

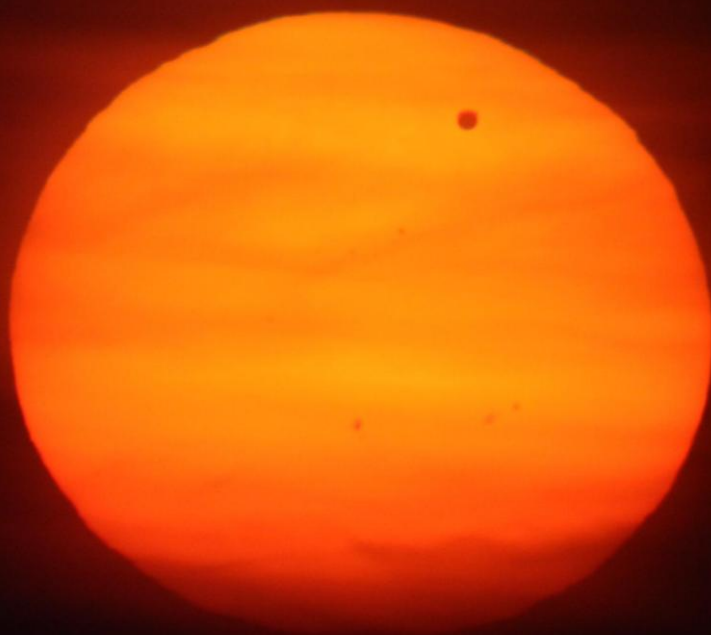


ASTRONOMISCHER ARBEITSKREIS KASSEL E.V.

40. Jahrgang

Nummer 115

August 2012



Venustransit Juni 2012

Inhaltsverzeichnis

K.-P.-Haupt Liebe Mitglieder.....	3
---	----------

Berichte

Roland Hedewig Wie entstehen Kontinentalverschiebungen, Erdbeben, Tsunamis, Vulkane und Geysire?.....	4
Peter Ludwig Münzen, Würfel, Entropie.....	46
Cristian Hendrich Beobachtungshinweise.....	58
Reinhard Steinfeld Mond bedeckt Venus.....	59

Verschiedenes

Unser Programm von August2012 bis Januar 2013.....	52
---	-----------

Titelbild: Reinhard Steinfeld, Venustransit, Parkplatz Schwalbenthal, 06. Juni 2012

Liebe Mitglieder,

es waren anstrengende Wochen, aber wir haben es geschafft. Zumindest provisorisch können die Fernrohre in der neuen Sternwarte genutzt werden. Dass diese Arbeiten so reibungsfrei über die Bühne gingen, ist vor allem Bernd Holstein zu verdanken, der in jeder freien Minute gegen alle äußeren Widrigkeiten erfolgreich gekämpft hat.

Nun beginnt die Zeit der Detailarbeiten, aber im Herbst wird die Sternwarte auch für wissenschaftliche Arbeiten sicher nutzbar sein.

Sie finden am Ende der KORONA ein neues, ungewohntes Programm. Es gibt viele unterschiedliche Formen: Vorträge, Kurse, Workshops...kommen Sie, nehmen Sie teil und bringen Sie Interessierte, vor allem Jugendliche, mit.

Der Weg in das fünfte Vereinsjahrzehnt hat begonnen und es sieht so aus, als wenn er uns in eine neue interessante Zukunft führt.

Das wünscht sich

KP Haupt

Impressum

Die KORONA wird herausgegeben vom Astronomischen Arbeitskreis Kassel e.V. (AAK) und kostenlos an die Mitglieder und befreundete Vereine im Austausch mit deren Mitteilungen verteilt.

Redaktion: alle Autoren

Zusammenstellung: Bernd Holstein und Elias Sghaier

Druck: Druckerei Bräuning & Rudert OHG, Espenau

Auflage: 180

Redaktionsschluss dieser Ausgabe: 01.07.2012

Redaktionsschluss der kommenden Ausgabe: 27.12.2012, falls es eine nächste Korona gibt

Die Artikel können an den Vereinsabenden in der Albert-Schweitzer-Schule abgegeben oder an K.P.-Haupt gesendet werden. Es werden nur Dokumente in elektronischer Form unterstützt, die entweder per e-Mail an: korona@astronomie-kassel.de oder CD-Rom an obige Anschrift gesandt werden. Als Dateiformate werden Richtext (.rtf) und MS Word (.doc/.docx) unterstützt. Als Seitenformat muss DIN A5 und als Schriftgröße 9 Punkt gewählt werden. Abbildungen sollten idealerweise mit 300 dpi eingescannt werden, alle gängigen Bild-Dateiformate (mit ausreichender Qualität) werden akzeptiert.

Wie entstehen Kontinentalverschiebungen, Erdbeben, Tsunamis, Vulkane und Geysire ?

Veränderte Fassung des Vortrages vom 19.1. 2012 im AAK
von Roland Hedewig

Seit 2004 häufen sich starke Erdbeben und Tsunamis. Im Oktober 2011 entstand neben der Insel Hierro, der westlichsten Kanarischen Insel, ein neuer Vulkan. Und vor 100 Jahren stellte Alfred Wegener erstmalig seine Theorie der Kontinentalverschiebung vor. Diese Ereignisse sind der Anlass, das oben genannte Thema im AAK zu behandeln. Von den zahlreichen im Vortrag gezeigten Farbfotos und Graphiken können hier nur wenige wiedergegeben werden.

Erdbeben

Seit der Antike wurden zahlreiche Erdbeben beobachtet und beschrieben. So ist die Zerstörung griechischer und römischer Monumentalbauten überwiegend eine Folge der im Mittelmeerraum häufigen Erdbeben. Ein Beispiel sind die umgestürzten Säulen des Zeustempels in Olympia.

Im Jahre 1755 zerstörte ein Erdbeben die Stadt **Lissabon**. Einstürzende Häuser, Brände und eine Flutwelle führten dazu, dass Tausende Bewohner ihr Leben verloren.

Und 1906 zerstörte ein schweres Erdbeben **San Francisco**. Die meisten Häuser stürzten ein und zahlreiche Menschen kamen ums Leben. Diese Katastrophe nahm man zum Anlass, künftig in dieser durch häufige Erdbeben gefährdeten Stadt weitgehend erdbebensichere Häuser zu bauen.

Aber auch in der Gegenwart gibt es Städte mit häufigen Erdbeben, in denen erdbebensichere Häuser selten sind. So führte ein Erdbeben, das am 17.8.1999 nachts 3 Uhr die türkische Stadt **Gölcük** am Marmarameer erschütterte, zur Zerstörung von 40 000 Gebäuden und zum Tod von 15 000 Bewohnern.

Am schwersten traf es in jüngster Zeit **Haiti**. Das Erdbeben vom 12. Januar 2010 mit der Stärke 7 dauerte nur eine Minute. Das Epizentrum lag nur 25 Kilometer südwestliche der Hauptstadt, das Hypozentrum lag 17 km tief. Erdbebensicherer Häuser gab es fast gar nicht. Die Folgen waren verheerend: 316 000 Tote, 310 000 Verletzte, 250 000 zerstörte Wohnungen, 1,85 Millionen Obdachlose und ein wirtschaftlicher Schaden von 5,4 Mrd. € sind die traurige Bilanz. Im Epizentrum war die Beschleunigung der bebenden Erde größer als die Erdbeschleunigung, so dass Autos in die Luft geschleudert wurden.

Charles Francis Richter führte in den 1930er Jahren eine nach ihm benannte Skala der Erdbebenstärke ein, die Richterskala. Sie beginnt mit der Stärke 0 und ist nach oben offen. Es ist eine logarithmische Skala. Beben der Stärke 9 sind also zehnmal so stark wie Beben der Stärke 8. Das bisher stärkste registrierte Beben mit der Stärke 9,5 ereignete sich 1960 in Valdivia in Chile.

Eine Graphik der Anzahl der jährlichen weltweiten Erdbeben ab Stärke 8 der Jahre 1970 bis 2009 zeigt, dass seit dem schweren Tsunami 2004 vor der Küste Sumatras die Anzahl schwerer Erdbeben zugenommen hat (Abb. 1). Einige Forscher führen das darauf zurück, dass durch dieses Beben einige Kontinentalplatten in eine instabile Lage geraten sind. Erdbeben kann man auch über große Entfernungen durch Seismographen registrieren. Den ersten Seismographen baute um 1900 der Geophysiker Emil Wiechert (1861-1928). Er gründete auf dem Hainberg in Göttingen die erste Erdbebenwarte der Welt und 1902 eine weitere Erdbebenwarte auf Samoa, also auf der gegenüberliegenden Seite der Erdkugel. Wiecherts Seismograph war so konstruiert, dass er nur Erschütterungen des Erdbodens, aber nicht die des Gerätes registrierte. Wiechert wurde 2011 eine Briefmarke gewidmet (Abb. 2).

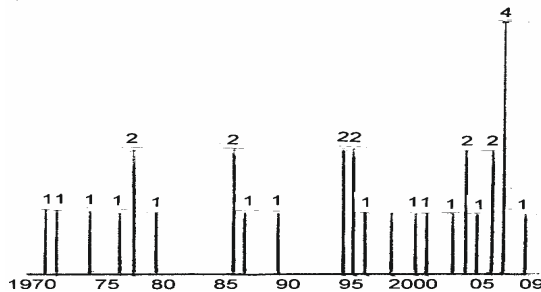


Abb. 1: Anzahl der jährlichen weltweiten Erdbeben ab Stärke 8 von 1970 bis 2009

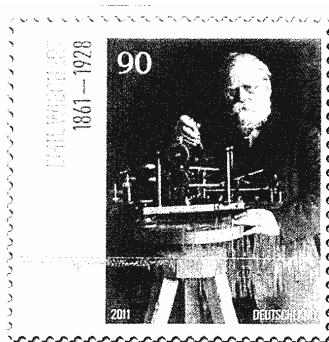


Abb. 2: Briefmarke mit dem Porträt Wiecherts und seinem Seismographen

Übrigens entdeckte Wiechert unabhängig von Thomson und auch etwas früher das Elektron. Aber Thomson stellte seine Entdeckung sogleich einer wissenschaftlichen Gesellschaft in London vor, während Wiechert damals noch an der Universität Königsberg forschte und seine Entdeckung nicht weltweit bekannt wurde.



Abb. 3: Seismogramm des Erdbebens der Stärke 9 vor der japanischen Küste am 11.3.2011

Das in Deutschland aufgenommene Seismogramm des japanischen Erdbebens vom 11.3.2011 zeigt, dass man über eine Entfernung von tausenden Kilometern Erdbeben registrieren kann und dass dem Hauptbeben kleinere Beben vorangingen (Abb. 3). Die japanischen Erdbebenwellen erreichten Deutschland schon nach 12 Minuten.

Durch Auswertung der Stärke und der Laufzeiten von Erdbebenwellen kann man die Position des Erdbebenherdes bestimmen. Vergleicht man bei einem Erdbeben die Laufzeiten seismischer Wellen, die in weltweit verteilten Observatorien registriert werden, kann man auf die Position des Hypozentrums dieses Bebens schließen. Seismographen dienen aber auch der Erkundung tiefer Erdschichten. Hierzu werden auch künstliche Erdbebenwellen ausgelöst und durch Seismographen an verschiedenen Stand-orten registriert. Aus der Laufzeit der Erdbebenwellen kann man Schlüsse auf die Lage und Dichte von tiefen Schichten der Erde ziehen.

Ursachen von Erdbeben

Bezüglich ihrer Ursachen unterscheidet man drei Typen von Erdbeben:

- 1. Tektonische Beben:** Sie entstehen durch Verschiebung von Kontinentalplatten, die zu Spannungen führen und plötzliche Brüche zur Folge haben. Diese äußern sich in meist weiträumig wirkenden, häufig starken Erdbeben.
- 2. Vulkanische Beben.** Sie entstehen durch aufsteigendes Magma oder explosive Ausbrüche. Meist sind es schwächere, lokale Beben.
- 3. Einsturzbeben:** Sie entstehen durch Einsturz von Hohlräumen, z.B. Höhlen, oder Bergwerksstollen und sind ebenfalls schwächer als tektonische Beben. In Kassel war in den 1980er Jahren ein Beben spürbar, das durch Einsturz von Bergwerkshohlräumen im Kalibergbau in Thüringen entstand. Da die Zechsteinschichten von Hessen und Thüringen unterirdisch verbunden sind, werden Erschütterungen in diesen Schichten schnell über viele Kilometer geleitet.
Als auf der Insel Helgoland 1947 eine große Sprengung erfolgte, schwankte im 210 km weit entfernten Lüneburg der größte Kirchturm, weil der Salzstock von Helgoland mit dem Salzstock von Lüneburg unterirdisch verbunden ist.

Erdbebenvorhersage

Aus messbaren Spannungen in der Erdkruste und dem Termin des letzten Erdbebens des betreffenden Gebietes kann man vorhersagen, wie groß die Wahrscheinlichkeit ist, dass dort demnächst ein Erdbeben erfolgt. Je länger in einem Spannungsgebiet ein Erdbeben ausblieb, desto wahrscheinlicher wird ein neues Beben und desto stärker wird es sein. Deshalb sind z. B. Erdbeben in Istanbul und Los Angeles zu erwarten. Eine zeitlich und räumlich exakte Vorhersage ist aber bis heute nicht möglich..

GPS und Radarsatelliten bieten heute die Möglichkeit, Bewegungen der Erdoberfläche in Echtzeit zu messen und damit Verschiebungen der Erdkruste nachzuweisen.

Erdbebensicheres Bauen

Der Aufwand, der mit erdbebensicherem Bau von Gebäuden getrieben wird, bezieht sich stets auf die am Ort zu erwartende Erdbebenstärke. Sie beträgt in Deutschland maximal 7,5 (Gebiet von Basel, Südwürttemberg und Aachen). Erdbebensicherheit kann man an zwei Strukturteilen eines Hauses erreichen:

1. Bauten aus Holz, Fachwerk, Stahlbeton oder Stahl sind weitgehend erdbebensicher.
2. Seismische Isolierung vom Untergrund durch Elastomerlager, Gummilager mit Bleikern, Gleitlager oder Gleitpendellager mit konkaver Gleitplatte.

In Chile wurden die Bauvorschriften in den letzten fünfzig Jahren so verschärft, dass bei Erdbeben nur sehr wenige Menschen in Gebäuden starben.

Tsunamis

Ein Tsunami ist eine Folge sehr langer Meereswellen, die durch ein Beben des Meeresuntergrundes (Seebeben) ausgelöst werden. Der Name Tsunami kommt von den japanischen Wörtern „tsu“ (Hafen) und „nami“ (Welle).

Während auf hoher See die Amplitude eines Tsunamis nur wenige Dezimeter beträgt und deshalb kaum wahrgenommen wird, erreichen die Wellen beim Auflaufen auf die Küste oft mehr als 25 m Höhe.

Uns ist noch das Seebeben vom 26.12. 2004 vor **Sumatra** in Erinnerung. Im Fernsehen sah man die haushohe Welle, die einen Badestrand und die anschließenden Gebäude überspülte. Mit einer Bebenstärke von 9,5 war es die schlimmste Tsunami-Katastrophe der Geschichte. Das Wasser überspülte Küsten in asiatischen Ländern, besonders aber in Thailand. In acht asiatischen Ländern waren 231 000 Tote zu beklagen. Die Wellenenergie breitete sich auf dem gesamten Indischen Ozean über mehrere tausend Kilometer bis nach Afrika aus und führte dort zu weiteren Todesopfern und Zerstörungen.

Am 11.3. 2011 erfolgte östlich von **Japan** ein Seebeben der Stärke 9. Ein Tsunami mit Wellen bis 23 m Höhe überspülte die Küste. 11 500 Tote und 16 400 Vermisste waren die Opfer. Die Wellen zerstörten Teile des Kernkraftwerks Fukushima. Mit einem Beben dieser Stärke hatten Fachleute nicht gerechnet. Das Kernkraftwerk war erdbebensicher gebaut bis zu einer Stärke von 8,25.

Wie entstehen die hohen Wellen eines Tsunamis?

Ursache eines Tsunamis ist in 90 % der Fälle ein plötzliches Heben und Senken des Meeresbodens mit einer Stärke von mindestens 7 dicht unter dem Meeresboden. In 10 % der Fälle entsteht ein Tsunami durch das Abrutschen großer Erdmasse ins Meer oder durch Vulkanausbrüche unter der Meeresoberfläche.

Weshalb aber beträgt die Amplitude einer Tsunami-Welle auf dem Ozean nur wenige Dezimeter, während sie beim Auflaufen auf die Küste oft mehr als 25 m erreicht?

Bei Wellen, die durch Stürme entstehen, wird das Wasser nur bis in eine Tiefe von wenigen Metern bewegt. Und die Wellenlänge beträgt maximal 200 Meter..

Bei Tsunami-Wellen wird dagegen der ganze Wasserkörper vom Meeresboden bis zur Wasseroberfläche bewegt, und die Wellenlänge ist umso größer, je tiefer das Wasser am Epizentrum ist. Sie kann mehr als 200 Kilometer erreichen.

Bei Ankunft des Wellentales an der Küste geht das Wasser zurück. Manche Badegäste werden dann verleitet, weit auf den plötzlich wasserfreien Strand hinauszulaufen. Dann aber kommt der Wellenberg. Beim Auflaufen auf die Küste verkürzt sich die Wellenlänge, wobei sich die Amplitude auf viele Meter erhöht. Wegen der langen Wellenlänge von 100 bis 200 km wiederholt sich die Überflutung alle 30 bis 60 Minuten mit abnehmender Intensität. Menschen, die sich vor der ersten Welle auf höheres Gelände retten konnten, sollten also ihren Fluchtort nicht zu früh verlassen. Durch die große bewegte Wassermenge und die hohe Geschwindigkeit entstehen übrigens auch bei niedrigen Wellen große Schäden.

Die Tsunami-Geschwindigkeit berechnet man nach der Formel $c = \sqrt{g \cdot h}$,
 $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, h = Höhe der Wassersäule vom Meeresboden bis zur Wasseroberfläche.
 Bei einer Wassertiefe von 1000 m ergibt das eine Geschwindigkeit von $100 \text{ m/s} = 360 \text{ km/h}$.
 Bei einer Wassertiefe von 4000 m beträgt die Geschwindigkeit $200 \text{ m/s} = 720 \text{ km/h}$ und die Wellenlänge 213 km.

An Steilküsten werden bei Tsunamis bis zu 50 m hohe Wellen gemessen. Läuft ein Tsunami in einen nach hinten enger werdenden Fjord, so kann sich die Welle weit über 100 m anstauen. Im Fjord „Lituya Bay“ in Alaska wurde eine Welle mit 530 m Höhe nachgewiesen. Sie entstand durch Wasserverdrängung im Fjord selbst, weil heftige Erdbeben dazu führten, dass Berghänge in den Fjord rutschten (Wikipedia „Tsunami“, abgerufen am 7.1.2012).

Vulkanismus

Im Jahre 62 wurde die am Vesuv gelegene Stadt **Pompeji**, die damals 20 000 Einwohner hatte, durch ein Erdbeben zerstört. Als der Wiederaufbau noch nicht vollendet war, brach im Jahre 79 der Vesuv aus und verschüttete mit seiner ausgeworfenen Asche die drei Städte Pompeji, Herculaneum und Stabiä. Die meisten Bewohner starben.

Den Vesuvausbruch von 1774 hielt der Maler Jacob Philipp Hackert in einem eindrucksvollen Gemälde fest, das zeigt, wie Menschen bei Nacht die Feuersäule am Gipfel und einen Lavaausbruch an der Seite beobachten (Gemäldegalerie Kassel).

Die Bezeichnung „Vulkan“ leitet sich von der nördlich von Sizilien liegenden Insel Vulcano ab. Römern galt diese Vulkaninsel als Schmiede des Gottes Vulcanus.

Der bedeutendste und aktivste Vulkan Europas ist der 3323 m hohe Ätna auf Sizilien. Die Aschenwolke des Ausbruchs vom 22.7. 2001, die von der Raumstation ISS aus fotografiert wurde, war mehr als 5 km hoch. Ein Aschenregen ging über der Stadt Catania nieder. Am 24.7.2001 schoss aus einem in 2500 m Höhe gelegenen Eruptionsspalt eine 400 m hohe Lavafontäne. Ein Lavastrom wurde von der in 1950 m Höhe liegenden Touristenstation Sapienza beobachtet.

Der zeitlich längste Ätna-Ausbruch seit dem 17. Jahrhundert aber begann am 12.4.2002 und dauerte 473 Tage. Die dabei ausgeflossene Lava bedeckt eine Fläche von $7,6 \text{ km}^2$.

Der bis zum Zeitpunkt des Vortrages letzte Ätna-Ausbruch erfolgte am 5.1.2012 mit einer 5 km hohen Aschensäule.

Ein Blockbild des Ätna mit bis in die Tiefe gehendem Längsschnitt zeigt fünf Generationen von Vulkanbauten und zahlreiche Lava-Austrittskanäle an den Bergflanken (Abb. 4).

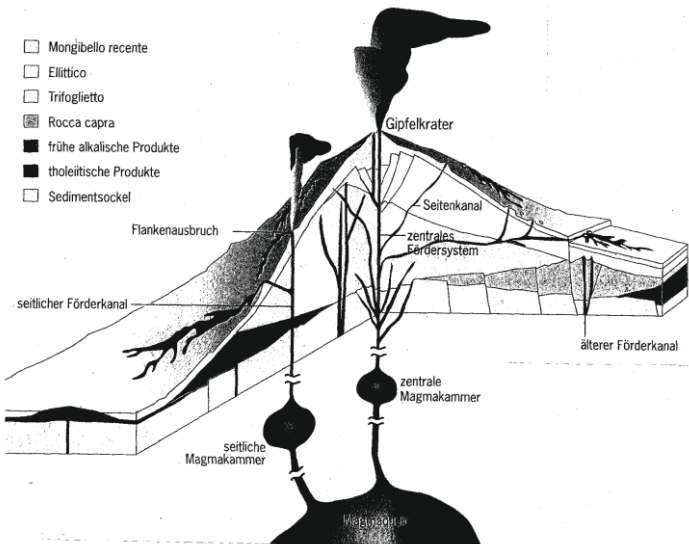


Abb. 4: Blockbild des Ätna mit Lava-Austrittskanälen und Magmakammern

Beim Aufbau von Vulkanen kann man drei Typen unterscheiden (s. Abb. 5):

Ein **Schildvulkan** besteht aus zahlreichen Schichten erkalteter Lava.

Aschevulkane bestehen nur aus Asche, die bei explosiven Ausbrüchen ausgeschleudert wurden. Dabei wird Lava in kleine Partikel zerstäubt, die als Aschregen zu Boden fallen.

Stratovulkane bestehen aus Wechsellagen von Asche und Lava, wobei die Asche meist aus dem Hauptgipfel kommt, während die Lava aus dem Gipfelkrater und den Flanken des Vulkans herabströmt.

Wenn eine z. T. leer gewordene Magmakammer eines Vulkans einbricht, sackt von oben vulkanisches Material nach. So entsteht eine **Caldera**, d.h. ein weiter Krater, in dessen Zentrum sich beim nächsten Ausbruch ein neuer kleiner Vulkankegel bildet.

Vulkanisches Material kommt in allen Aggregatzuständen vor. Festes Material sind Asche, Bimsstein, Lapilli und Bomben. Flüssiges Material ist bei Vulkanen Lava, bei Geysiren Wasser. Gasförmig sind die schwefelhaltigen Dämpfe der Fumarolen.

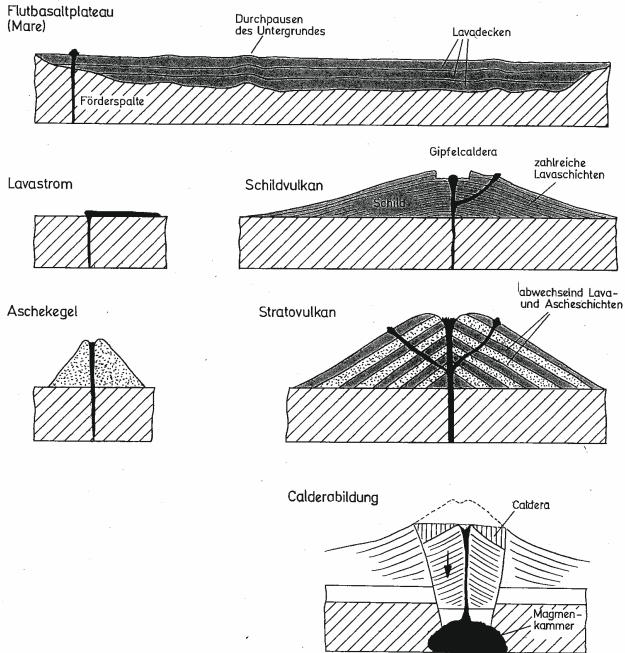


Abb. 5: Morphologie vulkanischer Strukturen

Vulkanisches Material wird vom Menschen auch genutzt. So sind Böden aus vulkanischer Asche sehr fruchtbar, so dass Vulkanhänge gern für Ackerland genutzt werden. Lavaschlacke dient auch als Baumaterial. Die geothermische Energie von Vulkanen und Geysiren wird für Heizzwecke, für Thermalbäder und zur Stromgewinnung genutzt, vor allem auf Island und Kamtschatka.

Die wissenschaftliche Beschreibung von Vulkanen begann mit Alexander von Humboldt. Er zeichnete in den südamerikanischen Anden die schneebedeckten Vulkane Cotopaxi (5897 m) und **Chimborazo** (6300 m), dessen letzter Ausbruch um das Jahr 550 erfolgte. Der afrikanische, am Äquator liegende **Kilimanjaro**, dessen Hauptberg Kibo (5895 m) eine weite Caldera mit einer zentralen Aschengrube besitzt, existiert seit 2-3 Millionen Jahren.

Der Hauptausbruch erfolgte vor 300 000 Jahren, der letzte Ausbruch um 1700. Heute zeugen nur noch qualmende Fumarolen von seiner noch bestehenden Aktivität.

Der Vulkan Mutnowsky auf der Halbinsel **Kamtschatka**, zuletzt im Jahre 2000 ausgebrochen, besitzt eine mit Wasser gefüllten, 2 km breiten Krater sowie Fumarolen und heiße Quellen. Ein dort bestehendes Geothermie-Kraftwerk deckt 30 % des Strombedarfs Kamtschatkas.

Auf der Insel **Reunion** bei Madagaskar befindet sich der **Piton de la Fournaise**. Er gilt als zweitaktivster Vulkan der Welt (nach dem Kilauea auf Hawaii) und ist seit 1640 150 mal ausgebrochen, zuletzt im Dezember 2010

Der Vulkan Guinni Koma in **Djibouti** am Horn von Afrika entstand vor 30 000 Jahren auf dem Zusammentreffen von drei großen Grabenbrüchen, dem Ostafrikanischen Graben, dem Roten Meer und dem Golf von Aden.

Ein Vulkan bei Tananarive auf **Madagaskar** wird wegen seines fruchtbaren Bodens selbst an steilen Hängen landwirtschaftlich genutzt. Allerdings verursachten starke Regen schon erheblicher Bodenerosion, die zur Bildung tief eingegrabener Rinnen an den Hängen führte.

Auf der **Philippinen**-Insel Luzon brach 1991 der Vulkan Pinatubo aus. Die Explosion, eine der weltweit stärksten Eruptionen des 20. Jahrhunderts schleuderte Millionen Tonnen Schwefeldioxid bis zu 20 km hoch in die Stratosphäre. Weil sich dort oberhalb der Troposphäre keine Wolken bilden, regnete das SO₂ nicht ab, so dass es mehr als zwei Jahre lang in der Stratosphäre blieb und sich dort global verteilte. Die Aerosole reflektierten das Sonnenlicht so sehr, dass sich die Stratosphäre in den beiden folgenden Jahren abkühlte und die Globaltemperatur um 0,5 °C sank.

Der höchste Berg der indonesischen Insel **Bali** ist der 3142 m hohe Vulkan Gunung Agung. Als er 1963 ausbrach, floss die Lava am Südhang bis zu dem auf einem Hügel liegenden hinduistischen Tempel Besakih und umfloss ihn ohne ihn zu erreichen und zu zerstören. Zu dieser Zeit feierten die Balinesen dort ihr größtes Fest, das nur alle hundert Jahre einmal stattfindet. Sie führten dann natürlich die Verschonung ihres Tempels auf eine Gunst der Götter zurück.

Zahlreiche, aus dem Ozean aufragende Inseln sind nur durch Vulkanismus entstanden. Ein Beispiel ist die **Hawaii-Inselgruppe**. Die Hauptinsel Hawaii wurde durch mehrfache Vulkanausbrüche vom 5000 m tief liegenden Ozeanboden bis auf 4200 m über dem Meeresspiegel, insgesamt also 9 200 m hoch aufgebaut. Die Reliefkarte (Abb. 6) zeigt diese Insel mit mehreren Vulkanen.

Der seit 4500 Jahren erloschene **Mauna Kea** (4205 m) trägt die großen Sternwarten mit den beiden 10 m-Keck-Teleskopen.

Vom noch aktiven **Mauna Loa** (4169 m), dessen letzter Ausbruch 1984 erfolgte, ziehen sich allseits zahlreiche erkaltete Lavaströme herab. Seit 2004 erfolgen in der Tiefe zahlreiche Erdbeben.

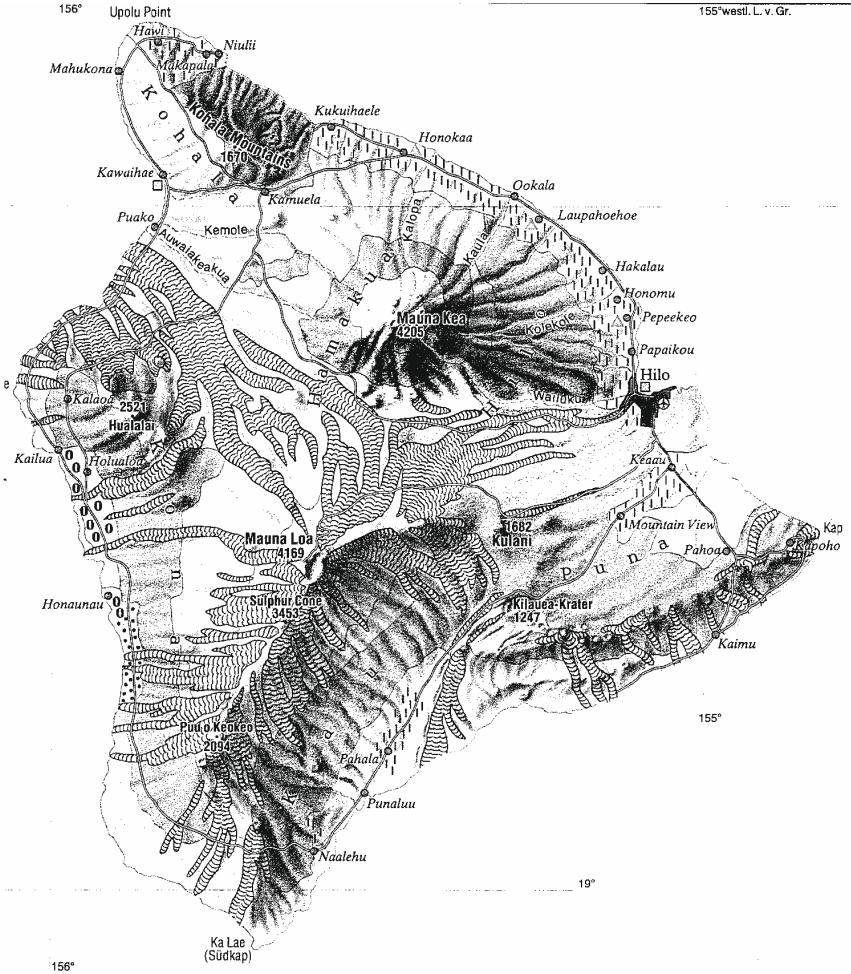


Abb. 6: Reliefkarte der Insel Hawaii

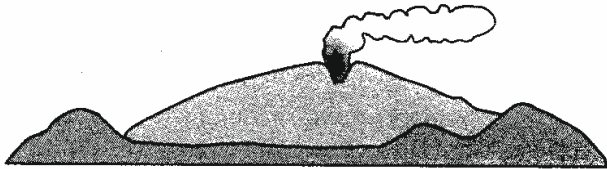
An seiner Südost-Flanke liegt der sehr aktive **Kilauea** (1247 m). Seit 1983 ist dieser Vulkan wieder ausgebrochen. Dünnflüssige Lava fließt ständig am Südwest-Hang herab bis zum Meer. Der Kilauea gilt als aktivster Vulkan der Welt.

Ähnlich wie die Hawaii-Inseln bilden die vor der Nordwestküste Afrikas liegenden Kanarischen Inseln eine durch Vulkanismus entstandene Inselkette. Auf der Insel **Teneriffa** liegt inmitten einer weiten Caldera der 3718 m hohe Vulkan Pico del Teide. Vom Gipfel, der erstiegen werden kann, steigen Dämpfe aus Schwefel und Wasser auf. Abb. 7 stellt die Phasen der Entstehung der Vulkanlandschaft Teneriffas dar. Der in Phase 3 sichtbare große Vulkan explodierte und hinterließ als Rest die in Phase 4 sichtbare breite Caldera. Danach entstanden in der Mitte der Caldera die Vulkane Pico Viejo und Pico del Teide.

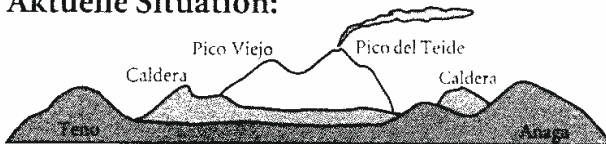
Schildvulkane:



Abtragung der Schilde:



Aktuelle Situation:







	Älteste Magmatite		jüngste Magmatite
	Magmatite mittleren Alters		Sedimente

Abb.7: Phasen der vulkanischen Entstehung Teneriffas

Die zu den Kanaren gehörende Insel **La Palma** hat die Form eines Faustkeils mit einer nach Süden zeigenden Spitze. Im breiten Nordteil liegt die große Caldera de Taburiente, mit steil aufragenden Wänden, deren höchste Stelle, Roque de los Muchachos (2426 m) seit 1985 Internationale Observatorien der Sonnen- und Astrophysik trägt.

Die Sicht ist dort oben sehr gut, denn die Wolkenobergrenze liegt bei 2300 m. 2009 wurde das Observatorium mit dem größten Teleskop der nördlichen Halbkugel, einem 10,4 m-Spiegelteleskop, in Betrieb genommen. Im Mai 2011 konnte ich alle Observatorien sehen, eine Besichtigung der Instrumente war aber nicht möglich. Im Südteil von La Palma befinden sich mehrere Vulkane mit einem letzten Ausbruch im Jahre 1971.

Der Ausbruch eines einzigen Vulkans kann der Flugverkehr eines großen Gebietes empfindlich stören, wenn mehrere ungünstige Faktoren zusammen kommen. So brach am 14.4.2010 in **Island** der Vulkan Eyjafjallajökull aus. Die Explosion durchbrach die 200 m dicke Decke aus Gletschereis. Dadurch wurde das Magma in viele kleine, scharfkantige Partikel zerstäubt, die in die Atmosphäre geblasen wurden wo sie mehrere Tage blieben, weil es nicht regnete.

Der Nordwestwind trieb diese Aschenwolke nach Südosten, also nach Europa, und verteilte sie dort von Schottland bis zu den Alpen. Da die Aschepartikel die Düsen der Flugzeuge aufrauen und verstopfen, musste der Flugverkehr in weiten Teilen West-Europas, auch in Deutschland, eingestellt werden. 17 000 Flüge sind ausgefallen. Tausende Fluggäste mussten auf Flughäfen übernachten. Der finanzielle Schaden wurde auf 1 Milliarde Dollar geschätzt (nach Deckstein u.a. 2010).

Vulkane in Hessen

In Hessen gibt es viele Bergkuppen und Tafelberge mit Basaltdecken, die im Miozän, also im Neogen genannten letzten Drittel der Tertiärzeit durch Vulkanismus entstanden. Die größte Basaltdecke ist der **Vogelsberg**. Er besteht aus zahlreichen übereinander liegenden Basaltdecken, die vor 18 -10 Millionen Jahren aus vielen Einzelvulkanen gebildet wurden. In Nordhessen sind der Meißner vor 13 – 5 Millionen Jahren und der **Habichtswald** mit dem Dörnberg vor 14 - 7 Millionen Jahren durch Vulkanismus entstanden. Die Basaltdecke des Meißners ist bis 150 m dick und liegt über einer Braunkohlenschicht (Abb. 8).

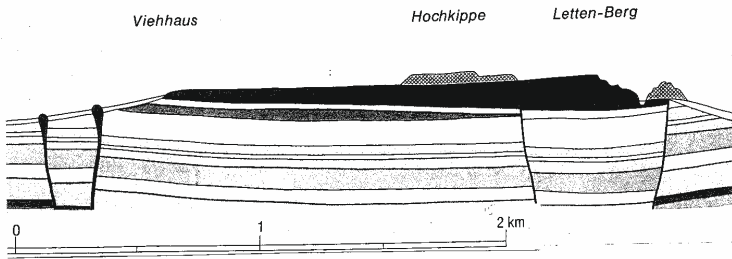


Abb. 8: Meißner, geologisches Ost-West-Profil

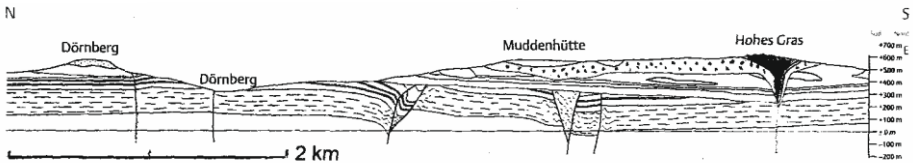


Abb. 9: Dörnberg und Habichtswald, geologisches Nord-Süd-Profil

Der Schlot des Dörnbergvulkans befindet sich am Südhang des Dörnberges und wurde durch Abtragung von dessen Basaltdecke getrennt (Abb. 9).

Das **Habichtswald**-Plateau besteht überwiegend aus einer Decke von Basalttuff, in die der aus Basalt bestehende Vulkan des Hohen Grases mit seinem Schlot eingefügt ist. Aus dem leicht zu bearbeitenden Basalttuff, der aber nicht frostbeständig ist, wurde das Herkulesbauwerk errichtet.

Gelegentlich bricht ein Vulkan am Meeresboden aus. Ein neuer **Unterwasservulkan** entstand im Oktober 2011 neben der Kanaren-Insel Hierro, der zunächst nur unter Wasser sprudelte und Lava ausfließen ließ.

Die Insel Tonga in der Südsee Pazifik ist von 36 Unterwasservulkanen umgeben. Einer davon brach 2009 aus und schoss eine Wolke aus Wasserdampf, Gesteinsbrocken und Asche hoch in die Atmosphäre.

Ebenfalls unter Wasser kommen die „**Schwarzen Raucher**“ vor. Es sind heiße Quellen, deren Mineralien sich am Rand absetzen, so dass im Laufe der Jahre ein kleiner Schornstein rings um die heiße Quelle in die Höhe wächst.

Zur Bedeutung des Vulkanismus für das Leben auf der Erde.

Auf warmen Gesteinsoberflächen in der Nähe Schwarzer Raucher, vielleicht auch an der Außenseite ihrer Röhren, bestanden günstige Bedingungen für die Entstehung des Lebens vor 3,9 bis 3,8 Mrd. Jahren. Die ersten Organismen, einfachste Bakterien, lebten wahrscheinlich dort im Dunklen ohne Sauerstoff und bezogen ihre Energie aus Umsetzungen anorganischer Stoffe.

Als dann gegen Ende des Präkambriums vor 600 Mio. Jahren die Erde fast völlig vereiste („Schneeball-Erde“), durchbrachen Vulkane die Eisdecke an einigen Stellen und bliesen ihre Gase, darunter auch CO₂, in die Atmosphäre. Da CO₂ wegen der Vereisung nicht von den Photosynthese treibenden Organismen (Cyanobakterien, Algen) verarbeitet werden konnte, reicherte es sich in der Atmosphäre an. Weil aber CO₂ als Treibhausgas wirkt, erhöhte sich die Temperatur der Atmosphäre. Infolgedessen schmolz das Eis, zunächst am Äquator und dann polwärts fortschreitend, bis die Erde weitgehend eisfrei war und im beginnenden Kambrium eine Warmzeit folgte.

Algen und Tiere gediehen in dem warmen Wasser sehr gut und entwickelten sich schnell weiter. Die Tiere, die damals noch keine größeren Fressfeinde hatten, entfalteten sich und entwickelten sich in verschiedene Richtungen. So entstanden im Kambrium fast alle Tierstämme. Diese schnelle Evolution der Tiere bezeichnet man als „Kambrische Explosion“.

Die mit der Vermehrung der Cyanobakterien und Algen stark gewordene Photosynthese führte zur Abnahme des CO₂ in der Atmosphäre und damit wieder zu deren Abkühlung. (vgl. Hedewig 2006: Wie entstehen Eiszeiten und Warmzeiten? Korona 100, S. 28).

Geysire

Geysire sind heiße Quellen, aus denen regelmäßig Fontänen aus heißem Wasser und Wasserdampf empor schießen. Die größten befinden sich auf Island, im Yellowstone Nationalpark der USA, im Tatio-Geysirfeld in Nord-Chile, auf Kamtschatka und auf der Nordinsel von Neuseeland.

Islands bekanntester Geysir, der Strokkur, ist ein kleiner, kreisrunder Teich, in dem sich im Abstand einiger Minuten eine Wasserkuppel aufwölbt, aus der für einige Sekunden eine meterhohe Fontäne schießt. Wie kommt es zu diesen regelmäßiger Ausbrüchen?

Der Längsschnitt durch einen Geysir (Abb. 10) zeigt, dass sich in der Tiefe eine Magmakammer befindet, die darüber liegendes Gestein erhitzt.

Dieses heiße Gestein erhitzt das darüber liegende und von den Seiten zufließende Grundwasser, bis der Dampfdruck den Druck der darüber liegende Wassersäule des Geysirschlotes übersteigt, so dass Wasser und Wasserdampf als Fontäne nach oben schießen.

Wenn ein Geysir im Laufe der Jahre schwächer wird, liegt es nicht am Wassermangel, sondern am allmählichen Abkühlen der Magmakammer, wenn diese nicht aus größerer Tiefe Nachschub erhält.

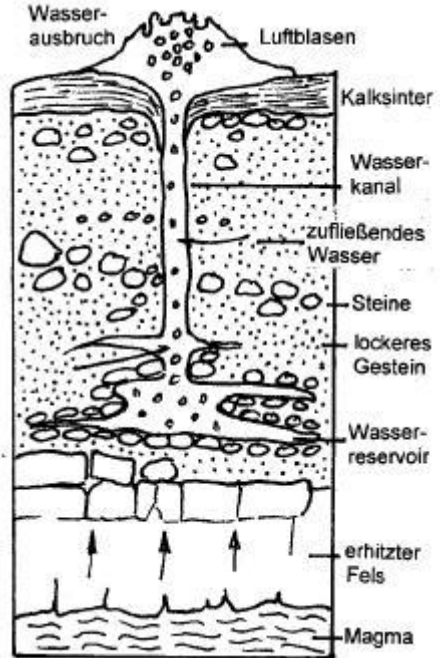
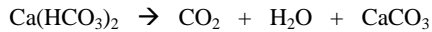


Abb. 10: Längsschnitt eines Geysirs

Das **Tatio-Geysirfeld** bei San Pedro in Nord-Chile befindet sich in 4300 m Höhe und ist damit das höchstgelegene Geysirfeld der Welt. Auf dem Boden eines ehemaligen Vulkans dampfen mehr als 50 Geysire. Einige zeigen regelmäßig Fontänen, die sich am besten vor Sonnenaufgang beobachten lassen, weil dann die warmen Sonnenstrahlen das Wasser des Dampfes noch nicht verdunsten lassen. Ein über 30-40°C warmer Pool, der von einer 85° heißen Quelle gespeist wird, dient Besuchern als Thermalbad.

Die im heißen Wasser eines Geysirs gelösten Mineralstoffe scheiden sich beim Abkühlen des Wassers an der Oberfläche in fester Form aus. So entstehen die überwiegend aus Kalk bestehenden Geysirschlote, z.B. im Tatio-Feld in Chile, oder **Sinterterrassen**, z.B. im Yellowstone-Nationalpark in den USA, in Egerszalok in Ungarn, in Pamukkale in der Türkei und auf der Nordinsel von Neuseeland. Dort scheidet sich auf dem Kalk auch Schwefel ab.

Die Kalkausfällung erfolgt durch Zerfall des im Wasser gelösten Calciumhydrogencarbonats (gelöster Kalk) in CO_2 , Wasser und Calciumcarbonat (Kalkstein) nach der Gleichung:



Über die großen Sinterterrassen von **Pamukkale** in der Türkei fließen pro Sekunde 250 Liter 35°C warmes Thermalwasser, täglich also $21\,600\text{ m}^3$. Da in einem Liter Wasser 2,2 g Kalk gelöst sind, könnten beim vollständigem Verdunsten des Wassers täglich 48 t Kalk abgeschieden werden. Tatsächlich sind es viel weniger, weil ein Teil des kalkhaltigen Wassers abfließt. An den Stufen der Sinterterrassen bildet der Kalk zahlreiche dünne Tropfsteine, die die Attraktivität dieser unter Schutz stehenden Terrassenlandschaft erhöhen.



Abb. 11: Tropfsteinvorhänge an den Stufen der Sinterterrassen von Pamukkale

Das Wasser wird in 300 bis 400 m Tiefe durch einen noch tiefer liegenden vulkanischen Herd aufgeheizt. Es nimmt dort viel vulkanisches CO₂ auf. Wie ist das möglich, wenn doch Gase sich nur bei tiefer Temperatur gut in Wasser lösen und beim Erwärmen des Wassers ausperlen wie beim Erhitzen von Wasser im Kochtopf? Es ist möglich, weil Wasser in dieser Tiefe unter 30 bis 40 Atmosphären Druck steht, ähnlich dem CO₂ einer Sprudelflasche, das erst bei Wegfallen des Drucks durch Öffnen der Flasche in die Luft entweicht. Das CO₂ bildet mit Wasser Kohlensäure, die den Kalk aus dem Gestein löst.

Die heißen Quellen von Geysirfeldern werden für Thermalbäder, zum Heizen von Gewächshäusern und Wohnhäusern und für Geothermiekraftwerke genutzt.

In **Island** wurde südwestlich von Reykjavik ein leistungsfähiges Thermalkraftwerk erbaut, dessen überschüssige, warmes Wasser in die „blaue Lagune“ fließt. Sie ist durch Kieselsäure bläulich gefärbt und wird als Badesee geschätzt.

Auf der Nordinsel von **Neuseeland** erschließen im Tal von Wairakei mehr als 100 Bohrungen das über 200°C heiße Wasser-Dampfgemisch für ein Geothermie-Kraftwerk.

Gebirgsbildung

Sind alle Gebirge durch Vulkanismus entstanden? Plutonisten des 18. Jahrhunderts haben das angenommen. Neptunisten dagegen, zu denen auch Goethe gehörte, glaubten, dass Gebirge aus Sedimenten eines Urmeeres entstanden, weil doch z.B. in Kalkgestein von Gebirgen Muschelschalen und Schneckengehäuse und Abdrücke anderer Wassertiere zu finden sind. Die Vulkane seien wenige Einzelberge, die keine Gebirge bilden. In den Alpen und vielen anderen Gebirgen sieht man, dass Meeressedimente gepresst, steil gestellt, gefaltet und in große Höhen gehoben wurden (s. Abb. 12).

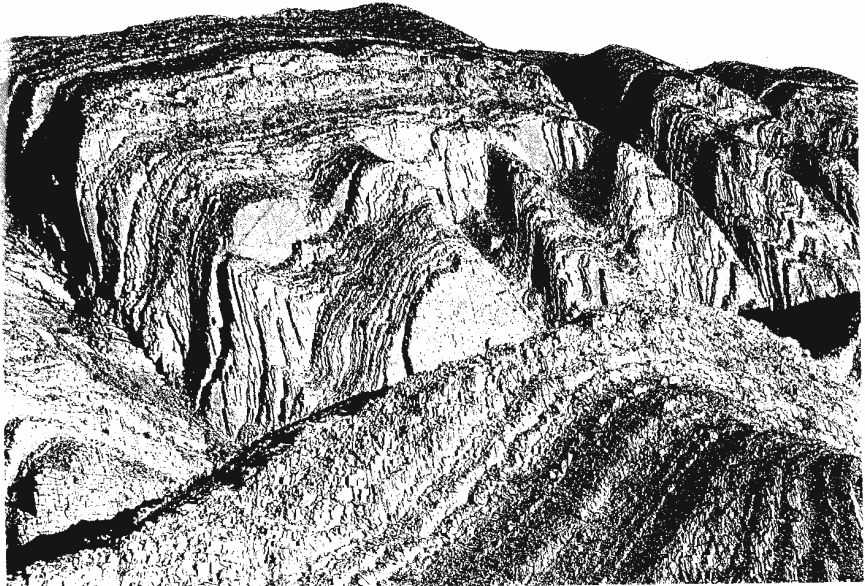


Abb. 12: Senkrecht gestellte Sedimentschichten des Brandberges in Namibia

Im Himalaya wurden solche Sedimente und magmatische Tiefengesteine bis weit über 8000 m gehoben. Aber durch welche Kräfte sollen die Sedimente so verformt und gehoben worden sein? Waren das nicht doch vulkanische Kräfte?

Der Streit zwischen Plutonisten und Neptunisten wurde zunächst so entschieden:

Die meisten Gebirge bestehen aus ehemaligen Meeressedimenten und nur ein geringer Teil der Gebirge entstand durch Vulkanismus. Die Frage, welche Kräfte die Sedimente verformt und zu Gebirgen aufgetürmt haben, konnte man im 19. Jahrhundert noch nicht beantworten. Nach 1900 glaubten mehrere Geologen, dass die Gebirge durch das Schrumpfen der sich allmählich abkühlenden Erde entstanden seien. Während heiße Gesteinsmassen in der Tiefe durch die Hitze aus dem Erdinneren leicht verformbar sind, würde die harte Erdkruste sich beim Kontrahieren des Untergrundes auffalten wie die Schale eines Bratpfels. Dabei entstünden die bekannten tektonischen Biegungen und Brüche wie z.B. Falte und Verwerfung, Grabenbruch und Horst (s. Abb.13).

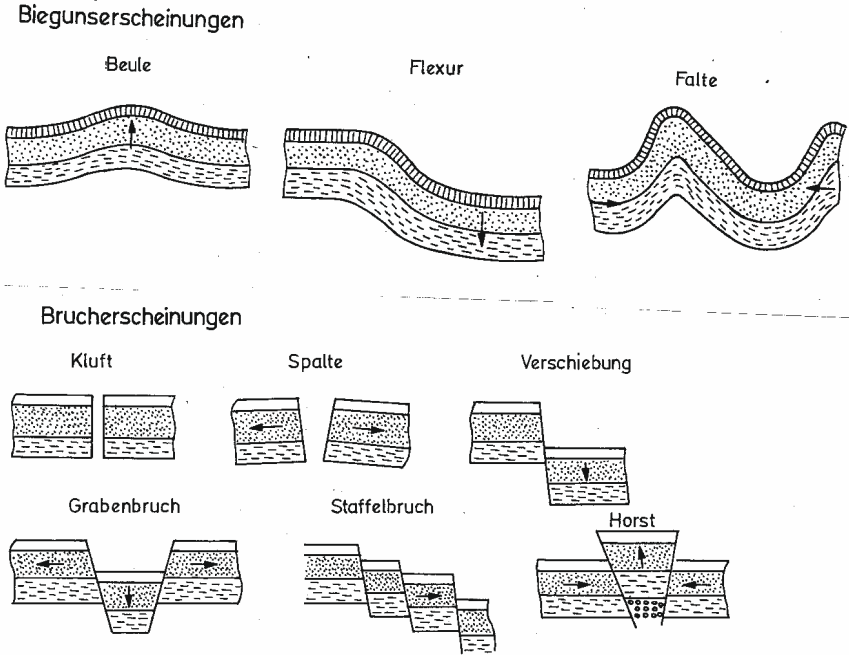


Abb. 13: Tektonische Biegungen und Brüche

Grabenbrüche eines größeren Gebietes halten meist eine bestimmte Richtung ein. In Mitteleuropa dominiert die „rheinische Richtung“. Zu ihr gehören von Nord nach Süd der Leine-, Gelster-, Spangenberg-, Oberrhein- und Rhone-Saone-Graben. Da Grabenbrüche durch Auseinanderweichen der beiden Grabenseiten entstehen, kann hier die „Bratapfeltheorie“ nicht zutreffen.

Wegeners Theorie der Kontinentaldrift

Die spiegelbildliche Ähnlichkeit des Verlaufs der Kontinentalränder zu beiden Seiten des Atlantiks, also Amerika im Westen und Europa/Afrika im Osten, war Naturforschern schon seit der Entdeckung der Ostküste Nord- und Südamerikas gegen Ende des 16. Jahrhunderts aufgefallen und hatte sie dazu angeregt, einen früheren Zusammenhang von Amerikas und Europa/Afrika anzunehmen.

Vor allem Abraham Ortelius (1596), Benjamin Franklin (1782), Alexander von Humboldt (1801, 1845) und der österreichische Geologe Eduard Suess (1831-1914) hatten sich dazu geäußert.

Frank B. Taylor (USA) kam Wegeners Theorie sehr nahe, als er 1908 behauptete, dass die Kontinente bei konstantem Erdradius, also ohne Schrumpfung, auseinandergedriftet seien. Der Klimatologe und Astronom Alfred Wegener vertrat erstmalig 1912 seine Kontinentaldrifttheorie, die er 1915 in seinem Buch „Die Entstehung der Kontinente und Ozeane“ ausführlich darstellte.

Er nannte fünf Tatsachen, die sich nur erklären lassen, wenn man annimmt, dass Südamerika und Afrika einmal zusammenhingen:

1. Die Schelflinien der Kontinente beiderseits des Atlantiks passen noch besser als die aktuellen Küstenlinien zusammen.
2. Die Falteingürtel und die Scherzonen Südamerikas lassen sich mit sehr ähnlichen Gesteinsabfolgen und Deformationsmustern Afrikas vergleichen.
3. Diamantlagerstätten in Südamerika und Westafrika zeigen geologische Ähnlichkeiten.
4. Auf allen Südkontinenten befinden sich Klimazeugen einer Eiszeit an der Wende vom Karbon zum Perm, darunter gleichgerichtete glaziale Schleifspuren.
5. Bestimmte fossile und rezente Pflanzen- und Tiergruppen beiderseits des Atlantiks stimmen überein:

* Die Glossopteris-Flora: Baumfarne mit zungenförmigen Blättern kommen vom Perm bis zur Trias auf allen Südkontinenten vor.

- Fossile Überreste des Süßwasser-Reptils Mesosaurus aus dem Perm liegen in Afrika und Südamerika.

• Die Seekuh Manati lebt heute in Mittel- und Südamerika sowie in Westafrika. Weitere Belege fand man später:

- Fossilien von Cynognathus, eines landlebenden, säugetierähnlichen Reptils (Therapsida) fand man in der Trias Südamerikas und Afrikas
- Fossilien des Landreptils Lystrosaurus sind in der Trias von Afrika, Indien und Antarktika weit verbreitet (nach Wikipedia „Kontinentaldrift“).

Aus den genannten fünf Tatsachen schloss Wegener, dass nicht nur die Südkontinente, sondern alle Kontinente ursprünglich zu einem Super-Kontinent **Pangäa** (alles Land) vereinigt waren und dann auseinander drifteten. Den Südtteil von Pangäa, den man als **Gondwana** bezeichnet, zeigt Abb. 14. Der Nordteil von Pangäa wurde **Laurasia** genannt.

Der Name Gondwana stammt von einer Landschaft in Zentral-Indien und wurde 1861 von Eduard Suess für den Südkontinent eingeführt, der vom Ende des Präkambriums (vor 600 Mio Jahren) bis zur Mitte der Kreidezeit (vor 100 Mio Jahren) bestand.

Übrigens trägt die 2011 im Zoo von Leipzig eröffnete 1,6 ha große Riesentropenhalle für 300 Tiere und 17 000 tropische Pflanzen den Namen „Gondwanaland“.

Wegener nahm an, dass die Kontinente aus der leichteren, festen **SiAl**-Kruste mit den Hauptelementen Silicium und Aluminium bestehen und auf dem schwereren, basaltischen **SiMa**-Untergrund mit den Hauptelementen Silicium und Magnesium schwimmen. Der Meeresboden bestehe dagegen nur aus der SiMa-Schicht. Allerdings ist der Meeresboden ebenso fest wie die Kontinentalschollen, so dass darauf kein Kontinent schwimmen kann.

Wegener nahm als antreibende Kräfte der Kontinentaldrift Gezeitenkräfte und die durch die Erdrotation erzeugte Fliehkraft an, die die Kontinente von den Polen zum Äquator treibe. Aber diese Fliehkraft ist viele zu schwach, um Kontinente zu bewegen.

Weil sich Wegeners Theorien über die Ursachen der Kontinentaldrift als falsch erwiesen und Wegener kein Geologe, sondern Klimatologe und Astronom war, wurde seine Theorie der Kontinentaldrift von Geologen abgelehnt. Sie blieb bis 1960 eine unbewiesene Hypothese.

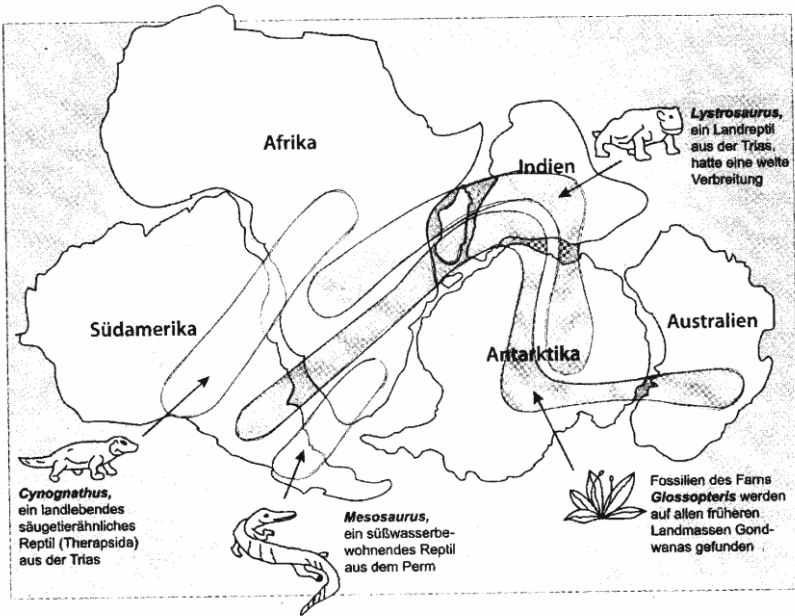


Abb. 14: Gondwana, eine Vereinigung der Südkontinente, und die Verbreitung der im Text genannten Fossilien

Die Theorie der Plattentektonik

Die Theorie der Plattentektonik wurde in den 1960er Jahren entwickelt. Danach gibt es auf der Erde etwa 30 tektonische Platten (s. Abb. 15):

1. Sieben große Hauptplatten: Eurasische, Nordamerikanische, Südamerikanische, Afrikanische, Australische, Pazifische und Antarktische Platte.
2. Etwa 23 mittelgroße und kleine Platten, z.B. Arabische und Indische Platte. Mehrere kleine Platten befinden sich im Mittelmeer

Wie Abb. 15 zeigt, sind die Plattengrenzen nicht identisch mit den Kontinentgrenzen. So liegt der westliche Teil des Atlantiks auf den beiden amerikanischen Platten und der östliche Teil auf der Eurasischen und der Afrikanischen Platte. während der größte Teil des Pazifik auf einer eigenen Platte liegt.

Während die ozeanischen Platten nur 5-10 km dick sind, steigt die Dicke der kontinentalen Platten von der Küste zu den Gebirgen von 10 km auf 30 - 60 km an (globaler Mittelwert 35 km). Die größte Mächtigkeit weisen die Kontinentalplatten an Stellen der Hochgebirge auf. Da Hochgebirge „nur“ rund 3 - 8 km über den Meeresspiegel aufragen, liegt also der größte Teil einer Kontinentalplatte unter dem Meeresspiegel-Niveau.

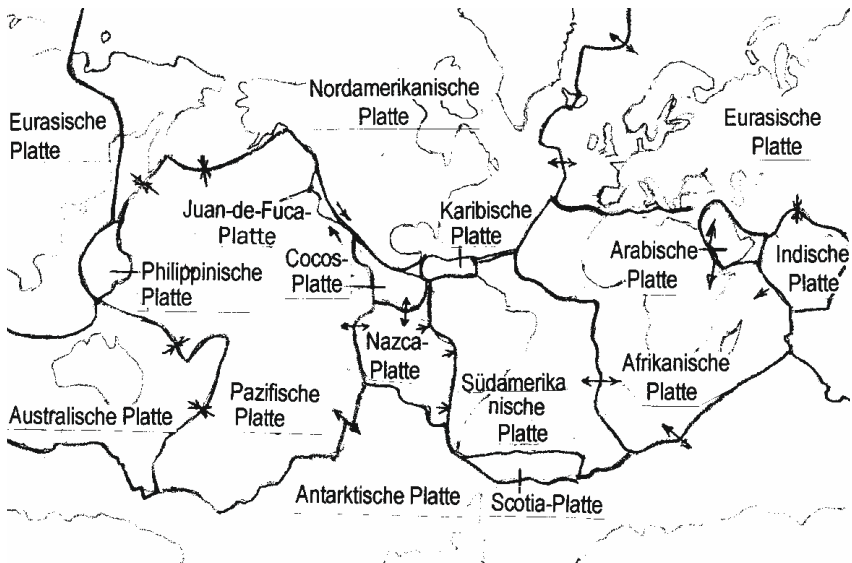


Abb. 15: Weltkarte der tektonischen Platten. Kleine Pfeile: Bewegungsrichtungen; fette Linien: Plattengrenzen, dünne Linien: Kontinentgrenzen

Die Pfeile zeigen, dass die Platten im Mittelatlantik auseinanderweichen, während sich die Nazca-Platte gegen den Westrand Südamerikas hin verschiebt. Wie ist das möglich, wenn doch die Platten ohne Lücken aneinander grenzen und aus festem Gestein bestehen?

Die Antwort gibt die Theorie der **Ozeanbodenspreizung**, die Harry Hess um 1960 entwickelte: Im ozeanischen Rücken weichen die beiden Platten auseinander, angetrieben von darunter liegenden Magmaströmen des oberen Erdmantels. In den so entstehenden Spalt dringt von unten aus dem Mantel Magma ein, erkaltet oben und wird dabei an beide Plattenränder angeschweißt. Beide Platten erhalten auf diese Weise im Mittelozeanischen Rücken ständig Materialzuwachs. Die Geschwindigkeit dieser Kontinentaldrift beträgt 1 bis 10 cm pro Jahr. Die mittelozeanischen Rücken sind mit allen Verzweigungen fast 72 000 km lang und werden als „Welt-Rift-System“ bezeichnet

Beim Erkalten des im Mittelozeanischen Rücken aufgestiegenen Magmas bilden sich kleine Kristalle, die eisenhaltig sind. Sie wirken wie kleine Magnete, die sich nach den Feldlinien des aktuellen **Erd-Magnetfeldes** ausrichten. Beim Erkalten wird diese Ausrichtung fixiert und bleibt über Jahrmillionen erhalten (Remanenter Magnetismus der Gesteine).

Die Lage des magnetischen Nord- und Südpols ändert sich aber schon im Verlauf von Jahrzehnten. Innerhalb einer Million Jahre kommt es sogar zur zweimaligen Umpolung des Erdmagnetfeldes. Da die kleinen Magnete des erkalteten Magmas die Richtung der Feldlinien zur Zeit ihrer Bildung beibehalten, findet man zu beiden Seiten eines mittelozeanischen Rückens Gesteinstreifen mit jeweils umgekehrten Magnetisierungsrichtungen.

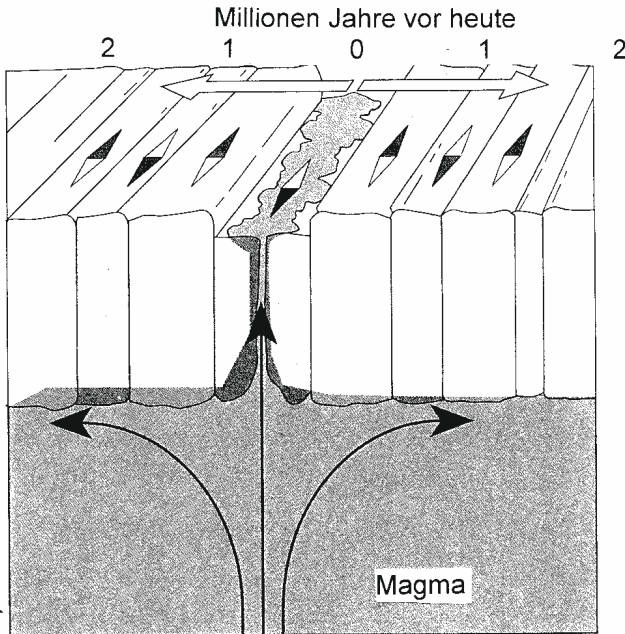


Abb. 16: Der Wechsel der Magnetisierungsrichtungen von Gesteinen zu beiden Seiten eines Mittelozeanischen Rücken

Da aber die Erdoberfläche nicht größer wird, müssen die Platten an der gegenüberliegenden Seite entweder wieder abtauchen oder aufstauchen, d.h. sich zu Gebirgen auftürmen. Beides erfolgt tatsächlich. So taucht die Nazca-Platte am Westrand Südamerikas unter die Südamerikanische Platte. Diesen Vorgang bezeichnet man als **Subduktion**.

Gleichzeitig kommt es durch den Druck der Nazca-Platte gegen die Südamerikanische Platte zur Faltung und Hebung des Plattenrandes. So entstand und entsteht noch das Hochgebirge der Anden. Der Druck auf die Südamerikanische Platte drückt auch auf das Magma des Erdmantels, das an Spalten aufsteigt und Vulkane bildet. So entstanden die z.T. über 6000 m hohen Vulkanberge der Anden wie Chimborazo und Cotopaxi.

Dort wo die Indische Platte gegen die Asiatische Platte drückt, ist das höchste Gebirge der Welt, der Himalaya, entstanden. Da der Druck noch anhält wächst dieses Gebirge heute noch, wird aber gleichzeitig durch Regenwasser, Gletscher und die Schwerkraft abgetragen.

Wo die ozeanisch Kruste im Ozean abtaucht, entstehen Tiefseegräben und vulkanische Inselreihen, weil die abtauchende Kruste auch gegen das Magma der benachbarten Kruste drückt. Dieses steigt an Spalten auf und bildet im Meeresboden Vulkane, die emporwachsen und aus dem Wasser auftauchen (Abb. 18)

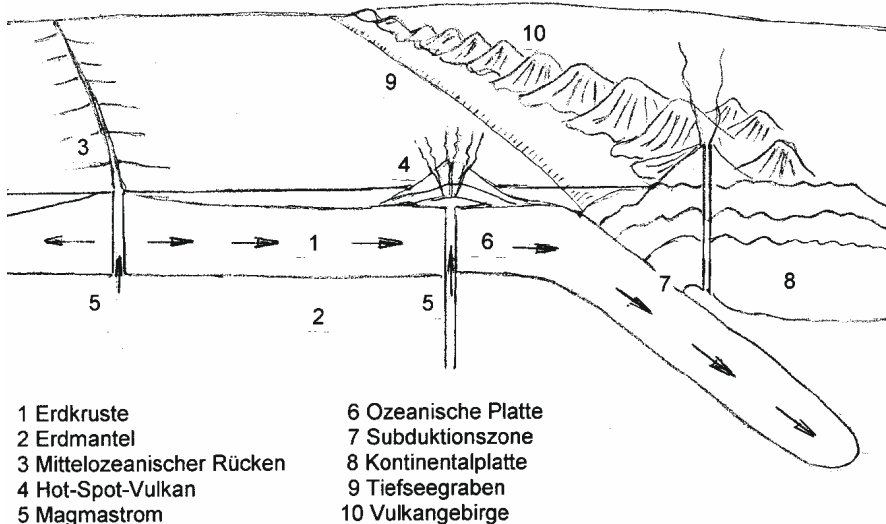


Abb. 17: Plattenverschiebung durch Ozeanbodenspreizung im mittelozeanischen Rücken und Subduktion unter den Westteil der Südamerikanischen Platte

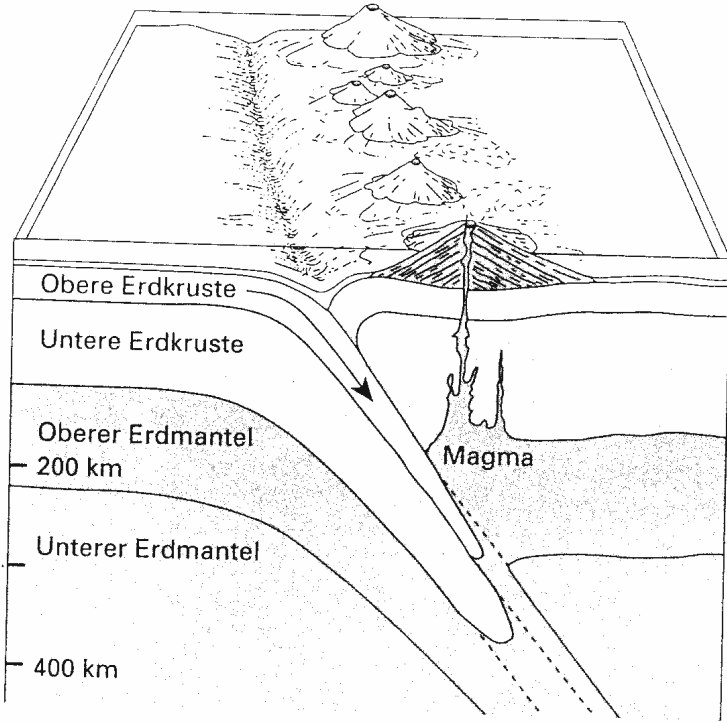


Abb. 18: Entstehung eines Tiefseegrabens und einer Vulkanreihe durch Subduktion

So entstanden die Inselreihen und vorgelagerten Tiefseegräben, die den Pazifik in einem großen Bogen von den Aleuten im Norden über die vielen Inseln des West-Pazifik bis Neuseeland durchziehen.

Da die mittelatlantische Spreizungszone zwischen Nordamerikanischer und Eurasischer Platte über Island verläuft, kann man die Spreizung des Bodens zwischen diesen zwei Platten auf Island direkt sehen: Im Westen der Insel befindet sich in einer Basalttafel eine in Nord-Süd-Richtung verlaufende, etwa 10 bis 30 m breite Spalte, die Almannagja-Schlucht bei Pingvellir. Die westliche Felstafel gehört zur Nordamerikanischen Platte, die östliche Felstafel zur Eurasischen Platte.

Die globalen Krustenbewegungen und die Strömungen im Erdmantel, die sie antreiben, zeigen Abb. 19 und 20.

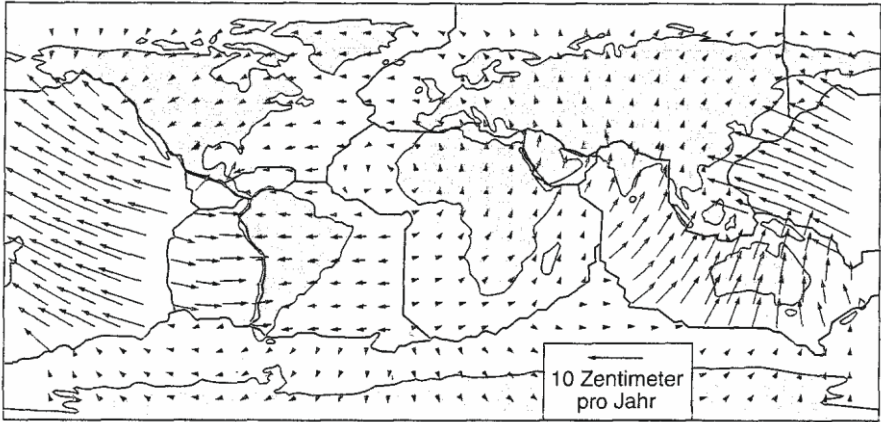


Abb.19: Weltkarte der Bewegungsrichtungen und Bewegungsgeschwindigkeit der Krusten-Platten

Abb. 19 zeigt die Bewegungsmuster der Erdkrusten-Platten. Man erkennt deutlich, dass die Platten Geschwindigkeiten von 1 bis 10 cm pro Jahr aufweisen und dass sie nicht nur Verschiebungen, sondern auch Rotationsbewegungen unterworfen sind.

Wodurch erfolgt der Transport der Krustenplatten?

Unter den Gesteins-Platten der Kontinente und Ozeane (Lithosphäre) liegt der aus zähflüssigem Magma bestehende Erdmantel, deren oberer Teil die Asthenosphäre ist. Das Magma des Erdmantels unterliegt einer langsamen Konvektionsströmung mit Magmaaufstieg, langem Horizontalweg unter einer Platte, Absinken bis zum unteren Erdmantel und Rückstrom bis zur Aufstiegsstelle.

Es gibt in der Äquatorebene 6 solche Konvektionszellen und folglich 3 Aufstiegsstellen (alle in mittelozeanischen Rücken) und 3 Abstiegsstellen, davon 2 an Plattenrändern, nämlich am Westrand Südamerikas und am Malaiischen Archipel und eine unter der Afrikanischen Platte (s. Abb. 20). Die Magmaströmung des oberen Erdmantels bewegt die darüber liegenden Platten mit einer Geschwindigkeit vom 1 bis 10 cm pro Jahr

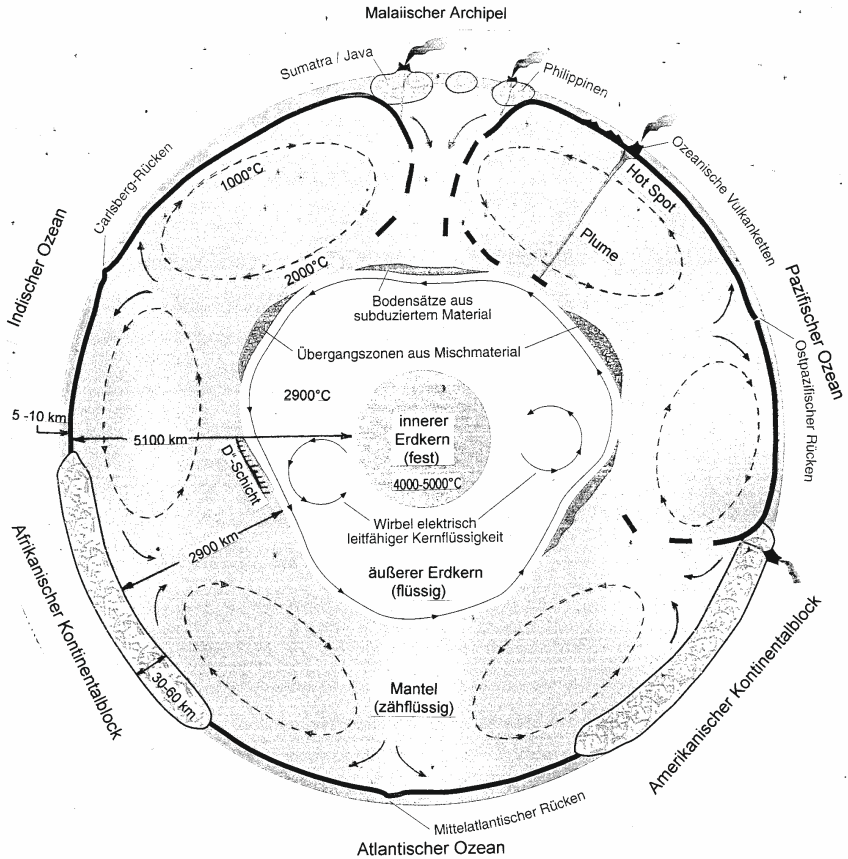


Abb. 20: Schnitt durch die Äquatorebene der Erde nach Vogel (1994), nicht maßstabgetreu, d.h. die nur wenige km hohen Dellen und Beulen der Kern-Mantelgrenze sind übertrieben und die Kontinentalschollen zu dick dargestellt.

Unter dem Erdmantel liegt der **äußere Erdkern**, der aus flüssigem Eisen und Nickel besteht und eine Temperatur von 2900° C aufweist. In ihm bewegen sich Wirbel elektrisch leitfähiger Kernflüssigkeit. Sie erzeugen das Magnetfeld der Erde.

Der darunter liegende **innere Erdkern** ist trotz der hohen Temperatur von 4000 bis 5000 °C auf Grund des hohen Druckes fest und enthält überwiegend Eisen und Nickel und Eisen und etwas Sauerstoff und Schwefel, die an das Eisen gebunden sind.

Wie Abb. 20 zeigt, werden die ozeanischen Platten durch die Abwärtsbewegung von Magma am Westrand der Südamerikanischen Platte und an Plattenrändern zu beiden Seiten des Malaiischen Archipels in die Tiefe geführt (Subduktion). Am Ostrand Südamerikas gibt es keine Subduktion, weil die gesamte Südamerikanische Platte (also der Atlantik-Teil mit dem Kontinent-Teil) nach Westen geführt wird (s. Abb. 19).

Ebenso fehlt die Subduktion am West- und Ostrand des Afrikanischen Kontinentalblocks.

Durch die in der Abbildung 20 von Vogel (1994) übertrieben dargestellten Dellen und Beulen weicht die Grenze zwischen Erdkern und Erdmantel nur um einige Dutzend Kilometer von der Kugelform ab. Diese unregelmäßige Form ermittelten die Geophysiker Morelli und Dziejowski (Harvard-Universität) aus den Laufzeiten von rund 26 000 Erdbebenwellen. Die Dellen und Beulen kommen durch die Konvektionsströme im Erdmantel zustande: Dort, wo relativ kühle Krustenteile absinken, erfolgt eine Druckverstärkung, während an Aufstiegsstellen wärmeres, leichteres Magma zu einer Druckentlastung führt. Dort, wo Krustenteile durch Subduktion absinken, sammeln sich diese als „Bodensatz“ in den Dellen. Sie werden durch die untere Magmaströmung weiter zu den Aufstiegsstellen geführt. Dort sammelt sich das Material zunächst an und mischt sich mit Magma, bevor es durch die aufsteigende Magmaströmung nach oben geführt wird.

Die Konvektionszellen des Magmas im Erdmantel (Abb. 20) liegen nicht seit Urzeiten an denselben Stellen, sondern wandern im Laufe von Jahrtausenden. So erklärt es sich, dass die Spreizungszone im Pazifik von Südwest nach Nordost gewandert ist und dass Indien vom Anfang der Kreidezeit bis zum ersten Drittel der Tertiärzeit relativ schnell von Afrika nach Asien bewegt wurde. Diese Geschwindigkeit ergibt sich aus der Summation der Wanderungsgeschwindigkeit der Spreizungszone im Carlsberggrücken von Südafrika nach NO und der Bewegung der Indischen Platte von dieser Spreizungszone weg nach NO (Vogel 1994).

Wie entsteht aus altem Krustenmaterial neues?

Zur Frage, wie Krustenmaterial absteigt und was mit dem abgesunkenen Material geschieht, entwickelte der japanische Geologe Maruyama eine interessante Hypothese: Beim Absteigen durch Subduktion zerbricht die Kruste, die Krustenteile lagern große Mengen Eisen an und sinken aufgrund ihrer Schwere durch das heiße, zähflüssige Gestein des Erdmantels sehr langsam bis auf dessen Boden in 2900 km Tiefe an der Grenze zum heißen äußeren Erdkern. Die Konvektionsströmung des Magmas im unteren Erdmantel schiebt das Plattenmaterial weiter.

Durch chemische Prozesse, die durch Druck und Hitze in Gang kommen, scheiden die Platten ihre schweren Anteile aus. Das Schmelzen der abgesunkenen Kruste wird durch geringe Mengen eingelagerten Ozeanwassers begünstigt, weil Wasser das Ausfällen des schweren Eisens fördert und so den Auftrieb des alten Plattenmaterials erhöht. Dadurch werden sie leichter und steigen als pilzförmiger Plume aus heißem Magma empor.

Die am Grunde des Erdmantels liegenden geschmolzenen Platten, die zusammen mit Magma wieder aufsteigen, sollen noch von dem Urkontinent Rodinia stammen, der vor 750 Millionen Jahren zerbrochen ist und dessen Teile absanken.

Die Erforschung dieser Vorgänge in der Erdkruste und im Erdmantel wurden möglich durch Auswertung von Erdbebenwellen, die durch die Kruste und den Erdmantel laufen (nach Schmundt 2008).

An der Grenze zwischen dem unteren Erdmantel und dem Äußeren Erdkern befindet sich als Übergangszone die 200 km dicke D"-Schicht. Sie ist in Konsistenz und Struktur sehr heterogen und vermittelt zwischen dem an der Untergrenze 2000 °C heißen Erdmantel, der aus Silikatgestein besteht und dem an der Oberseite 2800 °C heißen, aus flüssigem Eisen und Nickel bestehenden äußeren Erdkern. Dieser Temperatursprung von 800°C wurde anhand seismischer Daten errechnet (Vogel 1994).

Plattenbewegung als Ursache von Erdbeben

Die Theorie der Plattentektonik erklärt, weshalb es an bestimmten Stellen der Kontinente häufig zu Erdbeben und Vulkanausbrüchen kommt. Es sind vor allem die Plattenränder, an denen durch Druck, Zug oder Verschiebung von Platten gegeneinander, an denen immer wieder solche Ereignisse erfolgen.

So bestehen in der Türkei Bruchlinien an den Grenzen der Eurasischen, Anatolischen und Arabischen Platte. Dort ist die Wahrscheinlichkeit von Erdbeben hoch (Abb. 21).



Abb. 21: Karte der Türkei mit Grenzen von vier Kontinentalplatten

An der San Andreas-Verwerfung von San Francisco schrammt die Amerikanische Platte bei Ihrer Nordwest-Bewegung an der Pazifischen Platte vorbei. Diese Verwerfung durchzieht den ganzen Westen der USA und verläuft schräg durch die südliche City von San Francisco (s. Abb. 22).

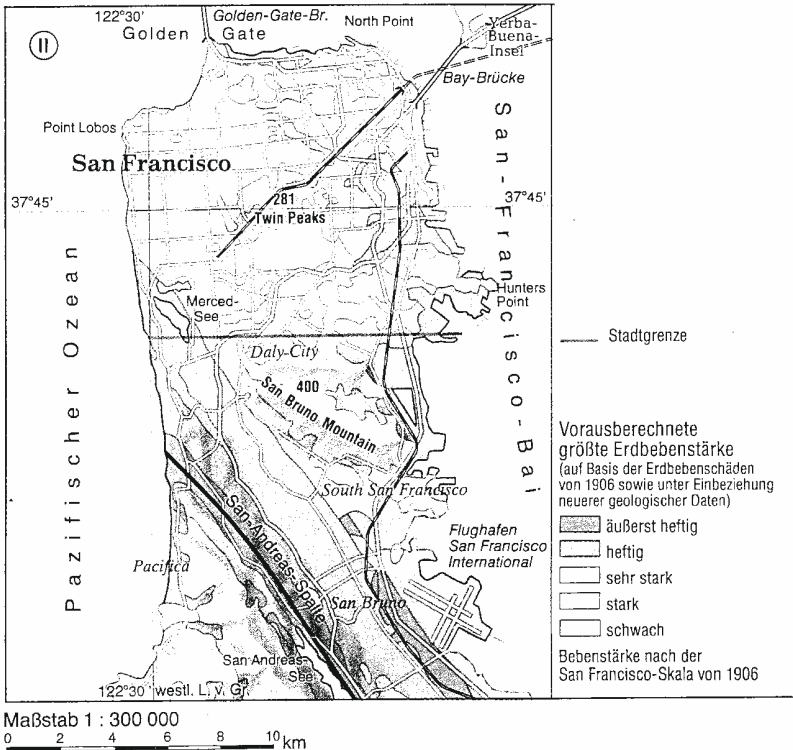


Abb. 22: Plan der City von San Francisco mit der von NW nach SO verlaufenden San Andreas-Verwerfung und Angabe der Erdbebenhäufigkeit

Auch der Ätna auf Sizilien befindet sich auf der Kreuzung von drei Bruchlinien in der Nähe der Grenze zwischen der Europäischen und der Afrikanischen Platte (Abb. 23)

Erdbeben gibt es aber nicht nur an Plattenrändern, sondern auch im Inneren von Kontinentalblöcken (z.B. in China, Australien, Armenien, Indien). Solche Erdbeben sind seltener, aber meist stärker als die an Plattenrändern.

Die Ursache besteht wahrscheinlich darin, dass durch Ablagerung von Krustenmaterial an Abstiegsstellen des Erdmantels, dargestellt in Abb. 20, Wärme des Erdkerns gedämmt wird, bis das darunter liegende Material so stark aufgeheizt ist, dass es die darüber liegende harte Kruste durchbricht. Die Heftigkeit des Bebens ist eine Folge der unter starker Spannung stehenden, berstenden harten Kruste (Vogel 1994).

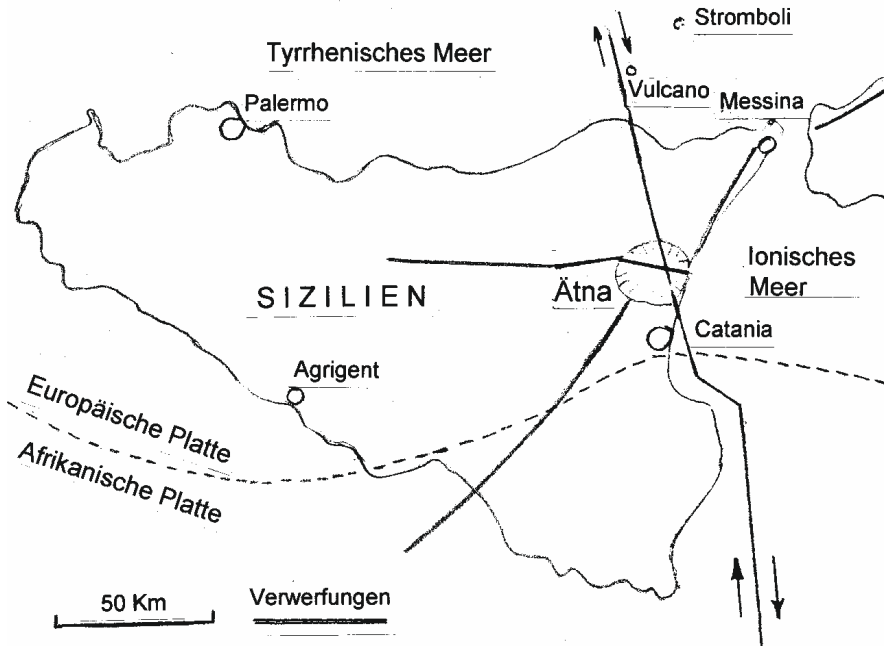


Abb. 23: Karte von Sizilien mit Ätna, Bruchlinien und Plattengrenzen

Entstehung von Vulkaninsel-Reihen durch einen Hot-Spot

Abb. 18 zeigt in Nr. 5 einen aus der Tiefe kommenden Magmastrom, der die Erdkruste durchbricht und einen Vulkan bildet. Erlöscht dieser Vulkan wieder, wenn die Platte nach Osten rückt oder erhält er ständig Magma aus dem Erdmantel? Diese Frage lässt sich am Beispiel der Galapagos-Inselgruppe beantworten, die vulkanischen Ursprungs ist. Die jüngste Insel, Isabela, hat noch aktive Vulkane. Die östlich anschließenden Inseln sind umso älter, je weiter sie von der jüngsten entfernt liegen. Ihre Vulkane sind erloschen.

Dieses Phänomen lässt sich mit der Hot-Spot-Theorie erklären:

An einer bestimmten Stelle des oberen Erdmantels befindet sich ein Magma-Aufstiegskanal (Hot Spot), der sein Magma aus einer tieferen Schicht erhält. Das in diesem Kanal aufsteigende Magma schmilzt in die darüberliegende Erdkruste einen Aufstiegskanal und bricht an der Krustenoberfläche als Vulkan aus, der längere Zeit aktiv ist und im Ozean eine Insel bildet. Wenn die Erdkruste weiter verschoben wurde, erhält der Vulkan kein Magma mehr und erlischt. Dafür bricht das Magma an der Stelle des Hot Spots einen neuen Kanal durch die Erdkruste, so dass ein neuer Vulkan entsteht. Solange der Hot Spot besteht und die Erdkruste darüber gleitet, bilden sich immer neue Vulkaninseln.

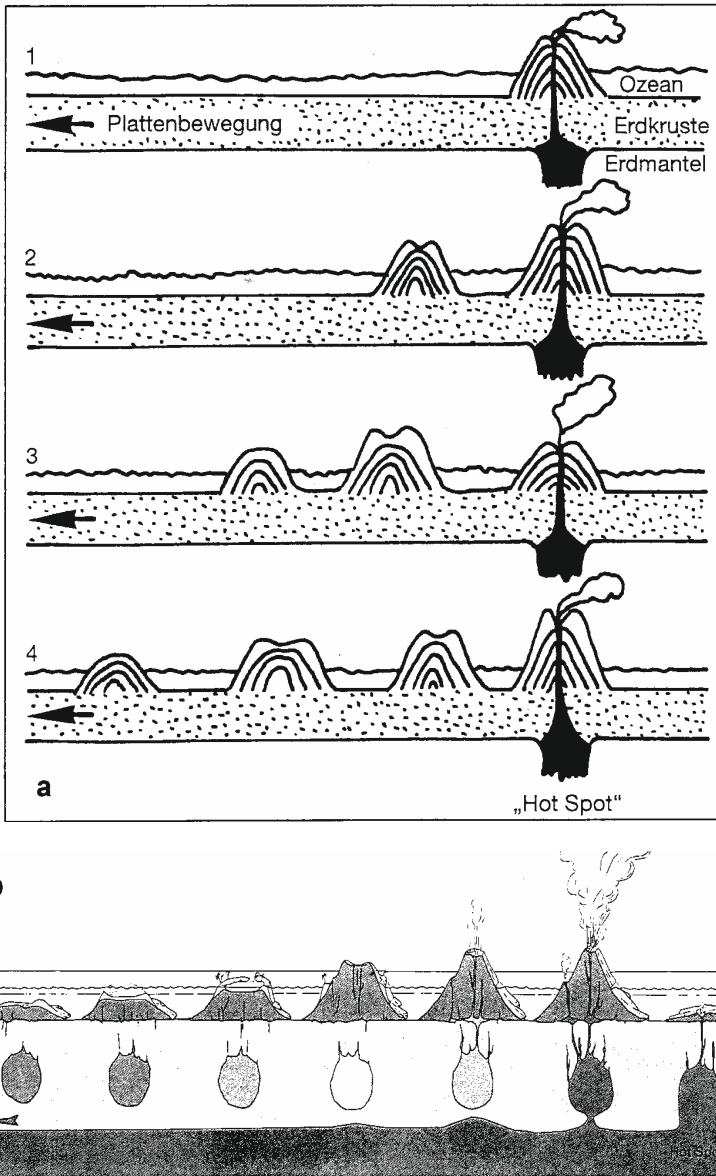
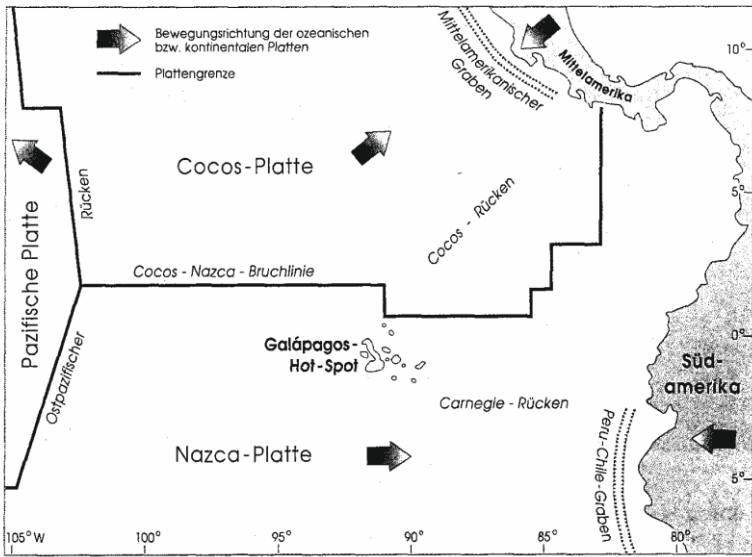


Abb. 24: Bildung einer Kette aus Vulkaninseln durch Verschiebung der Erdkruste über einen Hot Spot. a: Prinzip, b: mit Darstellung der Magmakammern in der Erdkruste

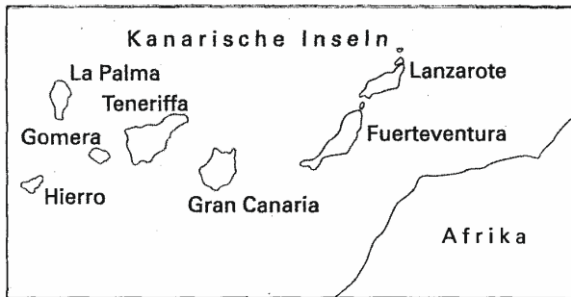
Nach dem Erlöschen des Vulkans wird dieser, weil er keinen Nachschub an Lava und Asche erhält, durch Regen nur noch abgetragen, bis die ehemalige Vulkaninsel verschwunden ist.

So entsteht eine Inselkette, wobei die jüngsten Inseln aktiv sind und die anderen Inseln mit zunehmendem Alter kleiner werden und schließlich verschwinden (Abb. 24a).

Obwohl die Erdkruste ständig mit einer Geschwindigkeit von mindestens 1 cm pro Jahr über den Hot Spot gleitet, bleibt der Vulkan noch eine Weile aktiv, wenn er nicht mehr über dem Hot Spot liegt, weil das Magma eine Kammer in die Erdkruste geschmolzen und gefüllt hat. (Abb. 24b)



a



b

Abb. 25: Beispiele für Inselketten, die durch Vulkane über einem Hot Spot entstanden
a: Galapagos-Inseln, b: Kanarische Inseln

Auf diese Weise entstanden die Inselreihen der Hawaii-Inseln, Galapagos-Inseln und Kanarischen Inseln sowie die Inselkette von Mauritius bis Reunion südlich Indiens. Bei den Kanarischen Inseln sind die beiden westlichsten Inseln La Palma und Hierro noch vulkanisch aktiv, während die östlich anschließenden Inseln Gomera, Teneriffa, Gran Canaria, Fuerteventura und Lanzarote in dieser Reihenfolge immer älter werden und dementsprechend seit immer längerer Zeit vulkanisch inaktiv sind. Die Bewegungsmuster der Erdkrustenplatten (Abb. 19) wurden mit ortsfesten Hot Spots als Referenzsystem ermittelt (Vogel 1994).

Welche Ursachen hat die Wärme des Erdinneren?

Ständig steigt heißes Magma auf und kühlt sich ab weil es aus Vulkanen austritt oder in mittelozeanischen Rücken an die Oberfläche kommt und dort abkühlt. Dann müsste die Erde doch im Laufe ihre 4,6 Mrd. Jahre langen Geschichte längst abgekühlt sein.

Aber heute herrscht schon in 1 km Tiefe sowohl am Äquator wie an den Polen eine Temperatur von 35-40°C, 90 % der Erde sind heißer als 1000 °C, und im Erdkern beträgt die Temperatur etwa 4000 bis 5000°C. Woher kommt diese Wärme?

Mindestens drei Ursachen spielen eine Rolle:

1. Restwärme aus der Zeit der Erdentstehung: Die Erde entstand 4,6 Mrd. Jahren durch Zusammenprall zahlreicher Gesteinsbrocken, wobei bei zunehmende Masse die Gravitation zunahm und im Inneren der Protoerde ein starker Druck entstand, der zum Erhitzen führt (gravitative Bindungsenergie). Wegen der geringen Wärmeleitfähigkeit der Gesteine wurde wenig Wärme in den Weltraum abgegeben.
2. Vor 4,5 Mrd. Jahren kollidierte der marsgroße Planet Theia mit der glutflüssigen Protoerde. Der Zusammenprall führte ihr viel kinetische Energie zu. Infolgedessen wurde die Erde erhitzt und Material aus ihr herausgeschlagen, das zusammen mit Bruchstücken von Theia den Mond bildete.
3. Radioaktive Zerfallsprozesse: In der Erde befinden sich langlebige radioaktive Isotope wie Uran-235, Uran 238, Thorium-232 und Kalium-40, bei deren Zerfall Energie in Form von Wärme frei wird. Auf diese kontinuierlich frei werdende Wärme gehen mehr als 50 % der Erdwärme zurück. Zur Entstehungszeit der Erde betrug ihre Temperatur an der Oberfläche 2000°C.

Die Kontinentaldrift im Laufe der Erdgeschichte

Die Kontinente haben ihre Größe, Form und Lage zueinander im Laufe der Erdgeschichte stark verändert. Auf Grund von geologischen Untersuchungen und der Verbreitung bestimmter Fossilien wissen wir, dass alle Kontinente vom Beginn des Perms vor 300 Mio Jahren bis zum Ende des Juras vor 150 Mio Jahren zu einem großen Super-Kontinent **Pangäa** vereinigt waren, Vorher aber waren die Kontinente vereinzelt.

Pangäa war nicht der erste Superkontinent. Bereits vor 1100 bis 800 Mio Jahren existierte der Super-Kontinent **Rodinia**, der bereits als Kern den Kontinent Gondwana enthielt und dann in Nord- und Süd-Rodinia zerfiel.

Beide Teile kollidierten und vereinigten sich später zum Superkontinent **Pannotia**. Dieser existierte aber nur von 600 bis 540 Mio. Jahre vor heute und zerfiel dann in mehrere Kontinentalschollen, deren weitaus größte Gondwana war. Aus der Vereinigung dieser Kontinente entstand vor 300 Mio. Jahren Pangäa (nach Wikipedia „Rodinia“).

Man nimmt heute an, dass seit Bildung der festen Erdkruste vor 4 Mrd. Jahren die Kontinente fünfmal vereinigt und wieder getrennt waren (vgl. Murphy / Nance 1992). Allerdings lässt sich die Lage der Kontinente vor Rodinia nicht mehr rekonstruieren.

Die Kerne der heutigen Kontinentalplatten bildeten sich vor 2,5 Mrd. Jahren durch ein Zusammenschweißen von Krustenteilen, die vorher isoliert über die Erdoberfläche drifteten. Das Zusammenschweißen, das auch zu Gebirgsbildung führte, erkennt man durch Granulit- und Grünsteingürtel an der Schweißstellen, deren Alter man durch radioaktive Methoden auf 2,5 Mrd. Jahre datierte (Vogel 1994).



Abb. 26: Die Lage der Kontinente im Kambrium, vor 542-488 Mio. Jahren

Wie Abb. 26 zeigt, waren die Kontinente im **Kambrium** vereinzelt und in ihrer Form nicht mit den heutigen Kontinenten vergleichbar. Westafrika war mit Südamerika verbunden.

Die Nordteile beider Kontinente lagen in der Nähe des Südpols. Dagegen befanden sich Sibirien, die Antarktis und Australien am Äquator. Deshalb gibt es auch der Antarktis Kohlelager.

Die Erdkarte vom **Perm** (Abb. 26) zeigt dagegen, dass im Perm alle Kontinente zum Superkontinent Pangäa vereinigt waren. Dieser langgestreckte Kontinent wies mehrere Buchten auf, deren tiefste, die Tethys, als Ur-Mittelmeer vom Indischen Ozean bis Spanien reichte. Jetzt lag die Antarktis schon zwischen 60° südlicher Breite und dem Südpol. Südafrika war mit Indien, der Antarktis und Australien vereinigt.

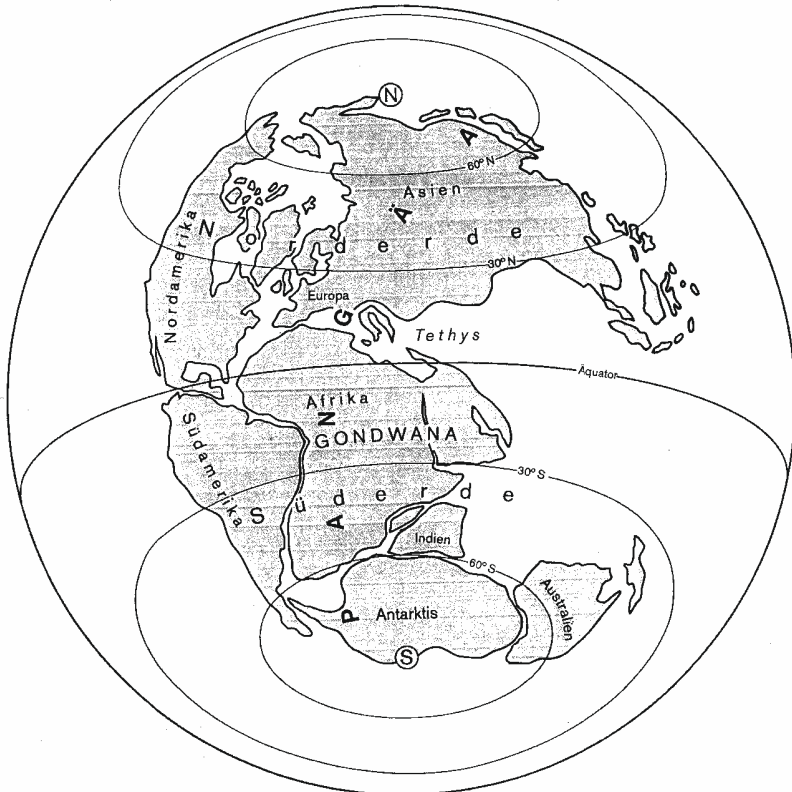


Abb. 27: Pangäa – die Vereinigung aller Kontinente im Perm, vor 300-250 Mio. Jahren

Bis zum Jura blieb Pangäa bestehen. In der **Kreidezeit** aber änderte sich das Bild (Abb. 28). Nord- und Südamerika drifteten nach Westen, so dass der im Süd-Atlantik entstand. Der Nordatlantik bildete sich schon als schmales Meer, als sich in der Jurazeit Nordamerika von Nordafrika und Südeuropa entfernte.

Die Antarktis löste sich in der Kreidezeit von Südafrika und wurde zum Südpolarkontinent, war aber noch mit Australien verbunden.

Madagaskar und Indien lösten sich von Afrika, Indien wurde zur Insel im Indischen Ozean und driftete nach Nordosten.



Abb.28: Die Lage der Kontinente in der Kreidezeit, vor 145-65 Mio. Jahren

Im **Eozän**, einer Formation des Neogens (erste Hälfte der Tertiärzeit) hatte sich die in der Kreidezeit ablaufende Drift der Kontinente fortgesetzt (Abb. 31).

Nord- und Südamerika hatten sich weiter von Europa und Asien entfernt, so dass der Atlantik breiter wurde.

Australien hatte sich von der Antarktis getrennt und driftete nach Norden. Indien erreichte auf seiner Drift nach Nordosten beinahe Asien. Afrika driftete mit der Arabischen Platte nach Norden und hatte so den westlichen vom östlichen Teil der Tethys bis auf ein sehr schmales Verbindungsstück getrennt.

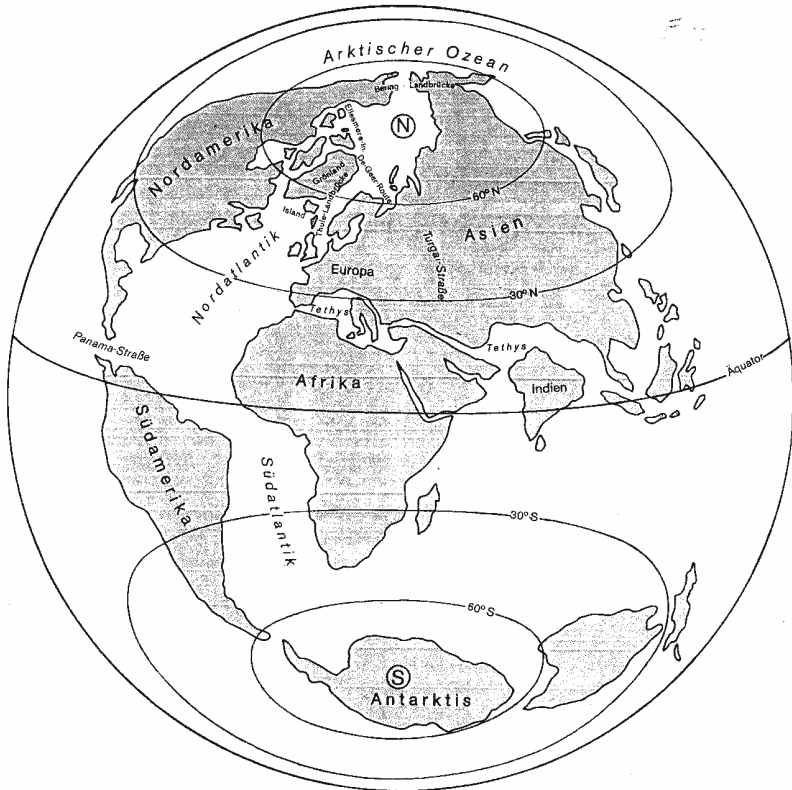


Abb. 29: Die Lage der Kontinente im Eozän, vor 56-34 Mio. Jahren

Im Verlauf der Tertiärzeit schob sich die Afrikanische Platte so weit gegen die Europäische Platte, dass ein Gebirge, die Alpen, aufgetürmt wurde. Diese Hebung der Alpen hält heute noch an - bei gleichzeitiger Abtragung durch Regen, Gletscher und die Schwerkraft.

Die Indische Platte drückte so stark gegen die Asiatische Platte, dass sich dort die höchsten Gebirge der Welt bildeten (Himalaya, Karakorum, Pamir) deren Hebung bei gleichzeitiger Abtragung ebenfalls heute noch anhält.

Nord- und Südamerika rückten weiter nach Westen und verbanden sich schließlich. Australien driftete weiter nach Nordosten. Auch diese Bewegung hält heute noch an. So war im **Pleistozän** die Verteilung der Kontinente bereits so, wie wir sie heute kennen (Abb.30).

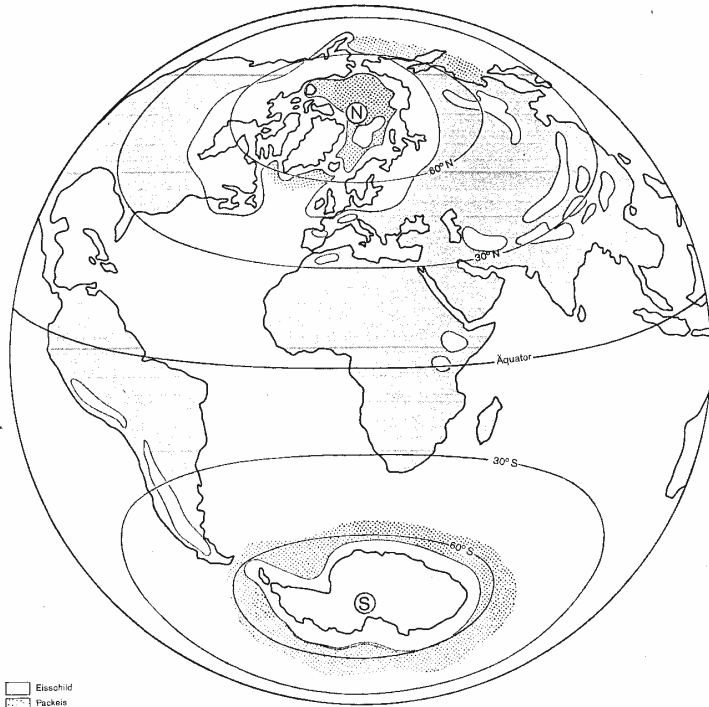


Abb. 30: Die Lage der Kontinente im Pleistozän, vor 2,6 Mio. bis 11.700 Jahren

Im **Pleistozän**, dem „Eiszeitalter“ erfolgte zehnmal eine Vergletscherung von Kanada, Grönland, Nord- und Mitteleuropa, Nord-Sibirien und der Hochgebirge mit ihrem Vorland. Das Eis der Antarktis war während der Vereisungen vom Kontinent weit in das Südliche Eismeer vorgedrungen. Zwischen den zehn Eiszeiten lagen neun Warmzeiten, die z.T. wärmer waren als die gegenwärtige Warmzeit (Holozän).

Wie werden sich die Kontinente in der Zukunft verändern?

Wenn die gegenwärtige Kontinentaldrift weiter fortschreitet, lassen sich aus diesen Horizontalbewegung Prognosen über die künftige Verteilung der Kontinente auf der Erde ableiten. Aber auch innerhalb der Kontinente gibt es große Veränderungen. So reißt z. B. in Ostafrika seit mehreren Millionen Jahren ein von Nord nach Süd verlaufender Graben auf, der am Roten Meer beginnt, in SW-Richtung durch Äthiopien nach Uganda zieht und dort Anschluss findet an den Nord-Süd verlaufenden Graben, in dem sich die langgestreckten ostafrikanischen Seen befinden: Albert-, Tanganyika-, Rukwa- und Malawi-See. Da sich der Graben langsam, aber ständig verbreitert, wird der östlich davon liegende Teil Afrikas vom übrigen Kontinent abgetrennt, und es entsteht eine Meeresverbindung vom Roten Meer bis zum südwestlichen Indischen Ozean (Straße von Madagaskar).

In 20 Millionen Jahren löst sich Spanien mit Portugal von Europa. Das Schwarze Meer wird vom Mittelmeer abgeschnitten, der Golf von Akaba hat sich über den Jordangraben bis zur Türkei verlängert, Ostafrika löst sich vom übrigen Afrika, Australien und Neuseeland sind nordwärts gedriftet.

In 40 Millionen Jahren ist die Afrikanische Platte mit Sizilien nach Norden gelangt, Spanien und Portugal haben sich weiter von Europa entfernt, Europa bricht längs des Rheins auseinander. Australien driftet weiter in Richtung Südost-Asien und Amerika entfernt sich weiter von Europa.

In 80 Millionen Jahren ist Afrika so weit nach Norden gedriftet, dass an Stelle des Mittelmeeres eine neue Gebirgskette entstand. Australien ist mit Japan kollidiert. Neuseeland hat die Tropen erreicht. Die Antarktis steuert auf Australien zu.

In 300 Millionen Jahren bildet sich ein neuer Superkontinent, Pangäa ultima.
(nach Wikipedia „Kontinentaldrift“, 8.12. 2011).

Ein Modellversuch zur Plattentektonik

- * „Geben Sie 3 Liter Milch bei mäßiger Hitze in einen großen Topf.
- Schütten Sie vorsichtig eine große Dose mit Kakaopulver oben auf die Milch und mischen Sie es so weit, bis eine glatte, 1 bis 2 Zentimeter dicke Kakaoschicht entstanden ist.
- Erhitzen Sie die Milch auf etwa 87 Grad Celsius – das dauert rund 20 bis 25 Minuten – und warten Sie darauf, dass die Plattentektonik in Schwung kommt! Entdecken Sie Verwerfungen, Plattenbewegungen und eruptiven Vulkanismus.
- Rühren Sie schließlich kräftig um und trinken Sie Ihr Experiment mit einem Dutzend guter Freunde.“

(Baker / Ratcliff 2010, S. 34)

Literatur

- Arthus-Bertrand, Y. (2002): Die Erde von oben – Tag für Tag. Knesebeck, München
- Baker, D. / Ratcliff, T. (2010): Extreme Orte. Eine Reise zu den 50 ausgefallensten Plätzen unseres Sonnensystems. Rowohlt, Reinbek
- Bauer, E.W. (1994): Feuer, Farben und Fontänen. Theis, Stuttgart
- Bittmann, W. / Fugger, B. (1991): Reiseführer Natur. Galapagos. BLV. München
- Deckstein, D. u.a. (2010): „Müder alter Mann“ (Islands Vulkanasche stört den Flugverkehr), Der Spiegel 16/2010, S. 111-112)
- Diercke (1981): Weltraumbildatlas. Westermann, Braunschweig
- Dworschak, M. (2009): Geologie. Schmiermittel in der Tiefe (Ursachen der Kontinentaldrift). Der Spiegel 41/2009, S. 172-173
- Gürtler, J. / Dorschner, J. (1993): Das Sonnensystem. J. A. Barth, Leipzig/Berlin/Heidelberg
- Hedewig, R. (2006): Wie entstehen Eiszeiten und Warmzeiten? Korona 100, S. 14-45
- Meißner. Geologische Karte 1:25 000 (1979), Hrsg.: Hess. Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden
- Murphy, J.B. / Nance, R.D. (1992): Gebirgsgürtel und Superkontinent-Zyklus. Spektrum 6/1992, S. 52-60
- Pfeiffer, T. (2002): Wird der Ätna zum Pulverfass? Spektrum 5/2002, S. 54-63
- Pott, R./Hüppe, J./ Wildpret de la Torre, W. (2003): Die Kanarischen Inseln. Ulmer, Stuttgart
- Rassmann, K. (1995): Das Atlantis der Leguane: Wie alt ist Galapagos? Praxis der Naturwissenschaften. Biologie 8/44, S. 5-9
- Schmundt, H. (2008): Geologie. Friedhof der Kontinente. Der Spiegel 4/2008, S. 116-118
- Vogel, A. (1994): Die Kern-Mantel-Grenze: Schaltstelle der Geodynamik. Spektrum 11/1994, S. 64-72
- Warnecke, T. (Hrsg., 2010): Lebensraum Habichtswald. euregioverlag, Kassel
- Wikipedia „Erdbeben in Haiti 2010“ 1.2.2012; „Erdbebesicheres Bauen“ 7.1.2012: „Gondwanaland“ 30.1.2012; „Innerer Aufbau der Erde“ 7.2.2012 ; „Kontinentaldrift“ 8.12. 2011; „Pangäa“ 1.2.2012; „Rodinia“: 5.2.2012; „Tsunami“ 7.1.2012; „Vulkanismus“ 7.1.2012

Abbildungsnachweis

- | | |
|---|---|
| Arthus-Bertrand (2002): Abb. 12 | Pfeiffer (2002): Abb. 4, 23 |
| Baker/Ratcliff 2010): Abb. 15, nachgezeichnet | Pott u.a. (2003): Abb. 7 |
| Bauer (1994): Abb. 10, 11, 16, 18,24b, 25b | Probst, E.(1986): Abb. 26, 27, 28, 29, 30 |
| Bittmann/Fugger (1991): Abb. 17, 15a | Rassmann (1995): Abb. 20a |
| Diercke (1981): Abb. 6, 22, nachgezeichnet | Schmundt (2008): Abb. 21 |
| Dworschak (2009): Abb. 24 | Vogel (1994): Abb. 19, 23. |
| Gürtler/Dorschner (1993): Abb. 5, 13 | Warnecke (2019): Abb. 91 |
| HNA 25.10. 2011: Abb.25; 7.1.2012: Abb. 3 | Wikipedia „Kontinentaldrift“ (2011): |
| Meißner (1979): Abb. 8 | Abb. 14 |

Münzen, Würfel, Entropie

von Peter Ludwig

Eine Mischung von Wasserstoff und Sauerstoff scheint unter normalen Bedingungen stabil. Beide Gase existieren friedlich nebeneinander. Aber schon ein Funke oder eine Flamme initiert die bekannte Knallgasreaktion unter Bildung von Wasser. Weniger bekannt ist, dass die Reaktion schon bei Zimmertemperatur ausgelöst werden kann durch bloßen Kontakt des Gasgemisches mit Platinpulver, das hier die Funktion eines Katalysators hat.

Der umgekehrte Prozess, die Bildung der Gase durch Zersetzung des Wassers kann nicht spontan ablaufen, sondern erfordert erheblichen Energieaufwand. Wie lässt sich die *Möglichkeit einer spontanen* Reaktion beurteilen? Das thermodynamische Kriterium ist die Entropie. Sie muss für das Gesamtsystem, d.h., für das eigentliche Reaktionssystem (z.B. das Reagenzglas) und die Umgebung (z.B. das Labor) am Ende der Reaktion grösser als am Anfang sein.

Der Entropiebegriff ist ein wenig abstrakt, da er, wie die Thermodynamik generell, keine spezifische Vorstellung über den Stoffaufbau erfordert, sondern auf makroskopisch beobachtbaren Eigenschaften wie Volumen, Druck, Temperatur, Stoffmengen u.ä. beruht. Geht man vom molekularen Bild der Materie aus, lassen sich die thermodynamischen Begriffe veranschaulichen. Die theoretische Behandlung des Zusammenhanges zwischen den Teilcheneigenschaften und dem makroskopisch beobachtbaren Verhalten großer Teilchensembles ist Thema der Statistischen Thermodynamik. Angesichts der enormen Teilchenzahlen typischer Systeme, zur Erinnerung: 1 Mol enthält rund 6×10^{23} Teilchen, scheint diese Aufgabe zunächst unlösbar. Es zeigt sich aber, daß gerade die enormen Teilchenzahl zu einer Lösung auf statistischer Grundlage führt.

Das makroskopische Erscheinungsbild eines Vielteilchensystems spiegelt die Mittelwerte der Teilcheneigenschaften wieder, wie deren elektronische Energie, Schwingungs-, Rotations- Kinetische Energie und der Energie der intermolekularen Wechselwirkungen, aber auch der räumlichen Verteilung der Teilchen. Zum Beispiel, ist die Temperatur die makroskopische Meßgröße, die mit der mittleren Kinetischen Energie der Moleküle zusammenhängt. Ein anderes Beispiel ist die Wärmekapazität von zweiatomigen Gasen, die unter anderem mit dem Anregungsgrad der Molekülschwingungen und -rotation verbunden ist.

Alle diese Zustände der Teilchen können in ueberaus mannigfaltiger Weise kombinieren. Es stellt sich aber heraus, dass nur verhaeltnismaessig wenige der moeglichen Kombinationen mit so ueberwaeltigender Haeufigkeit auftreten und damit am wahrscheinlichsten sind, dass das Teilchensystem im allgemeinen in solchen beguenstigten, *dominanten Konfigurationen* zu finden ist. Durch Aenderung der

Bedingungen, wie Druck, Temperatur oder Stoffkonzentration können andere, wahrscheinlichere Zustände möglich werden, und unter geeigneten Bedingungen kann ein Übergang in diesen wahrscheinlicheren Zustand erfolgen, d.h., eine spontane Reaktion ablaufen.

Die Ausbildung der begünstigten, *dominanten Konfigurationen* ist eine Eigenschaft sehr grosser Teilchenzahlen. Dieser Aspekt soll hier in sehr einfacher Weise verdeutlicht werden und zwar an den Ergebnissen beim Muenzenwerfen und Wuerfeln.

Münzenwerfen

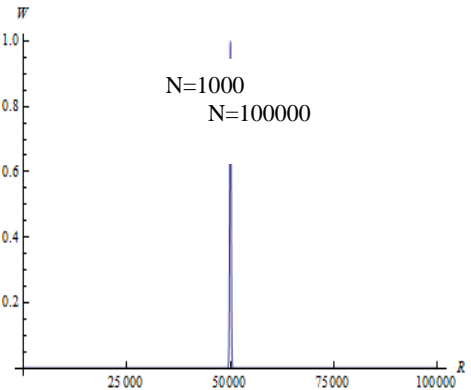
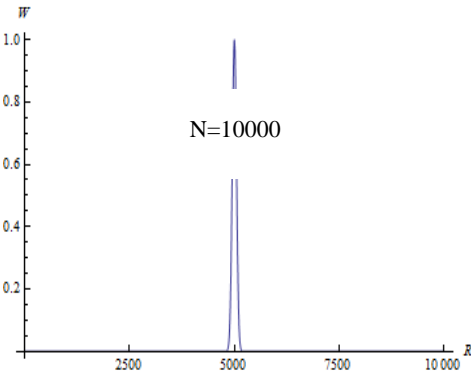
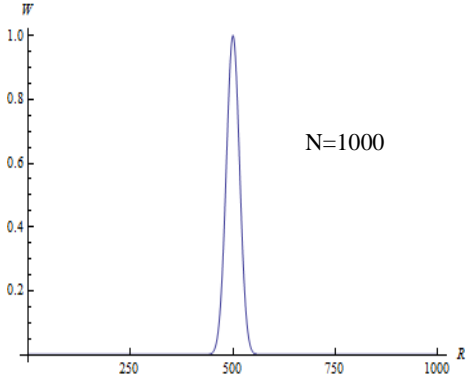
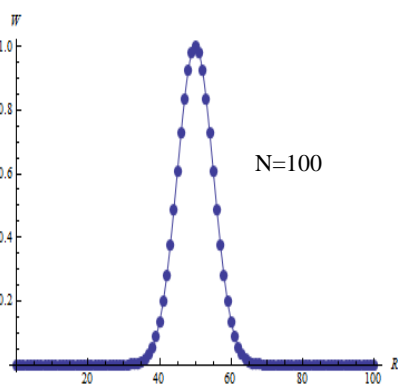
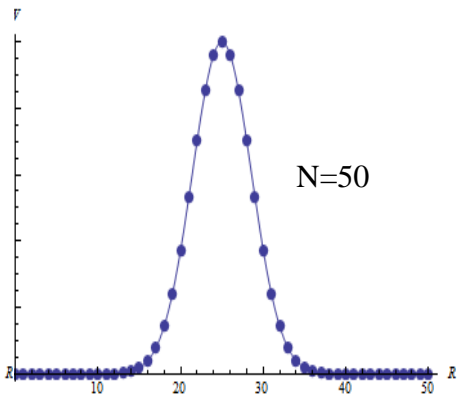
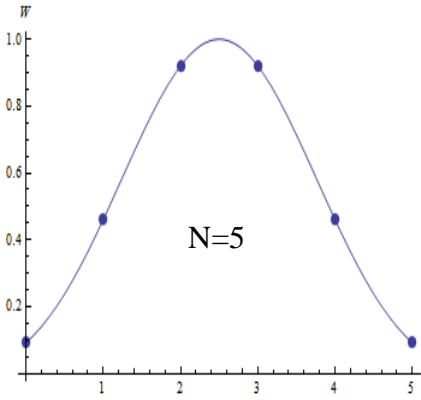
Eine einzelne Muenze kann nach dem Werfen nur auf die Vorderseite oder die Rückseite fallen. Es gibt nur diese beiden „Zustände“: Rueckseite r und Vorderseite v . Moegliche Wurfresultate für zwei Muenzen ($N = 2$) sind die Kombinationen: $[r r]$; $[v v]$; $[r v; v r]$. Für drei Muenzen, $N=3$: $[v v v]$; $[v r r; r v r; r r v]$; $[r v v; v r v; v v r]$, $[r r r]$. Das Ergebnis eines Wurfes von N Muenzen sei ein Mikrozustand. Solche mit gleicher Anzahl Vorderseiten V oder Rückseiten R bilden zusammen einen Makrozustand, die in den beiden Beispielen in eckigen Klammern stehen. N ist die Anzahl der Muenzen. Zum Wurfresultat mit $R=2$ (V ist zwangsläufig gleich $N - R$) gibt es drei Mikrozustände, $W_R = W_3 = 3$, dagegen ist, wenn nur Vorderseiten erscheinen, $W_R = W_0 = 1$.

Die Zahl der Mikrozustände, W_R , die bei N Muenzen zu einer bestimmten Konfiguration gehören, lässt sich mit $W_R = N! / (R! V!)$ berechnen oder, wegen $R + V = N$,

$$W_R = N! / (R! (N - R)!) \quad [1]$$

Das Symbol $N!$, gesprochen N Fakultät, besagt, bilde das Produkt der Zahlen von 1 bis N . Z.B. $4! = 1 \times 2 \times 3 \times 4 = 24$. Per definitionem ist $0! = 1$.

Wie ändert sich mit zunehmendem N die Zahl der zu den Konfigurationen gehörenden Mikrozustände? Das zeigen die folgenden Graphiken. Hier ist entlang den Ordinaten die relative Anzahl der Mikrozustände, die einen Makrozustand bilden (Abszissen), fuer verschiedene Werte von N wiedergegeben. Ein Makrozustand ist durch R , die Zahl der bei einem Wurf erscheinenden Rueckseiten gekennzeichnet. Die Zahl der Mikrozustände wird mit zunehmendem N sehr gross. Deswegen sind nicht deren Absolutwerte sondern die Relativwerte $W = W_R / W_{Rmax}$ angegeben, also bezogen auf den jeweiligen Maximalwert. Die Zahl der Mikrozustände W_R wurde mit Gln.[1] berechnet.



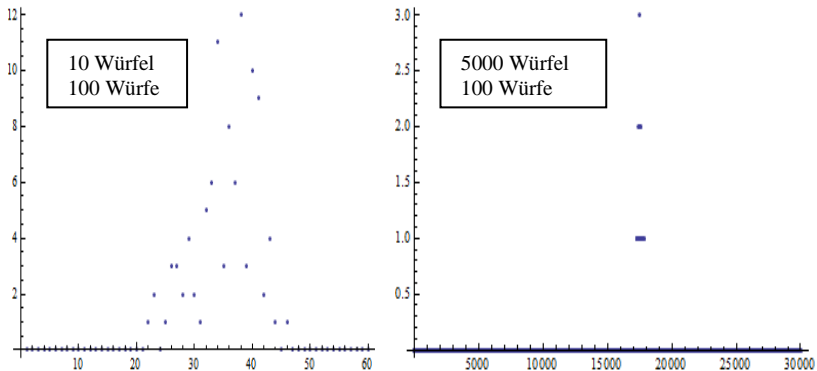
Anmerkung:

Die absolute maximale Anzahl der Mikrozustände ist für $N = 10$: $W_{\max} = 252$, fuer $N = 10000$ aber ist $W_{\max} = 2.5 \times 10^{30100}$, eine auch fuer Astronomen wohl grosse Zahl.

Das wesentliche Ergebnis dieser Graphiken ist die ausserordentliche Verengung der Verteilungskurven mit zunehmender Muenzenzahl N . Das bedeutet, daß die Konfigurationen nahe $R = N/2$ immer stärker begünstigt werden, und die links und rechts vom Maximum liegenden Konfigurationen bei großem N gar nicht mehr erscheinen. Schon bei 1000 Münzen findet man, daß rund 89% der auftretenden Konfigurationen innerhalb eines Konfigurationsbereiches von $\pm 5\%$ (zwischen $R = 475$ und 525) der dominanten Konfiguration liegen. Oder zahlenmäßig: Innerhalb der $\pm 5\%$ finden sich 9.57126×10^{300} Mikrozustände von insgesamt 1.07151×10^{301} . Bei noch grosserer Anzahl Münzen sind es praktisch 100 % .

Wenn man also viele Muenzen wiederholt wirft, dann werden stets gleichviele Vorder- und Rueckseiten auftreten, auch wenn die einzelnen Muenzen staendig ihre Seiten wechseln. Dass einmal alle Vorder- oder Rueckseiten erscheinen, ist praktisch ausgeschlossen. Denkt man sich alle Muenzen anfangs mit einer der beiden Seiten, z.B., $R = N$, auf einer geschuet- telten Flaechen liegend,, so wird bei wiederholtem Durcheinanderwirbeln, die Seitenvertei- lung am Ende fast immer $V = R$ ergeben. Dieser Endzustand ist offensichtlich ueberwaelti- gend wahrscheinlicher als der Anfangszustand, der ja nur durch einen einzigen Mikrozu- stand realisiert werden kann, $W_R = 1$. Das Schuettelergebnis ist irreversibel, es ergibt sich stets der Zustand maximaler Realisierbarkeit. Das System befindet sich, bezueglich der Ver- teilung der beiden Zustaende im „Gleichgewicht“.

Ganz entsprechende Ergebnisse findet man beim Werfen vieler Wuerfel. Ein Mikrozustand ist hier die Summe der bei einem Wurf auftretenden Wuerfelaugen. Ergebnisse mit gleicher Summe bilden eine Konfiguration. Die beiden folgenden Graphiken zeigen das Ergebnis ei- ner Computersimulation des 100-maligen Werfens von 10 bzw. 10000 Wuerfeln. Auf der Ab- szisse ist die Konfiguration (Augensumme) aufgetragen und entlang der Ordinate die Haeu- figkeit ihres Auftretens. Die Ausbildung der dominanten Konfigurationen bei großer Anzahl Wuerfel ist augenfällig.



Die Dominante Konfiguration und Entropie S.

Die Maximierung der Gesamtentropie bei spontan ablaufenden Reaktionen und die Maximierung der Mikrozustände in den dominanten Konfigurationen im Münzen- oder Würfelmmodell, legt es nahe, die Entropie S mit der dominanten Konfiguration zu verbinden. Allerdings ist dabei zu berücksichtigen, dass S die Dimension Energie/Temperatur hat und dass S eine additive Größe ist, d.h., S verdoppelt sich bei Verdoppelung der Stoffmenge. Andere Größen dieser Art sind z.B. das Volumen oder das Gewicht. Die Dimension von S lässt sich aus unserem einfachen Modell nicht ableiten, denn weder Temperatur noch Energie spielen hier eine Rolle. Man könnte an eine direkte Beziehung zwischen einer entropieähnlichen wie $\Sigma = W_{\max}$ denken. Aber Σ hat nicht den additiven Charakter der Entropie S , denn bei Verdoppelung der Stoffmenge, hier also der Anzahl Münzen, verdoppelt sich Σ nicht, wie ein Zahlenbeispiel zeigt:

Für die dominante Konfiguration von N Münzen ist $W_{\max} = N!/(N/2!)^2$. Für 100000 Münzen ergibt sich $W_{\max} = 10^{3010291}$ und für die doppelte Anzahl $2N$ ist $W_{\max} = 10^{6020569}$. Die Verdoppelung der Münzenanzahl vergrößert die Zahl der Mikrozustände nicht um den Faktor 2, sondern um einen Faktor von rund $10^{3010300}$.

Abhilfe bringt eine logarithmische Verknüpfung der Form

$$\Sigma = \ln(W_{\max}) \quad [2]$$

Da der Logarithmus eines Produktes gleich der Summe der Logarithmen der Faktoren des Produktes ist, ergibt sich mit der so definierte entropieähnlichen Größe Σ das Verhältnis der Entropien für die oben beschriebene Teilchenverdoppelung:

$$\Sigma_{2N} / \Sigma_N = \ln(W_{\max})_{2N} / \ln(W_{\max})_N = 2.00.$$

Die logarithmische Verbindung von Entropie und dominanter Konfiguration erfüllt die geforderte Additivität.

Frage: Wie groß ist Σ für höchste Ordnung im Münzenbeispiel?

Antwort: Dieser Zustand entspricht dem ausschließlichen Auftreten der Vorder- oder Rückseiten. Dann

ist $V=R=N$, so daß $W_{\max} = N!/(N! \cdot 0!)^2 = 1$ und damit $\Sigma = 0$.

Es gibt nur eine einzige Verteilung der Münzseiten, was dem höchsten Ordnungszustand

entspricht. In realen Systemen wäre idealer Weise dieser Zustand bei $T = 0$ Kelvin erreicht.

Zusammenfassung

Das hier beschriebene Münzenwerfen oder Würfeln demonstriert die Ausbildung begünstigter dominanter Konfigurationen mit steigender Teilchenzahl. Vorausgesetzt, daß die Einzelereignisse, Muenzenseite bzw. Augenzahl, mit *gleicher Wahrscheinlichkeit* auftreten, sind die dominanten Konfigurationen die wahrscheinlichsten.

Deshalb ist bei wiederholtem Werfen oder Schütteln das Verhältnis R/V bzw. die Gesamtaugenzahl praktisch konstant. Die Ergebnisse sind stabil. Auch bei wiederholtem Schütteln findet man nicht mehr eine anfänglich geordnetere Verteilung, wie etwa alle Vorderseiten nach oben zeigend. Man kann von einem Ergebnisgleichgewicht sprechen.

Die Maximierung der Entropie S eines im Gleichgewicht befindlichen realen Vielteilchensystems ähnelt der Maximierung der Mikrozustände in der dominanten Konfiguration beim Münzenwerfen oder Würfeln. Tatsächlich zeigt die theoretische Behandlung realer Vielteilchensysteme, dass auch hier den Gleichgewichtszuständen dominante Konfigurationen entsprechen, die durch die Verteilung der eingangs erwähnten Atom- bzw. Moleküleigenschaften zu einer maximalen Anzahl von Mikrozuständen führen. Befindet sich das System anfänglich in einem anderen, weniger wahrscheinlichen Zustand, kann es in den wahrscheinlicheren übergehen. Makroskopisch ist dieser Übergang als spontane Reaktion wahrnehmbar. Die mit einer spontanen Reaktion verbundene Entropievergrößerung wird im statistischen Bild verständlich, da der wahrscheinlichere Zustand eine größere Zahl von Mikrozuständen hat und wegen der Beziehung [2] eine höhere Entropie. Allerdings können thermodynamisch mögliche Reaktionen durch kinetische Faktoren behindert sein, z.B., eine Aktivierungsenergie erfordern. Im Fall der Knallgasreaktion erniedrigt das Platinpulver die Aktivierungsenergie. Umgekehrt kann die *spontane* Wasserzersetzung durch keinen Katalysator gestartet werden.

Literatur

1. C. Garrod, Statistical Mechanics and Thermodynamics Oxford University Press. 1995
2. Leonard K. Nash, Elements of Statistical Thermodynamics, 2. Edition, Dover Pub. 2006
3. Für die Rechnungen und Graphiken wurde das Programm Wolram Mathematica 8 verwendet

Peter Ludwig, Breslauer Str. 20, Zierenberg, pludwig492@aol.com

Programm August 2012– Januar 2013

Namibia als Ziel für Amateurastronomen

Referent: Prof. Dr. Roland Hedewig

Donnerstag, 23.8., 18.30 Uhr

Über 330 klare Nächte pro Jahr und kein störendes Kunstlicht – das sind im Hochland von Namibia ideale Voraussetzungen für astronomische Beobachtungen. Mehrere Astrofarmen bieten Amateurastronomen aus Europa Gelegenheit, mit vorhandenen oder eigenen Instrumenten Planeten, Sternhaufen, Nebel und Galaxien zu beobachten und zu fotografieren.

Deutsche Amateurastronomen haben neben der Hakosfarm und auf dem 2347 m hohen Gamsberg je eine internationale Amateursternwarte (IAS) mit Instrumenten bis 70 cm Öffnung aufgebaut.

Der Referent besuchte Namibia im Mai 2012 und konnte in der Hakosfarm südwestlich von Windhoek beobachten und fotografieren und die IAS besichtigen. Im Vortrag werden diese Sternwarten, Aufnahmen des südlichen Sternhimmels und interessante Landschaften Namibias mit ihrer Pflanzen- und Tierwelt von Windhoek bis zur Küste bei Swakopmund und Walfish Bay sowie die riesigen Tscherenkow-Teleskope des im Aufbau befindlichen H.E.S.S.-Projektes zum indirekten Nachweis der kosmischen Gammastrahlung gezeigt.

DER Film vom Umzug der Sternwarte Calden in das SFN

Am Fr, 31.8. um 18.00 Uhr zeigt KP Haupt den 60 minütigen Film, der die Umzugsaktivitäten vom März bis Mitte August auf unterhaltsame Weise zusammenfasst.

Philosophisches Frühstück

jeden ersten Sonntag im Monat von 10 - 12 Uhr

September: Was ist Gut? Moral und Ethik in selbstorganisierenden Systemen

Oktober: Von Lust und Freude: hedonistische Lebensorientierungen

November: Das Kausalgesetz von Kant und seine moderne Bedeutung in Philosophie und Naturwissenschaft

Dezember: Was ist real? Die Philosophie der Quantenmechanik und Erkenntnistheorie

Januar: Es denkt, dass ich bin...Hatte Descartes Unrecht?

Leitung: KP Haupt

Getränke werden gestellt, Essen bitte mitbringen und teilen...

Kurs: Bildverarbeitung am Beispiel von selbst erstellten astronomischen Aufnahmen

Leitung: Jörg Steiper

Dienstags, vierzehntägig, 17.00 Uhr bis 18.30 Uhr, Beginn: 4.9.

Einführung in die wissenschaftliche Bildverarbeitung mittels der Bildverarbeitungssoftware ImageJ. Es werden die Grundlagen der digitalen Bildverarbeitung behandelt und beispielhaft Kenntnisse über Photometrie vermittelt.

Dazu werden astronomische Aufnahmen in der Sternwarte des SFN hergestellt und ausgewertet.

ESOF 2012 und Physik - Nobelpreisträger Tagung Lindau 2012

Am Do, 20.9. um 18.00 Uhr berichtet KP Haupt über die größte europäische Wissenschaftstagung ESOF, die dieses Jahr in Dublin stattfand. In Bild und Film werden die wichtigsten Ergebnisse präsentiert, ebenso die Referate der Physik-Nobelpreisträger in Lindau.

Mathe-Workshop: Das Lösen von Differenzialgleichungen mit Hilfe von Fourier- Transformationen

Leitung: KP Haupt

Samstag, 22.9., 11.00 Uhr bis 16.00 Uhr, gemeinsames Kochen zum Mittag

Nach einer kurzen Vorstellung und Abgleichung der mathematischen Grundlagen erarbeiten sich die Teilnehmer/innen an einfachen Beispielen das Lösungsverfahren.

Solide Kenntnisse der Integralrechnung werden vorausgesetzt.

Internationaler „Cosmic Day“

Mo, 24.9. ab 9.00 Uhr

Zum einhundertjährigen Jubiläum der Entdeckung kosmischer Teilchen durch Viktor Franz Hess planen DESY, Fermilab, QuarkNet und Netzwerk Teilchenwelt einen International Cosmic Day für Jugendliche und Lehrkräfte. Am 26. September 2012 soll einen Tag lang die Forschung zu den kosmischen Teilchen im Mittelpunkt stehen und Fragen wie

- Was sind kosmische Teilchen?
- Wo kommen sie her?
- Wie können sie gemessen werden?

interessierten Teilnehmern erklärt werden.

Wissenschaftler sollen die Teilnehmer unterstützen bei

- der selbstständigen Messung von kosmischen Teilchen,
- der Analyse und Datenauswertung,
- der Präsentation der Messergebnisse und
- der Arbeit wie in einer internationalen Kollaboration.

Vortragsreihe: Wenn Sterne sterben

Referent: Klaus-Peter Haupt

Donnerstags, 8.11., 15.11. und 22.11., jeweils 18.00 Uhr

Die Physik von Neutronensternen und Weißen Zwergen (entartete Materie) wird vorgestellt und aktuelle Probleme der Modellrechnungen von Supernovaexplosionen werden diskutiert.

Workshop: Elektromagnetische Wellen und Radiobau

Leitung: Jörg Steiper

Samstag, 17.11., 11.00 Uhr bis 16.00 Uhr

Mit Hilfe elektronischer Baukästen lernen die Teilnehmer/innen durch eigene Schaltungen auf experimentellem Weg die Grundlagen der Radiotechnik.

Lehrerfortbildung der europäischen Union im SFN

Sa, 1.12., 9.00 Uhr bis 12.00 Uhr mit vielen fachlichen und fachdidaktischen Referaten (in englischer Sprache) aus Physik, Biologie und Chemie.

Workshop: (deutsch/englisch): Maxwell's Equations

Leitung KP Haupt

Ab Do, 6.12., 18.00 Uhr wöchentlich 6 Termine (bis Ende Januar).

Arbeit mit einem Student's Guide von Daniel Fleisch (englischer Text)

Das Buch (A Student's Guide to Maxwell's Equations, Daniel Fleisch, Cambridge University Press) muss angeschafft werden. Wir erarbeiten uns aber gemeinsam die einzelnen Kapitel.

Maxwell's Equations are four of the most influential equations in science. We will explain the meaning of the equations and learn that the combination of these equations produce the wave equation, the basis for the electromagnetic theory of light.

Participants should have thorough skills in differential and integral calculus.

Forscherseminare:

Der Fachbereich Elektrotechnik/Informatik (Prof. Dahlhaus) entsendet etwa vierzehntägig Doktoranden und Mitarbeiter an das SFN, die in Vorträgen ihre Forschungsprojekte vorstellen und mit den Zuhörern besprechen.

Die Vorträge beginnen jeweils freitags um 17.30 Uhr.

21.9.2012: Licht als Technologie: die Photonik

Mitarbeiter des Fachgebiets „Theorie der Elektrotechnik und Photonik“- Prof. Dr. rer. nat. B. Witzigmann
Ob Stromerzeugung mit Solarzellen, Datenübertragung im Internet oder moderne Photographie: die Photonik ist die Technologie, die sich mit der Kontrolle und der Steuerung von Licht beschäftigt. Der Vortrag gibt eine Übersicht über die Natur des Lichts sowie die modernsten Photonik-Technologien.

5.10.2012: Radiofrequenzablation in perfundierten Nieren

Prof. Dr. sc. techn. D. Dahlhaus, Fachgebiet Nachrichtentechnik - ComLab

Die zur Krebsterapie inoperabler Tumoren eingesetzte Radiofrequenzablation muss vor Beginn der Therapie korrekt dimensioniert werden. Der Vortrag beschreibt die Therapieplanung durch numerische Integration gekoppelter partieller Differenzialgleichungen der Fluidodynamik und Elektrodynamik.

9.11.2012: RF MEMS - Hochfrequenzschaltungen flexibler gemacht

Mitarbeiter des Fachgebiets „Mikrowellenelektronik“- Prof. Dr.-Ing. A. Bangert

Moderne Kommunikationssysteme müssen flexibel und preiswert sein. In diesem Zusammenhang bieten mikroelektromechanische Systeme (MEMS) für den Einsatz bei hohen Frequenzen (Radio Frequency, RF) vielfältige Möglichkeiten. Es werden verschiedene Strukturen bezüglich ihrer physikalischen Eigenschaften vorgestellt.

23.11.2012: Schwingungsanalyse zur Früherkennung von Maschinenfehlern

Mitarbeiter des Fachgebiets „Fahrzeugsysteme und Grundlagen der Elektrotechnik“ - Prof. Dr. rer. nat. L. Brabetz

In der immer stärker werdenden Elektrifizierung von Antriebssträngen in Automobilen müssen sich zunehmend Gedanken um mögliche Maschinenfehlern gemacht werden. Der Vortrag soll mögliche Fehlerursachen beschreiben und speziell die Diagnose von Lagerschäden zeigen.

7.12.2012: Miniaturisierungs- und Skalierungsphänomene am Beispiel von Mikrospiegel-Arrays zur Tageslichtlenkung

Mitarbeiter des Fachgebiets „Technische Elektronik“ - Prof. Dr. rer. nat. H. Hillmer

Bei der Miniaturisierung von Bauelementen treten oft Effekte auf, die im ersten Moment unerwartet, bei näherer Betrachtung jedoch gut verständlich sind. Diese sollen am Beispiel von mikrosystemtechnisch hergestellten Mikrospiegel-Arrays zur Tageslichtlenkung veranschaulicht werden.

18.1.2013: Interferometrie - hochgenaues Messen mit Licht

Mitarbeiter des Fachgebiets „Messtechnik“ Prof. Dr.-Ing. P. Lehmann

Energieeffiziente Motoren oder hochwertige Fotoobjektive erfordern sehr präzise Bauteile, deren Fertigung durch Messgeräte mit Nanometer-Auflösung kontrolliert wird. Der Vortrag setzt bei der Interferenz von Laser- und LED-Licht an und erklärt, wie man damit kleinste Längenänderungen oder Formabweichungen messen kann.

Einführung in die Astronomie

Dr. Rüdiger Seemann veranstaltet für die Volkshochschule Kassel einen Astronomiekurs für Anfänger, der jeweils am Montagabend im SFN stattfindet. Anmeldung über die Volkshochschule.

Sternwarte auf dem SFN

Telefonnummern der Sternwarte 0177-2486810 oder 0173-4741725

Öffentliche Führungen: Ab September.: Jeden Freitag bei wolkenfreiem Himmel ab Dämmerungsbeginn, frühestens 20.00 Uhr

In geraden Wochen (ab September) Sonnenbeobachtungen: Samstags 13.00 Uhr bis 14.00 Uhr

Führungen für Schulklassen (auch tagsüber) können besonders vereinbart werden (Tel. 0561 -311116)

Instrumente:

- 30 cm Newton-Reflektor mit Leitrohr.
- 20 cm Schaer-Refraktor auf computergesteuerter Montierung mit Sonnenteleskope für H –Alpha - und Calcium – Licht
- Celestron C14
- AUSSENSÄULE (für Rollstuhlfahrer höhenverstellbar): Celestron C8 (20 cm Schmidt-Cassegrain)
- 25 cm Dobson-Spiegelteleskop - hier können und dürfen Sie als Besucher unter unserer fachlichen Anleitung selbstständig Himmelsobjekte einstellen... trauen Sie sich!

ZUBEHÖR: Feldstecher 20x80 mit Stativ, Gitterspektrograph, Halbleiter-Photometer, Interferenzfilter, T-Scanner für H-Alpha-Sonnenbeobachtung, Objektivsonnenfilter, CCD-Kamera mit Computer, Mintron-Himmelskamera mit Monitor

Übertragungsmöglichkeit der Fernrohrbilder in den Vortragsraum.

Eintritt: Erwachsene 1.-Euro, Jugendliche 0,50 Euro. Mitglieder des AAK und des SFN sowie deren Gäste zahlen keinen Eintritt.

Vortragsraum und Dachterrasse mit Teleskop sind mit Fahrstuhl auch für Rollstuhlfahrer zugänglich. Die Sternwarte wird über eine Treppe betreten.

Vereinsanschrift:

Vorsitzender: K.-P. Haupt, Wilhelmshöher Allee 312, 34131 Kassel, Tel. 0561-311116. Mobil: 01772486810, Mail: kphaupt@aol.com

Und nun zum Schluss der übliche Hinweis!

Haben Sie Ihren Beitrag schon bezahlt?

Der Jahresbeitrag beträgt 35.- Euro, der ermäßigte Beitrag beträgt 15.- € (für Studenten, Schüler, Auszubildende oder auf Antrag beim Vorstand), der Familienbeitrag beträgt 50.- €

Vereinskonto: Kasseler Sparkasse (BLZ 52050353) 127048



Sternwarte auf dem SFN

Im SFN finden auch Forschungsaktivitäten von Jugendlichen statt. Hier können alle Jugendlichen aus Nordhessen teilnehmen!

- ScienceClub:

Längerfristige Forschungsarbeiten aus allen Bereichen der Naturwissenschaften sowie Technik, Mathematik und Informatik für Schüler/innen ab Klasse 9.

Die Teams können nach Verabredung an allen Wochentagen, an Samstagen und in den Ferien an ihren Projekten arbeiten. Projekte dauern bis zu drei Jahren und erringen hohe Auszeichnungen auf Wettbewerben.

In „Running presentations“ stellen sich die Teams gegenseitig ihre Projekte vor und beraten sich untereinander und mit ihren Betreuern.

Treffen: Beliebig nach Vereinbarung

- JuniorClub:

Einfache Forschungsarbeiten aus allen naturwissenschaftlichen Bereichen für Jugendliche der Klassen 7 und 8. Noch findet eine etwas stärkere Anleitung und auch fachliche Hilfestellung statt. Aber auch aus diesem Kreis sind schon Landessiege bei Jugend forscht hervorgegangen (2011 Bau einer Magnetschwebebahn). Die Arbeitszeit fokussiert sich auf den Freitagnachmittag um 14.00 Uhr, es sind aber nach Verabredung für einzelne Teams auch andere Termine möglich.

Treffen: Freitags ab 14.00 Uhr und nach Vereinbarung

- KidsClub:

Forschendes Lernen für Kinder der Klassen 5 und 6 in Physik, Technik, Astronomie und Biologie

Zeit: jeden Dienstag von 14.00 Uhr bis 15.30 Uhr

Die Kinder arbeiten in Kleingruppen (4-8 Personen) an wechselnden Problemstellungen, die durch eigenständige Experimente gelöst werden. Betreut werden sie dabei von Lehrer/innen verschiedener Schulen, Studenten und Oberstufenschülern. Die Themen werden dabei von den Kindern selbstständig nach Angebot gewählt (Kursprinzip) und wechseln regelmäßig. Dabei und darüber hinaus können die Schüler eigene Fragestellungen entwickeln und weiterverfolgen.

Beginn und Anmeldung: Di, 28.8., 14.00 Uhr

- NaWi LoLa: Lernort Labor für Mädchen

In Zusammenarbeit mit der MNU finden regelmäßig donnerstags um 15.00 Uhr Workshops für Mädchen statt: Ziel des Projektes ist es in Workshops, die sich gezielt an Mädchen und junge Frauen richten, das Interesse an Naturwissenschaften zu wecken, Freude am Experimentieren zu haben und Zugänge zu weiteren praktischen Angeboten zu eröffnen.

Beginn: Do, 6.9., 15.00 Uhr mit einem Angebot für Mädchen aus den Klassen 5 und 6 (Wasser, Strom und Energie), Leitung: Sabine Sauerwein

**SchülerForschungsZentrum Nordhessen SFN der Universität Kassel an der Albert-Schweitzer-Schule ·
Parkstraße· 34119 Kassel**

Der Vorstand des AAK

Vorsitzender: Klaus-Peter Haupt, Wilhelmshöher Allee 312, 34131 Kassel, Tel./Fax: 0561-311116, Mobiltel. 0177-2486810, E-mail: kphaupt@aol.com

Kassenwart: Renè Kosseda

1. Beisitzer: Bernd Holstein, Tel.0561-877720

2. Beisitzer: Elias Sghaier

3. Beisitzer: Reinhard Steinfeld Tel.05542-501150

Telefonnummern der Sternwarte auf dem SFN neben der Albert Schweizer Schule
0177-2486810 oder 0173-4741725

Der AAK ist auch im World Wide Web vertreten:

<http://www.astronomie-kassel.de>

Beobachtungshinweise*

Christian Hendrich

27.7.12, 20:56	Delta-Aquariden Maximum (sichtb. 11. Juli - 18. August mit ZHR ~ 20 und V=40km/s)	26.10.12, 22:59	Merkur in östl. Elongation (24,1°)
28.7.12, 20:54	Merkur in unterer Konjunktion	28.10.12, 3 MESZ	= 2 Rückkehr zur mitteleurop. Zeit
29.7.12	Alpha-Capricorniden Maximum (2. Juli - 14. August mit ZHR <=10 und V=25km/s)	31.10.12, 22:00	Venus im Perihel (Sonnennähe, Abstand Sonne-Venus 0,718 AE bzw. 107,4 Mio. km)
7.8.12, 18	Merkur im Stillstand, dann rechtl.	2.11.12, 2:00	Mond 1,4° südlich von Jupiter
9.8.12	2 Pallas im Stillstand, dann rückl.	5.11.12, 5:36	südliche Tauriden Maximum (sichtb. 25. September - 25. November mit ZHR=10 und V=30km/s,)
12.8.12, 0	Mond 1,9° südlich von Jupiter	7.11.12, 5:00	Merkur im Stillstand, dann rückl.
12.8.12, 12:51	Perseiden Maximum (mit ZHR < 90 bei 60 km/s, maximal 9. - 13. Aug.)	11.11.12, 6:00	Mond 7,5° südlich von Venus
14.8.12, 2	Mond 3,1° südlich von Venus	11.11.12, 12:00	Neptun im Stillstand, dann rechtläufig
15.8.12, 10:59	Venus in größter westlicher Elongation (45,8°)	12.11.12, 4:53	nördliche Tauriden Maximum (sichtb. 25. September - 25. November mit ZHR=15 und V=30km/s,)
15.8.12, 18:41	Mars bei Saturn, Mars 2,7° südlich	13.11.12, 23:12	Totale Sonnenfinsternis, nicht sichtb. in Mitteleuropa
16.8.12, 4	Mond 4,0° südlich von Merkur	16.11.12, 17:00	Mond 4,7° nördlich von Mars
16.8.12, 12:59	Merkur in größter westl. Elongation (18,7°)	17.11.12, 11:10	Leoniden Maximum (sichtb. 9. - 20. November mit ZHR=15 und V=70km/s)
17.8.12 0	Kappa-Cygniden Maximum (sichtb. 2. - 24. Aug., ZHR ~ 5 bei 25 km/s)	17.11.12, 15:00	2 Pallas im Stillstand, dann rechtläufig
24.8.12, 11:54	Cepheiden Maximum (ZHR < 10)	17.11.12, 16:42	Merkur in unterer Konjunktion
25.8.12, 5	Neptun in Opposition zur Sonne	21.11.12, 4:00	Merkur im Perihel (Sonnennähe, Abstand Sonne-Merkur 0,307 AE bzw. 46 Mio. km)
30.8.12, 0	Merkur im Perihel (Sonnennähe, Abstand 0,307 AE bzw. 46 Mio. km)	26.11.12, 21:00	Merkur im Stillstand, dann rechtläufig
8.9.12, 5:00	Alpha-Aurigiden Maximum (sichtb. 25. Aug. - 5. Sept., ZHR < 10)	27.11.12, 6:03	Venus 0,5° nördlich von Saturn
10.9.12, 13:37	Mond bei Jupiter, Mond 3,6° südl.	28.11.12, 15:34	Halbschattenmondfinsternis, nicht sichtb. in Mitteleuropa
12.9.12, 5:00	Merkur in oberer Konjunktion	29.11.12, 2:00	Mond 1,1° südlich von Jupiter
17.9.12, 22:00	Mond 6,2° nördlich von Venus	3.12.12, 1:43	Jupiter in Opposition zur Sonne
19.9.12, 19:00	Pluto im Stillstand, dann rechtläufig	4.12.12, 23:59	Merkur in größter westl. Elongation (20,6°)
19.9.12	Mond 2,1° südlich von Mars	9.12.12, 9:00	4 Vesta in Opposition im Stier (6m,4)
22.9.12, 15:49	Pisciden Maximum (sichtb. 1. - 30. Sept mit 5<ZHR<10 und V=25km/s)	10.12.12, 7:00	Mond 5,3° südlich von Saturn
22.9.12, 15:49	Sonne im Herbstpunkt,	11.12.12, 7:00	Mond 4,4° südlich von Venus
25.9.12, 4:00	Tagundnachtgleiche, Herbstanfang	13.12.12, 21:00	Uranus im Stillstand, dann rechtläufig
25.9.12, 4:00	2 Pallas in Opposition mit 8m,3 im Walfisch	14.12.12, 0:20	Geminiden Maximum (sichtb. 6.-16.12. mit ZHR=120 und V=35km/s)
29.9.12, 7:35	Uranus in Opposition mit 5m,7 in den Fischen	18.12.12, 10:00	1 Ceres in Opposition im Stier (6m,7)
3.10.12, 4:35	Venus 0,2° nördlich von Regulus	20.12.12	Coma Bereniciden Maximum (sichtb. 15.12.-15.1. mit ZHR=5-10 und V=65km/s)
4.10.12, 15:00	Jupiter im Stillstand, dann rückl.	21.12.12, 12:12	Wintersonnenwende, kürzester Tag des Jahres, Winteranfang
5.10.12, 21:50	Jupiter 1,7° nördlich vom Mond	22.12.12, 9:00	Ursiden Maximum (sichtb. 16.-25.12. mit ZHR=10 und V=35km/s)
5.-9.10.12	Giacobiniden sichtb. (variable Stärke, langsam)	22.12.12, 19:00	3 Juno in Konjunktion mit der Sonne
8.10.12, 4:00	Merkur im Aphel (Sonnenferne, Abstand Sonne-Merkur 0,467 AE bzw. 69,8 Mio. km)	26.12.12, 2:00	Jupiter 1,0° nördlich vom Mond
12.10.12, 5:00	Venus 8,1° südlich vom Mond	30.12.12 15:00	Pluto in Konjunktion mit der Sonne
18.10.12, 18:00	Mond 2,1° nördlich von Mars		
21.10.12, 5:08	Orioniden Maximum (sichtb. 2. Okt. - 7. Nov. mit ZHR = 20 und V=65km/s)		
21.10.12, 8:00	4 Vesta im Stillstand, dann rückl.		
25.10.12, 9:06	Saturn in Konjunktion mit der Sonne		

* alle Uhrzeiten in MEZ

Quellen: <http://www.surveyor.in-berlin.de/himmel> • H.-U. Keller (Hrsg.): Das Kosmos Himmelsjahr, Franck-Kosmos-Verlag • Ron Baalke (Hrsg.): Space Calendar, NASA/JPL, <http://www.jpl.nasa.gov/calendar> • Fred Espenak (Hrsg.), "Twelve Year Planetary Ephemeris (TYPE)", NASA/GSFC

Mond bedeckt am 15.07. 2012 den Jupiter

von Reinhard Steinfeld



Jupiter über dem Mond unten links ist die Venus



Jupiter mit den drei Monden Ganymed, IO und Europa über unserem Mond

Wieder ist eine Bedeckung durch die Wolken beeinträchtigt worden.
Erst nachdem der Jupiter wieder hinter dem Mond hervor trat gaben die Wolken den Blick frei.



Erste Sonnenbeobachtungen in der Sternwarte auf dem SFN



Momente auf der Dachterrasse des SFN