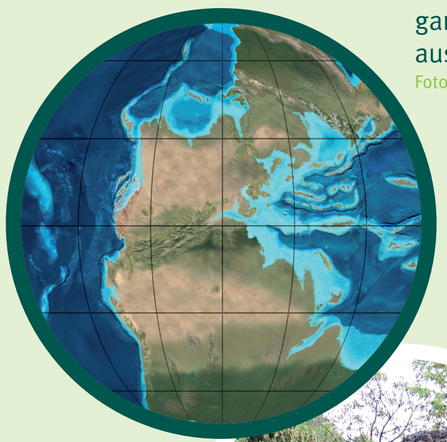
Bewegte Geschichte – Der geologische Untergrund von Bielefeld

Der Botanische Garten liegt auf 110 Millionen Jahre alten Gesteinen der Kreidezeit. Doch diese Schichten bilden nur eine Momentaufnahme der Erdgeschichte. Im Untergrund des Teutoburger Waldes ist das gesamte Erdmittelalter überliefert. Die Gesteine erzählen eine 250 Millionen Jahre lange Geschichte von Klimawandel, Evolution, Kontinentalbewegungen und Meeresspiegelschwankungen.

Sie sind entstanden aus Ablagerungen in tropischen Meeren, Küsten-, Sumpf- und Flusslandschaften, die sich mittlerweile zu mehreren Hundert Meter mächtigen Gesteinsschichten verfestigt haben. Viele dieser Schichten bestehen fast ausschließlich aus Schalenresten ausgestorbener Lebewesen.

252 bis 200 Millionen Jahre: Trias

Alle größeren Landmassen sind zu dem urzeitlichen Superkontinent Pangäa vereint. Das heutige Deutschland liegt äquatornah in trockenheißem Klima. Die Region ist geprägt von Wüsten, salzigen Flachmeeren und warmen Sumpflandschaften.



220 Millionen Jahre: Mauerstein an der Sparrenburg – ganze Schichten bestehen fast ausschließlich aus Fossilien. Foto: Aline Erle

220 Millionen Jahre: Kalksteine aus einem ruhigen flachen Randmeer an der Promenade in Bielefeld Foto: Aline Erle

200 bis 145 Millionen Jahre: Jura

Der Urkontinent Pangäa beginnt auseinanderzubrechen und der Atlantik bildet sich. In Deutschland entsteht eine Meeresverbindung zwischen tropischen Meeren und dem Arktischen Ozean.

Temnodontosaurus, ein 10 Meter langes Meeresreptil aus der Gruppe der Ichthyosaurier, jagt auf dem Gebiet des heutigen Bielefeld. Zeichnung: D. Bogdanov

Ammoniten sind Verwandte der Tintenfische. In der Jurazeit kommen sie häufig in der Region vor. Foto: Sönke Simonsen

145 bis 66 Millionen Jahre: Kreide

Im Laufe der Kreidezeit lässt sich in den Gesteinen ein massiver Meeresspiegelanstieg erkennen. In der späten Kreide lag Nordwestdeutschland 200 Meter tief unter Wasser.

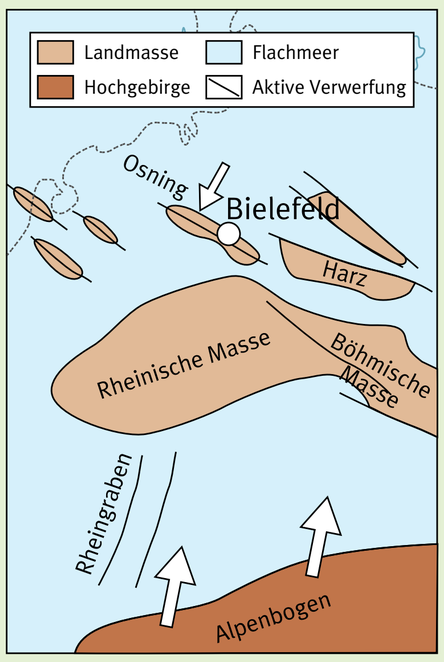
130 Millionen Jahre: Küstensedimente – der Osning-Sandstein Foto: Aline Erle

90 Millionen Jahre: Kalksteinablagerungen des offenen Meeres Foto: Aline Erle

Bielefeld vor 70 Millionen Jahren: Ein Höhenzug entsteht

Während der späten Kreidezeit beginnt im Süden Europas die Entstehung der Alpen. Der Druck, den die nach Norden schiebenden Alpen ausüben, führt zu Ausgleichsbewegungen an den Rändern größerer Bruchschollen im Untergrund. Der Teutoburger Wald markiert eine Grenze zwischen zwei Schollen.

An der Grenze zwischen dem Münsterland und dem Niedersächsischen Block schieben sich beide Schollen entlang einer großen Verwerfungsfläche, der Osning-Überschiebung, übereinander. Dabei werden die ursprünglich horizontal liegenden Schichten verfaltet und steil gestellt. Der heutige Teutoburger Wald erhebt sich als Insel aus dem flachen Meer.

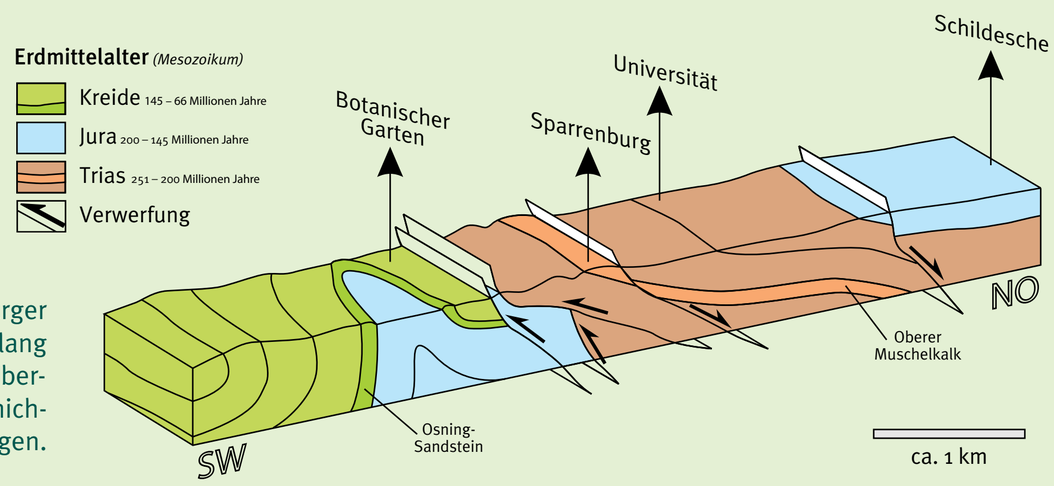


Deutschland in der jüngsten Kreidezeit vor 70 Millionen Jahren: Der Druck der Alpen erzeugt Spannungen in der Erdkruste, die sich auch an der Osning-Überschiebung entladen.

Bielefeld heute: komplexe Geologie

Schnitt durch den Bielefelder Untergrund: Die Sparrenburg steht auf triaszeitlichen Kalksteinen, die vor 70 Millionen Jahren über die eigentlich jüngeren Gesteine der Jura- und Kreidezeit geschoben wurden.

Die Trias-Gesteine sowie der Osning-Sandstein und die Kalksteine der jüngeren Kreidezeit sind sehr verwitterungsbeständig und bilden daher heute die schmalen Kämme des Teutoburger Waldes.



Querschnitt durch den Teutoburger Wald westlich von Bielefeld: Entlang großer Verwerfungen (Osning-Überschiebung) werden die Gesteinsschichten zerbrochen und stark verbogen.

Kontrolliertes Krematorium – Krematorium Bielefeld

Verein Freunde des Botanischen Gartens Bielefeld e. V.

Umweltbetrieb der Stadt Bielefeld – Für Sie im Einsatz.

Dank an das Krematorium Bielefeld für die freundliche Unterstützung bei der Neugestaltung der Erdzeituhr

Text und Abbildungen (wenn nicht anders angegeben): Mark Keiter, Naturkunde-Museum Bielefeld, Bielefeld 2015; paläogeographische Weltkarten: Ron Blakey

Die Evolution der Landpflanzen

Alle Landpflanzen sind wahrscheinlich Verwandte der wasserlebenden Armleuchteralgen. Aus ihnen gingen schon im Ordovizium (vor über 450 Millionen Jahren) erste moosartige Formen hervor, die an Land leben konnten.

Nachdem die Pflanzen an Land Fuß gefasst hatten, entwickelten sie sich allmählich weiter. Nach und nach entstanden neue Formen, die sich auf der ganzen Erde ausbreiteten. Die Besiedelung des Landes durch Pflanzen war eine wichtige Voraussetzung dafür, dass auch Tiere den Weg an Land finden konnten.

Die Pioniere

Wahrscheinlich waren es kleine moosartige Pflanzen, die vor mehr als 450 Millionen Jahren erste vorsichtige „Schritte“ auf das Land unternahmen. Sie waren noch auf ein sehr feuchtes Umfeld angewiesen und wuchsen daher nur in unmittelbarer Nähe von Gewässern.

Innovative Techniken

Der neue Lebensraum außerhalb des Wassers erforderte von Pflanzen eine Reihe von umwälzenden Anpassungen. Die ersten größeren Landpflanzen hatten noch keine Wurzeln. Vielmehr bildeten sie ein Netzwerk von Trieben auf oder im Boden. Wurzeln entwickelten sich später – nicht nur um die Pflanze festzuhalten, sondern auch um Nährstoffe und Wasser aus dem Boden zu gewinnen. Gleichzeitig mussten die oberen Teile der Pflanze vor Austrocknung geschützt werden. Dies geschah durch die Evolution einer Wachsschicht auf ihrer Oberfläche. Da die tragende Kraft des Wassers an Land fehlte, mussten Pflanzen stabile Stängel entwickeln, um größer werden und ihr eigenes Gewicht bewältigen zu können. Bis zu holzigen Stämmen war es aber noch ein weiter Weg.

Die ersten Wälder

Erst im Oberdevon vor etwa 360 Millionen Jahren entwickelten sich große, baumartige Pflanzen. Sie gehörten vor allem zu den Bärlappgewächsen und konnten über 10 Meter hoch werden. Fossilfunde zeigen, dass diese großen Pflanzen nicht einzeln vorkamen, sondern Wälder bildeten.

Große Veränderungen

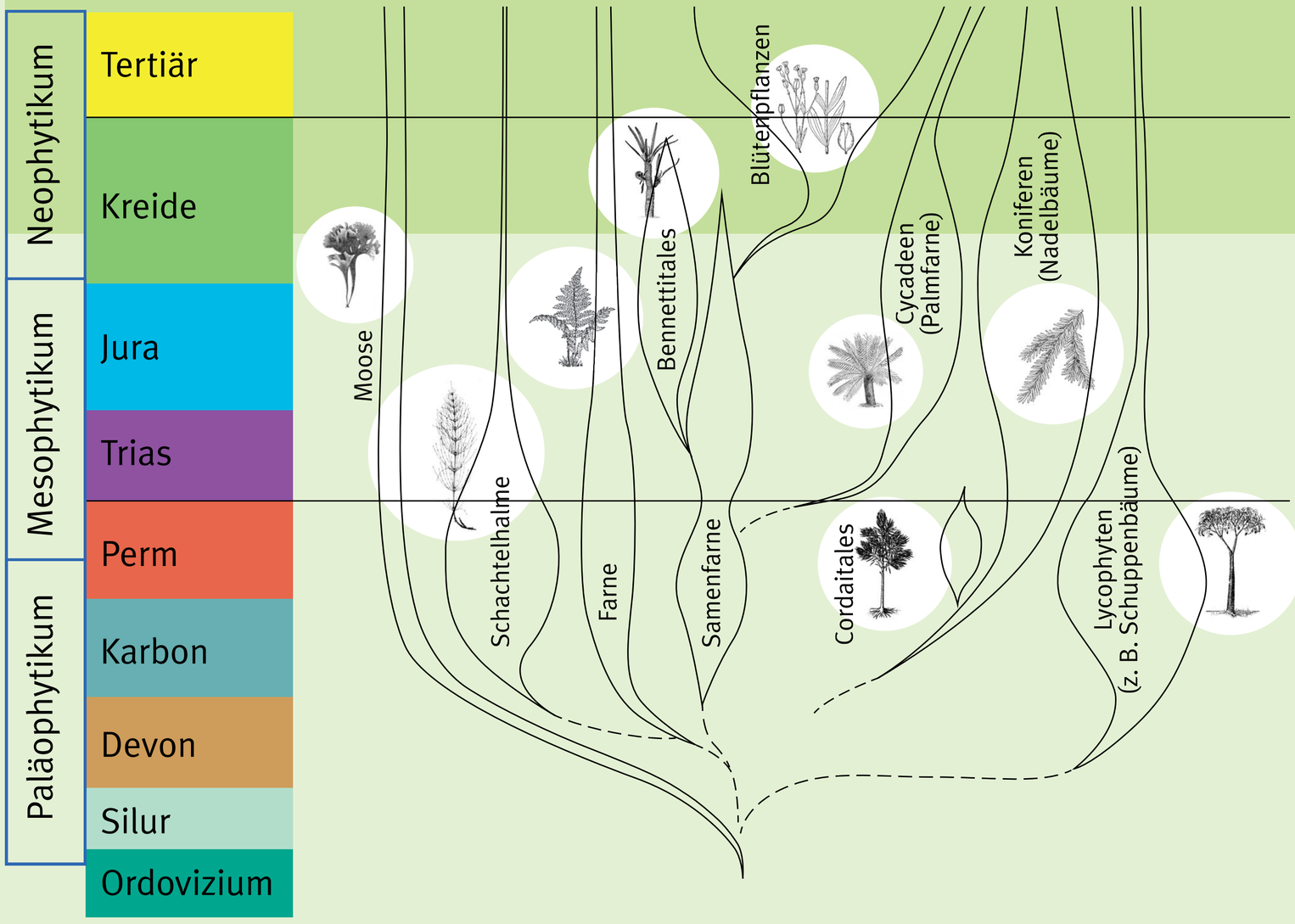
Die bedecktsamigen Blütenpflanzen, die heute die Pflanzenwelt dominieren, sind evolutionsgeschichtlich sehr jung – sie entwickelten sich erst in der Kreidezeit.

Die älteren Epochen der Erdgeschichte waren beherrscht von Sporenpflanzen, wie Moosen, Farnen und Schachtelhalmen, sowie von nacktsamigen Samenpflanzen. Zu den Nacktsamern gehören auch die Nadelbäume, die heute vielfach noch das Landschaftsbild prägen.

Sporen und Samen

Die ersten Pflanzen, die das Land eroberten, waren Sporenpflanzen, wie zum Beispiel die Farne, die heute noch existieren. Gegen Ende des Devons vor über 350 Millionen Jahren entwickelten sich die ersten Samenpflanzen. Sie werden unterteilt in Nacktsamer und Bedecktsamer. Letztere sind erst im Laufe des Erdmittelalters entstanden und dominieren seit der späten Kreidezeit die Pflanzenwelt.

Nothia aphylla ist eine einfach gebaute Landpflanze ohne echte Wurzeln aus dem Devon.
(aus Kerp et al., 2001)



Der Stammbaum der Landpflanzen wird grob in Paläophytikum, Mesophytikum und Neophytikum unterteilt, um Epochen mit unterschiedlicher Dominanz der verschiedenen Pflanzengruppen gegeneinander abzugrenzen.

Schattendasein

Besonders während des Karbons und Perms waren Schachtelhalme und Bärlappgewächse sehr verbreitet. Manche Arten bildeten riesige, baumartige Formen und ihre Reste sind wichtiger Bestandteil der karbonzeitlichen Steinkohle, die auch in Deutschland abgebaut wird.

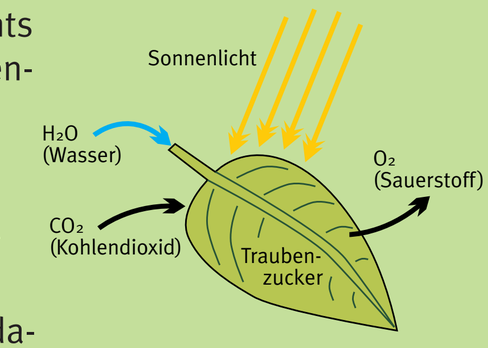
Heute existieren nur noch sehr wenige, meist kleinwüchsige Arten dieser einst dominierenden Pflanzengruppen. Andere Gruppen, die in der Vergangenheit häufig vorkamen, wie zum Beispiel die Cordaiten, sind sogar vollkommen ausgestorben.

Pflanzen verändern die Welt

Pflanzen sind von elementarer Bedeutung für das Leben auf der Erde. Aber wie viel Einfluss sie tatsächlich auf das Ökosystem Erde hatten und haben, ist kaum bekannt. Seitdem Pflanzen existieren, haben sie die Gestalt unseres Planeten und seine Umweltbedingungen maßgeblich mitgestaltet. In manchen Fällen waren sie sogar für massive Umwälzungen verantwortlich, die die Erde für immer verändert haben.

Photosynthese

Die Fähigkeit, die Energie des Sonnenlichts zu nutzen, ist die hervorstechendste Eigenschaft der Pflanzen. Es gibt verschiedene Formen der Photosynthese, die unterschiedlich effizient sind. Allen gemein ist aber, dass aus Kohlendioxid (CO_2) Zucker gewonnen wird, der die Pflanze ernährt. Gewissermaßen als Nebenprodukt wird dabei Sauerstoff freigesetzt – heute die wichtigste Grundlage allen Lebens auf der Erde.



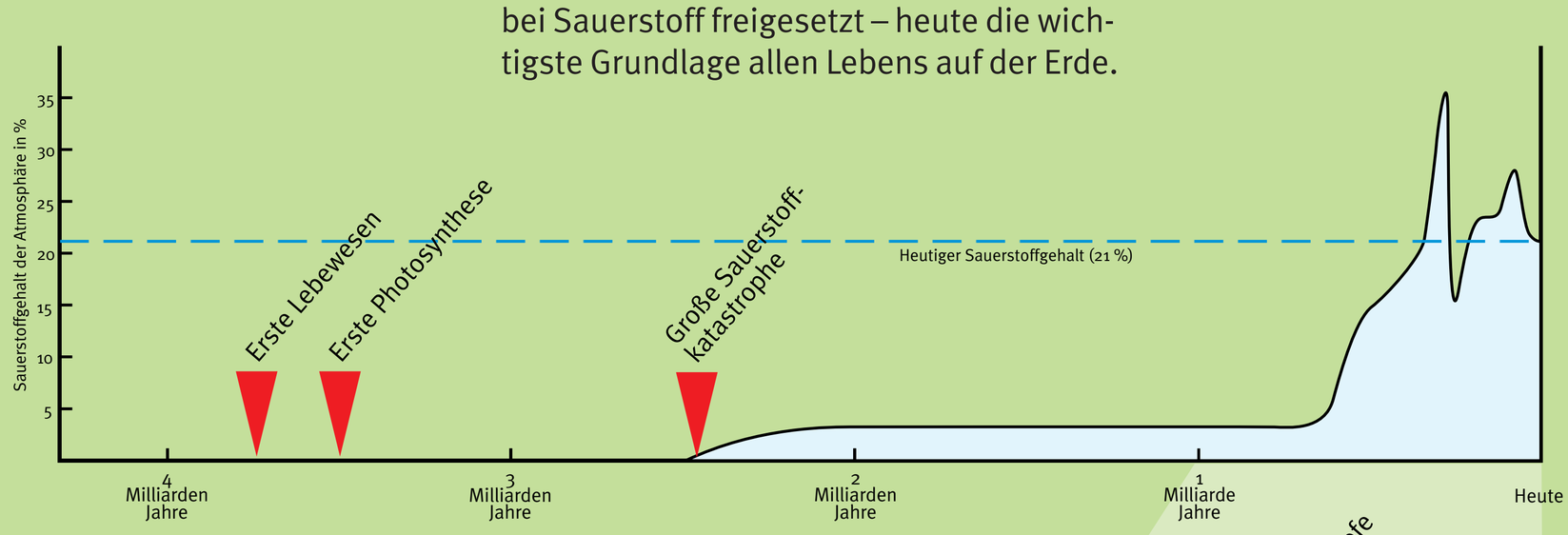
Die Große Sauerstoffkatastrophe

Die ersten Lebewesen, die Photosynthese nutzten, waren Cyanobakterien (fälschlicherweise als Blaualgen bezeichnet). Später entwickelten sich einzellige Algen – die ersten echten Pflanzen.

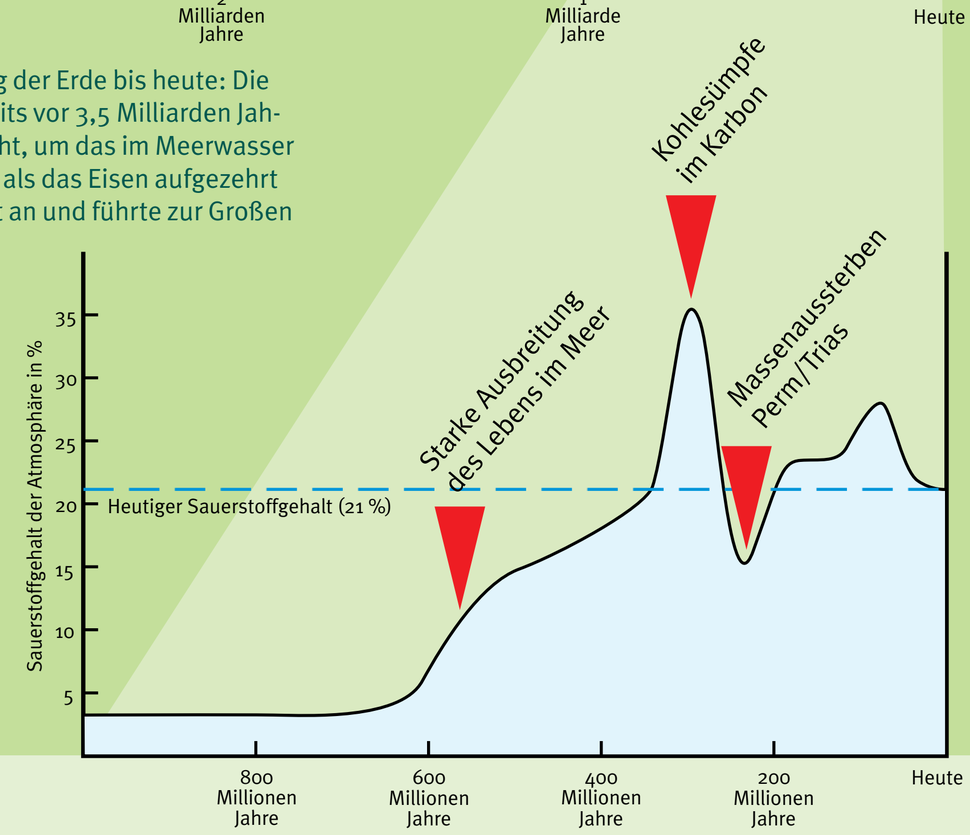
Sauerstoff, ein Abfallprodukt der Photosynthese, bildet die wichtigste Grundlage für heutiges Leben. Vor einigen Milliarden Jahren war dies aber anders. Die damals vorherrschenden Lebewesen, urtümliche anaerobe Bakterien, gewannen ihre Energie chemisch – ohne Sonnenlicht. Für sie war der Sauerstoff, den Cyanobakterien und Algen ausschieden, ein tödliches Zellgift.

Etwa vor 2,5 Milliarden Jahren begann der Sauerstoff, sich im Meerwasser anzureichern. Dies löste unter den anaeroben Bakterien ein gewaltiges Massenaussterben aus. Dieses Massenaussterben war wahrscheinlich das größte seiner Art in der gesamten Erdgeschichte; deutlich dramatischer als zum Beispiel das Ereignis, das vor 65 Millionen Jahren die Dinosaurier vernichtete.

Nur wenige Bakterienarten, die ohne Sauerstoff existieren können, haben überlebt und sind heute in extreme Lebensräume zurückgedrängt, beispielsweise in das Umfeld heißer Schwefelquellen oder in sauerstofffreie Regionen der Tiefsee.



Sauerstoffgehalt der Atmosphäre von der Entstehung der Erde bis heute: Die Sauerstoffproduktion durch Lebewesen begann bereits vor 3,5 Milliarden Jahren. Dieser Sauerstoff wurde aber zunächst verbraucht, um das im Meerwasser reichlich vorhandene gelöste Eisen zu oxidieren. Erst als das Eisen aufgezehrt war, stieg der Sauerstoffgehalt im Wasser sprunghaft an und führte zur Großen Sauerstoffkatastrophe vor 2,5 Milliarden Jahren.



Sauerstoffgehalt der Atmosphäre im Phanerozoikum: Die starke Entwicklung und Ausbreitung des Lebens seit dem Kambrium ist deutlich in der Sauerstoffkurve erkennbar, ebenso wie die gewaltige Sauerstoffproduktion der karbonzeitlichen Wälder. Im Zuge des großen Massenaussterbens am Ende des Perms wurden auch die meisten Pflanzen an Land vernichtet. Entsprechend fiel auch der Sauerstoffgehalt in der Luft, bis das Leben sich wieder erholte.

Massenaussterben im Meer durch Pflanzen?

Vor etwa 440 Millionen Jahren am Ende des Ordoviziums änderte sich erneut vieles auf der Erde. Im Meer fand ein weiteres großes Massenaussterben statt, dem unter anderem viele Arten von Trilobiten (Dreilappkrebse) und Brachiopoden (muschelähnliche eigenständige Tiergruppe) zum Opfer fielen.

Eine der Ursachen für dieses Massensterben könnte die Ausbreitung der Pflanzen auf dem Land gewesen sein. Zum einen wurde wahrscheinlich der Kohlendioxid-Gehalt in der Atmosphäre gesenkt, was zu einer Abkühlung des Klimas führte. Zum anderen wandelten sich durch die pflanzliche Aktivität die Verwitterungsprozesse an Land. Es bildeten sich erstmals Böden und die Zusammensetzung des Wassers, das vom Land in die Meere floss, änderte sich. Viele Tiergruppen vertrugen diese Veränderung in der Chemie des Meerwassers möglicherweise nicht und starben aus.

Sauerstoff im Überfluss: Das Karbon

Vor etwa 300 Millionen Jahren waren Pflanzen auf dem Land fest etabliert. Weltweit existierten große Wälder, die gewaltige Mengen Biomasse produzierten. Sie bestanden allerdings nicht aus Bäumen, wie wir sie heute kennen, sondern aus Baumfarnen und riesigen Schachtelhalmen.

Diese großen Wälder produzierten gewaltige Mengen Sauerstoff, der sich in der Atmosphäre anreicherte. Der Sauerstoffgehalt war beinahe doppelt so hoch wie heute und riesige Insekten bevölkerten die Wälder – zum Beispiel Libellen mit 70 cm Flügelspannweite.

Die Krise an der Perm-Trias-Grenze

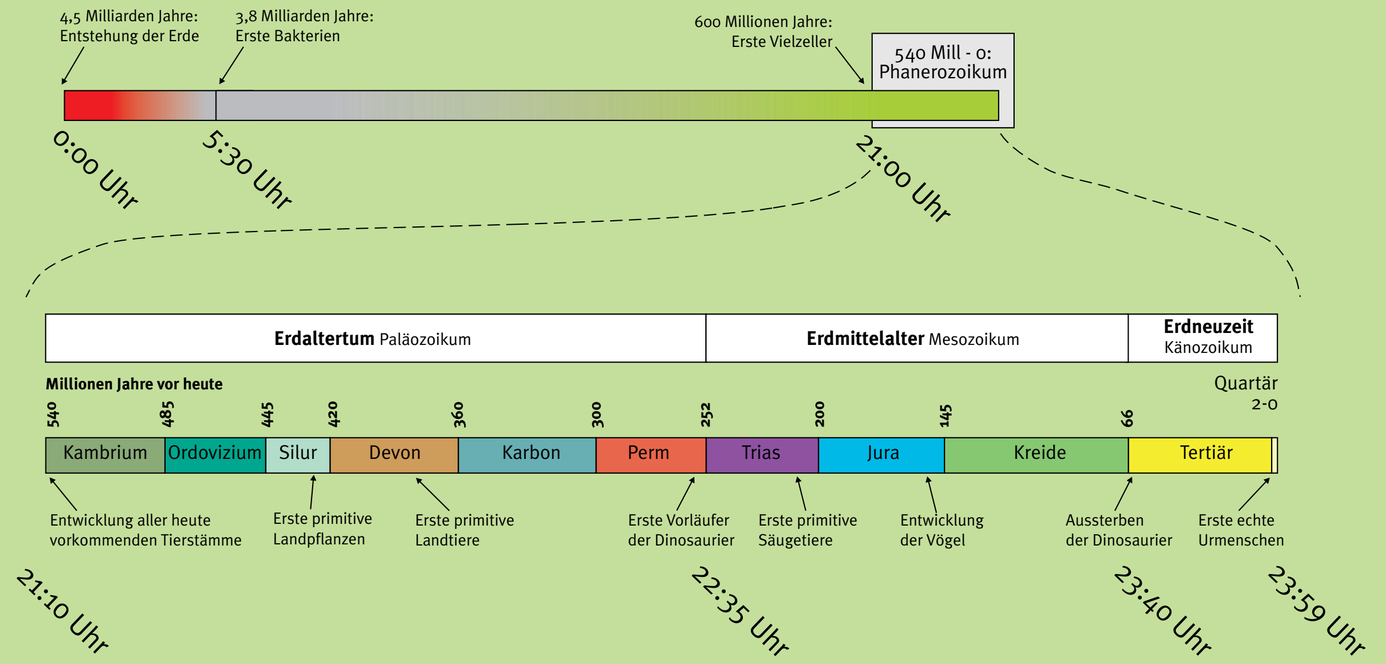
Ausgelöst durch extremen und lang anhaltenden Vulkanismus in Sibirien erlebte die Erde vor 250 Millionen Jahren, am Ende des Perms, erneut ein gewaltiges Massenaussterben. 75 bis 90 Prozent aller Tierarten zu Wasser und zu Land verschwanden.

Dass auch die Pflanzen von dieser Katastrophe massiv betroffen waren, ist deutlich in der erdgeschichtlichen Sauerstoffkurve erkennbar. Der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre fiel für viele Millionen Jahre stark ab.

Baumfarne im Regenwald von Tasmanien: So ähnlich müssen die Wälder des Karbons ausgesehen haben.
Foto: J. J. Harrison

Die Erdzeituhr im Botanischen Garten Bielefeld

Der Planet Erde ist etwa 4,5 Milliarden Jahre alt. Auf der Erdzeituhr wird diese Zeitspanne umgerechnet auf die Uhrzeiten eines Tages dargestellt. Wichtige Stationen der Erdgeschichte sind in der nebenstehenden Zeitleiste vermerkt. Leben entstand auf der Erde schon vor mehreren Milliarden Jahren, aber die Lebewesen hatten keine Hartteile und wurden daher nur selten als Fossil im Gestein erhalten.



Erst vor 600 Millionen Jahren entwickelten sich komplexere Lebewesen, teils mit harten Schalen. Sie kamen jedoch zunächst nur sehr selten vor. Zur Zeit des Kambriums vor 540 Millionen Jahren fand eine starke Weiterentwicklung schalentragender Lebewesen statt. Seitdem kommen Fossilien sehr häufig in den Gesteinen vor, sodass die Evolution des Lebens sehr gut rekonstruiert werden kann.

Der Zeitraum vom Beginn des Kambriums bis heute wird als Phanerozoikum bezeichnet. Der Begriff bedeutet „Zeit des sichtbaren Lebens“. Das Phanerozoikum wird in Paläozoikum (Erdaltertum), Mesozoikum (Erdmittelalter) und Känozoikum (Erdneuzeit) unterteilt.

Das Paläozoikum (Erdaltertum) 21:10 Uhr bis 22:35 Uhr

Kambrium 540 – 485 Millionen Jahre
Innerhalb weniger Millionen Jahre entwickeln sich Vorläufer fast aller heute bekannten Tiergruppen, darunter auch extrem einfache Vorfahren der Wirbeltiere.

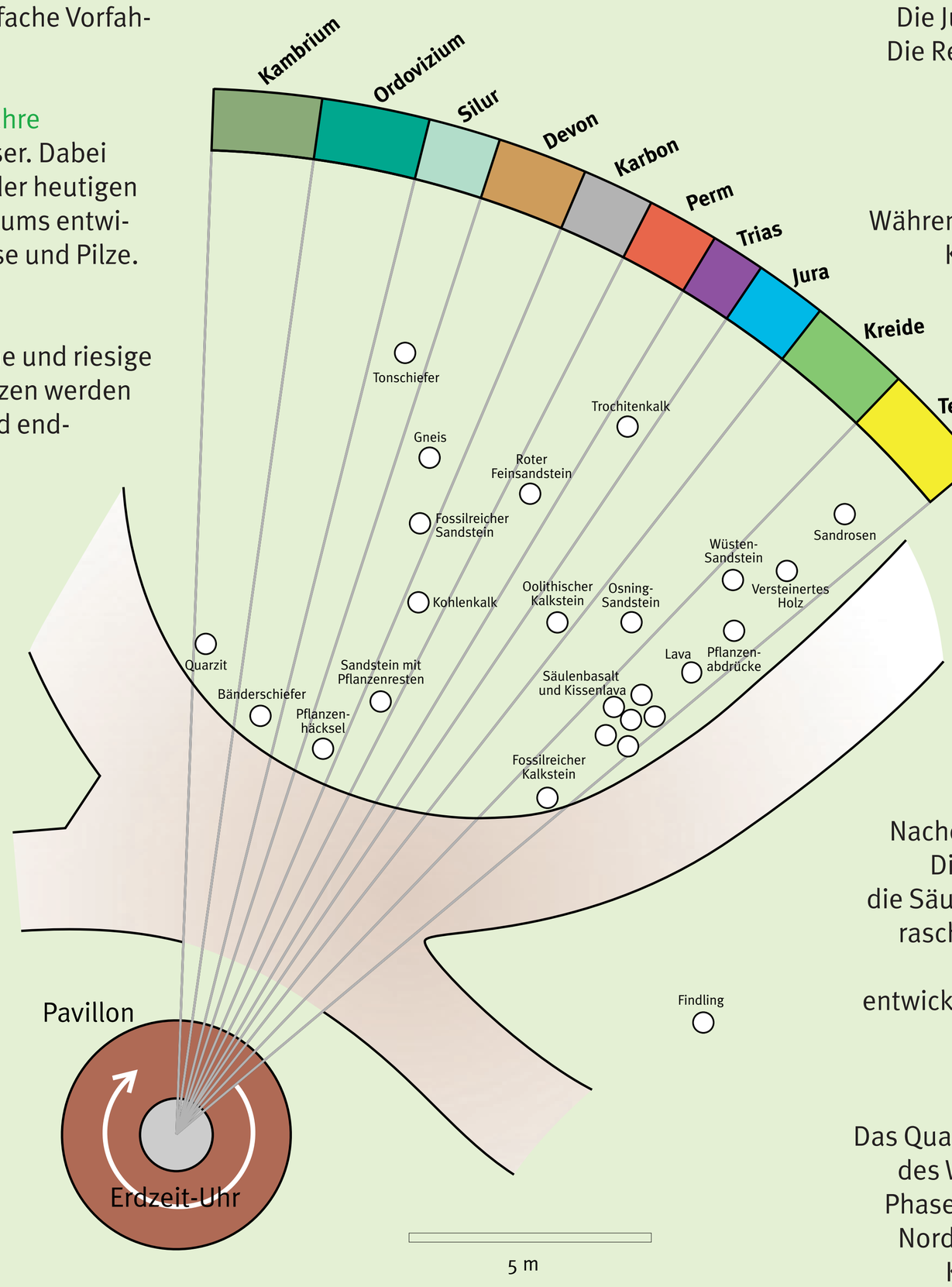
Ordovizium 485 – 445 Millionen Jahre
Leben gibt es zunächst nur im Wasser. Dabei dominieren Kopffüßer, Verwandte der heutigen Tintenfische. Am Ende des Ordoviziums entwickeln sich erste sehr einfache Moose und Pilze.

Silur 445 – 420 Millionen Jahre
Im Meer entwickeln sich erste Fische und riesige Gliederfüßer (Seeskorpione). Pflanzen werden komplexer und fassen auf dem Land endgültig Fuß.

Devon 420 – 360 Millionen Jahre
Pflanzen breiten sich weiter auf dem Land aus, im Meer werden Fische die dominierende Tiergruppe. Die ersten Wirbeltiere beginnen, sich an ein Leben auf dem Land anzupassen: Die ersten Amphibien entstehen.

Karbon 360 – 300 Millionen Jahre
Im Karbon wachsen in Mitteleuropa riesige Sumpfwälder. Das Holz der Bäume wird durch überlagernde Gesteinsschichten zu Kohle gepresst, die jahrhundertelang einen wichtigen Wirtschaftsfaktor darstellt. Erste Reptilien entwickeln sich.

Perm 300 – 252 Millionen Jahre
Das Perm ist geprägt von trocken-heißen Bedingungen. Im frühen Perm erstreckt sich in Deutschland ein Randmeer, das immer wieder verdampft und große Salzlagerstätten hinterlässt. Darüber lagern sich im späten Perm mächtige Festlandsedimente und Vulkanaschen ab.



Das Mesozoikum (Erdmittelalter) 22:35 Uhr bis 23:40 Uhr

Trias 252 – 200 Millionen Jahre
An der Wende vom Perm zur Trias findet das größte Massenaussterbeereignis des Phanerozoikums statt. Zwischen 70 und 90 Prozent aller Lebewesen werden dabei vernichtet. Die Ursache für das Massensterben sind gewaltige Vulkanausbrüche im heutigen Sibirien, die mehrere Millionen Jahre anhalten. Im Laufe der Trias bringt die Evolution aus den Überlebenden neue Tiergruppen hervor. Das Zeitalter der Dinosaurier beginnt.

Jura 200 – 145 Millionen Jahre
Die Jurazeit ist die Zeit der großen Reptilien. Die Region um Bielefeld liegt zeitweise unter Wasser und riesige Fischsaurier jagen in den Meeren.

Kreide 145 – 66 Millionen Jahre
Während des gesamten Erdmittelalters ist das Klima auf der Erde erheblich wärmer als heute. In der Kreidezeit sind sowohl Nord- als auch Südpol vollständig eisfrei. Dies ist einer der Gründe dafür, dass der Meeresspiegel zu dieser Zeit bis zu 300 Meter höher liegt als heute. Der starke Anstieg des Meeresspiegels in der Kreidezeit lässt sich direkt in den Sedimentgesteinen des Teutoburger Waldes erkennen.

Das Känozoikum (Erdneuzeit) 23:40 Uhr bis 24:00 Uhr

Tertiär 66 – 2,5 Millionen Jahre
Nachdem am Ende der Kreidezeit die großen Dinosaurier ausgestorben sind, beenden die Säugetiere ihr Schattendasein und steigen rasch zur beherrschenden Wirbeltiergruppe der Erde auf. Moderne Blütenpflanzen entwickeln sich im Laufe des Tertiärs endgültig zur dominierenden Pflanzengruppe.

Quartär 2,5 Millionen Jahre bis heute
Das Quartär ist durch eine deutliche Abkühlung des Weltklimas charakterisiert. In mehreren Phasen breiten sich große Eismassen auf der Nordhalbkugel aus, die einige Male bis zum Kamm des Teutoburger Waldes reichen.