

Wissenschaftsgeschichte

	Didaktische Hinweise	278
	Schüleraktivitäten	
G 1	Biblische Theorien	279
G 2	Aufklärung und Aktualismus	281
G 3	Die Kontraktionstheorie	283
G 4	Die Expansionstheorie	285
G 5	Alfred Wegeners Theorie der Kontinentaldrift	287
G 6	Historische geowissenschaftliche Theorien: Übersicht	289
G 7	Entdeckungen am Meeresboden	290
G 8	Die Interpretation durch Harry Hess	291
G 9	Mit neuen Technologien die Erde erkunden – der Meeresboden	292
G 10	Der Blick in die Erde: Seismologie und Seismik	293
G 11	Forschungsbohrungen erkunden die Erde	294
G 12	Die Magnetstreifen auf dem Meeresboden: Beweis für die Ozeanbodenspreizung	295



G

Wissenschaftsgeschichte

Didaktische Hinweise

CD | Alle Arbeitsblätter sowie separat die Grafiken der Arbeitsblätter.

Die wichtigsten Ziele und Inhalte in diesem Modul sind:

- Die Beschäftigung mit ausgewählten historischen Auffassungen von Aufbau und Veränderung der Erde befähigt die Schülerinnen und Schüler dazu, den aktuellen Forschungsstand als lediglich momentan gültig einzuschätzen.
- In Vernetzung mit den Fächern Religionslehre und Geschichte wird die Rolle der Kirche und der Aufklärung für die Entwicklung der Naturwissenschaften bewusst gemacht.
- Am Beispiel von Alfred Wegener soll den Schülerinnen und Schülern bewusst werden, dass es auch in der Naturwissenschaft nicht genügt, „Recht zu haben“, sondern dass Hypothesen in Wissenschaftskreisen akzeptiert werden müssen.
- Es muss sorgfältig unterschieden werden zwischen Beobachtungen und Interpretationen.

Dass das gesellschaftliche Umfeld die Rahmenbedingungen für die Entwicklung der (geowissenschaftlichen) Forschung darstellt, soll in zwei Schritten erarbeitet werden:

Schritt 1: Historische geowissenschaftliche Erklärungsansätze

In einem Expertenpuzzle erarbeiten die Schüler die Entwicklung von den deduktiven theologischen Theorien (Schöpfungsgeschichte, Sintfluttheorie) zu den induktiven naturwissenschaftlichen Theorien (Aktualismus, Kontraktions- und Expansionstheorie) bis hin zu Alfred Wegeners Kontinentaldrift. Aus der Vielzahl der historischen geowissenschaftlichen Ansätze wurden diejenigen ausgewählt, die die Entstehung und Abtragung von Gebirgen zum Thema haben.

Dabei erarbeiten Gruppen von fünf Schülern die verschiedenen Theorien arbeitsteilig (je ein Schüler liest einen Text G1 – G5), um sich dann gegenseitig als Experten die Theorien vorzustellen und die Ergebnisse in Tabelle G 6 zu fixieren.

Alternativ erarbeiten sich fünf Gruppen von Schülern jeweils eine der fünf geowissenschaftlichen Erklärungsansätze (G 1 – G 5). Die Gruppen präsentieren anschließend kurz ihre Ergebnisse; alle Schülerinnen und Schüler erhalten so einen Überblick über fünf Erklärungsansätze, den sie in einer Tabelle festhalten (G 6).

Schritt 2: Von der Entdeckung der mittelozeanischen Rücken zur Theorie der Plattentektonik

Die seismische Analyse unseres Planeten ermöglichte die Erkenntnis des Schalenbaus der Erde und die Hypothese von den Konvektionsströmungen als Ursache für die horizontale Bewegung der tektonischen Einheiten der Erdkruste (► Modul A, ↗ Kap. 3.2).

G 7 zeigt die Beobachtungen der Ozeanographie (mittelozeanische Rücken mit Zentralpalte) auf, die von Harry Hess (G 8) interpretiert wurden. Mit den Arbeitsblättern G 9 – G 12 werden technologische Fortschritte und der darin begründete Erkenntnisgewinn für die Geowissenschaften anhand von Beispielen dargestellt.

Einsatz der Arbeitsblätter

Die Schüleraktivitäten zum Modul Wissenschaftsgeschichte richten sich an Lerngruppen der Oberstufe, speziell an W-Seminare.

Biblische Theorien

Arbeitsaufträge an die Schüler

1. Lesen Sie die Quelle von Usshers Theorie.
2. Welche Kraft ist für Veränderungen geographischer Merkmale verantwortlich? Welche Belege gibt es dafür?
3. Fassen Sie Usshers Theorie in einem Satz zusammen und finden Sie einen eingängigen Titel.
4. Welche Tatsachen begründeten die ersten Zweifel an Usshers Theorie?

Infotext

Himmel und Erde seien am Sonntag, dem 23. Oktober 4004 v.Chr. geschaffen worden; am Dienstag dem 25. Oktober hätten sich die Wasser gesammelt und trockenes Festland sei erschienen. Lebewesen und den Menschen habe Gott dann am Freitag, dem 28. Oktober, erschaffen. Die Sintflut ereignete sich im Jahre 2349 v. Chr.. Noah war vom 7. 12. 2349 bis zum 6.5.2348 v. Chr. an Bord seiner Arche. Zu diesen Schlüssen kam James Ussher, der Erzbischof von Irland, in seiner zweibändigen Chronologie der Erdgeschichte, die er 1650/1654 veröffentlichte.

Einzigste Quelle von Usshers „Annales veteris et novi testamenti“ war die Bibel, aus der er alle Ungereimtheiten eliminiert hatte, indem er z. B. Veränderungen in der Jahreslänge mit einkalkulierte. Seine Jahreszahlen stimmten in ihrer Größenordnung mit anderen Berechnungen des Alters der Erde überein und wurden

als Marginalien in vielen Bibelausgaben veröffentlicht und nicht nur von Theologen, sondern allen Wissenschaftlern akzeptiert. 1728 versuchte Sir Isaac Newton, einer der Begründer der Differentialrechnung, diese klassische Chronologie mit astronomischen Daten in Übereinstimmung zu bringen und kam zu dem Schluss, dass die Welt 534 Jahre jünger sei, als Ussher berechnet hatte. Ussher und Newton hatten den Wissensstand ihres Zeitalters bestätigt: Dass das Alter der Erde einige tausend Jahre betrage und dass sich seit dem göttlichen Schöpfungsakt ihre geographischen Merkmale nicht verändert hätten. Es war die sichere Vorstellung einer unveränderbaren Erde.

Allerdings brachten Reisende aus China Berichte von vornehmen Familien mit, deren Stammbäume in die Zeit vor der Erschaffung der Welt nach Ussher zurückreichten.

Dass sich die Welt seit ihrer Erschaffung vielleicht doch verändert hat, ließen einige interessante Versteinerungen vermuten. Schon im 4. Jahrhundert v. Chr. schrieb Aristoteles über Fossilien von Meerestieren, die in Gebirgen gefunden worden waren. Leonardo da Vinci veranlassten ähnliche Beobachtungen im 15. Jahrhundert zu der Bemerkung: „Einst zogen große Fischschwärme über die italienischen Ebenen, ähnlich den heutigen Vögeln.“

Usshers Zeitgenosse Robert Hooke, dessen Name im Hooke'schen Elastizitätsgesetz präsent ist, beobachtete Versteinerungen von Meerestieren in englischen Mittelgebirgen. Da er die organische Natur dieser Steine erkannte (was bis ins 19. Jahrhundert nicht die Regel war), zog er wie viele Zeitgenossen die Sintflut als Erklärung heran. Eine andere Möglichkeit der Veränderung von Gottes Schöpfung ließ die kirchliche Lehrmeinung (Dogma) nicht zu.

Die merkwürdige Parallelität der Küstenlinien Afrikas und Südamerikas veranlasste den Mönch François Placet 1666 zu der Vermutung, die Alte und die Neue Welt wären früher ein großer Kontinent gewesen, den die Sintflut auseinandergerissen hätte. Der Querfurter Pfarrer D. S. Büttner sah in seinem Werk „Zeichen und Zeugen der Sündfluth“ 1710 die Form der Gebirge als Strafe für die sündhafte Menschheit: „Viele Eigenschaften der jetzigen Erde sind wie die Narben eines zerhauenen und wiedergeheilten Körpers ... Die Gebirge in ihrer jetzigen Gestalt sind nicht aus des Schöpfers Hand hervorgegangen, sondern sind nur das felsichte Sceleton, das bei der Abschwemmung übrig- und bei der allgemeinen Erschütterung, welche die Sündfluth hervorrief, in Trümmern stehenblieb. ... Die meisten von besagten Gebürgen sind zerborsten, zerbrochen, ..., unersteiglich, ..., schädlich, tödlich ...“ (zit. nach Helmut Hölder, „Kurze Geschichte der Geologie und Paläontologie“, S. 22). Beim Fallen des Wasserspiegels nach der Sintflut seien dann auch die Schichtgesteine entstanden.

Titel:

Zusammenfassung:

Aufklärung und Aktualismus

Arbeitsaufträge an die Schüler

1. Fassen Sie das Aktualitätsprinzip in einem Satz zusammen.
2. Welche Beobachtung von James Hutton liegen ihm zugrunde?
3. Wie hängt Huttons Einschätzung des Alters der Erde mit dem Aktualitätsprinzip zusammen?
4. Wann wurde erstmals formuliert, dass exogene und endogene Kräfte gegenteilige Wirkung haben? Warum konnte sich diese Auffassung nicht durchsetzen?
5. Aus dem Geschichtsunterricht ist Ihnen das Zeitalter der Aufklärung bekannt. Recherchieren Sie Immanuel Kants Antwort auf die Frage „Was ist Aufklärung?“ und stellen Sie fest, welche Rolle die Aufklärung für die Entwicklung der Geowissenschaften spielte.

Infotext

Der schottische Gentleman-Farmer und Arzt James Hutton (1726 – 1797) nahm auf vielen Spaziergängen die langsamen Veränderungen seiner schottischen Heimat wahr, wie z. B. die Abtragungsprozesse und den Transport der abgetragenen Erde ins Meer. In seinem 1795 erschienen Werk „Theory of the Earth“ vertrat er die Meinung, dass genau die geologischen Prozesse, die heute zu beobachten sind, auch in der Vergangenheit gewirkt haben müssten. Daher wären direkte Rückschlüsse von heute auf die früheren Abläufe möglich. Intuitiv schätzte Hutton geologische Zeiträume als unermesslich ein: „Der Natur ist die Zeit endlos und wie nichts.“ Er benannte damit die gewaltige Kluft zwischen menschlicher und geologischer Zeitrechnung.

Aufbauend auf Huttons Gedankengängen entwickelte Sir Charles Lyell (1797 – 1875) das Konzept des Aktualismus. In seinem Hauptwerk „Principles of Geology“ (1830) stellte er fest: „Die Gegenwart ist der Schlüssel zur Vergangenheit“. Es sind also direkte Rückschlüsse von heutigen Abläufen auf Bildungsprozesse in der Vergangenheit möglich. Damit stellt der Aktualismus einen Spezialfall einer allgemeinen wissenschaftlichen Regel dar, des Einfachheitsprinzips. Es besagt, dass man keine zusätzlichen oder unbekannteren Ursachen zur Erklärung eines Phänomens heranziehen soll, solange bekannte Ursachen dafür ausreichen.

Dass die Gestalt der Erde das Ergebnis von noch heute wirksamen natürlichen

Prozessen sei, hatten Wissenschaftler zwar bereits zwei Jahrhunderte zuvor herausgefunden. René Descartes (1596 – 1650) hatte jedoch auf die Veröffentlichung dieser Erkenntnis verzichtet, da ihm das Schicksal seines Freundes Galileo Galilei (1564 – 1642) vor Augen stand, der von der Inquisition mit Folter bedroht worden war, weil er die Ansicht vertrat, dass sich die Erde um die Sonne drehe. Dessen Landsmann Giordano Bruno (1548 – 1600) war für ein ähnliches Verbrechen auf dem Scheiterhaufen verbrannt worden. Er hatte auch die Ansicht vertreten, dass nicht jeder Wechsel von Land und Meer durch die biblische Sintflut verursacht wurde.

Sein Zeitgenosse Bernard Palissy (1510 – 1589) beschäftigte sich mit der Abtragung durch Regen, Wind und Wellen und kam zu dem verwegenen Schluss, dass neues Gestein emporsteigen müsse, da sonst bald kein Festland mehr übrig wäre. Dies trug ihm den Vorwurf der Gotteslästerung (Häresie) ein, da seine Behauptungen die Perfektion der göttlichen Schöpfung in Frage stellten.

Nikolaus Steno (1638 – 1686) war als Arzt an den Hof des florentinischen Großherzogs gekommen. Seine Tätigkeit ließ ihm genügend Zeit, die Hügel der Toskana zu durchstreifen. Durch genaue Beobachtung der Steilhänge mit nacktem Fels erkannte er die Schichtung des Gesteins. Er formulierte als erster das Gesetz der Stratigraphie, dass jede Schicht jünger als die darunterliegende sei und die Schichtung des Hangs wie ein Geschichtsbuch zu lesen sei. In einem 1669 veröffentlichten Buch versuchte er, seine Beobachtungen in Einklang mit den kirchlichen Dogmen zu bringen, indem er den von Gott geschaffenen Gebirgen unterirdische Höhlen unterstellte, die immer wieder einstürzten und so für geschichtete Gesteine sorgten.

Noch vor der Wende ins 18. Jahrhundert gab Steno seine Bemühungen auf, die Belege für eine sich ständig verändernde Erdgeschichte mit dem Dogma von der einmaligen göttlichen Schöpfung in Einklang zu bringen. Der Lutheraner konvertierte, wurde Priester und beschäftigte sich nie wieder mit Naturwissenschaften.

Zusammenfassung

Die Kontraktionstheorie

Arbeitsaufträge an die Schüler

1. Wie erklärt die Kontraktionstheorie Faltengebirge?
2. Welche Beobachtungen lassen sich gut mit der Kontraktionstheorie erklären?
3. Henry Becquerel entdeckte 1896 die Radioaktivität. Auch im Erdkern entsteht durch radioaktiven Zerfall Energie. Was bedeutet dies für die Kontraktionstheorie?
4. Was bedeutet physikotheologisch?

Infotext

Gottfried Wilhelm Leibniz (1646 – 1716) war einer der Mitbegründer der Differentialrechnung. Als einer der letzten Universalgelehrten schrieb er auch eine Geschichte des Hannoveraner Fürstengeschlechts der Welfen, für die er als Einleitung eine kurze Erdgeschichte verfasste. Er formulierte als erster die Idee einer ursprünglich glatten runden, durch Abkühlung schrumpfenden Erde, bei der durch Zerbrechung der Rinde die „Unebenheit der Gebirge (entstand), von denen das Antlitz der Erde starrt („*asperitas montium, quibus horret facies orbis*“; zit. nach Helmut Hölder, „Kurze Geschichte der Geologie und Paläontologie“, S. 24). Die dieser Vorstellung zugrunde liegende Erdwärme verknüpfte Leibniz allerdings ganz physikotheologisch mit dem Schöpfergeist und entspricht damit völlig dem protestantischen Rationalismus seiner Zeit, welcher Naturwissenschaft und Religion als Einheit betrachtete.

Léonce Élie de Beaumont (1798 – 1874) griff zu Beginn des 19. Jahrhundert die

Vorstellung von einer thermisch bedingten Kontraktion wieder auf. Er stellte einen Vergleich mit einem Apfel an: Wenn der austrocknet und deswegen kleiner wird, ist seine Schale sozusagen zu groß und wirft Falten. Analog seien die Gebirge die Runzeln in der durch die Abkühlung zu groß gewordenen Erdkruste.

„Der Zusammenbruch des Erdballs ist es, dem wir beiwohnen“, formulierte der Wiener Geologe Eduard Suess (1831 – 1914) um 1900, „die Erdkruste gibt nach und bricht ein, die See folgt ihr“. Er vermutete, dass beim temperaturbedingten Schrumpfen des Erdinneren größere Teile der Erdkruste abgebrochen seien, was die Entstehung der Meeresbecken zur Folge hatte. Diese sog. Geosynklinalen nahmen dann kilo-meterdicke Stapel von marinen Sedimenten auf, die heute in den Gebirgen zu finden sind.

Auf diese Weise konnte man einige der merkwürdigen biologischen Entdeckungen des 19. Jahrhunderts erklären, z. B.

das Vorkommen von identischen Fossilien auf beiden Seiten des Atlantiks, die im lebenden Zustand als Schlangen, Schildkröten und Eidechsen das Meer nicht hätten überqueren können.

Die Kontraktionstheorie fand als allgemein anerkannt Eingang in Schulbücher:

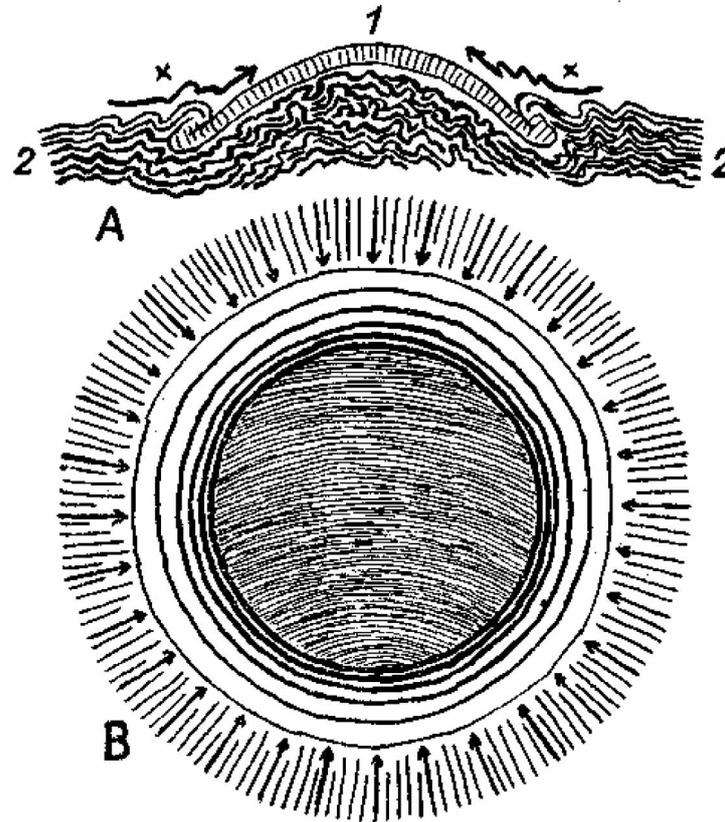


Fig. 2.

A = Querschnitt durch eine infolge von allseitigem Kontraktionsdruck entstandene Aufwölbung.

G20 | Aus Ampferer, O. (1942). Vergleich der tektonischen Wirksamkeit von Kontraktion und Unterströmung, Mitteilungen des Alpenländischen geologischen Vereins, 35, 107- 123.

Allerdings blieb unklar, warum die Faltung der Gebirge nicht gleichmäßig über die Erdgeschichte verteilt, sondern auf die Kaledonische, Variskische und Alpidische Gebirgsbildungsphase konzentriert war.

Auch sind die Runzeln des vertrocknenden Apfels nicht nur zeitlich, sondern auch räumlich gleichmäßig über die Oberfläche verteilt, was für die Gebirge der Erde nicht zutrifft.

Die Expansionstheorie

Arbeitsaufträge an die Schüler

1. Wann formulierte Paul Dirac die These, die Schwerkraft verringerte sich?
2. Welche Bedeutung hat die These von Dirac für die Expansionstheorie?
3. Wie erklärt die Expansionstheorie das Zustandekommen von Gebirgen? Demonstrieren Sie Ihre Antwort an einer Apfelsinenschale.

Infotext

„Seit der Formulierung des Wesens der Schwerkraft, durch den englischen Physiker Isaac Newton vor 300 Jahren, hat man es als selbstverständlich hingegenommen, daß die Größe dieser Kraft zu den fundamentalen Naturkonstanten der Schöpfung gehört und daß sie – ebenso wie die Lichtgeschwindigkeit und die Masse des Elektrons – sich niemals ändert. Aus diesem Grunde nennt man ja solche fundamentalen Größen „Naturkonstanten“.

Der englische Physiker und Nobelpreisträger Dirac hat allerdings schon vor über 30 Jahren die Vermutung begründet, daß sich das universelle Maß der Schwerkraft im Laufe der Geschichte des Universums außerordentlich langsam, aber stetig verringert. [...]

Wir können [...] sofort einsehen, daß eine solche Verringerung der Schwerkraft die Entwicklung unseres Planeten ganz entscheidend beeinflusst haben muß. Zur Zeit ihrer Geburt war die Erde wesentlich kleiner, da sie durch die damals herrschende wesentlich größere Schwerkraft sehr

stark zusammengepreßt worden ist. Seit der Geburt der Erde hat die Schwerkraft nun laufend langsam abgenommen, und im gleichen Maßstab hat sich die Erde ausgedehnt. Sie wird also laufend größer, allerdings so langsam, daß dies während der ganzen Geschichte der Menschheit nur zu einer unmeßbar geringen Vergrößerung geführt hat. Allerdings dürfen wir dabei nicht vergessen, daß die Geschichte der Menschheit nur einige zehntausend Jahre alt ist, während das Alter der Erde sich auf Jahrmilliarden bemißt.

Nehmen wir einmal an, daß die Erde, als ihre Bildung vor Milliarden von Jahren im wesentlichen abgeschlossen war, einen Durchmesser von nur 7.000 Kilometern gehabt hat. So groß war damals vermutlich das Maß der Schwerkraft, daß sie bis auf diesen Durchmesser zusammengepreßt wurde. Die Oberfläche einer Kugel dieser Ausmaße entspricht der Gesamtoberfläche aller heutigen Kontinente. [...]

Jahrmillionen kamen und gingen. Langsam, ungeheuer langsam nahm die

Alfred Wegeners Theorie der Kontinentaldrift

Arbeitsaufträge an die Schüler

1. Aus welchen Gründen lehnten die führenden Geologen seiner Zeit Wegeners Kontinentalverschiebungstheorie ab?
2. Welche psychologischen Gründe könnte es gegeben haben, dass Wegeners Theorie zunächst unpopulär war? Argumentieren Sie mit dem Sicherheitsbedürfnis der meisten Menschen.

„Und sie bewegen sich doch.“

Ein gelernter Astronom revolutioniert die Vorstellung von der Erde: Mit der Theorie der Kontinentalverschiebung zerschlägt Alfred Wegener 1912 das geologische Weltbild des 19. Jahrhunderts. Trotz erdrückender Beweise bleibt ihm die Anerkennung der Fachwelt zu Lebzeiten jedoch versagt.

„Passt nicht die Ostküste Südamerikas genau an die Westküste Afrikas, als ob sie früher zusammengehangen hätten?“ Nur zögernd beginnt der deutsche Polarforscher Alfred Wegener sich einen Reim darauf zu machen, was ihm Weihnachten 1910 beim Betrachten einer Weltkarte aufgefallen ist. Waren womöglich alle Kontinente einst in einer gigantischen Landmasse miteinander verbunden?

Den 30-jährigen fasziniert dieser Gedanke. Doch erst als er zufällig erfährt, dass Paläontologen Fossilien gleicher Tier- und Pflanzenarten an den Küsten beider Kontinente gefunden haben, sucht er nach weiteren Hinweisen für seine These. Und schon bald ist er sicher, dass

jener urzeitliche Gigant tatsächlich existiert hat. Er nennt ihn Pangäa (griech. = *ganze Erde*).

Beispielsweise sind 20 von 27 in der Antarktis nachgewiesenen Arten der Glossopteris-Flora, eines Zungenfarns, bis nach Indien verbreitet. Dass der Wind die Farnsamen über die Meere getragen haben könnte, schließt Wegener aus: Dafür seien sie mit Durchmessern von mehreren Millimetern viel zu groß gewesen. Auch eine bestimmte Regenwurm-Gattung kommt sowohl auf der Südspitze Südamerikas als auch auf der Afrikas vor – und eine weitere Gattung im Süden Indiens und Australiens, und zwar ausschließlich dort. Die beste Erklärung dafür ist für Wegener, dass Indien und die Antarktis, Südamerika und Afrika sowie Indien und Australien einst miteinander verbunden waren.

Zudem lassen Gletscherablagerungen ihn vermuten, dass die Kontinente früher eine andere Position hatten. Und weil Forscher in der Antarktis Kohlelager entdeckt

haben, also auf dieser riesigen Landmasse irgendwann einmal eine fast tropische Vegetation geherrscht haben muss, folgert Wegener, dass sie vor mehr als 300 Mio. Jahren östlich der Südspitze Afrikas gelegen haben könnte.

Als Alfred Wegener seine These von Pangäa und von der Drift der Kontinente am 6. Januar 1912 auf der Hauptversammlung der Geologischen Vereinigung in Frankfurt am Main präsentiert, wird er ausgelacht. Schließlich ist der junge Mann zu jener Zeit vor allem als Astronom und Meteorologe bekannt und will nun gestandene Geowissenschaftler überzeugen. [...]

Jahrzehntelang führt Wegeners Theorie, die er 1915 in seinem Buch „Die Entstehung der Kontinente und Ozeane“ publiziert, zu heftigen Debatten unter den Erdkundlern. Noch 1944 etwa fordert ein führender Geologe, die Idee der Kontinentalverschiebung solle aufgegeben werden, weil „jede weitere Diskussion darüber nur das Schrifttum vermehrt und den Verstand der Studenten verwirrt“.

Hauptgrund für die Ablehnung ist, dass Wegener nicht erklären kann, wodurch die Drift der Kontinente überhaupt erzeugt wird. Weder mit der Annahme einer „Polfluchtkraft“, die Landmasse in der Nähe des Nord- und Südpols in Richtung Äquator schiebt, noch mit der Vorstellung, die Anziehungskraft von Sonne und Mond bewirke die Kontinentalverschiebung, kann er seine Kontrahenten überzeugen.

Erst Jahrzehnte später erbringen neue Technologien Erkenntnisse, die den Querdenker bestätigen [...] Viele Wissenschaftler entwickeln im Laufe der Zeit Wegeners Hypothese weiter – bis hin zu der heute anerkannten „Theorie der Plattentektonik“.

Alfred Wegener, der Außenseiter, hat den Siegeszug seiner Hypothese nicht mehr erlebt. Er starb 1930, nicht lange nach seinem 50. Geburtstag, auf einem Marsch durch Grönland – von den Geologen seiner Zeit als „Märchenerzähler“ verspottet.“

Antje Helms, Und sie bewegen sich doch, Geo Kompakt 1: Die Geburt der Erde, Hamburg: Gruner & Jahr 2004, S. 86-87

Zusammenfassung

Historische geowissenschaftliche Theorien: Übersicht

Stelle aus den Arbeitsblättern G 1 – G 5 wichtige Merkmale und Inhalte der verschiedenen Theorien zusammen.

Name Zeit	Inhalt	zugrunde liegende Beobachtungen	Wie entstanden Gebirge?	Kritik	Besonderes
Biblische Theorien					
Aktuali- täts- prinzip					
Kontrak- tions- theorie					
Expansi- ons- theorie					
Theorie der Kon- tinent- drift					

Entdeckungen am Meeresboden

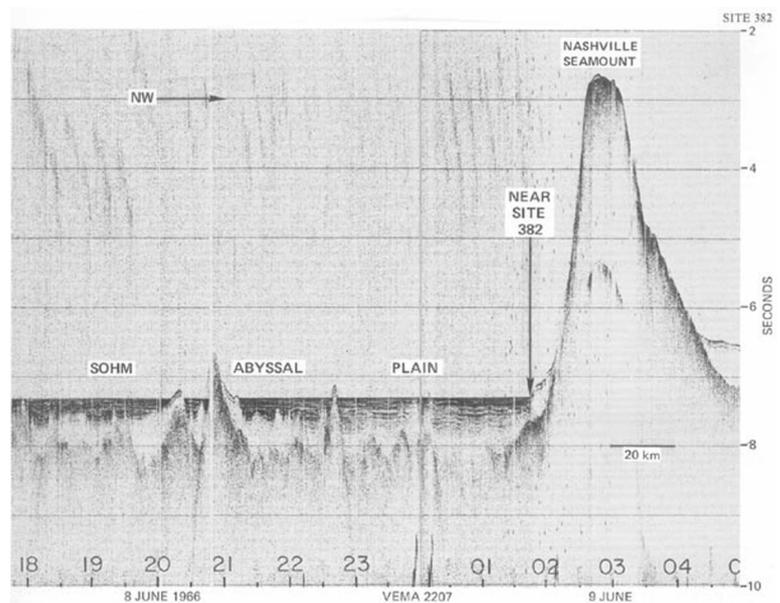
Arbeitsauftrag an die Schüler

Stellen Sie die wesentlichen 7 Erkenntnisse über die Beschaffenheit des Meeresbodens zusammen. Verwenden Sie als Quellen den Text, die beiden Abbildungen sowie Ihren Atlas (Physische Weltkarte, Erdbeben und Vulkane).

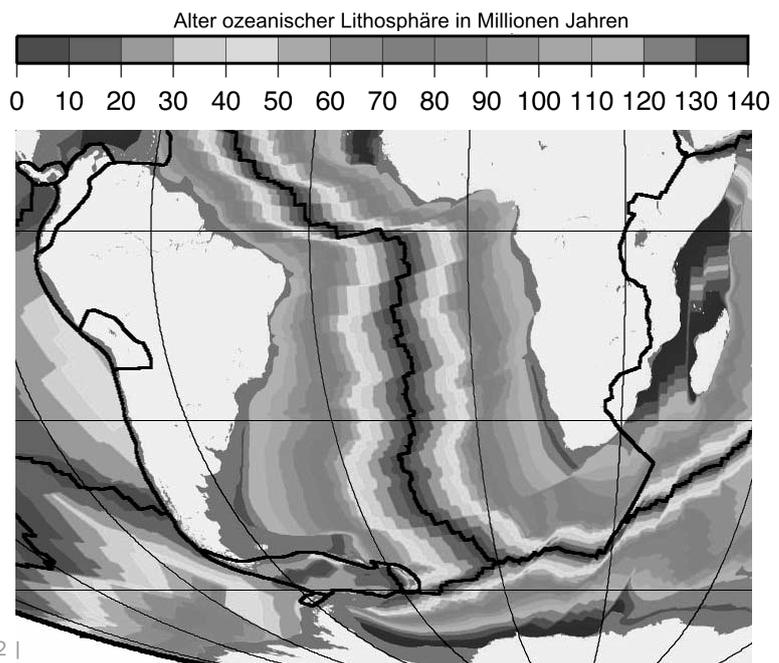
Achten Sie darauf, dass Sie nur Beobachtungen darstellen, keine Interpretationen.

Infotext

In den Jahren nach dem 2. Weltkrieg untersuchten Geowissenschaftler den Aufbau des Meeresbodens, indem sie Sedimentkerne erbohrten, mit dem Schleppnetz Sedimentproben einsammelten sowie seismische Daten zusammentrugen. Anders als bisher angenommen, schien der Meeresboden jünger und von grundsätzlich anderer Struktur zu sein als die Kontinente: Nicht nur, dass die Sedimentauflage wesentlich dünner war als erwartet, die Profile aller Weltmeere ergaben langgestreckte Unterwassergebirge, deren Hänge vulkanischen Ursprungs waren.



G21 | Echolotaufnahme des Nashville Seebergs im Nordwestatlantik zeigt die starke Topographie des Ozeanbodens.



G22 |

Die Interpretation durch Harry Hess

Arbeitsaufträge an die Schüler

1. Warum nannte Hess seine grundlegenden Ausführungen einen „Essay in Geopoesie“?
2. Wie interpretiert Hess die 7 „Entdeckungen am Meeresboden“?
3. Wo liegen die entscheidenden beiden Unterschiede zwischen den Theorien von Hess und Wegener?

Infotext

„Über den Ursprung der Ozeane gibt es nur Vermutungen, ihre nachfolgende Entwicklung liegt im Dunkeln und ihre gegenwärtige Struktur fangen wir gerade erst an zu verstehen. Faszinierende Spekulationen über dieses Thema hat es im Überfluß gegeben. [Ich will] diesen Aufsatz als einen Essay zur Geopoesie betrachten. Um nicht tiefer als unbedingt erforderlich in die Gefilde der Phantasie zu geraten, werde ich mich, soweit es möglich ist, an das Aktualitätsprinzip halten.

Die folgenden Annahmen wurden aufgestellt und die folgenden Schlüsse gezogen:

- Im Erdmantel gibt es Konvektionsströmungen mit einer Geschwindigkeit von 1 cm/Jahr.
- Die Konvektionszellen besitzen aufsteigende Äste unter den mittelozeanischen Rücken.
- Die Konvektionszellen erklären den hohen Wärmefluß sowie die topographische Aufwölbung.
- Mantelmaterial kommt in den Kämmen dieser Rücken an die Oberfläche.
- Die mittelozeanischen Rücken sind kurzlebige Elemente mit einer Lebensdauer von 200 – 300 Mio. Jahren (= Lebensdauer einer Konvektionszelle).

- Alle 300 – 400 Mio. Jahre wird der ganze ozeanische Bereich faktisch durch neues Mantelmaterial ersetzt.
- Dies erklärt den verhältnismäßig dünnen Sedimentschleier auf dem Meeresboden und die Tatsache, daß in den Ozeanen Gesteine fehlen, die älter als Kreide sind.
- Unter Kontinenten aufsteigende Konvektionsäste bewegen die Fragmente mit gleichmäßiger Geschwindigkeit auseinander, was – wie im Falle des Atlantischen Ozeans – zu einem wirklichen medianen Rücken führt.
- Die Kontinente werden passiv auf dem Mantel mit der Konvektion mitgetragen und „durchfurchen“ nicht ozeanische Kruste.
- Ihre Stirnkanten werden stark deformiert, wenn sie gegen die absteigenden Äste des konvektierenden Mantels stoßen.
- Die ozeanischen Becken sind also vergängliche Erscheinungen, die Kontinente dagegen permanente, mögen sie auch auseinandergerissen oder zusammengeschweißt werden und ihre Ränder der orogenen Deformation unterliegen.“

erschienen als: H.H. Hess, *History of Ocean Basins*. In: *Petrologic Studies: A Volume to honour A. F. Buddington*, hrsg. von A. E. Engel und B. F. Leonard, 1962, S. 599 – 620; zit. nach Reinhard Schönenberg (Hrsg.), *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane aus heutiger Sicht*, Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft 1975

Mit neuen Technologien die Erde erkunden – der Meeresboden

Arbeitsaufträge an die Schüler

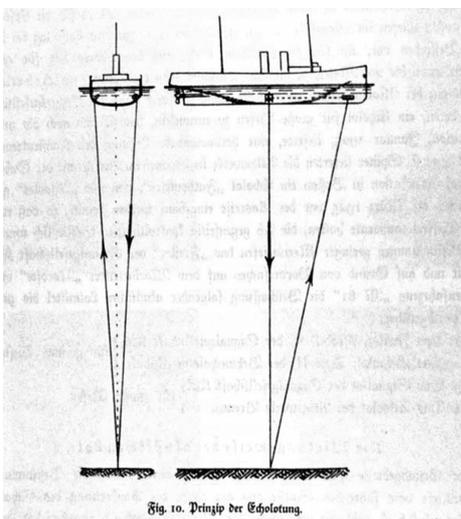
1. Recherchieren Sie die Bedeutung der Echolotaufnahmen der Meeresböden für die Formulierung der Theorie zur Plattentektonik.
2. Welche Techniken werden heute zur Vermessung der Erdoberfläche eingesetzt?

Infotext

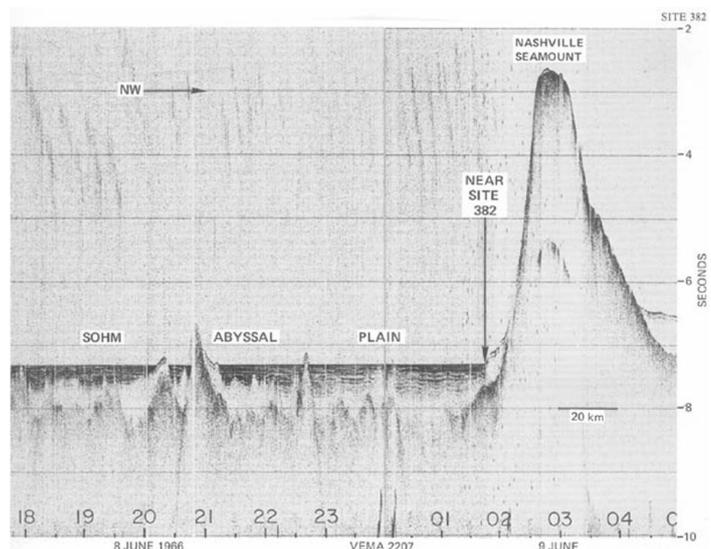
Echolotaufnahmen des Meeresbodens gaben im letzten Jahrhundert den Anstoß zur Formulierung der Theorie der Plattentektonik. Das Echolot misst mit Schall die Wassertiefe und hat damit das Loten ersetzt, das wohl schon die ersten Seefahrer zur Erkundung von Untiefen bei der Befahrung von Flüssen und Meeren eingesetzt haben. Erfunden hat das Echolot der Kieler Physiker Alexander Behm, angeregt durch die Kollision der Titanic mit einem Eisberg im Jahre 1912. Er wollte die Schallwellen als Frühwarnung gegen Eisberge nutzen. Dies hat zwar nicht funk-

tioniert, aber seine Methode mündete in die Entwicklung eines Gerätes zur Messung der Wassertiefe unter dem Schiffsboden.

Zwischen 1925 und 1927 überquerte das deutsche Forschungsschiff „Meteor“ 14 mal den Atlantik zwischen Afrika und Südamerika und machte dabei mit dem Echoloten die ersten systematischen Aufnahmen des Meeresbodens. Dabei wurden die hohen Berge des Mittelatlantischen Rückens entdeckt, aber ihre Bedeutung wurde noch nicht erkannt.



G23 | Prinzip der Echolotung, Darstellung aus Spieß, F. 1928: „Die Meteor-Fahrt. Forschungen und Erlebnisse der Deutschen Atlantischen Expedition 1925 - 1927“. Berlin: Reimer.



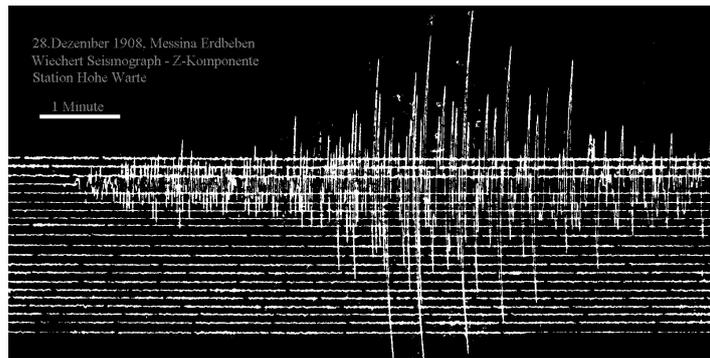
G24 | Echolotaufnahme des Nashville Seebergs. Auf der Ordinate ist die Zeit der Schiffsfahrt in Stunden angegeben, auf der Abszisse die Laufzeit der Echolotwelle in Sekunden.

Der Blick in die Erde: Seismologie und Seismik

Arbeitsaufträge an die Schüler

1. Durch die seismologischen Untersuchungen konnte der Schalenbau der Erde belegt werden. Seismische Diskontinuitäten (Grenzschichten) der Erde wurden nach berühmten Geophysikern/Geophysikerinnen benannt. Recherchieren Sie die Bedeutung der Gutenberg-, Lehmann-, Mohorovičić- und der Wiechert-Gutenberg-Diskontinuität.
2. Seismische Bilder werden auch als Röntgenbilder der Erde bezeichnet. Das wichtigste Einsatzfeld der seismischen Untersuchungen liegt in der Erkundung von Erdöl- und Erdgasvorkommen. Mintrop hat zur Erzeugung künstlicher Erdbebenwellen schwere Eisenkugeln fallen lassen. Welche Methoden zur Erzeugung der Schallwellen werden heute eingesetzt?

G25 | Historisches Seismogramm, Aufzeichnung des Messina-Erdbebens 1908



Infotext

„Ferne Kunde bringt Dir
der schwankende Fels:
Deute die Zeichen!“

Dies ist ein Sinnspruch von Emil Wiechert, Anfang des letzten Jahrhunderts Professor an der Universität Göttingen und Begründer der Geophysik in Deutschland. Bei Erdbeben werden gewaltige Mengen an Energie freigesetzt, die als Erdbebenwellen durch die Erde laufen. So setzte z. B. das Erdbeben der Stärke 7,9 am 12. Mai 2008 in China die Energie vergleichbar 700 Mio. Tonnen TNT-Sprengstoff frei. Wiechert hat einen Seismographen entwickelt, mit dem es möglich ist, diese Erdbebenwellen aufzuzeichnen. Zusammen mit seinem Mitarbeiter Karl Zoeppritz konnte er u. a. durch Aufzeichnung der großen Erdbeben von San Francisco (1906) und Messina (1908) verschiedene

Wellentypen (Kompressions- und Scherwellen) identifizieren, die nach einem Erdbeben den Erdkörper durchlaufen.

Ein anderer Mitarbeiter von Wiechert, Ludger Mintrop, machte in Göttingen erste Versuche zur Aufzeichnung künstlich erzeugter Erdbebenwellen. Er ließ 1908 ein 15 m hohes Gerüst für Fallversuche mit einer schweren Eisenkugel bauen. Diese Experimente waren die Grundlage für die Entwicklung der seismischen Untersuchungsmethodik, als deren Erfinder Mintrop gilt.

Die Untersuchung der natürlichen Erdbebenwellen wird als Seismologie, das Verfahren zur Nutzung der künstlich erzeugten Wellen als Seismik bezeichnet.

Forschungsbohrungen erkunden die Erde

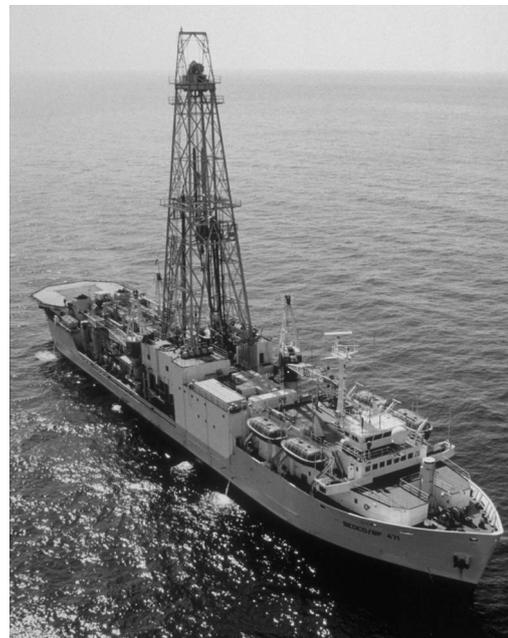
Arbeitsaufträge an die Schüler

1. Recherchieren Sie: Welche neuen Erkenntnisse über die Zustandsbedingungen der Erdkruste (Temperaturverlauf, Durchlässigkeit) wurden durch das Kontinentale Tiefbohrprogramm (KTB) gewonnen?
2. Während des KTB wurde das gesteuerte Bohren entwickelt, die Basistechnologie für die heute in der Öl- und Gasexploration eingesetzte Horizontalbohrtechnik. Worin liegt der Vorteil dieser neuen Bohrtechnik und welche Einsatzmöglichkeiten ergeben sich dadurch?
3. Beschreiben Sie die Zielstellungen der aktuellen internationalen ozeanischen und kontinentalen Bohrprogramme.

Infotext

Nicht nur in der Erkundung des Welt- raums, sondern auch in der Erkundung der Erdkruste starteten die USA und die Sowjetunion fast gleichzeitig langjährige Großprojekte. Die USA konzentrierte sich dabei auf die Erkundung der ozeanischen Kruste. Die 1961 und 1968 gestarteten nationalen Projekte Mohole Project und Deep Sea Drilling Project wurden 1985 unter Beteiligung weitere Länder, u. a. auch Deutschlands, mit dem Internationalen Ocean Drilling Project und ab 2004 unter dem Namen Integrated Ocean Drilling Project weitergeführt.

Die Sowjetunion startete 1962 auf der Halbinsel Kola eine Bohrung in die kontinentale Erdkruste, mit über 12 Kilometern Tiefe die bislang weltweit tiefste Bohrung. Mit den 1988 begonnenen Bohrungen zum Kontinentale Tiefbohrprogramm



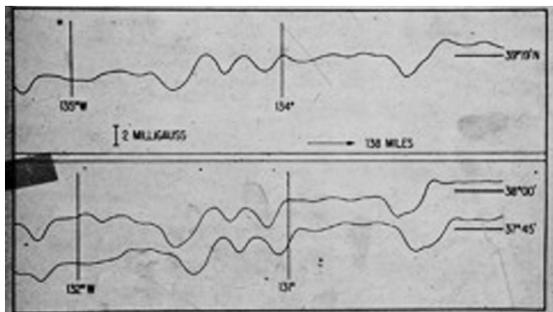
G26 | Die Joides Resolution, ein Forschungsschiff das seit 1985 zur Erkundung des Ozeanbodens eingesetzt wird.

der Bundesrepublik Deutschland (KTB) wurden erste Forschungsbohrungen zur Erkundung des kristallinen Grundgebirges (Metamorphite und Magmatite) der kontinentalen Kruste initiiert. Als Lokation wurde der Westrand der Böhmisches Masse in Ostbayern (Windischeschenbach) ausgewählt, als typische Kruste des variszischen Gebirges. Aus diesem nationalen Projekt entwickelte sich dann das derzeit laufende International Continental Scientific Drilling Program (ICDP).

Die Magnetstreifen auf dem Meeresboden: Beweis für die Ozeanbodenspreizung

Arbeitsaufträge an die Schüler

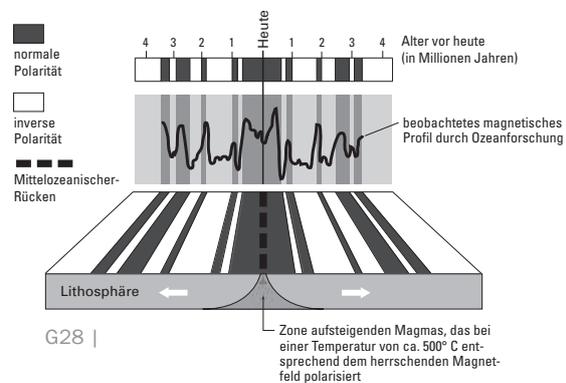
1. Welche Aussage kann aus dem Vergleich der 3 Profile im historischen Bild abgeleitet werden?
2. Wie lieferten die Magnetfeldmessungen den Beweis für die Ozeanbodenspreizung an den Mittelozeanischen Rücken? Berücksichtige dazu das zweite Bild.



G27 |

Infotext

Die Erde hat ein Magnetfeld, dessen Ursache in Materialströmungen des äußeren flüssigen Erdkerns um den festen inneren Kern gesehen wird (Dynamotheorie). Das Magnetfeld hat den Charakter eines Dipols mit magnetischem Nord- und Südpol. Die Orientierung der Feldlinien, d. h. ihre Ausrichtung in der Ebene und ihre Neigung gegenüber der Horizontalen, kann mit einer Eisennadel einfach ermittelt werden. Dies wurde schon 1544 von dem Mathematiker und Instrumentenbauer Georg Hartmann (aus Eggolsheim bei Forchheim) beschrieben. Der englische Gelehrte William Gilbert hat 1600 erkannt, dass sich die Erde selbst wie ein großer Magnet verhält und die Ursache für die Ausrichtung der Kompass-



G28 |

nadel ist. Aber erst durch die Entwicklung des Magnetometers im Jahre 1832 durch den deutschen Physiker und Mathematiker Carl Friedrich Gauß konnte die absolute Stärke des Magnetfeldes gemessen werden.

Das linke Bild zeigt die ersten Magnetometermessungen, die unter der Leitung von Ron Mason 1955 auf einer Schiffsfahrt mit der Pioneer im Nordost-Pazifik gemacht wurden. Das Schiff hatte ein Magnetometer an einem langen Kabel hängend, hinter sich her geschleppt und kontinuierlich die Feldstärke des Erdmagnetfeldes (in Milligauss) gemessen. Die Angaben rechts in der historischen Aufnahme geben den Breitengrad, unten den Längengrad an. Gezeigt werden 3 Profile.

Herausgeber

Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Gesundheit (StMUG)

Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung (ISB)