

Fortschreibung der Expansionstheorie

Ein Beitrag
zur Geotektonik und Geophysik

Dr.-Ing. Beate Trost

Stein, 25.08.2024

Vorwort und Thesen

Ausgehend von der simplen Fragestellung, warum es im Aufbau der Erde zwei unterschiedliche Arten von Erdkruste - SIMA und SIAL - gibt, entstand die nachfolgende Forschungsarbeit.

Betrachtet man die Grafik des Ozeanbodens, die auf Messungen magnetischer Anomalien entlang der Ozeanrücken durch Vine & Matthews im Jahr 1963 zurückgeht, zeigt diese ein spiegelbildliches Streifenmuster beiderseits der mittelozeanischen Rücken. Schiebt man nun diese Ozeanbodenstreifen gedanklich zu den ozeanischen Rücken hin zusammen, so sollte ein Globus mit geschlossener Landmasse ohne Tiefseebecken entstehen - die kleine Erde.

Ich nahm also einen Globus und transparentes Papier und schnitt die Konturen der Festländer aus. Diese Stücke klebte ich auf eine aus Zeitungspapier zusammengeknüllte Kugel – etwa halb so groß im Durchmesser wie der Globus – und siehe da, alle Stücke passten fast lückenlos auf die Zeitungspapierkugel. Einige Zeit lang freute ich mich, dass ich da wohl etwas Neues entdeckt hatte – gelangte aber schnell zu dem Schluss, dass ich ganz bestimmt nicht die Einzige sein konnte, der so etwas auffiel.

Und genauso war es auch. Es dauerte zwar zunächst etwas, bis ich gefunden hatte, wonach ich suchte, da ich den Suchbegriff „Expansion“ nicht kannte, aber schließlich stieß ich auf die Theorie „vom wachsenden Erdball“ und auf Globen, die meiner Zeitungskugel ähnelten, aber viel professioneller waren und die ein gewisser Hilgenberg schon 90 Jahre zuvor konstruiert und beschrieben hatte.

Die Frage war nur: warum wird die Expansionstheorie weder gelehrt, noch diskutiert?

Diese Überlegungen begann ich im August 2013 und sie ließen mich seither nicht wieder los. Die Theorie der Erdexpansion bietet umfassende geotektonische Erklärungsmöglichkeiten, wenn als Ursache für die Expansion die Kollision zwischen Erde und Mond in Erwägung gezogen wird. Darauf aufbauend lassen sich die folgenden Thesen formulieren:

1. Das Südpol - Aitken - Becken auf der erdabgewandten Seite des Mondes und die 70 km Krustenzone der Erde sind kongruente Kontaktstellen der Kollision von Erde und Mond.
2. Das Gesteinsalter des Südpol - Aitken - Beckens von 3,97 Mrd. Jahren ist deckungsgleich mit dem Zeitpunkt des Impakts. Bei der Kollision wies der Erdmond bereits eine Gesteinsoberfläche auf, die Erde noch nicht.

3. Vor der Kollision und vor ihrer Expansion besaß die Erde eine Dichte von ca. 22 g/cm^3 bei einem Durchmesser von 8.023 km und damit rund 63 % des heutigen Durchmessers.
4. Die Ausgangsdichte der Erde_{BE} (before expansion) von 22 g/cm^3 ist mit den Elementen Rhenium, Osmium, Iridium, sowie weiteren Elementen mit Ordnungszahlen $Z \geq 75$ erklärbar.
5. Elemente mit Ordnungszahlen < 75 entstanden durch radioaktiven Zerfall infolge der Kollisionsenergie von $E = 4,51\text{E}+31 \text{ J}$.
6. **Die Erdexpansion erfolgte pulsartig.** Neun als „Ophiolithpulse“ und „Massenaussterben“ bekannte Ereignisse der Erdgeschichte stehen in einem klaren logarithmischen Zusammenhang mit der Kollision (Ereignis 0 vor 3,97 Mio. a). Das zugehörige Bestimmtheitsmaß einer aus diesen Zeitdaten ermittelten Kurve hat den außerordentlichen Wert von **$R^2 = 0,9999$** . Das in der Zukunft liegende Ereignis Nr. 10 ist demnach in 50,57 Mio. a zu erwarten.
7. Der heutige Erdkern besteht zu wesentlichen Teilen noch aus den Ausgangselementen. Die Dichte des äußeren Erdkerns von $9,5 - 12,2 \text{ g/cm}^3$ und des inneren Erdkerns von $12,2 - 13 \text{ g/cm}^3$ ist nicht mit den Elementen Eisen oder Nickel erklärbar, sehr wohl aber mit Rhenium, Osmium und Iridium, deren Schallgeschwindigkeiten denen von Fe und Ni ähneln.
8. Australien wurde infolge des Ausdehnungsgeschehens der Erde um 180° gedreht und war an seiner heutigen Südküste ursprünglich mit den Aleuten verbunden. Eine mehrere tausend Kilometer weite Drift Indiens gab es nie.
9. Alles Wasser auf der heutigen Erde kann auf einen juvenilen Ursprung zurückgeführt werden, wenn die Gesamtheit der Erdkruste in ihrer ursprünglichen magmatischen Form einen Wasseranteil von $4,5 - 5,6 \text{ Gew}\%$ aufwies.
10. **Alle Objekte des Sonnensystems expandieren.** Berechnet wurde eine Potenzfunktion für den Vergleich der Dichte von 57 Planeten und Monden, der Dichte des inneren und äußeren Erdkerns, sowie der Dichte der Erde_{BE} von $\rho = 22 \text{ g/cm}^3$. Die zugehörige Funktion $\rho = 23,189 n^{-0,86}$ besitzt ein Bestimmtheitsmaß **$R^2 = 0,9914$** .

A	Inhaltsverzeichnis	
B	Tabellenverzeichnis	II
C	Abbildungsverzeichnis	II
D	Abkürzungs- und Symbolverzeichnis	III
E	Anlagenverzeichnis	V
1	Einleitung	1
2	Ein kurzer Abriss historischer Theorien der Geotektonik	4
2.1	Kontraktionstheorie und Fixismus	4
2.2	Vom Mobilismus zur Theorie der Plattentektonik	4
2.3	Die Vordenker der Expansionstheorie	7
2.4	Einfangtheorie des Mondes	13
2.5	Roche-Grenze versus breakup altitude	14
3	Erdexpansion infolge einer Kollision von Erde und Mond	17
3.1	Besondere Oberflächenstrukturen auf Erde und Mond	17
3.2	Die Ophiolith-Gürtel der Erde	23
4	Rückschlüsse aus der Expansionshypothese	24
4.1	Die Dichte der Erde vor der Expansion	24
4.2	Bedeutung der Nuklidkarte in der Segrè Darstellung	26
4.3	Der Aufprall – physikalisch betrachtet	28
4.4	Zeitlicher Ablauf der Expansion	34
4.5	Der 70 km Krustenbereich als einstige Kontaktfläche	39
4.6	Os-Ir-Erdkern vs. Ni-Fe-Erdkern	41
4.7	Der Mond überwand die Roche-Grenze bzw. breakup-altitude	45
4.8	Die Summe irdischen Wasser stammt aus Magmen	46
4.9	Die 180° Drehung Australiens während der Expansion	48
5	Folgeüberlegungen	52
5.1	Vorstellung zum Spannungsabbau durch die Expansion	52
5.2	Notwendige Begriffspräzisierung in der Geotektonik	54
5.3	Expansion aller Objekte des Sonnensystems	57
6	Resümee	61
7	Nachwort	64
8	Quellenverzeichnis	65

B Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Geotektonische Bogenstrukturen ähnlicher Länge	18
Tabelle 2:	Dichte der Erde _{BE} für 62% bzw. 63% des heutigen Durchmessers.....	25
Tabelle 3:	Elemente mit der größten Dichte.....	25
Tabelle 4:	Ausgewählte Eigenschaften mutmaßlicher Ausgangselemente $Z \geq 75$.	27
Tabelle 5:	„Softball“ Dichtevergleich Erde _{BE} – Mond	29
Tabelle 6:	Geometrische, physikalische Daten von Erde, Erde _{BE} und Mond	30
Tabelle 7:	Ortsfaktoren Erde, Erde _{BE} und Mond.....	32
Tabelle 8:	Potenzielle Energie des Mondes nach Abprall von Erde _{BE}	32
Tabelle 9:	Aufprall-Experiment nach der Ähnlichkeitstheorie	34
Tabelle 10:	Ereignisse der Erdgeschichte.....	35
Tabelle 11:	Ophiolithpulse und Massenaussterben der Erdgeschichte	37
Tabelle 12:	Eigenschaften der im Erdkern vermuteten Elemente.....	44
Tabelle 13:	Flugzeit des Mondes innerhalb Roche-Grenze bzw. breakup-altitude ..	46
Tabelle 14:	Berechnung Wasservolumen der Ozeane aus Magma Erdkruste	47
Tabelle 15:	Spannungsabbau nach Kollision und Erdexpansion.....	52
Tabelle 16:	Anordnung von Strukturen gleicher Länge auf der Erde _{BE}	53
Tabelle 17:	Objekte der „Plattentektonik“ als Kalotten und Scheiben	55

C Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Expansionsgloben von Hilgenberg (1933).....	1
Abbildung 2:	Einst verbundene Küstenlinien nach Mantovani (1909).....	8
Abbildung 3:	Prinzipskizze zur Einfangtheorie nach Descartes (1664).....	13
Abbildung 4:	Mappe Monde, Gochet (1875).....	22
Abbildung 5:	Anordnung der Elemente nach Gmelin (1843)	26
Abbildung 6:	Logarithmischer Zusammenhang der Ereignisse der Erdgeschichte ...	37
Abbildung 7:	Welt-Höhenkarte, ASTER (2019), mit Drehung Australiens.....	50
Abbildung 8:	Seafloor crust age (1996), mit Drehung Australiens	51
Abbildung 9:	Weltkarte Erdbeben (2000), mit Drehung Australiens.....	51
Abbildung 10:	Prozesse der Nukleosynthese nach Grosse E. (2006)	58
Abbildungen 11 und 12:	Erde _{BE} und Mond aus Papier, Sonnensturm im Mai 2024 ..	64

D Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

Symbol	Bedeutung / Erklärung	Einheit
a	Jahr / Jahre	-
a	Tiefe nach Newmark (1942)	km
a	Radius Basiskreis	km
ASTER	Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer	-
A	Flächeninhalt	km ²
A _t	Fläche Kugelkalotte	km ²
AUS	Australien	-
BE	before expansion, vor Expansion	-
BP	before present, vor der Jetztzeit	-
Erde _{BE}	Erde vor Expansion	-
c	Schallgeschwindigkeit	m/s
d	Distanz Erde - Mond	km
d	kritischer Abstand zweier Himmelskörper nach Roché	km
d _{Erde BE modell}	Durchmesser Erde vor Expansion, Modell	cm
d _{Erde BE real}	Durchmesser Erde vor Expansion, real	km
D _{Mond modell}	Durchmesser Mond im Modell	cm
D _{Mond real}	Durchmesser Mond, real	km
D	Durchmesser Erde	km
D	Durchmesser der Kollisionskontaktfläche	km
D _{aktuell}	Durchmesser aktuell	km
D _{BE}	Durchmesser Erde vor Expansion	km
E	Exponent	-
E _{kin}	Kinetische Energie	J
E _{pot}	Potenzielle Energie	J
E _{kin Modell}	Kinetische Energie im Modell	J
E _{pot Modell}	Potenzielle Energie im Modell	J
E _{kin real}	Kinetische Energie real	J
E _{pot real}	Potenzielle Energie real	J
G	Gravitationskonstante	m ³ /(kg*s ²)
g	Ortsfaktor, Fallbeschleunigung	m/s ²
g _{BE}	Ortsfaktor der Erde _{BE}	m/s ²
h	Höhe Basiskreis	km
h	Distanz Erde - Mond	km

Symbol	Bedeutung / Erklärung	Einheit
h_1	breakup altitude, untere Grenze	km
h_2	breakup altitude, obere Grenze	km
h_{Modell}	Höhe im Modell	m
$h_{\text{modell Erde-Mond}}$	Distanz Erde – Mond im Modell	m
$h_{\text{real Erde-Mond}}$	Distanz Erde – Mond, real	km
L	Luna, lateinisch Mond	-
LIP	large igneous province	-
m	Masse	kg
$m_{\text{Erde Modell}}$	Masse Erde, Modell	g
$m_{\text{Erde real}}$	Masse Erde, real	kg
m_{Mond}	Masse Mond	kg
$m_{\text{Mond Modell}}$	Masse Mond, im Modell	g
$m_{\text{Mond real}}$	Masse Mond, real	kg
m. A. n.	meiner Ansicht nach	-
MOR	mid-ocean-ridge, Mittelozeanischer Rücken	-
MORB	mid-ocean-ridge-basalt	-
M	Masse Erde	kg
M_{Erde}	Masse Erde	kg
M_{kr}	Masse Erdkruste	kg
$M_{\text{W, Kr}}$	Masse Wasser aus Magma/Kruste	kg
Nife/ NiFe	Nickel-Eisen-Erdkern nach Suess (1892)	-
O	Oberfläche	km ²
P	Primärwelle, Druckwelle	-
PREM	Preliminary Reference Earth Model	-
r_{BE}	Radius vor Expansion nach Burša und Hovorková (1994)	km
R	Radius	km
R	Radius Masse-reicher Stoßpartner nach Aggarwal & Overbeck	km
R^2	Bestimmtheitsmaß	-
r	Radius	km
$r_{\text{Massereicher}}$	Radius des Masse-reichen Stoßpartners nach Roché	km
rd.	rund	-
ρ	Dichte	g/cm ³
$\rho_{\text{Erde BE}}$	Dichte Erde	g/cm ³
ρ_{BE}	Dichte, vor Expansion	g/cm ³
$\rho_{\text{Massereicher}}$	Dichte des Masse-reichen Stoßpartners nach Roché	g/cm ³
ρ_{Satellit}	Dichte des Satelliten nach Roché	g/cm ³
S	Scherwelle, Sekundärwelle	-

Symbol	Bedeutung / Erklärung	Einheit
S	Sol, lateinisch Sonne	-
SAB	Südpol-Aitken-Becken	-
SAL / SIAL	Kontinentale Erdkruste nach Suess (1892) bzw. Wegener	-
SIMA	Ozeanische Erdkruste nach Suess (1892)	-
T	Terra, lateinisch Erde	-
T	Transversalwelle	-
θ	Raumwinkel in Steradian	sr
v	Geschwindigkeit	m/s
v	Bahngeschwindigkeit	m/s
V	Volumen	km ³
V _{BE}	Volumen Erde vor Expansion	km ³
V _{Erde}	Volumen Erde	km ³
V _{Mond}	Volumen Mond	km ³
V _{Ozeane}	Wasservolumen der Ozeane	km ³
V _{W, Kr}	Volumen Wasser aus Magma Kruste	km ³
V _{real}	Geschwindigkeit real	m/s
V _{Modell}	Geschwindigkeit im Modell	m/s
w _{Kr}	Anteil Wasser in Magma/ Kruste	M%
y B.P.	years before present	-
∞	unendlich	-
z	Tiefe nach Newmark (1942)	km
Z	Ordnungszahl	-

E Anlagenverzeichnis

- Anlage 1** Mittlere Dichte von Objekten unseres Sonnensystems, des inneren und äußeren Erdkerns und der Erde_{BE}

1 Einleitung

Im 19. Jahrhundert erwähnten Roberto Mantovani und Franklin Coxworthy erstmals nachweisbar den Begriff „*Expansion*“ bzw. „*dilatation planétaire*“ im Zusammenhang mit Vorstellungen einer in Ausdehnung befindlichen Erde. Es war aber Ott Christoph Hilgenberg, der erkannte, dass die Festlandsoberfläche der Erde nahtlos aneinandergesetzt werden kann, wenn ihr Durchmesser fast halb so groß gewählt wird wie der heutige Durchmesser. In seiner Schrift „*Vom wachsenden Erdball*“ aus dem Jahr 1933 veranschaulichte er das Auseinanderdriften der Landflächen und das Anwachsen des Globus anhand anschaulicher Modelle. Damit schuf er die eigentliche Grundlage für die Expansionstheorie. Was bisher fehlte, war aber eine fundierte Erklärung der Ursache.

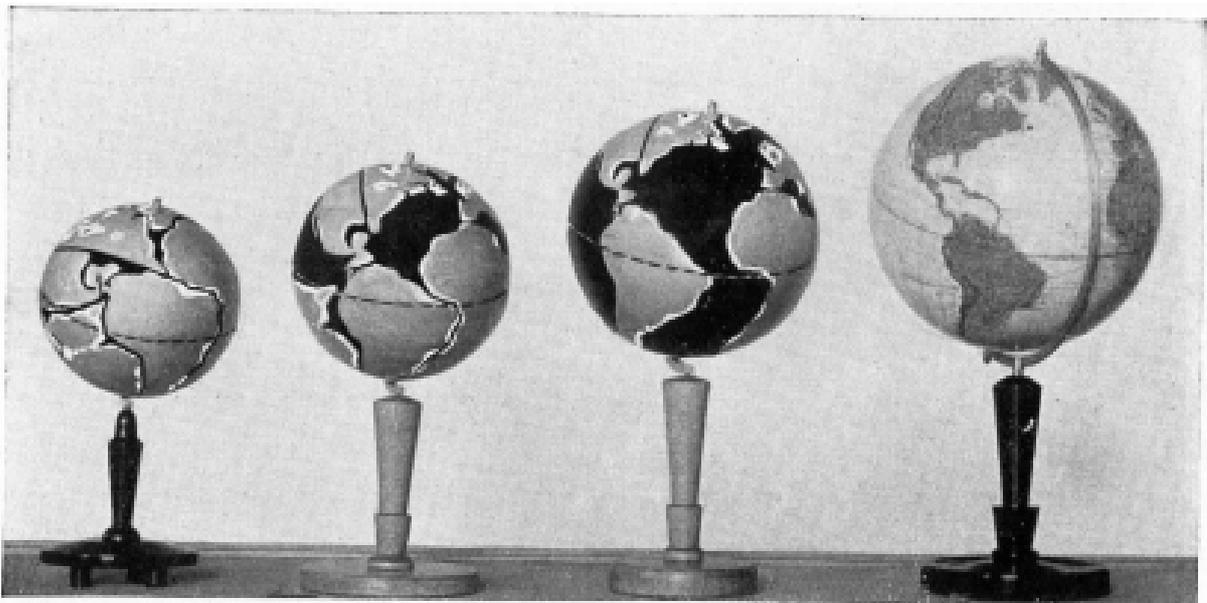


Abbildung 1: Expansionsgloben von Hilgenberg (1933)

Wer auf das Phänomen Erdexpansion stößt, erkennt schnell, dass es weitgehende Fragestellungen aufwirft. Wo sollen die aktuell vorhandenen Ozeane zum damaligen Zeitpunkt geblieben sein? Wäre gleichzeitig alles Wasservolumen, wie es heute vorhanden ist, auf der kleinen Kugel in flüssiger oder gefrorener Form vorhanden gewesen, so hätte dieses Meer oder diese Eisschicht die Erdoberfläche kilometerhoch bedeckt.

Die mit Geologie bzw. Geophysik oder Geotektonik befassten Studienfächer vermitteln in der Lehre heutzutage ein Modell der Erde mit konstantem Durchmesser. Erdgeschichtliche Veränderungen der Erdkruste werden mit der Theorie der Plattentektonik erklärt.

Von der Existenz einer Expansionstheorie erfährt nur der, der zufällig darauf stößt. Im August 2013 begannen meine zunächst harmlosen Überlegungen. Ich wollte wissen, warum die Erdkruste zwei unterschiedliche Bauarten besitzt.

Die äußerste Schale der Erde, die Erdkruste, wird aufgrund signifikanter Unterschiede in zwei Bereiche eingeteilt - die kontinentale und die ozeanische Kruste. Die kontinentale Erdkruste ist rund 40 km mächtig und wird aufgrund ihrer geochemischen Eigenschaften als SIAL-Kruste bezeichnet. Im Gegensatz dazu ist die ozeanische SIMA-Kruste nur rund 7 ± 1 km¹ mächtig und weitgehend von Meeren bedeckt. Diese Namensgebung geht auf den Wiener Geologen Eduard Suess zurück, wobei er den Begriff SIMA nach den Anfangsbuchstaben der Hauptkomponenten Silizium und Magnesium im Basalt der Ozeankruste wählte und für die kontinentale Kruste den Begriff „SAL“ nach den Anfangsbuchstaben der Hauptkomponenten Silizium und Aluminium in der kontinentalen Kruste. Und es war interessanterweise schließlich Alfred Wegener (1920), der den Begriff SAL in SIAL umwandelte, und zwar *„einer Anregung Pfeffers folgend, um die Identität mit dem lateinischen Wort für Salz zu vermeiden“*.

Im Vergleich zur rd. 7 km mächtigen ozeanischen Kruste mit einer Dichte von rund 3,0 g/cm³ weist die kontinentale Kruste bei einer Mächtigkeit von 40 km eine Dichte von rund 2,7 g/cm³ auf. Der Dichteunterschied beider Krusten rührt aus ihrer jeweiligen Gesteinszusammensetzung her. Die ozeanische Kruste besteht größtenteils aus dichtem Basalt, die kontinentale Kruste dagegen vorwiegend aus dem etwas weniger dichten Granit.

Aber zurück zu Hilgenberg, der in seinem Buch „Vom wachsenden Erdball“ im Jahr 1933 einleitend schrieb:

„Nichtsdestoweniger soll in der vorliegenden Schrift der Versuch gemacht werden, die Wegenersche Hypothese mit einer auf den ersten Blick phantastisch anmutenden Hypothese zu verquicken derart, dass alle Festländer der Erde in ihrer heutigen Größe als Bruchstücke der in sich geschlossenen Haut einer Kugel aufzufassen sind, deren Durchmesser nur ungefähr halb so groß wie der Durchmesser des heutigen Erdballs ist. (...) Vielmehr soll erst einmal die

¹ Besonderheiten: Die ozeanische Erdkruste des Ontong Java Plateaus unter dem Pazifischen Ozean ist 30 km mächtig und besteht aus Basaltlava. Die ebenfalls im Pazifik befindliche Kruste „Zealandia“ ist 10-40 km dick, ist aber eine Kontinentalkruste.

*merkwürdige Tatsache aufgedeckt werden, dass die Umrissse der Festländer oder, besser gesagt, der Festlandschelfe in lückenloser Aneinanderpassung die Oberfläche einer Kugel bedecken, die im Folgenden kurz **Schelfkugel** genannt werden soll.“*

2 Ein kurzer Abriss historischer Theorien der Geotektonik

2.1 Kontraktionstheorie und Fixismus

Im 19. und 20. Jahrhundert gab es unterschiedliche Meinungen unter den Gelehrten des Fachbereichs Geotektonik bzw. Geologie über die Art der Entstehung des heutigen Erscheinungsbildes der Erde.

Die Anhänger des sog. „*Kontraktionismus*“ oder der Kontraktionstheorie waren davon überzeugt, dass die sich Erde nach einem heißen, geschmolzenen Anfangszustand abkühlte und darum nach ihrer Entstehung schrumpfte. Eduard Suess, der nicht nur für die bereits erwähnten geologischen Wortneuschöpfungen „*Sa*“ und „*Sima*“ bekannt ist, sondern auch für Begriffe wie „*Gondwana*“ und „*Thetys*“, prägte auch das Schlagwort „*Kontraktionismus*“. Suess war selbst Anhänger dieser Theorie, von der Lindemann (1927) behauptete, dass sie mindestens auf Rene Descartes und damit bis ins 17. Jahrhundert zurückgehe. Ebenfalls ein Anhänger des Kontraktionismus des 19. Jahrhunderts war Charles Darwin, der die Hebung Patagoniens und großer Teile Südamerikas mit globalen Hebungen in Verbindung brachte, die auf dem Globus konzentrisch aufgrund des „*Wirkens einer damit zusammenhängenden Kraft*“ stattfänden. In dieser Sichtweise stimmte er weitgehend mit den Vertretern des sog. *Fixismus* überein, die überzeugt waren, dass alle geologischen Strukturen am Ort der Entstehung blieben und maximal durch vertikales Geschehen vom Erdinnern beeinflusst würden. Augenfällige geologische und paläontologische Gemeinsamkeiten auf teilweise weit auseinanderliegenden Kontinenten wurden dabei mit der vormaligen Existenz von *Landbrücken* zwischen den Landmassen erklärt, die durch geologisch erklärbare Vorgänge wie „Erosion“ verschwunden waren.

2.2 Vom Mobilismus zur Theorie der Plattentektonik

Da die Erklärung mit den Landbrücken für viele Geologen Anfang des 20. Jahrhunderts nicht mehr befriedigend war, da immer neue Zeugnisse einer einstigen Verbindung der Kontinente gefunden wurden bzw. eindeutige Hinweise auf versteinerte frühere tropische Wälder weitab vom heutigen Äquator, bildete sich die neue Denkrichtung des Mobilismus, zu denen u.a. Alfred Wegener zählte. Die Vertreter des Mobilismus gingen davon aus, dass die Landmassen in geologischer Zeit nicht stets an derselben Stelle blieben, wie die Fixisten glaubten, sondern wohl mehrfach verschoben wurden. Landmassen, die heute z.B. weit im Norden liegen und deren Lagerstätten aber auf eine einstige Lage in subtropischen oder tropischen Breitengraden hinwiesen, mussten demnach durch massive geologische Vorgänge mobilisiert worden sein. Dabei blieb aber der Erddurchmesser nach Ansicht der Mobilisten stets konstant.

Als nach und nach die Unterschiede zwischen der kontinentalen Erdkruste und der ozeanischen Erdkruste immer stärker in den Fokus gerieten und z.B. erkannt wurde, dass die ozeanische Erdkruste viel jünger als die kontinentale Kruste ist, bewegte sich die Ursachenforschung für die Verschiebung der Kontinente in diese Richtung weiter.

Wichtige empirische Bausteine zur Verifizierung der kontinentalen Drift u.a. in Form von Messergebnissen lieferten die Arbeiten von Marie Tharp und Bruce Heezen (1952), Robert Dietz (1961), Harry Hammond Hess (1962) und Vine & Matthews (1963).

Die Meereskartographen Marie Tharp und Bruce Heezen entdeckten 1952 bei ihren Messungen auf einem Segelschiff den Mittelatlantischen Rücken und in der Folge das weltumspannende System der atlantischen und pazifischen Rücken mit den darin befindlichen *Rift Valleys* – tiefreichende Grabenbrüche, die infolge der Dehnung an den ozeanischen Rückenlinien entstanden. Bruce Heezen deutete die Entdeckung der rift valleys im Atlantischen Ozean kurzzeitig als Hinweis auf eine expandierende Erde, wich aber dann wieder von dieser Theorie ab. Die Karten der Ozeanböden, die aus diesen Untersuchungen entstanden, wurden von dem Tiroler Landschafts- und Gebirgsmaler Heinrich Berann handgemalt. Mit der erstmaligen Vermessung und kartografischen Darstellung der Ozeanböden lieferten Tharp, Heezen und Berann den entscheidenden Beitrag zur späteren Anerkennung der heutigen Theorie der Plattentektonik.

Robert Dietz (1961) zog seine Schlussfolgerungen aus den entdeckten Mittelozeanischen Rücken und erklärte sich das Auseinanderweichen der Kontinente anhand der sog. „*Ozeanboden-Spreizung*“ und führte den Terminus „*sea-floor spreading*“ ein. Otto Ampferer formulierte kurioserweise schon 1941 eine dahingehende Vorstellung zur „*Teilung der Kontinentmasse durch aufsteigende Unterströmung und Abschub der Teile nach beiden Seiten*“ sozusagen als Vorläufer für den Begriff *sea-floor spreadings*, ohne dass er von den Mittelozeanischen Rücken wissen konnte.

Harry Hammond Hess nahm in den 1960er Jahren ebenfalls an US-amerikanischen ozeanographischen Expeditionen teil und führte Echolot-Aufzeichnungen der Meeresgrundprofile des Nordpazifiks durch. Er stellte dabei fest, dass die Ozeanböden im Vergleich zu den Kontinenten geologisch jung seien und dass auch die Lockergesteinsschichten am Meeresgrund keine vergleichbare Mächtigkeit wie die kontinentalen Sedimentschichten erreichten, sondern nur eine dünne Auflage auf den Basalten darstellten. Hess' Schlussfolgerung lautete, dass es sich bei den Meeresböden bzw. deren Grundgestein um Neubildungen handelte.

Als Vine & Matthews (1963) das Alter der Ozeanböden kartierten, ergaben sich spiegelbildlich zu beiden Seiten der Ozeanrücken orientierte Streifenmuster. Geologisch junge Gesteine unmittelbar neben den mittelozeanischen Rücken gingen über in Basaltgestein immer älterer ozeanischer Kruste, je weiter man sich auf beiden Seiten von den Rücken entfernte.

Da man von einem konstanten Erddurchmesser ausging, war klar, dass ein Zuwachs an Kruste am Ozeanrücken in irgendeiner Weise ausgeglichen werden musste. Die offenkundige Erneuerung des Ozeanbodens an den mittelozeanischen Rücken endete stets an den Rändern der kontinentalen Kruste. Gleichzeitig waren im Pazifik auffällig tiefe Grabenstrukturen festgestellt worden, die einen Hinweis auf ein mögliches Abtauchen der ozeanischen Kruste unter die kontinentale Kruste gaben. Der von André Amstutz (1951) eingeführte Begriff „*Subduktion*“ wurde für diesen Mechanismus verwendet.

Zur Erklärung, warum es zu einer ständigen Erneuerung des Ozeanbodens in den Mittelozeanischen Rücken kommt, diente eine von Arthur Holmes (1927) entwickelte Vorstellung sog. „*Konvektionsströme*“, die unterhalb der Kruste bzw. im Erdmantel kreisen. Diese durch Temperaturunterschiede im Erdinneren erzeugten Umwälzströme wurden schließlich als ursächlicher Antrieb für die Bewegung der Kontinente bzw. „*Platten*“ in der Erdkruste angesehen. Genauere Untersuchungen ergaben nämlich, dass sich innerhalb der ozeanischen Erdkruste Teilflächen ableiten ließen, die als die heute bekannten tektonischen Platten bezeichnet und unterschieden wurden.

All diese Faktoren mündeten schließlich in der heute allgemein anerkannten Theorie der Plattentektonik, was sich zu Lebzeiten Alfred Wegeners noch lange nicht abzeichnete.

Gleichzeitig wurden aber auch Zweifel geäußert, wie z.B. durch Roland von Huene (1972), der in *Structure of the Continental Margin and Tectonism at the Eastern Aleutian Trench* ein Auseinanderklaffen zwischen Theorie und Beobachtung bemängelte:

“It is disturbing that the proposed, exceedingly large differential movements between continents and ocean basins (especially where much unconsolidated sediment is involved) are not obvious. (...) The present simple continental-margin model diagrammed with essentially rigid slabs does not relate well to observational data, and its value as a framework for interpreting observed structures of the continental margin is diminished by the large gap between theory and observation.”

Kritiker der Theorie der Plattentektonik bemängeln zudem, dass es die für die Theorie notwendigen Subduktionszonen nur an den Rändern des Pazifiks, nicht jedoch an den Rändern des Atlantiks gibt.

Und auch Ursache der Wärmeströme im Modell der Mantelkonvektion ist nicht abschließend geklärt, vgl. Tackley (2008). Die Bildung neuen Ozeanbodens ließe sich auch mit der Expansionstheorie erklären, so gab Hess (1962) zu bedenken.

2.3 Die Vordenker der Expansionstheorie

Franklin Coxworthy entwarf in seiner Schrift *“Electrical condition - or how and where the earth was created“* im Jahr 1848 ein aus heutiger Sicht kühnes Bild der Weltentstehung, indem er behauptete, dass sich alle Planeten im Sonnensystem auf spiralförmigen Umlaufbahnen bewegten, auf denen sie sich allmählich der Sonne annäherten und schließlich in sie hineinstürzten. Auf ihrem Weg von Orbit zu Orbit durchliefen die Planeten Coxworthys Ansicht nach verschiedene Entwicklungsstadien. In seinem Kapitel 9 „Earth in the orbits of the asteroids and Mars“ beschrieb Coxworthy, dass die Erde während der Passage durch den heutigen Orbit von Mars *„Veränderungen infolge von Kontraktion und Expansion“* unterworfen gewesen sei:

*“When our Earth was in Jupiter’s orbit, we assume she was like that planet now, in constitution, with a vaporous envelope some thousands of miles deep and with a very much larger diameter than at present of her inner core or body (...) During the thousands of years Earth passed in the Asteroid orbit she was slowly contracting, owing to the electrical orbit she revolved in, from which resulted the formation of her atmosphere and oceans, and the cooling, hardening, and dying of her rocks. From these processes, long continued we assume, she became much smaller than her present 8,000 miles in diameter. That both contraction and **expansion** took place in our globe is without question, from the evidence afforded by the Earth’s surface. Probably our globe underwent contraction whilst passing through the Asteroid orbit when between 468 millions of miles to about 144,000,000 from the Sun, and this contraction was followed by expansion when our planet was between 144 millions of miles to about 120 millions of miles from the Sun, when we assume she had acquired her present dimensions of nearly 8,000 miles in diameter. (...) we will proceed to the consideration of the events connected (...) with Earth when at 144 million miles from the Sun in 1862 which position Earth occupied when her smallest diameter of perhaps only about 4,000 miles. (...) when the expansion of the planet began to take place on our onward progress towards the Sun, an opening was formed throughout the whole of the distance separating North and South America from Africa and Europe.”*

Coxworthy und viele seiner Zeitgenossen waren zudem Anhänger der sog. Ätherhypothese, wie z.B. auch Heinrich Hertz (1895), der formulierte:

„Nehmt aus der Welt die Elektrizität, und das Licht verschwindet; nehmt aus der Welt den lichttragenden Äther, und die elektrischen und magnetischen Kräfte können nicht mehr den Raum überschreiten.“

Die im Nachhinein unglückliche Verknüpfung von Elektrizität, Äthertheorie und Expansion erwies sich nicht nur bei Coxworthy, sondern auch bei dem eingangs schon erwähnten Ott Christoph Hilgenberg als kontraproduktiv. Nach Widerlegung der Äthertheorie wurde auch die Möglichkeit einer Expansion verworfen bzw. hatte den Makel, Bestandteil einer widerlegten Theorie zu sein.

Roberto Mantovani verwendete in seinen Aufzeichnungen ab 1889 den Begriff „*dilatation planétaire*“ – Planetendehnung. Er übertrug seine geologischen Beobachtungen von Bruchstrukturen auf der Insel Réunion auf die gesamte Erde. Seine Vorstellung dieser Ausdehnung hielt er 1909 in einer Darstellung fest, in der einstige Verbindungen der Festländer mit Punktlinien gekennzeichnet wurden, vgl. Abbildung 2.

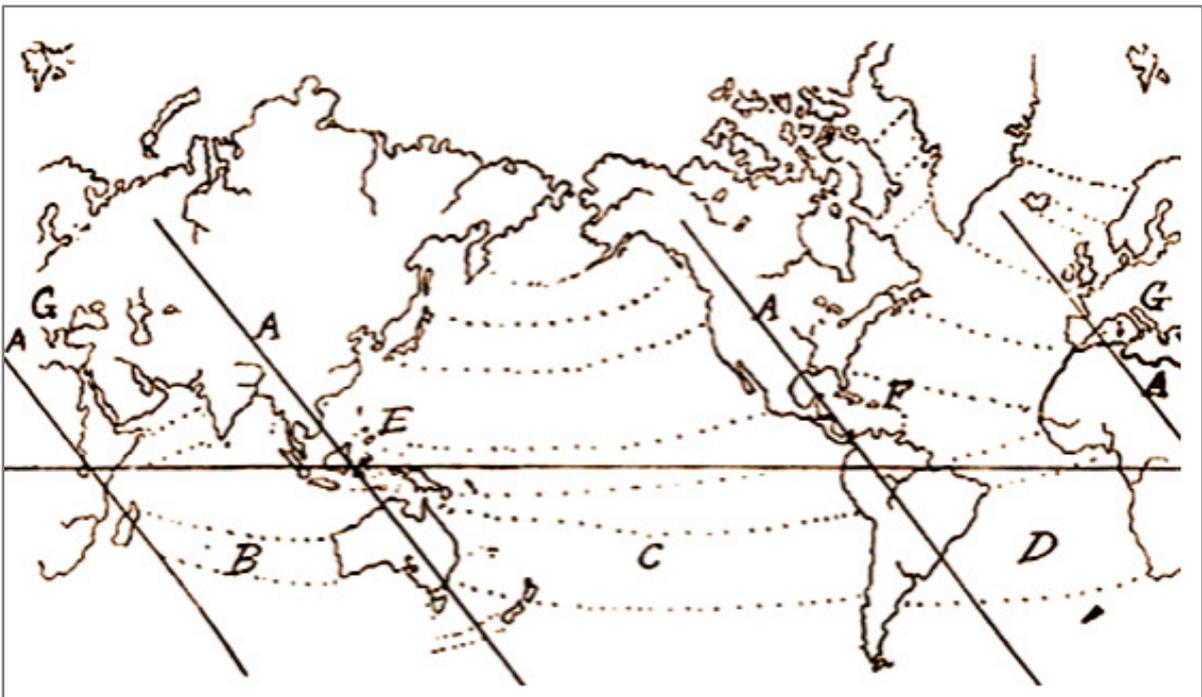


Abbildung 2: Einst verbundene Küstenlinien nach Mantovani (1909)

In Mantovanis Beitrag von 1930 mit dem Titel „*Beunruhigende Entdeckung: Die Erde wächst. Einführender Bericht über die Entdeckung der planetaren Dilatation für Mathematiker, Physiker, Astronomen, Geologen und all jene, die sich für die großen Rätsel des Universums interessieren*“ verglich er das Aussehen der Kontinente mit einer Blüte: der Blütenstil im Nordpol

und die Blütenblätter bestehend aus den drei großen Kontinentalmassen der Erde. Abgesehen von Analogieschlüssen blieb Mantovani letztlich aber den Beweis für eine Expansion schuldig. Bernhard Lindemann veröffentlichte sein Buch mit dem Titel „*Kettengebirge, kontinentale Zerspaltung und Erdexpansion*“ im Jahr 1927. Ebenso wie Mantovani nahm Lindemann eine thermische Ausdehnung als Ursache der Expansion an. Lindemann bildete sich seine Meinung vor allem aus dem Blickwinkel der Gebirgsfaltung und fühlte sich nur deswegen dem Lager der Anhänger der Expansionstheorie zugehörig, weil die Kontraktionslehre seiner Meinung nach keine plausible Erklärungsgrundlage für die Entstehung von Faltengebirgen bot. Gebirgsbildung sei demnach, wie er sich mit seinem Gesprächspartner Bittner bereits 1893 einig war, nichts anderes als eine *„Ausdehnungserscheinung der die Oberfläche der Erdrinde zusammensetzenden Gesteine und Sedimente, hervorgerufen durch chemische und physikalische Volumänderungen in denselben, verbunden mit den Wirkungen der allgemeinen Schwere“*. Lindemann stimmte außerdem mit seinen Zeitgenossen Adams und Williamson, amerikanischen Geophysikern, überein, dass der Erdkern ein spezifisch sehr schwerer Metallkern sein müsse, und, dass es schwierig sei, sich die entsprechenden Aggregatzustände des Erdinneren vorzustellen. Außerdem zeigte Lindemann als Zeitgenosse Alfred Wegeners Anerkennung für die Theorie der Kontinentalverschiebungen:

„In Wirklichkeit sind wohl Kontinentalverschiebungen nach allen Himmelsrichtungen vorgekommen (...) und da dünkt es einem doch am wahrscheinlichsten, daß diese gleichartigen Bewegungen auch ein und derselben Kraftquelle ihren Ursprung verdanken. Eine solche würde meiner Meinung nach in der Expansion des Erdinnern zu finden sein. Den glühenden Gasen des Erdinnern, die unter einer so ungeheuren Kompression stehen, daß die Starrheit die von kaltem Stahl noch übertrifft, muß ein Ausdehnungsbestreben von entsprechender Größenordnung innewohnen. (...) Der eigentliche Sitz der Expansion ist die Zone der glühenden, aufs äußerste komprimierten Gase, die Expansion wird aber auf die Magmenschicht übertragen und dadurch gegen die feste Kruste geleitet. Das andauernd nachgeheizte und mit Gasen gespeiste obere Magma nagt an der festen Kruste, schmilzt Teile derselben ein und frißt sich, von unten geschoben, in immer höhere Regionen hinauf. (...) Nun sind die entgegenstehenden Widerstände sehr groß (...) Ist aber einmal ein regionaler Spaltenzug, also eine Zone geringsten Widerstandes, entstanden, so werden sich die expansiven Bewegungen vorzugsweise auf diese Zone richten und die Magmen dort aus einem größeren Gebiet zusammenströmen. Die Expansion eines gewissen Erdabschnitts konzentriert sich gewissermaßen auf diesen Streifen. (...) Man braucht sich deswegen nicht vorzustellen, daß unter solchen Umständen der Spaltenzug eine ununterbrochene Reihe speiender Vulkane und brodelnder Lava-

seen darbieten müßte. Bei dem ungemein langsamen Fortschreiten der Expansion kann stets nur eine beschränkte Zahl Feuerberge in Tätigkeit stehen. Der bei weitem größte Teil der Magmen verharrt lange Zeiträume hindurch scheinbar untätig im Grunde der Spalte. (...) Wir haben ja das Beispiel am Roten Meer, das eine typischsten Expansionsspalten ist, die es gibt. Obwohl nach den Schweremessungen der tiefere Untergrund dieser Spalte von basischen Magmen erfüllt sein muß und mehrere erloschene Vulkane an den Rändern und im Becken selbst stehen, besitzt doch in der Gegenwart das ganze Gebiet kaum noch einen einzigen tätigen Krater. Im Übrigen bilden ja lange Reihen erloschener und tätiger Vulkane einen sehr charakteristischen Zug im Antlitz unseres Planeten. Allerdings zeigen sie sich vornehmlich an den sogenannten Bruchrändern der Festländer, aber dies sind eben vielfach die Ränder uralter Expansionsspalten.“

Der anschaulichste Schriftbeitrag zum Thema Erdexpansion kam aber von dem bereits erwähnten Ott Christoph Hilgenberg mit seinem Buch *“Vom wachsenden Erdball“* aus dem Jahr 1933. Dennoch war das Kernanliegen Hilgenbergs nicht, die Erdexpansion zu erklären, sondern die damals weiterhin populäre Ätherstromhypothese zu beweisen, „*denn nicht die Wegnersche Verschiebungshypothese führte den Verfasser zur Entdeckung der lückenlosen Verteilung der Festlandschelfe auf der Schelfkugel und damit zur Hypothese der Zunahme des Volumens von Materie mit der Zeit; sondern, umgekehrt, die eingangs erwähnte „phantastische“ Hypothese, laut der diese Zunahme auf anderem Weg wahrscheinlich gemacht wurde, veranlasste den Verfasser nachzuprüfen, ob Anzeichen vorhanden sind, nach denen der Erdball im Wachsen begriffen ist. Die Wegnersche Hypothese leistete hierbei ausgezeichnete Dienste. Wenn (...) der Verfasser nicht in der Reihenfolge vorgegangen ist, wie er selbst die Erkenntnisse gewann, so hat das einen guten Grund. Es hätte nämlich dann sofort von sich bewegendem Äther die Rede sein müssen, dessen Ablehnung durch die große Mehrzahl der heutigen Physiker allgemein bekannt ist.*

Die Konstruktion der „Schelfkugel“ war bei Hilgenberg somit nur Beifang. Er war überzeugt, dass die Erde mit Hilfe zuströmenden Äthers sowohl an Masse als auch an Volumen zunähme. Somit konnte er von einer gleichbleibenden Dichte ausgehen – bzw. setzte diese voraus.

Samuel Warren Carey (1976), ebenfalls ein Vertreter der Expansionstheorie, vertrat dagegen die Ansicht, dass die Erde zunächst dichter gewesen sei. Am Anfang habe die Erde nur den halben Durchmesser und ein Viertel ihrer (heutigen) Oberfläche besessen, jedoch im Gegenzug die achtfache Dichte.²

² Nach Careys Annahme entspräche die vormalige Dichte 44 g/cm^3 - ein Irrtum.

Stewart (1978) gab zu bedenken, dass die Oberfläche einer Erde mit halb so großem Durchmesser von einem Ozean einer Tiefe von mindestens 8 km bedeckt gewesen wäre, wenn die damalige Wassermenge der heutigen entsprochen hätte. Stewart zufolge tauchten die Kontinente infolge der Expansion aus dem Ur-Ozean auf und das Wasser habe sich in den heutigen Ozeanbecken gesammelt. Diese Ansicht wurde von Carey nicht geteilt. Er war der Meinung, dass das Wasser bei der Entstehung der Ozeanböden aus der Lava ausgaste und zur bereits vorhandenen Menge hinzukam.

Maxlow (2004) postulierte, dass ein Zuwachs des Erdradius mit einem Zuwachs an Masse gepaart sein müsse, der seiner Meinung nach durch einen Eintrag des Sonnenwinds erklärt werden könne: *„a causal mechanism for an increase in Earth mass and radius over time is based on, but not necessarily constrained to, the input of charged solar wind related electrons and protons originating from the Sun“*.

Owen (1984) führte in dem Beitrag *“The Earth is expanding and we don't know why“* den Gedanken aus, dass sich der Erdkern in einem Übergang von hoher zu niedriger Dichte befindet und auf diese Weise die Kruste nach außen drückt:

„Established theories says that the earth's interior is stable, an inner core of nickel iron surrounded by an outer layer that behaves like a fluid. Perhaps we are completely wrong and the inner core is in some state nobody has yet imagined, a state that is undergoing a transition from high density state to a lower density state, and pushing out the crust, the skin of the Earth, as it expands.“

Zur zeitlichen Einordnung des Expansionsbeginns nimmt Owen (1984) folgendermaßen Stellung: *“Earth's continental crust had once formed a complete shell covering the entire surface of a much smaller globe than the Earth we know today. If that idea were correct, it would imply that the earth had a diameter only 60 per cent of its modern mean value in the late Precambrian, some 700 million years ago. (...) The geological and geophysical implications of such Earth expansion are so profound that most geologists and geophysicists shy away from them. In order to fit with the reconstruction that seems to be required, the volume of the earth was only 51 per cent³ of its present value, and the surface area 64 per cent of that of the present day, 200 million years ago.“*

Captain Alfred W. Drayson beschäftigte sich 1859 in seiner Schrift *The Earth We Inhabit: Its past, present, and probable future* u.a. mit Problemen der Landvermessung und Astronomie.

³ Ebenfalls ein Irrtum: das Volumen vor Expansion betrug eher 21% des heutigen Erdvolumens.

Er stieß auf Unstimmigkeiten in seinen Messergebnissen und meinte zunächst, die Metalle der Messinstrumente seien geschrumpft, kam aber nach Monaten zu dem Ergebnis, dass die Erde expandieren müsse. Und wenn dies der Fall wäre, so müsse die expandierende Kraft aus dem Erdinnern wirken. Seiner Ansicht nach erforderte ein Zuwachs in der Größe aber keinen Zuwachs an Masse. Außerdem würden Geologen bereits seit langem behaupten, dass getrennte Kontinente einst miteinander verbunden waren.

Als „*geotektonisches Paradox*“ bezeichneten es Schmidt & Embleton (1981), dass die Erde expandierte, und legten dar, dass sich dieser Vorgang ihrer Ansicht nach in einer Zeitspanne vor 1,6 bis 1,0 Mrd. a abgespielt habe.

Jan Koziar (2018) plädierte für die Möglichkeit, dass neue Materie im Innern des aus hexagonalen Eisenkristallen aufgebauten Erdkerns entsteht und die Expansion so voranschreite.

Giancarlo Scalera (2001) wies darauf hin, dass auch auf anderen Planeten bzw. deren Satelliten Anzeichen für Expansion bzw. für „*Episoden einer Expansion*“ zu finden seien, die bislang in Richtung der Plattentektonik interpretiert wurden. Scalera äußerte darin auch den Wunsch, dass in den Universitätskursen alle bisherigen Vorstellungen zur Geotektonik gelehrt würden. Hauptziel solle es sein, dass eine neue Generation von Geowissenschaftlern heranwächst, die offen für neue Perspektiven ist und respektvoll mit den alten Vorstellungen umgeht.

Bajgarova & Kostelecky (2005) beschäftigten sich mit geodätischen Messungen des Erdradius und verglichen die Ergebnisse von sechs diesbezüglichen Veröffentlichungen zwischen 1968 und 1995. Anhand von Berechnungen bzw. Satelliten-Messungen wurden Zunahmen des Erdradius von 1,8 cm/a bis 2,5 cm/a festgestellt. Schlussfolgernd stellten Bajgarova & Kostelecky fest, dass sie die Expansionstheorie infolgedessen weder befürworten noch ablehnen könnten.

Nyambuya (2013) befasste sich mit den Bahndrehimpulsen von Erde und Mond und schlussfolgerte aus seinen Berechnungen, dass dieselbe Kraft, die ein Zurückweichen des Erde-Mond-Systems von der Sonne bewirkt, auch für die Expansion der Erde verantwortlich sei. Nyambuya stellte eine Expansionsrate von 1,5 mm/a für die Erde und demgegenüber eine Kontraktionsrate von - 410 mm/a für den Mond fest. Im Fall der Erdexpansion stimmt er damit weitgehend mit Lázló Egyed (1956) überein, der aufgrund paläogeographischer Daten eine jährliche Zunahme des Erdradius von 0,5 mm/a als belegt ansah.

2.4 Einfangtheorie des Mondes

Neben den geotektonischen Überlegungen und Theorien der letzten Jahrhunderte wurden von den Forschern der Vergangenheit auch Vorstellungen zum System Erde – Mond entwickelt. Eine davon stammt von René Descartes (1664) und erklärt die Anwesenheit des Erdmondes mit der gravitativen Annäherung an die Erde.

Descartes erklärt den Vorgang anhand einer Skizze von Bewegungsbahnen, vgl. Abbildung 3, und ihn dahingehend, dass „Himmelskörper, die sich schneller als Planet T (terra = Erde) bewegen und im Punkt A ankommen, zum Punkt B abgelenkt werden. Auf dem Weg von A nach B sind sie gezwungen, sich mit dem Planeten T um sein Zentrum zu drehen. Dabei gibt der Planet ihnen die Gelegenheit, sich weiter von B nach C zu bewegen, dann nach D und nach A. Dadurch formen sie über dem Planeten einen eigenen Himmel, mit dem sie sich danach von Okzident nach Orient bewegen – eine Drehbewegung nicht nur mit der Sonne, sondern auch mit dem eigenen Zentrum. Angenommen, ein Himmelskörper mit der Bezeichnung Mond befindet sich auf einem Kurs entlang des Kreises NACZ (genau wie der Planet bezeichnet mit T), und angenommen, dieser bewegt sich schneller, weil er kleiner ist, dann ist es einfach zu verstehen, wo immer er sich im Himmel am Anfang befunden hat, dass er über kurz oder lang in die Nähe des kleinen Himmels ABCD gerät, und dass er einmal mit diesem Himmel verbunden danach immer diesem Kurs bezogen auf T folgen muss – gemeinsam mit den Teilen des zweiten Elements an dessen Oberfläche“.

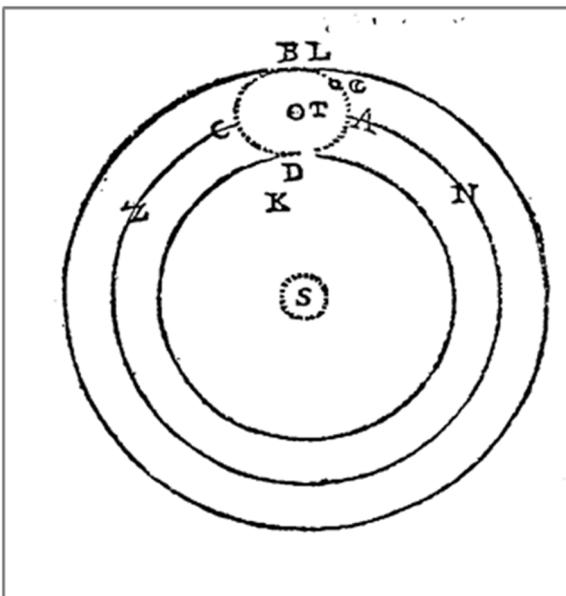


Abbildung 3: Prinzipialskizze zur Einfangtheorie nach Descartes (1664)

Die in Abbildung 3 verwendeten Symbole der betrachteten Himmelskörper lehnen sich an die lateinischen Bezeichnungen an (S = sol = Sonne, T = terra = Erde, L = luna = Mond).

Thomas J. J. See (1909) prägte schließlich den Begriff „*Einfangtheorie*“ bzw. „*Capture theory of cosmical evolution*“ vorgeschlagen. See zufolge gründet die Einfangtheorie auf „*dynamischen Prinzipien*“ und „*Beobachtungen von Phänomenen in Spiralnebeln*“ und besagt, dass sich der Erdmond als eigenständiges Planetesimal an einem anderen Ort im Sonnensystem gebildet hat und bei einer engen Begegnung mit der Erde „*eingefangen*“ wurde. Descartes und See beschrieben demnach den Vorgang, wenn sich zwei Himmelskörper annähern.

2.5 Roche-Grenze versus breakup altitude

Édouard Roche (1783) lieferte eine mathematische Beschreibung für den Fall, dass sich zwei Himmelskörper auf ihren Bewegungsbahnen nicht nur annähern, sondern zu nahekommen. Er entwickelte ein Modell, das sich im Wesentlichen auf Beobachtungen der Gezeitenkräfte auf der Erde und des gravitativen Einflusses des Mondes auf die Erde stützte. Zugleich waren Phänomene wie die Saturnringe durch Beobachtungen bereits bekannt und wollten erklärt werden. Die Roche-Grenze gilt seither als kritische Distanz, ab der die Gezeitenkräfte⁴ für den Satelliten zu stark werden und dieser zerbricht.

Roche betrachtete zwei Fälle der Annäherung – den Fall eines starren Satelliten, der an der Roche-Grenze seines Planeten sofort zerbricht und den eines flüssigen Satelliten, der bei Erreichen der Roche-Grenze erst verformt bzw. gedehnt wird und dann zerfällt. Die reelle Roche-Grenze liegt der Theorie nach zwischen diesen beiden Extremen. Für den kritischen Abstand zweier Himmelskörper gilt nach Roche für den starren Satelliten:

$$d = r_{\text{Massereicher}} * \sqrt[3]{\frac{2 * \rho_{\text{Massereicher}}}{\rho_{\text{Satellit}}}} \quad (1)$$

und für den flüssigen Satelliten:

$$d = 2,423 * r_{\text{Massereicher}} * \sqrt[3]{\frac{2 * \rho_{\text{Massereicher}}}{\rho_{\text{Satellit}}}} \quad (2)$$

⁴ Der Begriff Gezeitenkraft beschreibt die Auswirkungen der Schwerkraft eines Himmelskörpers auf die Masseteilchen an der Oberfläche eines zweiten Himmelskörpers. Ursächlich ist hierbei, dass die Anziehungskraft durch den Partner auf der ihm zugewandten Seite des Himmelskörpers größer ist als auf der abgewandten. Es kommt zu Verformungen, die bis zur Auflösung des Himmelskörpers führen können. Ebbe und Flut, die Gezeiten der Ozeane, sind hierbei die bekanntesten Beispiele, da die Krafteinwirkung des Mondes auf die Wasser-Masseteilchen der Erdoberfläche am besten beobachtet werden kann. Genauso existiert aber auch eine Gezeitenkraft des Mondes auf die Erdkruste und eine diesbezüglich messbare Hebung von einigen Dezimetern. Ebenso bewirkt auch die Sonne Hebungen der Erdkruste und der Ozeane, wenn auch in schwächerem Maß als der Mond. Andersherum würde auch die Erde Hebungen bis hin zu Zerstörungen der Mondoberfläche bewirken, sobald sich der Mond ihr zu stark annäherte. Diesen Fall betrachtete Roche.

$r_{\text{Massereicher}}$	Radius des masse-reichen Stoßpartners in [km]
$\rho_{\text{Massereicher}}$	Dichte des masse-reichen Stoßpartners in [g/cm ³]
ρ_{Satellit}	Dichte des Satelliten in [g/cm ³]

Für die aktuelle Erde-Mond Konstellation beträgt die Roche-Grenze für den starren Mond 9.496 km, für einen flüssigen Satelliten 18.261 km und als Mittelwert ca. 14.000 km. Bei einer Annäherung des Satelliten auf eine Distanz von weniger als 14.000 km an den massereichen Planeten käme es Roche zufolge zur Zerstörung des Satelliten, ohne dass sich die beiden berühren.

Aus Beobachtungen ist inzwischen bekannt, dass kleine Monde auch innerhalb der jeweiligen Roche-Grenze ihres Planeten existieren können (z.B. der Mond Metis neben Jupiter und der Mond Pan neben Saturn).

Im Jahr 1974 setzten sich die Physiker Aggarwal und Oberbeck in ihrem Beitrag "*Roche limit of a solid body*" erneut mit dem Problem auseinander. Sie nahmen dabei Bezug auf die Arbeiten von Jeffreys (1947), Öpik (1950) und Sekiguchi (1970).

Jeffreys war demnach der erste, der betonte, dass es eine Bruchgrenze (*limit of fragmentation*) in festen Satelliten gibt, die durch ihre Materialfestigkeit bestimmt wird. Indem er Kelvins⁵ Theorie der Gezeiten anwandte, stellte Jeffreys Berechnungen über die Zerstörung einschlagender bzw. sich umkreisender fester Körper an. In Bezug auf die Erde schlussfolgerte er, dass ein fester Körper auch in nächster Nähe des Planeten nicht zerbricht, es sei denn, sein Durchmesser wäre größer als 220 km.

Öpik (1950) überprüfte Jeffreys Arbeit und merkte an, dass dieser eine relativ hohe Festigkeit des sich annähernden festen Körpers annahm, nämlich 10^9 dyn cm^{-2} . Die Einheit dyn für die Kraft entspricht in SI-Einheiten $1 \text{ dyn} = 1 \text{ g} \cdot \text{cm} \cdot \text{s}^{-2} = 10^{-5} \text{ N}$, so dass

$$10^9 \text{ dyn/cm}^2 = 10^9 \cdot 10^{-5} \text{ N} \cdot \text{cm}^{-2} = 10^4 \text{ N} \cdot \text{cm}^{-2} = 10^8 \text{ N/m}^2 = 10^5 \text{ kN/m}^2 = 100 \text{ MN/m}^2.$$

Öpik überarbeitete Jeffreys Ergebnisse dahingehend, dass er die totale Gezeiten-Dehnungskraft im Verhältnis zur totalen Zugfestigkeit über den Bruchquerschnitt berechnete. Damit lieferte er eine einfache Formel zur Berechnung der sog. „*breakup altitude*“, also der Höhe über dem Planeten, in der der Satellit bei Übertritt zerbricht, bzw. die minimale Größe der Körper, die durch Gezeitenkräfte zerrissen werden können. Für einen Körper mit einer Festigkeit von 10^8 dyn cm^{-2} berechnete er einen Minstdurchmesser von 120 km, um auf der Erdoberfläche

⁵ William Thomson, der spätere Lord Kelvin, berechnete 1867 anhand der Fourieranalyse die Gezeiten der Ozeane und konstruierte eine Gezeitenrechenmaschine.

zu zerbrechen. Jeffreys und Öpik kamen beide zu dem Schluss, dass die Ringe des Saturn nicht durch gezeitenbedingte Zerstörung eines festen Satelliten gebildet worden sein konnten. Aggarwal und Oberbeck (1974) kamen in ihrer Abhandlung zu dem Resultat, dass der Mechanismus der gezeitenbedingten Zerstörung eines festen Impaktkörpers oder eines umkreisenden festen Satelliten komplexer ist als bis dahin angenommen. Sie nahmen Bezug auf das Gesetz linearer Elastizität („*linear stress-strain law*“, bekannt als Hooke’sches Gesetz) und resümierten, dass ein fester Körper in Abhängigkeit seiner Größe und Festigkeit zerbricht, wobei die Elastizität auf kleine Körper einen geringen Einfluss hat, der Einfluss aber wächst, je größer der Körper ist. Zitiert wird von ihnen auch eine Arbeit von Sekiguchi (1970), der den Ursprung von Zwillingsskratern auf der Mondoberfläche untersuchte und eine Formel für die „*breakup altitude*“ eines vertikal einschlagenden, sphärischen Körpers entwickelte, die ebenfalls auf Kelvins Theorie basierte.

Aggarwal und Oberbeck (1974) zufolge ist die „*breakup altitude*“ eines festen Körpers nicht konstant, es ist aber möglich, einen Wertebereich abzuschätzen, in welchem ein Körper von geringer Festigkeit zerbrechen wird. Als Körper von geringer Festigkeit sahen sie demnach z.B. Meteorite an: „*For bodies of strength 10^6 dyn cm^{-2} and radius greater than 30 km, the range of the estimated breakup altitude extends from 0.16 to 0.19R for impacting bodies and from 0.35 to 0.38R for orbiting ones. The values 0.19 and 0.38R are, respectively, upper limits for the breakup altitude of impacting and orbiting bodies. These values are much less than the 1.44R previously used for the breakup altitude of orbiting solid bodies in the literature. The lowest limit of the tensile strength of some satellites may be of the order of 10^6 dyn cm^{-2} .*“

Für einen Impaktkörper mit einer Mindestfestigkeit von $10^6 \text{ dyn/cm}^2 = 0,1 \text{ MN/m}^2$ und einem Radius von mehr als 30 km, gilt nach Aggarwal und Oberbeck (1974) für die Spanne der *breakup altitude*:

$$h_1 = 0,16 * R \quad (3)$$

$$h_2 = 0,19 * R \quad (4)$$

- h_1 breakup altitude, untere Grenze;
- h_2 breakup altitude, obere Grenze;
- R Radius des massereichen Stoßpartners.

3 Erdexpansion infolge einer Kollision von Erde und Mond

3.1 Besondere Oberflächenstrukturen auf Erde und Mond

Ausgangspunkt für Alfred Wegeners Schrift *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane* (1915, 1920) war seine Umfrage unter 20 Geologen seiner Zeit, ob es zwischen Kambrium und Quartär Landbrücken im Bereich der heutigen Tiefseegebiete gegeben habe. Den Begriff Landbrücken prägte wiederum Eduard Suess in *Das Antlitz der Erde* (ab 1885). Die meisten befragten Geologen bejahten diese Frage für einen Geltungszeitraum bis zum Jura. Für die Zeitalter danach wurde die Frage verneint.

Wegeners eher beiläufigen Betrachtungen zu Inselketten bzw. „Girlanden“ gleicher Länge auf Seite 46 wurde dagegen bislang wenig Aufmerksamkeit geschenkt:

„Die auffällig gleiche Länge der Girlanden [Aleuten 2900, Kamtschatka - Kurilen 2600, Sachalin - Japan 3000, Korea - Riu-Kiu 2500, Formosa - Borneo 2500, Neuguinea - Neuseeland ehemals 2700 km] könnte vielleicht auf diese Weise bereits tektonisch in der Anlage der Randgebirge vorgezeichnet sein.“

In der Fußnote schreibt Wegener weiter: *„Die westindischen Girlanden zeigen dagegen eine Abstufung: Kleine Antillen – Südhaiti – Jamaika – Mosquitobank 2600, Haiti – Südcuba – Misteriosabank 1900, Cuba 1100 km.“*

Erstaunlicher Weise lassen sich viele weitere Bogenstrukturen auf der Erde von vergleichbarer Länge finden. Diese werden in Tabelle 1 zusammengefasst. Es gibt demnach auf der Erde 39 Bogenstrukturen - Inselketten, Tiefseegräben und Faltengebirge - mit durchschnittlich 2.695 km Länge (bei einer Standardabweichung von 13,3%).

Und es gibt das elliptische Südpol-Aitken Becken auf dem Mond mit einem Durchmesser von 2.240 - 2.500 km. Ist das ein Zufall oder steckt System dahinter?

Tabelle 1: Geotektonische Bogenstrukturen ähnlicher Länge

Nr.	Geotektonische Strukturen	Länge [km]
Inselketten		
1.	Aleuten (Alaska Halbinsel bis Kommandeur Insel)	2.900
2.	Kamtschatka - Kurilen	2.600
3.	Sachalin - Japan	3.000
4.	Korea - Ryu-Kyu	2.500
5.	Formosa - Borneo	2.500
6.	Kermadec Islands – Neuseeland	2.600
7.	Kleine Antillen – Südhaiti – Jamaika – Mosquitobank	2.600
8.	Emperor-Seamount-Kette	2.800
9.	Inselkette von Hawaii	3.300
Gräben / Subozeanische Bogenstrukturen		
10.	Great Barrier Reef	2.300
11.	Marianengraben	2.400
12.	Kurilen-Kamtschatka-Graben	2.250
13.	Atacama Graben	2.500
14.	Mittelamerika Graben	2.500
15.	Sundagraben	2.250
16.	Kermadec-Tonga-Graben	3.200
17.	Aleutengraben	3.200
18.	New Caledonia Trough	2.300
19.	Rotes Meer	2.240
Gebirge		
20.	Himalaya	2.500
21.	Ural	2.500
22.	Südsibirische Gebirge (mit Baikalsee, tiefster See)	3.000
23.	Ostsibirisches Bergland	2.700
24.	Altai	2.100
25.	Tien Shan	2.450
26.	Rocky Mountains	3.100
27.	Zentralkordillere: Kolumbien 1.020 km, Ecuador 530 km, Peru 1.630 km	3.180
28.	Atlas Gebirge, Afrika	2.300
29.	Transantarktisches Gebirge	3.500
30.	Great Dividing Range (AUS)	3.200
31.	Appalachen (US)	2.400
32.	Neuguinea	2.400
33.	Kunlun Shan (Hochland von Tibet)	2.500
34.	Trans-Sahara Gürtel	3.000
35.	Nordwestafrikanischer Gürtel	3.000
36.	Lurio-Gürtel - Sambesi-Gürtel - Mwembeshi-Scherzone	3.000
37.	Kap Faltengürtel-Große Randstufe (RSA)	2.500
38.	Armenisches Hochland – Elburs Gebirge - Kopet-Dag - Sefid-Kuh - Koh-e Baba - Hindukusch - Pamir	3.000
39.	Brasilianisches Bergland	2.900
Mittelwert:		2.695
Standardabweichung:		± 13,0%
Rückseite des Erdmondes		
40.	Südpol-Aitken Becken (Durchmesser des Ellipsoids)	2.240 - 2.500

Im Zeitpunkt des mutmaßlichen Zusammenpralls von Erde und Mond müsste die Kontaktstelle auf der Erde kreisrund gewesen sein, wie zu erwarten ist, wenn eine Deformation auf einer Kugeloberfläche durch den Aufprall einer anderen Kugel entsteht. Das Auseinanderdriften der kreisförmigen Kontaktstelle auf der Erde infolge nachdrängender Magmen aus dem Erdinnern führte zu den Bogenstrukturen ähnlich den Bögen auf der Oberfläche hochviskoser Lava.

Noch deutlicher sichtbar sind die auf dem Mond verbliebenen Strukturen infolge des mutmaßlichen Zusammenstoßes. Auf der Rückseite des Mondes befindet sich nämlich einer der größten Krater des Sonnensystems, das Südpol-Aitken-Becken, und nordöstlich davon ein Hochplateau mit annähernd gleicher Fläche. Möglicherweise handelt es sich hierbei um den Einschlagkrater der Erde und die zugehörige Materialumlagerung infolge des Stoßes, die auch die Stoßrichtung anzeigt.

Aufgrund seiner gebundenen Rotation weist der Mond der Erde immer dieselbe Seite zu, so dass die Rückseite des Mondes von der Erde aus nicht zu sehen ist. Ein erstes Foto der erdabgewandten Mondseite gelang aber schließlich mit Hilfe der sowjetischen Raumsonde Luna 3 im Jahr 1959 und lieferte damit Informationen, die m. A. n. bis heute nicht umfassend eingeordnet wurden.

Zunächst lohnt ein genauerer Blick auf die Bogenstrukturen auf der Erde, die Alfred Wegener (1915) als „Girlanden“ bezeichnete. Er beschrieb sie folgendermaßen: *„Die auffallende Übereinstimmung der Girlanden in ihrem geologischen Bau war bereits früher erwähnt worden: ihre konkave Seite trägt stets eine Reihe von Vulkanen, offenbar eine Folge des bei ihrer Biegung hier entstehenden Druckes, der die Simaeinschlüsse herauspreßt. Die konvexe Seite dagegen trägt tertiäre Sedimente, während diese am entsprechenden Festlandsufer meist fehlen. Dies deutet an, daß die Ablösung erst in jüngster geologischer Zeit vor sich gegangen ist, und daß die Girlande zur Zeit der Ablagerung dieser Sedimente noch den Rand des Festlandes bildete. Diese tertiären Sedimente zeigen überall starke Lagerungsstörungen, eine Folge des bei der Biegung hier auftretenden Zuges, der zur Zerklüftung und vertikalen Verwerfung führt. (...) Endlich sei noch kurz des bekannten Unterschiedes zwischen „pazifischem“ und „atlantischem“ Küstentypus gedacht. Die „atlantischen“ Küsten stellen Brüche eines Tafellandes dar, während die „pazifischen“ durch Randketten und vorgelagerte Tiefseerinnen gekennzeichnet sind. Zu den Küsten mit atlantischem Bau zählt man auch diejenigen von Ostafrika mit Madagaskar, Vorderindien, West- und Südaustralien, sowie die Ostantarktis, zu den pazifischen auch die Westküste Hinterindiens und des Sunda-Archipels, die Ostküste Australiens mit Neuguinea und Neuseeland und die Westantarktis. Auch Westindien mit den Antillen hat pazifi-*

schen Bau. Den tektonischen Unterschieden dieser beiden Typen entspricht auch ein verschiedenes Verhalten der Schwerkraft, wie Meissner (...) gezeigt hat. (...) Steinmann sagt (...): „Es zweifelt wohl kaum jemand ernstlich daran, daß das Leben des Süßwassers sowie des festen Landes und der Luft aus dem des Meeres hervorgegangen ist.“ Vor dem Silur kennen wir keine luftatmenden Tiere⁶; der älteste Landpflanzenrest stammt aus dem Obersilur von Gotland.“

Wegener (1915) liefert in seinen Ausführungen keinen Grund für die gleichen Längen der Girlanden, sondern fährt folgendermaßen fort: *„Andererseits scheint es, als ob bei Ausglättung aller Falten in den Kontinentalschollen die Sialrinde tatsächlich genügend vergrößert wird, um sich um die ganze Erde herumzuschließen. Heute nehmen die Kontinentalschollen mit ihren Schelfen allerdings nur noch ein Drittel der Erdoberfläche ein, aber schon für das Karbon erhalten wir eine bedeutende Vergrößerung (auf etwa die Hälfte der Erdoberfläche).“*

Er glättete in Gedanken also die Faltengebirge, so dass die Festlandskruste (Sial) einst die Erde umschloss. Ihm war klar, dass die Meeresböden (Sima) erst später dazukamen.

„Hiernach steht die Annahme, daß die Sialsphäre einstmals die ganze Erde umgab, jedenfalls nicht mit den sonstigen Anschauungen im Widerspruch. Diese verschiebbare und selber plastische Erdhaut wurde nun durch Kräfte, deren Natur im 9. Kapitel erörtert wurde, auf der einen Seite aufgerissen, auf der anderen zusammengeschoben. Die Entstehung und Erweiterung der Tiefsee stellt also nur die eine Seite dieses Prozesses dar, deren andere Seite in der Faltung besteht. Auch biologische Gründe scheinen dafür zu sprechen, daß die Tiefsee erst im Laufe der Erdgeschichte sich herausgebildet hat. So schreibt Walther (...): Allgemeine biologische Gründe, die stratigraphische Stellung der heutigen Tiefseefauna, ebenso wie tektonische Untersuchungen drängen uns die Überzeugung auf, daß die Tiefsee als Lebensbezirk keine primitive Eigenschaft der Erde aus den ältesten Perioden ist, und daß ihre erste Anlage in dieselbe Zeit fällt, wo in allen Teilen der jetzigen Kontinente tektonische Faltungsbewegungen einsetzen und das Relief der Erdoberfläche so wesentlich umgestalten. (...) Höchstwahrscheinlich ist es die Fläche des allgemein für sehr alt gehaltenen Pazifischen Ozeans, die auf diese Weise zuerst ihres Sialmantels beraubt wurde. Es wäre nicht undenkbar, daß die alten Faltungen in den Gneissmassiven Brasiliens, Afrikas, Vorderindiens und Australiens das Äquivalent dieser Öffnung des Pazifik darstellen. Diese Zusammenschübe der Sialsphäre mußten natürlich eine Verdickung und damit ein Herauswachsen zur Folge haben, während gleichzeitig die Tiefseebecken geräumiger wurden. (...) Das mittlere Krustenniveau stellt zugleich die

⁶ Im Silur betrug die Sauerstoff-Konzentration in der Erdatmosphäre 14% und der CO₂-Gehalt 4.000 ppm. Die heutige Atmosphäre besitzt einen Sauerstoffgehalt von 21% und einen CO₂-Gehalt von 400 ppm.

ursprüngliche Oberfläche der noch ungespaltenen Sialsphäre dar. Andererseits besteht die Möglichkeit, das Becken des Pazifischen Ozeans als die Spur der Mondablösung nach Darwins Ideen zu betrachten. Dann wäre bei diesem Vorgang ein Teil der Sialkruste der Erde verlorengegangen. Der einzige Weg, zu einem Urteil hierüber zu kommen, scheint mir der zu sein, daß man den Grad der Zusammenfaltung der Sialschollen abzuschätzen sucht. Dazu liegt aber bisher wohl noch keine Möglichkeit vor.“

Der erwähnte Darwin, dessen Ansicht Wegener (1915) zitiert, dass der Mond aus der Erdmasse des Pazifiks entstand, ist George Howard Darwin, der Sohn des Begründers der Evolutionstheorie Charles Darwin. Wegener gibt in seinen Ausführungen keine Begründung für die Ursache der Kontinentalverschiebung an. Obwohl er Mantovanis und Coxworthys Ausführungen kannte und auch darauf verweist, lässt er den Begriff „Expansion“ unerwähnt:

„Mantovani (...) hat 1909 in einem kurzen Artikel Ideen über Kontinentverschiebungen geäußert und durch Kärtchen erläutert, die zwar zum Teil von den meinigen abweichen, an einigen Stellen aber, wie z. B. in bezug auf die ehemalige Gruppierung der Südkontinente um Südafrika, erstaunlich damit übereinstimmen. Brieflich wurde ich darauf aufmerksam gemacht, daß Coxworthy in einem nach 1890 erschienenen Buch die Hypothese ausgesprochen haben soll, die heutigen Kontinente seien die zerrissenen Teile einer ehemals zusammenhängenden Masse (...). Selbst hatte ich keine Gelegenheit, dies Buch einzusehen.“

Alfred Wegener war die Expansionstheorie durchaus bekannt, aber er verwendete den Begriff offenbar bewusst nicht. Gleichzeitig vertrat er die Ansicht, *„daß die Sialsphäre einstmals die ganze Erde umgab“ als „verschiebbare und selber plastische Erdhaut“.*

Wegeners Misstrauen gegenüber Mantovanis Karte der ehemals *„verbundenen Festländer“* und Coxworthys Vorstellung von Kontraktion und Expansion während der *„Passage der Erde durch den heutigen Orbit von Mars“* war aus heutiger Sicht auf jeden Fall angebracht.

Eine zeitgenössische Weltkarte von Gochet (1875) zeigt noch einmal sehr anschaulich die Bogenstrukturen der Gebirgszüge, vgl. Abbildung 4.

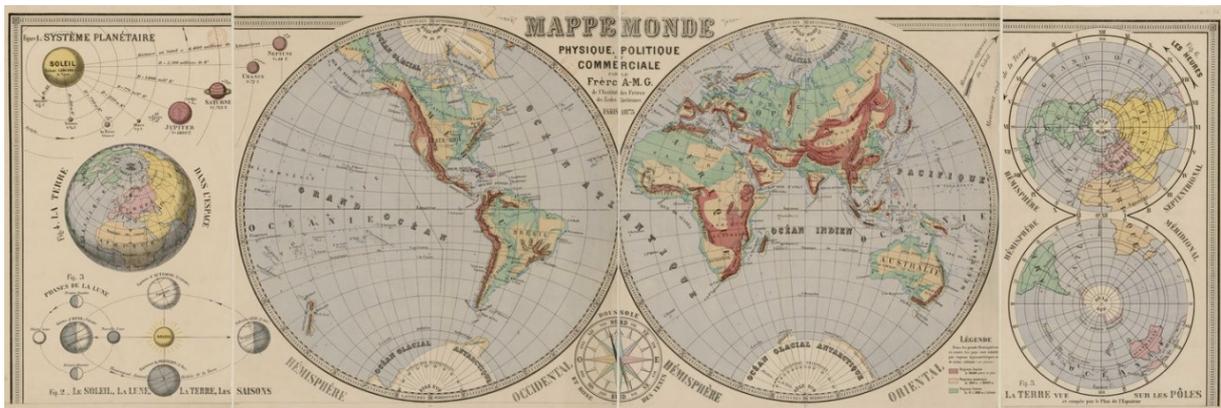


Abbildung 4: Mappe Monde, Gochet (1875)

Wie wenig auch vom genauen Ablauf des Impakts auf der Erde infolge der geologischen Überprägungen ablesbar sein mag, so existieren dennoch Strukturen, die Hinweise auf das damalige Geschehen geben. Was die Stelle des vormaligen Einschlages angeht, dürfte ein Zusammenhang mit den bogenförmigen Strukturen gleicher Länge bestehen.

Auf Seiten des Mondes blieb mit dem Südpol-Aitken Becken eine viel klarere Struktur erhalten, wobei das Alter von Gesteinsproben im Inneren des Beckens nach Ivanov et al. (2018) auf 3,98 Mrd. a + 0,04/–0,06 Mrd. a bestimmt wurde. Das Alter des umgebenden Mondgesteins wurde dagegen anhand von Gesteinsproben der Apollo-Missionen radiometrisch mit 4,5 Mrd. Jahren bestimmt.

Im Hinblick auf Unterschiede zwischen kontinentaler und ozeanischer Erdkruste fällt auf, dass die ozeanische Kruste vergleichsweise jung ist und erst ab dem Jura (201 – 145 Mio. a) gebildet wurde. Die älteste ozeanische Lithosphäre (*prime crust zone*, Alter 200 – 180 Mio. a)⁷ liegt im West-Pazifik, östlich der Marianen. Würde der Einschlagsbereich deckungsgleich mit der *prime crust zone* verortet, so läge er zwar inmitten von Inselbögen bzw. Bogenstrukturen, allerdings würden diese in konvexer Weise von ihm weg zeigen. Für einen kreisförmigen Einschlagkrater würde man sie zumindest in konkaver Anordnung erwarten. Die Fläche der Philippinen Platte mit 5,5 Mio. km² (östliche Berandung durch die Marianen Tiefsee-Rinne) scheint ebenso passend zu sein. Da die Gesteine der Philippinen Platte jedoch erst ab der Kreide entstanden, scheidet auch sie aus. Das Ereignis, das beide Platten entstehen ließ und dessen Energie das Anwachsen des Erdballs erzeugt hat, muss logischerweise vor diesen Bildungen stattgefunden haben. Zur Festlegung von Zeit und Ort des Zusammenstoßes ist es aufgrund des Alters des Südpol-Aitken-Beckens erforderlich, sich gedanklich von der ozeanischen Kruste weg- und auf die kontinentale Kruste hinzubegeben.

⁷ Ähnlich alte Bildungen wurden auch im Krustenbereich unter dem Nordwest-Atlantik nachgewiesen.

3.2 Die Ophiolith-Gürtel der Erde

Bei genauerer Betrachtung der kontinentalen Kruste fällt auf, dass es dort Basalt-Gesteine gibt, die eigentlich eher in der ozeanischen Kruste zu erwarten wären. Diese Basalt-Gesteine werden als Ophiolithe bezeichnet. Ophiolithe⁸ sind sehr alte Gesteine der „Grünsteingürtel“. Ihrem Aussehen nach werden sie als „Schlangenstein“ (auch Serpentin⁹) bezeichnet und kommen in Überschiebungen kontinentaler Erdkruste durch ozeanische Kruste vor. Dieser Vorgang wird als „Obduktion“ bezeichnet. Serpentine bzw. Ophiolithe entstehen bei der Umwandlung des Minerals Olivin. Die Bezeichnung Olivin wählte der Freiburger Mineraloge Abraham Gottlob Werner wiederum aufgrund der olivgrünen Färbung.

Aus Ophiolithen bestehen die Gesteine der Faltengebirgsgürtel der Erde. Diese Bildungen erfolgten pulsartig, weswegen die Ophiolith-Gürtel auch im Zusammenhang mit Ophiolith-Pulsen erklärt werden und z.B. als „Suprasubduktions-Ophiolithe“ in der „Suture zone“ des Himalayas identifiziert wurden.

Die zeitliche Komponente bei der Entstehung der Ophiolith-Pulse kann z.B. anhand des Beitrags von Ishiwatari (1999) „Die Einführung in Ophiolithe“ nachvollzogen werden. Beginnend mit dem Pan-Afrikanischen, spätproterozoischen Ophiolith-Gürtel vor 750 Millionen Jahren, über den paläozoischen Appalachen-Kaledonien-Ural Ophiolith-Gürtel (Variszische Orogene) vor 450 Millionen Jahren über den mesozoischen Alpen-Himalaya-Ophiolith-Gürtel vor 150 Millionen Jahren bis hin zum phanerozoischen Circum-Pazifik-Ophiolith-Gürtel, stellen alle diese Gebirgsbildungen pulsartig entstandene Wülste dar, die die Erde umspannen.

Nach Ishiwatari (1999) werden die Ophiolith-Basalte unterschieden in hoch-Aluminium haltige Alkali Basalte (wie in den Mittelozeanischen Rücken als mid-ocean-ridge-basalt MORB), gering-Aluminium haltige Basalte (Insel-Bögen-Tholeiite) und hoch Magnesium-haltige Andesite (Boninit). Quer durch die Kontinente und entlang der Plattengrenzen der ozeanischen Kruste verlaufen also Ophiolith-Gürtel, die ein pulsartiges Aufreißen der Erdkruste im Laufe der Erdgeschichte widerspiegeln. Trotz der Vielzahl an Ophiolith-Gürteln existiert aber an der Erdoberfläche auf den ersten Blick keine eindeutig kreisförmige Stelle, die dem Südpol-Aitken Becken mit rund 4,5 Mio. km² auf dem Mond entspricht.

⁸ Ophiolith, gebildet aus den Altgriechischen Begriffen „ophis“ für Schlange und „lithos“ für Stein

⁹ Serpentin, gebildet aus dem Lateinischen Begriff „serpens“ für Schlange

4 Rückschlüsse aus der Expansionstheorie

4.1 Die Dichte der Erde vor der Expansion

Unter der Voraussetzung, dass die Expansionstheorie zutrifft, ergeben sich verschiedene logische Konsequenzen für den Ausgangszustand der (kleinen) Erde – also für ihren physikalischen Zustand vor dem Aufeinandertreffen von Erde und Mond. Zunächst ist da die Frage nach dem ursprünglichen Durchmesser der kleinen Erde.

Hilgenberg (1933) postulierte infolge der Konstruktion seiner „Schelfkugel“ einen Durchmesser der kleinen Erde von 62% des heutigen Durchmessers der Erde als unteren Grenzwert, nennt allerdings keinen genauen Zahlenwert, sondern kommt zu den folgenden Feststellungen:

„Dem unteren Grenzwert 0,62 des benutzten Verhältnisses der Durchmesser von Globus und Schelfkugel entsprechend, blieb kaum Zwischenraum zwischen den Schelfen übrig.“ (...) „Aus dem Verhältnis der Durchmesser der Schelferkugel (wie wir die Erde vor der Krustensprengung nennen wollen) und der heutigen Erdkugel, das nach S. 3 sich zu rund 0,6 ergibt, können wir bei der, wenn auch nicht zutreffenden, so doch vereinfachenden Annahme, daß die Erde unveränderte Dichte bei gleichmäßiger Dichteverteilung im Innern durch geologische Zeiträume hin hat, ohne weiteres das Verhältnis der Volumens V der Schelferkugel zum heutigen Volumen V' der Erde bzw. das Verhältnis der entsprechenden Massen M und M' angeben. Es ergibt sich: $V / V' = M / M' = (0,6 / 1)^3 = 0,216$.“

Die letzte Aussage ist physikalisch falsch. Seine „vereinfachende Annahme“, dass die Dichte des Planeten vor- und nachher gleichgeblieben sei, kompensiert Hilgenberg mit Hilfe der „Ätherstrom“-Hypothese und einem daraus erzielten Massenzuwachs. Mit dem sog. Ätherstrom wurde ein Teilchenstrom bezeichnet, der von der Sonne kommend auf die Erde trifft. Genau diese Aussagen sind meines Erachtens die größten Schwachstellen in der damaligen Theorie und vermutlich auch der Grund, warum sie von einem Großteil der Fachwelt nicht weiter verfolgt wurde. Logische Rückschlüsse aus der Expansionstheorie auf den damaligen Zustand der Erde lassen sich m. A. n. auch ohne die Hilfe von Äther ziehen.

Zunächst soll das Durchmesser Verhältnis D_{BE} / D eines Durchmessers der Erde vor Expansion (BE, before expansion) zum heutigen Durchmesser D einmal näher beleuchtet werden. In Tabelle 2 werden die Ergebnisse der Erd-Dichte vor Expansion ρ_{BE} für einen Verhältniswert der beiden Durchmesser von 62 % bzw. 63 % berechnet.

Tabelle 2: Dichte der Erde_{BE} für 62% bzw. 63% des heutigen Durchmessers

Verhältnis D_{BE} / D [-]	Durchmesser Erde heute D [km]	Durchmesser Erde _{BE} D_{BE} [km]	Volumen Erde _{BE} V_{BE} [cm ³]	Masse konstant M [g]	Dichte Erde _{BE} ρ_{BE} [g/cm ³]
62 %	12.734,5	7.895	2,577E+26	5,97E+27	23,17
63 %	12.734,5	8.023	2,704E+26	5,97E+27	22,09

Eine mittlere Dichte der Erde_{BE} von 23,17 g/cm³ für das von Hilgenberg postulierte Durchmesser Verhältnis von 62 % ist physikalisch relativ schwer erklärbar. Ein Dichtewert von 22,09 g/cm³ bei einem Durchmesser Verhältnis $D_{BE} / D = 63\%$ ist aber durchaus erklärbar, wenn die bekanntermaßen dichtesten Elemente Osmium und Iridium mit Dichtewerten von 22,59 g/cm³ bzw. 22,56 g/cm³ (Gray, 2010) gemeinsam mit Platin und Rhenium herangezogen werden, vgl. Tabelle 3.

Tabelle 3: Elemente mit der größten Dichte

Element	Symbol	Dichte ρ [g/cm ³]
Osmium	Os	22,59
Iridium	Ir	22,56
Platin	Pt	21,45
Rhenium	Rh	21,00

In der Erdkruste kommen Os, Ir, Pt und Rh nur in Spuren und meist gediegen also elementar vor. Wenn Osmium und Iridium als gemeinsame Legierung auftreten, so werden sie auch als „Osmiridium“ oder als „Iridosmium“ bezeichnet.

Auf der Suche nach einer wahrscheinlichen Kombination der Ausgangselemente in der Erde_{BE} liefert das Periodensystem der Elemente keine deutlichen Hinweise. Eine interessante Darstellungsform, die von Leopold Gmelin stammt, ordnet dagegen Osmium und Iridium in hervorgehobener Stellung an. In Gmelin (1843) wird eine V-förmige Darstellung der damals bekannten 55 „unzerlegten, wägbaren Stoffe“ gewählt. Elemente mit ähnlichen Eigenschaften wurden dabei in Gruppen angeordnet, und an der Basis dieser V-förmigen Anordnung steht eine 6-er-Gruppe bestehend aus Osmium, Iridium, Rhenium, Platin, Palladium und Gold, vgl. Abbildung 5.

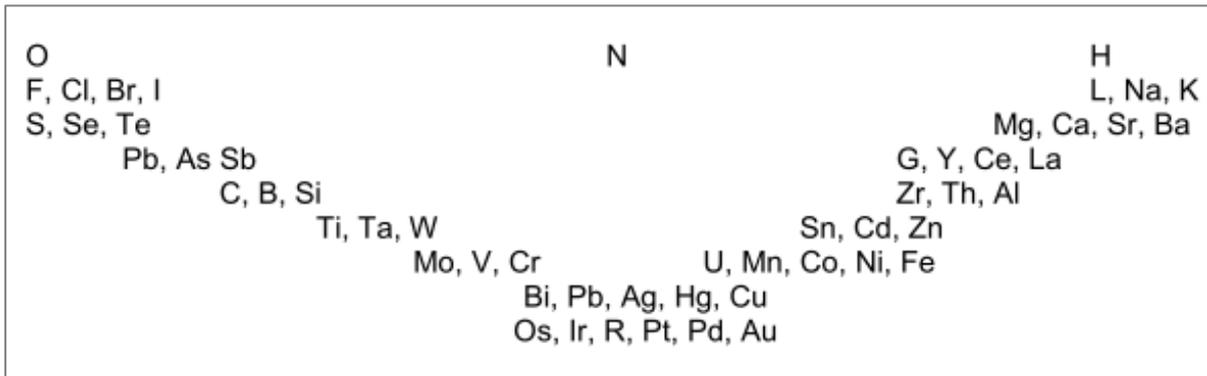


Abbildung 5: Anordnung der Elemente nach Gmelin (1843)

Benutzt man diese Darstellung als Erklärungsansatz für die Umwandlung einer Osmium-Iridium-Erde zur heutigen Erde, so könnte die 6-er Gruppe an der Basis die Ausgangssituation der Elementzusammensetzung einer sehr dichten Erde widerspiegeln.

4.2 Bedeutung der Nuklidkarte in der Segrè Darstellung

Noch besser als Gmelins Darstellung passt in diesem Zusammenhang jedoch die Nuklidkarte in der Segrè Darstellung. Rhenium, Osmium und Iridium befinden sich unter den stabilen Isotopen ab der Ordnungszahl 75. Unter der Annahme eines radioaktiven Zerfalls in der kleinen Erde würden die Elemente Re, Os, Ir, Pt, Au, Hg, Tl, Pb, Bi, Po, Th und U mit Ordnungszahlen größer 75 die Gruppe der mutmaßlichen Ausgangselemente der dichten Erde bilden. Elemente mit Ordnungszahlen kleiner 75 sind demzufolge erst durch radioaktiven Zerfall¹⁰ infolge der Kollisionsenergie entstanden.

Eine vormals dichte Metallerde aus Osmium usw. müsste also infolge der Energieeinwirkung beim Impakt des Mondes eine radioaktive Umwandlung erfahren haben. Die Elementzusammensetzung, die wir heute auf der Erde kennen, wäre dadurch erst entstanden.

Osmium mit der Ordnungszahl 76 weist z.B. stabile Nuklide mit einer Neutronenzahl von 114 bis 121 auf. Ein ununterbrochener Alpha-Zerfall beginnend bei Uran ^{92}U , über ^{84}Po , ^{83}Bi , ^{82}Pb , ^{81}Tl , ^{80}Hg , ^{79}Au , ^{78}Pt , ^{77}Ir , ^{76}Os , ^{75}Re bis hin zu Sauerstoff ^8O , ^7N , ^6C und endend bei ^1H würde also für die mutmaßliche Zusammensetzung der „Ausgangselemente“ der kleinen Erde bedeuten, dass neben Osmium und Iridium zumindest noch eine genügend große Menge an Uran und Thorium vorhanden gewesen sein musste, welche in der Lage war, die radioaktive Umwandlung auszulösen.

¹⁰ Radioaktiver Zerfall als Ursprung für die Erdwärme wurde mit dem Nachweis sog. Geoneutrinos erbracht, wobei Uran und Thorium hieran zu 50-75% beteiligt sind, wie die Forschungskoooperation Borexino collaboration (2010) mit Hilfe von Messungen im Gran-Sasso-Untergundlabor herausfand.

Ein radioaktiver Zerfall entlang der kompletten Zerfallsreihe wurde allerdings nie beobachtet. Tabelle 4 fasst ausgewählte Eigenschaften der mutmaßlichen Ausgangselemente vor der Expansion zusammen.

Tabelle 4: Ausgewählte Eigenschaften mutmaßlicher Ausgangselemente $Z \geq 75$

Z	Element	Beispiele für Isotopen	Halbwertszeit [s], [min], [d], [a]	Magnetische Eigenschaft
75	Rhenium	^{185}Re	∞ (stabil)	paramagnetisch
76	Osmium	^{192}Os	∞ (stabil)	paramagnetisch ¹¹
77	Iridium	^{191}Ir , ^{193}Ir	∞ (stabil)	paramagnetisch
78	Platin	^{194}Pt - ^{196}Pt	∞ (stabil)	paramagnetisch
79	Gold	^{197}Au	∞ (stabil)	diamagnetisch
80	Quecksilber	^{198}Hg - ^{204}Hg	∞ (stabil)	diamagnetisch
81	Thallium	^{205}Tl	∞ (stabil)	diamagnetisch
82	Blei	^{206}Pb - ^{208}Pb	∞ (stabil)	diamagnetisch
83	Bismut	^{209}Bi	1,9E+19 a	diamagnetisch
84	Polonium	^{210}Po	138 d	k. A.
85	Astat	^{219}At	56 s	k. A.
86	Radon	^{222}Rn	3,8 d	k. A.
87	Francium	^{221}Fr	5 min	paramagnetisch
88	Radium	^{226}Rd	1.599 a	nicht magnetisch
89	Actinium	^{227}Ac	21.772 a	k. A.
90	Thorium	^{232}Th	1,4E+10 a	paramagnetisch
91	Protactinium	^{231}Pa	32.760 a	k. A.
92	Uran	^{238}U	4,4E+09 a	paramagnetisch

Vor dem Aufprall des Mondes und der Expansion war die Erde somit mutmaßlich ein radioaktiver und äußerst dichter Metallkörper, u.a. bestehend aus Osmium und Iridium. Da die Gruppe der Ausgangselemente auch Polonium, Thorium und Uran enthielt, war der potenzielle Zündstoff vorhanden, der den radioaktiven Zerfall ermöglichte.

Die Kristallstruktur aus Osmium, Iridium, Uran, Polonium usw. in der Ausgangslegierung der Erde_{BE} hätte aber auch bedeutet, dass die Osmium-Atome im Gitter gleichsam als Deckel auf den Uran-Teilchen fungierten. Erst infolge der Kollision wurden diese weggesprengt, so dass es zur atomaren Kettenreaktion entlang der Segrè-Linie kommen konnte.

¹¹ Osmium folgt als paramagnetisches Material in seiner Magnetisierung einem äußeren Feld. Wird ein Magnetfeld plötzlich entfernt, so tritt ein thermodynamischer Abkühlungseffekt ein.

Aufgrund des Anpralls des Mondes an der Oberfläche des Osmium-Iridium-Körpers begann die atomare Reaktion wohl zuerst an der Außenseite der Erde_{BE}. Fraglich ist aber, warum es zu keiner atomaren Reaktion des Mondes in der ganzen Zeit mehr kam. Der unveränderte Abdruck der Kollision auf der Mondrückseite zeigt, dass dies nicht der Fall gewesen sein kann. Im Vergleich zur Erde weist der Mond keine äußeren Anzeichen von Expansion auf. Seine Kontaktstelle im Südpol-Aitken Becken ist gleichmäßig rund und es gibt keine markanten Rissstrukturen auf der Mondoberfläche im Gegensatz zur Erdoberfläche. Daher ist im Falle des Mondes tatsächlich von einer unveränderten Dichte vor und nach dem Aufprall auszugehen.

Ein Gesteinsmond prallte demnach auf einen Metall-Planeten. Erst mit dem Auftreten zusätzlicher Elemente wie Silizium, Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff infolge des radioaktiven Zerfalls wurden auf der Erde allmählich organische Verbindungen und damit Leben möglich.

Im Zusammenhang mit den mutmaßlichen Ausgangselementen der Erde_{BE} stellt sich z.B. die Frage, ob aus ihnen theoretisch eine Legierung mit einem geeigneten Mischungsverhältnis hergestellt werden könnte, so dass sich die Ausgangs-Dichte von 22,09 g/cm³ ergibt.

In den gedanklichen Vorgang der Expansion ist im Übrigen auch die Tatsache einzubeziehen, dass jeder Alpha-Zerfall Alpha-Teilchen in Form von Helium ⁴He aussendet. Eine ursprünglich dicht gepackte Metallstruktur wie die Osmium-Iridium-Erde würde auf diese Weise allmählich geknackt und ein förmliches Aufblähen wie bei einem Helium-Ballon mit fortschreitendem radioaktivem Zerfall wäre die Folge gewesen.

4.3 Der Aufprall – physikalisch betrachtet

Um eine physikalische Modellvorstellung für das Auftreffen des Mondes auf der Erde_{BE} entwickeln zu können, hilft ein Dichtevergleich von Erde_{BE} und Mond. Es wird vorausgesetzt, dass die Dichte des Mondes zum Zeitpunkt des Aufpralls seiner heutigen Dichte entsprach, da der kreisrunde Abdruck des SAB unverändert erhalten blieb.

Setzt man nun die Dichte der Erde_{BE} von 22,09 g/cm³ ins Verhältnis zur Dichte des Mondes von 3,3 g/cm³ so ergibt sich ein Verhältniswert von 6,7. Dieses Dichteverhältnis wird vorstellbar, wenn alltägliche Materialien herangezogen werden.

Trifft beispielsweise ein Softball der Dichte 0,4 g/cm³ auf einen Granitfußboden der Dichte 2,8 g/cm³, so entspricht dies einem ähnlichen Verhältniswert von 6,8. Die genannten Zahlenwerte werden in Tabelle 5 zusammengefasst.

Tabelle 5: „Softball“ Dichtevergleich Erde_{BE} – Mond

Objekt / Material	Dichte [g/cm ³]	Verhältniswert
Erde _{BE}	22,09	22,09 / 3,3 = 6,7
Mond	3,3	
Granitfußboden	2,8	2,8 / 0,4 = 6,8
Softball ¹²	0,4	

Das Aufeinandertreffen von Mond und Erde_{BE} ist damit in einem Dichtevergleich vorstellbar wie das Auftreffen eines Softballs auf einem Granitfußboden. Offenbar waren beim Aufprall die elastischen Eigenschaften des vergleichsweise großen Mondes wirklich ausschlaggebend, da nach Aggarwal und Oberbeck (1974) die Elastizität auf kleine Körper einen geringen Einfluss hat, der Einfluss aber wächst, je größer der Körper ist.

In der physikalischen Modellvorstellung handelt es sich also um einen elastischen Stoß, bei dem ein Ball auf den Boden trifft und nach Abprall wieder aufgefangen wird – schließlich blieb der Mond im Schwerefeld der Erde gefangen.

Bekannt sind der Abstand beider Körper nach dem Abprall und ihre Massen. In diesem Zusammenhang lohnt ein Überblick über die geometrischen und physikalischen Daten von Erde, Erde_{BE} und Mond, siehe Tabelle 6.

Der Vollständigkeit halber wurden noch weitere physikalische Größen in Tabelle 6 aufgenommen.

¹² Dichte Softball als Mittelwert aus Dichte von Kork (0,5 g/cm³) und Schaumstoff (0,3 g/cm³)

Tabelle 6: Geometrische, physikalische Daten von Erde, Erde_{BE} und Mond

Charakteristikum		Einheit	Erde	Erde _{BE}	Mond
Äquatordurchmesser	D	km	12.756	8.023	3.476
Poldurchmesser	D	km	12.714		
Mittlerer Durchmesser	D	km	12.742		
Mittlerer Radius	r	km	6.371	4.011,5	1.738
Durchmesser äußerer Erdkern	D	km	6.970	-	-
Radius äußerer Erdkern	r	km	3.485	-	-
Durchmesser innerer Erdkern	D	km	2.442	-	-
Radius innerer Erdkern	r	km	1.221	-	-
Durchmesser Südpol-Aitken-Becken	D	km	-	-	2.240 ... 2.500
Masse	m	kg	5,9722E+24	5,9722E+24	7,35E+22
(Mittlere) Dichte	ρ	g/cm ³	5,515	22,09	3,341
Dichte kontinentale Kruste	ρ	g/cm ³	2,7	-	-
Dichte ozeanische Kruste	ρ	g/cm ³	2,9 – 3,0	-	-
Wasserfläche	A	km ²	360.570.000	-	-
Landfläche	A	km ²	149.430.000	13.578.252	37.932.330
Oberfläche	O	km ²	510.000.000	13.578.252	37.932.330
Volumen	V	km ³	1,08E+12	2,704E+11	2,2E+10
Volumenverhältnisse: V _{ErdeBE} / V _{Erde} V _{Mond} / V _{Erde BE} V _{Mond} / V _{Erde}	-	%	- - -	25 % - -	- BE: 8 % heute: 2 %
Masse Atmosphäre	m	kg	5,13E+18	-	-
Masse Erdmantel	m	kg	4,06E+24	-	-
Masse Erdkruste	m	kg	2,6E+22	-	-
Masse äußerer + innerer Erdkern	m	kg	1,9E+24	-	-
Volumen äußerer Erdkern	V	km ³	1,7548E+11	-	-
Dichte Erdkern (Mittelwert)	ρ	g/cm ³	11,0	-	-
Dichte innerer Erdkern	ρ	g/cm ³	12,2 – 13,0	-	-
Dichte äußerer Erdkern	ρ	g/cm ³	9,9 – 12,2	-	-
Bahngeschwindigkeit	v	m/s	29.780	-	-
Distanz Erde – Mond	h	km	382.690		
Massenverhältnis M _{Mond} / M _{Erde}	-	%	1,23		

Eine vereinfachte physikalische Modellvorstellung geht also von einer bestimmten kinetischen Energie aus, die der Ball (elastischer Mond) besitzt, bevor er auf den Granitfußboden (starre Erde_{BE}) trifft. Nach Abprall wird er in einer bestimmten Höhe aufgefangen und besitzt dort eine bestimmte potenzielle Energie.

Die kinetische Energie des Mondes ließe sich anhand seiner Masse m und seiner damaligen Geschwindigkeit v mit der Formel (5) berechnen, wenn die Anfluggeschwindigkeit bekannt wäre – was nicht der Fall ist.

$$E_{\text{kin}} = 0,5 * m_{\text{Mond}} * v^2 \quad (5)$$

Berechenbar ist allerdings die potentielle Energie des Mondes, nachdem er im Schwerfeld der Erde aufgefangen wurde, vgl. Formel (6).

$$E_{\text{pot}} = m_{\text{Mond}} * g * h \quad (6)$$

Für die Berechnung der potentiellen Energie wird der Ortsfaktor des Mondes bzw. die dort herrschende Schwerebeschleunigung von $g_{\text{Mond}} = 1,622 \text{ m/s}^2$ verwendet. Die in der Formel zu verwendene Distanz h ist der Abstand von Mond und Erde abzüglich des Durchmessers der Erde_{BE} und berechnet sich zu: $h = 382.690 \text{ km} - 4.011,5 \text{ km} = 378.678,5 \text{ km}$. Damit beträgt die potenzielle Energie des Mondes am Endes seines Fluges:

$$E_{\text{pot}} = 7,35\text{E}+22 \text{ kg} * 1,622 \text{ m/s}^2 * 378.678,5 \text{ km} = \underline{4,51\text{E}+31 \text{ J}} \quad (6.1)$$

Eine Übereinstimmung des Betrages der kinetischen Energie mit der potentiellen Energie

$$E_{\text{kin}} = E_{\text{pot}} \quad (7)$$

würde erreicht, wenn die Anflug-Geschwindigkeit des Mondes $v = \underline{35.049 \text{ m/s}}$ in Formel (5) eingesetzt wird. Es handelt sich dabei um die maximale Geschwindigkeit nach dem Abprall. Die Bahngeschwindigkeit der Erde beträgt aktuell $v_{\text{Bahn}} = 29.780 \text{ m/s}$. Im Zeitpunkt des Aufpralls hätte der Mond damit eine vergleichbare Geschwindigkeit erreicht.

Interessant ist weiterhin der damalige Ortsfaktor der Erde_{BE}, der anhand von Formel (8) bestimmt werden kann.

$$g_{BE} = G * \frac{m_{\text{Erde}}}{R_{BE}^2} \quad (8)$$

g_{BE} Ortsfaktor der Erde_{BE}

G Gravitationskonstante: $6,672\text{E}-11 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$ oder $6,672\text{E}-11 \text{ m}^3/(\text{kg}\cdot\text{s}^2)$

m_{Erde} Masse Erde: $5,9722\text{E}+24 \text{ kg}$

R_{BE} Radius Erde_{BE}: $4.011,5 \text{ km}$

$$g_{BE} = 6,672E-11 \text{ m}^3/(\text{kg}\cdot\text{s}^2) * 5,9722E+24 \text{ kg} / (4.011,5 \text{ km})^2 = 24,77 \text{ m/s}^2 \quad (8.1)$$

Der Ortsfaktor der Erde_{BE} berechnet sich damit zu $g_{BE} = 24,77 \text{ m/s}^2$. Eine vergleichsweise Zusammenstellung der Ortsfaktoren an den Oberflächen von Erde, Erde_{BE} und Mond enthält Tabelle 7.

Tabelle 7: Ortsfaktoren Erde, Erde_{BE} und Mond

Körper	Radius [km]	Ortsfaktor [m/s ²]
Erde	6.371	9,81
Erde _{BE}	4.011,5	24,77
Mond	1.738	1,622

Unmittelbar beim Aufprall des Mondes auf Erde_{BE} erfuhr der Mond somit eine Schwerebeschleunigung von 24,77 m/s². Er entfernte sich bis in eine Höhe $h = 378.678,5 \text{ km}$ und wies danach seine eigene Schwerebeschleunigung von 1,622 m/s² auf.

Bei seinem Rückflug von der Erde_{BE} zu seinem heutigen Platz nahm die Geschwindigkeit des Mondes allmählich ab, da er von der Erdanziehungskraft gebremst wurde. Gleichzeitig nahm seine potenzielle Energie stetig zu und erreichte ihr Maximum an seinem heutigen Platz.

In Tabelle 8 werden die Ergebnisse der potenziellen Energie des Mondes (mit $m_{\text{Mond}} = 7,35E+22 \text{ kg}$ nach Tabelle 6) für die Anfangs- und Endposition des Mondes zusammengefasst.

Tabelle 8: Potenzielle Energie des Mondes nach Abprall von Erde_{BE}

Flugposition Mond	Distanz von Mittelpunkt Erde _{BE} $r_{BE} + h$ [km]	Flug- strecke h [km]	Orts- faktor g [m/s ²]	Flug- geschwind. v [m/s]	Pot. Energie E _{pot} [J]	Kinet. Energie E _{kin} [J]
Anfangsposition Oberfläche Erde _{BE}	4.011,5	0	24,77	35.049	0	4,51E+31
Zwischenposition	9.011,5	5.000	4,9	34.341,6	1,80E+30	4,33E+31
Endposition	382.690	378.678,5	1,622	0	4,51E+31	0

Der Mond erreichte seine maximale potenzielle Energie in seiner heutigen Position nach einer Flugstrecke von 378.678,5 km bzw. in einem Abstand von 382.690,0 km über dem Erdmittelpunkt mit 4,51E+31 J.

Erforderliche Expansionsenergie nach Burša und Hovorková (1994)

Burša und Hovorková (1994) berechneten die minimale Energie, die nötig wäre, um den Erdradius von 60% auf den jetzigen Radius zu bringen, mit $\Delta E = 7E+31$ J. Sie schlussfolgerten jedoch, dass „*kein realistischer Ursprung für solch eine Energie in der Erde-Mond-Sonne Systemdynamik in den letzten 450 Mio. Jahren gefunden werden konnte*“ (...) *“The gravitational potential energy of the actual Earth has now been estimated at $-2 \cdot 485 \times 10^{32}$ J. Three density models of the hypothetical Earth before the hypothetical expansion have been adopted for estimating the internal energy necessary for expanding: 7×10^{31} J. No dynamical evidence exists for the origin of this energy in the last 450×10^6 y. The hypothetical increase in the Earth's mass M of about $0.4 M$ since 2×10^8 y B.P. required for a dynamical balance has also no support in the paleodynamics of the Earth-Moon-Sun system since the M. Ordovician.”*

Würde die Berechnung von Burša und Hovorková (1994) nicht mit einem Radius r_{BE} der Erde_{BE} von 60%, sondern mit einem Wert von 63% (vgl. Tabelle 2) durchgeführt, so näherte sich die erforderliche Minimalenergie von $7E+31$ J wohl dem Wert $4,51E+31$ J an. Die Größenordnung stimmt jedoch schon erstaunlich gut überein.

Ähnlichkeitsmodell des Aufpralls

Zur Veranschaulichung der Mond-Erde-Kollision soll im Folgenden zusätzlich ein Modellansatz des Aufpralls nach den Regeln der Ähnlichkeitstheorie gewählt werden und ist somit gedanklich in einem viel kleineren Maßstab nachstellbar.

Für eine solche kleine Modellanordnung wird festgelegt, dass der Abstand h mit Näherung nach (6) 100-Millionen-fach kleiner gewählt werden soll.

Analog zu diesem Maßstab würde ein Modell-Mond mit einem Durchmesser von rd. 3,5 cm und einer Masse von rd. 73 g auf eine Modell-Erde_{BE} (Durchmesser rd. 8 cm, Masse rd. 6 kg) treffen und nach dem Aufprall in einer Entfernung von rd. 3,8 m von der Modell-Erde liegen bleiben. Hierfür würde eine Energie von 0,45 J benötigt, vgl. Tabelle 9.

Tabelle 9: Aufprall-Experiment nach der Ähnlichkeitstheorie

Maßgebliche Formeln und Festlegungen für den Modellaufbau					
$E_{\text{pot}} = E_{\text{kin}}$					
$m * g * h = 0,5 * m * v^2$					
$h = 0,5 * m * v^2 / (m * g)$					
$h_{\text{real}} / h_{\text{modell}} = v_{\text{real}}^2 / v_{\text{modell}}^2$					
$h_{\text{real}} / h_{\text{modell}} = 100.000.000$ (Festlegung)					
$v_{\text{modell}}^2 = v_{\text{real}}^2 / 100.000.000$					
Realgrößen			Modellgrößen		
$h_{\text{real}} \text{ Erde-Mond}$	378.678.500	m	$h_{\text{modell}} \text{ Erde-Mond}$	3,7867	m
$v_{\text{Mond real}}$	35.049	m/s	$v_{\text{Mond modell}}$	3,5049	m/s
$d_{\text{Mond real}}$	3.476.000	m	$d_{\text{Mond modell}}$	3,476	cm
$d_{\text{Erde BE}}$	8.023.000	m	$d_{\text{Erde BE modell}}$	8,023	cm
$m_{\text{Mond real}}$	7,346E+22	kg	$m_{\text{Mond modell}} = 21,99 \text{ cm}^3 * 3,3 \text{ g/cm}^3$	72,57	g
$m_{\text{Erde real}}$	5,97E+24	kg	$m_{\text{Erde BE modell}} = 270,4 \text{ cm}^3 * 22 \text{ g/cm}^3$	5.973,17	g
ρ_{Mond}	3,3	g/cm ³	ρ_{Mond}	3,3	g/cm ³
$\rho_{\text{Erde BE}}$	22,09	g/cm ³	$\rho_{\text{Erde BE}}$	22,09	g/cm ³
$E_{\text{pot real}} = E_{\text{kin real}}$	4,51E+31	J	$E_{\text{pot modell}} = E_{\text{kin modell}}$	0,45	J

Für die Versuchsdurchführung im Ähnlichkeitsmodell gilt wiederum der Ortsfaktor des Mondes $g_{\text{Mond}} = 1,622 \text{ m/s}^2$, d.h. das Ähnlichkeits-Experiment gilt für eine Anordnung auf der Mondoberfläche. Die Energiemenge von 0,45 J in der Modellanordnung ist sehr, sehr gering.

4.4 Zeitlicher Ablauf der Expansion

Unter den Vertretern der Expansionstheorie gibt es im Wesentlichen zwei unterschiedliche Auffassungen über den zeitlichen Verlauf der hypothetischen Expansion. Der eine Teil ist überzeugt, dass diese schnell erfolgt ist und der andere Teil glaubt, dass die Expansion langsam vonstatten ging. Meiner Ansicht nach erfolgte die Expansion in Schüben oder pulsartig, wie die folgenden Zusammenhänge zeigen werden. Zunächst soll ein Überblick über die erdgeschichtlichen Vorgänge bzw. markante geologische und biologische Zeitmarken gegeben werden, vgl. Tabelle 10. Die sog. „Ophiolithpulse“ und die Ereignisse von „Massenaussterben“¹³ spielen hierbei eine besondere Rolle und werden in Tabelle 10 fettgedruckt hervorgehoben.

¹³ Zeitdaten zur Evolution des Lebens siehe z.B. Knoll und Novak (2017)

Tabelle 10: Ereignisse der Erdgeschichte

Zeit vor Gegenwart [Mio. a BP]	Zeitalter	Orogenesen, Ophiolith-Pulse, Massenaussterben, Entwicklung Leben	Bezeichnung Superkontinente, neu gebildeter Ozeanboden, MOR-Schübe/ erhöhte Spreizungsraten, Flutbasalt, large igneous province (LIP)
1. Äon Hadaikum 4,5-4,0 Mrd. a			„Ur“
2. Äon Archaikum 4,0 – 2,5 Mrd. a		Hypothetischer Impact	„Kenorland“ Alter von Mondgestein im Südpol-Aitken-Becken (SAB): 3,97 Mrd. a
3. Äon Proterozoikum 2,5 – 0,5 Mrd. a			
2.500 – 1.600	Paläo-proterozoikum	Xiong'er Group am Rand des Nordchina-Kratons (1,78 – 1,75 Mrd. a) als Produkt intra-kontinentalen Rifting (Zhao 2012)	„Columbia“, „Nuna“ Break up of Paleo-Mesoproterozoic Columbia (Nuna) Supercontinent;
1.600 – 1.000	Meso-proterozoikum	Panafrican/ Kibaran Orogeny Grenville Orogeny (1250–980); Sveconorwegian Orogeny (1140 – 960); Erste Einzeller mit Zellkern	„Rodinia“
1.000 - 540	Neo-proterozoikum	1. Ophiolith-Puls 750 Mio. a Beginn Cadomische Orogenese (650-550) Sturtische Vereisung 760–640 Mio. a (Sturt-Tal, Australien); Marinoische Eiszeit (650-632 Mio. a); Port-Askaig-Formation (Dalradian Supergroup, Schottland) mit Re-Os-Alter von 659,6±9,6 Mio. a und Korrelation mit Sturtischer Vereisung (Rooney et al. 2013). Entstehung von Mehrzellern, Pflanzen und Tieren;	„Rodinia“ zerbricht vor 800 Mio. a in zwei Teile Nord- und Südrodinia Nord-, Südrodinia und Kongokraton bilden „Pannotia“ „Pannotia“ 650–550 Mio. A „Schneeball Erde“ vor 630–542 Mio. a „Gondwana“ vor 550-180 Mio. a bis Jura break-up of Rodinia 560 Mio. a (Veevers et al 1997) riftcycle Adelaide rift complex / Tasmanides / Australian craton 827-527 Mio. a (Tasman orogen, Eastern Australia); orogens of South America, New Zealand and Antarctica (Vaughan, 2005) 755 Mio. a opening of proto-Pacific and separation of Laurentia and south China Block (Wingate & Giddings, 2000);
4. Äon Phanerozoikum (Paläo-, Meso- und Känozoikum) 0,5 – 0 Mrd. a			
540 - 485	Kambrium	Ende Cadomische Orogenese; Kambrische Explosion des Lebens Leitfossilien: Trilobiten Kambro-Ordovizisches Massenaussterben 488 Mio. a	Ediacaran-Cambrian sedimentary rocks in the Cathaysia Block ... <i>close proximity between the South China Block and India Craton</i> Neoproterozoic and Palaeozoic orogens of South America, New Zealand and Antarctica, Delamerian rift cycle (AUS) Flutbasalt Westaustralien, Kalkarindji 485 Mio. a
485 - 420	Ordovizium Silur	Caledonische Orogenese 2. Ophiolith-Puls 450 Mio. a Leitfossilien: Graptolithen und Conodonten Massenaussterben 450 Mio. a	Grönland und Skandinavien mit N-Amerika verbunden; Wuyi-Yunkai Movement South china craton; Two ophiolite belts in the East Kunlun Orogenic Belt record evolution from the Proto-Tethys to Paleo-Tethys Oceans (Tao et al. 2022)
420 - 299	Devon Karbon	Variszische Orogenese Leitfossilien: Conodonten Fleischflosser, Knochenfische Massenaussterben 372 Mio. a	Laurussia (Old Red Sandstone Continent) und Gondwana driften aufeinander zu; Cathaysia (North and South China blocks) microcontinent rifted off Gondwana; Mittelsibirisches Bergland: 350 Mio. a

299-252	Perm	Alleghanian Orogenese Cisuralian (Ural), Wolfcampian (Südwesten von Nord America) Tibet, Mongolei, Appalachen, Europa, Atlas-Gebirge Massenaussterben 252 Mio. a	„Pangäa“ Rotliegend 300–260 Mio. a (old red sandstone), Versteinerter Wald Chemnitz 291 Mio. a Zechstein 260–250 Mio. a (New red sandstone + Halit) Skagerrak-Centered LIP 300 Mio. a, Barguzin-Vitim LIP 300 Mio. a Tarim LIP 275 Mio. a Emeishan Trapp 265–259 Mio. a Sibirischer Trapp 252 Mio. a Cimmeria rifted off Gondwana 250 Mio. a
252 -201	Trias	Indosinian Movement of South china craton Älteste Nachweise für Säugetiere Massenaussterben 201,3 Mio. a	“Pangäa” zerbricht in Laurasia (Nord) und Gondwana (Süd); kein neuer Ozeanboden; Wrangellia flood basalts 231–225 Mio. a Central Atlantic magmatic province 201–200 Mio. a
201 – 145	Jura	Alpidische Orogenese Yanshanian Movement 3. Ophiolith-Puls 150 Mio. a Leitfossilien Ammoniten; Dinosaurier in Trias-Jura-Kreide	„Landbrücken“ bis Jura; Ältester Ozeanboden 200-180 Mio. a: „prime crust zone“ östlich der Marianen; LIPs Karibische Platte 183-180 Mio. a
145 - 66	Kreide	South china craton Alpidische Orogenese 140 – 70 Mio. a Massenaussterben 66 Mio. a 4. Ophiolith-Puls	Neuer Ozeanboden: Atlantik, östlicher Pazifik, Indik; Kerguelen Plateau 132 – 35 Mio. a Ontong-Java-Plateau 125 – 120 Mio. a Dekkan Trapp + Chagos–Laccadive Ridge + Masca- rene Plateau 66 Mio. a Late heavy bombardement; „Iridium-Anomalie“: Ablagerungen Iridium/ Platin/ Os- mium und geschockter Quarz am Ende der Kreide
66 – 23	Paläogen	Alpidische Orogenese, 5. Ophiolith-Puls Zirkum-Pazifischer Gürtel	Neuer Ozeanboden: alle MOR, östl. Pazifik; Ausbauchung Falkland und Neuseeland Scotia Arc/ Scotia plate; South Sandwich Trench 50 Mio. a
23 – 2,588	Neogen	kalkiges Nannofossil, Coccolithe, Foraminifera; erste Primaten Aussterben Foraminifera und Nannoplankton	Neuer Ozeanboden: alle MOR, östl. Pazifik; Columbia Plateau Basalt; Columbia River Basalt Group 22 – 5 Mio. a

Die in Tabelle 10 hervorgehobenen Ereignisse der Erdgeschichte werden in Tabelle 11 mit dem hypothetischen Impakt von Mond und Erde aneinandergereiht und nummeriert.

Den daraus abgeleiteten und erstaunlichen mathematischen Zusammenhang zwischen Nummer des Ereignisses und dem jeweiligen Zeitpunkt in Mio. a vor der Jetztzeit veranschaulicht Abbildung 6.

Tabelle 11: Ophiolithpulse und Massenaussterben der Erdgeschichte

Nr.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mio. a BP	3.970	750	488	372	251,9	201,3	150	66	23,03	2,588
Geschehen	0. hypothet. Impakt, SAB Alter	1. Ophiolithpuls	2. Ophiolithpuls, Massenaussterben am Ende des Kambriums	Massenaussterben Devon	Massenaussterben am Ende des Perm	Massenaussterben am Ende der Trias	3. Ophiolithpuls, Massenaussterben Jura	4. Ophiolithpuls Massenaussterben am Ende der Kreide	5. Ophiolithpuls Ende des Paläogens	Massensterben Foraminiferen und Nannoplankton am Ende des Neogens

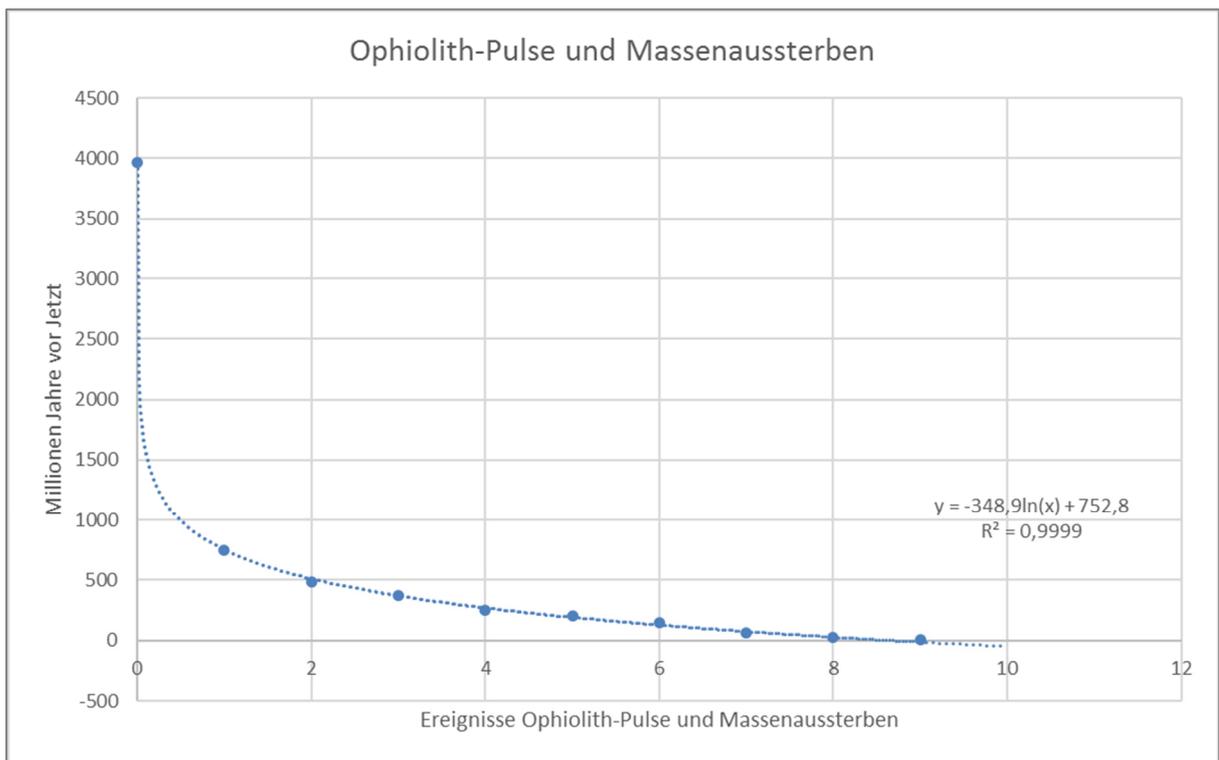


Abbildung 6: Logarithmischer Zusammenhang der Ereignisse der Erdgeschichte

Die zeitliche Abfolge der großen geologischen und biologischen Ereignisse der Erdgeschichte (Ophiolithpulse und Massenaussterben) steht anhand der Funktion

$$a = -348,9 * \ln(n) + 752,8 \quad (9)$$

x = n ... Nummer des jeweiligen Ereignisses der Erdgeschichte

y = a ... Millionen Jahre vor der Jetztzeit

mit einem **Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,9999$** in einem perfekten logarithmischen Zusammenhang und dürfte mit dem radioaktiven Zerfall infolge des Impakts zusammenhängen.

Da die Ereignisse vor 488 Mio. a und 450 Mio. a relativ dicht beieinanderliegen, wurden sie in der Kurve zu einem Punkt bei 488 Mio. a zusammengefasst (Kambro-Ordovizisches Massenaussterben und 2. Ophiolithpuls).

Das Ereignis 0 wird gemäß Altersbestimmung für das Südpol-Aitken Becken mit 3,97 Mrd. a als Mittelwert der Altersspanne $3.98 + 0.04/-0.06$ Mrd. a nach Ivanov et al. (2018) festgelegt. Das in der Zukunft liegende Ereignis Nr. 10 ist in 50,57 Mio. a zu erwarten.

Vor dem Impakt (Ereignis 0) bestand die Erde_{BE} wie beschrieben aus sehr dichten Metallen bzw. radioaktiven Elementen. Sie besaß keine Atmosphäre und auch keine Ozeane, keine Gebirge, kein Körnchen Sand. Bei Aufprall des Mondes, der zum Zeitpunkt vor 3,97 Mrd. Jahren bereits eine ähnliche Zusammensetzung wie heute hatte, entstanden auf beiden Kugeln Abdrücke. Der Abdruck auf dem Mond ist mit dem Südpol-Aitken-Becken noch deutlich erkennbar. Den Abdruck auf der Erde_{BE} muss man sich dagegen eher wie ein Brandzeichen auf der metallischen Oberfläche vorstellen, da aufgrund der hohen Dichte der Osmium-Legierung kein Abdruck im Sinne einer Mulde möglich war, sondern vielmehr starke Reibung und Hitzeentwicklung im Kontaktbereich auftraten.

Im Vergleich zur Theorie der Plattentektonik, für die bislang keine überzeugende Ursache gefunden werden konnte, erscheint der dargestellte Zusammenhang deshalb so überzeugend, weil ein einziges Ereignis alle folgenden Ereignisse erklärt. Für die plattentektonisch geprägte Sichtweise sind neben den Zirkulationsströmen, Mantelplums und ocean spreadings noch weitere Einzel-Erklärungen wie Meteoriteneinschläge oder sich verschlechternde globale Umweltbedingungen nötig, um die vielen Massenaussterben zu erklären. Im Fall der Expansionstheorie mit Mond-Erde-Kollision lassen sich die Ophiolithpulse und alle Massenaussterben erklären, ohne dass zusätzliche Bedingungen eingeführt werden müssen.

Lindemann (1927) ahnte bereits einen Teil der Zusammenhänge, obwohl ihm nur das Wissen seiner Zeit zur Verfügung stand:

„Von dem Grad des paläozoischen Vulkanismus ein zulängliches Bild zu gewinnen, ist freilich äußerst schwer. Bestimmt weiß man nur, daß das Kambrium ein Zeitalter vulkanischer Ruhe war – womit natürlich keine absolute Ruhe gemeint ist -, daß im Obersilur, Devon und Karbon die vulkanische Aktivität sich in mittleren Grenzen hielt, dann aber im Perm einen außerordentlichen Höhegrad erreichte. Diesem folgt in manchen Gegenden ein vollständiger Abfall zu

vollständiger Ruhe. Während des Mesozoikums zeigen die einzelnen Erdregionen ein recht verschiedenes Verhalten, im Durchschnitt ist die Aktivität keine besonders hohe. Dann aber setzt im Tertiär ein zweites Maximum ein, von keineswegs geringerer Intensität als das permische. Auf der abfallenden Kurve dieses Maximums stehen wir in der geologischen Gegenwart. Vor dem Kambrium liegt jedoch noch eine sehr lange und bedeutsame, erdgeschichtliche Epoche, von der man leider wenig Sicheres weiß: das algonkische oder präkambrische Weltalter. (...) Legt man die neueren kombinierten Schätzungen von der Dauer der geologischen Perioden zugrunde, so ergibt sich, daß das jüngste Maximum (...) 200, das älteste (...) 500 Jahrmillionen zurückliegt. Zwischen dem ältesten und mittleren wären also rund 300, zwischen dem mittleren und jüngsten rund 175 Jahrmillionen verstrichen. Daraus könnte man ableiten, daß die Maxima mit zunehmenden Alter der Erde rascher aufeinander folgten, was zugunsten der Erwärmungshypothese sprechen würde. Es wäre jedoch allzu gewagt, bei unseren lückenhaften Kenntnissen vom Vulkanismus früherer Perioden, auf solchen immerhin unsicheren Schätzungen weitgehende Schlußfolgerungen aufzubauen. Weit zuverlässigere Handhaben für die Begründung der Erwärmungs- und Expansionshypothese liefern (...) die tektonischen Verhältnisse der Kruste.“

4.5 Der 70 km Krustenbereich als einstige Kontaktfläche

Auf der Suche nach der Kontaktfläche des Impaktgeschehens auf der Erde ist man versucht, den Marianengraben als zentralen Ort des Geschehens festzumachen - mit 11 km ähnlich tief wie das Südpol-Aitken-Becken. Kartendarstellungen der ozeanischen Lithosphäre mit farbiger Unterscheidung ihres Bildungsalters zeigen allerdings, dass die angrenzenden Krustenbereiche aus dem Jura (Pazifische Platte, östlich, älteste ozeanische Kruste max. ca. 180-200 Mio. a) oder noch jünger (Philippinen Platte, westlich) sind. Ein Ereignis, das zu ihrer Entstehung geführt hat, muss damit früher stattgefunden haben.

Karten zur weltweiten Mächtigkeitverteilung der Erdkruste von Mooney (2010) belegen eine maximale Krustendicke von 70 km im Bereich des Tibet-Plateaus in einer Ausdehnung, die zum Kollisionsgeschehen passen würde.

Im 3. Band von „Das Antlitz der Erde“ stellt Suess (1901) interessante Fakten zum tektonischen Aufbau Osteuropas und Asiens zusammen:

„Folgerungen. In Asien wurden unterschieden: I. der vorcambrische Scheitel, gegen Osten bis in das Pacifische Meer hinaus sich fortsetzend in harmonisch geordneten, jüngeren, peripheren Bogenstücken; II. die Altaiden, vom jüngeren Scheitel, dem Altai ausgehend, mit seinen östlichen Aesten den alten Scheitel im Süden umgebend, weiter im Osten wahrscheinlich mehr

mit den peripheren Bogenstücken des alten Scheitels verschmelzend; gegen Westen aber ausstrahlend in der Virgation des Tian-shan; endlich III. die südlichen Randbogen, in deren östlichsten, den burmanischen Bogen, ein Zweig der östlichen Altaiden eintritt.

Im östlichen Europa finden die südlichen Randbogen (III) ihre Fortsetzung in dem taurisch-dinarischen Bogen. Der Kaukasus gehört zu den Aesten des Tian-Shan (II). Nun zeigt sich, dass die russische Tafel ein Theil des alten Scheitels (I) ist, und zwar der sajanischen Hälfte desselben.

Alle wichtigen Kennzeichen melden dieses: die allgemeine Lage, das vorcambrische Alter, die beharrliche sajanische Richtung des Streichens der Falten gegen NW. bis NNW. Im Süden, dann mehr NNW. im Norden, bis noch weiter im Norden NNO. erscheint und endlich die Mahnung an die Inselbogen. Der alte Grundbau, welcher am Jenissei unseren Augen entschwunden war, tritt neuerdings zutage. Zugleich erweist sich von Neuem jene ausserordentliche Stetigkeit des Streichens in den ältesten Theilen der Erdrinde, welche in China Richthofen's Aufmerksamkeit gefesselt hatte, welche Tscherski in den Gebirgen des Baikal antraf, welche ebenso Karpinski in der russischen Tafel fand, und welche in so auffallendem Gegensatze steht zu der Mannigfaltigkeit späterer Bildungen. (...)

Der Ural ist eine Gruppe posthumer Scheitelfalten. So wie in Ost-Asien die faltende Bewegung gegen Ost, in den Grenzbogen gegen Süd, richtet sie sich im Ural gegen West. Als eine periphere Bildung ist er darum kaum zu bezeichnen, weil die russische Tafel, daher ein beträchtliches vorcambrisches Stück, noch westlich, daher ausserhalb des Ural, liegt. Allerdings kennt man nicht die Structur des Untergrundes des pacifischen Oceans zwischen den Inselbogen, und wenn heute die russische Tafel und das Flussgebiet der Petschora vom Meere überfluthet wären, wie sie es durch lange Zeit gewesen sind, würde der Ural völlig einem peripherischen Bogen des Ostens gleichen und Nowaja-Semljä und Kanin würden noch mehr an die Inselbogen Ost-Asien's erinnern.“

Das Zentrum der beschriebenen „faltenden Bewegung gegen Ost, gegen Süd und gegen West“ liegt der 70-km-Krustenbereich (in der Kontur etwa das Hochland von Tibet), von dem der Metallgesteinsbrei erstmals in alle Richtungen floss und dadurch wohl jene „ausserordentliche Stetigkeit des Streichens“ hervorrief. Anders gesagt ist der 70-km-Krustenbereich der „Schmelztiegel“ infolge der Mondkollision.

Die Gesteinsschmelze aus oberflächennah aufgeschmolzenem Metall schwappte quasi über den Rand des Tiegels und überzog die Erde_{BE} mit einer ersten Kruste. Die aus der kinetischen Energie des Mondes übertragene Reibung und Hitzewirkung führte zur Kernspaltung der in

der Erde_{BE} enthaltenen radioaktiven Bestandteile. Fortschreitender radioaktiver Zerfall im Kontaktfeld (und auch später im Liegenden der ersten Kruste) führte zu einem weiteren Aufschmelzen und zur Entstehung neuer Elemente entlang der Linie in der Segré-Darstellung bis hin zu Helium und Wasserstoff. Die radioaktiven Vorgänge, die sich bis in tiefere Bereiche der Metallerde fortsetzten, führten dazu, dass die primär gebildete Kruste aufbrach und wiederholt Schmelze austrat (Ophiolith-Pulse). Die gebildeten leichten Elemente und ihre Neuordnung zu chemischen Verbindungen (z.B. H₂O, H₂SO₄, SiO₂ oder O₂) brachten allmählich Ozeane und Land und schließlich Leben hervor. Puls um Puls entstanden neue Krustenabschnitte und die Ozeane wurden tiefer.

Sehr anschaulich für die Interpretation der Vorgänge bis zum Paläozoikum ist die Darstellung weltumspannender Orogene und Ophiolithe in Dilek & Furnes (2011), insbesondere weil die Darstellungsform der Weltkarte eine Nordpol-Projektion ist.

Noch ältere Strukturen in Asien sind in den Ausführungen von Zhao und Cawood (2012) zur Präkambrischen Geologie von China mit den Darstellungen der Orogene im Bereich des Yangtze- und Cathaysia-Blocks, des Nord-China-Kratons und Tarim-Kratons mit nachgewiesenem proterozoischen bis archaischem Basement zu finden.

Eine Vorstellung von den Vorgängen südlich des zentralasiatischen Orogengürtels vermitteln auch die topografischen und tektonischen Karten in Dong et al. (2021). Die dargestellten tektonischen Einheiten Tarim-, Qiangtang-, Lhasa-, North- und South-China-Block zwischen Himalaya und Zentralasiatischem Orogengürtel lassen die Drehbewegungen, Dehnungen, Stauchungen und Gebirgshebungen erahnen, die seit dem Archaikum dort stattgefunden haben.

4.6 Os-Ir-Erdkern vs. Ni-Fe-Erdkern

Die Annahme, dass der Erdkern aus einer Eisen-Nickel Legierung besteht, wurde von Suess (1885) formuliert und von ihm hierfür die Abkürzung „NiFe“ eingeführt. Um diese Annahme zu bestätigen, versuchten Wissenschaftler Anfang des 20. Jahrhunderts die Bedingungen im Erdkern experimentell zu simulieren. Bridgman (1929) untersuchte die thermischen Zustandsgrößen von Schmelzen unter Druck, unterschied hierbei Ein- und Mehrkomponenten-Systeme und beschrieb die Umwandlungsphänomene.

Birch (1952) bezog sich auf die Ergebnisse von Bridgman (1929) und schloss zusammen mit den beobachteten seismischen Geschwindigkeiten von Longitudinalwellen (P-Wellen) auf eine Zusammensetzung des Erdkerns aus Eisen bzw. Eisen-Magnesium-Silikaten in „Hochdruck-

Modifikation“ bzw. in „*dicht gepackter Oxidform*“. Die Dichte und Zusammendrückbarkeit von Eisen wurden damals mit Hilfe einer experimentellen Kompression von Alkali-Metallen abgeschätzt. Birch (1952) schlussfolgerte:

“The density and compressibility of iron at high pressures are estimated with the aid of the experimental compressions of the alkali metals; the central density is found to be about 15. (...) The observed variation of the seismic velocities with depth, below the crust, is examined with reference to the variation to be expected in a homogeneous medium. (...) New phases are required to account for the high elasticity of the deeper part of the mantle (below 900 km), and it is suggested that, beginning at about 200 to 300 km, there is a gradual shift toward high-pressure modifications of the ferro-magnesian silicates, probably close-packed oxides, with the transition complete at about 800 to 900 km. There may also be a concentration of alumina, lime, and alkalis toward the upper part of the mantle, in and above the transitional layer but below the crust, existing in minerals of high elasticity such as garnets and jadeites. The transitional layer appears to hold the key to a number of major geophysical problems. (...) Jensen has constructed an interpolation curve for iron, connecting the experimental, low pressure density with the Thomas-Fermi curve, with the aid of the seismic velocity in the Earth's core (...); the curve is now cited as support for the idea that the core is iron. (...) With the aid of Bullen's densities, we find an initial compressibility of about $5 \times 10^{-13} \text{ cm}^2/\text{dyne}$, somewhat less than that of iron, with an initial density of about 4, at the temperature of the layer. (...) The estimated density of the inner core, based on shock-wave measurements of metals and considerations of abundance, is no higher than 13.5 g/cm^3 .”

Berechnungen über die Dichteverteilung im Inneren der Erde waren bei der Untersuchung der Laufzeiten seismischer Wellen erforderlich und wurden ab den 1940er Jahren von Keith Edward Bullen durchgeführt. Er benötigte für seine Berechnungen von geozentrischen Breiten sog. Elliptizitätskorrekturen infolge der Abplattung der Erde, und diese wiederum erforderten Kenntnis über die Änderung der Dichte mit dem Radius. Zusammenfassend veröffentlichte Bullen 1975 „The Earth's density“ und vertrat dabei die Ansicht, dass der äußere Kern der Erde aus Fe_2O bestand.

Die lange Zeit vermutete Zusammensetzung des äußeren Erdkerns aus dicht gepackten Eisenoxiden wurde aber später mit Hilfe moderner Stoßwellenexperimente widerlegt. Die von Huang (2011) generierten Stoßwellendaten im Fe-S-O-System waren direkt auf die Bedingungen des äußeren Kerns anwendbar. Dichte- und Schallgeschwindigkeitsmessungen wurden mit den beobachteten Dichte- und Geschwindigkeitsprofilen des flüssigen Außenkerns verglichen und es wurde gezeigt, dass Sauerstoff als wesentliches Element im flüssigen Außenkern

ausgeschlossen werden könne, da die Zugabe von Sauerstoff zu flüssigem Eisen nicht gleichzeitig die beobachteten Dichte- und Schallgeschwindigkeitsprofile des Außenkerns reproduzieren würde.

Egyed (1969) formulierte neutral:

„Besteht der Erdkern aus einem dem Eisen ähnlichen Stoff oder mindestens aus einem Stoff, dessen Schmelzpunkt dem des Eisens entspricht, so ist die Temperatur an der Grenze des Mantels und des Kerns nicht niedriger als der Schmelzpunkt des Eisens unter einem Druck von $1,38 \cdot 10^{12}$ dyn/cm². Der extrapolierte Wert dieser Schmelztemperatur ist 2340 ± 200 °C, der kaum von dem auf Grund des adiabatischen Gradienten geschätzten Wert abweicht. Von der Temperatur des Kerns kann höchstens soviel behauptet werden, daß der Temperaturgradient des Kerns noch kleiner ist als der des Mantels. Da der adiabatische Gradient im Mantel einen Wert zwischen 0,2 und 0,3 °C/km hat, könnte angenommen werden, daß der Gradient im Kern zwischen 0,1 und 0,2 °C/km liegt, d.h., die Temperatur im Mittelpunkt der Erde Werte zwischen 2700 und 3200 °C haben kann.“

Die Schmelztemperatur von 2.340 °C an der Grenze von Erdmantel und Erdkern kann nur von Metallen mit genügend hohem Schmelzpunkt abgebildet werden, ebenso wie die Temperatur im Mittelpunkt der Erde von rund 3.000 °C. Die geeigneten Kandidaten hierfür sind Rhenium, Osmium und Iridium, vgl. Tabelle 12.

Weiterhin fällt in Tabelle 12 auf, dass sich Osmium, Eisen und Nickel in ihren Schallgeschwindigkeiten stark ähneln. Die Geschwindigkeit der P-Wellen für Osmium liegt mit 4.910 m/s genau zwischen den Schallgeschwindigkeiten von Eisen und Nickel und wäre auch in dieser Hinsicht als Substitut für die Eisen-Nickel-Schallgeschwindigkeiten geeignet.

Tabelle 12: Eigenschaften der im Erdkern vermuteten Elemente

	Ordnungs- zahl	Element	Schmelzpunkt [°C]	Dichte [g/cm ³]	Schallgeschwindigkeit P-Wellen, Samsonov (1968) [m/s]
Ni-Fe Erdkern	26	Eisen	1.539	7,87	4.910
	28	Nickel	1.455	8,91	4.970
Os-Ir- Erdkern	75	Rhenium	3.186	21,00	4.700
	76	Osmium	3.130	22,59	4.940
	77	Iridium	2.466	22,56	4.825
	78	Platin	1.768	21,45	2.680
	79	Gold	1.064	19,30	2.030
	80	Quecksilber	-38,8	13,56	1.407
	81	Thallium	304	11,85	818
	82	Blei	327	11,34	1.260
	83 - 89	usw.
	90	Thorium	1.755	11,72	2.490
	91	Protactinium	1.568	15,37	k. A.
92	Uran	1.133	19,16	3.400	

Anhand der Interpretation von seismischen Erdbebenwellen wurden Anfang des 20. Jahrhunderts wichtige Rückschlüsse auf den inneren Aufbau der Erde gezogen. Auf diese Weise entdeckte Inge Lehmann (1936) den inneren Erdkern. Sie entwickelte ein 3-Schalenmodell der Erde, anhand dessen sie die Laufzeiten von Longitudinal-Schallwellen durch den Erdmantel (sog. P-Wellen) und Wellen durch den Erdkern (P' Wellen) interpretierte und so den inneren Erdkern entdeckte. Lehmann (1936): „*Those that travel in the Earth's mantle and crust only are represented by P; P' represents P-waves that pass through the mantle into the core, and then pass through the mantle again.*“ Darüber hinaus entdeckte sie die Grenze zwischen oberem und unterem Erdmantel.

Nach den Longitudinalwellen wurden ab den 1940er Jahren die Transversal- oder Scherwellen untersucht, wobei die Laufzeiten für unterschiedliche Seismogramm-Phasen in den Jeffreys-Bullen Tabellen veröffentlicht wurden. Anhand der Interpretation der Scherwellen konnten weitere Rückschlüsse auf das Schichtmodell der Erde gezogen werden. Egedy (1969) fasste dahingehend kurz zusammen: *Transversalwellen, die sich im Erdkern (wenigstens in dem äußeren Kern) fortpflanzen, konnten nicht beobachtet werden.* Aus dieser Tatsache wurde abgeleitet, dass der äußere Erdkern flüssig sein müsse.

Die Darstellungen der P- und S-Wellen nach der Tiefe von Jeffreys (1939) und Gutenberg (1938) zeigen damals noch einen Abbruch der S-Wellen bei 2.900 km Tiefe, wohingegen das

PREM-Modell (Preliminary reference Earth model) von Dziewonski & Anderson (1981) ein Wiedereinsetzen der Transversalwellengeschwindigkeit im inneren Kern darstellt. Wie aber kann eine Scherwelle im äußeren Erdkern die Geschwindigkeit 0 km/s haben und dann im inneren Kern wieder mit einer Geschwindigkeit von knapp 4 km/s weiterlaufen? Mein Einwand lautet: Eine Scherwellengeschwindigkeit von 0 km/s im mutmaßlich flüssigen äußeren Erdkern bedeutet der Logik nach „Stehenbleiben“ und nie im inneren Kern ankommen. Die für die Interpretation des PREM-Modells postulierte „*Umwandlung der S-Welle in eine P-Welle*“ im Erdkern und eine Rückumwandlung nach Durchlaufen des Kerns dient m. A. n. dazu, das gewünschte Ergebnis – flüssiger äußerer Kern, fester innerer Kern – plausibel zu machen. Es handelt sich offenbar um eine einmal gefasste Meinung, die nicht so einfach aufgegeben wird: *“That the inner core was solid, as opposed to the fluid outer core, was proposed independently by Birch in 1940 and by Bullen in 1946”* (Bolt, 1997).

4.7 Der Mond überwand die Roche-Grenze bzw. breakup-altitude

Nach Roche (1783) gilt für den kritischen Abstand zweier Himmelskörper im Fall eines starren Satelliten die Formel (1). Von diesem kritischen Abstand wird im Folgenden der Erdradius r_{BE} abgezogen, um eine mit Aggarwal & Oberbeck (1974) vergleichbare Höhe $h = d - r$ über der Erdoberfläche zu erhalten.

Nach Aggarwal & Oberbeck (1974) gilt für Impaktkörper, die eine Mindestfestigkeit 10^6 dyn/cm^2 bzw. $0,1 \text{ MN/m}^2$ und einen Radius größer als 30 km aufweisen, eine Spanne der *breakup altitude* über der Erdoberfläche nach den Formeln (3) und (4). Aus der Anprallberechnung nach Abschnitt 4.3 ist zudem die Fluggeschwindigkeit des Mondes mit 35.049 m/s gegeben.

Aus diesen Angaben können die Flugzeiten des Mondes für die Flugdistanz bestehend aus Hin- und Rückflug, also die verstrichene Zeit zwischen dem 1. Durchtritt durch die Roche-Grenze (bzw. breakup altitude) bis zum Auftreffen auf die Erdoberfläche, und dem 2. Durchtritt durch die Roche-Grenze (bzw. breakup altitude) berechnet werden, vgl. Tabelle 13.

Tabelle 13: Flugzeit des Mondes innerhalb Roche-Grenze bzw. breakup-altitude

Berechnungskomponente	Radius r [km]	Dichte ρ [g/cm ³]	Kritischer Abstand h [km]	Flugdistanz 2 * h [km]	Geschwindigkeit v [m/s]	Flugzeit t [s]
Radius massereicher Stoß-Partner	4.011,5	-	-	-	-	-
Dichte massereicher Stoß-Partner	-	22,0	-	-	-	-
Dichte Satellit	-	3,3	-	-	-	-
Roche Grenze, starrer Satellit	Formel (1)		9.512	19.025	35.049	543
break-up altitude, lower limit	$h = 0,16 * r_{BE}$		642	1.284	35.049	37
break-up altitude, upper limit	$h = 0,19 * r_{BE}$		762	1.524	35.049	43

Der Mond befand sich demnach während der Kollision ca. 9 min innerhalb der Grenze nach Roche (1783) bzw. weniger als 1 Minute unterhalb der breakup altitude nach Aggarwal & Oberbeck (1974) und hätte so aufgrund der Kürze der Verweilzeit innerhalb der kritischen Grenzen den Aufprall unbeschadet überstehen können. Gemessen am Durchmesser des Mondes von 3.476 km hatte der Wert der breakup altitude von im Mittel 700 km wohl keine Zerstörungswirkung.

Für die Gesamtdistanz von 378.678,5 km vom Aufprall bis zum Endpunkt benötigte der Mond rund 24 h Flugzeit, wenn man davon ausgeht, dass aufgrund der Bremswirkung infolge von Gravitation und „Einfangen“ (von 35.049 m/s auf 0 m/s) eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 4.300 m/s erreicht wurde.

4.8 Die Summe irdischen Wasser stammt aus Magmen

Es gibt gute Gründe anzunehmen, dass die weltweite Wassermenge ursprünglich aus dem Erdinnern stammt. Diese These hat Carey (1976) bereits aufgestellt. Sowohl die kontinentale als auch die ozeanische Kruste entstanden aus Magma, das einen bestimmten Wassergehalt aufwies. Magma trägt verschiedene gasförmige bzw. lösliche Komponenten in sich, wie Wasserdampf, Kohlendioxid, Schwefeldioxid und Schwefelwasserstoff. Wasserdampf ist dabei mit einem Gehalt von 1,1 Vol% die bestimmende lösliche Komponente. Der Wasseranteil in vulkanischen Gasen beträgt nach Brinkmann (1990) rund 43% bis 83%. Basalt kann demnach als Magma bis zu 2 Gew% Wasser, Granit und Rhyolith bis zu 6 Gew% enthalten. Benjamin et al. (2007) untersuchten die Wassergehalte in Basalt-Magmen aus dem Irazú Vulkan in Costa Rica und stellten fest:

“Olivine-hosted melt inclusions in 1723 tephra from Irazú volcano contain high concentrations of volatile species, notably > 3 wt.% H₂O and > 2000 ppm Cl. Such concentrations are atypical of magmas from ocean island sources, which have been previously implicated at Irazú. Instead, Irazú magmas are typical in their water content of arc magmas, and presumably require significant subduction and recycling of water from hydrous sources in the subducting slab.”

Bei der Umwandlung vom dichtesten Element Osmium bis hin zu Wasserstoff durch radioaktiven Zerfall wurde durch das Ausgasen leichter Elemente der Erdmantel auch durchlässiger für alle übrigen Elemente, die so an die Erdoberfläche diffundieren konnten.

Das Volumen aller irdischen Ozeane beträgt nach einer Schätzung von Charette & Smith (2009) rund $1,33 \times 10^9 \text{ km}^3$. Gerechnet wurde das Produkt aus Ozeanfläche und einer durchschnittlichen Ozeantiefe von 3.680 m. Exakt vermessen sind bisher nur 10% der Ozeanfläche.

Dennoch soll im Folgenden der Versuch gemacht werden, das vorhandene Wasservolumen der weltweiten Ozeane mit dem mutmaßlichen Wasseranteil der aus Magma entstandenen Erdkruste in Einklang zu bringen. Dies gelingt bei Annahme eines mittleren Wasseranteils in der Gesteinsschmelze von 4,5 – 5,6 M%, wenn die Masse der Erdkruste nach Press (1985) 0,4 M% - 0,5 M% der Erdmasse beträgt, vgl. Tabelle 14.

Tabelle 14: Berechnung Wasservolumen der Ozeane aus Magma Erdkruste

Berechnungskomponente	Symbol	Wert	Einheit
Masse Erde	M_{Erde}	5,9722E+24	kg
Masse Erdkruste 0,4 - 0,5 % von M_{Erde} , Press (1985)	$M_{\text{Erdkruste}}$	2,6...2,99E+22	kg
Annahme: Anteil Wasser in Magma der Kruste	w_{kr}	4,5 ... 5,6	M%
Masse Wasser aus Magma Kruste	$M_{\text{W, Kr}}$	1,34E+18	t
Volumen Wasser aus Magma Kruste	$V_{\text{W, Kr}}$	1,34E+09	km ³
Wasservolumen Ozeane, Charette & Smith (2009)	V_{Ozeane}	1,33E+09	km ³

Mit dem Begriff „juveniles Wasser“ wird in der Geologie Wasser bezeichnet, das infolge magmatischer Prozesse entsteht und zuvor nicht Teil des Wasserkreislaufs war.

Falls das überschlägliche Berechnungsmodell auch bei Berücksichtigung des Süßwasservorrates der Erde zutrifft, wäre die Gesamtmenge an Wasser der Erde allein aus magmatischen Prozessen erklärbar – vorausgesetzt das einstige Magma der Erdkruste besaß einen Wasseranteil von 4,5 – 5,6 M%.

Die folgenden Zitate von Pickering (1907), der übrigens wie George Howard Darwin von einer Ablösung des Mondes im Pazifik ausging, weisen einen ähnlichen Gedankengang auf, und

stellen zudem fest, dass die Wahrscheinlichkeit der Wasserausgasung aus Magma höher ist als das „Absorbieren“ von Ozeanwasser durch die ozeanische oder kontinentale Kruste.

“Who it was that first suggested that the moon originated in the Pacific is unknown. The idea seems to be a very old one. (...) The volume of the moon is equivalent to a solid whose surface is equal to that of all our terrestrial oceans, and whose depth is thirty-six miles. (...) Liquid lava is full of water, as the lava cools the water is expelled from it. (...) Since the process of charging volcanoes with steam is still going on, and since it appears that the necessary water is not derived from either the sea or the atmosphere, the only alternative seems that it comes from the heavy stony material forming the ocean beds, and does not come in appreciable quantities, at present, from the lighter material forming the continents. (...) A certain amount of water may even be transmitted in this manner down through the ocean floors; but when we consider that the transmitting medium consists of cold rock several miles in thickness, the water advancing against a constantly increasing pressure, it does not seem that the amount transmitted per year in this manner can be very large. (...) The ocean beds at the time of the great catastrophe were liquid. They therefore absorbed all the water available, if indeed they were not already saturated with it. They had a much higher temperature, having come from a greater depth, and contained much more water at this period, than the continents, and, it is believed, have been giving it out as they cooled ever since. (...) Doubtless the hot bases of the continents have absorbed some water from the ocean beds as the latter cooled, and the expansion and diminished specific gravity thus caused would tend to elevate them in the vicinity of the oceans. This has occurred notably in the vicinity of the Pacific, the whole of whose coasts are at the present time in state of elevation.”

4.9 Die 180° Drehung Australiens während der Expansion

Würde der „Expansionsfilm“ abgespielt, so träfe wie beschrieben ein Gesteinsmond auf eine Metall-Erde aus wenigen sehr dichten bzw. radioaktiven Ausgangselementen. Die Reibung im Kontaktfeld führt zu einem teilweisen Schmelzen der metallischen Oberfläche¹⁴. Diese Schmelze überzieht die angrenzenden Bereiche des Impaktfeldes und bei deren Erstarrung entsteht die erste Kruste.

Vor 750 Mio. a reagierten erneut die radioaktiven Komponenten in der Metall-Erde und mit dem 1. Ophiolith-Puls überzieht erneut eine Magmen-Schmelze die Oberfläche bzw. füllt die entstandenen Spalten. Mit jedem Puls wirkt die radioaktive Reaktion tiefer in den entstehenden

¹⁴ Osmium ist zudem sehr spröde, zersplittert also wie Glas bei einem Anprall.

Mantel hinein bzw. breitet sich seitlich aus. Allmählich kommt es infolge des abgespaltenen Heliums zum Aufblähen bzw. Aufbrechen unterhalb der neuen Kruste.

Nachdrängende Schmelze unterhalb der ersten Kruste kristallisiert geschützt vor den Bedingungen des angrenzenden Weltraums langsam aus, so dass unterschiedliche Arten von Gesteinen entstehen können.

Die Magmen-Volumenströme nehmen erneut zu, das Cracken der Oberfläche ist unausweichlich und es entstehen Schwächezonen und Spalten. Gleichzeitig bilden sich neue Elemente, wie Wasserstoff und Sauerstoff, die miteinander eine Verbindung eingehen und zu Wasser werden. Solange diese ersten Wassermassen mit genügend Wärme aus dem radioaktiven Prozess im Erdinneren versorgt werden, sind sie zusammen mit dem neu gebildeten Schwefel und Kohlenstoff wichtige Bedingungen für eine erste zaghafte Entwicklung von Leben.

Flüssiges Wasser, das noch nicht durch eine Atmosphäre geschützt ist, gefriert jedoch an der Grenze zum Weltraum zu Eis und die Erde verwandelt sich von der einstigen Metallkugel in einen Schneeball. Flutbasalte sorgen dann erneut für eine Wärmezufuhr aus dem Erdinneren und die Kambrische Explosion des Lebens ist zu beobachten.

Ein Massensterben der Trilobiten am Ende des Kambriums deutet auf die zweite globale Umwälzung hin. Anschließend kehrt das Leben zurück und aus Flachwasserbereichen werden Ozeane entstehen. Mit jedem Puls-Ereignis wird das über Millionen Jahre aufgebaute neue Leben wieder fortgewischt, verschwindet unter mächtigen Sandablagerungen und verfestigt sich zu Steinkohle und Sedimentgestein. In den ruhigen Zeiten zwischen den Pulsen aber entsteht immer wieder neues Leben, nur um dann erneut fortgewischt und zur Lagerstätte zu werden.

Mit dem 6. Ereignis vor 150 Mio. a in Form des 3. Ophiolith-Pulses am Ende des Jura kommt es zur bis dahin stärksten Vergrößerung des Erddurchmessers. Australien löst sich vom Festland und erfährt eine Drehung um 180° und das Pazifik-Becken öffnet sich weitgehend.

Würde der „Expansionsfilm“ aus heutiger Sicht rückwärts abgespielt werden, würde die Südküste von Australien somit wieder an die Aleuten andocken und Neuseeland näherte sich den Philippinen an, vgl. Abbildung 7. Indien würde westlich wieder an die Südküste der arabischen Halbinsel anklappen und erhielte an seiner Ostküste wieder Anschluss an die Antarktis. Eine zehntausende Kilometer weite Nordostdrift von Indien gab es demzufolge nicht.

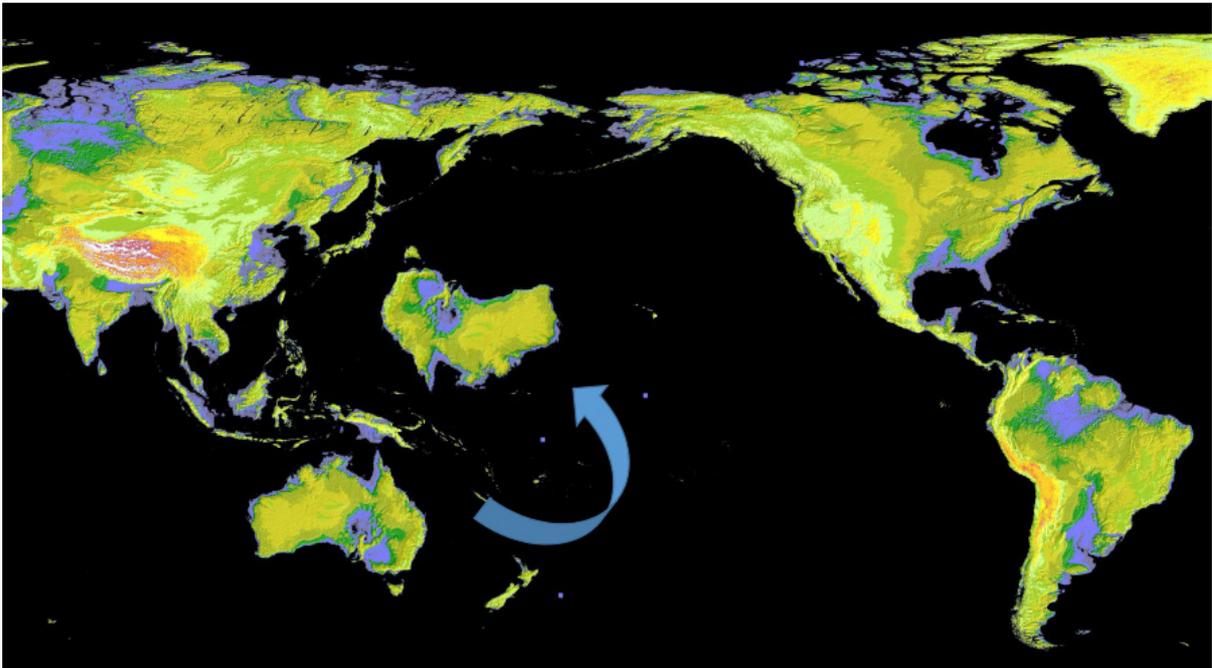


Abbildung 7: Welt-Höhenkarte, ASTER (2019), mit Drehung Australiens

Hilgenberg (1933) versuchte die Landmassen-Bruchstücke bestmöglich zusammenzusetzen, indem er eine „Blattverschiebung“ Nordamerikas anwandte. Dies ist aber nicht unbedingt erforderlich, da die Landmassen Australiens, Neuseelands und Zealandias alternativ auch kopfüber gedreht werden können und so eine vollständige Bedeckung auf dem kleinen Globus erzielt werden kann.

Die Abbildungen 8 und 9 verdeutlichen ebenfalls die Drehbewegung Australiens, hierbei dienen Karten des Ozeanboden-Alters bzw. eine Weltkarte der Erdbebeniefen als Basis. In Abbildung 8 würde die heutige Fläche von Australien nach der Rückwärtsdrehung mit einem geologisch alten Krustenabschnitt (Jura) zur Deckung kommen, der wohl das ehemalige „Abrissgebiet“ Australiens (und Zealandias) vor der Drehung zeigt (jeweils rot eingekreist).

Die Abbildungen 7, 8 und 9 wurden alle zum Zweck der Verdeutlichung der Drehbewegung von einer ursprünglich Zentral-Atlantik-Darstellung in eine Zentral-Pazifik-Darstellung überführt. In ihrer ursprünglichen Darstellung findet sich die Abbildung 7 unter der Quelle ASTER (2019), die Abbildung 8 unter der Quelle Seafloor crust age (1996) und die Abbildung 9 unter Weltkarte Erdbeben (2000).

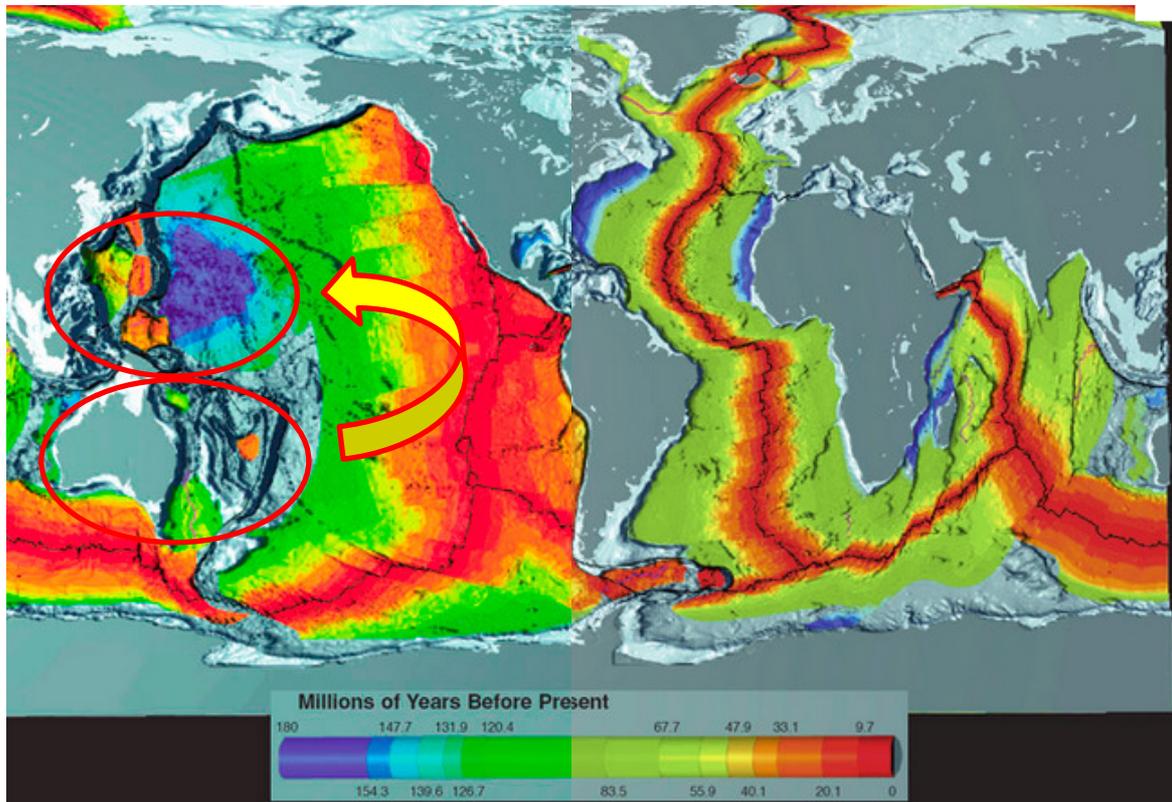


Abbildung 8: Seafloor crust age (1996), mit Drehung Australiens

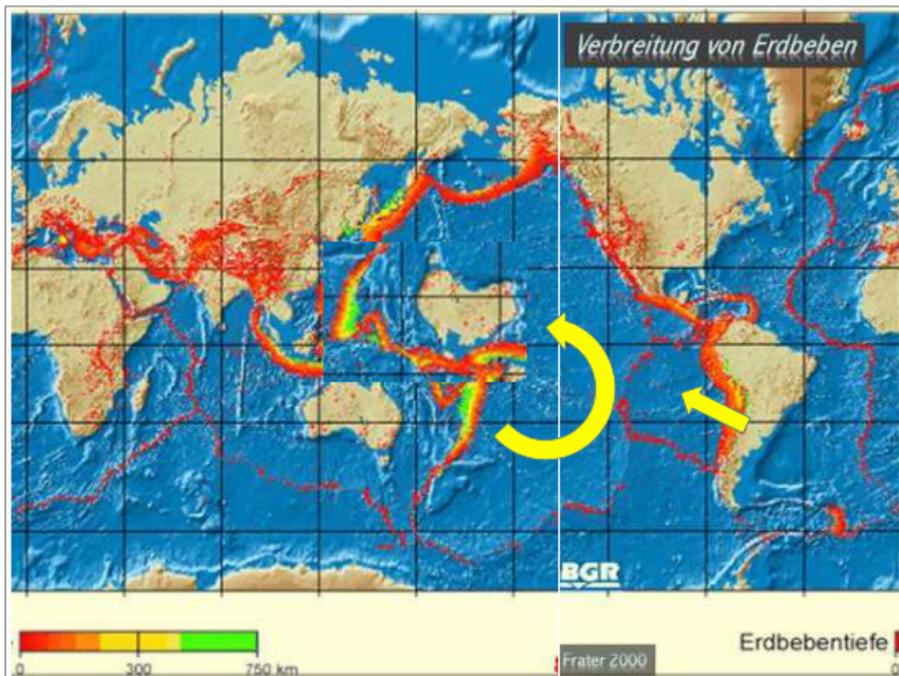


Abbildung 9: Weltkarte Erdbeben (2000), mit Drehung Australiens

5 Folgeüberlegungen

5.1 Vorstellung zum Spannungsabbau durch die Expansion

Wird das Kollisionsgeschehen im Sinne einer Spannungs Betrachtung untersucht, so wäre der Abdruck des Mondes auf der Erde_{BE} genauso kreisförmig wie das Südpol-Aitken-Becken. Ein kreisförmiges Fundament verursacht nach Newmark (1942) Spannungen bis in eine bestimmte Tiefe, der sog. Einwirktiefe. Mit Hilfe des Schalenbaus der Erde soll ein Rückschluss auf die Einwirktiefe des Aufpralls im Inneren der Erde gezogen werden, sowie auf die Restspannung, die mutmaßlich noch vorhanden ist. Betrachtet werden die Grenze zwischen Erdmantel und äußerem Erdkern (Tiefe $z = 2.900$ km) sowie die Grenze zwischen äußerem und innerem Erdkern (Tiefe $z = 5.150$ km).

Für eine kreisförmige Fläche wird nach Newmark (1942) die dimensionslose Tiefe z/a abgelesen. Der Parameter a ist der Radius des kreisförmigen Stempels, der eingedrückt wird. Bei einem Durchmesser der Kollisionskontaktfläche von $D = 2.240 \dots 2.500$ km (Südpol-Aitken-Becken) ergeben sich Werte für die abgebaute Druckspannung gemäß Tabelle 15.

Tabelle 15: Spannungsabbau nach Kollision und Erdexpansion

	z [km]	$a = D/2$ [km]	z/a [-]	Anteil abgebauter Druckspannung ¹⁵
Kern-Mantel-Grenze	2.900	1.185	2,32	75%
Grenze äußerer / innerer Erdkern	5.150	1.185	4,12	95%

An der Kern-Mantel-Grenze sind demnach 75% der Spannung aus der ehemaligen Kontaktfläche abgebaut, an der Grenze zum inneren Erdkern sind es 95%. Die infolge der Kollision eingetragene Druckspannung wurde mit der Erdexpansion quasi kompensiert.

Die Strukturen in der Erdkruste (vgl. Tabelle 1) mit im Mittel 2.695 km Länge sind somit aus Expansionsspalten entstanden, die durch den gesamten Erdmantel bis zur Grenze des äußeren Erdkerns reichen. Hinsichtlich des räumlichen Zusammenhangs der Strukturen auf der Oberfläche der Erde_{BE} kann eine Zuordnung gemäß Tabelle 16 vorgenommen werden - der Übersichtlichkeit halber ohne die heutigen Tiefseeergräben.

¹⁵ Im entsprechenden Diagramm nach Newmark (1942) für kreisförmige Grundflächen wird an der Linie 2,32 die verbleibende Restspannung von 25% abgelesen.

Tabelle 16: Anordnung von Strukturen gleicher Länge auf der Erde_{BE}

Nr. aus Tabelle 1	Geotektonische Struktur	Länge [km]	Lage auf Erde _{BE}
20.	Himalaya	2.500	Impaktfeld (70 km Kruste)
25.	Tien Shan	2.450	
33.	Kunlun Shan	2.500	
27.	Zentralkordillere	3.180	vom Impaktfeld ausgehende „Äquatorlinie“ Erde _{BE}
28.	Atlas Gebirge, Afrika	2.300	
29.	Transantarktisches Gebirge	3.500	
30.	Great Dividing Range (AUS)	3.200	
32.	Neuguinea	2.400	
38.	Armenisches Hochland - Pamir	3.000	
1.	Aleuten (Alaska-Kommandeur)	2.900	
2.	Kamtschatka - Kurilen	2.600	
3.	Sachalin - Japan	3.000	
4.	Korea - Ryu-Kyu	2.500	
21.	Ural	2.500	Nordhalbkugel Erde _{BE}
22.	Südsibirische Gebirge	3.000	
23.	Ostsibirisches Bergland	2.700	
24.	Altai	2.100	
26.	Rocky Mountains	3.100	
31.	Appalachen (US)	2.400	
19.	Rotes Meer	2.240	Südhalbkugel Erde _{BE}
34.	Trans-Sahara Gürtel	3.000	
35.	Nordwestafrikanischer Gürtel	3.000	
36.	Lurio-Sambesi-Mwembeshi-Gürtel	3.000	
37.	Kap Faltengürtel-Gr. Randstufe	2.500	
39.	Brasilianisches Bergland	2.900	
41.	Tiefe der Kern-Mantel-Grenze ¹⁶	2.900	Erde, aktuell

Im direkten Impaktfeld der heutigen 70 km Krustenmächtigkeit befinden sich nach Tabelle 16 insgesamt 3 Strukturen, 10 weitere auf einer gedachten „Äquatorlinie“ der Erde_{BE} (ausgehend von der 70 km Zone in beide Richtungen), sowie 6 Strukturen auf der Nordhalbkugel der Erde_{BE} und 6 weitere auf der Südhalbkugel der Erde_{BE}. Die Längen dieser Strukturen passen wiederum zur Tiefe der heutigen Kern-Mantel-Grenze, woraus geschlossen wird, dass die von Lindemann (1927) als „Expansionsspalten“ bezeichneten Strukturen ähnlich lang sind und in ihrer Anlage bis an die Kern-Mantel Grenze reichen.

¹⁶ Berechnet durch Gutenberg (1914) und bestätigt durch Jeffreys (1939)

5.2 Notwendige Begriffspräzisierung in der Geotektonik

Das Geoid und der Begriff Plattentektonik sind m. A. n. schwer vereinbar. Die tektonischen Wirkungen zwischen diesen Elementen sind unstrittig und müssen entsprechend zum Ausdruck gebracht werden. Allerdings sind die Gebilde der Erdkruste nicht als Platten im Sinne der Technischen Mechanik zu bezeichnen.

Die Termini „Platte“ und „Scheibe“ sind in der Technischen Mechanik als Flächentragwerke klar definiert, und dahingehend sind die zugehörigen Plattentheorien anzuwenden, wenn eine Platte als ebenes Flächentragwerk ausschließlich normal zu ihrer Mittelebene beansprucht wird. „Scheiben“ im Sinne der Technischen Mechanik werden in Abgrenzung dazu durch Kräfte in ihrer Ebene beansprucht.

Infolge der Art der Haupt-Beanspruchung der geotektonischen Gebilde der Erdkruste parallel zu ihrer Mittelebene in Form von Druck, Zug und Verschiebungen haben wir es mit Scheiben zu tun. Jedoch ist auch dieser Begriff nicht uneingeschränkt zutreffend, da die enormen lateralen Ausmaße der Einzelgebilde und die Krümmung über das Geoid hinweg den Begriff Scheibe nicht mehr zulassen – es sich also um keine ebenen Flächen handelt.

Vielmehr sind die gewölbten Flächen als Kugelschalen-Segmente anzusehen. Die sieben größten tektonischen „Platten“ der Erde besitzen eine Ausdehnung von rd. 40 – 100 Mio. km² und eine Höhe des zugehörigen Basiskreises von 340 – 2.000 km. Daher sollten sie als tektonische Kalotten bezeichnet werden, vgl. Tabelle 17.

Tabelle 17: Objekte der „Plattentektonik“ als Kalotten und Scheiben

Tektonische Kalotte/ Scheibe	Raumwinkel Steradian ¹⁷ θ [-]	Fläche Kugelkalotte A_t [km ²]	Radius Basiskreis a [km]	Höhe Basiskreis h [km]
Pazifische Kalotte	2,58	104.589.818	4.660,59	2.029,07
Afrikanische Kalotte	1,44	58.375.712	2.817,29	657,22
Antarktische Kalotte	1,43	57.970.325	2.799,10	648,28
Nordamerikanische Kalotte	1,37	55.538.004	2.689,38	595,87
Eurasische Kalotte	1,20	48.646.427	2.373,31	458,86
Australische Kalotte	1,13	45.808.719	2.241,08	407,45
Südamerikanische Kalotte	1,03	41.754.850	2.050,28	339,15
Somalia Scheibe	0,47	19.053.184	948,99	71,12
Nazca Scheibe	0,40	16.215.476	808,48	51,54
Indische Scheibe	0,31	12.566.994	627,25	30,97
Sunda Scheibe	0,22	8.918.512	445,51	15,61
Philippinensee Scheibe	0,13	5.270.030	263,39	5,45
Karibische Scheibe	0,07	2.837.708	141,86	1,58
Scotia Scheibe	0,04	1.621.548	81,06	0,52
Marianen Scheibe	0,01	405.387	20,27	0,03
Summe	11,83 sr	479.572.691 km ²		

Die Auswahl der Objekte in Tabelle 17 entspricht in der Summe einem Anteil an der Erdoberfläche (rd. 510 Mio. km²) von 94%. Die restlichen 6% der Erdoberfläche sind in sog. Mikroplatten (besser Mikroscheiben) aufgeteilt. Die Radien a und Höhen h der zu den Makro-Objekten gehörigen Basiskreise in Tabelle 17 wurden anhand der nachfolgenden Formeln bestimmt.

$$a = r * \sin(\theta / \pi) \quad (9)$$

$$h = r * (1 - \cos(\theta / \pi)) \quad (10)$$

Definitionsgemäß umschließt ein Steradian einen Raumwinkel von 65,54°, wobei mit dem Konus auf der Oberfläche einer Kugel mit Radius 1 m eine kreisförmige Fläche von 1 m² umschlossen wird. Der Flächeninhalt der Kugeloberfläche beträgt $A = 4 * r^2 * \pi$ und der zugehörige volle Raumwinkel $\Omega = sr * 4 * \pi = 12,56637$ sr.

Gemessen an der Mächtigkeit der ozeanischen Kruste von rd. 7 km bzw. der kontinentalen Kruste von rd. 40 km und an den Ausdehnungen der tektonischen Objekte von bis zu 100 Mio. km² ist zudem der Begriff „Haut“ eher zutreffend als „Platte“.

¹⁷ Beträge der Raumwinkel in Steradian nach Bird (2003)

Eine begriffliche Trennung zwischen „Kalotten“ und „Scheiben“, wie sie in Tabelle 17 vorgeschlagen wird, würde den tatsächlichen Eigenschaften der riesigen schildförmigen Aufwölbungen der Kalotten und der eher kleinräumigen Scheiben eher Rechnung tragen.

In den Ingenieurwissenschaften sind Schalen definiert als dünnwandige gekrümmte Flächen-tragwerke mit mehrachsialen Druck-Schub-Beanspruchungen (Membranwirkung). Überschreiten die Membranspannungen die Grenzbeulspannungen, so ist die Beulsicherheit nicht mehr gewährleistet. Nach Mehlhorn (1996) gilt weiter:

„Im Unterschied zu Platten findet bei Schalen nach Erreichen einer Grenzlast ein dynamischer Übergang in den Nachbeulbereich statt, ein statisch instabiler Prozess, der als Durchschlag bezeichnet wird; die auftretenden großen Verformungen haben ein Plastifizieren des Materials zur Folge (dehnungslose Verformung); Schalen mit positiver Gaußscher Krümmung (z.B. Kugelkappen) sind besonders beulempfindlich, Schalen mit negativer Gaußscher Krümmung sind beulunempfindlich;“

Die Begriffe der Geotektonik müssten m. A. n. stärker mit der Begriffswelt der Technischen Mechanik in Einklang gebracht werden, um geostatische Berechnungen zu formalisieren.

Die Auflagerbedingungen der Sima-Kruste im Bereich des Atlantiks sind z.B. vergleichbar mit zylindrischen Tonnengewölben, deren Spannweiten und Randauflagerbedingungen statisch greifbarer erscheinen als die Bedingungen der riesigen, sphärisch gekrümmten Kuppelgewölbe der Pazifik-Seite.

Beide „Gewölbekonstruktionen“ besitzen eine vergleichbare Dicke von rund 8 km. Sowohl im Eigengewicht als auch in der Auflast unterscheiden sie sich aber beträchtlich. Daher ist es aus dieser Perspektive nicht verwunderlich, dass die Ränder des Pazifik-Gewölbes eine tiefere Einbindung suchen. Subduktion könnte somit aus statischer Sicht auch als eine Art Reaktion betrachtet werden, mit der Gewölbespannungen aufrechterhalten, bzw. Druck- und Zugkräfte sowie Biegemomente an den Rändern abgefangen werden.

5.3 Expansion aller Objekte des Sonnensystems

Treibt man das Gedankenexperiment einer „expandierenden Erde“ weiter und überträgt die Expansionshypothese auf alle bekannten Objekte des Sonnensystems, so ergeben sich neue verblüffende Erkenntnisse. Die Dichte der Planeten und Monde unseres Sonnensystems ist weitgehend bekannt. Es wurde bislang aber kein Zusammenhang zwischen ihren Dichtewerten hergestellt. Die „Planetary Physical Parameters“ finden sich z.B. in NASA (2024) detailliert aufgelistet. So zeigt ein Dichte-Vergleich aus 57 bekannten Objekten des Sonnensystems zusammen mit der Dichte des inneren Erdkerns (13 g/cm^3), des äußeren Erdkerns ($9,5 \text{ g/cm}^3$) und der Dichte der Erde_{BE} (22 g/cm^3) eine Kurve, die sich mit der folgenden Funktion beschreiben lässt:

$$\rho = 23,189 n^{-0,86} \quad (11)$$

$x = n$... Nummer der Objekte im Sonnensystem, geordnet nach Dichte;

$y = \rho$... Dichte des Objekts.

Diese Kurve weist ähnlich wie die Kurve in Abbildung 6 ein außerordentliches Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,9914$ auf, vgl. Darstellung und Wertetabelle in Anlage 1.

Möglicherweise hängt die Reihenfolge der Expansion der Objekte des Sonnensystems mit der Anzahl der Zusammenstöße zusammen, die ein Objekt bereits erfahren hat. Je mehr Monde ein Planet besitzt, umso höher wäre zumindest die Anzahl seiner mutmaßlichen Kollisionen in der Vergangenheit gewesen und umso höher der Gesamtenergieeintrag. Saturn besitzt z.B. 145 Monde, Jupiter 95 und Neptun 14 Monde. Gleichzeitig weist die obere Schicht von Saturn mehr als 96 % Wasserstoff auf, die obere Schicht von Jupiter zeigt einen Gehalt von ca. 90 % Wasserstoff und die obere Schicht von Neptun rund 80 % Wasserstoff.

Falls sich, wie angenommen, alle Objekte des Sonnensystems im Laufe ihrer Existenz entlang der Linie in Anlage 1 entwickelten, d.h. falls alle expandieren würden, so durchläufe jedes Objekt zunächst das Ausgangsstadium eines hochdichten Metallklumpens, dann das Stadium eines Gesteinsplaneten (bzw. Gesteinsmondes), eines Eisplaneten (bzw. Eismondes) und schließlich das Stadium eines Gasplaneten (bzw. Gasmondes).

Erreicht die Expansion einen Extremwert des Durchmessers $D \gg D_{BE}$, so bleiben gemäß Nuklidkarte in der Segré-Darstellung nur noch H^+ -Atome übrig, die dann mutmaßlich zum Bestandteil der „*lokalen Blase*“ (*local bubble*) im interstellaren Raum werden.

Die Kurve in Anlage 1 ist eine Asymptote, d.h. sie nähert sich dem Wert $y = 0$ in $x \rightarrow \infty$ nur an. Somit geht keine Masse verloren, sie löst sich nur in einer Wolke auf.

Theorien zur Entstehung des Sonnensystems verweisen tatsächlich auf einen möglichen „*Gravitationskollaps einer interstellaren Gaswolke*“, vgl. z.B. Hanslmeier (2020).

Anfang und Ende des Prozesses müssen gleichermaßen verstanden werden. So stehen zur Erklärung der Entstehung der superdichten Ausgangselemente der Erde_{BE} verschiedene „*Prozesse der Nukleosynthese*“ zur Auswahl. Der langsame (slow neutron capture) s-Prozess ist nicht ausreichend, da dieser bei stabilem Blei endet.

Wird jedoch der schnelle r-Prozess (rapid) herangezogen, können auch die Ausgangselemente Thorium und Uran entstehen, vgl. die Prozesse der Nukleosynthese, die Grosse E. (2006) übersichtlich in die Nuklidkarte der Segré Darstellung eingetragen hat in Abbildung 10.

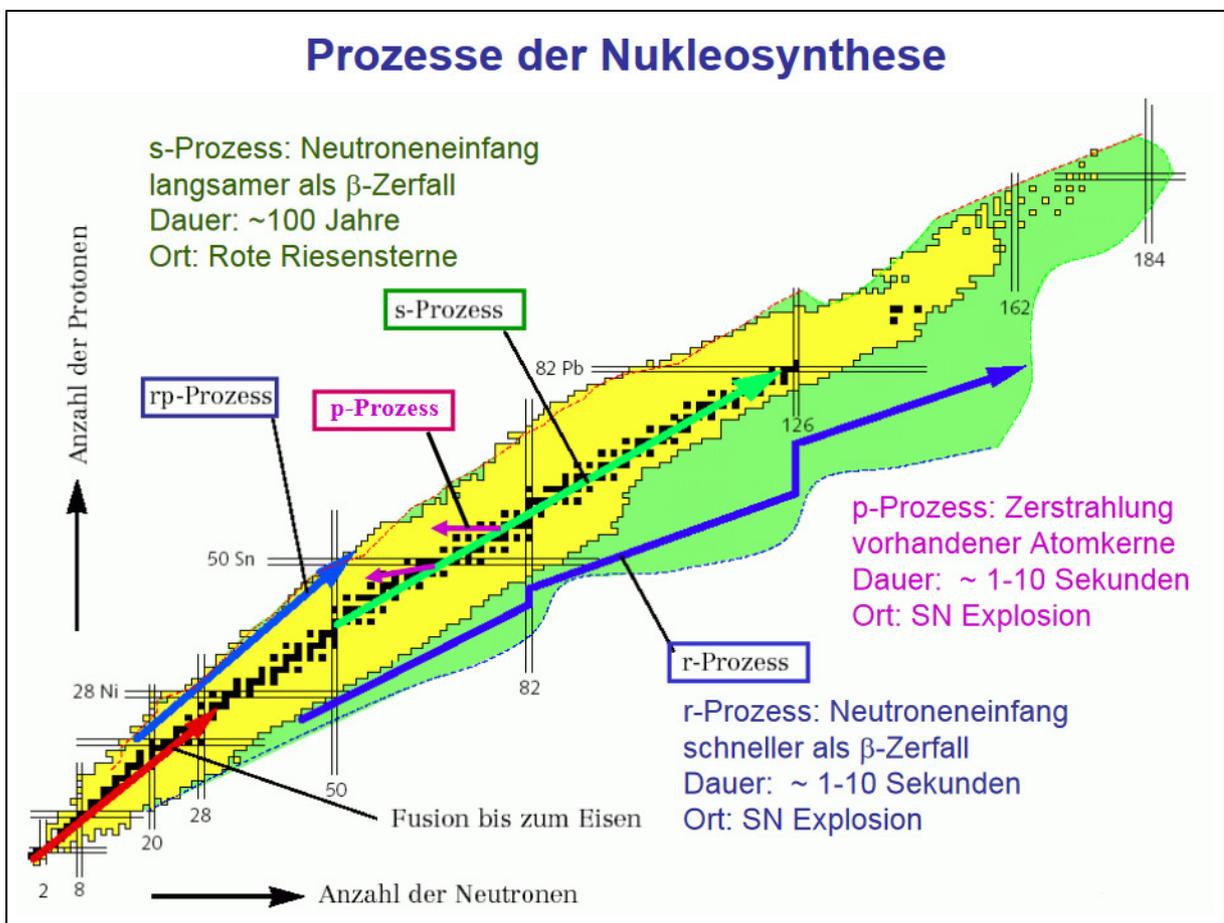


Abbildung 10: Prozesse der Nukleosynthese nach Grosse E. (2006)

Grosse E. (2006) merkt in seiner Vorlesungsunterlage weiter an, dass es „*im Kosmos erstaunlich viele Nicht-Gleichgewichtsprozesse gibt, hervorgerufen durch Expansion, gravitative Kontraktion, Clustering, Akkretion und Galaxien-Kollisionen*“, die „*beobachtet werden als X-ray burster, soft gamma ray repeater, Pulsare, Novae und Supernovae*“.

Wenn der r-Prozess in einer Supernova zur Entstehung der superdichten Ausgangselemente der Ordnungszahlen ≥ 75 geführt hat, so erzeugten anschließend α - und β - Zerfallsprozesse die Elemente mit den absteigenden Ordnungszahlen von $Z = 74$ bis $Z = 1$.

Neben den bekannten Zerfallsreihen Uran-Radium-Reihe, Uran-Actinium-Reihe und Thorium-Reihe, die für den umfänglichen (und pulsartigen) Zerfall bis zur Ordnungszahl $Z = 1$ nicht in Frage kommen, wird noch die Existenz einer sog. Neptunium-Reihe vermutet. Neptunium mit der Ordnungszahl $Z = 93$ und Plutonium mit der Ordnungszahl $Z = 94$ sind sog. Transurane, befinden sich also im Zerfallsdiagramm nach Segré oberhalb von Uran, und besitzen eine Dichte von $20,45 \text{ g/cm}^3$ (Np) bzw. $19,816 \text{ g/cm}^3$ (Pu)¹⁸.

Theorien zur Entstehung des Sonnensystems müssen laut Hanslmeier (2020) diverse Kriterien erklären können, u.a. dass sich alle Objekte in einer Ebene befinden, dass die Bahnen fast kreisförmig sind und die Umläufe fast alle prograd. Weiterhin muss das Abstandsgesetz nach Titius-Bode erklärbar sein, sowie die große Dichte der inneren Planeten und deren langsame Rotation im Gegensatz zur geringen Dichte und hohen Rotationsgeschwindigkeit der äußeren Planeten. Weiterhin muss eine solche Theorie auch die Tatsache erklären, dass die inneren Planeten wenige Monde besitzen und die äußeren Planeten viele.

Wie bereits ausgeführt, hängt die Dichte der Objekte vermutlich mit der Anzahl der erfahrenen Stöße zusammen und dadurch mit der Anzahl der Monde. Die „fluffigsten“ Objekte in unserem Sonnensystem sind nach der Kurve in Anlage 1 (bzw. zumindest für die dortige Auswahl von 57 Objekten) die Saturnmonde Atlas, Pan und Helene. Der fluffigste Planet ist Saturn, der wie bereits erwähnt, 145 Monde besitzt. Saturn sollte zur Beantwortung der Frage, wie unser Sonnensystem entstand, in Zukunft besondere Aufmerksamkeit erhalten.

Ein Denkansatz zur Erklärung der Anordnung von Monden in einer Ebene rund um seinen Planeten wäre z.B., die Ausrichtung der Saturnmonde und der Staubscheibe in der Magnetosphäre des Saturn mit dem Verhalten von Elektronengas in einem gerichteten Feld zu vergleichen bzw. mit dem „*elastischen Streuprozess*“, der nach Grosse P. (1979) entsteht, wenn man ein sehr hohes Feld anlegt.

Angenommen, es gab anfangs kein magnetisches Feld und alle Bruchstücke aus superdichten Metallen bewegten sich regellos im Raum, so befanden sie sich zwangsläufig dauernd auf Kollisionskurs. Beim mutmaßlichen Zusammenstoß der einstigen „Osmium-Metall-Sonne“ mit

¹⁸ Fields et al. (1972) fanden beispielsweise in Proben von Mondgestein der Apollo 14 Mission neben Uran (3 - 4 ppm) und Thorium (13 - 14 ppm) auch Spuren von Neptunium ($1 \cdot 10^{-13}$ g/g) und Plutonium ($4 \cdot 10^{-9}$ ppm).

einem anderen Objekt könnten z.B. 0,13 % der Sonnenmasse als Kollisionsschutt¹⁹ in ihrem Umfeld verteilt worden sein und bilden die heute bekannten Planeten und Monde.

Eine entsprechende Anzahl an Kollisionen bzw. die Nachwirkungen dieser Kollisionen führen zur stetigen Expansion der Objekte, und diese bilden mit der Zeit ihr eigenes Magnetfeld aus. Gleichzeitig erfährt auch das massereichste Objekt, die Sonne, in ihrem Zentrum eine Expansion und die Ausbildung eines Magnetfeldes. So ordnet der o.g. elastische Streuprozess die kleinen Objekte rund um die Sonne. Regelmäßige Umläufe in geordneten, nebeneinanderliegenden Bahnen verhindern weitere Kollisionen.

In der Tat ist es vor allem eine Frage des Gehalts ihrer radioaktiven Ausgangs-Bestandteile, wie schnell und umfassend die Umwandlung bzw. Expansion dieser Einzelobjekte vonstattengeht. Jedes Objekt scheint hier sein eigenes Tempo zu haben. Zumindest deutet die unterschiedliche Entwicklung von Erde und Mond in der langen Zeit nach ihrer Kollision darauf hin. Trotzdem durchlaufen alle Objekte über kurz oder lang dieselben Zustände von superdicht bis gasförmig, wie die Kurve in Anlage 1 zeigt.

Es gibt zudem Hinweise, dass noch heute superdichte Objekte existieren. Der Pluto-Mond „Kerberos“ ist so ein Kandidat. Da er jedoch sehr kleine Abmessungen (< 20 km) besitzt, ist die Bestimmung von Masse, Volumen und Dichte relativ unsicher. NASA (2024) listet für Kerberos eine Dichte von 18,216 g/cm³ auf, Porter und Canup (2023) kommen dagegen auf einen Wert von unter 2,1 g/cm³. Aufgrund dieser widersprüchlichen Angaben wurde Kerberos vorerst nicht in die Kurve in Anlage 1 aufgenommen.

Die These, dass die Elemente mit Ordnungszahlen ≥ 75 die Ausgangselemente der Erde_{BE} bildeten und dass alle anderen Elemente mit Ordnungszahlen < 75 erst durch radioaktiven Zerfall infolge der Kollisionsenergie entstanden, wird m. A. n. eher annehmbar, wenn man gedanklich akzeptiert, dass sich das Universum insgesamt ausdehnt.

Warum sollten es die Körper im Universum selbst nicht auch tun?

¹⁹ Gesamtmasse der Planeten und Monde: 2,67E+30 kg; Masse der Sonne: 1,99E+33 kg

6 Resümee

Keine Theorie der Vergangenheit und Gegenwart, an der wir Geowissenschaftler festhalten und die wir an die nachfolgenden Geologen, Geotechniker, Geophysiker und Geochemiker als Studenten weitergeben, ist unumstößlich.

Die Gefahr dabei ist, dass auch brauchbare Theorien über Bord geworfen werden, wenn sie es nicht in den wissenschaftlichen Mainstream schaffen und irgendwann ignoriert werden.

Im Fall von Hilgenberg war die Erkenntnis über die „Schelfkugel“ eingebettet in die damals populäre „Äthertheorie“. Als die Äthertheorie experimentell widerlegt war, wurde das Nebenprodukt Expansionstheorie gleich mitentsorgt, da diese bislang nicht bewiesen werden konnte. Abgesehen von der Passung der Kontinentalflächen auf der kleinen Erdkugel gab es damals keine formulierten physikalischen Zusammenhänge, dass die Erde expandiert.

Wie sich gezeigt hat, gibt es jedoch zwei sehr interessante mathematische Kurven, die die Expansionstheorie stützen: eine logarithmische Kurve zum Ablauf der erdgeschichtlichen Ereignisse „Massenaussterben + Ophiolithpulse“, und eine zweite Kurve in Form einer Potenzfunktion, die aus einem Dichtevergleich von Objekten unseres Sonnensystems, des äußeren und inneren Erdkerns und der Erde_{BE} entsteht.

Die erste Kurve zum „Massenaussterben“ weist ein Bestimmtheitsmaß von 0,9999 auf, wenn als Startpunkt das Alter des Südpol-Aitken-Beckens des Mondes gewählt wird – der Kontaktort der einstigen Kollision. Die zweite Kurve zum „Dichtevergleich“ weist ein Bestimmtheitsmaß von 0,9914 auf, wenn als Startpunkt die Dichte der Erde_{BE} von 22 g/cm³ gewählt wird.

Weiterhin erweist sich der elastische Aufprall des Mondes auf der starren Metall-Erde als einfacher physikalischer Ansatz, da mit Hilfe des Energiegleichgewichts $E_{\text{kin}} = E_{\text{pot}}$ von der potenziellen Energie auf die kinetische Energie und damit auf die Anprallgeschwindigkeit des Mondes geschlossen werden kann. Möglich ist der physikalische Ansatz dadurch, dass die Massen der beteiligten Körper zu jedem Zeitpunkt als konstant angesehen werden. Diese Möglichkeit bietet der Erklärungsansatz mit Hilfe von „Akkretion“ dagegen nicht, da hier von einem Zuwachs von Materie und damit Masse über die Entstehungszeit ausgegangen werden muss.

Ein Durchtritt des Mondes durch die Roche-Grenze bzw. eine Unterschreitung der breakup altitude der Erde_{BE} infolge des Kugelstoßes zwischen Mond und Erde scheinen zudem im Bereich des Möglichen. Der Berechnung zufolge befand sich der Mond weniger als 9 min innerhalb der Roche-Grenze (1783) und sogar weniger als 1 Minute unterhalb der breakup altitude nach Aggarwal & Oberbeck (1974), so dass eine Zerstörung des Mondes durch Gezeitenkräfte

wenig wahrscheinlich war.

Trifft die Expansionstheorie tatsächlich zu, so hat dies auch Konsequenzen für die bisherigen physikalischen Vorstellungen zur Zusammensetzung des Erdkerns aus Eisen und Nickel.

Der durch Suess geprägte Begriff „NiFe“ für den Erdkern ist eine geologische Erfindung des 19. Jahrhunderts. Mit den Elementen Eisen und Nickel im Erdkern sollte das Entstehen eines magnetischen Feldes der Erde erklärt werden.

Da Druck und Temperatur zum Erdmittelpunkt hin stark ansteigen, war jedoch eine logische Erklärung nötig, um weiterhin an Eisen und Nickel festhalten zu können. Durch Hochdruckexperimente wurden Analogieschlüsse zur notwendigen Kompression von Eisen und Nickel im Erdinneren gezogen. Letztlich blieb man den Beweis für den NiFe-Kern schuldig. Bis heute stört sich jedoch niemand daran, dass der NiFe-Kern stets als feststehende Tatsache behandelt wird. Zur Entstehung des Erdmagnetfeldes lehrt z.B. das Schülerlexikon (2023):

„Die Erde besitzt einen Kern aus Eisen, sodass man annehmen könnte, das Erdmagnetfeld würde von einem Eisenmagneten erzeugt. Diese Idee ist aber nicht zutreffend, denn der Eisenkern der Erde befindet sich in einen glühenden Zustand. Wenn man Eisen stark erhitzt, verliert es seine Eigenschaften als Dauermagnet. Da ein Dauermagnet ausscheidet, bleibt als Erklärungsmodell nur noch der Dynamoeffekt übrig.“

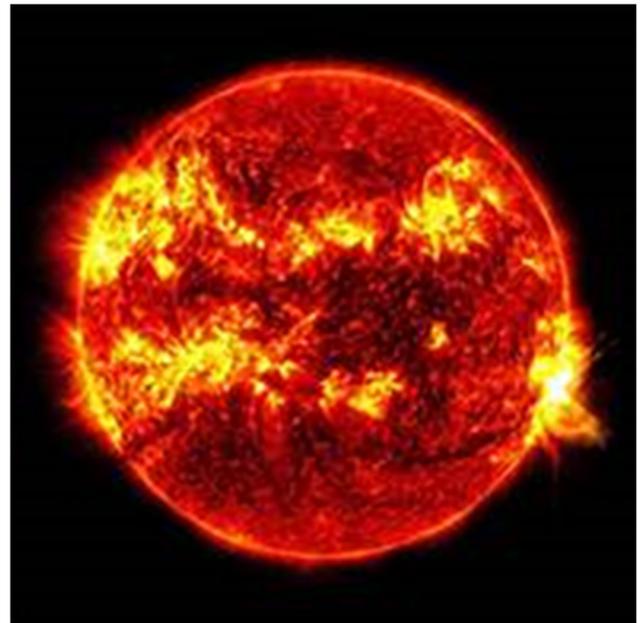
Oder viel einfacher: Die Erde besitzt einen Kern u.a. aus den paramagnetischen Elementen Rhenium, Iridium, Osmium, Platin, Thorium und Uran. Als Erklärungsmodell ist der Dynamoeffekt überflüssig.

Osmium besitzt mit 4.940 m/s zudem eine Schallwellengeschwindigkeit der Longitudinalwellen, die genau in der Mitte zwischen den Schallwellengeschwindigkeiten von Eisen (4.910 m/s) und Nickel (4.970 m/s) liegt. Die Geschwindigkeitsmesswerte der Longitudinalwellen, anhand derer die Zusammensetzung und der Aufbau des Erdinneren bislang beschrieben und berechnet wurden, können demnach ebenso gut mit dem Element Osmium im Erdkern erklärt werden. Im Übrigen ist eine Geschwindigkeit der Transversalwellen von 0 km/s im äußeren Erdkern, die im inneren Erdkern wieder auf Werte von 4 km/s anwachsen soll, wie im gegenwärtigen PREM-Modell dargestellt, nicht logisch. Mit der 0 km/s-These sollte der Flüssigkeitscharakter des äußeren Erdkerns und damit der Dynamoeffekt untermauert werden. Dieser Zusammenhang sollte jedoch hinterfragt werden.

Wissenschaft ist nie statisch, sondern dynamisch. Es sollte kein grüner Haken an Thesen und Theorien gesetzt werden, auch wenn diese seit Jahrzehnten oder sogar einem Jahrhundert in der Fachwelt anerkannt sind. Auch Begriffe sind zu überdenken, wenn sie die Tatsachen nicht genau beschreiben. Im Fall der Theorie der „Plattentektonik“ gilt dies z.B. für das Wort „Platte“, da es mit dem Begriff aus der Technischen Mechanik nichts zu tun hat. Im Hinblick auf den Kräfteintrag sollte von „Scheiben“ die Rede sein und noch viel mehr von „Kalotten“, da wir es mit einem Kugelgebilde zu tun haben, auf dem wir leben.

7 Nachwort

Meine Zeitungspapierkugel der Erde_{BE} aus dem Jahr 2013 existiert noch - ebenso wie der im Vor-Expansions-Größenverhältnis relativ groß wirkende Papiermond mit dem markierten Südpol-Aitken-Becken, vgl. Abbildung 11.



Abbildungen 11 und 12: Erde_{BE} und Mond aus Papier, Sonnensturm im Mai 2024

Als im Mai 2024 Aufnahmen eines starken Sonnensturms (Abbildung 12, The Telegraph, 2024) veröffentlicht wurden, war eine deutliche Ähnlichkeit mit den Linien der Expansionsspalten der Erde_{BE} festzustellen.

Ausgehend vom Kollisionsort der 70 km-Krustenmächtigkeit, der in Abbildung 11 rot markiert ist, verlaufen die Gebirgszüge der Tabelle 16 teilweise parallel zueinander, ganz ähnlich wie die linienartigen Ausbrüche bei dem beobachteten Sonnensturm.

Markierungen für Gebirge auf einer Papierkugel und Ähnlichkeiten zum beobachteten Sonnensturm sind zwar kein Beweis, aber ein starkes Indiz dafür, dass auch die Sonne einem Expansionsvorgang unterworfen ist.

In Anlage 1 reiht sich die Sonne hinsichtlich ihrer Dichte auf jeden Fall ganz selbstverständlich zwischen dem Marsmond Deimos und dem Neptunmond Galatea in den Kurvenverlauf ein.

8 Quellenverzeichnis

- Aggarwal H.R., Oberbeck V.R. 1974. Roche limit of a solid body, *The Astrophysical Journal*, 191: 577-588
- Ahmad F., 1988. Estimates of palaeodiameters of the Earth through geological time. *Journal of the Geological Society of India* 31 (6), pp 386-397
- Ampferer, O., 1906. Über das Bewegungsbild von Faltengebirgen. In: *Jahrbuch Geol. R-A.*, 56. Verlag der k. k. geol. Landesanstalt, Wien, 539-622
- Arblaster J. W., 1989. Density of Osmium and Iridium, Recalculations based upon a review of the latest crystallographic data, Alexander metal company limited, Bilston, West Midlands, in: *Platinum Metals Review* Nr. 33
- ASTER, 2019. Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer, Global Digital Elevation Model Version 3 (GDEM 003), <https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>
- Bajgarova T., Kostelecky J., 2005. The hypothesis on the earth's expansion in the light of space geodesy results, *Acta Geodyn. Geomater.*, Vol.2, No.3 (139), 95-101
- Barnett C.H., 1962. A suggested reconstruction of the land masses of the Earth as a complete crust. *Nature* 195, pp 447-448.
- Barnett C.H., 1969. Oceanic rises in relation to the expanding Earth hypothesis. *Nature* 221, pp 1043-1044.
- Benjamin E. R., Plank T., Wade J. A., Kelley K. A., Hauri E. H., Alvarado G. E., 2007. High water contents in basaltic magmas from Irazú Volcano, Costa Rica, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Volume 168, Issues 1–4, 15 November, Pages 68-92
- Birch F., 1952. Elasticity and Constitution of the Earth's Interior, *Journal of Geophysical Research*, Band 57, p. 227–286
- Bird P., 2003. An updated digital model of plate boundaries, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. An electronic journal of the earth sciences, Vol 4, doi.org/10.1029/2001GC000252
- Borexino collaboration 2010. Observation of geo-neutrinos. In: *Physics Letters B*. 687. Jahrgang 2010, Nr. 4–5, 2010, S. 299–304, [doi:10.1016/j.physletb.2010.03.051](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2010.03.051)
- Bridgman P.W., 1929. Thermische Zustandsgrößen bei hohen Drucken und Absorption von Gasen durch Flüssigkeiten unter Druck in: *Handbuch der Experimentalphysik* Band 8, 2. Teil: Wärmeausdehnung Zustandsgrößen und Theorien der Wärme, Akademische Verlagsgesellschaft m.b.H., Leipzig
- Brinkmann R., 1990. *Brinkmanns Abriss der Geologie*, Stuttgart: Enke. Bd. 1. Allgemeine Geologie, 14. Aufl./neu bearb. von Werner Zeil, ISBN 3-432-80594-2
- Bullen K. E., 1949. Compressibility-pressure hypothesis and the earth's interior, first published, DOI: [org/10.1111/j.1365-246X.1949.tb02952.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1949.tb02952.x)
- Bullen K. E., 1975. *The Earth's Density*, 1st ed., ISBN 978-94-009-5702-2
- Burša M., 1993. Global geodynamic longterm variations and Expanding Earth, *Studia geoph. et geod.* 37, p.113-124

- Burša M., Hovorková, O., 1994. Expanding Earth hypothesis and the Earth's gravitational and gravitational potential energy, *Studia geoph. geod.* 38, pp. 235-245
- Carey S. W., 1976. *The expanding earth*, *Developments in geotectonics* 10, Elsevier, ISBN 978-1-4832-8955-7
- Charette M. & Smith, W., 2010. *The Volume of Earth's Ocean*, *Oceanography*, Washington D.C., 23(2)
- Coxworthy F., 1848: *Electrical Condition or How and Where our Earth was created*. W. J. S. Phillips, London
- Creer K.M., 1965. An expanding Earth? *Nature* 205, pp 539-544.
- Darwin G. H., 1878. On the Precession of a Viscous Spheroid. *Nature*. Bd 18, p. 580–582
- Dearnley R., 1965a. Orogenic fold-belts, convection and expansion of the Earth. *Nature* 206, pp 1284-1290.
- Descartes R., 1664. in: *Le monde de Mr. Descartes - ou, le traité de la lumière, et des autres principaux objets des sens : avec un discours du mouvement local, & un autre des fièvres / composez selon des principes du même auteur, 1596-1650*. Paris
- Dilek Y., Furnes H., 2011. Ophiolite genesis and global tectonics: Geochemical and tectonic fingerprinting of ancient oceanic lithosphere, *GSA Bulletin*, v. 123; no. 3/4; p. 387–411; doi: 10.1130/B30446.1
- Dietz, R. S., 1961. Continent and Ocean Basin Evolution by Spreading of the Sea Floor. *Nature*, Vol. 190, 854-857.
- Dong Y., Sun Sh., Santosh M., Zhao J., Sun S., He D., Shi X., Hui Bo, Cheng C., Zhang G., 2021. Central Cina orogenic Belt and amalgamation of East Asian continents, GR 02541, *Gondwana research*
- Drayson A. W., 1859. *The Earth We Inhabit: Its past, present, and probable future*, A. W. Bennett, London
- Dziewonski, A. M. & Anderson, D. L. 1981. Preliminary reference Earth model, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, Band 25, S. 297–356, doi:10.1016/0031-9201(81)90046-7
- Edwards M. R., 2006. Graviton decay without decreasing G: a possible cause of planetary heating, expansion and evolution, *Annals of geophysics*, supplement to volume 49, N. 1
- Egyed L., 1956. The change of the Earth's dimensions determined from palaeo-geographical data. In: *Geofisica Pura e Applicata*. Band 33, p. 42–48. DOI: 10.1007/BF02629945
- Fields, P.R., Diamond H., Metta D.N., Rokop D.J., Stevens C., 1972: ²³⁷Np, ²³⁶U, and other actinides on the moon, *Proceedings of the third Lunar Science Conference*, Vol. 2, pp. 1637-1644, Illinois, 1972
- Gmelin L., 1843. *Handbuch der Chemie*, 1. Band, 4. Vierte Auflage, Heidelberg, p. 457
- Gochet, A.M., 1875. *Mappe Monde physique, politique et commerciale / par le frère A.-M. G. (Gochet)*, impr. de F. Hermet (Paris), <http://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb40734026z>
- Gray Th., 2010. *Die Elemente, Bausteine unserer Welt*, Komet Verlag Köln, ISBN 978-3-86941-003-6
- Green W. L., 1875. *Vestiges of the molten globe, as exhibited in the figure of the earth, volcanic action and physiography*, London

- Grosse E., 2006. Entstehung der schwereren Elemente, hochdichte Sterne in: Vorlesung Kerne und Sterne, Wintersemester 2006/2007, Helmholtz Zentrum Dresden-Rossendorf, <https://www.hzdr.de/db/Cms?pOid=23510>
- Grosse P., 1979. Freie Elektronen in Festkörpern, ISBN 13-978-3-540-09295-7, Springer Verlag Berlin, Heidelberg, 1979
- Gutenberg B., Richter C.F., 1938: P' and the Earth's core. MNRAS Geoph. Suppl. 4, 363-372
- Halm J.K.E., 1935. An astronomical aspect of the evolution of the Earth. Presidential Address. Astronomical Society of South Africa 4, pp 1-28.
- Hanslmeier A., 2020: Einführung in Astronomie und Astrophysik, Springer-Verlag, 4. Auflage, ISBN 978-3-662-60412-0.
- Hertz H.: Schriften vermischten Inhalts, Hrsg. Lenard, Bd. 1., Leipzig 1895, S. 339
- Hess, H. H., 1962. History of Ocean Basins. In: Petrologic Studies: A Volume in Honor of A. F. Buddington, edited by A. E. J. Engel, Harold L. James, and B. F. Leonard. New York, Geological Society of America. 599-620.
- Hilgenberg O. C., 1933. Vom wachsenden Erdball. Giessmann & Bartsch, Berlin
- Hofbauer G., 2005. Alfred Wegener – Driftende Kontinente und unbewegliche Geologen. – www.gdgh.de/Berichte/B9
- Holmes A., 1913. The age of the earth. Harper & Brothers, London, 2nd edition 1927, 3rd edition 1937
- Holmes A., 1928: Radioactivity and continental drift, Geological Magazine 65, p. 236-238
- Huang H. et al., 2011. Evidence for an oxygen-depleted liquid outer core of the Earth, Nature 479, 513-517, DOI: 10.1038/nature10621
- Ishiwatari A., 1999. Introduction to ophiolites, Kanazawa University, http://earth.s.kanazawa-u.ac.jp/ishiwata/ophiol_e.htm
- Ivanov M. A., Hiesinger H., van der Bogert C. H., Orgel C., Pasckert J. H., Head J. W., 2018. Geologic History of the Northern Portion of the South Pole-Aitken Basin on the Moon, doi.org/10.1029/2018JE005590
- Jeffreys, H., 1947. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 107, 260-272
- Jeffreys, H., 1939. The times of the core waves. MNRAS Geoph. Suppl. 4, S. 548-561 und S. 594-615
- Kennett, B. L. N. & Engdahl, E. R., 1991. Traveltimes for global earthquake location and phase identification. Geophysical Journal International, Bd. 105, S. 429–465, doi:10.1111/j.1365-246X.1991.tb06724.x
- Knoll A. H., Nowak M. A., 2017. The timetable of evolution, Science Advances Vol 3, Issue 5, DOI: 10.1126/sciadv.1603076
- Koziar, J., 2019. Geological proofs of significant expansion of the Earth and its broader scientific context. Association of Geologist Alumni Wrocław University, ISBN 978-83-950414-1-9
- Kremp G.O.W., 1992. Earth expansion theory versus statical Earth assumption. In: Chatterjee S. & Hotton N. (III). (eds). New Concepts in Global Tectonics. Texas Technical University Press, USA, pp 297-307.

- Lehmann I., 1936. P'. In: Publications du Bureau Central Séismologique International. Band A14, Nr. 3, S. 87–115.
- Lindemann B., 1927. Kettengebirge, kontinentale Zerspaltung und Erdexpansion, Jena
- Long X., Tang J., Xu W., Sun C., Luan J., Guo P., 2022. A crustal growth model for the eastern Central Asian Orogenic Belt: Constraints from granitoids in the Songnen Massif and Duobaoshan terrane, Gondwana Research, Volume 107, p. 325-338, ISSN 1342-937X, doi.org/10.1016/j.gr.2022.04.001.
- Mantovani R., 1889. Les fractures de l'écorce terrestre et la théorie de Laplace. In: Bull. Soc. Sc. et Arts Réunion. S. 41–53.
- Mantovani R., 1909. L'Antarctide. In: Je m'instruis. La science pour tous. Band 38, p. 595–597.
- Mantovani R., 1924. Les points de contact entre la théorie de la dilatation planétaire et la théorie de la dérive des continents. C.R. somm. Soc. Geol. France, (4), XXIV, , S. 167-168.
- Mantovani R., 1927. L'Atlantide et la découverte de la dilatation planétaire. C.R. somm. Soc. Geol. France, (4), XXVII, p. 153-155.
- Mantovani R., 1930. Troublante Decouverte: La Terre Grandit. Notice preliminaire sur la decouverte de la dilatation planétaire destinée aux mathématiciens, physiciens, astronomes, géologues et á tous ceux qui s'interessant aux grandes énigmes de l'Univers. STampato dall'Autore. Tipografia E. Ferrari, Parma, pp.20.
- Maxlow J., 2014. On the Origin of Continents and Oceans. A Paradigm Shift in Understanding, Terrella Press
- Mehlhorn G. (Hrsg.), 1996. Der Ingenieurbau, Grundwissen, Teil 5 Baustatik, Baudynamik, ISBN 3-433-01571-6, Ernst & Sohn, Berlin
- Mooney W. D., 2010. Crust and lithospheric structure- global crustal structure, DOI: 10.1016/B978-044452748-6.00011-0
- Müller C., 2021. Wurde die Erde von einem gewaltigen Streifschuss getroffen? www.astrail.de
- Muller R. D., Sdrolias M., Gaina C., Roest, W. R., 2008. Age, spreading rates and spreading symmetry of the world's ocean crust, Geochem. Geophys. Geosyst., 9, Q04006, doi:10.1029/2007GC001743.
- NASA, 2024. Planetary Physical Parameters in https://ssd.jpl.nasa.gov/planets/phys_par.html, und https://ssd.jpl.nasa.gov/sats/phys_par/, zuletzt aufgerufen am 07.01.2024
- Neiman V.B., 1962. The expanding Earth. State Publishing House, Geographical Literature, Moscow (in Russian), 80p.
- Neiman V.B., 1983. Geological and geophysical proofs of the Earth's expansion. In: Carey S.W. (ed), Expanding Earth Symposium, Sydney, 1981. University of Tasmania, pp 287-291.
- Neiman V.B., 1984. Geological and geophysical proofs and possible causes of the Earth's expansion. Nauka, M., pp 116-173.
- Neiman V.B., 1990. An alternative to Wegener's mobilism. In: Critical Aspects of the Plate Tectonics Theory; Volume II, Alternative Theories. Theophrastus Publishers, Athens, Greece, pp 3-18.

- Newmark, N.M., Influence charts for computation of stresses in elastic foundations. Bulletin No. 12, Engineering Experiment Station, University of Illinois, IL, 1942
- Nyambuya G. G., 2013. On the expanding earth and shrinking moon, in International Journal of Astronomy and Astrophysics, DOI: 10.4236/ijaa.2014.41020
- Öpik, E.J., 1950. Roche's limit: Rings of Saturn, Irish Astronomic Journal, Vol. 1, p. 25-26
- Owen H. G., 1976. Continental displacement and expansion of the earth during the Mesozoic and Cenozoic, doi.org/10.1098/rsta.1976.0026
- Owen H. G., 1984. The Earth is expanding and we don't know why. In: New Scientist, 22.11.1984, S. 27–29
- Pickering W. H., 1907. The place of origin of the moon and volcanic problem. The journal of geology, Volume 15, Number 1, p. 274-287
- Porter S., Canup R. 2023. Orbits and Masses of the Small Satellites of Pluto, The Planetary Science Journal, 4/120, 11.07.2023
- Press F., Siever, R., 1985. Earth. 4. Ausgabe, W.H. Freeman New York, ISBN 0-7167-1743-3
- Roche É., 1783. Essai sur la constitution et l'origine du systeme solaire. In: Académie des sciences et lettres de Montpellier. Mémoires de la Section des sciences. Volume 8, p. 235–324
- Roche, É.A., 1847 Académie des Sciences et Lettres des Montpellier. Mémoires de la Section des Sciences, 1, p. 243-262
- Rooney, A. D., Macdonald F. A., Strauss J. V., Dudas F. O., Hallmann C., Selby D., 2013. Re-Os geochronology and coupled Os-Sr isotope constraints on the Sturtian snowball Earth. In: Proceedings of the National Academy of Sciences.
- Samsonov, G.V. (Ed.) in *Handbook of the physicochemical properties of the elements*, IFI-Plenum, New York, USA, 1968.
- Scalera G., 2001. The Expanding Earth: A Sound Idea for the New Millenium, DOI:10.13140/2.1.1264.4163
- Schmidt, P., & Embleton, B., 1981. A geotectonic paradox: Has the Earth expanded? Journal of Geophysics, 49(1), 20-25. Retrieved from <https://journal.geophysicsjournal.com/JofG/article/view/34>
- Schülerlexikon, 2023. <https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/physik-abitur/artikel/magnetfeld-der-erde#>, Duden Learnattack GmbH, aufgerufen am 26.07.2023
- Seafloor crust age, 1996 in https://de-academic.com/pictures/dewiki/51/300px-Earth_sea-floor_crust_age_1996.gif, aufgerufen am 06.08.2023
- See T. J. J., 1896. Researches on the evolution of the stellar systems (1); On the universality of the law of gravitation and on the orbits and general characteristics of binary stars; Lynn: Nichels
- See T. J. J., 1911. The capture theory of cosmical evolution, founded on dynamical principles and illustrated by phenomena observed in the spiral nebulae, the planetary system, the double and multiple stars and clusters and the star-clouds of the Milky Way; Lynn, Mass.: T. P. Nichols and Sons; London: W. Wesley and Son, Researches on the Evolution of the Stellar Systems. Nature 87, 275. <https://doi.org/10.1038/087275a0>
- Sekiguchi, N., 1970. Moon, 1, p. 429-439

- Shields O., 1979. Evidence for initial opening of the Pacific ocean in the Jurassic. *Palaeontology, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 26, pp 181-220.
- Shields O., 1983a. The role of gravity and asteroid impacts in Earth expansion. In: Carey S.W. (ed), *Expanding Earth Symposium*, Sydney, 1981. University of Tasmania, pp 277-282.
- Stewart A.D., 1978. Limits to palaeogravity since the late Precambrian. In: *Nature*. Band 271, p. 153–158.
- Suess E., 1885. *Das Antlitz der Erde*, Band 1, Verlag G. Freytag, Leipzig
- Suess E., 1901. *Das Antlitz der Erde*, v. III/2 (Dritter Band. Erste Hälfte). Prag, Wien/Leipzig: F. Tempsky/G. Freytag, pp 498-499.
- Tackley P. J., 2008. Geodynamics: Layer cake or plum pudding? *Nature Geoscience* 1, p. 157-158.
- Tao W., Jinlong D., Chao W. & Shuguang S., 2022. Two ophiolite belts in the East Kunlun Orogenic Belt record evolution from the Proto-Tethys to Paleo-Tethys Oceans, *International Geology Review*, DOI: 10.1080/00206814.2022.2116605
- Tharp M., cartographies of ocean floors, in: H. C. Berann, in Zusammenarbeit mit Bruce Heezen und Marie Tharp. Quelle: <http://www.berann.com/>
- Tharp, M., Marie Tharp Biography. Woods Hole Oceanographic Institution, 2006. <http://www.whoi.edu/sbl/liteSite.do?litesiteid=9092&articleId=13407>
- The Telegraph, 2024: Sun shoots out biggest solar flare in almost 2 decades, but Earth should be out of the way this time, <https://www.nashuatelegraph.com/archive/2024/05/15/sun-shoots-out-biggest-solar-flare-in-almost-2-decades-but-earth-should-be-out-of-the-way-this-time/>, aufgerufen am 04.08.2024
- Vaughan et al., 2005. Terrane processes at the Margins of Gondwana, *Geological society Special Publication* 246
- Veevers J.J., 1998. Australia's buoyancy inherited from Gondwanaland *AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics*, 1997, 17/1 (101–111), *Journal of African Earth Sciences*, Volume 27, Issues 3–4, Page XV, ISSN 1464-343X, [https://doi.org/10.1016/S0899-5362\(98\)90652-2](https://doi.org/10.1016/S0899-5362(98)90652-2).
- Vine F. J.; Matthews, D. H., 1963. Magnetic anomalies over oceanic ridges, *Nature* 199 (4897), p. 947–949
- Viollier P., 1704. *Introduction à la géographie universelle*, Genf
- Vogel K., 2012. Contributions to the question of Earth expansion based on globe models, in: *The Earth expansion evidence – A challenge for geology, geophysics and astronomy*, edited by: Scalera, G., Boschi, E. and Cwojdzinski, S., INGV, Rome, 161-170
- von Huene, R., 1972. Structure of the Continental Margin and Tectonism at the Eastern Aleutian Trench, *Geological Society of America Bulletin*, Vol. 83, p. 3625.
- Wang C., Zhang Z., Giuliani, A., Cai R., Cheng Z., Liu J., 2022. New insights into the mantle source of a large igneous province from highly siderophile element and Sr-Nd-Os isotope compositions of carbonate-rich ultramafic lamprophyres, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Volume 326, Pages 77-96

- Wang P., Guochun Zhao, Qian Liu, Jinlong Yao, Yigui Han, 2022. Evolution of the Paleo-Tethys Ocean in Eastern Kunlun, North Tibetan Plateau: From continental rift-drift to final closure, *Lithos*, Volumes 422–423, 106717, ISSN 0024-4937, doi.org/10.1016/j.lithos.2022.106717.
- Wegener A., 1915. *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*, Vieweg, Braunschweig, 4. Digitalisierte Ausgabe Braunschweig 1920, Friedrich Vieweg & Sohn Akt. Ges. ISBN 3-443-01056-3.
- Weltkarte Erdbeben, 2000, <http://www.geo2geo.de/weltkart03.htm> aufgerufen am 06.08.2023
- Wen T., Dong J., Wang C. & Song S., 2022. Two ophiolite belts in the East Kunlun Orogenic Belt record evolution from the Proto-Tethys to Paleo-Tethys Oceans, *International Geology Review*, DOI: 10.1080/00206814.2022.2116605
- Wingate M.T.D., Giddings, J.W., 2000. Age and palaeomagnetism of the Mundine Well dyke swarm, Western Australia: implications for an Australia-Laurentia connection at 755 Ma. *Precambrian Research* 100: 335-357, doi: 10.1016/S0301-9268(99)00080-7. 750 Ma Yenisei Ridge
- Worsham E., Kleine T., 2021. Late accretionary history of Earth and Moon preserved in lunar impactites. *Science Advances* Vol. 7, doi: 10.1126/sciadv.abh2837
- Zhao G., Cawood P., 2012. Precambrian geology of China, *Precambrian Research* 222-223, p. 13-54