

1. Der Donnerstein von Ensisheim

Im späten Mittelalter, im Jahr 1492, versetzte in der französischen Region Elsass nahe der Stadt Ensisheim ein unheimlich lautes Grollen die Menschen in Angst und Schrecken. Weit und breit gab es nicht das kleinste Anzeichen eines Gewitters, dennoch donnerte es ohrenbetäubend – so laut, dass es sogar noch in der benachbarten Schweiz zu hören war. Sebastian Brandt, ein berühmter Jurist und Verfasser vieler Schriften, war Zeuge dieses Ereignisses und hat es damals in seinem Flugblatt (vergleichbar mit heutigen Zeitungen) so beschrieben:

Da man zalt ferzehenhundert jar

Uff sant Florentzen tag ist war am

Neuntzig vnd zwey vmb mittentag

Geschach ein grawsam donnerschlag

Dreyg zentner schwär fyl diser stein

Hye jnn dem feld vor Ensißheim

Man zählte vierzehnhundert Jahre

St.-Lorenz-Tag (7. November)

neunzig und zwei (also 1492) zu Mittag

geschah ein grausamer Donnerschlag

drei Zentner schwer fiel dieser Stein

hier in dem Feld von Ensisheim

Der erwähnte Donnerschlag war eigentlich ein Überschallknall. Die Geschwindigkeit des Schalls liegt bei ca. 340 m/s, der Donnerstein von Ensisheim stürzte jedoch mit ca. 15 km/s durch die Erdatmosphäre. Dabei erzeugte er eine Leuchtspur (Meteor) und schlug schließlich mit einer Masse von etwa 130 kg in einem Weizenfeld ein.

Diese Nachricht verbreitete sich wie ein Lauffeuer und sorgte in ganz Europa für großes Aufsehen. Der Donnerstein von Ensisheim war der erste Meteorit in Europa, dessen Fall beobachtet wurde und von dem bis heute Material erhalten ist. Dass dieser Stein aus dem Weltall gekommen war, erkannte man allerdings erst etwa 300 Jahre später.

Der Donnerstein von Ensisheim ist ein Steinmeteorit (Chondrit) und daher für die Forscher besonders spannend. Er besteht aus vielen Chondren (kleinen Schmelzkügelchen), die aus der Entstehungszeit unseres Sonnensystems stammen. Kurz nachdem die Kernfusion im Inneren der Sonne gezündet hatte, wurde Materie aus der ursprünglichen Gas- und Staubwolke, die die junge Sonne diskusförmig umgab, kurzfristig aufgeschmolzen und bildete kleine Kügelchen (Chondren). Im Laufe der Zeit schlossen sich diese zu größeren Klumpen zusammen und formten sich zu Planeten, Zwergplaneten (zum Beispiel Pluto) und kleineren Objekten wie Asteroiden (auch Kleinplaneten oder Planetoiden genannt) und Meteoroiden.

Steinmeteoriten wie der Donnerstein von Ensisheim haben sich seit ihrer Entstehung nicht mehr verändert und sind daher das älteste Material in unserem Sonnensystem. Bis ins 19. Jahrhundert glaubte man, dass die Sonne und die Erde höchstens einige hundert Millionen Jahre alt sind. Durch Altersbestimmung von Meteoriten wissen wir heute, dass unser Sonnensystem seit ca. 4,6 Milliarden Jahren existiert.

2. Canyon Diablo – Das Eisen aus der Teufelsschlucht

In Arizona, im Südwesten der USA, wurden in der Nähe eines riesigen Kraters zahlreiche Eisentrümmer gefunden. Ab 1891 wurde das Eisen untersucht und als Meteorit erkannt. Damals war erst seit circa 90 Jahren bekannt, dass Meteoriten aus dem Weltraum stammen. Der Einfachheit halber benennt man sie nach dem Ort, an dem sie gefunden werden. Ganz in der Nähe des Kraters befindet sich der Canyon Diablo, die Teufelsschlucht, daher der Name „Canyon Diablo Meteoriten“.

Was macht die Eisentrümmer von der Teufelsschlucht so besonders?

Eisenmeteoriten sind extrem selten – nur ungefähr 4,5 % aller bisher gefundenen Meteoriten sind Eisenmeteoriten. Um ihre außerirdische Natur eindeutig nachzuweisen, ist eine genaue Untersuchung erforderlich: Im Vergleich zu irdischen Eisentrümmern enthalten sie wesentlich mehr Nickel.

Wenn man Eisenmeteoriten aufschneidet, poliert und ihre Oberfläche mit Salpetersäure anätzt, werden bei vielen – allerdings nicht bei allen – die so genannten Widmanstätten'schen Figuren sichtbar. Eisenmeteoriten stammen aus dem Kern großer Asteroiden, die wie unsere Erde schalenförmig aufgebaut sind. Die im Kern zunächst einheitliche (homogene) Legierung aus Eisen und Nickel kühlt über einen Zeitraum von mehreren Millionen Jahren aus und bildet zwei unterschiedliche Eisen-Nickel-Legierungen. Diese kristallisieren und formen Muster im Inneren. Wenn zwei Asteroiden kollidieren, kann ein Asteroid zerbrechen; dabei können Teile des Kerns abgespalten werden.

Außer Eisen und Nickel fand man im Canyon Diablo Meteoriten sowohl Graphit (Bleistiftminen bestehen aus Graphit), als auch – erstmals in Meteoriten nachgewiesen – Diamanten.

Wissenschaftler fragten sich, ob die vielen Canyon Diablo Meteoriten mit dem Krater, in dessen Nähe sie gefunden worden waren, in Verbindung stehen. Dieser Krater ist mit einem Durchmesser von etwa 1,2 km fast so groß wie der erste Wiener Gemeindebezirk. Der entsprechende Meteorit muss einen Durchmesser von etwa 50-70 m gehabt haben und unglaublich schwer gewesen sein. Der amerikanische Bergbauingenieur Daniel Moreau Barringer versuchte Anfang des 20. Jahrhunderts viele Jahre lang, diesen Riesen-Meteoriten unter dem Kraterboden zu finden – leider erfolglos. Nach ihm wurde der Krater Barringer-Krater benannt.

Heute weiß man, dass es beim Einschlag eines so großen und schweren Meteoriten zu einer gewaltigen Explosion mit extremer Hitze-Entwicklung kommt, bei der ein Großteil der Eisenmasse verdampft. Deshalb konnte Barringer keinen Riesenmeteoriten mehr finden. Um 1960 aber stellte der amerikanische Geologe Eugene Shoemaker fest, dass der Barringer-Krater tatsächlich durch einen Meteoriteneinschlag vor 50.000 Jahren verursacht wurde.

Der Canyon Diablo war der erste wissenschaftlich bestätigte Meteoritenkrater.

3. Tissint – Ein Stück Mars, das vom Himmel fiel

Am 18. Juli 2011 war um zwei Uhr früh am Nachthimmel über Marokko (im Norden Afrikas) ein heller, gelbgrüner Feuerball zu beobachten. Mit hoher Geschwindigkeit und mit lautem Grollen näherte sich ein Stein dem Boden, zerfiel in mehrere Stücke und schlug schließlich in einem Tal in der Westsahara ein. Mehrere Zeugen haben den Meteor (die Leuchterscheinung) gesehen und gehört. Nomaden haben schließlich die Teile des Meteoriten gefunden, eingesammelt und verkauft. Denn Steine, die vom Himmel fielen, waren schon immer etwas Besonderes und galten daher als wertvoll. Wie wertvoll, konnten die Nomaden allerdings nicht einschätzen.

Erst seit ungefähr 200 Jahren wissen wir, dass Meteoriten nicht von der Erde stammen. Die meisten haben ihren Ursprung im Asteroidengürtel, der sich zwischen den Planeten Mars und Jupiter befindet. Da es dort sehr viele Asteroiden und Meteoroiden gibt, kommt es immer wieder zu Zusammenstößen, wodurch einige ihre Umlaufbahn verlassen und sich in Richtung inneres Sonnensystem bewegen, also in Richtung Mars, Erde und Mond.

Vor allem auf der Mond-Oberfläche sind die zahlreichen Einschlagkrater deutlich sichtbar. Aber auch die Erde und der Mars stehen unter außerirdischem Beschuss. Wenn ein größerer Asteroid auf dem Mars einschlägt und durch den gewaltigen Aufprall Gesteine von der Mars-Oberfläche gelöst und so stark beschleunigt werden, dass sie die Mars-Atmosphäre verlassen, können sie nach einer langen Reise in ganz seltenen Fällen sogar auf der Erde landen. So erklärt man sich die Herkunft des Tissint: Es handelt sich um ein Stück von unserem Nachbarplaneten Mars. Nach Schätzungen der Forscher hat Tissint den Mars vor etwa 700.000 Jahren verlassen – zu dieser Zeit war noch einer unserer Vorfahren, der *Homo erectus*, auf der Erde unterwegs.

Vor allem dank der ersten Sonden, die 1976 auf dem Mars gelandet sind (Viking 1 und Viking 2), ist uns die Zusammensetzung des Marsbodens und der Marsatmosphäre sehr gut bekannt. Daher kann die Herkunft des Tissint eindeutig bestimmt werden. Marsmeteoriten sind extrem selten – von mehreren zehntausend bekannten Meteoriten stammen weniger als hundert vom Planeten Mars. Diese unterscheiden sich deutlich von allen anderen Meteoriten: sie bestehen aus einem anderen Material, sind wesentlich jünger, und manchmal findet man in ihnen sogar eingeschlossenes Gas, also ein klein wenig Mars-Luft.

Man fragt sich schon lange, ob es auf dem Mars vielleicht einmal Leben gegeben hat. Die Marsmeteoriten könnten uns einiges darüber verraten. Die meisten Marsmeteoriten befinden sich allerdings schon längere Zeit auf der Erde und sind daher für derartige Untersuchungen nicht besonders gut geeignet. Nur der Meteorit Tissint ist so gut wie „unberührt“, da er nur kurze Zeit der Erdatmosphäre ausgesetzt war, bevor er – beziehungsweise seine Einzelteile – eingesammelt wurden. Im Naturhistorischen Museum Wien ist das zweitgrößte Stück des Tissint-Meteoriten ausgestellt.

4. Schwarzer Raucher (Black Smoker)

Februar 1977: Tiefer und tiefer sinkt das Tauchboot Alvin, schwarze lichtlose Finsternis drückt tonnenschwer auf die 5 cm dicke Titanhülle, der Tiefenmesser zeigt 2.500 m, die Wassertemperatur beträgt 2° C. Doch plötzlich steigt die Temperatur rapide an, schwarze Rauchwolken trüben das Scheinwerferlicht und eine Welt voller Leben verändert unser Bild von der Tiefsee für immer. Die schwarzen Raucher geraten in unser Blickfeld!

Schwarze Raucher sind hydrothermale Quellen entlang der Tiefseerücken (2000–5000 m), also eigentlich untermeerische Geysire. Meerwasser kann durch Risse tief in die Erdkruste vordringen und sich dort auf ca. 400° C erhitzen. Enormer Druck verhindert, dass sich das Wasser in Wasserdampf verwandelt. Vulkanische Gase und die Erwärmung sorgen dafür, dass das „überheiße“ Wasser wieder nach oben drängt, wobei es auf dem Weg zur Oberfläche Mineralien und Spurenelemente aus dem Gestein löst. Am Meeresgrund trifft das heiße (300–400° C), mineralische und saure (pH-Wert: 4–8) Wasser auf 2–4° C kaltes Ozeanwasser. Durch die schnelle Abkühlung kommt es zur Ausfällung der gelösten Mineralien – schwarzgraue Sedimente entstehen. Diese Sedimente lagern sich am Meeresboden ab und bilden mit der Zeit meterhohe Schlote. Der schwarze „Rauch“ entsteht durch eine chemische Reaktion von Kupfer, Zink und Eisen mit Schwefel. Es gibt auch «weiße Raucher», deren «Rauchfahne» vor allem aus Barium, Kalzium und Silikat besteht. Meist gruppieren sich mehrere Schlote zu einem Feld aus schwarzen Rauchern. Werden die Schlote zu hoch, können sie zusammenbrechen; manchmal werden sie auch durch die ausgefällten Mineralien verstopft.

Schwarze Raucher sind für uns Menschen aus vielen Gründen interessant: Einerseits beherbergen sie eines der spannendsten Ökosysteme auf unserem Planeten, andererseits verspricht sich die Wirtschaft von ihnen zukünftige Ressourcen an Kupfer, Eisen, Zink, Silber und Gold, obwohl der Abbau in so großer Tiefe technisch sehr schwer zu realisieren ist. Die Wissenschaftler gehen davon aus, dass die hydrothermalen Quellen als Teil der globalen Umwälzpumpen der Ozeane einen beachtlichen Beitrag zum Wärmehaushalt der Erde leisten. Außerdem sind sie Impuls für zahlreiche Hypothesen über die Entstehung des Lebens auf unserer Erde.

Doch wie kann Leben unter solchen Bedingungen überhaupt bestehen? Kein Licht, hohe Temperaturen, niedriger pH-Wert, extrem hoher Druck. Dennoch fanden Forscher in dieser unwirtlichen Umgebung bisher über 300 neue Tierarten, darunter Krebse, Muscheln und Würmer. Wer bildet hier, wo fotosynthetisch aktive Pflanzen nicht existieren können, die Basis der Nahrungspyramide? Es sind chemosynthetisch aktive Bakterien und Archaeen (Urbakterien). Sie nutzen die bei der Oxidation von Schwefelwasserstoff (Schwefelwasserstoff + O₂ + CO₂ → Zucker und Schwefelsäure) frei werdende Energie, um Kohlenstoffverbindungen wie Zucker und Eiweiße aufzubauen. Die größeren Organismen zeigen spezielle Anpassungen, um Hitze und giftige Chemikalien auszuhalten. Viele von ihnen leben in Symbiose mit schwefeloxidierenden Bakterien. So auch der Riesenbartwurm *Riftia*, der bis zu 3 m lang werden kann. Er besteht aus Kopf, Rumpf und einem Fuß, mit dem er sich am Untergrund festhält. Jedoch fehlen ihm Mund, Darm und After. Er kann nur existieren, weil in einem speziellen Organ in seinem Inneren schwefeloxidierende Bakterien leben, die ihn mit Nährstoffen versorgen.

5. Chloroplasten, die grünen Zellorganellen

Warum haben Tiere und Menschen keine grüne Haut? Wär' doch praktisch, man könnte von Sonne und Luft leben. Doch uns fehlen die Chloroplasten...

Chloroplasten [altgriech. *chlōrós* = grün; *plastós* = geformt] sind grüne Zellorganellen. Man findet sie in Algen und höheren Pflanzen. Sie sind von einer doppelten Membranhülle umgeben. Im Inneren befindet sich die Matrix (Stroma). In diese Matrix eingebettet liegen die Thylakoide [griech. *thylakos* = Sack], Ort der fotosynthetischen Lichtreaktion. Diese Thylakoide sind bei der Chloroplastenentwicklung durch Einfaltung der inneren Chloroplastenmembran entstanden. Bei den Algen mit Ausnahme der Grünalgen erscheinen die Chloroplasten im Lichtmikroskop einheitlich. Sie werden daher als homogene Chloroplasten bezeichnet. Bei Grünalgen, Moosen, Farnen und höheren Pflanzen entstehen typische Thylakoidstapel, die im Lichtmikroskop als dunkle Körner erkennbar sind. Solche Chloroplasten werden als granuläre Chloroplasten bezeichnet (lat. *grana* = Körner). In die Membran der Thylakoide sind Pigmente eingelagert, vor allem der grüne Farbstoff Chlorophyll. Die Pigmente absorbieren Licht bestimmter Wellenlänge und verwandeln Lichtenergie in chemische Energie. So wird aus CO₂ und Wasser Zucker bzw. Stärke erzeugt. Diesen Vorgang nennt man Fotosynthese.

Chloroplasten besitzen wie Mitochondrien eine eigene ringförmige DNA, also eigenes Erbgut. Sie können relativ unabhängig vom übrigen Zellstoffwechsel arbeiten; die Fotosynthese kann sogar außerhalb der Zelle stattfinden, wenn man die Chloroplasten schonend isoliert. Chloroplasten können sich auch selbständig durch Teilung vermehren.

Diese und weitere Besonderheiten führten zur Endosymbionten-Theorie: Prokaryoten (Bakterien und Archaeen) existieren schon sehr viel länger auf der Erde als Eukaryoten (alle übrigen Organismen). Außerdem besitzen Eukaryoten Zellbestandteile wie Chloroplasten oder Mitochondrien, die bei Prokaryoten nicht vorkommen.

Die Endosymbionten-Theorie geht davon aus, dass Chloroplasten und Mitochondrien einst eigenständige Prokaryoten – Einzeller ohne Zellkern – waren, die im Laufe der Evolution von anderen Einzellern aufgenommen wurden. Sie wurden jedoch nicht verdaut, sondern lebten geschützt in ihren Wirtszellen weiter. Im Laufe der Zeit entstand eine Symbiose, also eine Partnerschaft zum gegenseitigen Nutzen zwischen Wirtszellen und einverleibten Prokaryoten. Die Wirtszellen boten den Prokaryoten Schutz; die Mitochondrien wurden für den Energiehaushalt der Zellen unentbehrlich, die Chloroplasten ermöglichten pflanzlichen Zellen die Fotosynthese. Analysiert man das Genom der Chloroplasten, so findet man außerdem Beweise für deren Abstammung von Cyanobakterien (Blualgen).

Komplexe pflanzliche, tierische und menschliche Zellen haben demnach ihren Ursprung in der Vereinigung von Prokaryoten. Der grundlegende Unterschied besteht im Vorhandensein oder Fehlen von Chloroplasten.

6. Zeolithe

„Eine gewaltige Explosion riss Marius aus dem Schlaf. Mit einem Mal hellwach, blickte er in die Richtung, aus der der Donner gekommen war – der Gipfel des Vesuvs war weggesprengt worden. Marius begann am ganzen Körper zu zittern; er wollte wegrennen, sich auf den Boden werfen, aber stattdessen starrte er auf die austretenden Feuersäulen und auf eine Aschewolke, die so hoch stieg, dass sie den Himmel verdunkelte...“

Marius sollte diesen Tag, den 24. August 79, wie so viele andere Einwohner Pompejis nicht überleben. Er selbst und die Zeugnisse seines Lebens wurden unter einer 12 m dicken Schicht aus Asche, Bimssteinen und Gesteinsbrocken begraben. So schrecklich diese Naturkatastrophe auch war, für Generationen von Archäologen stellte das konservierte Alltagsleben von Pompeji eine einzigartige Informationsquelle dar. Darüber hinaus sind die vulkanischen Ablagerungen auch in mineralogischer Hinsicht wertvoll, zum Beispiel wegen der Zeolithe.

Zeolith-Mineralien findet man vor allem in Hohlräumen von Ergussgesteinen (Basalt). Sie bilden oft Kristallaggregate wie Nadeln, Fasern oder Säulen.

Zeolithe besitzen eine mikroporöse Gerüststruktur. Aluminium-Sauerstoff-Tetraeder und Silizium-Sauerstoff-Tetraeder (Tetraeder = Pyramide mit vier dreieckigen Seitenflächen) bilden ein Gerüst, dessen offene Hohlräume normalerweise durch Wassermoleküle und Kationen (positiv geladene Teilchen) besetzt sind. Diese Kationen sind austauschbar. Wenn man Zeolithe erhitzt, entweicht das Wasser aus den Hohlräumen, was den Kristall „aufschäumen“ lässt. Darauf bezieht sich auch der Name: Zeolith bedeutet auf Altgriechisch „siedender Stein“ (*zeein* = siedend; *lithos* = Stein). Wenn man sie längere Zeit feuchter Luft aussetzt, nehmen Zeolithe wieder Wasser auf. Man kann sie also mit einem Schwamm vergleichen.

Aufgrund ihrer besonderen Eigenschaften sind Zeolithe zum Beispiel als Wasserenthärter in Waschmitteln enthalten. Die Kationen Calcium und Magnesium, die besonders in hartem Wasser enthalten sind, führen nicht nur zu Verkalkungen an Waschmaschinen, sondern lassen beim Waschvorgang auch Kalkseife entstehen und reduzieren so die Wirkung von Waschmitteln. Dem Waschpulver beigefügte Zeolithe fangen diese Kationen ein, binden sie in ihren Hohlräumen und machen sie auf diese Weise „unschädlich“.

Eine weitere Anwendung ist die Beseitigung von Schwermetallen aus Abwässern. Zeolithe können sogar zur Bindung radioaktiver Stoffe verwendet werden. Nach der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl wurden im Umkreis des Kraftwerks 500.000 t Zeolithe verteilt, und auch in Fukushima kamen Zeolithe zum Einsatz.

Selbst die Medizin und Kosmetik kommen nicht ohne Zeolithe aus. Zeolith-Puder wird zum Beispiel bei Akne, Neurodermitis und Fieberblasen eingesetzt. Wer noch immer meint, Zeolithe seien doch für die Katz', hat auch Recht, denn man findet Zeolithe sogar in der Katzentoailette. Eh klar, saugstark und geruchsbindend!

Obwohl man Zeolithe heute auch schon künstlich herstellen kann, werden jedes Jahr noch immer ca. 3,4 Millionen Tonnen natürliche Zeolithe abgebaut.

7. Der Schuppenbaum (*Lepidodendron*)

Die ausgedehnten Sumpfwälder des Karbon, der Steinkohlenzeit, beherbergten vor über 300 Millionen Jahren neben üppigen Farnen, Schachtelhalmen und Bärlappgewächsen auch zahlreiche urtümliche Tierarten: 2 m lange Tausendfüßer, 5 m große Panzerlurche, riesige spinnenartige Tiere und Libellen mit einer Flügelspannweite von bis zu 75 cm. Die dichte Waldbedeckung im Karbon bewirkte, dass der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre mit 30 % deutlich höher war als heute (21 %), daher wurde der Riesenwuchs der Arthropoden (Gliederfüßer) erst möglich. Amphibien hatten im Karbon ihre Blütezeit und Reptilien traten das erste Mal auf.

Das Karbon verdankt seinen Namen den heutigen Steinkohle-Lagerstätten, die aus den abgestorbenen, nicht völlig zersetzten Pflanzenkörpern der riesigen, weltweit verbreiteten Sumpfwälder entstanden. Im sumpfigen Milieu konnten die normalen aeroben Zersetzungsprozesse (= Abbau durch Bakterien, die Sauerstoff benötigen) nicht stattfinden; es entstand Torf, aus dem sich durch Überlagerungsdruck von Sediment und Temperaturerhöhung im Lauf von hunderten Millionen Jahren Steinkohle bildete.

Die Besiedelung des Landes durch Pflanzen hatte bereits lange davor – vor 440 Millionen Jahren, im Silur – begonnen. Sie erforderte eine ganze Reihe grundlegender Anpassungen: einen stabilen Stängel, um die Pflanzen aufrecht zu halten, und Schutzmechanismen gegen zu hohe Verdunstung. Wichtig wurde auch ein Leitungssystem, das Wasser von den Wurzeln zu den Blättern und Nährstoffe von den Blättern zu den anderen Pflanzenteilen transportierte. Die ersten Pflanzen mit solchen Anpassungen waren die Farne, Schachtelhalme und Bärlappe.

Die Schuppenbäume, typische Pflanzen der Steinkohlenwälder, zählen zu den Bärlappgewächsen. Im Gegensatz zu den heutigen Vertretern wuchsen sie baumförmig und wurden bis zu vierzig Meter hoch; ihr Stamm konnte einen Durchmesser von zwei Metern erreichen. Sie vermehrten sich durch Sporen, die in den zapfenförmigen Fortpflanzungsorganen gebildet wurden.

Da sich die Sprossachsen der ursprünglichen Baumarten selten und immer gabelig-symmetrisch verzweigten, sahen diese ganz anders aus als die späteren nack- und bedecktsamigen Bäume. Ihre Rinde ist fossil oft sehr gut erhalten und zeigt deutlich Narben der abgefallenen Blätter, die wie Schuppen auf der Stammoberfläche aussehen. Erhöhte Strukturen sorgten für Durchlüftung. Vertiefungen dienten vielleicht als „Regenwasserfänger“. Die genaue Funktion der Oberflächenstruktur ist umstritten. Strukturen zum Auffangen des Regenwassers würden aber Sinn machen, denn obwohl Schuppenbäume im Küstenbereich auf feuchten Sumpfböden wuchsen, hatten sie Probleme, Wasser zu transportieren, da ihr Wurzel- und Gefäßsystem (Leitbündel) nicht so effizient war wie bei heutigen Nadel- oder Laubbäumen.

8. Seelilien (Crinoidea)

Anders, als ihr Name vermuten lässt, sind Seelilien keine Pflanzen, sondern wirbellose Tiere. Die Seelilien zählen zu den meeresbewohnenden Stachelhäutern (Echinodermata); ihr Skelett setzt sich wie bei allen Stachelhäutern aus Platten oder Stacheln zusammen, die jeweils aus einem einzigen Calcitkristall bestehen.

Nach dem Absterben zerfallen sie daher oft in Stielglieder, Kelch- und Armplatten. Fossil findet man diese meist als fünfstrahlig-radiärsymmetrische (drehsymmetrische), sternförmige Scheiben mit einem zentralen Gang (Loch in der Mitte). Sie spielten im Volksglauben eine wesentliche Rolle, wurden als Wichtelpfennige oder Hexengeld gedeutet und zu Ketten aufgefädelt. Seltener sind Teile von Crinoidenstielen erhalten, die wie kleine Säulen aussehen. Zusammen-geschwemmt und massenhaft angehäuft können die Bestandteile von Seelilien sogar gesteinsbildend sein (z.B. Trochitenkalk). Vollständige Exemplare findet man selten.

Der Stammbaum einiger heute lebender Echinodermata lässt sich bis ins Kambrium zurückverfolgen. Vor rund 450 Millionen Jahren entstanden in den seichten Meeresbereichen erste komplexe und ausgedehnte Korallenriffe, die als neue Ökosysteme zu einem raschen Evolutionsschub beitrugen. Eine Fülle neuer Baupläne wurde „ausprobiert“. Nur fünf von über 25 Stachelhäuter-Gruppen überlebten das Erdaltertum (Paläozoikum), darunter Vorfahren der Seeigel, Seesterne, Schlangensterne, Seegurken und Seelilien.

Seelilien waren im weichen Meeresboden oder auf harten Untergründen verankert, oder sie hingen mit dem Kelch nach unten von Treibholz herab. Ihr Aussehen erinnert tatsächlich an eine Lilie: ein wenige Zentimeter bis mehrere Meter langer Stiel trug einen Kelch mit Fangarmen; diese filterten Nahrungspartikel (Plankton) aus dem Meerwasser und transportierten sie zur Mundöffnung. Die meisten rezenten (heute lebenden) Seelilien sind stängellos. Sie werden als Haarsterne bezeichnet und kriechen bzw. schwimmen mit Hilfe ihrer Arme durchs Meer.

Die mützenförmige Schnecke *Platyceras* war auf das Zusammenleben mit bestimmten Seelilien (z.B. *Platycrinus*) angewiesen. Als Darmparasit lebte sie schmarotzend am Kelch von Seelilien (befallene Kelche sind kleiner) und steckte ihren Rüssel in deren Enddarm, um den Kot ihres Wirtes zu fressen. Die Seelilien versuchten sich zu schützen, indem sie einen bis zu 10 cm langen röhrenförmigen After entwickelten. Die Schnecken passten sich an, indem sie einen immer längeren Rüssel bekamen. Später bohrten die Schnecken die Kelche direkt an, wodurch ein längerer After keinen selektiven Vorteil mehr darstellte. Diese ständige Veränderung und wechselseitige Anpassung zweier durch ihre Ökologie aneinander gebundenen Arten nennt man Koevolution. Es kommt zu einem ständigen „Wettrüsten“ der konkurrierenden Organismen (z.B. Parasit – Wirt) um vorhandene Ressourcen.

9. Stachelhaie und Flossenstachler (Acanthodii)

Dass Haie scharfe Zähne haben, ist allgemein bekannt. Weniger bekannt ist, dass manche ausgestorbene Arten auch spitze Stacheln besaßen!

Haie zählen zu den Knorpelfischen (Chondrichthyes), das heißt, ihr Skelett besteht zum größten Teil aus Knorpel; echte Knochensubstanz fehlt. Daher gibt es auch nur wenige gut erhaltene fossile Abdrücke oder gar komplette Exemplare. Meist sind nur Zähne, die beim lebenden Hai laufend nachgebildet werden, und Teile der Rückenflosse erhalten.

Im Karbon (359–299 Mio.), durchlebten die urtümlichen Haie ihre erste einschneidende Entwicklungsphase. Es entstanden viele eigentümliche Familien mit auffälligem Aussehen (Morphologie), die bereits im Perm (299–252 Mio.) wieder ausstarben. Die größte unter den damaligen Arten war der Einhorn-Haie (*Orthacanthus*), der nach dem charakteristischen Horn im Nacken benannt ist und bis zu drei Meter lang werden konnte.

Ein nach vorne gebogener, langer Stachel kennzeichnet die Krummstachelhaie (*Falcatus*), kleine Raubfische ohne direkte rezente (heute lebende) Verwandte.

Wozu der Stachel diente, ist nicht bekannt. Eine Theorie erklärt ihn mit Geschlechtsdimorphismus (Unterschiede im Erscheinungsbild männlicher und weiblicher Individuen der gleichen Art). Vielleicht wurde das seltsame Organ bei der Paarung verwendet. Möglich wäre auch, dass der Stachel zur Abwehr diente, wenn die Stachelhaie sich im Sand eingruben oder zwischen Korallen versteckten. Oder der Stachel konnte durch einen Dorn in aufrechter Stellung fixiert werden und funktionierte dann ähnlich einem Anker. Fressfeinde hätten dann zweifellos große Schwierigkeiten gehabt, ihre zwischen Steinen oder Korallen „verankerte“ Beute aus dem Versteck zu ziehen.

Haifischartige Formen gab es bereits vor 380 Millionen Jahren im oberen Devon. Auch diese Urhaie waren Raubfische und schnelle Schwimmer; sie lebten jedoch im Süßwasser. Erst im Erdmittelalter drangen die Haie auch ins Meer vor. Die Entwicklung der modernen Haie, die mit den Urhaien nicht näher verwandt sind, begann im Jura (250–65 Mio.). Der größte moderne Hai war der ausgestorbene *Megalodon*, der vor 17 bis 2 Millionen Jahren fast weltweit verbreitet war und 18 Meter lang werden konnte.

10. Die „Fliegenden Fische von Lunz“ (*Thoracopecterus*)

Können Fische fliegen? Ja, manche schon! Eine Erkenntnis, die einige Räuber in den Meeren der Trias vor 220 Millionen Jahren überrascht haben mag. Bereits damals lebten Fische, deren Brustflossen so umgewandelt waren, dass ihre Träger blitzschnell durch das Wasser gleiten, an die Oberfläche schießen und schließlich über Wellentäler hinweg scheinbar durch die Luft fliegen konnten. Auf diese Weise schnellten sie von einer Welle zur nächsten und überwandern so vermutlich Distanzen von bis zu einem Meter – eine perfekte Strategie, um verwirrten Fressfeinden zu entkommen.

Fliegende Fische gibt es auch heute noch; allerdings sind diese modernen Knochenfische mit den ausgestorbenen Formen aus dem Erdmittelalter nicht verwandt. Die „Flugfähigkeit“ der fossilen Gattung *Thoracopecterus* stellt eine Parallelentwicklung zu den heutigen marinen fliegenden Fischen dar. Sie ist ein Beispiel dafür, dass gleiche Baupläne durchaus in unterschiedlichen Entwicklungslinien auftreten können. Die Evolution fand mehrmals ähnliche Antworten auf ähnliche Anforderungen und Lebensbedingungen, allerdings in diesem Fall in unterschiedlichen Erdzeitaltern.

Gefunden wurden die Fisch-Fossilien in Lunz (NÖ), wo sich eine weltweit einzigartige Flora und Fauna erhalten hat. Berühmt sind vor allem die außerordentlich gut erhaltenen Pflanzenfossilien. Sie ermöglichen es, den Lebensraum in der Küstenregion der Tethys (verbindendes tropisches Meer zwischen Atlantik und Pazifik im Erdmittelalter) und seine Veränderungen sehr genau zu rekonstruieren: Ein ausgedehntes Monsun-System mit heftigen Regenfällen hatte vor über 220 Millionen Jahren zur Folge, dass die Flüsse an dieser Stelle große Mengen von Sediment in den Tethys-Ozean einbrachten. Die Riffe, die dort der Meeresküste vorgelagert waren, starben im trüben Wasser ab. Gleichzeitig kam es zu einer raschen Vermehrung von Algen im Küstenbereich, und bald sanken Massen von abgestorbenen Algen zu Boden. Da das abgestorbene Material bei der Zersetzung viel Sauerstoff verbrauchte, herrschte am Meeresboden binnen kurzer Zeit Sauerstoffmangel. Ein Massensterben von Ammoniten, Krebsen und zahlreichen Fischarten war die Folge. Die sauerstoffarmen Verhältnisse begünstigten nicht nur das Aufkommen eines ausgedehnten Sumpfwaldes an der Küste der Tethys, sondern auch die Fossilisation von Tieren und Pflanzen.

Eine weitere Besonderheit von der Fundstelle in Lunz ist der älteste Lungenfisch, der je entdeckt wurde: *Ceratodus*. Lungenfische sind in der Lage, Luft zu atmen. Die Gruppe der Lungenfische gibt es seit über 210 Millionen Jahren. Heute ist sie nur noch mit sechs Arten in Afrika, Südamerika und Australien vertreten. Der australische Lungenfisch *Neoceratodus* gilt als echtes lebendes Fossil. Als lebende Fossilien werden Tiere und Pflanzen bezeichnet, die ihren Bauplan über Millionen von Jahren beibehalten und sich kaum verändert haben.

11. Kuhtrittmuscheln (Megalodonten)

Vor 250–200 Millionen Jahren, zur Zeit der Trias, erstreckte sich im Gebiet des heutigen Alpenraumes der Tethys-Ozean – ein tropisch-warmes Meer mit zahlreichen Inseln, großen Riffen und Lagunen. Der Kalkschlamm und das feinsandige Sediment in den nährstoffarmen Lagunen war der Lebensraum für große, auffällige Muscheln, die Megalodonten. Weil sie halb eingegraben im Sediment lebten, blieben viele der gleichklappigen Muschelschalen in ihrer ursprünglichen Lage (Lebensstellung) erhalten. Fossile Megalodonten finden sich stellenweise in hoher Dichte und sind charakteristisch für den Dachsteinkalk der nördlichen Kalkalpen. Dieser entstand, als Riffe und Kalkschlamm samt den darin enthaltenen Fossilien im Zuge der Gebirgsbildung zu Gestein verfestigt wurden.

Weil die fossilen Megalodonten im Querschnitt an Hufabdrücke von Kühen oder auch an Herzen erinnern, gaben sie Anlass zu zahlreichen Sagen und Geschichten. Sie wurden nicht nur als versteinerte Kuhtritte, sondern auch als Fußspuren der „Wildfrauen“ oder als Spuren der „Wilden Jagd“ gedeutet, die in den Raunächten angeblich über das Gebirge fegte, angeführt vom Teufel, der auf einem Ziegenbock ritt. In früheren Zeiten wurden versteinerte Megalodonten als Abwehrzauber gegen das Böse eingesetzt und sind daher noch heute oft als Fundamentsteine von Almhütten zu finden.

Die Fauna der Tethys ist von Westeuropa über Indien und China bis Timor verbreitet. Das Aussehen der Megalodonten sowie der Gesteinshorizont, in dem sie auftreten (engl. „Tethys shows“), ist in allen Gebirgen Eurasiens (Alpen, Apenninischer Gebirgszug) gleich. Kuhtrittmuscheln lebten vom Ordovizium (500–435 Mio.) bis in die Oberkreide (100–65 Mio.) und starben am Ende des Erdmittelalters vor 65 Millionen Jahren aus.

Ähnlich wie Korallen und die heutige Riesenmuschel *Tridacna* lebten Megalodonten in Symbiose mit Grünalgen. Die Stoffwechselprodukte der Algen bildeten wahrscheinlich einen Teil ihrer Nahrung. Die Algen befanden sich vermutlich im Mantelrand, der die Schale innen auskleidete. Daher ist dieser im rekonstruierten Modell blau-grün eingefärbt. Durch die Spalte im Mantel pumpt die Muschel sauerstoffreiches Meerwasser zu den Kiemen, durch das Loch dahinter wurde das gefilterte Wasser wieder ausgestoßen. Die Kiemen dienten also nicht nur der Atmung; indem sie Plankton filterten, trugen sie auch zur Ernährung bei.

Auf die Symbiose mit Grünalgen gibt es zumindest einen indirekten Hinweis: Stellenweise treten die Megalodonten in so großer Dichte auf, dass das Plankton aus dem nährstoffarmen Lagunenwasser keinesfalls als einzige Nahrungsquelle für alle ausgereicht hätte.

12. Die Urschlange (*Pachyophis woodwardi*)

Die ersten Schlangen waren Meereschlangen und lebten als Zeitgenossen der Dinosaurier vor 100 Millionen Jahren in der Kreidezeit. Aus dieser Zeit stammt auch das Skelett der Urschlange aus Bosnien-Herzegowina, eine der ursprünglichsten und ältesten Schlangen der Welt. Im Naturhistorischen Museum Wien ist das Originalskelett ausgestellt, das dem Naturwissenschaftler Baron Nopcsa 1923 als Vorbild für die erste wissenschaftliche Beschreibung von *Pachyophis woodwardi* diente. Tiere, Pflanzen und Fossilien, anhand derer ein lateinischer wissenschaftlicher Name für eine bestimmte Gattung oder Art vergeben wurde, sind für die Wissenschaft besonders wertvoll und werden als Holotypen bezeichnet.

Schlangen (lat. Serpentes) zählen zu den Reptilien. Charakteristisch für die gesamte Unterordnung sind die zahlreichen, frei endenden Rippen und die nach hinten gerichteten Fangzähne. Die Zähne dienen nur zum Festhalten der Beute und nicht zum Kauen; sie sitzen nur lose auf dem Kiefer auf und sind nicht fest mit diesem verwachsen.

Pachyophis ist sowohl ihrem Bauplan (Morphologie) nach, als auch in stammesgeschichtlicher (phylogenetischer) Hinsicht eine der urtümlichsten bekannten Schlangen. Mit den modernen Seeschlangen ist sie nicht näher verwandt. Während des weltweiten Massensterbens am Ende des Erdmittelalters (Mesozoikum) vor rund 65 Millionen Jahren starben nämlich auch die Urschlangen aus.

Pachyophis steht am Anfang einer langen, wechselhaften und komplizierten Evolutionsgeschichte: Sie stammte von Meeressäuriern ab. Diese wiederum hatten sich aus landlebenden, vierbeinigen Reptilien entwickelt. Wie viele Tiere, die ursprünglich von Landbewohnern abstammen, besaß die Urschlange stark verdickte Rippen, die am fossilen Skelett eindeutig erkennbar sind. Ähnlich einem Taucher, der sich einen Bleigurt umschnallt, benutzte *Pachyophis* ihre dicken Rippen, um dem Auftrieb des Wassers entgegenzuwirken.

Noch am Ende der Kreidezeit eroberten die Schlangen auch das Festland. An Land lebende moderne Schlangen besitzen extrem dünne, frei endende Rippen – dies spart Gewicht und erhöht die Beweglichkeit. Moderne Seeschlangen fanden erst im Neogen (23,8–1,8 Mio.) den Weg zurück ins Meer.

Die Evolution der Schlangen zeigt, dass die Entwicklung einer Tiergruppe nicht immer in eine Richtung verläuft. Der wiederholte Wechsel vom Wasser ans Land und umgekehrt hinterließ Spuren am Skelett. Diese sind aber nicht immer leicht zu deuten. Daher ist auch ein Rätsel im Zusammenhang mit der Urschlange bis heute nicht gelöst: Besaßen die Vertreter der Gattung *Pachyophis* Hinterbeine oder nicht?

13. Deinotherium oder Hauerelefant (*Deinotherium giganteum*)

Deinotherien oder Dinotherien (griechisch „Schreckenstiere“: *deinos* = schrecklich; *therium* = Tier) waren sehr große Rüsseltiere mit nach unten gebogenen Stoßzähnen im Unterkiefer. Im Oberkiefer hatten sie keine Stoßzähne. Sie waren entfernte Verwandte der Elefanten und werden wegen ihrer merkwürdigen Stoßzähne auch als Hauerelefanten bezeichnet. Die ältesten Fossilfunde dieser Familie (*Chilgatherium*) stammen aus dem Oligozän von Afrika und sind 25-23 Millionen Jahre alt. Vor rund 18 Millionen Jahren wanderten die Dinotherien nach Europa und Asien ein. Dort entwickelten sich zahlreiche, unterschiedlich große Arten. Als das Klima vor 3 Millionen Jahren zunehmend kühler wurde, verschwanden die Dinotherien aus Europa und Asien; vor 1,2 Millionen Jahren starben sie auch in Afrika aus.

Mit einer Schulterhöhe von bis zu 5 m zählt *Deinotherium giganteum* zu den größten Landsäugetieren, die je gelebt haben. Sein naher Verwandter, *Prodeinotherium bavaricum*, war mit einer Schulterhöhe von ca. 2,5 m nur halb so groß. Das nahezu komplette Skelett eines *Prodeinotherium bavaricum* aus Tschechien, das im Saal 9 ausgestellt ist, vermittelt zumindest eine Vorstellung von Aussehen und Proportionen der Schreckenstiere. Von *Deinotherium giganteum* ist im NHM nur der vorderste Teil eines Unterkiefers zu sehen. Für die Wissenschaft sind auch solche Funde äußerst wertvoll, zumal vollständige Skelettfunde ohnehin eine absolute Ausnahme darstellen.

Im Körperbau ähnelten die Deinotherien den heutigen Elefanten; sie waren jedoch hochbeiniger und schlanker. Die große Nasenöffnung am Schädelskelett belegt, dass sie einen Rüssel besaßen. Die Länge des Rüssels ist genauso wie die Größe der Ohren nicht bekannt, da beide nur aus Weichteilen (Muskeln und Haut) bestanden. Interessanterweise entwickelten sich die Zähne der Deinotherien über Jahrtausende nicht weiter, sondern blieben die typischen, niedrigkronigen Zähne eines Laubfressers. Man nimmt daher an, dass die Deinotherien offene Waldlandschaften und Auwälder bewohnten, wo sie sich von Blättern und Rinde ernährten.

Wozu die merkwürdigen Stoßzähne gut gewesen sein könnten, ist bis heute ungeklärt. Vielleicht dienten sie nur als Schmuck oder als Zeichen von Stärke zum Imponieren. Zum Kämpfen waren sie wohl ungeeignet. Heute tendiert man zu der Annahme, dass sie zum Abschälen von Baumrinde verwendet wurden – eine Theorie, die durch Abnutzungsspuren erhärtet wird. Die kuriose Deutung, dass sich die Deinotherien mit ihren Stoßzähnen am Ufer verankerten, während sie zum Schlafen in den Fluss gingen, scheint genauso wenig haltbar wie die Vermutung, dass die Hauer zum Ausgraben von Knollen gebraucht wurden. Für ein so langbeiniges Tier mit einem so kurzen Hals wäre es äußerst unpraktisch, ständig auf den Knien und Handgelenken herumrutschen zu müssen, um an Wurzeln und Knollen zu gelangen.

14. Palmenblatt einer Sabalpalme (*Sabal* sp.)

Das versteinerte Palmenblatt stammt aus Green River Formation in Wyoming (USA). Die Green River Formation ist eine fast 90 m dicke Lage von See-Sedimenten, vor allem Karbonaten, in die Millionen gut erhaltener Fossilien eingebettet sind. Sie besteht aus Ablagerungen von drei ehemaligen großen Süßwasserseen, die ursprünglich miteinander in Verbindung standen, und ist ca. 51 Millionen Jahre alt (Eozän). Die sauerstofffreien Bedingungen am Seegrund schützten die eingeschwemmten Überreste von Tieren und Pflanzen vor Verwesung, und feiner Kalkschlamm, der in die Seen eingespült wurde, sorgte für eine rasche Bedeckung. Beides trug zur ausgezeichneten Erhaltung bei.

Neben Palmen sind Feigen- und Platanenblätter, Fische, Insekten, Spinnen und sogar Krokodile erhalten. Daher weiß man, dass das Klima damals subtropisch war, ähnlich wie heute im Golf von Mexiko.

Die Palme, deren versteinertes Blatt im NHM zu sehen ist, wuchs vermutlich nahe am See oder an einem Fluss, der in den See mündete. Das abgebrochene Blatt wurde vom Fluss in den See gespült oder bei einem Sturm ins Wasser geweht.

Palmen existieren seit der Oberkreide, seit über 80 Millionen Jahren, und zählen damit zu den ältesten Gruppen der Blütenpflanzen. Das Wort „*palma*“ kommt aus dem Lateinischen und bedeutet Hand, Handfläche, Palme und Dattel. Heute gibt es ca. 2.600 Palmen-Arten, darunter 15 Arten von Sabal- oder Palmettopalmen, die vom Südosten der USA über die Karibik bis ins nördliche Südamerika verbreitet sind. Die typischen Blätter der modernen Fächerpalmen sehen genauso aus wie das fossile Palmenblatt. Die größten Arten der heutigen Sabalpalmen werden bis zu 20 m hoch; manche Formen besitzen unterirdische Stämme, so dass über der Erde nur die Krone mit den Wedeln sichtbar ist.

Die Früchte sind schwarze Beeren, die ein bis drei Samen enthalten; einige Arten sind essbar. Die Blätter werden zum Decken von Hausdächern verwendet.

15. Bernstein

Bernstein ist versteinertes Baumharz. Meist ist er hellgelb bis orangegelb gefärbt, manchmal aber auch rot, weiß oder bläulich. Er ist relativ weich (Härte 2–2,5 auf der Mohs'schen Härteskala für Mineralien) und daher leicht mit Werkzeugen zu bearbeiten. Er lässt sich unter Hitze-Einwirkung verformen und brennt leicht, daher auch der Name: statt „brennen“ sagte man früher „bernen“. Wenn Bernstein verbrennt, riecht er angenehm nach Harz. Daher kann man durch Verbrennen winziger Späne echten Bernstein von Fälschungen aus Kunststoff unterscheiden, denn verbrannter Kunststoff stinkt.

Bernstein kann unterschiedliches Alter haben und von verschiedensten Pflanzen stammen. Am bekanntesten sind der Baltische Bernstein und der Dominikanische Bernstein. Baltischer Bernstein wird im Nord- und Ostseeraum gefunden, ist zwischen 40 und 50 Millionen Jahre alt und stammt wahrscheinlich von der Bernsteinkiefer *Pinus succinifera*. Die Bernsteinkiefer wuchs während des Eozäns in Schweden und Finnland und sonderte aus unbekanntem Gründen große Mengen an Harz ab. Das ausgehärtete bzw. fossile Harz wurde von Gletschern und vom Meer bis an die Küsten der Baltischen Republiken und in die Gegend von Kaliningrad (Russland) bzw. bis in die Nordsee transportiert.

Der Dominikanische Bernstein stammt aus der Dominikanischen Republik (Karibik) und ist mit 20 bis 30 Millionen Jahren meist deutlich jünger. Er wurde von einem Schmetterlingsblütler der Gattung *Hymenaea* produziert.

In beiden Bernstein-Arten kommen regelmäßig Inkluden – Einschlüsse von Tieren und Pflanzen – vor. Vor allem Pollen, kleine Blättchen, Moose, Mücken, Ameisen, Käfer und Spinnen sind auf diese Weise bis ins kleinste Detail erhalten geblieben; seltener wurden auch Vogelfedern, Säugetierhaare, Frösche, kleine Echsen und Skorpione konserviert. Meist wurden die Organismen vermutlich vom Wind auf das frische Harz geweht und blieben daran kleben. Oder dicke Harztropfen rannen zu Boden und überflossen Moose, Ameisen etc. Kleine Tiere tappten vielleicht in das noch flüssige Harz, weil sie es für eine Futterquelle hielten. An der Luft härtete das Harz nach und nach aus und wurde zu Kopal. Durch chemische Veränderungen und weitere Aushärtung entstand schließlich Bernstein.

Bernstein-Inkluden sind wissenschaftlich besonders wertvoll, weil sie oft einen perfekt erhaltenen Ausschnitt aus dem Leben von vor vielen Millionen Jahren darstellen und so die Möglichkeit bieten, nicht nur einzelne Tiere zu untersuchen, sondern ganze Lebensgemeinschaften zu rekonstruieren. 2011 wurde in Kanada Bernstein aus der späten Kreide mit Federn von Dinosauriern und Vögeln gefunden, die sogar Farberhaltung zeigen. DNA-Funde, aus denen man Saurier klonen könnte, wie in „Jurassic Park“, werden aber weiterhin Science Fiction bleiben.

Bernstein wurde schon in der Steinzeit zu Schmuck verarbeitet und gilt auch heute noch als wertvoll. Der Wert hängt von der Größe (manche Stücke wiegen mehrere Kilo!), der Klarheit (je durchsichtiger, desto wertvoller), der Farbe (besonders wertvoll ist blauer Bernstein) und von eventuell vorhandenen Einschlüssen ab. Schon den alten Griechen war bekannt, dass mit einem Tuch geriebener Bernstein leichte Gegenstände anzieht. Vom griechischen Wort für Bernstein – *elektron* – leitet sich das Wort Elektrizität ab.

16. Sizilianischer Zwergelfant (*Elephas falconeri*)

Während der Eiszeit lebten auf verschiedenen Inseln im Mittelmeer Elefanten, die nicht größer als Bernhardiner waren. Wie kamen sie dorthin und warum waren sie so winzig?

Elefanten können sehr gut schwimmen und während der Eiszeiten lag der Meeresspiegel um bis zu 150 m tiefer als heute. Daher waren die Landflächen viel größer als heute und die Mittelmeerinseln über Landbrücken auch leichter erreichbar.

Kleine Inseln bieten nicht viel Platz für große Tiere. Daher sind kleinwüchsige Individuen, die weniger Nahrung brauchen, im Vorteil. Sie können sich erfolgreicher fortpflanzen und ihre Kleinwuchs-Gene weitergeben. Dieser Selektionsvorteil wird noch dadurch unterstützt, dass auf kleinen Inseln keine Raubtiere vorkommen. Räuberische Arten, die zufällig dort landen, gehen bald an Nahrungsmangel zugrunde. Daher ist auch ein Schutz vor Raubtieren durch eine entsprechende Körpergröße nicht notwendig.

Ähnliche Entwicklungstendenzen wie im Mittelmeerraum gab es bei Rüsseltieren in vielen Teilen der Welt: In Indonesien, in Japan, auf den Philippinen und auf Inseln vor Kalifornien hat man Skelette von verzweigten Elefanten gefunden.

Im Mittelmeerraum waren Sizilien, Malta, Sardinien, Zypern und die griechischen Inseln Kreta, Tilos, Rhodos, Delos und Naxos von Zwergelfanten besiedelt. Es handelt sich um unterschiedliche Arten, da die Evolution dieser Inselzwerg jeweils eigenständig erfolgte.

Die Verkleinerung der Inselelefanten war nicht nur eine schlichte Größenabnahme, auch die Körperproportionen veränderten sich: Der Körper wurde gedrungen und der Schädel kleiner, weil die Hohlräume in und zwischen den Schädelknochen, wie sie große Elefanten aufweisen, nicht mehr notwendig waren.

Die Schädel der Zwergelfanten sind größer als Menschen Schädel und haben vorne an der Rüsselansatzstelle eine große Öffnung. Mit etwas Fantasie kann man diese für eine Augenhöhle halten – vor allem, da Elefantenschädel keine so deutlichen Augenhöhlen aufweisen wie Menschen- oder Rinderschädel. Die alten Griechen hielten daher Zwergelfanten-Schädel, die sie in Höhlen fanden, für die Schädel einäugiger Riesen, die sie Zyklopen nannten.

Auch die Legende vom Vogel Rock, der so groß war, dass er ganze Elefanten wegtragen konnte, geht möglicherweise auf Zwergelfanten zurück. Auf Sizilien gab es tatsächlich Adler, die in der Lage waren, einen jungen Zwergelfanten, der nicht größer war als ein Ferkel, in die Luft zu heben. Lebt diese Beobachtung, die vielleicht vor 30.000 Jahren von steinzeitlichen Menschen gemacht wurde, bis heute in unseren Geschichten fort?

17. Der Riesenhirsch (*Megaloceros giganteus*)

Der Riesenhirsch zählt zu den größten Hirscharten, die je gelebt haben. Beeindruckend ist nicht nur seine Körpergröße, sondern vor allem sein gewaltiges Geweih. Mit einer Körperlänge von bis zu 3,2 m und einer Schulterhöhe von 1,75 m war der Riesenhirsch nicht viel größer als ein sehr großer Rothirsch oder etwa so groß wie ein Elch. Sein Geweih – nur bei den männlichen Tieren ausgebildet – übertraf das aller anderen Hirscharten aber beträchtlich. Es hatte eine Spannweite von bis zu 4 m und wog ca. 40–45 kg – das war ein Siebentel des gesamten Körpergewichts! Da das Geweih wie bei allen Hirschen jährlich abgeworfen wurde, kostete die Neubildung enorm viel Kraft. Die mächtigen Geweihstangen wiesen links und rechts das gleiche Gewicht auf, selbst wenn sie eine etwas unterschiedliche Form hatten, da sonst der Kopf nicht voll beweglich gewesen wäre.

Riesenhirsche gab es ab dem frühen Mittelpleistozän (= mittlere Eiszeit: 870.000–130.000 Jahre vor heute). Die frühesten Arten besaßen noch ein Stangengeweih mit nur schwach ausgebildeten Schaufeln. Während einer Warmzeit des späten Mittelpleistozäns entwickelte sich das auffallende Schaufelgeweih. In den kältesten und trockensten Abschnitten der Eiszeit konnte der Riesenhirsch in Mitteleuropa nicht überleben, da es zu wenig Nahrung gab. Er bewohnte die eiszeitlichen Steppen und Gletschervorfelder, wo er sich von diversen Pflanzen ernährte. Die Kräuter der eiszeitlichen Steppe – teilweise vergleichbar mit heutigen Alpenkräutern – waren sehr nährstoffreich. Sie dienten vielen Pflanzenfressern wie Mammut, Wollnashorn, Rentier, Rothirsch, Moschusochsen, Steinbock, Steppenwisent und Ur (Auerochsen) als Nahrungsgrundlage.

Das Verbreitungsgebiet des Riesenhirsches reichte von Irland über Mitteleuropa und Sibirien bis China. Vor 11.500 Jahren starb die Art in Europa aus – in Irland sogar noch vor dem Einwandern des *Homo sapiens* –, vor ca. 7.600 Jahren auch in Sibirien. Wegen des ausladenden Geweihes war der Wald als Lebensraum für Riesenhirsche ungeeignet. Während der waldreichen letzten Zwischeneiszeit (Warmzeit) kamen sie zwar in Mitteleuropa vor, allerdings außerhalb der Waldgebiete. Als sich nach der Eiszeit die Bäume von Süden nach Norden ausbreiteten und Europa dicht bewaldet wurde, starb der Riesenhirsch aus – wahrscheinlich, weil er keinen geeigneten Lebensraum mehr fand.

Manchmal wird der Riesenhirsch auch als Irischer Elch bezeichnet, da man viele Skelette in See-Sedimenten unter irischen Hochmooren gefunden hat. Er ist aber näher mit dem Rothirsch verwandt, als mit dem Elch. Aus anderen Teilen Europas kennt man Skelette und Geweihfunde aus Fluss-Sedimenten. Funde in Höhlen stammen von Riesenhirschen, die von Höhlenhyänen oder dem Menschen als Jagdbeute dorthin getragen wurden.

In vielen irischen Schlössern und Landhäusern hängen seit dem 17. Jahrhundert Geweihe von Riesenhirschen wie Trophäen an der Wand. Diese wurden aber natürlich nicht geschossen, sondern stammen aus Hochmooren und wurden beim Torfabbau gefunden.

In südfranzösischen Höhlen (Chauvet, Cougnac) findet man Riesenhirsche selten auf Felsbildern dargestellt.

18. Der Höhlenbär (*Ursus spelaeus*)

Höhlenbären waren sehr große, schwere Bären, die während der Eiszeit sowohl in Warm- als auch in Kaltzeiten in weiten Teilen Europas beheimatet waren. Mit einem Gewicht von bis zu 1.500 kg waren sie deutlich größer und schwerer als Grizzlybären. Ihre nächsten heute lebenden Verwandten sind Braun- und Eisbären. Forschungen von österreichischen Paläontologen haben ergeben, dass mehrere Arten von Höhlenbären gleichzeitig in verschiedenen Teilen Europas vorkamen.

Höhlenbären lebten nicht ganzjährig in Höhlen, sondern suchten diese nur zur Überwinterung (Winterschlaf) auf. Dort wurden gegen Ende des Winters auch die Jungen geboren. Da viele tausend Jahre lang Generationen von Bären dieselben Höhlen nützten und immer wieder alte, sehr junge, kranke und unterernährte Bären dort starben, sammelten sich in manchen Höhlen die Knochen von Tausenden von Bären an. In der Drachenhöhle bei Mixnitz (Steiermark) wurden die Überreste von 30.000 Höhlenbären gefunden! Zweifellos gaben sie Anlass zu so mancher Drachensage. Nach dem Ersten Weltkrieg wurden die Knochen leider in Massen zur Düngemittelgewinnung abtransportiert.

Höhlenbären überwinterten nicht nur im Mittelgebirge, sondern auch in sehr hoch gelegenen Höhlen (z.B. Conturineshöhle in Südtirol, 2.800 m). Daher können diese Höhlen damals nicht im vergletscherten Bereich gelegen haben.

Die großen Eckzähne der Höhlenbären stellten eine wirksame Waffe dar. Die Backenzähne zeigen aber, dass sich die Tiere fast ausschließlich vegetarisch ernährten. Im Sommer streiften sie auf der Suche nach Almkräutern im Gebirge und im Flachland umher.

Weltweit einzigartig ist das im Naturhistorischen Museum Wien ausgestellte Skelett eines circa sieben Monate alten Höhlenbären. Jungtiere in diesem Alter verbrachten die meiste Zeit mit ihrer Mutter auf Futtersuche im Freien und kamen nur mehr selten in die Höhle. Deutlich erkennt man an den Schneidezähnen, dass das Tier im Zahnwechsel war: Vorne besaß es noch die Milchzähne, hinten bereits die des Dauergebisses.

Auch das Skelett eines neugeborenen Höhlenbären ist bis auf die Hand- und Fußknochen fast vollständig erhalten. Bären haben von allen höher entwickelten Säugetieren die verhältnismäßig kleinsten Jungen. Neugeborene Höhlenbären waren nicht größer als ein Meerschweinchen und hatten nur ein Tausendstel des Gewichts ihrer Mutter.

Das Skelett des erwachsenen Höhlenbären ist aus den Resten mehrerer Individuen zusammengesetzt, wie man an der unterschiedlichen Farbe der Knochen erkennen kann.

Der Vorfahr des Höhlenbären, der Deninger-Bär (*Ursus deningeri*), war vor 1,3 Millionen Jahren von Europa bis China verbreitet. Aus ihm entwickelte sich vor ca. 130.000 Jahren der Höhlenbär mit mehreren rein europäischen Arten, die vom Ural bis an den Atlantik vorkamen. Der Höhlenbär starb vor ca. vor 24.000 Jahren aus, vermutlich wegen der starken Klima-Abkühlung und wegen der zu kurzen Sommer, die den Aufbau einer ausreichenden Speckschicht für den Winterschlaf unmöglich machten.

Darstellungen von Höhlenbären auf Felsbildern kennt man aus Frankreich und Spanien. Sie zeigen große Bären mit steil ansteigender Stirn und einem kleinen Fettpuckel auf der Schulter. Vom Menschen gejagt wurden Höhlenbären wahrscheinlich nur selten.

19. Der *Proconsul*

Was hat ein ausgestorbener Menschenaffe mit einem römischen Statthalter zu tun?
Vermutlich gar nichts.

Alle lebenden Menschenaffen (Hominoidea) und alle geschwänzten Altweltaffen (Cercopithecoidea) stammen von einer Gruppe ursprünglicher, oligozäner Schmalnasenaffen (Catarrhini) ab. Die derzeit ältesten Funde fossiler Menschenaffen sind über 20 Millionen Jahre alt und stammen aus dem afrikanischen Frühmiozän. Der wohl bekannteste und durch tausende Fossilien dokumentierte Vertreter der frühen Menschenaffenartigen ist der schwanzlose Schmalnasenaffe *Proconsul*.

1927 wurden erstmals Fossilien dieser Affengattung entdeckt und – vermutlich in Anlehnung an einen im Londoner Zoo lebenden Schimpansen namens „Consul“ – mit dem wissenschaftlichen Namen *Proconsul africanus* bezeichnet. Heute unterscheidet man fünf *Proconsul*-Arten. Die älteste und ursprünglichste, der über 20 Millionen Jahre alte *Proconsul meswae*, wurde erst 2009 entdeckt.

Proconsul africanus und *Proconsul major* waren vor ca. 20–19 Millionen Jahren im heutigen Kenia und Uganda in immergrünen, tropischen Regenwäldern verbreitet. Während sich *P. africanus* überwiegend von Früchten ernährte (frugivor), bevorzugte *Proconsul major* – mit 60–90 kg geschätztem Lebendgewicht die größte bekannte *Proconsul*-Art – Blätter (folivor).

Proconsul nyanzae und *Proconsul heseloni* lebten vor ca. 18,5–17 Millionen Jahren in Kenia. Ihr Lebensraum wird als Mosaik von Wäldern, Feuchtgebieten und kleinen Savannestücken sowie Überschwemmungsgebieten eines Fluss-Systems rekonstruiert. *Proconsul nyanzae* war mit durchschnittlich 28 kg (Weibchen) bzw. 40 kg (Männchen) nur wenig kleiner als heutige Schimpansen.

Mehrere Teilskelette von *Proconsul heseloni* wurden auf Rusinga Island gefunden – darunter KNM-RU 2036, das 1951 von Louis Leakey und seinem Team entdeckt wurde. Die erhaltenen Reste ermöglichen eine Rekonstruktion des Körperbaus und der Fortbewegungsart. Der Brustkorb (Thorax) war im Unterschied zu dem von modernen Menschenaffen seitlich abgeflacht, die Wirbelsäule lang und beweglich. Die Proportionen der Extremitäten sowie Muskelansatzstellen und Gelenke deuten darauf hin, dass *Proconsul heseloni* vor allem auf Bäumen lebte und sich auf allen vier Gliedmaßen und nicht hangelnd fortbewegte. Diese kleinste bekannte *Proconsul*-Art fraß vor allem weiche Früchte und junge Blätter. Ihr Gehirnvolumen betrug ca. 130 cm³. Das Körpergewicht der Weibchen wird auf ca. 9–11 kg, das der Männchen auf etwa 20 kg geschätzt. Wie das Körpergewicht war auch die Größe der Eckzähne je nach Geschlecht sehr unterschiedlich.

Die Bedeutung von *Proconsul* liegt in seiner phylogenetischen Nähe zum letzten gemeinsamen Vorfahren aller lebenden Menschenaffen und Menschen. Einige Wissenschaftler stufen ihn als basalen Hominoiden ein, andere als Stamm-Catarrhinen. Sein Körperbau ist ein gutes Modell für die Gestalt der ältesten Menschenaffen.

20. Die Fußspuren von Laetoli

Im Sommer des Jahres 1976 bewerben sich Wissenschaftler im ostafrikanischen Laetoli nach einem langen Grabungstag zum Spaß mit getrocknetem Elefantendung. Nicht Studenten, erwachsene Wissenschaftler! Als sich der Paläontologe Andrew Hill duckt, um nicht getroffen zu werden, macht er die Entdeckung seines Lebens: in Vulkanasche versteinerte Tierfährten.

Der ständige aufrechte Gang (habituelle Bipedie) gilt als eines der wesentlichen Abgrenzungsmerkmale der modernen Menschen von ihren nächsten lebenden Verwandten, den Menschenaffen. Wenngleich diese Art der Fortbewegung möglicherweise mehrfach unabhängig voneinander entstand, ist sie dennoch kennzeichnend für den (vor)menschlichen Entwicklungszweig und dürfte bald nach der Abspaltung von einem letzten gemeinsamen Vorfahren mit dem Schimpansen vor etwa 7 Millionen Jahren aufgetreten sein. Die neue Art der Fortbewegung führte bei den *Homininen* zu einer veränderten biomechanischen Belastung und in der Folge zu einer Umstrukturierung von Skelett und Muskelansatzstellen. Daher kann man von fossilen Knochen indirekt auf die Fortbewegungsart und damit auch auf den Verwandtschaftsgrad zum modernen Menschen schließen.

Als frühe Zweibeiner werden *Sahelanthropus tchadensis* (Tschad, ca. 6–7 Mio. Jahre alt), *Orrorin tugenensis* (Kenia, ca. 6 Mio. Jahre alt) und *Ardipithecus ramidus* (Äthiopien, ca. 4,4 Mio. Jahre alt) diskutiert. Diese Funde deuten darauf hin, dass die Bipedie nicht in offenem Grasland, sondern in bewaldeten Lebensräumen (Habitaten) ihren Anfang nahm.

Der älteste direkte Beleg für den aufrechten Gang von Vormenschen sind die 3,6 Millionen Jahre alten Fußspuren von Laetoli. Dieser Sensationsfund wurde 1978 von Paul Abell in Laetoli, Tansania, gemacht – zwei Jahre, nachdem Andrew Hill dort die Tierspuren entdeckt hatte. Insgesamt gibt es 18 Stellen mit Tierfährten; 9 davon enthalten deutliche Spuren mit über 9.500 Abdrücken. Fast 90 % der Abdrücke stammen von Hasenartigen. Aber auch Perlhühner, Hyänen, Antilopen, Nashörner, Giraffen, Elefanten, Raubtiere, Affen, Schweine, ein Vogelstrauß und sogar ein Mistkäfer hinterließen hier ihre Spuren.

Die Fährte der Vormenschen ist 27 m lang und besteht aus über 69 Abdrücken, die von drei Individuen stammen: G-1: Spur eines kleineren Individuums, geschätzte Körperhöhe etwa 1,1 m; G-2/3: zwei überlappende Spuren von größeren Individuen, Körperhöhe ca. 1,3–1,5 m. Die Schrittlänge ist kurz (ca. 31 cm lang), der seitliche Abstand mit 25 cm zu knapp, als dass die Vormenschen nebeneinander gegangen sein könnten. Auffallend ist die moderne Fußmorphologie: die große Zehe ist nicht mehr abgespreizt wie bei nichtmenschlichen Primaten, ein Fußgewölbe scheint bereits ausgebildet. Die Spuren werden – wie auch die Hominiden-Fossilien aus Laetoli – *Australopithecus afarensis* zugeschrieben.

Die Fußspuren blieben aufgrund eines Ausbruchs des etwa 20 km entfernten Vulkans Sadiman erhalten, der am Ende der Trockenzeit stattgefunden haben muss, als das Gras der Savanne schon abgegrast war. Eine Aschewolke bedeckte den Boden kilometerweit mit sandartig-feiner Asche. Dann regnete es, wie Abdrücke von Regentropfen zeigen; der Regen verwandelte die Asche in Schlamm; Tiere hinterließen darin ihre Spuren. Der hohe Anteil an Karbonaten in der Asche ließ die Oberfläche im anschließenden Sonnenschein hart wie Beton werden. Nach einem erneuten Ausbruch Sadimans bedeckte eine weitere, ca. 20 cm dicke Ascheschicht die Fußspuren und konservierte sie bis heute.

21. *Australopithecus afarensis* – „Lucy“

“Picture yourself in a boat on a river, with tangerine trees and marmalade skies.
Somebody calls you, you answer quite slowly; a girl with kaleidoscope eyes.”
(“Lucy in the Sky with Diamonds” von den Beatles)

Als „*Australopithecus*“ (Südaffe) bezeichnet man eine Gattung ausgestorbener Hominiden, die vor über 4 Millionen Jahren in Afrika entstand. Australopithecinen hatten einerseits noch affenartige Merkmale wie lange Arme zum Klettern und ein relativ kleines Gehirnvolumen von etwa 500 cm³ (ähnlich dem heutigen Schimpansen). Andererseits konnten sie bereits längere Strecken aufrecht auf zwei Beinen auf dem Boden zurücklegen und einfache Steingeräte zum Aufschlagen von Knochen herstellen.

Die Gattung *Australopithecus* war mit einzelnen Arten bis vor 1,8 Mio. Jahren in Afrika vertreten. Namensgebend war der Fund eines Kinderschädels in Taung (Südafrika), der 1925 als *Australopithecus africanus* („afrikanischer Südaffe“) vorgestellt wurde.

Der wissenschaftliche Artname des am häufigsten gefundenen Australopithecus, *A. afarensis*, leitet sich vom Afar-Gebiet (Afar-Senke) und dem dort lebenden, *äthiopischen Nomadenvolk* „Afar“ ab. *Australopithecus afarensis* ist mit Überresten von mehreren hundert Individuen gut dokumentiert, die in Tansania, Kenia und Äthiopien gefunden wurden und auf 3,7–2,9 Millionen Jahre datieren. Die große Zahl an Funden erlaubt eine Rekonstruktion des Körperbaus und der Lebensweise dieser Hominiden: Ihre Größe wird auf 100–170 cm, ihr Gewicht auf 30–45 kg geschätzt. *A. afarensis* ernährte sich vor allem von Blättern, Früchten, Samen und Knollen und hatte eine Lebenserwartung von ca. 45 Jahren. Sein Lebensraum wird je nach Fundort als geschlossener Wald oder als offene Graslandschaft rekonstruiert.

Das berühmteste *A. afarensis*-Fossil trägt die Museumskatalognummer A.L. 288–1. Es ist das Teilskelett eines erwachsenen Individuums, das am 30.11.1974 von Donald Johanson in Hadar (Äthiopien) entdeckt und 1978 *Australopithecus afarensis* zugeordnet wurde. Mit 3,2 Millionen Jahren war es zum Zeitpunkt seiner Entdeckung das *älteste* bekannte Skelett eines Vormenschen und gleichzeitig der früheste Beleg für aufrechten Gang. Von 207 Knochen sind 47 erhalten. Alle Wachstumsfugen an den Knochen sind geschlossen, das vermutlich weibliche Individuum war also ausgewachsen, ca. 105 cm groß und wog etwa 30 kg.

Wesentlich bekannter ist dieses Skelett unter seinem Spitznamen „Lucy“ – nach dem Beatles-Lied „Lucy in the Sky with Diamonds“, das die Wissenschaftler im Camp hörten, während sie den sensationellen Fund bearbeiteten.

Die Gattung *Australopithecus* entwickelte sich in zwei Richtungen: zur Gruppe der „robusten“ Australopithecinen und zur Gruppe der „grazilen“ Australopithecinen. Aus den „robusten“ Australopithecinen ging vor ca. 2,6 Mio. Jahren die Gattung *Paranthropus* hervor. *Paranthropus* besaß riesige Mahlzähne, kräftige Unterkiefer und einen knöchernen Scheitelkamm zum Kauen faseriger Pflanzennahrung. Ebenfalls vor ca. 2,6 Mio. Jahren entstanden aus den „grazilen“ Australopithecinen die ersten Vertreter der Gattung *Homo*, *Homo rudolfensis* und *Homo habilis*.

22. Schädelausguss (Endocast)

Versteinerte Gehirne? So etwas kann es doch gar nicht geben!
Oder doch?

Das menschliche Gehirn ist wohl das faszinierendste aller Organe. Es ist für die Steuerung aller Körperfunktionen, für abstrakte Denkvorgänge, Sinneseindrücke, Sprache und Gefühle verantwortlich. Das Großhirn ist der entwicklungsgeschichtlich jüngste Teil, unter anderem Zentrum für komplexe Denkvorgänge und Gedächtnis, und beim *Homo sapiens* im Vergleich zu anderen Affen besonders groß ausgebildet. Das Kleinhirn koordiniert Bewegungsabläufe; lebensnotwendige Funktionen wie Atmung und Verdauung werden vom Hirnstamm gesteuert, der schon vor über 500 Millionen Jahren entstand.

Im Verlauf der menschlichen Evolution hat sich die Größe des Gehirns ungefähr verdreifacht: Australopithecinen hatten ein Gehirnvolumen von etwa 500 cm³, etwa so viel wie lebende Menschenaffen. Das durchschnittliche Gehirnvolumen moderner Menschen beträgt 1.350 cm³. Spätestens in der mittleren Eiszeit, vor 800.000–150.000 Jahren, war das (vor)menschliche Gehirn bereits so groß und vermutlich auch genauso aufgebaut wie unseres. Der Zusammenhang zwischen Gehirngröße und Intelligenz ist vernachlässigbar gering.

Die Zunahme des Hirnvolumens wird mit dem Konsum proteinreicher Nahrung in Verbindung gebracht. Das Gehirn steuert die Energieverteilung im Körper und deckt dabei zuerst seinen eigenen Bedarf. Grundlage für jede Gehirnentwicklung ist daher eine möglichst kontinuierliche, hochwertige Nahrungsversorgung. Vor allem die Nutzung von Feuer und das Garen der Nahrung, wodurch diese beim Verdauen besser aufgeschlossen werden kann, werden als wichtige Faktoren für die Zunahme der Gehirngröße diskutiert.

Da Gehirne fossil nicht überliefert sind, bieten natürliche oder von Menschen hergestellte Schädel-Innenausgüsse (Endocasts) die Möglichkeit, das Gehirnvolumen zu schätzen. Aus der asymmetrischen Gestalt eines Gehirns bzw. Endocasts lässt sich erkennen, ob es sich um einen Rechts- oder Linkshänder handelte. Auch die typischen Gehirnwindungen der Sprachregionen können an Endocasts bereits für *Homo habilis* nachgewiesen werden.

Der ausgestellte Endocast eines zwischen 780.000 und 600.000 Jahre alten *Homo erectus* aus der Höhle Zhoukoudian in China verrät uns, dass er von einem jugendlichen Rechtshänder stammt, der ein für seine Art relativ kleines Gehirn hatte.

Homo erectus entwickelte sich vor knapp 2 Millionen Jahren in Afrika und überlebte bis vor etwa 200.000 Jahren. Das Gehirnvolumen des „aufrechten Menschen“ liegt mit 700–1250 cm³ zwischen dem von Australopithecinen und dem von modernen Menschen.

In seinen Körperproportionen gleicht *Homo erectus* bereits dem modernen Menschen: Er war perfekt an den aufrechten Gang angepasst. Seine Lebenserwartung wird auf etwa 60 Jahre geschätzt. *Homo erectus* war der erste frühe Mensch, der Asien und Europa besiedelte. Er stellte kunstfertig Faustkeile her und gilt als der erste Beherrscher des Feuers. Ob *Homo erectus* bereits eine Sprache hatte, ist unklar.

23. Der Neandertaler

...sind wir nicht alle ein bisschen „neandertal“???

Der Neandertaler (*Homo neanderthalensis*) ist eine ausgestorbene Menschenart, die sich vermutlich aus *Homo heidelbergensis* entwickelte und im westlichen Eurasien (vom Atlantik bis Usbekistan) verbreitet war. Die ältesten Neandertaler-Fossilien sind etwa 200.000 Jahre alt; vor ca. 70.000 Jahren traten dann die „klassischen“ Neandertaler auf. Moderne Menschen und Neandertaler hatten vor etwa 500.000 Jahren einen letzten gemeinsamen Vorfahren.

Vor etwa 30.000 Jahren—ca. 10.000 Jahre nach dem Erscheinen des anatomisch modernen Menschen in Europa – starben die Neandertaler aus. Die Gründe dafür sind nicht geklärt: Eine Verschlechterung des Klimas, zu geringe Populationsgröße und Konkurrenz mit *Homo sapiens* werden diskutiert. Auch wenn es neuesten DNA-Untersuchungen zufolge zu einer geringfügigen Vermischung (und gemeinsamen Nachfahren) von *Homo sapiens* und *Homo neanderthalensis* kam, geht man davon aus, dass der Neandertaler keinen wesentlichen Beitrag zur Evolution des modernen Menschen leistete. Der Anteil an Neandertaler-DNA im Genom der heutigen, nicht-afrikanischen Bevölkerung liegt bei nur 1–4 %.

Im Körperbau unterscheidet sich der Neandertaler auf ersten Blick nur gering vom modernen Menschen. Unterschiede bestehen vor allem in den robusteren Langknochen, in der Ausbildung der Muskelansatzstellen und im Schädelbereich: Neandertaler haben langgestreckte Schädel mit niedriger Stirn und kräftigen Überaugenwülsten. Sie besaßen kein Kinn, hatten große Nasenöffnungen und Backenzähne mit auffallend großen Zahnhöhlen. Männliche Neandertaler waren durchschnittlich 169 cm groß und wogen 78 kg; Frauen waren durchschnittlich 160 cm groß und wogen 66 kg.

Als Grundlage für die beiden Lebendrekonstruktionen dienten die Knochen des „alten Mannes“ von La Chapelle-aux-Saints (Frankreich), der zu den „klassischen“ Neandertalern gezählt wird und vor etwa 50.000 Jahren lebte, bzw. die Knochen eines etwa 3-jährigen Kindes aus Gibraltar (Devil's Tower), die zwischen 50.000 und 30.000 Jahre alt sind.

Isotopen-Untersuchungen von Zähnen zeigen, dass Neandertaler eiszeitliche Großwildjäger waren, die sich vor allem von Fleisch von Landtieren ernährten. Sie hatten wohl auch Kenntnisse über die Heilwirkung bestimmter Pflanzen und verwendeten diese unter anderem zur Wundversorgung. Einige Neandertalerknochen weisen verheilte Brüche auf. Das lässt darauf schließen, dass die Verletzten von der Gruppe bzw. Familie versorgt wurden. Vom Neandertaler stammen auch die ältesten bekannten Belege für Bestattungen.

Einzelne Funde von durchlocherten Tierzähnen und Elfenbeinschnitzereien werden als Neandertaler-Schmuck diskutiert. Erste Höhlenmalereien scheinen jedoch erst mit dem Auftreten von *Homo sapiens* in Europa zusammenzufallen. Neandertaler hatten aber vermutlich bereits eine Sprache. Ein 60.000 Jahre altes Zungenbein aus Kebara in Israel weist kaum morphologische Unterschiede zu *Homo sapiens* auf. Das Zungenbein ist nicht nur Ansatzstelle für die Zunge, sondern auch für viele andere Muskeln im Kehlkopf- und Kieferbereich, die mit dem Schlucken und Sprechen in Verbindung stehen.

24. Sesshaftigkeit

Der anatomisch moderne Mensch (*Homo sapiens*) entwickelte sich vor etwa 200.000 Jahren in Afrika und wanderte in mehreren Besiedlungswellen nach Europa ein. Im eiszeitlichen Europa lebte er als Jäger und Sammler. Durch klimatische Veränderungen gegen Ende der letzten Kaltzeit, vor etwa 12.000 Jahren, ging der Wildbestand in Europa zurück. Gleichzeitig wurden bis dahin unwirtliche Gebiete bewohnbar. Die Menschen wurden sesshaft und entwickelten eine neue Wirtschaftsform: Ackerbau und Viehzucht.

Diesen nachhaltigen Schritt der Menschheit bezeichnet man auch als „neolithischen (jungsteinzeitlichen) Übergang“. Er fand in mindestens 8 Zentren im Nahen Osten, in Südostasien sowie in Mittel- und Südamerika fast zeitgleich und unabhängig voneinander statt. Der Sesshaftigkeit folgten Bevölkerungswachstum, der Bau von Siedlungen und Städten sowie die Spezialisierung auf bestimmte handwerkliche Tätigkeiten. Die sozialen und wirtschaftlichen Änderungen wurden von zahlreichen technischen und kulturellen Erfindungen (z.B. Brunnenbau, Erfindung des Rads, Metallbearbeitung) begleitet.

In Europa ist der neolithische Übergang erst vor 10.000–6.000 Jahren nachgewiesen. Die älteste Siedlung Österreichs, Brunn am Gebirge (NÖ), mit regionstypischen Langhäusern, ist ca. 7.700 Jahre alt. Die ersten „Bauern“ in Europa waren Einwanderer aus dem Nahen Osten, die auf der Suche nach einem neuen Lebensraum mit domestizierten Tieren und Pflanzenarten über Anatolien nach Norden zogen. Zu einer Vermischung mit den lokalen Jägern und Sammlern dürfte es erst nach etwa 1.500 Jahren des Nebeneinander-Lebens gekommen sein. Wie viel Anteil am Genpool der modernen Europäer die ersten Bauern aus dem Nahen Osten tatsächlich haben, wird noch heftig diskutiert.

Die ältesten Belege für Domestikation von Pflanzen stammen aus dem sogenannten „fruchtbaren Halbmond“ im Nahen Osten. Dort wurden bereits vor über 10.000 Jahren Getreidearten wie Emmer, Gerste und Einkorn gezüchtet. Ein Klimawandel, der zu einer Erwärmung und erhöhter Niederschlagsmenge führte, begünstigte vermutlich den beginnenden Ackerbau in dieser Region. Funde aus Ohalo in Israel belegen, dass gemahlenes Wild-Getreide sogar schon vor 20.000 Jahren Verwendung fand.

Das neolithische Getreide in der Vitrine ist *Triticum monococcum*, kultiviertes Einkorn, das aus Wild-Einkorn gezüchtet wurde. Das nachgebaute Erntemesser zeigt, womit die Menschen in der Jungsteinzeit, aber auch noch in der frühen Bronzezeit Getreide ernteten: In den hölzernen Griff wurden mit Baumharz oder mit Rindenpech (z.B. von Birken) viele scharfkantige Feuersteinstücke hintereinander eingeklebt.

Bis in die Jungsteinzeit reicht auch die für Säugetiere ungewöhnliche Fähigkeit vieler Europäer zurück, Milch noch im Erwachsenenalter verdauen zu können. Eine Gen-Mutation ist dafür verantwortlich, dass das dafür nötige Enzym Laktase nach dem Abstillen weiterproduziert wird. Träger dieser Mutation hatten offenbar einen Selektionsvorteil, daher konnte sich die Mutation verbreiten.

Die neue Lebensweise brachte den Ackerbauern der aber nicht nur Vorteile: durch die zunehmende Bevölkerungsdichte und den begrenzten Lebensraum kam es Ende des Neolithikums vermehrt zu kriegerischen Auseinandersetzungen zwischen den Menschen.