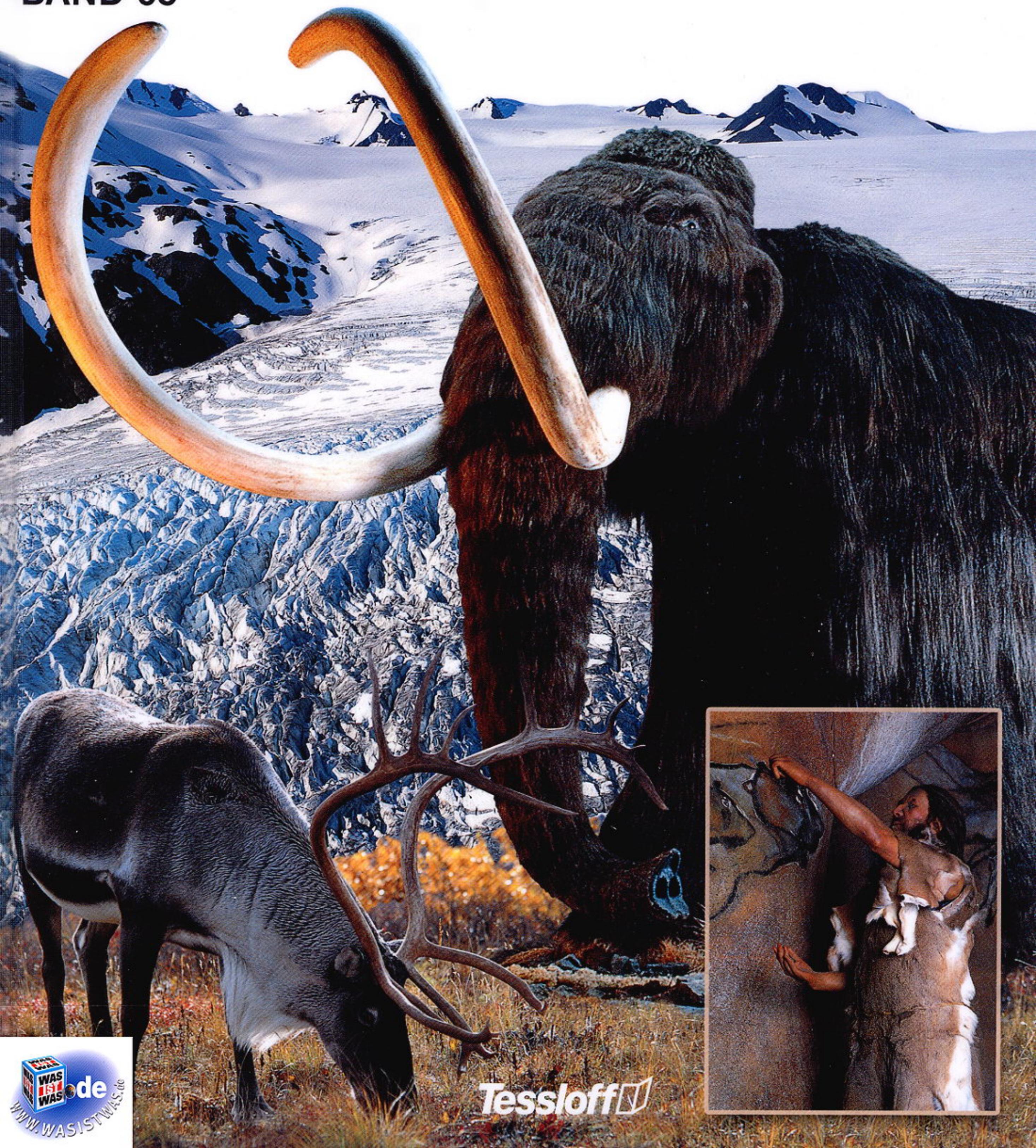


**WAS
IST
WAS**

Eiszeiten

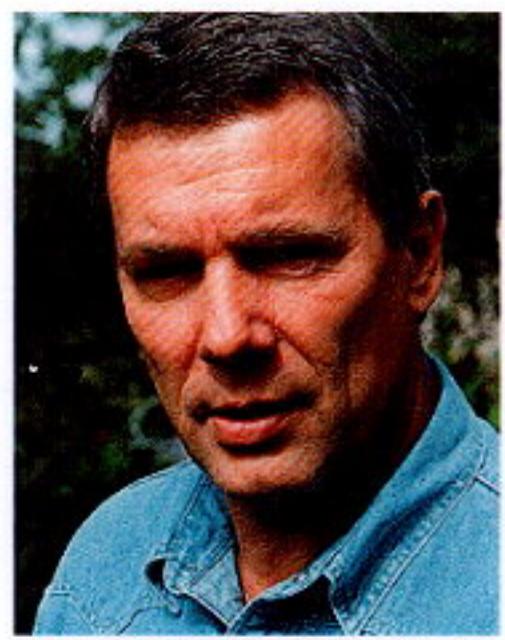
BAND 65



Tessloff

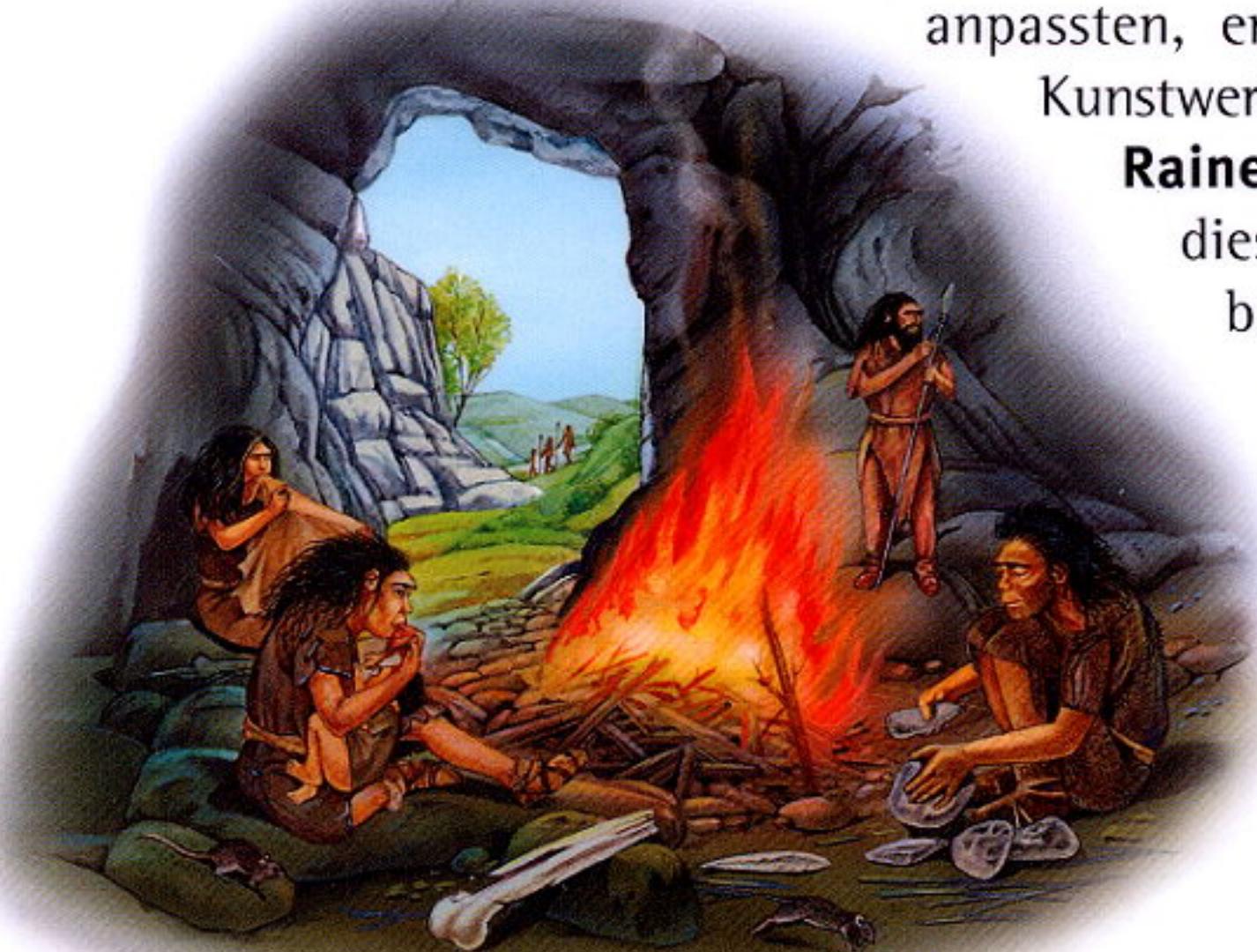
WAS IST WAS

Weite Teile der Erde waren während der letzten Eiszeit von einem riesigen Eispanzer bedeckt. Gewaltige Gletscher formten neue Landschaften. Doch jenseits dieser weißen Wüste erstreckte sich eine dicht bewachsene Kältesteppe. Die



Riesen der Eiszeit zogen hier grasend umher: Riesenhirsch, Wollnashorn und natürlich das Mammut. Die Steppe war auch die Heimat früher Menschen, die sich den unwirtlichen Bedingungen anpassten, erste Behausungen bauten und sogar Kunstwerke schufen.

Rainer Crummenerl nimmt seine Leser in diesem WAS IST WAS-Band mit auf eine beeindruckende Reise durch die Eiszeiten und gibt einen spannenden Einblick in die Erforschung der Vergangenheit: Wie entstehen Eiszeiten? Und woher wissen wir eigentlich, wie es vor vielen Tausend Jahren auf der Erde aussah? Auch ein Blick in die Zukunft wird gewagt: Gibt es bald eine neue Eiszeit?



In dieser Reihe sind bisher erschienen:

- Band 1 Unsere Erde
- Band 2 Der Mensch
- Band 3 Energie
- Band 4 Chemie
- Band 5 Entdecker
- Band 6 Die Sterne
- Band 7 Das Wetter
- Band 8 Das Mikroskop
- Band 9 Der Urmensch
- Band 10 Fliegerei und Luftfahrt
- Band 11 Hunde
- Band 12 Mathematik
- Band 13 Wilde Tiere
- Band 14 Versunkene Städte
- Band 15 Dinosaurier
- Band 16 Planeten und Raumfahrt
- Band 18 Der Wilde Westen
- Band 19 Bienen, Wespen und Ameisen
- Band 20 Reptilien und Amphibien
- Band 21 Der Mond
- Band 22 Die Zeit
- Band 24 Elektrizität
- Band 25 Schiffe

- Band 26 Wildblumen
- Band 27 Pferde
- Band 30 Insekten
- Band 31 Bäume
- Band 32 Meereskunde
- Band 33 Pilze, Moose und Farne
- Band 34 Wüsten
- Band 35 Erfindungen
- Band 36 Polargebiete
- Band 37 Computer und Roboter
- Band 38 Säugetiere der Vorzeit
- Band 39 Magnetismus
- Band 40 Vögel
- Band 41 Fische
- Band 42 Indianer
- Band 43 Schmetterlinge
- Band 44 Das Alte Testament
- Band 45 Mineralien und Gesteine
- Band 46 Mechanik
- Band 47 Elektronik
- Band 48 Luft und Wasser
- Band 50 Unser Körper
- Band 52 Briefmarken

- Band 53 Das Auto
- Band 54 Die Eisenbahn
- Band 55 Das alte Rom
- Band 56 Ausgestorbene Tiere
- Band 57 Vulkane
- Band 58 Die Wikinger
- Band 59 Katzen
- Band 60 Die Kreuzzüge
- Band 61 Pyramiden
- Band 62 Die Germanen
- Band 64 Die alten Griechen
- Band 65 Eiszeiten
- Band 66 Berühmte Ärzte
- Band 67 Die Völkerwanderung
- Band 68 Natur
- Band 69 Fossilien
- Band 70 Das alte Ägypten
- Band 71 Seeräuber
- Band 72 Heimtiere
- Band 73 Spinnen
- Band 74 Naturkatastrophen
- Band 75 Fahnen und Flaggen
- Band 76 Die Sonne

- Band 77 Tierwanderungen
- Band 78 Geld
- Band 79 Moderne Physik
- Band 80 Tiere – wie sie sehen, hören und fühlen
- Band 81 Die Sieben Weltwunder
- Band 82 Gladiatoren
- Band 83 Höhlen
- Band 84 Mumien
- Band 85 Wale und Delphine
- Band 86 Elefanten
- Band 87 Türme
- Band 88 Ritter
- Band 89 Menschenaffen
- Band 90 Der Regenwald
- Band 91 Brücken
- Band 92 Papageien und Sittiche
- Band 93 Die Olympischen Spiele
- Band 94 Samurai
- Band 95 Haie und Rochen
- Band 96 Schatzsuche
- Band 97 Zauberer, Hexen und Magie
- Band 98 Kriminalistik

- Band 99 Sternbilder und Sternzeichen
- Band 100 Multimedia
- Band 101 Geklärte und ungeklärte Phänomene
- Band 102 Unser Kosmos
- Band 103 Demokratie
- Band 104 Wölfe
- Band 105 Weltreligionen
- Band 106 Burgen
- Band 107 Pinguine
- Band 108 Das Gehirn
- Band 109 Das alte China
- Band 110 Tiere im Zoo
- Band 111 Die Gene
- Band 112 Fernsehen
- Band 113 Europa
- Band 114 Feuerwehr
- Band 115 Bären
- Band 116 Musikinstrumente
- Band 117 Bauernhof
- Band 118 Mittelalter

Ein **WAS**
IS **WAS** Buch

Eiszeiten

Von Rainer Crummenerl

Wissenschaftliche Beratung: Hannelore Bosinski und Prof. Dr. Gerhard Bosinski

Illustrationen: Elisabetta Ferrero, Milan Illustrations Agency



Tessloff  **Verlag**

Vorwort

Es ist noch gar nicht so lange her, da gelang Wissenschaftlern erstmals der Nachweis einer einstigen größeren Vergletscherung unseres Erdballs. Damals, vor etwa 170 Jahren, begann ein Meinungsstreit, der noch heute andauert: „Wer oder was hat die Eiszeit eigentlich ausgelöst?“ „Gab es eine oder mehrere Eiszeiten?“ Und: „Wird es wieder eine Eiszeit geben?“

Aber nicht nur die Forscher beschäftigen sich mit dem Woher und Wohin der Erde. Die Umweltturbulenzen unserer Zeit lassen immer mehr Menschen über die Zukunft unseres Planeten nachdenken: Wie wird sich das Klima entwickeln, und was können wir dazu beitragen, dass die von der Natur vorgegebenen Rahmenbedingungen bewahrt bleiben?

Die Frage nach der Zukunft ist ohne die Kenntnis der Vergangenheit nur unzulänglich zu beantworten. Vieles, was sich seit

Bestehen der Erde ereignet hat, wissen wir schon; anderes wartet noch auf seine Entdeckung.

In diesem WAS IST WAS-Buch erfährt der Leser, wie sich Wissenschaftler das Auf und Ab des Klimas erklären und mit welchen Methoden sie ihre Erkenntnisse gewinnen. Das Buch beschreibt auch, unter welchen Bedingungen sich Gletscher bilden und wie Kälte und Trockenheit einige Pflanzen und Tiere immer weiter in Richtung Süden zurückdrängten. Es zeigt, dass nur die am besten angepassten in der Kälte überleben konnten und welche Theorien es über das Aussterben des Mammuts, des bekanntesten Tiers der Eiszeit, gibt.

Vor allem erfährt der Leser auch, wie sich frühe Menschen an die wechselhaften Umweltbedingungen anpassten und was die Wissenschaft zu einer bevorstehenden nächsten großen Kälteperiode sagt.



Säbelzahnkatze



BAND 65

Dieses Buch ist auf chlorfrei gebleichtem Papier gedruckt.

BILDQUELLENNACHWEIS:

Fotos: Dr. Larry Agenbroad, Mammoth Site of Hot Springs: S. 34mr (Dung); AKG, Berlin: S. 36u, 47ol; Bilderberg, Hamburg: S. 34ml (Rüssel); Otto Braasch, Landesdenkmalamt Baden-Württ.: S. 38/39o; Prof. Dr. Werner Buggisch, Erlangen: S. 15ol, 15mr (2), 17or; Corbis: S. 4/5 (Hintergr.), 1our, 11or, 12m, 14ol, 18o, 19or, 20m, 24o (Hintergr.), 31ur (Wisent), 32m, 34ol (Haare), 34u (Hintergr.), 34mr (Zahn), 47or; DEFD, Hamburg: S. 46u (2); Max Deynoux, Straßburg: S. 14/15u; Focus, Hamburg: S. 5ur, 8, 10mr, 25o, 48o; University of Arizona, Julie Cole: S. 9ul; Friederike von Koenigswald, Berlin: S. 28ur; Dr. Thomas Kaiser, Greifswald: S. 29ol; Kurverwaltung Ostseebad Göhren: S. 17ml; Cerpolex, Francis Latreille: S. 29or, 35ur; Museum für Naturkunde, Berlin: S. 23o; Museum für Ur- u. Ortsgeschichte, Bottrop: S. 28l; Naturhistor. Museum, Basel: S. 23ml, 35ml; Naturkunde- u. Mammutmuseum, Siegsdorf: S. 30u, 33or; Prof. Dr. Dietrich Mania, Jena: S. 42ur (2); SharkSong Photography, Maris Kazmers: S. 9ur; Institut für Paläontologie, Bonn, Prof. v. Koenigswald: S. 30ml; Museum für die Archäologie des Eiszeitalters, Neuwied: S. 20 (Funde), 4our, 43, 44, 45u; Picture Alliance: S. 9ml, 10ol, 17u, 18mr, 18ml, 19ol, 29om, 34o(Stoßz.), 40ml, 40mr, 47mr; Dieter Pirner/www.diegoarts.de: S. 11ml; Ulmer Museum, Thomas Stephan: S. 41ol; Archiv Tessloff Verlag, Nürnberg: S. 1, 5um, 9 (Hintergr.), 12ul, 13 (2), 21 (Hintergr.), 24u, 31ol (Polarfuchs), 31or (Wolf), 35or, 45ml, 47ul, 48u (Hintergr.); Senckenberg Museum, Frankfurt, Sven Tränkner: S. 36or; Wildlife, Hamburg: S. 4ol, 4ul, 4ur, 5ul, 12ol, 12or, 14ml, 14mr, 14ul, 16, 21ul, 31m (Vielfraß), 31u (Moschusochsen, Rentier); Iris Zachow, Cottbus: S. 22or

UMSCHLAGABBILDUNGEN: Focus, Hamburg; Wildlife, Hamburg (Gletscher), Elisabetta Ferrero (Rückseite)

ILLUSTRATIONEN: Elisabetta Ferrero, Milan Illustrations Agency

GRAFIK: Michaela Brüssel, Nürnberg

Copyright © 2004 Tessloff Verlag, Burgschmietstr. 2-4, 90419 Nürnberg. <http://www.tessloff.com> <http://www.wasistwas.de>

Die Verbreitung dieses Buches oder von Teilen daraus durch Film, Funk oder Fernsehen, der Nachdruck, die fotomechanische Wiedergabe sowie die Einspeicherung in elektronische Systeme sind nur mit Genehmigung des Tessloff Verlages gestattet.

Inhalt



Blick in die Vergangenheit

Wie sah es vor 20 000 Jahren in Mitteleuropa aus?

Was versteht man unter einer Eiszeit?

Eiszeiten in der Geschichte der Erde

Welche Ursachen führten zur Vereisung?

Woher wissen wir vom Klima der Vergangenheit?

Welche Bedeutung haben Tiefseebohrungen?

Was verraten Eisbohrkerne?

Welche Teile der Erde waren einst vereist?

Wie hat das Eis unsere heutige Landschaft geprägt?



Die Vereisung und ihre Spuren

Wie entstehen Gletscher?

Was sind „kalte“ und „warme“ Gletscher?

Was sind Gletscherschliffe?

Was ist eine Moräne?

Moränentypen

Woher kommen Findlinge?

Was sind Sander und Urstromtäler?

Was ist Löss?

Hat das Abschmelzen des Eises noch heute Folgen?

Pflanzen

und Tiere der Eiszeit

Was geschah am Laacher See?

Welche Pflanzen und Tiere gab es in Mitteleuropa?

Wie veränderte die Eiszeit die Vegetation?

Welche Pflanzen vertrieb die Eiszeit aus Mitteleuropa?



Wieso war die Eiszeit eine Welt der Riesen?

Ein Blick in die Geschichte

4 Welche Tiere wanderten mit dem Eis bei uns ein? **26**

5 Was zeigt die Fährtenplatte von Bottrop? **27**

6 Wo findet man Überreste eiszeitlicher Tiere? **28**

7 Wie lebten Kälte liebende Säugetiere? **29**

8 Warum überlebten manche Arten die Eiszeit nicht? **30**

9 Welche eiszeitlichen Tiere gibt es heute noch? **31**

Mammuts

10 11 12 Mammut **32**

Der Mensch im Eiszeitalter

Wer war „Lucy“? **36**

13 Was bedeutet „Out of Africa“? **37**

13 Wie lebte der Neandertaler? **38**

15 Woher kam der Cromagnon-Mensch? **39**

15 Werkzeuge: **39**

16 Von Feuerstein, Chopper und Faustkeil **39**

17 Dienten die Höhlenbilder der Verschönerung? **40**

17 Was sind Aurignacien und Magdalénien? **41**

18 Wie jagten die Mammut- und Rentierjäger? **42**

19 Wie haben die frühen Menschen ihre Beute genutzt? **43**

Kannten die frühen Menschen schon Siedlungen? **44**

Wie eroberte der frühe Mensch die Erde? **46**



Ausblick

Was ist die „Kleine Eiszeit“? **47**

21 Wann kommt die nächste „große“ Eiszeit? **47**

22 Index **48**



Blick in die Vergangenheit

Vor 20 000 Jahren war es in Mitteleuropa äußerst ungemütlich. Die Winter waren lang und bitterkalt.

Wie sah es vor 20 000 Jahren in Mitteleuropa aus?

Manchmal froren die Bäche bis zum Grund zu und hundertjährige Bäume barsten im Frost. In weiten Gebieten gab es gar keine Bäume. Die Trockenheit hatte sie und viele andere Pflanzen südwärts getrieben – nicht zum ersten Mal.

Auch in großen Teilen des heutigen Deutschlands fegte der Wind über nur mit Gräsern, Moosen und Zergsträuchern bedeckte Flächen. Über sie zogen, immer auf der Suche

nach Nahrung, Wildpferde, Bisons und riesige Rentierherden. Riesenhirsche mit prächtigem Geweih witterten unruhig und langhaarige Mammuts trotteten gemächlich durch das dichte Gras. Dazu kamen kleinere Tiere wie Füchse und Wölfe.

In dieser oft unfreundlichen, harten Umwelt gab es auch Menschen. Sie lebten in Gruppen zusammen und schützten sich in Höhlen oder zeltförmigen Hütten vor dem Wetter. Die Männer jagten und die Frauen und Kinder sammelten Pflanzen und Beeren. Meist zogen sie den Tieren hinterher. Vielleicht, an einem klaren Sommertag, hat sie der Zufall auch einmal auf eine Höhe des kahlen Harznordrandes geführt. Dann ist ihr Blick im Nordosten von einer hellen Fläche gefesselt worden. Sie blendete die Augen und zog sich endlos hin – Eis. Der bläulich schimmernde, leicht ansteigende Gletscher war der dünne Rand eines gewaltigen Panzers, der ganz Nord-

Klima

ist nicht gleich Wetter. Wetter ist das Zusammenspiel aller Wettererscheinungen in der Luft während eines bestimmten Tages. Unter Klima versteht man die Gesamtheit der meteorologischen Erscheinungen, die den mittleren Zustand der Atmosphäre in einem bestimmten Gebiet der Erde über einen längeren Zeitraum (z. B. 20 bis 30 Jahre) kennzeichnet. Das Klima ist zu allererst von der Sonneneinstrahlung abhängig.

Kanadaluchs



Rentierbulle



Braunbär





europa bedeckte. Aber das konnten die staunenden Menschen natürlich nicht ahnen – obwohl die Eiszeit für sie das Normalste überhaupt war.

Der klimatische „Normalzustand“

Was versteht man unter einer Eiszeit?

unseres Planeten ist eisfrei. Dennoch hat es in der 4,6 Milliarden Jahren dauernden Erdgeschichte Phasen gegeben, in denen weite Gebiete von Eis und Schnee bedeckt waren.

Vor rund 40 Millionen Jahren betrug die Jahresdurchschnittstemperatur in unseren Breiten 21 Grad Celsius. 30 Millionen Jahre später waren es immer noch angenehme 16 bis 18 Grad Celsius (heute: acht bis zehn Grad Celsius). Unangenehm und unbeständig wurde es vor 2,5 Millionen Jahren, als sich warme Abschnitte, die aber eigentlich kaum milder waren als heutzutage, mit kühleren abzuwechseln begannen.

Dann wurde es immer kälter. Die durchschnittlichen Temperaturen lagen schließlich weltweit um etwa sieben bis 13 Grad Celsius niedriger als heute. Der skandinavische Inland-Eisschild – so nennt man Vereisungen, die große Flächen bedecken – wuchs beständig. Er schob sich nach Süden, begrub Teile Mittel- und Osteuropas, zog sich stellenweise wieder zurück, stieß abermals vor und schmolz schließlich dahin. Einige milde Jahrtausende folgten. Dann schwoll der eisige Panzer erneut an. Der Rhythmus des Frostes hatte begonnen.

Eiszeitalter nennt man die gesamte, von langen Kaltzeiten und kurzen Warmzeiten bestimmte Zeitspanne. Im Verhältnis zur langen Geschichte der Erde ist sie aber relativ kurz.

Modell eines frühen Menschen beim Erschaffen eines Höhlenkunstwerks



Schneeeule



Przewalski-Pferd



Eiszeiten in der Geschichte der Erde

Das Eiszeitalter ist keine einmalige
EISZEITALTER Erscheinung.
Nahezu für jede

Periode der Erdgeschichte hat man irgendwo auf dem Erdball Spuren von Vergletscherungen nachgewiesen. Ihre sorgfältige Untersuchung hat die Wissenschaftler davon überzeugt, dass es mindestens vier große Eiszeitepochen oder Eiszeitalter in der Geschichte der



Erstes großes Eiszeitalter vor 1 Mrd. Jahren

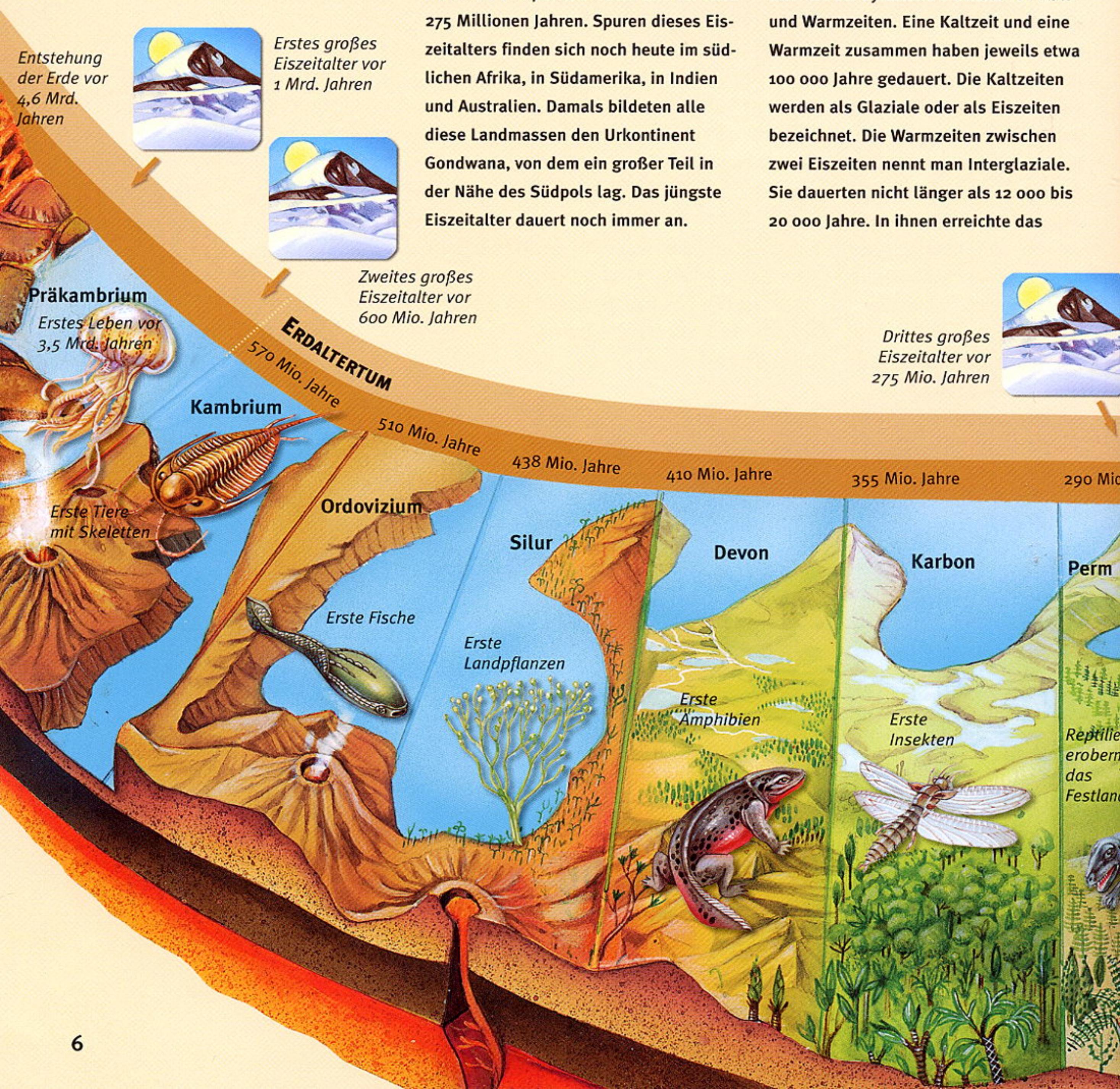


Zweites großes Eiszeitalter vor 600 Mio. Jahren

Erde gegeben haben muss. Sie ereigneten sich im Abstand von jeweils etwa 300 Millionen Jahren. Nur das Erdmittelalter war durchgehend warm. Das erste Eiszeitalter hat es im Prökambrium, vor rund einer Milliarde Jahren, gegeben. Die zweite Vereisung der Erde könnte sich zum Ende des Prökambriums, kurz vor dem Beginn des Erdaltertums vor rund 600 Millionen Jahren ereignet haben und die dritte im späten Erdaltertum vor rund 275 Millionen Jahren. Spuren dieses Eiszeitalters finden sich noch heute im südlichen Afrika, in Südamerika, in Indien und Australien. Damals bildeten alle diese Landmassen den Urkontinent Gondwana, von dem ein großer Teil in der Nähe des Südpols lag. Das jüngste Eiszeitalter dauert noch immer an.

Vor etwa 2,5 Millionen Jahren begann **GLIEDERUNG** das derzeitige Eiszeitalter.

Es wird nach dem entsprechenden Erdzeitalter auch als quartäres bezeichnet und setzt sich aus zwei geologischen Perioden zusammen: dem Pleistozän und dem Holozän, unserer jetzigen Warmzeit, die erst vor 11 500 Jahren begann. Charakteristisch für das quartäre Eiszeitalter ist der zyklische Wechsel von Kalt- und Warmzeiten. Eine Kaltzeit und eine Warmzeit zusammen haben jeweils etwa 100 000 Jahre gedauert. Die Kaltzeiten werden als Glaziale oder als Eiszeiten bezeichnet. Die Warmzeiten zwischen zwei Eiszeiten nennt man Interglaziale. Sie dauerten nicht länger als 12 000 bis 20 000 Jahre. In ihnen erreichte das



Klima etwa heutige Temperaturen. Es ist noch nicht erwiesen, wie viele Eisschübe es genau gegeben hat. Manche Forscher sprechen von 16, andere von 20 oder auch noch mehr.

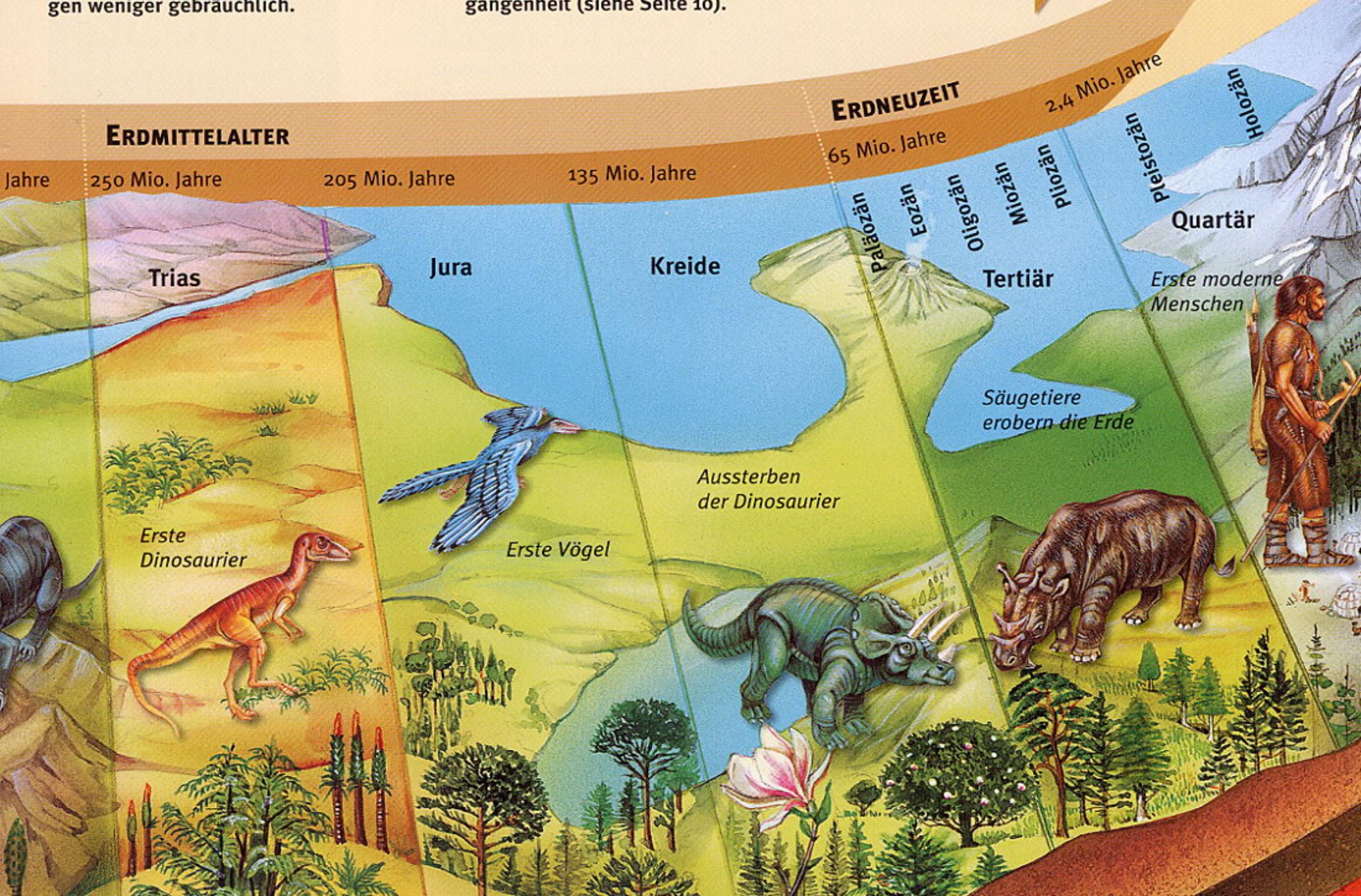
Einig ist man sich jedoch über die letzten 500 000 Jahre, in denen vier große Kaltzeiten und drei dazwischen liegende Warmzeiten als erwiesen und gut dokumentiert gelten. Dies ist vor allem dem deutschen Geografen und Eiszeitforscher Albrecht Penck (1858-1945) zu verdanken. Er wies den Wechsel von Kalt- und Warmzeiten in „unserem“ Eiszeitalter unumstößlich nach. Für das Gebiet der Alpen versah er die verschiedenen Eiszeiten auch mit Namen. Er entlieh sie Flüssen aus dem Alpenvorland, bis zu denen die einzelnen Vereisungen vorgedrungen sind. Auch die norddeutschen Vereisungen wurden später nach Flüssen benannt. Heute sind diese Bezeichnungen weniger gebräuchlich.



Das Zeitalter des Quartärs ist aufgeteilt in das Pleistozän, das bis zur letzten Kaltzeit reicht, und in das Holozän, unsere heutige Warmzeit. Nach A. Penck wurden die letzten Eiszeiten des Quartärs nach Flüssen benannt, bis zu denen die Vereisung vorgedrungen ist. Zeitlich entsprechen die norddeutschen Eiszeiten denjenigen in Süddeutschland. Eine Entsprechung der Günz-Eiszeit konnte in Norddeutschland (noch) nicht nachgewiesen werden.

Viel genauer und eindeutiger kennzeichnet eine Klimakurve aus Sedimentkernen der Tiefsee die Klimaentwicklung der Vergangenheit (siehe Seite 10).

Viertes großes Eiszeitalter, Beginn vor 2,5 Mio. Jahren



Über die Entstehung von Eiszeit-

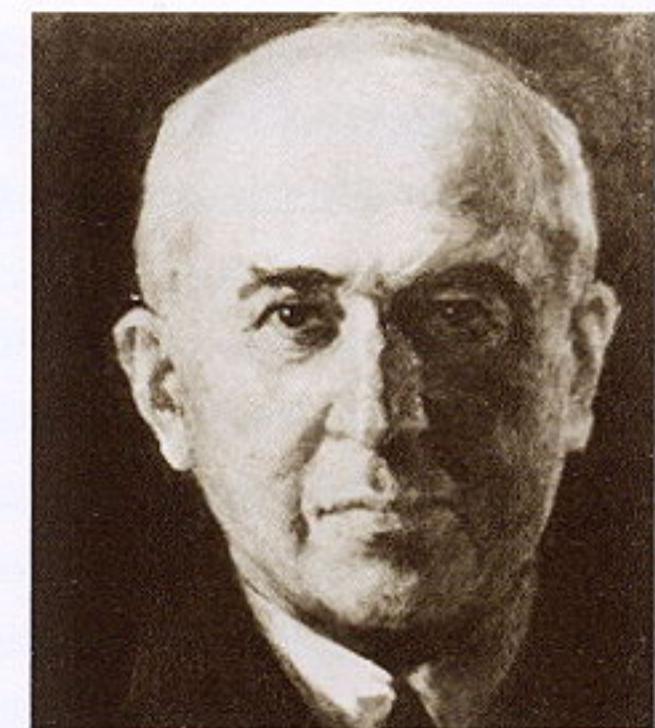
Welche Ursachen führten zur Vereisung?

viel diskutiert. Oft fehlen Beweise für die verschiedenen Theorien.

Eine interessante Theorie stellte der serbische Astronom Milutin Milankovic bereits in den 1920er Jahren auf. Sie besagt, dass Eiszeiten auf Schwankungen der Erdbahnparameter zurückzuführen sind – diese Schwankungen verändern die Menge der Sonneneinstrahlung. Dann wird es kühler bzw. wärmer auf unserem Planeten. So ist die Ellipse, auf der die Erde um die Sonne kreist, nicht konstant. Sie „pulsiert“ in einem Zyklus von 100 000

Jahren zwischen fast kreisförmig und mehr elliptisch. Milankovic fand weiter heraus, dass die Gerade der Erdachse innerhalb von ungefähr 25 000 Jahren einen vollen Kreis beschreibt. Dadurch wird die Sonneneinstrahlung unterschiedlich auf der Erde verteilt. Auch schwankt der Winkel zwischen Erdachse und Erdbahn in einem Zyklus von 40 000 Jahren zwischen 21,8 Grad und 24,5 Grad, was ebenfalls eine veränderte Verteilung der Sonneneinstrahlung bewirkt.

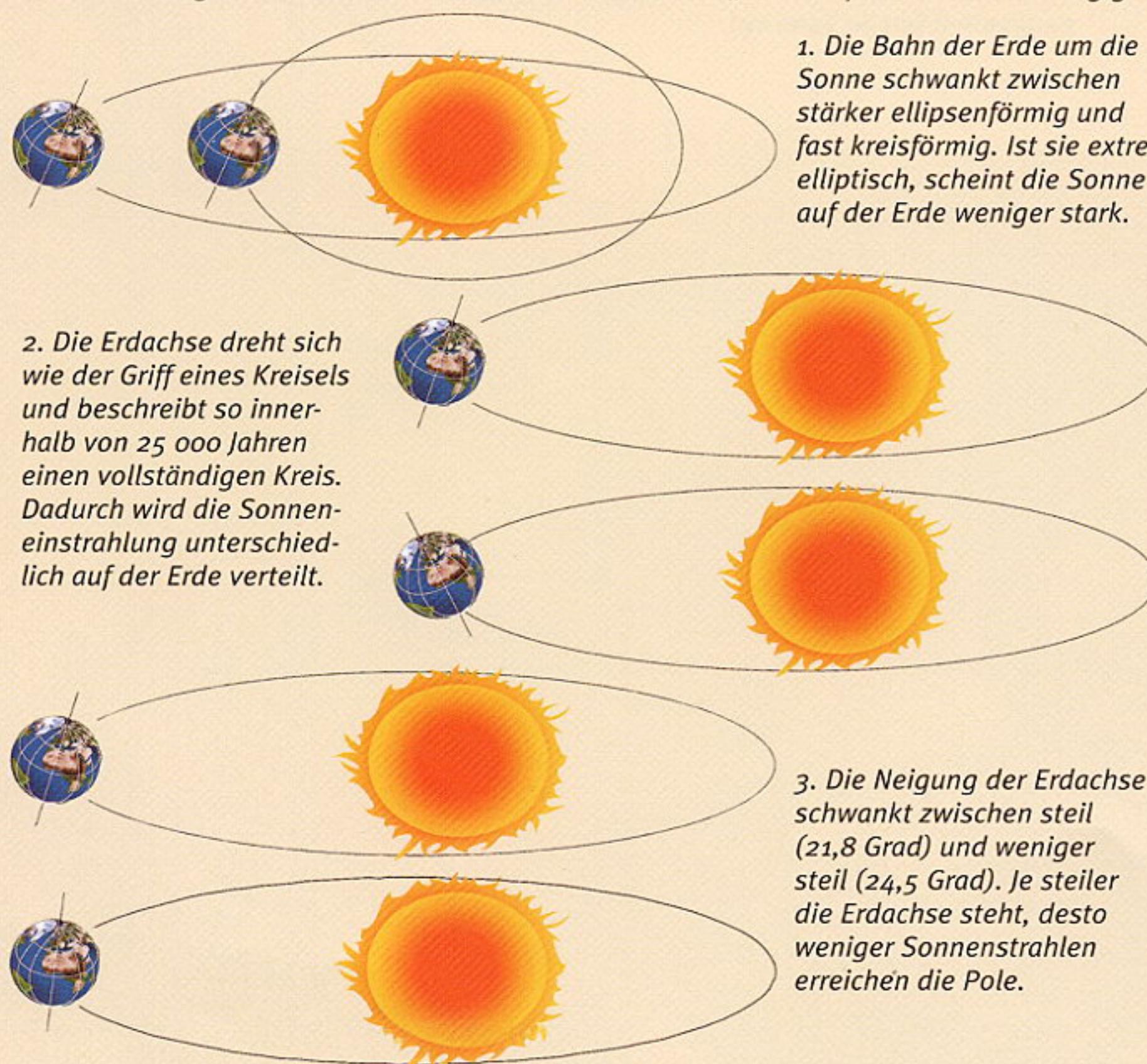
Diese Werte können sich untereinander nahezu aufheben, aber sich auch gegenseitig verstärken. Für die Entstehung einer Eiszeit ist es günstig, wenn die Erdumlaufbahn einen großen Abstand zur Sonne hat und die Erdachse ziemlich gerade steht. Dann bekommen die Pole nur



Milutin Milankovic lebte von 1879 bis 1958. Er machte sich als Mathematiker, Astronom und Geophysiker einen Namen.

MILANKOVIC-THEORIE

Die Entstehung einer Eiszeit ist nach Milankovic von drei „Erdbahnparametern“ abhängig:



KONTINENTALDRIFT

Die Erdkruste ist in sieben große und mehrere kleine Platten zerbrochen. Auf diesen Platten befinden sich unsere Kontinente und Weltmeere. Sie treiben mit einer Geschwindigkeit von einigen Zentimetern pro Jahr auf dem zähflüssigen Gestein des oberen Erdmantels dahin. Im Laufe von Jahrtausenden werden aus diesen Zentimetern Tausende von Kilometern. Auf diese Weise ändern die Landmassen ständig ihre Position. Die langsame Drift der Kontinente vom Äquator zu den Polen war die Voraussetzung für den Beginn des letzten Eiszeitalters. Nur wenn Land auf oder in der Nähe der Pole ist, kann es zu einer Eiszeit kommen.

WARMZEITEN

Das Klima der Warmzeiten wird vor allem in den meterdicken Ablagerungen von Seen gespeichert. Da diese die am tiefsten gelegenen Bereiche einer Landschaft sind, sammeln sich in ihnen Pollen, Blätter, Staub und Ähnliches. Von schwimmenden Plattformen aus können lange Bohrkerne aus diesen Ablagerungen ausgestochen, in Plexiglasrohren luftdicht aufbewahrt und später analysiert werden.



Torfstecher

Klimaarchive sind auch die Torfe der Moore, die sich oft im Verlauf von Jahrtausenden schichtweise aus abgestorbenen Pflanzenresten gebildet haben.

wenig Sonnenstrahlen ab und es fällt mehr Schnee, der die Landmassen letztlich mit immer mehr Eis bedeckt. Die zusammenhängenden Eisflächen wirken wie ein riesiger Spiegel. Sie schicken einfallendes Sonnenlicht vermehrt in den Weltraum zurück. Als Folge dieses Albedo-Effekts (von lat. „albus“ = „weiß“) wird es noch kühler. Geraten nun durch die Kontinentaldrift große Landmassen in die Nähe der kälteklirrenden Pole, dann bilden sich auf ihnen Gletscher – eine Eiszeit beginnt.

Woher wissen wir vom Klima der Vergangenheit?

Die Milankovic-Theorie ist zwar überzeugend, aber schwer nachzuweisen. 2003 brachen Schweizer Forscher in den Südpazifik auf. Auf der kleinen Insel Henderson Island versuchten sie herauszufinden, ob Klimaschwankungen direkt mit den Veränderungen der Erdbahnparameter zusammenhängen. Wenige Jahre zuvor hatten Wissenschaftler Korallenriffe in der Nähe der Insel untersucht. Zufällig fanden sie heraus, dass der Meeresspiegel vor 330 000 Jahren einen Höchststand aufwies. Das deckt sich mit Milankovics Theorie, der für diesen Zeitraum eine Warmzeit berechnet hatte. Denn ein hoher Meeresspiegel zeigt, dass an den Polen nur wenig Wasser in Form von Eis lagert. Die nur in bestimmten Tiefen gedeihenden Korallen liefern genaue Anhaltspunkte für die Höhe des Meeresspiegels in früheren Zeiten. Ihr Alter wurde mit Hilfe radioaktiver Atome bestimmt.

Wie bei Bäumen, so lässt sich auch bei Korallen das Wachstum anhand von Jahresringen verfolgen.

Weil die Korallen auf Unbilden des Wetters mit „Stress-Streifen“ reagieren, erhoffen sich Forscher aus ihnen Hinweise zu Klimaveränderungen.

Zu den Klimaarchiven gehören auch Gesteine und Ablagerungen auf dem Festland und im Meer. Ihre chemische und

Welche Bedeutung haben Tiefseebohrungen?

physikalische Zusammensetzung verrät den Wissenschaftlern die Klimageschichte einer Region.

Im Meerwasser kommen zwei verschiedene Sauerstoff-Isotope vor. Eines von ihnen, O-18 genannt, ist geringfügig schwerer als das andere Isotop, O-16. Wasser, das in Kaltzeiten in Form von Wasserdampf aus dem Meer aufstieg, enthielt zunächst mehr leichte Sauerstoff-Isotope. Ein Teil von ihnen geriet mit dem Niederschlag in die Eismassen des Festlandes und blieb dort gebunden. Deshalb nahm der Anteil des schwereren Isotops im Meerwasser zu. In wärmeren Zeiten dagegen enthielten die Ozeane mehr leichte



Korallenquerschnitt



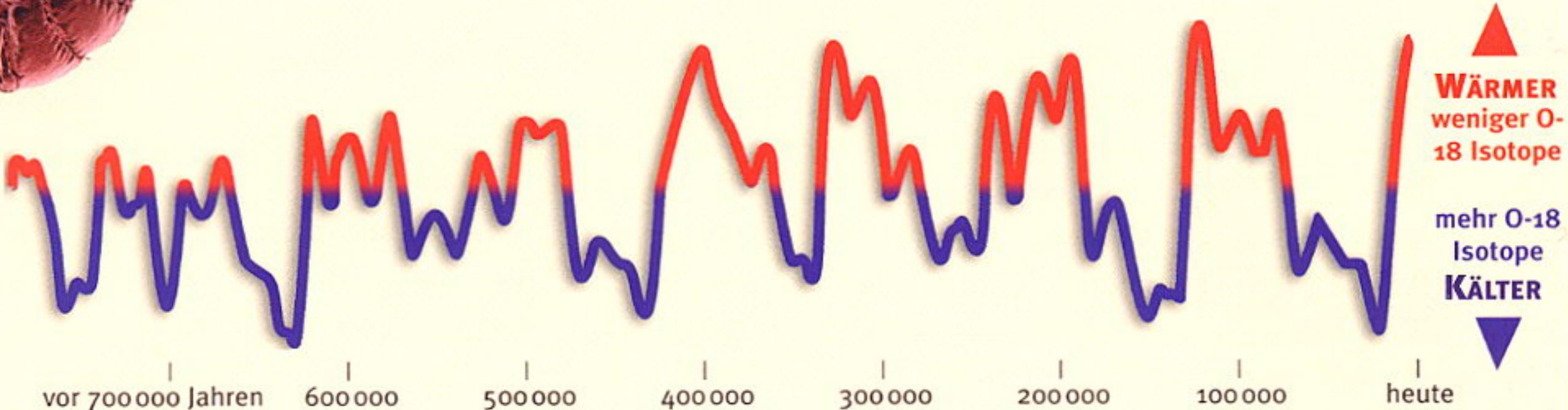
Taucher entnehmen einen Bohrkern aus Korallen am Clipperton Atoll, Pazifik.



Eine fossile Foraminifere unter dem Mikroskop

KLIMAKURVE AUS DER TIEFSEE

Der Gehalt an dem Sauerstoff-Isotop O-18 in Ablagerungen von Foraminiferen in der Tiefsee gibt Auskunft über das Klima der Vergangenheit.



Sauerstoff-Isotope. Aus dem Verhältnis der beiden Sauerstoff-Isotope lässt sich also auf die Wassertemperaturen und somit auch auf das Klima schließen.

Das gelingt aber nur, weil sich diese Isotope in den Kalkschalen winziger Meeresorganismen, den Foraminiferen, erhalten. Nach dem Tod der Organismen sinken die Schalen auf den Meeresgrund und bilden allmählich hohe Ablagerungen. Aus ihnen entnahmen Spezialschiffe mehrere Meter lange Bohrkerne. Im Labor geben die aufeinander folgenden Sedimentschichten Informationen über das Klima des jeweiligen Zeitabschnitts preis: Eine Klimakurve aus der Tiefsee entstand.

Wertvolle Informationen über

Was verraten Eisbohrkerne?

Klima und Umwelt sind auch in den Gletschern der Antarktis und Grönlands gespeichert. Dort hat sich der Schnee Jahr für Jahr übereinander abgelagert und verdichtet, so dass er als Eis mit einer nahezu lückenlosen Jahresschichtung erhalten ist. Allein in den oberen 500 Metern der grönlan-

dischen Eisdecke enthält jeder Meter den Niederschlag von fünf Jahren. In den älteren, stärker verdichteten Schichten birgt in 1500 Metern Tiefe jeder Meter Eis die Schneefälle von 20 Jahren. Auch bei den Bohrungen im Eis lässt der jeweilige Anteil der Sauerstoff-Isotope Rückschlüsse auf das Klima zu. Im Gegensatz zu den Tiefseebohrungen zeigt hier jedoch das leichtere Isotop O-16 kälteres Klima an. Weitere Umweltdaten liefern die zwischen den Eiskristallen eingeschlossenen Gase und Staubpartikel. Sie geben Auskunft über die Zusammensetzung der Atmosphäre, z. B. den Gehalt an Treibhausgasen.

1992 erreichte die Bohrung des europäischen Eisbohrprogramms GRIP (Greenland Ice Core Programme) in Grönland in rund 3000 Metern Tiefe das Grundgestein. Die Ergebnisse der Untersuchung stimmten mit der Klimakurve aus Foraminiferenschalen der Tiefsee überein. Der GRIP-Eiskern zeigte auch, dass die letzte Warmzeit (Eem) immer wieder von sehr kalten Zwischenstadien von einigen Jahrzehnten bis Jahrhunderten Dauer unterbrochen war.

EISBOHRKERNE

Aus einer Tiefe von rund 3200 Metern bargen Forscher im Winter 2003 in der Ostantarktis Bohrkerne. Die eisigen Stangen sind bis zu 900000 Jahre alt und damit das älteste Eis, das Menschen jemals in der Hand hatten. Die Bohrkerne werden in verschiedenen Labors untersucht und sollen Erkenntnisse über die Klimaentwicklung der Erde liefern.



Ein Bohrkern wird vermessen.



Die Kühlräume mit den eingelagerten Bohrkernen sind eisige Klimaarchive.

FROSTSPRENGUNG

Landschaften werden nicht nur vom Eis der Gletscher geformt. Gefriert Wasser in Spalten oder Rissen des Gesteins, führt dies zur Frostspaltung, weil sich das Wasser beim Gefrieren ausdehnt. Häufige Temperaturwechsel zerlegen das Gestein nach und nach zu Sand und Schutt. Mitunter bildet das Verwitterungsmaterial mächtige Schutthalden, die in vergletscherten Gebieten vom Eis abtransportiert werden.



Frostspaltung am Franz-Josefs-Gletscher, Neuseeland

Obwohl Eiszeiten immer weltweite Ereignisse waren, lagen die Zentren der Vergletscherung stets in den höheren geografischen Breiten. Das Eis des größten Gletschers reichte in der Saale-Kaltzeit von seinen Zentren in Skandinavien und auf den Britischen Inseln bis an die nördlichen Ränder der mitteleuropäischen Gebirge, den Harz, das böhmische Massiv und die Karpaten. Auch Südgroßbritannien, Holland, die ganze nordeuropäische Tiefebene sowie die nordrussische Tiefebene waren mit Eis überzogen. Die Gletscher der Alpen und anderer Hochgebirge schoben sich in den Tälern weit in das Vorland hinab.

In West- und Mittelsibirien bedeckte der Gletscher eine Fläche von rund sechs Millionen Quadratkilometern. Westlich des Uralgebirges verbanden sich seine Eismassen mit dem skandinavischen Eisschild. Spitzbergen, Nowaja Semlja und andere Inseln trugen ebenso wie die Gebirge Chinas und die Vulkane Japans Eispanzer.

Welche Teile der Erde waren einst vereist?



Von Gletschern blank geschliffene Felsbuckel im New Yorker Central Park

Unter einer riesigen Eisdecke lag Nordamerika, wo die Vereisung von zwei Zentren ausging. Das erste befand sich auf der Halbinsel Labrador, das zweite im Bereich der Hudson-Bay. Im Westen des Kontinents vereinigte sich das Festlandeis in der letzten, der Wisconsinvereisung, mit dem Kordillerengletscher. Im Osten reichte der Eispanzer bis an die Atlantikküste. Wahrscheinlich war das ganze Schelfgebiet zwischen Neufundland und dem heutigen New York mit Eis bedeckt – im Central Park von Manhattan kann man noch heute Felsbuckel mit Gletscherschliffen sehen. Auch außerhalb der zusammenhängenden Eisdecke gab es in Nordamerika Vereisungsgebiete.

VEGETATIONSFORMEN IN DER LETZTEN KALTZEIT

Die Karte zeigt die Vegetation auf der Erde in der letzten Kaltzeit. Mittel- und Südeuropa waren größtenteils von Steppe bedeckt, die im Norden zunächst in die Tundra überging. Nordeuropa war von einem weiträumigen Eispanzer überzogen, wie auch große Teile Nordamerikas.

- Wüste
- Halbwüste
- Steppe
- Grasland
- Savanne
- Tundra
- Nadelwald
- Mischwald
- Laubwald
- Tropischer Regenwald



Die Beschaffenheit der heutigen

Wie hat das Eis unsere heutige Landschaft geprägt?

tärs geprägt. In dieser Zeit formten die Gletscher auf weiten Flächen Europas und Amerikas unverwechselbare Landschaften.

Die sanft rollenden Buckel in Norddeutschland wurden ebenso von ihren Ausläufern aufgeschoben wie die Hügelketten des Alpenvor-

landes. Das Eis schürfte auch tiefe Rinnen und Becken. Schmelzwässer füllten sie zu Seen. Seine Wasserströme gruben Täler, in denen heutige Flüsse wie Rinnsale wirken.

Ein Großteil der zerklüfteten Gebirge, die wir wegen ihrer Schönheit schätzen, ist das Ergebnis eiszeitlicher Gesteinsabtragungen (Erosion). Die Sierra Nevada, die Rocky Mountains oder die Alpen waren vor über 10 000 Jahren noch mit Gletschern angefüllt. Ebenso sind die Fjorde Norwegens und anderer meeresnaher Gebirgsgegenden das Produkt der Eiszeit.

Und das Meer? Die Gletscher banden das Wasser als Eis. Dadurch senkte sich der Meeresspiegel teilweise beträchtlich. So wurden die

Erdoberfläche wurde am nachhaltigsten von den Vereisungen während des Quar-



Bodenlandschaft an der Ostsee

DIE OSTSEE ENTSTEHT

Noch vor 10 000 Jahren waren der größte Teil Skandinaviens und das Becken der Ostsee mit Eis bedeckt. Beim Rückzug des Eises füllte sich das Becken mit Schmelzwasser zum Baltischen Eisstausee. Nach dem weiteren Abschmelzen des Eises hob sich der Meeresspiegel der Weltmeere um etwa 100 Meter. Die Ostsee traf durch die Beltsee wieder mit der Nordsee zusammen. Eine abwechslungsreiche Küstenlandschaft entwickelte sich. Tiefe Gletscherbecken und Schmelzwasserrinnen wurden zu Fördern, flache Senken zu weiten Buchten, den so genannten Bodden.



Tsho-Rolpa-Gletschersee, Himalaya

mehrfach vordringenden und sich wieder zurückziehenden Eises. Auch der Mensch ist ein Kind des Eiszeitalters. Seine Entwicklung bekam vor zweieinhalb Millionen Jahren entscheidende Schübe. Diese fallen genau in das beginnende Eiszeitalter. Die einschneidenden Klimaschwankungen zwangen ihn, sich an härtere Lebensbedingungen anzupassen.

Grand Teton Nationalpark, Rocky Mountains



Die Vereisung und ihre Spuren

GLAZIOLOGIE

Seit Mitte des vergangenen Jahrhunderts ist die Glaziologie, die Gletscherkunde, ein wichtiger Forschungszweig der Geografie. Anfangs wurden die Gletscher erkundet und vermessen. In der modernen Glaziologie sind die Auswirkungen des Gletschers auf die Umwelt und umgekehrt Gegenstand der Forschung. Gletscher werden oft als „Fieberthermometer der Erde“ bezeichnet. Als Messgröße dient die Ausdehnung: Bei sinkenden Temperaturen stößt die Eiszunge tiefer ins Tal hinab, bei steigenden schmilzt sie ab und zieht sich zurück in höhere Lagen.

Blaues Gletschereis



Wie entstehen Gletscher?

Gletscher entstehen noch immer. Sie bilden sich in Polargebieten und Hochgebirgen oberhalb der Schneegrenze. In geschützten Lagen liegender Schnee schmilzt im Sommer nicht mehr ab. Neue Schneefälle im Winter lassen ihn zu Altschnee werden. Nach und nach presst der Neuschnee den Altschnee unter seinem Gewicht zusammen. Der zunehmende Druck verwandelt den Schnee in Firn genanntes, körniges Eis und später in das blaue Gletschereis. Auch die großen Inlandeismassen in den Kaltzeiten entstanden auf diese Weise.

Von einem Gletscher spricht man allerdings erst, wenn das Eis aufgrund seines eigenen Gewichts in Bewegung gerät und unter dem Einfluss der Schwerkraft langsam hangabwärts strömt.

Die Bezeichnung „Gletscher“ leitet sich von dem lateinischen Wort für Eis „glacies“ ab.

Gletschereis rutscht nicht nur auf seinem Gesteinsbett den Berg hinunter. Es fließt auch durch Verformung in seinem Innern. Das so genannte plastische Fließen entsteht durch den hohen Druck innerhalb des Gletschers, der zu kleinen Verschiebungen im Kristallgitter des Eises und damit zu

einer Bewegung der gesamten Eismasse führt.

In seinem oberen Teil erhält der Gletscher durch ständig neuen Schnee neue Nahrung; das ist sein Nährgebiet (Akkumulationsgebiet). Unterhalb der Schneegrenze liegt sein Zehrgebiet (Ablationsgebiet).

VON SCHNEE ZU EIS

Von Schnee über Firn zu Eis verdichten sich die Schneeflocken zu einem immer engeren Gitter. Durch den Druck des Neuschnees werden die tieferen Schichten zunehmend zusammengepresst und weiter verdichtet, so dass schließlich kaum mehr Luftblaschen eingeschlossen sind. Dicht gepacktes Gletschereis leuchtet blau.



Dort ist das Abschmelzen und Verdunsten von Schnee und Eis größer als der Zuwachs.

Gletschereis kann in unebenem Gelände auch aufwärts fließen. Verantwortlich dafür ist der Druck, der von den Gletschermassen im Nährgebiet auf die davor liegenden Eismassen ausgeübt wird.

Die Fließgeschwindigkeit des Eises wird vor allem von dem Gefälle der Talsohle, von der Untergrundbeschaffenheit,

Was sind „kalte“ und „warme“ Gletscher?

vom Querschnitt des fließenden Eises und von der Temperatur des Gletschers bestimmt. Es gibt „kalte“ und „warme“ Gletscher. Die Eis-

temperatur kalter Gletscher liegt tiefer als minus fünf Grad Celsius. Solche Gletscher kommen nur in polaren



Fluss auf dem Mendenhall-Gletscher in Alaska

Gegenden und in großen Höhenlagen vor. Hier liegen die Temperaturen in allen Tiefen weit unter dem Druckschmelzpunkt, d. h. niedriger als die Temperatur, bei der Eis unter

Druck schmilzt. Deshalb klebt das Gletschereis förmlich auf dem Felsgrund. Kalte Gletscher bewegen sich allein durch das plastische Fließen in ihrem Innern.

Von warmen oder temperierten Gletschern spricht man, wenn die Eistemperatur um null Grad Celsius beträgt. Dass sie nicht kälter ist, hat folgenden Grund: Die Lufttemperatur liegt hier – in mittleren und niedrigen Höhenlagen – häufig über dem Gefrierpunkt. Durch das Wiedergefrieren von Schmelzwasser wird Wärme frei, die zur Temperaturerhöhung im Gletscher beiträgt. Warme Gletscher führen ganzjährig Schmelzwasser, das in einem Gletscherbach austritt. Sie fließen auf einer Schmelzwasserschicht, die durch den hohen Druck der Eis-

EISBERGE

Eis gibt es auch im Meer. Besteht es aus riesigen, von den Gletscherströmen Grönlands und Antarktikas abgebrochenen und ins Meer geschobenen („gekalbten“) Teilen, spricht man von Eisbergen. Nur der kleinste Teil eines Eisbergs ist über dem Wasser sichtbar (etwa 15 Prozent). Eisberge bestehen aus Süßwasser. Die Eisberge Grönlands nennt man wegen ihrer bizarren Form Gipfeleisberge. Flach wie Tafeln dagegen sind die Eisberge Antarktikas.

GLETSCHERTYPEN

Man unterscheidet grundsätzlich drei Gletschertypen:



Salmon Gletscher, Alaska

2. Plateaugletscher. So nennt man Gletscher, die als geschlossene Eishaube hoch gelegene Plateaus bedecken. Plateaugletscher werden auch als Skandinavischer Typ bezeichnet.



Jokelenbreen-Gletscher, Norwegen

1. Talgletscher. Das sind Eisströme, die sich in den Tälern der Gebirge bewegen und diese umformen. Talgletscher sind der alpine Gletschertyp des Hochgebirges.



Viktorialand, Antarktis

3. Inlandeismassen. Das sind die polaren Eismassen, die großen zusammenhängenden Eisdecken. Die vorstoßenden Inlandeismassen des quartären Eiszeitalters haben unser heutiges Landschaftsbild entscheidend geprägt.





Nunatakker in den Ellsworth Mountains, Antarktis

NUNATAKKER

sind Felsen oder Berggipfel, die aus einer Eisoberfläche oder Gletscheroberfläche hinausragen oder – in vergangenen Eiszeiten – hinausgeragt haben. Das Wort „Nunatak“ ist ein Ausdruck der Inuit und bedeutet so viel wie „Land im Eis“. Anhand der Schleifspuren des Eises und anderer Merkmale lässt sich die ehemalige Eisoberfläche rekonstruieren. In den deutschen Alpen gibt es zahlreiche Nunatakker.

Grundmoräne aus dem Präkambrium in Westafrika

massen entsteht. Die meisten Alpengletscher bewegen sich auf diese Weise pro Jahr rund 50 Meter talwärts. Himalayagletscher schaffen in der gleichen Zeit bis zu 1500 Meter. Das Inlandeis der letzten Eiszeit arbeitete sich mit einer Geschwindigkeit von durchschnittlich 175 Metern pro Jahr von Skandinavien in unseren Raum vor.

Wenn Gletscher schmelzen oder sich zurückziehen, wie man sagt, hinterlassen sie vielfältige Spuren. Diese sind selbst nach Tausenden von Jahren noch deutlich zu erkennen.

Gletscher führen an ihrer Unterseite immer etwas Gesteinsmaterial mit. Die im Eis eingebackenen großen und kleinen Brocken wirken wie Schmirgelpapier. Sie schleifen jeden Felsen ab, den der Gletscher auf seinem oft langen Weg „überfährt“. Die so genannten Gletscherschliffe sind rund um den Erdball anzutreffen. Sie verraten nicht nur die Fließrichtung des Eises, sondern auch, dass die Kontinente früher woanders lagen. Die einstige Ausdehnung des Eises kann man an der Grenze zwischen Gletscherschliff und rau gebliebenem Fels ablesen. Die Kratzer und Schrammen auf felsigem Untergrund lassen sich mitunter mehrere Kilometer weit verfolgen.

Auch die Rundhöcker genannten Felskuppen sind durch Abschleifung entstanden. Die walrückenförmigen

Hügel haben eine flache Luv- und eine steile Leeseite. Die Luvseite ist die Seite, von der der Gletscher kam.

Die riesigen, sich langsam vorwärts bewegenden Gletscher können ganze Berge vor sich herschieben. Als Moränen erheben sich diese noch heute in sonst flachen Landschaften. Das Wort „Moräne“ kommt von dem französischen „moraine“. Es bedeutet so viel wie „Geröll“.

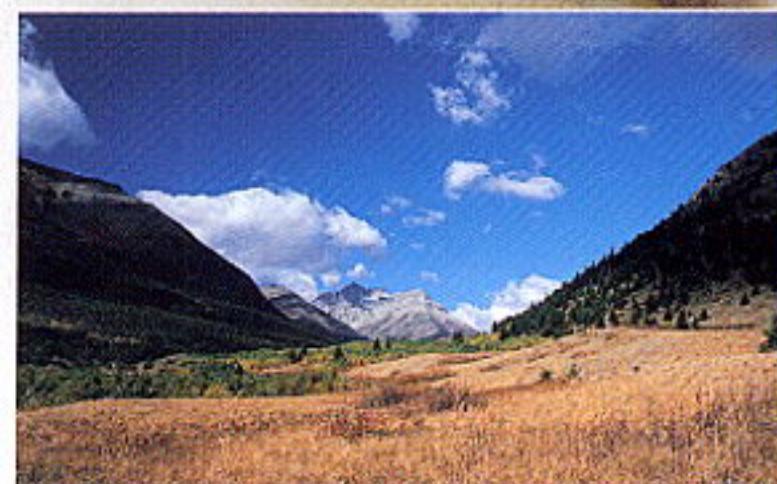


Moränen sind von Gletschern mitgeführter und abgelagerter Schutt, man sagt auch Geschiebe. Als das Eis schmolz, blieb er in der Landschaft liegen. Schutt besteht aus Erde, Sand, Schotter und Gesteinsblöcken unterschiedlicher Größe. Moränen erkennt man daran, dass sie in ungeschichteter, wirrer Anordnung feinstes und grösstes Material nebeneinander enthalten. Von außen verraten sich die heute meist überwachsenen Moränen durch ihre kugelrunde Form.

Moränenentypen



- 1 Nunatak
- 2 Gletscherkar
- 3 Seitenmoräne
- 4 Mittelmoräne
- 5 Gletscherspalten
- 6 Geröll
- 7 Gletscherzunge
- 8 Stausee
- 9 Endmoräne
- 10 Rundhöcker
- 11 Sander
- 12 Schmelzwasserbäche



Moränenlandschaft im Waterton Lakes Nationalpark, Kanada

Es gibt verschiedene Moränenentypen: Grundmoränen entstehen aus dem Material, das am Boden des Gletschers mittransportiert, durch den Druck fein zermahlen und in Vertiefungen abgelagert wird. Grundmoränen haben keine ebene Oberfläche. Sie werden von Tälern zerfurcht, die unter dem Eis bereits als Schmelzwasserbahnen entstanden sind. Seitlich vom Gletscher entstehen die Seitenmoränen. Sie bilden sich aus Material, das von steilen Felswänden auf den Gletscher fällt, talwärts mittransportiert und schließlich neben dem Gletscher abgelagert wird. Am Gletscherende werden die besonders hohen Endmoränen abgelagert. Sie bestehen aus Material, das der Gletscher

an seiner Front vor sich hergeschoben hat, und markieren seine größte Ausdehnung. Endmoränen sind nicht selten über 50 Meter hoch. Sie lassen sich heute als lang gezogene Hügelkette auf der Landkarte verfolgen.

Die von der letzten Kaltzeit (Würm- bzw. Weichsel-Kaltzeit) geschaffenen Moränen nennt man Jungmoränen, die aus älteren Kaltzeiten Altmoränen. Jungmoränen unterscheiden sich von den flachen, abgerundeten Altmoränen durch steile Hänge. Die typische Abfolge von eiszeitlichen Ablagerungen bezeichnet man als glaziale Serie. Sie besteht aus Grundmoräne – Endmoräne – Sander – Urstromtal.

BUSKAM

Der größte Findling Deutschlands ist der „Buskam“. Dieses Wort kommt aus dem Altslawischen und bedeutet „Gottesstein“. Der Riesenfindling schaut unweit von Göhren auf der Insel Rügen 1,5 Meter aus der Ostsee. Er liegt in einer Tiefe von etwa sieben Metern und hat an der Wasserlinie einen Umfang von 40 Metern. Der „Buskam“ wiegt über 1600 Tonnen. Er besteht aus Gneis und ist mit dem Gletschereis aus Skandinavien zu uns gelangt.



Aus der Ostsee vor Göhren auf Rügen schaut „Buskam“, der größte deutsche Findling.

Woher kommen Findlinge?

Auch große und größte Steine trug das Eis mit sich. Viele waren im Innern eines Gletschers eingeschlossen, andere wanderten auf seinem Rücken mit. Als das Eis schmolz, blieben die Brocken liegen.

Die aus weit entfernten Ggenden stammenden Steine passten in der Regel nicht in die geologische Landschaft, in der sie später gefunden wurden. So transportierte das Inlandeis skandinavischen Granit, Gneis und Kristallinen Schiefer bis an den Nordrand der deutschen Mittelgebirge, während die Gletscher der Alpen Urgestein und Kalk bis weit in das Vorland schoben. Findlinge nennt der Volksmund die vom Eis abgeschliffenen, regellos herumliegenden Felsbrocken. „Erratische Blöcke“ heißen sie in der Wissenschaft – Steine, die sich in der Landschaft „verirrt“ haben.

Die Zeugnisse der eiszeitlichen Gletscher wurden später häufig zur Errichtung von Großsteingräbern, oder auch Feldkirchen, Schlössern und Bürgerhäusern verwendet.

Findlinge, bei denen man ganz genau sagen kann, aus welchem Gebirge sie stammen, nennt man Leitgesteine.



Sanderlandschaft in Grönland

Was sind Sander und Urstromtäler?

Während der Kaltzeiten gab es auch Perioden, in denen die Gletscher und Inlandeismassen ein wenig schmolzen. Das geschah in den kurzen Sommern. Dann bildeten sich gewaltige Schmelzwassermengen. Sie ergossen sich in das Vorfeld der Gletscher und rissen Schutt aus den Endmoränen mit sich. Während das grobe Material nahe der Moräne liegen blieb, wurden Kies und Sand durch das Schmelzwasser weit auf das Gletschervorfeld hinausgetragen und bildeten die so genannten Sander. Im Gegensatz zu den Moränen bestehen Sander aus gerundeten Geröllen, die durch den Transport im Wasser abgeschliffen wurden. Sie können große Gebiete bedecken.

Häufig mussten sich die milchig-trüben Schmelzwässer einen Weg zwischen dem Gletscherrand und einem leicht ansteigenden Gelände suchen. Dann sammelte sich das Wasser in riesigen Entwässerungsbahn, den Urstromtälern. Sie verliefen parallel zum damaligen Eisrand und dem

Großsteingräber wie der „Teufelskeller“ bei Drosa (Sachsen-Anhalt) wurden gewöhnlich aus Findlingen errichtet.



Band der Endmoränen. Die Urstromtäler führten die Schmelzwässer vorwiegend nach Nordwesten in die eisfreie Nordsee ab. Besonders auffallend sind die Urstromtäler im

heute Flusstälern. Einige davon versumpften, andere wurden zum Bau künstlicher Wasserstraßen wie dem Mittellandkanal genutzt.

Das Kaiserstuhlgebiet am Oberrhein ist mit fruchtbarem Löss bedeckt.



Norden Mitteleuropas. Hier waren die Sammeladern des Schmelzwassers oft mehr als 25 Kilometer breit. Später nahmen sie die viel kleineren warmzeitlichen Flüsse auf. Abgesehen von der Elbe und der Oder, deren Flussbetten in ehemaligen Urstromtälern liegen, befinden sich heute nur noch schmale Flüsschen in diesen Bereichen. Man schätzt, dass sie höchstens zwei Prozent der ehemaligen Wassermassen führen. Aber nicht alle Urstromtäler sind

Was ist Löss?

Auch die Landwirtschaft hat von den eiszeitlichen Gletschermassen profitiert. Stürme wirbelten aus den Ablagerungen der Moränen, Sander und Urstromtäler große Mengen an Sand und ockerfarbenem Staub auf. Während sich der schwere Sand bald setzte, trug der Wind den leichten Staub in die Senken zwischen den Mittelgebirgen. Dort wurde er zu Löss.

Löss besteht aus gleichmäßigem, äußerst feinem, von Kalkbruchstücken durchsetztem Quarzstaub. Die eiszeitlichen Lössablagerungen waren eine natürliche Mineraldünung. Lössdecken haben eine Mächtigkeit von zwei Metern bis zu weit über 100 Metern. Solche Decken entstanden rund um den Kaiserstuhlvulkan am Oberrhein, in den Senken der Kölner Bucht und Mitteleutschlands, in Nischen um Harz und Weserbergland, im Umland von Hannover, im Kraichgau und in



Vom Eis geformt – der Ammersee

ZUNGENBECKENSEEN

Die Gletscher haben auch entscheidend zum Entstehen von Seen beigetragen. Während sie vorrückten, schoben sich Moränen auf, staute sich Sandablagerungen, wurden Eisreste überfahren und verschüttet. Diese Eisreste gruben sich tief in die Landschaft ein und formten U-förmige Täler, die Gletscherzungabecken. Einige von ihnen füllten sich später mit Wasser. In Norddeutschland entstanden auf diese Weise der Tollensee, der Scharmützelsee sowie der Schweriner und der Ratzeburger See. Zungenbeckenseen sind auch der in Alpennähe liegende Zürichsee, der Bodensee, der Starnberger See und der Ammersee.



Das Toteisloch Langenweiler See in Oberschwaben

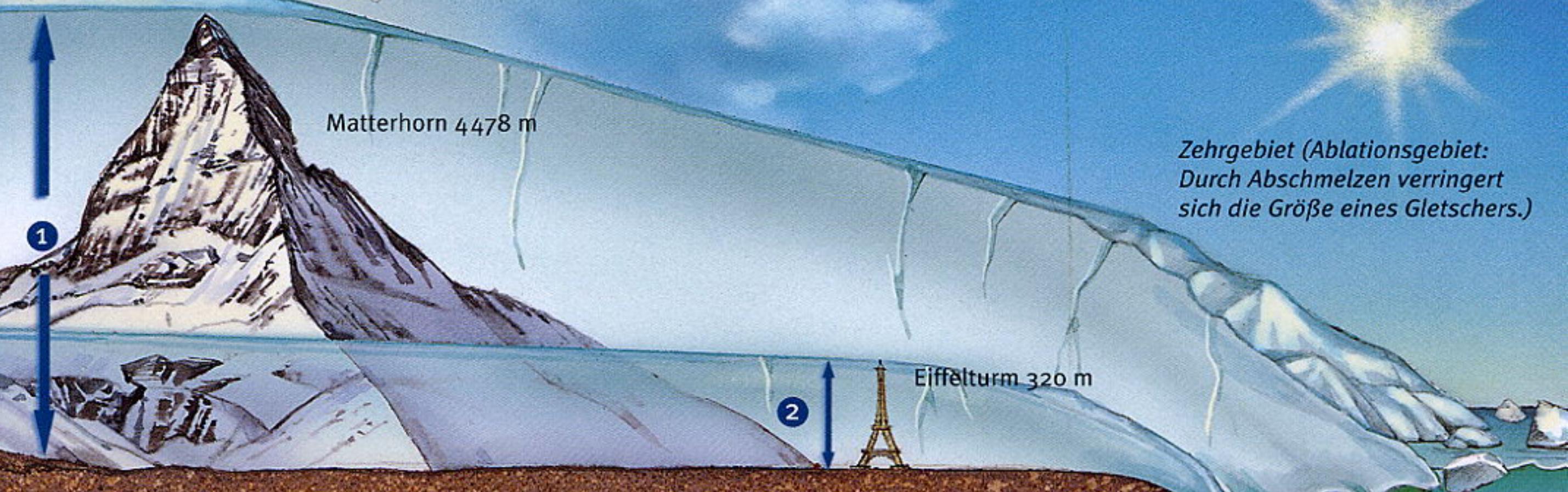
TOTEIS

Beim Rückzug der Gletscher wurden immer wieder kleinere und größere Eisreste abgetrennt. Sie blieben in Senken zurück. Die so genannten Tot-eisblöcke wurden von Sedimenten überlagert. Das Eis schmolz nur sehr langsam; manchmal dauerte es Jahrhunderte. Nach dem Abschmelzen blieben runde, trichterförmige Becken zurück. Sie sind heute mit Grundwasser aufgefüllt. Die Tiefe dieser Seen reicht von etwa fünf Metern bis über 30 Meter.

1 Die eiszeitlichen Gletscher waren groß genug, um Berge von der Höhe des Matterhorns unter sich zu begraben. Die Gletscher Skandinaviens erreichten eine Höhe von 3000 bis 5000 Metern.

2 Die Gletscherdecken Norddeutschlands waren 300 bis 500 Meter mächtig.

Nährgebiet (Akkumulationsgebiet: Neuschnee führt zum Anwachsen eines Gletschers.)



Niederbayern. Während der Eiszeiten wurden mehr als drei Millionen Quadratkilometer in Europa, Asien und Nordamerika von Löss bedeckt. Im Mittleren Westen der USA wurde er zum fruchtbaren und leicht bebau-baren Erdboden des amerikanischen Weizengürtels, dem größten Getreideanbaugebiet der Welt.

Zum größten Eisvorstoß während

Hat das Abschmelzen des Eises noch heute Folgen?

der letzten Eiszeit in Europa kam es vor etwa 20 000 Jahren. Danach begann der langsame

Rückzug der Eismassen nach Skandinavien, wo sie schließlich in mehrere Teile zerfielen und abschmolzen. Seither hebt sich Skandinavien, nun um das unvorstellbare Gewicht des Eises leichter, um vier bis elf Zentimeter pro Jahr. Auch in Nordamerika reagiert das Land immer noch auf den Verlust der mächtigen Eispanzer. So hebt sich das Land um den Lake Superior um 37 Zentimeter pro Jahrhundert. Gar um einen Meter pro Jahrhundert steigt die Landmasse um die einst stark vergletscherte Hudson-Bay an.

Eine gegenteilige Entwicklung beobachten Forscher in England: Die Südhälfte der Insel sinkt pro

Jahrhundert fast 30 Zentimeter ab. Auch hier ist die Ursache das einst kilometerdicke Eis. Es bedeckte noch



Um London vor Überschwemmungen zu schützen, wurde die Themse-Flutsperrre errichtet.

vor etwa 18 000 Jahren den Norden Großbritanniens und drückte die Erdkruste rund 450 Meter tief ein. Das halbflüssige Gestein in tieferen Schichten wurde nach Süden abgedrängt. Es hob die Erdkruste unter dem eisfreien Teil der Insel um rund 30 Meter. Beim Abschmelzen des Eises vollzog sich der umgekehrte Vorgang: Die Erdkruste und das verschobene Gesteinsmaterial des Erdmantels nahmen ihre früheren Positionen wieder ein. Das Absinken ist auch einer der Gründe, weshalb das Themse-Gebiet bei Jahrhundertsturmfluten zunehmend gefährdet ist.

Pflanzen und Tiere der Eiszeit

Vor etwa 13 000 Jahren, vermutlich an einem Tag im Frühsommer, begann in der Osteifel die Erde zu bebren.

Der Boden riss auf, es donnerte und grollte, und eine dunkle Säule aus Rauch und Feuer stieg empor. In großer Höhe breitete sie sich als tief-schwarze Wolke über den Himmel aus. Die Sonne verschwand, und ein Regen aus Asche und Bims ging über der Eifel nieder.

Die Eruption (der Ausbruch) des Laacher-See-Vulkans, um die es sich hier handelt, war die gewaltigste spätquartäre Vulkanexplosion in Mitteleuropa. Sechs Kubikkilometer vulkanisches Gestein wurden bis

über 30 Kilometer hoch in die Atmosphäre geschleudert. Das Klima kühlte sich für einige Jahre ab, weil vulkanisches Material in der Atmosphäre den Erdball umkreiste. Die einzelnen Ausbruchsphasen waren von längeren Pausen unterbrochen. Als die Magmakammer nach zehn Tagen endlich weitgehend entleert war, brach die Decke darüber ein. Ein weiträumiges Becken entstand. In ihm liegt heute der Laacher See.

Während des Vulkanausbruchs wurde nicht nur Material in die Höhe geschleudert, sondern auch seitlich aus dem Krater herausgedrückt. Es raste als Glutlawine über den Erdboden. Ihre Ablagerungen Tuff und Trass sowie Bims, Asche und Britz, ein Gemisch aus beidem, bedeckten schließlich die Gelände-

DIE KÄLTESTEPPE

war von einer dichten Pflanzendecke überzogen. Forscher nennen für den reichen Bewuchs mit Kräutern, Gräsern, Farnen, Moosen, Büschen und Zwergräuchern vor allem diesen Grund: Ist der Boden selbst im Hochsommer ab einer Tiefe von fünfzig Zentimetern gefroren, werden die wertvollen Nährstoffe weder ins Grundwasser noch in tiefere Erdschichten abgegeben – alles bleibt der Vegetation erhalten.

Funde rund um den Laacher-See-Vulkan:

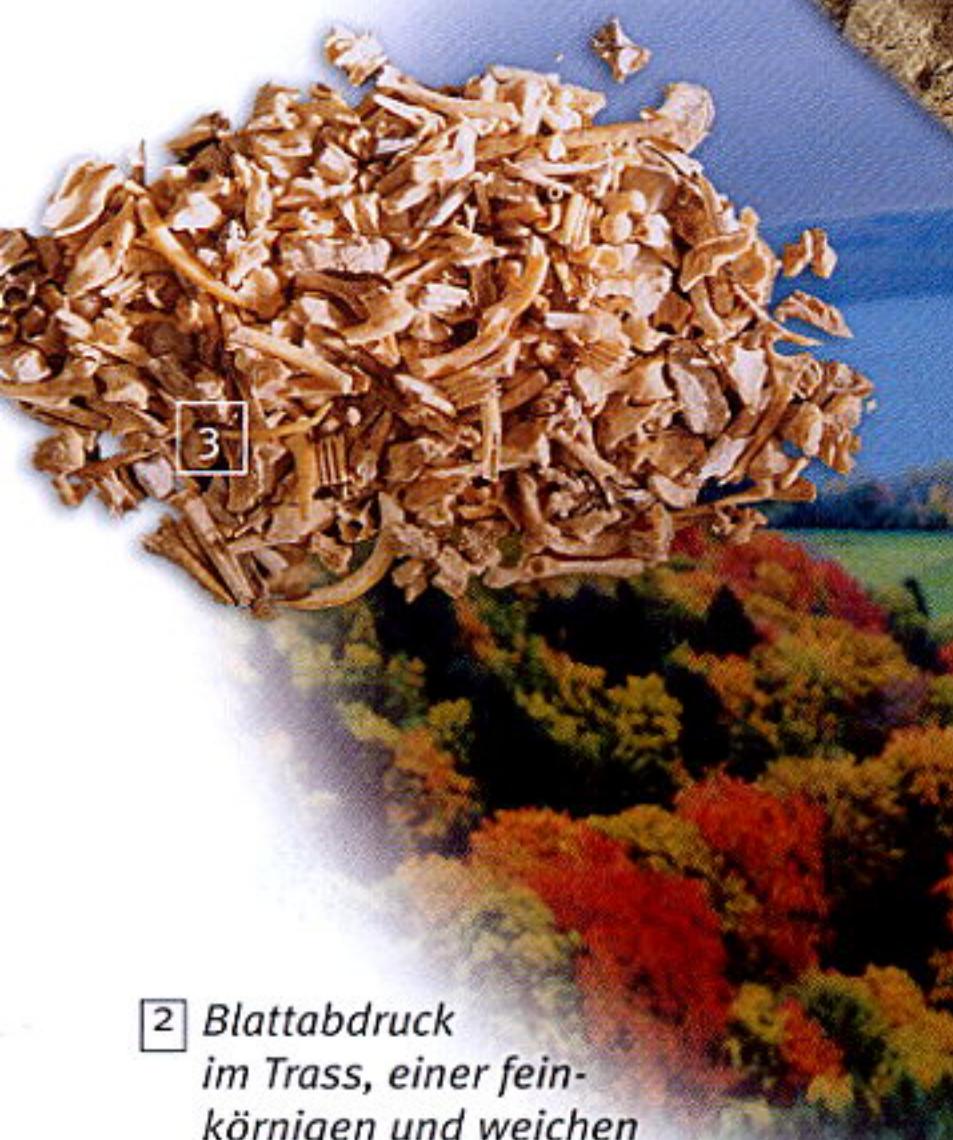
1 Jagdbeutereste zeigen die Nutzung von Knochenmark: Man erkennt die Bearbeitungsspuren, die beim Aufbrechen der Knochen entstanden.



2 Blattabdruck im Trass, einer feinkörnigen und weichen vulkanischen Asche



3 Knochen von Nagetieren



4 Geweih eines Elches. Es ist so gut erhalten, weil es direkt unter dem Bims lag.



5 Trittspuren eines Braunbären. Sie befinden sich auf einer Ascheschicht und wurden zum besseren Erkennen mit einem dunklen Sediment ausgefüllt.



6 Bimsprofil. Die hellen Schichten bestehen aus Bims, die dunkleren aus Britz, einem Gemisch aus Bims und Asche.





oberfläche. Sie versiegelten sie mit-
samt ihren Pflanzen und Kleintieren,
aber auch mit den Spuren dort leben-
der Menschen. Der Vulkanausbruch
am Mittelrhein hinterließ uns so
eine einmalige Momentaufnahme
der Zeit vor 13 000 Jahren.

Der Ausbruch des Laacher-See-

Welche Pflanzen und Tiere gab es in Mitteleuropa?

Vulkans ereig-
nete sich in der
ausklingenden
Weichsel-Kalt-
zeit. Damals
herrschte in
Mitteleuropa ein feucht-kühles Klima.
Das Laacher-See-Gebiet war vor
dem Vulkanausbruch von einer
dicken Lössschicht bedeckt. Auf ihr
hatte sich Humus gebildet. Er schuf
die Voraussetzungen für einen lich-
ten, mit Traubenkirschen und Zitter-
pappeln durchsetzten Birken-Kie-
fern-Wald. An feuchten Stellen
wuchsen auch Weiden im dichten
Unterholz.

Obwohl der heiße Aschestrom die
Vegetationsreste mehr oder weniger
verkohlte, sind sie mit allen Details
der Rinden und Blätter als Abdrücke
erhalten. Selbst Blüten, etwa von der
Butterblume, sind mit deutlichen
Strukturen ihrer Blätter überliefert.

Ihr Entwick-
lungsstand lässt
Wissenschaftler
auf die Jahres-
zeit des Aus-
bruchs schließen.
Unter dem Bims
wurden nicht nur
Schneckenscha-
len, Käferreste
sowie Knochen und Zähne kleiner
Säugetiere, sondern auch abgewor-
fene Geweihtangen von Hirsch und
Elch gefunden. Selbst Trittspuren
von Vierbeinern (Bär, Pferd, Hirsch-

kuh mit Kalb) und Auerhahn kön-
nen in der vulkanischen Asche über
weite Strecken verfolgt werden.

Fast alle am Mittelrhein gefun-
denen Tierknochen (u. a. Reh, Wild-
schwein, Steinbock und Gämse, vor
allem auch Hirsch, Elch und Auer-
ochse) sind Jagdbeutereste. Sie
stammen von den Siedlungsplätzen
der Menschen, die damals in kleinen
Gruppen lebten und sich nur kurz
an den einzelnen Plätzen aufhielten.
Am aussagekräftigsten sind die Fun-
de unter dem Bims des Neuwieder
Beckens – neben Tierknochen vor
allem Feuerstellen. Der Altsteinzeit-
mensch war Jäger und Sammler. Er
folgte den Tieren, die wohl Anzei-
chen des nahenden Vulkanausbruchs
spürten und flohen. So blieb es ihm
erspart, verschüttet zu werden.

Als sich in den Kälteperioden des

Wie veränderte die Eiszeit die Vegetation?

Quartärs die
Jahresdurch-
schnittstempe-
ratur in Mittel-
europa dem
Gefrierpunkt
näherte, wuchsen die Gletscher.
Wasser verwandelte sich in Eis – so
viel, dass der Meeresspiegel auf der
Erde um über 100 Meter absank. In
Mitteleuropa herrschte nicht nur
kaltes, sondern auch kontinentales
Klima. Die Kälte und die mit ihr ver-
bundene Trockenheit drängten alle
Wärme liebenden Pflanzenarten
weit nach Süden zurück. In Mittel-
europa starben die Wälder ab. Nur in
klimatisch begünstigten Regionen
Südfrankreichs konnten Bäume wei-
terhin existieren. Aber diese Kaltzeit-
Refugien waren eng begrenzt. Küs-
tennahe Mischwälder gab es nur in
Süditalien, auf den Mittelmeerinseln
und der südlichen Balkanhalbinsel.
Während der Eiszeiten hatte sich im

PERMAFROSTBODEN

**Von Perma- oder Dauerfrost-
boden spricht man, wenn der
Untergrund mit Ausnahme der
oberflächlichen sommerlichen
Auftauzone über längere Zeit,
mindestens zwei Jahre, durch-
gängig Minus-Temperaturen
aufweist. Große Permafrost-
gebiete befinden sich heute
noch in Sibirien und Alaska.
Sie entstanden während des
Eiszeitalters und breiteten
sich während der Kaltzeiten
bis nach Mittel- und Westeu-
ropa aus. In Permafrostgebieten
ist die vorgeschichtliche Fauna
und Flora vorzüglich konser-
viert.**



Querschnitt durch Permafrost-
boden in der Tundra: Nur wenig
unterhalb der Oberfläche ist
der Boden vollständig gefro-
ren.

Im Hintergrund: Wollgras

Vorfeld des Inlandeises eine Trockensteppe mit vielen Arten von Gräsern, Zwergsträuchern und Büschen entwickelt. Diese Kältesteppe erstreckte sich in einem breiten Gürtel vom Atlantik bis zum Ural. In Nordamerika lag der Tundrengürtel weiter südlich als heute, etwa auf der geografischen Breite New Yorks. An der Atlantikküste lösten Fichten- und Kiefernwälder die Tundra ab. Der Nadelwald dehnte sich westlich der Appalachen bis nach North und South Dakota aus.

Im Tertiär herrschte in Mitteleuropa subtropisches Klima. Eine üppige Vegetation gedieh. Neben unseren heutigen Laubbäumen wuchsen damals auch in Deutschland Feigen-, Zimt- und Lorbeeräume. Mit den ersten ausgedehnten Kälteperioden des beginnenden Eiszeitalters verging im Gebiet nördlich der Alpen alle Pracht der Wälder mit ihrer Artenfülle. Schließlich war Mitteleuropa nahezu

Welche Pflanzen vertrieb die Eiszeit aus Mitteleuropa?

waldfrei: Die große Vereisungswelle hatte alle Klima- und Vegetationsgürtel über die Alpen nach Süden „geschoben“. Dort, wo es keine Gletscher gab, erstreckte sich eine Kältesteppe.

Wenn es wärmer wurde und das Eis schmolz, bekamen die Pflanzen die Chance, wieder nordwärts zu wandern und ihre angestammten Plätze zu besiedeln. Das darf man natürlich nicht wörtlich nehmen, denn die Früchte und Samen gelangen entweder mit dem Wind oder mit Tieren in andere Regionen. Das war aber alles andere als einfach, da die Alpen wie ein Riegel quer über dem „Wanderweg“ lagen.

Immer mehr Pflanzen, die mehrfach von Kälte und Eis verdrängt worden waren, kehrten in den Warmzeiten nicht mehr nach Mitteleuropa zurück. Als Erste blieben gleich nach einer frühen Kaltzeit Ölweide und Amberbaum auf der „Strecke“. Esskastanie, Jungfernrebe und Magnolie folgten ihnen, später Mammutbaum und Hopfenbuche. Nach einer weiteren Eiszeit kamen Hemlocktanne sowie Flügel- und

MAMMUTBAUM

Der höchste Nadelbaum der Erde ist mit einer Höhe von über 110 Metern der in den USA beheimatete Küstenmammutbaum (*Sequoia sempervirens*). Noch im Tertiär gab es ihn auch bei uns. Daran erinnert ein 3,30 Meter dicker fossiler Mammutbaumstumpf. Er wurde im Lausitzer Tagebau

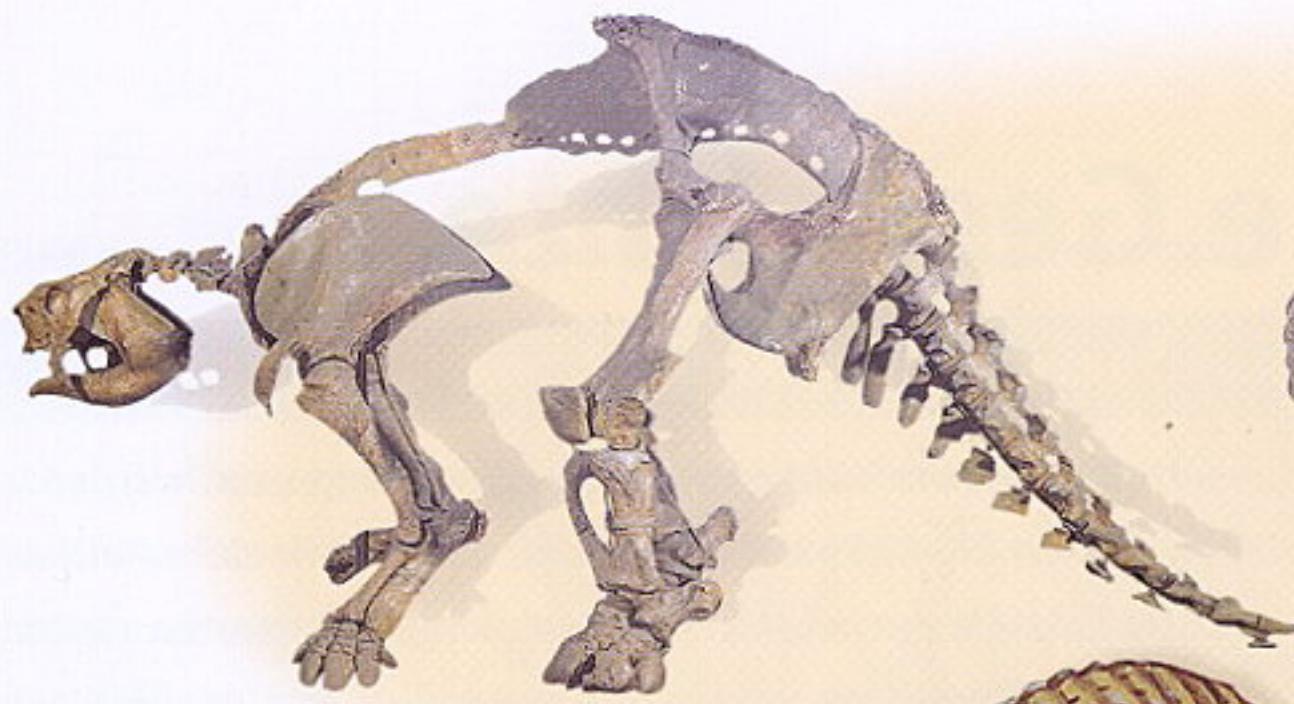


Klettwitz gefunden. Seit 1994 bewacht er das Eingangstor zum nachgestalteten Tertiärtwald im Spreeauenpark Cottbus. Zahlreiche Braunkohlelager in Deutschland bestehen vorwiegend aus den Resten dieser Bäume, die schon den Anfang des Eiszeitalters vor mehr als zwei Millionen Jahren nicht überlebten.



Während Eiche (1), Birke (2), Haselnuss (3) und Kiefer (4) in unseren Breiten noch heimisch sind, konnten Magnolie (5), Amber-

baum (6), Hickorybaum (7) und Hemlocktanne (8) die Barriere der Alpen nach immer neuen Kaltzeiten nicht mehr überwinden.



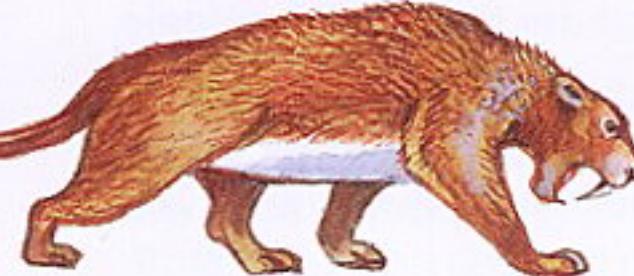
Manche Riesengürteltierarten hatten eine keulenartige Verdickung am Schwanzende, mit der sie sich wohl gegen Feinde verteidigten.

ZWERGRASSEN

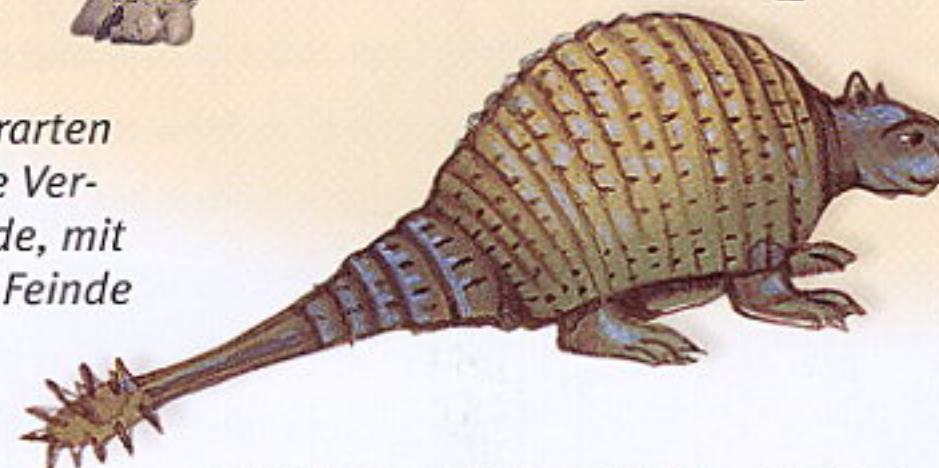
Gelegentlich erwies sich die große Körpermasse mancher Tiere als Nachteil. Das geschah gewöhnlich dann, wenn der Meeresspiegel beim Abschmelzen des Eises wieder anstieg und einstige Landzungen zu Inseln wurden. Auf ihnen saßen die Tiere nun gefangen. Weil die Nahrung begrenzt war, entwickelten sich – wo räuberisch lebende Tiere fehlten – Zergformen von Mammuts, Elefanten, Flusspferden und auch vom Riesenfaultier.



Unterkiefer eines neugeborenen sizilianischen Zwergelefanten neben einer Streichholzschatzschale



Säbelzahnkatze, Nord- und Südamerika



Skelett eines Riesengürteltiers (*Glyptodon*) mit Knochenpanzerung

Hickorynuss nicht mehr zu uns zurück. Die Klimaschwankungen haben neben Tannen, Fichten und Kiefern vor allem auch Erlen, Birken, Haselnuss, Ulmen, Linden, Weiden und Eichen überdauert.

In Nordamerika und Ostasien besteht keine den Alpen ähnliche Barriere. Deshalb fanden hier auch die meisten Pflanzen, die von der eiszeitlichen Kälte vertrieben worden waren, zu Beginn der Warmzeiten wieder nach Norden zurück.

Der mehrfache Wechsel zwischen kalt und warm setzte alle Tiere unter großen Druck: Wer überleben wollte, musste sich anpassen. Interessanterweise förderte die wiederkehrende Kälte das Überleben der größten Geschöpfe:

Wieso war die Eiszeit eine Welt der Riesen?

Riesen Tiere können Wärme besser speichern als kleine, da die Oberfläche ihres Körpers, an der Wärme verloren geht, im Vergleich zum gesamten Körper kleiner ist. Den gleichen Effekt erzielen die kleineren Ohren und Gliedmaßen dieser Tiere.

Große Tiere können Wärme besser speichern als kleine, da die Oberfläche ihres Körpers, an der Wärme verloren geht, im Vergleich zum gesamten Körper kleiner ist. Den gleichen Effekt erzielen die kleineren Ohren und Gliedmaßen dieser Tiere.

In der Welt der Riesen beeindruckte das drei Meter hohe australische Känguru ebenso wie ein nordamerikanischer Biber von der Größe eines Schwarzbären. Um ein Drittel größer als seine heutigen Verwandten war der über ganz Europa verbreitete Höhlenlöwe, in Florida lebte ein nahezu zwei Meter langes Riesengürteltier, und die kälteresistenten Taiga-Elche im Norden Amerikas sind noch heute größer als ihre europäischen Artverwandten. Am größten aber war das nordamerikanische Riesenfaultier, das eine Höhe von sechs Metern erreichte.

Riesenfaultier, Nordamerika



Nordamerikanisches Mammut



Mensch



Riesen-känguru, Australien

Ein Blick in die Geschichte

Woher wissen wir eigentlich, welche Pflanze wo gelebt hat?

WAS IST EINE POLLENANALYSE?

Auskunft darüber gibt die Palynologie, die Pollenanalyse. Pollen enthalten das männliche Erbgut der Samenpflanzen und werden durch Insekten oder den Wind übertragen. Sie bringen für die Rekonstruktion der Vegetation vergangener Zeiten zwei wichtige Eigenschaften mit: Erstens haben die von verschiedenen Pflanzen gebildeten Pollen jeweils eigene, charakteristische Formen. Sie lassen sich also recht gut zuordnen. Zweitens können Pollenkörper abgestorbener Pflanzen unter Sauerstoffabschluss – in Torf, Schlamm oder Lehm – über Millionen von Jahren erhalten bleiben. Darüber hinaus sind sie in den Darminhalten und Kotballen von Säugetieren zu finden.

Probeentnahmen aus einem bestimmten Gebiet gewinnt man durch Bohrungen. Die Analyse der Bohrproben wird in Pollenspektren dargestellt. Sie erlaubt bei bekanntem Alter der Schichten Aussagen über die Vegetation in der Gegend der Ablagerung zur jeweiligen

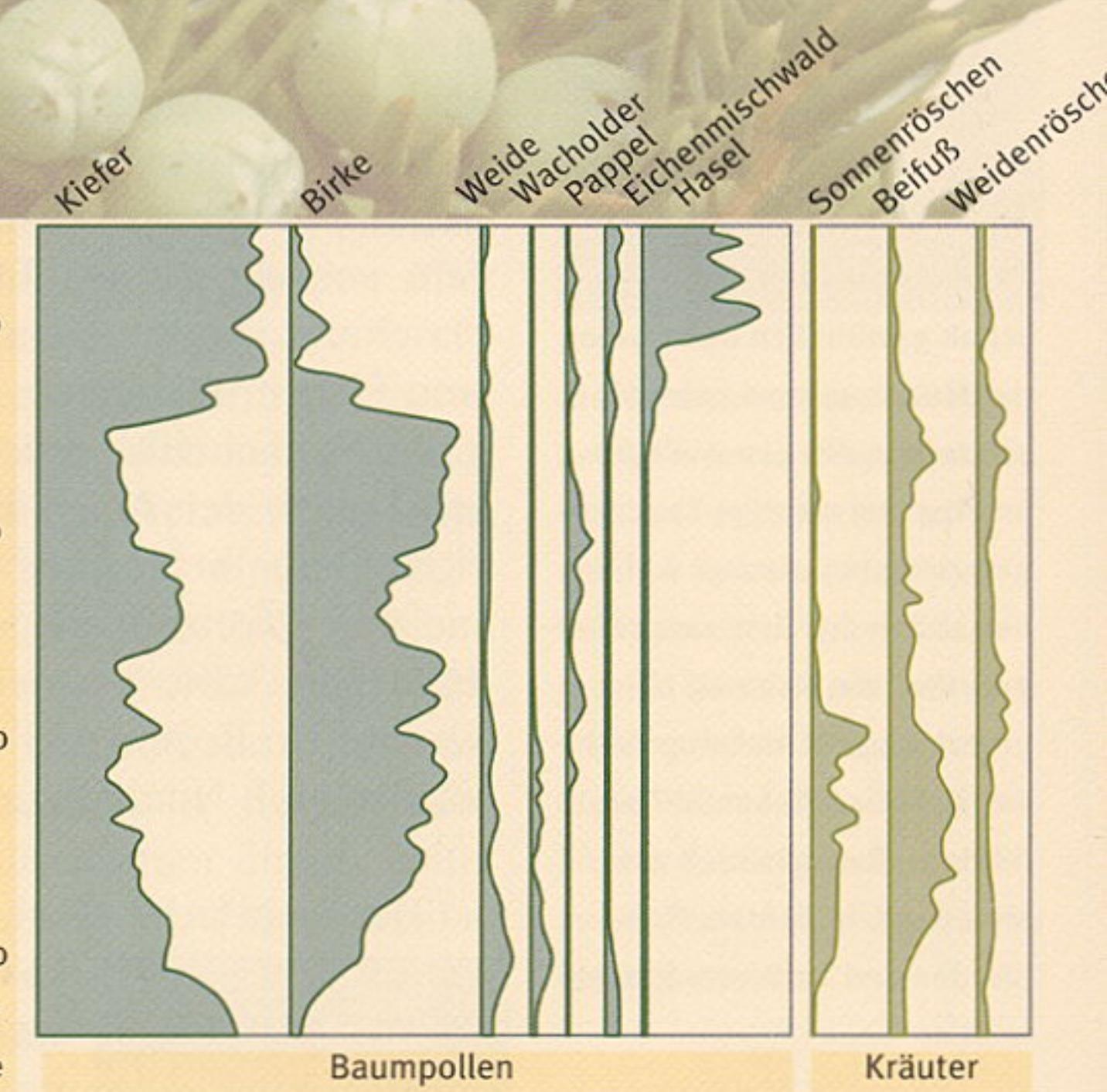
Haselpollen

Pollendiagramme zeigen, dass die Natur einem steten Wandel unterworfen ist. Pflanzenarten werden häufiger und seltener. Auch klimatische Änderungen lassen sich aus einem solchen Diagramm herauslesen. So weisen in diesem Diagramm die schlagartig verstärkten Pollenvorkommen der Wärme liebenden Hasel in der Zeit vor 9300 Jahren auf die Bildung größerer Bestände und somit auf steigende Temperaturen hin.



Zeit. Allerdings darf die Häufigkeit gefundener Pollen nicht unmittelbar mit der Häufigkeit einer Art gleichgesetzt werden. So produziert die Birke beispielsweise wesentlich mehr Pollen pro Blüte als die Buche. Auch können einige Pollenarten weiter vom Wind weggetragen werden als andere.

Die Pollenspektren vieler aufeinander folgender Schichten werden in Pollendiagrammen zusammengefasst. Pollendiagramme informieren über die Vegetationsgeschichte eines Gebietes.



Eine weitere Methode zur Altersbestimmung ist die Dendro-

WAS KANN DIE DENDROCHRONOLOGIE?

chronologie, die Baumringdatierung. Sie dient auch dazu, die Radiokarbonatierungen zu eichen. Erst die Kombination beider Methoden ermöglicht sehr genaue Datierungen. Baumstämme, das ist bekannt, setzen jedes Jahr einen neuen Wachstumsring an. Die Breite dieser Ringe hängt bei jedem Baum von individuellen Faktoren sowie von den Umweltbedingungen ab: In kalten und trockenen Jahren entstehen schmale, in warmen und feuchten dagegen breite Ringe.



Ihre Abfolge ist wie ein unverwechselbarer Fingerabdruck der Zeit, in der sie sich gebildet haben. Aus dem Vergleich der Jahresringe frisch geschlagener Bäume mit dem Jahresringmuster älterer Bäume, die ihrerseits mit noch älteren verglichen werden, ergibt sich ein überlappendes Muster von Jahresringen, die so genannte Jahrringschronologie.

Die Anbindung immer älterer Jahresringabfolgen lässt eine Kurve entstehen, die über Jahrtausende zurückreicht, mittlerweile bis gegen Ende der letzten Eiszeit. Der dann einsetzende Mangel geeigneter Hölzer setzt der Dendrochronologie nach unten allerdings Grenzen.

Jahresringe im Querschnitt eines Baumstamms

Eine der gebräuchlichsten Methoden, das genaue Alter organi-

WORAUF BERUHT DIE RADIOKARBONDATIERUNG?

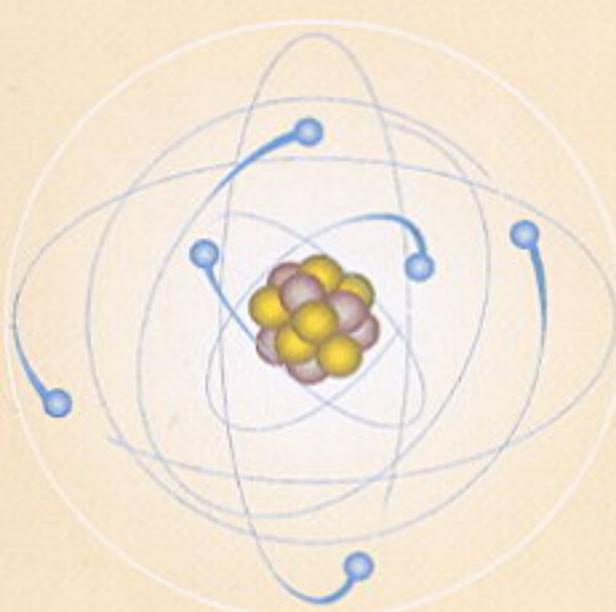
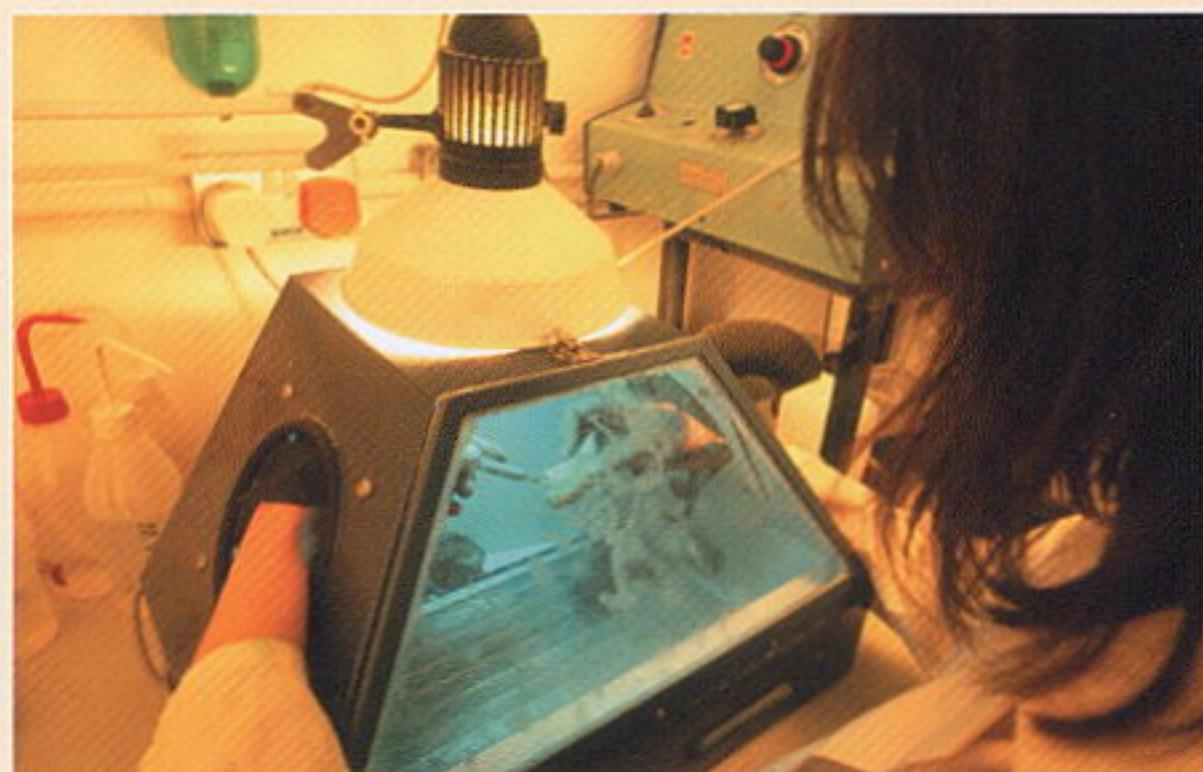
scher Stoffe zu bestimmen, ist die Radiokarbonatierung. Sie beruht auf der Tatsache, dass alle Lebewesen während ihres Lebens winzige Mengen eines natürlichen radioaktiven Isotops des Kohlenstoffs, Kohlenstoff-14 (auch C-14), aufnehmen und speichern. Stirbt ein Organismus, zerfällt in einer bestimmten Zeitspanne jeweils die Hälfte der C-14-Isotope. Diese so genannte Halbwertszeit beträgt etwa 5730 Jahre, danach ist nur noch die Hälfte des ursprünglichen C-14-Gehalts in dem Organismus vorhanden. Nach weiteren 5730 Jahren hat sich die Menge des C-14-Isotops um drei Viertel verringert, nach wiederum derselben Spanne um sieben Achtel und so fort. Diese Zerfallsrate bietet die Möglichkeit, einen bis zu 40 000

Jahre alten Fund zuverlässig zu datieren – danach wird der Gehalt an radioaktivem Kohlenstoff zu gering, um ihn genau messen zu können.

Die vor über fünfzig Jahren eingeführte Radiokarbonmethode ging zunächst davon aus, dass der C-14-Gehalt der Atmosphäre ständig konstant ist. Das war ein Irrtum. Deshalb hat man Korrekturfaktoren eingeführt. Danach entspricht ein Radiokarbondatum von 2000 v. Chr. etwa dem Kalenderjahr 2350 v. Chr. Die Abweichungen schwanken von Zeitabschnitt zu Zeitabschnitt.

Für sehr alte Proben ist die zeitliche Ungenauigkeit und damit der notwendige Korrekturwert nicht bekannt.

Eine Wissenschaftlerin bereitet eine Probe eines Mammutzahns für die Radiokarbonatierung vor.

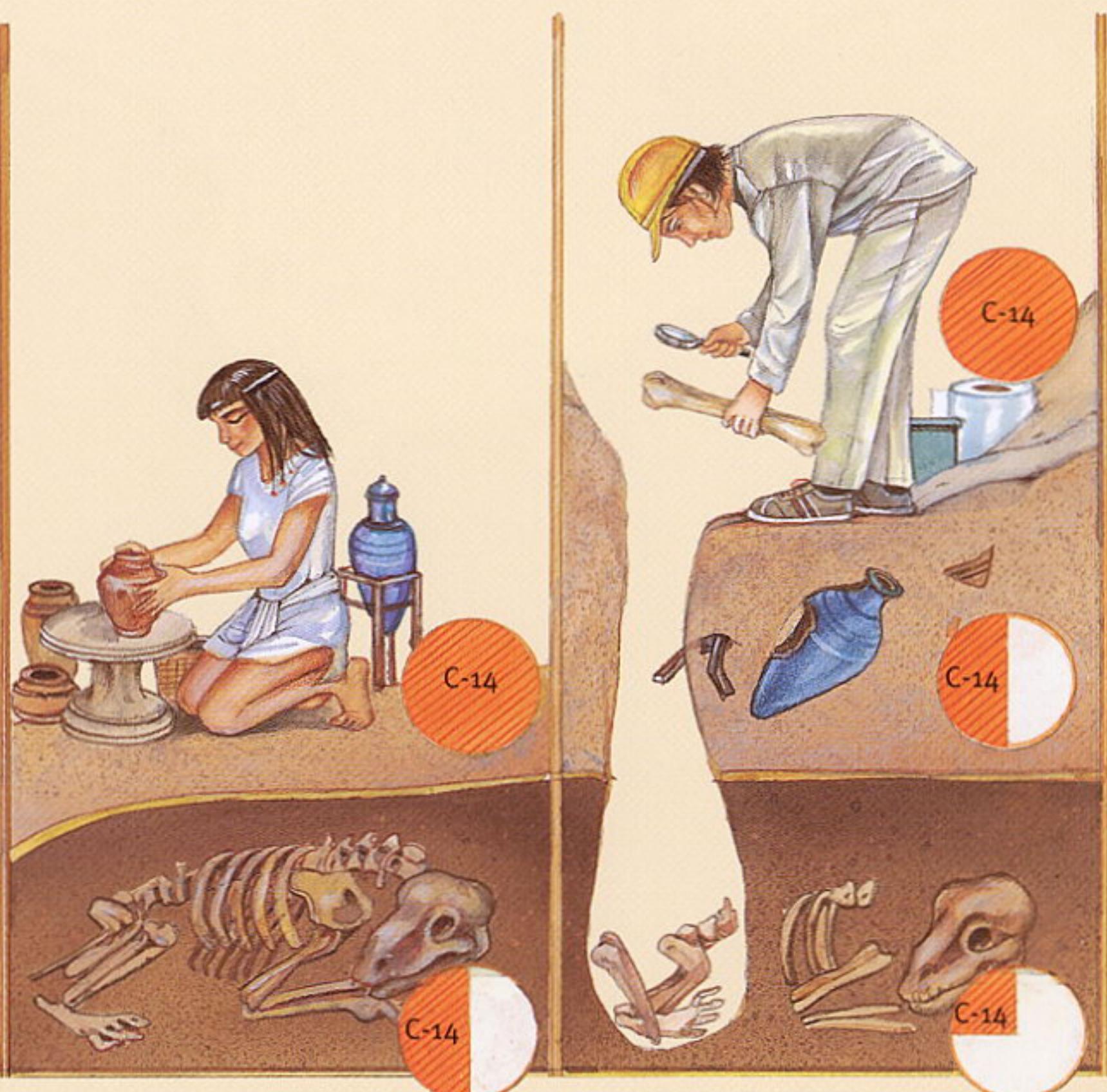


C-14-Molekül
(Modell)



Vor 11460 Jahren

Nach ihrem Tod nehmen Lebewesen, wie dieser Höhlenbär aus der letzten Eiszeit, kein C-14 mehr auf und der Zerfall der Moleküle beginnt.



Vor 5730 Jahren

Nach etwa 5730 Jahren ist in den Skelettresten des Höhlenbären nur noch die Hälfte der ursprünglichen Menge an C-14 messbar.

Heute

Nach weiteren 5730 Jahren enthalten die Knochen des Bären nur noch ein Viertel des ursprünglichen C-14-Gehalts. Wissenschaftler können sein Alter datieren.

Die klimatischen Veränderungen

Welche Tiere wanderten mit dem Eis bei uns ein?

Nahrungskette folgten die Tiere den kalt- oder warmzeitlichen Pflanzen. Die Interglaziale waren in der Regel so wie unsere jetzige Warmzeit – mit der gleichen Tierwelt. Einige heute subtropische Tiere lebten damals allerdings in kühlerem Klima.

In den Kaltzeiten war im mittleren und nordwestlichen Europa eine eiszeitliche Steppenfauna verbreitet, mit Mammut, Rentier, Wollnashorn,

Moschusochse, Steppen-Wisent, Riesenhirsch und Wildpferd. Mehrfach wurde für diese Zeiten auch der eiszeitliche Esel und für besonders trockene Phasen die Saiga-Antilope nachgewiesen.

Die kaltzeitliche Steppe – mit ihrer dichten Pflanzendecke am ehesten mit den Steppen Mittelasiens zu vergleichen – bot den friedlichen Pflanzenfressern reichlich Nahrung. Ihnen folgten Raubtiere, vor allem der Höhlenlöwe, die Höhlenhyäne, der Wolf und der Eisfuchs. Ein typisches Tier dieser Zeit ist auch der Höhlenbär – ein Raubtier, das sich jedoch vorwiegend von Pflanzen ernährte.

Die Mammusteppen boten vielen Lebewesen Platz und Nahrung. Heute gibt es keine vergleichbaren Landschaften mehr. Im kühlen und trockenen Klima konnten Bäume meist nur an Flussläufen gedeihen, wo ihre Wurzeln ausreichend Wasser aufnehmen konnten. In der weiten Mammusteppe gedeihen jedoch viele Arten von Gräsern, Kräutern, Blumen und Büschen. Im Sommer war es tagsüber oft sehr warm und nachts bitterkalt. Die Pflanzen und Tiere mussten also hohe Temperaturschwankungen ertragen können.



- 1 Riesenhirsch
 - 2 Wollnashorn
 - 3 Mammut (*Mammuthus primigenius*)
 - 4 Schneeeule
 - 5 Rentier
 - 6 Polarfuchs
 - 7 Moschusochse
 - 8 Höhlenlöwe
 - 9 Wildpferd
 - 10 Murmeltier
 - 11 Lemming
 - 12 Wolf
 - 13 Wisente
 - 14 Schneegänse
- Typische Bewohner der Mammusteppe waren auch Saiga-Antilope, Pfeifhase und Höhlenhyäne (nicht abgebildet).

Irgendwann vor mehr als 35 000 Jahren, in der Mitte der Weichsel-Kaltzeit, wäre es am Ufer des Flüsschens Emscher bei Bottrop beinahe zu einer dramatischen Begegnung gekommen.

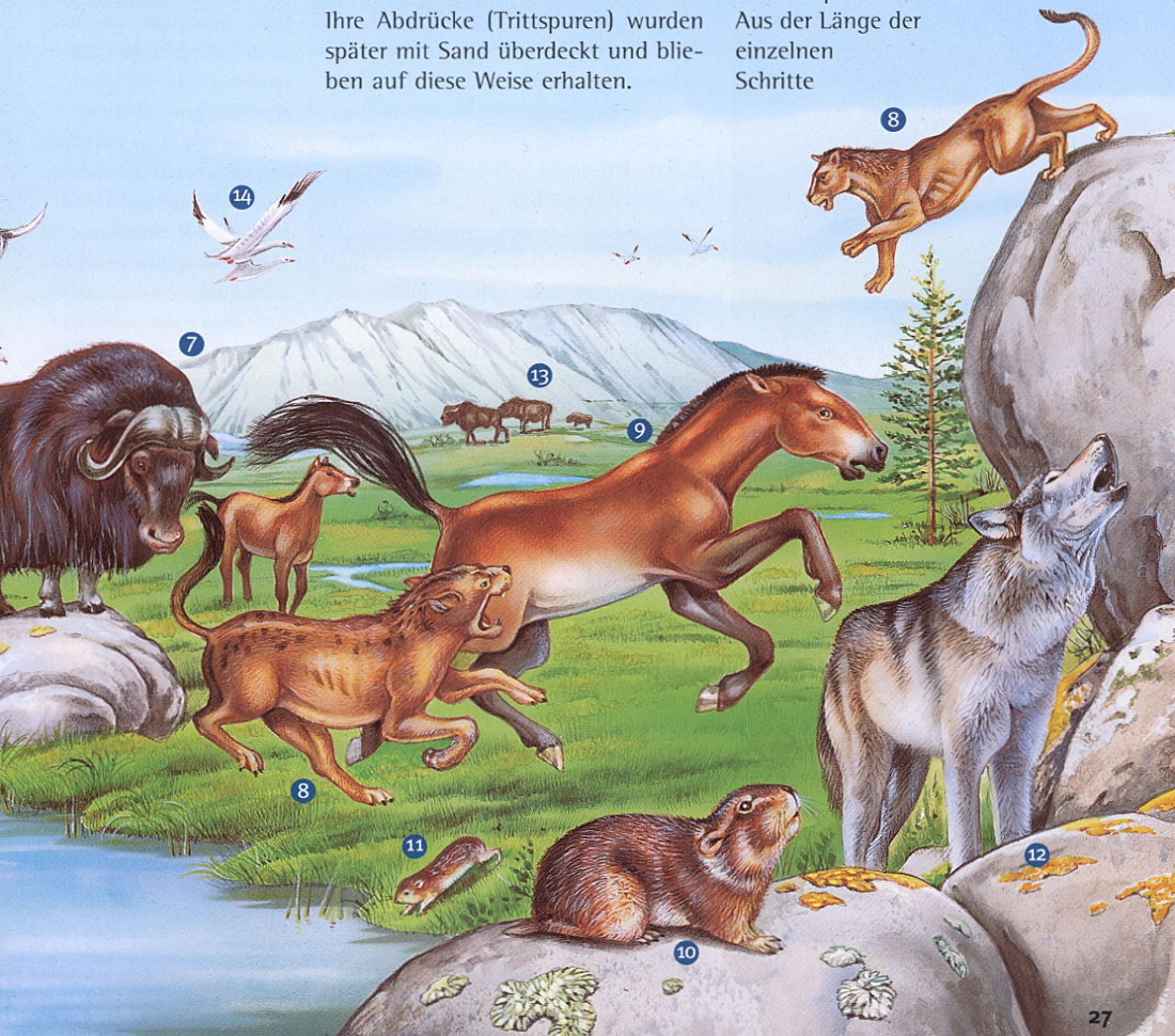
Was zeigt die Fährtenplatte von Bottrop?

Rentiere hatten sich auf einer nahe des Wasserlaufes gelegenen Schlickbank aufgehalten, als wenig später ein Wolf und kurz darauf ein Höhlenlöwe die Szene kreuzten. Die Raubtiere blieben aber ohne Beute, denn die Rentiere hatten die Schlickbank bereits wieder verlassen. Ihre Abdrücke (Trittspuren) wurden später mit Sand überdeckt und blieben auf diese Weise erhalten.

1992 wurde ebendiese Schlickbank auf einer Großbaustelle unweit der Emscher freigelegt. Man entdeckte die Fährten und stellte fest, dass sie eine typische Szene aus der Mammusteppe der Mittel-Weichselzeit wiedergeben: Neben den Fährten der Rentiere, des Löwen und des Wolfes erkannten die Wissenschaftler auch die Trittspuren anderer großer Tiere wie Pferd und Bison. Hinzu kommt noch ein Wasservogel.

Die Fährtenplatte im Emschertal ist ein für Europa einzigartiges erdgeschichtliches Dokument. Allein der Weg des Höhlenlöwen ist mit über 30 Trittspuren markiert.

Aus der Länge der einzelnen Schritte



schlossen die Wissenschaftler, dass das Raubtier geruhsam seines Weges zog. Die Szenenfolge belegt, dass Löwe und Rentier in der Mitte der letzten Eiszeit im gleichen Biotop lebten. Vom Originalfund der Fährtenplatte wurde ein etwa 150 Quadratmeter großer Abguss gemacht. Ein Teil davon ist im Museum Quadrat in Bottrop ausgestellt.



Ein Wissenschaftler untersucht die eiszeitlichen Trittspuren bei Bottrop (März 1992).

Abdrücke und Überreste vorgeschichtlicher und urgeschichtlicher Lebewesen finden sich nicht überall. Es müssen schon bestimmte Bedingungen erfüllt sein, damit Teile, vielleicht sogar ganze Lebewesen, erhalten bleiben. Da Knochen vor allem aus Kalk bestehen, müssen sie in ein kalkhaltiges Sediment eingeschlossen sein – ansonsten nimmt das Sediment den Kalk auf und zerstört die Knochen.

Reste eiszeitlicher Säugetiere entdeckt man häufig in den Ablagerungen großer Flüsse – vorausgesetzt,

deren Sande sind etwas kalkhaltig. Dann hat das oft saure Grundwasser die Knochen nicht bereits aufgelöst. Die in den Sandablagerungen eingebetteten Knochen kommen vor allem in Sand- und Kiesgruben wieder ans Tageslicht.

Auch der während der Kaltzeiten durch Staubstürme angewehte Löss birgt zahlreiche Überreste eiszeitlicher Tiere. Weil der Löss meist kalkhaltig ist, bleiben die eingeschlossenen Knochen in der Regel gut erhalten.

Sind die Sedimente nicht zu sauer, finden sich auch in Seeablagerungen häufig Fossilien, oft Sammlungen angeschwemmter Knochen vieler Tiere. Fehlende oder nur geringe Strömung bewirkte, dass die Knochen manchmal in anatomischem Zusammenhang eingebettet wurden. Das trifft auch auf die Toteislöcher zu, aus denen man schon eindrucksvolle Skelette geborgen hat.

Bekannte Fundstellen für eiszeitliche Säugetiere sind auch die Höhlen der Karstgebiete. Der oft kalkhaltige Höhlenlehm hat die Knochen zumeist hervorragend versteinern lassen. Einige Tierarten hielten in den Höhlen ihren Winterschlaf. Andere suchten darin Schutz vor Feinden oder vor Witterungseinflüssen und sind dort auf natürliche Weise verendet.

Vollständige Tiere – außer den Knochen also auch Muskeln, Haut und Haare – wurden bisher vor allem im vereisten Boden Sibiriens und Alaskas gefunden. Ihre Kadaver sind seit der letzten Kaltzeit eingefroren. Sie werden freigesetzt, wenn das Erdreich auftaut. Der Permafrostboden gab auch das aufregendste eiszeitliche Tier frei, das Mammut. Es ist von den ausgestorbenen Tieren das am besten erforschte.

Wo findet man Überreste eiszeitlicher Tiere?

FOSILien

(von lat. *fossilis* = „ausgegraben“) sind die aus vergangenen Erdzeitaltern erhalten gebliebenen Überreste oder Spuren einst lebender Pflanzen und Tiere. Überdauert haben beispielsweise Hartteile (wie Knochen und Schuppen), Abdrücke (von Körperteilen oder Trittspuren), Versteinerungen, Kohlebildungen und Einschlüsse in Harz oder Eis. Die häufigsten Fossilien sind Versteinerungen. Damit ein Lebewesen versteinern kann, muss es möglichst bald von Schlamm oder Sand überdeckt werden. Während der Kadaver verwest, werden die widerstandsfähigeren Teile wie Knochen und Zähne von Mineralien durchsetzt und dadurch konserviert. Zu Versteinerungen kann es auch kommen, wenn ein verwesender Organismus im umgebenden Gestein einen Hohlraum hinterlässt, der sich mit Mineralien füllt, so dass ein steinerner Abguss des Lebewesens zurückbleibt – der so genannte Steinkern.



Eiszeitliche Pferdefunde in der Sammlung des Instituts für Paläontologie, Bonn

Mitte: Eine Paläontologin legt Mammutknochen in Hot Springs (USA) frei. Vor etwa 26 000 Jahren starben hier viele Mammuts in einem wassergefüllten Krater mit glitschigen Seitenwänden.



Links: Blick in eine Höhlenbären-Höhle in Breitscheid-Erdbach, Hessen

Rechts: Bergung von Mammutknochen aus der Nordsee

RELATIV UND ABSOLUT

Man unterscheidet die relative und die absolute Datierung. Lässt sich die Erdschicht, in der ein Fossil liegt, einem bestimmten geologischen Zeitalter zuordnen, können die Wissenschaftler eine Aussage über das relative Alter des Fundes machen. Das relative Alter lässt sich auch mit Hilfe von Leitfossilien bestimmen – Fossilien, die typisch für eine bestimmte Epoche sind. Für eine genauere Einordnung ist eine absolute Datierung notwendig. Hierfür wird meist die radioaktive Strahlung gemessen.

Wie lebten Kälte liebende Säugetiere?

Wie das Mammut, so war auch das Wollnashorn gut an das raue Leben in der Kälte angepasst. Es hatte ein dichtes Fell – weshalb es oft auch Fellnashorn genannt wird – und zwei Hörner. Das vordere Horn wurde knapp einen Meter lang. Es diente als Waffe und als Schneeschaufel bei der Futtersuche. Der etwa drei Meter lange Grasfresser trug seinen mächtigen Kopf hängend.

Ein imponierendes Schaufelgeweih besaß der Riesenhirsch. Es erreichte eine Spannweite von vier Metern und ein Gewicht von über 40 Kilogramm. Die optimal ausbalancierten Geweihe wurden in erster Linie als optische Signale eingesetzt. Hob der Riesenhirsch seinen Kopf, dann wirkte das Schaufelgeweih besonders mächtig – und beeindruckte einen möglichen Gegner. Der Paarhufer war in Mitteleuropa weit verbreitet.

Einige Tiere der Eiszeit tragen einen „Höhlen“-Namens. Beim Höhlenlöwen weist dieser Namenszusatz auf seinen ersten Fundort (Zoolithenhöhle, Fränkische Alb, 1810) hin; Höhlen suchte diese Raubkatze wahrscheinlich nur gelegentlich auf. Der Höhlenlöwe war etwa ein Drittel größer als der heutige Löwe. Er hatte keine Mähne und ernährte sich von Großwild. Ein kraftvoller Räuber in der Mammutsteppe war auch die Höhlenhyäne. Ihren Namen verdankt sie der Eigenart, ihre Beute in Höhlen zu schleppen und dort zu verzehren. Die abgefressenen Knochen blieben dann dort liegen.

Ansammlungen von Knochen wurden in vielen Höhlen gefunden. Sie stammen vor allem vom Höhlenbären, der natürliche Baue für seinen Winterschlaf nutzte und dort nicht selten auch verendete. Der Höhlenbär war überwiegend ein Pflanzenfresser. Mit seinem Allesfressergebiss konnte er aber auch tierische Nahrung zu sich nehmen. Aufgerichtet hatte er eine Größe von drei Metern.



Wollnashorn



Mensch



Höhlenlöwe



Riesenhirsch



Höhlenhyäne



Höhlenbär

Zum Ende der letzten Eiszeit

Warum überlebten manche Arten die Eiszeit nicht?

starben zahlreiche Tierarten aus. In Europa, Nordasien und Amerika waren es neben dem Mammut vor allem auch das Wollnashorn, der Riesenhirsch, der Höhlenlöwe, die Höhlenhyäne und der Höhlenbär. Für das Aussterben

der Lage waren, einige der Großtierarten durch Jagd auszurotten. In diesem Zusammenhang wird auf die gern gejagten Rentiere und Wildpferde verwiesen, die keineswegs ausgestorben sind. Aber auch die starken Klimaschwankungen allein können nicht überall der Grund für die Aussterbewelle gewesen sein. Vielmehr scheint sich die Wahrheit aus mehreren Faktoren zusammenzusetzen: den mehrfachen Klimawechseln, ökologischen Veränderungen, geografischen Besonderheiten und dem Einfluss des Menschen.

Endgültige Antworten können ohnehin nur für jede Region und für jede Tierart gesondert getroffen werden – unter Berücksichtigung der genauen Zeit und der damaligen Umweltsituation.

PECH GEHABT

Auf die Überreste von Mammuts und verschiedenen anderen Tieren, die in den letzten 30000 Jahren der vergangenen Eiszeit lebten, stieß man seit 1875 auch in den Pechgruben von Rancho La Brea. Der bemerkenswerte Fundplatz liegt heute im Zentrum von Los Angeles (Kalifornien). Das zähflüssige Pech dringt bei La Brea vor allem im Sommer an die Oberfläche. Es wurde für zahlreiche Tiere – von Insekten und Vögeln bis hin zu Mammuts – zur Todesfalle. In La Brea wurden bereits über 100 Tonnen Fossilien geborgen.



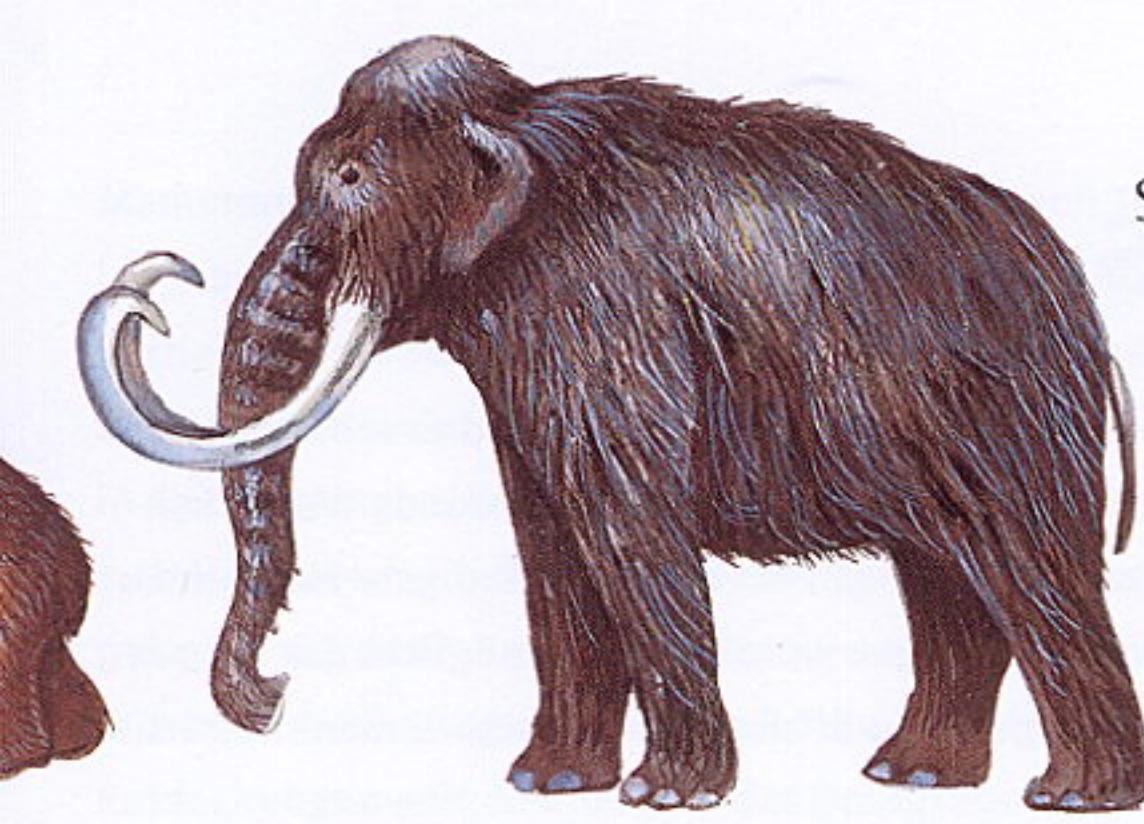
Mumifizierter Kopf eines Wollnashorns aus Jakutien

der Großäuger in Europa wurde in der Vergangenheit immer wieder dem Menschen die Hauptschuld gegeben. Oft scheint sein Auftauchen tatsächlich mit dem Verschwinden der Tiere zusammenzufallen. Aber auch die ständigen Klimaschwankungen haben nach Ansicht der Fachleute die Tier- und Pflanzenwelt vor große Probleme gestellt.

Heute bezweifeln immer mehr Wissenschaftler, dass die damals vergleichsweise wenigen Menschen in

Forscher konnten am Skelett des Siegsdorfer Höhlenlöwen Kratzspuren an einigen Knochen feststellen. Vermutlich haben Menschen – man tippt auf Neandertaler – vor rund 47000 Jahren das Tier mit Steinmessern abgefleischt.





Mammut (*Mammuthus primigenius*)

So gab es beispielsweise die letzten Riesenhirsche in Europa in Irland. Als der Meeresspiegel bei steigenden Temperaturen ebenfalls anstieg, entstanden zahlreiche Inseln, auf denen kleine

Hirschpopulationen getrennt von einander lebten. Der Austausch von Genen unterblieb – die Folge war Inzucht und letztlich das Aussterben dieser Art.

Ein eiszeitliches Biotop gibt es heute nirgends mehr. Einige Tierarten starben aus, andere gewöhnten sich an die neuen Bedingungen.



Rentiere passten sich an die zunehmende Feuchtigkeit in den ehemaligen eiszeitlichen Biotopen an. Das Ren bewohnt heute die Tundra- zonen Eurasiens und Nordamerikas. Während der Kaltzeiten drang es zeitweise sogar bis zu den Pyrenäen vor. Auch der anspruchslose und bestens an Kälte angepasste Moschusochse hat bis in unsere Tage überlebt. Interessant ist seine Verteidigungsstrategie: Nähert sich einer Gruppe Moschusochsen ihr einziger natürlicher Feind, der Wolf, dann bilden sie eine Art „Wagenburg“ und nehmen ihre Jungtiere in die Mitte. Nach außen ist die Herde durch die Köpfe der Moschusochsen mit ihren spitzen

Hörnern bewehrt. Moschusochsen gibt es heute in Grönland und Alaska. Fast ausgestorben, weil er gnadenlos gejagt wurde, war der Wisent: 1921 wurde das letzte frei lebende Tier im Kaukasus geschossen. Aus kleinen Populationen in Naturschutzgebieten Ostpolens und in zoologischen Gärten konnte das auch europäischer Waldbison genannte Rind weitergezüchtet und gerettet werden. Heute gibt es bereits wieder weit über 3000 Tiere. Sie leben vor allem in Reservaten Polens, Russlands und Weißrusslands. Auch etliche Raubtiere haben die Eiszeit überdauert. Am bekanntesten ist der Wolf, der in Mitteleuropa in den Warm- und in den Kaltzeiten lebte. Er hat ein außerordentlich großes und vielfältiges Verbreitungsgebiet:



In Europa kommt er ebenso vor wie in weiten Teilen Asiens, Nordamerikas und Grönlands. In Nordeuropa und allen arktischen Lebensräumen weit verbreitet ist der Vielfraß, der sich angepasst hat und der im Gegensatz zum Wolf gut klettern kann. Sein Name leitet sich möglicherweise von dem norwegischen Wort „fjellfrass“ („Bergkatze“) ab. Während der Eis- oder Polarfuchs nach der letzten Kaltzeit unsere Region verließ und nur noch in arktischen Gebieten anzutreffen ist, blieben uns Luchs, Dachs und Marder erhalten.

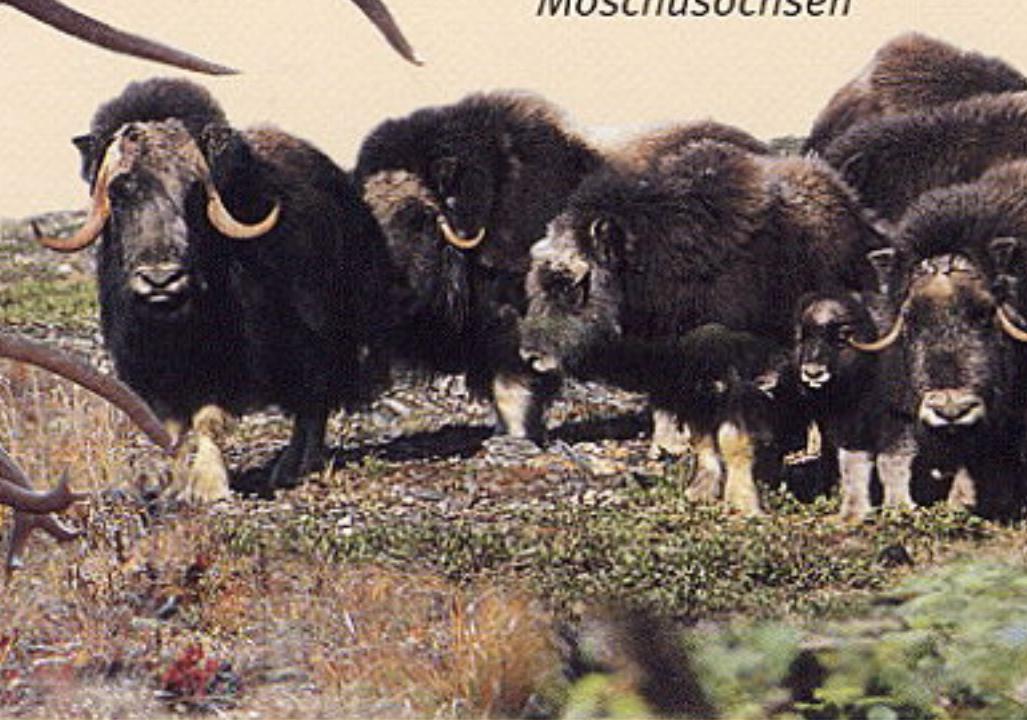


Vielfraß



Rentier

Moschusochsen



Wisent



Mammuts

Es geschah vor etwa 40 000 Jahren: Eine Gruppe Mammuts

WER WAR DIMA? streift durch die sommerliche sibirische Tundra. Schlammige Gewässer säumen ihren Weg. Auch ein Mammut-Baby befindet sich in der Gruppe. Dima ist neunzig Zentimeter groß und acht bis neun Monate alt. Seine Milch-Stoßzähne sind noch nicht voll durchgebrochen. Da passiert es. Dima läuft spielend umher, und plötzlich liegt er in einem Tümpel aus zähflüssigem Schlamm. Ängstlich kommt die Mutter herbeieilt. Aber sie kann ihrem Baby nicht helfen. Dima strampelt verzweifelt. Er gerät immer tiefer in die Matschkuhle hinein. Erschöpft versinkt das Kalb im Schlamm und erstickt. Im Permafrostboden wird es tiefgefroren. So und ähnlich stellen sich Forscher den Tod des Mammut-Babys vor. Später begraben zwei Meter hohe Sand- und Kiesablagerungen Dimas Leichnam. Sie bewahren ihn davor, aufzutauen und zu verwesen. 1977 entdeckt der Baggerfahrer einer Goldsuchergruppe den Kadaver.

Er kommt in ein Museum, wo er aufgetaut und anschließend in Paraffin getaucht wird. Das schwärzlich glänzende Wachs konserviert Dimas Körper. Er gilt als der vollständigste Mammutkadaver, der jemals geborgen wurde. Dima ermöglicht der Wissenschaft einen einzigartigen Blick auf die verschwundene Tierart.

Der Elefant der Kälte streifte nicht nur in Sibirien umher. Er

WO WURDEN MAMMUTS GEFUNDEN?

fühlte sich ebenso im restlichen Asien, in Amerika und auch in Europa (z. B. in Frankreich) heimisch. Selbst in Deutschland hat er seine Spuren hinterlassen.

Die bedeutendsten Mammutfunde wurden im Dauerfrostboden in Sibirien und Alaska gemacht. Man schätzt, dass in den Weiten Nordsibiriens im Laufe der Zeit Hunderte, wenn nicht Tausende gefrorener Mammuts aufgetaucht sind. Kaum ein Dutzend davon ist der Wissenschaft bekannt geworden. Zu ihnen gehört das vor rund 44 000 Jahren gestorbene „Beresowka-Mammut“. Es wurde 1901 in sitzender Stellung in Sibirien gefunden und konserviert. Vor allem in Sibirien haben sich an einigen Stellen zahlreiche



Das Mammutbaby Dima,
Museum St. Petersburg



Mammutknochen angesammelt. Sie stammen von Tieren, die in Flusstälern starben. Ihre Knochen wurden vom Wasser zu Vertiefungen transportiert. Die größte bekannte Ansammlung dieser Art befindet sich am Berelekh-Fluss. Man schätzt, dass in den vergangenen hundert Jahren bis zu 50000 Knochen von 200 Mammuts vom Fluss ausgewaschen und im Flussbett abgelagert wurden.

Wie in Sibirien stieg auch in Alaska die Zahl der Mammut-Entdeckungen seit dem Beginn der Goldgräberei sprunghaft an. Berühmt ist der Fund von Fairbanks Creek, wo schon 1948 der teilweise erhaltene Kadaver eines Mammut-Babys gefunden wurde. Die meisten Mammutkadaver sind um die 30000 bis 40000 Jahre alt. Das hängt offenbar mit dem zu dieser Zeit herrschenden, etwas milder Klima zusammen. Es ließ einige der Eisspalten im Permafrostboden auftauen. Gefährliche Fallen entstanden.

Die in Deutschland entdeckten Mammut-Überreste beschränken sich auf – allerdings nur selten vollständige – Skelette. Der erste Fund wurde 1903 bei Cottbus gemacht, der vorerst letzte zwischen 1975 und 1985 bei Traunstein in Oberbayern. Das Siegsdorfer Mammut wurde 1975 zufällig von zwei Jungen entdeckt. Es ist über 40000 Jahre alt. Mit einer Schulterhöhe von 3,60 Metern ist es das größte Skelett, das je in Europa gefunden wurde. Die Überreste von Oskar, wie man den kräftigen Mammutbulen nennt, sind im Naturkundemuseum Siegsdorf zu sehen.

Der Weg der Mammuts war oft gefährlich. Felsspalten und Schlammlöcher wurden für schwache Tiere nicht selten zur Falle.



Ein kleines Mädchen bestaunt den ergänzten Abguss des Siegsdorfer Mammuts im dortigen Museum.

Man unterscheidet zwei Mammutarten: das wollhaarige (sibirische) und das Nordamerikanische Mammut (Mammuthus columbi), über das nur wenige Informationen vorliegen. Es wurde über vier Meter groß und wog bis zu zehn Tonnen.

Das kleinere wollhaarige Mammut (Mammuthus primigenius) war bestens an Kälte und Trockenheit angepasst. Sein dichtes Pelzkleid bestand aus bis zu 90 Zentimeter langen, kräftigen äußeren Deckhaaren und einem kürzeren und dünneren Unterfell. Es bedeckte alle Körperteile. Das Rüsseltier besaß als

WIE HABEN DIE MAMMUTS GELEBT?



Schutz vor der Kälte sogar eine Afterklappe. Es hatte eine sehr dicke Haut mit einer isolierenden Fettschicht sowie lange, gebogene Stoßzähne. Sie waren nicht nur Abwehrwaffen gegen Angreifer, sondern dienten auch als Schneeschieber, um an Futterpflanzen zu gelangen. Der weltweit größte gefundene Stoßzahn ist über 4,90 Meter lang. Ein erwachsenes Mammut brauchte täglich etwa 180 Kilogramm frisches Futter – Gräser und Buschwerk. Die Nahrungsaufnahme beschäftigte



Haare eines Wollhaarmammuts



Mumifizierte Rüsselspitze eines Mammuts



Ein Tierpräparator arbeitet an Nachbildungen der beiden Stoßzähne eines 1903 in der Lausitz gefundenen Mammutskeletts.

die Tiere wahrscheinlich bis zu 20 Stunden am Tag. Ihre Zähne nutzten sich stark ab: Mammuts durchliefen im Laufe ihres Lebens fünf Zahnwechsel. Wollhaarige Mammuts wurden etwa 60 Jahre, Nordamerikanische Mammuts vermutlich 80 Jahre alt. Man nimmt an, dass die Urzeitriesen ein ähnliches Sozialverhalten zeigten wie heutige Elefanten. Sie lebten in Verbänden von gewöhnlich bis zu zwölf erwachsenen Weibchen und ihren Jungtieren. Ein erfahrener weibliches Tier, die Matriarchin, führte die Gruppe an. Die Bullen streiften als Einzelgänger umher. Sie lieferten sich Zweikämpfe um die Weibchen.



Zwanzig Zentimeter langer fossiler Zahn eines Mammuts



Fossiler Mammudung

Steppenelefanten tauchten erstmals vor vier Millionen Jahren

WO KAMEN DIE MAMMUTS HER?

Abstammungslinie der Elefanten in drei Hauptzweige aufspaltete. Aus dem ersten Zweig ging der heutige Afrikanische Elefant hervor, aus dem zweiten vermutlich der heutige Indische Elefant und aus dem dritten die so genannten Steppenelefanten. Alle drei Linien waren fast vier Millionen Jahre lang Zeitgenossen. Sie entwickelten sich getrennt voneinander.

Die ersten Steppenelefanten erschienen vor drei bis zweieinhalb Millionen Jahren in Europa. Wahrscheinlich führte ihr Weg von Afrika durch den Mittleren Osten und die Türkei. Die zunehmende Abkühlung leitete eine fortlaufende Evolution des damals noch ohne dichtes Fellkleid auftretenden ursprünglichen

auf. Das war die Zeit, als sich in Afrika die

Südelefanten (*Mammuthus meridionalis*) ein. An ihrem Ende stand das wollhaarige Mammut (*Mammuthus primigenius*). Es hatte sich den kaltzeitlichen Bedingungen bestens angepasst. In Gebieten mit begrenztem Nahrungsangebot und fehlenden räuberischen Tieren bildeten die Mammuts Zwergformen aus. Überreste von Zwergmammuts wurden auf der Wrangel-Insel und auf den Kalifornischen Kanalinseln gefunden. Die meisten Miniatur-Mammuts waren nur halb so groß wie ihre auf dem benachbarten Festland lebenden Artgenossen. Die 1993 auf der Wrangel-Insel entdeckten Fossilien sind nur 3700 bis 7000 Jahre alt. Demnach haben diese Zwergmammuts die anderen „Kälte-Elefanten“ um mehr als 6000 Jahre überlebt!

Tundra, Tümpel und Berge auf der Wrangel-Insel

Mammuts und heutige Elefanten sind enge Verwandte. Das

HEUTIGE ELEFANTEN

sieht man ihnen noch deutlich an. Allerdings hatte das Mam-

mut etwas, was die beiden heutigen Elefantenarten nicht haben: ein dickes wolliges Fell und richtig lange Haare. Auch waren die Stoßzähne des Mammuts viel stärker geschwungen und zeigten im großen Bogen nach innen. Wissenschaftler haben ermittelt, dass der Indische Elefant näher mit dem Mammum verwandt ist als der Afrikanische. Dazu verglichen sie das Blut lebender Elefanten mit Mammutfunden. Das Mammum war ungefähr so groß wie der Indische und etwas kleiner als der Afrikanische Elefant. Aus Untersuchungen des Erbmaterials erhoffen sich Forscher weitere Erkenntnisse über die Urzeitriesen.



Afrikanische Elefanten



Um das Beresowka-Mammut im Jahr 1901 aus dem gefrorenen Boden bergen zu können, baute man über dem Kadaver eine Holzhütte und beheizte diese.

„Es sah so appetitlich aus, dass wir uns manchmal fragten, ob

MAMMUTFLEISCH

wir es nicht probieren sollten, aber keiner wollte es wagen ...“

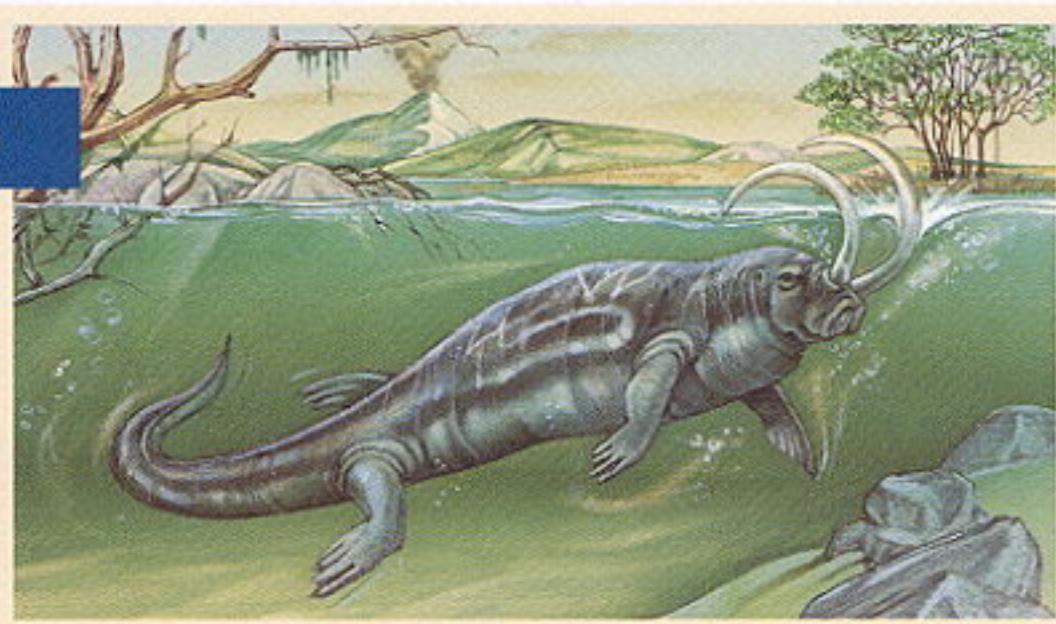
Das gestand Dr. Otto Herz, der im Jahr 1901 die Bergung des „Beresowka-Mammuts“ leitete. Schenkt man den zahlreichen Legenden Glauben, die sich um die Entdeckung gefrorener sibirischer Mammuts ranken, haben es einige aber dennoch „gewagt“ – nicht nur die Hunde der „Beresowka-Expedition“, die jedes Mammutfleischstück, das man ihnen hinwarf, „wegputzten“. So empfahlen chinesische Händler schon im 18. Jahrhundert Mammutfleisch: Es schmecke erfrischend und helfe gegen Fieber. Ähnliches berichteten zwei Tschuktschen, die einen ganzen Winter über von Mammutfleisch gelebt haben wollen.

Die beeindruckenden

MYTHEN UND LEGENDEN

Funde von Mammutüberresten stellten unsere Vorfahren vor große Rätsel. So deutete man in einigen Höhlen Siziliens entdeckte Mammutfossilien als Knochen von Riesen. Auch die 1577 nahe des Vier-

waldstädter Sees unter einer gefällten Eiche gefundenen Überreste des „Luzerner Riesen“ (für den man eine Körperlänge von mehr als fünf Metern errechnete) wurden erst im 19. Jahrhundert als Mammutknochen identifiziert. Ähnlich erging es dem „Riesen von Krems“ in Österreich, dessen Knochen und Zahn schwedische Soldaten 1645 bei Schanzarbeiten ausgruben. Selbst die zahlreichen Sagen über Einhörner beruhen zumeist auf den Funden fossiler



Der „Missouri-Leviathan“ war ein früher Versuch, Mammutüberreste zu deuten.

Mammutknochen. Rätsel geben uns die Mammuts aber auch heute noch auf, wie das 1999 in Sibirien geborgene „Jarkov-Mammut“. Auf dem Foto sieht man den Transport des 23 Tonnen schweren Eisblocks, in dem das 20 000 Jahre alte Tier vermutet wird. Für die Fahrt wurden die 2,30 Meter langen und jeweils fast 60 Kilogramm schweren Stoßzähne in den Eisblock gesteckt.



Der Mensch im Eiszeitalter

Kaum eine Gegend der Erde ist bei Prähistorikern so bekannt wie der Afrikanische Grabenbruch.

Hier, wo sich die Erdkruste hebt, aufwölbt und zusammenstürzt und dabei riesige Gräben (Rifts) bildet, sind vor vielen Jahren die ältesten Sedimente an die Oberfläche gelangt, während die jüngsten absanken – ein Geschenk an die Wissenschaft.

Auch die Steinwüste von Hadar (Äthiopien) liegt im Rift Valley. Am 30. November 1974 kommt es hier zu einem sensationellen Fund. In der Afarsenke, am Ufer des Flusses Omo, graben Forscher Knochenfragmente aus. Als sie ihre Arbeit beenden, sind es 52. Sie gehören zu einem einzigen Skelett. Es bekommt die Katalogbezeichnung „Afar Locality (A. L.) 288-1“. Weil bei der Feier anlässlich

des Fundes das Beatles-Lied „Lucy in the sky with diamonds“ lief, erhielt das Skelett den Namen „Lucy“.

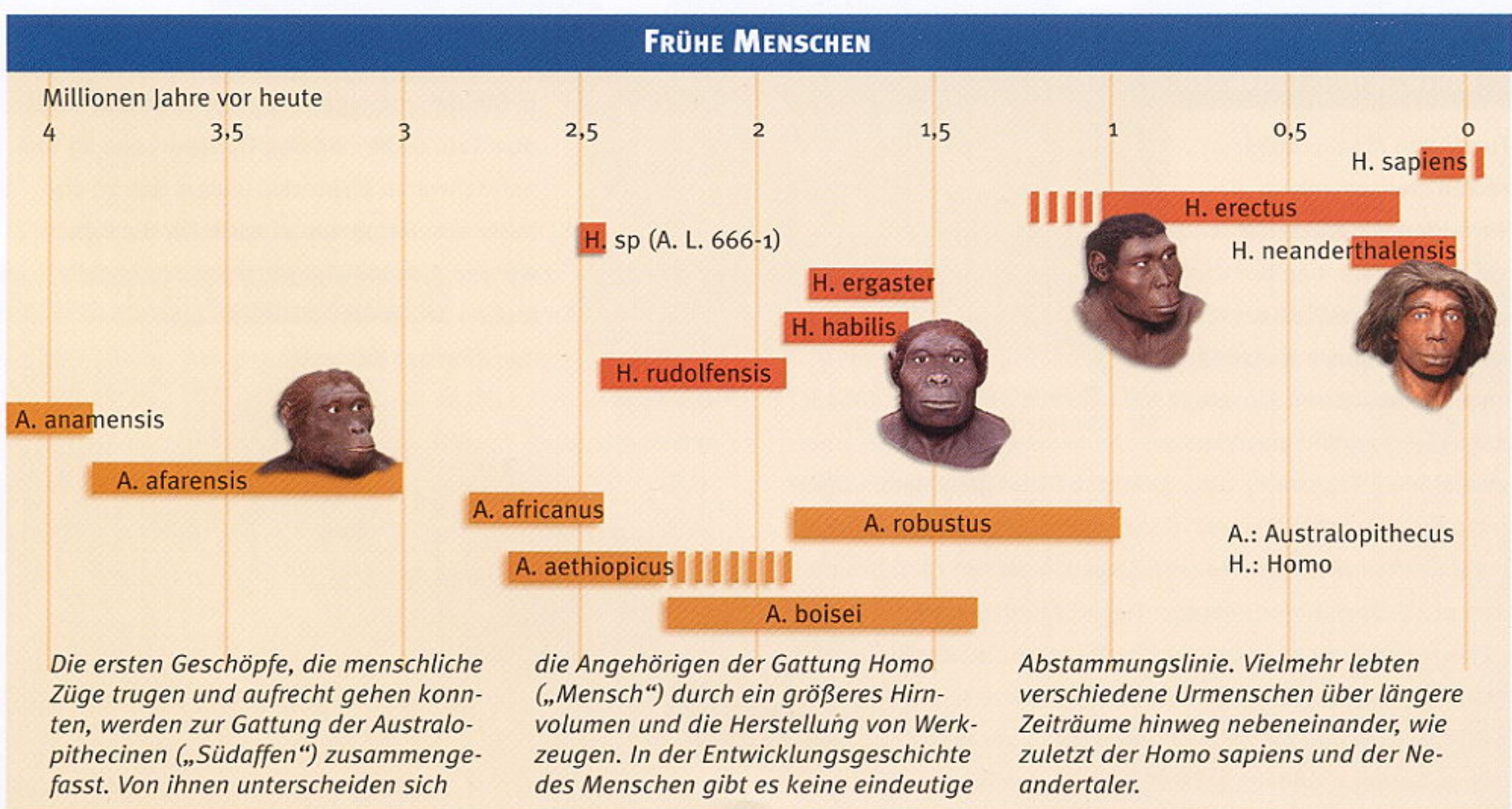
Die 3,2 Millionen Jahre alte Lucy gilt als einer der bedeutendsten Funde zur Entwicklungsgeschichte des Menschen. Sie war etwa 1,05 Meter groß und konnte schon dauerhaft aufrecht gehen. Ihr Entdecker bezeichnete sie als eine Frau. Doch das ist heute umstritten. Lucys wissenschaftlicher Name lautet *Australopithecus* („Südaffe“) *afarensis* (von dem Gebiet „Afar“). Sie gilt als ein wichtiger Vorfahr des Menschen.

Dessen Entwicklung bis zum modernen Menschen, dem *Homo sapiens sapiens*, ist eng mit dem quartären Eiszeitalter verbunden.

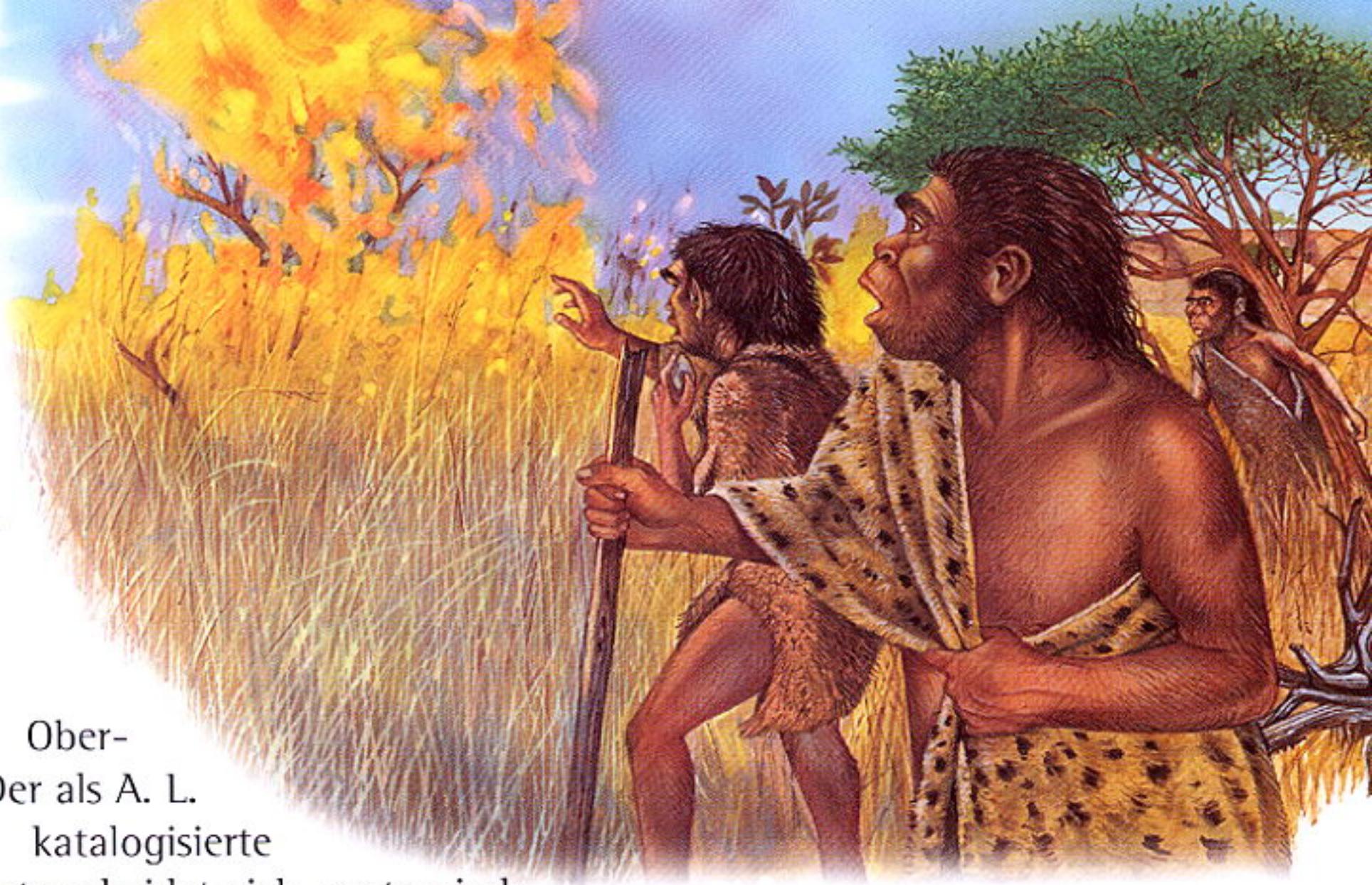
Zwanzig Jahre nach der Entdeckung Lucys geriet die äthiopische Hadarwüste abermals in den Blickpunkt: 1994 fanden Forscher in einem Gebiet namens Makaamitalu



Skelettrekonstruktion von „Lucy“



Die Beherrschung und später die Erzeugung des Feuers waren entscheidende Schritte in der Entwicklung des Menschen. Die erstmalige Beherrschung des Feuers wird *Homo erectus* zugeschrieben. Das war vermutlich bereits vor etwa einer Million Jahren. Seitdem diente es zum Heizen, zum Grillen und zum Schutz vor Raubtieren. Die Feuerstelle war der wichtigste Platz des Lagers. Das Feuer wurde mit Holz, Knochen und Tierfett genährt.



einen Oberkiefer. Der als A. L.

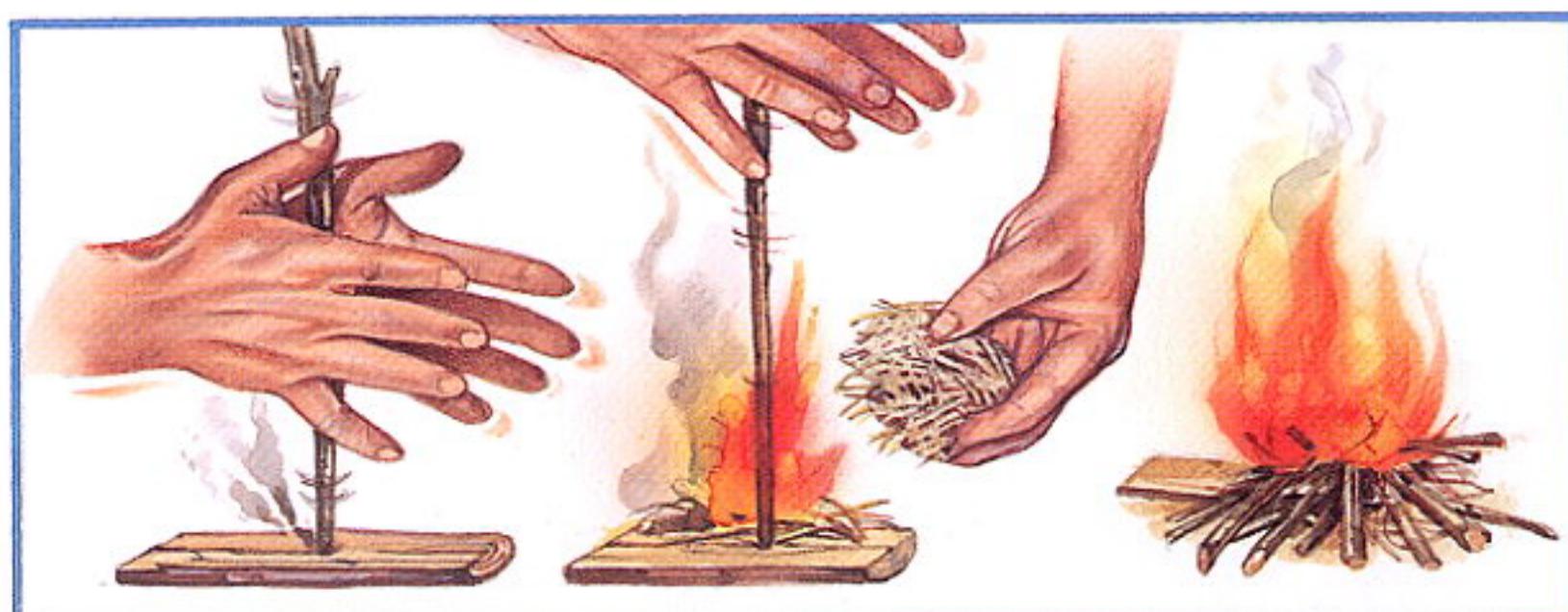
666-1 katalogisierte Fund unterscheidet sich anatomisch eindeutig von anderen Kiefern aus Hadar, die *Australopithecus afarensis* zugeschrieben werden. Während diese schmal und flach sind, ist der Kiefer 666-1 tief und breit. Die Wissenschaftler ordneten ihn der Gattung *Homo* („Mensch“) zu.

Nicht weit von der Fundstelle des Oberkiefers entfernt entdeckte man auch bearbeitete Steinsplitter und Kernsteine. Mit diesen ersten Werkzeugen zerteilten die Urmenschen ihre Nahrung in mundgerechte Stücke.

Geologische Untersuchungen der Vulkanascheschicht, in der die Funde lagen, datierten sie sehr genau auf 2,33 Millionen Jahre. A. L. 666-1 ist damit der älteste gesicherte Beleg für die Gattung „Homo“. Gleichzeitig belegen die Funde aus der Hadarwüste den ältesten eindeutigen Zusammenhang zwischen Überresten eines Urmenschen und frühen Steinwerkzeugen: Hier, in Ostafrika, stellten unsere Vorfahren die ersten einfachen Werkzeuge her.



Das „Feuerzeug“ der Steinzeit: Feuerstein wird so lange gegen Pyrit geschlagen, bis die Funken fliegen (oben). Man konnte aber auch Feuer per Feuerbohrer erzeugen: Ein Holzstab wurde auf einem Holzbrett gerieben. Die entstehende Hitze setzte den Zunder – einen trockenen Baumpilz – oder Grashalme in Brand.



„Out of Africa“ heißt die heute allgemein anerkannte Theorie über die Entstehung der Menschheit in Afrika: Dort

entwickelte sich vor etwa 1,8 Millionen Jahren der *Homo erectus*, der sich von Afrika bis nach Asien und Europa ausbreitete. Wichtige Voraussetzungen, Afrika zu verlassen, waren die Nutzung des Feuers und die Entwicklung von Jagdtechniken. Der „aufrecht gehende Mensch“ hielt sich anfangs, vor circa 700 000 bis 650 000 Jahren, nur während der Warmzeiten nördlich der Alpen auf. Später lernte er mit der Kälte umzugehen und blieb auch während der Kaltzeiten in Mitteleuropa. Die lebensfeindlichen Bedingungen während der Kaltzeiten forderten seine ganze Geschicklichkeit und seinen ganzen Verstand – nur wer Phantasie hatte, konnte überleben: Die Eiszeit beschleunigte so die Entwicklung des Menschen. Der älteste Menschenfund Deutschlands ist der Unterkiefer von Mauer, *Homo heidelbergensis* genannt. Er ist rund 600 000 Jahre alt und wird oft zur Gattung *Homo erectus* gezählt.

Im Europa nördlich der Alpen

Wie lebte der Neandertaler?

während besonders kalter Phasen bis in den Nahen Osten aus. Seinen Namen verdankt er dem Neandertal bei Düsseldorf, wo Steinbrucharbeiter 1856 die Überreste eines uralten Menschen fanden. Er war nur wenig über 1,50 Meter groß und gedrungen, über den Augen verliefen kräftige Bögen, die Überaugenwülste, und das Kinn war fliehend. „Rau, aber schlau“ – so charakterisieren Wissenschaftler den Neandertaler, der sich mit viel Umsicht und Geschick sowohl in den Warmzeiten als auch in den Kaltzeiten behauptete. Seine Lager schlug er in Höhlen oder auf Höhlenvorplätzen auf, am liebsten in Wassernähe. In der Eifel richtete er sich in den Kratermulden im Innern damals schon lange erlosche-

ner Vulkane ein: Der Kratersee lieferte Trinkwasser, das Lavagestein speicherte tagsüber die Sonnenwärme und strahlte sie nachts ab, und der schützende Kraterwall bot einen weiten Ausblick, beispielsweise auf Tierherden in der Umgebung.

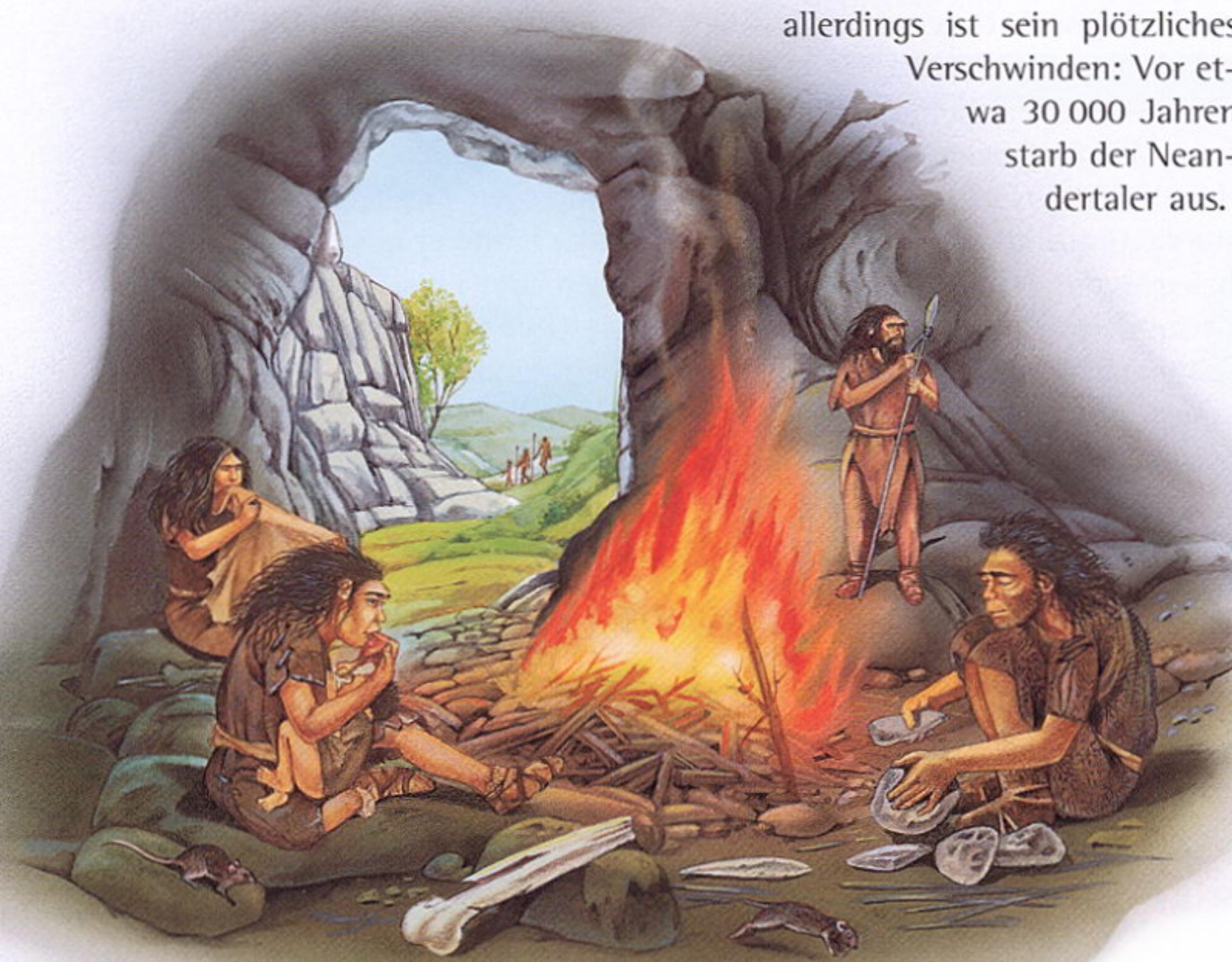
Der Neandertaler verstand es, sich aus Stein sehr scharfe Spitzen zu fertigen. Mit hölzernen Stoßlanzen, die solche steinernen Spitzen trugen, erlegte er Wildpferde, Mammuts und Höhlenbären. Die Neandertaler waren die ersten Menschen, die ihre Toten begruben und für Alte und Verletzte sorgten. Inzwischen gilt es als erwiesen, dass der Neandertaler sprechen konnte – sein Zungenbein war dem unseren sehr ähnlich. Die heutige Forschung rechnet ihn – als Unterart *neanderthalensis* – sogar unserer eigenen Art zu: dem *Homo sapiens*, dem „vernunftbegabten Menschen“.

An über 70 Orten in Europa und im Nahen Osten sind inzwischen Knochen des Neandertalers entdeckt worden. Nach wie vor rätselhaft allerdings ist sein plötzliches Verschwinden: Vor etwa 30 000 Jahren starb der Neandertaler aus.

WILDE KERLE

Lange Zeit galt der Neandertaler als primitiver Primat – sehr zu Unrecht. Die Neandertaler waren nicht nur Meister der Kälteanpassung, sondern auch gute Jäger und begabte Techniker. Mit Steinspitzen und Messern zerlegten sie ihre Jagdbeute, häuteten Tiere und zerteilten Fleisch. Mit Schabern wurden Tierhäute bearbeitet oder Holz angespitzt. Oft nahmen die Neandertaler bei ihrer Arbeit auch ihre Zähne als eine Art „dritte Hand“ zu Hilfe.

Natürliche Höhlen dienten als Wetterschutz, Lagerplatz und Treffpunkt für Neandertalergruppen.





Rastplatz und Unterstand für die eiszeitlichen Menschen war die Vogelherdhöhle in der Schwäbischen Alb. Weltberühmt wurde sie durch den Fund von elf Figuren aus Mammutfelsenbein.

1868 stießen Eisenbahnarbeiter im Südwesten Frankreichs auf die Überreste von fünf Menschen, die vor 30 000 Jahren

gelebt haben. Nach ihrem Fundort in einer kleinen Höhle im Cromagnon-Felsen heißen sie noch heute „Cromagnon-Menschen“. Die Höhle war eine Grabstätte. In ihr fand man Grabbeigaben wie bearbeitete Feuersteine, verzierte Rentiergewehe und durchbohrte Muschelschalen.

Der Cromagnon-Mensch war der früheste anatomisch moderne Mensch in Europa. Wahrscheinlich stammte auch er aus Afrika, wo sich vor möglicherweise 200 000 Jahren der neue Menschentyp zu entwickeln begann. Vor 100 000 Jahren

begann er – wie zuvor Homo erectus – den Kontinent zu verlassen. Im Nahen Osten und in Europa traf er auf den Neandertaler. Beide Menschengruppen lebten in einigen Gegenden über Jahrtausende nebeneinander. DNA-Proben ergaben, dass die Cromagnon-Menschen genetisch weitgehend mit heutigen Menschen übereinstimmen, d. h. eng mit uns verwandt sind. Dagegen finden sich in unserem Erbgut keine Spuren des Neandertalers.

Cromagnon-Menschen unterscheiden sich vom Neandertaler durch ihre hohe Stirn und ein ausgeprägtes Kinn. Sie lebten offenbar in Gruppen in Felshöhlen oder Hütten und beherrschten die Kunst, aus Stein, Knochen und Elfenbein die verschiedensten Gegenstände und Werkzeuge herzustellen.

WERKZEUGE: VON FEUERSTEIN, CHOPPER UND FAUSTKEIL

Der Vergleich von Werkzeugen und Kunstgegenständen ermöglicht eine Einteilung der frühen Menschheitsgeschichte in kulturelle Entwicklungsstufen. Meist werden die Stufen nach den Orten benannt, an denen die ersten Zeugnisse einer neuen Entwicklungsstufe gefunden wurden. Zur frühen Altsteinzeit (Altpaläolithikum) zählen Forscher die Kulturstufen Oldowan, Abbevillien und Acheuléen. Ins Mittelpaläolithikum fallen Micoquien und Moustérien. Das Jungpaläolithikum wird unter anderem in die Kulturen Aurignacien, Gravettien, Solutréen und Magdalénien unterteilt. Durch neue Funde kommen manchmal weitere Stufen hinzu.

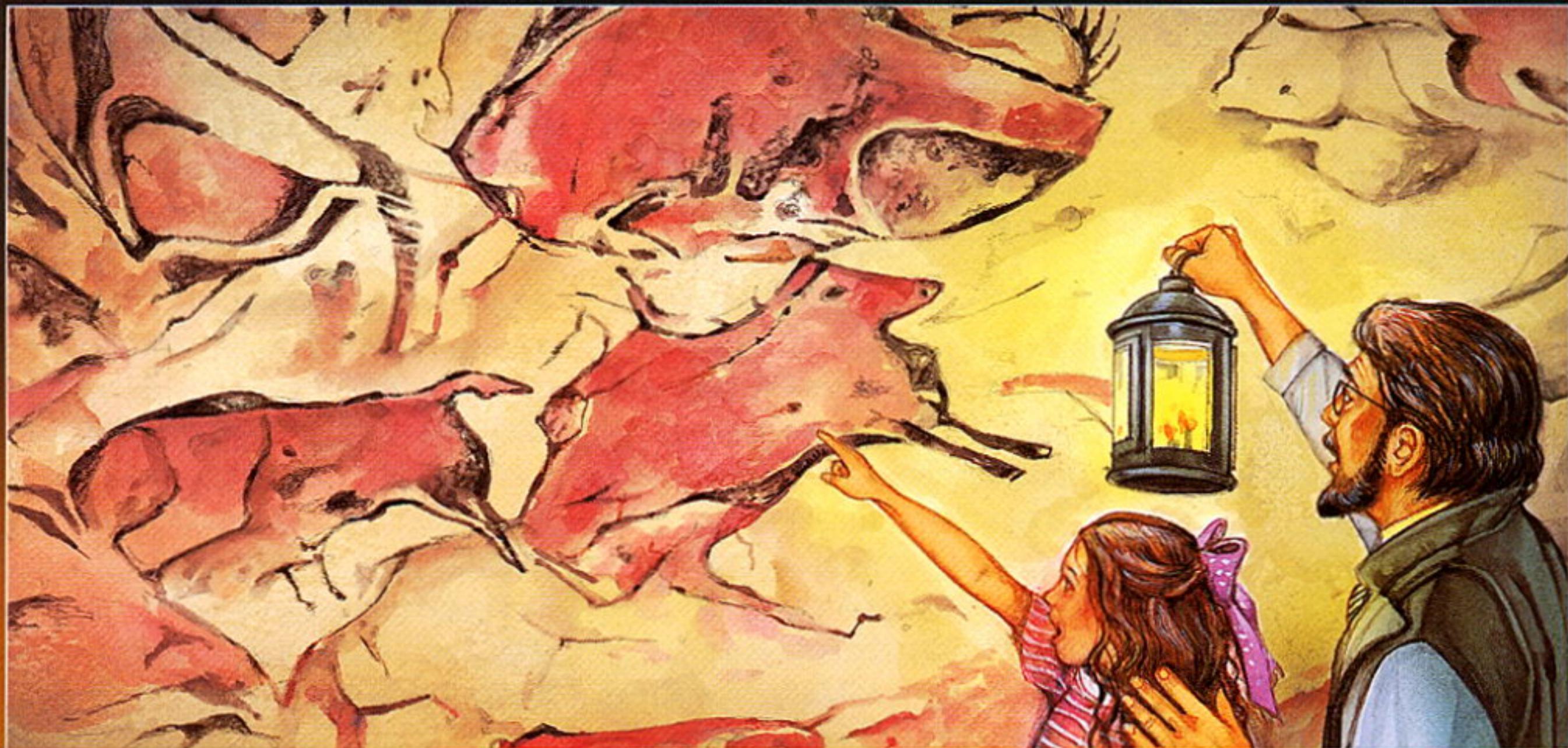
Homo habilis, Homo erectus und Neandertaler benutzten jeweils das Gestein für ihre Werkzeuge, das sie ohne großes Suchen in ihrer Nähe fanden. Erst der moderne Mensch versorgte sich mit besonders gut zerlegbarem Material. Das war vor allem Feuerstein. Wurde ein Materialstück rundherum bearbeitet, bis

stellt war, spricht man von „Kernindustrie“. Die „Klingenindustrie“ zerlegte ein Materialstück in lange, schmale Abschläge. Die ältesten Werkzeuge des Menschen waren nur wenig zugerichtete Gerölle. Die so genannten Chopper (1) gehen auf Homo habilis und den frühen Homo erectus zurück. Faustkeile (2) sind eine Erfindung des Homo erectus. Das Mehrzweckwerkzeug eignete sich zum Hacken, Schneiden und Schlagen. Ein Kern mit Abschlag (3) war der Ausgangspunkt für die spätere Weiterverarbeitung bei den Neandertaltern. Die modernen Menschen fertigten unter anderem Stiel spitzen (4), Steinklingen (6) sowie Harpunenspitzen (8) und Nadeln und Spitzen (7) aus Knochen. Ihre handwerklichen Fähigkeiten beschränkten sich aber nicht nur auf die Herstellung von Werkzeug, wie das aus Mammutfelsenbein geschnitzte Pferd (5) zeigt.



8

7



Vor allem aber waren die Cro-magnon-Menschen auch die ersten Künstler der Welt. Zahllose ihrer großartigen Felsbilder sind bis heute erhalten.



Tierfries in Lascaux, Frankreich

„Schau mal, Papa, da oben sind Kühe.“ Mit diesem Ausruf ging die damals zwölfjährige Maria de Sautuola 1879 in die Kulturgeschichte ein. Das Mädchen war mit seinem Vater, einem Hobby-Archäologen, in die Höhle von Altamira im spanischen Kantabrien gekommen. Maria langweilte sich, schaute umher – und entdeckte an der Decke die Bilder. Der Vater

Dienten die Höhlenbilder der Verschönerung?

erkannte sofort: Hier haben Menschen der Altsteinzeit gelebt – und Kunst geschaffen! Die vor 15 000 Jahren entstandenen Höhlenmalereien gelten heute als der erste Höhepunkt einer Entwicklung, in der der Mensch lernte, seine Gedanken in Bildern darzustellen.

Die frühen Künstler benutzten verschiedene Techniken. Es lassen sich Ritzzeichnungen, Flach- und Hochreliefs sowie farbige Wandmalereien unterscheiden. Farben fand man in der Natur: rote und schwarze Mineralien sowie Holzkohle. Gemalt wurde mit den Fingerspitzen oder mit Pinseln aus Holz oder Pflanzenstängeln. Stichel aus Feuerstein dienten dazu, die Umrisse von Figuren in die Höhlenwand zu gravieren. Die im flackernen Licht in der Tiefe der Höhlen entstandenen Bilder stellen vor allem Tiere dar – Wildpferde und Wisente, aber auch Hirschkuh, Mammuts, Rentiere und Raubtiere.

Wisente an der Decke der Altamira-Höhle in Spanien

Dieser Frauenkopf aus Mammutfelsenbein aus der Zeit von 20 000 v. Chr. ist nur wenige Zentimeter hoch. Man nennt den Fund aus Brassempouy die „Frau mit der Kapuze“.

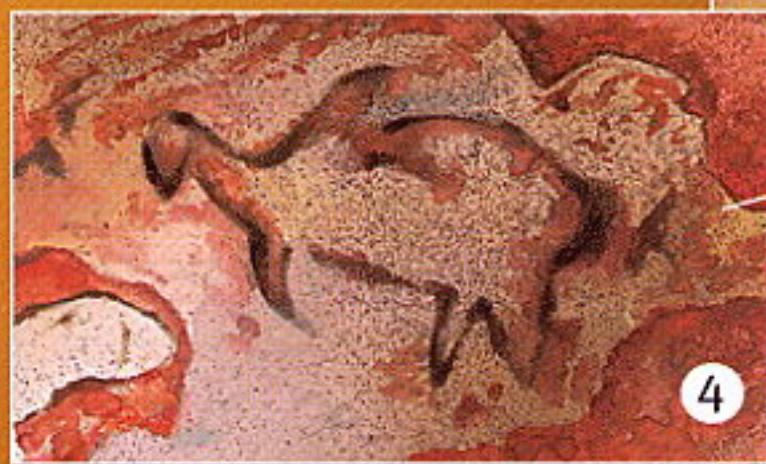


Unten: Auf Schiefer gravierte Frauendarstellungen aus Gönnersdorf. Die zweite Frau von rechts trägt eine Trage mit Baby. Dies ist bisher die einzige Darstellung von Mutter und Kind aus der Altsteinzeit.



Löwenmensch aus der Höhle Hohlenstein-Stadel im Lonetal (Baden-Württemberg), eine 28 cm hohe Elfenbeinfigur

Steinzeitliche Kunst in der Grotte von Cosquer nahe Marseille in Frankreich. Der 37 Meter unter dem Meerespiegel liegende Höhleneingang kann nur von Tauchern über einen 175 Meter langen, überfluteten Tunnel erreicht werden. Die Höhlenkunstwerke wurden 1985 zufällig von einem Taucher entdeckt. Der Zugang zur Höhle versank mit dem Ausklingen der Eiszeit, als der Meerespiegel wieder anstieg, im Meer.



1. Schwarze Handumrisse
2. Gravierung eines Steinbocks
3. Ein Wildpferd mit großem Bauch, in Schwarz gezeichnet
4. Zeichnung eines Alkes, eines pinguinähnlichen Vogels

Sogar Darstellungen von Nashörnern und Fischen sind bekannt, seltener von Menschen.

Mehr als 300 Höhlen mit altsteinzeitlicher Wandkunst hat man in Europa gefunden. Ihre Zahl nimmt ständig zu. Die meisten befinden sich in Frankreich (150) und Spanien (125). Zu den beeindruckendsten Fundstätten gehören die Höhlen von Altamira (Spanien) und Lascaux (Frankreich). Vermutlich sind in der Höhlenkunst Äußerungen von Kult und Religion zu sehen.

Noch älter als die Höhlenbilder von Altamira sind die Maleireien in der Grotte Chauvet (Frankreich). Sie entstanden bereits vor etwa 32 000 Jahren. Diese Zeit fällt in das Aurignacien. So

Was sind Aurignacien und Magdalénien?

nennt man die altsteinzeitliche Kulturstufe zwischen 35 000 und 30 000 Jahren vor heute. Ihr Name erinnert an den Felsüberhang von Aurignac im Vorland der französischen Pyrenäen, wo man 1860 erstmals Zeugnisse dieser Kultur entdeckte.

Später wurden Werkzeuge und Kunstgegenstände des Aurignacien überall in Europa gefunden. Charakteristisch sind Kratzer, Stichel und Messer aus bearbeitetem Stein. In Europa gibt es wichtige Funde aus dieser Zeit auf der Schwäbischen Alb. Geborgen wurden Steinartefakte, Knochenspitzen und Elfenbeinschnitzereien, selbst eine Flöte aus den Flügelknochen eines Schwans – das älteste Musikinstrument der Welt.

Den Höhepunkt und Abschluss der eiszeitlichen Kulturentwicklung in Mittel- und Westeuropa bildet das Magdalénien (vor etwa 18 000 bis





Neandertaler jagten Wildpferde, indem sie sie an Plätzen zusammentrieben, von denen sie nicht fliehen konnten.

15 000 Jahren). In dieser Zeit entstanden nicht nur die größten und schönsten Höhlenmalereien in Frankreich und Spanien. Auch alltägliches Gerät und sogar Waffen wurden nun reich verziert. Typisch für das Magdalénien sind aus Rentierknochen und -geweih äußerst geschickt gefertigte Gegenstände.

In der gesamten Altsteinzeit lebten die Menschen von der Jagd und vom Sammeln pflanzlicher Nahrung wie Früchten,

Wie jagten die Mammut- und Rentierjäger?

Wildgemüse, Kräutern und Wurzeln. Am häufigsten gingen sie auf Großwildjagd. Das ergab sich so, weil die frühen Menschen mit ihren hölzernen Stoßlanzen nahe an das Beutetier heranmussten. Und große Tiere laufen bei Gefahr seltener weg als kleine.

Homo erectus und Neandertaler hatten auch schon Jagdspeere, mit denen man flüchtendes Wild erlegen konnte. 1995 wurden in einem

Braunkohletagebau bei Schöningen (Niedersachsen) sieben gut erhaltene hölzerne Jagdspeere gefunden. Sie sind 400 000 Jahre alt.

Eine Revolution in der Jagdtechnik war die vor etwa 30 000 Jahren in Europa entwickelte Speerschleuder – die erste echte Fernwaffe der Menschheitsgeschichte. Ihr Prinzip ist sehr einfach: Ein bis zu 2,50 Meter langer Speer wird in eine Armverlängerung eingehakt und dann geworfen. Die Hebelwirkung sorgt für zusätzliche Beschleunigung, was die Durchschlagskraft am Ziel erhöht. Der Abstand zwischen Jäger und Jagdbeute kann für eine erfolgreiche Jagd bis zu 30 Meter betragen.



Ein 400 000 Jahre alter hölzerner Jagdspeer an der Fundstelle Schöningen (Niedersachsen). Er gehört neben weiteren in dem Braunkohletagebau gefundenen Jagdspeer zu den ältesten bekannten Jagdwaffen des Menschen.

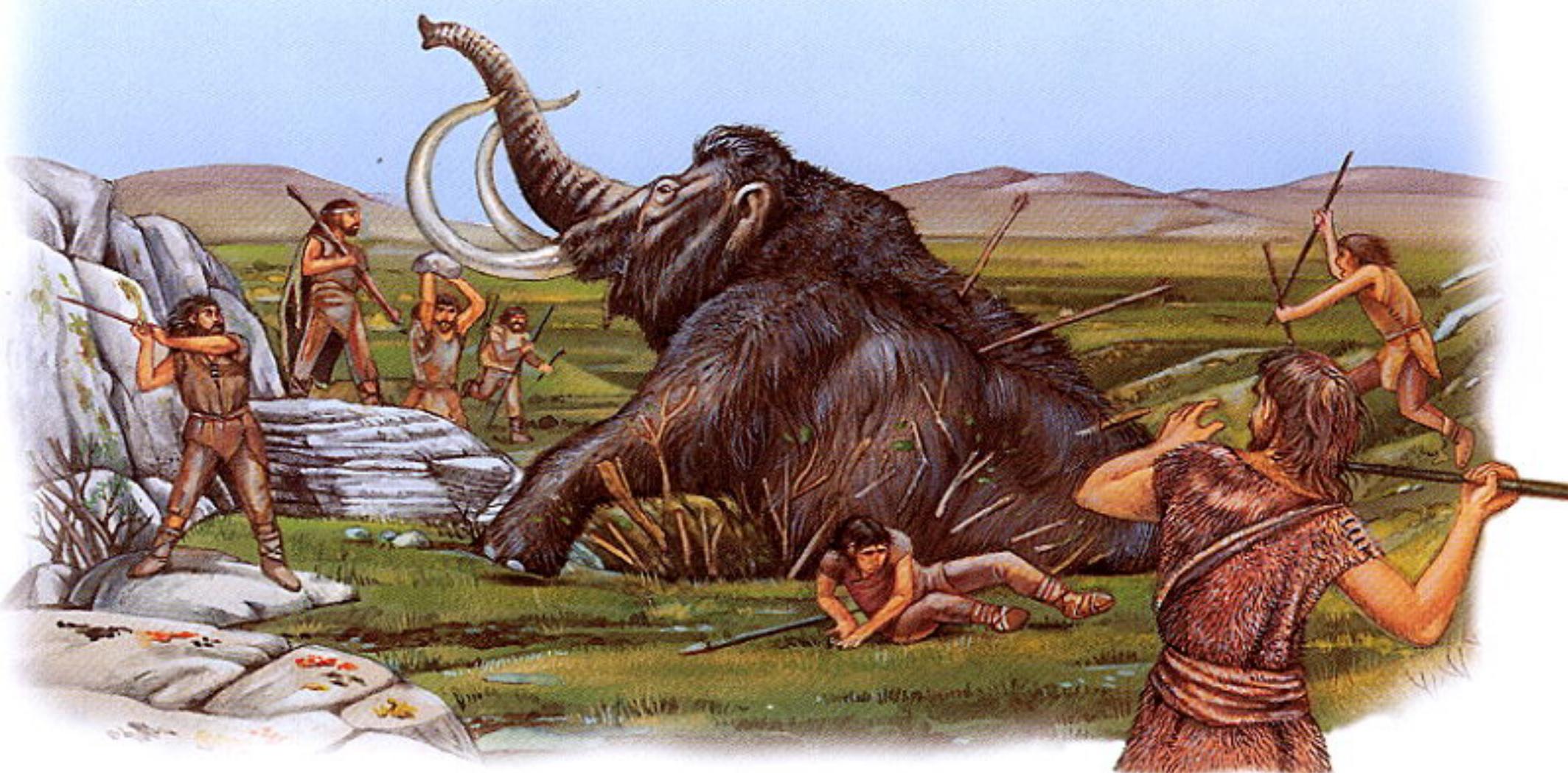
Die wichtigsten Jagdtiere waren in Mitteleuropa das Wildpferd und das Rentier. Die Jäger versuchten sie an geeigneten Orten – sich vereinigenden Tälern beispielsweise – zu stellen. Auch Treibjagden mit Fackeln und Steppenbränden gehörten wahrscheinlich zu den späteis-

BESTATTUNGEN

sind seit circa 100 000 Jahren belegt, zunächst bei den Neandertalern. Mehr Grabfunde gibt es vom modernen Menschen. Auch sie befinden sich in Höhlen wie im Freien, und sie enthalten oft zahlreiche Grabbeigaben wie Stein- und Knochenwerkzeuge, Elfenbeinperlen und -anhänger sowie Tierknochen. Einige Verstorbene wurden mit Ocker bestäubt oder auch mit Steinen oder mit den Schulterblättern von Mammuts zugedeckt.



Die Grabstätte von Sungir: Ein Mann wurde in einer Grube in einem mit mehr als tausend Elfenbeinperlen geschmückten Gewand beigesetzt.



Die Mammutjagd war gefährlich, denn die Jäger mussten den mächtigen Tieren nahe kommen, um sie zu erlegen. Viele Jäger wurden verletzt, andere starben. Die Jagdszene spielt vor

zeitlichen Jagdmethoden. Mammuts wurden in Mitteleuropa verhältnismäßig wenig, in Osteuropa aber häufiger gejagt.

Die erlegten Beutetiere wurden von den Menschen nahezu restlos verwertet. Sie boten ihnen fast alles, was sie zum Leben benötigten. Nicht sofort verzehrtes Fleisch konservierten die Frauen, indem sie es an Pfählen über der Feuerstelle räucherten oder in Sonne und Wind dörrten. In Regionen mit Dauerfrostboden bewahrte

etwa 25 000 Jahren in Osteuropa. Gern nutzten die Jäger natürliche Löcher entlang der Wanderwege der Tiere. Sie tarnten sie und schufen so Stolpergruben.

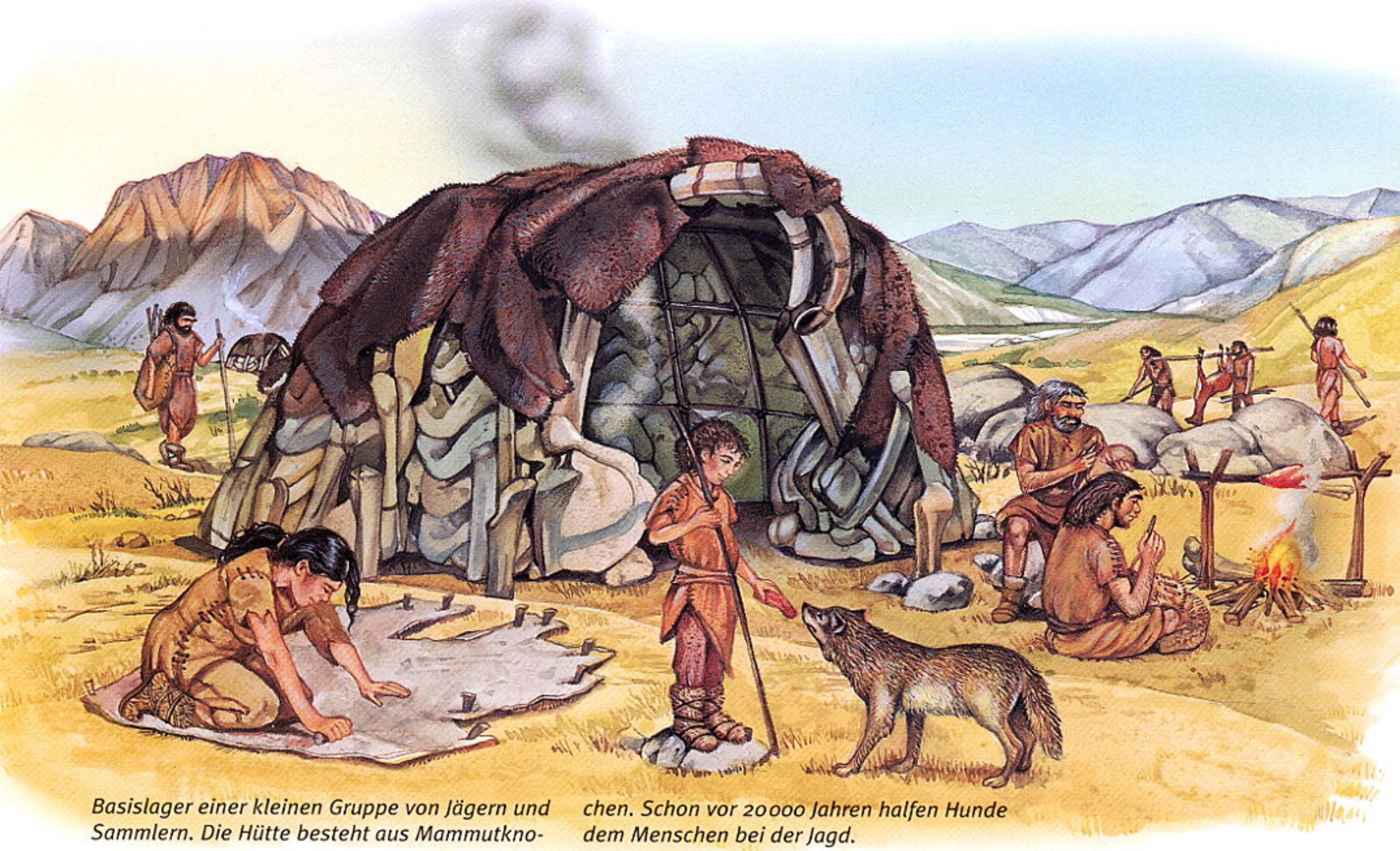
man es in kleinen Gruben wie in einer Kühtruhe auf. Das Wild wurde nicht nur wegen seines Fleisches erlegt. Auch die Felle und Häute waren wichtig. Aus ihnen fertigten die Menschen Kleidung und Zelte. Lederstreifen wurden zu langen Leinen, Magen und Blase ergaben nützliche Behälter. Sehnen und Därme verarbeitete man zu Fäden und Schnüren. Damit nähte man Fellstücke zusammen und befestigte Speerspitzen in Holzschaften. Aus Knochen, Geweih und Zähnen entstanden Werkzeuge, Waffen, Halsketten und Talismane. Knochen und Tierfett wurden auch als Brennmaterial für das Lagerfeuer genutzt.

Wie haben die frühen Menschen ihre Beute genutzt?

Nicht sofort verzehrtes Fleisch konservierten die Frauen, indem sie es an Pfählen über der Feuerstelle räucherten oder in Sonne und Wind dörrten. In Regionen mit Dauerfrostboden bewahrte

So wurde eine Speerschleuder geworfen. Ihre Reichweite betrug bis zu 200 Meter. Aus bis zu 30 Metern Entfernung erreichte man ausreichend Durchschlagskraft, um Beute zu erlegen.





Basislager einer kleinen Gruppe von Jägern und Sammlern. Die Hütte besteht aus Mammutkno-

chen. Schon vor 20000 Jahren halfen Hunde dem Menschen bei der Jagd.

Die eiszeitlichen Jäger lebten in Gruppen zu 20 bis 30 Menschen zusammen. Gemeinsam folgten sie den Tieren, die im Wandel der Jahreszeiten ihre Weideplätze wechselten. Die Lagerplätze der nomadisierenden Jäger befanden sich in Höhlen oder unter Felsschutzdächern. Gab es solche

Kannten die frühen Menschen schon Siedlungen?

im Wandel der Jahreszeiten ihre Weideplätze wechselten. Die Lagerplätze der nomadisierenden Jäger befanden sich in Höhlen oder unter Felsschutzdächern. Gab es solche

natürlichen Angebote nicht, bauten die Menschen sich Behausungen.

Unter anderem in der Eifel und im Lahntal entdeckte Höhlen dienten einst als kurzfristige Lager. Meist nutzte man nur ihren Eingangsbereich, der Sonnenlicht, Witterungsschutz und gute Beobachtungsmöglichkeiten versprach. Ähnliches boten die Felsschutzdächer.

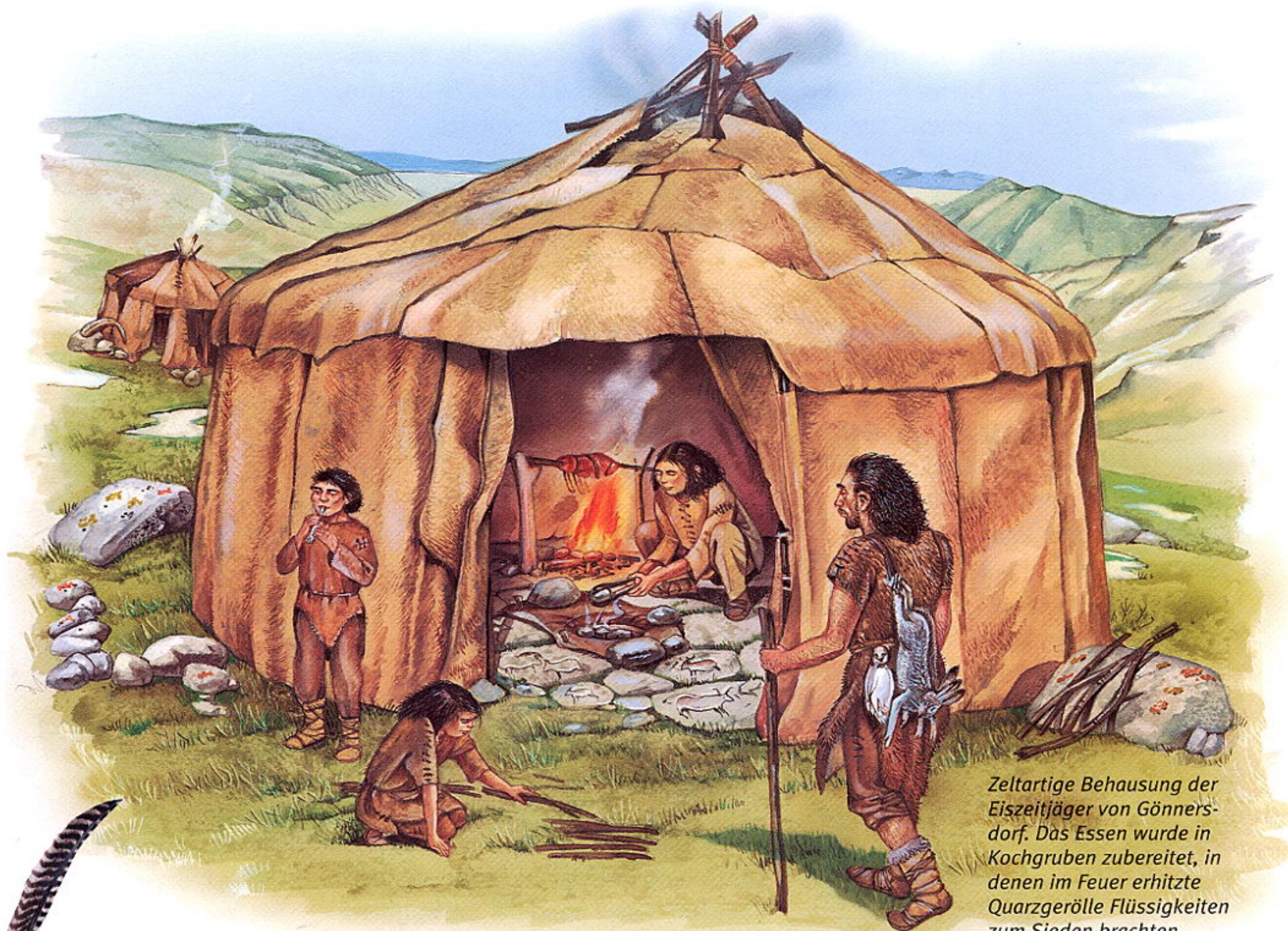
In Gegenden ohne Höhlen und Felsen mussten sich die Menschen etwas anderes einfallen lassen, um Schutz vor der Witterung zu finden. Besonders erfindungsreich waren sie in verschiedenen Gebieten Osteuropas, wo sie unter anderem Hütten aus Mammutknochen errichteten. Vor allem in der osteuropäischen Tiefebene hat man die Überreste zahlreicher solcher Behausungen entdeckt. Am bekanntesten sind die fünf 15 000 Jahre alten

KLEIDUNG

entstand aus dem Bedürfnis, sich vor dem Wetter zu schützen. Schon Homo erectus brauchte in Europa Kleidung – wahrscheinlich auch in den Warmzeiten. Er fertigte sie aus Fellen an. Von den frühen Menschen sind keine Bekleidungsstücke erhalten. Auch von den modernen Menschen können wir nur ahnen, welche „Mode“ sie getragen haben. Dafür lassen etwa 26 000 Jahre alte Knochennadeln darauf schließen, dass die Kleidung genäht wurde.



Fundort Mezhirich in der Ukraine. So sah die Hütte aus der Illustration oben vor ihrer Rekonstruktion aus.



Zeltartige Behausung der Eiszeitjäger von Gönnersdorf. Das Essen wurde in Kochgruben zubereitet, in denen im Feuer erhitzte Quarzgerölle Flüssigkeiten zum Sieden brachten.

SCHMUCK

Das Bedürfnis, sich zu schmücken, entwickelte der Mensch schon früh. Die ältesten Schmuckstücke stammen aus der Zeit der späten Neandertaler. Zu ihnen gehört ein durchbohrter Schwanzwirbel eines Wolfs. Der Schmuck aus der Zeit der Jetzmenschen ist schon richtig „schön“: Ketten mit Tierzähnen, Armreife, Elfenbeinanhänger, Perlen aus Röhrenknochen von Schneehasen. Man benutzte auch natürliche Farben, um den Körper zu bemalen.

Hütten von Mezhirich in der Ukraine. Die größte bestand aus 385 Knochen, die insgesamt 21 Tonnen wogen. Sie bildeten ein stabiles Grundgerüst, das mit Tierhäuten bedeckt wurde.

Die Grundrisse rundlicher Behausungen legten Forscher in Gönnersdorf (Stadt Neuwied/Rheinland-Pfalz) frei. Eiszeitliche Jäger hatten die maximal sechs mal acht Meter großen Bauten vor mehr als 15 000

Jahren angelegt. Sorgfältig rekonstruiert zeigen die zeltartigen Behausungen senkrechte Wände und ein von einem Mittelposten getragenes, kegelförmiges Dach. Die Abdeckung bestand aus Wildpferdfellen. Im Inneren gab es eine Feuerstelle und mehrere kleine Kochgruben. Die Fußböden waren mit Schieferplatten gepflastert, auf denen Tiere sowie einfache Frauenfiguren eingeritzt sind. Zur Beleuchtung dienten Steinlampen, in deren Höhlung sich Fett und ein Docht befanden.



Ausgräber legen vorsichtig Teile der Siedlung von Gönnersdorf frei. Die zeltartigen Behausungen (Illustration oben) waren mit Schieferplatten ausgelegt.

Von Afrika aus hat der moderne Mensch Homo sapiens sapiens Asien und Europa besiedelt.

Wie eroberte der frühe Mensch die Erde?

Wie aber ist er nach Amerika und Australien gelangt? Den Weg auf diese Kontinente haben ihm die Eiszeiten geebnet.

Mehrere Male, auch vor etwa 20 000 bis 14 000 Jahren, während der Würm-Kaltzeit, war wesentlich mehr Wasser als heute durch die Inlandgletscher gebunden. Dieses Wasser fehlte in den Ozeanen. Der deshalb weltweit um über 100 Meter gesunken Meeresspiegel legte zwischen Asien und Amerika eine rund 1 000 Kilometer breite Landbrücke frei. Sie ist heute wieder vom Meer der Beringstraße bedeckt. Über diese Landverbindung, die so genannte Beringia-Brücke, wanderten Tiere aus der Alten Welt auf der Suche nach Nahrung hinüber in die Neue – Mammuts ebenso wie Bisons und Elche. Die Jäger folgten ihnen. Irgendwann, ohne dass es den Menschen bewusst wurde, befanden sie sich auf einem anderen Kontinent.

Vor 14 000 Jahren, als der Meeresspiegel langsam zu steigen begann, verschwand Beringia wieder.

Nach Australien gelangten die ersten Menschen schon vor rund 40 000 Jahren. Damals war der Meeresspiegel 60 Meter niedriger als heute. Zahlreiche Inseln waren trockenen Fußes zu erreichen.

Vor etwa 20 000 Jahren entstand die Landbrücke Beringia. Über sie wanderten Mammuts, Bisons und Menschen nach Amerika. Beringia war aber auch ein eigenständiges Gebiet, in dem sich viele Tier- und Pflanzenarten ansiedelten.



Um nach Australien zu gelangen, mussten die ersten Einwanderer jedoch die rund 70 Kilometer breite Timorsee überwinden. Sie trennte die indonesische Landbrücke vom australischen Festland. Dieser Brückenschlag gelang den späteren Australiern mit Flößen und Einbäumen.

EISZEIT IM KINO



Ice Age: Mammut Manni, Faultier Sid und Säbelzahntiger Diego haben eine Mission ...

Auch das ist noch dageblieben. Na ja, eigentlich haben die anderen es zurückgelassen. Säbelzahntiger Diego hofft auf Beute. Natürlich rettet „Manni“ das faule, dauerquasselnde Faultier. Unfreiwillig, versteht sich. Die Eiszeit kann also auch lustig sein.

Die Eiszeit ist immer für einen Film gut. Nichts zu lachen habt ihr in „The day after tomorrow“, wenn die halbe Welt in Schnee und Eis versinkt – innerhalb kürzester Zeit. Genau das ist im Trickfilm „Ice Age“ aber schon passiert – vor 20 000 Jahren. Deshalb machen sich die Tiere auf in Richtung Süden. Nur Manfred nicht, das störrische Mammut. Manfred will unbedingt nach Norden. Und das Faultier Sid?



Ein kleiner Nager versucht in Ice Age, seinen Vorrat zu verstecken.

Ausblick

Vor 15 000 Jahren begannen überall auf der Welt die Eismassen zu schmelzen. Die fast 100 000 Jahre währende

Was ist die „Kleine Eiszeit“?

Weichsel-/Würm-Eiszeit ging vergleichsweise plötzlich zu Ende. In der letzten Phase des Übergangs zur Warmzeit stiegen in kurzer Zeit die Jahresdurchschnittstemperaturen weltweit um über sechs Grad Celsius an. Einen solch raschen Klimasprung hat man in der Erdgeschichte bis dahin noch nicht nachweisen können. Seitdem sind die Temperaturen auf unserem Planeten recht stabil – mit einigen Ausnahmen.

Während vor rund 7 000 Jahren in Europa ein ausgesprochen angenehmes, bis 2,5 Grad Celsius wärmeres Klima als heute herrschte, gab es von 1540 bis 1850 einen Rückfall in eisige Zeiten. Die so genannte „Kleine Eiszeit“ war von langen und kalten Wintern und feuchten Sommern gekennzeichnet. Missernten und Hungersnöte häuften sich. Die Gletscher in den Hochgebirgen rückten wieder vor und die Seen und Flüsse vereisten häufiger und dauerhafter,

DIE „KLEINE EISZEIT“ spiegelt sich auch in der Kunst wider, vor allem in der holländischen Landschaftsmalerei des 17. Jahrhunderts. Das erste echte „Wintergemälde“ stammt von Pieter Bruegel dem Älteren.



Pieter Bruegel der Ältere:
„Heimkehr der Jäger“, 1565

Wenig später entwickelte sich die Winterlandschaft zu einer beliebten Kunstgattung. Die Gemälde der damaligen Zeit öffnen den Blick auf eine Epoche, in der die Landschaften im Schnee versanken und Kaufleute auf zugefrorenen Flüssen Schlittschuh liefen.



Müssen wir uns bald wie diese Inuit-Kinder in Alaska vor extremer Kälte schützen?



auch die Ostsee. Zeitweise erlaubte ihr Eis sogar den Fußmarsch von Lübeck nach Schweden oder von Kopenhagen nach St. Petersburg. Auch die Eisdecke des Bodensees erreichte Rekordmarken. Dieser Klimawechsel beruhte auf minimalen Schwankungen in der Stärke der Sonneneinstrahlung. Das haben Untersuchungen an Eisbohrkernen sowie an Sedimenten von Binnenseen ergeben.



Katastrophen wie die Jahrhundertflut in Deutschland 2002 beunruhigen die Menschen: Verändert sich unser Klima?

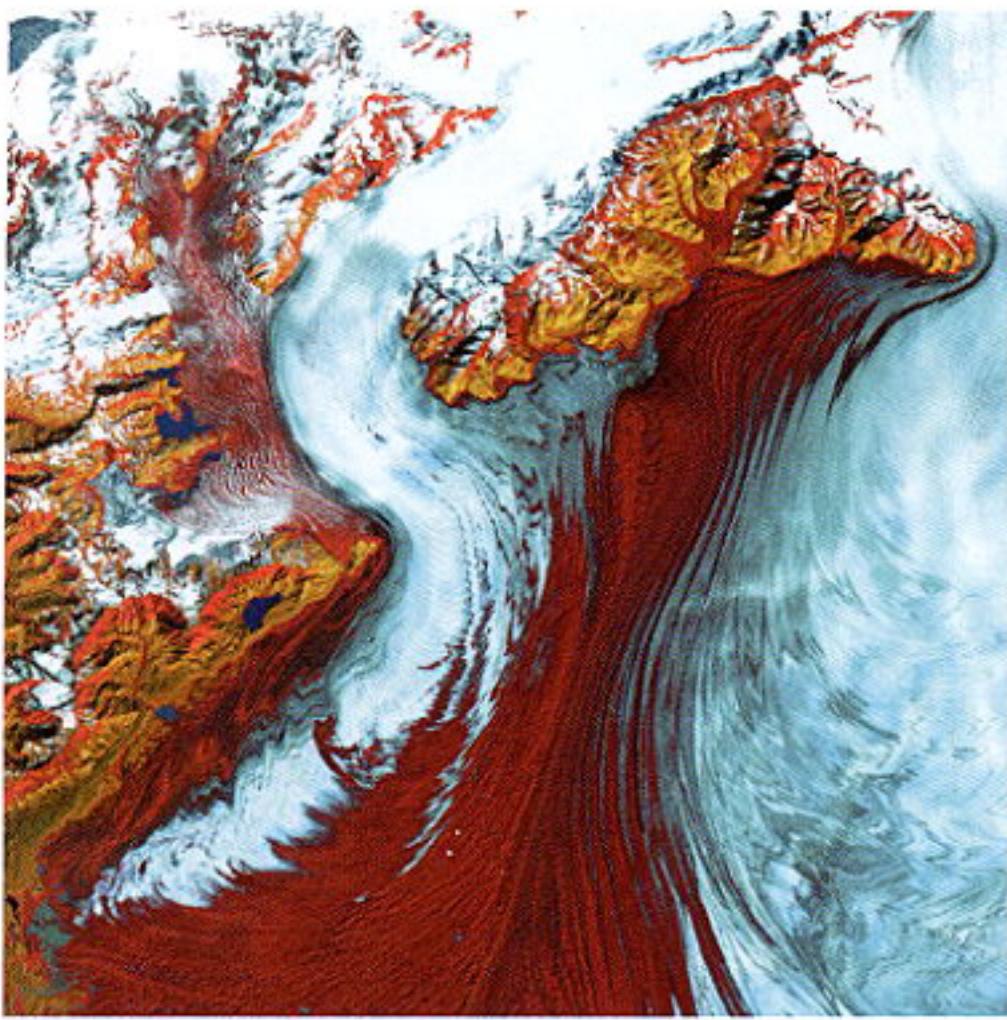
Die jüngere Geschichte der Erde ist durch einen stetigen Wechsel von Kalt- und Warmzeiten geprägt. Ihre Auslöser

sind regelhafte Veränderungen der Erdbahn um die Sonne sowie die Lage der Kontinente (Plattentektonik). Doch es gibt auch andere, „hausgemachte“ Faktoren. Einer von ihnen ist der Mensch. Noch immer verbrennt er Unmengen von Kohle und Erdöl. Dies verstärkt den Treibhauseffekt. Das Weltklima wird ange-

Wann kommt die nächste „große“ Eiszeit?

heizt, die Temperaturen auf der Erde steigen. Was das mit einer Eiszeit zu tun hat?

Klimaforscher haben auf einem der schnellsten Großcomputer der Welt berechnet, wie sich die Temperatur in Europa durch den Treib-



Malaspina-Gletscher in Alaska. Durch die Satellitentechnik können Veränderungen der Gletscher genau gemessen werden.

hauseffekt zuerst steil nach oben entwickeln könnte – um dann dramatisch abzustürzen. Der Auslöser dafür wäre das Versiegen des warmen Golfstroms, der „Zentralheizung“ Europas. Wie die Forscher wissen, würden mit der globalen Er-

wärmung die Gletscher Nordamerikas und Eurasiens schmelzen. Das Schmelzwasser strömte in den Atlantik. Eine ausgedehnte Süßwasserschicht würde die Meeresoberfläche bedecken. Diese Süßwasserschicht blockierte den Wasseraustausch im Nordatlantik – die empfindliche Meereszirkulation würde umkippen und der Golfstrom versiegen. Die mögliche Folge: Sibirische Kälte würde Westeuropa überziehen. Ist uns eine Eiszeit auf diese Weise näher als wir denken?

Sicher ist nach den Berechnungen Milankovics: In etwa 5 000 Jahren wird es auf der Erde eine neue Eiszeit geben: Eine Warmzeit dauert zwischen 12 000 und 20 000 Jahre und die letzte Kaltzeit endete vor etwa 11 000 Jahren. Dann werden die Gletscher wieder wachsen und sich von den Hochgebirgen aus in flaches Land vorschlieben. Im Lauf der Jahrtausende werden sie große Teile der Erde bedecken. Wie es dann in Mitteleuropa aussehen wird, wissen wir bereits. Diesmal allerdings werden viel mehr Menschen von den klimatischen Veränderungen betroffen sein als vor 20 000 Jahren.

TREIBHAUSEFFEKT

Während so genannte „Treibhausgase“ wie Kohlendioxid und Methan die Sonnenstrahlung durch die Atmosphäre auf die Erde lassen, hindern sie gleichzeitig die von der Erde abgegebene Wärmestrahlung am Entweichen – die Erde erwärmt sich wie ein Treibhaus. Ohne den natürlichen Treibhauseffekt würden wir erfrieren. Durch das Verbrennen von Öl, Kohle und Gas produzieren die Menschen jedoch zusätzlich klimawirksame „Treibhausgase“. Diese lassen die Temperatur auf der Erde ansteigen.

Index

A-B

- Albedo-Effekt 9
- Altamira 40, 41
- Aurignacien 39, 41
- Australopithecus 36, 37
- Beresowka-Mammut 32, 35
- Beringia-Brücke 46

C-D

- Chauvet 41
- Chopper 39
- Cosquer 41
- Cromagnon-Mensch 39, 40
- Dauerfrostboden vgl. Permafrostboden
- Dendrochronologie 24
- Dima 32

E-F

- Eisberg 14
- Eisbohrkern 10, 47
- Eiszeit 5-9

- Eiszeitalter 5-8
- Elefant 23, 34, 35
- Erbahnparameter 8, 9
- Fährtenplatte 27, 28
- Faustkeil 39
- Feuer 37
- Feuerstein 37, 39, 40
- Findling 17
- Foraminiferen 10
- Fossilien 28, 29, 30, 34
- Frostspaltung 11

G-H

- glaziale Serie 16
- Glazial vgl. Eiszeit
- Glaziologie 13
- Gletscher 10, 13-15, 19, 48
- Gletscherschliff 11, 15
- Gönnersdorf 45
- Höhlenbär 25, 26, 29, 30, 38
- Höhlenbilder 40, 41
- Höhlenhyäne 26, 27, 29, 30
- Höhlenlöwe 23, 26, 27, 29, 30
- Holozän 6, 7

- Homo erectus** 36, 37, 39, 42, 44
- Homo habilis** 36, 39
- Homo heidelbergensis** 37
- Homo neanderthalensis** vgl. Neandertaler
- Homo sapiens** 36, 38
- Homo sapiens sapiens** vgl. moderner Mensch
- Hot Springs** 29

I-K

- Inlandeis/-massen** 13, 14, 15, 17, 22
- Interglazial** vgl. Warmzeit
- Jarkov-Mammut** 35
- kalter Gletscher** 13, 14
- Kältesteppe** vgl. Trockensteppe
- Kaltzeit** vgl. Eiszeit
- Kernindustrie** 39
- Kleine Eiszeit** 47
- Klimakurve** 7, 10
- Klingenindustrie** 39
- Kontinentaldrift** 8, 9
- Korallen** 9
- Kulturstufen** 39, 41

L-M

- Laacher-See-Vulkan** 20, 21
- Lascaux** 40, 41
- Löss** 18, 19, 21, 28
- Lucy** 36
- Magdalénien** 39, 41, 42
- Mammut** 32-35
- Mammutbaum** 22
- Mammutsteppe** vgl. Trockensteppe
- Menzhirich** 44, 45
- Milankovic, Milutin** 8, 9, 48
- moderner Mensch** 7, 36, 39, 43, 44, 46
- Moräne** 15-18
- Moschusochse** 27, 31

N-O

- Nährgebiet** 13, 19
- Neandertaler** 36, 38, 39, 42, 43, 45
- Nordamerikanisches**
- Mammut** 23, 33, 34
- Nunatakker** 15, 16
- Out of Africa** 37

P-Q

- Penck, Albrecht** 7
- Permafrostboden** 21, 28, 32, 33, 43
- Plateaugletscher** 14
- Pleistozän** 6, 7
- Polarfuchs** 26, 31
- Pollenanalyse** 24
- Quartär** 7, 12, 21
- quartäres Eiszeitalter** 6, 14, 36

R-S

- Radiokarbondatierung** 24, 25
- Rancho La Brea** 30
- Rentier** 4, 26, 27, 30, 31, 40, 42

Riesengürteltier

- Riesenhirsch** 4, 26, 29, 30, 31

Rundhöcker

- Sander** 16-18
- Siegsdorfer Mammut** 30, 33
- Snowball Earth** 5
- Speerschleuder** 42, 43

- Steppenelefant** 34
- Südelefant** 34

T-W

- Talgletscher** 14
- Tiefseebohrung** 9, 10
- Toteisloch** 19, 28
- Treibhauseffekt** 5, 47, 48
- Trockensteppe** 20, 22, 26, 27, 29
- Urstromtal** 16-18
- Vielfraß** 31
- Vogelherdhöhle** 38, 39
- warmer Gletscher** 13, 14
- Warmzeit** 6, 7, 9, 10, 26, 48
- Wisent** 27, 31, 40
- Wolf** 4, 26, 27, 31
- Wollhaariges Mammut** 26, 31, 33, 34
- Wollnashorn** 26, 29, 30

Z

- Zehrgebiet** 13, 19
- Zungenbeckensee** 18
- Zwergformen** 23, 34