



Nadja Podbregar
Dieter Lohmann

Im Fokus: Geowissen

Wie funktioniert
unser Planet?

SACHBUCH



Springer Spektrum



Nadja Podbregar
Dieter Lohmann

Im Fokus: Geowissen

Wie funktioniert
unser Planet?

SACHBUCH



Springer Spektrum

Naturwissenschaften im Fokus
Reihenherausgeber
Harald Frater

Nadja Podbregar · Dieter Lohmann

Im Fokus: Geowissen

Wie funktioniert unser Planet?

Mit Beiträgen von
Daniel Goliasch
Andreas Heitkamp
Roman Jowanowitsch



Springer Spektrum

Autoren

Nadja Podbregar
MMCD, NEW MEDIA GmbH
Fürstenplatz 228
40215 Düsseldorf, Deutschland
redaktion@scinexx.de

Dieter Lohmann
MMCD, NEW MEDIA GmbH
Fürstenplatz 228
40215 Düsseldorf, Deutschland
redaktion@scinexx.de

ISBN 978-3-642-34790-0
DOI 10.1007/978-3-642-34791-7

e-ISBN 978-3-642-34791-7

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Spektrum

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Lektorat: Frank Wigger, Dr. Meike Barth

Einbandentwurf: deblik, Berlin

Einbandabbildung: © NASA

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Spektrum ist eine Marke von Springer DE.

Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media

www.springer-spektrum.de

Inhaltsverzeichnis

1	Plattentektonik – Kontinente in Bewegung	1
	<i>Nadja Podbregar</i>	
	Auf der Suche nach einer „Theorie der Erde“	2
	Feuer oder Wasser?	3
	Von schrumpfenden Äpfeln und Pentagonalnetzen	5
	Faltungen, Eisberge und einseitige Kräfte	6
	Keine Erklärung für alles	7
	Die „Bombe“ platzt – Alfred Wegener präsentiert seine Theorie	9
	Auf tönernen Füßen – Ablehnung und Kritik	10
	Die Konvektion kommt ins Spiel	12
	„Und sie bewegen sich doch...“	12
	Was passiert an den Plattengrenzen?	14
	Die leise Revolution in der Theorie der Tektonik	16
2	Reise zum Mittelpunkt der Erde	19
	<i>Nadja Podbregar</i>	
	Wellen als Hörrohr in die Tiefe	20
	Eine dünne Haut mit „Pickeln“: die Erdkruste	21
	Motor mit Überraschungen: der Erdmantel	23
	Die Sache mit den Superplumes	25
	Kompakt ist Trumpf: vom oberen Mantel bis zur Kerngrenze	27

	Wirbel im Metallbad: der äußere Erdkern	29
	Eisen in „Atomium“-Struktur: der innere Erdkern	30
3	Magnet Erde – kommt die große Umpolung?	33
	<i>Nadja Podbregar</i>	
	Das Rätsel der Wundernadel	33
	Norden ist nicht Norden.....	35
	Der unsichtbare Schutzschild	36
	Verräterische Feuersteine – Umkehrungen des globalen Magnetfelds	37
	Kommt der große Polwechsel?	39
	Den Ursachen auf der Spur	41
	Henne-Ei-Problem im Geodynamo	42
	Paläomagnetismus und der wandernde Meeresboden	43
4	Eine Kartoffel im Weltall – der irdischen Schwerkraft auf der Spur	47
	<i>Daniel Goliash</i>	
	Herunterfallen nicht möglich	48
	Wenn die Erde Karussell fährt	49
	Dellen, Beulen und eine Kartoffel	50
	Wo ist Normalnull?	51
	Aus der Ferne sieht man besser	53
	Schweremessung in der Schwerelosigkeit	54
	Wettrennen im All bringt Daten auf die Erde	57
5	Hawaii – tropisches Paradies auf heißem Untergrund	61
	<i>Dieter Lohmann</i>	
	Wie kommen die Vulkane ins Meer?	61
	Was die Hawaii-Inseln über die Erdgeschichte erzählen	63
	Und sie bewegen sich doch - Streit um Hot Spots	64
	Krater, Aa-Lava und ein „Drive-in“-Vulkan	65

6	Ein Kontinent zerbricht – das Afrikanische Grabensystem	79
	<i>Daniel Goliash</i>	
	Millionen Jahre in Sekunden	79
	Der Reißverschluss öffnet sich.....	81
	Grabenbrüche mit System	83
	Entsteht ein neuer Kontinent?.....	85
	Riesenwuchs und Salzseen	87
7	Kontinentalränder – Streifzug in Europas Unterwasserreich	91
	<i>Andreas Heitkamp</i>	
	Unbekannte Nachbarschaft	92
	Vom Strand in die Tiefsee – Reise zu den Kontinentalabhängen.....	93
	Gebirge am Meeresgrund.....	94
	Von Sedimentfallen und Unterwasserlawinen.....	96
	„Grand Canyon“ unter Wasser.....	97
	Mal Land, mal Meer	99
	Süßwasser im Ozean: kalte Quellen am Meeresgrund.....	100
	Kaltwasserkorallen im Nordmeer	101
8	Gebirgsbildung – Wenn Berge in den Himmel wachsen	105
	<i>Andreas Heitkamp</i>	
	Ein geologischer Unfall	106
	Himalaya auf der Streckbank, Alpen im Höhenrausch	107
	Zerbrechliche Giganten	109
	Feuriges Erwachen: vulkanische Gebirge	111
	Gebirge unter Wasser	112
	Falten, Sättel und Klüfte	114
	Sprechende Steine: vom Alter der Gebirge.....	115
	Nichts ist für die Ewigkeit.....	117
	Mehr als nur die Höhe	118

9	Erosion und Verwitterung – Landschaft im Wandel	121
	<i>Andreas Heitkamp</i>	
	Hungrige Flüsse	122
	Uferlos - wie das Meer an der Küste nagt	124
	Es gibt für alles eine Lösung – die chemische Verwitterung ...	126
	Im Wechselbad der Temperaturen – die physikalische Verwitterung	128
	Vom Winde verweht - das „Peeling“ der Steine	129
	Wenn der Humus baden geht – Erosion in der Landwirtschaft	130
	Gefahr am Hang - von Erdrutschen und Schlammlawinen	132
10	Wind – der unsichtbare Baumeister	135
	<i>Nadja Podbregar</i>	
	Sturm und Staub – der Wind als Transportmittel	135
	Springende Körner – wie Dünen entstehen.....	137
	Das Geheimnis der singenden Dünen.....	138
	Löss – fruchtbares Geschenk des Windes	139
	Treibsand – wenn Sand zur Falle wird.....	141
	Sandstrahlgebläse in Aktion – Wind schafft Formen.....	142
11	Globale Zirkulationen – Alles im Fluss	145
	<i>Roman Jowanowitsch</i>	
	Die globale atmosphärische Zirkulation	145
	Rennbahn Atmosphäre - die Jetstreams	147
	Ozeane in Bewegung – die Meeresströmungen.....	148
	Der Golfstrom – Europas Warmwasserheizung	149
	Wimmelndes Leben und karge Wüsten	150
	Hydrologische Weltenbummler – der Wasserkreislauf.....	152
12	Organismus Erde? Von der Gaia-Hypothese zum System Erde	153
	<i>Nadja Podbregar</i>	
	Vom passiven Spielball zum komplexen System	153
	Gaia – eine Idee wird geboren	155
	Tabubruch oder Pioniertat?.....	156

Daisyworld - Gänseblümchen erklären die Welt.....	156
Von Gaia zum „System Erde“	157
Beispiele für die Selbstregulation irdischer Stellgrößen	159
13 Die Erde nach uns – Was bleibt von der menschlichen Zivilisation?	161
<i>Nadja Podbregar</i>	
Die Bühne: unser Planet in 100 Millionen Jahren.....	162
Knochen und Versteinerungen – was bleibt von uns?.....	163
Konservierung als Lotterie	165
Schiefer, Moor und Plattenkalk – „gelungene Konservierung“ in der Vergangenheit.....	166
Mord als Konservierungshilfe	168
Schatzsuche in der „Urbanschicht“ – Was bleibt von unseren Städten?	169
Sachverzeichnis	173
License: creative commons – Attribution-ShareAlike 3.0 Unported	179

Plattentektonik – Kontinente in Bewegung

1

Nadja Podbregar

Zusammenfassung

Einer gegen alle, hieß es am 6. Januar 1912 auf der Hauptversammlung der Geologischen Vereinigung in Frankfurt am Main. An jenem Tag hielt der damals 31-jährige Alfred Wegener seinen Vortrag über die Entstehung der Ozeane und Kontinente und brachte damit althergebrachte Vorstellungen ins Wanken. Denn er stellte die These auf, dass die Kontinente nicht unverrückbar an immer der gleichen Stelle der Erdkruste bleiben, sondern im Laufe der Erdgeschichte ihre Lage verändern können.

„Völliger Blödsinn!“ - so wie der Präsident der angesehenen amerikanischen philosophischen Gesellschaft reagierte die Mehrheit der wissenschaftlichen Welt zunächst auf Wegeners Theorie. Wie vor ihm Charles Darwin rüttelte auch Wegener an den Grundfesten eines gängigen Weltbilds, auch er musste Ablehnung, beißenden Spott und wüste Beschimpfungen über sich ergehen lassen. Die Mehrheit der Wissenschaftlerkollegen weigerte sich, Wegeners Theorie überhaupt ernst zu nehmen, schrieb sie als Ideen eines „inkompetenten Quer-einsteigers“ der Geowissenschaften ab. Die Vorstellung, Teile der festen Erdkruste könnten umherwandern, galt als absurd, widersprach allem, was bisher als richtig und gegeben galt.

Fast ein halbes Jahrhundert sollte es dauern, bis neue Vermessungen und Forschungen Wegener rehabilitierten und seine Theorie bestätigten. Heute gilt Wegener als „Vater der Plattentektonik“.

„Rückblickend darf man ihn aber auch als den Kopernikus der Geowissenschaften bezeichnen, denn Wegener hat unser Bild von der Erde revolutioniert und dafür am Anfang eine Menge Spott und Häme in Kauf genommen“, sagt Reinhard Krause, Wissenschaftshistoriker am Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung. Den Durchbruch seiner Theorie konnte der vor allem als Polarforscher bekannte Alfred Wegener jedoch nicht mehr miterleben. Er starb im November 1930 in den Eiswüsten Grönlands - fast 30 Jahre vor der Rehabilitation der Plattentektonik. Doch was machte diese Theorie der „wandernden Kontinente“ so revolutionär? Warum wehrte sich die wissenschaftliche Welt so lange und vehement gegen die doch scheinbar so einleuchtenden Erklärungen?

Auf der Suche nach einer „Theorie der Erde“

Mit dem Ende des Mittelalters und dem langsamen Entstehen der modernen Wissenschaften im 17. Jahrhundert begannen Forscher und Gelehrte mehr und mehr, nach einer „Theorie der Erde“ zu suchen - einer glaubwürdigen Geschichte, die erklären konnte, wie die Erde und mit ihr Gebirgsketten, Gräben und andere auffallende Phänomene entstanden sein könnten.

Der französische Philosoph René Descartes war einer der ersten, die sich von einer rein biblisch geprägten Schöpfungsgeschichte zu lösen begannen und eine eigene Theorie aufstellten. Nach dieser hatte sich die Erde aus einem Stern gebildet, der durch zunehmende Ansammlung von Sonnenflecken langsam erkaltete. Dabei bildeten sich verschiedene, abwechselnd flüssige und feste Schichten, in denen auch Hohlräume vorhanden waren. Brachen solche Hohlräume ein, kollabierten auch die darüber liegenden Strukturen der Erdkruste und falteten sich dabei auf - ein Gebirge entstand. Mit dieser „Hohlraumtheorie“ bot Descartes immerhin eine mögliche Erklärung für die Entstehung der Gebirge und postulierte sogar schon das Vorhandensein von unterschiedlichen Erdschichten. Doch warum waren die Gebirge dann nicht gleichmäßig auf der Erde verteilt, sondern traten gehäuft in Zügen und Bergketten auf? Und wie war zu erklären, dass

die Überreste von einstigen Meeresbewohnern auch auf dem Festland gefunden worden waren?

Mit diesen Fragen befasste sich gegen Ende des 17. Jahrhunderts auch der englische Universalgelehrte Robert Hooke, Zeitgenosse und Gegner des Physikers Isaac Newton. Er war der erste, der erkannte, dass die Schichten der Erde und die in ihnen enthaltenen Objekte eine Art Chronik der Erde darstellten. An ihrer Lage und Beschaffenheit waren Informationen über die Erdgeschichte abzulesen. Weil er auch im Binnenland, Kilometer von jedem Meer entfernt, Fossilien von Meereslebewesen fand, schloss Hooke, dass sich im Laufe der Erdgeschichte die Verteilung von Land und Wasser verändert haben musste.

Hooke stellte eine eigene Theorie auf, nach der sich die Pole der Erde großräumig verschoben. Dabei sollten sich die Äquatorialregionen der Erde langsam in Richtung der Pole und die Pole langsam in Richtung des Äquators bewegen. Bei dieser Bewegung, so seine Vorstellung, müssten sich die Kräfte, die auf die Landmassen wirkten, wegen der unterschiedlich starken Zentrifugalkraft schrittweise verändern. Als Folge könnten sich Erdschichten verschieben oder zusammenbrechen, Erdbeben entstehen und Teile des Landes ins Meer absinken oder angehoben werden. Da jedoch auch Hooke, wie noch alle seine Zeitgenossen, glaubte, die Erde sei bestenfalls einige tausend Jahre alt, hätten diese umwälzenden Ereignisse in einem unwahrscheinlichen Tempo stattfinden müssen. Folglich setzte sich die Idee der Polwanderung nicht durch und geriet bald wieder in Vergessenheit. Doch Hooke hatte mit dieser Idee einer sich wandelnden Erde bereits den Weg beschritten, auf dem mehr als zwei Jahrhunderte später auch unser heutiges Weltbild basiert.

Feuer oder Wasser?

Im 18. Jahrhundert konzentrierte sich die Suche nach einer „Theorie der Erde“ vor allem auf die Frage nach den Entstehungsmechanismen der beobachteten Landschaftsformen und Phänomene. Gelehrte und Forscher teilten sich dabei in zwei Lager. Die einen sahen in der Kraft des Wassers und der Meere den ausschlaggebenden Faktor für geologische

Veränderungen, während andere eher das Feuer, die Hitze des Erdinneren, favorisierten. Die formende Wirkung des Wassers - als Regen, in den Flüssen und Weltmeeren - war leicht zu erkennen. Aber auch die Macht des Feuers, in Form von Vulkanen, galt vor allem für die Bewohner des Mittelmeerraums als ein wichtiger Verursacher dramatischer Umwälzungen. Doch welche der beiden Kräfte spielte bei der Gestaltung der Erde die Hauptrolle?

Einer der Wissenschaftler, die zwar den feurigen Ursprung der Erde in den Mittelpunkt ihrer Überlegungen stellten, aber auch dem Wasser breiten Raum gaben, war der deutsche Universalgelehrte Gottfried Wilhelm Leibniz. 1749 veröffentlichte er seine Theorie unter dem Titel „Progæa“. Ähnlich wie Descartes nahm auch er an, dass die Erde aus einem Stern entstanden sei und sich abgekühlt habe. Teile der Erdkruste seien dabei eingestürzt und die Meere bildeten sich. Nach Leibniz' Vorstellungen sollte die Wirkung des Wassers dann aber das ursprüngliche Material weiter aufgebrochen und verändert haben, Fossilien in Gesteinen erklärte er mit sintflutartigen Ereignissen. Mit dieser Theorie war Leibniz gleichzeitig auch der Erste, der zwischen Gesteinen, die auf die Entstehung der Erde zurückgingen, und Sekundärgesteinen, die erst durch Verwitterung und Erosion dieses Urgesteins entstanden, unterschied.

Einer der führenden strengen „Feuer-Theoretiker“ war dagegen der schottische Geschäftsmann und Naturwissenschaftler James Hutton. Er interessierte sich in erster Linie für die Hitze des Erdinneren und ihre Auswirkungen auf die Veränderungen der Erde. Er erklärte 1749 die Entstehung von Vulkanen und Gebirgen mit einer Ausdehnung des geschmolzenen inneren Erdmaterials. Brüche des geschmolzenen Material dabei durch die darüber liegende Erdkruste, entstünden dort Vulkane, hebe es die Kruste nur in die Höhe, seien Gebirgszüge die Folge. Im Gegensatz zu Leibniz war Hutton davon überzeugt, dass kein an der Erdoberfläche gefundenes Gestein echtes „Urgestein“ sein könne, da Aufstiegs- und Erosionsprozesse die Erdoberfläche fortwährend veränderten.

Zeitgleich mit Leibniz und Hutton beschäftigte sich auch ein französischer Naturforscher, der Comte de Buffon, mit der Frage nach den Ursachen der Geologie. Auch er ging von einer sich langsam abkühlenden Erde und großen Hohlräumen in der Erdkruste aus, gehörte jedoch eher zu den „Wasser-Theoretikern“. Er sah in Meeresströmungen „unter

dem Meer“ die ausschlaggebende Ursache für die Veränderungen der Landmassen. Unter dem Einfluss der Erdrotation und der Strömungen würden sich, so glaubte Buffon, am Meeresboden die Sedimente zu gewaltigen Gebirgszügen auftürmen. Diese Gebirge traten an die Oberfläche und wurden zu Festland, wenn Wassermassen in die großen, ab und zu einstürzenden Hohlräume der Erdkruste eindringen und der Meeresspiegel dadurch absank. Als einer der ersten beschrieb Buffon auch die Ähnlichkeiten zwischen den urzeitlichen Tieren Nordamerikas und Eurasiens und schloss daraus auf frühere Landverbindungen zwischen beiden Kontinenten. Er glaubte, dass in einem der letzten katastrophalen Großereignisse der Erdgeschichte diese Landbrücke über den Atlantik eingestürzt und abgesunken sei. Die Idee einer solchen Landbrücke als Erklärung für biogeographische Besonderheiten sollte sich noch bis weit in das 20. Jahrhundert halten.

Von schrumpfenden Äpfeln und Pentagonalnetzen

Eine der immer wiederkehrenden Fragen in allen „Theorien der Erde“ war die Entstehung der Gebirge. Für Buffon oder Leibniz waren sie urzeitliche Gebilde aus der Entstehungszeit der Erde. Für Hutton, den Verfechter der Feuertheorie, entstanden sie dagegen fortwährend neu. Sie waren Teile der Erdkruste, die durch unterirdische Verlagerung von Magma angehoben worden waren und erst später durch Verwitterung und Erosion ihr heutiges Gesicht erhielten.

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts erhielt die bis dahin vorwiegend theoretische Diskussion durch die zunehmende Feldforschung neue Impulse. Im Mittelpunkt der Überlegungen stand dabei die Frage, wie und warum die Gebirge der Erde so ungleichmäßig verteilt waren und zu welcher Zeit sie entstanden sein könnten. Unter den Gelehrten, die sich mit diesen Problemen befassten, war auch der Forschungsreisende und Universalgelehrte Alexander von Humboldt. Auf seiner Südamerikareise im Jahr 1801 erforschte er nicht nur die Tier- und Pflanzenwelt dieses Kontinents. Er erkundete auch die Lage und Ausrichtung von Gebirgsketten und suchte dabei nach einem übergeordneten Muster, einer Analogie zwischen dem Verlauf von Küstenlinien und den Gebirgszügen.