

Marianne Meschede
Martin Meschede

Wegbereiter der Geowissenschaften

Portraits von 50 Geowissenschaftlern
aus fünf Jahrhunderten in Wort und Bild

2. durchgesehene und korrigierte Auflage



Schweizerbart

Wegbereiter der Geowissenschaften

**50 Portraits von Geowissenschaftlern
aus fünf Jahrhunderten**

**Marianne Meschede
Martin Meschede**

2. durchgesehene und korrigierte Auflage

Schweizerbart · Stuttgart · 2023



Meschede, M. & Meschede, M., Wegbereiter der Geowissenschaften. 50 Portraits von Geowissenschaftlern aus fünf Jahrhunderten

Martin Meschede
Regionale und Strukturgeologie
Institut für Geographie und Geologie
Friedrich-Ludwig-Jahn-Straße 17A
17487 Greifswald

meschede@uni-greifswald.de

Marianne Meschede
Poggendiek 38
30457 Hannover

Gedruckt mit Unterstützung der Deutschen Geologischen Gesellschaft –
Geologische Vereinigung (DGGV), Berlin



Umschlag: Eisenoxidfärbungen in schräggeschichtetem Wealden-Sandstein, Steilküste bei Hastings, UK

Gerne nehmen wir Hinweise zum Inhalt und Bemerkungen zu diesem Buch entgegen:
editors@schweizerbart.de

2. durchgesehene und korrigierte Auflage (Schweizerbart 2023)
1. Auflage (Schweizerbart 2018)

ISBN 978-3-510-65545-8
ISBN ebook (epdf) 978-3-510-65546-5
Informationen zu diesem Titel: www.schweizerbart.de/9783510655458

© 2023 E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart, Germany

Das Werk, einschließlich aller Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt besonders für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Verlag: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller)
Johannesstraße 3A
70176 Stuttgart, Germany
mail@schweizerbart.de
www.schweizerbart.de

∞ Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier nach ISO 9706-1994
Printed in Germany by Nothhaft Druck, 93080 Pentling

Vorwort

Das Interesse und die Begeisterung für die Portraitalerei war in der Familie von Marianne Meschede bereits hinreichend bekannt. Und so kam es vor etwa 25 Jahren dazu, dass spezielle Wünsche an sie herangetragen wurden. Das erste Portrait zeigte auf einer großen Leinwand den Komponisten Robert Schumann, angefertigt nach einer Radierung im Taschenbuchformat. Es folgten viele Musiker, Wissenschaftler, Familienangehörige usw. Auch viele Geowissenschaftler wurden portraitiert. Es begann mit Alfred Wegener und Serge von Bubnoff und es wurden die verschiedensten Techniken von Acrylmalerei bis hin zu Tuschezeichnungen ausprobiert. Irgendwann stellte sich zwangsläufig die Frage, was passiert mit den vielen Portraits? Das Ergebnis ist das vorliegende Buch. Hier sind in einer nicht ganz willkürlichen, aber dennoch unvollständigen Sammlung 50 wegbereitende Geowissenschaftler versammelt, die alle auf ihre eigene Weise die Geowissenschaften vorangebracht haben. Wir haben versucht, die Breite der Geowissenschaften mit ihren Bereichen Geologie, Geophysik, Mineralogie und Paläontologie darzustellen. Hinzu kommen als Vorläufer die Naturgelehrten und Geognosten, die, beginnend im 16. Jahrhundert, die Grund-

lagen für geowissenschaftliche Forschungen gelegt haben und grundsätzliche Zusammenhänge erkannten. Es ist aufgrund der Vielzahl der Personen nicht möglich, einen vollständigen Überblick über alle diejenigen zu vermitteln, die an der Entwicklung der Geowissenschaften mitgewirkt haben. Dennoch versuchen wir, ein möglichst breites Bild der Entwicklung zu zeigen, wenngleich eine gewisse Färbung in Richtung des wichtigsten Paradigmas der Geowissenschaften, der Theorie der Plattentektonik, nicht zu leugnen ist. Die kurzen Lebensbeschreibungen der im Buch vertretenen Geowissenschaftler wurden nach allgemein zugänglichen Unterlagen und Daten gestaltet. Im einführenden Kapitel wird gezeigt, wo die einzelnen Wegbereiter ihren Platz in der Geschichte der geowissenschaftlichen Forschung haben.

Sollte sich der eine oder andere fachliche Fehler eingeschlichen haben, würden wir uns über Kommentare und Anregungen freuen (E-Mail: meschede@uni-greifswald.de).

Marianne und Martin Meschede
Hannover und Greifswald, im Mai 2018

In dieser 2. Auflage wurden kleinere Fehler und stilistische Feinheiten korrigiert.

Januar 2023

Inhalt

Wegbereiter der Geowissenschaften – 50 Geowissenschaftler im Portrait	1	Hans Cloos	60
Georgius Agricola	8	Franz Lotze	62
Nicolaus Steno(nis)	10	Andrija Mohorovičić	64
James Hutton	12	Inge Lehmann	66
Abraham Gottlob Werner	14	Charles Francis Richter	68
Friedrich Mohs	16	Alfred Wegener	70
Déodat Gratet de Dolomieu	18	Émile Argand	72
Georges Cuvier	20	Otto Ampferer	74
Charles Robert Darwin	22	Arthur Holmes	76
Charles Lyell	24	Alexander Logie du Toit	78
Louis Agassiz	26	Maurice Ewing	80
Otto Martin Torell	28	Marie Tharp	82
William Smith	30	Harry Hammond Hess	84
Leopold von Buch	32	John Tuzo Wilson	86
Alexander von Humboldt	34	Robert Sinclair Dietz	88
Alexandre Brongniart	36	Drummond Hoyle Matthews	90
Ernst Friedrich von Schlotheim	38	Frederick Vine	92
Joachim Barrande	40	W. Jason Morgan	94
Friedrich August (von) Quenstedt	42	John Frederick Dewey	96
Bernhard von Cotta	44	Eugen Seibold	98
Léonce Élie de Beaumont	46	Henry Fairfield Osborn	100
James Dwight Dana	48	Arnold Bouma	102
Eduard Suess	50	Adolf (Dolf) Seilacher	104
Gustav Steinmann	52	Walter Alvarez	106
Hans Stille	54	Maße und Maltechniken	108
Franz Kossmat	56	Literatur	109
Serge von Bubnoff	58	Abbildungen / Bildnachweis	113

Wegbereiter der Geowissenschaften – 50 Geowissenschaftler im Portrait

Anhand von 50 ausgewählten Portraits von berühmten Geowissenschaftlern aus fünf Jahrhunderten möchten wir die Entwicklung der Geowissenschaften in ihren verschiedenen Disziplinen ein wenig nachzeichnen. Einen Anspruch auf Vollständigkeit erheben wir nicht, denn das wäre in diesem Rahmen nicht erreichbar. Wir haben versucht, aus den vier großen Disziplinen der Geowissenschaften, der Geologie, Mineralogie, Paläontologie und Geophysik, bedeutende Wissenschaftler herauszusuchen, die bahnbrechende Erkenntnisse beigetragen haben und so zu Wegbereitern für nachfolgende Generationen wurden. Und es sind auch solche dabei, die ihrer Wissenschaft große Dienste erwiesen haben, die sich aber in späteren Lebensjahren neuen Erkenntnissen, die ihren eigenen Theorien widersprachen, nicht mehr öffnen konnten.

Die Ursprünge der Geowissenschaften liegen einerseits im Auffinden von Rohstoffen. Schon unsere Vorfahren in der Steinzeit bauten Salz und Erze für den täglichen Gebrauch oder zur Herstellung von Geräten und Waffen ab. Andererseits ist es ein uralter Wunsch der Menschheit, die Welt zu verstehen. Daraus erwuchsen Religionen, die versuchen ein Weltbild zu schaffen, das Erklärungen für die oftmals als bedrohlich empfundenen Naturphänomene bietet, denen die Menschheit zu allen Zeiten begegnete. Während die Suche nach Rohstoffen das systematische Wissen über deren Vorkommen und die Möglichkeiten ihrer Nutzung mehrte, wurden die alten mythologischen Vorstellungen über die Beherrschung der Erde nach und nach durch rationale, frühwissenschaftliche Erkenntnisse ersetzt. Nicht mehr die Götter waren die Urheber von Erdbeben, sondern Bewegungen der auf einem Urozean schwimmenden Erdscheibe. Und schon in der Antike beschäftigte man sich mit der Entstehung von Gesteinen, wobei man zu der Überzeugung gelangte, dass alle Dinge aus dem Wasser heraus entstanden seien, eine frühe Form des bis in das 19. Jahrhundert hinein diskutierten Neptunismus. Es entwickelten sich Vorstellungen über die Entstehung der belebten Welt, die z.T. erstaunliche Ähnlichkeiten mit der modernen Evolutionstheorie haben: die Lebewesen seien in einem feuchten Medium entstanden und der Mensch habe sich schließlich aus einem fischartigen Lebewesen heraus entwickelt. Muscheln und andere im Meer lebende Tiere, die man als Versteinerungen in meeresfernen Gegenden fand, erkannte man als Zeugen für die Hebung von Gebirgen, die einstmals im Meer gelegen haben. Aristoteles (384–322 v. Chr.) entwarf eine Lehre der Umwandlung, bei der durch das Eindringen von Sonnenstrahlen in den Erdkörper Gesteine und Metalle voneinander abgetrennt werden. Da aber Bergbau und Lagerstättenkunde in der Antike als schmutzige Arbeiten galten, wurden insgesamt nur wenige geowissenschaftliche Beobachtungen gemacht. Eratosthenes (ca. 276/273–191 v. Chr.) wies bereits zu seiner Zeit nach, dass die Erde eine Kugel ist und berechnete deren Umfang mit erstaunlicher Genauigkeit. Er gilt deswegen auch als der Begründer der wissenschaftlichen Geographie.

Im Mittelalter ging einiges an Wissen, das in der Antike bereits angesammelt worden war, wieder verloren, doch sind manche Überlieferungen über die Vorstellungen dieser Zeit auch später verfälscht worden. So wurde immer wieder

behauptet, dass die christliche Lehre die Kugelgestalt der Erde nicht akzeptieren würde und die Erde erneut als eine flache Scheibe ansehe. Den Menschen zu dieser Zeit war aber durchaus klar, dass die Erde eine Kugel ist und auch die Kirche lehrte dies, indem sie darauf verwies, dass die Erde wie ein Apfel beschaffen sei. Der Reichsapfel des Heiligen Römischen Reiches zeigt, dass man keinen Zweifel an der Kugelgestalt der Erde hatte. Im arabischen Raum blühte die Wissenschaft im Mittelalter auf und man begann, die Minerale zu klassifizieren. Auch hatte man schon durchaus modern anmutende Vorstellungen von Sedimentation und Erosion und der Wirkung des Wassers. In Europa gelangten vor allem die Erze in das Zentrum der Betrachtungen, vor allem der Alchemisten. Man erklärte ihre Entstehung mithilfe von Destillationsvorgängen, wobei die Erze durch die Hitze im Erdinneren in Poren und Risse der Erdkruste getrieben werden, eine Vorstellung, die nicht allzu fern von der heutigen Erklärung ist. Das Alter der Erde wurde nach der Bibel errechnet und mit etwa 6000 Jahren angegeben. Die Sintflut war danach das einzige Ereignis, das die Gestalt der Erde noch wesentlich beeinflusste. Sie wurde auch herangezogen, um Fossilien zu erklären, die weitab von Meeren und oft in großen Höhen in Gebirgen gefunden wurden.

Anfang des 16. Jahrhunderts wurden die ersten Grundlagen für die modernen Geowissenschaften gelegt. Georgius Agricola (s. S. 8) hat in seinem Hauptwerk „*De re metallica libri XII*“ den Bergbau zu seiner Zeit in allen Facetten beschrieben und mit seinem Handbuch „*De natura fossilium*“ das erste brauchbare Handbuch der Mineralogie geschaffen. Ein Jahrhundert nach ihm erkannte Nicolaus Steno (s. S. 10) grundlegende Zusammenhänge, aus denen sich die ersten Gesetze ableiteten, so z.B. das Gesetz der ursprünglichen Horizontalität abgelagerter Sedimente und dass die Schichten erst nachträglich durch einwirkende Kräfte verstellt oder verfaltet werden. Mit ihm begann man über die Erdgeschichte nachzudenken, doch bereitete dies noch längere Zeit Probleme, da man die geologischen Befunde nicht mit der biblischen Zeitrechnung in Einklang bringen konnte. Ende des 18. Jahrhunderts teilte Giovanni Arduino (1735–1795) die Gesteine der Erdkruste in Primär, Sekundär, Tertiär und Quartär ein. Die ersten beiden Begriffe lassen sich ungefähr mit dem heutigen Paläozoikum und Mesozoikum korrelieren, das Tertiär wird in Paläogen und Neogen unterteilt, während das Quartär auch heute noch als stratigraphischer Begriff verwendet wird.

James Hutton (s. S. 12) beschrieb in seiner „*Theory of the Earth*“ Mitte des 18. Jahrhunderts einen kontinuierlichen Entwicklungskreislauf. Lockermaterialien werden ins Meer geschwemmt und durch vulkanische Prozesse wieder an die Oberfläche gebracht, wo sie erneut der Abtragung unterliegen. Er deutete auf diese Weise eine Winkeldiskordanz im berühmten Aufschluss am Siccar Point in Schottland, die heute als „*Hutton's Unconformity*“ bezeichnet wird. Hutton ging davon aus, dass die langsam wirkenden geologischen Prozesse in der Vergangenheit ähnlich abliefen wie heute und begründete damit das Prinzip des **Uniformitarianismus** (oder Aktualismus). Gleichzeitig stellte er damit das biblische Alter der Erde in Frage. Hutton gilt heute als Begründer der Geologie als eigener Wissenschaft. Die Mineralogie erreichte eine

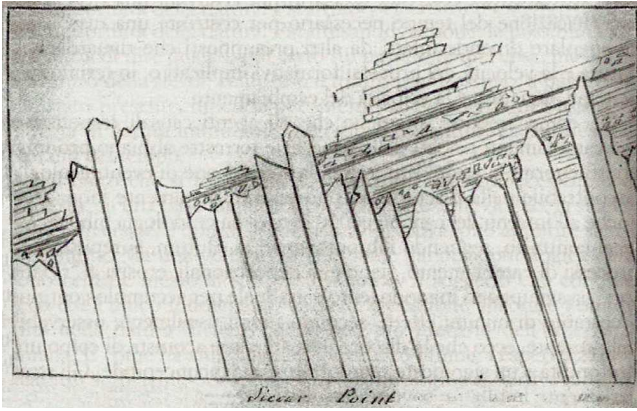


Abb. 1. Hutton's Unconformity am Siccar Point, gezeichnet von Sir James Hull, 1788, während einer Exkursion mit James Hutton.

erste Eigenständigkeit durch Abraham Gottlob Werner (s. S. 14), der die Lehre von den damals noch als „Fossilien“ bezeichneten Mineralen, von ihm als Oryctognosie bezeichnet, von der Geognosie als der Lehre von den Gebirgsarten und Mineralgemengen abtrennte. Weiterentwickelt wurde die Mineralogie von seinem Schüler Friedrich Mohs (s. S. 16), der ein Konzept für die Kristallsysteme der Minerale vorstellte. Déodat de Dolomieu (s. S. 18) erkannte, dass es in den Alpen ein dem Kalkstein ähnliches Gestein gab, das jedoch ganz andere mineralogische Eigenschaften aufwies. Dies Gestein wurde später nach ihm als Dolomit benannt.

Werner war zugleich auch der Hauptvertreter des **Neptunismus**, der seine Wurzeln schon in der Antike hat und besagt, dass alle Gesteine und Mineralien im Wasser gebildet werden und auch alle Veränderungen der Erdoberfläche durch den Einfluss des Wassers entstehen. Dieser Ansicht entgegen stand der **Plutonismus**, der zumindest zum Teil von Hutton vertreten wurde und besagt, dass alle Gesteine im Erdinneren durch vulkanische oder plutonische Kräfte entstehen. Ende des 18. und Anfang des 19. Jahrhunderts entstand eine heftige wissenschaftliche Kontroverse über diese beiden theoretischen Ansätze. Zwar wird oft gesagt, dass die Plutonisten diesen Streit am Ende gewonnen hätten, doch darf man nicht vergessen, dass eine ganze Reihe von Prozessen, die von den Neptunisten erklärt wurden, in die heutigen Ansichten eingeflossen sind. Die Entstehung der Granite und Basalte als chemische Ausfällungen aus den Wassern eines Urozeans widerlegten die Plutonisten, doch konnten sie die Entstehung von Salzstöcken nicht als magmatische Intrusion erklären. Die bereits von Werner beschriebenen heißen wässrigen und mineralhaltigen Lösungen, die von den Plutonisten bestritten wurden, sind ebenfalls in der heutigen Entstehungstheorie verwurzelt.

Eine weitere Kontroverse entbrannte über den Einfluss von katastrophalen Ereignissen. Georges Cuvier (s. S. 20) war einer der Hauptvertreter der **Kataklysmentheorie** (oder Katastrophentheorie), die besagt, dass eine Reihe von sintflutartigen Überschwemmungskatastrophen wiederholt zum Aussterben vieler regionaler Arten und zum Artenwechsel im Verlauf der Zeit führten. Er war der Ansicht, dass die Arten unveränderlich sind und nach jedem Aussterbeereignis neu

erschaffen wurden. Beide Theorien gelten heute als wissenschaftlich widerlegt. Zu den Befürwortern der Kataklysmentheorie zählte auch Louis Agassiz (s. S. 26), der darauf aufbauend erstmals die Theorie entwarf, dass Gletscher einstmalige weite Teile Europas und des Alpenraumes bedeckten. Er beantwortete damit die Frage, weshalb man oft große Gesteinsblöcke in Gebieten findet, wo sie geologisch offensichtlich nicht ihren Ursprung hatten und deshalb über weite Strecken transportiert worden sein mussten. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts verlor die Kataklysmentheorie allmählich an Zuspruch und wurde mehr und mehr durch den **Aktualismus**, der von einer langsamen, sich stetig verändernden Erde ausgeht, verdrängt. Das von Hutton aufgestellte Aktualismusprinzip wurde von Charles Lyell (s. S. 24) weiterentwickelt und in seinem Buch „*Principles of Geology*“ verbreitet. Dieses Buch hatte einen immensen Erfolg und wurde in 12 Auflagen immer weiter verbessert. Es hatte unmittelbaren Einfluss auf Charles Darwin (s. S. 22), der es mit auf seine Weltreise nahm und seine geologischen Beobachtungen im Wesentlichen danach interpretierte und dokumentierte. Darwin ist mit seiner Evolutionstheorie, die er 1859 mit seinem Werk „*On the Origin of Species*“ veröffentlichte, nicht in erster Linie ein Geowissenschaftler, doch hat er mit seiner Theorie auch die Geowissenschaften ganz entscheidend beeinflusst und zählt somit ebenso zu den Wegbereitern der Geowissenschaften. Die von Lyell in seinem Hauptwerk formulierte Drifttheorie, nach der eiszeitliche Ablagerungen sämtlich durch Eisberge transportiert werden, wurde von Otto Torell (s. S. 28) ein halbes Jahrhundert später widerlegt. Torell formulierte die **Inlandeistheorie**, die er mit Argumenten wie z.B. durch Gletscher verursachte Strömungen in Norddeutschland untermauern konnte.

Die Erstellung geologischer Karten begann im frühen 19. Jahrhundert. William Smith (s. S. 30) fertigte 1815 die erste umfassende geologische Karte von England und Wales an: sie ging in die Wissenschaften als „*Die Karte, die die Welt veränderte*“ ein (Abb. 2). Er wandte das von Steno erkannte stratigraphische Prinzip konsequent an, indem er die Faunenzusammensetzungen bestimmter Gesteinsabfolgen als typisch charakterisierte und zur Korrelation über größere Strecken nutzte. Sein Zeitgenosse Leopold von Buch (s. S. 32) prägte dafür den Begriff **Leitfossil**, mit deren Hilfe eine relative Datierung und die Korrelation bestimmter Schichten mit gleichen Fossilien ermöglicht wurde. Dieses Prinzip wandten auch Cuvier und Alexandre Brongniart (s. S. 36) an. Cuvier gilt als der Begründer der modernen Paläontologie, der sich vor allem mit der Systematik der fossilen Lebewesen auseinandersetzte. Sowohl Brongniart als auch Ernst von Schlotheim (s. S. 38) gingen noch einen Schritt weiter, indem sie das aktualistische Prinzip Huttons auf die Fossilien anwendeten. Sie hatten damit das Prinzip der **Fazies** erkannt, wenngleich sie es auch noch nicht so nannten. Friedrich August Quenstedt (s. S. 42) fertigte in Württemberg geologische Kartenblätter an und wandte sich besonders dem Jura und seiner stratigraphischen Untergliederung zu. Die Gliederung des Jura in drei Stufen geht auf ihn zurück. Seine feinstratigraphische Untergliederung war bis in die 70er Jahre des 20. Jahrhunderts offiziell in Gebrauch.

Ähnlich wie Smith erstellte Bernhard von Cotta (s. S. 44) eine sehr detailreiche geologische Karte des Königreichs Sachsen. Dieses Werk galt als vorbildlich und wurde als Mus-

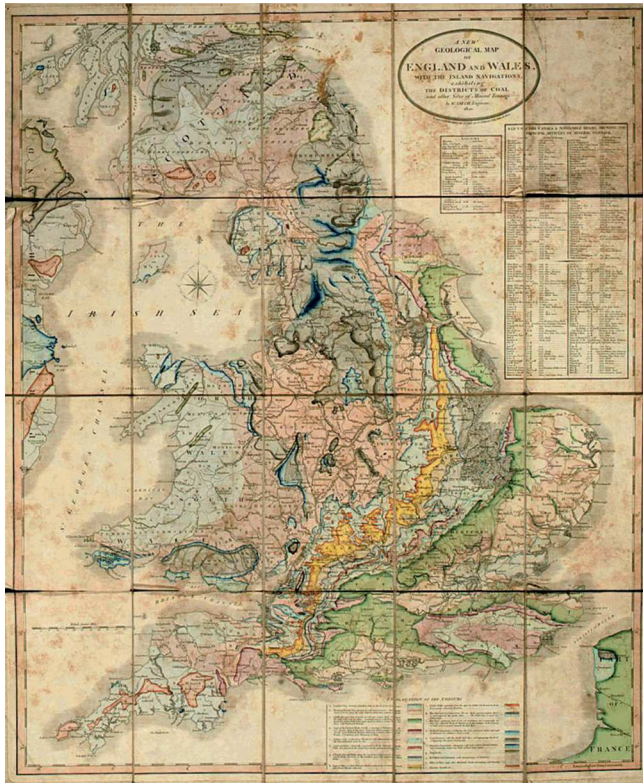


Abb. 2. Geologische Karte von England und Wales, 1815 publiziert von William Smith.

ter für viele nachfolgende Kartenwerke, wie sie später z.B. von der Preußischen Geologischen Landesanstalt herausgegeben wurden, herangezogen. Von Cotta brachte darüber hinaus die geologische Wissenschaft einem breiten Publikum näher, indem er zahlreiche Bücher veröffentlichte, die auch interessierte Laien verstanden, darunter „*Geologische Bilder*“ (1852), seine „*Geologie der Gegenwart*“ (1866) und die „*Briefe über Humboldt's Kosmos*“ (1848–56), mit denen er auch die Forschungen Alexander von Humboldts (s. S. 34) weiter verbreitete. Humboldt war ein Universalgelehrter, der in vielen Naturwissenschaften, insbesondere aber in der physischen Geographie und Klimatologie Grundlegendes geleistet hat. Seine Arbeiten bilden den Grundstein für die moderne Geographie und Klimatologie. In Frankreich erstellte Léonce Élie de Beaumont (s. S. 46) eine geologische Übersichtskarte des Landes. Er war ein Anhänger der Kataklysmentheorie im Sinne von Cuvier. Da sich aber Gebirgsbildungen weder mit dieser Theorie noch mithilfe des Aktualismusprinzips zufriedenstellend erklären ließen, entwickelte er die Theorie des schrumpfenden Erdkörpers, die **Kontraktionshypothese**, die bis in 20. Jahrhundert hinein als tektonische Grundidee der Gebirgsbildung galt. James Dwight Dana (s. S. 48) nahm die Vorstellung vom schrumpfenden Erdkörper auf und entwickelte sie weiter. Für schmale Rinnen, in denen sich mächtige, oft viele Kilometer dicke Sedimentpakete ansammeln konnten, prägte er den Begriff der **Geosynklinale**. Auch wenn er nicht der Urheber des Konzeptes der Geosynklinale war, so prägte er doch durch diesen Begriff eine Theorie, die

eine lange Zeit die tektonischen Vorstellungen in der Geologie beherrschen sollte. Urheber dieser Theorie, die als **Zyklen-theorie** bekannt wurde, war Hans Stille (s.u.).

Mit paläogeographischen Zusammenhängen befasste sich Franz Kossmat (s. S. 56), der die heute noch gültige Einteilung des paläozoischen Sockels Mitteleuropas in die großtektonischen Einheiten *Rhenoheryzytikum*, *Saxothuringikum* und *Moldanubikum* vornahm. Auch Kossmat war als kartierender Geologe unterwegs, was ihm eine gute geologische Grundlage für seine tektonischen Studien verschaffte. In seinem Werk „*Paläogeographie und Tektonik*“ zeigte er Zusammenhänge zwischen Paläogeographie und Tektonik auf und schloss im Gegensatz zu vielen seiner Zeitgenossen den kurz zuvor von Alfred Wegener (s. u.) entwickelten mobilistischen Ansatz nicht aus.

Mitte und Ende des 19. Jahrhunderts erfuhr die Paläontologie einen bedeutenden Aufschwung. In Böhmen bearbeitete Joachim Barrande (s. S. 40) die dortige sehr reichhaltige paläozoische Fauna vom Kambrium bis ins Devon. In seinem monumentalen Werk „*Système silurien du centre de la Bohême*“ beschrieb er über 3500 verschiedene Arten mit jeweils eigenen lithographischen Darstellungen. In den USA entdeckte und benannte Henry Fairfield Osborn (s. S. 100) eine ganze Reihe von Dinosauriern, darunter erstmalig die wohl berühmtesten Dinosaurier *Tyrannosaurus rex* und *Velociraptor*. Mit seinen streng religiös ausgerichteten Ansichten zur Entwicklungsgeschichte des Menschen stieß er allerdings auf Widerstand. Er konnte es wohl aus ideologischen Gründen nicht akzeptieren, dass der Mensch von einem affenähnlichen, primitiveren Lebewesen abstammen könnte. Mitte des 20. Jahrhunderts etablierte Adolf Seilacher (s. S. 104) mit seinen fundamentalen Arbeiten zu Spurenfossilien einen bis dahin nur untergeordnet betrachteten Zweig der Paläontologie. Er sah die Paläontologie nicht nur unter dem Aspekt der Evolutionsgeschichte, sondern stellte sich immer wieder den Fragen nach dem Warum. In der von ihm so benannten Konstruktionsmorphologie beschrieb er Zusammenhänge zwischen der Entwicklung von Lebewesen und deren Aussehen, die er als Antwort auf die vorgefundenen Lebensbedingungen verstand.

Die Anfänge der Geophysik reichen zurück in das 16. und 17. Jahrhundert, als man begann sich Gedanken zur Entstehung der Gezeiten zu machen. Schon zuvor stellt Nicolaus Copernicus (1473–1543) fest, dass das Wasser der Erde sich in Vertiefungen des Bodens sammle und die Landmasse nicht im Weltmeer schwimme. Johannes Kepler (1571–1630) bereitete mit seinen Planetengesetzen die Grundlage für das von Isaac Newton (1643–1727) beschriebene **Gravitationsgesetz**. Darauf aufbauend beschrieb Pierre Bouguer (1698–1758) die später nach ihm benannten Schwereanomalien. Daraus entwickelte sich dann im Wesentlichen im 19. Jahrhundert das Prinzip der **Isostasie**, das von George Biddell Airy (1801–1892) und John Henry Pratt (1809–1871) in unterschiedlichen Modellvorstellungen beschrieben wurde. Letztlich setzte sich später ein deutlich komplexeres Modell durch, das Ansätze aus beiden Modellen zusammenführte. Die seismische Erkundung des Untergrundes begann erst Anfang des 20. Jahrhunderts. Erste funktionsfähige Seismographen existierten seit ca. 1875. Die zunächst rein mechanischen Geräte wurden ab 1904 nach und nach durch elektrodynamische Geräte ersetzt, nach deren Prinzip auch die

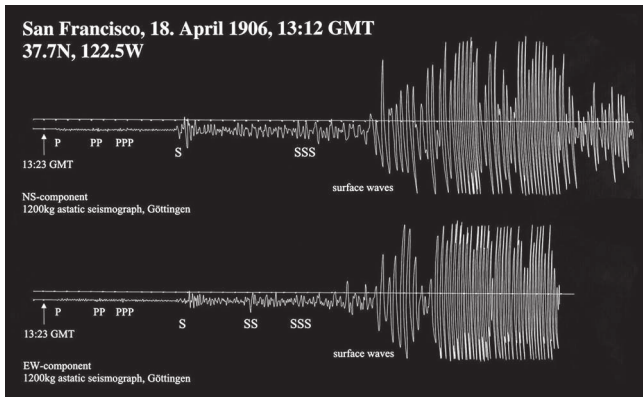


Abb. 3. Aufzeichnung des Erdbebens von San Francisco 1906 durch den ersten Göttinger Seismographen.

heute verwendeten Seismographen arbeiten. Mit dem von Emil Wiechert (1861–1928) entworfenen luftgedämpften Seismographen war es möglich, die weltweite Erdbebenaktivität kontinuierlich aufzuzeichnen (Abb. 3).

Andrija Mohorovičić (s. S. 64) entdeckte 1910 an Seismogrammen, die 1809 bei einem Beben in Serbien aufgezeichnet wurden, dass einige P- und S-Wellen später als erwartet eintrafen. Er führte dies auf eine Grenze in 54 km Tiefe zurück, an der die Wellen gebeugt wurden. Weltweite Untersuchungen bestätigten diese Grenzfläche, die später als Mohorovičić-Diskontinuität genannt wurde. Diese in ihrer heute meist verwendeten Kurzform **Moho** genannte Grenze markiert die Untergrenze der Erdkruste zum lithosphärischen (d.h. festen) Erdmantel. Die Grenze zum Erdkern wurde, nachdem die Existenz des Kerns bereits 1906 von dem britischen Geologen Richard Dixon Oldham (1858–1936) vermutet wurde, 1914 von Beno Gutenberg (1889–1960) in einer Tiefe von 2900 km berechnet. Diese Tiefe gilt auch heute noch, allerdings geht man davon aus, dass die Grenze differiert und die 2900 km einen Mittelwert darstellen. Diese Grenze wird heute als Wiechert-Gutenberg-Diskontinuität bezeichnet. 1936 stellte Inge Lehmann (s. S. 66) fest, dass es noch einen inneren Erdkern gibt. Anhand ihrer Untersuchungen weiß man, dass der äußere Kern flüssig ist und der innere aus festem Material besteht. In den 50er Jahren entdeckte Lehmann noch eine weitere Diskontinuität in einer Tiefe von 190 bis 250 km, die heute als Lehmann-Diskontinuität bezeichnet wird. Mit Gutenberg zusammen entwickelte Charles Francis Richter (s. S. 68) 1935 die nach ihm benannte Richterskala, mit deren Hilfe es erstmalig möglich war, die Intensität von Erdbeben anhand der Seismogramme zu bestimmen. Heute wird diese Skala nicht mehr verwendet, da sie vor allem bei schwereren Beben keine vergleichbaren Werte liefert. Stattdessen werden die Erdbebenintensitäten heute mit der Momenten-Magnitudo angegeben.

Ende des 19. Jahrhunderts und in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts war die von de Beaumont aufgestellte Theorie des schrumpfenden Erdkörpers die von den meisten Geowissenschaftlern dieser Zeit akzeptierte Vorstellung. Eduard Suess (s. S. 50) erweiterte die von Dana formulierte Geosynklynaltheorie für die Alpen. Er sah in den nördlichen Alpen den

Grund eines ehemaligen Ozeans, von dem das Mittelmeer nur noch einen kleinen Rest darstellt und nannte den heute nicht mehr existierenden Ozean **Tethys**. Er erkannte auch, dass heute getrennte Kontinente ehemals zusammengehangen haben mussten und nannte den südlichen Großkontinent **Gondwana**. Beide Begriffe, Gondwana und Tethys, werden auch heute noch verwendet, obwohl die dahinter stehenden Grundideen von Suess nicht mehr akzeptiert werden. Insgesamt hatte Suess einen enormen Einfluss auf das Gesamtverständnis der Geowissenschaften. Von ihm stammen viele übergeordnete Begriffe, die bezeugen, dass er sich vor allem mit dem Gesamtbild der Erdentstehung auseinandersetzte. Hans Stille (s. S. 54) deutete die geologische Geschichte Europas als eine wiederholte Abfolge von tektonischen und magmatischen Stadien, die er als geosynklynal, orogen, quasi-kratonisch und kratonisch beschrieb. Diese Stadien bildeten die Grundlage seiner Zyklen-theorie. Stille war überzeugt von der Kontraktionshypothese und blieb bis zu seinem Lebensende ein entschiedener Gegner der Kontinentaldriftheypothese. Serge von Bubnoff (s. S. 58) war zu seiner Zeit zwar ebenfalls mit der Kontraktionshypothese konfrontiert und versuchte sich mit ihr zu arrangieren, doch erkannte er schon die sich in den 50er Jahren allmählich abzeichnenden Veränderungen, denen er durchaus offen gegenüberstand. Gustav Steinmann (s. S. 52) erkannte den Zusammenhang zwischen Tiefseesedimenten, pelagischen Kalken und magmatischen Gesteinen wie serpentinierten Peridotiten, Gabbros und Basalten. Diese als „Steinmann-Trinität“ in die geowissenschaftliche Literatur eingegangene Beziehung war ein wichtiger Schritt auf dem Weg zur Theorie der Plattentektonik, nimmt sie doch die Gesteinsabfolge eines später so benannten **Ophioliths** vorweg. Sowohl Hans Cloos (s. S. 60) als auch Franz Lotze (s. S. 62) stammten aus der Stille'schen Tradition, die als Fixisten galten. Cloos erforschte die Grabenbruchtektonik anhand von Modellversuchen und beschäftigte sich mit Bewegungsrichtungen in magmatischen Körpern, die er als Granittektonik zusammenfasste. Lotze befasste sich mit Themen, die später unter plattentektonischen Aspekten ganz in seinem Sinne interpretiert wurden. Er nahm mit seiner Deutung komplexer Bewegungen von tektonischen Schollen in Dehnungsgebieten die Funktionsweise von Spreizungs-zonen und Tripelpunkten vorweg. Sowohl Lotze als auch Cloos erarbeiteten tektonische Konzepte, die auch im Licht der plattentektonischen Theorie ihre Gültigkeit nicht verloren haben.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts kamen insbesondere auf dem Gebiet der Tektonik eine ganze Reihe von neuen Ideen auf, darunter der Deckenbau in den Alpen oder die sich bewegenden Kontinente. Die Grundidee der plattentektonischen Theorie stammt von Alfred Wegener (s. S. 70), der sie als **Kontinentaldrifttheorie** bezeichnete (Abb. 4). Die Veröffentlichung seiner Thesen erfolgte erstmalig 1912 in einem Vortrag vor der Deutschen Geologischen Gesellschaft und in seiner Publikation von 1915: „*Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*“. Wegener war zwar nicht der erste, dem die Passform der südamerikanischen Ostküste mit der afrikanischen Westküste auffiel, doch gelang es ihm, eine Reihe von Argumenten zusammenzutragen, die auf einen früheren zusammenhängenden Urkontinent, den er **Pangäa** nannte, hinwiesen. Er stellte damit die Landbrückenhypothese, die bis dahin zur Erklärung gleicher Faunen oder Floren auf den entfernten Kontinenten herangezogen wurde, in Frage.

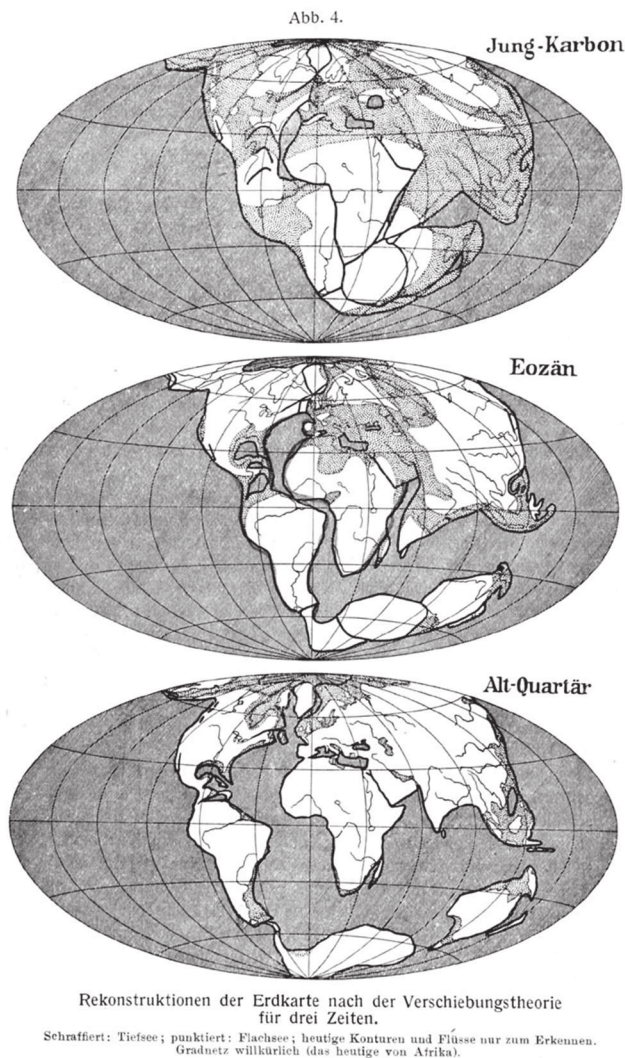


Abb. 4. Kontinentaldrifttheorie nach Wegener (4. Auflage, 1929).

Er konnte nachweisen, dass ein Versinken der Landbrücken aufgrund der physikalischen Gegebenheiten der Isostasie nicht möglich ist. Ähnlichkeiten von Gesteinsformationen und identische Faunen- und Florenvergesellschaftungen von gleichaltrigen Fossilien lieferten ihm Argumente für die frühere Zusammengehörigkeit der Kontinente. Die Nord-Süd-Verschiebung der Kontinente konnte er anhand von klimatisch bedingten Zeugen nachweisen: in der Antarktis finden sich Kohlen, die sich nur unter tropischen Bedingungen bilden können, andererseits gibt es in der Sahara durch Gletscher gebildete Sedimente, die sich heute in der Nähe des Äquators befinden. Seine Rekonstruktion der Kontinentalverschiebung zeigt insbesondere für die Karbonzeit die am Südpol konzentrierte Position der heute auf allen Südkontinenten verteilt liegenden Gletscherspuren. Komplementär dazu ordnen sich die Kohlevorkommen um den damaligen Äquator herum an.

Wegener hatte aber ein Problem damit, die Ursache für die Kontinentalverschiebung zu erklären. Diesem Umstand

ist es zu schulden, dass es noch weitere 50 Jahre brauchte, bis sich die Theorie der Plattenverschiebung schließlich durchsetzen konnte. Wegener hatte in seinen letzten Jahren das Grundprinzip der Spreizung an einem mittelozeanischen Rücken eigentlich schon vorausgesehen, allerdings brachte er die Neubildung ozeanischer Kruste noch nicht als formenden Faktor mit ein. Zunächst betrachtete er die Kontinente als „schwimmende“ Blöcke auf einer Unterlage aus ozeanischer Kruste. Als Beleg dienten ihm die jungen Faltengebirge, die ähnlich einer Bugwelle an den Stirnseiten der wandernden Kontinente entstanden. Ihm wurde aber insbesondere von Kossmat entgegengehalten, dass die ozeanische Kruste viel zu fest sei, als dass die Kontinente einfach „hindurchpflügen“ könnten. Basierend auf der **Unterströmungstheorie** von Otto Ampferer (s. S. 74), die dieser bereits 1906 zur Erklärung großer tektonischer Deckenbewegungen in den Alpen formuliert hatte, brachte Robert Schwiner (1878–1953) thermisch bedingte Strömungen im Erdinneren ins Spiel, auf die Wegener in der 4. Auflage seines Werkes über die Kontinentalverschiebung einging.

Dieser Prozess wird heute im Allgemeinen als Motor der Plattenbewegungen angesehen. Wegener erlebte den Durchbruch seiner Theorie nicht mehr mit, denn er kam nur ein Jahr nach der Veröffentlichung seiner 4. Auflage in Grönland ums Leben. Arthur Holmes (s. S. 76) entwarf, basierend auf seinen Studien zur Radioaktivität und geologischen Zeiträumen, bereits 1919 ein Modell, bei dem die Kontinente, die auf dem Mantel aufliegen, durch die **Konvektionsströmungen** in einer extrem langsamen Bewegung transportiert werden (Abb. 5). Auch Émile Argand (s. S. 72) kam schon bald nach der Veröffentlichung der Wegener'schen Kontinentaldrifttheorie zu der Ansicht, dass dies der Motor für Gebirgsbildungen sei. Das von ihm als mobilistisch (im Gegensatz zu fixistisch) bezeichnete Konzept nutzte er als Rahmen für eine neue Interpretation der Entwicklung des Himalayas. Er vermutete, dass sich Indien unter Eurasien schob und damit den Himalaya hochdrückte. Der südafrikanische Geologe Alexander Logie du Toit (s. S. 78) führte auf beiden Seiten des Atlantiks in Namibia und Südafrika auf der afrikanischen Seite sowie in Argentinien, Paraguay und Brasilien auf der südamerikanischen Seite vergleichende Studien in ähnlichen Gebirgsformationen durch. Die Ergebnisse zeigten ihm, dass die Strukturen sich unmittelbar fortsetzen und er wurde deswegen zu einem der frühesten Befürworter der Thesen Wegeners.

In den 50er Jahren entdeckte man anhand der Lokation von tiefen Erdbeben die Subduktionszonen. Sie wurden völ-

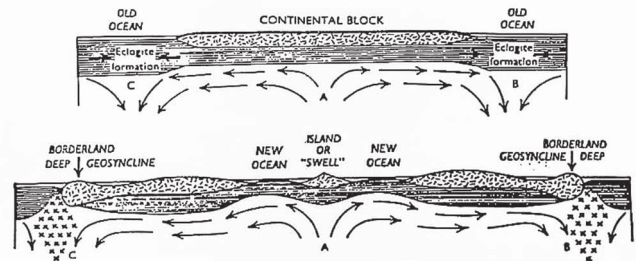


Abb. 5. Konvektionsströmungen als Motor der Plattenbewegungen nach Holmes, 1919.



Abb. 6. Ozeanbodenkarte des Atlantiks, 1968 publiziert von Bruce Heezen und Marie Tharp.

lig unabhängig von dem Amerikaner Hugo Benioff (1899–1968) und dem Japaner Kiyoo Wadati (1902–1995) entdeckt, weshalb man die in den Erdmantel abtauchende Zone heute als **Wadati-Benioff-Zone** bezeichnet. Die Entdeckung dieser Zonen war ein wichtiger Schritt auf dem Weg zur Plattentektonik. Maurice Ewing (s. S. 80) war ein äußerst kreativer Geophysiker, der sich vor allem mit der Verbesserung geophysikalischer Messmethoden im marinen Bereich beschäftigte. Er konnte nachweisen, dass die ozeanische Kruste in allen Ozeanbecken gleich aufgebaut ist, sich aber fundamental von der kontinentalen Kruste unterscheidet. Zusammen mit seinen Mitarbeitern Bruce Heezen (1924–1977) und Marie Tharp (s. S. 82) erstellte er die ersten detaillierten morphologischen Karten der Ozeane (Abb. 6). Zwar hatte er selbst noch lange Zweifel an den Deutungen insbesondere von Marie Tharp, bekannte sich aber schließlich auch zu der Interpretation der weltweit vorkommenden zentralen Grabenstrukturen als Riftgräben auf den mittelozeanischen Rücken.

Harry Hammond Hess (s. S. 84) entdeckte während seiner U-Boot Fahrten im Zweiten Weltkrieg, bei denen er kontinuierliche Echolot-Aufzeichnungen erstellte, versunkene Atolle, die er als Guyots bezeichnete (Abb. 7). 1960 entwickelte er das Konzept der **Ozeanbodenspreizung**, wonach an langgestreckten Rücken, die sich über die gesamten Ozeane der Welt hinweg verfolgen lassen, kontinuierlich neue ozeanische Kruste entsteht. Er stellte dies auch in einen Zusammenhang

mit den Tiefseerinnen über den Subduktionszonen, in denen die ozeanische Kruste wieder in den Erdmantel hineingezogen wird. Hess war aber auch klar, dass die nötigen geophysikalischen Beweise für sein Konzept noch fehlten. Gleichzeitig, jedoch unabhängig von Hess formulierte auch Robert Dietz (s. S. 88) das Konzept der Ozeanbodenspreizung, die er erstmalig als „*seafloor spreading*“ bezeichnete, der Begriff für diesen Vorgang, der auch heute noch dafür verwendet wird. Die Nachweise für die Ozeanbodenspreizung erbrachten schon kurze Zeit später Frederick Vine (s. S. 92) und Drummond Matthews (s. S. 90) mit ihren Arbeiten zu den parallel zum mittelozeanischen Rücken angeordneten magnetischen Anomalien. Das Konzept der Ozeanbodenspreizung verhalf damit der zu dieser Zeit immer noch vielfach abgelehnten Theorie der Kontinentaldrift von Alfred Wegener schließlich zu ihrem Durchbruch. John Tuzo Wilson (s. S. 86), anfangs noch ein Anhänger der Kontraktionshypothese, wurde zu Beginn der 60er Jahre ein glühender Verfechter der **Plattentektonik**. Er erkannte, dass große Störungssysteme wie die Great Glen Fault in Schottland und die Cabot Fault in Kanada vor der Öffnung des Atlantiks zu einem gemeinsamen Störungssystem gehörten. Außerdem stellte er fest, dass es neben den mittelozeanischen Rückensystemen eine weitere Quelle für Vulkanismus geben musste, der zur Bildung von untermeerischen Bergen und Inseln führte. Er schlug das Konzept des ortsstabilen **Hotspots** vor, mit dem es z.B. anhand der Inselkette von Hawaii und der dazugehörigen Emperor-Seamountkette möglich war, Plattenbewegungsrichtungen und -geschwindigkeiten zu berechnen. Sein wichtigster Beitrag zur Theorie der Plattentektonik war jedoch die Erkenntnis der **Transformstörungen** als verbindendes geometrisches Element. An Transformstörungen werden divergente oder konvergente Plattenbewegungen in laterale Bewegungen entlang der Transformstörungen umgewandelt (transformiert). Schließlich beschrieb Wilson das Entstehen und Vergehen eines Ozeans im Sinne eines Zyklus. Er beschrieb, wie sich ein Ozean öffnet und am Ende auch wieder schließt – ein sich ständig wiederholender Prozess, der heute in der Plattentektonik als **Wilson-Zyklus** bezeichnet wird.

Jason Morgan (s. S. 94) definierte 1968 drei fundamentale Typen von Plattengrenzen, die mittelozeanischen Rücken, die Subduktionszonen und die Transformstörungen (Abb. 8). Diese Arbeit gilt neben der Veröffentlichung von Bryan Isacks (*1936), John Ertle Oliver (1923–2011) und Lynn Sy-

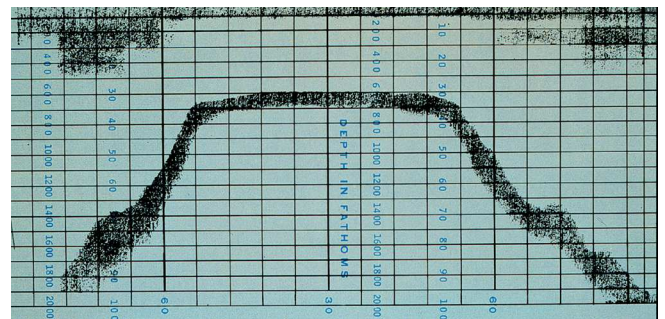


Abb. 7. Historische Echolot-Aufzeichnung des ersten von Harry Hess entdeckten Guyots, vermutlich in der Nähe des Eniwetok-Atolls.