

Die Entstehung der Biodiversität

Rüdiger Wittig, Manfred Niekisch

2.1	Die evolutionsbiologischen Grundlagen – 26
2.2	Der erdgeschichtliche Hintergrund – 31
2.2.1	Erdzeitalter und Evolution der Organismen – 31
2.2.2	Kontinentaldrift und Entstehung der heutigen Kontinente – 35
2.2.3	Der Wechsel von Kalt- und Warmzeiten – 36
2.3	Sprünge und Rückschläge bei der Entfaltung der Biodiversität – 40
	Literatur – 45

Die Entstehung der Biodiversität kann unter verschiedenen Aspekten betrachtet werden: Wichtig für das Verständnis ist auf jeden Fall die Kenntnis der evolutionsbiologischen Grundlagen (► Abschn. 2.1). Darüber hinaus aber sind ihr zeitlicher Ablauf in erdgeschichtlicher Sicht (► Abschn. 2.2), der Sprünge und Rückschläge aufwies (► Abschn. 2.3), sowie das Eingreifen des Menschen von Bedeutung. Da Letzteres für die Erhaltung der Biodiversität entscheidend ist, wird diesem Thema ein eigenes Kapitel gewidmet (► Kap. 3).

2.1 Die evolutionsbiologischen Grundlagen

Die ersten Lebewesen, aus denen sich im Laufe der Zeit alle heutigen Organismen entwickelten, entstanden vor mehr als 3×10^9 Jahren. Den Prozess der Entstehung der Arten bzw. Taxa nennt man **Evolution**. Die ältesten als Mikrofossilien nachweisbaren Organismen waren bakterienähnlich, d. h. sie hatten keinen Zellkern. Etwa vor $1,5 \times 10^9$ Jahren entstanden kernhaltige Einzeller, aus denen sich dann in geologisch gesehen kurzer Zeit mehrzellige Organismen entwickelten (s. z. B. Schopf 1983). Wie diese Evolution möglich war, wird im Folgenden kurz beleuchtet.

Bei der sexuellen Weitergabe genetischer Information kommt es zur Mischung des Genoms der Eltern, sodass auf diese Weise Individuen mit von den Eltern verschiedenem Genom entstehen. Darüber hinaus kann es bei jeder Zellteilung zu „Unfällen“ kommen, d. h. zu einer Veränderung (**Mutation**) der weitergegebenen Information. Meist fallen derartige teilungsbedingte Änderungen nachteilig aus und führen zum Zelltod. Eventuell aber sind sie auch wirkungsneutral oder sogar vorteilhaft. Erfolgen solche nicht schädlichen Änderungen in Zellen der Keimbahn (Eizellen oder Spermien), so werden sie an die Nachfahren des betreffenden Individuums weitergegeben.

Je weiter zwei Gruppen einer Art voneinander entfernt leben und je größere Barrieren sich zwischen ihren Lebensorten befinden, desto geringer ist die Chance, dass sich ihre Gene mischen. Dabei ist die Wirksamkeit von Entfernung und Barrieren bei Tieren und Einzellern von ihrer Beweglichkeit,

bei Pflanzen vom Ausbreitungsradius der Pollen und Samen bzw. der Sporen abhängig. Schon Straßen oder Flüsse können den Kontakt zwischen zwei Gruppen einer Art nahezu unmöglich machen bzw. als Ausbreitungsbarrieren wirken, noch deutlicher trennend wirken hier aber Hochgebirge oder Meere. Die miteinander potenziell in genetischem Austausch stehenden Individuen einer Art bilden eine **Population**. Für das Verständnis der Entstehung der Arten ist die Betrachtung von Populationen hilfreich (► Box 1.2).

Unabhängig voneinander haben die Mathematiker Hardy (1908) und Weinberg (1908) gezeigt, dass Populationen nur dann eine insgesamt konstante Zusammensetzung ihres Genbestandes behalten, wenn folgende Bedingungen zutreffen:

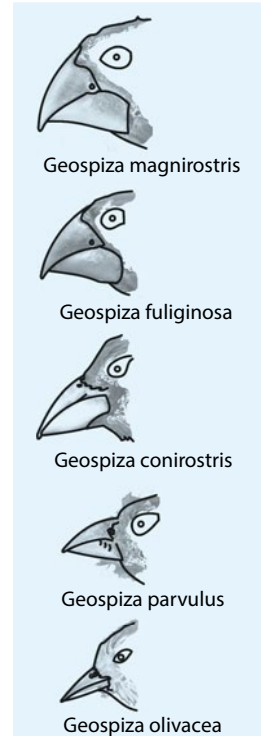
- nahezu unendlich große Individuenzahl,
- alle Mitglieder untereinander kreuzbar,
- alle Mitglieder leben unter identischen Umweltbedingungen,
- keine spontane Veränderung des Erbgutes einzelner Individuen.

Da es solche Idealpopulationen nicht gibt, können folgende Mechanismen den Genbestand verändern:

- **Zufall:** Nicht alle Mitglieder einer Population werden sich miteinander kreuzen. Außerdem kommt es nicht selten vor, dass ein Individuum keine Nachkommen hat. Somit können Gene zufällig verloren gehen. Die zufallsabhängige Weitergabe eines veränderten Genbestandes an die nächste Generation wird als **Gendrift** bezeichnet. Je kleiner die Population ist, umso stärker wird die Gendrift in der Regel sein.
- **Mutation:** Wie bereits erwähnt, kommt es bei der Weitergabe von Erbgut manchmal zu Unregelmäßigkeiten. Hierbei kann ein einzelnes Gen (Genmutation) oder die Gestalt eines Chromosoms durch Umlagerung oder Verlust von Teilbereichen verändert werden (Chromosomenmutation). Möglich ist auch der Verlust oder die Vermehrung eines ganzen Chromosoms oder die Vervielfachung des Chromosomensatzes (Genommutation).
- **Isolation:** Gelangt eine Gruppe einer Population in ein von der Art bisher unbewohntes und normalerweise auch weiterhin nicht

zugängliches Gebiet, so ist ein genetischer Austausch dieser Gruppe mit der Ursprungspopulation nicht mehr möglich. Es ist eine neue Population entstanden, die nicht mehr das gesamte Genom der Ausgangspopulation hat und in der eventuell einige Gene stärker oder schwächer repräsentiert sind als in der Ausgangspopulation. Welches genetische Potenzial die neue Population besitzt, hängt vom Genpool der die Population begründenden Individuen ab (**Gründereffekt**).

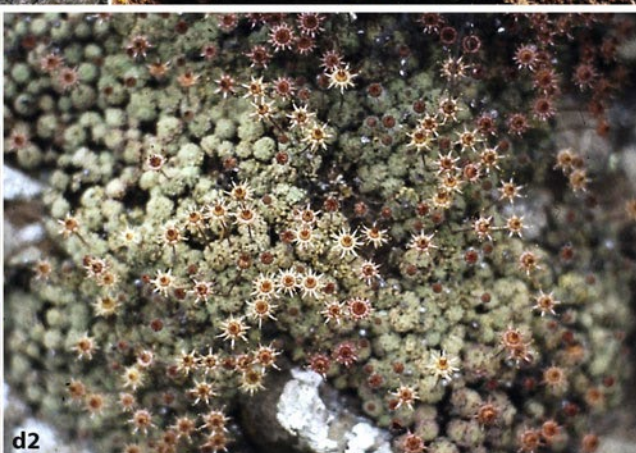
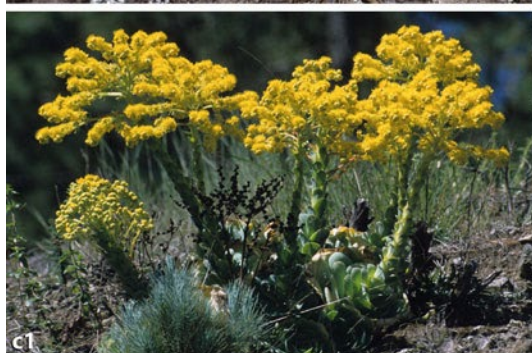
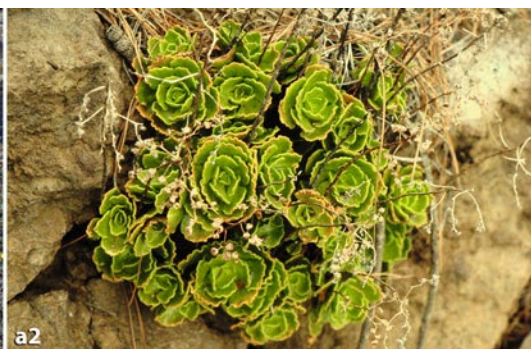
- **Selektion:** Ändern sich die Umweltbedingungen, so werden sich innerhalb einer Population diejenigen Individuen stärker fortpflanzen (oder vielleicht sogar nur diese überleben), deren Genom Anpassungen an die neuen Bedingungen ermöglicht. Im Zusammenspiel mit Isolation können auf diese Weise aus einer Population zwei Arten entstehen: Die ursprüngliche, größere Population lebt weiter unter den alten Umweltbedingungen, verändert sich daher genetisch allenfalls geringfügig. Die in ein neues Gebiet mit anderen Umweltbedingungen eingewanderte Population unterliegt einer starken Auslese: Bestimmte Merkmale werden selektiert, wodurch es auf Dauer zur Bildung unterschiedlicher Arten kommt. Es war übrigens nicht Charles **Darwin** (1859) selbst, der dieses Prinzip als erster am Beispiel der von ihm auf Galapagos gesammelten Finken (*Geospizinae*) erkannt hat (■ Abb. 2.1). Der Begriff „**Darwinfinken**“ wurde erst 1936 von Lowe (1936) geprägt. Aus einer Art haben sich dort im Laufe der Zeit an die unterschiedlichen Bedingungen der jeweiligen Insel 14 unterschiedlich angepasste Arten entwickelt, wobei die Nahrung wohl der wichtigste differenzierende Faktor war, denn die größten Unterschiede zwischen den Arten liegen in Form und Größe des Schnabels. Lösch (1990a) konnte eine entsprechende Entwicklung für die auf den Kanaren vorkommenden Dickblattgewächse (*Crassulaceae*) aufzeigen. Als Ausgangsart wird eine dem heutigen *Aeonium holochrysum* nahestehende Sippe angenommen (Lems 1960; Voggenreiter 1974; Bernhardt 2004). Aus ihr haben sich knapp 70 Spezies und drei neue Gattungen entwickelt, sodass die *Crassulaceae*



■ **Abb. 2.1** Adaptive Radiation: Das Beispiel der Darwinfinken. Der größte Unterschied liegt in Form und Größe des Schnabels, was als Anpassung an unterschiedliche Nahrung zu werten ist. Zeichnung nach Bälgen aus dem Museum Senckenberg, Frankfurt a.M.; © S. Wittig

auf den Kanaren heute mit vier Gattungen vertreten sind: *Aeonium*, *Aichryson*, *Greenovia* und *Monanthes* (■ Abb. 2.2).

Die Aufspaltung einer in einen neuen Lebensraum gelangten Population in mehrere Arten kann dann erfolgen, wenn dort deutlich voneinander verschiedene, unbesetzte Nischen vorhanden sind und die eingewanderte Population das genetische Potenzial besitzt (oder im Laufe der Zeit durch Mutationen erlangt), diese Nischen zu besetzen. Die in den unterschiedlichen Nischen herrschende unterschiedliche Selektion wird dann genetisch verschiedene Populationen erzeugen, die allmählich zu eigenen Arten werden. Diesen Vorgang nennt man **Radiation**. Soll die damit verbundene genetische Anpassung (**Adaptation**) betont werden, so spricht man von **adaptiver Radiation**.



■ **Abb. 2.3a,b** Ursprüngliche (a) und weiterentwickelte Art (b) der Gattung *Nepenthes* (Kannenpflanzen); a *N. madagascariensis*, Madagaskar 2003; b *N. rafflesiana*, Borneo 1993. Fotos R. Wittig

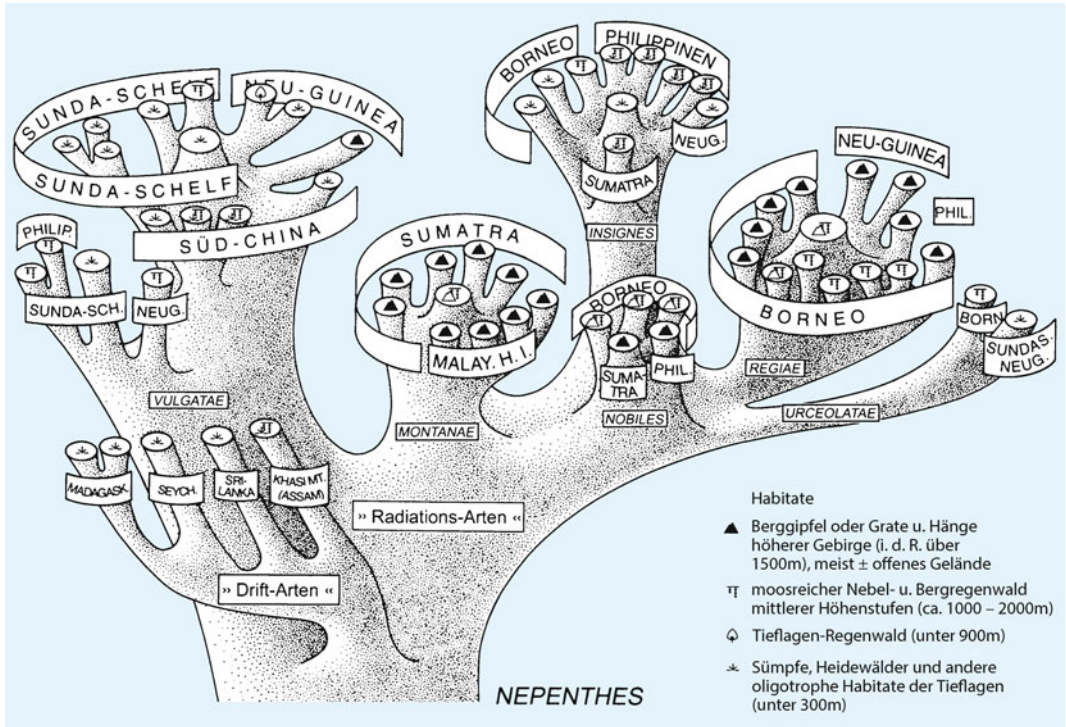


Ein gutes Beispiel dafür, dass es vor allem bei der Einwanderung von Arten in isoliert liegende neue Lebensräume zu einer starken Aufspaltung kommt, während die im alten Lebensraum verbliebenen sich weit weniger stark verändern, bilden die Kannenpflanzen (*Nepenthes*; ■ [Abb. 2.3](#)). Während das heutige Diversitätszentrum dieser Gattung mit gut 50 Arten eindeutig in den Gebirgen der malaiischen Inselwelt (Sumatra, Borneo, Neu-Guinea, Philippinen) und ihrer engeren Umgebung auf dem asiatischen Kontinent liegt (Südchina, Malaysische Halbinsel), kommen im madagassisch-indischen Raum nur fünf Arten vor (zwei auf Madagaskar und je eine auf den Seychellen, auf Sri Lanka und im indischen Bundesstaat Assam (■ [Abb. 2.4](#))). Genetische Analysen zeigen aber, dass diese, zusammen mit einigen in den Tieflagen der malaysischen Region vorkommenden Spezies, die ursprünglicheren sind (Meimberg et al. 2001). Erklären lässt sich dieses Verbreitungs- und Genommuster, wenn man von einer Entstehung der Gattung im heutigen, damals noch zusammenhängenden madagassisch-indischen Bereich des später allmählich auseinanderfallenden Südkontinents **Gondwana** ausgeht (► [Abschn. 2.2.1](#)). Teile

der Population drifteten mit der indischen Scholle in Richtung Asien, andere verblieben auf Madagaskar. In Asien wurden die Gebirgsstöcke besiedelt, auf denen sich die Populationen an die dortigen Bedingungen anpassen mussten (**Selektion**) und aufgrund ihrer räumlichen Isolation zu gesonderten und „moderner“ Arten entwickelten. Auf die in den alten Lebensräumen verbliebenen Mitglieder sowie die in die malaiischen Tieflagen eingewanderten wirkte dagegen ein weit geringerer Selektionsdruck, sodass ihr Genom „ursprünglicher“ blieb.

Arten können aber nicht nur durch geografische Trennung von Populationen entstehen (**allopatrische Artbildung**), sondern auch durch genetische Isolation innerhalb des gleichen Raumes (**sympatrische Artbildung**). Letzteres geschieht im Pflanzenreich relativ häufig in Form der Verdopplung des Chromosomensatzes (Polyploidisierung). Die polyploiden Individuen sind nicht mehr mit den diploiden kreuzbar, sodass genetische Isolation besteht, aber keine geografische. Ein ebenfalls unter Pflanzen verbreiteter Fall der Artbildung geht von Arten aus, die sich normalerweise nur asexuell (**apomiktisch**) vermehren, bei denen es aber selten und ausnahms-

■ **Abb. 2.2a–d** Vertreter der vier auf den kanarischen Inseln vorkommenden, durch adaptive Radiation entstandenen Crassulaceen-Gattungen *Aeonium* (a), *Aichryson* (b), *Greenovia* (c) und *Monanthes* (d); a1 *Ae. lanzarotense*; a2 *Ae. smithii*; b1 *Ai. parlatores*; b2 *Ai. punctatum*; c1 *G. aurea*; c2 *G. dodrentalis*; d1 *M. pallens*; d2 *M. silensis*. Fotos: Hobohm C (b1); Lösch R (d); Ludwig D (a2, b2, c2); Wittig R (a1, c1)



■ Abb. 2.4 Evolutive Aufspaltung, Areal und Einnischung (adaptive Radiation) der *Nepenthes*-Arten. (nach Lösch 1990b)

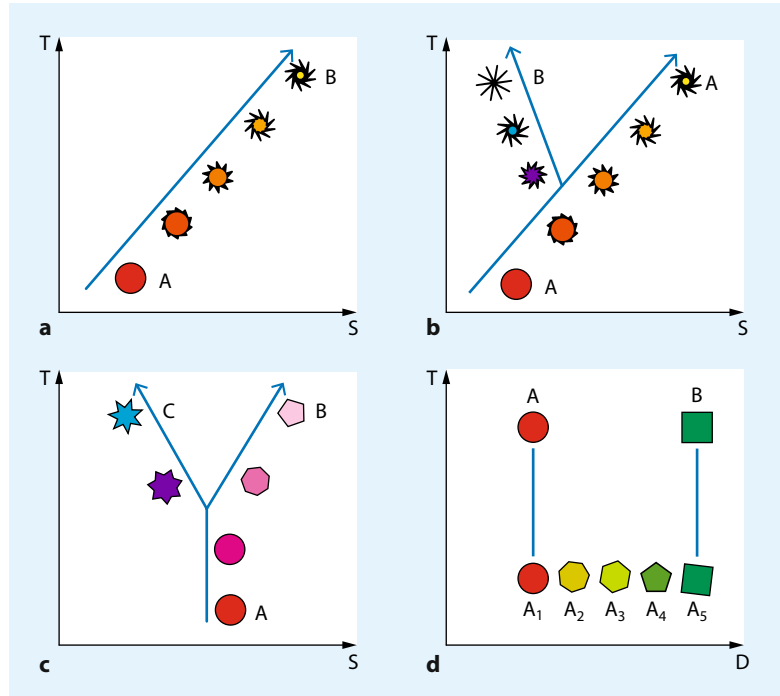
weise zu fruchtbaren Kreuzungen kommen kann. Die Nachkommen einer solchen Kreuzung vermehren sich wieder apomiktisch, sind also genetisch isoliert und damit im Sinne der Definition eigene Arten. Auf diese Weise entstandene Arten können untereinander sehr ähnlich sein. Daher werden sie manchmal als „Kleinarten“ bezeichnet und unter dem Namen einer „Sammelart“ (Aggregat, gekennzeichnet durch die Abkürzung „agg.“) zusammengefasst, z. B. *Alchemilla vulgaris* agg., *Taraxacum officinale* agg.

Bei Tieren ist denkbar, dass zwei in einer Population vorhandene Genotypen durch in unterschiedliche Richtung laufende Selektion begünstigt werden. Beispielsweise könnten sich bei Existenz zweier verschiedener Nahrungsquellen zwei verschiedene Schnabelformen durchsetzen, die jeweils die bessere Erschließung einer der beiden Quellen ermöglichen. Wenn sich nun die auf diese Weise selektierten, unterschiedlich genetisch verankerten Phänotypen jeweils nur mit Individuen des gleichen Phänotyps paaren würden, wären zwei Arten entstanden. Vorstufen einer solchen Artbildung

wurden von Huber et al. (2007) bei einer Darwinfinkenart gefunden. Innerhalb dieser Art haben sich im gleichen Areal zwei Schnabelformen gebildet und die Paarungen finden bevorzugt, allerdings (noch?) nicht ausschließlich, zwischen Individuen gleicher Schnabelform statt. Bereits stattgefunden hat eine sympatrische Artbildung offensichtlich bei Buntbarschen in einigen kleinen isolierten Seen, z. B. im Bermin-Kratersee in Kamerun (Schliwen et al. 1994). Die dortigen Buntbarscharten unterscheiden sich deutlich in ihrer Morphologie und ökologischen Nische, obwohl sie jeweils von nur einer einzigen Art abstammen und die Seen für eine geografische Isolation zu klein sind.

Außer durch Aufspaltung einer Art in mehrere oder Abspaltung einer neuen Art kann Artbildung auch durch allmähliche Veränderung einer Art als Reaktion auf im Laufe der Erdgeschichte ablaufende Umweltveränderungen erfolgen (Abb. 2.5a). Anders als bei den erstgenannten Möglichkeiten (Abb. 2.5 b–d) bedeutet dies dann keine Vermehrung der Artenzahl.

■ **Abb. 2.5a–d** Wege der Artentstehung (schematisch). **a** allmähliche Veränderung einer Art im Laufe der Erdgeschichte; **b** Abspaltung einer Population, die sich zu einer neuen Art entwickelt; **c** allmähliche Aufspaltung in zwei Arten; **d** katastrophener Ausfall der Zentralpopulationen einer geografisch weitverbreiteten Art, wodurch die schon seit langer Zeit nicht mehr miteinander in genetischem Kontakt stehenden überlebenden Randpopulationen (A1 und A5) dann zu neuen Arten werden, wenn sie aufgrund großer genetischer Unterschiede nicht mehr fertil kreuzbar sind



2.2 Der erdgeschichtliche Hintergrund

Wie bereits erläutert, ist räumliche Isolation eine mögliche Ursache für die Bildung von Arten und Unterarten. Je länger (zeitlich) und je weiter (räumlich) zwei Lebensräume voneinander getrennt sind, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie verschiedene Arten beherbergen. Für großräumige Isolation war im Laufe der erdgeschichtlichen Entwicklung (► [Abschn. 2.2.1](#)) die Kontinentaldrift verantwortlich (► [Abschn. 2.2.2](#)). Isolation führt deutlich schneller zu Unterschieden, wenn sich die Selektionsbedingungen unterscheiden, wobei auch der Wechsel von Warm- und Kaltzeiten große Bedeutung besitzt (► [Abschn. 2.2.3](#)). Aufgrund derartiger Temperaturwechsel, aber auch anderer erdgeschichtlicher Ereignisse, nahm die Biodiversität nicht kontinuierlich zu, sondern es gab Wachstums-sprünge und -einbrüche (► [Abschn. 2.3](#)).

2.2.1 Erdzeitalter und Evolution der Organismen

Die Entwicklung der Erde und des Lebens wird in der älteren (und teilweise auch noch in der neueren) deutschen Literatur von Geologen in zwölf auch als Erdzeitalter bezeichnete Epochen unterteilt (Präkambrium, Kambrium, Ordovizium, Silur, Devon, Karbon, Perm, Trias, Jura, Kreide, Tertiär und Quartär), innerhalb derer noch Untergliederungen vorgenommen werden. Paläobotaniker unterteilen die Erdgeschichte in die pflanzenlose Zeit (Aphytikum) sowie in Protero-, Archäo- oder Eo-, Paläo-, Meso- und Neophytikum, Paläozoologen benutzen analoge Begriffe, wobei „-phytikum“ durch „-zoikum“ ersetzt wird. Die Länge der paläozoologischen Zeitalter ist allerdings nicht völlig identisch mit der der paläobotanischen.

Seit einigen Jahren wird versucht, die in verschiedenen Wissenschafts- und Sprachbereichen unterschiedlichen Gliederungen und Begriffe in einer standardisierten geologischen Zeitskala zu vereinigen. Darin unterscheidet man zwischen Äonen als oberster, Ären als mittlerer und Perioden

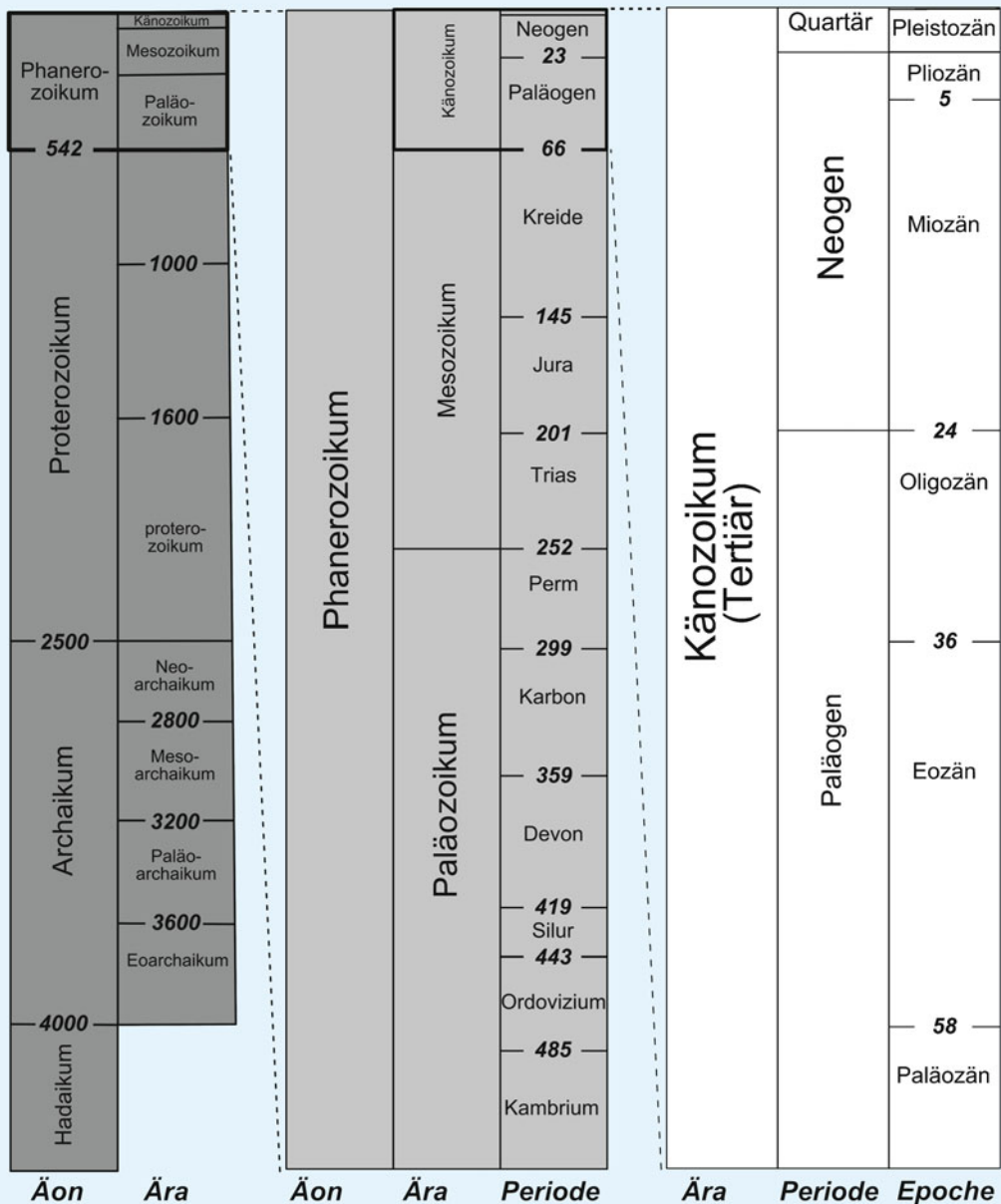


Abb. 2.6 Geologisch-paläobiologische Zeitskala. (ergänzt und leicht verändert nach Gradstein et al. 2004)

als unterer Kategorie (Abb. 2.6). In dieser Skala ist das Tertiär nicht mehr enthalten, sondern durch Paläogen und Neogen ersetzt.

Auf unserem vor etwa 4,6 Mrd. Jahren entstandenen Planeten existierten die Grundbausteine der Lebewesen, die organischen Moleküle, im ältesten

Äon, dem **Hadaikum**, noch nicht. Ehe die biologische Evolution einsetzen konnte, musste also eine chemische Evolution (Box 2.1) erfolgen, die Bildung komplexer organischer Moleküle.

Unsere Kenntnisse über den Verlauf der anschließenden biologischen Evolution beruhen in

Box 2.1 Chemische Evolution

Im Zuge der allmählichen Abkühlung der Erde traten in Form der damals sauerstofffreien Atmosphäre, der immer noch vergleichsweise hohen Temperaturen, einer intensiven kurzwelligen Strahlung (eine abschirmende Ozonschicht war noch nicht vorhanden) und häufiger elektrischer Entladungen (Gewittern) im **Archaikum** Bedingungen auf, welche die Bildung von einfachen organischen Molekülen (Zucker, Aminosäuren), die Grundbausteine der Organismen sind, aus den in der Atmosphäre enthaltenen Verbindungen und Elementen (Wasser, Methan, Ammoniak und Kohlendioxid sowie Stickstoff und Wasserstoff) ermöglichen. Der Biochemiker Stanley Louis Miller konnte im Jahre 1953 mit einem einfachen Experiment beweisen, dass unter derartigen Bedingungen tatsächlich organische Moleküle entstehen: In einem Wasserdampf, Methan, Ammoniak und Wasserstoff (H_2O , CH_4 , NH_3 , H_2) enthaltenen Reaktionsgefäß bildeten sich unter der Wirkung elektrischer Entladungen nach wenigen Tagen 19 verschiedene organische Verbindungen, darunter auch Aminosäuren

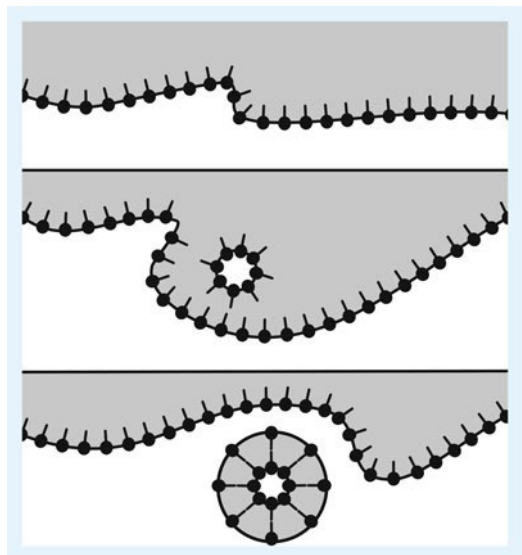
(Miller 1953; Miller und Urey 1959).

Die genannten organischen Moleküle entstehen zwar einerseits unter Energiezufuhr, werden andererseits aber bei deren längerem Einwirken, z. B. unter dem Einfluss der damals vorhandenen energiereichen Strahlung (fehlender Ozonschild!) wieder zersetzt. Man nimmt daher an, dass die Moleküle in vor Strahlung geschützten Räumen „überlebten“ und sich dort anreicherten, z. B. im Schlamm der Meeresböden oder im Sand von Uferzonen. Hier standen sie einerseits in engem Kontakt miteinander, hatten aber auch Kontakt zu Mineralien, unter deren katalytischer Wirkung die das Leben aufbauenden organischen Riesmoleküle entstehen konnten. Sind Moleküle auf einer Seite wasserabstoßend (hydrophob, in der Regel ist dies identisch mit fettanziehend = lipophil) und auf der anderen wasseranziehend (hydrophil, meist identisch mit fettabstoßend = lipophob), ordnen sie sich in wässriger Lösung in Form einer Membran an, die den die Zellen und Zellorganelle umgebenden Biomembranen sehr ähnlich ist. Solche Membranen

können auch Hohlkugeln bilden (Abb. 2.7). Werden dabei organische Makromoleküle eingeschlossen, ist ein zellähnliches Gebilde entstanden. Derartige Protozellen sind zwischen 0 und 100 °C stabil, können Nukleotidstränge einschließen und elektrisch geladene organische Moleküle aufnehmen (Mansy und Szostak 2008).

Es sei nicht verschwiegen, dass es auch andere Hypothesen zur chemischen Evolution und zur Zellbildung gibt: Martin und Russel (2003) zeigen plausibel auf, dass heiße Wasserquellen in der Tiefsee als Ort der Entstehung des Lebens gedient haben könnten. Andere Autoren, z. B. bereits Arrhenius (1908), sind der Meinung, dass das Leben nicht auf der Erde entstand, sondern dass bakterienähnliche Lebensformen mit Meteoriten zur Erde gelangten. Diese nicht völlig abwegige (s. z. B. Mileikowsky et al. 2000; Mastrapa et al. 2001; Nicholson und Schuerger 2005) als **Panspermie** bezeichnete Hypothese liefert allerdings keine Erklärung für die Mechanismen der Entstehung des Lebens, sondern verschiebt das Problem nur an einen anderen Ort.

erster Linie auf Funden versteinerten Organismen (**Fossilien**) und deren Zuordnung zu bestimmten Abschnitten der Erdgeschichte. Da die ersten Organismen noch keine Skelette besaßen, sind deren Versteinerungen äußerst rar und nur sehr schwer erkennbar. Die nahezu fossilienfreie Zeit, in der es aber schon Leben gegeben haben muss, bezeichnet man daher als **Kryptozoikum** (griech. *kryptos* = verborgen) oder Proterozoikum, während das folgende Äon, welches sich durch Fossilienfunde auszeichnet, **Phanerozoikum** genannt wird (griech. *phaneros* = sichtbar).



■ Abb. 2.7 Hypothetische Entstehung von Vorläufern der Zellen (Protozellen); Erläuterungen: s. Box 2.1

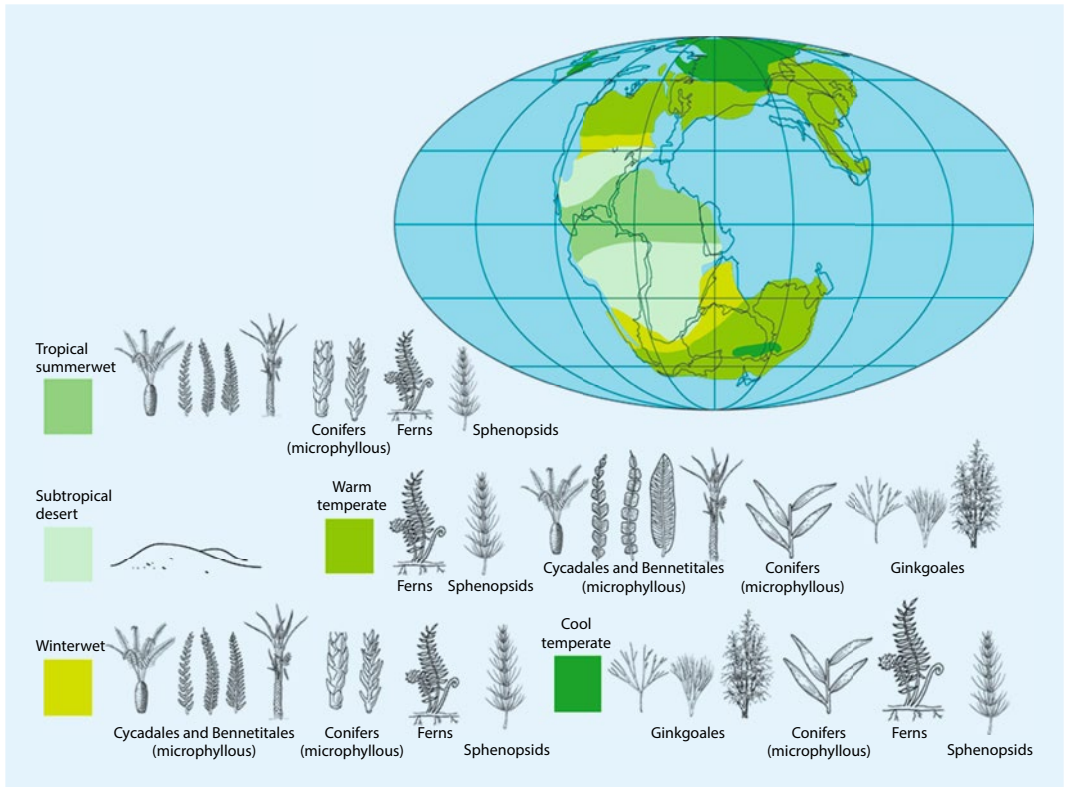


Abb. 2.8 Klimazonen und die bezeichnenden Vertreter ihrer Vegetation im frühen Jura. (aus Willis und McElwan 2002; Storch et al. 2013)

Die ältesten mittels Fossilien nachgewiesenen Organismen ähneln den zu den Bakterien gehörenden **Blaualg**en (Cyanobacteria). Sie konnten Fotosynthese betreiben und damit Sauerstoff produzieren, wodurch die Entstehung einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre ihren Anfang nehmen konnte. Nachdem im Wasser gegen Ende des Kryptozoikums wohl bereits mehrzellige Algen und fast alle heute existenten Tierstämme entstanden waren, traten im Kambrium die ersten fossil gut belegten Wirbellosen, primitive Chordaten und marine Algen auf. Cephalopoden und Knochenfische sind seit dem Ordovizium nachweisbar. Im Silur entfalteten sich die Stachelhäuter und den Pflanzen gelang der Übergang zum Landleben. Ihnen folgten ebenfalls noch im Silur die Insekten und Amphibien. Primitive Reptilien bildeten die „zoologische Neuerung“ des Karbons, in dem die Landschaft der späteren Steinkohlenreviere von Schuppen- und Siegelbäumen bestimmt war, die den Hauptbestandteil der

Steinkohle bilden. Farne sind seit dem Perm existent, in dem sich auch säugetierähnliche Reptilien entwickelten, die dann in der Trias zur Evolution der Säugetiere führten. Etwa gleichzeitig mit den Säugetieren traten die ersten Nadelbäume auf. Erste Vögel, Saurier, Ammoniten und Palmfarne sind die bezeichnenden Fossilien des Jura. Mit den Dino-, Fisch- und Flugsauriern gipfelte und endete die Zeit der Saurier in der Kreidezeit. Auch die Ammoniten starben in dieser Erdperiode aus, an deren Ende erstmals bedecktsamige Blütenpflanzen nachweisbar sind. Im Tertiär erfolgte schließlich die starke Entfaltung der Blütenpflanzen, Vögel und Säugetiere. Erst im letzten und kürzesten Abschnitt der Erdgeschichte erschien der Mensch.

Im Laufe der Erdgeschichte wechselte das globale Klima mehrfach. Zusammen mit dem Auftreten neuer Pflanzentypen fand damit auch an allen Orten der Erde ein mehrfacher Wechsel des Landschaftsbildes statt, wie der exemplarische Vergleich

Biodiversität: Grundlagen, Gefährdung, Schutz

Wittig, R.; Niekisch, M.

2014, XV, 585 S. 215 Abb. in Farbe., Hardcover

ISBN: 978-3-642-54693-8