

AM FLUSSPFERDE OBERRHEIN



WIE WAR DIE EISZEIT WIRKLICH?

von Eberhard Frey
und Ute Gebhardt

mit Beiträgen von Eduard Harms, Sabrina Hug,
Till Kirstein, Astrid Lange, Sabine Mahr, Anna Prim
sowie Arbeitsgemeinschaft
Sieveking von Borck,
Bach Dolder Architekten
und Sabrina Fritz



Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe


Baden-Württemberg

Impressum

„Flusspferde am Oberrhein –
wie war die Eiszeit wirklich?“

Band 6 aus der Reihe
„Karlsruher Naturhefte“

© 2018, 1. Auflage

Verlagsort: Karlsruhe

Herausgeber:
Staatl. Museum für Naturkunde Karlsruhe
Erbprinzenstr. 13, 76133 Karlsruhe
Tel.: (0721) 175-2111, Fax: 175-2110
E-Mail: museum@naturkundeka-bw.de
www.naturkundemuseum-karlsruhe.de

Redaktion:
Prof. Dr. Eberhard Frey,
Dr. Ute Gebhardt,
Prof. Dr. Norbert Lenz,
Dr. Sabine Mahr

Druck, Layout und Verarbeitung:
Stober GmbH, Eggenstein

Alle Rechte vorbehalten.
Kein Teil dieses Bandes darf ohne
schriftliche Genehmigung der Autoren
und des Herausgebers vervielfältigt
oder verbreitet werden. Unter dieses
Verbot fallen auch die Aufnahme in
elektronische Datenbanken und die
Vervielfältigung auf CD-ROM.

ISSN: 1864-8827
ISBN: 978-3-925631-17-7



Baden-Württemberg





INHALTSVERZEICHNIS

6	Grußwort (Winfried Kretschmann, Ministerpräsident des Landes Baden-Württemberg)
8	Vorwort (Prof. Dr. Norbert Lenz, Direktor des Staatlichen Museums für Naturkunde Karlsruhe)
10	1 Die Sache mit der „Eiszeit“
12	2 Eiszeit am Oberrhein – das Pleistozän
13	2.1 Der Oberrheingraben
15	2.2 Wann lebten Flusspferde am Oberrhein?
16	2.2.1 Das wechselvolle Ende des Quartären Eiszeitalters
16	2.2.2 Wie hoch waren denn nun die Temperaturen?
18	2.3 Woher wissen wir, wie die klimatischen Bedingungen waren?
19	2.3.1 Geologische Klimazeugen
19	2.3.1.1 Warmzeitzeugen
23	2.3.1.2 Kaltzeitzeugen
28	2.3.2 Biologische Klimazeugen – Pollenprofile
30	2.3.3 Geographische Klimazeugen – was uns Böden erzählen
34	2.4 Wie kam es zum letzten Eiszeitalter?
34	2.4.1 Kosmische Ursachen – die Milanković-Zyklen
35	2.4.2 Irdische Ursachen
35	2.4.2.1 Meeresströmungen und die Lage der Kontinente
38	2.4.2.2 Der Albedo-Effekt
41	2.5 Gab es in der Vergangenheit weitere Eiszeitalter?
44	2.5.1 Das Huronische Eiszeitalter
48	2.5.2 Die Kryogenischen Eiszeitalter
51	2.5.3 Die Ediacarischen Eiszeitalter

54	2.5.4 Das Ordovizische (Sahara- oder Hirnantische) Eiszeitalter
57	2.5.5 Das Permokarbonische Eiszeitalter
60	2.5.6 Das Quartäre Eiszeitalter

64 **3 Die Lebewelt im Pleistozän**

66	3.1 Die Eem-Warmzeit
67	3.1.1 Die Pflanzenwelt des Eem
78	3.1.2 Der eem-zeitliche Sommer
91	3.1.3 Der eem-zeitliche Winter
108	3.1.4 Menschen im Eem
110	3.2 Die Würm-Kaltzeit
111	3.2.1 Die Pflanzenwelt des Würm
118	3.2.2 Der würm-zeitliche Sommer
132	3.2.3 Der würm-zeitliche Winter
146	3.2.3.1 Überwinterungsstrategien
149	3.2.4 Der anatomisch moderne Mensch: <i>Homo sapiens</i>

152 **4 Die Warmzeit nach dem Würm: das Holozän**

154 **5 Die Ausstellung**

158	Ausstellungs-Impressum
160	Literatur

GRUSSWORT



Der Oberrheingraben zwischen Schwarzwald und Vogesen gehört heute zu den markantesten und vielgestaltigsten Landschaften Süddeutschlands. Vieles wird mit ihm verbunden: von sonnenverwöhntem Wein bis zum rosaroten Granit aus dem Bühler Tal, aber keinesfalls Flusspferde! Alleine schon deswegen wirkt der Haupttitel der Großen Landesausstellung „Flusspferde am Oberrhein“ widersprüchlich, ja provozierend. Der Untertitel „Wie war die Eiszeit wirklich?“ löst allgemeines Kopfschütteln aus: Flusspferd – Eiszeit – Oberrhein. Hier wird bewiesen, dass dies alles – in der Vergangenheit – sehr gut zusammenpasste.

Der Wechsel von Kalt- und Warmzeiten und die damit verbundene Klimadynamik des Eiszeitalters prägen unsere Landschaft bis heute. Auch am Oberrhein sind Zeugen

dieser wechselvollen Zeit überall zu finden. Mächtige Sandbänke und Torflager bildeten sich in den Warmzeiten. In den Kaltzeiten schüttete der Rhein Kiesbänke und Schotterterrassen auf. Karsen bildeten sich unter den Firnkappen auf den Höhen des Schwarzwaldes, wie zum Beispiel der Mummelsee. Und im Feldberggebiet hinterließen Gletscher Schrammen im Granitgestein. Eisige Winde fegten den feinen Sand und Staub aus den Kies- und Schotterebenen und lagerten ihn in geschützten Nischen als fruchtbaren Löss ab, auf dem heute zum Teil die besten Spargel und Weine der Welt wachsen.

Der Oberrhein hatte und hat wegen seiner Nord-Süd-Orientierung eine geschützte Lage. Deshalb diente die Oberrheinregion besonders während der Kaltzeiten zahlreichen Tieren und Pflanzen als Refugium. Auf dem gefrorenen Boden wuchs die Mammutsteppe, die Großtieren wie Wollhaarmammut und Wollhaarnashorn auch in den eisigen Wintern Nahrung bot. In klirrend kalten Wintern suchten sich winteraktive Tiere ihre Nahrung auch unter dem Schnee. Andere verschliefen die kalte Jahreszeit, wie beispielsweise die Murmeltiere. Im Sommer erblühte die Mammutsteppe in allen Farben. Der Boden taut nur oberflächlich auf. Morastige Sümpfe breiteten sich aus.

In den Warmzeiten, zum Beispiel in der letzten Warmzeit vor 126.000 Jahren, war das Klima nahezu identisch mit dem heutigen. Die Sommer waren schwülheiß, die Winter mild und regenreich. Europäische Waldelefanten und Merck'sche Waldnashörner wären uns in vertrauten Auenwäldern begegnet, aber auch zahllose Tiere, die wir heute noch kennen, wie Rotfuchs und Graureiher. In dieser frostfreien Welt lebten der Europäische Wasserbüffel und eben auch das Flusspferd, was Knochenfunde belegen.

Vor etwa 11.700 Jahren reagierten – wie immer bei Klimaveränderungen – zuerst die Pflanzen auf die neuerliche Klimaerwärmung. Dann starben die meisten Großtiere aus. Eine neue Warmzeit hatte begonnen. Und noch etwas geschah: Der Mensch begann, zum Ökofaktor Nummer eins zu werden.

Die Ausstellung und das hier vorliegende, begleitende Buch „Flusspferde am Oberrhein – wie war die Eiszeit wirklich?“ ist nicht nur eine Reise in die Vergangenheit des Oberrheingrabens. Der Band ist auch ein Anstoß, über die grundlegenden Zusammenhänge zwischen Klima, Mensch und Natur nachzudenken. Wir müssen ein Bewusstsein dafür schaffen, dass nur wenige Grad den Unterschied zwischen völlig unterschiedlichen Umgebungen ausmachen. Und das kann man in einer Zeit gar nicht überschätzen, in der der Mensch das Klima unseres Planeten auf eine dramatische Art und Weise verändert.

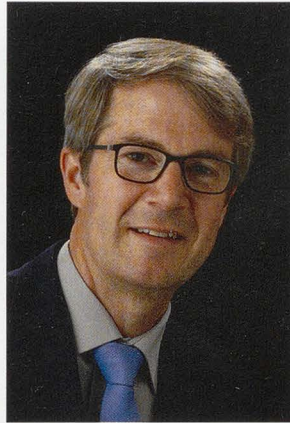
Die Ausstellung des Staatlichen Museums für Naturkunde Karlsruhe gibt auf außerordentlich anschauliche Weise kundig Einblicke in die Vorgeschichte unserer Heimat und öffnet dabei ein Fenster zum Verständnis auch dieser Zusammenhänge heute. Ich danke allen Verantwortlichen und Beteiligten für ihre beeindruckende Arbeit und werde mich freuen, wenn viele Besucherinnen und Besucher den Weg nach Karlsruhe finden.

Winfried Kretschmann

Ministerpräsident des Landes Baden-Württemberg

VORWORT

8



„Flusspferde am Oberrhein – wie war die Eiszeit wirklich?“ ist die zweite Große Landesausstellung im Staatlichen Museum für Naturkunde Karlsruhe (SMNK). Schon lange bestand der Wunsch, die bedeutende Sammlung eiszeitlicher Funde des Museums der breiten Öffentlichkeit zu präsentieren, und zwar mit einer großen, attraktiv gestalteten Ausstellung, nicht nur im Rahmen einer Sonderführung in den Sammlungskeller im Untergeschoss des Pavillons des Naturkundemuseums. Derartige Führungen in diesen sogenannten „Eiszeitkeller“ erfreuten sich zwar seit Jahren an jedem „Tag der offenen Tür“ stets großer Beliebtheit. Sie können aber kein Ersatz sein für eine den heutigen Ansprüchen an Ausstellungsdesign und Szenografie sowie Museumspädagogik und selbstverständlich auch dem aktuellen Stand der Wissenschaft entsprechende Präsentation.

Dass dieses lang gehegte Vorhaben im Jahr 2018 endlich umgesetzt werden konnte, ist den Mitteln des Landes Baden-Württemberg für diese Große Landesausstellung zu verdanken sowie der Unterstützung durch das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst. Ganz besonderer Dank gebührt Ministerpräsident Winfried Kretschmann, der die Landesausstellung am 20. Juni 2018 eröffnete und – ebenso wie in dieser Publikation – in einem Grußwort sein großes Interesse an der Thematik sowie seine hohe Wertschätzung für die vom Naturkundemuseum Karlsruhe geleistete Arbeit zum Ausdruck brachte.

Als das Museum im Jahr 2013 das Ausstellungsthema dem Land vorschlug, lautete der Arbeitstitel für die Landesausstellung noch „Eiszeit am Oberrhein – Klima, Flora, Fauna, Mensch“. Doch die Umbenennung erfolgte bereits in der Vorplanungsphase, als deutlich wurde, wie wichtig es dem Ausstellungsteam war, mit einigen falschen, aber weit verbreiteten Vorstellungen über „die Eiszeit“ aufzuräumen. Zum einen gab es eben nicht nur „die Eiszeit“, sondern diverse: im Laufe der Erdgeschichte mindestens sechs, mit einer Gesamtdauer von etwa 370 Millionen Jahren. Und es war auch nicht immer „eisig“, sondern Kalt- und Warmzeiten wechselten sich ab.

Auch die Tierwelt bestand nicht nur aus „gut verpackten“ Arten wie Wollhaarmammut, Wollhaarnashorn und Moschusochse, sondern auch aus eher „sparsam behaarten“ Arten wie Europäischer Waldelefant, Merck'sches Waldnashorn und – nicht zu vergessen: das Flusspferd! Durch Flusspferde sterben zwar alljährlich in Afrika mehr Menschen als durch Löwen, dennoch erfreuen sie sich ungewöhnlicher Beliebtheit, weshalb die Tatsache, dass es sie vor mehr als 115.000 Jahren auch am Oberrhein gab, zum Anlass genommen wurde, sie als „Werbe-Ikone“ für die Große Landesausstellung zu wählen.

Ein Grobkonzept für die Ausstellung lag bereits seit Jahren „in der Schublade“ und wartete darauf, endlich umgesetzt werden zu können. Dr. Ute Gebhardt, Leiterin des Referats Geologie, Sedimentologie und Mineralogie des Naturkundemuseums Karlsruhe, hatte es zusammen mit Dipl.-Geol. Dieter Schreiber und dem Präparator und Sammlungsbetreuer Wolfgang Munk erarbeitet. Dank der Landesmittel für die Ausstellung konnte sowohl die Gestaltung der Ausstellung als auch eine auf zwei Jahre befristete Stelle

für eine/n weitere/n wissenschaftliche/n Mitarbeiter/in ausgeschrieben werden. Ausgewählt wurden die Arbeitsgemeinschaft Sieveking von Borck, Bach Dolder Architekten und Sabrina Fritz für die Gestaltung sowie Dr. Sabine Mahr für die wissenschaftliche Mitarbeit. Beide erwiesen sich als Glücksgriff, sodass zusammen mit dem Abteilungsleiter Geowissenschaften des Museums, Prof. Dr. Eberhard „Dino“ Frey, ein ideen- und kenntnisreiches, aber auch gut kommunizierendes, produktives Ausstellungsteam entstand. Diesem gehörten noch viele weitere Kolleginnen und Kollegen aus dem Museum an, denen ich ebenso wie den mit der technischen Umsetzung beauftragten Firmen und Personen sowie allen Leihgebern und Förderern sehr herzlich für die geleistete, erfolgreiche Arbeit und Hilfe danken möchte! Eine Zusammenstellung aller Mitwirkenden findet sich am Ende dieses Bandes.

Die Große Landesausstellung „Flusspferde am Oberrhein – wie war die Eiszeit wirklich?“ befasst sich mit Klimaveränderungen der Vergangenheit sowie dem damit einhergehenden Wandel von Flora und Fauna. Sie kann und soll aber auch dazu anregen, sich mit den aktuellen Diskussionen über den Klimawandel und die Veränderungen in der heimischen Pflanzen- und Tierwelt zu befassen. Das sich vermeintlich „nur“ mit Vergangenheit befassende Ausstellungsthema ist vielmehr hochaktuell und das Naturkundemuseum Karlsruhe ein idealer Ort, um Grundlagenwissen zu erwerben. Ein Besuch der Landesausstellung „Flusspferde am Oberrhein“ ist aber auch sehr unterhaltsam und aufgrund der übersichtlichen inhaltlichen Struktur sowie der attraktiven Exponate zugänglich für alle Alters- und Bevölkerungsgruppen. Ich bin daher zuversichtlich, dass die Ausstellung ebenso wie bereits die erste Große Landesausstellung des Museums im Jahr 2013 („bodenlos – durch die Luft und unter Wasser“) ein großer Besuchererfolg wird und diese Publikation zur Ausstellung über diese hinaus eine spannende Informationsquelle über die „Eiszeit am Oberrhein“!

Prof. Dr. Norbert Lenz

Direktor des Staatlichen Museums für Naturkunde Karlsruhe

1 DIE SACHE MIT DER „EISZEIT“



Wer das Wort „Eiszeit“ hört, denkt an Kälte, Schnee und Gletscher. Das ist aber nicht wirklich richtig.

Das Wort „Eiszeit“ wird meist als Abkürzung von „Eiszeitalter“ benutzt. In Eiszeitaltern schwankt das Klima aber beträchtlich. Warmzeiten, in denen es sogar wärmer war

als heute, wechselten sich ab mit Kaltzeiten, in denen die Jahresmitteltemperaturen unter den Nullpunkt sackten. Dieses Buch lädt ein, die Ursachen für die Entstehung von Eiszeitaltern zu entdecken und vor allem die vielfältige Lebewelt am Oberrhein während der letzten Warm- und Kaltzeit im Wechsel der Jahreszeiten zu erkunden.

i

Flusspferde am Oberrhein?

Ja, sicher!
Die gab es wirklich, und es gibt Beweise dafür.



Dies ist der Schädel eines Flusspferdes. Kaum zu glauben, dass diese Kolosse erst vor 115.000 Jahren am Oberrhein ausstarben. Damals war es wärmer als heute, aber die Pflanzenwelt wäre uns merkwürdig vertraut vorgekommen.

Die Rhein-Flusspferde suchten ihre Nahrung zwischen Erlen, Birken und Haselsträuchern, bis eine drastische Abkühlung ihre Lebensbedingungen so verschlechterte, dass sie hier ausstarben.



Abbildung 1:
A: Schädel eines Flusspferdes; Original aus den Sammlungen des Staatlichen Museums für Naturkunde Karlsruhe,
B: lebensgroßes Modell, das für die Große Landesausstellung „Flusspferde am Oberrhein – wie war die Eiszeit wirklich?“ hergestellt wurde;
Hersteller: Quagga Ltd.
(Fotos: Volker Griener, SMINK)



2 EISZEIT

AM OBERRHEIN -

DAS PLEISTOZÄN

2.1 DER OBERRHEINGRABEN

Der Oberrheingraben gehört zu einer geologischen Bruchstruktur, die sich durch ganz Europa vom Graben von Teruel in Spanien über den Rhone- und den Bresse-Graben und weiter nach Norden über die Hessische Senke in die Niederrheinische Bucht und bis in den Central- und den Viking-Graben in der Nordsee erstreckt. Er wird nach Osten vom Schwarzwald, dem Kraichgau und dem Odenwald begrenzt, nach Westen von den Vogesen und dem Pfälzer Wald. Der Bereich dazwischen hat sich seit etwa 50 Millionen Jahren bis zu 5.000 m tief eingesenkt und wurde gleichzeitig mit Abtragungsschutt der umgebenden Gebirge aufgefüllt. Die jüngsten Ablagerungen stammen aus dem Quartären Eiszeitalter.

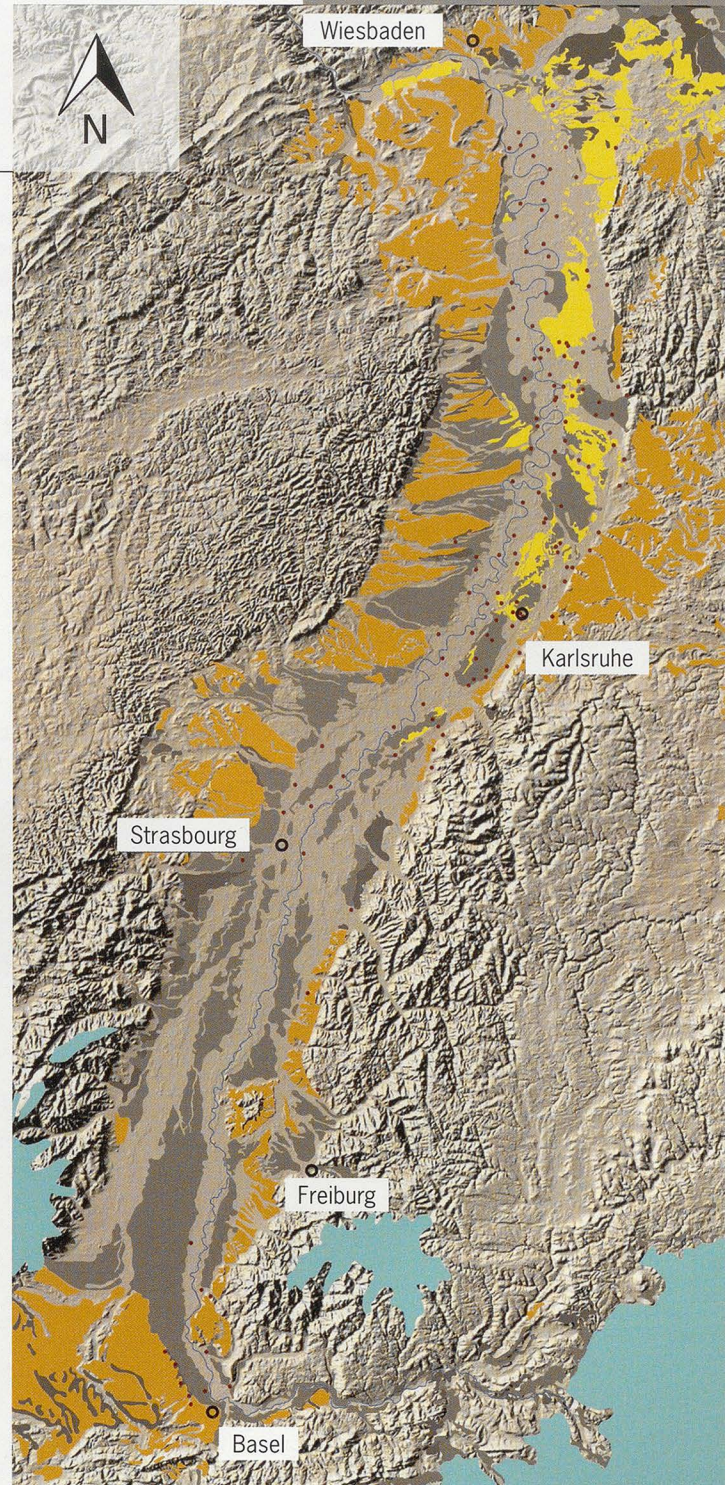
Dazu gehören Löss und Lösslehm, Moränen und Flussschotter sowie Torf. Auch in der Landschaft selbst haben Kaltzeiten und Warmzeiten Spuren hinterlassen. So sind z.B. die runden Kuppen von Feldberg, Schauinsland und Roskopf das Ergebnis von Gletscherschliff, der Bodensee ist ein Gletscherzungenbecken, das von einer Zunge des Alpengletschers ausgehobelt wurde,



Abbildung 2:

Oberrheingraben mit Ablagerungen des Quartären Eiszeitalters.

(Grafik: Elisa Scharlach, SMNK, zusammengestellt nach Geologischen Karten 1:25.000 (GK 25) und Schuster et al. 2013)



i Feldseekar

Der Feldsee ist eine Hohlform am Fuße des Feldbergs. Er entstand bereits in der Riß-Kaltzeit. Unter der Last und der Bewegung des Gletschereises bildete sich eine lehnstuhlartige Geländeform mit einer steilen, etwa 300 m hohen Rückwand – das Kar. Diese Karmulde wird durch einen halbrund verlaufenden Moränenwall abgeschlossen, der aus einer erheblichen Menge Gesteinsschutt besteht. So konnte sich dort nach Abschmelzen des Eises der Feldsee bilden.

und der Mummelsee, der Wildsee am Ruhestein, der Feldsee und der Glaswaldsee sind Karseen, also quasi die „Quellen“ ehemaliger Gletscher.

Schaut man auf eine Karte jener Zeit, ist unschwer erkennbar, dass sich Nordeuropa während der Würm-Kaltzeit unter einer dicken Eisdecke befand. Kaum zu glauben, aber diese war in Skandinavien über 3.000 m dick! Noch heute steigt die Erdkruste dort auf – und zwar allein deshalb, weil der dicke und vor allem schwere Eispanzer, der durch seine Last

den Untergrund nach unten gedrückt hatte, mittlerweile verschwunden ist.

Wegen seiner Position mitten in Europa lag der Oberrheingraben während der letzten Kaltzeit in dem „eisfreien Korridor“ zwischen dem mächtigen skandinavischen Eisschild und den Alpengletschern im Süden. Nur die höchsten Gipfel im südlichen Schwarzwald und in den Vogesen waren vergletschert. Der Oberrheingraben selbst war eisfrei. Er hatte schon immer ein günstiges Klima mit relativ schneearmen Wintern in den Kaltzeiten und feuchtwarmen Sommern und frostfreien Wintern in den Warmzeiten. Deshalb herrschten im Oberrheingraben sowohl in den Warm- als auch in den Kaltzeiten gute Lebensbedingungen für eine vielfältige Tier- und Pflanzenwelt.

Abbildung 3: Europa während der letzten Kaltzeit. (Grafik: Elisa Scharlach, SMNK, Joanna Czajka, Hamburg; zusammengestellt nach Böse et al. 2012, Schuster et al. 2013 und Lasberg 2014)



2.2 WANN LEBTEN FLUSSPFERDE AM OBERRHEIN?

Klimawandel ist keine Erfindung der Neuzeit und schon gar nicht des Menschen, im Gegenteil: Das Klima der Erde war immer im Wandel. Seit etwa 2,9 Milliarden (2.900 Millionen) Jahren gibt es Hinweise darauf, dass sich Eiszeitalter und Zeiten ohne Eisbedeckung abgewechselt haben. Seit 2,6 Millionen Jahren leben auch wir in einem

Eiszeitalter, das heißt, beide Pole sind mit Eiskappen bedeckt. Dabei ist das Klima nicht immer gleichmäßig kalt. Auch während des letzten Eiszeitalters, dem Pleistozän, gab es deutlich wärmere und deutlich kühlere Zeiten als heute. Und das trifft auch auf den Oberrheingraben zu.

Flusspferde am Oberrhein! Heute leben sie nur in Afrika. Doch bis vor 115.000 Jahren gab es diese imposanten Kolosse auch bei uns. So liegt die Vermutung nahe, dass die Temperaturen damals ähnlich hoch wie heute in Afrika gewesen sein müssen. Doch die durchschnittliche Jahrestemperatur war nur um einige Grad Celsius höher als heute: Das Flusspferd lebte hier in einer Warmzeit.



i Pflanzen und Tiere stellen spezielle Anforderungen an ihre Umwelt. Fossile Funde sind daher wertvolle Klimazeugen. In Kaltzeiten kamen hier Tiere und Pflanzen vor, die wir heute im hohen Norden finden – mit Ausnahme der Arten, die ausgestorben sind. In der letzten Warmzeit lebten hier Tiere und Pflanzen, die nach der letzten Kaltzeit nicht wieder eingewandert sind. Deshalb können wir im Oberrheingraben Knochen von Flusspferden finden, die bis vor 115.000 Jahren tatsächlich hier gelebt haben. Dieses Zahnfragment ist ein Beweis dafür. So bruchstückhaft sehen leider die meisten Nachweise von Flusspferden aus.

Abbildung 4:
Eckzahn eines pleistozänen Flusspferdes aus dem Oberrheingebiet; Original aus den Sammlungen des Staatlichen Museums für Naturkunde Karlsruhe.
(Foto: Volker Griener, SMNK)

2.2.1 DAS WECHSELVOLLE ENDE DES QUARTÄREN EISZEITALTERS

Noch bis ins 19. Jahrhundert bezeichneten die Geologen das Pleistozän als Diluvium, das Zeitalter der großen Sintflut, die nach Darstellung der Bibel fast alles Leben auf der Welt auslöschte. Das letzte Eiszeitalter begann mit dem Pleistozän, dessen Anfang festgelegt wurde auf die beginnende Arktisvereisung vor 2,58 Millionen Jahren. Sein Ende kam mit dem erneuten Anstieg der Temperaturen und dem weltweiten Aussterben zahlreicher Großtiere, der sogenannten Megafauna.

Ein Charakteristikum des Pleistozäns ist der Wechsel zwischen Warm- und Kaltzeiten, in denen das Klima entweder wärmer war als heute oder aber kälter. Der letzte Abschnitt des Pleistozäns war durch eine Warmzeit gekennzeichnet, die Eem-Warmzeit, die etwa 10.000 Jahre dauerte und eine Kaltzeit, die Würm-Kaltzeit, die etwa 105.000 Jahre in Eurasien

und Nordamerika für bittere Kälte sorgte. Diese beiden Zeitalter, das Eem und das Würm, sind Gegenstand dieses Buches, um die starken Klimagegensätze und deren Folgen für die Ökologie des Oberrheingrabens am Ende des Pleistozäns aufzuzeigen. Das Quartäre Eiszeitalter endete indes nicht am Ende des Pleistozäns, es dauert bis heute an. Wir befinden uns heute in der jüngsten Warmzeit, dem Holozän, und die ist noch nicht zu Ende.

2.2.2 WIE HOCH WAREN DENN NUN DIE TEMPERATUREN?

Temperaturen, die in der geologischen Vergangenheit geherrscht haben, kann man mit verschiedenen Methoden messen. Man untersucht dazu z.B. Sauerstoff-Isotopen in kalkschaligen Organismen oder Luft-einschlüsse in Eisbohrkernen aus Grönland, Sibirien oder Antarktika. Aus der Kombination dieser Daten lässt sich eine Temperaturkurve der letzten 2,6 Millionen Jahre rekonstruieren.

2.3 WOHER WISSEN WIR, WIE DIE KLIMATISCHEN BEDINGUNGEN WAREN?

18

Wie aber rekonstruiert man das Klima der Vergangenheit? Mithilfe von sogenannten Klimaarchiven! Ein häufig genutztes Klimaarchiv sind Foraminiferen.

Neben den Foraminiferen gibt es noch viele andere Klimaarchive, die Informationen zu früheren Klimaten speichern. Das sind z.B. Tropfsteine und Lufteinschlüsse in Eisbohrkernen, aber auch besonders dicke Sedimentablagerungen, die deshalb lange Zeitabschnitte erfassen. Dazu gehören zum Beispiel Lössablagerungen in China oder auch Sediment-Ablagerungen im

ältesten und tiefsten See der Erde, dem Baikalsee. Aus der Kombination dieser Daten lässt sich ein umfassendes Bild von der Klimaentwicklung auf der ganzen Erde rekonstruieren.

Es gibt aber auch unmittelbare Klimazeugen! Diese können pflanzlicher, tierischer und geologischer Natur sein. Sie liefern unterschiedliche Informationen, aus denen wir das Klima der Vergangenheit rekonstruieren können. Auch Böden und die Landschaft selbst enthalten Hinweise auf das Klima früherer Zeiten.

i

Foraminiferen – winzige Schönheiten mit Potenzial

Foraminiferen sind mikroskopisch kleine Meereslebewesen, die es seit vielen Hundert Millionen Jahren gibt. Sie bilden ihr Gehäuse aus Kalk, wofür sie Sauerstoff aus dem Meerwasser benötigen. Beim Einbau des Sauerstoffs in ihr Gehäuse archivieren die Foraminiferen so die Zusammensetzung des Meerwassers und das Isotopenverhältnis von ^{16}O zu ^{18}O zu ihren Lebzeiten.

Wenn die Foraminiferen sterben, sinken sie zu Boden und nehmen diese Klimainformationen mit ins Grab. Wissenschaftler finden in Sedimentbohrkernen, die viele solcher Bodenschichten beinhalten, Foraminiferen verschiedenen Alters. Dabei gilt: Je tiefer die Schichten, desto älter sind sie. So ergibt sich ein Bild über die Temperaturen der letzten Millionen Jahre.

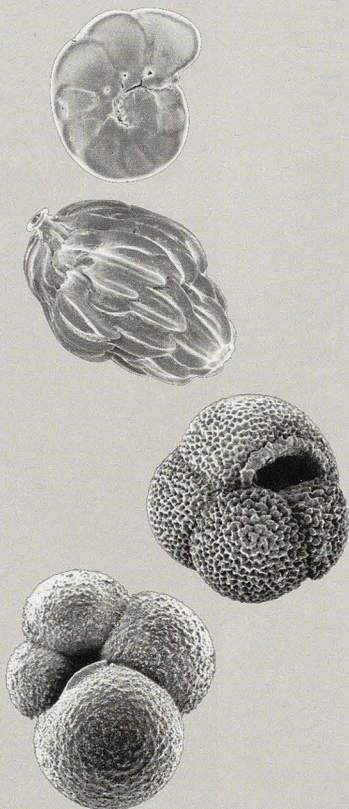


Abbildung 6: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen von Foraminiferen – von oben nach unten: *Hyalina baltica* 450 μm , *Uvigerina mediterranea* 980 μm ,

Neogloboquadrina pachyderma 430 μm , *Neogloboquadrina pachyderma* 290 μm . (Fotos: Wolf-Christian Dullo, Kiel, Hannes Grobe, Bremerhaven)

2.3.1 GEOLOGISCHE KLIMAZEUGEN

Warm- und Kaltzeiten hinterlassen bestimmte Spuren in Gesteinen, im Boden und in der Landschaft. Manche Gesteine können nur in Warmzeiten entstehen. Dazu gehören z.B. alle Bildungen aus Kalkstein, wie Tropfsteine, Kalksinter und Lösskindel. Sie werden durch chemische Prozesse gebildet, die bestimmte Mindesttemperaturen voraussetzen. Außerdem produziert die üppige Vegetation in Warmzeiten viel organisches Material, das im Laufe der Zeit in Torf umgewandelt wird. In Kaltzeiten überwiegen dagegen mechanische Prozesse. Gletschereis hobelt über den Untergrund und lagert Schutt als Moränen ab. Kalter Wind transportiert feinen Sand und Staub und lagert ihn als Löss ab. Deshalb findet man als kaltzeitliche Klimazeugen vor allem Sand und Kies, Löss und Gesteine mit Kratzern und Schrammen.

2.3.1.1 WARMZEITZEUGEN

Das sind in Baden-Württemberg vor allem Bildungen aus Kalkstein.

i

Was ist Kalk?

Kalk ist das Salz der Kohlensäure. Er besteht aus Kalzium, Kohlenstoff und Sauerstoff mit der Formel CaCO_3 . Der aus Kalk bestehende Kalkstein wird überwiegend im Meer durch mikroskopisch kleine Lebewesen, wie z.B. Foraminiferen, oder von Korallen, Muscheln und Kalkalgen produziert. Er kann auch durch chemische Prozesse bei steigenden Temperaturen und abnehmendem Druck an kalkhaltigen Quellen, in Seen, aber auch in Wasserkochern und Kaffeemaschinen entstehen.

Sinterbildungen an kalkhaltigen Quellen – natürlich verkalkt

Bei mehr als 9 °C Jahresmitteltemperatur fällt aus kalkhaltigem Quellwasser Kalk aus, sobald es die Erdoberfläche erreicht. In der Umgebung der Quelle wird alles mit einer dünnen Kalkschicht überzogen – Moose, Blätter und Vogelnester. Derzeit kommt es in Baden-Württemberg kaum zur Kalkbildung, da die Jahresmitteltemperatur nur etwa 8 °C beträgt. Im Eem sah das ganz anders aus: Die Temperaturen waren höher als heute. Deshalb sind Kalksinterbildungen aus dieser Zeit in Baden-Württemberg weit verbreitet. Eindrucksvolle Beispiele sind der Sauerwasserkalk in Bad Cannstadt oder auch die Olga-Höhle in Honau am Trauf der Schwäbischen Alb, die tatsächlich ein komplett verkalkter Wasserfall ist.

Tropfsteine – versteinertes Regen

Bei wärmeren Temperaturen wird durch versickerndes Regenwasser im Untergrund Kalkgestein aufgelöst. Geschieht dies über lange Zeiträume hinweg, entstehen dadurch Höhlen. Trifft versickertes kalkreiches Wasser auf einen Hohlraum, wird Kalk ausgefällt. Tropfsteine, die von oben nach unten wachsen, heißen Stalaktiten. Stalagmiten wachsen von unten nach oben. Verbinden sich beide miteinander, heißen sie Stalagnaten. Durch den Einbau von Sauerstoff beim Prozess der Kalkausfällung archivieren auch sie dabei das

A



B



C



Abbildung 7:

Sinterbildungen an kalkhaltigen Quellen

A: Kalktuff auf Moos – wenn man genau hinschaut, kann man sogar die kleinen Moosblättchen noch erkennen,

B: Vogelnest – in der kleinen Vertiefung in der Mitte hat noch ein Vogelei gelegen, das jedoch verloren ging,

C: Blätter des Kreuzdornes – durch die Konservierung im Kalk sind feinste Strukturen der Blätter bis heute erhalten; Originale aus den Sammlungen des Staatlichen Museums für Naturkunde Karlsruhe.

(Fotos: Volker Griener, SMNK)

Verhältnis der Sauerstoffisotope ^{16}O zu ^{18}O und damit die Temperaturen zur Zeit ihrer Entstehung.

Lösskindel – wie kommen die Kinder in den Löss?

Während der Warmzeiten sickert Regenwasser durch den kaltzeitlich abgelagerten Löss. Es löst den darin enthaltenen Kalk und transportiert ihn in tiefer liegende Bodenschichten. Im Bereich des Grundwasserspiegels wird dieser Kalk in Form von Knollen wieder ausgefällt, die man „Lösskindel“ nennt. Lösskindel aus der Eem-Warmzeit sind größer als die heute entstehenden, weil die Jahresmitteltemperaturen im Eem mehrere Grad Celsius höher lagen als heute und weil mehr Zeit zum Wachsen zur Verfügung stand.

Torf – was von Pflanzen übrig bleibt

Die Eem-Warmzeit war aber nicht völlig verkalkt. Außer den allgegenwärtigen Kalkbildungen gab es eine üppige Vegetation: Das warm-feuchte Klima in der Eem-Warmzeit führte zu starkem Pflanzenwachstum. Die abgestorbenen Reste dieser Pflanzen konnten nicht schnell genug abgebaut werden und sammelten sich in Mooren an. Aus ihnen entstand im Laufe der Zeit Torf.



Abbildung 9:
Tropfstein, Stalaktit – Tropfsteine wachsen in Warmzeiten besonders schnell, weil durch den erhöhten Niederschlag besonders viel Sickerwasser die Höhlen erreicht; Original aus den Sammlungen des Staatlichen Museums für Naturkunde Karlsruhe. (Foto: Volker Griener, SMNK)

Abbildung 8:
Lösskindel – es handelt sich um Kalkbildungen am Grundwasserspiegel; Original aus den Sammlungen des Staatlichen Museums für Naturkunde Karlsruhe. (Foto: Volker Griener, SMNK)



Torf ist ein wichtiger Klima- zeuge, da er Pollen aus seiner Entstehungszeit enthält. Mit Pollen kann man Klimawechsel verfolgen (vgl. Kap. 2.3.2).

2.3.1.2 KALTZEITZEUGEN

Da während der Kaltzeiten chemische Prozesse wegen der Kälte und der Trockenheit stark eingeschränkt sind, überwiegen mechanische Vorgänge. Gletscher hobeln Täler aus und hinterlassen Moränen und Gletscherschrammen. Insgesamt wird die Landschaft von Vorgängen der Kaltzeiten stark überprägt – Berge bekommen rund geschliffene Gipfel, Täler werden U-förmig ausgehobelt, der Wind weht Sanddünen zusammen, trägt feines Material davon und lagert es an geschützten Stellen wieder ab. Der mitgeführte Sand schmirgelt Oberflächen von Felsen ab und schleift Flächen und Kanten in Gerölle. Schmelzwasserflüsse transportieren gröberes Material vom Gletscher weg.

Moränen – was ein Gletscher so von sich gibt

Gletscher fließen langsam talwärts und nehmen dabei Gesteinsmaterial aus dem Untergrund auf. Schmilzt der Gletscher an seiner Stirn schneller ab als Eis nachfließen kann, wird dieses Material wieder freigegeben und als Moräne oder Till abgelagert. Solches Material ist üblicherweise völlig unsortiert, das heißt, es kommen Gesteinsbrocken aller Arten in allen Größen vor und sind mit feinem Material verbacken.



Abbildung 10:
Torf von der Hornisgrinde; Original aus den Sammlungen des Staatlichen Museums für Naturkunde Karlsruhe.
(Foto: Volker Griener, SMNK)

Abbildung 11:
Modell einer Gletscherstirn mit Endmoräne; Modell aus den Sammlungen des Staatlichen Museums für Naturkunde Karlsruhe.
(Foto: Volker Griener, SMNK)

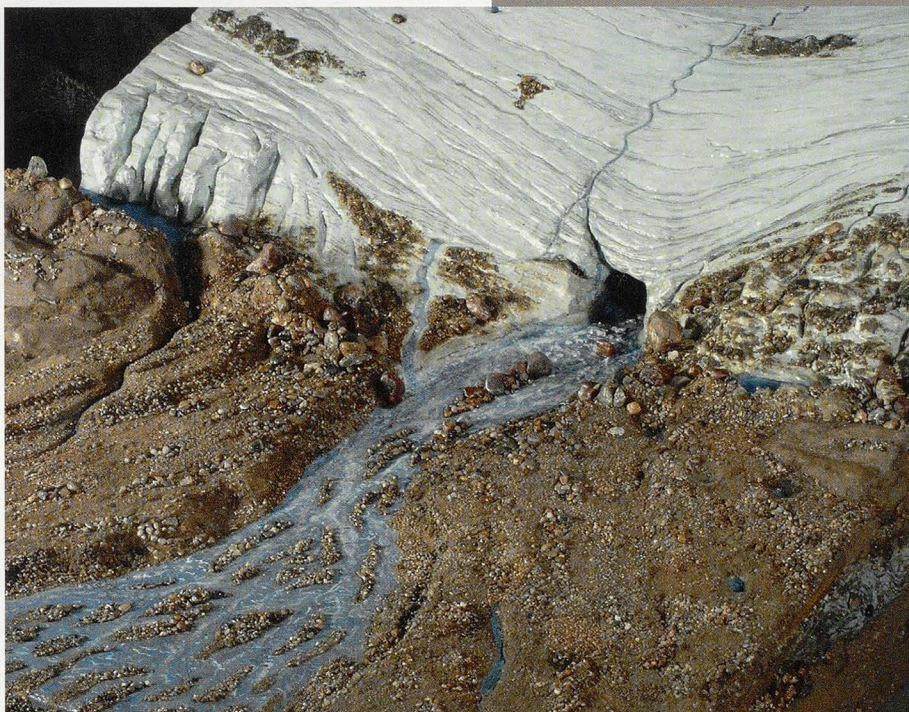


Abbildung 12:
Moränenmaterial –
auf dem obersten Geröll sind
Gletscherschrammen erkennbar;
Original aus den Sammlungen
des Staatlichen Museums
für Naturkunde Karlsruhe.
(Foto: Volker Griener, SMNK)

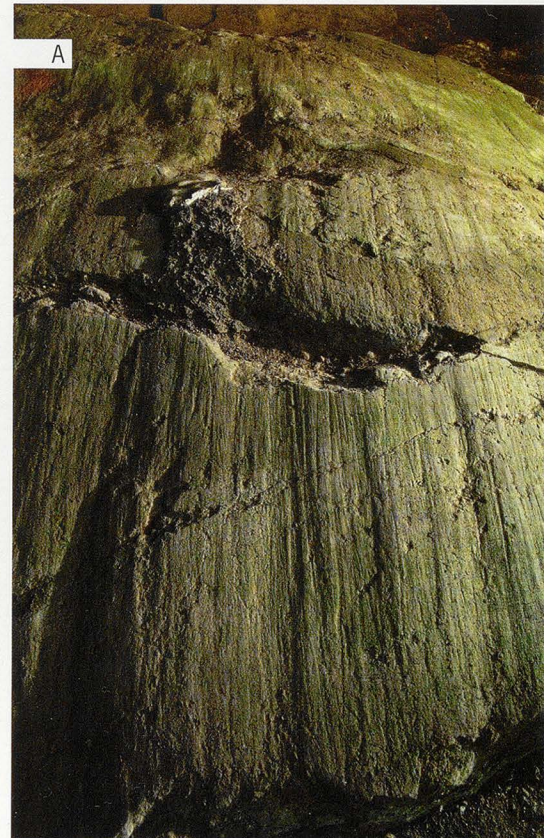


Wind und Schmelzwasser transportieren
dann Staub, Sand und Kies weiter.

Abbildung 13:
Gletscherschrammen –
A: auf Granit bei Schönau
im Schwarzwald;
B: auf Muschelkalk,
Original aus den Sammlungen des
Staatlichen Museums
für Naturkunde Karlsruhe.
(Fotos: Volker Griener, SMNK)

Gletscherschrammen – die Handschrift der Gletscher

Gletscherschrammen entstehen, weil
Gletscher auf einem dünnen Flüssigkeitsfilm
talwärts fließen und mit Steinen, die an der
Unterseite eingefroren sind, typische Kratz-
spuren auf dem Untergrund hinterlassen.
So sind Gletscherschrammen ein Zeichen
für die Überprägung und Formung der
Landschaft in Kaltzeiten.



Winderosion – die Natur als Bildhauer

Vom Gletscher weht ständig ein kalter Wind, der aus den Moränen feinen Sand und Staub ausbläst. Dieser sandbeladene Wind wirkt wie ein Sandstrahlgebläse und schmirgelt Gesteine ab. Dabei entstehen glatte Flächen und scharfe Kanten. Weht der Wind ständig aus einer Richtung, entstehen Einkanter. Bei verschiedenen Windrichtungen entstehen Steine mit mehreren Kanten. Windkanter sind also ein Zeugnis für die rauen Winde, die in Kaltzeiten vom Gletscher herunterwehen.

Derselbe sandbeladene Wind schleift auch Rillen in Felsen.

i

Was ist Winderosion?

Nimmt Wind Sand auf, wirkt er wie ein Sandstrahlgebläse und schleift Steine regelrecht ab. Dabei werden weichere Partien abgetragen, härtere bleiben stehen – so entstehen Rillen im Gestein. An Geröllen entstehen glatte Flächen und scharfe Kanten. Diesen Vorgang nennt man Winderosion. Man kann das Phänomen heute noch in Wüstengebieten bei jedem Sandsturm beobachten.



Abbildung 14:
Winderosion –
A: Windkanter (Einkanter),
B: Windkanter (Dreikanter),
C: durch Windschliff entstandene Rillen im Buntsandstein;
Originale aus den Sammlungen des Staatlichen Museums
für Naturkunde Karlsruhe.
(Fotos: Volker Griener, SMNK)

Abbildung 15:
Löss –

A: Hohlweg im Löss in der Eichgasse, Bickensohl/Kaiserstuhl;
B: Lösslehm, mit kleinen sogenannten Lössschnecken; Original aus den Sammlungen des Staatlichen Museums für Naturkunde Karlsruhe. (Fotos: Volker Griener, SMNK)

Löss – vom Winde verweht

Aufgrund des geringen Pflanzenbewuchses in der Kaltzeit wird feinkörniges Material besonders stark aus Moränenablagerungen der Gletscher ausgeblasen und über weite Strecken transportiert. Dieses lagert sich in windgeschützten Bereichen wieder ab und bildet im Oberrheingraben bis zu 20 m mächtige Schichten, z.B. am Kaiserstuhl

und im Kraichgau. Mit der Zeit wird aus lockerem Löss verfestigter Löss oder Lösslehm. Oft bleibt Löss auch auf Steppen liegen und schließt die dort wachsenden Pflanzen ein – er bildet so zusammen mit dem organischen Material die Grundlage für die Entstehung von fruchtbaren Schwarzerdeböden (Tschernosem).

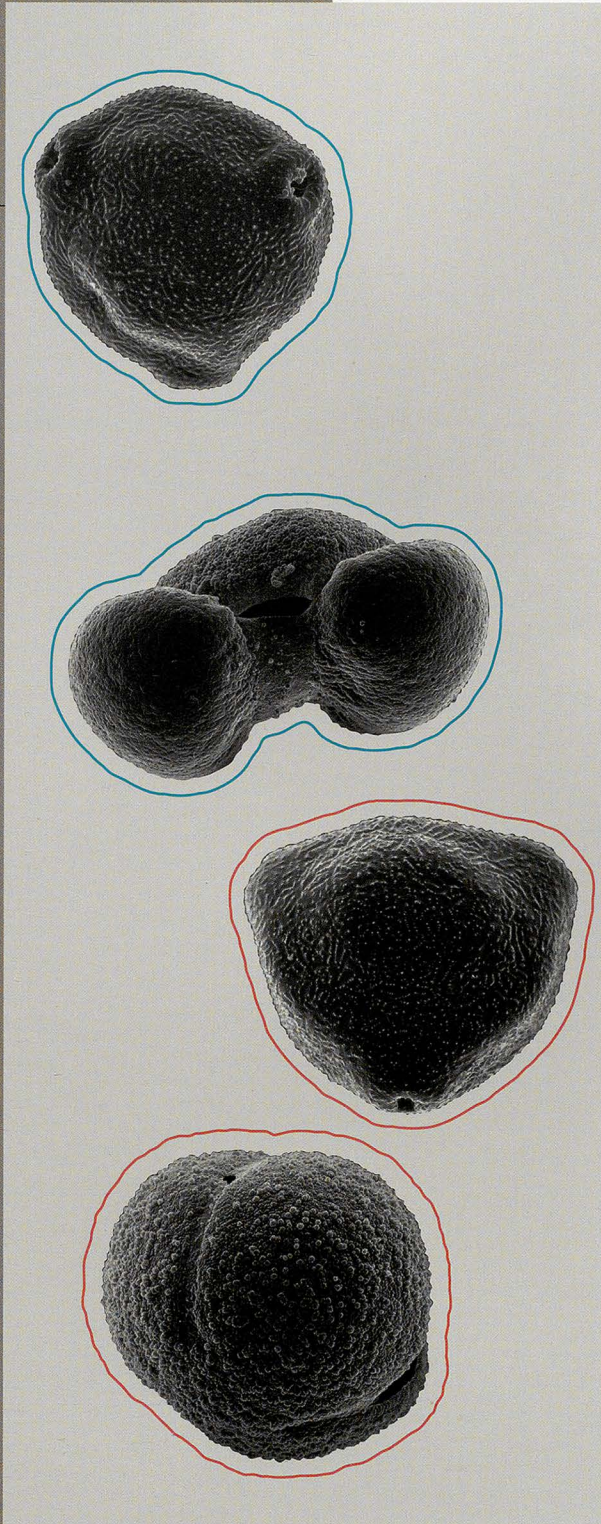
i Was ist Löss?

In Kaltzeiten weht vom Gletscher her ständig ein kalter Wind, der aus den Moränen feinen Sand und Staub ausweht und wegtransportiert.

Mit zunehmender Entfernung vom Gletscher und in windgeschützten Lagen lassen die Windstärke und damit die Transportkraft nach. Sand und Staub fallen als Löss zu Boden.







2.3.2 BIOLOGISCHE KLIMAZEUGEN - POLLENPROFILE

Pollen – klein, aber oho!

Pflanzen produzieren für ihre Fortpflanzung große Mengen an Blütenstaub. Er besteht aus mikroskopisch kleinen Pollen, die für jede Pflanzenart ganz charakteristische Formen haben. Mit ihrer Hilfe können Wissenschaftler Rückschlüsse auf die Pflanzenarten von vor Millionen von Jahren ziehen. Dabei machen sie sich zunutze, dass jede Pflanzenart spezielle ökologische Ansprüche hat. So wuchsen hier am Oberrhein in Warmzeiten andere Pflanzen als in Kaltzeiten: in Kaltzeiten mit kaltem und trockenem Klima z.B. Kiefer und Birke, in Warmzeiten mit warmem und feuchtem Klima vor allem Eiche, Hasel, Hainbuche und Weiß-Tanne.

Die Pollen früherer Zeiten sind in tieferen Bodenschichten konserviert – je tiefer die Bodenschichten, desto älter die Pollen. Wissenschaftler nehmen in regelmäßigen Abständen Proben und zählen die Pollen verschiedener Pflanzenarten aus. In einem Pollenprofil werden dann die Häufigkeiten der unterschiedlichen Pollenarten gegen die Tiefe als Kurven aufgetragen, und es ergibt sich ein Gesamtbild der Flora zu verschiedenen Zeiten. Bei einem längerfristigen Wechsel der Klimabedingungen kommt es zu einer deutlichen Änderung der Zusammensetzung der Flora. Abbildung 17 zeigt Pollenprofile von Biberach an der Riß und Philippsburg am Oberrhein.

Bei Biberach kann man den gesamten Zeitraum von der vorletzten Kaltzeit (Riß) bis zum Ende der letzten Kaltzeit (Würm) untersuchen, im Oberrhein nur den Übergang vom Eem zum Würm.

Abbildung 16:
Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen von Pollen verschiedener Bäume – von oben nach unten: Hängebirke 28 µm, Wald-Kiefer 73 µm, Haselnuss 28 µm, Stieleiche 35 µm.
(Fotos: University Museum University of Bergen)

POLLENDIAGRAMM BIBERACH A. D. RISS

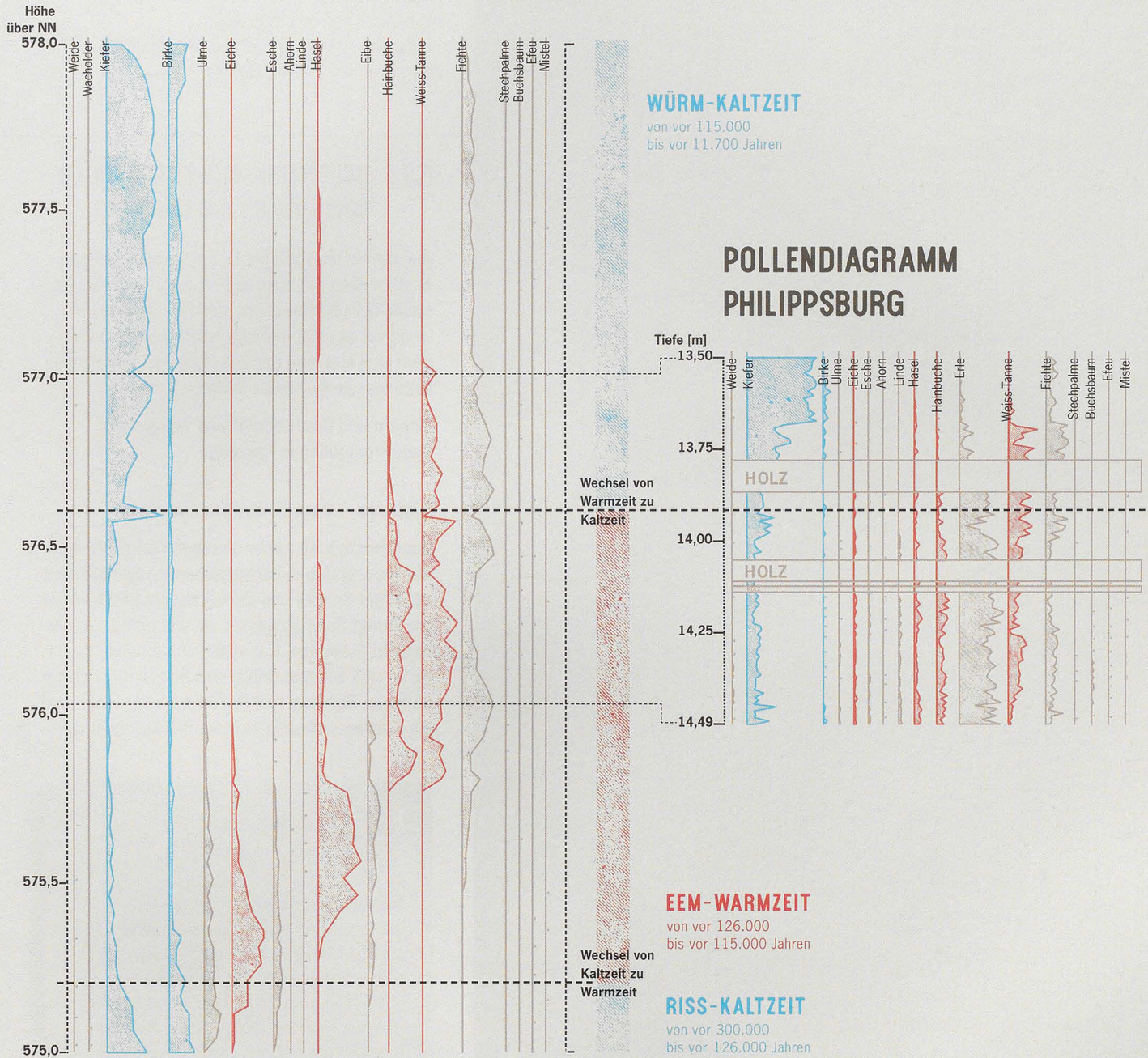


Abbildung 17: Pollenprofile von Biberach und Philippsburg – die Kurven zeigen die Häufigkeit verschiedener Baumpollen zu verschiedenen Zeiten. Kiefer und Birke haben einen ähnlichen Verlauf. Unten sind ihre Anteile hoch, dann verschwinden sie fast ganz, etwa ab der Mitte nehmen sie plötzlich wieder zu. Sie zeigen Kaltzeiten an. Eiche, Hasel, Hainbuche und Weiß-Tanne zeigen einen gegenläufigen Trend. Sie beginnen mit sehr geringen Anteilen, die – zeitlich versetzt – deutlich größer werden und in der Mitte fast ganz wieder verschwinden. Sie sind Anzeiger für Warmzeiten. (Grafik: Christoph Schmitt, SMNK, Joanna Czajka, Hamburg; Quellen: Siegfried Schloß, Jockgrim, Manfred Rösch, Gaienhofen)

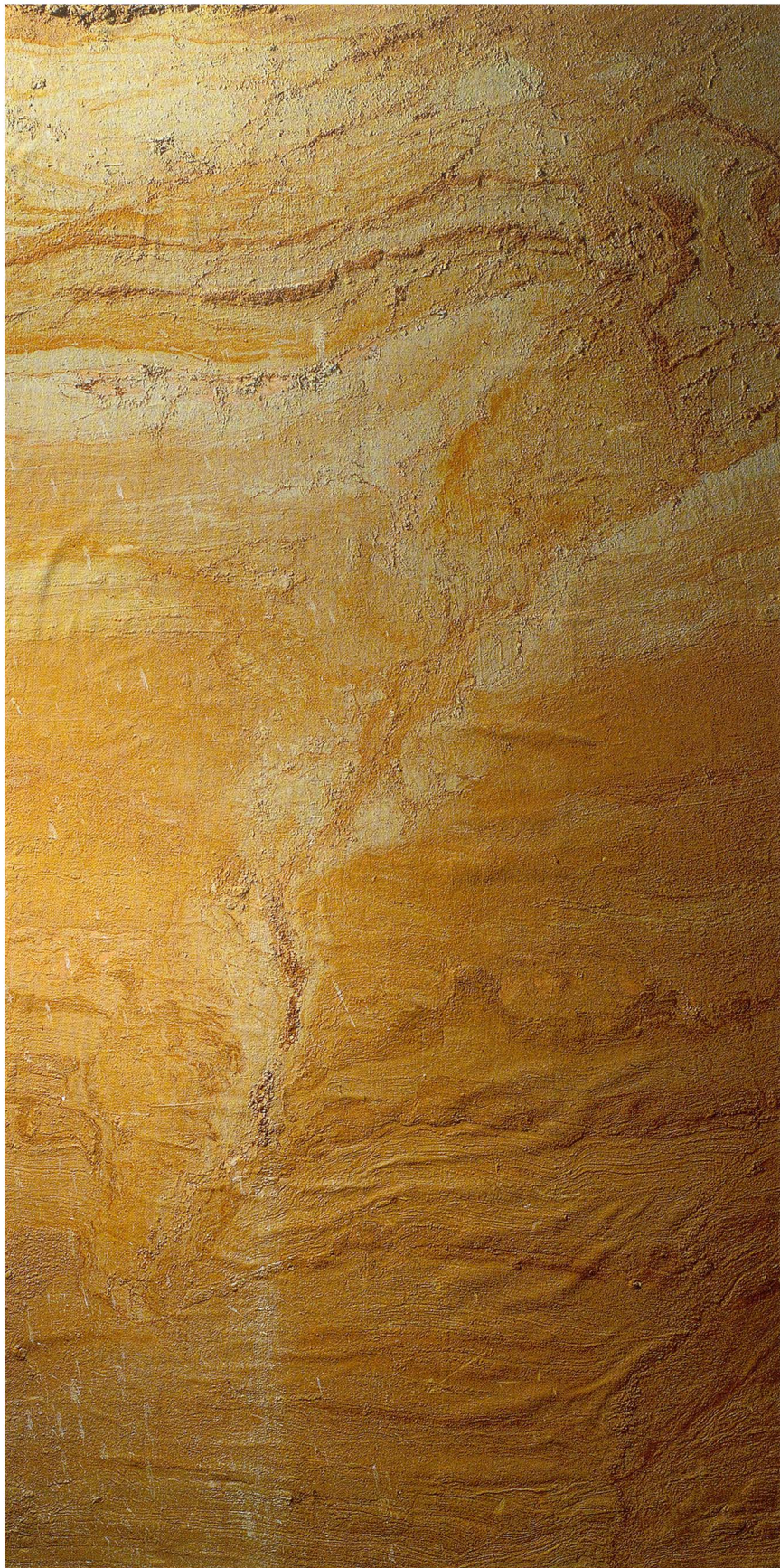


Abbildung 18:
Lackprofil von einem Eiskeil;
Leihgeber: Manfred Löscher, Sandhausen.
(Foto: Volker Griener, SMNK)

2.3.3 GEOGRAPHISCHE KLIMAZEUGEN – WAS UNS BÖDEN ERZÄHLEN

Auf den ersten Blick haben Lackprofile gewisse Ähnlichkeiten mit abstrakter Kunst, doch hier ist tatsächlich die Natur der Künstler. Denn auch wenn wir es nicht mitbekommen – Böden verändern sich im Laufe der Zeit. Kalt- und Warmzeiten hinterlassen Spuren im Boden.

Eiskeile und Brodelböden sind Zeugen von Dauerfrostböden in Kaltzeiten.

Eiskeile – vom Frost zerrissen

Dauerfrostböden ziehen sich beim Gefrieren zusammen. In den dabei entstehenden Spalten wird im Winter Schnee und Schutt abgelagert. Im Frühjahr dringt Schmelzwasser ein und gefriert in den tieferen Schichten. Das dabei entstehende Eis dehnt sich aus und drückt den Boden förmlich zur Seite. Im Sommer taut der Boden wieder auf, und die Spalten schließen sich. Im Wechselspiel von

i

Was ist ein Lackprofil?

Man kann Bodenprofile am besten untersuchen, wenn man sie an einer senkrechten Wand freilegt. Lackprofile sind genau genommen Abziehbilder solcher Bodenprofile. Man fixiert dabei den Bodenanschnitt mit einem Speziallack und zieht das Lackprofil dann von der Wand ab. Es entsteht ein naturgetreues, seitenverkehrtes Abbild mit allen Feinheiten. So lassen sich Erscheinungen des Bodens konservieren und wissenschaftlich untersuchen.



Abbildung 19: Lackprofil von einem Brodelboden; Leihgeber: Frank Löscher, Sandhausen. (Foto: Volker Griener, SMNK)

Tauen und Gefrieren entstehen so immer größer werdende, V-förmige Eiskeile, die mehrere Meter tief reichen können.

Brodelboden – im Würgegriff des Frostes

Dauerfrostböden tauen im Sommer oberflächlich auf und gefrieren im Winter wieder. Weil sich Wasser beim Gefrieren ausdehnt, wird durch den mehrfachen Wechsel von flüssigem Wasser und Eis die ursprüngliche Schichtung zerstört. Die verschiedenen Bodenhorizonte werden durchmischt. Es kommt zur Bildung von Falten und Wickelstrukturen. Diesen Vorgang nennt man Kryoturbation (von griech. *kryos* = Frost, und lat. *turbare* = umherwirbeln). Interessant wäre eine Zeitrafferaufnahme: Dann könnte man den Boden tatsächlich „brodeln“ sehen. Doch leider reicht unsere Lebenszeit dafür nicht aus – solche Prozesse laufen sehr langsam über Jahrhunderte bis Jahrtausende hinweg ab.

Löss und Bodenbildung – Chronik eines Klimawandels

Bodenbildungen mit organischer Substanz und Kalkknollenbildungen im Grundwasserbereich (Lösskindel – vgl. Kapitel 2.3.1.1) sind Zeugnisse für Warmzeiten. Der Löss,

in dem sich diese Vorgänge abspielten, ist eine kaltzeitliche Bildung.

Hier ist die gesamte Erdgeschichte von der vorletzten Kaltzeit (Riß-Kaltzeit) bis heute dokumentiert.

Was sieht man?

- A. gelben Löss mit großen Lösskindeln
- B. ockerfarbenen bis rotbraunen Löss ohne Lösskindel
- C. eine schlierige Zone
- D. gelben Löss mit kleinen Lösskindeln

Was ist passiert?

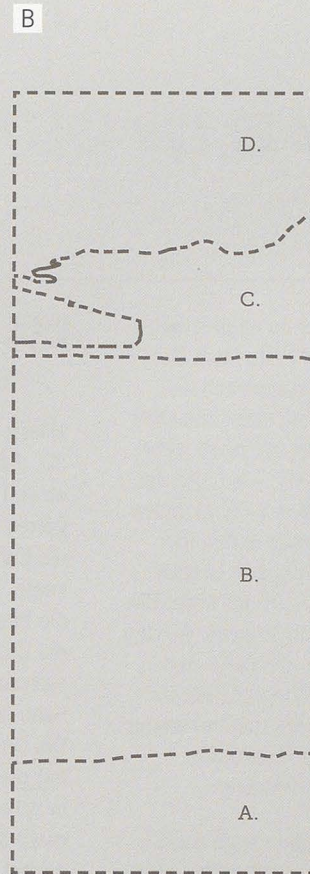
1. zuerst wurde in der Riß-Kaltzeit gelber Löss angeweht
2. dann folgte die Eem-Warmzeit, im Boden wuchsen unten große Lösskindel, der obere Bereich des Bodens wurde rotbraun verfärbt
3. in der folgenden Würm-Kaltzeit wurde neuer gelber Löss angeweht, gleichzeitig wurde im Wechsel von Tauen und Frieren die Grenze zwischen dem älteren und dem jüngeren Löss verformt (Kryoturbation)
4. im Holozän – die Warmzeit, in der wir heute leben – entstehen die kleinen Lösskindel und die Wurzeln, die überall zu finden sind

i

Wie liest man geologische Profile?

Ein Däne namens Niels Stensen, genannt Steno (1638–1686), erkannte, dass Gesteine normalerweise in einer bestimmten Reihenfolge abgelagert werden. Mit anderen Worten: Was unten liegt, ist älter, was oben liegt, ist jünger. Deshalb lesen Geologen Profile von unten nach oben.

Abbildung 20:
 Lackprofil von Löss mit eem-zeitlichen und
 holozän-zeitlichen
 Bodenbildungen
 A: das Bodenprofil,
 B: Leseanleitung;
 Leihgeber: Manfred Löscher,
 Sandhausen.
 (Foto: Volker Griener, SMNK)



LACKPROFIL LÖSS UND EEM-BODEN — CHRONIK EINES KLIMAWANDELS

Was sieht man?	Was ist passiert?	
	Kaltzeit	Warmzeit
D. gelben Löss mit kleinen Lösskindeln	In der Würm-Kaltzeit wurde neuer gelber Löss angeweht. [3]	Jetzt entstehen kleine Lösskindel und Wurzeln. [4]
C. eine schlierige Zone	Die Grenze zum alten Löss wurde durch Kryoturbation verformt. [3]	
B. rotbraunen Löss ohne Lösskindel		In der Eem-Warmzeit wuchsen unten große Lösskindel, der obere Bereich des Bodens wurde rotbraun verfärbt. [2]
A. gelben Löss mit großen Lösskindeln	In der Riß-Kaltzeit wurde gelber Löss angeweht. [1]	

2.4 WIE KAM ES ZUM LETZTEN EISZEITALTER?

In Eiszeitaltern kommt es zu natürlichen Wechseln von Warm- und Kaltzeiten. Die Ursachen dafür sind ein komplexes Zusammenspiel von verschiedenen irdischen und kosmischen Faktoren, die noch nicht alle restlos verstanden sind. Die Lage der Kontinentalplatten beeinflusst die globalen Strömungen in den Ozeanen und in der Atmosphäre. Diese Strömungen sorgen für den Wärmeaustausch auf der Erde. Die Erde beeinflusst mit Gebirgszügen, Wüsten und Eisflächen zusätzlich die Lage der Klimazonen. Die Oberfläche der Erde mit Eiskappen, Wäldern und Wüsten bestimmt die Albedo und damit die Stärke der Reflexion der Sonneneinstrahlung.

Und nicht zuletzt schwanken auch noch die Erdbahnparameter periodisch in unterschiedlichen Zeiträumen. Von ihnen hängt die Intensität der Sonneneinstrahlung auf die Erde ab.

2.4.1 KOSMISCHE URSACHEN – DIE MILANKOVIĆ-ZYKLEN

Milutin Milanković feilte zu Beginn des 20. Jahrhunderts über 30 Jahre lang (!) an einer Theorie, die die heutigen und vergangenen Klimaänderungen und damit auch die Entstehung von Eiszeitaltern erklären sollte. Milanković beobachtete, dass sich die Intensität der Sonneneinstrahlung auf die Erde verändert und berechnete, dass sich auch einige Parameter der Erdumlaufbahn um die Sonne langfristig ändern. Die Umlaufbahn der Erde um die Sonne hat die Form einer Ellipse. Diese variiert in sehr unterschiedlichen Zeiträumen von mehr als 100.000 Jahren. Gleichzeitig ändert sich die Neigung der Erdachse zur Sonne hin im Laufe von 41.000 Jahren. Und zu guter Letzt „eiert“ die Erde auch noch nach Art eines Tischkreisels und das

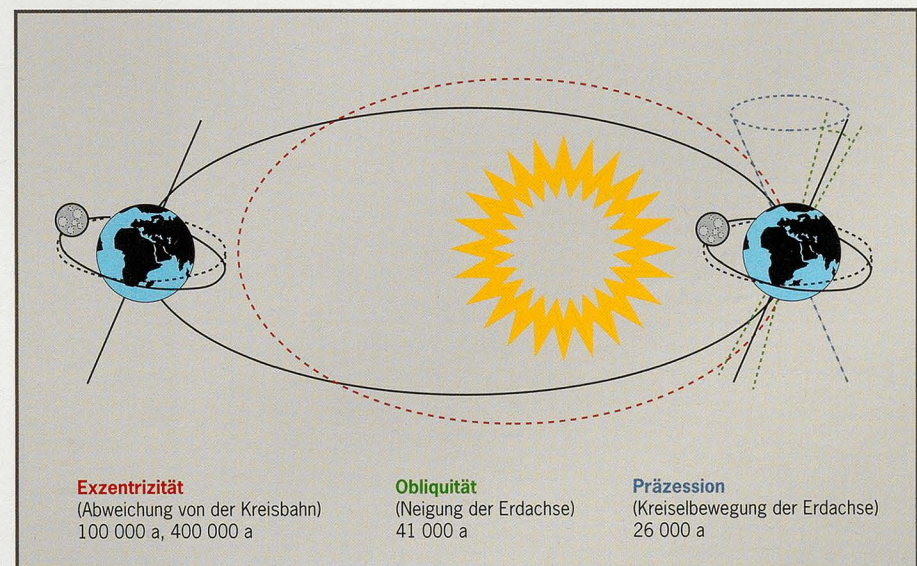


Abbildung 21:
Änderungen von Parametern der Erdumlaufbahn: 1. Abweichung von der Kreisbahn: Die Umlaufbahn der Erde um die Sonne ist nicht kreisrund, sondern elliptisch. Die Abweichung von der Kreisbahn schwankt in einem Zeitraum zwischen 100.000 und 413.000 Jahren. 2. Die Neigung der Erdachse: Sie variiert im Laufe von 41.000 Jahren zwischen 21,5° und 24,5°. 3. Die Kreiselbewegung der Erdachse: Die Erde „eiert“ im Laufe von 26.000 Jahren um ihre eigene Achse. – Zwischen diesen Änderungen und den periodischen Klimaschwankungen der Erdgeschichte besteht ein Zusammenhang. Die Intensität der Sonneneinstrahlung hängt von ihnen ab, und sie führen so letztlich zur Entstehung von Warm- und Kaltzeiten.
(Grafik: Ute Gebhardt, SMNK)

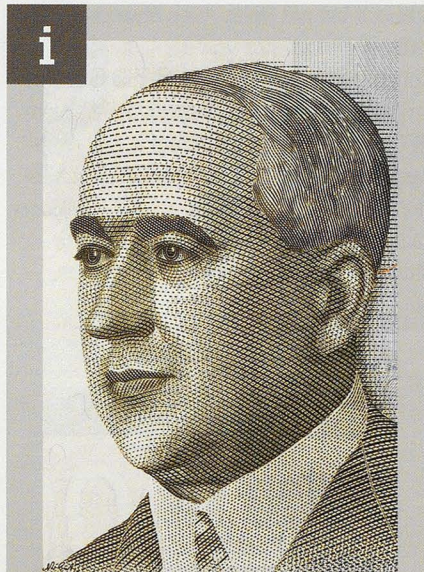
im Verlauf von 26.000 Jahren. Milanković sah einen Zusammenhang zwischen diesen langfristigen Änderungen und natürlichen Klimawechseln. Er verglich sie mit eiszeitlichen Gletscherbildungen in den Alpen und fand tatsächlich gewisse Übereinstimmungen. Allerdings sind Milankovićs Berechnungen zwar korrekt, aber nicht die alleinige Erklärung für die Entstehung von Eiszeitaltern.

2.4.2 IRDISCHE URSACHEN

2.4.2.1 MEERESSTRÖMUNGEN UND DIE LAGE DER KONTINENTE

Die Erde ist von Beginn an ein äußerst dynamischer Planet: Immer wieder brechen Vulkane aus. Und es vergeht kein Tag, ohne dass irgendwo die Erde bebt. Verantwortlich dafür ist die unruhige Erdkruste, also die oberste, maximal 70 km dünne Haut der Erde. Sie ist in Platten zerrissen, die ständig in Bewegung sind. Deshalb sind auch die Kontinente nie am selben Ort, sondern wandern – natürlich äußerst langsam und für uns nicht sichtbar. An manchen Stellen bewegen sich die Kontinente mehrere Zentimeter – pro Jahr! Auch im Oberrheingraben bewegt sich die Erdkruste seit 50 Millionen Jahren – der Graben wird immer breiter, um etwa einen Millimeter pro Jahr. Langsam, aber unaufhaltsam!

Diese Bewegungen verursachen indirekt auch Eiszeitalter. Wenn ein Großteil der Kontinentalplatten an den Polen liegt, bildet sich besonders viel Schnee und Eis. Dadurch erhöht sich die Albedo (vgl.



Milutin Milanković

Milutin Milanković (1879–1958) war ein serbischer Mathematiker und Geophysiker. Mit seinen Berechnungen zur Erdumlaufbahn erkannte er, dass es Zusammenhänge gibt zwischen den zyklisch wechselnden Parametern der Erdumlaufbahn und klimatischen Veränderungen auf der Erde.

Kap. 2.4.2.2), und es wird mehr Wärme in den Weltraum zurückgestrahlt als aufgenommen: Die Erde kühlt also ab. Mit der Wanderung der Kontinente entstehen auch viele hohe Gebirgszüge, wie die Alpen oder der Himalaja. Sie sind hohe Barrieren und beeinflussen die Strömungen in der Atmosphäre. Dies führt langfristig ebenfalls zur Veränderung des Klimas.

Abbildung 22:
Milutin Milanković.
(Foto: © Janusz Pienkowski/
shutterstock.com)

Und last but not least: Auch Meeresströmungen werden von der Lage der Kontinente gesteuert und beeinflussen das Erdklima. So konnten Wissenschaftler vom GEOMAR Forschungszentrum in Kiel nachweisen, dass sich die Meerenge zwischen Nord- und Südamerika vor etwa 2,6 Millionen Jahren geschlossen hat. Dies führte zur Entstehung des salzreichen Golfstroms.

Durch den verstärkten Zustrom warmer Wassermassen aus den tropisch-subtropischen Bereichen fallen seitdem im nordatlantischen und arktischen Raum mehr Niederschläge, die wiederum das Wachstum polarer Eisfelder begünstigen. Weil in kühlen Sommern der im Winter gefallene Schnee nicht mehr abschmilzt, kann er sich über die Jahre in permanentes Eis verwandeln.

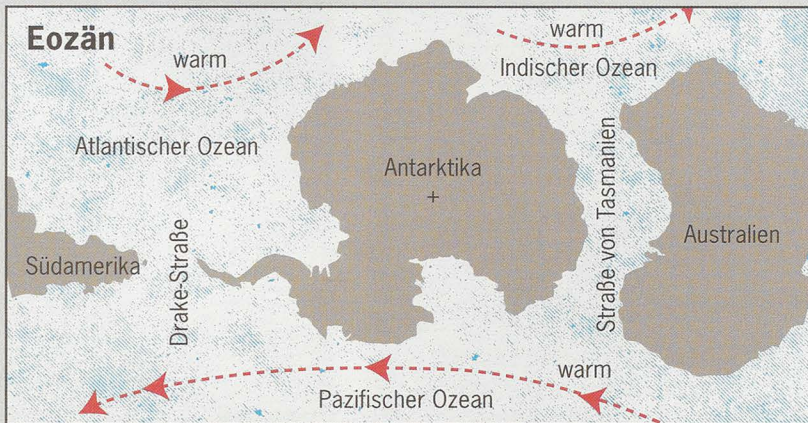


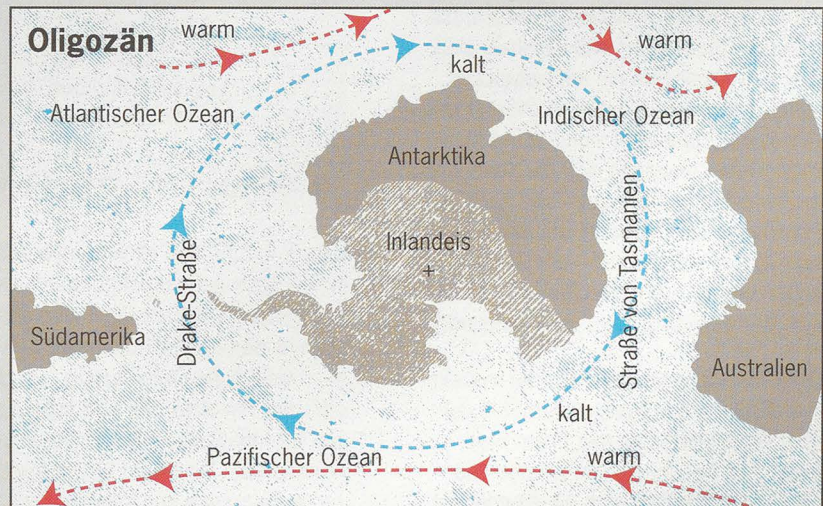
Abbildung 23:

Die Lage der Kontinente im Eozän – vor etwa 40 Millionen Jahren trennten sich die Kontinente Antarktika und Australien, die Straße von Tasmanien öffnete sich, Australien, Antarktika und Südamerika wurden noch von warmen Meeresströmungen erreicht.

(Grafik: Christoph Schmitt, SMNK, Joanna Czajka, Hamburg; verändert nach Stanley 2001)

Abbildung 24:
Die Lage der Kontinente im Oligozän – vor etwa 30 Millionen Jahren trennten sich die Kontinente Antarktika und Südamerika, die Drake-Straße öffnete sich, Antarktika wurde isoliert und von warmen Meeresströmungen abgeschnitten, es entstand eine kalte zirkumpolare Meeresströmung, die die Vereisung von Antarktika auslöste.

(Grafik: Christoph Schmitt, SMNK, Joanna Czajka, Hamburg; verändert nach Stanley 2001)



Mit anderen Worten: Die Erde sah nicht immer so aus wie heute. Kontinente lagen mal näher an den Polen, mal näher am Äquator. Es entstanden immer wieder neue Ozeane und hohe Gebirgsketten. Diese Veränderungen beeinflussten ozeanische und atmosphärische Strömungen und damit das Klima. Eine Kette solcher Ereignisse trug auch zur Entwicklung des Quartären Eiszeitalters bei.

Abbildung 25:

Die Lage der Kontinente im Pliozän – bis vor etwa 4 Millionen Jahren war die Meerenge zwischen Nord- und Südamerika noch offen. Ein Austausch von warmem, relativ salzarmem Meerwasser zwischen Pazifik und Atlantik war möglich. Wasser mit höherem Salzgehalt ist schwerer und sinkt nach unten, der Salzgehalt des Atlantikwassers war jedoch nicht hoch genug, um im Norden abzusinken, warmes Wasser aus dem Atlantik konnte das Nordpolarmeer erreichen und die Bildung einer Eiskappe verhindern.

(Grafik: Christoph Schmitt, SMNK, Joanna Czajka, Hamburg; verändert nach Stanley 2001)

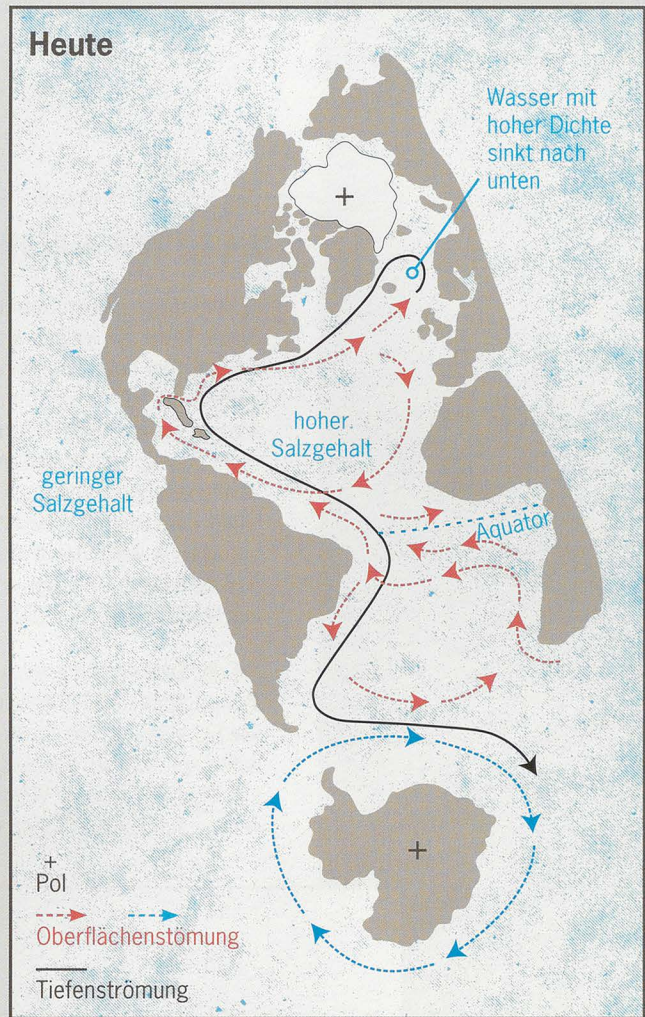
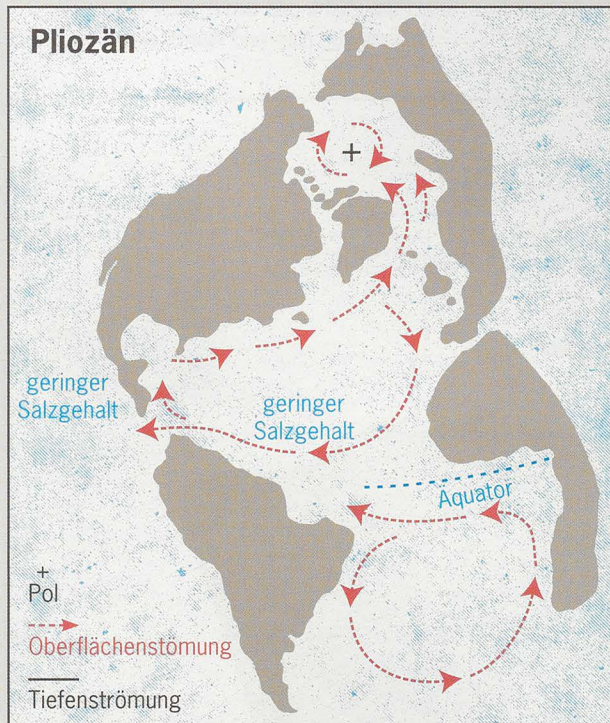


Abbildung 26:

Die Lage der Kontinente im Quartär – vor 2,6 Millionen Jahren war der Wasseraustausch zwischen Atlantik und Pazifik endgültig unterbrochen. Wegen der Verdunstung in der Passatwindzone stieg der Salzgehalt im Nordatlantik. Den Golfstrom gibt es, weil das salzreiche Wasser im Norden vor Grönland zum Meeresgrund sinkt und neues Wasser aus dem Süden nachgezogen wird. Das warme Wasser des Golfstroms erreicht das Nordpolarmeer nicht mehr, gleichzeitig werden feuchte Luftmassen nach Norden transportiert, die dort für erhöhte Niederschläge sorgen, und so kann sich Eis bilden.

(Grafik: Christoph Schmitt, SMNK, Joanna Czajka, Hamburg; verändert nach Stanley 2001)

2.4.2.2 DER ALBEDO-EFFEKT

Warum trägt man im Sommer in der prallen Sonne lieber ein weißes als ein schwarzes T-Shirt? Weil helle Flächen weniger Wärme aufnehmen als dunkle. Dunkler Asphalt wird an manch heißem Sommertag regelrecht flüssig, weil er den größten Teil der Sonnenenergie aufnimmt. Genau das steckt hinter dem Begriff „Albedo“. Albedo (von lat. *albus* = weiß) nennt man das Maß für das Reflexionsvermögen von nicht selbst leuchtenden Oberflächen.

Mit der Erde verhält es sich wie mit dem T-Shirt: Während sich helle Oberflächen wie Eis, Schnee oder Wolken nicht so stark aufheizen, nehmen dunklere Oberflächen, z.B. Wälder, Gras und Wüsten, deutlich mehr Wärme auf. Für die Albedo wurden Werte

zwischen 0 und 1 definiert, die sich aus dem Verhältnis zwischen einfallendem und zurückgestrahltem Licht ergeben. Sie variiert je nach Einfallswinkel der Strahlung oder nach Beschaffenheit und Farbe der Erdoberfläche. Oberflächen mit kleiner Albedo schlucken Licht und wandeln es in Wärme um. Oberflächen mit hoher Albedo reflektieren Licht und sorgen so für Abkühlung. Wald weist mit einem Wert von etwa 0,1 oder 10 % eine geringe Albedo auf. Dagegen hat frischer Schnee eine hohe Albedo von bis zu 0,9 oder 90 %, strahlt also einen besonders hohen Teil der Sonnenenergie in das Weltall zurück. Das heißt, je größer die Schnee- und Eisflächen an den Polen sind, desto stärker kühlt die Erde aus. Der Anteil heller und dunkler Oberflächen hat erheblichen Einfluss auf das Klima und damit auch auf die Entstehung von Kalt- und Warmzeiten.

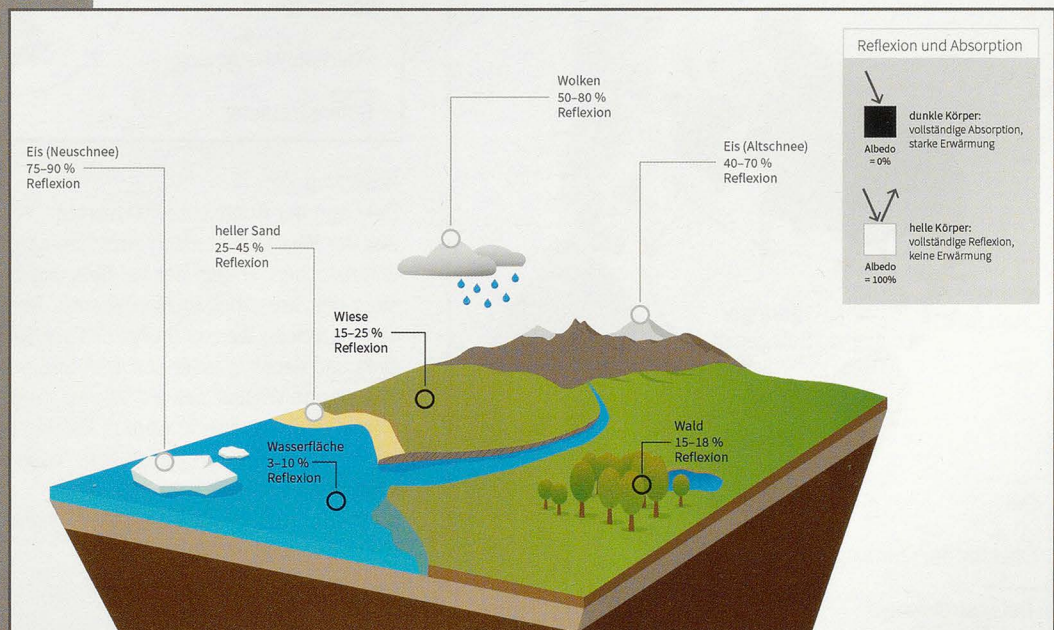
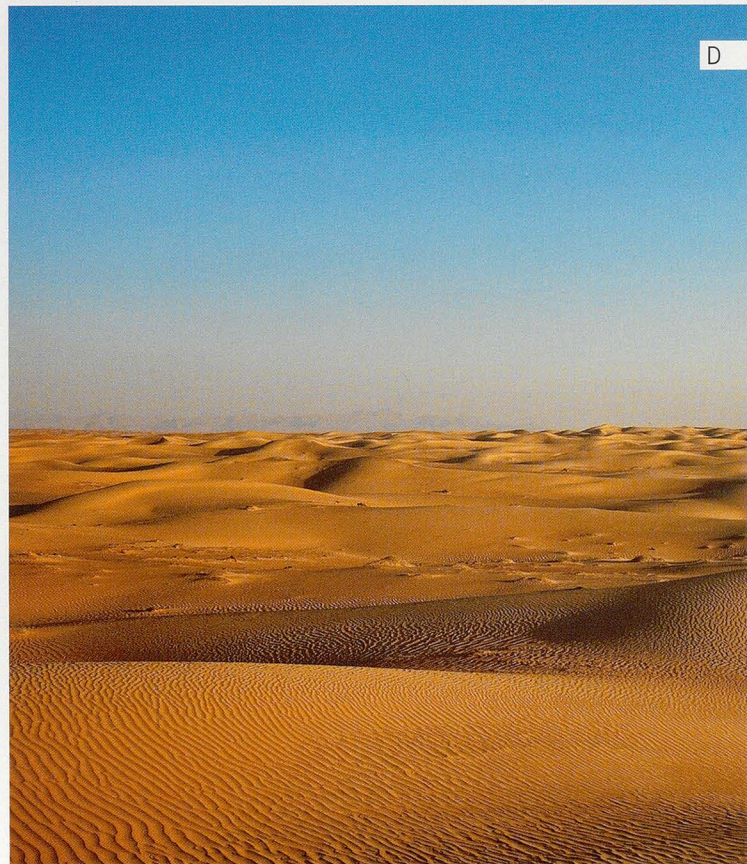
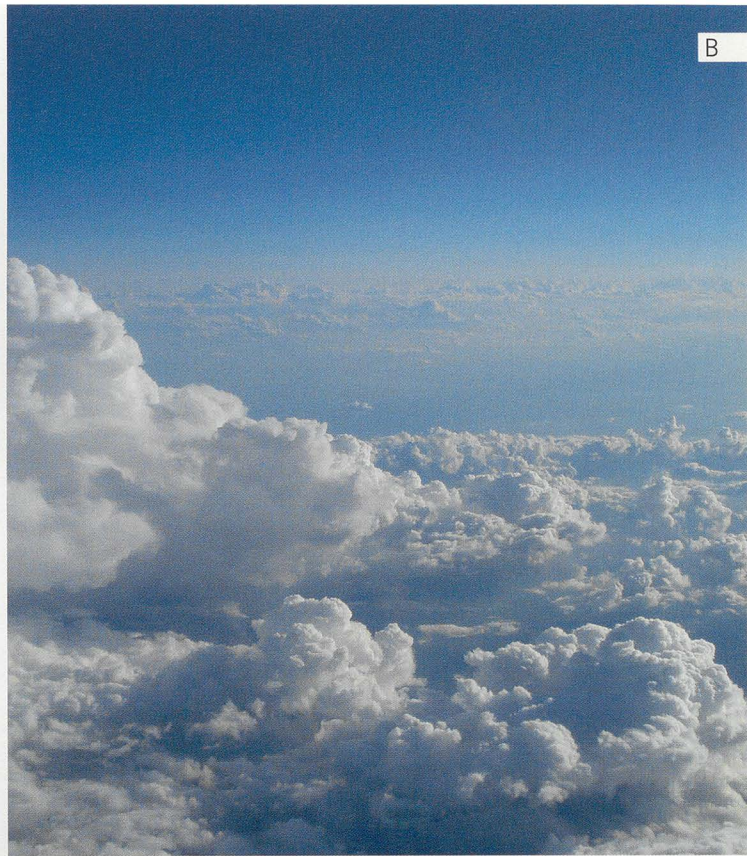
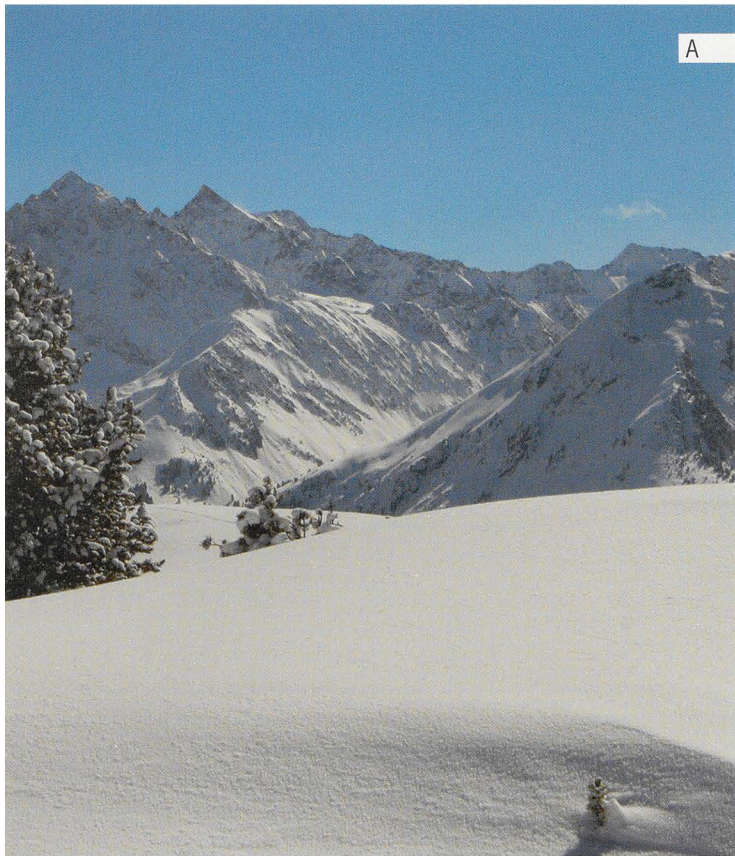


Abbildung 27:
 Wirkung des
 Albedo-Effektes.
 (Grafik verändert nach
 Wissensplattform
 „Erde und Umwelt“,
 Quelle: www.eskp.de)





E



F



G



H

Abbildung 28 A bis H:

Oberflächen mit unterschiedlich hoher Albedo.

A: Schneeflächen (je nach Verdichtungsgrad) 0,4–0,9;

B: Wolken (je nach Wolkenart) 0,5–0,8;

C: Eisflächen 0,3–0,4;

D: Wüste 0,25–0,3;

E: Tundra 0,15–0,2;

F: Grasflächen 0,15–0,25;

G: Wasser (je nach Einfallswinkel): 0,03–0,1;

H: Waldflächen 0,15–0,18.

Quellen der Werte: www.eskp.de, Kappas 2009.

(Fotoquellen: E: Ute Gebhardt, SMNK, alle anderen: pixabay)

2.5 GAB ES IN DER VERGANGENHEIT WEITERE EISZEITALTER?

Im Laufe der 4,6 Milliarden (4.600 Millionen) Jahre dauernden Erdgeschichte hat es immer wieder Eiszeitalter gegeben, in denen beide Pole mit Eiskappen bedeckt waren. Wir können das nicht immer mit Klimazeugen belegen. Das geht nur, wenn es an den Polen Landmassen gab, die uns Hinweise überliefern können, denn Meereis hinterlässt keine Spuren, wenn es taut. Angesichts der Menge und der weiten Verbreitung der Belege kann man aber davon ausgehen, dass sich gleichzeitig Meereis an dem anderen Pol befunden hat.

Bisher wissen wir von mindestens sechs unterschiedlich langen Eiszeitaltern, die insgesamt etwa 370 Millionen Jahre andauern haben. Das ist sehr wenig Zeit im Vergleich zu den 4,6 Milliarden (4.600 Millionen) Jahren, die die Erde bereits existiert – Eiszeitalter sind also die Ausnahme in der Erdgeschichte. Daran wird sich auch nichts dadurch ändern, dass wir durch fortlaufende Forschung weitere Eiszeitalter entdecken und identifizieren werden.

Je länger diese Eiszeitalter zurückliegen, umso schwieriger sind sie nachzuweisen. Viele geologische Klimazeugen gehen im Laufe der Jahrtausende durch die verschiedensten Prozesse verloren, z.B. durch Verwitterung. Die meisten biologischen Klimazeugen gibt es erst seit etwa 600 Millionen Jahren. Für die Zeit davor können sie uns keine Hinweise liefern.

Das bisher älteste Eiszeitalter begann vor etwa 2,9 Milliarden (2.900 Millionen) Jahren (Pongola-Vereisung). Sehr spärliche Hinweise darauf gibt es in Südafrika, und es wird vermutet, dass die ersten Cyanobakterien – die ersten Lebewesen, die Photosynthese

betrieben und so das Treibhausgas Kohlendioxid verbrauchten – die Verursacher waren. Noch ältere Eiszeitalter sind unwahrscheinlich, weil die damalige Atmosphäre ganz und gar nicht mit unserer heutigen vergleichbar war und man von einem Klima in unserem Sinne gar nicht sprechen kann. Das erste sicher und auf der ganzen Erde nachgewiesene Eiszeitalter begann vor etwa 2,4 Milliarden (2.400 Millionen) Jahren; im bisher jüngsten Eiszeitalter leben wir jetzt.

i

War die Atmosphäre immer so wie heute?

Die Erdatmosphäre hatte nicht immer dieselbe Zusammensetzung wie heute. Im Gegenteil: Die erste Atmosphäre vor 4,6 Milliarden (4.600 Millionen) Jahren war eine ungemütlich lebensfeindliche Mischung aus Wasserstoff, Helium, Methan und Ammoniak. Vor etwa 4 Milliarden (4.000 Millionen) Jahren bestand sie dann zu 80 % aus Wasserdampf, zu 10 % aus Kohlendioxid, zu 7 % aus Schwefelwasserstoff und in Spuren aus Stickstoff, Wasserstoff, Kohlenmonoxid, Edelgasen, Methan und Ammoniak. Mit zunehmender Abkühlung der Atmosphäre kondensierte der Wasserdampf und ging als saurer Regen nieder. Dabei wurden Kohlendioxid und Schwefelwasserstoff ausgewaschen. Vor etwa 3,4 Milliarden (3.400 Millionen) Jahren bestand die Atmosphäre vor allem aus Stickstoff und geringen Mengen Wasserdampf, Kohlendioxid und Edelgasen, und etwa vor 2,5 Milliarden (2.500 Millionen) Jahren gab es dann endlich auch den ersten freien Sauerstoff. Heute besteht die Atmosphäre vor allem aus 78 % Stickstoff und 21 % Sauerstoff und in geringen Mengen Kohlendioxid, Methan, Schwefeldioxid und anderen.

Die Auslöser für die Entstehung von Eiszeitaltern sind sehr komplex und nicht immer eindeutig bewiesen. Sicher ist, dass es niemals nur eine Ursache gibt, sondern immer das Zusammenwirken von mehreren. Irdische Ursachen wie die Positionen der Kontinente, Änderungen der Meeresströmungen und Albedo-Effekte sind dafür ebenso verantwortlich wie die wechselnden

Parameter der Erdumlaufbahn (siehe Kapitel 2.4.1). Auch die Entwicklung des Lebens blieb nicht folgenlos.

Die nachfolgenden Ansichten zeigen, wann und wo es in der Erdgeschichte große Vereisungen gab, welche Ursachen diskutiert werden und welche Beweise wir dafür haben. Der rote Punkt markiert jeweils die Lage von Karlsruhe.

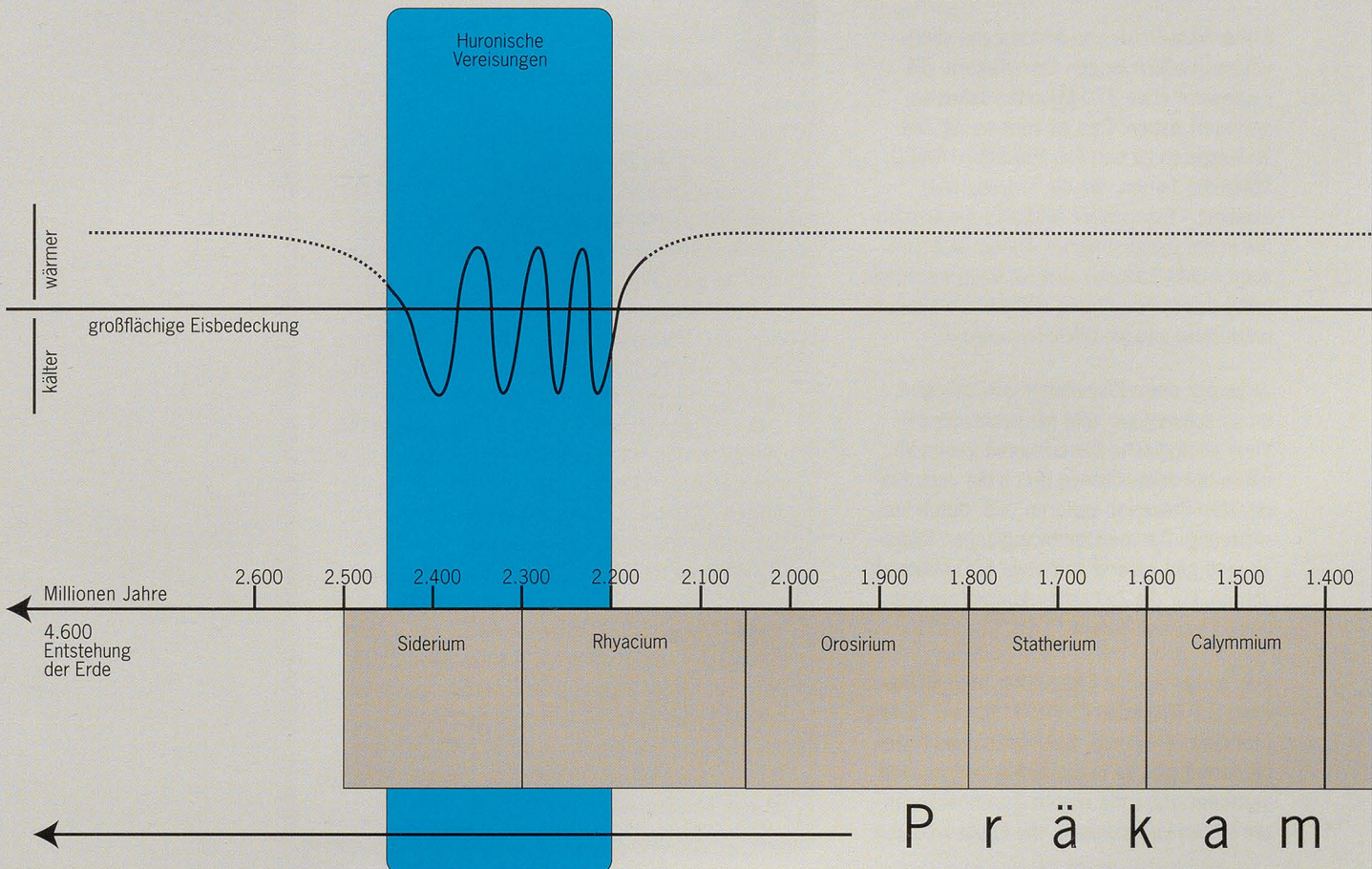
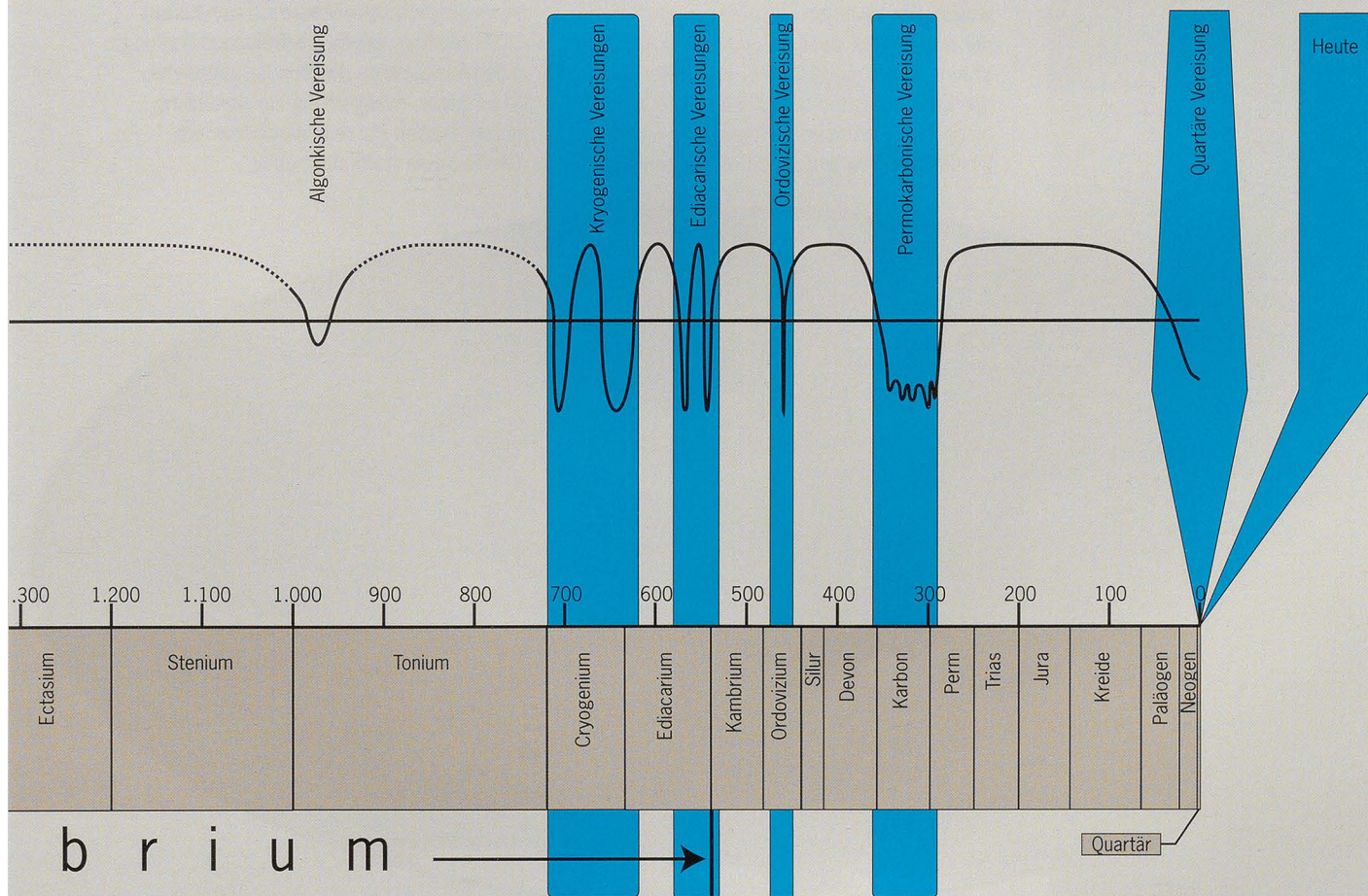


Abbildung 29:

Zeitstrahl und Klimakurve – diese Abbildung zeigt im oberen Teil die Entwicklung des Klimas im Laufe der Erdgeschichte, blau markiert sind dabei die Eiszeitalter, die bisher sicher belegt sind. Im unteren Teil sind die Abfolge der Erdzeitalter und die dazu gehörenden Alter in absoluten Zahlen dargestellt.

(Grafik: Ute Gebhardt und Christoph Schmitt, beide SMNK)



2.5.1 DAS HURONISCHE EISZEITALTER

Das Huronische Eiszeitalter ist das älteste, von dem wir bisher sicher wissen. Es wurde nach dem Huronsee in Kanada benannt, wo man die ersten Hinweise darauf fand. Es dauerte von vor 2,45 bis vor 2,22 Milliarden (2.450 bis 2.220 Millionen) Jahren. In dieser Zeit gab es mindestens 4 große Eisvorstöße.

Da wir leider nicht wissen, wie die Kontinente damals gelegen haben, können wir wegen der heutigen Verbreitung der Spuren nur mutmaßen, dass es wahrscheinlich sehr starke Vereisungen waren, die weite Teile der Erde betroffen haben. Hinweise wurden bisher am Huronsee in Kanada, in Wyoming, Finnland, Indien und in Südafrika gefunden.

Die möglichen Ursachen sind sehr vielfältig: Wir vermuten, dass vor etwa 2,5 Milliarden (2.500 Millionen) Jahren ein Superkontinent namens Scylavia zerfiel. In Zeiten von Superkontinenten gibt es vergleichsweise wenig Vulkanismus, und so wurde nur wenig Kohlendioxid aus dem Erdinneren angeliefert.

Gleichzeitig produzierten die ersten Cyanobakterien Sauerstoff, der das damals in der Atmosphäre reichlich vorhandene Methan in Kohlendioxid umwandelte. Da Kohlendioxid ein wesentlich schwächeres Treibhausgas ist als Methan, wurde die Treibhaus-Wirkung in der Atmosphäre deutlich herabgesetzt. Das musste zwangsläufig zur Abkühlung führen. Diesen Prozess nennt man die „Große Sauerstoffkatastrophe“.

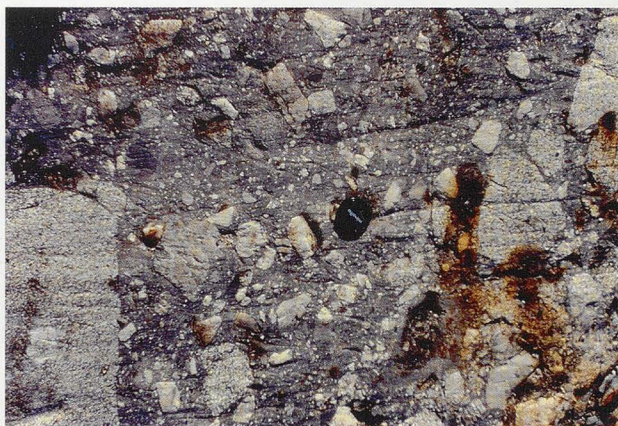
Abbildung 30:
Die gelben Punkte markieren die Orte, an denen Hinweise auf das Huronische Eiszeitalter gefunden wurden, der rote die Lage von Karlsruhe.
(Grafik: Christoph Schmitt, SMNK;
Karte: © 2016 Colorado Plateau Geosystems Inc.)



i Was ist ein Superkontinent?

Etwa alle 500 Millionen Jahre lagern sich alle Kontinentalplatten zu einem Superkontinent zusammen. Der letzte bekannte Superkontinent war Pangaea. Sie entstand vor etwa 300 Millionen Jahren und begann vor etwa 250 Millionen Jahren wieder zu zerfallen. Davor gab es Rodinia von vor 1 Milliarde (1.000 Millionen) bis vor 850 Millionen Jahren, und noch älter sind Columbia oder Nuna von vor 1,5 Milliarden (1.500 Millionen) bis 1,7 Milliarden (1.700 Millionen) Jahren und Superia oder Scavia von vor 2,7 bis 2,5 Milliarden (2.700 bis 2.500 Millionen) Jahren. In Zeiten mit einem Superkontinent gibt es auch nur einen „Superozean“ – Panthalassa.

Geologische Belege sind vor allem Ablagerungen von Gletschern – fossile Tillite und Dropstones.



i Was sind Tillite?

Gletscher hinterlassen Gesteinsmaterial, wenn sie abschmelzen. Diese Ablagerungen nennt man Moränen oder Till, wenn sie jung und noch nicht verfestigt sind. Wenn sie nach einigen Millionen Jahren zu Gestein verfestigt sind, heißen sie Tillit. Wichtigstes Merkmal für alle diese Ablagerungen ist eine feinkörnige Grundmasse, in der Gerölle sehr unterschiedlicher Größen unregelmäßig verteilt sind. Tillite sind oft die einzigen geologischen Zeugen für die Verbreitung von Gletschern.

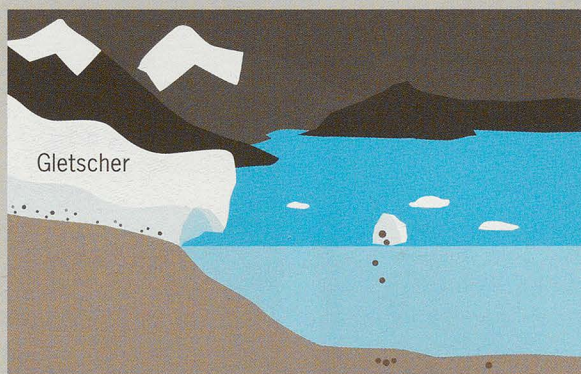
Abbildung 31 (links):
Tillite der Gowganda-Formation,
Ontario/Kanada.
(Foto: Harmon Maher, Omaha)

Abbildung 32 (rechts):
Dropstones der Gowganda-
Formation, Ontario/Kanada.
(Foto: Harmon Maher, Omaha)

i

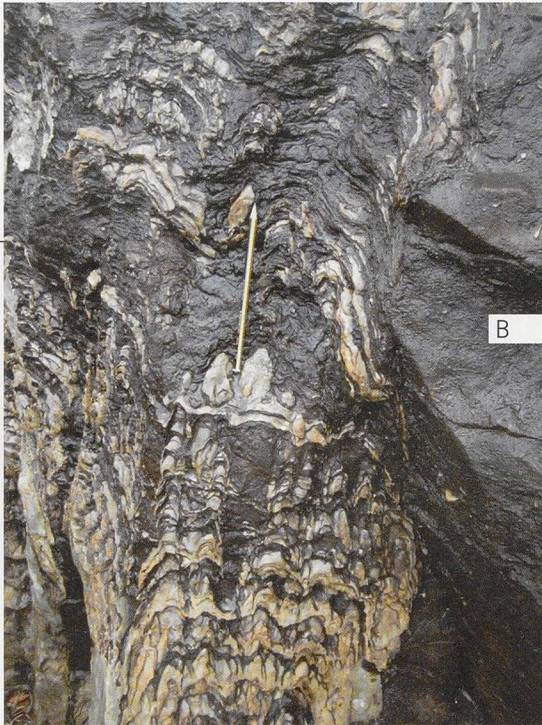
Dropstones – Steine auf Kreuzfahrt

Wenn Gletscher kalben und so Eisberge ins Meer entlassen, nehmen diese eingefrorene Gesteinsbrocken mit sich. Wenn die Eisberge allmählich tauen, lassen sie solche Gesteinsbrocken weit weg von jeglicher Küste fallen (engl. *to drop* = fallen lassen). Diese finden sich dann als Fremdkörper in den sehr feinen Ablagerungen der Tiefsee wieder.



Direkte biologische Belege für Vereisungen gibt es zu dieser Zeit noch nicht. Die Entwicklung des Lebens war noch nicht weit genug fortgeschritten. Nur Stromatolithen, die Bauten der Cyanobakterien, die den ersten Sauerstoff produzierten und damit möglicherweise die Abkühlung des Klimas ausgelöst haben, sind überliefert.

Abbildung 33:
Die Entstehung von Dropstones.
(Grafik: Joanna Czajka, Hamburg)



i

Was sind Stromatolithen?

Stromatolithen entstehen, wenn Cyanobakterien sogenannte Algenmatten bilden. Diese haben eine schleimige, klebrige Oberfläche, auf der feine Sedimentpartikel haften bleiben. Wird diese Schicht so dick, dass die Cyanobakterien nicht mehr genug Licht erhalten, wachsen sie durch diese Schicht hindurch und bilden eine neue Matte. Darauf bleiben dann wieder Partikel kleben, bis sich das Ganze wiederholt. So entstehen feine Schichten aus abwechselnd organischem Material der Cyanobakterien und feinen Partikeln. Solche Stromatolithen wachsen heute noch z.B. in der Hamelin Bay in Westaustralien.



Abbildungen 34 A und B:
Stromatolithen; KwaZulu-Natal/
Südafrika.
(Fotos: Anna Prim, SMNK)

Abbildung 35:
Heute lebende Stromatolithen in der
Hamelin Bay, Westaustralien.
(Foto: © BRONWYN GUDGEON/
shutterstock.com)

Abbildung 36:
Die Punkte markieren die Orte,
an denen Hinweise auf die
Kryogenischen Eiszeitalter
gefunden wurden. Dabei markieren gelbe
Punkte die Sturtische Vereisung,
grüne die Marinoische Vereisung.
Der rote Punkt markiert die Lage von
Karlsruhe.

(Grafik: Christoph Schmitt, SMNK;
Karte: © 2016 Colorado Plateau
Geosystems Inc.)

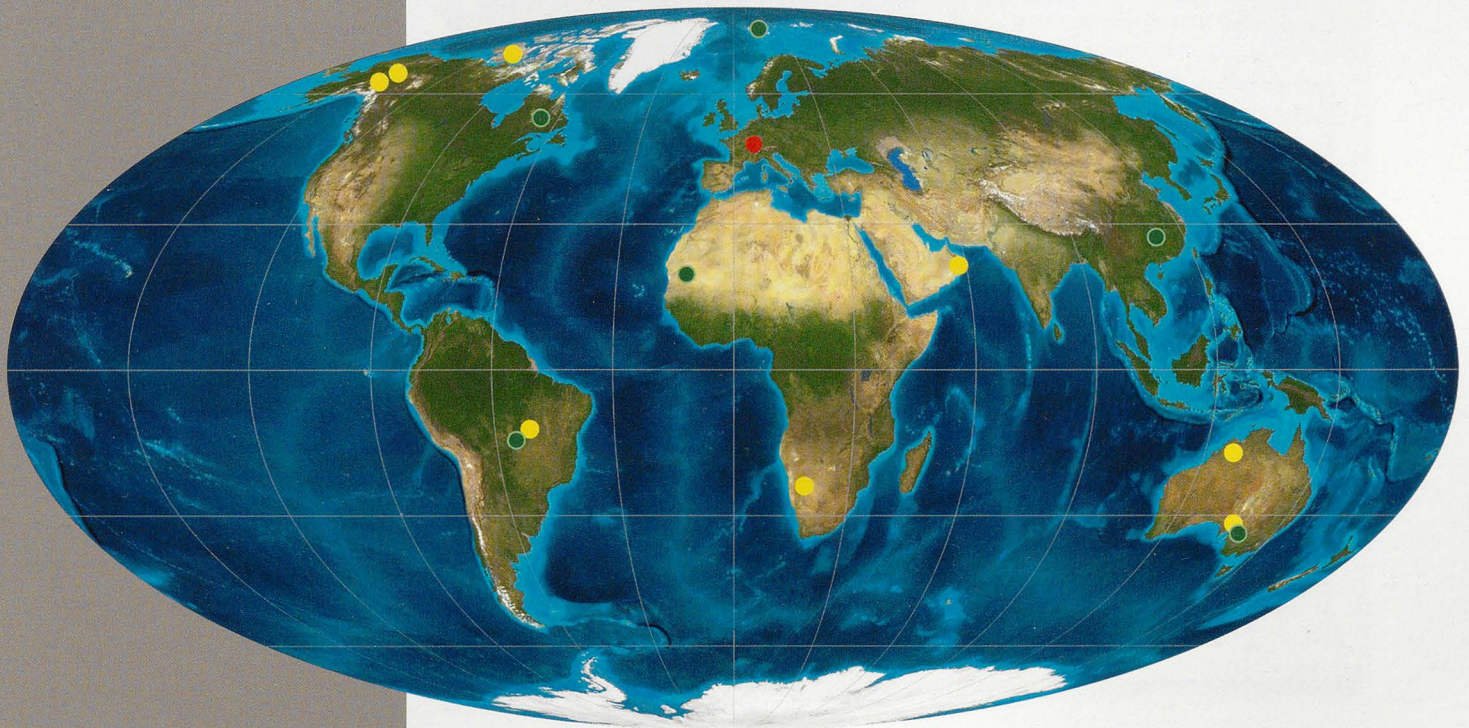
2.5.2 DIE KRYOGENISCHEN EISZEITALTER

Im Kryogenium gab es mindestens zwei große Vereisungen: die Sturtische Vereisung von vor 720 bis vor 715 Millionen Jahren und die Marinoische Vereisung von vor 660 bis vor 635 Millionen Jahren.

Hinweise auf diese Vereisungen gibt es auf der ganzen Welt, auch auf Kontinenten, von denen wir wissen, dass sie damals in der Nähe des Äquators gelegen haben. Deshalb wurde die Idee von der „Schneeballerde“ entwickelt. Tatsächlich reichen die Fakten jedoch nicht aus, um eine solche Theorie zu belegen. Wir wissen nicht, ob alle Fundpunkte wirklich gleich alt sind. Unsere

Methoden der Altersbestimmung sind dafür einfach nicht genau genug. Vielmehr ist es sehr wahrscheinlich, dass wir unterschiedlich alte Eisvorstöße miteinander vergleichen. Trotzdem zeigen die Fundpunkte, dass es sehr große Gletscher an den Polen gegeben haben muss, die fast bis zum Äquator reichten.

Als Ursachen für die Entstehung dieser Vereisungen werden verschiedene Faktoren diskutiert. Zunächst gab es einen Superkontinent Rodinia, der nach allem, was wir wissen, zum großen Teil auf der Südhalbkugel lag. So gab es große Landmassen am Südpol, was die Entstehung von Eiszeitaltern stets fördert. Nachdem die ersten Eisfelder in mittleren und niedrigen Breiten



entstanden waren, wurde der Albedo-Effekt so groß, dass er zur weiteren Abkühlung beitrug (vgl. Kap. 2.4.2.2). Da es einen Superkontinent gab, waren die vulkanische Aktivität und damit die Kohlendioxid-Zufuhr aus dem Erdinneren gering. Gleichzeitig fand in den feucht-heißen Tropen eine starke chemische Verwitterung der Gesteine statt. Dabei wird zusätzlich Kohlendioxid verbraucht, sodass der Atmosphäre Treibhausgas entzogen wurde, was ebenfalls zur Abkühlung beitrug.

Geologische Belege sind erneut vor allem Tillite, die Ablagerungen fossiler Gletscher. Die Abbildungen auf der folgenden Seite zeigen Beispiele aus Australien und Neufundland/Kanada.

Direkte biologische Belege fehlen. Jedoch ist nach den Kryogenischen Eiszeitaltern eine Explosion des Lebens zu verzeichnen. Es entstanden die ersten mehrzelligen Lebewesen, noch ohne Hartteile, wie Knochen, Schalen, Gehäuse oder Zähne, aber doch in einer bemerkenswerten Vielfalt. Am bekanntesten sind die sogenannten Ediacara-Organismen aus Australien, aber auch aus Neufundland, England, vom Weißen Meer, Sibirien und China sowie den südlichen USA sind Funde bekannt. Offenbar war die vorangegangene Klimakrise ein Auslöser für diese Entwicklung.

Abbildung 37:
Die vermutete Lage der Kontinente zur Zeit des Kryogeniums vor etwa 780 Millionen Jahren.
(Grafik: Christoph Schmitt, SMNK;
Karte: © 2016 Colorado Plateau Geosystems Inc.)

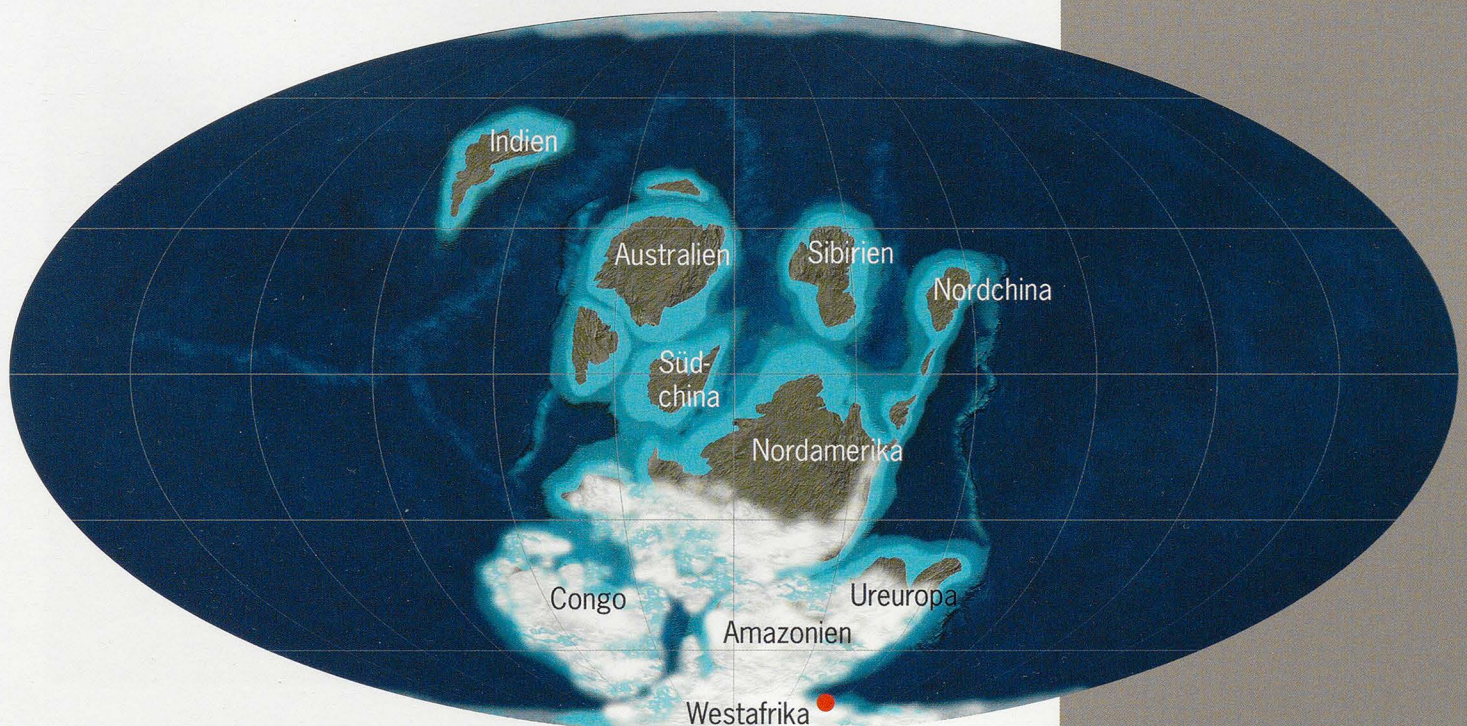




Abbildung 38:
Tillit des Sturtischen Eiszeitalters; Arkaroola, Australien.
(Foto: Gordon Smith, Australien)



Abbildung 39:
Tillit des Marinoischen Eiszeitalters; Neufundland/Kanada.
(Foto: Olaf Elicki, Freiberg, Sachsen)

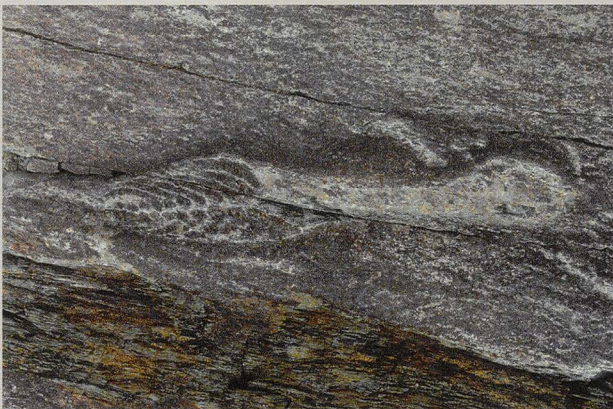


Abbildung 40:
Charniodiscus; Mistaken Point, Neufundland/Kanada.
(Foto: Olaf Elicki, Freiberg, Sachsen)



Abbildung 41:
Rekonstruktion der Lebewelt nach den Kryogenischen Eiszeitaltern.
(Quelle: Wikipedia, Maulucioni, auf der Basis von Vorarbeiten von Ryan Somma)

2.5.3 DIE EDIACARISCHEN EISZEITALTER

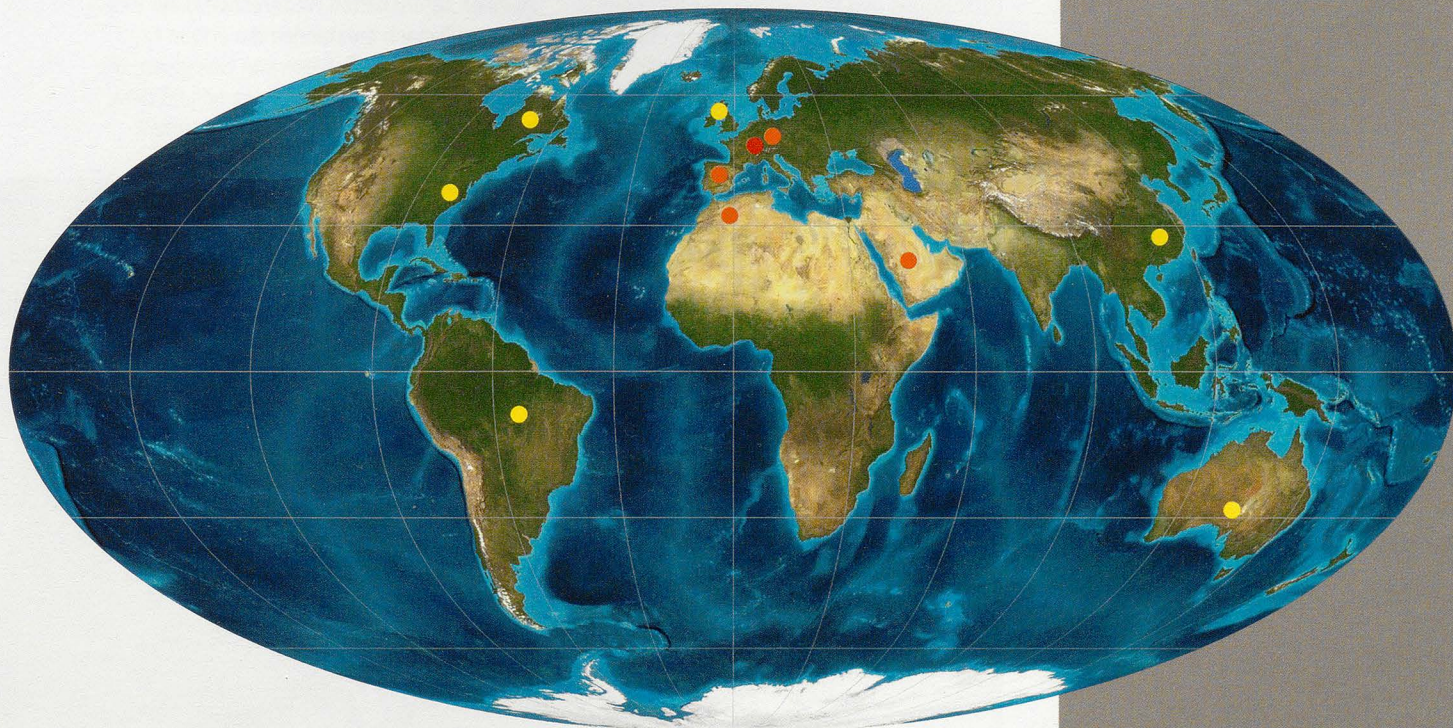
Auch im Ediacarium gab es mindestens zwei große Vereisungen: die Gaskiers-Vereisung von vor 582 Millionen bis vor 580 Millionen Jahren und die Orellana-Weesenstein-Vereisung von vor 564 bis vor 540 Millionen Jahren. Beide Vereisungen erreichten nicht mehr die große Ausdehnung der vorangegangenen Kryogenischen Vereisungen.

Hinweise fand man für die Gaskiers-Vereisung in Neufundland, außerdem in China, Australien, Südamerika, Nordeuropa. Die Orellana-Weesenstein-Vereisung wurde

in Deutschland, Spanien, Marokko und Saudi-Arabien nachgewiesen.

Als Auslöser werden dieselben Ursachen diskutiert wie bei den Kryogenischen Vereisungen: Die Kontinentkonstellation war noch immer geprägt vom Zerfall des Superkontinents Rodinia. Nordamerika, Sibiria und Europa begannen sich abzuspalten, am Südpol blieb der Großkontinent Gondwana zurück. Bei Eisvorstößen in niedrige Breiten wurde der Albedo-Effekt so groß, dass er zur Abkühlung beitrug. Und schließlich führte die chemische Verwitterung von Gesteinen in den Tropen zur Abnahme des Kohlendioxid-Gehaltes der Atmosphäre und damit zur Abnahme des Treibhauseffektes.

Abbildung 42:
Die Punkte markieren die Orte, an denen Hinweise auf die Ediacarischen Eiszeitalter gefunden wurden. Dabei markieren gelbe Punkte die Gaskiers-Vereisung, orange die Orellana-Weesenstein-Vereisung. Der rote Punkt markiert die Lage von Karlsruhe.
(Grafik: Christoph Schmitt, SMNK; Karte: © 2016 Colorado Plateau Geosystems Inc.)



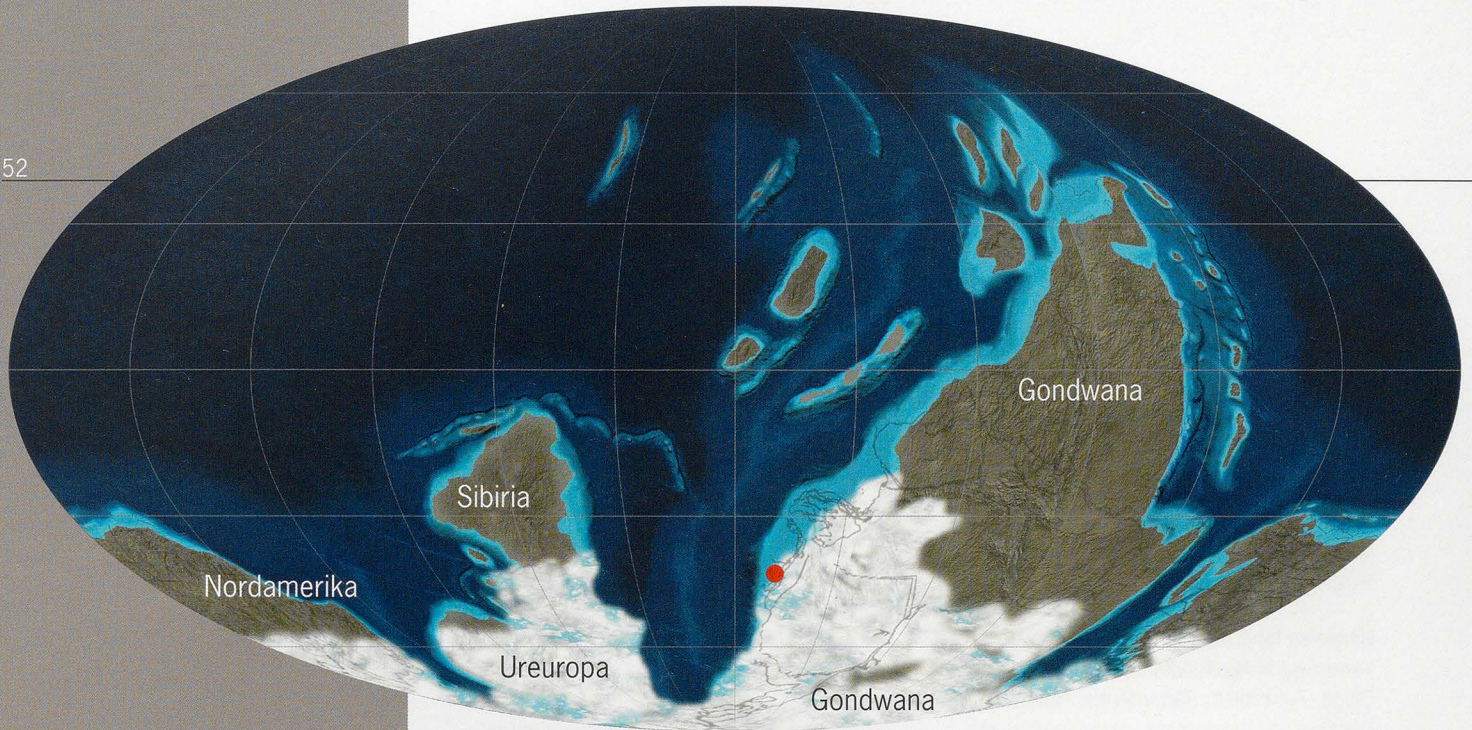


Abbildung 43:
Die vermutete Lage der Kontinente
zur Zeit des Ediacariums vor etwa
580 Millionen Jahren, der rote Punkt
markiert die Lage von Karlsruhe.
(Grafik: Christoph Schmitt, SMNK;
Karte: © 2016 Colorado Plateau
Geosystems Inc.)

Als geologische Belege liegen z.B. Tillite,
Dropstones und Windkanter der Weesen-
stein-Formation in Sachsen sowie charakte-
ristische jahreszeitliche Schichtungen
in Sedimentgesteinen aus Orellana in
Spanien vor.

Auch die Vereisungen des Ediacariums führten
zu einer sprunghaften Weiterentwicklung des
Lebens: Danach entstanden die ersten Orga-
nismen mit harten Schalen und Gehäusen, die
am Anfang noch winzig klein waren und des-
halb „Small-Shelly-Fauna“ genannt werden.

Abbildung 44:
Die feinen horizontalen Linien
entstanden durch eine jahreszeitliche
Schichtung; Orellana, Spanien.
(Foto: Ulf Linnemann, Dresden)





Abbildung 45:
Windkanter; Weesenstein,
Deutschland.
(Foto: Ulf Linnemann, Dresden)



Abbildung 46:
Small-Shelly-Fauna – Schneckenhaus.
(Foto: Olaf Elicki, Freiberg, Sachsen)



Abbildung 47:
Small-Shelly-Fauna – Schwammnadel.
(Foto: Olaf Elicki, Freiberg, Sachsen)

2.5.4 DAS ORDOVIZISCHE (SAHARA- ODER HIRNAN- TISCHE) EISZEITALTER

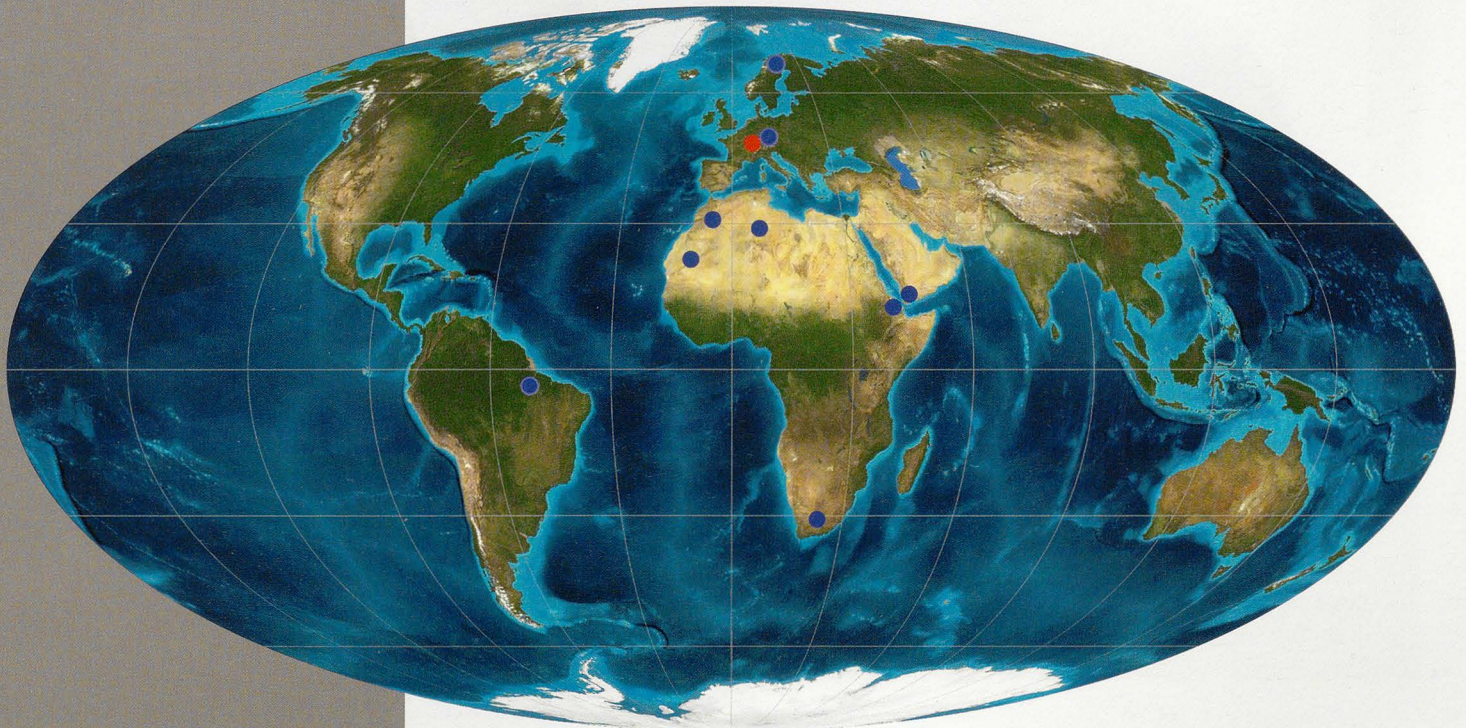
Vor 444 Millionen Jahren gab es eine Vereisung, die sich am deutlichsten im heutigen Nordafrika nachweisen lässt – daher auch der Name Sahara-Vereisung. Dieses Eiszeitalter war mit einer Dauer von weniger als einer Million Jahren außergewöhnlich kurz.

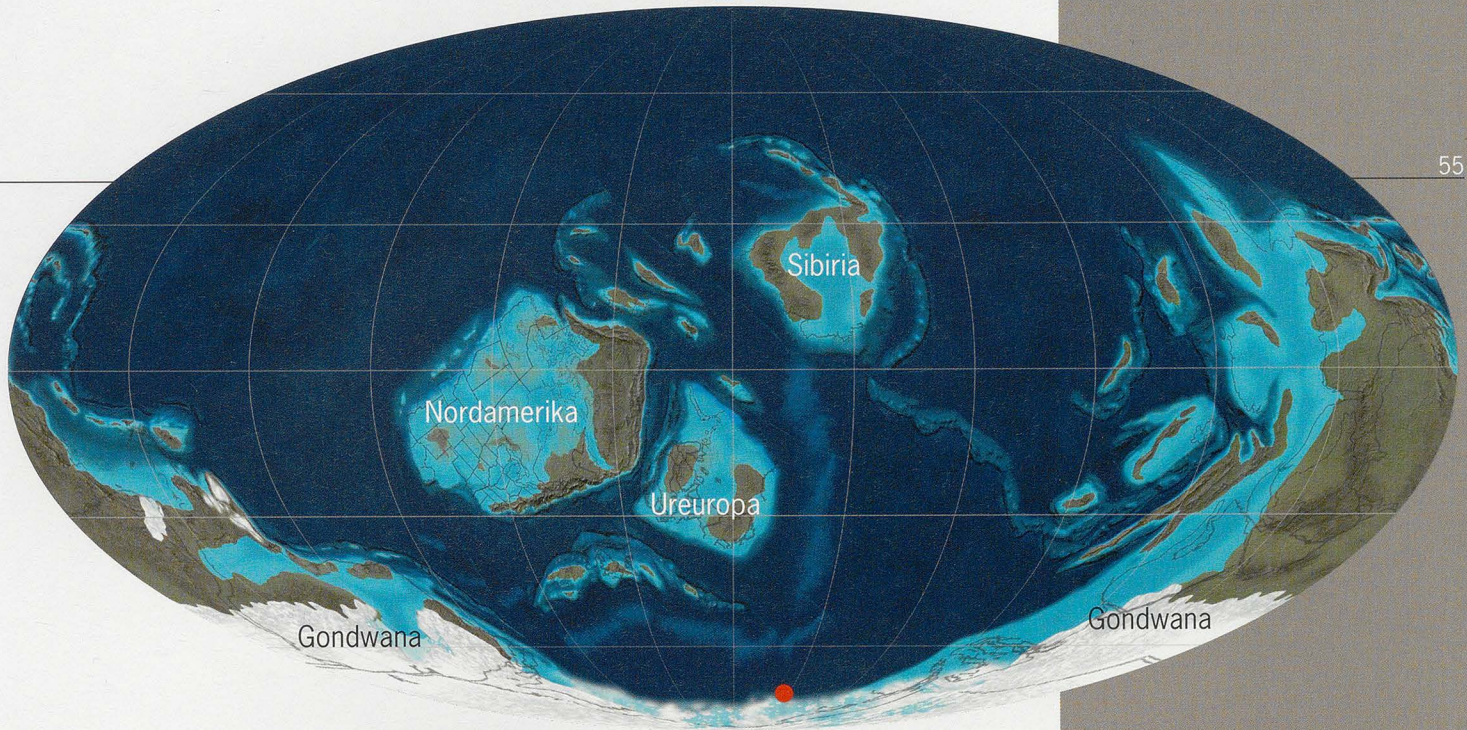
Seit ihrer ersten Entdeckung in Nordafrika wurden weitere Hinweise in Südafrika, Südamerika, Süd- und Mitteleuropa, Skandinavien und im Nahen Osten gefunden.

Die Ursachen für diesen außergewöhnlichen Klima-Event sind bis heute unklar und

werden unter Wissenschaftlern heftig diskutiert. Als nahe liegende Ursache kommt wieder die Lage der Kontinente infrage – noch immer liegt Gondwana und damit eine große Landmasse am Südpol. Allerdings änderte sich daran weder vor noch nach diesem kurzen Eiszeitalter etwas. Der Kohlendioxid-Gehalt der Atmosphäre könnte in einer Zeit mit wenig vulkanischer Aktivität zusätzlich durch eine deutliche Zunahme der Photosynthese des Phytoplanktons stark verringert worden sein – mit einer Abkühlung als Folge. Diskutiert werden jedoch auch weit exotischere Theorien, wie z.B. ein Gamma-Blitz in der Folge einer Supernova-Explosion im Weltall. Jedoch sind derartige Theorien auf der Erde leider nicht beweisbar.

Abbildung 48:
Die blauen Punkte markieren die
Orte, an denen Hinweise auf das
Hirnantische Eiszeitalter gefun-
den wurden, der rote die Lage von
Karlsruhe.
(Grafik: Christoph Schmitt, SMNK;
Karte: © 2016 Colorado Plateau
Geosystems Inc.)





Als geologische Belege liegen z.B. Tillite und Gletscherschrammen aus Marokko und Libyen sowie Dropstones aus Thüringen vor.

Die Ordovizische Vereisung verursachte das zweitgrößte Massenaussterben der Erdgeschichte. Betroffen waren während der Abkühlung wärmeliebende, bei der Wiedererwärmung dann kälteliebende Meeresorganismen.

Abbildung 49:
Die vermutete Lage der Kontinente zur Zeit des Ordoviziums vor etwa 444 Millionen Jahren, der rote Punkt markiert die Lage von Karlsruhe.
(Grafik: Christoph Schmitt, SMNK;
Karte: © 2016 Colorado Plateau Geosystems Inc.)



Abbildung 50:
Dropstone im Lederschiefer;
Steinach, Thüringen.
(Foto: Martin Meschede, Greifswald)

Abbildung 51:
Gletscherschrammen; Jebel Eghei/Libyen.
(Foto: Sebastian Lüning)



2 cm

Abbildung 52:
Wärmeliebende Fauna –
Korallen und Brachiopoden.
(Foto: Wikipedia, Wilson44691)

Abbildung 53:
Kälteliebende Fauna –
Trilobiten und Brachiopoden;
Leihgeber: Axel Munnecke, Erlangen.
(Foto: Volker Griener, SMNK)



1 cm

2.5.5 DAS PERMOKARBONISCHE EISZEITALTER

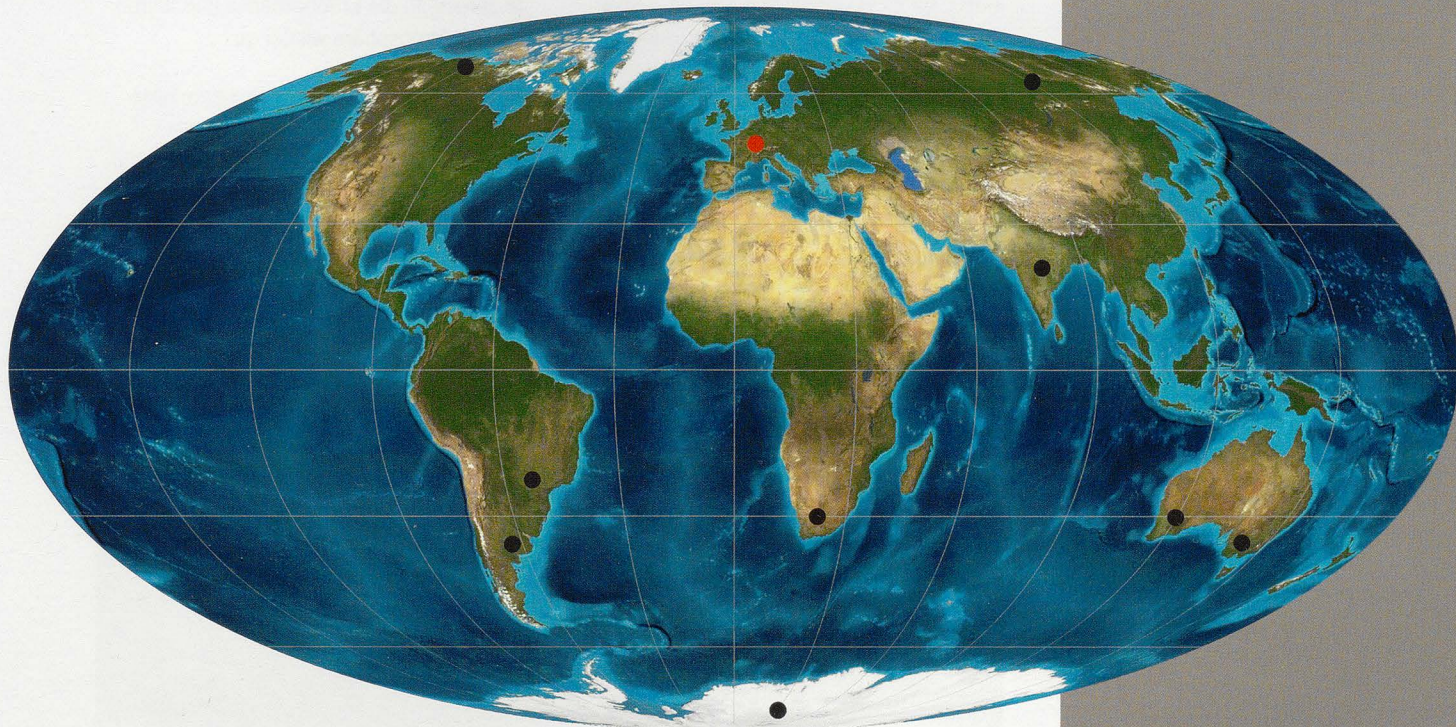
Das Permokarbonische Eiszeitalter dauerte mit 45 Millionen Jahren von vor 340 Millionen Jahren bis vor 295 Millionen Jahren sehr lange. Es gab mindestens fünf große Eisvorstöße im Abstand von 5 bis 7 Millionen Jahren.

Spuren der Vereisungen wurden bisher nur auf der Südhalbkugel gefunden. Der Nordpol lag damals in einem weltumspannenden Ozean, dem Panthalassischen Ozean. Es ist sehr wahrscheinlich, dass auch der Nordpol vereist war, jedoch hinterlässt Meereis keine Spuren, wenn es taut, sodass wir heute keine Belege von der

damaligen Nordhalbkugel finden können. Es gibt jedoch Hinweise auf ein zumindest gemäßigtes Klima mit Jahreszeiten auf der Nordhalbkugel in Sibirien und Kanada.

Als Ursache kommt erneut die Position der Kontinente infrage. Noch immer liegt der Großkontinent Gondwana und damit eine große Landmasse am Südpol. Schwerwiegender war aber sicher ein ökologisches Problem: Pflanzen hatten das Land erobert und bildeten zu dieser Zeit die ersten wirklich großen Urwälder. Diese riesigen Wälder betrieben so stark Photosynthese, dass die Atmosphäre zu dieser Zeit etwa 30 % Sauerstoff enthielt – ein Drittel mehr als heute! Dafür verbrauchten sie große Mengen an Kohlendioxid, das

Abbildung 54:
Die schwarzen Punkte markieren die Orte, an denen Hinweise auf das Permokarbonische Eiszeitalter gefunden wurden, der rote die Lage von Karlsruhe.
(Grafik: Christoph Schmitt, SMNK;
Karte: © 2016 Colorado Plateau Geosystems Inc.)



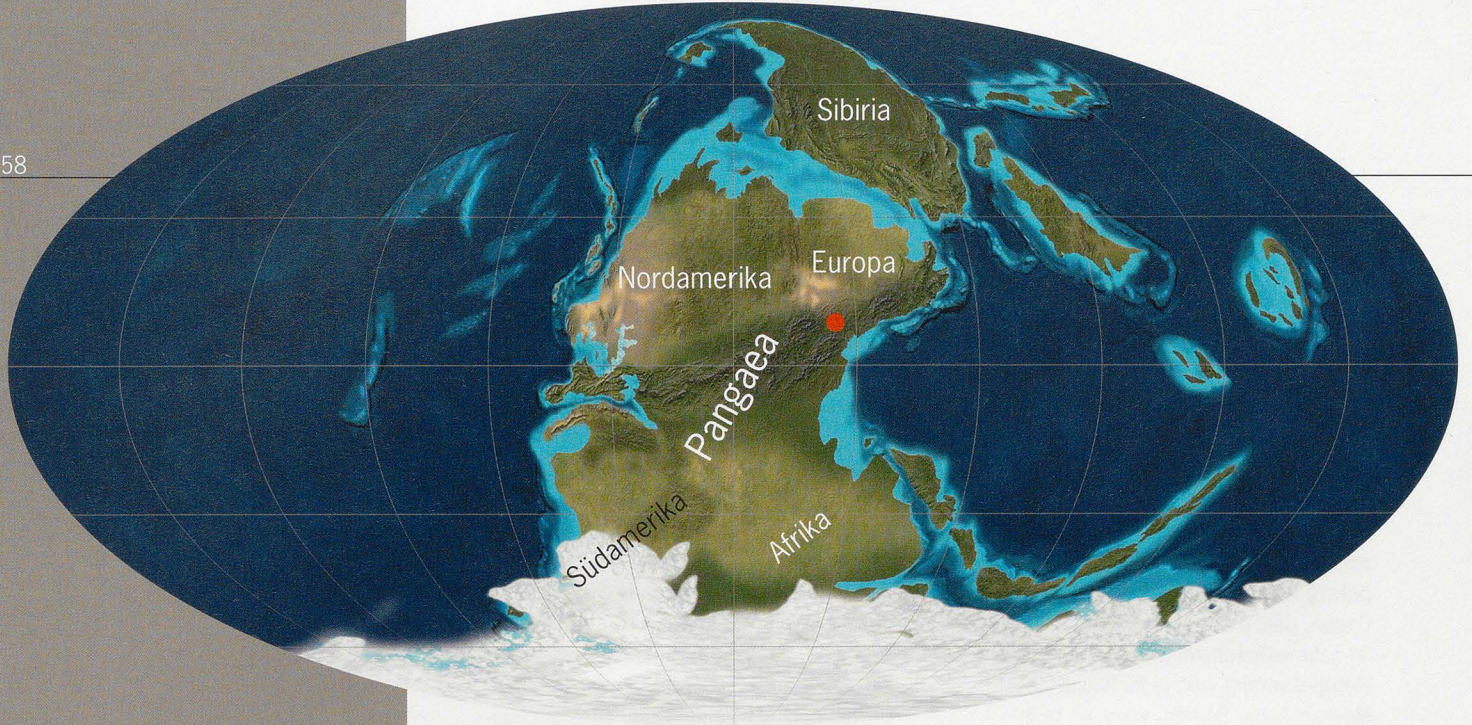


Abbildung 55:
Die vermutete Lage der Kontinente zur Zeit des Permokarbons vor etwa 300 Millionen Jahren, der rote Punkt markiert die Lage von Karlsruhe. (Grafik: Christoph Schmitt, SMNK; Karte: © 2016 Colorado Plateau Geosystems Inc.)

sie nachhaltig der Atmosphäre entzogen, indem sie es in organische Säuren, Glukose und Stärke umwandelten. Der dadurch eingelagerte Kohlenstoff wurde nach dem Absterben der Pflanzen als Torf, Braunkohle und Steinkohle, aber auch als Erdöl und Erdgas im Erdinneren konserviert. Diesen Kohlenstoff holen wir heute, nach mehr als

300 Millionen Jahren, als fossile Brennstoffe zurück an die Erdoberfläche und führen ihn der Atmosphäre wieder zu.

Geologische Belege sind mächtige Tillite und charakteristische jahreszeitliche Schichtungen in Ablagerungen, z.B. in Südafrika, Australien, Südamerika.



Abbildung 56:
Tillite der Dwyka-Gruppe;
Karoo/Südafrika.
(Foto: Ute Gebhardt, SMNK)



Biologische Belege sind z.B. Pflanzenfossilien. Jahresringe an Baumstämmen und glattrandige Blätter z.B. von *Glossopteris*, einer baumartigen Pflanze aus dieser Zeit, sind Belege für ein feucht-kühles gemäßigtes Klima, das sicher während der Warmzeiten in Südafrika geherrscht hat.



Abbildung 57 (links):
Die feinen horizontalen Linien
entstanden durch eine jahreszeitliche
(Warven-)Schichtung;
Karoo/Südafrika.
(Foto: Ute Gebhardt, SMNK)

Abbildung 58 (rechts):
Verkieselter Baumstamm mit Jahres-
ringen; Karoo/Südafrika.
(Foto: Ute Gebhardt, SMNK)

Abbildung 59:
Blätter von *Glossopteris* –
glattrandig; Queensland/Australien.
(Foto: Volker Griener, SMNK)

Abbildung 60:
Die Erde mit der heutigen
Eisbedeckung.

Die grünen Punkte markieren
einige Orte, an denen Hinweise auf
das Quartäre Eiszeitalter gefunden
wurden, der rote die Lage von
Karlsruhe.
(Grafik: Christoph Schmitt, SMNK;
Karte: © 2016 Colorado Plateau
Geosystems Inc.)

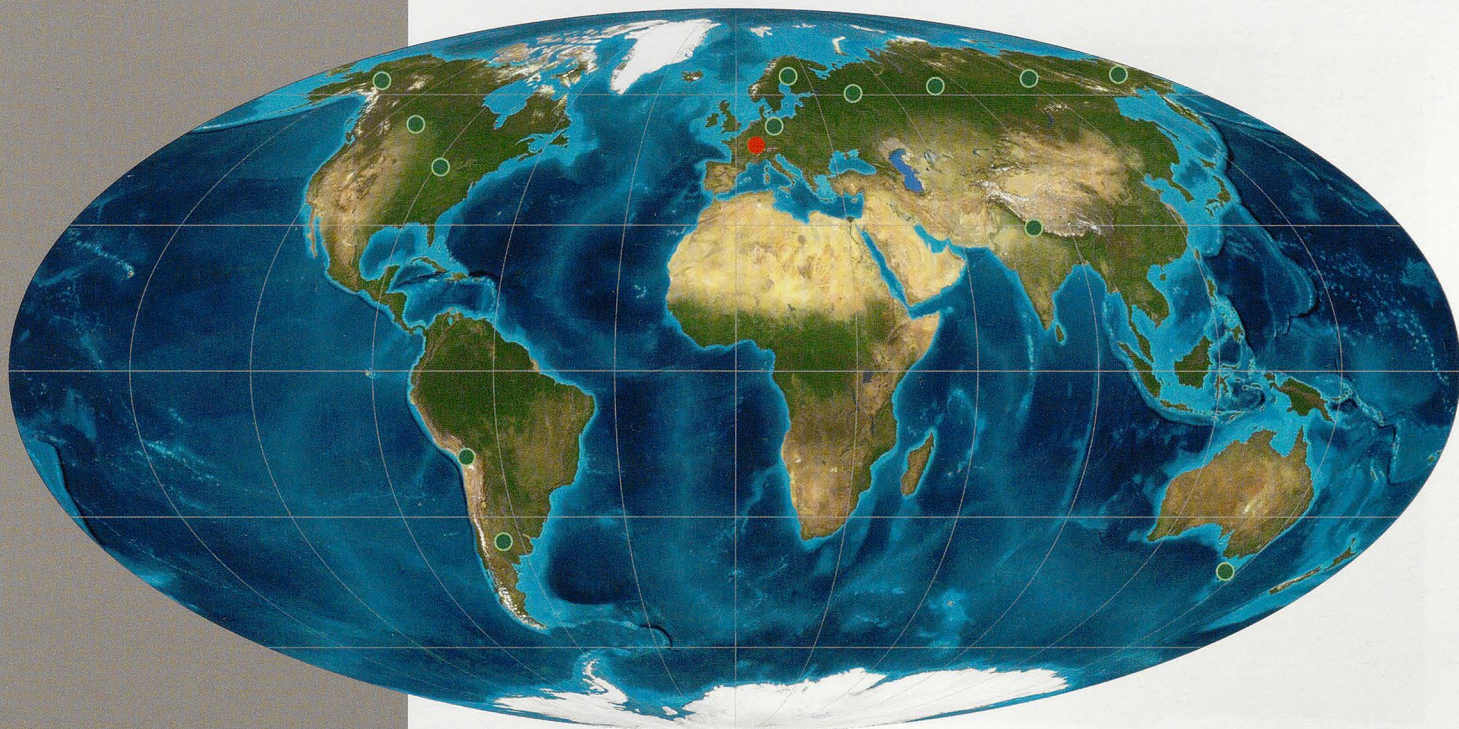
2.5.6 DAS QUARTÄRE EISZEITALTER

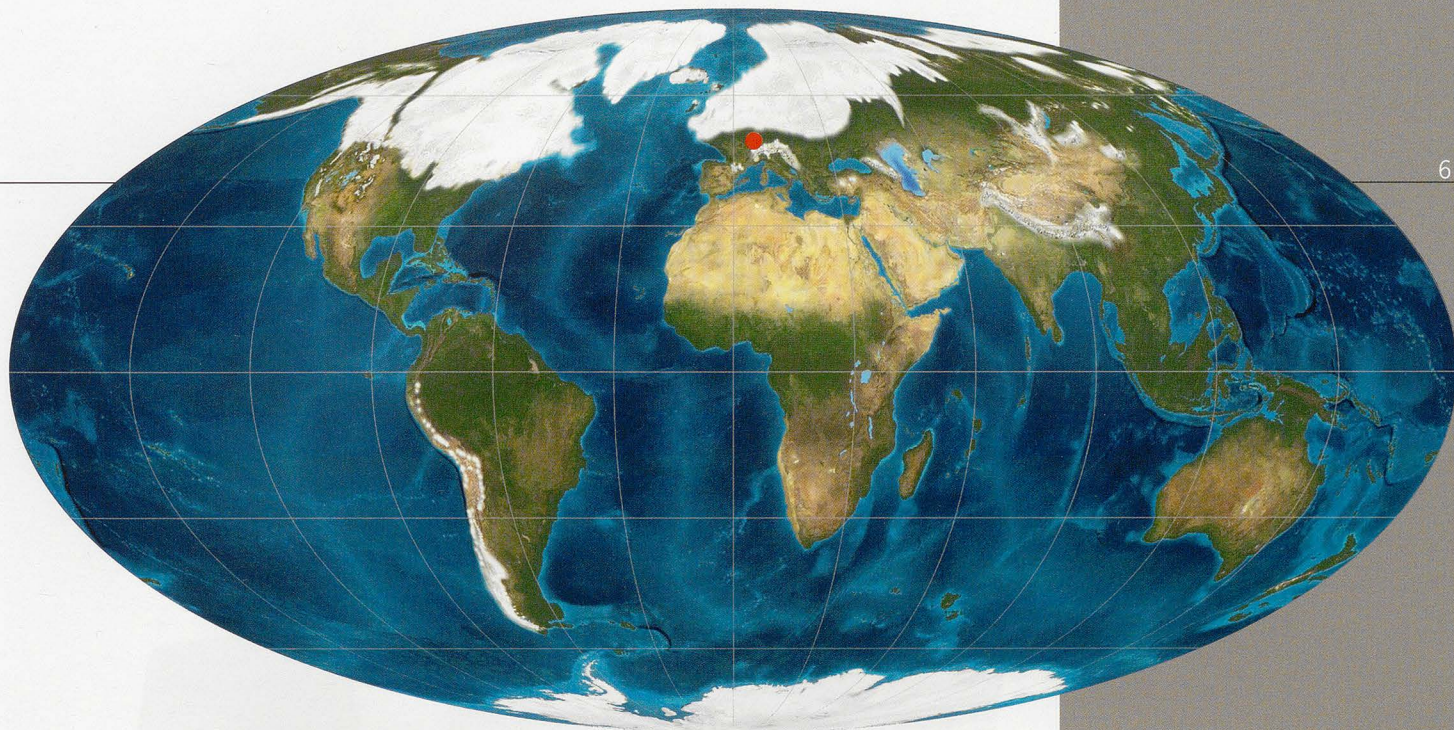
Vor etwa 38 Millionen Jahren begann die Vereisung der Antarktis, vor etwa 15 Millionen Jahren war dann die Antarktis komplett vereist, und das Schelfeis entstand. Vor 2,6 Millionen Jahren begann die Vereisung der Arktis. Damit waren beide Pole vereist, und das Quartäre Eiszeitalter begann. Außer in Afrika gibt es auf allen Kontinenten Spuren.

Das Quartäre Eiszeitalter ist noch nicht zu Ende. Seit 11.700 Jahren leben wir im Holozän, das die bisher letzte Warmzeit des Quartären Eiszeitalters ist.

Die Ursachen für die Entstehung des Quartären Eiszeitalters sind besser bekannt als bei den älteren.

Zum Beispiel spielten die Kontinentkonstellation und Meeresströmungen eine große Rolle: Die Isolation von Antarktika durch die Trennung von Australien (Tasmanische Straße) vor etwa 40 Millionen Jahren und Südamerika (Drake-Straße) vor etwa 30 Millionen Jahren führte zur Entstehung einer sehr kalten zirkumpolaren Meeresströmung um Antarktika herum. Die Schließung des Panama-Seeweges vor etwa 2,6 Millionen Jahren verhinderte eine Meeresströmung zwischen Pazifik und Atlantik. Dies war der Auslöser für die Entstehung des Golfstromes (vgl. Kap. 2.4).





Außerdem spielten kosmische Ursachen eine Rolle: Die Parameter der Erdbahn ändern sich ständig und damit auch die Position der Erde gegenüber der Sonne. Das hatte direkte Auswirkungen auf das Erdklima. Es resultieren Warm- und Kaltzeiten innerhalb eines Eiszeitalters (vgl. Kap. 2.4.1). Darüber hinaus hat es sicher weitere Einflussfaktoren gegeben, wie z.B. Albedo-Effekte, die Auswirkungen

von hohen Gebirgen auf atmosphärische Strömungen und lokale Änderungen in den Niederschlagsmengen.

Geologische, geografische und biologische Klimazeugen finden sich allein im Oberrheingraben in großer Menge. Beispiele dazu sind ausführlich im Kapitel 2.3 dargestellt.

Abbildung 61:
Die Erde zur Zeit der stärksten Vereisung im Quartär.
Der rote Punkt markiert die Lage von Karlsruhe.
(Grafik: Christoph Schmitt, SMNK;
Karte: © 2016 Colorado Plateau Geosystems Inc.)

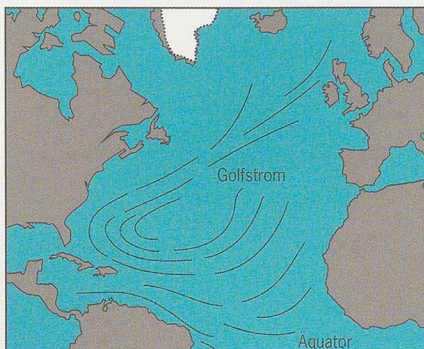
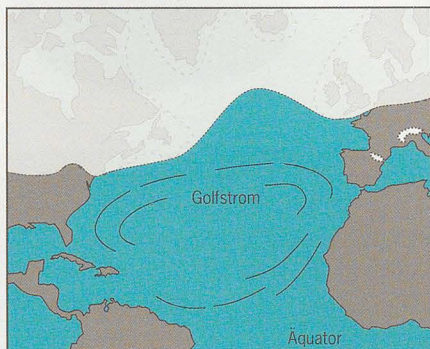


Abbildung 62 (links):
Der Golfstrom während einer Kaltzeit.
(Grafik: Christoph Schmitt, SMNK,
verändert nach Stanley 2001)

Abbildung 63 (rechts):
Der Golfstrom während einer Warmzeit.
(Grafik: Christoph Schmitt, SMNK,
verändert nach Stanley 2001)



Abbildung 64:
 Jungsteinzeitliche Keramik und Steinbeil
 vom Bodensee;
 Originale aus den Sammlungen des
 Staatlichen Museums für Naturkunde
 Karlsruhe.
 (Fotos: Volker Griener, SMNK)

Ausblick

Wir leben heute im Holozän, der bisher letzten Warmzeit des Quartären Eiszeitalters. Das Holozän ist das Zeitalter des modernen Menschen. Wir gestalten unsere Umwelt aktiv und sind so ein wesentlicher Umweltfaktor geworden.



Abbildung 65:
Blick in den Karlsruher Rheinhafen.
(Foto: Dirk Laubner)

3 DIE LEBEWELT IM PLEISTOZÄN



Das Jungpleistozän oder Spätpleistozän ist der letzte Abschnitt des Pleistozäns. Es begann vor etwa 126.000 Jahren und endete ziemlich genau vor 11.700 Jahren mit einer neuen Warmzeit, dem Holozän, dem Zeitalter, in dem wir heute leben. Das Jungpleistozän ist geprägt von der Eem-Warmzeit und der Würm-Kaltzeit, zwei Zeitalter, die unterschiedlicher nicht sein könnten.

Die Welt des Eem wäre uns, was die Pflanzenwelt angeht, merkwürdig vertraut vorgekommen, wären da nicht Tiere gewesen, die es heute hier nicht mehr gibt, wie z.B. Elefanten, Nashörner und – natürlich – Flusspferde.

Das würm-zeitliche Oberrheingebiet war dagegen geprägt von einer heute fremdartig

anmutenden Kältesteppenlandschaft voller Pflanzen, die heute nur noch in den Hochalpen oder den Tundren wachsen. Elefanten und Nashörner gab es noch immer – allerdings mit dichtem, langem Pelz. Die Flusspferde aber waren hier verschwunden – für immer.

In beiden Zeitaltern wären uns aber auch Tiere begegnet, die auch heute noch hier leben. Was die Geschichte der Menschheit angeht, findet im späten Würm der Übergang von Jäger- und Sammlerkulturen zu sesshaften Bauern statt. Wir begeben uns nun auf eine Zeitreise in die Tier- und Pflanzenwelt der Würm- und der Eem-Zeit und erzählen die Geschichte von zwei Zeitaltern, die heute noch die Landschaft des Oberrheins prägen.



3.1 DIE EEM-WARMZEIT

Die Eem-Warmzeit war die letzte Warmzeit vor der jetzigen, dem Holozän. Sie begann vor etwa 126.000 Jahren nach der Riß-Kaltzeit und endete vor etwa 115.000 Jahren mit dem Beginn der Würm-Kaltzeit. Benannt ist diese Warmzeit nach dem Fluss Eem in den Niederlanden. Klimaschwankungen hielten sich während des Eem in Grenzen. Nördlich der Alpen war es 1 bis 2 °C wärmer, südlich davon aber 1 bis 2 °C kälter als die jeweiligen Jahresmitteltemperaturen der vorindustriellen Zeit. Die milden Winter waren sehr regenreich und frostfrei. Der Meeresspiegel lag 4 bis 6 m höher als heute. Die norddeutsche Tiefebene war teilweise überflutet. Typische Großtiere der Eem-Warmzeit waren Flusspferd, Auerochse und Waldelefant.

3.1.1 DIE PFLANZENWELT DES EEM

Die Pflanzenwelt der Eem-Warmzeit am Oberrhein ähnelte der heutigen insgesamt sehr. Es gab vier unterschiedliche Phasen der Waldentwicklung (vgl. Kap. 2.3.2). Zu Beginn der Eem-Warmzeit wuchsen auf den nackten, aber nährstoffreichen Böden Birken und Kiefern als Relikte der Riß-Kaltzeit. Auch Weiden, Wacholder und Sanddorn waren zu finden (Phase 1). Mit der Bildung von neuem Humus breiteten sich Eichen, Ulmen, Haseln, Erlen und Eiben aus. Diese Waldpflanzen begannen, die ursprüngliche Flora zu verdrängen (Phase 2). In die dunklen Eichenmischwälder drangen später Schattbaumarten wie Tanne, Fichte und

Abbildung 66:
Weltkarte mit der Ausbreitung der Landeismassen heute, die der Situation im Eem ähnlich ist. Der rote Punkt markiert die Lage von Karlsruhe.
(Grafik: Christoph Schmitt, SMNK; Karte: © 2016 Colorado Plateau Geosystems Inc.)

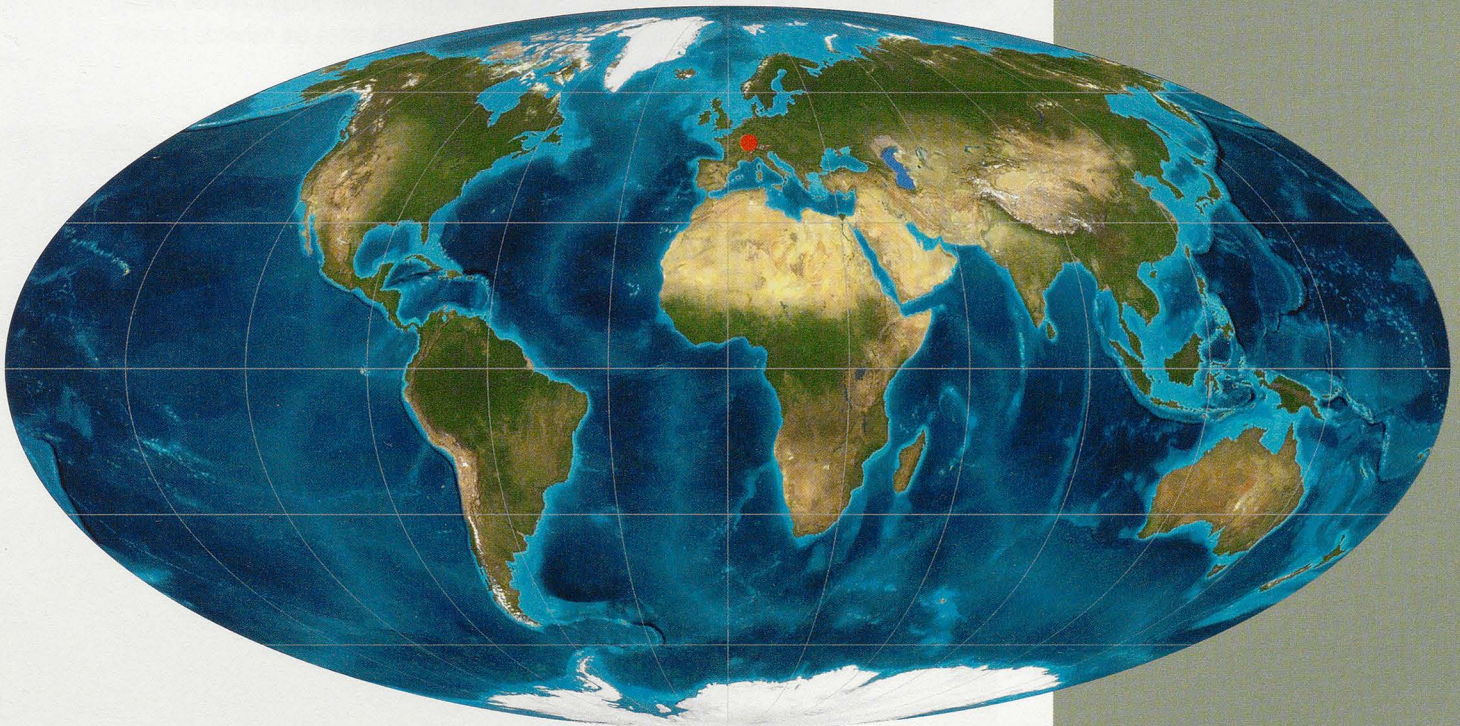




Abbildung 67:
So sahen die Rheinauen-
urwälder während der
Eem-Warmzeit aus,
fast genauso wie heute.
Die Aufnahme entstand im
Weingartener Moor.
(Foto: Dino Frey, SMNK)

Rotbuche vor. Die jungen Bäume dieser Arten treiben ihr Laub vor den Altbäumen im zeitigen Frühjahr aus. Die Blätter wachsen, solange die Sonne durch die kahlen Kronen der Altbäume auf den Waldboden dringt. Im Sommer verschatten die Kronen

der Baumriesen den Waldboden. Die Jungbäume wachsen dann kaum noch (Phase 3). Gegen Ende der Eem-Warmzeit wurden dann wieder Birken, Rottannen und Kiefern häufiger und läuteten die nahende Kaltzeit ein (Phase 4).

Abbildung 68:
Der Schattbaumwald – junge Bäume schlagen vor den alten aus und nutzen die Sonne, solange die Kronen der großen Bäume noch kaum belaubt sind. Das Bild wurde im Weingartener Moor aufgenommen.
(Foto: Dino Frey, SMNK)





ECHTES MÄDESÜSS

Rosengewächse

Höhe: 0,5 bis 1,5 m

Vorkommen: nasse, nährstoffreiche Wiesen

Der Name „Mädesüß“ geht wohl auf die Verwendung der weißen Blüten zum Süßen und Aromatisieren von Honigwein, dem Met, zurück. Der Name „Stopparsch“ bezieht sich auf die durchfallhemmende Wirkung der Pflanze. Den frühen Menschen war diese Wirkung sicher bekannt.



SCHWARZER HOLUNDER

Moschuskrautgewächse

Höhe: bis 11 m

Standort: Weg- und Waldränder, Lichtungen,
Schuttf Flächen; Halbschatten

Die Blüten werden wegen ihres aromatisch-süßlichen Geschmacks zur Herstellung von Holunderkuchlein, Limonade und Sirup benutzt. Die reifen Beeren des Schwarzen Holunders sind essbar. Der aus ihnen gepresste Saft ist sehr schmackhaft. Unreife Beeren und der Rest der Pflanze enthalten eine Vielzahl giftiger Substanzen. Diese können Verdauungsstörungen, leichte Krämpfe und Atembeschwerden verursachen.

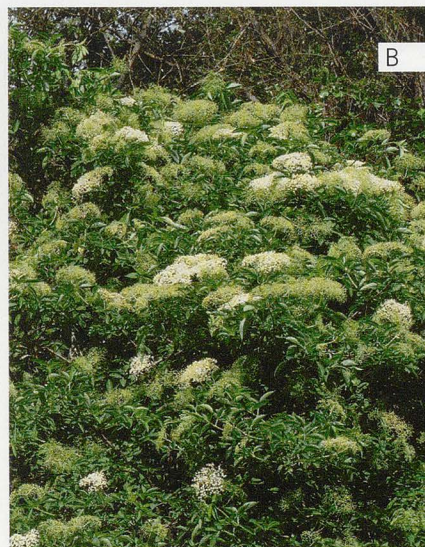


Abbildung 69:
Echtes Mädesüß, Wiesenkönigin,
Stopparsch *Filipendula ulmaria* –
A: Pflanze mit Blüten- und
Fruchtstand,
B: Pflanze am Standort.
(Scan A: Christoph Schmitt, SMNK,
Foto B: Wikimedia, Christian Fischer)

Abbildung 70:
Schwarzer Holunder,
Holler *Sambucus niger*
A: Blätter mit Fruchtstand,
B: Holundersträucher in Blüte;
aufgenommen im Grösseltal,
Nordschwarzwald.
(Fotos A: © Dragan Milovanovic/
shutterstock.com,
B: Dino Frey, SMNK)

Abbildung 71:
Winterlinde, Steinlinde,
Tilia cordata –
A: Blüten,
B: Blätter;
aufgenommen in Esslingen.
(Foto A: Dino Frey,
Scan B: Christoph Schmitt,
beide SMNK)

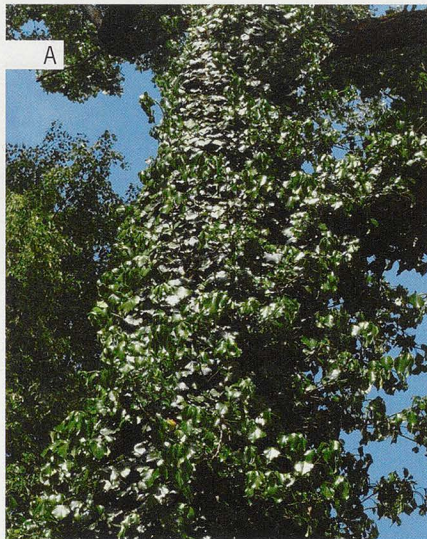


WINTERLINDE

Malvengewächse
Höhe: bis 40 m
Standort: Mittelgebirge, Eichen-Hainbuchen-
Mischwälder mit tiefgründigen Böden

Die Winterlinde kann bis zu 1.000 Jahre alt werden. Die nektar- und pollenreichen Blüten liefern einen Tee mit erkältungslindernder und schleimlösender Wirkung. Schon die Menschen der Steinzeit nutzten den Bast der Rinde zum Binden und Flechten. Der wissenschaftliche Artnamen „cordata“ bezieht sich auf die herzförmigen Blätter.

Abbildung 72:
Gemeiner Efeu, Eppich
Hedera helix –
A: Efeubewuchs an einem
Winterlindenstamm im Grösseltal,
Nordschwarzwald,
B: Blätter.
(Foto A und Scan B: Dino Frey,
SMNK)



EFEU

Araliengewächse
Rankenlänge: über 30 m
Standort: Wälder, offene Felslandschaften

Der immergrüne Efeu ist eine Rankpflanze. Die Ranken verankern sich mit Wurzelborsten am Substrat, unter anderem auch in der Rinde von Bäumen. Mit diesen Haftwurzeln nimmt der Efeu Nährstoffe auf. Die Pflanze ist sehr giftig. Ihre Beeren verursachen Halsbrennen, Verdauungsstörungen, Krämpfe und Atembeschwerden. Für viele Vögel sind die Beeren eine wichtige Winternahrung.

A

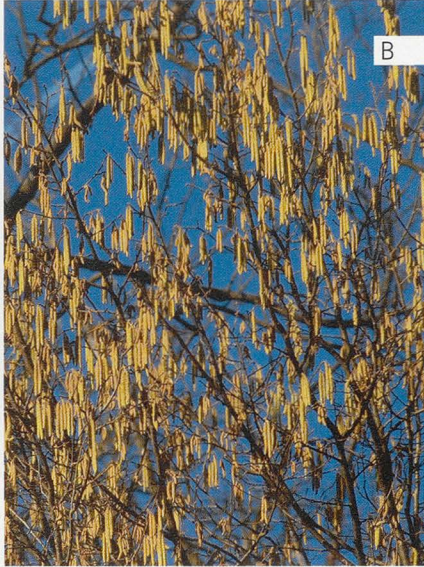


GEMEINE HASEL

Birkengewächse

Höhe: 5 bis 6 m

Standort: sommerwarme, lichte Wälder,
Waldränder; feuchte, humusreiche Böden



B

Der zu den Birkengewächsen gehörende Strauch kam in der Würm-Kaltzeit nur in geschützten Lagen wie dem Oberrheingebiet vor. Nachgewiesen ist er hier durch Pollen. In der Eem-Warmzeit war die Hasel, wie heute auch, in ganz Europa verbreitet. Die Nüsse enthalten rund 60 % Öl. Haselsträucher sind Windblütler. Die bis etwa 100 mm langen Kätzchen stäuben oft schon im Januar an sonnigen Tagen.

i

Efeu enthält sehr viele Substanzen, die mehrheitlich giftig wirken. Die Gifte sind ein Fraßschutz und halten besonders Insekten fern. Meist findet man an Efeu nur Blattläuse, die den Saft offenbar vertragen. Vögel, wie z.B. Amseln, können nur das Fleisch der Beeren verdauen, aber nicht die Samen. Diese passieren den Darm und werden wieder ausgeschieden. So werden die Samen nicht nur verbreitet, sondern zum Keimen gleich noch gedüngt. Nur eine einzige Stoffgruppe aus dem Efeu wird als Heilmittel für den Menschen genutzt. Sie heißen Saponine und müssen sauber aus dem Efeu herausgewaschen werden.

Abbildung 73:
Gemeine Hasel *Corylus avellana* –
A: Blätter,
B: blühender Haselstrauch bei
Salmbach, Nordschwarzwald.
(Scan A: Christoph Schmitt,
Foto B: Dino Frey, beide SMNK)

Abbildung 74.1:
Pleistozäner Gewöhnlicher
Buchsbaum *Buxus sempervirens*;
Original aus den Sammlungen des
Staatlichen Museums für Naturkunde
Karlsruhe.
(Foto: Volker Griener, SMNK)



GEWÖHNLICHER BUCHSBAUM

Der Buchsbaum ist ein typischer Strauch der Warmzeit. Die derben, dunkelgrünen, dicht stehenden Blätter sind im Gegensatz zu denen anderer Pflanzen häufiger fossil erhalten – vorausgesetzt, die Bedingungen sind gegeben. Besonders gut erhalten sind Pflanzen, die an sauren, kalkhaltigen Quellaustritten gediehen. Bekannte Vorkommen dieses Sauerwasserkalkes liegen bei Stuttgart-Münster. Der giftige Buchsbaum war als Nahrungsquelle für die meisten Pflanzenfresser kaum geeignet.

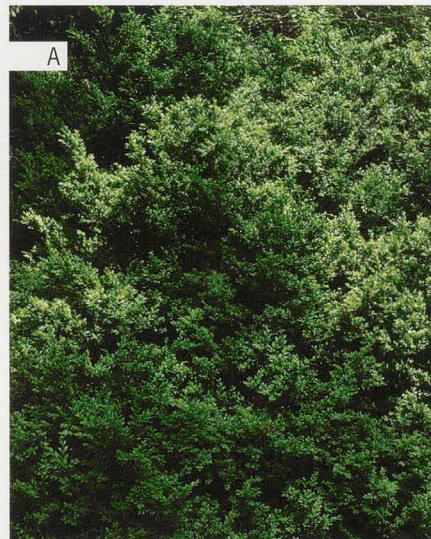


Abbildung 74.2:
Gewöhnlicher Buchsbaum
Buxus sempervirens –
A: Strauch,
B: Blätter.
(Foto A und Scan B: Dino Frey,
SMNK)

Buchsbaumgewächse
Höhe: 8 bis maximal 20 m
Standort: in Deutschland heute wild nur
noch bei Grenzach, Landkreis Lörrach;
in der Eem-Warmzeit in ganz Deutschland

Der immergrüne Buchsbaum ist einhäusig getrenntgeschlechtlich und besitzt nektar- und pollenreiche Blüten. Die Samen haben eine Warze, deren Duft Ameisen anlockt. Diese tragen die Samen weg und sorgen so für die Verbreitung des Buchsbaums. Alle Teile der Pflanze sind für den Menschen giftig. Extrakte wurden aber in der Antike gegen Husten, bei Erkrankungen des Verdauungstrakts und bei Malariafieber eingesetzt.

A



EUROPÄISCHE LÄRCH

Kieferngewächse
Höhe: bis 30 m, manchmal über 50 m
Standort: sonnenexponierte Steilhänge und
Blockschutthalden bis zur Baumgrenze,
aber auch Quellmoore

Als einziger einheimischer Nadelbaum wirft die Lärche im Winter ihre Nadeln ab. Die weichen, biegsamen Nadeln sitzen in Büscheln an kurzen Trieben. Junge Nadeln sind essbar und schmecken harzig-säuerlich. Der Baum verträgt Temperaturen von -40 bis über +30 °C. Lärchenharz wirkt gegen Abszesse, Furunkel und Gliederschmerzen, kann aber auch als Klebstoff benutzt werden.



B

73

Abbildung 75:
Europäische Lärche *Larix decidua* –
A: Zweig,
B: Baum;
aufgenommen am
Wasserleitungsweg bei Pforzheim.
(Scan A und Foto B: Dino Frey,
SMNK)

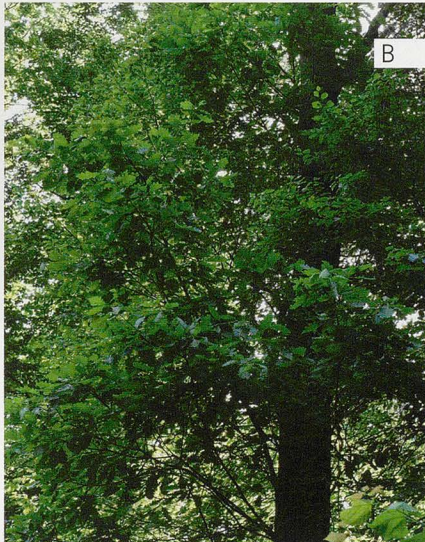
A



TRAUBENEICHE

Buchengewächse
Höhe: 25 bis 40 m
Standort: trockene, mittel- bis tiefgründige
Lehm-, Sand- und Steinböden; sonnenliebend

Die Borke junger Traubeneichenzweige enthält viel Gerbsäure. Diese wirkt austrocknend, juckreizstillend und antiseptisch. Die wasserlöslichen Stoffe aus der Borke werden zum Gerben benutzt und helfen gegen äußere Hauterkrankungen und Schweißfüße. Stieleichen besitzen eine mächtige Pfahlwurzel und gelten bei Sturm als extrem standfest. Die Eicheln sitzen auf kurzen Stielen. Die Fruchtsände bilden Trauben. Die Blätter sind dagegen lang gestielt.



B

Abbildung 76:
Traubeneiche,
Wintereiche *Quercus petraea* –
A: Blätter,
B: Traubeneiche im Grösseltal,
Nordschwarzwald.
(Scan A: Christoph Schmitt,
Foto B: Dino Frey, beide SMNK)

Abbildung 77.1:
Stieleiche *Quercus robur* aus dem
Sauerwasserkalk;
Original aus den Sammlungen des
Staatlichen Museums für Naturkunde
Karlsruhe.
(Foto: Volker Griener, SMNK)



STIELEICHE

Bei Stieleichen sind die Früchte langstielig, die Stiele der Blätter dagegen sind sehr kurz. Im Gegensatz dazu haben die Blätter der Traubeneiche lange Stiele, dafür sitzen die Eicheln auf kurzen. Die beiden Eichen wurden im deutschen Sprachraum nach der Gestalt ihrer Fruchstände benannt. Die 20 bis 40 m hohen Bäume wuchsen vor allem in den kühlen Phasen der Eem-Warmzeit in Mitteleuropa. Stieleichen gedeihen besonders gut auf lehmigen, feuchten bis nassen Böden, ein typischer Baum der Hartholzaue. Der Baum, von dem diese Blätter stammen, wuchs in der Nähe einer Karstquelle. Das kalkhaltige Wasser floss über die Blätter, verdunstete und bildete eine dünne Kalkschicht. Darin ist der Blattabdruck bis ins letzte Detail erkennbar.



Abbildung 77.2:
Stieleiche *Quercus robur*
A: die namensgebenden
langgestielten Eicheln,
B: Blätter,
C: mächtige Stieleiche auf dem
Sonnenberg bei Pforzheim.
(Fotos: Dino Frey, SMNK)

Buchengewächse

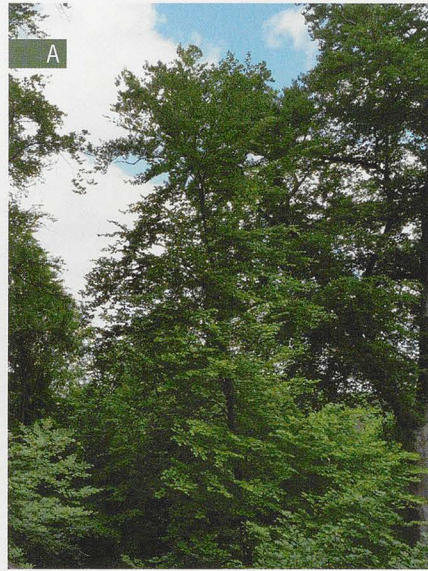
Höhe: 20 bis 40 m

Standort: tiefgründige, wechselfeuchte bis nasse Lehm- und Tonböden mit hohem Nährstoffgehalt; Baum der Hartholzaue

Das Holz der Stieleiche ist extrem hart, zäh und hält wegen des hohen Gerbsäuregehalts auch unbehandelt lange durch. Es ist ein hervorragendes Bau- und Brennholz und wurde sicherlich auch vom frühen Menschen entsprechend genutzt. Der Extrakt aus der Rinde junger Bäume und aus Stockausschlägen enthält neben Gerbstoffen zahlreiche Substanzen, die hochwirksam gegen Haut- und Rachenentzündungen sind, besonders gegen nässende Ekzeme. Schweine und Rinder fressen die für den Menschen bitteren Eicheln, die bis zu 30 % Stärke enthalten, besonders gern. Daher kommt der Spruch: „Auf Eichen wächst der beste Schinken.“



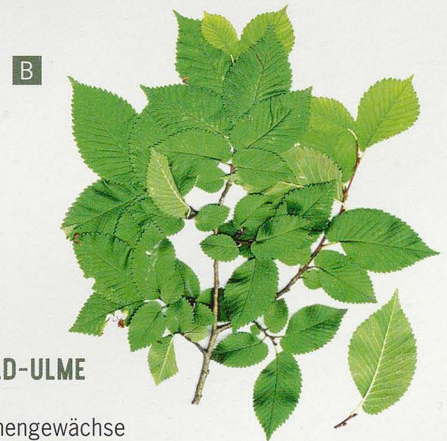
Abbildung 78:
 Rotbuche *Fagus sylvatica* –
 A: Rotbuchenwald bei der
 Spornburg, Kräheneck im Nagoldtal
 bei Pforzheim,
 B: Blätter.
 (Foto A: Dino Frey,
 Scan B: Christoph Schmitt,
 beide SMNK)



ROTBUCHE

Buchengewächse
 Höhe: 30 bis 45 m
 Standort: nährstoffreiche, vor allem Sand-
 bis Lehmböden, verträgt Kalk

Rotbuchen brauchen eine Jahresmitteltemperatur von mindestens 8 °C und eine Jahresregenge-
 menge von 650 mm. Jungbäume werden gern von großen Pflanzenfressern gefressen. Rot-
 buchensamen, die Bucheckern, sind schmackhaft, aber giftig. Bereits eine Handvoll kann Übel-
 keit und Erbrechen auslösen. Junge Blätter sind essbar und schmecken leicht säuerlich. Die
 dünne glatte Borke schimmert silbrig, und das dichte rötliche Holz hat einen hohen Brennwert.



FELD-ULME

Ulmengewächse
 Höhe: bis 40 m
 Standort: teilüberflutete Laub- und Misch-
 wälder mit nährstoffreichen, möglichst
 kalkhaltigen Böden

Abbildung 79:
 Feld-Ulme, Iper *Ulmus minor* –
 A: junge Feld-Ulme; aufgenommen im
 Grösseltal, Nordschwarzwald,
 B: Blätter.
 (Foto A: Dino Frey,
 Scan B: Christoph Schmitt,
 beide SMNK)

Die Feld-Ulme war häufig auf Kalkböden zu finden, besonders im Süden der Schwäbischen
 Alb und in Muschelkalkgebieten am Oberrhein. Die grün geflügelten Samen erscheinen
 im Frühjahr vor den Laubblättern und betreiben Photosynthese lange bevor die Blätter
 austreiben. Die Schleimstoffe des eingekochten Suds der Feld-Ulmenrinde wirken gegen
 Durchfall. Ulmen sind an der asymmetrischen Blattbasis leicht zu erkennen.



SILBERPAPPEL

Häufig sind Pflanzenreste aus dem Pleistozän, wie z.B. diese Silberpappelblätter, in Süßwasserkalken erhalten geblieben. Süßwasserkalk entsteht dort, wo kalkhaltiges Wasser an der Oberfläche austritt und verdunstet. Wenn im Quellbereich Pflanzenreste liegen, werden sie von einer dünnen Kalkschicht überzogen und bleiben so fossil erhalten.



Weidengewächse
 Höhe: 15 bis 45 m
 Standort: frische, dauerfeuchte, basische
 Kies-, Sand- und Tonböden, die reich an
 Nährstoffen sind



Abbildung 80.1:
 Silberpappelblätter *Populus alba* aus
 dem Süßwasserkalk; Original aus
 den Sammlungen des Staatlichen
 Museums für Naturkunde Karlsruhe.
 (Foto: Volker Griener, SMNK)

Abbildung 80.2:
 Silberpappel *Populus alba*;
 A: heutige Silberpappelblätter mit
 der typischen silberweiß behaarten
 Blattunterseite,
 B: Baum; beide Aufnahmen
 stammen von der Insel Föhr.
 (Fotos: Dino Frey, SMNK)

Silberpappeln sind typische Pflanzen der Weichholzaue, die in den Niederungen großer Flüsse besonders häufig sind. Sie sind Windbestäuber. Auch ihre winzigen Samen, die einen weißen Haarschopf tragen, werden mit dem Wind verbreitet. Die flachwurzeln Pionierbaumart kann auch auf trockenen Böden wachsen, bleibt dann aber kleiner. Heute wird die schnellwüchsige Silberpappel angebaut und zur Herstellung von Papier und Faserplatten genutzt. Die frühen Menschen benutzten das weiche, spröde Holz als Brennholz. Die frischen Triebe der Silberpappel dienen dem Waldnashorn sicherlich als Nahrung.

3.1.2 DER EEM-ZEITLICHE SOMMER

In der Eem-Warmzeit lagen die Sommertemperaturen am Oberrhein nur etwa 1 bis 2 °C über der vorindustriellen Jahresmitteltemperatur. Die Laubbäume waren grün und besiedelten nicht nur das Tal des Oberrheins, sondern gediehen bis in die Höhen der angrenzenden Gebirge. Waldelefanten, Waldnashörner, Rothirsche und

andere Waldbewohner fanden in diesen Wäldern reichlich Nahrung. Höhlenbären, Vielfraße und Rotfüchse streiften auf Nahrungssuche umher. In den zahlreichen Seen und Flussarmen lebten Flusspferde, Sumpfschildkröten und Wasserbüffel. Auch dort gab es Nahrung im Überfluss: weiche Wasserpflanzen, Büsche und saftiges Gras. Wegen der vielen Gewässer muss die Luft voller Insektenschwärme gewesen sein, insbesondere Stech- und Kriebelmücken, aber auch Bremsen.



Abbildung 81.1:
Europäischer Waldelefant
Palaeoloxodon antiquus,
A: lebensgroße Skulpturen
in Rivas-Vaciamadrid,
B: Stoßzahn, Original aus den
Sammlungen des Staatlichen
Museums für Naturkunde Karlsruhe.
(Foto A: Wikimedia, Apotea,
B: Volker Griener, SMNK)

EUROPÄISCHER WALDELEFANT

Fasthuftiere/Rüsseltiere
Kopf-Rumpf-Länge: 3,8 bis 4,2 m
Schulterhöhe: 3,0 bis 4,2 m
Gewicht: 6 bis 11 t
Ernährung: Grünpflanzen aller Art

Der Europäische Waldelefant tauchte vor 780.000 Jahren in Europa und Vorderasien auf. Die letzten dieser Tiere lebten vor 30.000 Jahren in Portugal.

Von dort stammt auch die einzige Darstellung, die sehr wahrscheinlich einen Europäischen Waldelefanten zeigt. Die wärmeliebenden Rüssel-



tiere lebten in lichten Laubwäldern und fraßen Gras und Zweige. Ihre nahezu geraden Stoßzähne wurden über 3 m lang. Die maximale Greifhöhe des Rüssels betrug 8 m.

Wie bei allen Elefanten wurden die Backenzähne des Europäischen Waldelefanten langsam von hinten nach vorne herausgeschoben und dabei abgekaut. Sechs Backenzähne, also drei Milchvorbackenzähne und drei Backenzähne pro Kieferhälfte müssen ein Elefantenleben lang halten. Obwohl der Europäische Waldelefant nach neuesten Erkenntnissen mit dem Afrikanischen Rundohrelefanten verwandt ist, sind seine Zahnschmelzlamellen feiner und ähneln mehr jenen eines Asiatischen Elefanten. Entsprechend wurde der Unterkiefer beim Kauen wohl nicht hin und her bewegt wie bei den afrikanischen Vettern, sondern vor und zurück wie beim Asiatischen Elefanten. Die Stoßzähne entsprechen den mittleren Milchschneidezähnen. Der hier abgebildete Unterkiefer stammt aus einer Sandgrube am Oberrhein.

i

Unglaublich, aber wahr!

Die tonnenschweren Elefanten laufen auf den Zehenspitzen. Der gesamte hintere Teil des Fußes besteht aus einem weichen Sohlenpolster. Stellt sich ein Elefant damit auf Ihren Fuß, fühlt sich das wie ein Mehlsack an. Macht er das mit dem Vorderrand seiner Füße, sind Zehen und Schuhe kaputt. Besser nicht testen!

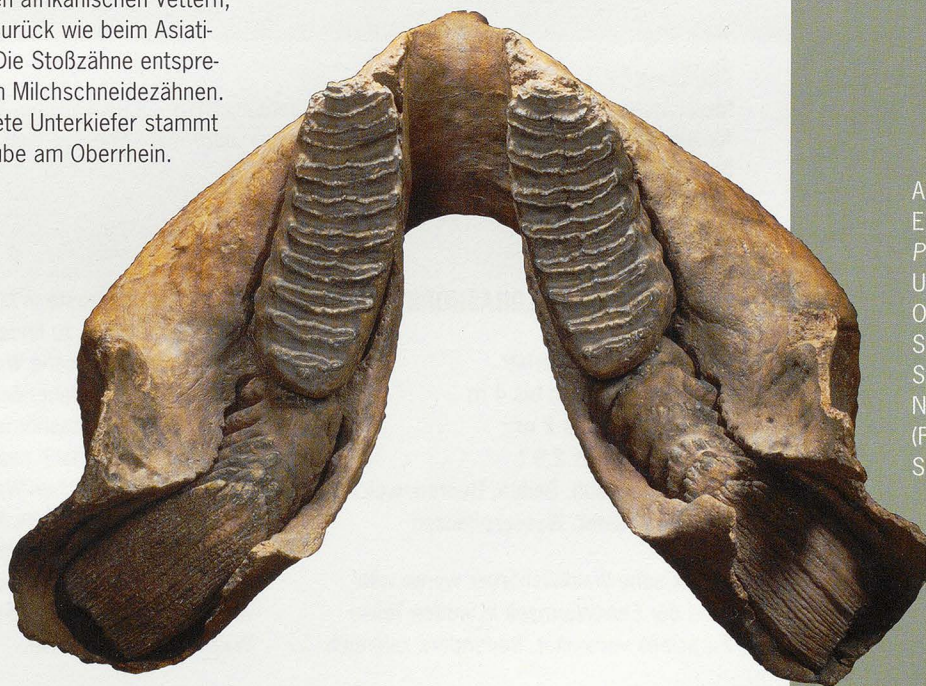


Abbildung 81.2:
Europäischer Waldelefant
Palaeoloxodon antiquus –
Unterkiefer;
Original aus den
Sammlungen des
Staatlichen Museums für
Naturkunde Karlsruhe.
(Foto: Volker Griener,
SMNK)



Abbildung 82.1:

Merck'sches Waldnashorn *Stephanorhinus kirchbergensis* – lebensgroßes Modell, das für die Große Landesausstellung „Flusspferde am Oberrhein – wie war die Eiszeit wirklich?“ hergestellt wurde; Hersteller: Quagga Ltd.

(Foto: Dino Frey, SMNK)

MERCK'SCHES WALDNASHORN

Unpaarhufer/Nashörner

Kopf-Rumpf-Länge: bis 4 m

Schulterhöhe: bis 2 m

Gewicht: 1,6 bis 2,9 t

Ernährung: Laub, Blüten, Beeren, weiche Zweige, Kräuter, Wasserpflanzen

Merck'sche Waldnashörner waren während der Eem-Warmzeit in weiten Teilen Eurasiens verbreitet. Besonders zahlreich

sind ihre Skelettreste in Mitteleuropa, Südsibirien und China zu finden. Die Tiere bewohnten geschlossene Waldgebiete, ähnlich wie ihre nächsten lebenden Verwandten, die Sumatra-Waldnashörner. Da es weder Höhlenmalereien noch mumifizierte Überreste von Merck'schen Waldnashörnern gibt, bleibt ihr wirkliches Aussehen ein Rätsel. Das hier abgebildete Modell beruht auf bekannten Knochenmaßen und ist an das vom Aussterben bedrohte Sumatra-Waldnashorn angelehnt.

Abbildung 82.3:

Das Daxlander Waldnashorn *Stephanorhinus kirchbergensis* – ein Fund, der Geschichte schrieb; Original aus den Sammlungen des Staatlichen Museums für Naturkunde Karlsruhe. (Foto: Volker Griener, SMNK)



i

Im Jahre 1802 entdeckten Arbeiter im Karlsruher Stadtteil Daxlanden bei Arbeiten am Rheinufer einen riesigen Schädel, den sie keinem heute lebenden Tier zuordnen konnten. Man sagt, sie nahmen an, es handle sich um den Schädel einer Meerjungfrau, und legten ihn Carl Christian Gmelin (1762–1837) vor, dem ersten Direktor des Karlsruher Naturalienkabinetts. Der Botaniker erkannte sofort den Wert des Exemplars und fuhr tags darauf nach Daxlanden, um den Fund-

ort zu inspizieren. Dort fand er jedoch nur eine Trauergemeinde vor: Zwei Männer waren bei der Suche nach weiteren Knochen in den Fluten des Rheins ertrunken. Bis zum Fund dieses Schädels war diese Nashornart nur anhand von Zähnen beschrieben worden. Der Daxlander Nashornschädel ist einer der am besten erhaltenen Schädel eines Merck'schen Waldnashorns weltweit und eines der bedeutendsten Stücke der Sammlungen des Staatlichen Museums für Naturkunde Karlsruhe.



Abbildung 82.2:

Sumatra-Nashorn

Dicerorhinus sumatrensis.

(Foto: Norbert Lenz, SMNK)

Abbildung 83.1:
Europäischer Wasserbüffel
Bubalus murrensis –
lebensgroßes Modell, das eigens für
die Große Landesausstellung
„Flusspferde am Oberrhein –
wie war die Eiszeit wirklich?“
angefertigt wurde;
Hersteller: Quagga Ltd.
(Foto: Dino Frey, SMNK)



EUROPÄISCHER WASSERBÜFFEL

Paarhufer/Hornträger
Kopf-Rumpf-Länge: 2,8 m
Schulterhöhe: 1,6 m
Gewicht: bis 500 kg
Ernährung: Gräser, Triebe,
Wasserpflanzen

Der Europäische Wasserbüffel kam in der Eem-Warmzeit an vielen Flüssen Mitteleuropas vor, lebte aber vor allem am Mittelmeer. Die Tiere durchstreiften buschreiche, flache Ufer. Die Spannweite der im Querschnitt dreieckigen Hornzapfen – bis etwa 1,1 m – übertrifft diejenige aller heute lebenden Wasserbüffelarten. Der frostempfindliche Europäische Wasserbüffel lebte am Oberrhein von vor 126.000 bis vor etwa 115.000 Jahren. Er starb nach dem Ende der Würm-Kaltzeit, also vor etwa 11.700 Jahren, in ganz Europa aus.



Abbildung 83.2:
Europäischer Wasserbüffel *Bubalus murrensis* – Schädelfragment,
A: von oben,
B: seitlich;
Original aus den Sammlungen des
Staatlichen Museums für Naturkunde
Karlsruhe.
(Fotos: Volker Griener, SMNK)

Dieses Schädelfragment eines Europäischen Wasserbüffels stammt aus den eem-zeitlichen Ablagerungen des Oberrheingebiets. Die Wiederkäuer suchten tagsüber am oder im Wasser nach Gräsern, weichen Kräutern und Wasserpflanzen. Diese wurden von den Mahlzähnen grob zerkleinert und in den Pansen geschluckt, ein Magenteil, der über 100 l Fassungsvermögen hatte. Dort bauten Einzeller die Zellulose der Zellwände ab. Der vorverdaute Nahrungsbrei wurde wieder hochgewürgt, gründlich durchgekaut und gelangte über Netz-, Blätter- und Labmagen in den Darm. Die Zähne wurden dabei kaum verschlissen.



EUROPÄISCHER BIBER

Nagetiere/Biberartige

Gesamtlänge: 0,9 bis 1,2 m

Gewicht: etwa 18 kg, maximal 31 kg

Nahrung: Sträucher, Laubholz, Kräuter, Wasserpflanzen, selten Nadelholz

Ein Biberrevier misst 1 bis 3 km Fließwasserstrecke. Darin lebt ein Biberpaar, das ein Leben lang zusammenbleibt, mit seinen Nachkommen aus bis zu vier Generationen. Die dämmerungs- und nachtaktiven Nagetiere markieren ihr Revier mit Bibergeil, einem Duftstoff aus den Anldrüsen. Biber haben einen breiten, schuppigen Schwanz, die sogenannte Kelle. Wegen dieser Schwanzschuppen und der Lebensweise am und im Wasser wurde der Biber im Mittelalter als Fisch angesehen und war daher als Fastenspeise zugelassen.

Biber müssen am Oberrhein sehr häufig gewesen sein. Dennoch sind ihre Knochen in den Ablagerungen der Eem-Warmzeit sehr selten. Fossilfunde von Nagetieren sind deshalb so selten, weil ihre Kadaver

auf nassen, morastigen Böden rasch zerfallen. Die meißelförmigen Unterkieferschneidezähne schärfen sich selbst gegen die Oberkieferschneidezähne. Diese Schneidezähne, auch Nagezähne genannt, sind zum Fällen von Bäumen und Fressen von Holz geeignet, sind aber auch gefährliche Verteidigungswaffen. Die Backenzähne tragen quer stehende Schmelzlamellen. Die Kauflächen sind schräg nach innen geneigt. Beim Kauen wird der Unterkiefer also vor und zurück bewegt oder aber mit einer kreisenden Bewegung seitlich.

Biber sind Meister in der Holzbearbeitung. Ihre Werkzeuge sind die meißelförmigen



Abbildung 84.1:
Europäischer Biber *Castor fiber*
beim Dammbau.
(Foto: © Tommy Svensson/
shutterstock.com)

Abbildung 84.2:
Pleistozäner Europäischer
Biber *Castor fiber*
aus dem Oberrheingraben –
rechter Unterkieferast, Innenseite;
Original aus den Sammlungen
des Staatlichen Museums für
Naturkunde Karlsruhe.
(Foto: Dino Frey, SMNK)

Abbildung 84.3:
Biber *Castor fiber* – Backenzähne;
Originale aus den Sammlungen des
Staatlichen Museums für Naturkunde
Karlsruhe.
(Foto: Dino Frey, SMNK)



Nagezähne, die ständig nachwachsen und sich selbst schärfen. Eine mächtige Kaumuskulatur verleiht den Nagezähnen die nötigen Kräfte. Biber fällen damit Bäume mit einem Durchmesser von über 0,6 m. Laub und Zweige der gefällten Bäume dienen als Nahrung. Aus den Ästen und Stämmen werden Dämme und Burgen gebaut.

Biber siedeln sich häufig an kleinen Wiesenbächen an, die kaum Wasser

führen. Sie bauen dort Knüppeldämme und stauen damit die Bäche auf. Biber können so ganze Seenplatten schaffen. Die Dämme werden systematisch gewartet und bei Bedarf repariert. Dazu werden Äste auf die passende Länge zurechtgenagt. Auch die Wasserführung des Oberrheins während des Pleistozäns wurde wesentlich von Bibern gestaltet – 10.000 Jahre vor der Rheinbegradigung durch den Ingenieur Johann Gottfried Tulla.



Abbildung 84.4:
Biberbaum
A: halb durchgenagt,
B: ganz durchgenagt;
die Objekte stammen aus dem
Langenauer Ried
bei Ulm an der Donau.
(Foto A: Volker Griener,
B: Dino Frey, beide SMNK)



Abbildung 84.5:
Biberdamm
A: nachgebaut für
die Große Landesausstellung
„Flusspferde am Oberrhein –
wie war die Eiszeit wirklich?“,
B: echter Biberdamm in Jämtland,
Schweden.
(Fotos A: Dino Frey, SMNK,
B: Wikimedia, Lars Falkdalen Lindahl)

Abbildung 85.1:
Ostschermaus *Arvicola terrestris*.
(Foto: Dino Frey, SMNK)



OSTSCHERMAUS

Nagetiere/Mäuseartige
Kopf-Rumpf-Länge: 130 bis 240 mm
Gewicht: 130 bis 320 g
Ernährung: meist Pflanzen,
aber auch Wirbellose und Kleinsäuger

Die Ostschermaus, die zweitgrößte Wühlmausart Europas, lebt bevorzugt in der Nähe von Flüssen, Bächen und Sümpfen, ist aber auch auf Wiesen und Weiden häufig anzutreffen. Sie schwimmt und taucht hervorragend. Der nachtaktive Nager frisst bevorzugt Wurzeln, besonders von Laubbäumen, aber auch Wasserpflanzen, Insekten und Jungmäuse stehen auf dem Speiseplan. Beim Graben wird die Erde in länglichen Haufen aus den Gängen

gedrückt, nicht in kegeligen wie beim Maulwurf. Die auch im Winter aktive Ostschermaus ist seit 800.000 Jahren in Deutschland fossil nachgewiesen.

Als kleines Nagetier steht die Ostschermaus auf dem Speiseplan vieler Beutegreifer: Füchse, Wildkatzen und Marder, aber auch Eulen, Falken und andere Greifvögel stellen ihr nach, vermutlich früher auch der Mensch. Im Wasser wurde die Ostschermaus unter anderem vom Fischotter gejagt. Der flinke Marder konnte Ostschermäuse aber auch am Ufer erbeuten.

Überreste kleiner Säugetiere sind in Flussablagerungen sehr selten. Sie bleiben nur erhalten, wenn die Knochen nicht oder nur eine kurze Strecke transportiert und rasch in Sand eingebettet werden, wie dieser Schermausunterkiefer. Bei längeren Transporten im Fluss werden die winzigen Knochen von Kies und Sand zermahlen. Möglicherweise stammt der abgebildete Kieferrest aus einem Eulengewölle. Die Tatsache, dass Schermäuse sehr wasserbezogen leben, erhöht die Chance auf eine rasche Einbettung, bei Hochwasser vielleicht sogar im Bau.

Abbildung 85.2:
Schermaus *Arvicola* sp. –
fragmentierter
rechter Unterkieferast;
Original aus den Sammlungen des
Staatlichen Museums für Naturkunde
Karlsruhe.
(Foto: Dino Frey, SMNK)



FELDHAMSTER

Nagetiere/Mäuseartige
Kopf-Rumpf-Länge: 200 bis 340 mm
Gewicht: 200 bis 650 g
Ernährung: Samen, Kräuter

Feldhamster sind heute von Belgien bis zum Altaigebirge verbreitet und kommen fast ausschließlich auf Löss- und Lehmböden vor. Die dämmerungsaktiven Einzelgänger ernährten sich überwiegend von Körnern und Erbsengewächsen, heute kommen Kartoffeln und Mais dazu. Feldhamster jagen aber auch Kleintiere. In Notzeiten neigen sie sogar zu Kannibalismus, besonders, wenn die Hamsterpopulation zu dicht wird. Im Herbst wird der Wintervorrat in den Backentaschen in eine Vorratskammer des bis zu einem Meter tiefen Baues getragen. Bis zu 5 kg Nahrung werden eingelagert. Um den Winter zu überstehen, braucht ein Feldhamster mindestens 2 kg Futter. Früher waren Feldhamster im Rheingebiet sehr häufig und wurden sogar als Delikatesse gegessen. Auch die Hamstervorräte wurden verzehrt. Heute sind sie dort wegen des intensiven Ackerbaus mit tief reichenden Pflügen vom Aussterben bedroht. Kaum ein Hamsternest entkommt den modernen Pflügen mit ihren zahlreichen und tief reichenden Scharen.

Der Feldhamster hat einen pechschwarzen Bauch. Bei Bedrohung wirft er sich auf den Rücken und präsentiert seinen schwarzen Bauch, kreischt fürchterlich und zeigt die gelben Nagezähne. Was würde beispielsweise ein Habicht sehen? Ein vertrautes, braunfelliges Beutetier verwandelt sich in ein schwarzes

Loch, das auch noch Lärm macht und Zähne hat. Sicher haben die Feldhamster viele ihrer Fressfeinde so in die Flucht geschlagen und zumindest die Schrecksekunde genutzt, um zu fliehen. Übrigens: Feldhamster sehen zwar toll aus, aber sind und bleiben bissig. Mit einem Biss mit den scharfen Nagezähnen ist der Finger halb durch!

Feldhamster legen ihre Baue normalerweise in trockenem Gelände an. Nach dem Tod zerfallen ihre Überreste daher meist vollständig. Diese Knochen stammen also vermutlich von Tieren, die von einem Hochwasser überrascht oder Opfer einer Eule wurden. Im letzteren Fall müssten die Knochen aus einem Gewölle stammen, das vielleicht im flachen Wasser oder am Ufer des Oberrheins zerfiel. Die Knochen, die wahrscheinlich von mehreren Tieren stammen, wurden fortgespült und rasch eingebettet.



Abbildung 86.1:
Feldhamster, Europäischer Hamster
Cricetus cricetus; Dermoplastik aus
den Sammlungen des Staatlichen
Museums für Naturkunde Karlsruhe.
(Foto: Dino Frey, SMNK)

Abbildung 86.2:
Pleistozäner Feldhamster *Cricetus
cricetus* aus dem Oberrheingraben –
rechts unten ist das Fragment eines
linken Unterkieferastes zu sehen;
Originale aus den Sammlungen des
Staatlichen Museums für Naturkunde
Karlsruhe.
(Foto: Dino Frey, SMNK)



Abbildung 87.1:
Rotfuchs *Vulpes vulpes*;
Dermoplastik aus den Sammlungen
des Staatlichen Museums
für Naturkunde Karlsruhe.
(Foto: Dino Frey, SMNK)

ROTFUCHS

Raubtiere/Hundeartige
Kopf-Rumpf-Länge: 0,6 bis 0,75 m
Schulterhöhe: 0,4 m
Gewicht: 5,5 bis 7,5 kg
Ernährung: Kleinsäuger, Vögel, Insekten,
Beeren

Der Rotfuchs ist die größte und am
weitesten verbreitete Fuchsart der Welt.
In kalten Gebieten haben Rotfüchse ein
dunkleres Fell und kleinere Ohren als

Rotfüchse warmer Klimazonen. Die Tiere
graben riesige Bauten mit einem zentralen
Kessel und mehreren Ausgängen. Rot-
füchse leben in kleinen Familienverbänden,
die aus den Elterntieren und ihren noch
nicht abgewanderten Nachkommen be-
stehen. Außerhalb der Paarungszeit leben
die Tiere aber meist einzelgängerisch.
Fossil nachgewiesen gibt es Rotfüchse seit
etwa 3,4 Millionen Jahren. Rotfüchse sind
die Hauptwirte des gefährlichen Fuchs-
oder Hundebandwurmes und galten als
Hauptüberträger der Tollwut.

Normalerweise meiden Füchse das Wasser,
es sei denn, sie wollen ihre Flöhe los-
werden. In diesem Fall starben die Füchse
wohl in Wassernähe. Nachdem die
Kadaver verwest waren, zerfielen
ihre Skelette in Einzelteile. Da die
Knochen keine Abriebspuren
zeigen, ist ein weiter Transport mit
der Strömung ausgeschlossen. Sie
wurden vermutlich von einem Hoch-
wasser davongetragen, rasch wieder
abgelagert und in Sand eingebettet. Der
Zerfall fand jedoch vor der Einbettung statt.

Abbildung 87.2:
Rotfuchs *Vulpes vulpes* –
A: Fragment des Hirnschädels,
B: Fragment des linken Unter-
kieferastes eines Jungfuchses,
C: rechter Unterkieferast eines
erwachsenen Tieres, Schädelrest
und Unterkiefer stammen von
verschiedenen Tieren;
Originale aus den Sammlungen des
Staatlichen Museums für Naturkunde
Karlsruhe.
(Fotos A und B: Dino Frey,
C: Volker Griener, beide SMNK)





i Fuchsbandwurm

In manchen Gegenden, auch am Oberrhein, sind bis zu 75 % aller Rotfüchse vom Fuchsbandwurm befallen. Die Eier des kaum dreieinhalb Millimeter langen Miniparasiten werden mit dem Kot ausgeschieden und normalerweise von kleinen Nagern aufgenommen, in denen sich die Bandwurmlarve entwickelt und in eine Blase verwandelt. Besonders die Leber wird befallen. Das gefährliche am Fuchsbandwurm ist, dass sich Tochterblasen bilden können, die sich sogar von der Mutterblase abschnüren. Die schwächelnden Mäuse werden vom Fuchs gefressen, aus den Blasen stülpen sich die Köpfe der jungen Bandwürmer aus. Der Kreislauf ist geschlossen. Menschen, die Wildkräuter und Beeren sammeln und diese nicht gründlich waschen oder kochen, werden oft auch zum Zwischenwirt des Fuchsband-

wurms. Die winzigen Bandwurmlarven landen wie bei Mäusen meist in der Leber und fangen an zu wachsen. Da Füchse im Normalfall keine Menschen fressen, wachsen und vermehren sich die Blasen munter weiter, bis die Leber zerstört ist, und der Mensch stirbt. Noch heute fordert der Fuchsbandwurm zahlreiche Opfer, aber wie viele Tote muss es unter den Neandertalern und modernen Menschen gegeben haben, denen diese Zusammenhänge unbekannt waren?



Abbildung 87.3:
Fuchsbandwurm *Echinococcus multilocularis* – der winzige Bandwurm misst maximal 4,5 mm.
(Foto: Wikimedia, Alan R Walker)

Abbildung 88:
Europäische Sumpfschildkröte
Emys orbicularis –
A: das ganze Tier,
B: Portrait.
(Fotos: Dino Frey, SMNK)



EUROPÄISCHE SUMPFSCHILDKRÖTE

Schildkröten/Neuwelt-Sumpfschildkröten
Körperlänge: 150 bis 230 mm
Gewicht: 400 bis 700 g
Ernährung: Schnecken, Krebse, Insekten
und deren Larven, kleine Fische, selten
Pflanzen

Die Europäische Sumpfschildkröte ist die
einzige natürlich vorkommende Schildkröte

Mitteleuropas. Der geschickte Schwimmer
bevorzugt stille oder langsam fließende,
krautreiche Gewässer mit schlammigen
Böden. Im Sommer sonnen sich die Tiere
ausgiebig. Den Winter verbringen sie am
Grund ihrer Wohngewässer. Die Schild-
kröten sind erst mit 8 bis 10 Jahren
geschlechtsreif und werden bis zu
70 Jahre alt. Am Oberrhein starben
sie vor 300 Jahren aus.

Während der Eem-Warmzeit waren Euro-
päische Sumpfschildkröten am Oberrhein
sicher weit verbreitet. Ihre Überreste
werden jedoch extrem selten gefunden, weil
tote Schildkröten im Wasser oder im
morastigen Boden trotz ihres harten
Panzers rasch zerfallen. Die Knochen
lösen sich auf. Auch von den Hornschilden
bleibt nichts übrig. Schon die Einbettung
von Sumpfschildkrötenknochen ist also
ein Glücksfall, ganz zu schweigen von der
Chance, diese Raritäten zu finden. Nur we-
nige Fossilien belegen, dass diese Tiere in
der Eem-Warmzeit hier heimisch waren. Die
Europäische Sumpfschildkröte galt bei den
Römern als Delikatesse und stand sicher
auch auf dem Speiseplan der Neandertaler.





3.1.3 DER EEM-ZEITLICHE WINTER

Während der Eem-Warmzeit waren die Winter mild und wegen des warmen atlantischen Klimaeinflusses frostfrei. Deshalb fror der Oberrhein selbst in kalten Wintern nicht zu. So waren dort auch wärmeliebende Tiere wie das Flusspferd, die Europäische Sumpfschildkröte und der Europäische Wasserbüffel heimisch.

Die laubwerfenden Bäume waren im Winter kahl. Ausnahmen bildeten neben den

Nadelbäumen Buchsbaum und Stechpalme. In dieser Zeit fraßen die großen Pflanzenfresser an den immergrünen Pflanzen oder begnügten sich mit Zweigen, Rinde und Gräsern. Die immergrünen Pflanzen Stechpalme, Eibe und Efeu wurden wegen ihrer Giftigkeit sicherlich von den meisten Pflanzenfressern verschmäht, andere kamen damit zurecht. Die heftigen Winterregen führten regelmäßig zu Hochwassern, die den Bibern zu schaffen machten und so manche Burg überfluteten. Auch Großtiere ertranken in den Fluten. Die Knochen von einigen dieser Tiere werden heute in Kies-, Sand- und Baugruben gefunden.

Abb: 89:
Die Winterlandschaft am Oberrhein sah in der Eem-Warmzeit ähnlich aus wie heute.
(Foto: Dino Frey, SMNK)

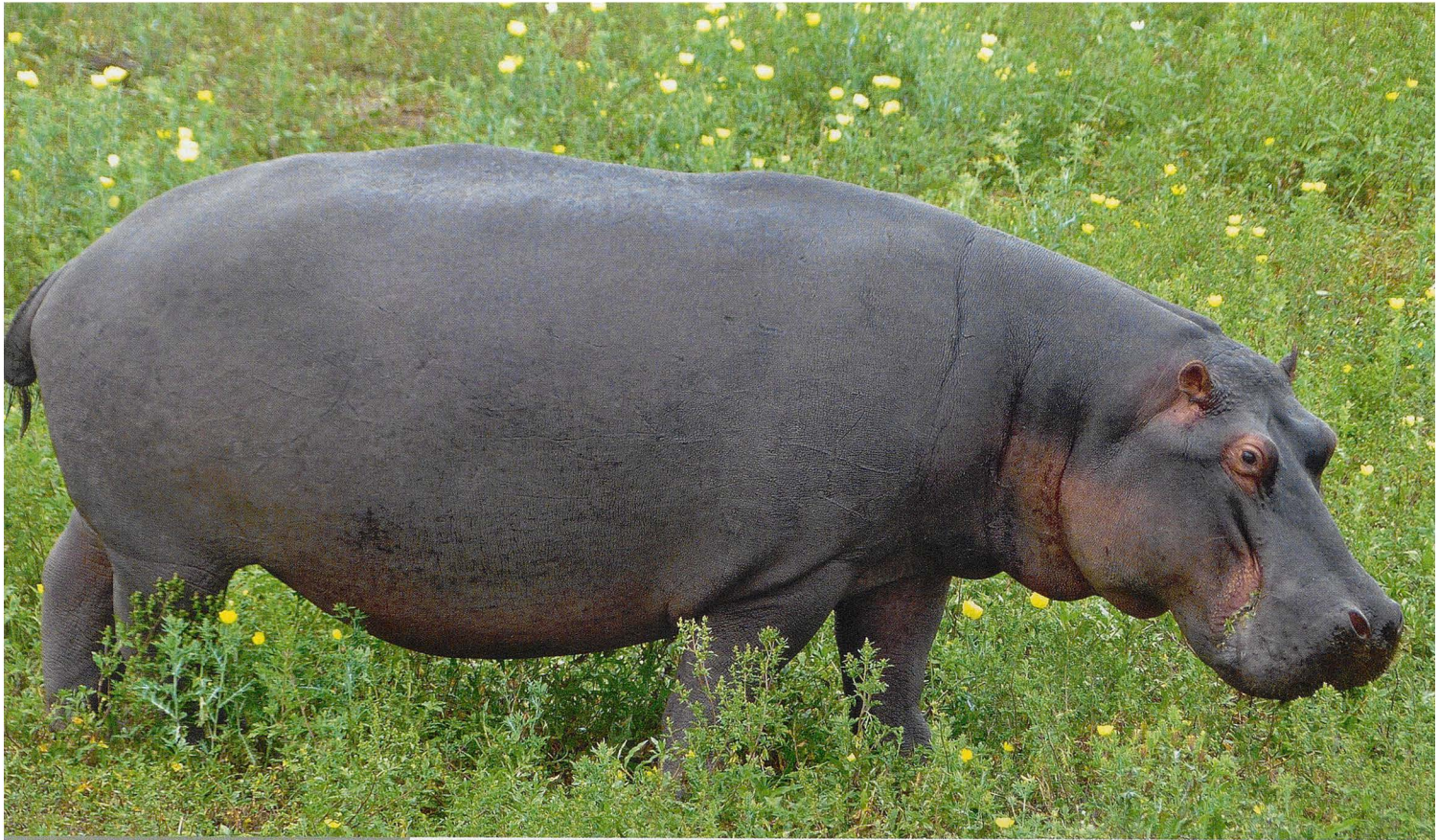


Abbildung 90.1:
Flusspferd *Hippopotamus amphibius*
im Krüger-Nationalpark, Südafrika.
(Foto: Wikimedia, Bernard Dupont)

FLUSSPFERD

Paarhufer/Flusspferde
Körperlänge: 2,9 bis 5,1 m
Schulterhöhe: 1,5 bis 1,65 m
Gewicht: bis 3,5 t
Ernährung: überwiegend Gras

Flusspferde leben heute nur noch an Flüssen und Seen südlich der Sahara. Pleistozäne Überreste dieser Tiere finden sich in Italien, besonders im Po-Gebiet, aber auch in Mitteleuropa. Während der Warmzeiten drangen Flusspferde nach Norden bis Mittelengland vor. Von dort stammen die schönsten und vollständigsten Fossilbelege pleistozäner Flusspferde. In Deutschland lebten sie insbesondere im Rheingebiet. Flusspferde verdösen den

Tag gesellig im Wasser und gehen nur nachts zum Weiden an Land. Mit Beginn der letzten Kaltzeit vor etwa 115.000 Jahren starben die Flusspferde in Europa aus.

Besonders bei Säugetieren bestimmen Muskeln und andere Weichteile das Aussehen, insbesondere das des Gesichts. Es ist erstaunlich, dass die gewaltigen Zähne des Flusspferds nur dann sichtbar sind,

Abbildung 90.2:
Flusspferd *Hippopotamus amphibius*
– dieses Modell wurde
für die Große Landesausstellung
„Flusspferde am Oberrhein –
wir war die Eiszeit wirklich?“
eigens hergestellt;
Hersteller: Quagga Ltd.
(Foto: Dino Frey, SMNK)





Abbildung 90.3:
Flusspferd *Hippopotamus amphibius*
– Schädel; Abguss aus den
Sammlungen des Karlsruher Instituts
für Technologie (KIT).
(Kolorierung: Beate Stäblein,
Foto: Volker Griener, beide SMNK)

wenn es das Maul öffnet. Bei geschlossenem Maul ist das Gebiss, einschließlich der riesigen Hauer, unter den fleischigen Lippen verborgen. Gäbe es heute keine Flusspferde mehr, wer weiß, wie die Paläontologen das Gesicht eines Flusspferdes rekonstruieren würden?

Die Backenzähne eines Flusspferdes weisen viele Höcker auf. Obwohl diese Zähne an die eines Schweins erinnern, sind Flusspferde keine Allesfresser. Sie ernähren sich überwiegend von weichen Ufergräsern, wie sie auch am eemzeitlichen Oberrhein häufig waren. Dennoch sind Flusspferdfunde am Oberrhein extrem selten. Vermutlich lebten die Tiere dort nur in den wärmeren Phasen der Eem-Warmzeit. In den kälteren Phasen wichen sie nach Süden zurück.

Während des Pleistozäns gab es in Mitteleuropa übrigens noch eine weitere Flusspferdart: das Altflusspferd *Hippopotamus antiquus*.

Die Hauer dienen nicht der Nahrungsaufnahme, sondern der Verteidigung. Sie werden an den Eckzähnen des Oberkiefers, den sogenannten Haderern, ständig scharf geschliffen. Diese Eckzähne machen das Gebiss der Flusspferde zu einer tödlichen Waffe. Selbst Löwen überleben den Biss eines Flusspferdes selten. Erstaunlich, aber wahr: Flusspferde gehören zu den gefährlichsten Säugetieren Afrikas! Jedes Jahr sterben dort mehr Menschen durch Flusspferde als durch Löwen.



Abbildung 90.4:
Flusspferd *Hippopotamus amphibius*
– Backenzähne;
Original aus den Sammlungen des
Staatlichen Museums für Naturkunde
Karlsruhe.
(Foto: Dino Frey, SMNK)

Abbildung 90.5:
Flusspferd *Hippopotamus amphibius* –
Fragment eines linken Eckzahns;
Original aus den Sammlungen des
Staatlichen Museums für Naturkunde
Karlsruhe.
(Foto: Dino Frey, SMNK)



Im Verhältnis zur Rumpfgroße sind die Beine von Flusspferden erstaunlich kurz. Die vier mit Schwimmhäuten verbundenen Zehen tragen Hufe. Dennoch können Flusspferde nur schlecht schwimmen. Dafür laufen sie am Boden ihrer Wohngewässer, sie galoppieren sogar unter Wasser und

vollführen weite, schwebende Sprünge. Das ist nur möglich, weil das Wasser ihr Körpergewicht trägt. Aber auch an Land bewegen sich Flusspferde erstaunlich gewandt. Sie erreichen kurzzeitig Laufgeschwindigkeiten von bis zu 50 km/h.

Abbildung 90.6:
Flusspferd
Hippopotamus amphibius –
Hand- und Fußknochen;
Originale, Leihgabe der
Senckenberg Gesellschaft
für Naturforschung.
(Foto: Volker Griener, SMNK)



i

Der Fall Flusspferd

Vor etwa 125.000 Jahren tauchten Flusspferde zum letzten Mal am Oberrhein auf. Woher man das weiß? Man hat ihre Knochen dort gefunden! Doch vor 100.000 Jahren verschwanden sie wieder. Wie aber kamen sie dorthin und warum sind sie wieder verschwunden?

Heute gibt es Flusspferde nur noch in Afrika in wenigen Gebieten. In den Warmzeiten des Pleistozäns, besonders auch im Eem, besiedelten Flusspferde große Teile Afrikas und Europas.



Abbildung 91:
Heutige Verbreitung des Flusspferdes in Afrika.
(Grafik: Dino Frey, SMNK; Karte: © 2016 Colorado Plateau Geosystems Inc.)



Abbildung 92:
Verbreitung der Flusspferde während der Riß-Kaltzeit.
(Grafik: Dino Frey, SMNK; Karte: © 2016 Colorado Plateau Geosystems Inc.)

Vor 126.000 Jahren endete eine heftige Kaltzeit, die Riß-Kaltzeit. Mitteleuropa befand sich noch im Würgegriff des Frostes: Zugefrorene Seen und eisig kalte Flüsse waren nichts für Flusspferde. In der Urheimat der Flusspferde, Afrika, war es auch damals schon warm. Die Lebensbedingungen waren ausgezeichnet. Über Generationen hinweg breiteten sich Flusspferde in immer neue Gebiete aus. Wie Knochenfunde zeigen, sind sie schließlich sogar weit bis nach Mitteleuropa gewandert.

Wie Flusspferde an den Oberrhein kamen, ist eine schwer zu beantwortende Frage, denn Flusspferde sind schlechte



Abbildung 93:
Wanderoptionen, die für Flusspferde nicht möglich sind.
(Grafik: Dino Frey, SMNK; Karte: © 2016 Colorado Plateau Geosystems Inc.)

Schwimmer, meiden das Salzwasser, können keine Gebirge überwinden, brauchen viel Grünfahrung, meiden volle Sonne und sind nicht besonders ausdauernde Läufer.

Welche Möglichkeiten hatten Flusspferde also, um ihr Verbreitungsgebiet Richtung Mitteleuropa zu erweitern? Auf dieser Route wären sie schon in der Sahara einem Sonnenstich erlegen oder verhungert. Und wenn sie doch die Straße von Gibraltar erreicht hätten, dann hätten sie

einen Salzwasserkanal von 300 bis 900 m Tiefe durchschwimmen müssen. Daher war auch die Route über Sizilien keine Alternative. Es war also unmöglich, Mitteleuropa auf diesen beiden Wegen zu erreichen.

Eine bessere Wanderstrecke wäre aus dem Nildelta in den Nahen Osten und von dort über eine Landbrücke am Bosphorus, die es heute nicht mehr gibt, bis in die Po-Ebene in Norditalien. Durch zahlreiche große, küstennahe Flüsse



Abbildung 94:
Wanderoptionen, die für Flusspferde möglich sind.
(Grafik: Dino Frey, SMNK; Karte: © 2016 Colorado Plateau Geosystems Inc.)

kam immer genug Süßwasser in die Brackwasserzonen, sodass der Weg für Flusspferde nicht ideal, aber doch geeignet war. Um von Norditalien an den Oberrhein zu gelangen, gab es eigentlich nur zwei Möglichkeiten, denn nach Norden über die Alpen war keine Option: entweder nach Westen durch das Rhonetal oder nach Osten durch das Donautal. Dort gab es Wasser und Nahrung genug. Aus dem Rhonetal sind keine fossilen Flusspferdknochen bekannt, was nicht heißt, dass sie nicht trotzdem dort

waren. Es gibt nur eben keine Beweise. Für den Weg über das Donautal gibt es Belege: fossile Flusspferdknochen in Osteuropa.

Flusspferde breiteten sich nun immer weiter nach Norden aus und erreichten schließlich England. Dort wurden sogar erstaunlich viele Flusspferdknochen gefunden, sogar fast vollständige Skelette und fast vollständig erhaltene Schädel.

i

Vor 20.000 Jahren sackten die Temperaturen innerhalb weniger Hundert Jahre rasant ab. Es wurde – zuerst nur in Nordeuropa – so kalt, dass im Winter Seen und Flüsse zufroren. Aber die Kälte breitete sich weiter nach Süden aus. Saftige Wiesen verwandelten sich in magere Kältesteppen und vom Süden her wurden die europäischen Flusspferde von den vordringenden Gletschern in die Zange genommen. Das wurde den Tieren zum Verhängnis. Wer nicht rechtzeitig nach Süden kam, musste sterben.

Die wenigen Flusspferde, die es in Südeuropa noch gab, fielen vielleicht dem modernen Menschen zum Opfer.



Abbildung 95:
Verbreitung der Flusspferde während der Würm-Kaltzeit.
(Grafik: Dino Frey, SMNK; Karte: © 2016 Colorado Plateau Geosystems Inc.)



Abbildung 96:
Auswirkungen der Ausbreitung des Menschen und seiner Jagdlust auf Flusspferde:
Der grüne Bereich zeigt die Verbreitung der Flusspferde vor Staudambbauten, anderen Lebensraumzerstörungen und Bejagung, der gelbe Bereich das heutige Verbreitungsgebiet.
(Grafik: Dino Frey, SMNK; Karte: © 2016 Colorado Plateau Geosystems Inc.)

Sicher ist zumindest, dass nur die afrikanischen Flusspferde überlebten.

Obwohl Flusspferde heute als „gefährdet“ eingestuft sind, setzen Wilderer und die Veränderungen von Flüssen und Seen durch den Menschen den riesigen Tieren arg zu. Aber Flusspferde wissen sich zu wehren. Durch sie sterben in Afrika mehr Menschen als durch Löwen – von wegen harmlose Pflanzenfresser!



AUEROCHSE

Paarhufer/Hornträger
 Kopf-Rumpf-Länge: 1,5 bis 3 m
 Schulterhöhe: 1,35 bis 1,85 m
 Gewicht: 0,7 bis 1 t
 Nahrung: Gras, Wiesenkräuter

Aurochs, auch Ure genannt, waren alles andere als harmlose Pflanzenfresser. Mit einer Hornspannweite von etwa 1 m waren die Steppenbewohner für alle Beu-

tegreifer und auch für den Menschen ernsthafte Gegner. Nach der letzten Kaltzeit wurden Aurochs immer kleiner, überlebten aber noch bis ins späte Mittelalter. Der vermutlich letzte Aurochs starb 1627. Von Höhlenmalereien und Ölgemälden sind Farbe und Form des Aurochs gut bekannt. Unsere Hausrinder stammen alle vom Aurochs ab. Aus den Hörnern des Aurochs wurden Trinkgefäße und Werkzeuge hergestellt.

Abbildung 97:
 Aurochs *Bos primigenius* –
 A: Schädelrest,
 Original aus den Sammlungen
 des Staatlichen Museums für
 Naturkunde Karlsruhe,
 B: Gemälde in der Lascaux-Höhle,
 Frankreich.
 (Fotos A: Volker Griener,
 B: Norbert Lenz, beide SMNK)





Abbildung 98.1:
Steppenbison *Bos priscus* –
Schädel mit mächtigen Stirnzapfen.
Das eigentliche Horn wäre um ein
gutes Drittel länger gewesen,
blieb aber nicht erhalten;
Original aus den Sammlungen
des Staatlichen Museums für
Naturkunde Karlsruhe.
(Foto: Volker Griener, SMNK)

STEPPENBISON

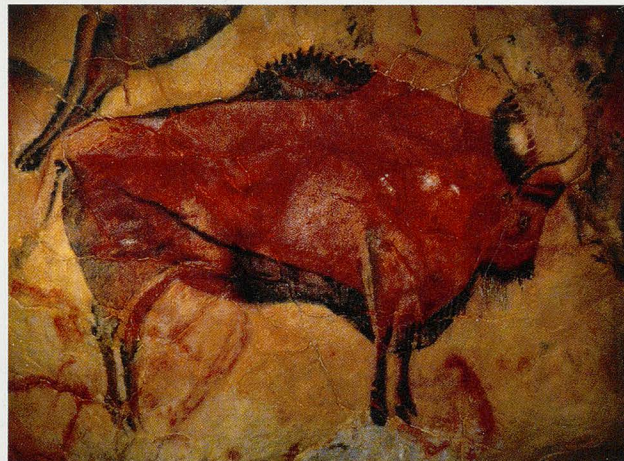
Paarhufer/Hornträger
Kopf-Rumpf-Länge: 3,4 bis 3,6 m
Gewicht: bis 800 kg
Ernährung: Gräser

Steppenbisons durchstreiften in riesigen
Herden die Mammutsteppen Eurasiens und
Nordamerikas. Den Winter verbrachten die
Tiere in geschützten Gebieten. Die ältesten
Funde sind 700.000 Jahre alt. Vor etwa
10.000 Jahren starben die Tiere aus. Der
viel kleinere Wisent tauchte erst zu Beginn

des Holozäns
auf. Er geht auf
eine Kreuzung von
Steppenbison und Auerochse
zurück. Die Gestalt der Tiere ist durch
Höhlenmalereien überliefert, aber auch von
Mumien aus dem Dauerfrostboden bekannt.

Solch gut erhaltene Steppenbisonschädel
sind in den Schottern des Oberrhein-
grabens selten. Die Hornscheiden der
Hörner waren gut ein Drittel länger als
die Knochenzapfen. Wie bei allen Wieder-
käuern fehlen auch dem Steppenbison die
Schneidezähne im Oberkiefer. Die Unter-
kieferschneidezähne arbeiteten gegen eine
Hornplatte. Steppenbisons verdauten, wie
alle Rinder, ihre Nahrung im Pansen vor.
Deshalb sind die Backenzähne für einen
Grasfresser vergleichsweise klein und wer-
den kaum abgekaut.

Abbildung 98.2:
Steppenbison *Bos priscus* –
authentische Darstellung von
einem Eiszeitkünstler, der dieses
gewaltige Tier gesehen hat.
Die Originalmalerei befindet sich
in der Altamirahöhle, Spanien,
diese sehr genaue Replik im
Museo Nacional y Centro de
Investigación de Altamira,
Santilla del Mar, Spanien.
(Foto: Wikimedia, Rameossos)



Die Hörner dieses
Steppenbisons waren
wirklich beeindruckend.
Wenn man sich vorstellt,
man wäre in einem
engen Tal und eine
Bisonherde käme
herangestürmt, und alle
haben diese Hörner,
bekäme man es mit der
Angst zu tun.
Das Horn selbst ist die
Substanz, aus der auch
unsere Fingernägel
bestehen.

i

Horn oder Geweih?

Sind Hörner also Horn? Und was ist mit dem Geweih?

Was genau ist eigentlich der Unterschied zwischen Horn und Geweih?

Hörner bestehen aus Horn, aber nicht nur. Im Horn eines Hornträgers steckt noch ein Knochenkern, von dessen Oberfläche Hornsubstanz abgeschieden wird. Ein Horn wächst ständig und wird durch Gebrauch abgenutzt. Männchen, also die Bullen, und Weibchen, also die Kühe, haben Hörner.

Geweih dagegen bestehen ganz aus Knochen, totem Knochen genaugenommen. Ein Geweih wächst jedes Jahr neu. In der Wachstumszeit ist es von einer Haut mit kurzen Haaren umgeben, dem Bast. Ist das Geweih fertig, wird diese Haut abgerieben, in der Jägersprache „gefegt“, bis der blanke Knochen frei liegt. Dann ist meistens Paarungszeit und die Hirschbullen kämpfen damit um Revier und Hirschkühe.

Letztere haben kein Geweih mit einer einzigen Ausnahme: dem Rentier. Ist die Paarungszeit vorbei, wird das Geweih abgeworfen. Solche abgeworfenen Stangen kann man mit viel Glück im Wald finden.



Abbildung 99:

A: Sibirischer Steinbock *Capra ibex* – Schädel mit einem vollständigen Horn und einem, das sich vom knöchernen Stirnzapfen abgelöst hat;

B: Rentier *Rangifer tarandus* mit einem prächtigen Geweih.

(Fotos A: Wikimedia, Stefan Kühn,

B: © Tommy Svensson/shutterstock.com)

Abbildung 100.1:
Waldspitzmaus *Sorex araneus*
beim Verzehren eines Regenwurms.
(Foto: © Erni/shutterstock.com)



WALDSPITZMAUS

Insektenfresser/Spitzmäuse
Kopf-Rumpf-Länge: 65 bis 85 mm
Gewicht: 6,5 bis 14,3 g
Ernährung: Insekten, Schnecken,
Regenwürmer, selten junge Kleinsäuger

Waldspitzmäuse sind tag- und nachtaktiv.
Auch im Winter bleiben die Tiere aktiv,
reduzieren aber ihr Gewicht und den Stoff-

wechsel durch den Abbau von Muskeln,
Knochen und sogar von Gehirnvolumen.
Im Frühling wird diese Winterschrumpfung
wieder kompensiert. Das Höchstalter liegt
bei 18 Monaten. Knochen von Kleinsäu-
gern sind in den eem-zeitlichen Ablagerungen
des Oberrheins allenfalls in Sandlagen oder
Spaltenfüllungen zu erwarten, weil die
winzigen Kadaver im morastigen Wald
spurlos verrotten.



Abbildung 100.2:
Waldspitzmaus *Sorex araneus* –
Unterkieferäste;
Originale aus den Sammlungen des
Staatlichen Museums für Naturkunde
Karlsruhe.
(Foto: Dino Frey, SMNK)



Abbildung 101:
Eurasischer Fischotter *Lutra lutra*;
Dermoplastik aus den Sammlungen
des Staatlichen Museums für
Naturkunde Karlsruhe.
(Foto: Dino Frey, SMNK)

EURASISCHER FISCHOTTER

Raubtiere/Marderartige

Körperlänge: 1,0 bis 1,3 m

Schulterhöhe: 0,25 bis 0,3 m

Gewicht: 7 bis 12 kg

Ernährung: Fische, Krebse, Kleinsäuger

Fischotter gehören zu den Mardern.

Sie jagen unter Wasser Fische und andere Kleintiere, sind aber auch an Land geschickte Jäger.

Zum Schwimmen werden die Extremitäten, der Rumpf und besonders der muskulöse Schwanz genutzt. Da der Fischotter keine isolierende Fettschicht besitzt, schützt ihn das extrem dichte Fell mit seinen ineinander verzahnten Haaren vor Kälte und Nässe. Die Tiere leben gesellig in Brack-, Süß- und sogar im Salzwasser, benötigen aber unverbaute Ufer und eine hohe Wasserqualität. Die ältesten Funde von Fischotterknochen haben ein Alter von etwa 120.000 Jahren.

Abbildung 102.1:
Leopard *Panthera pardus* im
Krüger-Nationalpark, Südafrika.
(Foto: Wikimedia, Derek Keats)



LEOPARD

Raubtiere/Katzenartige
Kopf-Rumpf-Länge: 0,9 bis 1,9 m
Schulterhöhe: 0,7 bis 0,8 m
Gewicht: 40 bis 90 kg
Ernährung: kleine Huftiere bis zur Größe
eines Rehs und Kleintiere aller Art

Der Leopard lebt in Wäldern, Savannen,
Halbwüsten und Gebirgen, wo er bis zur
Schneegrenze vordringt. Er klettert und
schwimmt hervorragend und erreicht im
Sprint Geschwindigkeiten von bis zu
60 km/h. Der Einzelgänger
ernährt sich meist von
mittelgroßen Säugetieren,
frisst aber auch Insekten,
Kriechtiere und Vögel. In der
Eem-Warmzeit war der

Leopard in ganz Europa und auch in
Deutschland verbreitet. Hier stammen die
nördlichsten Funde aus dem südlichen
Brandenburg und Sachsen-Anhalt.

Das heutige Verbreitungsgebiet der
Leoparden reicht von Afrika – außer der
Sahara – über Kleinasien, Indien, Südost-
asien bis nach China. In der Eem-Warmzeit
lebten sie in ganz Europa – auch am Ober-
rhein. Die Großkatzen jagten ihre Beute
hauptsächlich in lichten Wäldern und im
offenen Gelände mit Buschwerk. Weil
Kadaver auf dem Waldboden sehr schnell
verwesen, sind Leopardenknochen in den
Eem-Ablagerungen Europas selten, denn
nur wenige Kadaver gelang-
ten ins Wasser und wur-
den dann eingebettet.

Abbildung 102.2:
Leopard *Panthera pardus* –
Unterkiefer; Abguss eines Originals
aus der Sammlung von F. Menger,
Groß-Rohrheim.
(Kolorierung: Beate Stäblein,
Foto: Dino Frey, beide SMNK)





WALDOHREULE

Eulen/Ohreulen

Kopf-Rumpf-Länge: bis 0,36 m

Flügelspannweite: bis 0,95 m

Gewicht: 250 bis 370 g (Weibchen), 220 bis 280 g (Männchen)

Ernährung: Kleinsäuger, Kleinvögel

Waldohreulen jagen nur nachts, es sei denn, die Nahrung wird knapp, was besonders im Winter der Fall ist. Sie beginnen ihre etwa dreistündige Jagd mit Einbruch der Dämmerung. Nach einer Pause, die bis nach Mitternacht reicht, beginnt die zweite, bis zum Morgen-

grauen andauernde Jagdperiode. Vor der Jagd putzen die Waldohreulen ihr Gefieder gründlich, damit die feinen Sägezähne an der Vorderkante der ersten Handschwungfedern sauberlich geordnet sind. Das ermöglicht der Eule einen geräuschlosen Beuteanflug.



Abbildung 103.1:
Waldohreule *Asio otus* – Portrait.
(Foto: Wikimedia, Diego Delso)

Abbildung 103.2:
Pleistozäne Waldohreule *Asio otus* –
oben: Schienbeinfragment,
unten: Fragment eines
Oberschenkelknochens;
Originale aus den Sammlungen des
Staatlichen Museums für Naturkunde
Karlsruhe.
(Foto: Dino Frey, SMNK)

Abbildung 104.1:
Eurasischer Uhu *Bubo bubo*
beim Abflug.
(Foto: Wikimedia, Peter K. Burian)



EURASISCHER UHU

Eulen/Uhus
Körperlänge: 0,6 bis 0,7 m
Flügelspannweite: 1,5 bis 1,8 m
Gewicht: 1,9 bis 3,0 kg
Ernährung: Kleinsäuger, Vögel



Abbildung 104.2:
Älteres Uhu-Gewölle –
wie alle Eulengewölle enthält es
zahlreiche Knochen der Beutetiere.
(Foto: Wikimedia, Martin Lindner)

Der Uhu ist die schwerste heute lebende Eulenart der Welt. Seinen Namen verdankt er dem unverwechselbaren Ruf. Auf lautlosen Schwingen jagt der nachtaktive Vogel Kleinsäuger, z.B. Igel, und Vögel, die er mit dem Gehör aufspürt. Die Augen kommen erst kurz vor dem Zugriff zum Einsatz. Wird der Uhu von anderen Vögeln entdeckt, wird er attackiert und mit Warnrufen verschrien. Die ältesten gefundenen Uhu-Fossilien stammen aus Italien und sind etwa 2,5 Millionen Jahre alt.

Manche Vogelarten würgen unverdauliche Nahrungsreste wieder aus. Diese Gewölle bestehen bei Greifvögeln und Eulen aus Kleinsäugerhaaren und Federn. Greifvogelgewölle enthalten kaum Knochen, Eulengewölle dagegen sehr viele. Manche Gewölle von Uhus bestehen fast vollständig aus Igelstacheln und -knochen. Bisweilen finden sich Reste von Eulengewölle aus dem Eiszeitalter in Gesteinsnischen, Spalten und Höhlen. Die Knochen aus diesen Gewölle sind häufig die einzigen Überlieferungen von bestimmbar Kleinsäugerresten.

i

Was haben Sägezähnen an einer Feder mit geräuschlosem Flug zu tun?

Schlägt man einen Stock durch die Luft, hört man ein Pfeifen. Je stärker man schlägt, umso lauter wird es. Man hört die Luftwirbel, die sich um den Stock bilden, wenn er die Luft durchschneidet. Ein ähnliches Geräusch erzeugt ein Segelflugzeug an seinen Tragflächen, eine Stockente beim Start oder ein vorbeifliegender Schwan. Schlägt man die Schwungfeder eines Vogels durch die Luft, pfeift es. Macht man das mit der ersten Handschwungfeder einer Eule, hört man nichts, weil die Sägezähnen den heulenden, fauchenden Wirbel in kleine Miniwirbelchen zerlegen, die nicht mehr hörbar sind.

Abbildung 105:
Großaufnahme der ersten Handschwungfeder einer Eule mit Sägezähnen.
(Foto: Dino Frey, SMNK)





GRAUREIHER

Schreitvögel/Reiher

Körperlänge: bis etwa 1 m

Spannweite: 1,75 bis 1,95 m

Gewicht: 1 bis 2 kg

Nahrung: Fische, Amphibien, Kleinsäuger, Kleinvögel

Graureiher besiedeln heute fast ganz Eurasien und Afrika mit Ausnahme der Sahara. Afrika dient dabei hauptsächlich als Winterquartier. Die meisten Vögel überwintern in Eurasien. Die Lauerjäger stehen

oft stundenlang reglos da, bis geeignete Beute in ihre Reichweite kommt. Graureiher haben keine Bürzeldrüse. Sie imprägnieren ihr Gefieder mit Puderdufen, die ständig nachwachsen. Diese feinen Federn finden sich besonders an Brust und Leisten. Mit Kopf und Schnabel werden sie zu einem schützenden, fettigen Staub zerrieben und im Gefieder verteilt.

Graureiher fielen hin und wieder Beutegreifern zum Opfer. Füchse sind für die großen Vögel keine ernsthafte Gefahr, wohl aber Wölfe, Luchse, Leoparden, Höhlenlöwen und Höhlenbären. Normalerweise ließen diese Tiere nichts von ihrer Beute übrig, aber mancher verletzte Vogel starb im Uferschlamm. Wenn sie dort rasch eingebettet wurden, konnten die zerbrechlichen Knochen zumindest teilweise erhalten bleiben. Weichteile und Gefieder zerfielen jedoch komplett.

Übrigens, man nennt die Tiere besser Graureiher statt Fischreiher, denn die Vögel fressen auch Insekten, Kleinvögel und Mäuse.

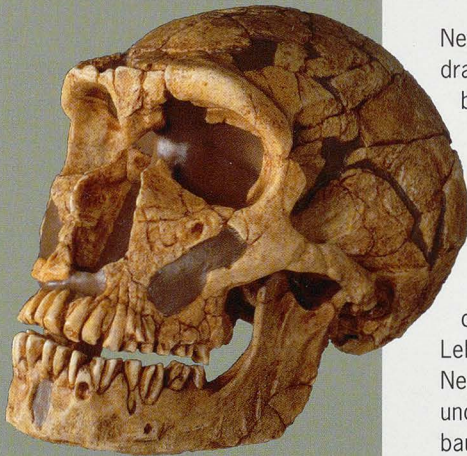


Abbildung 106.1:
Graureiher *Ardea cinerea*;
Dermoplastik aus den Sammlungen
des Staatlichen Museums für
Naturkunde Karlsruhe.
(Foto: Dino Frey, SMNK)

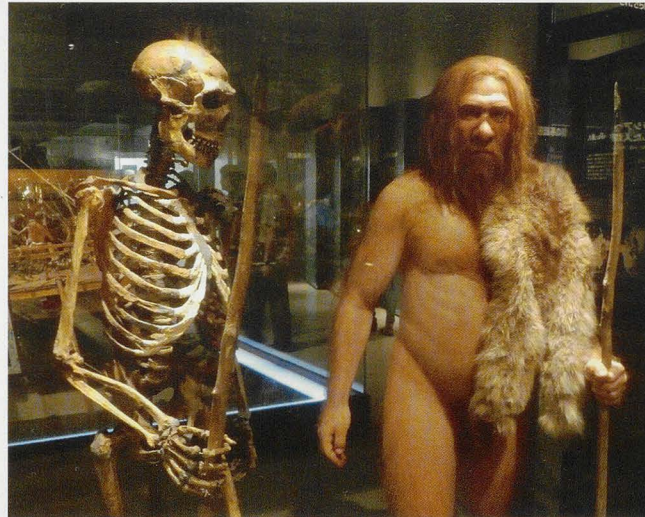
Abbildung 106.2:
Graureiher *Ardea cinerea* – Skelett;
Original aus den Sammlungen
des Staatlichen Museums für
Naturkunde Karlsruhe.
(Foto: Volker Griener, SMNK)

Abbildung 107.1:
Neandertaler
Homo neanderthalensis – Skelett
und Rekonstruktion des Neander-
talers aus La Ferrassie, Frankreich,
im Nationalmuseum für Natur und
Wissenschaft Tokyo, Japan, das
Skelett ist zwischen 70.000 und
50.000 Jahre alt.
(Foto: Wikimedia, Photaro)

Abbildung 107.2:
Neandertaler
Homo neanderthalensis –
etwa 70.000 Jahre alter Schädel
aus La Ferrassie, Frankreich;
Abguss aus den Sammlungen des
Staatlichen Museums für Naturkunde
Karlsruhe.
(Foto: Volker Griener, SMNK)



3.1.4 MENSCHEN IM EEM



DER NEANDERTALER

Primaten/Menschenartige
Körpergröße: ca. 1,6 m
Gewicht: 60 bis 80 kg
Nahrung: überwiegend Fleisch

Neandertaler lebten in Europa: Im Westen drangen sie bis Portugal vor, im Norden bis zur Tundra und im Osten bis ins Altaigebirge. Strittig ist, wann sie Europa erreichten, möglicherweise vor 200.000 Jahren. Die jüngsten sicher datierten Funde aus dem Kaukasus sind 39.000 Jahre alt. Der gedrungene Mensch hatte einen ausladenden Hinterkopf und eine durchschnittliche Lebenserwartung von etwa 40 Jahren. Neandertaler lebten in Gruppen zusammen und hielten sich in Höhlen oder selbst gebauten Behausungen auf. Von dort gingen

kleinere Gruppen auf Jagd. Schon frühe Neandertaler fertigten Steinwerkzeuge, besonders Keilmesser. Erst die späteren

Neandertaler nutzten vermutlich Speere und Lanzen mit Steinspitzen. Neandertaler pflegten ihre Kranken und bestatteten ihre Toten. Als der moderne Mensch vor etwa 40.000 Jahren Mitteleuropa erreichte, waren die Neandertaler bereits sehr selten. Schätzungen besagen, dass es kaum mehr als 200.000 Neandertaler gegeben hat. Warum diese findigen

Menschen ausstarben, bleibt wohl für immer ein Rätsel.

Der Schädel des Neandertalers zeichnet sich durch kräftige Überaugenwülste, eine fliehende Stirn und ein ausladendes Hinterhaupt aus. Das Kinn des kräftigen Unterkiefers ist abgerundet. Mit durchschnittlich 1.473 cm³ ist das Gehirnvolumen etwa so groß wie das des anatomisch modernen Menschen, doch sind das Sehzentrum und die motorischen Zentren beim Neandertaler bedeutend größer als beim modernen Menschen. Ohne diese Zentren hätte das Gehirn des Neandertalers nur ein Volumen von 1.133 cm³, das des modernen Menschen aber 1.332 cm³. Vermutlich fanden sich die Neandertaler in der Wildnis hervorragend zurecht und konnten besonders auf der Jagd schneller reagieren als der moderne Mensch.

i

Die Levallois-Technik

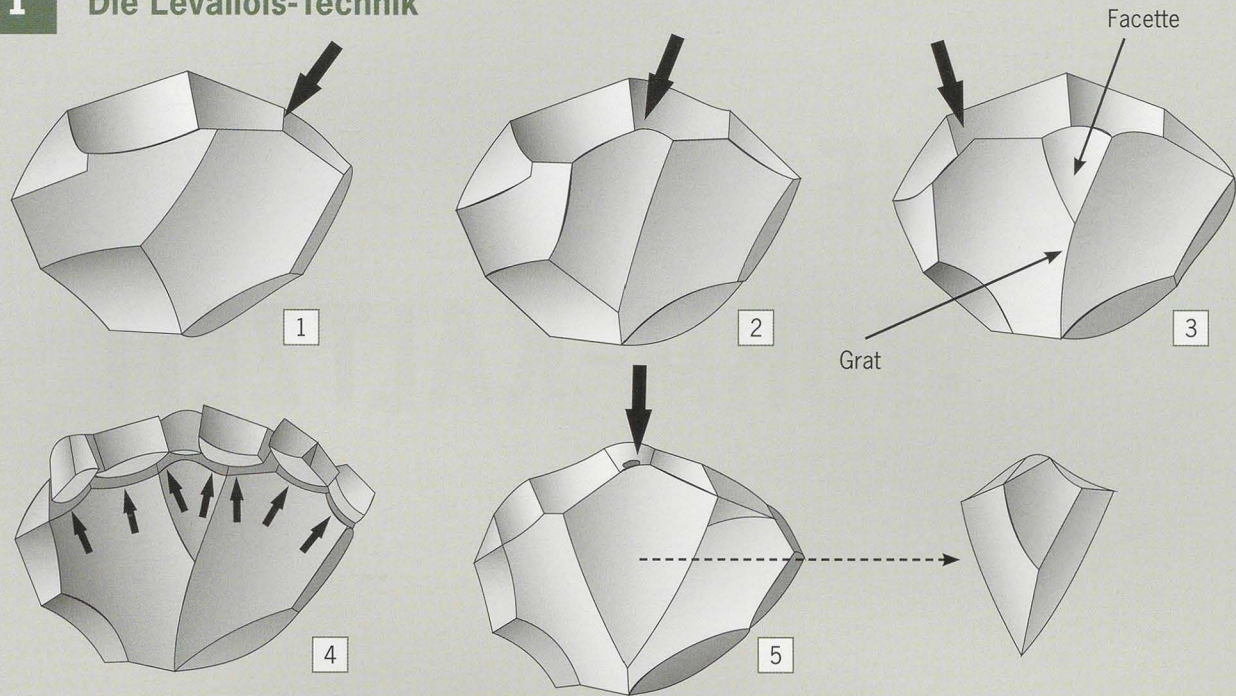


Abbildung 108.1:

Herstellung einer Spitze mit der Levallois-Technik – 1: Abschlag der ersten Seitenwange der Spitze, 2: Herstellung der Facette oberhalb des Grates, 3: Abschlag der zweiten Seitenwange der Spitze, 4: Zurichten des Schaftteils der Spitze, 5: Herauslösen der Spitze mit einem gezielten Schlag; (Grafik: Dino Frey, SMNK; verändert nach Tixier et al. 1980)



Abbildung 108.2:

Werkzeuge, die mit der Levallois-Technik hergestellt wurden – 1: Bohrer, 2: Handspitze, 3: Fellkratzer, 4: Kern, 5: Faustkeil; Objekte gestiftet von Hans-Walter Poenicke. (Foto: Volker Griener, SMNK)

Neandertaler stellten ihre Steinwerkzeuge mit der „Levallois“- oder „Schildkern“-Technik her. Typisch für diese Technologie ist die aufwendige Vorbereitung des Steinkerns. Dieser wurde so lange behauen, bis das gewünschte Werkzeug als Relief schildförmig herausgearbeitet war. Mit einem gezielten Hieb wurde dieses vom Kern getrennt und war dann sofort gebrauchsfertig.

3.2 DIE WÜRM-KALTZEIT



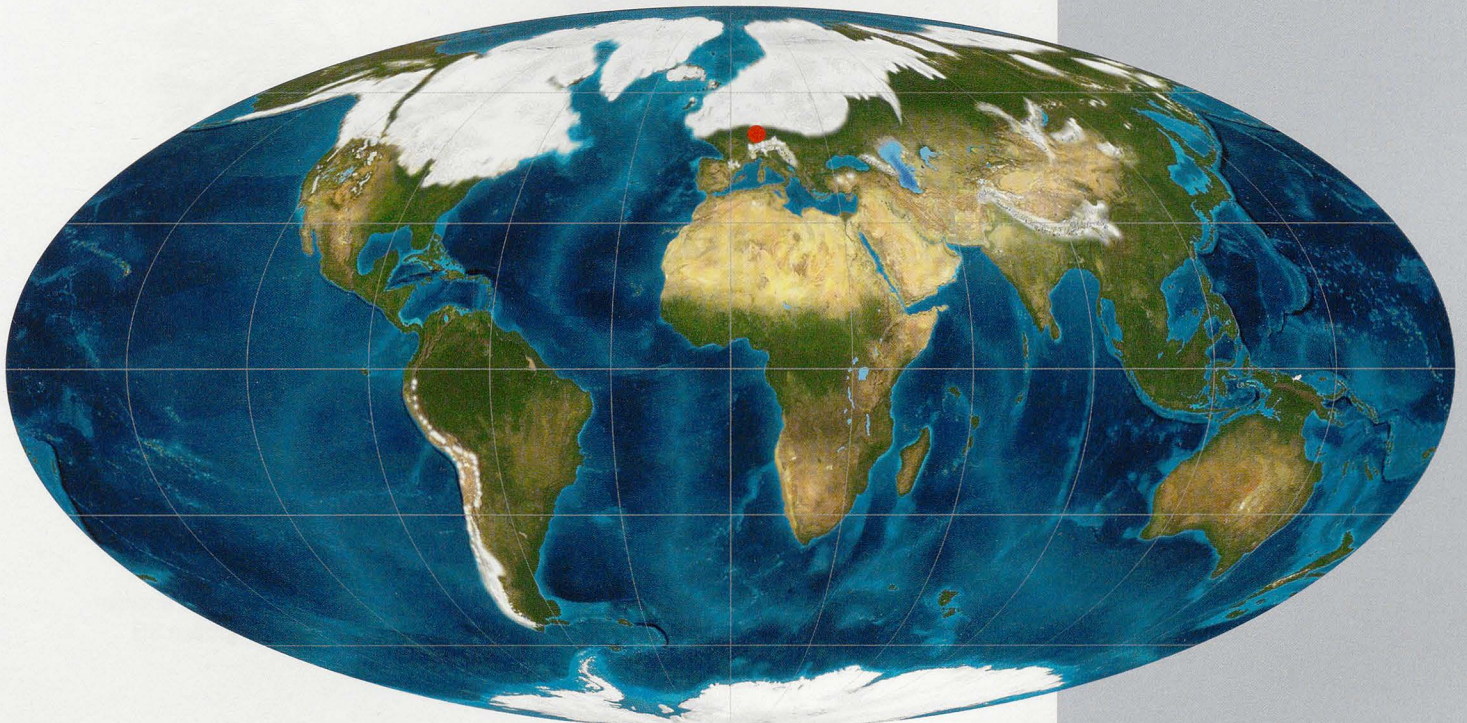
Die Würm-Kaltzeit begann vor etwa 115.000 Jahren und folgte auf die Eem-Warmzeit, die letzte Warmzeit des Pleistozäns. Sie endete vor etwa 11.700 Jahren und ist nach dem Fluss Würm in Bayern benannt, der den Alpengletschervorstoß des Würm markiert. Die Würm-Kaltzeit ist durch starke Schwankungen der Jahresmitteltemperaturen gekennzeichnet. Diese fielen bisweilen unter den Gefrierpunkt. Immer wieder kam es auch zu langen, wärmeren Regenphasen, den Pluvialen. Im Würm war der Oberrheingraben bedeckt von der sogenannten Mammutsteppe, einer Kältesteppe aus Kräutern, Zwergsträuchern und Sauergräsern. Darüber fegten kalte Gletscherwinde hinweg. Bäume gediehen nur an windgeschützten Stellen. Typische Großtiere waren Wollhaarnashorn, Wollhaar-

mammut und Höhlenlöwe. Mit dem Würm endete das Pleistozän. Eine neue Warmzeit begann, die wissenschaftlich Nacheiszeitalter oder besser Holozän genannt wird. Holozän bedeutet übersetzt „das völlig neue Zeitalter“, die Gegenwart. Dennoch liegt dieses Zeitalter im Takt der Warm- und Kaltzeitschwankungen, und wir befinden uns nach wie vor in einem Eiszeitalter. Ein Unterschied ist, dass die meisten Großtiere verschwunden sind.

3.2.1 DIE PFLANZENWELT DES WÜRM

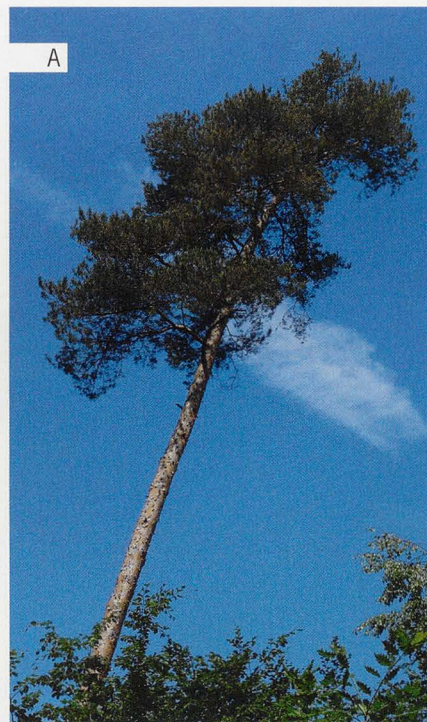
Die Mammutsteppe war die beherrschende Vegetationsform am würm-zeitlichen Oberrhein. Bei einer Jahresdurchschnitts-

Abbildung 109:
Maximale Eisverbreitung in der Würm-/Weichsel-Kaltzeit.
Der rote Punkt markiert die Lage von Karlsruhe.
(Grafik: Christoph Schmitt, SMNK,
Karte: © 2016 Colorado Plateau
Geosystems Inc.)



temperatur von $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ mussten die Pflanzen dieser Kältsteppe hart im Nehmen sein, auch wenn die Lehm- und Lössböden reichlich Nährstoffe boten. Verschiedene Beifuß-, Knöterich- und Wegerich-Arten sowie Heidekraut, Zwergbirken und Polarweiden dominierten über Süß- und Sauergräser. Auch Flechten, besonders Rentierflechten, waren typisch für die

Mammutsteppe. In windgeschützten Lagen hielten sich Waldkiefern, Latschenkiefern, Weiden- und Birkenbruchwälder besonders dort, wo der Boden nicht dauerhaft gefroren war. Im Sommer erblühte die Mammutsteppe und bot den Pflanzenfressern reichlich Nahrung. Im Winter lag die Vegetation zwar unter dem Schnee, war aber für viele Pflanzenfresser erreichbar.



WALD-KIEFER

Kieferngewächse

Höhe: bis 48 m

Vorkommen: trockene, nährstoffarme, sandige oder kalkige Böden und Moore

Die Wald-Kiefer war der typische Nadelbaum der Kaltzeiten. Jeweils zwei starre Nadeln sitzen auf einem Kurztrieb. Die Pollen tragen zwei Luftsäckchen und können so vom Wind kilometerweit verbreitet werden. Das Holz der Wald-Kiefer ist extrem harzreich und brennt auch im grünen Zustand. Das zähe Harz schützt den Baum vor Pilzen, Bakterien und anderen Pflanzenparasiten und wurde früher zur Produktion von Pech und Terpentin im großen Stil geerntet.

Abbildung 110:

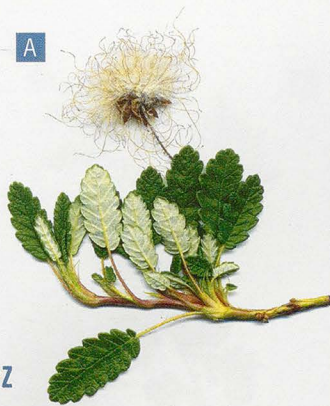
Wald-Kiefer, Forche *Pinus sylvestris* –

A: Baum; aufgenommen im Grösseltal, Nordschwarzwald,

B: Zweig.

(Foto A: Dino Frey,

Scan B: Christoph Schmitt, beide SMNK)



WEISSE SILBERWURZ

Rosengewächse

Trieblänge: 20 bis 100 mm

Standort: Tundra, Alpen; offene, karge Böden aller Art

Der Zwergstrauch war am Ende der Würm-Kaltzeit in ganz Europa verbreitet. Er ist nur wenige Wochen im Jahr stoffwechselaktiv und kann daher 100 Jahre alt werden. Nach diesem Rosengewächs wurde der letzte Zeitabschnitt der Würm-Kaltzeit benannt: die Dryas-Zeit. Der Zwergstrauch ist immergrün und gilt heute als Wahrzeichen alpiner und arktischer Floren.



GEMEINER WACHOLDER

Zypressengewächse

Höhe: bis 12 m

Standort: trockene, sandige, steinige Böden oder aber Moore, kalkliebend; Lichtpflanze

Die scharf zugespitzten Nadeln des aromatisch duftenden Nadelbaums sind gelenkig mit den Zweigen verbunden und zu dritt in Quirlen angeordnet. Die beerenartigen Zapfen bestehen nur aus drei Zapfenschuppen und brauchen drei Jahre zur Reifung. Sie schmecken scharf-aromatisch und werden heute besonders zum Würzen von Wildfleisch benutzt. Wacholderzweige werden in Skandinavien zur Haltbarmachung von Leichtbieren eingesetzt. Gin und ähnliche Schnäpse, wie Krabambuli, werden aus den vergorenen Beerenzapfen hergestellt.

Abbildung 111:
Weiße Silberwurz *Dryas octopetala* –
A: Trieb mit Fruchtstand,
B: Pflanze in Blüte;
fotografiert in Grimsdalen,
Rondane-Nationalpark, Norwegen.
(Scan A: Dino Frey, SMNK,
Foto B: Wikimedia, Jörg Hempel)

Abbildung 112:
Gemeiner Wacholder,
Krametsbaum, Feuerbaum
Juniperus communis –
A: Trieb mit Beerenzapfen,
B: Strauch mit jungen Trieben.
(Fotos: Dino Frey, SMNK)



A



GEMEINER BEIFUSS

Korbblütler
 Höhe: 0,6 bis 2 m
 Standort: offene, steinreiche,
 magere Böden

In der Würm-Kaltzeit bildeten verschiedene Beifuß-Arten einen charakteristischen Bestandteil der Mammutsteppe. Wie alle Beifuß-Arten ist auch der Gemeine Beifuß ein Windbestäuber. Als es wieder wärmer wurde, verschwand der Gemeine Beifuß aus Mitteleuropa. Erst mit Beginn des Ackerbaus vor 6.000 Jahren kehrte er als beliebte Gewürzpflanze zurück.

Abbildung 113:

Gemeiner Beifuß *Artemisia vulgaris* –
 A: Pflanze,

B: Abbildung aus Köhler et al. 1898;

A blühender Zweig. 1 Stengelblatt.

2 Blütenkörbchen. 3 Längsschnitt

desselben. 4 Randblüte. 5 Scheibenblüte.

6 dieselbe im Längsschnitt. 7 Staubblatt.

8 Pollen. 9 Achäne. 10 dieselbe im

Längsschnitt.

(Scan A: Christoph Schmitt, SMNK,

Abbildung B: Wikimedia)

BESENHEIDE

Heidekrautgewächse

Höhe: 0,3 bis 1,0 m

Standort: Moore, Dünen, lichte Wälder;
saure, sandige, magere, sonnenexponierte,
trockene bis wechselfeuchte Böden



Abbildung 114:
Besenheide *Calluna vulgaris* –
A: Kriechspross mit Blütenständen,
B: Blütenstand;
fotografiert auf der Insel Föhr.
(Scan und Foto: Dino Frey, SMNK)

Der Zwergstrauch wuchs während der Würm-Kaltzeit in der Mammutsteppe. Die Pflanze keimte nach flachen, auch fossil nachgewiesenen Steppenbränden besonders gut. Der Gattungsname leitet sich vom griechischen Wort *kallynein* = fegen ab, weil die trockenen Reiser zu Handfegern gebunden wurden. Besenheide ist Nektarlieferant für zahlreiche Insekten, besonders für die Honigbiene.

A



ECHTER WERMUT

Korbblütler

Höhe: 0,4 bis 0,6 m

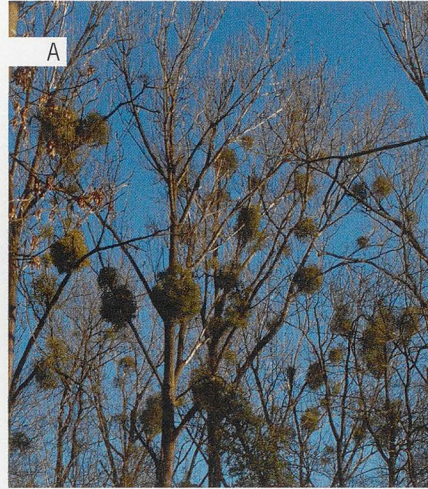
Standort: sandige, trockene, lückige Böden



Abbildung 115:
Echter Wermut *Artemisia absinthium* –
A: Blütenstand mit Blättern,
B: Pflanzenbestand;
fotografiert im Alten Botanischen
Garten von Göttingen.
(Fotos A: © emberiza/
shutterstock.com,
B: Wikimedia, Valérie75)

Wermut war eine Charakterpflanze der Mammutsteppe. Er enthält Bitterstoffe, die gegen Verdauungsstörungen helfen und die Leberfunktion anregen. Wermut enthält aber auch Gifte, die bei Überdosierung Benommenheit und Übelkeit auslösen, besonders alkoholische Extrakte, bekannt unter dem Namen Absinth. In Maßen genommen wirkt der aromatisch schmeckende Echte Wermut appetitanregend und verdauungsfördernd. Ansonsten verursacht er Kopfschmerzen und Übelkeit.

Abbildung 116:
 Weißbeerige Mistel, Druidenfuß,
 Wintergrün *Viscum album* –
 A: starker Mistelbefall in Pappeln,
 B: Zweig.
 (Foto A: Dino Frey,
 Scan B: Christoph Schmitt,
 beide SMNK)



WEISSBEERIGE MISTEL

Sandelholzgewächse
 Durchmesser:
 bis 1 m
 Standort: Laub- und
 Nadelbäume wärmlicher Gebiete
 Mittel- und Südeuropas

Die Samen des immergrünen Schmarotzers sind klebrig und werden über Vogelkot verbreitet, aber auch, wenn Vögel den mit Samen verklebten Schnabel an Zweigen reinigen. Das lateinische Wort *viscum* bedeutet Leim und bezieht sich auf den klebrigen Beerenschleim. Auch das Wort für Zähigkeit, Viskosität, leitet sich von der Mistel ab. Die Mistel gilt als Heilpflanze, Fruchtbarkeitssymbol und Glücksbringer und wurde besonders bei den Kelten für allerlei Zaubertänze genutzt. Welche Bedeutung sie für die frühen Menschen des Eiszeitalters hatte, ist unbekannt. Vielleicht haben sie das klebrige Fleisch der Beeren als Vogelleim genutzt, um ihre Speisekarte zu erweitern.

Abbildung 117:
 Sal-Weide *Salix caprea* –
 A: Busch, aufgenommen
 im Arlinger bei Pforzheim;
 B: Blätter.
 (Foto A: Dino Frey,
 Scan B: Christoph Schmitt,
 beide SMNK)



SAL-WEIDE

Weidengewächse
 Höhe: bis 15 m
 Standort: Schutthalten, Brachflächen;
 frische, nährstoffreiche Böden ohne
 Staunässe

Das Wort „Sal“ leitet sich vom althochdeutschen *salaha* ab und heißt „grau“. Es bezieht sich auf die grau behaarten Blattunterseiten. Der Artnamen *caprea* geht auf das lateinische Wort für Ziege zurück, weil Ziegen die Blätter der Sal-Weide besonders gern fressen. Für Schmetterlinge sind Sal-Weiden die wichtigste Nahrungsquelle, besonders im zeitigen Frühjahr, nicht nur für die Raupen, sondern auch für die Falter, besonders für die überwinternden.

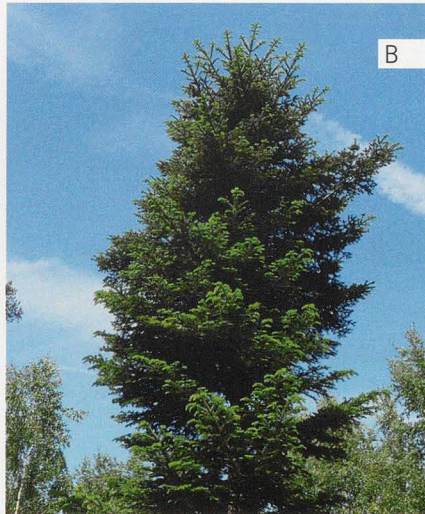


WEISS-TANNE

Kieferngewächse

Höhe: 30 bis 50 m

Standort: feuchte, kalkhaltige Böden mit reichlich Bodenwasser



Weiß-Tannen gedeihen am Oberrhein im Würm nur zeitweise in besonders geschützten Lagen. Die Bäume brauchen eine Jahresmitteltemperatur von 5 °C, mit minimal -28 °C im Winter und bis 1.200 mm Jahresniederschlag. Das Harz fördert die Wundheilung. Mit ihrer Pfahlwurzel ist die Weiß-Tanne sturmsicher im Boden verankert. Die Jahresringe des Frühholzes sind weiß, diejenigen des Spätholzes rot.

Abbildung 118:

Weiß-Tanne *Abies alba* –

A: Zweig,

B: Baum;

aufgenommen im Grösseltal, Nordschwarzwald.

(Scan und Foto: Dino Frey, SMNK)



HÄNGE-BIRKE

Birkengewächse

Höhe: 15 bis 25 m

Standort: trockene Brach-, Trümmer- und Kahlfelder mit sauren Böden und hohem Grundwasserspiegel



Birkenblätterttee wirkt harntreibend, der Rindenextrakt hilft gegen Arthritis und Gicht. Mit Birkenpech befestigten Steinzeitmenschen Steinspitzen an Holzschäften von Speeren und Pfeilen. Wegen des Terpenegehaltes brennen Birken auch im grünen Zustand. Der Baum blüht im zeitigen Frühjahr und ist windbestäubend. Ganze Wolken von gelbem Blütenstaub lösen sich bei Windstößen aus den hängenden Kätzchen. Das Holz wird heute zur Herstellung von Span- und Faserplatten genutzt, weil es sich leicht schreddern lässt.

Abbildung 119:

Hänge-Birke *Betula pendula* –

A: Blätter,

B: Birkenbruchwald;

fotografiert im Grösseltal, Nordschwarzwald.

(Scan A: Christoph Schmitt,

Foto B: Dino Frey, beide SMNK)

3.2.2 DER WÜRM-ZEITLICHE SOMMER

Im Frühjahr transportierten die mit Schmelzwasser gefüllten Flüsse große Mengen Gesteinsschutt. Der Oberrhein bildete ein verzweigtes Flusssystem, das seinen Lauf ständig änderte und dabei mächtige Schuttterrassen hinterließ. Im Frühsommer blühte auf den nährstoffreichen Böden die Mammutsteppe. Pionierpflanzen wie Heidekraut und Beifuß bedeckten Flächen zwischen den Flussschlingen des damaligen Rheins. An windgeschützten Stellen wuchsen vereinzelte

Bäume und Büsche. Der Dauerfrostboden taute nur oberflächlich auf. Herden von Wollhaarmammuts, Bisons, Pferden, Wollhaarnashörnern und Rentieren weideten auf der weiten, blühenden Ebene. Murmeltiere fraßen sich einen Fettvorrat an, um den harten Winter zu überstehen, und die Schnee-Eulen griffen sich Lemminge, um für die kalte Jahreszeit gewappnet zu sein. Es war kühl, aber es gab Nahrung in Hülle und Fülle für alle. Hin und wieder kam es zu Regenphasen, in denen der Boden aufweichte. Der Bestand der Großtiere ging dann zurück, besonders bei Wollhaarmammut und Wollhaarnashorn.

Abbildung 120:
So könnte das Oberrheintal
während des Würm-Sommers
ausgesehen haben.
(Foto: Tina Roth, Pforzheim)





WOLLHAARNASHORN

Unpaarhufer/Nashörner

Schulterhöhe: 1,5 bis 1,7 m

Kopf-Rumpf-Länge: 3,4 bis 3,6 m

Gewicht: bis 2,9 t

Ernährung: Gräser, Kräuter, Zweige

Das Wollhaarnashorn lebte während des Pleistozäns in der Mammutsteppe Eurasiens. Es ernährte sich von Gräsern und Kräutern.

Das vordere Horn war bis 0,9 m lang und bis 11 kg schwer, das hintere bis 0,4 m lang und bis 4,5 kg schwer. Beide Hörner waren seitlich abgeflacht.

Ein dichtes, mehrlagiges Fell und eine dicke Fettschicht, besonders im Bereich der Schulter, schützten es vor der Kälte.

Am Oberrhein lebten Wollhaarnashörner bis zum Ende der letzten Kaltzeit, sie kamen aber auch in wärmeren Regionen vor.

Abbildung 121.1:
Wollhaarnashorn, Fellnashorn
Coelodonta antiquitatis –
lebensgroßes Modell, das für die
Große Landesausstellung
„Flusspferde am Oberrhein –
wie war die Eiszeit wirklich?“
eigens angefertigt wurde;
Hersteller: Quagga Ltd.
(Foto: Dino Frey, SMNK)

Dieser Schädel stammt aus den würmzeitlichen Schottern des Oberrheins. Die rauen Flächen auf Nase und Stirn trugen die Hörner. Diese bestanden, wie die Hörner heutiger Nashörner, aus fest miteinander verbundenen, ständig nachwachsenden Hornsträngen. Die Schmelzschlaufen der mächtigen Backenzähne bildeten Hohlräume im Zahnzentrum. Daher stammt der wissenschaftliche Gattungsname *Coelodonta*, was „Hohlzahn“ bedeutet. Die Backenzähne wurden im Laufe eines Nashornlebens abgekaut. Wie bei Pferden kann so das ungefähre individuelle Alter eines Wollhaarnashorns bestimmt werden, weil sich während des Abkauens der Backenzähne das Schmelzfaltenmuster ändert.

Das Aussehen der Tiere kennen wir sehr gut aus Höhlenmalereien, von Gravuren auf Stein und Knochen, kleinen Statuetten und von Mumien aus dem Dauerfrostboden in Sibirien.

Abbildung 121.2:
Wollhaarnashorn
Coelodonta antiquitatis –
Schädel aus den Schottern des
Oberrheins;
Original aus den Sammlungen
des Staatlichen Museums
für Naturkunde Karlsruhe.
(Foto: Volker Griener, SMNK)



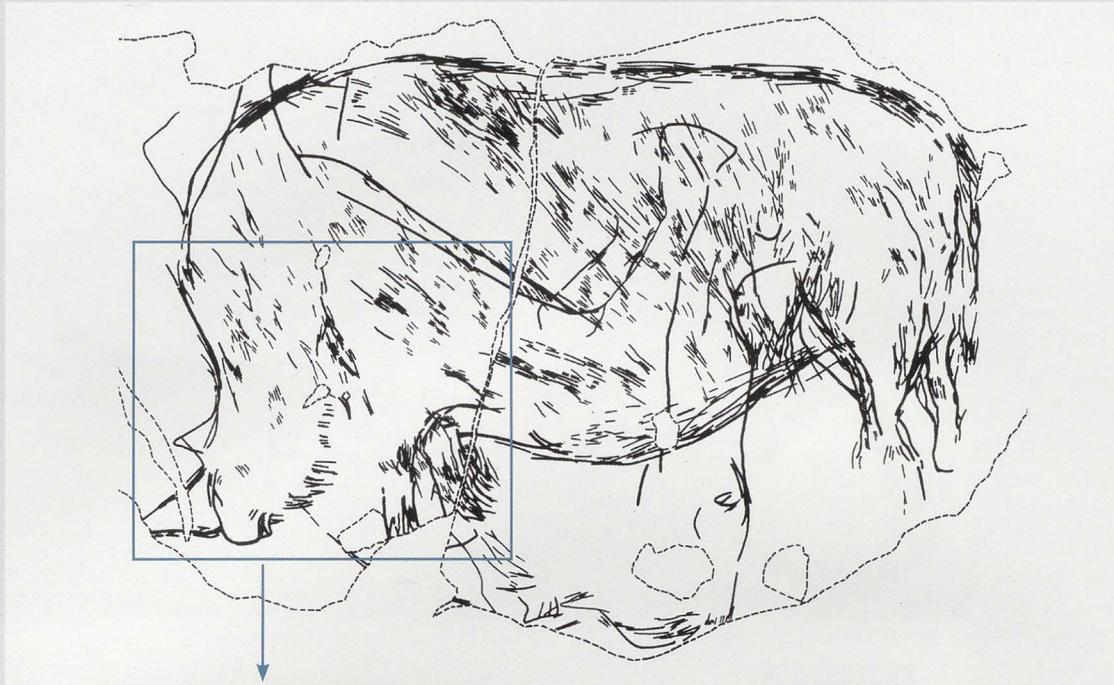


Abbildung 121.3:
Darstellung eines
Wollhaarnashorns –
etwa 15.500 Jahre
alte Ritzzeichnung
auf Schiefer vom
Rastplatz
Gönnersdorf aus dem
Jungpaläolithikum.
(Foto: aus Bosinski
2008, © Römisch-
Germanisches
Zentralmuseum
Mainz)

Abbildung 122:
 Riesenhirsch *Megaloceros giganteus* –
 A: Schädel,
 ausgelegt im Diorama der großen
 Landesausstellung,
 im Vordergrund der Stoßzahn eines
 Wollhaarmammuts,
 Originale aus den Sammlungen
 des Staatlichen Museums
 für Naturkunde Karlsruhe,
 B: Lebensgroßes Modell im Musée
 National de Préhistoire
 in Les Eyzies-de-Tayac-Sireuil,
 Dordogne/Frankreich.
 (Fotos A: Volker Griener,
 B: Norbert Lenz, beide SMNK)



RIESENHIRSCH

Paarhufer/Geweihtträger
 Kopf-Rumpf-Länge: 2,3 bis 2,7 m
 Schulterhöhe: bis 2,1 m
 Gewicht: 500 bis 600 kg
 Ernährung: Gras, Kräuter, Zweige, Moose, Flechten

Riesenhirsche waren nicht nur die gewaltigsten Hirsche, die es je gab. Die Bullen trugen auch das größte Geweih aller Zeiten. Trotz seiner Spannweite von bis zu 4 Metern brachte dieses jedoch nur etwa 50 kg auf die Waage, weil es hohl war. Während der Bildungsphase wuchs es drei bis vier Zentimeter pro Tag! In der Paarungszeit kämpften die Bullen, indem sie ihre Geweihschaufeln gegeneinander drückten und sich einen Schiebekampf lieferten, ähnlich wie es Elchbullen noch heute tun. Riesenhirsche waren Tiere der Kältesteppen.

i

Das Geweih der Riesenhirsche war wahrhaft beeindruckend, sicherlich eine perfekte Verteidigungswaffe gegen Wölfe, Bären und Höhlenlöwen. Den Kopf gesenkt auf den Angreifer losstürmen und ihm die Geweihsprossen in den Leib zu rammen, das wäre doch die ideale Verteidigung, oder?

Eher nicht: Das Geweih ist zwar groß, aber hohl. Bei starken Belastungen

brechen die Sprossen ab. Kein Wunder, dass sich die Riesenhirsche nur Schiebekämpfe lieferten und keine Rammkämpfe, wie die Rothirsche mit ihrem massiven, aber schlanken Geweih.

Aber auch Rothirsche nutzen ihr Geweih nur selten zur Verteidigung. Sie haben etwas Besseres: ihre Hufe. Mit denen trommeln sie auf Angreifer ein, dass denen Hören und Sehen vergeht.



Mégacéros

Le mégacéros est un grand cerf qui vivait en Europe pendant le Pliocène et le Pliocène. Il est connu à partir de fossiles trouvés en France, en Espagne et en Italie. Son corps mesurait environ 1,50 mètre de haut et son poids atteignait 150 kg. Ses antennes étaient très grandes et palmées, pouvant atteindre jusqu'à 2 mètres de long. Le mégacéros était un animal très robuste et capable de supporter de longues périodes de sécheresse.

Mégacéros
Mégaceros giganteus



Abbildung 123.1:
Alpenmurmeltier *Marmota marmota*;
Dermoplastik aus den Sammlungen
des Staatlichen Museums
für Naturkunde Karlsruhe.
(Foto: Dino Frey, SMNK)



ALPENMURMELTIER

Nagetiere/Hörnchenartige
Kopf-Rumpf-Länge: 0,4 bis 0,5 m
Gewicht: 6 bis 8 kg
Ernährung: Gras, Kräuter, Insekten

Während der Würm-Kaltzeit waren Alpenmurmeltiere überall im europäischen Flachland zu Hause, auch am Oberrhein. Heute leben diese großen Erdhörnchen in Kolonien von bis zu 20 Tieren überwiegend im

Hochgebirge. Es gibt aber auch noch eine kleine Population im Hochschwarzwald. Alpenmurmeltiere sind hitzeempfindlich und kommen deshalb nicht in Höhen unter 800 m vor. An heißen Sommertagen suchen sie Schutz in ihrem Bau oder liegen platt auf dem Bauch vor ihrem Höhleneingang und geben Wärme an den Boden ab.

Fragmente kleiner Säugetiere sind in den Ablagerungen des Oberrheins selten, weil die Knochen beim Transport flussabwärts zwischen Kies und Sand meist zerrieben werden. Deshalb sind diese Unterkieferfragmente von Alpenmurmeltieren eine Besonderheit, auch weil die Tiere die Nähe von großen Gewässern meiden. Die Stücke belegen, dass Alpenmurmeltiere während der Würm-Kaltzeit auch am Oberrhein heimisch waren. Die Nagezähne der Tiere nutzen sich beim Fressen, besonders von Gras, ab. Die Zellwände von Gras enthalten nämlich Silikat, eine quarzähnliche Substanz, die extrem hart ist. Die Nagezähne wachsen ständig nach und schärfen sich gegenseitig von selbst.



Abbildung 123.2:
Pleistozänes Alpenmurmeltier
Marmota marmota –
Fragmente zweier Unterkieferäste;
Originale aus den Sammlungen
des Staatlichen Museums
für Naturkunde Karlsruhe.
(Foto: Dino Frey, SMNK)



Abbildung 124:
Europäischer Ziesel
Spermophilus citellus.
(Foto: Wikimedia, CC BY-SA 3.0)

EUROPÄISCHER ZIESEL

Nagetiere/Hörnchenartige

Kopf-Rumpf-Länge: 0,18 bis 0,23 m

Schulterhöhe: bis 0,3 m

Gewicht: 200 bis 430 g

Ernährung: Blätter, Blüten, Samen, Wurzeln, Knollen, Zwiebeln, Insekten, Würmer

Der Europäische Ziesel ist heute hauptsächlich in den Steppen des Balkans und Kleinasiens verbreitet, kam aber während der Würm-Kaltzeit auch am Oberrhein vor. Die tagaktiven Nagetiere fressen sich in den Sommermonaten ein Fettpolster an, das während des Winterschlafs von September bis März aufgezehrt wird. Der Winterschlaf

wird aber immer wieder unterbrochen, um den Kreislauf in Schwung zu halten. Die zu den Erdhörnchen gehörenden Ziesel legen dauerhafte Erdbauten an. Die Männchen haben feste Reviere, die sie gegen andere Männchen vehement verteidigen. Einmal jährlich bringen die Weibchen 2 bis 15 Junge zur Welt.

i

Zähne, die sich von selbst schärfen, wie soll das gehen?

Die Schneidezähne der Nagetiere und Hasen haben nur auf der Vorderseite eine dünne Schmelzschicht. Meist ist sie gelb oder rötlich gefärbt. Der Rest des Nagezahns besteht aus

Zahnbein, das viel weicher ist als der Schmelz.

Reiben nun die Zahn-Enden beim Kauen aneinander oder wird mit ihnen etwas Hartes geschnitten, z.B. Gras, nutzt sich das weiche Zahnbein schneller ab, die dünne Schmelzschicht bleibt stehen. So bleibt der Zahn immer scharf, muss aber ständig nachwachsen.

Abbildung 125.1:
Schneehase *Lepus timidus*
im Sommerkleid.
(Foto: © scattoselvaggio/
shutterstock.com)



Abbildung 125.2:
Hasenknochen *Lepus* sp.
aus Laupheim bei Ulm an der Donau;
Originale aus den Sammlungen
des Staatlichen Museums
für Naturkunde Karlsruhe.
(Foto: Dino Frey, SMNK)



SCHNEEHASE

Hasenartige/Echte Hasen
Kopf-Rumpf-Länge: 0,4 bis 0,6 m
Gewicht: bis 3 kg
Ernährung: Kräuter, Flechten, Moose,
Baumrinde, Gräser

Der Schneehase lebt in lichten Wäldern, Mooren, Tundren und in Gebirgen bis zu 3.800 m Höhe. Zwischen März und Mai verliert er sein weißes Fell – es wird nach und nach braun. Die Ohrspitzen bleiben aber immer schwarz. Nur die irischen Schneehasen sind ganzjährig braun. Die geselligen, dämmerungsaktiven Hasen verharren tagsüber gut getarnt und bewegungslos im Gestrüpp. Auf Nahrungssuche legen sie weite Strecken zurück. Während der Kaltzeiten war der Schneehase in ganz Europa verbreitet. Im Gegensatz zum Einzelgänger Feldhase leben Schneehasen in kleinen Gruppen.

Manche fossilen Säugetiere können nur bestimmt werden, wenn Schädel oder Zähne vorliegen. In diesem Fall wurden nur Langknochen, drei Wirbel und eine rechte Beckenhälfte gefunden. Es handelt sich mit Sicherheit um Hasenknochen. Ob sie aber von einem Feldhasen oder einem Schneehasen stammen, lässt sich anhand dieser Reste nicht sagen.



HÖHLENBÄR

Raubtiere/Hundeartige
 Kopf-Rumpf-Länge: bis 3,5 m
 Schulterhöhe: bis 1,7 m
 Gewicht: bis 1 t
 Ernährung: Allesfresser

Der Höhlenbär lebte von vor 250.000 bis vor 27.000 Jahren. Er war von Nordspanien bis zum Ural verbreitet. Die mächtigen Bären fraßen hauptsächlich

Pflanzen, gingen aber auch an Aas und schlugen verletzte oder kranke Tiere. Den Winter verschliefen sie in kleinen Gruppen in Höhlen. Im Sommer streiften die Höhlenbären auf der Suche nach Nahrung weit umher und erreichten so auch das Oberrheingebiet. Das Aussehen des Bären mit seiner auffällig stumpfen Schnauze und der steilen Stirn ist von Höhlenmalereien gut bekannt. Vermutlich konkurrierten Menschen und Bären um die Winterhöhlen.

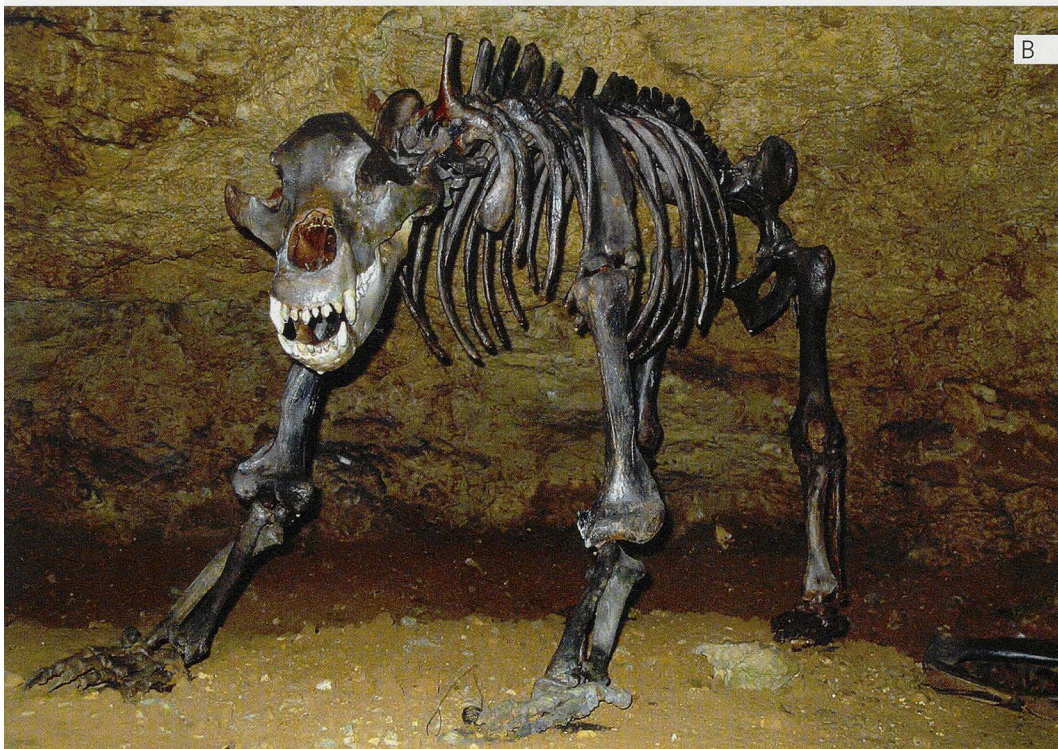


Abbildung 126:
 Höhlenbär *Ursus spelaeus* –
 A: Schädel,
 Original aus den Sammlungen
 des Staatlichen Museums
 für Naturkunde Karlsruhe,
 B: montiertes Skelett
 in der Teufelshöhle bei Pottenstein,
 Oberfranken.
 (Foto A: Volker Griener, SMNK,
 B: Wikimedia, Ra'ike)

Abbildung 127.1:
Polarfuchs *Vulpes lagopus*
im Sommerkleid.
(Foto: © Jukka Jantunen/
shutterstock.com)



POLARFUCHS

Raubtiere/Hundeartige
Kopf-Rumpf-Länge: 0,65 bis 0,9 m
Schulterhöhe: bis 0,3 m
Gewicht: bis 5 kg
Ernährung: Kleinsäuger, Vögel, Insekten,
Krebse, Beeren

Der Polarfuchs bewohnt fast alle arktischen Gebiete der Nordhalbkugel. Er ist der einzige Hundeartige, der einen deutlichen jahreszeitlichen Farbwechsel zeigt. Das Sommerfell ist rotbraun bis schwarzgrau, lichter und deutlich kürzer als das weiße Winterfell. Polarfüchse leben in Einehe und ziehen ihre Jungen gemeinsam auf. Die Hauptbeute der Allesfresser sind Kleinsäuger, besonders Lemminge und Vögel, wie Enten und sogar Gänse. An Gewässern lebende Polarfüchse fangen auch Fische

und Krebse. Polarfüchse töten manchmal mehr Tiere als sie fressen können. Die Kadaver werden vor dem Bau abgelegt und in nahrungsknappen Zeiten gefressen. Bei den polaren Temperaturen bleibt der Nahrungsvorrat lange frisch.

Dieser Unterkiefer des Polarfuchses belegt, dass die kälteliebenden Tiere auch am Oberrhein gelebt haben. Die Zähne sind die eines Beutegreifers, erkennbar an den spitzen Fangzähnen vorn im Kiefer. Der größte Backenzahn im Unterkiefer ist der erste Backenzahn. Zusammen mit dem vierten Vorbackenzahn bildet er eine Brechschere zum Zerkleinern von Fleisch und Sehnen und zum Knacken von Knochen. Diese beiden Zähne werden auch als Reißzähne bezeichnet. Sie sind typisch für Raubtiere. Die langen kegelförmigen Eckzähne werden auch Fangzähne genannt.

Abbildung 127.2:
Pleistozäner Polarfuchs
Vulpes lagopus –
rechter Unterkieferast;
Original aus den Sammlungen
des Staatlichen Museums
für Naturkunde Karlsruhe.
(Foto: Dino Frey, SMNK)





VIELFRASS

Raubtiere/Marderartige

Kopf-Rumpf-Länge: 0,65 bis 1,05 m

Schulterhöhe: 0,4 bis 0,5 m

Gewicht: Männchen bis 32 kg,

Weibchen bis 20 kg

Ernährung: Kleinsäuger, Kleinvögel, Eier, Beeren, Baumtriebe, Aas, selten Jungtiere großer Säuger

Heute lebt der zu den Mardern gehörende Vielfraß in den Taigas und Tundren der Nordhalbkugel.

Während der Würm-Kaltzeit drang er weit nach Süden vor. Die Großmarder können bis zu 45 km pro Tag zurücklegen und verbringen die Ruhephasen in selbst gebauten Gras- und Zweignestern. Im Winter kann das Territorium eines Männchens 2.000 km² erreichen, was ungefähr der Größe des Saarlandes entspricht. Der deutsche Name leitet sich vermutlich vom altnorwegischen *fjeidfross* ab, was „Bergkater“ bedeutet. Immer wieder hört man von Vielfraßangriffen auf Menschen, aber keiner davon ist wirklich belegt.

Abbildung 128:
Vielfraß, Bärenmarder,
Järv *Gulo gulo*;
Dermoplastik aus den Sammlungen
des Staatlichen Museums
für Naturkunde Karlsruhe.
(Foto: Dino Frey, SMNK)



Abbildung 129:
Schnee-Eule *Bubo scandiacus* –
die haarähnliche Befiederung
der Füße ist deutlich
zu erkennen.
Aus den scharfen
schwarzen Klauen
gibt es kein Entrinnen.
(Foto: © Jim Cumming/
shutterstock.com)

SCHNEE-EULE

Eulen/Uhus
Körperlänge: 0,55 bis 0,66 m
Flügelspannweite: 1,45 bis 1,57 m
Gewicht: 1,6 bis 2,5 kg
Ernährung: Kleinsäuger, Vögel

Die Schnee-Eule hat an den Füßen eine dichte haarähnliche Befiederung, die der Wärmeisolation dient, aber auch das Einsinken in den Schnee verhindert. Sie jagt

Vögel und Kleinsäuger, besonders die winteraktiven Lemminge. Sie kann Tiere bis zur Größe eines Schneehasen schlagen. Die Männchen der teilweise tagaktiven Schnee-Eule sind fast völlig weiß, während die größeren Weibchen dunkle Flecken und Bänder aufweisen. Während der Würm-Kaltzeit lebte die Schnee-Eule auch in Mitteleuropa. Die ältesten Fossilien sind 80.000 Jahre alt. Heute ist sie nur noch im hohen Norden und in Gebirgen oberhalb der Baumgrenze zu finden.

i

Schnee-Eule und Berglemming

Die Winter der Kaltzeiten machten vielen Tieren zu schaffen, besonders denen, die weder Winterschlaf hielten noch abwanderten. Ein Beispiel dafür ist die Schnee-Eule. Die bodenbrütenden Vögel hatten

sich zwar im Sommer bis zu 800 g Fett angefressen, aber das reichte oft nicht für die lange Winterzeit. Die winteraktiven Berglemminge sicherten jetzt das Überleben der Eule. War die Schneedecke nicht zu dick, konnte die Schnee-Eule die kleinen Nager hören und durch den Schnee hindurch erbeuten.



Abbildung 130.1:
Moorschneehuhn *Lagopus lagopus*
im Sommerkleid.
(Foto: Wikimedia, U.S. Fish and
Wildlife Service)

MOORSCHNEEHUHN

Hühnervogel/Raufußhühner

Kopf-Schwanz-Länge: 0,35 bis 0,4 m

Flügelspannweite: 0,55 bis 0,65 m

Gewicht: 500 bis 700 g

Ernährung im Sommer: Beeren, Samen,
frische Triebe, Blätter, Insekten

In der Würm-Kaltzeit besiedelten Schneehühner die Tundren südlich der nördlichen Eispanzer Eurasiens und Nordamerikas. Dem abtauenden Eis folgten die Vögel am Ende der Würm-Kaltzeit nach Norden. Nur in den Hochalpen und den Pyrenäen haben sich Bestände bis heute gehalten. Im Sommer fressen die tarnfarbigen Moorschneehühner Beeren, Blätter, Triebe und Samen von Zwergsträuchern. Sie leben in Familiengruppen. Die Eier werden in Steinmulden gelegt und vom Weibchen bebrütet. Die Brutzeit dauert 21 Tage. Der wissenschaftliche Name *Lagopus* bezieht sich auf die mit einem haarartigen Federflaum überzogenen Füße, die den behaarten Pfoten eines Hasen ähnlich sehen. *Lagopus* beutet „Hasenfuß“.

Skelettreste von Vögeln sind in den Schottern des Oberrheins sehr selten. Die

filigranen, meist hohlen Knochen blieben nur ausnahmsweise erhalten, wenn sie in feinem Sand oder in Spalten abgelagert und dann nicht mehr weitertransportiert wurden. Die hier gezeigten Fragmente sind also echte Raritäten.

Abbildung 130.2:
Pleistozänes Moorschneehuhn
Lagopus lagopus –
Schädelfragment (Mitte),
zwei Laufknochen (rechts),
eine Elle (unten),
ein Mittelhandskelett (links) und
das Schienbein (oben);
Originale aus den Sammlungen
des Staatlichen Museums
für Naturkunde Karlsruhe.
Foto: Dino Frey, SMNK)





Abbildung 131:
Wie in dieser verschneiten Tundra
könnte es auch am Oberrhein in den
Würm-Wintern ausgesehen haben.
(Foto: © Frank Fichtmueller/
shutterstock.com)

3.2.3 DER WÜRM-ZEITLICHE WINTER

Im Winter der Würm-Kaltzeit befand sich der Oberrhein fest im Würgegriff des Frostes. Der Boden vereiste metertief. Auch die zahlreichen Arme des Rheins froren zu. Ein eisiger Wind blies Staub aus den Schuttflächen und lagerte ihn als Löss im Hügelland des Rhein-Hochgestades ab. Viele Pflanzen starben ab oder verloren ihr Laub. Nur die immergrünen Nadelbäume trotzten der Kälte. Während Murmeltiere tief unter der Erde Winterschlaf hielten, ging das Leben unter der Schneedecke weiter. Lemminge und Schermäuse, Nahrungsgrundlage für Schnee-Eulen, andere winteraktive Eulen und Greifvögel, gruben Gänge unter der Schneedecke, um an frisches Grün zu gelangen. Wollhaarmammut, Rentier und Wollhaarnashorn mussten den Schnee erst wegschaufeln, um an Fressbares zu gelangen.

i

Schnee wegschaufeln um an Gras und Kräuter heranzukommen! Wie soll ein Tier denn schaufeln ohne Schaufel?

Natürlich hatten die Tiere keine Schaufeln, aber Körperteile, mit denen sie Schnee wegräumen konnten. Die Wollhaarmammuts benutzten dazu ihre gebogenen Stoßzähne. Die Schleifspuren sind noch heute auf ihrer Unterseite zu erkennen. Rentiere kratzten den Schnee mit ihren breiten Hufen weg. Das machen sie noch heute so. Tja, und die Wollhaarnashörner? So ganz genau weiß das niemand, aber das riesige vordere Horn war seitlich abgeplattet und wäre sicherlich ein guter Schneeschieber gewesen.



MAMMUT

Fasthuftiere/Rüsseltiere
Kopf-Rumpf-Länge: 4,5 bis 5,5 m
Schulterhöhe: 2,6 bis 3,4 m
Gewicht: 6 bis 10 t
Ernährung: Gräser, Kräuter

Wollhaarmammuts hatten ein dichtes, rotbraunes Fell. Die bis 4,5 m langen, gekrümmten Stoßzähne wurden bis 100 kg schwer. Unter der 30 mm dicken Haut lag eine 100 mm dicke Fettschicht als Kälteschutz und Energiespeicher. In der Mammutsteppe, deren Vegetation überwiegend aus Kräutern und Sauergräsern bestand, fanden die Wollhaarmammuts ihre Nahrung – bis 300 kg täglich! Das Wollhaarmammut war auf der gesamten Nordhalbkugel verbreitet. Im Oberrheingebiet lebte es von vor etwa 200.000 bis vor 10.000 Jahren.



Abbildung 132.1:
Wollhaarmammut
Mammuthus primigenius –
lebensgroßes Modell im Royal BC
Museum in Victoria, Kanada.
(Foto: Wikimedia, Flying Puffin)

Abbildung 132.2:
Darstellung eines
Wollhaarmammuts
Mammuthus primigenius
aus Mammutelfenbein, ein Fund
aus der Vogelherd-Höhle in der
östlichen Schwäbischen Alb.
(Foto: Juraj Lipták,
Universität Tübingen)

Abbildung 132.3:
Wollhaarmammut
Mammuthus primigenius –
Stoßzahn eines jungen Tieres;
Original aus den Sammlungen
des Staatlichen Museums
für Naturkunde Karlsruhe.
(Foto: Volker Griener, SMNK)



Die riesigen Rüsseltiere wurden vom frühen Menschen mit Lanzen und Speißen zur Strecke gebracht, eine echte Herausforderung, um an das nahrhafte, fette Fleisch zu gelangen.

Die Stoßzähne eines Wollhaarmammuts erreichten bei alten Bullen eine Länge von bis zu 4,5 m. Ihre maximale Spannweite betrug dann 1,7 m. Die stark gekrümmten Stoßzähne wurden als Schneeschieber benutzt, um auch im Winter an Nahrung unter dem Schnee zu gelangen, aber sicherlich auch zur Verteidigung und um Rivalenkämpfe auszutragen. Im Verlauf der Würm-Kaltzeit wurden die Mammuts in Europa, auch am Oberrhein, immer kleiner. Der Grund dafür ist unbekannt, hängt aber vielleicht mit

der schwindenden Nahrung zusammen. Der hier gezeigte Stoßzahn stammt von einem Mammut, das zu Beginn der Würm-Kaltzeit am Oberrhein lebte.

Wie auch bei allen heutigen Elefanten ist der Unterkiefer des Wollhaarmammuts im Verhältnis zur Körpergröße sehr kurz. Daher ist immer nur ein einziger Backenzahn vollständig sichtbar. Der Backenzahn davor ist fast abgekaut, der dahinter fängt an, sich nach vorn zu schieben. Grund dafür ist, dass bei Elefanten Milchvorbacken- und Backenzähne nacheinander in Kaustellung geschoben werden. Zum Kauen standen einem Mammut für das ganze Leben also drei Milchvorbackenzähne und drei Dauerbackenzähne zur Verfügung.

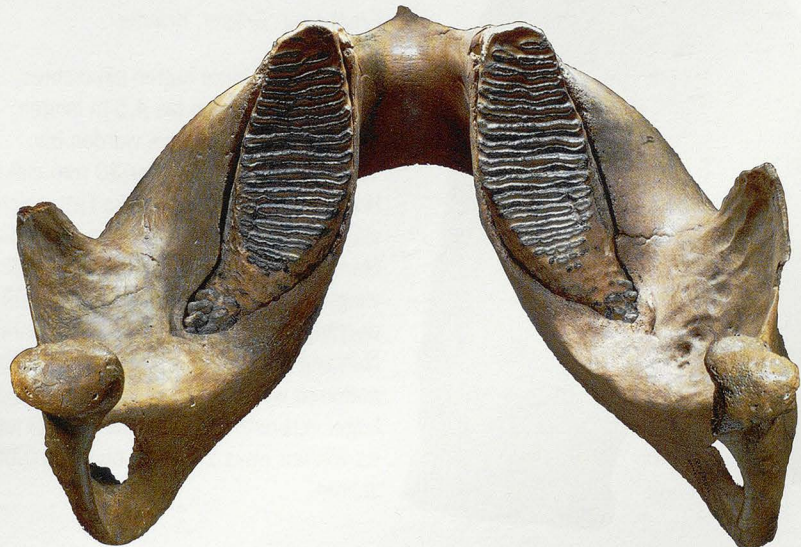


Abbildung 132.4:
Wollhaarmammut
Mammuthus primigenius –
Unterkiefer;
Original aus den Sammlungen
des Staatlichen Museums
für Naturkunde Karlsruhe.
(Foto: Volker Griener, SMNK)

i



Abbildung 133: Rekonstruktion Wollhaarmammut. (Foto: © AuntSpray/shutterstock.com)

DER FALL WOLLLHAARMAMMUT

Hier geht es um das Verschwinden eines der bekanntesten Großtiere der Würm-Kaltzeit, des Wollhaarmammuts, wissenschaftlich *Mammuthus primigenius*. Folgende Fragen müssen dazu beantwortet werden:

Wann und wo lebten Wollhaarmammuts am Oberrhein? Wie sah die Umgebung aus, in der sie lebten? Warum starben die Wollhaarmammuts aus, und wo lebten die letzten ihrer Art?

Wollhaarmammuts entwickelten sich vor etwa 700.000 Jahren im östlichen Teil Eurasiens aus dem Steppenmammut. Während der Warmzeiten zogen sich die Rüssel-tiere nach Nordostsibirien zurück, drangen aber in den

Kaltzeiten immer wieder weit nach Süden und Westen vor – nur nach der letzten, der Würm-Kaltzeit, nicht.

Die Giganten mit ihrem zotteligen rotbraunen Fell durchstreiften in großen Herden die eisigen, endlosen Steppen Eurasiens und Nordamerikas. Aber Kältesteppen sind karg, und Wollhaarmammuts brauchten viel Nahrung. Wie passt das zusammen?

In Steppen wachsen nur wenige Bäume, aber Steppe ist nicht gleich Steppe. Die Steppe, in der Wollhaarmammuts lebten, war eine der besonderen Art: die Mammutsteppe, eine Kräuter- und Zwergstrauchsteppe, in der kaum Süßgräser gediehen. Das häufigste Kraut war Beifuß.

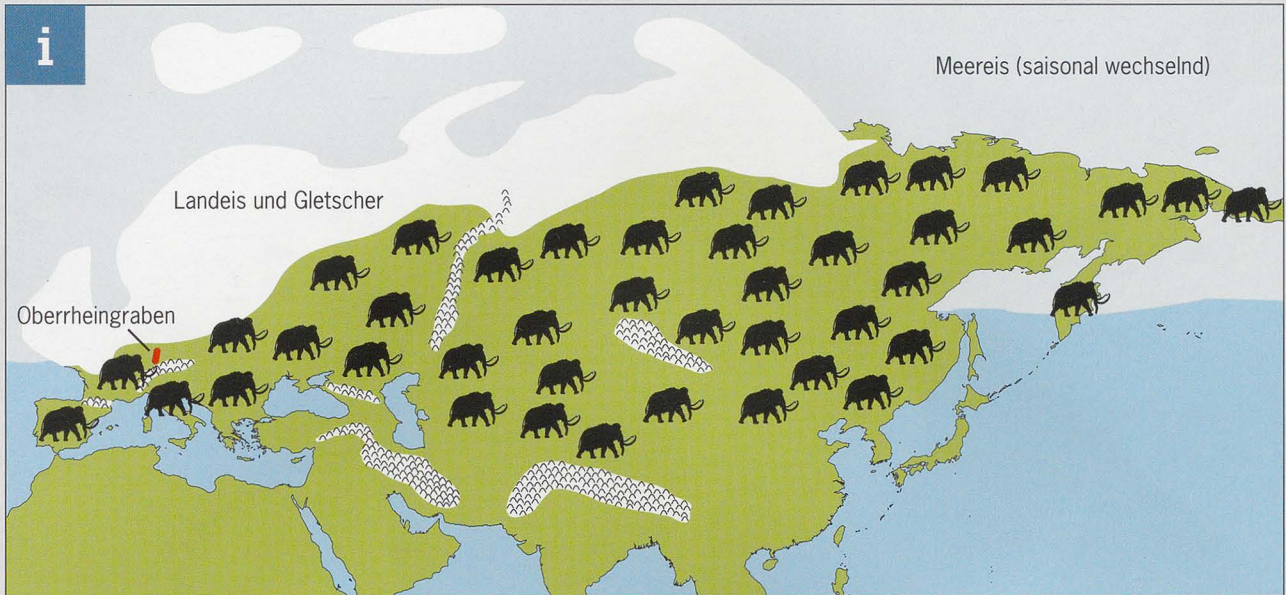


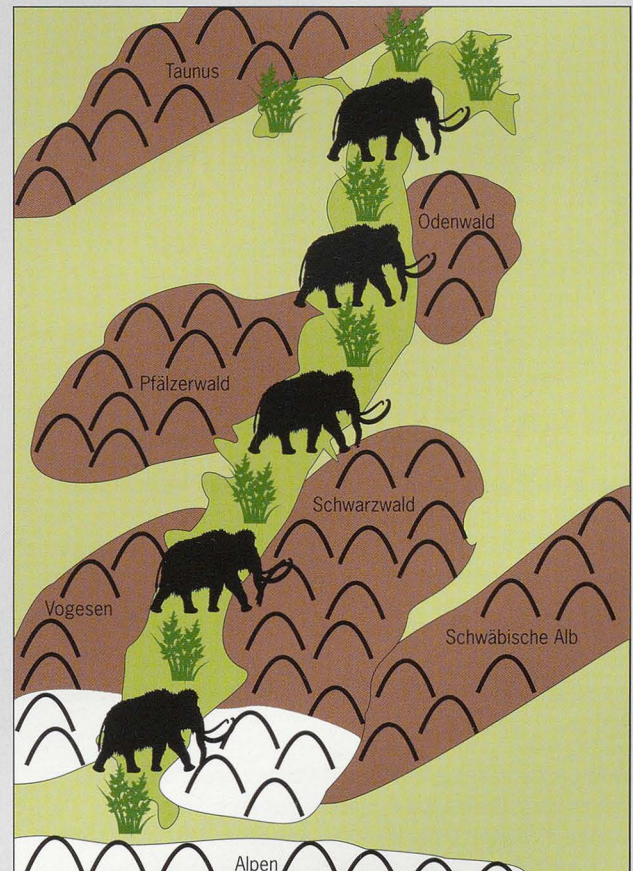
Abbildung 134:
Mammutssteppe und Wollhaarmammut.
(Grafik: Dino Frey, SMNK)

Wie man auf dieser Karte sehen kann, deckten sich die Verbreitung der Mammutssteppe und diejenige der Wollhaarmammuts verblüffend gut. Offenbar gab es das eine nicht ohne das andere. Aber warum? Wir wissen es nicht, aber es gibt verschiedene Ideen.

Weil der nördliche Eisschild während der Würm-Kaltzeit weit nach Süden reichte, war auch der Oberrheingraben von Mammutssteppe bedeckt. Daher gab es auch hier Wollhaarmammuts.

Gegen Ende der Würm-Kaltzeit stieg die Temperatur rasch an, und es gab lange Regenphasen, die Pluviale. Auch am Oberrhein war das so. Die nassen, morastigen Böden waren sicherlich ein Grund für das Verschwinden der Mammutssteppe und damit auch für das Verschwinden des Wollhaarmammuts, das offensichtlich von diesem Steppentyp abhing. Das Verbreitungsgebiet der pelzigen Riesen wurde nach Nord-Osten immer kleiner. Das Fell mit seinen fast einen Meter langen

Abbildung 135:
Wollhaarmammut und Mammutssteppe am Oberrhein.
(Grafik: Dino Frey, SMNK)



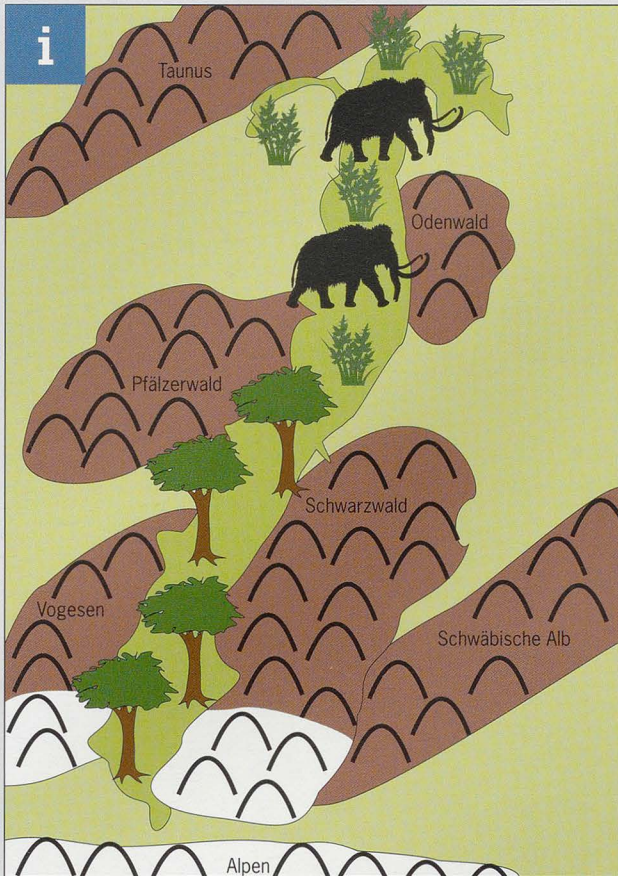


Abbildung 136:
Wo die Mammutsteppe zurückwich, wuchsen Birkenwälder.
(Grafik: Dino Frey, SMNK)

Haare schützte zwar vor Kälte, aber nicht vor Nässe. Wenn das Fell nass war, wärmte es auch nicht mehr, im Gegenteil. Wenn sich dann noch in dem nassen Filz Algen und Pilze ansiedelten, waren Hautkrankheiten und Geschwüre die Folge. Wer fraß dann aber die jungen Bäume und Büsche ab, besonders die Birken, die ja bekanntermaßen rasant wachsen? Ohne Wollhaarmammut also keine Mammutsteppe?

Vor etwa 12.000 Jahren war nicht nur der Oberrhein frei von Wollhaarmammut. In ganz Europa verschwanden die wolligen Riesen und schließlich nach und nach auch aus Sibirien. In Nordamerika wurden Wollhaarmammut sogar schon vor über 30.000 Jahren selten. Interessant ist, dass mit dem Verschwinden der Wollhaarmammut dort die Mengen an Birkenpollen im Boden rasant zunahm. Offenbar wuchsen dort schließlich riesige Birkenwälder, und die brennen wie Zunder. Das zeigen dicke Holzkohlelagen im Boden, die immer

Abbildung 137:
Gegen Ende der Würm-Kaltzeit zogen sich die Wollhaarmammut immer weiter nach Ostsibirien zurück.
(Grafik: Dino Frey; SMNK)



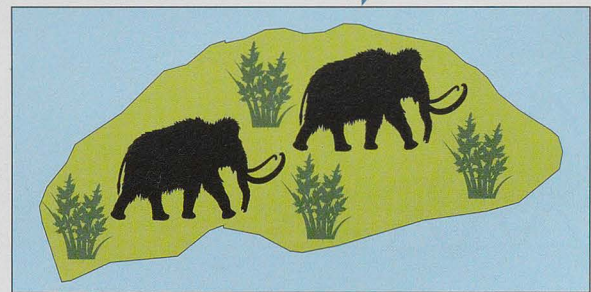


Abbildung 138:
Der Rückzug der Wollhaarmammuts auf die Wrangelinsel.
(Grafik: Dino Frey, SMNK)

häufiger wurden, je weniger Wollhaarmammuts es gab. Tragen Waldbrände eine Mitschuld am Aussterben der haarigen Rüsseltiere?

Es gibt ja auch heute noch kalte Gegenden wie Nordostsibirien und Alaska mit ausgedehnten Tundrasteppen. Dort hätten die Wollhaarmammuts doch überleben können. Dennoch sind etwa 10.000 Jahre vor heute auf der ganzen Welt die Wollhaarmammuts verschwunden. Mit einer Ausnahme: Auf der Wrangelinsel vor der Nordostküste Sibiriens lebten noch welche.

Die letzten überlebenden Wollhaarmammuts starben schließlich auch dort vor 3.800 Jahren aus, in einer Zeit, als die alten Ägypter bereits ihre Pyramiden bauten. Manche Paläontologen vermuten, dass der Meeresspiegel wegen eines Kälteeinbruchs sank, deshalb die Süßwasserquellen auf der Insel versiegt und die Wollhaarmammuts am Ende verdurstet sind. Sonderbar ist auch, dass die Wrangel-Wollhaarmammuts kaum höher waren als ein ausgewachsener Mensch. Aber auch die letzten Mammuts auf dem Festland wurden immer kleiner. Offensichtlich ging es ihnen richtig schlecht. Die Frage ist nur: Warum?



Trotz vieler Funde und Daten bleibt die Frage offen, warum die Wollhaarmammuts ausgestorben sind:

War es zu warm oder zu nass? Sind sie verhungert? – Aber manche starben mit vollen Mägen!

Gab es zu viele Menschen? – Die Jäger konnten den letzten Mammuts sicher gefährlich werden, denn selten waren die Tiere schon gegen Ende der Würm-Kaltzeit.

Haben Krankheiten die Wollhaarmammuts umgebracht? – Als Verursacher kommen Pilze, Bakterien und Viren infrage.

Sind die letzten verdurstet, weil es kein Süßwasser mehr gab?

Vielleicht waren es viele Gründe, die das Ende der Wollhaarmammuts einläuteten. Die eigentliche Ursache aber ist bis heute ein Rätsel.



Abbildung 139.1:
Moschusochse *Ovibos moschatus*;
Dermoplastik aus den Sammlungen
des Staatlichen Museums
für Naturkunde Karlsruhe.
(Foto: Dino Frey, SMNK)

MOSCHUSOCHSE

Paarhufer/Ziegenartige
Kopf-Rumpf-Länge: 2,3 bis 2,5 m
Schulterhöhe: 1,3 bis 1,5 m
Gewicht: 200 bis 400 kg
Ernährung: Gräser, Kräuter, Flechten

Das dicke, weiche Fell und die dicke Fettschicht schützen die zu den Ziegenartigen gehörenden Wiederkäuer vor Kälte. Die wehrhaften Tiere mit ihren hakenförmig

gekrümmten Hörnern, die in der Mitte des Scheitels zusammen eine massive Hornplatte bilden, stellen sich gemeinsam gegen Beutegreifer, indem sie eine geschlossene Verteidigungslinie bilden. Der Moschusochse war im Pleistozän in ganz Eurasien und Nordamerika verbreitet. Während der Kaltzeiten reichte sein Verbreitungsareal bis nach Südspanien. Heute gibt es nur noch in Grönland und Kanada natürliche Populationen. Die anderen Bestände sind ausgewildert und wollen vielfach nicht so recht gedeihen.

Abbildung 139.2:
Moschusochsenherde
Ovibos moschatus – ein Wall aus Fell
und Hörnern.
(Foto: © Aleksandr Kutschii/
shutterstock.com)



Abbildung 139.3:
Pleistozäner Moschusochse
Ovibos moschatus –
Schädelfragment mit den Ansätzen
der Stirnzapfen;
Original aus den Sammlungen
des Staatlichen Museums
für Naturkunde Karlsruhe.
(Foto: Volker Griener, SMNK)



Funde von Moschusochsenknochen sind am Oberrhein extrem selten. Das Schädelfragment aus der Sammlung des Hauses ist der einzige Beleg für die Existenz dieser Tiere am Oberrhein. Vermutlich war es am Oberrhein selbst während der Würm-Kaltzeit noch zu mild für diese Kälteextremisten.

Abbildung 140:
Rentier *Rangifer tarandus*
im Winterfell.
(Foto: © Dmitry Chulov/
shutterstock.com)



REN

Paarhufer/Trughirsche
Kopf-Rumpf-Länge: 1,2 bis 2,2 m
Schulterhöhe: 0,9 bis 1,4 m
Gewicht: 60 bis 300 kg
Ernährung: Gräser, Kräuter, Flechten

Das Rentier, in Nordamerika auch Karibu genannt, ist die einzige domestizierbare Hirschart. Es lebt in Tundren und Taiga-Gebieten rund um den Polarkreis.

Einzigartig unter den Hirschen ist, dass auch Rentierkühe Geweihe tragen, jedoch kleinere als die Bullen.

Rentiere leben in großen Herden, die im Winter bis zu mehrere 10.000 Tiere umfassen. Die größte heute bekannte Herde zählt 500.000 Köpfe. Mit dem Vorrücken der Eisschilde während der Kaltzeiten wurden die Rentiere nach Süden verdrängt und wanderten im Winter weit nach Süden. Auch am Oberrhein wurden Überreste dieser Tiere gefunden.

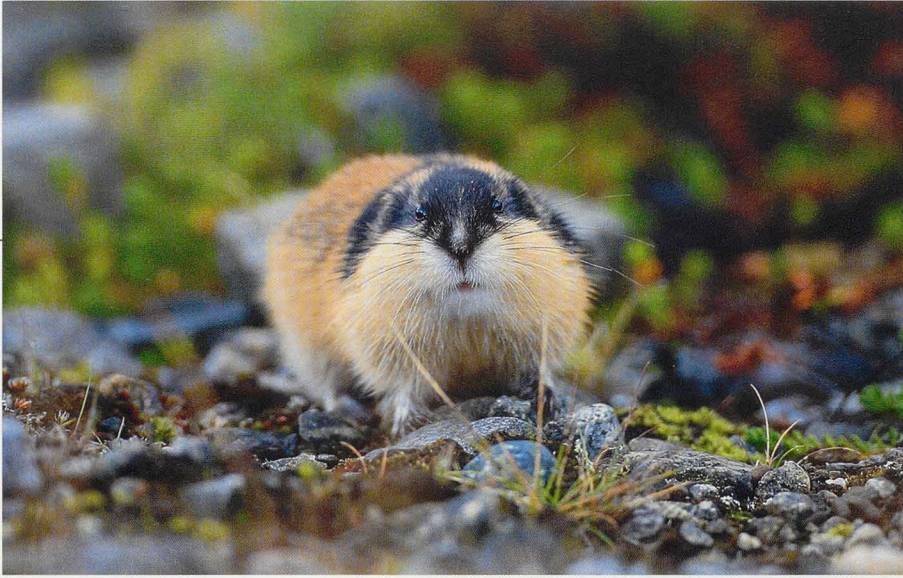


Abbildung 141.1:
Berglemming *Lemmus lemmus*;
(Foto: © Frank Fichtmueller/
shutterstock.com)

BERGLEMMING

Nagetiere/Mäuseartige
Kopf-Rumpf-Länge: 100 bis 130 mm
Schulterhöhe: bis 35 mm
Gewicht: 40 bis 110 g
Ernährung: Gräser, Kräuter, Insekten,
Würmer

Die tag- und nachtaktiven Berglemminge kamen in der Würm-Kaltzeit auch am Oberrhein vor und müssen dort sehr häufig gewesen sein, obwohl es kaum fossile Belege gibt. Heute leben sie in den kalten Regionen Skandinaviens und auf der Halbinsel Kola. Im Sommer graben die Tiere bis zu 0,3 m tiefe Baue mit weich gepolsterten Wohnkesseln. Im Winter werden Gänge unter dem Schnee angelegt, um an Nahrung zu gelangen. Alle zwei bis fünf Jahre kommt es zu Massenvermehrungen. Manchmal beginnen die Tiere zu Tausenden zu wandern, durchschwimmen Flüsse und legen bis zu 100 km zurück. Viele Tiere kommen dabei um, besonders beim Durchschwimmen von Flüssen.

Kleinsäugerfunde aus den kaltzeitlichen Ablagerungen des Oberrheins

sind extrem selten. Diese Kieferfragmente belegen, dass der kleine, bunte Nager einst am Oberrhein lebte. Heute gibt es Berglemminge nur noch in polaren Regionen.

Die winzigen Knochen sind so fragil, dass sie selbst zur Bearbeitung besser im Sammlungsbeutel bleiben.

Abbildung 141.2:
Pleistozäner Berglemming
Lemmus lemmus –
Kieferfragmente im
Originalsammlungsbeutel;
Originale aus den Sammlungen
des Staatlichen Museums
für Naturkunde Karlsruhe.
(Foto: Dino Frey, SMNK)



Abbildung 142.1:
Wasserspitzmaus *Neomys fodiens*.
(Foto: © Erni/shutterstock.com)



WASSERSPITZMAUS

Insektenfresser/Spitzmäuse
Kopf-Rumpf-Länge: 70 bis 95 mm
Gewicht: 15 bis 25 g
Ernährung: Wasserinsekten und deren
Larven, Kleinkrebse, Schnecken, kleine
Fische, Frösche

Wasserspitzmäuse sind heute die größten Spitzmäuse Europas. Die kleinen, aber beherrzten Beutegreifer schwimmen hervorragend und jagen ihre Beute meist unter Wasser. Wasserspitzmäuse graben Baue, die immer eine Öffnung zur Wasserseite hin haben, oder übernehmen entsprechend passende Baue anderer Kleinsäuger. Diese werden vertrieben oder getötet. Die Speicheldrüsen der Wasserspitzmäuse produzieren ein Gift, das auf Kleintiere bis Mausgröße durch Atemlähmung tödlich wirkt. Für den Menschen ist der Biss einer Wasserspitzmaus zwar schmerzhaft, aber

ungefährlich. Wie alle Spitzmäuse attackiert die Wasserspitzmaus auch Beutetiere, die größer sind als sie selbst.

Vermutlich ist es nur ihrer Häufigkeit im Flusssystem des wärm-zeitlichen Oberrheins zu verdanken, dass diese Kieferreste des kaum 100 Millimeter langen Insektenfressers überliefert wurden. Dass die Wasserspitzmäuse im und am Wasser leben, erhöht zwar ihr Fossilisationspotenzial, dennoch sind sie sehr selten. Sie werden meist in Erdspalten gefunden. Die zerbrechlichen Knöchlein werden oft nicht einmal zur Bearbeitung aus der Tüte genommen.

Abbildung 142.2:
Wasserspitzmaus *Neomys fodiens*
– Schädel mit Unterkiefer in der Aufbewahrungstüte;
Originale aus den Sammlungen
des Staatlichen Museums
für Naturkunde Karlsruhe.
(Foto: Dino Frey, SMNK)



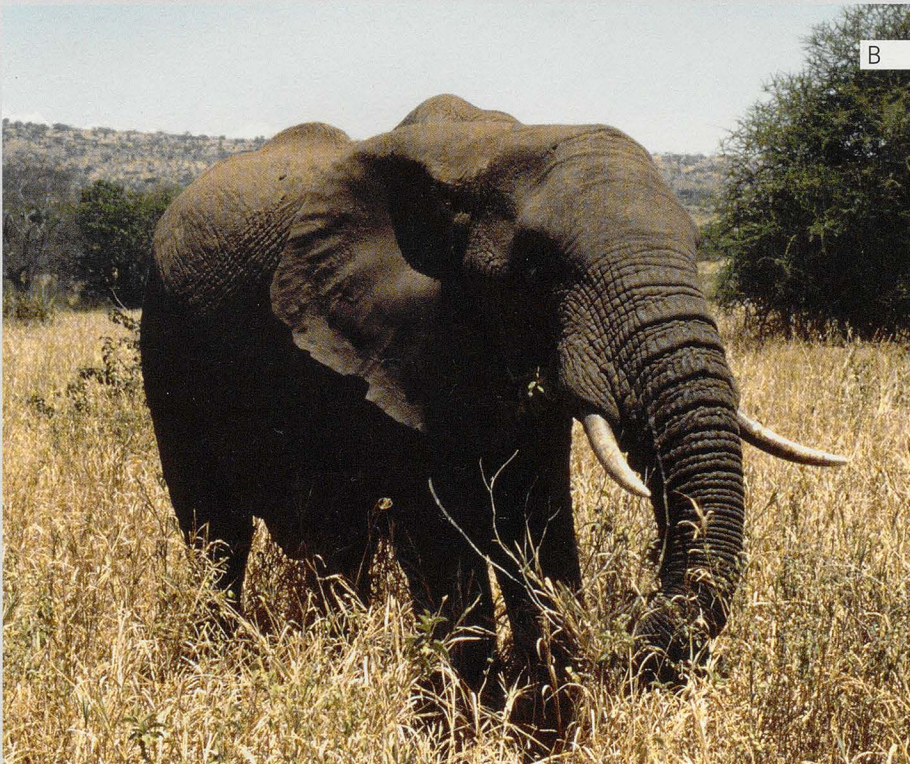
i

A



Abbildung 143:
Zwei gegensätzliche
Landsäugetiere –
A: Etruskerspitzmaus
Suncus etruscus und
B: Afrikanischer Elefant
Loxodonta africana.
(Fotos A: Wikimedia,
Trebol-a,
B: Norbert Lenz, SMNK.)

B



Die winzige Spitzmaus hat im Verhältnis zu einem Elefanten eine viel größere Körperoberfläche, und die gibt viel mehr Wärme ab. Wärme, die abgestrahlt wird, muss ständig vom Körper produziert werden. Die Energie, die zur Aufrechterhaltung der Körperheizung benötigt wird, kommt aus der Nahrung. Ein Winzling wie die Spitzmaus muss also täglich das Mehrfache ihres Körpergewichts an Nahrung aufnehmen, im Gegensatz zu einem Großsäuger, wie z.B. einem Tiger oder eben einem Elefanten. Kein Wunder, dass die kleinen Beutegreifer alles attackieren, was sie irgendwie bewältigen können.



Abbildung 144:
Europäischer Feldhase
Lepus europaeus;
Dermoplastik aus den Sammlungen
des Staatlichen Museums
für Naturkunde Karlsruhe.
(Foto: Dino Frey, SMNK.)

EUROPÄISCHER FELDHASE

Hasenartige/Echte Hasen
Kopf-Rumpf-Länge: 0,42 bis 0,68 m
Gewicht: 2,5 bis 6,4 kg
Ernährung: Grünpflanzen aller Art

Feldhasen leben in halboffenen Landschaften des westlichen Eurasiens. Dort suchen die vorwiegend nachtaktiven Tiere nach Nahrung. Den Tag verbringen sie in ihrer Sasse, einer flachen Erdmulde. Mit den knapp 130 mm langen Ohren hören Feldhasen ausgezeichnet. Die großen, stark durchbluteten Ohren dienen aber auch der

Regulierung der Körpertemperatur, indem sie über die Blutgefäße Wärme abstrahlen. Wegen des kurzen Schwanzes, der Blume, kann der Hase seine Hinterbeine an den Vorderbeinen vorbei schleudern und im vollen Lauf die Richtung um fast 180° ändern. Feldhasen können also Haken schlagen, was die meisten ihre Fressfeinde nicht können. Die bis zu 190 mm langen Hinterfüße beschleunigen die Tiere auf der Flucht auf bis zu 70 km/h. Feldhasen fressen Grünpflanzen, die im Dickdarm aufbereitet werden. Der nährstoffreiche Kot der ersten Verdauungspassage wird gefressen und erneut verdaut.



Abbildung 145.1:
Europäischer Höhlenlöwe
Panthera leo spelaea – Schädel;
Original, Leihgabe aus der
Sammlung des Staatlichen
Museums für Naturkunde Stuttgart.
(Foto: Volker Griener, SMNK)

EUROPÄISCHER HÖHLENLÖWE

Raubtiere/Katzenartige
Kopf-Rumpf-Länge: ca. 2,1 m
Schulterhöhe: ca. 1,2 m
Gewicht: 200 bis 250 kg
Ernährung: Großhuftiere, Aas

Der Höhlenlöwe lebte während des Pleistozäns – von vor 370.000 bis vor 11.700 Jahren – in Europa und Nordasien bis an die Gletschergrenze. Er drang bis ins nordwestliche Nordamerika vor, wo sich der Amerikanische Höhlenlöwe aus ihm entwickelte, der größte Löwe aller Zeiten. Höhlenlöwen jagten vermutlich in kleinen Rudeln Großwild in der Mammutsteppe. Höhlen suchten sie nur zum Schutz bei schlechter Witterung auf. Von Höhlenbildern ist bekannt, dass die Tiere dem Afrikanischen Löwen ähnelten, aber eventuell Streifen hatten. Die Männchen hatten vermutlich eine schütterere Mähne.

Abbildung 145.2:
Höhlenlöwenfries aus der Höhle
von Chauvet, Frankreich,
Replik im Museum Anthropos,
Brno, Tschechien.
(Foto: Wikimedia)



Abbildung 146:
Winterschlafende Murmeltiere;
Dermoplastiken aus den Samm-
lungen des Staatlichen Museums
für Naturkunde Karlsruhe.
(Foto: Volker Griener, SMNK)

3.2.3.1 ÜBERWINTERUNGS- STRATEGIEN

Tiere gemäßigter und polarer Klimazonen haben unterschiedlichste Verhaltensweisen entwickelt, um den Winter zu überleben. Viele Kleinsäuger halten Winterschlaf. Die Körpertemperatur sinkt dabei auf 2 bis 5 °C ab. Atmung und Puls verlangsamen sich deutlich. So ein Winterschlaf kann bis zu neun Monate dauern.

Bei der Winterruhe erwacht das Tier zwischen den Schlafphasen immer wieder und frisst. Der Energie- und damit auch

der Nahrungsverbrauch verringern sich zwar, aber die Körpertemperatur wird nicht abgesenkt.

Es gibt aber auch Tierarten, die den ganzen Winter über aktiv sind, etwa in Hohlräumen unter dem Schnee, wie z.B. Berglemminge, oder auch auf der Schneedecke, wie z.B. Hasen. Zugvögel, aber auch Säuger, wie Rentiere, ziehen in wärmere Gefilde und entgehen so der winterlichen Nahrungs- und der bitteren Kälte.

Der Winterschlaf ist eine Reaktion zahlreicher Kleinsäuger auf kürzere Tage, Kälte und Nahrungsmangel im Winter. Die Tiere

i

Winterschlaf bei Murmeltieren

Eine Möglichkeit, den frostigen Kaltzeitwinter zu überleben, ist der Winterschlaf. Dieser dauert bei Murmeltieren sechs bis sieben, manchmal bis zu neun Monate. In der Schlafperiode zehren Murmeltiere vom Fett, das sie sich im Sommer angefressen haben. Darm und Magen verkleinern sich um die Hälfte. Der Puls sinkt von 200 auf 20 Schläge, die Atmung auf zwei Atemzüge pro Minute. Das Murmeltier verbraucht dann nur noch knapp 10 % der Energie im Wachzustand. Das Aufwachen ist temperaturgesteuert und für die Tiere extrem anstrengend. Durch heftiges Muskelzittern wird die Betriebstemperatur erzeugt. Dabei wird viel Energie verbraucht.

Wenn man den Energiebedarf eines sommeraktiven und eines winterschlafenden Murmeltiers durch

Würfelzucker symbolisiert, würde das sommeraktive Tier pro Tag die Energiemenge verbrauchen, die in 15 Stück Würfelzucker enthalten ist. Im Winterschlaf benötigt das Murmeltier aber nur die Menge, die etwa einem Stück Zucker entspricht – also weniger als 10 % der Sommer-Energiemenge.



suchen dazu einen möglichst frostsicheren Ort auf und senken ihren Stoffwechsel, der dann nur noch 2 bis 10 % des Aktivitätsumsatzes beträgt. Atmung und Herzschlag werden stark verlangsamt, und die Körpertemperatur sinkt deutlich. Im Winterschlaf leben die Tiere von den Fettvorräten, die sie sich im Sommer und Herbst angefressen haben. Manche Winterschläfer wachen in regelmäßigen Abständen kurz auf, um das Immunsystem zu aktivieren, dem Muskelschwund entgegenzuwirken und um Störungen der Gehirnfunktionen zu verhindern. Das endgültige Aufwachen aus dem Winterschlaf wird über die steigenden Außentemperaturen und die innere Uhr gesteuert. Der Winterschlaf wird auch als der „kleine Tod“ bezeichnet, weil Winterschläfer bei Störungen kaum eine oder keine Reaktion zeigen.

WINTERFELL

Nahezu alle Säugetiere aus jahreszeitlich geprägten Klimazonen verändern Farbe und Struktur ihres Fells mit den Jahreszeiten. Die Unterschiede zwischen Sommer- und Winterfell sind sofort zu sehen und zu erfühlen. Durch das Winterfell kommt man mit den Fingerkuppen kaum bis auf die Haut. Beim Sommerfell ist das kein Problem. Das längere, dichtere Winterfell enthält viel mehr Flaumhaare als das Sommerfell und isoliert etwa dreimal besser als das kürzere, lichtere Sommerfell und ist zudem oft etwas heller. Polare Extreme sind Schneehase, Polarfuchs und Moorschneehuhn.

Das Winterkleid des Schneehasen ist mit Ausnahme der schwarzen Ohrspitzen schneeweiß. In verschneiten Landschaften

ist er kaum zu entdecken. Mit ihrem dichten Fell können Schneehasen Temperaturen von bis zu $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ überleben. Lange Borsten an den Sohlen der Pfoten verhindern im Winter das Einsinken in den Schnee und erzeugen Reibung auf rutschigen Eisflächen. Die extrem gegen Kälte isolierten Schneehasen regulieren ihre Körpertemperatur, genau wie Feldhasen, über Blutzirkulation in den Ohren, indem sie Wärme abgeben. Je kälter der Lebensraum der Schneehasen, desto kleiner sind ihre Ohren.

Der Polarfuchs ist im Winter schneeweiß. Nur der Blaufuchs, eine Farb-Variante des Polarfuchses, hat im Winter ein blaugraues Fell. Das Winterfell des Polarfuchses ist so dicht, dass er sogar Temperaturen von $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ überleben kann. Das ist die beste bekannte Wärmeisolation in der Natur. Polarfüchse sind kurzbeinig, haben kleine, runde Ohren und dicht behaarte Pfoten.

Abbildung 147:
Schneehase *Lepus timidus*
im Winterfell.
(Foto: © Peter Wey/
shutterstock.com)



Abbildung 148:
Polarfuchs *Vulpes lagopus*
im Winterfell.
(Foto: Wikimedia; Emma)



Im Sommer fressen sich die Tiere eine Fettschicht an, die sie im Winter warm hält und Energie liefert. Bei extremer Kälte können Polarfüchse ihre Körpertemperatur absenken. Beute spürt der Polarfuchs mit seinem feinen Geruchssinn auch unter dem Schnee auf.

Gegen Ende des Sommers mausern sich die Moorschneehühner. Ihr Federkleid (außer der Schwanzunterseite der Männ-

chen) und die dichte, pelzartige Befiederung der Füße werden dann schneeweiß. Sie sind so in einer Schneelandschaft kaum zu entdecken. Die Vögel ruhen bevorzugt auf schneefreien Stein- und Geröllhaufen. Im Winter fliegen sie in kleinen Trupps umher und ernähren sich von Knospen und Trieben. Die Frühjahrsmauser führt zu einem braun-weiß gesprenkelten Gefieder, das die Vögel in der abtauenden Schneelandschaft bestens tarnt.

Abbildung 149:
Moorschneehuhn *Lagopus lagopus* –
dieses Moorschneehuhn ist mit
seiner Wintermauser fast fertig.
Es wird schneeweiß.
Die haarig befiederten Füße sind gut
zu erkennen.
(Foto: © Speziali Stefano/
shutterstock.com)



3.2.4 DER ANATOMISCH MODERNE MENSCH: *HOMO SAPIENS*



Abbildung 150.1:
Anatomisch moderner Mensch
Homo sapiens –
nachgestelltes Lager.
(Foto: Wilfried Rosendahl, Mannheim)

MENSCH

Primaten

Körpergröße: 1,6 bis 1,9 m

Gewicht: 55 bis 100 kg

Ernährung: alles, was kaubar und nicht giftig ist

Der anatomisch moderne Mensch entwickelte sich vor 300.000 Jahren in Afrika aus dem *Homo erectus*, dem „aufrechten Menschen“. Vor 100.000 Jahren breitete sich *Homo sapiens* über das Horn von Afrika nach Asien aus, erreichte Europa aber erst vor etwa 40.000 Jahren.

Im Nahen Osten mischte sich der moderne Mensch mit dem Neandertaler. Von ihm erbt er die helle Haut, glattes Haar und ein stabiles Immunsystem, wichtige Eigenschaften, um die langen Winter der Würm-Kaltzeit überleben zu können. Jeder Europäer trägt noch heute bis zu 4 % Neandertaler-DNS in

seinem Genom. Der würm-zeitliche Mensch entwickelte neue Techniken zur Herstellung von Steinwerkzeugen, baute Lanzen mit scharfen Steinspitzen und hinterließ beeindruckende Höhlenmalereien. Die Gruppen lebten das ganze Jahr über in zentralen Lagern. Zur Nahrungssuche zogen kleine Gruppen in oft weit entfernte Sommerlager.

Charakteristisch für den Schädel des anatomisch modernen Menschen sind die hoch aufgewölbte Stirn, besonders beim weiblichen Geschlecht, die niedrigen Überaugenwülste und der kurz gerundete Hinterkopf. Die Vorderseite des Unterkiefers ist konvex, sodass die Kinnunterkante etwas vorspringt. Schädelgröße und Schädelform des anatomisch modernen Menschen sind extrem variabel. Beim Neandertaler und beim frühen *Homo sapiens* waren die Schädel wesentlich einheitlicher gebaut.



Abbildung 150.2:
Anatomisch moderner Mensch
Homo sapiens – etwa 27.000 Jahre
alter Schädel aus Předmostí Přeštická,
Tschechien; Abguss aus den Samm-
lungen des Staatlichen Museums für
Naturkunde Karlsruhe.
(Foto: Volker Griener, SMNK)

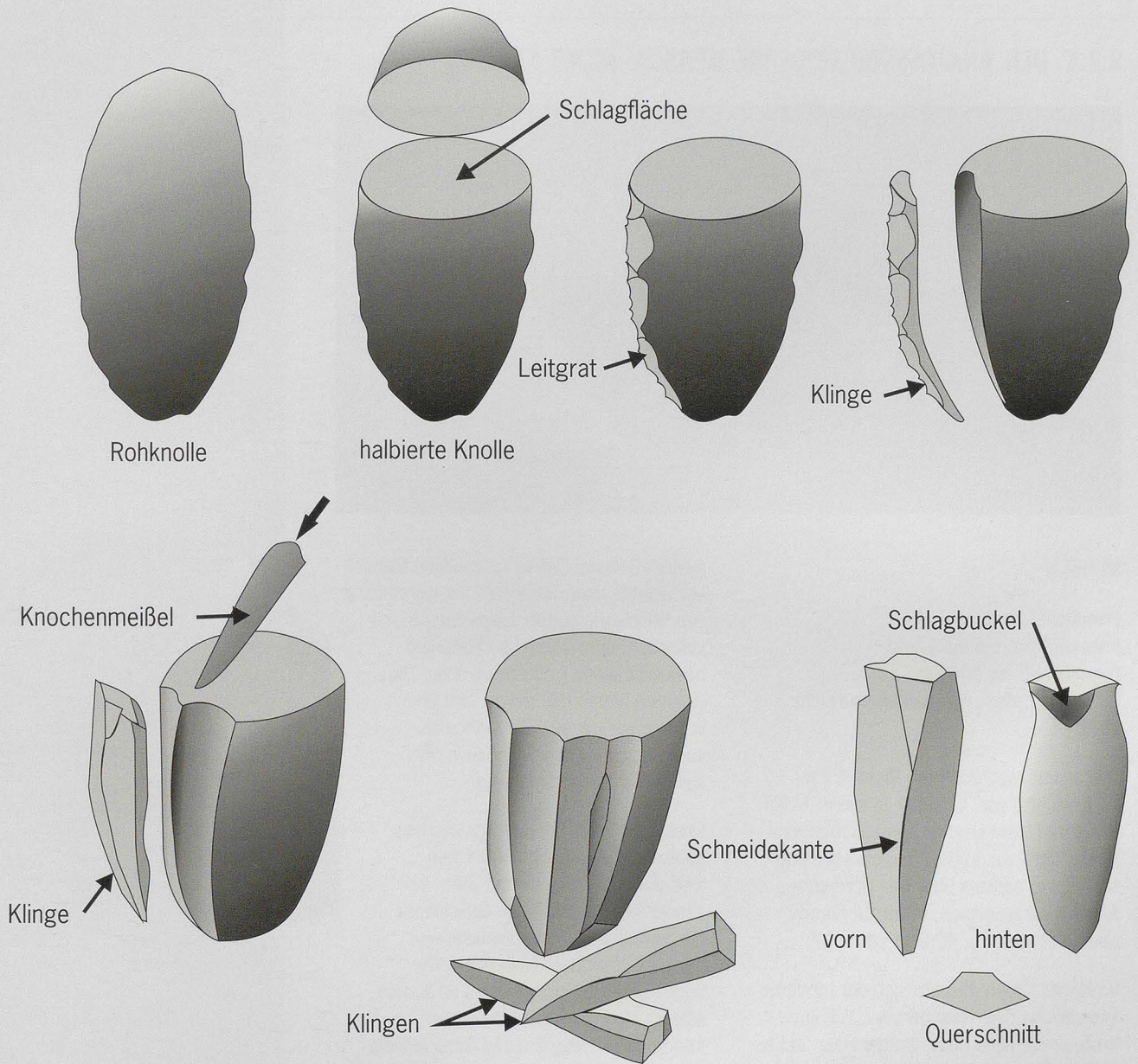


Abbildung 151.1:
Klingenabschlagtechnik. (Grafik: Dino Frey, SMNK; verändert nach Köcheler 1991/1992)

Mit Beginn der Jungsteinzeit entwickelte der moderne Mensch eine neue Methode zur Herstellung extrem scharfer Klingen. Auf dem Steinkern wurden sogenannte Leitgrate angelegt, entlang derer eine Serie von mehreren Klingen abgeschlagen wurde. Die Klingenränder konnten durch weitere Feinabschläge

entlang der geplanten Schneidekante, die Retuschen, nachbearbeitet werden. Solche Steinwerkzeuge und Geschoss-Spitzen sind extrem präzise und wurden bis in die Bronzezeit hinein weltweit hergestellt und verwendet, zum Teil sogar bis heute.



Abbildung 151.2:

Werkzeuge, die von *Homo sapiens* gefertigt wurden –

1: Klingensplitter, 2: Doppelschaber, 3: Mikrolith, 4: Stichel, 5: Kern;
Objekte gestiftet von Hans-Walter Poenicke.

(Foto: Volker Griener, SMNK)

An aerial photograph of a large industrial complex, possibly a power plant or refinery, situated along a wide river. The facility features numerous large cylindrical storage tanks, tall smokestacks, and several large industrial buildings with gabled roofs. A railway line with multiple tracks runs through the lower-left portion of the image. The river flows through the center and right side of the frame. The background shows a hazy, distant landscape under a grey sky. The text is overlaid in the upper-middle section of the image.

4 DIE WARMZEIT NACH DEM WÜRM: DAS HOLOZÄN

Obwohl die Temperaturen nach dem Würm rasant anstiegen, leben wir noch immer in einem Eiszeitalter. Mit dem Ausklang der Würm-Kaltzeit starben die meisten Großsäuger aus. Die Bevölkerungsdichte des Menschen nahm immer schneller zu. Dank seiner Findigkeit verbreitete er sich über die ganze Welt und begann, Ökosysteme und Klima zu beeinflussen. Wegen dieser markanten Veränderungen nach der Würm-Kaltzeit wurde von den Geologen das Pleistozän für beendet erklärt und eine neue Epoche ausgerufen: das Holozän. Noch liegen die globalen Jahresmitteltemperaturen deutlich unter den wärmsten Werten des Eems. Die CO₂-Werte sind jedoch nach dem Würm drastisch gestiegen. Die Menschheit droht, in ihrem eigenen Müll zu ersticken. Kein Mensch kann sagen, wie unsere klimatische Zukunft aussieht, aber so viel ist sicher: Die Kontinentkonstellation hat sich seit dem Würm kaum verändert. 11.700 Jahre dauert die Holozäne Warmzeit nun schon, etwa so lange, wie das gesamte Eem. Eigentlich wäre es also Zeit für eine neue Kaltzeit. Sie wird kommen. Die Frage ist nur, wann?

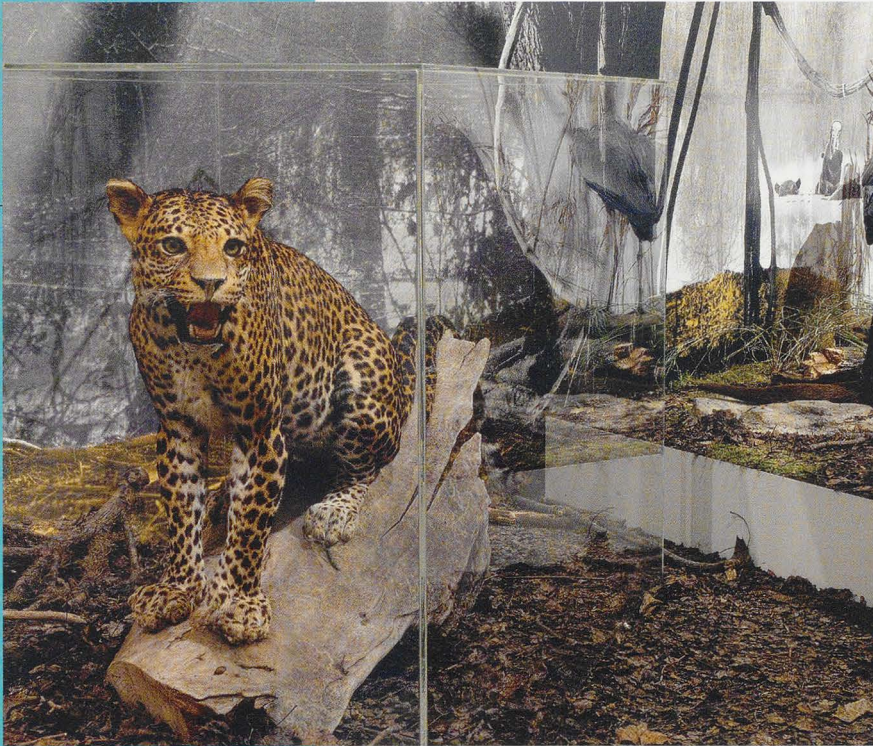
5 DIE AUSSTELLUNG



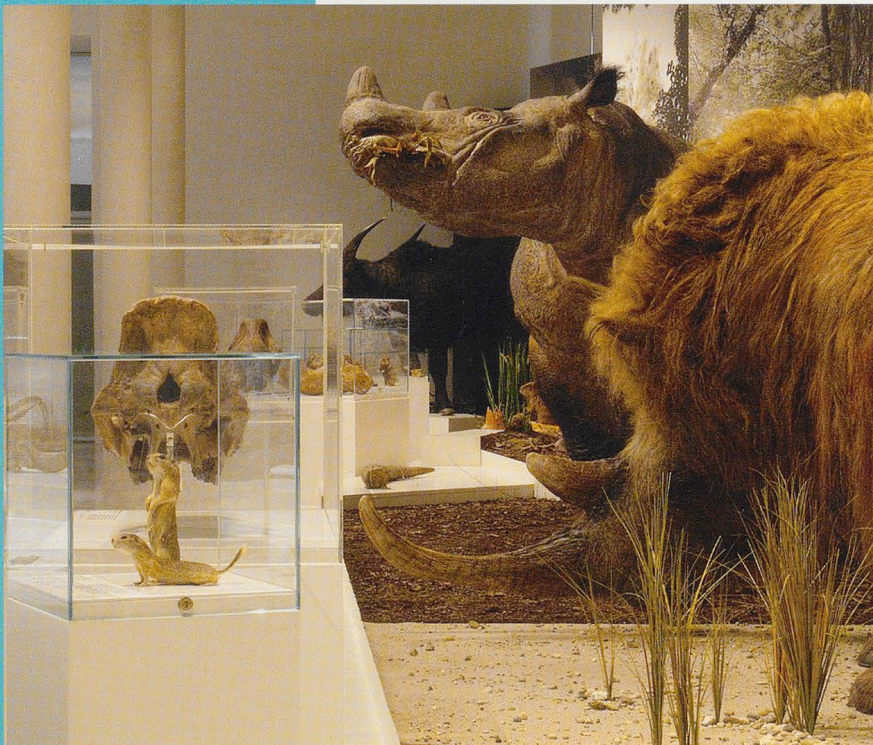
Die in anderthalbjähriger Vorbereitung entstandene Ausstellung führt auf eine Zeitreise in die wechselvolle Vergangenheit des Klimas am Oberrhein. Sie ist inhaltlich, räumlich und gestalterisch in zwei Abschnitte geteilt. Im ersten Raum werden die Erkenntnisse der Wissenschaft vermittelt, welche es erlauben, das Klima in der Erdgeschichte zu rekonstruieren.

Der riesige Schädel eines Flusspferdes zieht die Besucher in den ersten Saal. Die gefaltete Architektur, die Vor- und Rücksprünge der Wände und die dunklen, erdigen Farben erinnern an die Erdschichten, in denen Informationen über die Vergangenheit konserviert wurden. Ein großflächiges, farbig angelegtes Landschaftsmodell gibt einen anschaulichen Überblick, bevor die Besucher im zweiten Raum mitten durch den „begehbaren Oberrheingraben“ schlendern.





Der gesamte Ausstellungssaal ist in ein begehrbares Diorama mit etlichen eigens produzierten Tiermodellen umgewandelt worden. Insgesamt über 60 Laufmeter illustrierte Landschaft zeigen die westliche und östliche Grabenschulter mit den bis heute sichtbaren geologischen Formationen und bekannten Landmarken wie dem Feldberg, dem Battert und dem Grand Ballon. Für diesen „Blick in die Vergangenheit“ sind über 500 teils historische Aufnahmen zu einem Landschaftsverlauf montiert worden. Die spezielle Illustrationstechnik der Hintergründe erinnert an die nachkolorierten Fotografien der Pionierzeit und erzeugen subtil das Gefühl eines leicht unscharfen Blicks in die Vergangenheit. So könnte es ausgesehen haben, als der Oberrheingraben noch wild und unberührt war.



Insgesamt ist eine Ausstellung entstanden, die einen sehr atmosphärischen Gesamteindruck hinterlässt und viele neue und überraschende Einblicke für die Besucher bereithält. Die Fülle der Informationen zeigt sich dabei erst auf den zweiten Blick: Mitmach- und Entdeckerspiele, Touch-Monitore, Duftkelche und Audiostationen bieten Anreize und diverse Zugänge zum Wissen über das eiszeitliche Leben im Oberrheingraben. Während der Raumeindruck weit und offen bleibt, kann über unterschiedliche Textebenen und räumliche Hierarchien eine große Dichte an Fakten abgerufen werden, ohne dass diese die Szene dominieren.



AUSSTELLUNGS-IMPRESSUM

„Flusspferde am Oberrhein –
wie war die Eiszeit wirklich?“

21.06.2018 – 27.01.2019

Direktion

Prof. Dr. Norbert Lenz

Kaufmännische Direktion

Susanne Schulenburg

Ausstellungsteam

Dr. Sabine Mahr, Prof. Dr. Eberhard „Dino“
Frey, Dr. Ute Gebhardt, Dr. Eduard Harms,
Till Kirstein M.Sc., Anna Prim M.Sc.

Museumspädagogik

Dr. Eduard Harms, Sabrina Hug M.Sc.,
Till Kirstein M.Sc.,
Dipl.-Umweltwiss. Astrid Lange,
Anna Prim M.Sc., Sarah Stinnesbeck M.Sc.

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Nina Gothe M.A., Dana Graulich M.Sc.,
Angelika Schmuker M.Sc.

Ausstellungsarchitektur, Grafikdesign und Konzeption

Arbeitsgemeinschaft Sieveking von Borck,
Bach Dolder Architekten, Sabrina Fritz,
Darmstadt
Mitarbeit: Johanna Schmid, Joanna Czajka

Werbegrafik und Umsetzung

Dipl.-Des. Susanne Asher
Katja Unterkofler B.A.
Arbeitsgemeinschaft Sieveking von Borck,
Bach Dolder Architekten, Sabrina Fritz,
Darmstadt

Vorkonzeption/Idee

Dr. Ute Gebhardt,
Wolfgang Munk,
Dipl.-Geol. Dieter Schreiber

Wissenschaftliche Beratung

Prof. Dr. Hans-Walter Poenicke,
Dr. Siegfried Schloß,
Prof. Dr. Manfred Rösch

Kurator Wirbeltiere

Dr. Albrecht Manegold

Sammlungsarbeiten, Paläontologische und Zoologische Präparation SMNK

Christiane Birnbaum, Daniel Falk M.Sc.,
Almuth Müller, Tim Niggemeyer,
Elena Peter, Dipl.-Geol. Dieter Schreiber,
Beate Stäblein, Rike Zimmermann

Externe Präparationsarbeiten

Jürgen Fiebig, Präparation, Birkenstein
Jörg Ohlenbusch Präparation, Lübeck
holzforum schulz, Karlsruhe
Tierpräparation Matthias Studte,
Meitzendorf

Ausstellungsbau

ENTEDIMENSION einrichtungen GmbH,
Darmstadt

Exponateherstellung

2av GmbH, Ulm,
Heddi electronic Gesellschaft
für innovative Datensysteme mbH,
Reken,
Rolf Rongen, Stolberg (Rheinland),
Quagga Associats S.L., Sant Martí Sarroca,
Spanien,
QUOMODO.de, Reutlingen

Übersetzung

KERN AG, Sprachendienste, Karlsruhe

Lektorat

Susanne Warmuth, Darmstadt

Sprachaufnahmen

db media dupré & buhr gbr * Stephan
Dupré, Neuwied

Aufsichtsdienst

Frank Radons und Team

Technischer Dienst

Marcus Fuhr, Josef Kranz, Roland Wenrich

Lithografie

ORT Studios Frankfurt GmbH,
Herbert Gärtner, Frankfurt

Tapezierarbeiten und Druck

OSCHATZ Visuelle Medien GmbH & CO KG,
Niedernhausen

Beleuchtung

STEPHAN ZIMMERMANN LIGHTSOLUTIONS,
Oberursel

Leihgeber

Senckenberg Gesellschaft für
Naturforschung Frankfurt am Main,
Staatliches Museum für Naturkunde
Stuttgart,
Frank Löscher, Manfred Löscher,
Prof. Dr. Axel Munnecke

Fotos

Ron und Diane Blakey, Deep Time Maps™,
Colorado Plateau Geosystems Inc.,
Prof. Dr. Eberhard „Dino“ Frey, Dr. Ute
Gebhardt, Generallandesarchiv Karlsruhe,
Volker Griener, Hauptstaatsarchiv Stuttgart,
Lars Langemeier, Prof. Dr. Norbert Lenz,
Tim Niggemeyer, Neanderthal Museum,
Anna Prim M.Sc., Tina Roth, Shutterstock,
Rudolf Walter

Quellen Geräusche

Sound effects obtained from
<https://www.zapsplat.com>,
Tierstimmenarchiv Berlin,
[Freesound.org/Ginerantoni1](https://www.freesound.org/Ginerantoni1),
<http://www.tierstimmen.org>,
<https://www.youtube.com>,
Nielsen, Bjarne: Fiskehejre, Ardea cinerea
und Skovhornugle, Asio otus,
www.birding.dk. 2018,
[Freesound.org/Dobroide](https://www.freesound.org/Dobroide),
[Freesound.org/slunali](https://www.freesound.org/slunali),
<https://www.freesoundeffects.com>,
<http://www.freesfx.co.uk>,
[Freesound.org/Dizzy Banjo](https://www.freesound.org/DizzyBanjo),
<https://www.xeno-canto.org>

Unterstützende Arbeiten

Alice Craemer, Markus Deimling,
Anja Karolewicz, Veronique Marek,
Jan Lars Rüping, Elisa Scharlach,
Christoph Schmitt, Franziska Striebel,
Annette Terwellen

Personal- und Finanzverwaltung

Martin Hörth und Team

Ausschreibung und Vergabe

Tanja Mercedes Bernabel

Controlling und Betriebe gewerblicher Art

Stefan Konstandin

Mit Unterstützung der Sparkassen-
Finanzgruppe Baden-Württemberg.



LBEBW



Wir danken allen, die zum Gelingen der
Ausstellung beigetragen haben!

LITERATUR

- BENDA, L. (Hrsg., 1995): Das Quartär Deutschlands. – Stuttgart (Borntraeger).
- BÖSE, M., LÜTHGENS, C., LEE, J. R. & ROSE, J. (2012): Quaternary glaciations of northern Europe. – *Quaternary Science Reviews* 44: 1-25.
- BOSINSKI, G. (2008): Tierdarstellungen von Gönnersdorf. – Römisch-Germanisches Zentralmuseum, Monographien 72; Mainz.
- EHLERS, J. (2011): Das Eiszeitalter. – Heidelberg (Spektrum Akademischer Verlag).
- ELICKI, O. & BREITKREUZ, C. (2016): Die Entwicklung des Systems Erde. – Heidelberg (Springer, Spektrum).
- FAGAN, B. M. (2009): Die Eiszeit: Leben und Überleben im letzten großen Klimawandel. – Stuttgart (Theiss).
- GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT (Hrsg., 2013): Der Alpenraum zum Höhepunkt der letzten Eiszeit – Posterkarte. – Nach einem Entwurf von DIRK VAN HUSEN (2013); Wien.
- KAPPAS, M. (2009): Klimatologie: Klimaforschung im 21. Jahrhundert - Herausforderung für Natur- und Sozialwissenschaften. – Heidelberg (Spektrum Akademischer Verlag).
- KÖCHELER, A. (1992): Jungsteinzeitliche Siedlungen zwischen Maintal und Itzgrund unter besonderer Berücksichtigung der bandkeramischen Siedlung von Draisdorf. – Fränkische Heimat am Obermain 29; Beilage zum Jahresbericht 1991/92 des Meranier-Gymnasiums Lichtenfels. (Abb. 13: Klingengerstellung).
- KÖHLER, F. E., VOGTHERR, M., GÜRKE, M., PABST, G. (1898): Köhler's Medizinal-Pflanzen in naturgetreuen Abbildungen mit kurz erläuterndem Texte: Atlas zur Pharmacopoea germanica, austriaca, belgica, danica, helvetica, hungarica, rossica, suecica, Neerlandica, British Pharmacopoeia, zum Codex medicamentarius, sowie zur Pharmacopoeia of the United States of Amerika. 3. Bd. Neueste Medizinalpflanzen und Verwechslungen. – Gera-Untermhaus (Fr. Eugen Köhler).
- VON KOENIGSWALD, W. (Hrsg., 1988): Zur Paläoklimatologie des letzten Interglazials im Nordteil der Oberrheinebene. – Stuttgart (Fischer).
- VON KOENIGSWALD, W. (2002): Lebendige Eiszeit: Klima und Tierwelt im Wandel. – Darmstadt (Wissenschaftliche Buchgesellschaft).
- LASBERG, K. (2014): Chronology of the Weichselian glaciation in the southeastern sector of the Scandinavian Ice Sheet. – *Dissertationes Geologicae Universitatis Tartuensis* 37; Tartu, Estonia (University of Tartu Press).
- OBERMÖLLER, M. (2007): Boden schreibt Geschichte: Lackprofile - Erdgeschichtliche Abziehbilder. – Darmstadt (Primus).
- STANLEY, S.M. (2001): Historische Geologie. – 2. deutsche Aufl.; Heidelberg (Spektrum Akademischer Verlag).
- TIXIER, J., INIZAN, M.-L., ROCHE, H. & DAUVOIS, M. (1980): Préhistoire de la pierre taillée. Tome 1, Terminologie et technologie. – *Cercle de recherches et d'études préhistoriques*, 120 S.; Antibes.
- WILMANN, O. (2001): Exkursionsführer Schwarzwald: eine Einführung in Landschaft und Vegetation. – Stuttgart (Ulmer).