

A. M. Celâl Şengör
Warum wurde Suess zum Tektoniker?
Seine Stellung zum Uniformitarianismus-
Katastrophismus-Streit

Abstract

Eduard Suess' lifework embodies an endeavour to reconcile a Cuvierian world, in which organisms in large regions and in short time periods vanished during recurring global catastrophes, with a Lyellian world, in which there were neither great catastrophes nor global events. Suess believed that in a world with no global events it would have been impossible to explain why the subdivisions of the geological time-scale erected in Europe were usable everywhere else also. While working on the stratigraphy of the Vienna basin in his youth, he noticed that dislocation events had little influence on the life of the local fauna and flora, whereas sea-level changes profoundly influenced it. He thus came to think early in his career that it was the sea-level changes that had caused the main breaks in the geological time-table. While attempting a correlation of the Neogene deposits in the Vienna basin with those in southern Russia and the regions between the Caspian Sea and the Tien-Shan, he noticed that the Viennese deposits were traceable horizontally and in detail into their correlatives in the east. He reasoned that such long-distance persistence of marine beds with no obvious signs of deformation could only be possible if the underlying continent had been stationary, but the world-wide sea-level had fallen relative to it. Suess argued that no model of continental uplift could account for the presence of marine beds so intact as he thought he could document.

*If global sea-level change was responsible for the nature of global stratigraphy, what was responsible for global sea-level change? Suess became impressed with Constant Prévost's argument that oceanic subsidences must inevitably create regressions. He felt that if in a small region an oceanic subsidence took place because of the radial component of the contraction of the earth, this must enlarge the capacity of the ocean basins in the whole world and must result in universal regression. To pursue this line of thought, he started undertaking global tectonic and palaeogeographic studies in the later sixties of the 19th century. His two tectonic works, *Die Entstehung der Alpen* (1875; *The Origin of the Alps*) and *Das Antlitz der Erde* (1883–1909; *The Face of the Earth: English edition 1904–1924*), that inaugurated modern tectonic research, were written to combat the theory of primary vertical uplift of the lithosphere and to show that earth behaviour was dominated by thermal contraction that expressed itself in radial subsidence, form-*

ing ocean basins, cauldron subsidences and rift valleys and tangential shortening, giving rise to orogenic belts. Suess thus formulated a model that at once explained all aspects of the Earth-system.

Einführung: einige Hauptprobleme der Suess-Forschung

Bis zu unseren Zeiten ist es schwierig von einer systematischen Eduard Suess-Forschung zu reden. Die nicht zahlreichen Veröffentlichungen über ihn, sogar seine einzige Biographie, sind zumeist von Geologen geschrieben worden und der noch geringere Teil an Publikationen, der von Historikern stammt, betrifft hauptsächlich sein politisches Leben. Dieser bedauerliche Mangel an breiter Forschung über einen der größten Geologen aller Zeiten, eine der hervorragenden Persönlichkeiten in der Geschichte von Österreich und der Stadt Wien (Abb.1), hat verschiedene Gründe: Erstens hat Suess die meisten seiner Zeitgenossen (sogar einige seiner hervorragenden Schüler wie Mojsisovics, Bittner, Neumayr und Uhlig) überlebt und verstarb gerade zu einer Zeit, in der es in Österreich nicht zeitgemäß erschien, große Forschungsprojekte anzulegen: nur drei Monate nach seinem Hinscheiden begann der erste Weltkrieg und in vier Jahren zerstörte dieser nicht nur Österreich-Ungarn, sondern, wie Albert Einstein einmal sagte, die ganze europäische Gemeinde der Gelehrten. Die darauffolgende Zerstückelung Europas in feindliche Lager schwächte den Enthusiasmus, über solch große internationale und kosmopolitische Persönlichkeiten, wie es Suess gewesen war, monographisch zu arbeiten.



Abb. 1

Zweitens waren in der Nachkriegszeit die sozialen und ökonomischen Verhältnisse in den deutschsprachigen Ländern und besonders in Österreich kaum dazu geeignet (in Österreich herrschte sogar eine Hungernot), um älteren Gelehrten, wie die wenigen überlebenden Schüler von Suess es jetzt geworden waren, die nötige Muße und Bequemlichkeit zu gewähren.

Die jüngere Generation hatte kaum Zeit, sich von den schrecklichen Folgen des Ersten Weltkrieges zu erholen, bevor der Zweite Weltkrieg begann, der mit der beinahe völligen Zerstörung Europas endete. Nach dem Krieg lagen die deutschsprachigen Länder buchstäblich in Trümmern und es galt, die Heimat von neuem aufzubauen. Man hatte unter solchen Umständen für große biographische Studien wenig Möglichkeit oder Neigung.

Inzwischen hatte sich auch die Atmosphäre sowohl der geologischen als auch der historischen Forschung geändert. Geologie wurde immer mehr angloamerikanisch geprägt, ihre Sprache Englisch und fortschreitend wurde sie in engere Spezialdisziplinen geteilt. Die reiche alte deutschsprachige Literatur wurde kaum mehr gelesen (nicht einmal in deutschsprachigen Ländern) und viele dadurch in Vergessenheit geratene Begriffe mussten von neuem entdeckt werden, was einen großen Zeitverlust bedeutete. Geschichtsschreibung begann sich mehr und mehr für die Entwicklung der sozialen Zustände zu interessieren, meist gegossen in einzelne sog. »Mikro-Historien« der »gewöhnlichen Leute« oder sozialer Institutionen. Hat nicht Henry Wallace, der Vize-Präsident Franklin Delano Roosevelts, die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts als das »century of the common man« begrüßt? Große Männer der Aufklärungsmentalität und von liberalem Stand wie Suess, die weder hysterische Revolutionäre noch religiöse Fanatiker waren, bildeten einfach nicht länger interessante Studienobjekte für den sich langsam entfaltenden und zum großen Teil wissenschaftsfeindlichen Postmodernismus in der Folge der verhängnisvollen Ereignisse des Jahres 1968.

Für die wenigen Geologie-Historiker – sowohl Geologen als auch Historiker – die sich mit Suess befassen möchten, stellt Suess aber selbst ein weiteres Problem dar, nämlich seine fast unerfassliche Breite in der Geologie. Es ist jetzt kaum mehr möglich für einen Einzelnen, ihn in allen seinen Aspekten in der Geologie zu behandeln. Deswegen hat man ihn bisher nur in Teilen studieren können: Meistens als ›Suess der Tektoniker‹, weniger als ›Suess der Stadtgeologe‹ (hauptsächlich im Rahmen seiner Bemühungen um die erste Wiener Hochquellenwasserleitung; viel weniger im Rahmen der Donauregulierung) und am wenigsten als ›Suess der Paläontologe‹. ›Suess der Stratigraph‹ und ›Suess der Erdbebengeologe‹ wurden bisher nur in Spezialveröffentlichungen über diese Gegenstände als Teil historischer Einführungen behandelt. ›Suess dem Hochschullehrer‹, ›Suess dem Geomorphologen und dem Kulturgeografen‹ werden kaum mehr Beachtung geschenkt. Nur im Bereich der Stratigraphie muss man ab und zu ein wenig ausführlicher auf seine Veröffentlichungen eingehen auf Grund der Fragen der Priorität und der Begriffsprägung (z.B. im Falle des Sarmatiums).

Soweit ich weiß, hat bisher niemand Suess im Ganzen als Problematik eines Forschungsvorhabens behandelt. Was hatte ihn in der Geologie getrieben? Wie hatte ihn seine geologische Tätigkeit in die Politik geführt? Was hat Suess am Ende als Geologe geschafft? Was hat er in der Politik geleistet? Wie endlich hat er sein eigenes Leben und Schaffen ausgewertet? Alle diese Fragen harren noch auf ihre Antworten.

Der Zweck dieses Aufsatzes ist, die Position von Suess gegenüber den aktualistischen und der katastrophistischen Lehren zu klären. Unterwegs werden wir auch den Grund aufdecken, warum Suess als Paläontologe zuerst zu einem theoretischen Stratigraphen und dann zu einem theoretischen Tektoniker wurde. Mit anderen Worten werden wir den roten Faden finden, der es uns ermöglicht, der geistigen Entwicklung von Eduard Suess nicht nur zu folgen, sondern sie auch zu verstehen.

Dieser Aufsatz ist nur eine knappe Zusammenfassung einer ausführlicheren Monographie, betitelt »Globale Geologie und ihr Einfluss auf das Denken von Eduard Suess: der Katastrophismus-Uniformitarianismus-Streit«, die im Frühjahr 2009 in der ersten Nummer der neu begründeten geohistorischen Schriftenreihe »Scripta Geohistorica« (Graz) veröffentlicht werden wird. Deswegen mag es mir nicht verargt werden, wenn ich in den nachfolgenden Ausführungen Literaturangaben aufs allernötigste beschränke und für ausführliche Nachweise auf den soeben angedeuteten Band hinweise.

Der Begriff »Schicht« und sein Einfluss auf die Entwicklung der Ideen in der Stratigraphie

Als er sich mit Geologie zu beschäftigen begann, begegnete Suess einem großen Widerspruch in den Grundsätzen seines Faches: Die Paläontologen und Stratigraphen betonten den plötzlichen Wechsel ganzer Fossilienesellschaften in der geologischen Geschichte unseres Planeten und ein guter Teil sehr respektable Geologen, die sich für die anorganischen geologischen Vorgänge interessierten, folgte den Fußstapfen Sir Charles Lyells, indem sie glaubten, keine abrupten Umweltsveränderungen in der Vergangenheit der Erde annehmen zu müssen und sie leugneten überhaupt die Möglichkeit globaler Ereignisse. Suess fragte sich, wie es möglich war, ohne globale Ereignisse eine auf Leitfossilien basierende weltweit gültige geologische Zeitskala zu etablieren und warum z.B. sogar die (damals noch als die älteste Formation¹ betrachtete) Silurformation in allen Kontinenten identifizierbar war.

Dieses Dilemma von Suess wurde offensichtlich durch die Gewohnheit der Geologen verursacht, sich sedimentäre Sequenzen immer als schichtartige Pakete vorzustellen und immer nur die Grenzen solcher Pakete miteinander zu korrelieren. Schichten sind zwar sehr gute Führer für den kartierenden Geologen, aber

¹ Formation wird hier in ihrem ursprünglichen deutschen Sinn verwendet, d. h. es bedeutet alles, was wir heute »stratigraphisches System« nennen.

sie leiten den Stratigraphen notwendigerweise und oft zu falschen Schlussfolgerungen und zwar aus folgenden Gründen:

Schichtung bedeutet eine Veränderung in den Bedingungen der Sedimentation, oft eine Unterbrechung. Es ist behauptet worden, dass in manchen Schichtserien nur bis zu 2% der gesamten von der Serie vertretenen Zeitspanne registriert werden. Die 98% der Zeit in solchen Fällen sei also im Gesteinsregister nicht festgehalten. Heute noch geschieht Gesteinskorrelation in weiten Gebieten überwiegend unter Verwendung der sogenannten Leitfossilien, d. h. Fossilien, die für eine bestimmte Zeitspanne charakteristisch sind. In der Geologie heißt »für eine Zeitspanne charakteristisch« eigentlich »für ein Gesteinspaket charakteristisch«. In der Tat korreliert der Geologe deshalb immer noch nur die charakteristischen Fossilien enthaltenden Schichten und nicht die durch die Verteilung der Fossilien im Gesteinsvolumen definierten »idealen« biostratigraphischen Zonen. Richtiger wäre es vielleicht zu sagen, dass der Geologe glaubt, den biostratigraphischen Zonen mithilfe der sie enthaltenden Schichten von Gebiet zu Gebiet folgen zu können.

In Abb. 2A sind verschiedene Taxonräume² dargestellt, das heißt zweidimensionale Bilder der in Wahrheit vierdimensionalen Objekte: Sie repräsentieren die räumliche wie auch die zeitliche Verbreitung einzelner Taxa (Abb. 3). Der unterste Punkt eines Taxonraumes ist die Geburtszeit dieses Taxons (Geburt des ersten Individuums jenes Taxons) an einem bestimmten geographischen Ort und der oberste Punkt die Zeit des Auslöschens desselben (Tod des letzten Individuums) an einem bestimmten geographischen Ort, der mit dem Entstehungsort des Taxonraumes nicht identisch zu sein braucht. Die seitlichen Extremitäten repräsentieren die weiteste geographische Verbreitung des Taxons. Die Taxonräume können nach ihrer geographischen und zeitlichen Verbreitung verschiedenste vierdimensionale, nur mathematisch fassbare Formen annehmen.

2 Ein Taxon (aus dem Altgriechischen ταξις = Ordnung, Einrichtung) ist eine in der biologischen Klassifikation mit einem einheitlichen Namen gekennzeichnete Gruppe von Organismen mit beliebigem systematischen Rang. Z. B. kann eine Familie, eine Gattung oder eine Art ein Taxon sein. Auch das Reich der Tiere (Animalia) oder das Reich der Pflanzen (Plantae) sind Taxa.

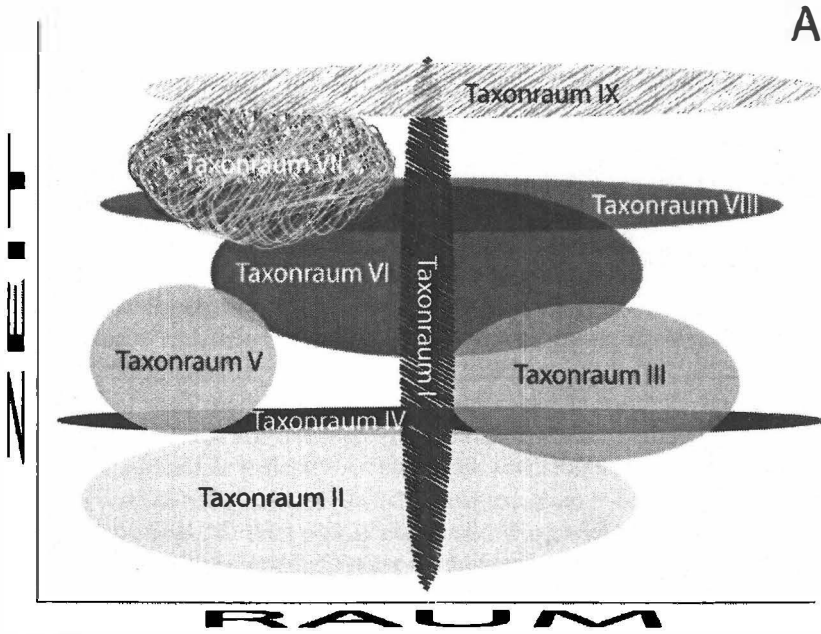


Abb. 2A

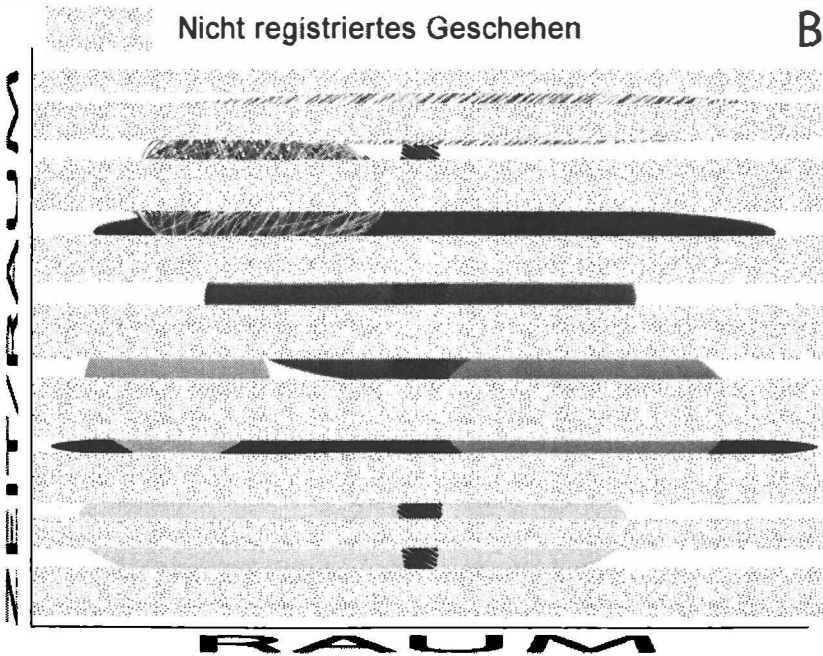
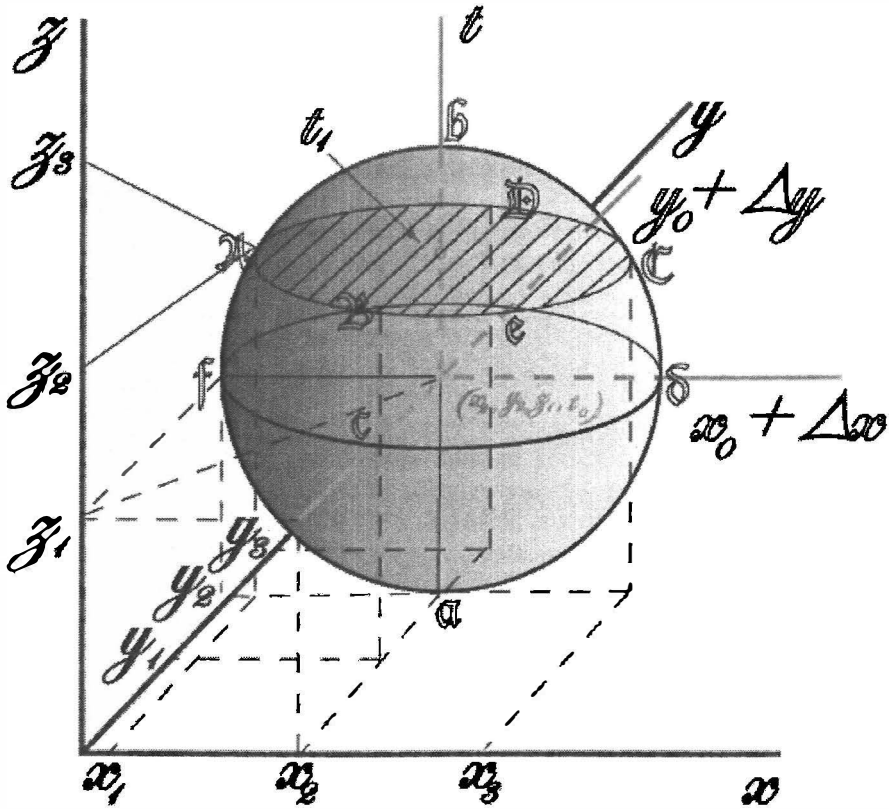


Abb. 2B



Taxonraum

Abb. 3

Die in Abb. 2A dargestellten zweidimensionalen Repräsentationen der Taxonräume sind Bilder, die wir eigentlich nie in ihren wahren Formen wahrnehmen können, weil Fossilienhaltung nie perfekt sein kann. Die meisten Individuen eines Taxons verschwinden in der Erdgeschichte ohne Spur. Die Reste derjenigen, die fossilisiert werden, sind in unseren Gesteinsschichten erhalten. Abb. 2B zeigt aber, dass Schichtbildung nicht ein ununterbrochener Vorgang ist (wenn es so wäre, würden in den meisten Fällen überhaupt keine Schichten entstehen). Jede Schichtfuge bedeutet irgendeine Diskontinuität in den verschiedenen schichtbildenden Vorgängen und meistens ein Aufhalten der Registrierung. Manche Dis-

kontinuitäten verursachen nicht einmal eine Schichtfuge in der Gesteinssequenz. Alle Fossilien, die in den nicht registrierten Zeiten gelebt haben und nicht irgendwie erhalten wurden, können nicht in uns vorliegenden Schichten vorkommen. Mit anderen Worten: wir können an jedem Ort mithilfe der Sedimentgesteine und Fossilien nur einen kleinen Bruchteil der geologischen Geschichte ermitteln. Abb. 2C zeigt das Endresultat des Geschehens.

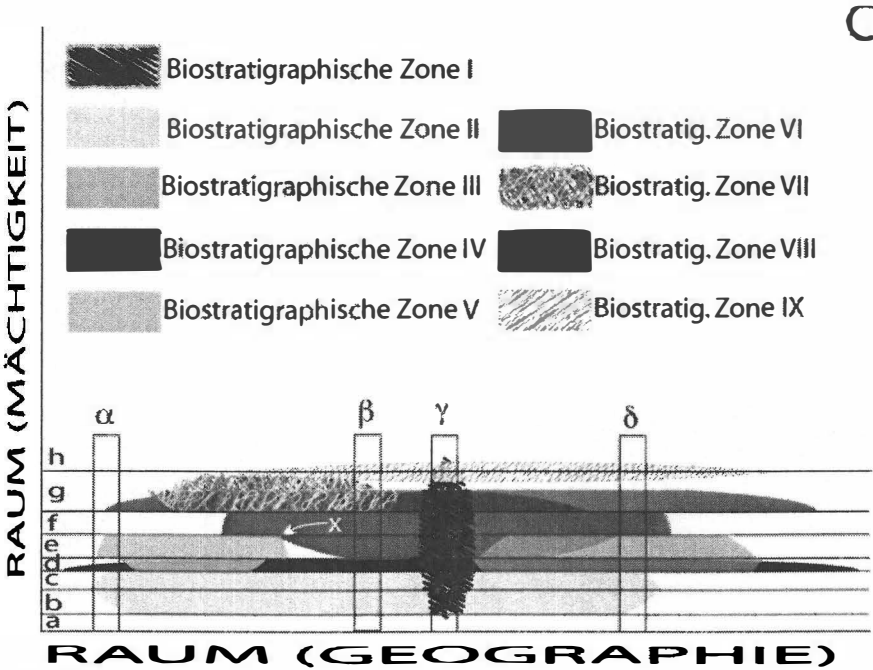


Abb. 2C

Zuerst betrachten wir, wie das ganze Schichtpaket auf Abb. 2C paläontologisch aussieht: Wir erkennen überall abrupte räumliche Übergänge: eine Zone wird entlang einer scharfen Schichtfuge von einer anderen Zone ersetzt. Ausnahmen wie Zone I gibt es, aber sie gehören zu den seltenen Fällen und auch hier ist vieles verlorengegangen (obwohl wir es zumeist nicht ermitteln können). Es gibt auch Fälle, wo in einer Schicht zwei biostratigraphische Zonen einander nur an einem Punkt berühren (z. B.: Punkt x in Abb. 2C). Wenn wir jetzt bedenken, dass unsere Schichten a-h im Gelände fast nie ununterbrochen beobachtet werden können, sondern wir ihnen nur an bevorzugten Orten als begrenzte Aufschlüsse³ begegnen (Aufschlussgebiete α bis δ), können wir gut verstehen, wie schwierig es wäre, ohne Schichten Stratigraphie zu treiben. Die Schichten sind, ob wir es wollen oder nicht, unsere Führer. Wir suchen natürlich die charakteristischen Fossilien

3 Ein Aufschluss ist ein Areal, wo durch Entfernung der bedeckenden Erde oder Pflanzendecke, usw. nacktes Gestein zutage tritt.

en, aber, nachdem wir sie in einem Aufschluss finden, verfolgen wir die biostratigraphische Zone, die sie repräsentieren, seitwärts oft allein mithilfe der Schichten; dabei spielt, worauf der geniale Paläontologe, Stratigraph und Suess-Freund Albert Opper nachdrücklich verwiesen hat, theoretisch die Gesteinsbeschaffenheit der Schichten kaum eine Rolle—aber nur theoretisch und fast nie in der Wirklichkeit, wie das Werk Oppels selbst und das seiner großen Vorgänger wie Cuvier und Brongniart zeigen.

Das Problem dabei ist aber, dass Schichten in verschiedenen Umwelten entstehen (in verschiedenen Becken oder in verschiedenen Sedimentationsräumen eines einzelnen Beckens und manchmal sogar durch Vorgänge der Diagenese, d. h. der Gesteinwerdung einer Absatzmasse), und die nicht registrierten Zeiten in diesen getrennten Gebieten brauchen einander nicht gleich zu sein (vgl. Abb. 2D–E). Das heißt, dass nicht alle Schichten mit gleichen Fossilarten den absolut gleichen Teil eines Taxonraumes in sich einzuschließen brauchen. Bei der zeitlichen Gleichsetzung von Schichten mit gleichem Fossilinhalt korreliert der Geologe zwar die Mitglieder desselben Taxons, aber nicht notwendigerweise diejenigen, die zur gleichen Zeit gelebt haben (Abb. 2F). Das heißt, er korreliert die willkürlich erhaltenen Teile eines Taxonraumes, denen er den Sammelnamen »biostratigraphische Zone« gibt. In Abb. 2F wird klar, dass der an zeitlicher Korrelation interessierte Geologe nur diejenigen Schichten miteinander korrelieren kann, die Teile derselben biostratigraphischen Zonen enthalten.

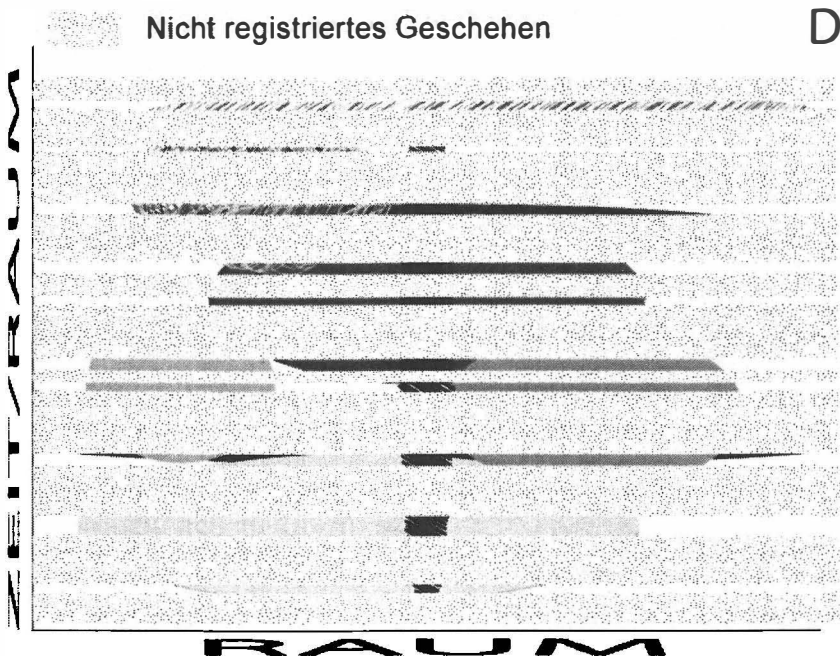


Abb. 2D

E

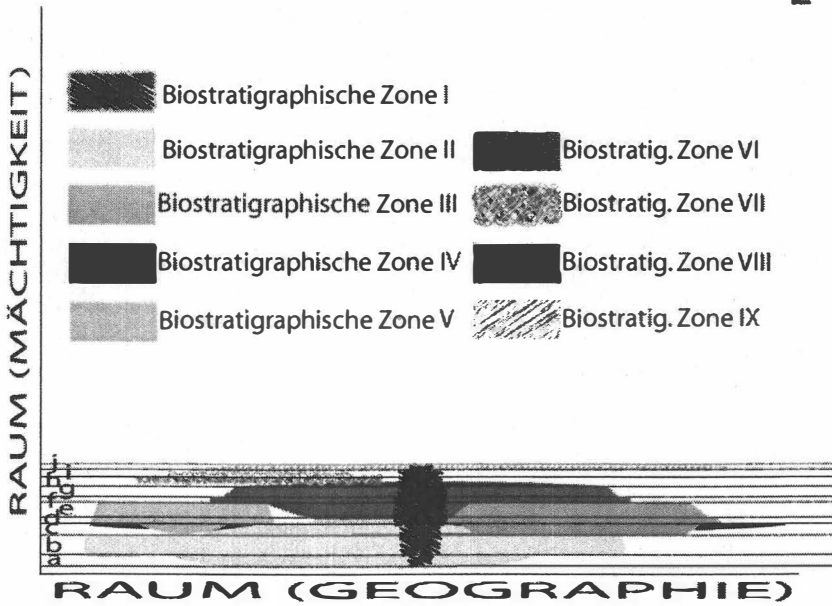
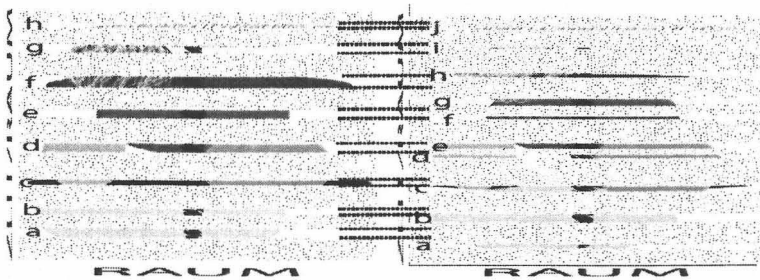


Abb. 2E



Schicht	Enthaltene Biostr. Zone	Schicht	Enthaltene Biostr. Zone
h	I und IX	j	I und IX
g	I, VII und IX	i	I und VII
f	I, VII, und VIII	h	I, VII, und VIII
e	I und VI	g	I, VII, und VIII
d	I, III, V und VI	f	I und VI
c	I, III, IV und V	e	I, III, V und VI
b	I und II	d	I, III und V
a	I und II	c	I, II, III, IV und V
		b	I und II
		a	I und II

Abb. 2F

Zum Beispiel werden in Abb. 2F die Schichten a und b auf der rechten Spalte automatisch mit den Schichten a und b auf der linken Spalte korreliert. Man sieht aber, dass diese Schichten nicht zeitgleich sind. Was die Abweichungen und Fehlergrenzen in solchen Fällen sein können, ist meistens sehr schwierig zu ermitteln⁴. Im Grunde genommen können wir sie nur dann in zuverlässiger Weise feststellen, wenn uns gute isotopische Altersbestimmungen zur Verfügung stehen. Diese Möglichkeit bestand für die Geologen, die vor dem Ersten Weltkrieg gelebt hatten, natürlich nicht⁵. Fälle der Fossilgleichheit, wie z. B. in der Abb. 2F, haben Suess und seine Zeitgenossen oft stillschweigend als Fälle der Zeitgleichheit angesehen, obwohl sie sich der vielen in dieser Annahme steckenden Fehlerquellen bewusst waren. Sie hatten einfach keine andere zuverlässige Möglichkeit.

Bei Zeitkorrelationen in der Geologie glaubt man also Fossilzonen zu korrelieren, korreliert aber in der Tat Teile von Gesteinslinsen oder Gesteinsprismen, die Fossilien zwar derselben Taxa enthalten können, aber nicht notwendigerweise diejenigen Mitglieder, die zur gleichen Zeit gelebt haben. Leider sind die Geologen daran gewöhnt, sich nicht nur die Schichtgrenzen den Zeithorizonten parallel vorzustellen (was in abyssischen und manchen epikontinentalen Sedimenten annähernd richtig ist), sondern auch die die Fossilzonen begrenzenden Schichtgrenzen überall einander zeitlich gleichzusetzen (was meistens unrichtig ist). Man sieht hier leicht die sehr tief verwurzelten Einflüsse von Forschern des 17. und 18. Jahrhunderts, welche die Schicht als die fundamentale Korrelationseinheit ansehen mussten, da ihnen damals noch keine Biostratigraphie zur Verfügung gestanden hatte. Die Korrelationen in der Mitte des 19. Jahrhunderts wurden immer noch in dieser Weise gemacht, wobei man durch Schichtfugen voneinander getrennte Schichtpakete als Korrelationseinheiten innerhalb großer horizontaler Entfernun-

4 Die Evolutionsgeschwindigkeiten verschiedener Arten sind so unterschiedlich und mit einigen Ausnahmen so schlecht bekannt, dass sie als Zeitmessinstrumente gar nicht in Frage kommen können. Eine moderne Synthese und neuere Literatur zu dieser Problematik bieten FOOTE, M. und MILLER, A. I., 2007, *Principles of Paleontology*, third edition: W. H. Freeman and Company, New York, Kapitel 7 betitelt »Evolutionary rates and trends«, S. 175–210.

5 »Der Astronom deutet zur Versinnlichung des Ausmaasses kosmischer Räume auf den Parallelismus der Sehstralen oder die weissen Flecken der Milchstrasse. Es fehlt an gleich unmittelbarer Versinnlichung der Grösse kosmischer Zeitläufe und man besitzt noch nicht einmal eine Einheit, nach welcher die Epochen zu messen wären. Die räumliche Entfernung vieler Gestirne von der Erde ist ermittelt; für die zeitliche Entfernung der jüngsten Strandlinie auf Capri oder der letzten Muschelbank auf Tromsö vermögen wir auch nicht einmal eine annähernde Ziffer zu nennen. Wir halten die organischen Reste der entfernten Vorzeit in unserer Hand und betrachten ihren physischen Bau, aber wir kennen nicht den Zeitraum, welcher ihre Lebenszeit von der unsrigen trennt, sowie man etwa im Spectrum die physikalische Beschaffenheit eines Himmelskörpers prüft, der keine Parallaxe zur Bestimmung seiner Entfernung gibt.« (SUESS, E., 1888, *Das Antlitz der Erde*, Bd. II: F. Tempsky, Prag and Wien, and G. Freytag, Leipzig, S. 703).

gen verwendete, aber für die Definition der zu korrelierenden Einheiten, sowohl die Gesteine (stillschweigend) als auch die eingeschlossenen charakteristischen Fossilien (explizit) als Definitionsbasis akzeptierte, wie die Studien von Opperl so schön illustrieren.⁶ Darin sehen wir die Rechtfertigung von Suess' oftmaligem offenem Verlangen, dass die Artverzeichnisse allein nicht unseren stratigraphischen Korrelationen zugrunde zu legen, sondern auch die physischen Merkmale der zu korrelierenden Einheiten im Auge zu behalten sind. Wie wir unten sehen werden, haben Suess' frühere Arbeiten im Wiener Becken dieses sein theoretisches Fundament wegen der paläogeographischen Eigentümlichkeiten des alten, auch das Wiener Becken umfassenden Meeres nur noch verstärkt.

Es existierte aber noch ein anderes Problem der stratigraphischen Zeitkorrelation in großen Abständen (Tausende von Kilometern), worauf schon der scharfsinnige Alexander von Humboldt 1823 hingewiesen hatte: wie könnte man sicher sein, dass die untersten und die obersten Berührungsebenen der Fossilzonen (z. B., was a und b in Abb. 3 im Gestein eigentlich entspricht) auch Gleichzeitigkeitsebenen darstellen? Mit anderen Worten, bedeutet Fossilgleichheit einer Formation überall auch Zeitgleichheit, wenn man die weiter oben diskutierte Lückenhaftigkeit der Registration zunächst vernachlässigt? Sind der Anfang und das Ende einer Formation, oder gar einer Fossilzone, überall zeitgleich, selbst wenn die Erhaltung perfekt wäre? Mit der Ausnahme von Humboldt und Lyell haben die Geologen diese unbewiesene Zeitgleichheit fast bis zu unseren Tagen oft unausgesprochen angenommen, weil ein besseres Mittel der Zeitkorrelation für Sedimentgesteine nicht vorhanden ist, mit der Ausnahme solcher äußerst seltenen Fälle, wo z. B. ein vulkanisches Tufflager sehr große Areale überdeckt (die ganzen Vereinigten Staaten etwa, wie es bei der Supereruption des Vulkans von Yellowstone vor 640.000 Jahren tatsächlich geschah) und die Feststellung einer wirklichen Gleichzeitigkeit ermöglicht.

Eine weitere Fehlerquelle ist die Ungleichheit der Probensammlungen. Dieses Problem wurde aber zu Suess' Zeit kaum ernsthaft diskutiert und mathematisch modelliert. Wir brauchen es deshalb hier nicht weiter zu behandeln.

Der Schichtbegriff zwingt also den Geologen, nicht *in continuum*, sondern *in quanta* zu denken. Suess war als Paläontologe in einer Tradition groß geworden, die den Wechsel in der Welt der Organismen immer als abrupt, d.h. quantenmäßig und weltweit betrachtete. Damals verknüpfte man ein derartiges Zeitregister in den Gesteinsverbänden mit weltweiten Katastrophen im Sinne von Georges Cuvier, Alcide d'Orbigny und James D. Dana als ursächliche Mechanismen. Suess dachte aber anders. Er hatte die »Principles of Geology« von Lyell gelesen und war von diesem Buch sehr beeindruckt. Er glaubte wohl, dass die geologische Welt von Lyellschen Gesetzen beherrscht wurde und nicht von den (fast) globalen

6 OPPEL, A., 1856–1858, Die Juraformation Englands, Frankreichs und des südwestlichen Deutschlands. Nach ihren einzelnen Gliedern eingetheilt und verglichen: Ebner & Seubert, Stuttgart, 857+ [1] SS.+ 2 Faltafeln.

Katastrophen Cuviers. Als junger Forscher hatte er mit zwei später auch sehr berühmt gewordenen Freunden, Ferdinand von Hochstetter und Ferdinand Freiherr von Richthofen, daran gedacht, das Buch Lyells ins Deutsche zu übersetzen, um zu zeigen, was man unter Geologie verstehen müsste.⁷ Was er selbst bei Lyell aber nicht verstehen konnte, war die Behauptung, dass es auf der Erde keine weltweiten geologischen Ereignisse gäbe. Nach Lyell hätte sich alles nicht nur langsam, sondern auch lokal ereignet. In einer Lyellschen Welt⁸ schien es Suess nicht möglich, die weltweite Verwendbarkeit der stratigraphischen Terminologie zu verstehen. Seine Ansichten wurzelten nicht allein in den damals vorherrschenden paläontologischen Meinungen, sondern auch in seinen eigenen paläontologisch-stratigraphischen Arbeiten über das Wiener Becken.

Die Geologie des Wiener Beckens und die Entwicklung von Eduard Suess' Gedanken über globale Stratigraphie

Das Wiener Becken ist eine den Körper der Alpen zerreißende und sie von den Karpathen trennende junge Struktur. Es hat zwei Teile: das »außeralpine Wiener Becken« bildet den östlichsten Teil des alpinen Molassebeckens, einer gewaltigen, den Alpen zwischen Genf und Wien vorgelagerten und unter dem Gewicht der anfahrenen Gesteinsmassen der Alpen entstandenen, d. h. durch Raumverkürzung zustande gekommenen Vertiefung, die sich zwischen Wien und den kristallinen Gesteinen der Böhmisches Masse des Weinviertels, genauer gesagt zwischen dem Wienerwald und Amstetten, abrupt verschmälert. Südlich dieser Verschmälerungszone liegen in der sogenannten Rhenodanubischen Flyschzone die Haupt-Flysch-Decke (im Westen) und die Greifenstein-Decke (im Osten).

Das inneralpine Wiener Becken ist dagegen eine Struktur, die durch eine Doppelkrümmung im Laufe des von der sogenannten Mur-Mürz-Linie gebildeten nördlichen Randes der nach Westen ausweichenden Gesteinsmasse der Alpen zustande gekommenen Zerrkräfte geschaffen wurde, und in welchem der nördliche Teil des fertigen alpinen Gebäudes entlang großer Abschiebungen in die Tiefe gesunken ist. Die beiden Beckenteile haben sich nach der Bildung der jüngeren, südlichen, das heißt »inneralpinen« Hälfte zu einem Ganzen vereinigt; diesen zu jener Zeit buchtartigen Behälter flutete das damalige Weltmeer. Mit der Zeit hatten Sedimente das Becken aufgefüllt und, so glaubte man damals, die Erhebung Europas als Ganzes hatte die marinen Gewässer allmählich aus dem sich mit Sediment füllenden Becken herausgetrieben. Das Absatzmilieu hatte sich von marin zu brackisch und von brackisch zu limnisch entwickelt. Während dieser Entwicklung hatten sich natürlich nicht nur die abgesetzten Gesteine, sondern auch die Organismen, die im und um das Wiener Becken lebten, geändert. Diese Geschichte hat Suess die Idee gegeben, dass es die Niveauveränderungen des Meeresspiegels waren, welche die Fauna und die Flora wechselten und damit die

7 SUESS, E., *Erinnerungen* (Leipzig 1916), S. 114.

8 Was Suess im ersten Band des »Antlitz« als »quietistisch« bezeichnete.

Grenzen der damals »Formationen« genannten »stratigraphischen Systeme« bestimmten. Im damaligen Schrifttum gab es auch andere Stimmen, welche die ganze »Schuldlosigkeit« der gebirgsbildenden Vorgänge, wie Faltung und Bruchbildung, für die Vernichtung der Organismen betonten. Ganz besonders hatte der französische Stratigraph Edmond Hébert die Meeresspiegelschwankungen für die Entstehung der Formationsgrenzen verantwortlich gemacht, aber die Ursache dieser Schwankungen in den kontinentalen Vertikalbewegungen gesucht.

Wie gesagt, neigte ursprünglich auch Suess dazu, die Ursache der Niveauveränderungen in den kontinentalen Vertikalbewegungen zu suchen. Er hat aber später mit dem berühmten russischen Paläontologen und Stratigraphen N. P. Barbot de Marny korrespondiert und dadurch erfahren, dass die Wiener Miozänsequenzen beinahe Schicht für Schicht mit den sich auf gleicher Höhe befindenden und, genau wie die Wiener Gesteine, horizontal liegenden Obertertiärablagerungen des südlichen Russlands und Mittelasiens (im russischen Sinne, d. h. nur die Gebiete, die zwischen dem Kaspischen Meer und dem Tien-Schan liegen) korrelierbar waren. Suess glaubte, dass es nicht möglich wäre, beinahe perfekt korrelierbare, horizontal liegende Schichtsequenzen gleichen Alters von so weit von einander entfernt liegenden Gebieten unter der Annahme der ungleichartigen Vertikalbewegungen der Kontinente entstehen zu lassen. Nur eine überall gleichmäßige Verschiebung des Strandes, d. h. eine unabhängige Bewegung des Meeresspiegels, konnte so etwas erzeugen. Wie war aber ein derartiger Vorgang, der notwendigerweise weltweit sein musste, innerhalb einer Lyellschen Welt zu denken?

Die Prévostsche Version der Schrumpfungstheorie und der Ursprung der Idee der eustatischen Bewegungen

Als Suess seine Tätigkeit als Geologe begann, herrschte in Europa noch die von Leopold von Buch und Alexander von Humboldt am Anfang des 19. Jahrhunderts unter dem Einfluss von James Hutton aufgestellte Meinung vor, dass Gebirge durch vertikale Erhebung als Folge magmatischer Intrusionen entlang parallel zu der Gebirgsachse streichender Spalten entstünden. In den Alpen war der Schweizer Bernhard Studer in Bern einer der eifrigsten Vertreter dieser Theorie.

Bereits 1929 entwickelte jedoch der französische Geologe Léonce Élie de Beaumont die Idee, dass Gebirge durch laterale Einengung zwischen zwei sich wie zwei Backen eines Schraubstockes verhaltenden Vorländern zustande kommen, und die Einengung selbst durch die thermale Schrumpfung der Erde verursacht sein soll. Abb. 4 veranschaulicht die Idee von Élie de Beaumont.

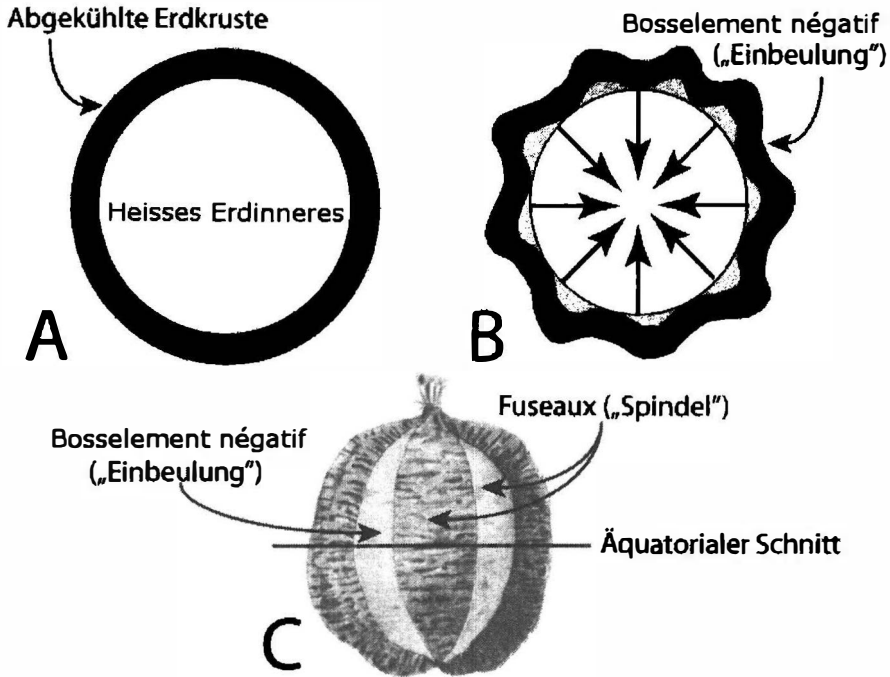


Abb. 4

Élie de Beaumont war aber auch ein Anhänger der Theorie der Erhebungskrater von Leopold von Buch, das heißt er glaubte, dass die Vulkankegel nicht durch Aufschüttung gebildet wurden, sondern durch Erhebung um eine von dem Kamin des Vulkans gebildete Zentralachse zustande gekommen seien. Leopold von Buch hatte seine Theorie der Gebirgserhebung durch die Erweiterung seiner Theorie der Erhebungskrater auf Gebirge gebildet, wobei die Rolle des Zentralkamins von einer das Rückgrat des Gebirges bildenden Zentralspalte übernommen wurde.

Élie de Beaumont verband seine eigene Theorie der Erdschrumpfung mit der Theorie der Gebirgserhebung von Leopold von Buch und sprach immer von Gebirgserhebungen als Folge der Schrumpfung. Er hatte gedacht, dass die durch Schrumpfung entstandene Antiklinale Magmen in ihrem Kern sammeln und dort die großen, die meisten Gebirgsketten charakterisierenden Intrusivkörper (»Batholithe«) bilden würden. Ab und zu würden diese Magmen entlang der Antiklinalachse zum Durchbruch gelangen und die entlang der Gebirgsachsen beobachteten Vulkane schaffen, wie in den Anden.

Ein anderer französischer Geologe, Louis-Constant Prévost, wurde durch seine eingehenden Beobachtungen auf der nur für einige Monate des Jahres 1831 südlich von Sizilien existierenden vulkanischen Insel Julia, wie auch auf großen Vulkankegeln, wie dem Etna, den liparischen Inseln und dem Vesuv, zu einem

entschiedenen Gegner der Erhebungskratere. Früher hatte Prévost zuerst im Wiener, dann im Pariser Becken sorgfältige stratigraphische Studien unternommen und wurde überzeugt, dass das Modell seiner Lehrer Cuvier und Brongniart einer wiederholten Überflutung des Pariser Beckens durch marine Gewässer zur Erklärung des Faunenwechsels nicht nötig sei und man alle Beobachtungen durch ein Modell eines stetigen Rückzuges des Meeres erklären konnte. Nach Prévost waren alle Regressionen ein Ergebnis eines stetigen, in der ganzen geologischen Geschichte andauernden Rückzuges der Meere, alle Transgressionen dagegen nur die Folge einer lokalen Subsidenz. Nach ihm waren alle Regressionen global, alle Transgressionen dagegen lokal.

Aus diesem »regressionistischen« Gesichtspunkt heraus gesehen, waren für Prévost alle Erhebungen unmöglich, da jede Erhebung, die in einem Ozeanbecken stattfindet, die Kapazität des Weltozeanbeckens unvermeidlich vermindern und dadurch universale Transgression hervorrufen würde, was nach seinen stratigraphischen Studien eine Unmöglichkeit war. Deshalb kämpfte Prévost leidenschaftlich gegen die Élie de Beaumontsche Version der Schrumpfungstheorie, welche die alte von Buchsche Erhebungstheorie noch mit einschloss. Nach Prévost war die erdschrumpfungsbedingte Senkung der den Gebirgen vorgelagerten Vorländer gegen die Erdmitte die Ursache für die Einengung in den Gebirgsgürteln. Die Gebirge erschienen hoch, nur weil ihre Umgebung gesunken war.

Diese Ideen haben Suess dazu inspiriert, das Schrumpfungsmodell von Prévost (Abb. 5) für seine Zwecke zu adaptieren: Wenn irgendwo auf dem Boden des Weltozeans eine Senkung stattfindet, wird man diese als ein lokales Ereignis betrachten. Diese Senkung braucht auch nicht augenblicklich stattzufinden. Der Vorgang kann sogar einige Millionen Jahre dauern. Aber dieses Lokalereignis wird die Kapazität des gesamten Weltozeans vergrößern und eine Regression verursachen (Abb. 6). Nach der Geschwindigkeit der Senkung kann die Regression schnell oder langsam vor sich gehen, aber Suess stellte fest, dass die meisten Regressionen ziemlich schnell stattfanden. Durch solche Regressionen könnte man das globale Meeresniveau sinken lassen und die Schelfe würden bloßgelegt, was massenhaftes Aussterben mariner Organismen zur Folge hätte. Eine Regression würde nicht nur marine Organismen beeinflussen: Durch die Etablierung von Landverbindungen können Regressionen die Ausbreitung einer Fauna zum Verderben einer anderen verursachen. In jedem Fall müssen globale Regressionen weitgehende und ziemlich kurzfristige Veränderungen in der Biosphäre herbeiführen.

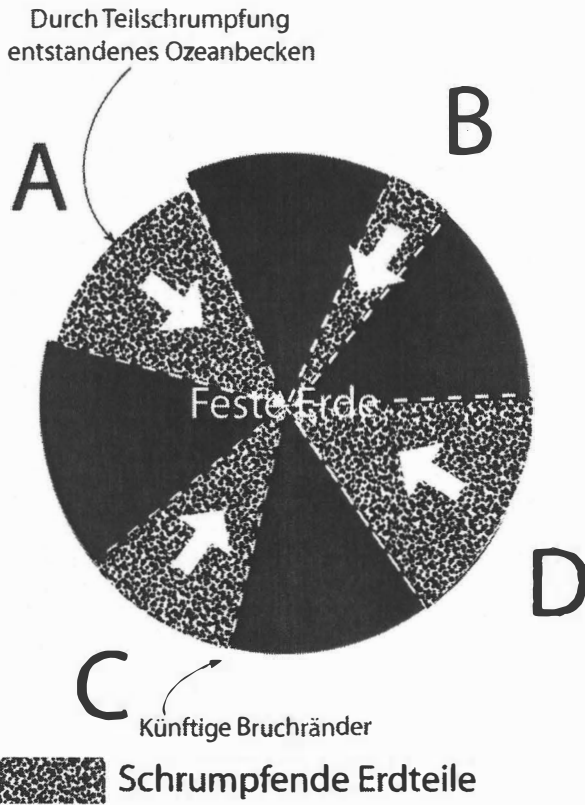


Abb. 5

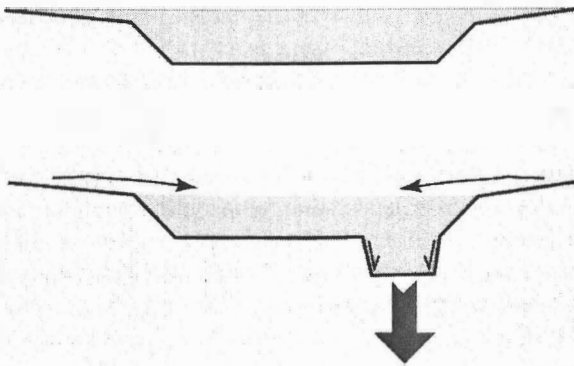


Abb. 6

Ergebnis: Ein Gesamtmodell des Erdverhaltens und der Geist der geologischen Forschung der Suess-Schule

Endlich glaubte Suess, ein universell gültiges Modell für das Gesamtverhalten des Planeten gefunden zu haben: der Schlüssel lag in der Erdschrumpfung in der von Prévost dargelegten Weise. Senkungen waren lokale Lyellsche Ereignisse. Aber ihre Folgen waren global und verheerend für die Biosphäre, fast genauso wie in der von Cuvier geschilderten Weise, wenn auch nicht so schnell. Suess war überzeugt, dass es ihm gelungen war, den beunruhigenden Widerspruch in den Grundsätzen der Geologie beseitigt zu haben, indem er die Diskrepanz zwischen der von langsamen und lokalen Vorgängen beherrschten Lyellschen Welt und der von weltweitem Aussterben der Organismen durch regelmäßige Katastrophen gekennzeichneten Cuvierschen Welt endlich behob. Der Katastrophismus-Uniformitarianismus-Streit bestand für ihn nicht mehr. Die Beobachtungen sowohl von Cuvier als auch von Lyell waren im Grunde genommen richtig, aber sie hatten verschiedene Teile des Erdsystems beobachtet und ihre beschränkten Erfahrungen einem Gesamtmodell des Erdverhaltens zugrunde gelegt. Beide waren deshalb in ihren Interpretationen zu weit gegangen, was von dem Gesichtspunkt der Zeit, in der sie gelebt hatten, auch verständlich war. Suess folgte gewissermaßen den Empfehlungen Alexanders von Humboldt, indem er das gesamte Erdsystem, sowohl seine organischen als auch die anorganischen Teile, in seine Beobachtungen einschloss. Was er dadurch betrieb, würde man heute, nach einem Jahrhundert der Zersplitterung der Erdwissenschaften in fast unabhängige Spezialdisziplinen, »interdisziplinär« nennen. Was bei uns wieder Mode geworden ist, war für Suess eine Selbstverständlichkeit und repräsentierte für ihn den wahren Geist der Geologie. Wegen dieses Verständnisses wurden Suess und seine Schüler das, was ich anderswo »die Wiener Giganten der Geologie«⁹ genannt habe, nämlich zu den wahren Begründern der modernen Geologie.

Abbildungen

- Abb. 1. Eduard SUESS (1831–1914) im Jahre 1892 (aus Leipziger Illustrierte Zeitung).
- Abb. 2 Beziehungen zwischen Taxonräumen und Schichten und durch diese Beziehung zustande gekommene biostratigraphische Zonen (hier gekürzt bezeichnet als »Zonen«).
 - A. Zeit/Raum-Verteilung der Taxonräume. Ein Taxonraum wird als die Verteilung aller Mitglieder eines Taxons in Zeit und Raum definiert und als solcher ist er ein vierdimensionales Objekt, das nur in sehr einfachen Fällen darstellbar ist (vgl. unten Abb. 3). Hier sind lediglich die zweidimensionalen Projektionen der vierdimensionalen Taxonräume gezeichnet.

9 Şengör, A. M. C., Die Tethys: vor hundert Jahren und heute. In: Mitteilungen der Österreichischen Geologische Gesellschaft 89, 1998, S. 5–176.

- B. Registrierung der Taxonräume in Schichten. Man beachte, wie viele der ursprünglichen Taxonräume als Fossilengesellschaften in Schichten nicht festgehalten, d. h. registriert werden können.
 - C. Es soll gezeigt werden, was der Geologe von den Taxonräumen im Gelände eigentlich vorfindet. Man beachte, wie die Schichtbildung eine ursprünglich gar nicht vorhanden gewesene Abruptheit der Übergänge zwischen den registrierten Teilen der Taxonräume verursacht. Solche abrupten Übergänge haben oft zu katastrophistischen Interpretationen der Geschichte des Lebens Anlass gegeben.
 - D. Eine andere Verteilung der registrierten Teile der in Abb. 2A dargestellten Taxonräume.
 - E. Was der Geologe von den in der Abb. 2D dargestellten Zonen im Gelände eigentlich zu sehen bekommt.
 - F. Ein Vergleich zwischen den Schichtpaketen in Abb. 2C und 2E. Obwohl die einzelnen mit den gleichen Buchstaben gekennzeichneten Schichten Teile derselben Zonen enthalten, sind sie nicht zeitgleich, was geologisch oft nicht feststellbar ist.
- Abb 3. Vierdimensionale Darstellung eines einfachen sphärischen Taxonraumes. Die Vierdimensionalität wird mithilfe zweier Koordinatensysteme erzielt. Das äußere xyz-System (mit fetten schwarzen Linien und fetten Buchstaben gezeichnet) stellt die Raumkoordinaten dar. Das innere $(x_0+\Delta x)$ $(y_0+\Delta y)$ (t)-System (mit grauen Linien und hohlen Buchstaben gezeichnet) stellt die Zeit-Koordinate (mit t angegeben) auf einer durch $x_0+\Delta x$ und $y_0+\Delta y$ bestimmten Raumebene dar. In dem hier dargestellten Doppelkoordinatensystem hat z. B. der Mittelpunkt des Taxonraumes die Koordinaten (x_2, y_2, z_1, t_0) , wobei x_2 ein vom Ursprung (x_0, y_0, z_0) des Raumkoordinatensystems entlang der x-Achse um eine Entfernung Δx sich befindender Punkt ist. Analog ist auch y_2 ein vom Ursprung um die Entfernung Δy entlang der y-Achse, und z_1 um die Entfernung Δz entlang der z-Achse sich entfernender Punkt. In diesem Beispiel befindet sich der Raumpunkt (x_2, y_2, z_1) zur Zeit t_0 . Eine Gesteinsschicht, die im Raum eine Mächtigkeit z_3-z_2 hat und sich zur Raumebene xy parallel erstreckt, kann einer Zeitebene AC entsprechen. Diese Zeitebene ist hier als nur durch einen Augenblick t_1 vertreten gedacht. Man kann sich viel kompliziertere Raum-Zeit Diagramme von diesem Typ vorstellen, worin die beiden Koordinatensysteme nicht zueinander parallel zu sein brauchen (z.B. im Falle von zum Raumhorizont geneigt abgelagerten Sedimenten). Im Falle des in dieser Abbildung gezeigten Taxonraumes repräsentieren die Punkte a und b, gedacht im Koordinatensystem $(x+\Delta x)$ $(y+\Delta y)$ (t), die erste und die letzte Erscheinungszeit der Individuen des Taxons. Die Punkte c, d, e und f geben die extremen Grenzen der horizontalen geographischen Verbreitung der Individuen des Taxons entlang der drei Hauptachsen des räumlichen Koordinatensystems an. Wenn man die Punkte a und b im Koordinatensystem xyz denkt, so repräsentieren sie den untersten und den

obersten Existenzpunkt (nicht unbedingt die Fundpunkte!) innerhalb des Schichtenpakets (also auch im geographischen Raum). Die aufeinander bezogene relative vertikale Verbreitung der Organismen in einer Schicht entspricht ihrer relativen vertikalen Verbreitung in ihrem ursprünglichen Einbettungsraum nur dann, wenn die Gesteine innerhalb der Schicht nicht kompaktiert sind. Man muss aber auch bedenken, dass eigentlich nur eine verschwindende Minderheit der Individuen in einem Taxonraum fossilisiert wird und dass von diesen fossilisierten Individuen wieder nur eine kleine Anzahl bis in unsere Zeit erhalten bleibt.

Mit einem vierdimensionalen Diagramm eines Taxonraumes können nur wenige und sehr vereinfachte Objekte in Zeit und Raum gezeigt werden. Deshalb projizieren wir die vierdimensionalen Taxonräume in dreidimensionale biostratigraphische Zonen, die eigentlich nur im Gesteinsvolumen aufbewahrte Fossilien enthalten. Was man in den Abbildungen 2A und 2B sieht, sind die zweidimensionalen Projektionen mehrerer Taxonräume auf einer Zeit-Raum-Ebene, worin der »Raum« als eindimensional gedacht wird. Abb. 2C zeigt die eigentlichen biostratigraphischen Zonen, die als »Restbevölkerung« nach dem Wegfall der nicht aufbewahrten Organismen in Zeiten der fehlenden Sedimentation oder Erosion in den vor uns bestehenden Schichten zurückgeblieben sind. Abb. 2D entspricht Abb. 2B, jedoch in einem anderen Ablageungsgebiet. Ebenso entspricht Abb. 2C Abb. 2E.

- Abb. 4. Das Schrumpfungmodell von Élie de Beaumont. A stellt eine im Schrumpfen begriffene Erde dar, in welcher der heisse innere Teil schneller schrumpft als der bereits abgekühlte äußere. In B werden die Folgen solch ungleichmäßiger Schrumpfung gezeigt. Élie de Beaumont glaubte, dass jede Schrumpfungsepisode Einbeulungen (»bosselements négatifs«) und höher stehende Spindel (»fuseaux«) auf der Erdoberfläche erzeugen würde, wie in Abb. 4C gezeigt wird, wobei die Einbeulungen zu Sammelstätten der Sedimente würden. Diese Idee hat später zur Theorie der Geosynklinale Anlass gegeben.
- Abb. 5. Suess' bevorzugtes Modell der Erdschrumpfung, in welchem verschiedene kegelförmige Volumen des Planeten in verschiedenen Graden schrumpfen, was auf der Oberfläche zu verschiedenen Höhenlagen führt. Ozeane sind die am meisten geschrumpften Teile. Diese Idee übernahm Suess von dem Amerikaner Dana.
- Abb. 6. Suess' Mechanismus der universalen Regression, d. h. Zurückziehung der Meere, mit örtlichem Einsturz.