



Über das Alter der Erde, die Entstehung der Kontinente und die Geschichte der Fossilien

Von Kurt Bangert

Ich bin in einem gläubigen, christlich-konservativen Elternhaus aufgewachsen, in dem man regelmäßig in den Gottesdienst ging und häufig in der Bibel las, ein Elternhaus, in dem man noch ganz fundamentalistisch-biblizistisch an eine 6-Tage-Schöpfung vor ungefähr 6.000 Jahren glaubte. Wieso glaubten meine Eltern an die 6.000 Jahre? Nun, weil der irische Bischof Usher im 17. Jahrhundert als Erster den Versuch unternommen hatte, das Alter der Erde zu berechnen. Da er kein Geologe, sondern Theologe war, forschte er nicht in Gesteinsschichten, sondern in der Bibel nach einer Antwort und kam nach sorgfältigen Textanalysen zu der Überzeugung, dass die Schöpfung am 23. Oktober 4004 v.Chr. stattgefunden haben musste. Dieses Datum fand dann auch Eingang in die Kommentare zahlreicher Bibeln. Dieses Datum galt bis weit ins 19. Jahrhundert hinein als ungefähres Datum der Weltentstehung und hat sich bis heute in einigen kleineren christlichen Gemeinschaften und Freikirchen – vor allem in Nordamerika – erhalten, während die größeren Kirchen sich inzwischen, wenngleich anfangs noch zögerlich, dem überwältigenden Zeugnis der Naturwissenschaften gebeugt und sich mit längeren Zeitspannen angefreundet haben.

Noch als junger Mann hatte ich überhaupt kein Problem damit, mir einen einmaligen Schöpfungsakt vor nur wenigen tausend Jahren vorzustellen, bei dem alle Tierarten und auch der Mensch von Gott erschaffen wurden – mehr oder weniger so, wie wir sie heute noch kennen. Eine graduelle Evolution von Pflanzen, Tieren und Menschen über einen langen Zeitraum von Millionen von Jahren erschien mir lediglich als gefährlicher Erklärungsversuch derer, die aus eigensüchtigen Motiven heraus die Existenz eines Schöpfergottes ablehnten.

Das änderte sich, als ich begann, mir im Rahmen meines theologischen Studiums über die Entstehung der Bibel und des biblischen Schöpfungsberichts Gedanken zu machen. Erst nach intensiver Beschäftigung mit Fragen der Bibelauslegung (Theologen sprechen von der Hermeneutik) zwang sich mir die Erkenntnis auf, dass die Bibel in erster Linie als ein Glaubensdokument zu sehen ist und keinen Anspruch auf naturwissenschaftliche oder historische Fehlerlosigkeit erheben kann. Diesen Schritt einmal vollzogen, eröffnete sich mir fortan eine großartige Welt der naturwissenschaftlichen Zusammenhänge, wie sie mir zuvor verschlossen geblieben waren. Ich bemerkte, wie blind ich gegenüber einer überwältigenden Fülle von Fakten und Erkenntnissen gewesen war, die gegen das von mir so sorgsam gepflegte Bild einer einmaligen Schöpfung vor sechstausend Jahren sprachen.

Wenn ich heute Vertreter der so genannten „Kreationslehre“ höre, so erkenne ich in ihnen mich selbst als ganz jungen Mann, der, weil ihm von seinen schlicht-gläubigen Eltern die Irrtumslosigkeit der Bibel suggeriert wurde, unbeirrt an der Sechs-Tage-Schöpfung vor rund 6000 Jahren festhielt, und zwar ungeachtet aller Befunde und Forschungsergebnisse der Naturwissenschaften. Es erstaunt mich immer wieder, mit welcher schlafwandlerischen Sicherheit und Unbeirrbarkeit „Kreationisten“ sich blind gegenüber einer überwältigenden



Fülle von Einsichten zeigen, die uns die Biologie, Geologie, Paläontologie, Genetik und schließlich auch die Theologie vermittelt haben, nur damit sie das eigene, auf einer buchstäblichen Auslegung der Bibel basierende Weltbild nicht aufgeben müssen. Es stehen sich gänzlich unvereinbar gegenüber: einerseits ein theologisch fragwürdiger Fundamentalismus oder Biblizismus, der immun ist gegen jede Art naturwissenschaftlicher Erkenntnis, die einem oft oberflächlichen „Kreationismus“ widerspricht, und andererseits eine massenhafte Ansammlung naturwissenschaftlicher Fakten, Befunde und gut begründeter Theorien sowie philosophischer und theologischer Erkenntnisse, die uns ein völlig anderes Weltbild aufdrängen.

Ich möchte in diesem Kapitel eine kleine Erdgeschichte im Zeitraffer präsentieren, wie sie sich uns aus heutiger naturwissenschaftlicher Sicht aufgedrängt hat. Die meisten von uns haben nicht die Zeit und Muße, sich in Bezug auf die neueren wissenschaftlichen Erkenntnisse auf dem laufenden zu halten, so dass es gut ist, hier in aller Kürze einige der wichtigsten Erkenntnisse der jüngeren Erdwissenschaften zu skizzieren.

Das Alter der Erde

Zu den gut etablierten Erkenntnissen der Naturwissenschaften gehört heute die Tatsache, dass unsere Welt sehr alt ist. Woher wissen wir das?

Erst vor rund 50 Jahren gelang es, das Alter der Erde festzulegen. Es war der Amerikaner Clair Patterson, der sich in den fünfziger Jahren die Erkenntnis zunutze machte, wonach die in der Natur vorkommenden radioaktiven Isotope mit einer gleichmäßigen Wahrscheinlichkeit zerfallen (man spricht von Halbwertszeit). Isotope eines bestimmten Elements haben die gleiche chemische Eigenschaft wie das eigentliche Element, aber eine leicht veränderte Kernstruktur.¹ Als Patterson Proben von Meteoriten untersuchte und sie mit Proben der Erde verglich, fand er heraus, dass beide Arten von Körpern vor ungefähr 4,55 Milliarden Jahren entstanden sein mussten. Diese Zahl gilt auch heute noch als Alter der Erde.

Die von Patterson eingeführte Uran-Blei-Datierungsmethode geht davon aus, dass der Zerfallsprozess radioaktiven Urans zu allen Zeiten immer gleich war. Da keinerlei Gründe bekannt sind, die gegen eine Veränderung der Halbwertszeit und damit gegen die Anwendung dieser Methode sprechen, haben wir es hier mit einer plausiblen und in der Praxis sehr nützlichen Methode zu tun.

Mit einem Alter von viereinhalb Milliarden Jahren ist die Erde übrigens nur etwa ein Drittel so alt wie das Universum, dessen Alter nach neuesten Berechnungen auf ca. 13,7 Milliarden Jahre geschätzt wird. Es mussten, wie wir heute wissen, erst ganze Sterngenerationen entstehen und wieder vergehen, um die für das irdische Leben notwendigen schweren Elemente wie Eisen oder Magnesium zu bilden.

Das Wort „Milliarde“ spricht sich leicht und kommt insbesondere den Geologen und Astronomen sehr schnell über die Lippen. In Wahrheit haben wir es mit einer unvorstellbar großen Zahl zu tun, die für die meisten Menschen unfassbar ist. Könnte man 4,5 Milliarden 1-Euro-Stücke aufeinander stapeln, so ergäbe sich daraus ein Turm von 9.000 km Höhe. Würde man diese Münzrolle auf die Seite kippen, so reichte sie von Bremen bis nach Bangkok.

¹ Isotope haben dieselbe Protonenzahl, aber eine andere Neutronenzahl als das eigentliche Element.



Vor ca. 5 bis 4,5 Milliarden Jahren bildeten sich unsere Sonne, die Planeten und unsere Erde aus Staubpartikeln früherer Sterne. Zu jener Zeit bewegten sich zahllose Objekte wie Asteroiden und Meteoriten durch unser Sonnensystem, von denen viele auch auf die Erde und den Mond stürzten.

Noch heute können wir deutlich auf Mondbildern die Krater solcher Einschläge erkennen. Solche Krater gibt es auch auf der Erde. Ich selbst habe inmitten des vielleicht berühmtesten irdischen Kraters gestanden, dem Barringer Meteor-Krater in Arizona, USA. Andere Krater auf unserem Planeten sind weit weniger gut erkennbar, weil sie von Pflanzen überwachsen, durch Witterung erodiert oder durch tektonische Verschiebungen wieder zerstört wurden. Gleichwohl hat man auf der Erde über 250 Meteorkrater ausgemacht.

Sicher ist, dass beide Gestirne, Mond und Erde, nach ihrer Bildung von zahlreichen Himmelskörpern bombardiert wurden. Astronauten haben vom Mond zahlreiche Proben entnommen und nach ihrer Rückkehr untersuchen lassen. Es zeigte sich, dass die Zahl der Einschläge innerhalb der ersten mehreren hundert Millionen Jahre fast um das Hundertfache höher war als in den dreieinhalb Milliarden Jahren danach. Rund eine Milliarde Jahre nach der Mondentstehung nahm die Anzahl der Meteoriteneinschläge dramatisch ab und hat sich bis heute weiter verringert. Ähnliches dürfte sich auf der Erde abgespielt haben.

Der größte sichtbare Einschlag auf dem Mond ist das *Mare Imbrium* (Meer des Regens), das einen Durchmesser von über 1000 km hat und an dessen Rändern 5000 bis 7000 Meter hohe Berge säumen. Seine Ursache war der Einschlag vor knapp 4 Milliarden Jahren eines Körpers von rund 100 km Durchmesser. Ein vergleichbarer Einschlag auf der Erde hätte Gesteine und zumindest die oberen Meeresschichten, wenn nicht alles Wasser auf der Erde, verdampfen lassen, es hätte die Erdatmosphäre aufgeheizt und eventuell vorhandene Lebensformen auf der Erde aussterben lassen. Ein solcher Einschlag dürfte aber auch sein Gutes gehabt haben: Er hätte vermutlich die Vereisung der Erde verhindert, die eine anfangs noch zu schwache Sonne nicht hätte auftauen können.

Der wahrscheinlich größte Aufprall auf die Erde geschah nach Meinung heutiger Fachleute² kurz nach der Erdentstehung, also schon vor ca. 4,5 Milliarden Jahren, als ein Himmelskörper, der „Theia“ genannt wird³, seitlich mit der Erde kollidierte, große Teile von ihr herausschleuderte und dann zusammen mit den Resten von Theia unseren Mond bildete. Untersuchungen zeigen, dass der Mond etwa zur Hälfte aus irdischem Gestein und zur anderen Hälfte aus meteoritischem Gestein besteht. Diese als Kollisionstheorie bekannte Hypothese gilt heute als die wahrscheinlichste der verschiedenen Mondentstehungstheorien.

Entstehung der Kontinente

Über die Entstehung der irdischen Kontinente gibt es verschiedene Theorien, aber wissen tut man sehr wenig darüber, weil es aus den ersten rund 600 Millionen Jahren nach der Erdentstehung so gut wie keine Überreste irgendwelcher Erdteile gibt. Das hat gleich mehrere Gründe: Zum einen dürfte die Erde damals noch sehr heiß gewesen sein mit einem ausgeprägten Vulkanismus und vielleicht sogar einem die Erde bedeckenden geschmolzenen Gestein. Zum anderen dürfte anfangs ein Dauer-Bombardement außerirdischer Objekte die Erde maltrahiert haben, so dass sie gar nicht zur Ruhe kam und immer wieder aufgeheizt wurde und in Unruhe und Unordnung geriet. Und selbst wenn wir

² Siehe: <http://www.mpch-mainz.mpg.de/mpg/deutsch/pri0803.htm>

³ Theia war in der griechischen Mythologie die Ehefrau des Titanen Hyperion, die zusammen die Mondgöttin Selene zeugten.



unterstellen, dass sich in den ersten Jahrmillionen schon so etwas wie Erdteile gebildet haben sollten, so dürften diese zunächst sehr viel kleiner gewesen sein als unsere heutigen Kontinente.

Dann muss man noch berücksichtigen, dass die ersten Kontinente, so es sie gab, durch die zahlreichen tektonischen Bewegungen wahrscheinlich mehrfach eingeschmolzen wurden, wie dies ja heute auch noch der Fall ist, wenn durch tektonische Plattenverschiebungen die Ränder einiger Erdteile ins Erdinnere „subduziert“ werden, d.h. unter einen anderen Kontinent geschoben und vom heißen Mantel verflüssigt werden.

So haben wir praktisch kaum Hinweise auf diese frühen Kontinente. Australische Wissenschaftler glauben allerdings, dass die von ihnen in Westaustralien gefundenen Zirkonkristalle Überreste von sehr altem Kontinentalgestein herrühren könnten: Immerhin weisen die dort zutage geförderten sehr witterungsbeständigen Minerale ein Alter von ungefähr 4,1 bis 4,3 Milliarden Jahre auf, was ihre frühe Entstehung nahe legt.

Wieso gibt es überhaupt Kontinente auf der Erde? Keine anderen Planeten, die wir kennen, haben Kontinente. Die Antwort hat wahrscheinlich mit der Tatsache zu tun, dass es auf der Erde sehr viel Wasser gibt. Fügt man dem irdischen Gestein Wasser hinzu, so verringert sich die Schmelztemperatur. Das ist etwa so, wie wenn Sie dem Eis vor Ihrer Haustüre Salz beifügen: Es schmilzt schon bei niedrigeren Temperaturen. Da es einen ständigen Austausch zwischen den Gesteinsbildungen an der Erdoberfläche und dem dickflüssigen Mantel darunter gibt, wird laufend Gestein eingeschmolzen. Durch den Wassergehalt hat diese eingeschmolzene Magma jedoch eine andere Konsistenz: Sie ist weniger dicht als ihre Umgebung und steigt deshalb an die Oberfläche. Überall dort, wo Erdgestein ins Erdinnere gezogen und eingeschmolzen wird – das passiert heutzutage unterhalb des Feuergürtels rund um den Pazifik, – da entwickeln sich vulkanische Aktivitäten, so dass auf diese Weise auch ständig neues Material nach oben strömt, um die Kontinente zu bilden bzw. dort, wo sie schon bestehen, mit zusätzlichem Vulkangestein anzureichern.

Wissenschaftler gehen also davon aus, dass sich schon während des ersten Erdzeitalters, des Archaikums (von 4,5 bis 2,5 Milliarden Jahre vor unserer Zeit), kleinere Kontinente bildeten, die aber im Laufe der Zeit wieder eingeschmolzen wurden, um dann aber wieder neue Erdkruste, sprich: Kontinente, zu formen.

Die vermutlich ältesten, noch erhaltenen Kontinentalgesteine stammen aus Grönland und sind ca. 3,8 Milliarden Jahre alte Sedimentgesteine: erste Belege dafür, dass es damals bereits Kontinente gegeben hat. Doch Leben, so wie wir es heute kennen, war damals kaum möglich, weil es unsere Atmosphäre noch nicht gab oder zumindest nicht in ihrer heutigen Zusammensetzung.

Die Erdatmosphäre

Eine der erstaunlichsten Ergebnisse der modernen Erdwissenschaft ist die Erkenntnis, dass die Atmosphäre unserer Erde ursprünglich wahrscheinlich keinen Sauerstoff enthielt, sondern sich dieser Sauerstoff erst im Laufe von vielen Millionen Jahren bildete.

Heute beträgt der Sauerstoffanteil in der Luft etwa 21 Prozent. Es gibt eine ganze Reihe von Hinweisen, die darauf schließen lassen, dass dieser Anteil am Anfang der Erdgeschichte gegen null war. Jeder dieser Hinweise mag für sich allein noch kein wirklicher Beweis dafür sein, aber zusammen genommen führen diese Hinweise doch zu der Schlussfolgerung, dass



unsere Atmosphäre in den ersten ein bis zwei Milliarden Jahren des Bestehens unseres Planeten gar keinen Sauerstoff aufwies.

Zu diesen Hinweisen gehört beispielsweise das Vorkommen von Uraninit und Pyrit, zwei Gesteinsarten, die normalerweise nicht in Regionen vorkommen, die ursprünglich Wasser enthielten, etwa an Stränden oder in Flussbetten, weil sie dort in Kontakt mit Sauerstoff treten, binnen kürzester Zeit oxidieren und, da sie instabil sind, sich auflösen. Anders jedoch die Uraninit- und Pyrit-Mineralien, die wir in sehr alten Stränden und Flussbetten des Archaikums und des Proterozoikums finden. Sie wurden offenbar nicht oxidiert, wurden nicht instabil und haben sich nicht aufgelöst. Man erklärt dieses Phänomen damit, dass es jener Zeit noch an Sauerstoff mangelte.

Ein weiterer Hinweis, so die Geologen, ist „gebändertes Eisenerz“, also Meeresablagerungen, die auch von jeglicher Oxidation verschont blieben und nur in Gesteinsschichten vorkommen, die älter als etwa 1,8 Milliarden Jahren sind.

Ein dritter Hinweis hängt ebenfalls mit Eisen zusammen, genauer mit dem Mineral Hämatit, also oxidiertem Eisen, das auch als „Rotschicht“ bekannt ist. „Es sind keine Rotschichten bekannt, die älter als etwa 2,2 oder 2,3 Milliarden Jahre alt sind, wahrscheinlich weil die Atmosphäre vor dieser Zeit zu wenig Sauerstoff enthielt, als dass das Bindemittel Hämatit hätte entstehen können“, schreibt der amerikanische Geologe J.D. Macdougall in seinem Buch „Eine kurze Geschichte der Erde“.⁴

Diese Hinweise werden zusätzlich durch Fossilfunde aus jener Zeit untermauert, denen man entnehmen kann, dass es erst im späten Proterozoikum (also vor etwa 2 Milliarden Jahren) komplexe, mehrzellige Organismen gab, von denen die „Stromatolithen“ die wichtigsten waren. Stromatolithen, die es heute übrigens noch gibt, sind Sauerstoff erzeugende, photosynthetisierende bakterielle Algen-Kolonien, auch also Cyanobakterien bekannt. Aufgrund der Fossilfunde ist davon auszugehen, dass es Stromatolithen seit 3,5 Milliarden Jahren gibt, sie also frühestens nach einer Milliarde Jahre auftauchten. Bei der Photosynthese verwendeten die Cyanobakterien das Sonnenlicht zur Energiegewinnung, indem sie das reichlich vorhandene Kohlendioxid in zwei Teile zerlegten: in Kohlenstoff, dass sie zur Ernährung und zum eigenen Wachstum verwendeten, und in Sauerstoff, dass sie quasi als Abfallprodukt in die Atmosphäre freigaben. Es erscheint plausibel, dass aus Cyanobakterien bestehenden Stromatolithen, die vor 2 bis 3,5 Milliarden Jahren ihre größte Verbreitung kannten, eine der Hauptursachen, wenn nicht die einzige singuläre Ursache für die Entstehung des Sauerstoffs in unserer Atmosphäre waren.

Kontinentalverschiebungen und Plattentektonik

Aus dem langen Zeitalter des Proterozoikums – das von 2,5 Milliarden Jahren bis ca. 540 Millionen Jahren vor unserer Zeit reichte – gibt es nach Auskunft der Geologen zahlreiche Hinweise auf die Entstehung von Kontinenten. Im Prinzip unterscheiden sich die damit zusammenhängenden Ereignisse nicht sonderlich von denen, die wir heute kennen. Zumindest lassen Funde, die Geologen in alten Gesteinsschichten finden, durch Vorgänge der Gegenwart sehr plausibel erklären.

Heute wissen wir, dass riesige tektonische Platten sich beständig gegeneinander verschieben – mit einer Geschwindigkeit von mehreren Zentimetern pro Jahr. In dem einen

⁴ J.D. Macdougall, *Eine kurze Geschichte der Erde. Eine Reise durch 5 Milliarden Jahre*, Econ Ullstein, München, 2000, S. 57.

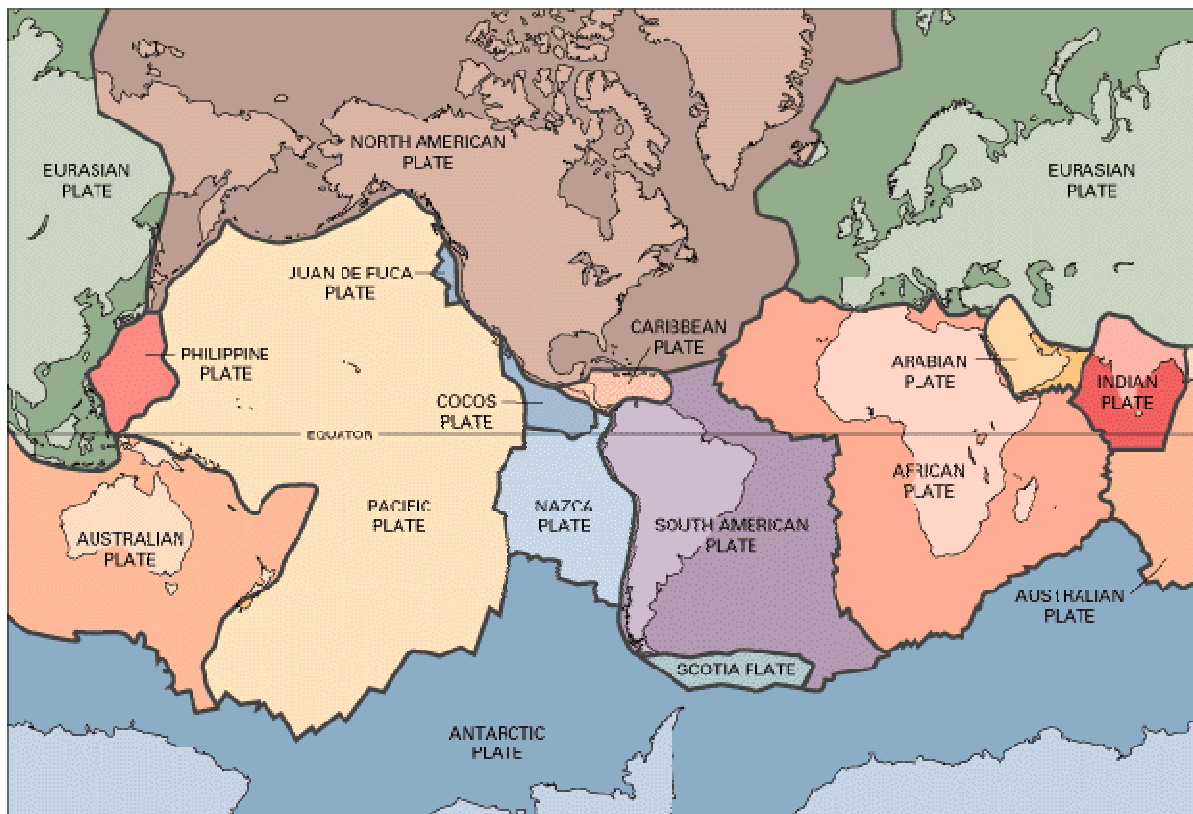
Fall bewegen sie sich direkt aufeinander zu, wobei sich meist eine Platte unter die andere schiebt und sich dabei riesige Bergketten wie die Alpen oder die Himalayas bilden.

In einem anderen Fall bewegen sie sich voneinander weg, um in dem dadurch entstehenden Rift neue Gesteinsmassen aus dem Erdmantel entstehen zu lassen – wie im großen afrikanischen Grabenbruch (mit dem *Great Rift Valley* in Ostafrika, dem Roten Meer und dem Jordanbecken) oder im mittelozeanischen Rücken des Atlantiks.

In einem dritten Fall reiben sich zwei Platten wie im Fall der San Andreas-Verwerfung in Kalifornien gegeneinander, so dass sie entlang der Verwerfung ständig in Bewegung sind, sich an einigen Stellen aber verhaken, so dass es gelegentlich zu einer ruckartigen Verschiebung von mehreren Metern kommen kann, was dann zu katastrophalen Erdbeben führt.

So ähnlich haben sich schon vor langer Zeit, also auch schon im Proterozoikum, die Kontinentalplatten bewegt, so dass es immer wieder zu neuen Gesteinsbildungen, Einschmelzungen oder Verwerfungen kam, die man heute anhand freiliegender geologischer Formationen einigermaßen rekonstruieren kann.

Es war im Senckenberg-Museum von Frankfurt, wo Alfred Wegener im Jahre 1912 zum ersten Mal seine spektakuläre Hypothese der Kontinentalverschiebung seinen Fachkollegen präsentierte. Er hatte für seine revolutionäre Idee eine ganze Reihe von Indizien vorzuweisen: Das auffallendste Indiz war die Passgenauigkeit von Afrika und Südamerika, deren Küstenlinien wie zwei Puzzlestücke fast nahtlos ineinander passten, wenn man sie aneinanderfügte. Aber noch andere Befunde konnte er anführen: Gebirgsformationen, die in Afrika aufhörten, setzten sich fast nahtlos in Südamerika fort. Afrikanische Gletscherspuren ließen sich auf dem lateinamerikanischen Kontinent weiterverfolgen.





Auch diverse Fossilien, die man dies- und jenseits des Atlantiks ausgegraben hatten, ließen den Schluss zu, dass die beiden Kontinente einmal zusammen gehörten. Wie kam es, dass die gleichen Tier- und Pflanzenarten sich im Osten Südamerikas ebenso wie im Westen Afrikas wiederfanden, wenn die beiden Kontinente nicht irgendwann einmal zusammen waren?

Eines der Tiere, die man beiderseits des Ozeans fand, war etwa die Meeresechse Mesosaurus. Wegener führte aber auch gern den Zungenfarn *Glossopteris* als Beispiel an: Diese versteinerten Blätter fanden sich nicht nur im Süden Südamerikas und im Süden Afrikas, sondern auch im indischen Subkontinent und sogar auf dem heute so weit entfernten australischen Erdteil.

All diese Indizien ließen in Wegener die Überzeugung heranreifen, dass die verschiedenen Kontinente Afrika, Lateinamerika, Indien und Australien einmal dicht zusammengewachsen waren und erst im Laufe von Millionen von Jahren auseinanderdrifteten. Er nannte diesen Superkontinent „Pangäa“ (griech. für „ganzes Land“).

Wie hatte es zu diesem Auseinanderreißen von ganzen Kontinenten kommen können? Wegener glaubte an seine Hypothese der Verschiebung von Kontinenten, aber er hatte nur eine vage Idee von den Ursachen. Heute wissen wir, was der Grund für die Plattentektonik ist: thermisch bedingte Strömungen im Innern der Erde, die an den Grabenbrüchen zwischen den Kontinenten in der Tiefe der Ozeane zur Bildung neuer Erdkruste führen und so die Kontinente unentwegt auseinander treiben.

Doch obwohl Wegener eine vage Vermutung hatte, die vulkanischen Aktivitäten am Boden der Ozeane könnten etwas mit seiner Verschiebungstheorie zu tun hatten, äußerte er gegenüber seinen Fachkollegen den Verdacht, die Fliehkräfte der Erde könnten die Verschiebungen herbeigeführt haben.

Seine Kollegen waren entsetzt: ob seiner Theorie ebenso wie ob seiner Begründungen (die Fliehkräfte erwiesen sich als viel zu schwach, um als Ursache ernsthaft in Betracht gezogen zu werden). Sie mieden ihn für den Rest seines Lebens. Er starb 1930 in Grönland. Weil es eine plausible Begründung seiner Theorie nicht gab, wurde sie von Geologen noch lange Zeit nicht ernst genommen. Für Wegener war das Fehlen einer plausiblen Ursache des Kontinentaldrifts kein triftiges Argument gegen seine Verschiebungstheorie. Mit dem gleichen Argument, so soll Wegener argumentiert haben, könne man auch die Existenz des Universums in Zweifel ziehen, dessen Ursache ja auch niemand kenne.⁵

Einer der wenigen, die Wegeners Theorie folgten, war der südafrikanische Geologe Alexander du Toit, der bei einem längeren Aufenthalt in Südamerika zahlreiche Pflanzen- und Tierfossilien entdeckte, die er aus seiner Heimat kannte. Er führte den Südkontinent Gondwanaland in die Diskussion ein.

Heute gilt Wegeners Theorie der Kontinentalverschiebung unter Geologen als selbstverständlich. Allerdings sind nach heutiger Erkenntnis die Kontinente nicht identisch mit den tektonischen Platten, die meist sehr viel größer als die Erdteile sind. Es gibt rund 10 riesige Platten und eine Reihe kleinerer Platten, die sich mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten zueinander bewegen und zusammen die Lithosphäre (lithos = Stein) ergeben. Sie gleiten allesamt auf dem heißen Untergrund des Erdmantels. An den mittelozeanischen Grabenbrüchen steigt ständig glutflüssiges Magma aus dem Erdinnern nach oben und treibt so die aneinander grenzenden Platten samt der Kontinente

⁵ Siehe Artikel „Alfred Wegener“, *Wikipedia*, Stand November 2006.



auseinander, wobei sich die Fugenspalten ständig vergrößern und sich mit erkaltetem Gestein füllen. So sind der Atlantik und andere Meere entstanden. Jedes Jahr weitet er sich um einige wenige Zentimeter.

Weil an den Grabenbrüchen neues Gestein gebildet wird, muss an anderer Stelle das Gestein bestehender Platten vernichtet werden, damit Meeresboden wieder verschwindet, denn wir haben insgesamt immer nur eine gleichbleibend große Erdoberfläche. Dort, wo Platten aufeinander stoßen, schiebt sich jeweils eine über die andere, so dass die untere Platte tief zurück ins Erdinnere zurückbefördert wird, wo das Gestein erhitzt und wieder eingeschmolzen wird. An solchen „Subduktionsstellen“⁶ finden wir häufig Vulkane und Erdbeben, wie etwa vor der Ostküste Sumatras, wo im Dezember 2004 ein superschweres Erdbeben die verheerende Tsunami-Welle auslöste, bei der rund 280.000 Menschen starben.

Dass tektonisches Gestein nicht nur verschwindet, sondern durch tektonische Verschiebungen auch neues Land gebildet wird, davon zeugt ein Küstenstrich nahe der neuseeländischen Stadt Wellington, wo bei einem schweren Erdbeben der Stärke 8 im Jahr 1855 sich die Erde um mehrere Meter hob, so dass man heute dort trockenen Reifens über eine Küstenstraße fahren kann. Bei dieser Katastrophe, die als Wairarapa-Erdbeben⁷ bekannt wurde, verschoben sich die australische und die pazifische Platte um etwa 18,5 Meter gegeneinander.⁸

Weil die Entwicklung der Erdkruste und damit die Kontinentalbildung in den ersten drei Milliarden Jahren als relativ vage und unsicher gilt, beschränke ich mich auf die letzten ca. 1,2 Milliarden Jahre, um hier die Entwicklung und Verschiebung unserer Erdteile in beinahe fahrlässiger Kürze zu beschreiben. Vor etwa 1,2 Milliarden Jahren gehen einige Wissenschaftler von der Bildung eines Superkontinentes namens Rodinia aus, der dann vor rund 850 Millionen Jahren auseinanderzubrechen beginnt. Vor ca. 540 Millionen Jahren, da sind sich die Experten schon sehr viel sicherer, gab es auf der südlichen Erdhälfte den Großkontinent Gondwana, der im Wesentlichen aus dem bestand, was später einmal Südamerika, Afrika, Antarktis, Indien, Australien und Südeuropa werden würde, Erdteile, die damals fast nahtlos zusammengewachsen waren.

Getrennt davon befanden sich, entweder noch am Äquator oder nördlich davon, mehrere kleinere Kontinente, die nicht miteinander und nicht mit Gondwana verbunden waren; es waren dies Nordamerika, ein verkleinertes Asien, Sibirien und das nördliche Europa, das man Baltica nennt.

Während der Großkontinent Gondwana in den nächsten 150 Millionen Jahren mehr oder weniger seine Form und Position beibehielt, wanderten Asien und Sibirien aufeinander zu, um einen vereinigten Kontinent Asien zu bilden, und auch Nordamerika und Baltica (also Nordeuropa) bewegten sich aufeinander zu, um sich zum Kontinent Laurasia zu vereinen, der auch unter den Namen Laurussia oder Euramerica bekannt ist.

Während nun Asien und Laurasia während der nächsten Jahrmillionen Zentimeter für Zentimeter aufeinander zuschwammen, drehte sich Gondwana ein wenig im Kreis und wanderte leicht in Richtung Norden, bis es sich, satt am Äquator liegend, vor rund 300 bis 350 Millionen Jahren mit den anderen beiden Kontinenten zu einem riesigen Superkontinent vereinigte, auf dem wir praktisch trockenen Fußes vom Nordpol bis zum Südpol hätten pilgern können – wenn es uns Menschen damals schon gegeben hätte. Es war eine einzige

⁶ Subduktion = Herunterziehung, Herunterführung

⁷ Nach der Wairarapa-Verwerfung benannt, die entlang der australischen Platte und der pazifischen Platte verläuft und die wiederum nach dem Wairarapa-See östlich von Wellington benannt wurde.

⁸ Nach Auskunft des Neuseeländers Timothy Little und des Amerikaners David Rodgers.



zusammenhängende Landmasse, bestehend aus allen uns heute bekannten Kontinenten: der von Wegener so bezeichnete geheimnisvolle Kontinent „Pangäa“: das „ganze Land“!

Bei diesem Vereinigungsprozess gab es – lange vor dem Fall der Berliner Mauer – schon so etwas wie eine deutsche Vereinigung; denn es ist von besonderer Pikanterie, dass das, was später einmal Deutschland werden würde, anfangs noch durch ein großes Meer zerteilt war: Ein Teil unseres Vaterlandes, nämlich der zum Kontinent Baltika gehörende nördliche und kleinere Teil Germaniens, lag ungefähr am Äquator, während der größere und südliche Teil Allemannias, damals noch mit Afrika und Gondwana verschmolzen, in der Nähe des Südpols auf aufregendere Zeiten hoffte. Erst als alle Erdteile sich zu einem einzigen Riesenkontinent vereinigten, war auch Deutschland endlich beieinander: Im Zentrum der Supererde Pangäa gelegen – von einem *Erdteil* kann zu diesem Zeitpunkt keine Rede sein – hatte es sich dieses Ur-Deutschland jedenfalls für die nächsten paar Millionen Jahre erst einmal bequem gemacht.

Was so eng zusammengefügt war, ließ sich danach nur noch scheiden. Es bildeten sich auf Pangäa im Laufe der Zeit verschiedene Rifttäler, in die schließlich das Meerwasser einfließen konnte, um die einzelnen Landmassen wieder zu Kontinenten zu trennen, die, wie von geheimer Hand gesteuert, unaufhaltsam auseinander getrieben wurden. Australien verabschiedete sich von Afrika und der Antarktis und wanderte langsam und beharrlich nach Osten, während der kleine Kontinent Indien, vom östlichen Afrika herkommend, es besonders eilig hatte, um mit atemberaubender Geschwindigkeit – jedenfalls nach geologischen Zeitmaßstäben – in Richtung Südküste Asiens aufzubrechen, die er in einer dramatischen Kollision zum Himalaya-Gebirge zusammenschob und in die Höhe presste.⁹

Erdzeitalter und Altersbestimmung

Geologen haben die Zeit von der Erdentstehung bis heute in Äonen bzw. Erdzeitalter unterteilt. Man spricht vom Archaikum (von 4,5 bis 2,5 Milliarden Jahren vor unserer Zeit) als dem ältesten Äon. Über diesen Zeitabschnitt weiß man im Vergleich zu den nachfolgenden am allerwenigsten, weil er uns nur spärliche Zeugnisse und nur vereinzelte Steinformationen hinterlassen hat. Das zweite Äon ist das schon mehrfach erwähnte Proterozoikum oder Algonkium (von 2,5 Milliarden bis etwa 540 Millionen Jahren vor unserer Zeit), und als Drittes folgt das Phanerozoikum (von 540 Millionen Jahren vor unserer Zeit bis heute).

Obwohl dieses dritte Äon nur etwa ein Viertel der Zeit der anderen beiden Äonen umfasst, ist dieses eigentlich das Aufregendste, weil es, da jünger, uns viel mehr über die Entwicklungen auf der Erde zu berichten weiß als die anderen beiden. Es wird darum auch in weitere Äras (Erdzeitalter) und Perioden aufgeteilt, nämlich in das Erdaltertum oder Paläozoikum,¹⁰ das Erdmittelalter oder Mesozoikum¹¹ sowie die Erdneuzeit oder Känozoikum¹² – alles Bezeichnungen, die man irgendwann einmal in der Schule gehört oder irgendwo anders gelesen hat. Kein Leser muss sich diese Namen merken, zumal es noch weitere Unterteilungen und teils auch abweichende Bezeichnungen gibt. Im Wesentlichen

⁹ Anschauliche Animationen der Kontinentalverschiebung findet man etwa unter:
<http://www.geologieinfo.de/plattentektonik/anim1.html> oder unter:
<http://www.urweltmuseum.de/museum/geologie/Uhr/uhrstart.htm#>

¹⁰ Das Paläozoikum besteht aus den Perioden Kambrium, Ordovizium, Silur, Devon, Karbon und Perm.

¹¹ Das Mesozoikum besteht aus den Perioden Trias, Jura und Kreide.

¹² Das Känozoikum besteht aus den Perioden Pliozän, Eozän, Oligozän und Miozän.



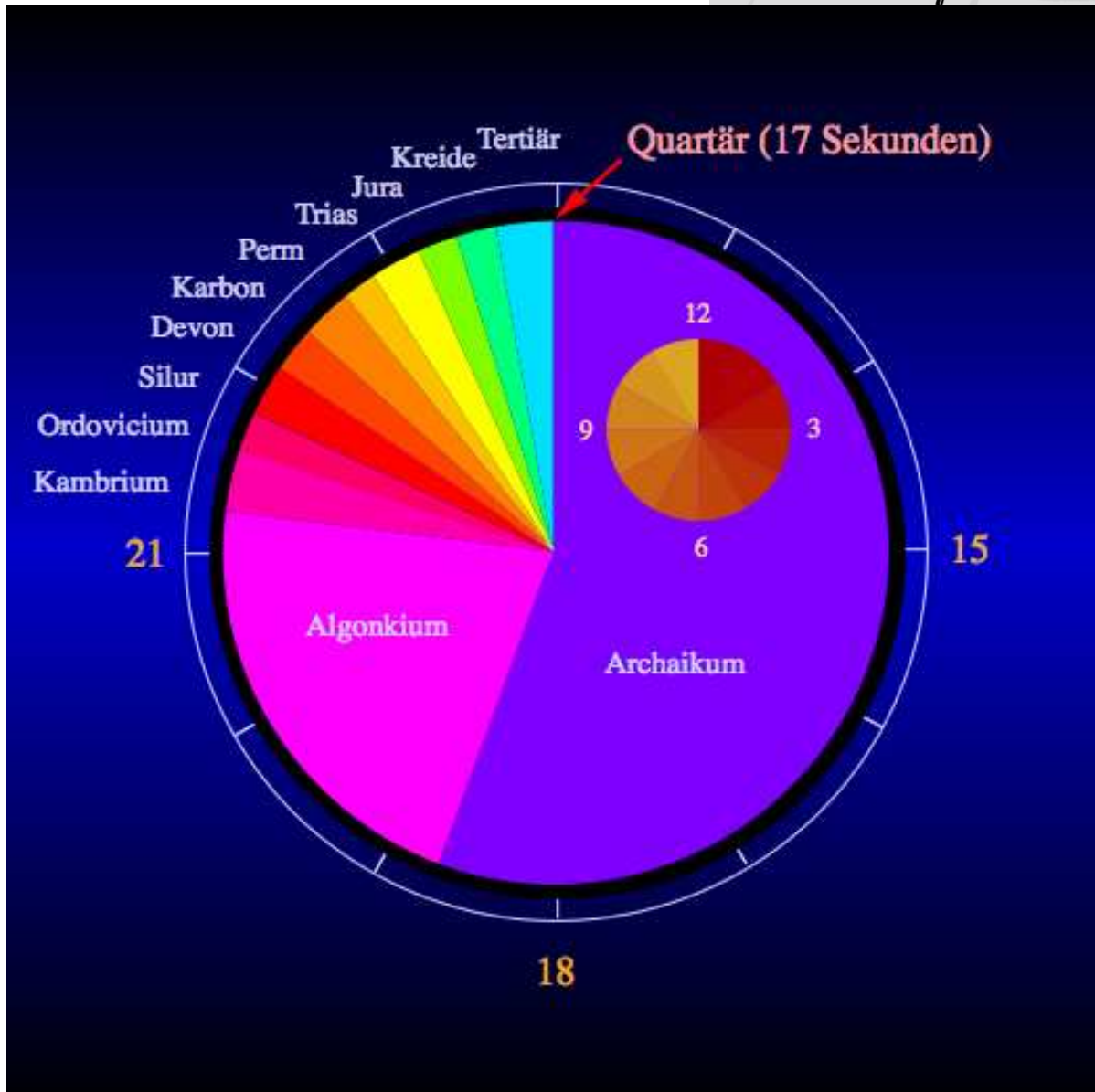
aber ist diese Aufteilung das Ergebnis vieler Jahrzehnte geologischer Forschung, insbesondere der minutiösen Analyse von Gesteinsformationen und Fossilfunden.

Zur Altersbestimmung dieser Zeitalter und Perioden werden sowohl absolute Altersbestimmungen als auch relative Altersbestimmungen verwendet. Absolute Altersbestimmungen werden mittels radiometrischer oder radiochemischer Methoden durchgeführt, bei denen man mit Hilfe der Messung radioaktiver Elemente das Alter von Steinen bestimmen kann. Weil man die Zerfallsgeschwindigkeiten einiger instabiler Elemente kennt, kann man aufgrund der uns bekannten „Halbwertzeiten“ errechnen, wie alt das jeweilige Gestein ist. Uran zerfällt zu Blei bei einer Halbwertzeit von 4,5 Milliarden Jahren; wir sprechen darum von der Uran-Blei-Datierung. Das Element Thorium zerfällt ebenfalls zu Blei bei einer Halbwertzeit von 14 Milliarden Jahren. Kalium zerfällt zu Argon, bei einer Halbwertzeit von „nur“ 1,25 Milliarden Jahren, und wir sprechen hier von der Kalium-Argon-Datierung. Es gibt noch weitere radiometrische Datierungsmethoden, die wir hier nicht im Einzelnen auflisten müssen.

Für jüngere Epochen (bis maximal 50.000 Jahre vor unserer Zeit) zieht man die wohl bekannteste Methode der Altersbestimmung, die C-14-Methode, zu Hilfe, bei der man von einer Halbwertzeit von nur 5.730 Jahren ausgeht. Eine sehr nützliche Datierungsmethode ist die Dendrochronologie, bei der die Jahresringe von Bäumen zur Altersbestimmung herangezogen werden. Oft werden beide Methoden, C14 und Dendro, zur gegenseitigen Kontrolle bzw. Verfeinerung herangezogen.

Bei der *relativen* Altersbestimmung von Gesteinen werden nicht sämtliche in einer Formation vorkommenden Steine mittels einer der radiochemischen Methoden datiert, sondern meist nur anhand ihrer relativen Lage zueinander. Was heißt das?

Wenn in einer Gesteinsformation mehrere Gesteinslagen übereinander liegen, darf man in der Regel (es gibt Ausnahmen) davon ausgehen, dass das zu unterst liegende Gestein sich zuerst bildete und die darüber liegenden sich erst danach ablagerten, wobei die unteren Gesteine jeweils als älter, die oberen Gesteine jeweils als jünger gelten. Liegen diese Schichten jedoch nicht mehr waagrecht, sondern in einem schrägen Winkel zur Waagerechten und wurde die nach der Verkantung exponierte Oberfläche durch Witterung erodiert, so dass nun weitere, aber nun freilich waagerechte Schichten sich darüber lagern konnten, so ist logischerweise davon auszugehen, dass die durch eine Hebung oder Senkung in Schiefelage geratenen Schichten älter sind und die darüber gelagerten waagerechten Schichten jünger sind. Meist reicht der gesunde Menschenverstand aus, um die jeweiligen Schichten als „älter“ oder „jünger“ auszumachen. Man nennt diese Methode die stratigraphische Altersbestimmung.



Bei dieser Erduhr wurden die 4,5 Milliarden Erdjahre auf einen 24-Stunden-Tag übertragen. Das Quartär, die letzte Epoche, die in Wirklichkeit knapp 2 Millionen Jahre umfasst und innerhalb der die Gattung *homo* auftritt, ist auf der Uhr auf 17 Sekunden geschrumpft.

Fossilfunde und ihre zeitliche Einordnung

Zum Schluss dieses Kapitels wollen wir die zahlreichen Fossilfunde, die Wissenschaftler in großer Fülle ausgegraben haben, mit den Erdzeitaltern verknüpfen.

Im Archaikum, dem ältesten Äon, das von der Erdentstehung bis ca. zweieinhalb Milliarden Jahre vor unserer Zeit reicht, steht uns nicht viel brauchbares Gestein zur Verfügung, weil die Erdkruste, die sich damals zweifellos bildete, inzwischen teils mehrfach wieder eingeschmolzen wurde. Was an Gesteinen übrig blieb, enthält auch keine wirklich spektakulären Fossilien, sondern lediglich einige wenige, aber doch eindeutige Spuren von Leben, und zwar in Form von meist einzelligen Bakterien. In jener unglaublich langen Zeitspanne hat es also, wenn wir den relativ spärlichen Fossilbefund zugrunde legen, keine



große Vielfalt an Leben gegeben, aber immerhin: Leben in seinen einfachsten Formen gab es bereits.

In den Gesteinen des zweiten Äons, dem fast zwei Milliarden Jahre andauernden Proterozoikum, finden die Geologen einzellige Pflanzen (Algen) und einzellige Tiere (Protozoen) sowie später auch vielzelliges Leben (Metazoen), wobei es sich dabei aber praktisch ausschließlich um wirbel- und schalenlose Tierchen handelt, die sich freilich nicht sehr zahlreich als Fossilien wiederfinden, weil es meist der Schalen, Wirbel und Knochen bedarf, um eine Versteinerung zu ermöglichen, denn Fossilierungen kommen ja dadurch zustande, dass ein Skelett im Laufe der Zeit Zelle für Zelle und Molekül für Molekül von Mineralien ersetzt wird. Dennoch gibt es einige Fälle, in denen eine Versteinerung von schalenlosen Tieren erfolgte, die somit das Typische des Proterozoikums ausmachen.

Dann aber, um 540 Millionen vor unserer Zeit – nach dem Ende des Proterozoikums und dem Beginn des Kambriums – scheint geradezu eine Explosion von Schalen- und Wirbeltieren aufzutreten, die man zuhauf zu Tage gefördert hat. Man spricht von der kambrischen Explosion. In dieser Phase treten die ersten Tiere mit Gehäusen und Skeletten auf, Trilobiten und andere Tierchen, die allesamt im Meer lebten – nebst zahlreichen Wasserpflanzen, die ebenfalls die marine Welt bevölkerten. Die Trilobiten sind vor allem in Nordamerika gut belegt, wohl deshalb, weil dieser Kontinent damals nahe dem Äquator lag und offenbar immer wieder von warmen Flachmeeren überflutet wurde, die eine Fossilierung erleichterten.

Um 500 Millionen Jahren vor unserer Zeit finden wir die ersten Gliederfüßler (Arthropoden), die zunächst im Meer vorkommen, ab 420 Millionen Jahren dann auch in Küstennähe erscheinen und ab 345 Millionen Jahren als Landtiere auftreten. Spätestens vor rund 440 Millionen Jahren finden wir übrigens auch die ersten Landpflanzen (Moosarten) als Versteinerungen.

Vor etwa 440 Millionen Jahren tauchen die ersten Fische (Panzerfische) und ab 420 Millionen Jahren die ersten Kopffüßler, also Weichtiere, auf.

Ab ca. 320 Millionen Jahren verbreiten sich zahlreiche, zum Teil riesige Farne und andere primitive Pflanzen auf der Erde aus, und ab 300 Millionen finden wir die ersten Nadelwälder.

Um 250 Millionen Jahren – also am Ende des Perm – starben zahlreiche Tierarten, darunter die Trilobiten, aus, so dass Experten von einem der größten Massensterben der Erdgeschichte sprechen. Dieses Massensterben stellt jedoch auch den Beginn einer neuen Tiervielfalt dar, insbesondere der saurier-ähnlichen Synapsiden, die das Massensterben überlebt hatten und sich rasch ausbreiteten. In dieser Zeit (der Trias) treten auch die ersten Saurier-Arten auf.

Am Ende des Trias gab es dann offenbar wiederum ein Massensterben, wonach die Dinosaurier begannen, die Erde zu bevölkern. Eine solche sprungartige Verbreitung einiger weniger Arten, die Massensterben überlebt hatten, nennt man „Radiation“; und die so entstehende Neuordnung der Tier- und Pflanzenwelt ist auch der Grund für die Aufteilung der Erdzeitalter in diverse Perioden. In diesem Fall konstituiert das Massensterben vor 210/200 Millionen Jahren das Ende der Trias und den Beginn des Jura (darum Jurassic Park).

Die bei Kindern so beliebten Saurier sollten die Erde für eine sehr, sehr lange Zeit beherrschen: von ca. 200 Millionen Jahren vor unserer Zeit bis vor etwa 65 Millionen Jahren. Zu jener Zeit (am Ende gab es wiederum ein Massensterben, bei dem rund 50 Prozent aller Tier umkamen, darunter, wie inzwischen Allgemeingut geworden ist, die meisten Saurier. Als Ursache für dieses Massensterben wird heute vor allem der Kreide-Tertiär-Meteoriten-



einschlag im Golf von Mexiko gewertet; es gibt aber auch die Theorie, wonach ein so genannter „Mantel-Plume“ die Ursache für das Aussterben der Saurier sein könnte. Ein Mantel-Plume ist ein massenhaftes Ausströmen von flüssiger Magma aus dem tiefen Erdmantel bis nahe an die Erdoberfläche, wobei eine beträchtliche vulkanische Aktivität entwickelt wurde, so dass es zu einem raschen Anstieg der Temperatur (um etwa 10 Grad) und in der Folge zum Aussterben vieler Tierarten kam. Es ist unbestreitbar, dass zahlreiche Katastrophen auf der Erde Leben auslöschten, aber zugleich auch wieder Chancen für neues, anders geartetes Leben eröffnet haben. Es zeigt, dass der Tod immer wieder neues Leben gebiert und dass das Leben auf dem Humus des Todes gedeiht.

Die Saurierarten, die überlebten, waren vor allem die fliegenden Arten, auf die die Wissenschaftler unsere heutigen Vögel zurückführen. Da die Saurier das Terrain geräumt hatten, konnten sich nun in der letzten großen Erdperiode, dem Tertiär, die Säuger ausbreiten. Wir haben Zeugnis davon, dass es vor 60 Millionen Jahren die ersten kleinen Pferdearten gab, vor 55 Millionen Jahren die ersten Rüsseltiere, vor 50 Millionen Jahren die ersten Primaten (Affen), vor 40 Millionen Jahren die inzwischen wieder ausgestorbenen Halbperde (Mesohippus), vor 30 Millionen Jahre die ersten großwüchsigen Rüsseltiere wie das Paläomastodon, vor 13 Millionen Jahren die ersten echten Elefanten, vor 5 Millionen Jahren die ersten Hominiden, also menschenähnlichen Wesen, vor 2 Millionen Jahren die ersten Mammuths, vor ca. 125.000 Jahren der moderne Mensch, und vor etwa 10.000 die Züchtung der ersten Haustiere.

Mit diesem sehr kursorischen Überblick werden wir freilich weder der fossilisierten Fauna noch der versteinerten Flora wirklich gerecht, denn was die Steine an vielfältigen Fossilien zutage gefördert haben, das lässt sich nicht in wenigen Absätzen benennen, geschweige denn zu beschreiben oder gar zu würdigen. Was jedoch wie eine Vielfalt anmutet, ist in Wirklichkeit jedoch nur ein winziger Ausschnitt der tatsächlichen Tier- und Pflanzenwelt, die in den vergangenen Epochen das Licht der Welt erblickten. Auch sind die oben genannten Daten nur Annäherungen, weil sie meist die Zeit der frühesten Fossilfunde angeben, obgleich die jeweiligen Arten vielleicht schon viele Jahrtausende, wenn nicht gar Jahrmillionen gelebt haben, ohne dass wir entsprechende Fossilien gefunden hätten. Das hängt mit der Tatsache zusammen, dass Versteinerungen höchst unwahrscheinliche und seltene Zufallerscheinungen sind, die nur beim Zusammenkommen sehr glücklicher Umstände eine Fossilierung ermöglichen.