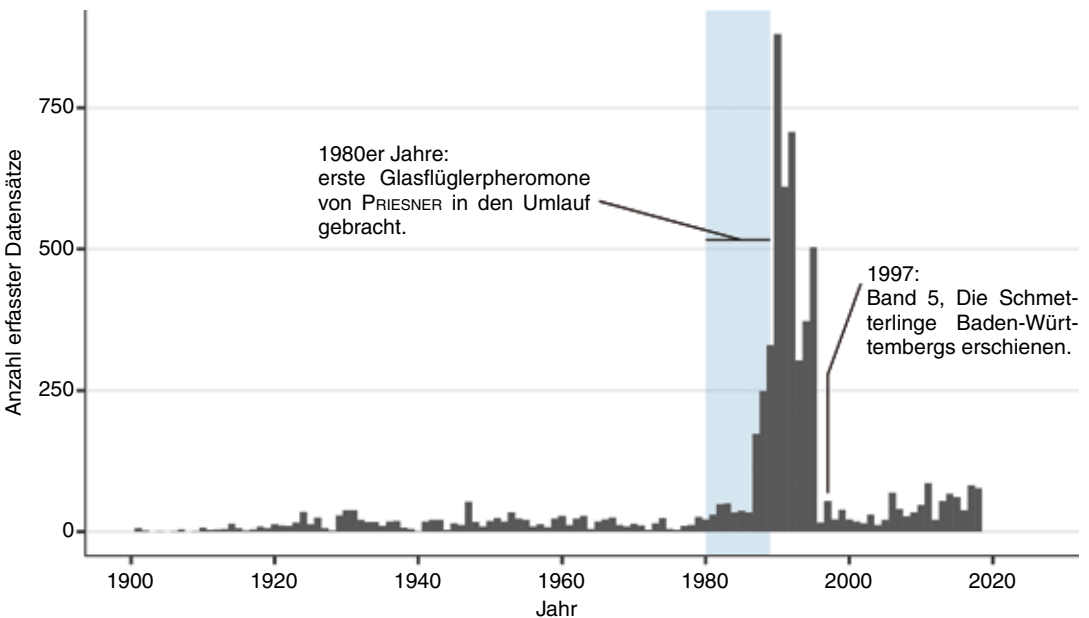


Abbildung 1. Bearbeitungshistorie der Glasflügler in Baden-Württemberg. Die Anzahl an Landesdatenbank-Datensätzen für alle Glasflüglerarten pro Erfassungszeitraum dient hierbei als Anhaltspunkt für den Umfang ihrer Erforschung. Datengrundlage: SMNK (2020).

Tabelle 1. Verzeichnis der Glasflügler Baden-Württembergs. Legende: RL BW/NT (Rote Liste Baden-Württemberg/Neckar-Tauber): 0 = ausgestorben oder verschollen, 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, V = Arten der Vorwarnliste, * = nicht gefährdet.

Wissenschaftlicher Name (GAEDICKE et al. 2017)	Haupt-Wirtspflanzen (BARTSCH et al. 1997)	Fraßttyp	RL BW (EBERT et al. 2008)	RL NT (EBERT et al. 2008)
<i>Pennisetia hylaeiformis</i> (LASPEYRES, 1801)	<i>Rubus ideaus</i> (Himbeere)	xylophag	*	*
<i>Sesia apiformis</i> (CLERCK, 1759)	<i>Populus nigra</i> (Schwarzpappel)	xylophag	*	*
<i>Sesia bembeciformis</i> (HÜBNER, 1806)	<i>Salix caprea</i> (Sal-Weide)	xylophag	*	*
<i>Eusphacia melanocephala</i> DALMAN, 1816	<i>Populus tremula</i> (Zitter-Pappel)	xylophag	*	*
<i>Paranthrene insolita</i> LE CERF, 1914	<i>Quercus robur</i> (Stiel-Eiche)	xylophag	*	*
<i>Paranthrene tabaniformis</i> (ROTTEMBURG, 1775)	<i>Populus cf. nigra</i> (Schwarz-Pappel)	xylophag	*	*
<i>Synanthedon andrenaeformis</i> (LASPEYRES, 1801)	<i>Viburnum lantana</i> (Wolliger Schneeball)	xylophag	*	*
<i>Synanthedon cephiformis</i> (OCHSENHEIMER, 1808)	<i>Abies alba</i> (Weißtanne)	xylophag	V	V
<i>Synanthedon conopiformis</i> (ESPER, 1782)	<i>Quercus robur</i> (Stiel-Eiche), <i>Quercus petraea</i> (Trauben-Eiche)	xylophag	V	V
<i>Synanthedon culiciformis</i> (LINNAEUS, 1758)	<i>Betula pendula</i> (Hänge-Birke)	xylophag	*	*
<i>Synanthedon flaviventris</i> (STAUDINGER, 1883)	<i>Salix cinerea</i> (Grau-Weide), <i>Salix caprea</i> (Sal-Weide)	xylophag	*	*
<i>Synanthedon formicaeformis</i> (ESPER, 1783)	<i>Salix aurita</i> (Ohr-Weide), <i>Salix caprea</i> (Sal-Weide)	xylophag	*	*
<i>Synanthedon loranthei</i> (KRÁLICEK, 1966)	<i>Viscum album</i> (Mistel)	xylophag	V	-
<i>Synanthedon myopaeiformis</i> (BORKHAUSEN, 1789)	<i>Malus domestica</i> (Garten-Apfel)	xylophag	*	*
<i>Synanthedon scoliaeformis</i> (BORKHAUSEN, 1789)	<i>Betula pendula</i> (Hänge-Birke), <i>Betula pubescens</i> (Moor-Birke)	xylophag	3	3
<i>Synanthedon soffneri</i> ŠPATENKA, 1983	<i>Lonicera xylosteum</i> (Rote Heckenkirsche)	xylophag	V	*
<i>Synanthedon spheciformis</i> (DENIS & SCHIFFERMÜLLER, 1775)	<i>Betula pendula</i> (Hänge-Birke), <i>Betula pubescens</i> (Moor-Birke), <i>Alnus glutinosa</i> (Schwarz-Erle)	xylophag	*	*
<i>Synanthedon spuleri</i> (FUCHS, 1908)	<i>Fagus sylvatica</i> (Rotbuche)	xylophag	*	*
<i>Synanthedon stomoxiformis</i> (HÜBNER, 1790)	<i>Frangula alnus</i> (Faulbaum)	xylophag	2	2
<i>Synanthedon tipuliformis</i> (CLERCK, 1759)	<i>Ribes rubrum</i> -Gruppe (Rote Johannisbeere)	xylophag	*	*
<i>Synanthedon vespiformis</i> (LINNAEUS, 1761)	<i>Quercus robur</i> (Stieleiche), <i>Quercus petraea</i> (Trauben-Eiche), <i>Quercus rubra</i> (Roteiche)	xylophag	*	*
<i>Bembecia albanensis</i> (REBEL, 1918)	<i>Ononis spinosa</i> (Dornige Hauhechel)	rhizophag	3	3
<i>Bembecia ichneumoniformis</i> (DENIS & SCHIFFERMÜLLER, 1775)	<i>Lotus corniculatus</i> (Gewöhnlicher Hornklee)	rhizophag	*	*
<i>Pyropteron chrysidiformis</i> (ESPER, 1782)	<i>Rumex obtusifolius</i> (Stumpfblättriger Ampfer)	rhizophag	V	-

Wissenschaftlicher Name (GAEDICKE et al. 2017)	Haupt-Wirtspflanzen (BARTSCH et al. 1997)	Fraßtyp	RL BW (EBERT et al. 2008)	RL NT (EBERT et al. 2008)
<i>Pyropteron affinis</i> (STAUDINGER, 1856)	<i>Helianthemum nummularium</i> (Gewöhnliches Sonnenröschen)	rhizophag	2	-
<i>Chamaesphracia aerifrons</i> (ZELLER, 1847)	<i>Origanum vulgare</i> (Gemeiner Dost)	rhizophag	1	-
<i>Chamaesphracia dumonti</i> LE CERF, 1922	<i>Stachys recta</i> (Aufrechter Ziest)	rhizophag	1	-
<i>Chamaesphracia empiformis</i> (ESPER, 1783)	<i>Euphorbia cyparissias</i> (Zypressen-Wolfsmilch)	rhizophag	*	*
<i>Chamaesphracia leucopsiformis</i> (ESPER, 1800)	<i>Euphorbia cyparissias</i> (Zypressen-Wolfsmilch)	rhizophag	0	-
<i>Chamaesphracia nigrifrons</i> (LE CERF, 1911)	<i>Hypericum perforatum</i> (Echtes Johanniskraut)	rhizophag	V	V
<i>Chamaesphracia tenthrediniformis</i> (DENIS & SCHIFFERMÜLLER, 1775)	<i>Euphorbia esula</i> (Esels-Wolfsmilch)	rhizophag	1	-

Acht Arten wurde hingegen mindestens die Kategorie „gefährdet“ zugewiesen. Die zwei Arten *Synanthedon loranthe* und *Pyropteron chrysidiformis* wurden früher als im Neckar-Tauberland nicht vorkommend eingestuft. Mit der Beobachtung von *S. loranthe* bei Metzungen durch FRIEDHELM MAI konnte die Art 2011 im Naturraum neu verzeichnet werden (MAI 2012). Dieser Nachweis liegt scheinbar inselartig in Baden-Württemberg, was jedoch nur die defizitäre Erfassung widerspiegelt. Bei *P. chrysidiformis*, dem zusammen mit *P. affinis* einzigen Vertreter der vorwiegend mediterranen Gattung *Pyropteron* in Baden-Württemberg, verhält es sich etwas anders: Eine Vielzahl an Neunachweisen im Nordwesten des Neckar-Tauberlands dokumentiert die derzeitige Ausbreitung der Population aus der Mittleren Oberrheinebene (SMNK 2020).

Da zu Zeiten der ersten Spitzbergmonographie noch keine spezifischen Sexuallockstoffe existierten, beschränkte sich die damalige Artenliste der Sesien auf Raupenfunde und Zufallsfunde von adulten Tieren. Insgesamt wurden neun Arten für den Raum Tübingen gelistet (KAUFMANN & SCHMID 1966). Im Vergleich dazu lieferten jüngere Bestandsaufnahmen von BARTSCH (1992) im Großraum Stuttgart eine Gesamtartenzahl von zwanzig. Daher erschien eine Neubearbeitung der Tübinger Glasflüglerfauna mit Hilfe der neuen Sexuallockstoffe geboten.

Zielsetzung

Im deutschsprachigen Raum konzentrierte sich die Darstellung der Glasflüglerfauna seit jeher meist auf die überregionale Ebene oder be-

merkenswerte Gebietsneufunde. So erschienen regelmäßig Synopsen, wie beispielsweise von RENNWALD et al. (1993), STADIE (1995) sowie RÄMISCH & SOBczyk (1998), in denen die Verbreitung einzelner Arten auf Länderebene dargelegt wurde. Selten sind hingegen detaillierte Bestandsaufnahmen nach dem Muster von HAMBORG (1991), BARTSCH (1992, 2019) oder BLÖCHLINGER (2000) auf regionaler oder gar Biotopebene. Die vorliegende Arbeit charakterisiert daher die Sesienfauna auf lokaler Ebene an einem baden-württembergischen Hotspot für Lepidoptera, dem Spitzberg.

Im Detail wurden dabei folgende Zielsetzungen verfolgt:

1. Aufnahme des Artenspektrums am Spitzberg und Schönbuch-Nordrand bei Tübingen (in diesem Rahmen wird die Artenliste von KAUFMANN & SCHMID (1966) aktualisiert);
2. Erhebung detaillierter phänologischer Daten mithilfe von Pheromonfängen;
3. Interpretation der gewonnenen Populationsdynamiken in Bezug auf das Wettergeschehen;
4. Vergleich der Artenzusammensetzung verschiedener Habitats.

Biologie der Glasflügler

Kennzeichnend für Sesien ist eine verborgene Raupenentwicklung im Inneren von Pflanzengewebe, die als Endophagie bezeichnet wird. In ihrer Morphologie erinnern die Raupen der Glasflügler an Käferlarven (Abb. 2). Sie besitzen einen unpigmentierten, in der Regel cremeweißen Körper mit einem semiprognathen, braunen Kopf (LAŠTŮVKA & LAŠTŮVKA 2001). Ein sicheres Unter-

scheidungsmerkmal gegenüber Coleopteralarven ist das Vorhandensein von Bauchbeinen. Da sie ökonomische Einbußen verursachen können, gelten mehrere Arten im Erwerbsobstanbau als Schädlinge. So wurde bei stärkerem Auftreten von *Synanthedon myopaeformis* in modernen Apfelplantagen mit einem Ertragsausfall von bis zu 20 % gerechnet (NIKUSCH in BARTSCH et al. 1997). Die Schadwirkung entsteht einerseits unmittelbar durch den Fraß der Larven, andererseits bilden sich langfristig Angriffsflächen für Krankheiten und Pilze an der Wirtspflanze (ebd.). Nennenswerte ökonomische Bedeutung besitzen in Deutschland des Weiteren die Arten *Pennisetia hylaeiformis* in Himbeerpflanzungen sowie *Synanthedon tipuliformis* im *Ribes*-Anbau. Je nach Wirtspflanze und Ernährungsweise der Raupe werden die Glasflüglerarten als xylophag oder rhizophag bezeichnet. Die Vertreter der xylophagen Gattungen ernähren sich „selten monophag, meist oligophag oder sogar polyphag“ (BARTSCH et al. 1997) in Sprossstücken und Wurzeln von Bäumen und Sträuchern. Hierbei machen die Pflanzenfamilien der Salicaceae, Betulaceae, Fagaceae und Rosaceae den überwiegenden Anteil an Larvalpflanzen aus (LAŠTŮVKA 1989). Verletzungsstellen, krebssige Auswüchse und andere Pflanzenteile, an denen verstärkt Kallusbildung stattfindet, werden von den Larven bevorzugt besetzt (RÄMISCH & GELBRECHT 2008). Da die Raupen der xylophagen Arten nur sehr kurze Fraßgänge ausbilden, scheint eine Ernährung, die einzig auf Holzsubstanzen fußt, ausgeschlossen (PÜHRINGER 1994). Stattdessen versorgen sie sich anscheinend hauptsächlich vom Saftfluss der Pflanze mit den enthaltenen Assimilaten (RENNWALD et al. 1993, RÄMISCH & GELBRECHT 2008). Längere Entwicklungszeiten von zwei bis drei Jahren stellen bei den xylophagen Arten keine Seltenheit dar (BARTSCH et al. 1997). Vor der letzten Überwinterung oder im Frühjahr legen die Raupen einen Ausführgang an, wie er in Abbildung 3 exemplarisch für *Paranthrene tabaniformis* gezeigt wird. Dieser dient als Puppenlager und wird zum Schlupf des Falters genutzt. Ein stehengelassener Rindendeckel oder eine dünne Membran aus Genagsel bilden den Abschluss des Schlüpfgangs. Die Larve verpuppt sich entweder innerhalb eines vorher gesponnenen Kokons wie beispielsweise *Sesia apiformis* oder seltener frei im Schlüpfgang wie bei *P. tabaniformis*.

Im Gegensatz zu den xylophagen entwickeln sich die rhizophagen Glasflüglerarten vornehm-



Abbildung 2. Larve von *Paranthrene tabaniformis* in einem abgebrochenen Pappelaustrieb (*Populus spec.*) am Standort Himbach (11.3.2020). – Alle Fotos: JAN SCHMITT.



Abbildung 3. Puppe von *Paranthrene tabaniformis* am Ende des vorbereiteten Schlüpfgangs in einem halbierten Pappelaustrieb (*Populus spec.*); links oberhalb der Puppe liegt das vorbereitete Schlüpfloch (21.4.2020).

lich in den Wurzeln sowie seltener in den basalen Sprossstücken von Kräutern (LAŠTŮVKA 1989). Es werden ausschließlich zweikeimblättrige Pflanzenarten, insbesondere der folgenden Familien besetzt: Lamiaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae,

Polygonaceae und Rosaceae (ebd.). Das Raupenstadium beläuft sich auf ein, selten zwei Jahre und fällt somit meist kürzer aus als bei den xylophagen Arten.

Namengebendes Merkmal der Glasflügler bilden die überwiegend schuppenlosen und somit transparenten Flügel der Imagines. Typischerweise zieren gelbe, weiße oder rote Ringe das Abdomen (LAŠTŮVKA & LAŠTŮVKA 2001). An dessen Ende sitzt der fächerartige Afterbusch mit meist artspezifischer Färbung und Form (BARTSCH et al. 1997). Diese Färbung und insbesondere die schmalen, transparenten Flügel verleihen den Sesien einen Gesamteindruck, welcher dem der Hymenoptera sehr nahekommt (Abb. 4). Sie bedienen durch ihr Erscheinungsbild lehrbuchhaft das Phänomen der Bates'schen Mimikry; als ungiftige Insekten sind sie wegen ihres wehrhaften Aussehens vor Feinden geschützt.

In klimatisch günstigen Jahren beginnen die Flugzeiten der ersten Sesienarten bereits in der letzten Aprildekade. Es existieren sowohl Arten mit sehr kurzen Flugperioden von wenigen Tagen (e.g. *Synanthedon culiciformis*) als auch Vertreter, die sich über einen Zeitraum von mehreren Monaten beobachten lassen (e.g. *Synanthedon myopaeformis*, *Chamaesphecia empiformis*). Da die mitteleuropäischen Sesienarten ausnahmslos tagaktiv sind, fliegen nur äußerst selten durch den Lichtschein gestörte Tiere an nächtliche Lichtfanganlagen (PÜHRINGER 1994). Die rhizophagen, weniger flugaktiven Arten verlassen ihre Habitate vermutlich nur selten, im Gegensatz zu

den xylophagen Angehörigen, welche auch weit fernab der Larvalpflanzen gefunden werden können (BAKOWSKI et al. 2010). Das Vorkommen mancher Spezies hängt lediglich von der Präsenz der Larvalpflanze im Habitat ab, andere wiederum stellen komplexe Ansprüche an die Habitateigenschaften (LAŠTŮVKA & LAŠTŮVKA 2001). Dementsprechend sind xylophage Arten gewöhnlich unabhängig von der Humidität anzutreffen, während die rhizophagen Arten xerotherme Habitate bevorzugen (BAKOWSKI et al. 2010). Sesien nehmen Blütennektar auf, ausgenommen die Gattungen *Sesia*, *Eusphesia* und *Bembecia*, deren Saugrüssel reduziert sind. Sie konnten bisher unter anderem an *Sambucus ebulus*, *Origanum vulgare*, *Mentha* und *Thymus* beobachtet werden (LAŠTŮVKA & LAŠTŮVKA 2001).

Bereits kurz nach dem Schlupf der weiblichen Tiere kommt es bei den meisten Arten zur Paarung. Das Weibchen signalisiert mit Sexualpheromonen, die über den ausgestülpten Ovipositor am Abdomen abgegeben werden, seine Bereitschaft zur Fortpflanzung. Die Anflugzeiten der Männchen im Tagesverlauf sind artbedingt verschieden und hängen auch von der Wetterlage ab (PÜHRINGER 2014). Sie erstrecken sich über mehrstündige Korridore, in denen die Männchen auf das Pheromon reagieren. Nach der erfolgreichen Verpaarung mit einem angelockten Männchen legt das Weibchen in der Regel 100-150 hellbraune bis schwarze Eier einzeln an der Futterpflanze ab (LAŠTŮVKA & LAŠTŮVKA 2001). Diese besitzen eine elliptische, abgeflachte Form, mit der sie flach am Pflanzenmaterial



Abbildung 4. Hymenopteren-ähnlicher Habitus des Alt-eichen-Glasflüglers *Synanthedon conopiformis*.



Abbildung 5. Ei des Hornklee-Glasflüglers *Bembecia ichneumoniformis* an der Blattbasis von *Lotus corniculatus*.

anliegen (Abb. 5). Laut PÜHRINGER (1994) widersprechen sich viele Publikationen über den Ablageort; es sei naheliegend, dass bei xylophagen Arten die Eiablage in Rindenritzen und alten Schlupflöchern erfolgt, während rhizophage die Eier unten am Spross der krautigen Pflanze befestigen. Dagegen sprächen jedoch zahlreiche Glasflüglerarten, deren Eier an Blättern der Futterpflanze in einiger Entfernung zum künftigen Fraßplatz der Larve abgelegt würden (PÜHRINGER 1994). Sicher ist, dass sich das erste Larvalstadium nach einem geeigneten Pflanzenorgan orientieren kann, in welches es sich hineinbohrt (ŠPATENKA et al. 1999).

Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet der vorliegenden Arbeit bildet der Raum Tübingen im mittleren Neckartal, rund 10 Kilometer nordwestlich des Traufs der Schwäbischen Alb gelegen. Die Erhebungen eigener Daten konzentrierten sich auf den Schönbuch-Südrand zwischen Tübingen und Unterjesingen sowie den Spitzberg. Mit einer Länge von 6 Kilometern ragt der Spitzberg westlich vom Tübinger Stadtgebiet zwischen den Flussniederungen der Ammer und des Neckars bis auf eine Höhe von 475 Meter empor (GOTTSCHALK 2019a). Über den Spitzberg, auf der Höhe von Hirschau, verläuft die Grenze der Blattnummer 7419 und 7420 der Topographischen Kar-

ten im Maßstab 1:25 000 (TK 25). Daher ist der westliche Teil des Spitzbergs, mit dem Sattel sowie dem Wurmlinger Kapellenberg, dem Messischblatt Herrenberg (7420) zuzuordnen (Abb. 6). Im Rahmen dieser Arbeit wurden daher auch Daten des Raumes Tübingen im weiteren Sinne, einschließlich der gesamten TK 25 Messtischblätter 7419 und 7420, ausgewertet. Geht man von einer Blattschnitt-Seitenlänge von etwa 5,5 km aus, wurde demnach die Glasflüglerfauna auf einer Gesamtfläche von rund 61 km² näher betrachtet.

Erfassungsmethodik

Erfassung der Präimaginalstadien

Die Suche nach Präimaginalstadien von Sesien erfordert ein systematisches Vorgehen, bei dem geschädigte Futterpflanzen immer bevorzugt untersucht werden sollten (RÄMISCH & GELBRECHT 2008). In vielen Fällen reicht anstelle eines Belegtiers auch das arttypische Fraßbild oder Schlupfloch des Glasflüglers als sicherer Nachweis aus (BARTSCH 1992). Viele Arten lassen sich auf diese Art und Weise sogar leichter nachweisen als durch Pheromonfang (RÄMISCH & GELBRECHT 2008). Da diese Methode bei den Sesien dennoch „einen Einsatz an Zeit und Energie [erfordert], der über das von den meisten anderen Familien her gewohnte Maß hinausgeht“ (HAMBORG 1993), beschränkte man sich



permanente Standorte:

- 1 Steinenberg
- 2 Himbach
- 3 Stromtrasse
- 4 Ödenburg
- 5 Hirschauer Berg

temporäre Standorte:

- 6 Ammerhof
 - 7 Hagelloch
- X Wetterstation Unterjesingen

0 1000 m

Kartengrundlage:
© OpenStreetMap-Mitwirkende,
CC-BY-SA 2.0

Abbildung 6. Lage der untersuchten Standorte im Raum Tübingen.



Abbildung 7. Auffälliges Ei von *Pennisetia hylaeiformis* auf der hellen Blattunterseite von *Rubus idaeus*.



Abbildung 8. Aus einem Schlupfloch geborgener Genagselkokon von *Sesia apiformis*.

hier auf eine erfolgsorientierte Suche. Oftmals konnten Futterpflanzen nur in ausgewählten

Stichproben untersucht werden, und die Nachsuche begrenzte sich immer auf die Hauptfutterpflanze der Art. In erster Linie wurde die nähere Umgebung der permanenten Pheromonfallen-Standorte (Abb. 6) bearbeitet.

Im Folgenden wird die zielorientierte Suche von Arten mit potenziellem Vorkommen im Tübinger Raum dargestellt. Die Systematik und wissenschaftliche Nomenklatur in der vorliegenden Arbeit richten sich nach GAEDIKE et al. (2017). Sofern nichts Abweichendes angegeben wird, basieren die Beschreibungen auf den Angaben von BARTSCH et al. (1997), RÄMISCH & GELBRECHT (2008) sowie BLÖCHLINGER (2000):

***Pennisetia hylaeiformis*:** Der Raupenbefall wurde durch Ziehen und Umbiegen an zweijährigen Himbeertrieben überprüft. Bei leichtem Abbrechen der Ruten in Bodennähe weisen krümelige Kotspuren sowie ein runder Gang im Mark des Stängels auf einen besetzten Trieb hin. Die Anwendung dieses Suchschemas eignet sich erst ab Anfang Juli und fand daher zwischen dem 9.7.2020 und 15.8.2020 statt. Da die weiblichen Himbeerglasflügler ein typisches Eiablageverhalten an *Rubus idaeus* zeigen, lässt sich auch die Eisuiche effektiv gestalten. Jeweils ein rotbraunes Ei wird von der Blattoberseite aus durch eine Abklappbewegung des Abdomens auf die Unterseite, wenige Millimeter hinter den Blattrand, geheftet (Abb. 7). Dort können die Eier in der Regel einzeln oder zu mehreren gefunden werden. Ab Anfang August wurden die Blattunterseiten von zufällig ausgewählten Himbeerpflanzen im Untersuchungsgebiet auf vorhandene Eier kontrolliert.

***Sesia apiformis*:** Die Suche nach den kreisrunden, 10 mm breiten Schlupflöchern kann ganzjährig erfolgen. Hierfür wurde die Stammbasis alter Pappeln während des Bearbeitungszeitraums abgesucht. Im Schlupfgang findet man oftmals die Reste des Kokons vor, welcher aus braunem Genagsel gefertigt wird (Abb. 8). Durch Lage und Größe der Schlupflöcher und gegebenenfalls einen Kokon oder eine zurückgebliebene Exuvie ist die Verwechslung mit Käferarten ausgeschlossen.

***Sesia bembeciformis*:** Es wurden Schlupflöcher nach demselben Prinzip wie bei *S. apiformis* – jedoch an der Stammbasis von Weidenarten – gesucht. Die Löcher sind ebenfalls rund mit einem Durchmesser von etwa 10 mm.

***Eusphecia melanocephala*:** Da der Espen-Glasflügler bisher keines der synthetischen Pheromone anfliegt, beschränkt sich sein Nachweis auf die Suche der Präimaginalstadien. Noch Jahre nach dem Schlupf kann er anhand der typischen Befallspuren nachgewiesen werden. Diese kreisrunden Löcher mit einem Durchmesser von etwa 6 mm finden sich am leichtesten an toten Aststummeln von Zitterpappeln (*Populus tremula*), um deren Ansatzstelle sich Kallusgewebe bildet. Zur Untersuchung der Äste wurden sie an der Basis zum Stamm abgebrochen. Ein 6 mm starker, kreisrunder Fraßgang, der in einem Bogen mit dem Schlupfloch endet, stellt einen sicheren Nachweis dar.

***Paranthrene tabaniformis*:** Zum Nachweis der Art wurden junge Pappeltriebe ab Mitte März an der Basis auf austretende Fraßspäne kontrolliert. Sofern entsprechendes Bohrmehl registriert wurde, fand eine Begutachtung der Triebe auf einen Fraßgang und womöglich enthaltene Larven oder Puppen statt.

***Paranthrene insolita*:** *P. insolita* wurde hier in Bezug auf die Larven nicht weiter berücksichtigt, weil diese zum Teil Eichenäste im sonnigen Kronenbereich von Eichen befressen. RÄMISCH (2012) zeigte zudem anhand mehrerer Larvenfunde, dass außerhalb des Kronenbereichs auch die unteren Äste junger, sonnig stehender Eichen befallen werden.

***Synanthedon scoliaeformis*:** Die Art produziert kreisrunde Schlupflöcher im Durchmesser von 5 mm an besonders alten und geschädigten Birken. Meist konzentriert sich der Befall auf einen einzigen Baum in einem Biotop; es entsteht ein regelrechter „Brutbaum“ mit einer Vielzahl von Schlupflöchern. Da andere Birken in der Umgebung kaum Besatz zeigen, wurden lediglich einzelne geeignete Bäume im Untersuchungsgebiet begutachtet.

***Synanthedon spheciformis*:** Ein Befall lässt sich am Auswurf von Bohrspänen im unteren Stammbereich junger Birken und Erlen erkennen. Weil sich die Fraßgänge besonders gut abgeholzten Freiflächen nachweisen lassen, beschränkte sich die Kontrolle auf die Stromtrasse, die quer über den Spitzberg verläuft. Hierbei fand Ende Mai eine Untersuchung von Schnittstellen bis zu fünf Zentimeter dicker Erlen und Birken statt.

***Synanthedon stomoxiformis*:** Im Umkreis der Stammbasis von Faulbäumen (*Fragula alnus*) wurde der Boden auf widerstandsfähige, rotbraune Ausschlufröhren untersucht.

***Synanthedon culiciformis*:** Der Kleine Birken-Glasflügler lässt sich am einfachsten ab Mitte Juli anhand großer Mengen ausgeworfener heller Fraßspäne an verletzten Birken erkennen. Untersucht wurden daher die Stümpfe einzelner gefällter Birken im Bereich zwischen Borke und Holz.

***Synanthedon formicaeformis*:** Der präimaginale Nachweis von *S. formicaeformis* gelingt meist nur in gallartigen Anschwellungen von dünnen Weidenästen. Um die entsprechenden Aststücke zu erkennen, wurden junge Bäume und Austriebe vor dem Blattaustrieb gemustert.

***Synanthedon flaviventris*:** Gleichzeitig mit der Suche von *S. formicaeformis* konnte in unbelaubten Weidenbüschen nach den knotigen Astanschwellungen des Weidengallen-Glasflüglers Ausschau gehalten werden. Diese sind besonders im mittleren und oberen Teil schlanker Triebe von freistehenden Weidengebüschen zu finden.

***Synanthedon andrenaeformis*:** Die Nachsuche der Schlupflöcher erfolgte an Pflanzen des Wolligen Schneeballs (*Viburnum lantana*). Hierzu wurden kräftige Triebe rundherum auf eingesenkte Schlupflöcher sowie Verdickungsstellen kontrolliert (Abb. 9).

***Synanthedon soffneri*:** Durch das nicht erkennbare Schlupfloch und unauffälligen Bohrmehlauswurf stellt *S. soffneri* den am schwierigsten nachzuweisenden Vertreter der Gattung *Synanthedon* dar. Bisher liegt in der Landesdatenbank Schmetterlinge nur ein einziger Larvenfund für Baden-Württemberg vor (SMNK 2020). In der vorliegenden Arbeit wurde sich daher auf den gezielten Einsatz von Pheromonen zum Nachweis der Art beschränkt.

***Synanthedon myopaeformis*:** Es wurden kallusreiche Schadstellen von Kulturapfelbäumen (*Malus domestica*) auf Schlupflöcher und Bohrmehlauswurf kontrolliert. Ein besonderes Augenmerk lag hierbei auf den Übergangsbereich zwischen lebendem und totem Gewebe. Die Kontrolle auf Bohrmehlsuren fand Mitte April statt.

***Synanthedon vespiformis*:** Da die Raupen der Art regelmäßig mit denen von *S. conopiformis* gefunden werden, erfolgte deren Suche zusammen nach dem Schema von *S. conopiformis*.

***Synanthedon conopiformis*:** Der Alteichen-Glasflügler besetzt bevorzugt die verdickte Stammbasis von Eichen, vornehmlich in Hanglage. Diese wurden besonders im Übergangsbereich zu totem Gewebe auf Fraßspuren untersucht. Da die Art mit *S. vespiformis* vergesellschaftet auftreten kann, müssen die Bohrspäne genauer bestimmt werden: *S. conopiformis* produziert gelbbraune Fraßspuren, wohingegen die von *S. vespiformis* rotbraun gefärbt sind.

***Synanthedon tipuliformis*:** Am häufigsten sind die Raupen in kultivierten *Ribes*-Pflanzen zu finden. Da sich die Johannisbeeren-Vorkommen im Gebiet auf Privatgärten konzentrieren, fand keine gezielte Suche statt.

***Synanthedon spuleri*:** In Baden-Württemberg entwickeln sich die Larven von *S. spuleri* vor allem in frischen Wundstellen von Buchen. Der Nachweis und das Finden der verletzten Bäume gestalteten sich schwierig, sodass auf eine genauere Suche verzichtet wurde.

***Synanthedon cephiiformis*:** Die Art besiedelt durch einen Rostpilz entstandene krebsartige Auswüchse an Stämmen von Weißtannen (*Abies alba*). Mitte April konnten Tannen, die am

Heuberger Tor im Norden Tübingens durch das Sturmstief „Sabine“ entwurzelt wurden, an Baumkrebssen auf Bohrmehls Spuren untersucht werden.

***Bembecia ichneumoniformis*:** Hornkleepflanzen, in denen sich Raupen von *B. ichneumoniformis* entwickeln, verfärbten sich bei starkem Befall ab Ende Mai gelblich. Die Art bevorzugt xerotherme Standorte. Entsprechende Pflanzen wurden ab Ende Juni an der Wurzel auf Raupenbefall kontrolliert. Teilweise befinden sich die Raupen in einer an die Wurzel gesponnenen Röhre. Ab Mitte Juli wurden zusätzlich Blattober- und Unterseiten auf mattschwarze Eier kontrolliert (Abb. 5).

***Bembecia albanensis*:** Ab Mitte Juli wurden die Blattflächen der Dornigen Hauhechel (*Ononis spinosa*) systematisch auf dunkelgraue, tönnchenförmige Eier abgesehen.

***Pyropteron chrysidiformis*:** Da den Verfassern keine größeren xerothermen Bestände der Wirtspflanze (v.a. *Rumex obtusifolius*) im Untersuchungsgebiet bekannt waren, wurden die Präimaginalstadien nicht gesucht. Durch ihren hohen Kontrast lassen sich die Eier von *P. chrysidiformis* in solchen Beständen auf den großen Blattoberflächen besonders leicht finden (ZEPF & HERMANN 2017).

***Chamaespecia empiformis*:** Befallene Zypressen-Wolfsmilchpflanzen vergilben früher und weisen oft tote Stängel auf. Ab Anfang Juli wur-



Abbildung 9, 10. Älteres, breit-oval verwachsenes Schlupfloch von *Synanthedon andrenaeformis* in einem 3 cm starken Trieb von *Viburnum lantana* (Abb. 9). Ei von *Chamaespecia empiformis* auf der Blattunterseite von *Euphorbia cyparissias* (Abb. 10).

den größere Bestände der Futterpflanze auf das beschriebene Schadbild und dunkelbraune Eier an den Blättern kontrolliert (Abb. 10).

Erfassung der Imaginalstadien

Zahlreiche Glasflüglerarten lassen sich effektiv durch Anlocken der männlichen Falter mit synthetischen Sexualpheromonen nachweisen (Abb. 11). Im Allgemeinen werden diese Glasflüglerpheromone aus einem Gemisch von sechs verschiedenen Stereoisomeren hergestellt (PÜHRINGER & RYRHOLM 2000). Es handelt sich dabei um langkettige, mehrfach ungesättigte Alkohole, Acetate und Aldehyde bestehend aus 18 Kohlenstoffatomen. Meist zwei bis drei Komponenten bilden in einem spezifischen Verhältnis zueinander ein Pheromonpräparat (SAGE 2005). Für die vorliegende Untersuchung wurden Pheromone von „Pherobank Plant Research International B.V.“ (früher: Wageningen, NL; heute: Wijk bij Duurstede, NL) bezogen. Da die Präparate aus Wageningen „wesentlich stärker und wesentlich unreiner als die Priesner-Pheromone [wirken]“ (PÜHRINGER & RYRHOLM 2000), umfasst der Standard-Pheromonsatz nur 6 Präparate. Nach Umbenennungen werden diese Pheromone heutzutage unter den Namen „*Pennisetia hylaeiformis*“, „*Paranthrene tabaniformis*“, „*Synanthedon culiciformis*“, „*Synanthedon vespiformis*“, „*Synanthedon tipuliformis*“ und „*Bembecia ichneumoniformis*“ in Wageningen vertrieben. Diese sechs Präparate ermöglichen bis auf wenige Ausnahmen den Nachweis aller mitteleuropäischen Glasflügler.

Zwischen dem 6. Mai und dem 15. August 2020 kamen vier komplette Standard-Pheromonsätze im Raum Tübingen zum Einsatz. Um möglichst alle Sesiensarten abzudecken, wurde jeder Pheromonsatz um die Pheromone „*Sesia (Aegeria) apiformis*“ und „*Synanthedon myopaeiformis*“ ergänzt. Im angegebenen Zeitraum wurden somit insgesamt 32 Präparate an fünf Standorten permanent verwendet. Temporär fanden auch die Pheromone „*Paranthrene insolita*“, „*Synanthedon scoliaeformis*“, „*Synanthedon formicaeformis*“ und „*Synanthedon soffneri*“ Anwendung, da diese einzelne Arten erheblich stärker und spezifischer anlocken.

Zum Monitoring der Flugzeiten und dem gezielten Nachweis von Spezies hat sich der Einsatz der Köder in Kombination mit Lebendfallen bewährt (SOBCZYK 2000). In der vorliegenden Arbeit wurden Trichterfallen mit grünem Deckel und Trichter sowie transparentem Fangbehälter von



Abbildung 11. Männchen des Apfelbaum-Glasflüglers *Synanthedon myopaeiformis* beim Anflug an ein frei aufgehängtes synthetisches Pheromonpräparat. Der gekrümmte Hinterleib der Tiere signalisiert ihre Paarungsbereitschaft.

derselben Bezugsquelle der Pheromonpräparate genutzt (Abb. 12). Die Fallen wurden möglichst frei an ganztägig beschatteten Stellen unter Büschen und kleinen Bäumen in etwa 1 m Höhe über Bodenniveau platziert (Abb. 13). Basierend auf der Annahme, dass an den Standorten meist Westwind herrscht, war eine freie Anflugschneise gegen die Pheromonfahne aus östlicher Richtung ein ausschlaggebendes Kriterium. Um positive wie negative Wechselwirkungen zwischen den Pheromonen zu reduzieren, wurde ein Mindestabstand von 10 m zwischen den einzelnen Fallen eingehalten. Letztendlich erfolgte der Fang aller Arten nach demselben Schema: Angelockt durch das Pheromonpräparat im eingesenkten Käfig des Deckels, fällt der männliche Falter bei Manövrierschwierigkeiten durch den Trichter in den Sammelbehälter. Die Falter konnten nach der Determination und Zählung an Ort und Stelle aus dem Sammelbehälter entlassen werden. Vom 6. Mai bis zum 15. August 2020 fand unter günstiger Witterung eine tägliche Kontrolle der Fallen meist zwischen 17 und 20 Uhr statt. An regenreichen Tagen und solchen mit Regenschauern oder Gewittern am Nachmittag wurde keine Kontrolle durchgeführt. In Ausnahmefällen



Abbildung 12. Transparenter Fangbehälter mit Männchen von *Synanthedon conopiformis* kurz vor der Leerung. Die Falter können i.d.R. von außen gezählt und determiniert werden.



Abbildung 13. Ganztägig beschattete Trichterfalle mit freier Anflugschneise nach Osten.

wurden die Fallen erst am Folgetag zwischen etwa 7 und 10 Uhr geleert und die Fänge für den Vortag angerechnet.

Für die folgenden Tage zwischen dem 6. Mai und 15. August 2020 existieren aus den oben genannten Gründen keine Erfassungsdaten: Mai: 11., 13., 14., 23. Juni: 4.-7., 9., 10., 14.-17., 19., Juli: 2., 15.-17., 26., August: 2., 3., 13., 14. In der Summe ergibt sich nach Abzug der ausgelassenen Tage eine Anzahl von 78 Fangperioden à etwa 24 Stunden.

Die temporären Fallenfänge fanden bereits ab dem 19. April 2020 zielgerichtet in ausgewählten Habitaten mit spezifischen Pheromonen statt. Kontrolliert wurden diese Fallen in einem einbis zweitägigen Rhythmus, zur selben Tageszeit wie die permanenten Fallen. Selten kamen auch Delta-Klebefallen zum Einsatz, die bei täglichem Aufsuchen nach dem ersten Fang aus dem Ha-

bitat entfernt wurden, um die Populationen zu schonen. Gemäß dem Schema der permanenten Fallen, wurden sie an möglichst schattigen und dennoch frei anfliegbaren Stellen platziert.

Die Bestimmung der aktuell 30 Glasflüglerarten in Baden-Württemberg stellt sich in den meisten Fällen unproblematisch dar und kann im Gelände ohne Hilfsmittel erfolgen. Als Grundlage der Determination adulter Tiere diente der Bestimmungsschlüssel von LAŠTŮVKA & LAŠTŮVKA (2001). Belegexemplare befinden sich in der privaten Sammlung des Erstautors.

Auswahl und Lage der Fallenstandorte

Bei der Auswahl der Fallenstandorte wurde zunächst auf eine gute Exposition geachtet, damit die Pheromonfahnen möglichst ungehindert über die Habitate wehen konnten. Die sieben strukturreichen Standorte, von denen fünf permanent

mit Fallen besetzt waren, befinden sich alle an der Grenze zu Waldgebieten. Die einzelnen Standorte sind im Abstand von mindestens 1 km gelegen; einzig die Distanz vom Standort Stromtrasse zum Standort Ödenburg beträgt nur ca. 500 m (Abb. 6). Die Biotope decken einen Höhenbereich von 360 bis 450 m ü. NN ab.

Mit durchgängigen Kontrollen in den Naturschutzgebieten „Hirschauer Berg“ und „Spitzberg-Ödenburg“ wurden Phänologie und Artenspektrum an den thermisch begünstigten Südhängen des Spitzbergs erfasst. Am Standort Ödenburg kam nur eine Auswahl der erweiterten Pheromonreihe zum Einsatz, die u. a. eine starke Lockwirkung auf die thermophilen rhizophagen Arten ausübt (Tab. 2). Das Pheromon *Synanthedon soffneri* hing dort temporär am *Lonicera xylosteum*-reichen Waldrand. Eine Trichterfalle mit dem Paranthrene insolita-Präparat wurde in der Nähe ab Ende Mai einen Monat lang kontrolliert. Abweichend von dem üblichen Schema

wurde diese Falle wie bei SOBczyk (1996) an einem Eichenast in etwa 4 Meter Höhe befestigt, weil die Art bevorzugt höhere Fallen anfliegt. Zur Kontrolle konnte die Falle an dem Seil herabgelassen und wieder hochgezogen werden. Da der Standort Stromtrasse auf der Kuppe des Berges im Vorjahr vereinzelt gute Anflugergebnisse erzielte, wurde er mit allen 8 Standardpheromonen besetzt. Am Standort Ammerhof bilden vermehrt Weiden sowie wenige Birken den Baumbestand, weshalb dort temporär Fallen für *S. formicaeformis* und *S. scoliaeformis* aufgehängt wurden. Der Südrand des Schönbuchs wurde am Steinenberg im Nord-Westen Tübingens mit einer kompletten Pheromonserie beprobt. Im Himbachtal südlich von Hagelloch fanden die zum Standort Ödenburg komplementären Pheromone Einsatz. Nordöstlich von Hagelloch wurden zeitweise Fallen mit den Präparaten *Synanthedon formicaeformis* und *Synanthedon scoliaeformis* aufgehängt.

Tabelle 2. Charakterisierung der untersuchten Standorte und deren Pheromonbesatz. Abkürzungen: p = permanenter Fallenfänger, t = temporärer Fallenfänger.

Standort	Prägende Biotope im Umfeld	Eingesetzte Pheromone	Zeitraum des Einsatzes
Steinenberg	Mäßig steile, süd- bis südost-exponierte Streuobstbestände auf artenreichen Wirtschaftswiesen; oftmals durch Gehölze und Feldhecken unterbrochen	erweiterter Standardsatz (p)	06.05.-15.08.
Himbach	Ackerbaulich genutzte Talniederung mit naturnahem, kühlem Bachabschnitt; am Westhang NO-exponierte, kleine Streuobstbestände	<i>Sesia apiformis</i> (p) <i>Pennisetia hylaeiformis</i> (p) <i>Synanthedon culiciformis</i> (p) <i>Synanthedon tulipiformis</i> (p)	06.05.-15.08. 06.05.-15.08. 06.05.-15.08. 06.05.-15.08.
Stromtrasse	Freigehaltene Leitungstrasse in isolierter Waldlage; artenreiche Pfeifengraswiesen auf wechselfeuchtem Tonstandort regelmäßig von Birken- und Faulbaumaufwuchs befreit	erweiterter Standardsatz (p) <i>Synanthedon myopaeformis</i> (t) <i>Paranthrene tabaniformis</i> (t)	06.05.-15.08. 19.04.-05.05. 27.04.-05.05.
Ödenburg	Thermisch begünstigter, südexponierter Oberhang auf ehemaligen Weinbergterrassen; Magerrasen geht in breitem, xerothermen Saumbereich in Traubeneichen-Hainbuchen-Wälder über; Unterhang geprägt durch frischere Streuobstwiesen	<i>Paranthrene tabaniformis</i> (p) <i>Synanthedon myopaeformis</i> (p) <i>Synanthedon vespiformis</i> (p) <i>Bembecia ichneumoniformis</i> (p) <i>Paranthrene insolita</i> (t) <i>Synanthedon soffneri</i> (t)	06.05.-15.08. 06.05.-15.08. 06.05.-15.08. 06.05.-15.08. 28.05.-01.07. 25.04.-05.05.
Hirschauer Berg	Xerotherme Südhangflächen ähnlich dem Standort Ödenburg; Nutzung durch Streuobst und Weinbau am Mittelhang	erweiterter Standardsatz (p) <i>Paranthrene insolita</i> (t)	06.05.-15.08. 29.05.-30.05.
Ammerhof	Kühler Nordhang-Fuß des Spitzbergs; Offenland mit intensiven Wiesen- und Ackerbauflächen; feuchtes Weiden-Gehölz zum Waldrand	<i>Synanthedon scoliaeformis</i> (t) <i>Synanthedon formicaeformis</i> (t) <i>Synanthedon soffneri</i> (t)	30.05.-22.06. 30.05.-01.06. 29.04.-05.05.
Hagelloch	Kühl-frische Talsenke gesäumt von Auwaldsteifen	<i>Synanthedon scoliaeformis</i> (t) <i>Synanthedon formicaeformis</i> (t)	30.05.-01.06. 30.05.-01.06.

Auswertungsmethodik: Darstellung der Phänologie

Die Fangprotokolle der Pheromon-Trichterfallen bilden die Datengrundlage der Flugzeitendiagramme. Pro Fangdatum wurde die Summe der gefangenen Individuen je Art berechnet, unabhängig davon, in welcher Falle sich die Tiere befanden. In den Artübersichten sind sowohl die Arten aus den permanenten als auch diejenigen aus den temporären Fallen zusammengestellt. Für solche, die in ausreichend großen Zahlen in den permanenten Fallen auftraten (> 20 Individuen im gesamten Untersuchungszeitraum), wurden zusätzlich die Haupt- und Nebenflugzeiten nach PÜHRINGER (1994) ermittelt. In die Hauptflugzeit fallen demnach genau $\frac{2}{3}$ aller Nachweise; $\frac{1}{6}$ liegen in der Nebenflugzeit davor und $\frac{1}{6}$ liegen in der späten Nebenflugzeit. Nachweise vor dem 6.5.2020 wurden bei der Flugzeiten-Berechnung nicht miteinbezogen, da bis zu diesem Zeitpunkt noch keine standardisierten Erhebungen stattfanden. Darüber hinaus werden die Populationsentwicklungen der häufig gefangenen Arten in separaten Grafiken zusammen mit dem Temperaturverlauf gezeigt. Die verwendeten Temperatur- und Niederschlagsdaten stammen von der Wetterstation „Unterjesingen“ (438 m ü. NN), die vom Landwirtschaftlichen Technologiezentrum Augustenberg am

südlichen Schönbuchrand betrieben wird (LTZ 2020). Die Aufbereitung der Daten fand mithilfe der Statistik-Software R (Version 4.0.2) statt (R CORE TEAM 2020). Zur grafischen Darstellung und der Berechnung von Haupt- und Nebenflugzeiten kam das R-package „ggplot2“ zum Einsatz (WICKHAM 2016).

Ergebnisse

Artnachweise

Im Untersuchungszeitraum konnten 16 Glasflügelarten aus 7 verschiedenen Gattungen nachgewiesen werden. Die meisten Artnachweise – insgesamt 14 Spezies – gelangen mithilfe der eingesetzten Pheromonfallen (Tab. 3). Auf die über 3300 gefangenen männlichen Tiere kommt eine zufällige Sichtbeobachtung eines weiblichen Tieres von *P. hylaeiformis* bei der Eiablage. Sieben Arten konnten zusätzlich zum Pheromonanflug in einem präimaginalen Stadium oder deren Relikten erfasst werden. Hierzu zählen die Einachweise der drei rhizophagen Arten *B. ichneumoniformis*, *B. albanensis* und *Ch. empiformis*. Mindestens zwei Nachweisformen kamen bei den xylophagen *P. tabaniformis* und *S. andrenaeformis* durch die Suche der Schlupflöcher zusammen. *S. apiformis* und *E. melanocephala* wurden ebenfalls indirekt über Ausschlupflöcher kartiert; sie waren an keines der Pheromonpräparate geflogen.

Tabelle 3. Übersicht der Artnachweise auf den permanenten Fallenstandorten (links) und temporären Standorten (rechts). Abkürzungen für die Nachweisformen: E = Einachweis, P = Puppe, L = Larve, S = Schlupfloch, I = Imago

	Steinenberg	Himbach	Stromtrasse	Ödenburg	Hirschauer Berg	Ammerhof	Hagelloch	Standorte/Art
<i>P. hylaeiformis</i>	I	I	I	.	.	.	.	3
<i>S. apiformis</i>	.	S	.	.	.	.	.	1
<i>E. melanocephala</i>	S	.	S	.	.	S	.	3
<i>P. tabaniformis</i>	I	I, p	.	I	.	.	.	3
<i>P. insolita</i>	.	.	.	I	I	.	.	2
<i>S. scoliaeformis</i>	.	.	.	.	.	.	I	1
<i>S. formicaeformis</i>	.	.	.	.	.	I	I	2
<i>S. andrenaeformis</i>	S, I	S	I	S, I	S, I	.	.	5
<i>S. soffneri</i>	.	.	.	I	.	.	.	1
<i>S. myopaeformis</i>	I	I	I	I	I	.	.	5
<i>S. vespiformis</i>	I	.	I	I	I	.	.	4
<i>S. conopiformis</i>	I	.	I	I	I	.	.	4
<i>S. tipuliformis</i>	I	I	I	.	I	.	.	4
<i>B. ichneumoniformis</i>	E, I	I	I	E, I	I	.	.	5
<i>B. albanensis</i>	I	i	.	.	E, I	.	.	3
<i>C. empiformis</i>	E, I	.	E, I	E, I	E, I	.	.	4
Arten/Standort	11	8	9	9	9	2	2	.

Nachweise bezogen auf die Untersuchungsflächen

Die permanenten Fallenstandorte wiesen alle ähnlich hohe Artzahlen von 8-11 Arten pro Standort auf (Tab. 3). Vertreter der Gattung *Synanthedon* stellten hierbei den größten Anteil an imaginalen Nachweisen; mit Ausnahme der Arten *S. scoliaeformis*, *S. formicaeformis* und *S. soffneri* konnten sie flächendeckend angetroffen werden. Für die rhizophagen Arten wurde ebenfalls eine weite Verbreitung über die Standorte hinweg mittels Fallenfängen und Eifunden beobachtet.

Im Folgenden werden die Trichterfallen-Fangzahlen der permanenten Standorte gegenübergestellt. Da an den Standorten Ödenburg und Hirschauer Berg nur die Hälfte der Pheromonreihe Einsatz fand, fehlen dort teils entsprechende Daten. *S. myopaeformis*, *B. ichneumoniformis* und *Ch. empiformis* wurden an jeweils zwei Pheromonpräparaten in hohen Individuenzahlen erfasst. Um Unterschiede zwischen deren Pheromonaffinitäten aufzuzeigen, werden diese Bilanzen getrennt nach Pheromon wiedergegeben.

Am Steinenberg wurden mit etwa 1400 Männchen die besten Anflugergebnisse erzielt (Abb. 14). Die Standorte Hirschauer Berg und Ödenburg liegen trotz des unterschiedlichen Pheromonbesatzes gleichauf. Deutlich geringere Bilanzen von etwa 200 Tieren wurden jeweils an der Stromtrasse und im Himbachtal verzeichnet. Die relativen Fangzahlen von *S. andrenaeformis* und *S. vespiformis* an den verschiedenen Standorten decken sich sehr gut (Abb. 15). Der

Steinenberg erzielte bei beiden Arten die höchsten Anflugzahlen gefolgt vom Naturschutzgebiet Ödenburg. Die Bilanzen der Stromtrasse bewegten sich mit über 40 Tieren am unteren Ende der Individuensummen der restlichen Standorte. *S. myopaeformis* flog sowohl sehr zahlreich an das *Synanthedon myopaeformis*- als auch an das *Synanthedon culiciformis*-Pheromon (Abb. 16). Die Anflugergebnisse hingen stark vom Standort ab. Während am Steinenberg die meisten Apfelbaum-Glasflügler an das *Synanthedon culiciformis*-Pheromon (777 Individuen) flogen, wurde das *Synanthedon myopaeformis*-Präparat deutlich schlechter angenommen (137 Individuen). Am Hirschauer Berg verhielten sich die Anflugsummen genau gegenteilig: dort flogen fast alle Falter an das *Synanthedon myopaeformis*-Pheromon (440 Individuen).

Die höchsten Anflugzahlen erreichte *S. conopiformis* am Standort Ödenburg. *S. tipuliformis* wurde am Steinenberg in den größten Individuenzahlen gefangen (Abb. 17).

Die Fangergebnisse von *B. ichneumoniformis* unterscheiden sich sehr stark voneinander, je nach Standort und eingesetztem Pheromon (Abb. 18). Die höchsten Gesamt-Anflugergebnisse (etwa 40 Individuen) wurden an der Ödenburg und am Steinenberg erreicht.

Ch. empiformis flog die beiden Pheromone *Bembecia ichneumoniformis* und *Sesia (Aegeria) apiformis* etwa gleichermaßen gut an (Abb. 19). Die höchsten Fangzahlen wurden am Steinenberg und Hirschauer Berg erreicht. Im Himbachtal wurde kein Anflug verzeichnet.

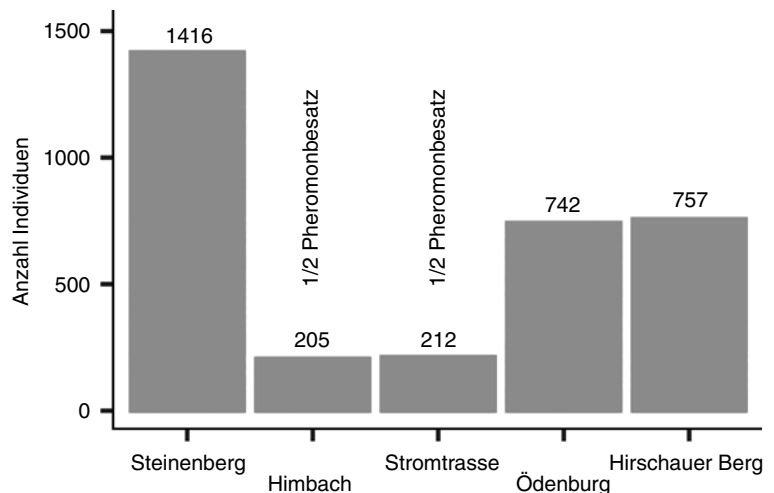


Abbildung 14. Individuenzahlen der fünf permanenten Fallenstandorte.

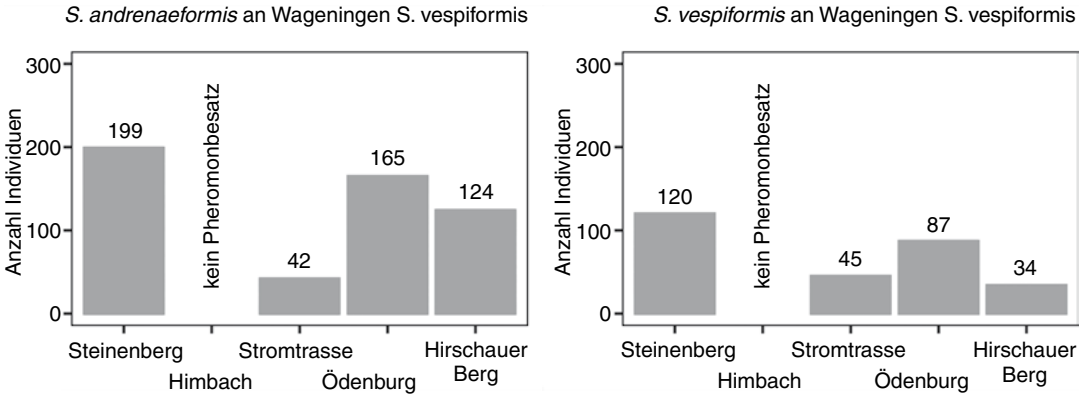


Abbildung 15. Individuenzahlen von *Synanthedon andrenaeformis* und *S. vespiformis* bezogen auf die Fallenstandorte.

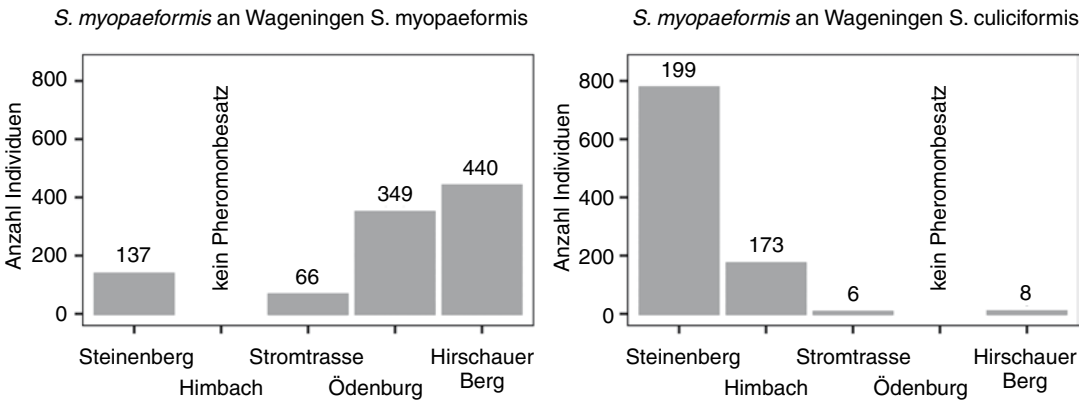


Abbildung 16. Individuenzahlen von *Synanthedon myopaeformis* bezogen auf die Fallenstandorte.

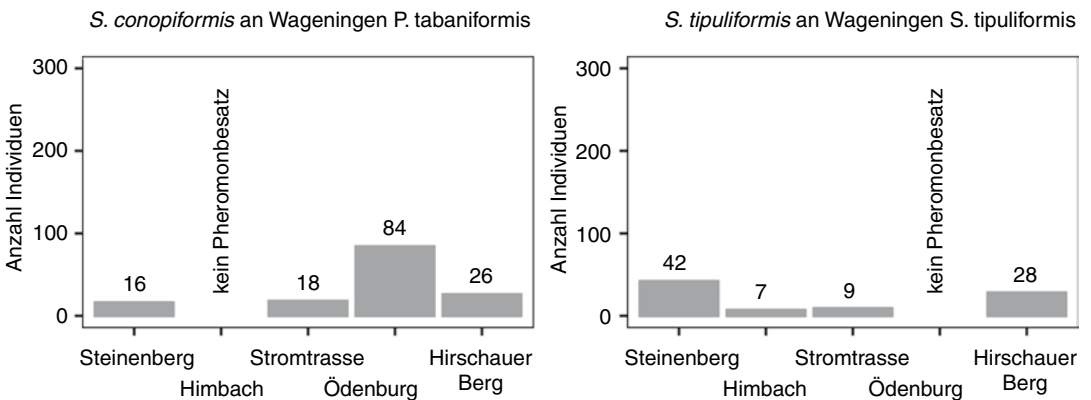
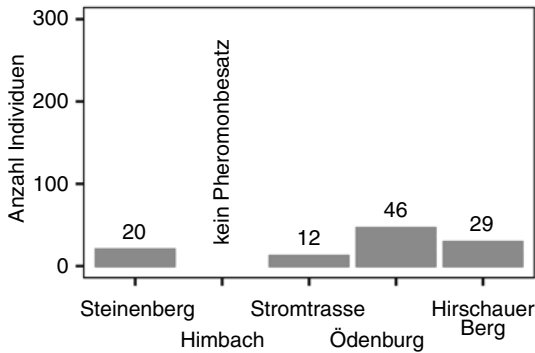
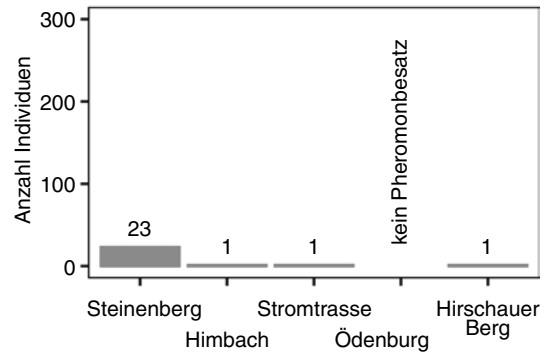
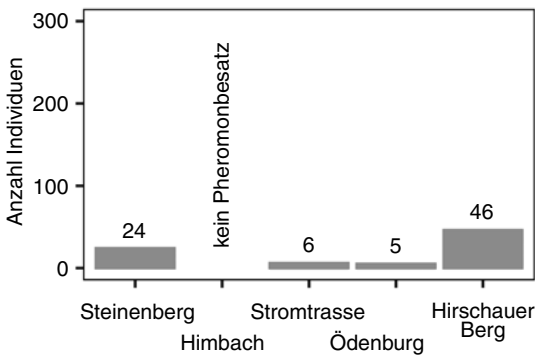
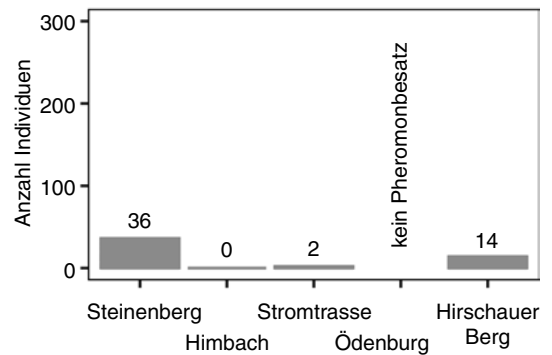


Abbildung 17. Individuenzahlen von *Synanthedon conopiformis* und *S. tipuliformis* bezogen auf die Fallenstandorte.

B. ichneumoniformis an Wageningen *B. ichneumoniformis**B. ichneumoniformis* an Wageningen *S. apiformis*Abbildung 18. Individuenzahlen von *Bembecia ichneumoniformis* bezogen auf die Fallenstandorte.*C. empiformis* an Wageningen *B. ichneumoniformis**C. empiformis* an Wageningen *S. apiformis*Abbildung 19. Individuenzahlen von *Chamaesphexia empiformis* bezogen auf die Fallenstandorte.

Präimaginale Nachweise

Am Standort Steinenberg wurden drei Schlupflöcher der xylophagen Arten *S. andrenaeformis* und *E. melanocephala* an einem strukturreichen Waldrand in der Nähe des Steinenbergturms erfasst. Die Magerrasen in der Umgebung der Pheromonfallen waren reich an *Lotus corniculatus*; dort gelangen am 11.7.2020 sechs Eifunde von *B. ichneumoniformis*. Die Eier waren stets einzeln auf der Oberseite der Blätter abgelegt. Auf rund 25 kontrollierte Hornklee-Pflanzen kam ein Einachweis. Große Mengen an *C. empiformis*-Eiern wurden an einem trockenwarmen Wegrand im Südwesten (40 Eier) und in einem grasreichen Bestand von *Euphorbia cyparissias* in der Nähe des Gipfels (17 Eier) gefunden. Innerhalb weniger Minuten gelangen dutzende Einachweise; oft zu mehreren und bis zu 6 Stück an einem Spross. Etwa $\frac{3}{4}$ dieser Eier befanden sich auf den Blattunterseiten.

Der Standort Himbach zeichnete sich ausschließlich durch Nachweise xylophager Arten aus. Ein altes Schlupfloch von *S. andrenaeformis* wurde an einer *Viburnum lantana*-Pflanze, die Teil einer Feldhecke war, gefunden. Zwanzig Meter nordwestlich der Pheromonfallen traten die Larven zweier Arten zusammen auf. Bei der Wirtspflanze handelte es sich um den Stumpf einer gefällten Pappel (*Populus spec.*), an dessen Schnittstelle sich junge, 2 m hohe Triebe ausgebildet hatten. Im Frühjahr (11.3.2020) wurden an den abgebrochenen Jungtrieben die Fraßgänge von drei *P. tabaniformis*-Larven freigelegt. Zwei dieser Larven, die zur Zucht mit den Trieben eingetragen wurden, verpuppten sich erfolgreich unter Raumtemperatur; am 4.5. und 16.5.2020 schlüpften aus ihnen zwei männliche Falter. An der Basis des Pappel-Stumpfes ($\varnothing \approx 60$ cm) wurden ebenfalls etwa 20 Schlupflöcher von *S. apiformis*, die teilweise Kokonreste

enthielten, gezählt. Mindestens ein Schlupfloch stammt vermutlich aus dem Jahr 2020, da ein sehr gut erhaltenes Exuvien-Hinterleibsende in ihm steckte.

Am Fallenstandort unter der Stromtrasse konnten insbesondere die Schlupflöcher von *E. melanocephala* nachgewiesen werden. Sie befanden sich in Zitterpappeln der leicht staunassen Bereiche zwischen dem Sommer- und Winterweg. *Ch. empiformis* wurde mit wenigen Eiern in der hochwüchsigen Pfeifengraswiese erfasst. Die Häufung der Eifunde war deutlich geringer als an den Standorten Steinenberg und Ödenburg.

Im Naturschutzgebiet Spitzberg-Ödenburg beschränkte sich die erfolgsorientierte Suche auf den strauchreichen Waldrand und das Offenland im Umfeld der Pheromonfallen. In kaum 10 m Entfernung zu den Pheromonfallen wurden zwei Eier von *B. ichneumoniformis* auf einer trockenwarmen Offenbodenfläche mit Hornklee gefunden. Die Eier von *Ch. empiformis* konnten sowohl in gräserdominierten als auch offeneren Flächen festgestellt werden. Es wurden mehrere alte Schlupflöcher von *S. andrenaeformis* am Waldrand erfasst.

Nachdem am Standort Hirschauer Berg mehrere Individuen von *B. albanensis* in den Pheromonfallen festgestellt wurden, fand am 29.7.2020 eine intensive Suche der Eier statt. Ein Einachweis gelang nach 45-minütiger Suche an einem schwachwüchsigen Exemplar von *Ononis spinosa*. Die Schlupflöcher von *S. andrenaeformis* konnten entlang des trockenwarmen Gehölzes seitlich des Fußweges in Richtung Wurmlinger Kapelle gefunden werden. Bemerkenswert sind zudem die Funde von *P. hylaeiformis* außerhalb des Gebiets: Am 15.8.2020 konnte ein Weibchen bei der Eiablage an einem Himbeertrieb beobachtet werden. Es handelte sich um den beschatteten Randbereich eines Waldweges 600 m östlich des Standorts Hirschauer Berg. Daraufhin wurden die Himbeertriebe in einem Radius von fünf Metern kontrolliert; insgesamt wurden 20 Eier (oft zu mehreren an einer Pflanze) gefunden.

Beobachtete Phänologie

In Abb. 20 findet sich die Verteilung der gefangenen Glasflüglerarten über den Untersuchungszeitraum hinweg dargestellt. Sieben Arten kamen in ausreichend großen Fangzahlen vor, um ihre Haupt- und Nebenflugzeiten zu berechnen. Die weitaus höchste Individuenzahl von 1982 Tieren entfiel auf *S. myopaeformis*; was einem Anteil von rund 60 % aller Fallenfänge entspricht. Es

folgten *S. andrenaeformis* mit 530 und *S. vespiformis* mit 291 gezählten Faltern. Arten, die mithilfe temporärer Fallen erhoben wurden, konnten mit höchstens 13 Individuen nachgewiesen werden. Bei den drei Arten *P. hylaeiformis*, *P. tabaniformis* und *B. albanensis* fielen die Bilanzen ähnlich gering aus, obwohl sie in den permanenten Fallen erfasst wurden.

Grundsätzlich lässt sich die Phänologie anhand dreier Eigenschaften charakterisieren: die Dauer der Flugzeit, die Modalität (i. e. Anzahl distinkter Flugmaxima) sowie die Zeitpunkte der auftretenden Maxima (KASPARI et al. 2001). In der vorliegenden Untersuchung wurde ein Beginn der Flugphase ab der letzten Aprilwoche festgestellt: Am 27.4.2020 gelangen die ersten Nachweise von *S. soffneri* und *S. myopaeformis* auf dem Spitzberg. Die Arten *S. vespiformis*, *S. myopaeformis* und *Ch. empiformis* wurden kontinuierlich über den gesamten Erfassungszeitraum von mehr als drei Monaten gefangen. Andere Arten wiederum traten in kürzeren Flugphasen von etwa zwei Monaten auf (z. B. *S. andrenaeformis*, *S. conopiformis*). *P. hylaeiformis*, *P. insolita*, *S. scoliaeformis*, *S. formicaeformis* und *S. soffneri* wurden in Korridoren von weniger als einem Monat gefangen. Es muss jedoch beachtet werden, dass die vier letztgenannten Spezies nur vereinzelt mit spezifischen Pheromonen angelockt wurden. Die Hauptflugzeiten variierten zwischen rund zweieinhalb Wochen bei *B. ichneumoniformis* und etwa neun Wochen bei *S. vespiformis*. Gegen Ende des Erfassungszeitraumes waren die Individuenzahlen der spätfliegenden Arten rückläufig; lediglich *P. hylaeiformis* befand sich noch in der Zunahme.

Bei der Beschreibung der Modalität wird an dieser Stelle nur auf klar abtrennbare Flugzeiten-Maxima der permanent erhobenen Arten eingegangen. Die unzureichende Datenlage von Arten, die in Individuenzahlen kleiner 20 gefangen wurden, ermöglicht keine fundierte Aussage über deren Modalität. Wie in Abbildung 20 zu erkennen, unterscheiden sich die Phänogramme der einzelnen Arten sehr stark in ihrem Verlauf. Unimodale Verteilungen mit vernachlässigbaren Nebenmaxima besaßen die Arten *S. andrenaeformis*, *B. ichneumoniformis* und *C. empiformis*. Bei *S. vespiformis*, *S. myopaeformis*, *S. conopiformis* und *S. tipuliformis* wurden hingegen jeweils zwei Zeitpunkte mit einem gehäuften Auftreten der Falter festgestellt.

Die meisten Populationsmaxima liegen Ende Mai und im Juli, dazwischen wurden insbesondere

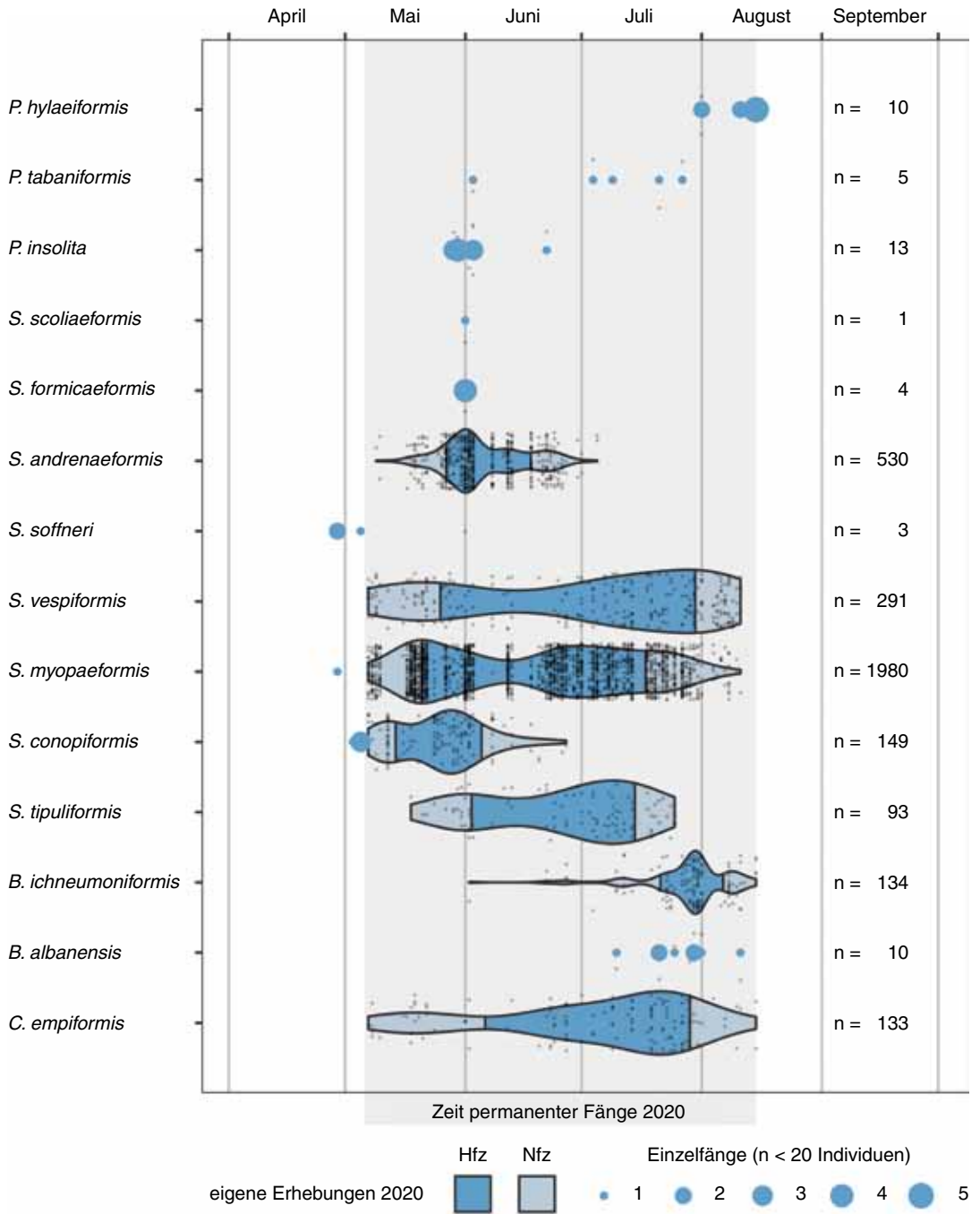


Abbildung 20. Flugzeitendiagramm aller 2020 im Raum Tübingen imaginal nachgewiesenen Glasflügler. Die Rohdaten sind als schwarze Punktwolken eingetragen. Abkürzungen: Hfz = Hauptflugzeit, Nfz = Nebenflugzeit, n = Anzahl gefangener Individuen.

Arten mit sehr langen Flugzeiten registriert. Auffällig war ein artübergreifender Rückgang der Individuenzahlen in der ersten Junidekade. Um den kurzzeitigen Populationschwankungen auf den Grund zu gehen, wurden die täglichen Fangzahlen der häufigen Arten zusammen mit den zehn stärksten Niederschlagsereignissen im Erfassungszeitraum aufgetragen (Abb. 21). Setzt man die Populationsdynamiken in Beziehung mit dem Niederschlagsverlauf, lässt sich eine starke negative Korrelation der Schwankungen erkennen. An den Höhepunkten der Niederschläge konnte jeweils ein Einbruch der Individuenzahlen verzeichnet werden. Die stärksten Rückgänge waren Mitte Juni während einer mehrtägigen Regenperiode zu verbuchen. Nach einem Einbruch regenerierten sich die Populationen innerhalb weniger Tage vollständig bei gleichzeitigem Anstieg der Temperaturen.

Methodendiskussion

Diskussion der Erfassungsmethodik

Grundsätzlich ist der präimaginale Nachweis einer Sessie faunistisch wertvoller als die Beobachtung einer Imago (SOBCZYK 2000), denn er belegt die Bodenständigkeit an einem Standort. Funde von Eiern, Puppen, Raupen, Schlupflöchern und Ähnlichem erlauben folgerichtig unmittelbare Aussagen über die Eignung eines Habitats bezüglich der Lebensraumsprüche.

Die Arteninventare der Untersuchungsstandorte konnten über die Suche präimaginaler Glasflügelstadien nur fragmentarisch erfasst werden. Die Erhebung setzt ein hohes Maß an Erfahrung und die Aneignung von wiederkehrenden Suchmustern voraus. Sofern einzelne Nachweise gelangen, wurde das nähere Umfeld intensiver nach demselben Schema abgesucht. Dies führte insbesondere bei den Einachweisen zu einer räumlichen Häufung der Funde. Beim Vergleich der Standorte war daher mit einem gewissen Maß an persönlicher Urteilsverzerrung zu rechnen. Die präimaginalen Nachweise sollten daher immer zusammen mit den standardisierten Fallenfängen ausgewertet werden. Einzig bei den Arten *S. bembeciformis*, *E. melanocephala* und *S. flaviventris* musste auf die Suche der Schlupflöcher vertraut werden. Für die beiden erstgenannten existierten bisher keine wirksamen synthetischen Pheromonpräparate; die zuletzt genannte bildet nur in ungeraden Jahren eine Faltergeneration aus und konnte daher im Jahr 2020 nicht nachgewiesen werden (RÄMISCH 2020).

Als sehr praktikabel erwies sich die Suche nach Eiern von *Ch. empiformis*. Der gleichmäßige, quirlige Habitus erlaubt ein schnelles Auffinden der Wirtspflanze *Euphorbia cyparissias*. Diese kann auf Blattober- und Unterseite durch Umbiegen der Triebe in kurzer Zeit gemustert werden. Insbesondere auf der silbrigen Blattunterseite treten die dunkelbraunen Eier kontrastreich hervor. Die Eier sind fest mit der Blattfläche verkitet, sodass über mehrere Wochen hinweg und selbst nach dem Schlupf der Larven eine Suche möglich ist. Daher kann bei dieser rhizophagen Art die Suche nach Eiern als echte Alternative zum zeitintensiveren Pheromonfang gesehen werden. Schwieriger gestaltet sich dagegen die Suche von *B. ichneumoniformis*-Eiern auf *Lotus corniculatus*, da die stärker verzweigten Triebe intensiver abgesucht werden müssen. Die von JACOBI (2008) geäußerte Vermutung, dass die Eier nur lose an den Blättern heften, konnte nicht bestätigt werden; alle gefundenen Eier waren fest auf der Blattoberfläche fixiert.

Bezüglich der Pheromonfallen sollte zunächst geklärt werden, welche Wirksamkeit und Reichweite die eingesetzten Präparate besaßen. Laut PÜHRINGER (2017) behalten die Pheromone ihre Wirksamkeit im tiefgekühlten Zustand mehrere Jahre, wenn nicht Jahrzehnte. Trotz des ungekühlten Einsatzes der permanenten Pheromonfallen über drei Monate hinweg konnte keine Abnahme in ihrer Wirksamkeit festgestellt werden. Ein Indiz für eine nachlassende Effektivität der Pheromone wären artübergreifend linksschiefe Phänogramme gewesen. Dagegen sprechen weiterhin Zunahmen der Individuenzahlen mancher Spezies im letzten Drittel des Untersuchungszeitraums.

Die Reichweite der Lockstoffe hängt einerseits von Umweltfaktoren wie Windstärke und Windrichtung ab; andererseits wirkt sich die Mobilität als artspezifische Eigenschaft entscheidend auf den Erfassungsradius aus. ROSNER (2019) resümierte für das Tübinger Schloss im Osten des Spitzbergs, dass an 42 % der Tage zwischen 1950 und 1961 Winde aus dem westlichen Sektor wehten. Unter der vereinfachten Annahme, dass die untersuchten Standorte im Westwindbereich lagen, wurde entsprechend auf eine freie Anflugschneise der Fallen in östlicher Richtung geachtet. Die tatsächlichen Luftströmungen wurden jedoch maßgeblich von den mikroklimatischen Gegebenheiten und vom Relief der Standorte beeinflusst. Bewaldete Gebiete, Gehölze sowie Feldhecken können Turbulenzen

auslösen und eine Ablenkung der Pheromonfahnen bewirken. An besonnten Hängen und bei weitgehender Windstille beispielsweise erzeugt die Thermik einen steten Sog zur Hangoberkante. Die Pheromonwolken besaßen daher in Wirklichkeit weder eine Kreisform noch konnten sie als kontinuierliche Fahnen in Richtung Osten angesehen werden. Vergleichbare Schwierigkeiten hatten HERMANN et al. (2013) bei der Erörterung des Pheromon-Einzugsgebiets von Birkenspinner-Weibchen (*Endromis versicolora*). Bereits bei einer einzigen Art kamen sie zum Entschluss, dass die Modellierung der Herkunft angelockter Männchen durch die Vielzahl der zu berücksichtigenden Variablen umfangreicher Messwerte bedürfte. Es kommt erschwerend hinzu, dass die Sesien je nach Art verschieden mobil sind. Einigkeit besteht in der Literatur darüber, dass die rhizophagen Arten nur selten ihr Habitat verlassen, während die xylophagen weitab ihrer Ursprungshabitate angetroffen werden können (PÜHRINGER 2017). Die rhizophagen Tiere konnten somit teilweise auf bestimmte Habitate innerhalb der Standorte zurückgeführt werden. Eine Zuweisung konkreter Flächen und Richtungen ist bei den xylophagen Arten hingegen nur selten möglich. Flugdistanzen von 1 km, wie sie von PRIESNER et al. (1986) bei *P. hylaeiformis* ermittelt wurden, sollten von anderen xylophagen Verwandten ebenfalls problemlos überwunden werden.

Die Aufhängung der Fallen wirkt sich ebenfalls artspezifisch aus: Rhizophage Arten fliegen vermehrt Fallen in Bodennähe an, während manche xylophage Arten wie beispielsweise *P. insolita* solche in größerer Höhe bevorzugen. Um die permanenten Fallen untereinander vergleichen zu können, wurden alle auf einer empfohlenen Höhe von etwa 1 m befestigt. Dies wirkte sich womöglich auf die absoluten Fangzahlen einzelner Arten aus. Bei den relativen phänologischen Verläufen wären dadurch allerdings keine signifikanten Unterschiede zu erwarten.

Mit den zur Anlockung eingesetzten, weiblichen Sexualpheromonen können ausschließlich männliche Falter gelockt werden. Die erhobene Phänologie besitzt jedoch jeweils Gültigkeit für beide Geschlechter einer Art, da Männchen und Weibchen zur Verpaarung simultan auftreten müssen. Zuchtbeobachtungen an tausenden Exemplaren verschiedenster Glasflüglerarten zeigen, dass bis auf ganz wenige Ausnahmen beide Geschlechter etwa im Verhältnis 1:1 auftreten (BARTSCH, unpubl.). Wegen der direkten

Entlassung der lebendigen Falter aus den Fangbehältern besteht die hohe Wahrscheinlichkeit, dass dieselben Tiere an mehreren Tagen hintereinander aufgenommen wurden. Angaben über die Lebenszeit der europäischen Falter existieren unseres Wissens nach nur von Zuchttieren. BARTSCH stellte bei beiden Geschlechtern der griechischen Art *Synanthedon geranii* eine Lebensdauer von 6-8 Tagen unter Zuchtbedingungen fest.

Sofern eine Art in einem Habitat nicht nachgewiesen wurde, kann daraus nicht auf die Absenz der Art geschlossen werden. Gründe für das Fehlen könnten neben ungewollten Vermischungen der Pheromonkomponenten in der Luftströmung auch natürliche Populationsschwankungen oder eine ungünstige Wahl des Fallenstandortes sein.

Diskussion der Auswertungsmethoden

Eine Grundvoraussetzung zur Berechnung der Haupt- und Nebenflugzeiten bildet die ganzheitliche Erhebung der Arten von deren ersten bis letzten Flugtag. Wie in der Flugzeitenübersicht zu erkennen ist, decken die permanenten Fallenfänge bei manchen Arten nicht die volle Phänologie ab (Abb. 20). Dies kann zu einer scheinbaren Verkürzung der Nebenflugzeit führen; die Hauptflugzeit reagiert aufgrund der größeren Häufung der Daten robuster. Als anschauliches Beispiel dient *S. myopaeformis*: Die frühe Nebenflugzeit begann nachweislich bereits über eine Woche vor den permanenten Pheromonfängen. Die errechnete Hauptflugzeit hätte sich jedoch bei entsprechend früherem Beginn der permanenten Fallenfänge zeitlich kaum verschoben. Idealerweise sollte es sich bei den Phänogrammen um eingipflige Verteilungskurven handeln; bi- und polymodale Verläufe führen fälschlicherweise zu sehr langen Hauptflugzeiten. Da die nachgewiesenen Arten nur eine Generation pro Jahr ausbilden, wäre eine Aufteilung der Saison in zwei oder mehr Hauptflugzeiten unter Annahme gleichmäßiger Wetterbedingungen nicht realistisch. Andererseits führen eine oder mehrere Schlechtwetterperioden zur Zeit des wahrscheinlichen Flugzeitgipfels automatisch zur Zwei- bzw. Mehrgipfligkeit der Phänologie. In der Zucht zeigt sich bei vielen Arten ein in mehreren Wellen erfolgreicher Schlupf, der aber fast immer mit der herrschenden Witterung korreliert. Am Anfang einer längeren Hochdruckperiode schlüpfen sehr viele, bei sinkendem Luftdruck und drohender Schlechtwetterperiode weniger bis keine Tiere (BARTSCH, unpubl.).

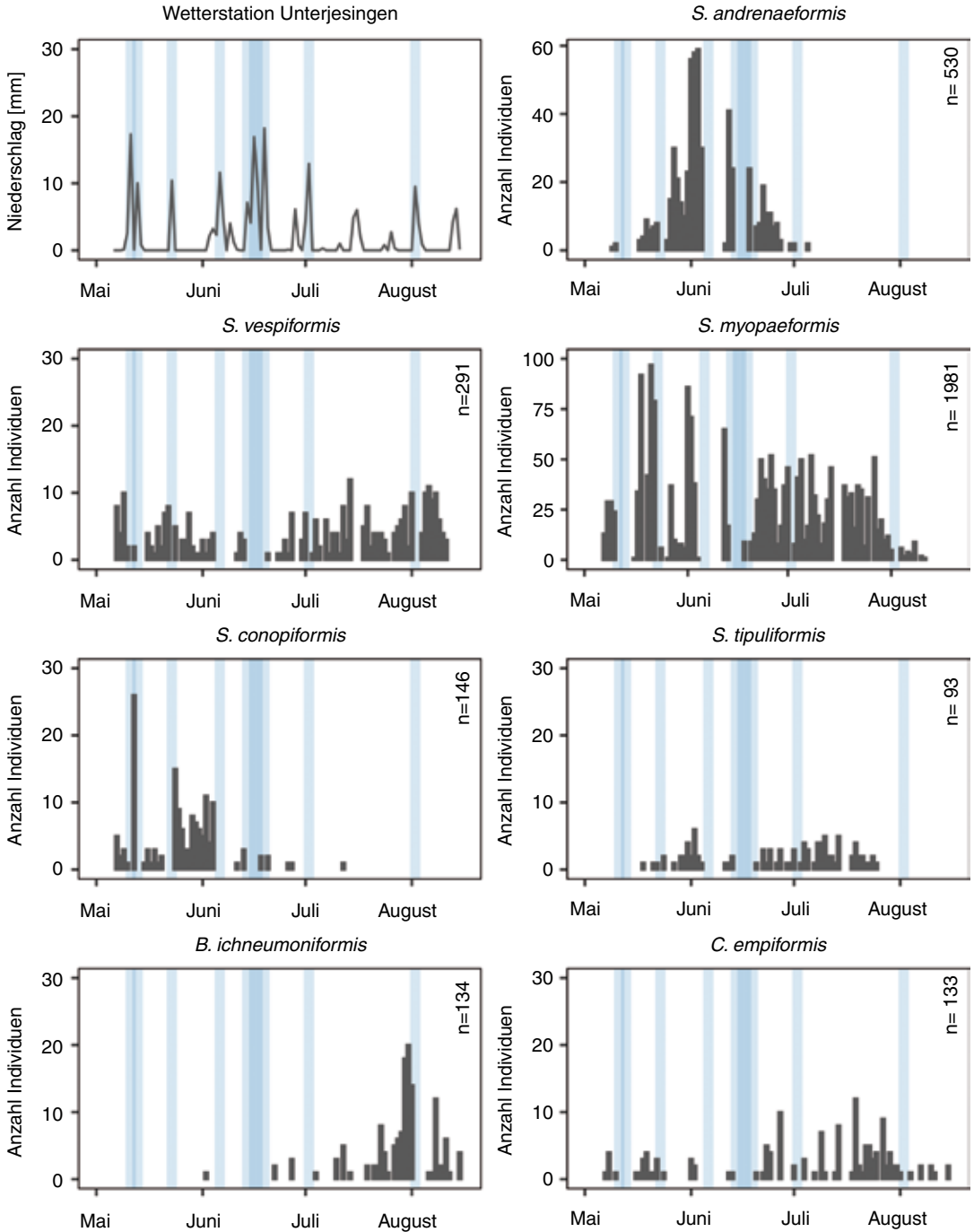


Abbildung 21. Flugdynamiken häufiger Arten im Erfassungszeitraum 2020. In blau sind die zehn höchsten Tagesniederschlags-Ereignisse, gemessen an der Wetterstation Unterjesingen (LTZ 2020), hinterlegt. Die artspezifische Skalierung der y-Achsen trägt den verschiedenen hohen Fangzahlen Rechnung.

Ergebnisdiskussion

Allgemeine Diskussion der nachgewiesenen Arten

Insgesamt wurden 16 Sesienarten an den sieben ausgewählten Standorten im Raum Tübingen nachgewiesen. Dies entspricht etwa der Hälfte der in Baden-Württemberg bekannten Glasflüglerarten und rund 67 % derer, die im Naturraum Neckar-Tauber vorkommen (Tab. 4). Auf den Messtischblättern von Tübingen und Herrenberg waren gemäß SMNK (2020) bereits $\frac{2}{3}$ der hier erhobenen Arten bekannt; fünf Spezies kamen als Neufunde hinzu. Es handelt sich um die Arten *P. tabaniformis*, *P. insolita*, *S. formicaeformis*, *S. soffneri* und *B. albanensis*. Für den Raum Tübingen kann somit derzeit eine Anzahl von 20 Glasflüglerarten angegeben werden. Wenn an dieser Stelle von Neufunden die Rede ist, bedeutet dies nicht, dass die Arten früher im Gebiet nicht verbreitet waren. Der Grund für die neuen Nachweise ist vor allem in der unzureichenden Bearbeitung der Artgruppe zu suchen. Den Verfassern ist keine Untersuchung im Raum Tübingen bekannt, bei der die Pheromone über mehrere Tage, gar in Kombination mit Trichterfallen zum Einsatz kamen. Ohne synthetische Pheromone ist der Nachweis von zwei der neu kartierten Arten geradezu unmöglich: *S. soffneri* wurde überhaupt erst 1985 durch die Entwicklung der Pheromone in Deutschland entdeckt; zufällige Sichtbeobachtungen der Raupen und Falter kommen kaum vor (Abb. 22) (BARTSCH et al. 1997). Die Raupen und Falter von *P. insolita* leben unbemerkt in der Baumkrone von Eichen; in der vorliegenden Untersuchung konnte die Art nur mithilfe des speziell für diese Art entwickelten Pheromonpräparats nachgewiesen werden (Abb.23).

Vier Arten, die in der Vergangenheit im Raum Tübingen nachgewiesen wurden, konnten in den eigenen Erhebungen nicht beobachtet werden. *S. spheciformis* wurde in der Vergangenheit zweimal als Larve im Gebiet erfasst; BARTSCH fand sie 1989 bei Pfrondorf und F. WEBER 1994 im Schönbuch (SMNK 2020). Da die Art bevorzugt erlen- und birkenreiche Habitate wie Bachauen, feuchte Wiesen, Gräben und Waldschläge besiedelt, wäre ein Vorkommen an den Standorten Stromtrasse, Himbach, Hagelloch und Ammerhof denkbar. Es ist bekannt, dass die Art das *Synanthedon tipuliformis*-Pheromon sehr gut anfliegt (PÜHRINGER 2017). Wieso die Art nicht nachgewiesen wurde, kann abschließend nicht geklärt werden. Der Nachweis von *S. cu-*



Abbildung 22. Der Nachweis des Heckenkirschen-Glasflüglers *Synanthedon soffneri* ist ohne entsprechendes Pheromonpräparat kaum möglich.



Abbildung 23. Die Männchen des Eichenzweig-Glasflüglers *Paranthrene insolita* lassen sich besonders gut in den Baumkronen von Eichen anlocken, in denen diese Art ein kryptisches Dasein führt.

liciformis gelang vermutlich mangels geeigneter Habitate nicht. Laut BARTSCH et al. (1997) soll die Art schon von SEYFFER (1849) als in Tübingen selten angegeben worden sein. Die Sesie besiedelt frische bis kühl-feuchte Offenflächen mit Birkenaufwuchs. Als einziger Lebensraum

käme die Stromtrasse in Frage. Für *S. flaviventris* wurde bereits erläutert, dass die Art eine zwei-jährige Raupenentwicklung besitzt und daher im Jahr 2020 nicht als Imago nachgewiesen werden konnte. Ein Siedlungsschwerpunkt der Art liegt im Schönbuch (BARTSCH et al. 1997) und so sollte der Weidengallen-Glasflügler vermutlich auch am Schönbuch-Südrand bei Tübingen auftreten. Die Suche nach vorjährigen Schlupflöchern an

Weidengebüschen im gesamten Gebiet blieb allerdings erfolglos. Trotz genügend geeigneter Rotbuchen ließ sich *S. spuleri* nicht mit den Pheromonen nachweisen. Da in der Flugzeit von Juni bis Juli permanent mit geeigneten Lockstoffen gearbeitet wurde, bleibt der Grund für das Fehlen im Unklaren.

Bei DOCKAL & RENNWALD (1992) findet sich zudem eine Angabe bezüglich *S. stomoxiformis* bei

Tabelle 4. Übersicht über historisch und aktuell nachgewiesene Glasflüglerarten.

	Nachweise in Baden-Württem- berg (EBERT et al. 2008)	Nachweise im Neckar-Tauber- land (EBERT et al. 2008)	Nachweise in Tübingen (KAUFMANN & SCHMID 1966)	Nachweise in TK 25 MTB 7419 und 7420 (SMNK 2020)	Eigene Erhebungen in Tübingen (SCHMITT 2020)
<i>P. hylaeiformis</i>	+	+	+	+	+
<i>S. apiformis</i>	+	+	+	+	+
<i>S. bembeciformis</i>	+	+	.	.	.
<i>E. melanocephala</i>	+	+	.	+	+
<i>P. tabaniformis</i>	+	+	.	.	+
<i>P. insolita</i>	+	+	.	.	+
<i>S. scoliaeformis</i>	+	+	.	+	+
<i>S. sphaeciformis</i>	+	+	+	+	.
<i>S. stomoxiformis</i>	+	+	.	.	.
<i>S. culiciformis</i>	+	+	+	+	.
<i>S. formicaeformis</i>	+	+	.	.	+
<i>S. flaviventris</i>	+	+	.	+	.
<i>S. andrenaeformis</i>	+	+	.	+	+
<i>S. soffneri</i>	+	+	.	.	+
<i>S. myopaeformis</i>	+	+	+	+	+
<i>S. vespiformis</i>	+	+	+	+	+
<i>S. conopiformis</i>	+	+	.	+	+
<i>S. tipuliformis</i>	+	+	+	+	+
<i>S. spuleri</i>	+	+	.	+	.
<i>S. loranthi</i>	+	.	.	.	.
<i>S. cephiiformis</i>	+	+	.	.	.
<i>B. ichneumoniformis</i>	+	+	+	+	+
<i>B. albanensis</i>	+	+	.	.	+
<i>P. chrysidiformis</i>	+	.	.	.	.
<i>P. affinis</i>	+	.	.	.	.
<i>C. aerifrons</i>	+	.	.	.	.
<i>C. dumonti</i>	+	.	.	.	.
<i>C. nigrifrons</i>	+	+	.	.	.
<i>C. leucopsiformis</i>	+	.	.	.	.
<i>C. tenthrediniformis</i>	+	.	.	.	.
<i>C. empiformis</i>	+	+	+	+	+
Summe	31	24	9	15	16

Tübingen. Diese Art tritt im Neckar-Tauber-Gebiet an klimatisch begünstigten Stellen auf. Sie beschrieben, dass die Art bisher vergeblich am Spitzberg gesucht worden sei. Da die Art auch in der vorliegenden Untersuchung weder mit den Pheromonen noch über ihre Schlupfröhren nachgewiesen werden konnte, scheint ein Vorkommen am Spitzberg unwahrscheinlich.

Phänologische Verschiebungen

Zur besseren Beurteilung der erhobenen phänologischen Daten wurden die bereits bestehenden Datensätze in der Landesdatenbank der Schmetterlinge Baden-Württembergs mit den neuen Daten vergleichend aufgetragen (Abb. 24). Die Datensätze wurden zuvor bereinigt; Verwendung fanden alle imaginalen Nachweise, denen ein eindeutiges Erfassungsdatum zugeordnet war. Funde, deren Eintrag zum Entwicklungsstadium ohne Angabe war, konnten nicht berücksichtigt werden.

Der Deutsche Wetterdienst verzeichnete 2020 den sonnigsten April seit Beginn der Aufzeichnungen (DWD 2020a). Der Winter 2019/20 fiel bereits ausgesprochen mild aus; es handelte sich um den zweitwärmsten meteorologischen Winter Deutschlands seit 1881 (DWD 2020c). Entsprechend begann die Flugzeit der Sesiiden 2020 bereits an der Monatswende April/Mai. THEOBALD & HERMANN (2020) erbrachten am 26.4.2020 im Schönbuch den ersten Sesiidenachweis (*P. tabaniformis*) in der Region, der den Verfassern bekannt ist. Die ersten Fallenfänge der vorliegenden Untersuchung gelangen einen Tag später, am 27.4.2020, auf dem Spitzberg. Es handelte sich um *S. soffneri*, der in den tieferen Höhenlagen Baden-Württembergs als einer der ersten im Jahr fliegenden Glasflügler bekannt ist (BARTSCH et al. 1997). Die Flugphase dieser Art dauert an einer Lokalität nur wenige Tage (BARTSCH & PELZ 1997) und ist auf der Schwäbischen Alb deutlich in Richtung Sommer verschoben. Durch die räumliche Variation und langjährige Streuung der Daten innerhalb der Landesdatenbank erscheint die Flugzeit von *S. soffneri* länger, als sie in der Realität in einem Jahr an einem bestimmten Ort festgestellt werden kann. Weiterhin wurde am 27.4.2020 ein Individuum der in Baden-Württemberg weit verbreiteten Art *S. myopaeformis* gefangen. Den vorliegenden Daten nach zu urteilen, ist dies der früheste bekannte Falterfund dieser Art in Baden-Württemberg. Betrachtet man die Flugzeiten, so stellt man fest, dass die Hauptflugzeit

in Tübingen mehr als drei Wochen früher begann, als dies in den Landesdaten der Fall ist. Vermutlich haben die milden Temperaturen im Frühjahr 2020 zu einer sehr frühen Wiederaufnahme der Aktivität der Raupen beigetragen, sodass der Schlupf ebenfalls früher stattfand. Aus Zuchtbeobachtungen verschiedener Glasflügler geht eine sehr hohe Temperaturabhängigkeit der Larvalentwicklung hervor; die Tiere einiger Arten lassen sich bei Zimmertemperaturen regelrecht „ausbrüten“. Eine ähnlich verfrühte Flugperiode wie bei *S. myopaeformis* wurde bei *S. andrenaeformis* ermittelt. Das Flugzeitmaximum der Art lag in den eigenen Daten Anfang Juni, wohingegen in den Landesdaten der Höhepunkt erst drei Wochen später erreicht wird. Der ausgeprägt eingipflige Verlauf in beiden Datensätzen dokumentiert ihre univoltine Lebensweise. In den Landesdaten ist bei allen Glasflüglerarten zu erkennen, dass sie in einer Generation pro Jahr fliegen. Die zweigipfligen Populationsentwicklungen in den eigenen Daten, die nur vermeintlich auf eine bivoltine Lebensweise deuten, werden im Wesentlichen durch die geringe Flugaktivität in der Regenperiode Anfang bis Mitte Juni bedingt. Bei den Arten *S. vespiformis* und *S. tipuliformis* erklärt dieser bimodale Verlauf vermutlich auch, warum die Hauptflugzeit gegenüber den Langzeitdaten etwas länger andauerte. Obwohl auch der Juli überdurchschnittliche Temperaturen aufwies – die Mitteltemperatur Baden-Württembergs lag im Juli 1,7 °C über dem langjährigen Mittelwert (DWD 2020b) – konnte bei *B. ichneumoniformis* kein früherer Flugzeitpunkt festgestellt werden. Im Vergleich zu den Landesdaten war die Verteilung weniger gestreut und sogar stärker in den August verschoben. Wir schließen daraus, dass die Sesiidenarten in ihrer Entwicklung unterschiedlich auf Temperaturerhöhungen reagieren. Da es sich bei *B. ichneumoniformis* um eine später im Jahr fliegende Art handelt, die ausgesprochen xerotherme Habitate bevorzugt, wirkt sich eine stärkere Sommerhitze eventuell hemmend auf die Aktivität der Larve aus. Die ebenfalls rhizophage Art *Ch. empiformis* wies einen gleichermaßen starken Trend zu einem späteren Flugmaximum auf, der auch teilweise durch die beschriebene Regenperiode im Juni ausgelöst worden sein könnte. Gegen Ende des Untersuchungszeitraumes am 15.8.2020 wurden vermehrt Individuen von *P. hylaeiformis* gefangen. Diese markierten erst den Beginn der Flugzeit, die bei der spätfliedenden Art noch den August über andauerte.

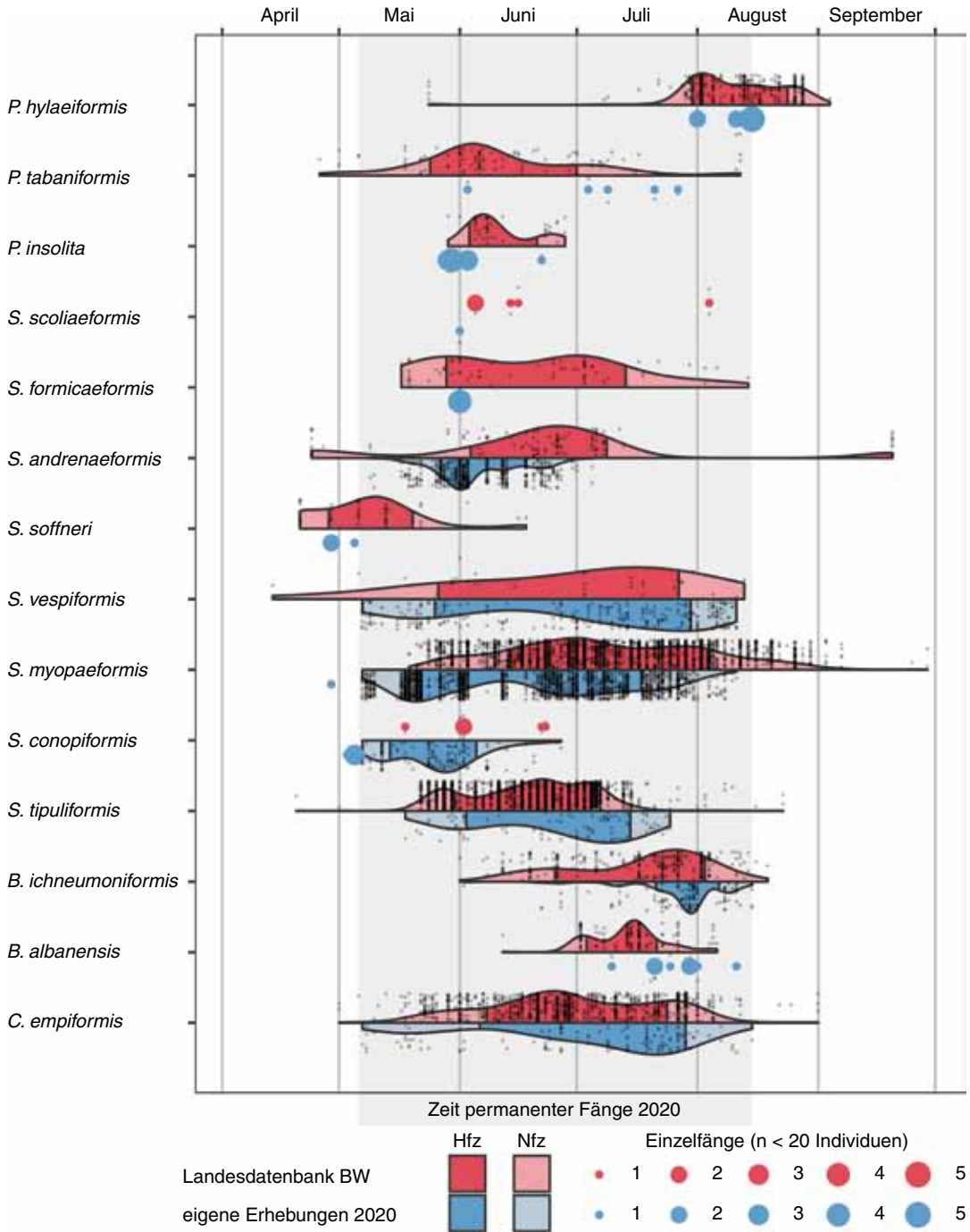


Abbildung 24. Vergleich der Flugzeiten aus der Landesdatenbank Schmetterlinge Baden-Württembergs (SMNK 2020) mit denen der eigenen Erhebungen. Abkürzungen: Hfz = Hauptflugzeit, Nfz = Nebenflugzeit.

Habitatpräferenzen

Die Glasflüglerfaunen der einzelnen Fallenstandorte lassen sich anhand der nachgewiesenen Arten und deren Individuenzahlen bewerten. In Abbildung 25 wurden nochmals die Gesamt-Individuenzahlen der einzelnen Standorte aufgetragen zusammen mit den jeweiligen Fanganteilen von *S. myopaeformis*.

Am Steinenberg, dem Standort mit den höchsten Fangsummen, entfielen rund $\frac{2}{3}$ der erfassten Tiere auf *S. myopaeformis*. Die große Population kommt vermutlich durch die ausgedehnten Streuobstbestände im Umfeld zustande, wobei die dortigen Kulturapfelbäume den Larven als Hauptnahrungspflanze dienen. Im Gegensatz dazu wurde *S. myopaeformis* an der Stromtrasse nur in geringem Maß gefangen. Auf dem vom Wald umgebenen Standort befanden sich lediglich kleine Kulturapfel-Baumgruppen 50 m östlich der Pheromonfallen; die nächstgrößeren Streuobstbestände, von denen einige Tiere eingeflogen sein könnten, liegen jenseits eines etwa 150 m breiten Waldstreifens im Südosten des Standorts. Ins Auge fiel, dass *S. myopaeformis* am Steinenberg bevorzugt das Präparat *Synanthedon culiciformis* anflug, wohingegen am Hirschauer Berg kaum Nachweise mit diesen Fallen gelangen. Die umgekehrte Beobachtung konnte am Pheromon *Synanthedon myopaeformis* gemacht werden. Scheinbar variieren die Anflugpräferenzen von *S. myopaeformis* an die einzelnen Pheromone je nach Standort sehr stark. Diese Unterschiede sind eventuell auf die genaue Platzierung der Fallen im Gelände zurückzuführen: Bei ähnlicher Wirkung würde das leichter erreichbare und besser im Wind lie-

gende Pheromon bevorzugt angefliegen werden. Dass sich eine größere Anbringungshöhe positiv auf die Fängigkeit eines Pheromons auswirken kann, ist bereits von einigen Arten wie *P. insolita* und *S. loranthi* bekannt (SOBCZYK 1996). In Zukunft müssen weitere Beobachtungen zeigen, inwieweit dies auch für die Positionierung im Habitat zutrifft.

Auffällig sind die geringen Fangzahlen auf der Stromtrasse, die rund $\frac{1}{3}$ des benachbarten, mit nur vier Pheromonen besetzten Standorts Ödenburg betragen. Als Grund hierfür wird die geringe Biotoptypen-Vielfalt der Stromtrasse und die isolierte Waldlage gesehen. Die Individuensumme von *S. andrenaeformis* fiel beispielsweise im Naturschutzgebiet Ödenburg deutlich höher aus. In den breiten, trockenwarmen Waldsäumen findet sich die wichtigste Wirtspflanze der Art, *Viburnum lantana*, viel häufiger als dies auf der Stromtrasse der Fall ist. Für die rhizophagen Arten *B. ichneumoniformis* und *Ch. empiformis* scheint das Offenland der Stromtrasse aufgrund der Staunässe und hochwüchsiger Gräser ebenfalls kein geeigneter Biotop zu sein. Diese Arten bevorzugen lückige und offenbodenreiche Habitate mit Beständen ihrer Larvalpflanzen *Euphorbia cyparissias* und *Lotus corniculatus*. Entsprechend gelangen an den Standorten Steinenberg, Ödenburg und Hirschauer Berg auf den ausgedehnten krautreichen Magerrasen viele Einachse und Fallenfänge dieser Arten.

Ausgesprochen niedrige Fangzahlen wurden im Himbachtal erreicht: Bedingt durch den geringen Pheromonbesatz konnten außer *S. myopaeformis* nur vier weitere Arten imaginal nachgewiesen werden. Die seltenen Fänge der rhizophagen

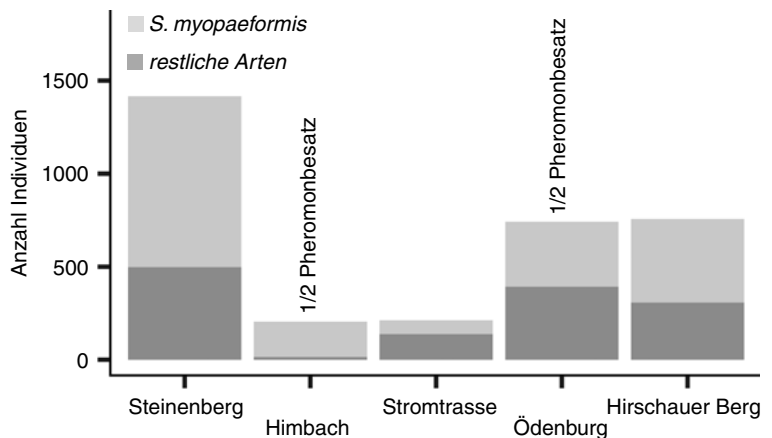


Abbildung 25. Fangzahlen der Fallenstandorte mit den jeweiligen Anteilen von *Synanthedon myopaeformis*.

Arten (1x *B. ichneumoniformis*, 1x *B. albanensis*) lassen darauf schließen, dass die Magerwiesen in der Tallage deren Ansprüchen kaum gerecht werden. Sie sind überwiegend nach Nord-Osten orientiert, somit frischer und krautärmer als beispielsweise die südexponierten Wirtschaftswiesen am Steinenberg. Die intensive ackerbauliche Nutzung im Tal begünstigt zwar eine ungehinderte Verbreitung der Pheromone, führt jedoch gleichzeitig zu einem Mangel an geeigneten Larvalpflanzen. Dass einzelne Pflanzen und menschliche Eingriffe in einem Gebiet entscheidend zur Glasflüglerfauna beitragen können, zeigen die präimaginalen Funde von *S. apiformis* und *P. tabaniformis* an einer gefällten Pappel. Für *P. tabaniformis*-Larven stellen die jungen Stockausschläge ein ideales Nährmedium dar.

Dank

Unser Dank gilt Herrn ROBERT TRUSCH für die Bereitstellung der Datensätze der Landesdatenbank Schmetterlinge Baden-Württembergs sowie den engagierten Meldern, die uns ihre Daten überlassen haben. Bei der Arbeitsgruppe Evolutionsbiologie der Invertebraten an der Universität Tübingen bedanken wir uns recht herzlich für die Möglichkeit der Mitbenutzung des Fotomikroskops. Der Unteren Naturschutzbehörde am Regierungspräsidium Tübingen danken wir für die Ausnahmegenehmigung, die die vorliegende Arbeit erst ermöglichte.

Literatur

- BAKOWSKI, M., ULRICH, W. & LAŠŤŮVKA, Z. (2010): Environmental correlates of species richness of Sesiidae (Lepidoptera) in Europe. – *European Journal of Entomology* **107**: 563-570.
- BARTSCH, D. (1992): Die Sesiiden des Großraums Stuttgart (Lepidoptera: Sesiidae). – *Mitteilungen des Entomologischen Vereins Stuttgart* **27**: 43-52.
- BARTSCH, D. (2019): Die Schmetterlinge des NSG Leudelsbachtal bei Markgröningen und des darin gelegenen Grundstücks des Entomologischen Vereins Stuttgart, 91 Jahre Feldforschung. – *Mitteilungen des Entomologischen Vereins Stuttgart* **54**: 1-307.
- BARTSCH, D., BETTAG, E., BLÄSIUS, R., BLUM, E., KALLIES, A., ŠPATENKA, K., WEBER, F. (1997): Sesiidae (Glasflügler). – In: EBERT, G. (Hrsg.): Die Schmetterlinge Baden-Württembergs **5**: 61-200; Stuttgart (Ulmer).
- BARTSCH, D. & PELZ, V. (1997): Untersuchungen zur Biologie und Phänologie einer hochsubalpinen Population von *Synanthedon soffneri* Špatenka 1983 aus der Schweiz (Lepidoptera: Sesiidae). – *Mitteilungen des Entomologischen Vereins Stuttgart* **32**: 112-116.
- BLÖCHLINGER, H. (2000): Die Ochsenfurt bei Frauenfeld, ein einmaliges Glasflügler-Biotop. – *Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft* **56**: 24-39.
- BLUM, E. (1997): Künstliche Sexuallockstoffe (Pheromone) als Fang- und Anlockmethode bei Glasflüglern. – In: EBERT, G. (Hrsg.): Die Schmetterlinge Baden-Württembergs **5**: 62-65; Stuttgart (Ulmer).
- BUCHHOLZ, A. & SIEDLE, K. (2019): Artenliste der Pflanzen des Spitzbergs. (Anhang 1) – In: GOTTSCHALK, T. (Hrsg.): Der Spitzberg, Landschaft, Biodiversität und Naturschutz: 514-532; Ostfildern (Jan Thorbecke).
- DOCZKAL, D. & RENNWALD, E. (1992): Beobachtungen zur Lebensweise, Verbreitung und Gefährdung des „Kreuzdorn-Glasflüglers“ *Synanthedon stomoxiformis* (HÜBNER, 1790) in Baden-Württemberg. – *Atalanta* **23**: 259-274.
- DWD [Deutscher Wetterdienst] (2020a): Pressemitteilung Deutschlandwetter im April 2020. – Offenbach.
- DWD [Deutscher Wetterdienst] (2020b): Pressemitteilung Deutschlandwetter im Juli 2020. – Offenbach.
- DWD [Deutscher Wetterdienst] (2020c): Pressemitteilung Deutschlandwetter im Winter 2019/20. – Offenbach.
- EBERT, G. (Hrsg.) (1997): Die Schmetterlinge Baden-Württembergs **5** Nachfalter III. – 575 S.; Stuttgart (Ulmer).
- EBERT, G. (Hrsg.) (2005): Die Schmetterlinge Baden-Württembergs **10** Ergänzungsband. – 426 S.; Stuttgart (Ulmer).
- EBERT, G., HOFMANN, A., KARBIENER, O., MEINEKE, J., STEINER, A. & TRUSCH, R. (2008): Rote Liste und Artenverzeichnis der Großschmetterlinge Baden-Württembergs (Stand 2004). – In: EBERT, G. (Hrsg.) (2005): Die Schmetterlinge Baden-Württembergs **10** Ergänzungsband: 110-133; Stuttgart (Ulmer).
- GAEDIKE, R., NUSS, M., STEINER, A. & TRUSCH, R. (2017): Entomofauna Germanica 3: Verzeichnis der Schmetterlinge Deutschlands, 2. überarbeitete Auflage. – *Entomologische Nachrichten und Berichte, Beiheft* **21**: 1-362.
- GOTTSCHALK, T. (2019a): Einführung. – In: GOTTSCHALK, T. (Hrsg.): Der Spitzberg, Landschaft, Biodiversität und Naturschutz: 11-23; Ostfildern (Jan Thorbecke).
- GOTTSCHALK, T. (Hrsg.) (2019b): Der Spitzberg, Landschaft, Biodiversität und Naturschutz. – 567 S.; Ostfildern (Jan Thorbecke).
- HAMBORG, D. (1991): Der Steinbruch Klausen: Ein Refugium thermophiler Pflanzen- und Tierarten. Eine botanisch-zoologische Bestandsaufnahme, Glasflügler (Sesiidae). – *Mitteilungen der Entomologischen Arbeitsgemeinschaft Salzkammergut* **3**: 34-46.
- HAMBORG, D. (1993): Fünf für die Steiermark neue *Synanthedon*-Arten (Lepidoptera, Sesiidae). – *Entomofauna* **14**(8): 149-172.
- HERMANN, G., BAMANN, T. & ZEPF, M. (2013): Verbreitung und Habitatnutzung des Birkenspinners (*Endromis versicolora*, LINNAEUS, 1758) in einem waldgeprägten Naturraum Baden-Württembergs (Lepidoptera, Endromidae). – *Jahreshefte der Gesellschaft für Naturkunde in Württemberg* **169**: 263-291.
- JACOBI, B. (2008): Neue Funde des Hornklee-Glasflüglers *Bembecia ichneumoniformis* ([DENIS & SCHIFFER-

- MÜLLER], 1775) für die Großlandschaften I, II und IIIa Nordrhein-Westfalens. – *Melanargia* **20**: 1-8.
- KALLIES, A. & HAMBORG, D. (1993): Wenig bekannte Sesiiden-Arten aus Deutschland mit Anmerkungen zur Biologie und Verbreitung (Lep., Sesiidae). – *Mitteilungen Thüringer entomologischer Verband „0“* (Probeheft): 4-12.
- KASPARI, M., PICKERING, J. & WINDSOR, D. (2001): The reproductive flight phenology of a neotropical ant assemblage. – *Ecological Entomology* **26**(3): 245-257.
- KAUFMANN, H. & SCHMID, G. (1966): Schmetterlingsfauna (Macrolepidoptera) von Tübingen mit besonderer Berücksichtigung des Spitzbergs. – In: MÜLLER, T., GÖRS, S. & SCHMID, G. (Hrsg.): *Der Spitzberg bei Tübingen. – Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs* **3**: 129-155; Ludwigsburg (Landesstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg).
- KÖHLER, J. (1992): Die Glasflügler (Lepidoptera: Sesiidae) im Hannoverschen Wendland (Ost-Niedersachsen). Biologische und ökologische Ergebnisse. – *Braunschweiger naturkundliche Schriften* **4**(1): 101-141.
- KÖHLER, J. (1996): Die Glasflügler (Lepidoptera: Sesiidae) im Hannoverschen Wendland (Ost-Niedersachsen). *Sesia bembeciformis* und *Synanthedon flaviventris*. – *Braunschweiger naturkundliche Schriften* **5**(1): 55-70.
- MÜLLER, T., GÖRS, S. & SCHMID, G. (Hrsg.) (1966): *Der Spitzberg bei Tübingen. – Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs* **3**: 1-1142; Ludwigsburg (Landesstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg).
- LAŠTŮVKA, Z. (1989): Eine Übersicht der Futterpflanzen der europäischen Glasflügler (Lepidoptera, Sesiidae) – *Acta Universitatis Agriculturae (Brno), Facultas Agronomica* **37**: 153-162.
- LAŠTŮVKA, Z. & LAŠTŮVKA, A. (2001): The Sesiidae of Europe. – 245 S.; Stenstrup (Apollo Books).
- NAUMANN, C. (1971): Untersuchungen zur Systematik und Phylogenie der Holarktischen Sesiiden (Insecta, Lepidoptera). – *Bonner zoologische Monographien* **1**: 1-190.
- PREDOVNIK, Ž. (2018): Faunistic notes on clearwing moths (Lepidoptera: Sesiidae) in western Hungary. – *Acta entomologica slovenica* **26**: 41-54.
- PRIESNER, E., WITZGALL, P. & VOERMAN, S. J. (1986): Field attraction response of raspberry clearwing moths, *Pennisethia hylaeiformis* LASP. (Lepidoptera: Sesiidae), to candidate pheromone chemicals. – *Journal of Applied Entomology* **102**: 195-210.
- PÜHRINGER, F. (1994): Zur Biologie der oberösterreichischen Glasflügler (Lepidoptera, Sesiidae). – *Entomologische Arbeitsgemeinschaft Salzkammergut – Jahresbericht 1994*: 1-84.
- PÜHRINGER, F. & RYRHOLOM, N. (2000): Pheromonanflug europäischer Glasflügler (Lepidoptera, Sesiidae). – *Mitteilungen der Entomologischen Arbeitsgemeinschaft Salzkammergut* **3**: 65-72.
- PÜHRINGER, F. & KALLIES, A. (2004): Provisional checklist of the Sesiidae of the world (Lepidoptera: Ditrysia). – *Mitteilungen der Entomologischen Arbeitsgemeinschaft Salzkammergut* **4**: 1-85.
- RÄMISCH, F. (2012): Habitatwahl und Larvalbiologie des Eichenzweig-Glasflüglers *Paranthrene insolita polonica* (SCHNAIDER, 1939) (Lepidoptera, Sesiidae). – *Märkische Entomologische Nachrichten* **14**(1): 1-49.
- RÄMISCH, F. & GELBRECHT, J. (2008): Die Glasflügler Brandenburgs (Lepidoptera, Sesiidae) - Lebensweise, Raupensuche, Zucht. – *Märkische Entomologische Nachrichten* **10**(2): 141-164.
- RÄMISCH, F. & SOBCZYK, T. (1998): Aktuelle Verbreitung und Biologie des Glasflüglers *Synanthedon flaviventris* (STAUDINGER, 1883) in Brandenburg und im angrenzenden Sachsen (Lep., Sesiidae). – *Entomologische Nachrichten und Berichte* **42**: 37-40.
- RENNWALD, E., DOCZKAL, D. & BARTSCH, D. (1993): Beobachtungen zur Lebensweise, Verbreitung und Gefährdung des „Schneeball-Glasflüglers“ *Synanthedon andrenaeformis* (LASPEYRES, 1801) in Baden-Württemberg (Lepidoptera, Sesiidae). – *Atalanta* **24**(1): 181-205.
- ROSNER, H.-J. (2019): Das Klima am Spitzberg. – In: GOTTSCHALK T. (Hrsg.): *Der Spitzberg, Landschaft, Biodiversität und Naturschutz*: 67-83; Ostfildern (Jan Thorbecke).
- RUDNICK, K. (2012): Beitrag zur Glasflügler-Fauna auf der Halbinsel Wittow/Rügen (Lepidoptera: Sesiidae). – *Virgo, Mitteilungsblatt des Entomologischen Vereins Mecklenburg* **15**(1): 39-42.
- SAGE, W. (2005): Die Glasflügler (Sesiidae) im Inn-Salzach-Gebiet, Südostbayern und den angrenzenden Bereichen. – *Mitteilungen der Zoologischen Gesellschaft Braunau* **9**: 19-35.
- SCHMITT, J. (2020): Die Glasflüglerfauna im Raum Tübingen (Lepidoptera: Sesiidae) – Artkartierung und Erhebung phänologischer Daten mithilfe synthetischer Sexualpheromone. – 102 S.; unveröffentlichte Bachelorarbeit, Eberhard-Karls-Universität Tübingen.
- SOBCZYK, T. (1996): *Synanthedon loranthei* (KRÁLICEK, 1966) in Ostdeutschland (Lep., Sesiidae) – *Entomologische Nachrichten und Berichte* **40**: 49-51.
- SOBCZYK, T. (2000): Erfahrungen bei der Erfassung von Glasflüglern. – *Mitteilungen Sächsischer Entomologen* **51**: 18-20.
- ŠPATENKA, K., GORBUNOV, O., LAŠTŮVKA, Z., TOSEVSKI, I. & ARITA, Y. (1999): Sesiidae, Clearwing Moths. – In: NAUMANN, C. M. (ed.): *Handbook of Palaearctic Macrolepidoptera Vol. 1*: 1-569; Wallingford (Gem Publishing).
- STADIE, D. (1995): Lebensweise und Verbreitung des Kreuzdornglasflüglers *Synanthedon stomoxiformis* (HÜBNER, 1790) in Thüringen und Sachsen-Anhalt (Lep., Sesiidae). – *Entomologische Nachrichten und Berichte* **39**: 219-223.
- STEINER, A. & PERTZEL, P. (2019): Die Nachtfalter des Spitzbergs. – In: GOTTSCHALK, T. (Hrsg.): *Der Spitzberg, Landschaft, Biodiversität und Naturschutz*: 254-284; Ostfildern (Jan Thorbecke).
- STEFFNY, H. (1990): Ein Beitrag zu Faunistik und Ökologie der Glasflügler Südbadens (Lep., Sesiidae). – *Melanargia* **2**: 32-57.

- TRUSCH, R. (2009): Wie behalten wir den Überblick über die Schmetterlinge Baden-Württembergs? Moderne Faunistik mit der Landesdatenbank am Naturkundemuseum Karlsruhe. – *Entomologie heute* **21**: 183-191.
- WICKHAM, H. (2016): *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. – 260 S.; New-York (Springer).

Internetquellen

- LTZ [Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg] (2020): Wetterstation Unterjesingen. – www.wetter-bw.de/Agrarmeteorologie-BW/Wetterdaten/Stationen-nach-Region/Tuebingen/BWAM146, Stand 19.1.2021.
- MAI, F. (2012): *Synanthedon loranthi*. – www.lepiforum.de/2_forum.pl?md=read;id=85626, Stand 25.1.2020.
- PÜHRINGER, F. (2014): Pheromone attraction of European and North African clear wing moths (Lepidoptera: Sesiidae) II. – www.sesiidae.net/pheranfl.htm, Stand 9.8.2020.
- PÜHRINGER, F. (2017): Gebrauch der Pheromonpräparate. – www.sesiidae.net/pherinfo.htm, Stand 18.8.2020.
- R Core Team (2020): R: A language and environment for statistical computing (Version 4.0.2). – www.R-project.org, Vienna (.R Foundation for Statistical Computing),
- RÄMISCH, F. (2020): *Synanthedon flaviventris* (STAUDINGER, 1883) Weidengallen-Glasflügler. – www.lepiforum.de/lepiwiki.pl?Synanthedon_Flaviventris, Stand 19.8.2020.
- SMNK [Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe] (2020): Landesdatenbank Schmetterlinge Baden-Württembergs. – www.schmetterlinge-bw.de, Stand 2018.
- THEOBALD, J. & HERMANN, G. (2020): Zitterpappel-Wurzelbrut als Larvalhabitat von *Paranthrene tabaniformis*. – www.lepiforum.de/2_forum_2017.pl?md=read;id=23520, Stand 23.8.2020.
- ZEPF, M. & HERMANN, G. (2017): Eiablagebeobachtung von *Pyropteron chrysidiformis* im Enztal (Baden-Württemberg). – www.lepiforum.de/2_forum_2013.pl?page=1;md=read;id=36237, Stand 2.8.2020.