

**Heinz Haber**

Warum haben Pflanzen und Tiere das Land erst vor rund 400 Millionen Jahren als Lebensraum entdeckt und erobert, wo es doch damals im Meer von hochentwickelten Lebensformen aller Art nur so wimmelte? Eine Antwort liefert die Hypothese von der Erdexpansion: Es gab vorher überhaupt noch kein Land.

Bevor das Leben  
das Land eroberte: **DIE**  
**PANTHALASSISCHE**  
**ERDE**

## Die panthalassische Erde

**D**ie Spekulation war schon immer ein wichtiger Teil der Wissenschaft und des Fortschrittes der Erkenntnis. Die antiken Wissenschaftler haben eigentlich nur spekuliert, da sie als Astronomen, Physiker und Geographen nur selten bündige Beweise führen konnten – wie sie das von ihrer Mathematik her kannten. Trotzdem gelang es den Großen unter ihnen – Demokrit, Aristoteles, Aristarch und Eratosthenes –, auch ohne Kenntnis der Gravitation, der Struktur der Materie und des Energiesatzes, tiefe Einblicke in das Wesen der Naturvorgänge zu gewinnen.

Auch zu Beginn unserer modernen Wissenschaft in der Spätrenaissance wurde noch viel spekuliert, wie die Werke von Kopernikus, Galilei, Kepler und Newton zeigen.

Da es im Wesen einer wissenschaftlichen Spekulation liegt, daß man ihre Stichhaltigkeit nicht streng beweisen kann, haben sich diese Wissenschaftler der damaligen Zeit aber auch großartig miteinander gestritten. An Themen, über die man sich damals noch mangels Beweisen heftig zanken konnte, hat es auch nicht gefehlt: die Geographie der Erde, der Aufbau des Planetensystems, die gesamte Alchemie, die Natur des

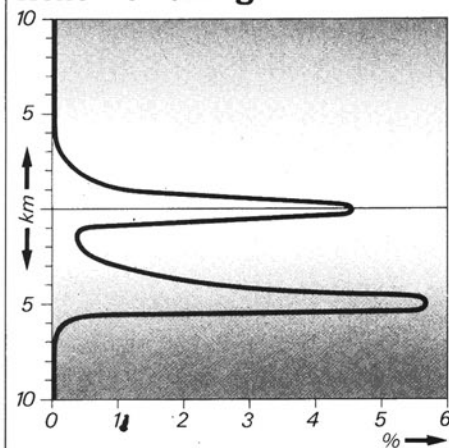
**Verteilung der prozentualen Häufigkeit, mit der die verschiedenen Niveaus auf unserer Erde auftreten; auffallend sind zwei Maxima – das Meeresniveau und die Tiefe von 5000 m unter dem Meer –, die sich nur mit der Expansions- theorie befriedigend erklären lassen.**

Verbrennungsvorganges, die geologischen Zeitmaßstäbe und viele andere.

In der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts schließlich hat man die Naturerscheinungen in den Griff bekommen. In diesen Zeitraum fallen die stürmische Entwicklung der Chemie, die Erkenntnisse über das Wesen des Elektromagnetismus, die Evolutionsideen Darwins, große Fortschritte in der Geologie und Astronomie und vor allem die Entwicklung der theoretischen Physik zu dem rigorosesten Zweig der Naturwissenschaften überhaupt. In jene Zeit fällt auch die Anwendung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse in der Form der Technik.

Im gleichen Maß, wie Hypothesen zu streng beweisbaren Theorien heranreifen und sich in der Praxis vielfältig bewährten, kam die wissenschaftliche Spekulation in den Augen der Fachwis-

### Höhenverteilung auf der Erde

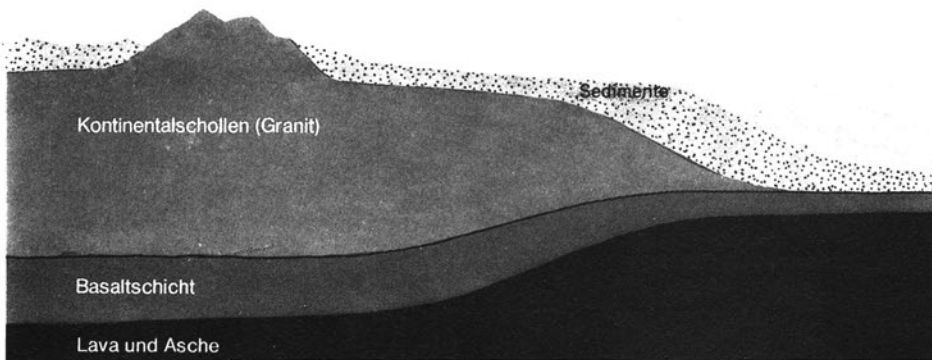


Verteilung der prozentualen Häufigkeit, mit der die verschiedenen Niveaus auf unserer Erde auftreten; auffallend sind zwei deutliche Maxima: das Meeresniveau und die Tiefe von 5000 m unter dem Meer. Sie lassen sich nur mit der Expansionstheorie befriedigend erklären.

senschaftler immer mehr in Verruf. Jeder nicht streng beweisbare Gedanke und jede aus dem Rahmen des damaligen Wissens herausfallende Vorstellung waren als „unwissenschaftlich“ suspekt.

Ein überaus strenger Kodex, wie man wissenschaftlich zu denken und zu forschen hätte, wurde zum ungeschriebenen Gesetz. Erst als die Relativitäts-

## Die panthalassische Erde



**Schematischer Querschnitt durch die oberste Schicht der Erde – die Kruste. Die aus Granit bestehenden leichteren Kontinentalschollen „schwimmen“ wie Schiffe mit einem entsprechenden Tiefgang in dem schweren plastischen Material des oberen Erdmantels. Unter dem Meeresboden ist die schwerere Basaltschicht am dünnsten. Feine Ablagerungen (Sedimente) bilden den Meeresboden und erzeugten auch die von einer Flachsee bedeckten kontinentalen Schelfe.**

theorie und die Quantenmechanik Anfang dieses Jahrhunderts die Fundamente der klassischen Wissenschaft in ein völlig neues Licht rückten, wagte man es wieder, zu spekulieren.

Während der letzten 30 Jahre schließlich ist die wissenschaftliche Spekulation wieder richtig Mode geworden. Es gibt eine ganze Reihe von Pionieren auf dem Gebiet dieser wissenschaftlichen Denkweise. Unter ihnen die Amerikaner Isaac Asimov, Carl Sagan, Harold Urey und George Gamow, der Schwede Hannes Alfvén, der Engländer

Fred Hoyle und der Deutsche Pascual Jordan; sie haben sich mit ihren Ideen auch in wissenschaftliche Literatur vorgewagt, obwohl so etwas auch heute noch ein wenig verpönt ist.

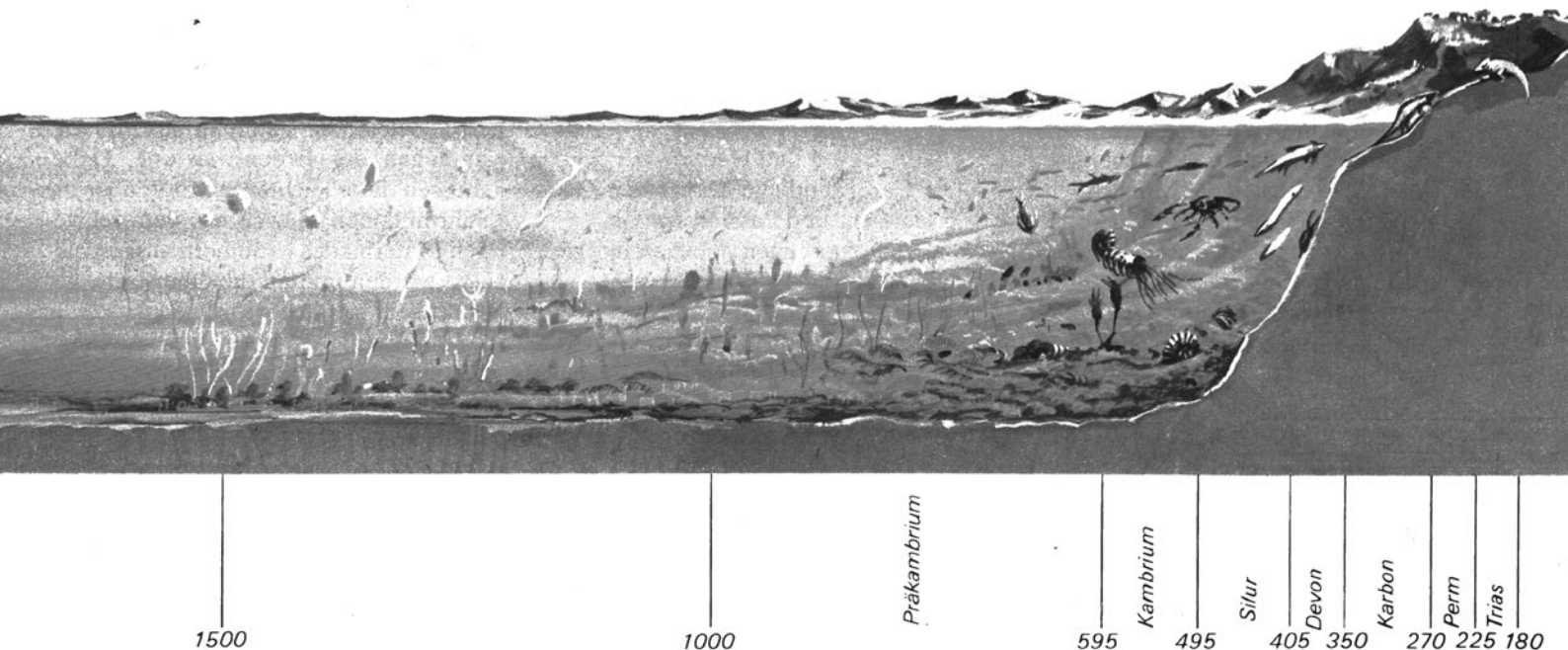
Umgekehrt sind die Produkte aus den Federn dieser spekulierenden Wissenschaftler aber auch immer überaus spannend und phantasieanregend. Mit unbewiesenen, ja sogar unbeweisbaren Hypothesen wagte man sich an die Deutung fundamentaler Probleme, so wie etwa die Grenzen und Entwicklungsgeschichte des Universums, die Entste-

hung des Planetensystems und damit auch der Erde, die kosmische Existenz der Antimaterie, das Leben auf fremden Planeten und der Ursprung des Lebens überhaupt.

Diese Hypothesen hängen vielleicht nicht so sehr in der Luft, wie man zu glauben geneigt ist. Teilweise sind sie experimentell nachvollziehbar oder auch mit den verlässlichen Mitteln der theoretischen Physik zu untermauern. Um zu betonen, daß es sich hier nur um mehr oder weniger grobe Abbilder der Wirklichkeit handelt, spricht man bescheiden von „Modellen“.

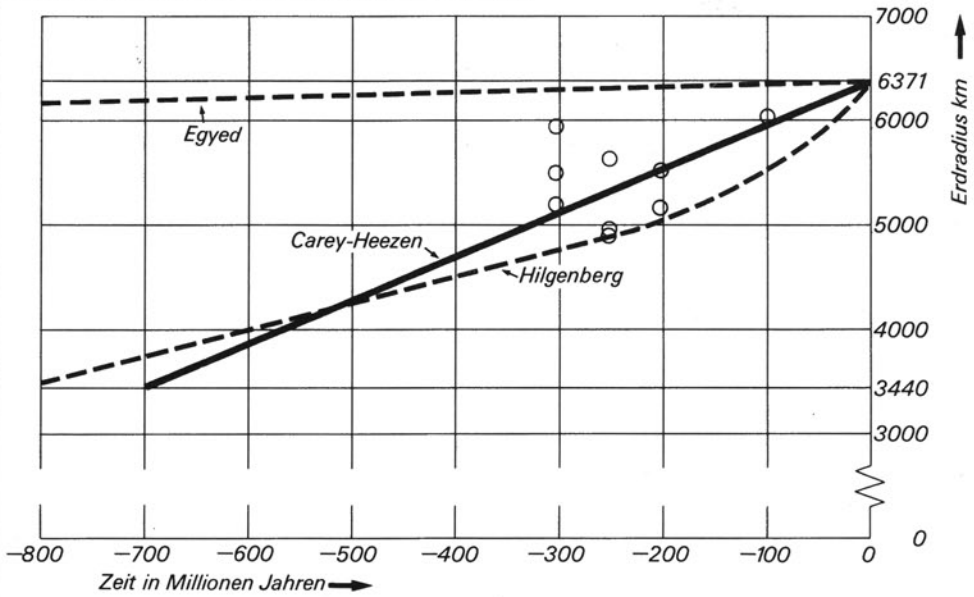
Ein klassisches Beispiel für die moderne wissenschaftliche Spekulation

## Die zeitliche Entwicklung des Lebens nach den klassischen Vorstellungen der Paläontologie





Der Erdradius als Funktion der Zeit



Wachstumsrate des Erdradius während der letzten 700 bis 800 Millionen Jahre nach Vorstellungen verschiedener Autoren. Bei einem Radius von 3440 km war die Erdoberfläche so klein, daß die Gesamtfläche der Kontinentalschollen sie vollständig überdecken konnte. Der Wachstumsrate

von 4,2 mm pro Jahr nach S.W. Carey und B.C. Heezen – auch für die Rechnungen hier benutzt – wird heute der höchste Wahrheitsgrad zugebilligt. O = Einzelbestimmungen zeigen die noch bestehenden Unsicherheiten (nach P. Jordan: The expanding Earth).

war der Beginn der Weltraummedizin im Jahre 1947: Da die Eroberung des Weltalls durch den Menschen damals schon vor der Tür stand, mußte man sich mit der Frage beschäftigen, ob der Mensch überhaupt „raumtüchtig“ sei. Da konnte man spekulieren, und deshalb mußten die Pioniere der Weltraummedizin von ihren auf den verlässlichen Boden der Tatsachen verbliebenen Kollegen manche Rüge einstecken. Da man die Weltraumbedingungen im Laboratorium nur angenähert simulieren konnte, mußten bemannte Raumschiffe und Mondanzüge auf „Spekulation“ gebaut werden und funktionieren.

Eine der aufregendsten Spekulationen der letzten Jahrzehnte ist die Hypothese von der Expansion der Erde während der geologischen Zeiträume. Diese Hypothese geht zurück auf eine Erkenntnis des englischen Nobelpreisträgers Dirac in den dreißiger Jahren.

Dirac fand, daß die Gleichungen der Relativitätstheorie die Möglichkeit zulassen, daß sich die Gravitationskonstante – das heißt, das Maß für die Anziehungskraft zwischen den einzelnen Teilchen der Materie im Weltall – seit Beginn des Universums langsam vermindert.

Diese Abnahme ist zwar außerordentlich klein. Ist man jedoch gewillt, Dirac zuzustimmen, so ergibt sich dar-

aus für die Entwicklungsgeschichte des Universums – vor allem aber auch der Erde – eine Fülle von überaus interessanten und völlig neuen Konsequenzen.

Wenn sich nämlich die Anziehungskraft der Materie während geologischer Zeiträume merklich verringert hat, dann muß der Erdkörper sich durch die langsam fortschreitende Entlastung mit der Elastizität seines Materials ebenso langsam ausgedehnt haben.

**Erd-Expansion und geologische Entwicklung**

Vielfach war diese Entlastung auch der Anstoß zu Phasenänderungen der Stoffe im Erdinneren, die mit erheblichen Volumenvergrößerungen verbunden sein konnten. Eine Reihe von phantasievollen Forschern hat daraus die Konsequenzen für die geologische Entwicklung unseres Planeten gezogen, darunter vor allem die Amerikaner Dicke, Egyed und Heezen, der Australier Carey und die Deutschen Ott C. Hilgenberg und Pascual Jordan.

Die Folgerungen aus diesen Überlegungen für die geologische Vergangenheit unserer Erde allerdings sind so einschneidend, daß nur wenige Fachwissenschaftler der klassischen Geologie sich mit dieser Spekulation befreunden konnten. Diese Folgerungen betreffen nämlich viele liebgewordene Vorstel-

lungen. Insbesondere Jordan hat sich während der letzten 20 Jahre in zahlreichen Artikeln und mehreren Büchern sehr eingehend mit der Expansion der Erde beschäftigt (siehe den Artikel von Pascual Jordan in diesem Heft).

Die Expansion der Erde ist als Hypothese schon deswegen überaus bemerkenswert, weil sie zwei morphologische Erscheinungen unseres Planeten verstehen läßt. Von der klassischen Geologie wurden diese beiden Erscheinungen als gegeben hingenommen, und man hat überhaupt nicht die Frage nach ihrem Ursprung gestellt, obwohl sie tief in der Entwicklungsgeschichte unserer Erde verankert sein müssen.

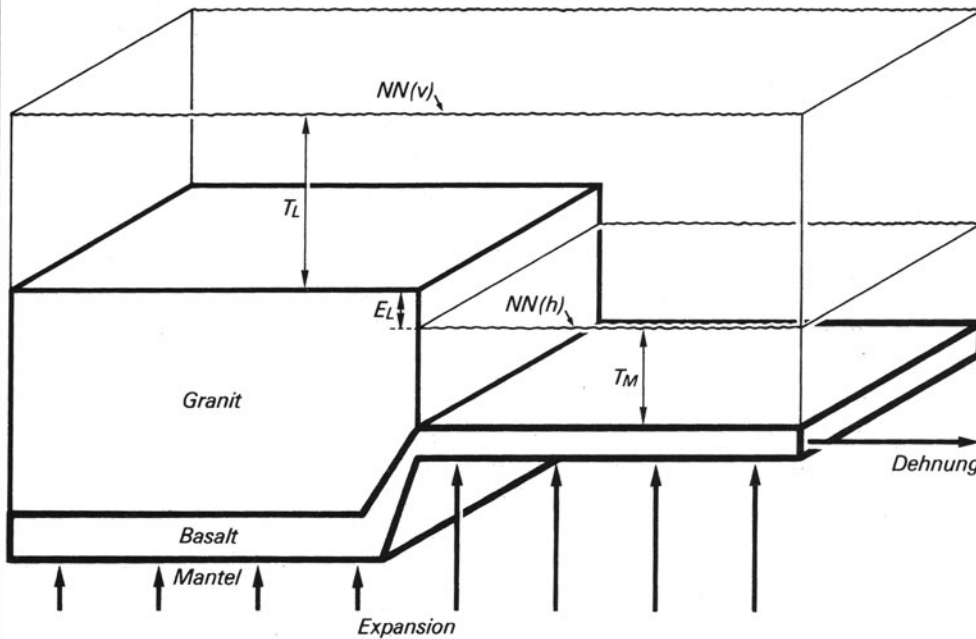
Es handelt sich dabei einmal um eine sehr ausgefallene Verteilung der verschiedenen Höhenniveaus der Erdkruste (auf die Alfred Wegener als erster hingewiesen hat), und zum anderen um die Tatsache, daß die großen Kontinentalblöcke, die sich in ihrem strukturellen und chemischen Aufbau deutlich von den Meeresböden unterscheiden, nur 29% der Erdoberfläche bedecken. Es gibt keine geologischen Kräfte – wie etwa Gebirgsbildungen, Vulkanismus, Sedimentation oder langfristiges Aufsteigen und Absinken verschiedener Teile der Erdkruste –, welche diese auffallende Morphologie zustande gebracht haben könnten.

Umgekehrt hat die Hypothese von der Expansion der Erde die von uns heute vorgefundene Grundstruktur der Erdkruste als eine notwendige Konsequenz. Beginnen wir mit der Verteilung von Wasser und Land im Verhältnis von 71% zu 29%.

Unser heutiges Land besteht aus den überaus stabilen, recht dicken Kontinentalblöcken, die, in der Hauptsache aus leichteren Graniten bestehend, in dem plastischen Material des Erdmantels gewissermaßen schwimmen. Diese Kontinentalblöcke sind so alt wie die Erde selbst; sie stammen aus den Ur Anfängen der Erdentwicklung. Dabei müssen diese leichteren Stoffe über die Jahrmillionen hinweg aus dem schweren Material des Erdinneren ausgeschieden worden und an die Oberfläche gelangt sein, ähnlich wie die Schlacken in einem Hochofen oder die Fettschicht auf einer erkalteten Brühe.

Die klassische Geologie hat sich eigentlich nie so richtig darüber gewundert, weshalb diese Schlacke nur 29%

Ozeanbecken und Kontinente im Kastenmodell



Schematisierte Darstellung der Ozeanbecken und der Kontinentalschollen mit verschiedenen Niveaus des Meeresspiegels. Bezeichnungen: NN(h) = heutige Höhe des Meeresspiegels, Normal Null;  $T_M$  = heutige Meerestiefe;

$E_L$  = heutige mittlere Erhebung der Kontinente über NN(h), 825 m; NN(v) = Höhe des Meeresspiegels zu einem Zeitpunkt der Vergangenheit;  $T_L$  = mittlere Überschwemmungstiefe der Kontinente.

der Erdoberfläche bedeckt, während die restlichen 71% aus den wesentlich dünneren Böden der Ozeane bestehen. Von diesem leichteren Kontinentalmaterial war eben nicht mehr vorhanden – so sagte man –, und es reichte nur zu einer Bedeckung der Erdoberfläche von knapp 30%. Das ist eine unschöne Situation, und man fragt sich, weshalb diese Schlacke dann eben mit einer etwas geringeren Mächtigkeit nicht die ganze Erde eingehüllt hat.

Es ist nun sehr verlockend, anzunehmen, daß der Durchmesser der Erde in jener grauen Vorzeit der Erdgeschichte etwa halb so groß wie heute gewesen sei, so daß die heutigen Kontinente sie allseitig bedecken konnten.

**Eroberung des Landes in erstaunlich kurzer Zeit**

Mit der langsam fortschreitenden Expansion der Erde ist dieser globale Urkontinent dann an verschiedenen Stellen auseinandergebrochen; die Teile trieben auseinander, und die Meeresböden wurden langsam gestreckt und dabei – wie ein Strudelteig unter den Fingern einer Hausfrau – immer dünner. Schließlich entstand die Morphologie der heutigen Erde mit den Kontinenten, welche nur mehr 29% der Erdoberfläche umfassen. Gleichzeitig ist auch die

typische Höhenverteilung der Erdkruste entstanden.

Aus dieser Vorstellung allerdings folgt unweigerlich, daß die Kontinentalschollen wesentlich älter sein müssen als die Böden der Ozeane. Das ist auch wirklich der Fall: Die jüngsten Altersbestimmungen haben ergeben, daß die Böden der Ozeane zehn- bis zwanzigmal jünger sind als die Kontinentalblöcke. Mit den Entwicklungsvorstellungen der klassischen Geologie tut man sich recht schwer, diese Tatsachen zu deuten.

Es soll hier nicht näher darauf eingegangen werden, mit welchem Scharfsinn Pascual Jordan mit seinem umfassenden Wissen die Hypothese von der Expansion der Erde so untermauert hat, daß man sie bei jedem Entwurf über die Vergangenheit unserer Erde nicht mehr fortlassen kann.

Im folgenden soll gezeigt werden, daß auch eine auffallende Erscheinung in der Entwicklungsgeschichte des irdischen Lebens durch die Hypothese von der Expansion der Erde eine überraschend einleuchtende Deutung erfahren kann. Es dreht sich um die Eroberung des Landes durch die Flora und Fauna, die sich während der erstaunlich kurzen Zeit von knapp 50 Millionen Jahren an der Wende der geologischen

Epochen Silur und Devon, vor etwa 400 Millionen Jahren, ereignet hat.

Dieser Eroberung des Landes durch das Leben ging eine Entwicklung von pflanzlichen und tierischen Lebensformen voraus, die mehr als zwei Milliarden Jahre gedauert hat. Nach der Eroberung des Landes durch das Leben hat es sich dort explosionsartig entwickelt und kam dann bereits in der Steinkohlenzeit (Karbon) zur Hochblüte. Diese Tatsache ist in der Paläontologie schon seit langem bekannt; es scheint jedoch, daß man sich darüber nie so richtig wunderte, ebenso wie man in der Geologie die Morphologie der Erdkruste ohne Folgen hinnahm.

Wenn man die Expansion der Erde akzeptiert, läßt sich jedoch zeigen, daß das Land einfach deshalb erst vor etwa 400 Millionen Jahren vom Leben erobert werden konnte, weil es davor überhaupt kein Land gab.

Läßt man den Film der Erdgeschichte rückwärts laufen, dann hat man eine schrumpfende Erde vor sich. Ihre Oberfläche wird kleiner, das Weltmeer beginnt „überzulaufen“, und irgendwann einmal muß die ganze Erde von Pol zu Pol mit Wasser bedeckt gewesen sein: Nun haben wir die „Allmeer-Erde“ vor uns, die hier als „panthalassische“ Erde bezeichnet werden soll.

**4 mm pro Jahr**

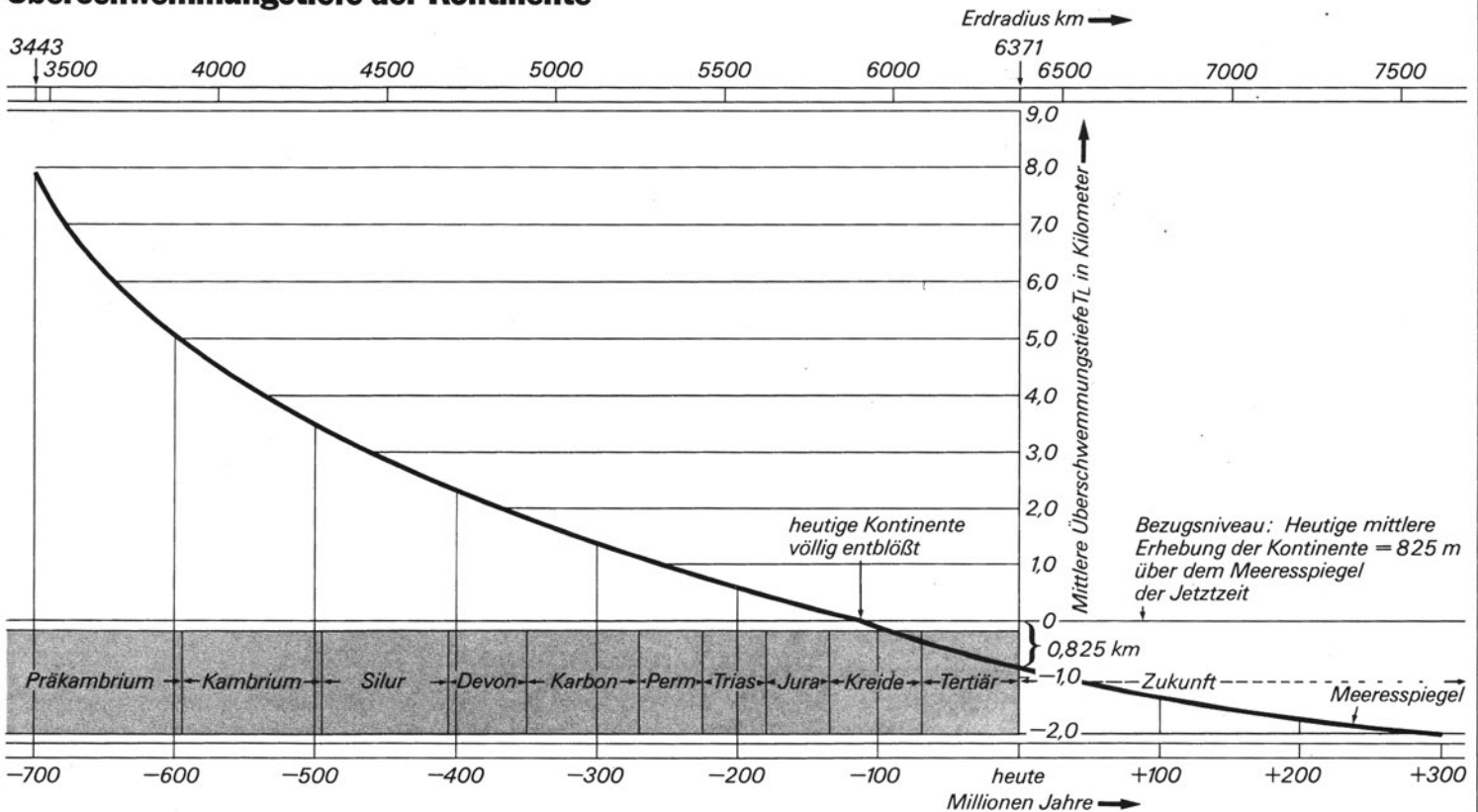
Um diese Vorstellung in einen zeitlichen Maßstab hineinzubringen, benötigen wir freilich zwei wichtige Angaben. Zunächst einmal müssen wir die Expansionsrate der Erde während der geologischen Zeitläufe kennen. Es ist hier nicht der Platz, eine Begründung für dieses Maß zu geben – hierzu sei der Leser auf die einschlägige Literatur, vor allem von Pascual Jordan, verwiesen.

Den folgenden Rechnungen liegt die Annahme von Carey und Heezen zu Grunde, daß sich der Erdradius pro Jahr um etwa 4 mm vergrößert. Das ergibt einen Betrag von etwa 400 km alle hundert Millionen Jahre.

Sodann müssen wir wissen, ob die Masse des Wassers aller Weltmeere während der letzten rund eine Milliarde Jahre gleich geblieben ist. Über den Ursprung des Meeres gibt es eine Reihe von Hypothesen, von denen der Vulkanismus als Quelle des Meerwassers am verlockendsten ist. Diese Überlegungen führen zu dem Schluß, daß die Masse

# Die panthalassische Erde

## Überschwemmungstiefe der Kontinente



Abnahme des Niveaus des Meeresspiegels (fett durchgezogene Kurve) und der mittleren Überschwemmungstiefe  $T_L$  in km (waagrechte Niveau-linien) während der geologischen Epochen.

Waagrechte Skalen: Zeit in Millionen Jahren; Erdradius in km. Vor rund 110 Millionen Jahren waren die Kontinente völlig entblößt; heute ragen sie mit ihrer mittleren Erhebung von 825 m über

den jetzigen Meeresspiegel heraus; etwa 300 Millionen Jahre später wird die mittlere Erhebung der Kontinente 2000 m über dem Meeresspiegel betragen.

des Weltmeeres alle 100 Millionen Jahre um etwa 2,5% zunimmt.

Diese beiden Angaben reichen aus, um die Höhe des Meeresspiegels und seine Änderung während der geologischen Epochen zu berechnen. Es dreht sich dabei um erhebliche Veränderungen, bei denen die säkulären Schwankungen in der Höhe des Meeresspiegels – verursacht etwa durch das Abschmelzen oder die Bildung eiszeitlichen Eises und durch geringfügige Anhebungen und Senkungen der Kontinentalschollen – unberücksichtigt bleiben.

Bevor wir jedoch zu den Ergebnissen solcher Rechnungen kommen, soll aus der Wegenerschen Kurve der Höhenverteilung ein vereinfachtes Kastenmodell hergestellt werden, bei dem die mittlere Tiefe der Ozeantröge gegen die mittlere Erhebung der Kontinente über den heutigen Meeresspiegel schematisch abgesetzt ist. Sodann wollen wir unter der Größe der Ozeane jene Flächen verstehen, welche die Ozeantröge umfassen; unter Kontinenten verstehen wir die Fläche der Kontinentalschollen einschließlich der vorgelagerten Schelfe, wie wir sie heute beobachten.

Diese Flächenaufteilung würde auch bestehen, wenn die Erde überhaupt kein Wasser hätte, da sie allein durch die Morphologie der Erdkruste bestimmt ist. Dagegen verstehen wir unter der jeweiligen Größe des „Meeres“ die vom Wasser bedeckten Teile der Erdoberfläche, und unter „Land“ die aus dem Wasser herausragenden Teile der Kontinentalschollen. Auch benötigen wir zur Berechnung eine Reihe von geologischen und geographischen Meßdaten, die in der Tabelle rechts zusammengestellt sind.

Unter diesen Voraussetzungen kann man eine einfache mathematische Formel zusammenstellen, welche die Höhe des Meeresspiegels über den Kontinentalschollen während der geologischen Epochen berechnen läßt. Dabei ist der Einfachheit halber angenommen, daß die Kontinentalschollen, wenn man sie kastenförmig einebnet, eine Mächtigkeit von durchschnittlich 825 m über dem heutigen Meeresspiegel aufweisen. Die Grafik oben gibt nun die mittlere Wasserhöhe über diesen simulierten Kontinentalschollen während der Vergangenheit wieder.

|                                                  |                                                            |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Radius der flächengleichen Erdkugel              | $6,371 \cdot 10^3$ km                                      |
| Oberfläche der Erde                              | $5,101 \cdot 10^8$ km <sup>2</sup>                         |
| Fläche des Weltmeeres                            | $3,612 \cdot 10^8$ km <sup>2</sup>                         |
| Fläche des Landes                                | $1,489 \cdot 10^8$ km <sup>2</sup>                         |
| Verhältnis Meer : Land                           | 70,81 : 29,19%                                             |
| Mittlere Meerestiefe                             | 3,795 km                                                   |
| Mittlere Erhebung der Kontinente über NN         | 825 m                                                      |
| Volumen des Meerwassers                          | $1,370 \cdot 10^9$ km <sup>3</sup>                         |
| Volumen des heute entblößten Landes              | $1,229 \cdot 10^8$ km <sup>3</sup>                         |
| Expansion des Erdradius                          | 420 km/10 <sup>8</sup> Jahre                               |
| Zunahme des Meerwasser-Volumens                  | $3,4 \cdot 10^7$ km <sup>3</sup> pro 10 <sup>8</sup> Jahre |
| Radius der Erde mit kontinentgleicher Oberfläche | $3,443 \cdot 10^3$ km                                      |
| Mittlere Meerestiefe der panthalassischen Erde   | 7,6 km                                                     |

Diese grob vereinfachte Darstellung gibt uns freilich noch keinen Hinweis dafür, wann das Land von dem fallenden Meeresspiegel langsam entblößt wurde, sich immer mehr ausgebreitet und sich dem Leben als Wohnstätte



## Die panthalassische Erde

angeboten hat. Dazu müssen wir die Kurve noch mit einer mutmaßlichen Höhenverteilung der Kontinente, welche Tiefen, Mittelgebirge, Hochebenen und Hochgebirge in etwa angibt, verknüpfen.

Leider gibt es über die durchschnittliche Höhenverteilung der Kontinente während der geologischen Epochen keine sehr sicheren Angaben. Wir wissen lediglich, daß sich während der letzten eineinhalb Milliarden Jahre eine ganze Reihe von Gebirgsbildungen ereignet hat, unterbrochen von langen Perioden, in denen die Kontinente wesentlich flacher waren.

Obwohl wir Gründe zu der Annahme haben, daß die heute von uns meßbare Höhenverteilung ziemlich extrem ist, werden wir sie für die folgenden Rechnungen benutzen. Denn wir wollen jetzt zu den wichtigen Resultaten kommen, wie sich die Landfläche, mit dem panthalassischen Zustand beginnend, bis zum heutigen Zustand vergrößert hat.

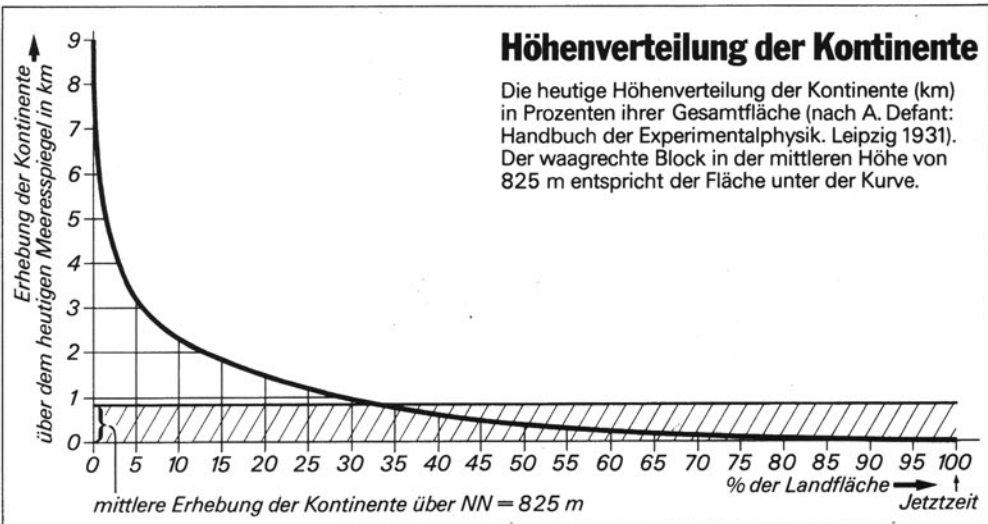
### Stürmische Verbreitung des Lebens im Devon

Glücklicherweise umfassen die Flächen der Erhebungen über 3000 m nur etwa 13,5%. Daher haben selbst stärkere Schwankungen in der geologischen Höhenverteilung im Laufe der Entwicklung der Kontinente einen relativ kleinen Einfluß auf die Fläche des entblößten Landes.

Das für unsere Hypothese entscheidende Resultat zeigt die Grafik rechts, welche die Prozentsätze des jeweils entblößten Landes während der geologischen Epochen zeigt. Denn aus der Kurve kann man ablesen, daß just vor rund 400 Millionen Jahren, als das Leben das Land eroberte, zum ersten Mal namhafte Teile des Landes – nämlich zwischen 10 und 20% – aus dem Meer auftauchten.

Die Landfläche nahm damals schon relativ schnell zu, so daß das Leben von dieser ihr erstmalig angebotenen Umwelt innerhalb erstaunlich kurzer Zeit Besitz ergriff. Mit dem weiteren Anwachsen des Landes verbreitete sich das Landleben stürmisch von der Mitte des Devons und von der Steinkohlenzeit bis zum heutigen Tag.

Bevor wir die einschneidenden Änderungen in der Entwicklung des Lebens vor und nach diesem kritischen Zeitpunkt, als das Land auftauchte, be-



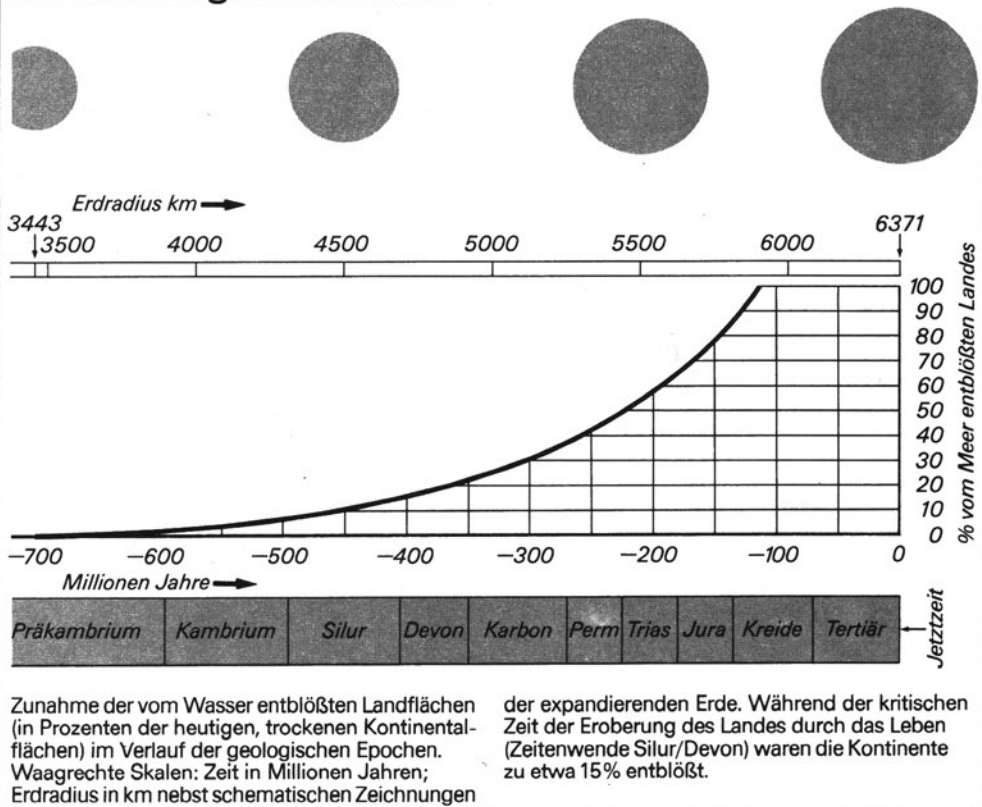
trachten, müssen wir uns noch etwas mit der Geologie des Kambriums und des Präkambriums befassen. Diese ganze geologische Entwicklung müßte nämlich nach den dargelegten Vorstellungen untermeerisch abgelaufen sein.

Bei der Veränderung des Profils der untermeerischen Kontinente der panthalassischen Erde gab es natürlich nicht die klassischen Kräfte der Verwitterung, Regen, Wind, reißendes Wasser und Eis. Nun hat man sich allerdings die Struktur der heutigen unterseeischen Gebirge als sehr glatt und abgerundet vorgestellt, überhaupt nicht vergleichbar der überaus ziselierten Struktur un-

serer heutigen Hoch- und Mittelgebirge.

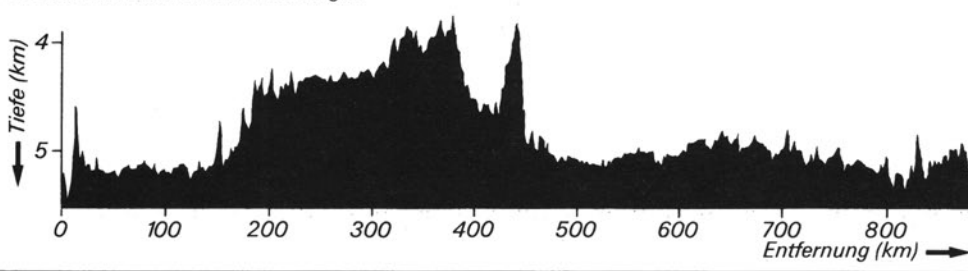
Erst in den letzten Jahren angestellte Feinuntersuchungen der unterseeischen Gebirge und vor allem der Kontinentalabbrüche in die Tiefsee haben auch dort sehr wilde Strukturen gezeigt. Man hat tief eingeschnittene Canyons und stellenweise fast senkrechte Abstürze entdeckt. Man vermutet, daß gewaltige Schlammlawinen im Laufe der Jahrtausende auch diese unterseeischen Gebirge zernagen und abtragen konnten. Auch hat man festgestellt, daß die präkambrischen Teile der Kontinente sehr arm an anorganischen Sedimenten sind,

### Das Land steigt aus dem Meer



### Der Mittelatlantische Gebirgsrücken

Querschnitt nach Echolot-Messungen



die ja von feinen Staubmassen, von Flüssen in das Meer hinausgetragen, stammen müßten.

Auch gibt es in den präkambrischen Schichten fast keine Sandsteine, da es damals ja nur wenig Sand gegeben haben kann. Sand entsteht in der Masse durch das Zerreiben von Steinen in der Brandung oder durch die Wirkung des Windes in Wüstengebieten. Man hat zwar typische Vereisungs-, „Rillen“ gefunden, erzeugt durch von Gletschern vorangetriebenes Geschiebe. Nun, auch schon im Präkambrium und Kambrium können kurzzeitig die höchsten Spitzen von Hochgebirgen aus dem Wasser herausgeragt haben, wo sich dann innerhalb von wenigen tausend Jahren kurzlebige Gletscher gebildet haben können.

Damit sind natürlich nicht alle Einwände gegen eine untermeerische präkambrische Geologie beiseitegeräumt. Diese Probleme bedürfen dringend noch der Erörterung.

Sehr viel einleuchtender dagegen ist die Entwicklung der Lebewesen vor und nach der Eroberung des Landes, die man mit „Darwinschen“ Augen betrachten muß. Es ist nämlich typisch für das Leben, daß eine stürmische Fortentwicklung einsetzt, sobald neue Umwelten zur Verfügung gestellt werden.

Während der panthalassischen Phase haben wir bereits eine sehr hohe Entwicklung der maritimen Flora und Fauna. Die ältesten Lebewesen, und zwar primitive Algen, gehen auf eine Zeit vor etwa 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Milliarden Jahren zurück. Bereits das präkambrische Meer wimmelte von zahlreichen Pflanzen- und Tierarten, da schon vor etwa einer Milliarde Jahre vielzellige Lebewesen auftraten.

Es gab damals schon Schwämme und Seerosen, Stachelhäuter und Würmer, Schnecken und Muscheln, Gliederfüßler wie die überaus artenreichen Trilo-

biten bis zu schon hochentwickelten Krebsen und Seeskorpionen. Sogar urtümliche Wirbeltiere entstanden in der damaligen Zeit, als das Land nach der klassischen Vorstellung noch völlig steril war.

Als es dann nach unserer Vorstellung auftauchte, wurde es auch sofort von den ersten Landpflanzen, von Algen abstammenden Gefäßpflanzen wie Bärlappgewächsen und Nachtfarnen, besiedelt. Die erste Landfauna folgte sehr schnell mit Insekten und den aus den Fischen sich entwickelnden Amphibien.

#### Anpassung an die neuen Lebensräume

Bestehend an diesen Überlegungen im Gegensatz zu den klassischen Vorstellungen ist, daß diese Landeroberung den heute als sicher erkannten Gesetzen der Darwinschen Entwicklung entspricht. Es erscheint nämlich als unwahrscheinlich, daß das Leben ein etwa schon zur Verfügung stehendes Land mehr als eine Milliarde Jahre nicht genutzt und als Lebensraum nicht schon längst erobert hätte. Nach der klassischen Vorstellung muß es doch immer schon durch die Brandung und durch abgeschnittene Meeresteile, durch Stromdeltas und Haffs eine enge Verbindung zwischen Land und Meer gegeben haben, so daß während der ganzen Zeit der Entwicklung des Lebens die Chance geboten war, das Land zu erobern.

Auch ist bezeichnend, daß trotz der reichen Salzwasserfauna und -flora keine Versteinerungen von Süßwasserarten aus dem Kambrium existieren.

Besonders interessant ist in diesem Zusammenhang die Entwicklung der riffbildenden Korallen, einer reichen Fauna von Flachwassertieren und der Fische, die erst im späten Silur einsetzte und zur schnellen Blüte heranreifte. Das ist nach unserer Vorstellung gerade

jene Epoche, in der namhafte Teile des Landes auftauchten.

Die riffbildenden Korallen zählen zu den Hohltieren, deren ältere Verwandte als Boden- und Runzelkorallen mehrere hundert Millionen Jahre älter sind. Die riffbildenden Korallen benötigen sehr flaches Wasser, da ihr hoher Sauerstoffbedarf nur durch eine dauernde kräftige Brandung gedeckt werden kann. Typische Flachwassertiere drangen damals in relativ kurzer Zeit in Brack- und Süßwasserbereiche vor.

Diese Tierarten und die Korallen konnten natürlich erst entstehen, als diese Lebensräume auftauchten, und nicht etwa schon einige hundert Millionen Jahre früher.

Auch für die Entwicklung der Fische als Wassertiere ist das Auftauchen des Landes von großem Einfluß gewesen. Grundsätzlich benötigten die Bewohner der panthalassischen Erde keine ausgeprägten Werkzeuge zur Fortbewegung im Wasser, da die Lebensverhältnisse ja überall dieselben waren und in der Ruhe des Meeres keine schnellen Wasserströmungen vorherrschten.

Deshalb waren alle diese alten Tiere entweder seßhaft wie die Schwämme, die Seerosen, die Muscheln und selbst die Trilobiten und die Armfüßler, oder sie ließen sich treiben wie das Plankton und die Quallen. Auch die urtümlichen Panzerfische waren recht träge Wesen.

Erst als mit dem aufsteigenden Land Flußdeltas entstanden, gab es in den Haffs und breiteren Flußmündungen stärkere Wasserströmungen. Nun mußten die Knochenfische ein biegsames Rückgrat entwickeln, um sich mit der damals erst gemachten Erfindung der Schlängelbewegung (mit Ausnahme der langsamen Würmer) mit diesen immer stärker werdenden neuartigen Wasserströmungen auseinandersetzen zu können. Es gibt sogar eine moderne Theorie der Abstammung der Fische, wonach diese erst in den Flüssen entstanden und die Ahnen der heutigen Salzwasserarten wieder ins Meer zurückgewandert sind.

Das vor etwa 400 Millionen Jahren zum ersten Mal mit größeren Flächen aufgetauchte Land hatte immerhin eine Höhe von 2500 m über dem heutigen Meeresspiegel. Man darf sich allerdings nicht vorstellen, daß das Klima damals etwa dem entsprochen hätte, wie es heute in rauhen Hochebenen herrscht.

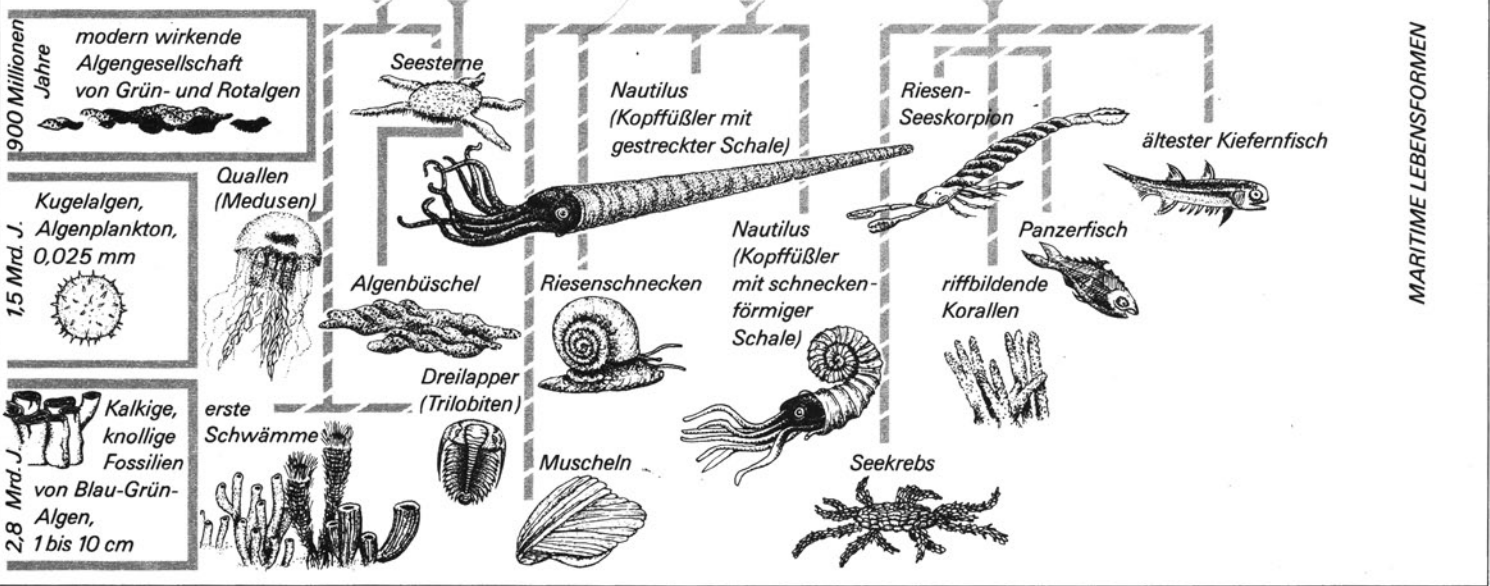
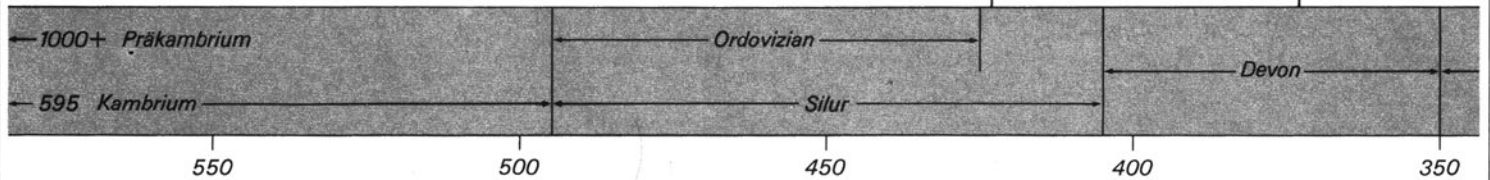
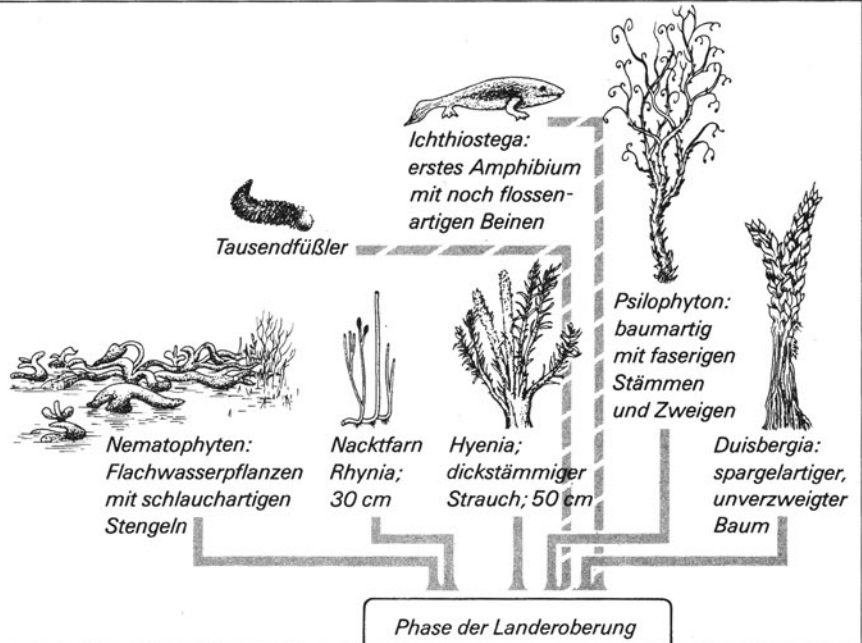


Das Leben geht an Land

FLORA  
FAUNA

Typische Formen der Flora und Fauna vor und kurz nach der Besiedlung des Landes durch das Leben um die Zeitenwende zwischen dem Silur und dem Devon. Die Paläontologie lehrt, daß die Eroberung in der erstaunlich kurzen Zeitspanne von etwa 50 Millionen Jahren erfolgte, nachdem das Leben im Meer fast fünfzigmal so lange bereits existiert und im Präkambrium und Kambrium, und dann besonders im unteren Silur (Ordovizian), eine sehr artenreiche Entwicklung erfahren hatte.

TERRESTRICHE LEBENSFORMEN



Die Grundfläche der gesamten Atmosphäre blieb ja stets die Summe aus Meeresoberfläche und entblößtem Land, und darüber lag die gesamte Masse der Atmosphäre. Da die Erdoberfläche damals und während der darauffolgenden Steinkohlenzeit etwa nur halb so groß war, war der Luftdruck auch fast doppelt so groß wie heute. Eine dichter gepackte Atmosphäre jedoch schützt die Erde besser vor Wärmeverlust, so daß während der Anfangszeit des Landlebens ein feucht-heißes Tropenklima geherrscht haben muß.

Die Überfülle des Pflanzenwachstums während der Steinkohlenzeit hat auch nach den klassischen Vorstellungen die Existenz eines solchen Klimas zur Voraussetzung. Nur hat man nach dieser Vorstellung aus dem Pflanzenreichtum auf eben ein solches Klima schließen müssen; jetzt hingegen können wir das Argument umkehren: Die Pflanzenfülle wurde durch das Tropenklima hervorgebracht, das ad hoc in den 150 Millionen Jahren nach dem Auftauchen des Landes wegen der damals noch viel dichteren Atmosphäre geherrscht haben muß.

Es ist hier nicht der Platz, die bestimmt überaus zahlreichen Einwände der Geologie und der Paläontologie auch nur annähernd zu verfolgen. Dieser Beitrag soll daher seinen Abschluß finden mit einem Gedanken, den auch Pascual Jordan an das Ende seines – in diesem Heft vorangestellten – Artikels gesetzt hat:

Auch wenn sich eine wissenschaftliche Spekulation dieser Art bestimmt noch nicht bündig beweisen läßt, so beschert sie mit den neuen Aspekten ihrer Ideen immerhin eine intellektuelle Befriedigung.