

Geologie

...die Erde:
Gestalt/Aufbau/Entwicklung
von Klaus Podirsky

I Die Gestalt der Erde

- A) In Ägypten und auch im frühen Griechenland dachte man – teilweise - die Erde als Scheibe (siehe Astronomie: Horizont, Zenit, Nadir).
- B) Die Pythagoräer – eine griechische Mysterienschule – besaß aber auch damals schon (ca. 600 v.Chr.) ein Wissen um die Kugelgestalt der Erde; ebenso ein heliozentrisches Weltbild – als Geheimwissen.
Eratosthenes von Kyrene (290-215 v.Chr.) konnte als Erster beweisen, dass die Erde eine kugelförmige Gestalt besitzt und berechnete den Erdradius bereits mit sehr hoher Genauigkeit. Er ging dabei von zwei Beobachtungen aus, welche er jeweils am selben Tag in zwei verschiedenen Jahren, an zwei verschiedenen Orten gemacht hatte. Am 21. Juni leuchtete die Sonne – ohne Schatten zu werfen – senkrecht in den tiefen Brunnen in Syene (nördlichen Wendekreis $\sim 23,5^\circ$ n.Br.). Der hohe Obelisk in Alexandria (40° n.Br.) aber warf einen Schatten von $7,5^\circ$ Abweichung von der Senkrechten. Aus der Entfernung der beiden Orte errechnete er den Erdradius. Der Wert lag nur 5% unter dem heute bekannten Wert.
- C) Bis zum Mittelalter aber blieb das Gedankengut jenes, dass die Erde eine Scheibe sei.
- D) Erst Nikolaus Kopernikus (1473 – 1543) entwickelte neuerlich die Auffassung der Erde als Kugel und das Heliozentrische Weltbild mit der Sonne im Mittelpunkt und den Planeten (die Erde als einer davon), welche um die Sonne kreisen.
- E) Im 19. Jhdt. erkannte man, dass der Radius der Erde zum Pol hin geringer ist, als zum Äquator. Man bezeichnete die Erde als Rotationsellipsoid.
- F) Exakte Messungen aus dem Weltraum ergaben, dass weitere Abweichungen von der Idealkugel bestehen. Heute bezeichnet man die Erde als „Geoid“ (griech.: geos: Erde), eine Fläche gleicher Schwerekräfte.

Vom Weltraum aus betrachtet zeigt uns die Erde ein ganz besonderes, charakteristisches Bild. Sie unterscheidet sich dadurch auf höchst bemerkenswerte Art von allen anderen Planeten unseres Sonnensystems. Ihre glänzende, blau-weiß gesprenkelte Erscheinung strahlt Frische aus, wie eine „lebende Blüte“. Unsere Nachbarplaneten Venus und Mars haben eine völlig andere „Physiognomie“.

Die Venus ist von stumpfer, matter, bräunlich-gelber Farbe; dichte Wolkenschichten und Kohlendioxidnebel (CO_2 96%) verhindern jeglichen Durchblick auf die Oberfläche.

Ebenso der Mars: etwas stumpf Rötliches blickt uns entgegen. Ein tristes Bild: viele Krater und eine dünne Atmosphäre (CO_2 95%).

Der strahlend reine Anblick der Erde täuscht nicht: hier ist die Luft „gut“ und gesund (80% N Stickstoff, 20% O_2 Sauerstoff, nur 0,03% CO_2). Wie eine wunderbare Christbaumkugel erschien sie den ersten Raumfahrern.

Betrachten wir die Erde vom Kosmos aus – oder ihr Abbild in Form des Globus, so erkennen wir, dass Land und Wasser nicht gleichmäßig verteilt sind. Es gibt wesentlich mehr Wasserflächen als Landflächen; vor allem auf der Südhalbkugel (89% Wasser, 11% Land – also 8-mal soviel Wasser wie Land). Auf der Nordhalbkugel ist es etwa Halbe – Halbe (53% Wasser, 47% Land). Man spricht daher auch von der „Wasserhalbkugel“ (S) und der „Landhalbkugel“ (N).

Gesamt gesehen bedecken die Landflächen $\sim 30\%$ der Erdoberfläche und Wasserflächen $\sim 70\%$.

Betrachten wir die verschiedenen Kontinente, so finden wir immer wieder ähnliche Dreiecksformen mit der Spitze nach Süden.

Außerdem ist auffällig, dass der Nordpol der Erde im Meer liegt, während der Südpol am antarktischen Kontinent liegt.

Wir unterscheiden 5 Kontinente: Eurasien, Amerika, Afrika, Antarktis, Australien; und
3 große Meere: Pazifik (das älteste Meer), Atlantik, Indischer Ozean (Indik).

II Das Gebirgskreuz der Erde

Wie wir wissen hat die Erde annähernd die Gestalt einer Kugel mit dem Radius von etwa 6370 km. Im Vergleich dazu sind die Erhebungen auf der Oberfläche von äußerst geringem Ausmaß, ebenso die Tiefe der Meere. Trotzdem aber gibt es – ausgehend vom menschlichen Maß – gewaltige Gebirgszüge mit Höhen bis fast 9000 m über dem Meeresspiegel (Mount Everest 8850 m). Im Vergleich noch gewaltiger sind die großen Tiefseegräben (Marianengraben in Ostasien, südwestlich Guam, max. Tiefe: 11000m).

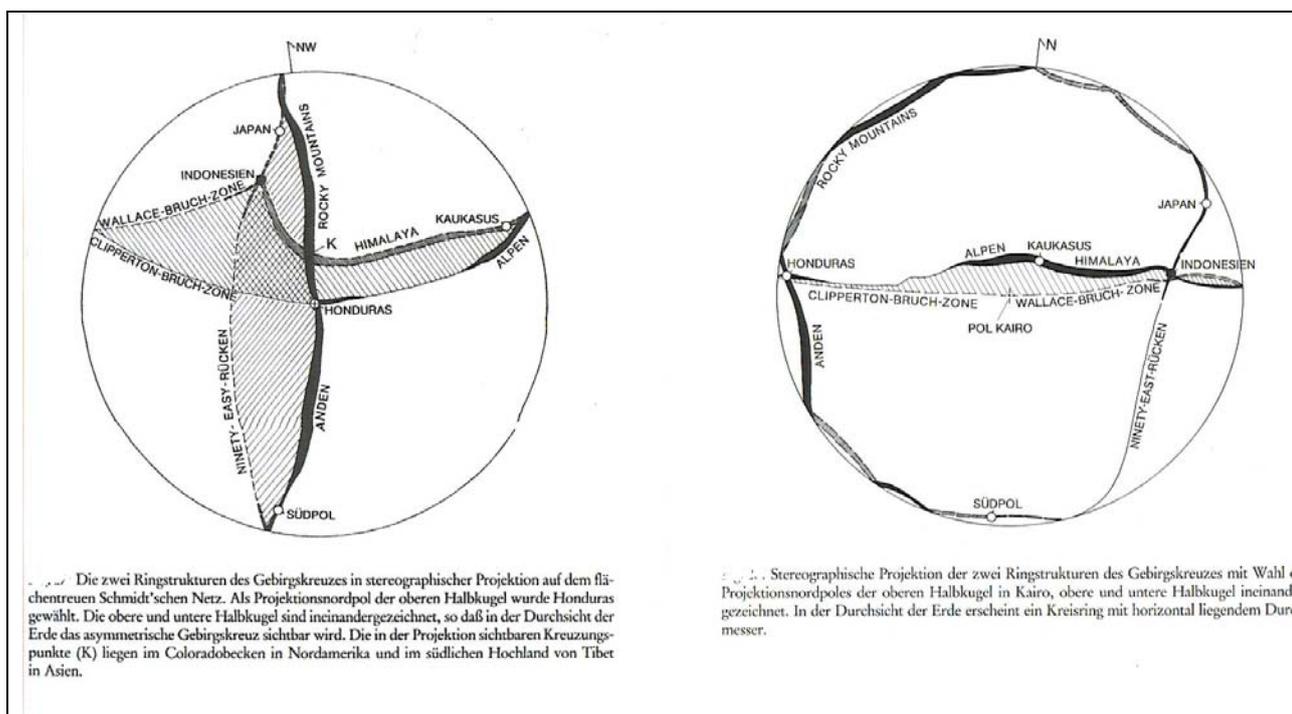
Es gibt aber auch Gebirge in den Meeren mit mehr als 4000m Höhe über dem angrenzenden Tiefseeboden – der so genannte Mittel-Ozeanische Rücken (MOR), von dem noch viel die Rede sein wird.

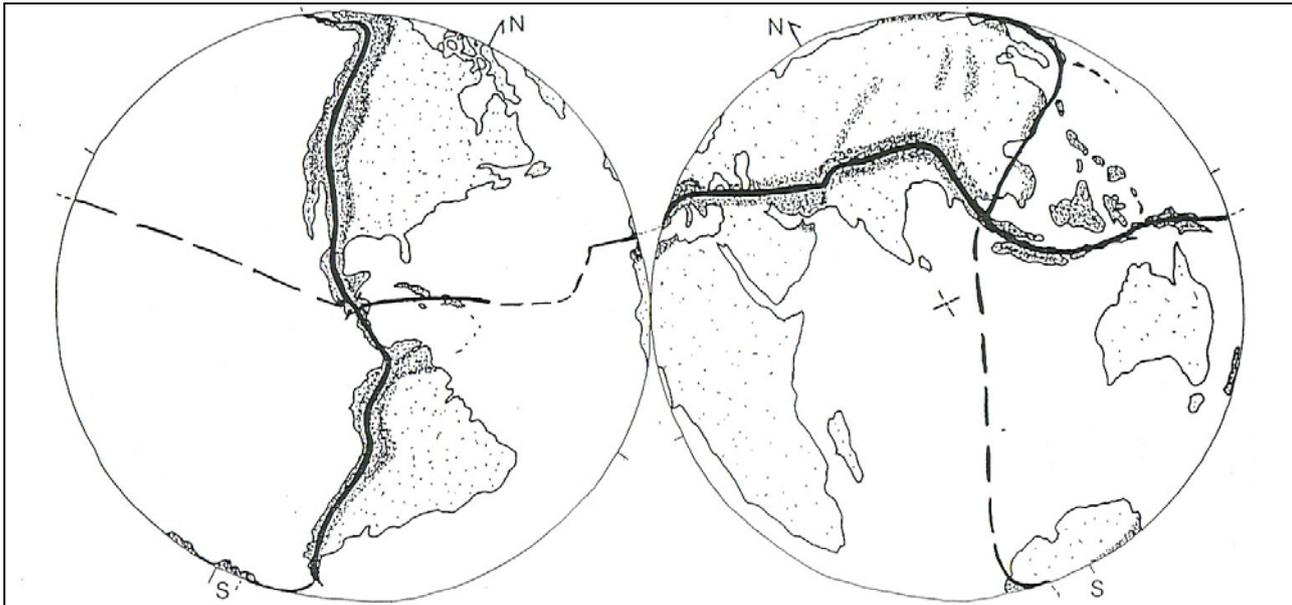
Die auffälligsten Landgebirgszüge schließen sich unter dem Meeresspiegel mit den dort vorhandenen Gebirgszügen und Plateaus (z.B: 8000 km durch den Indischen Ozean: der Ninety-East-Rücken bis zum Kerguelen-Plateau am 40. südl. Breitengrad im Südindik) zu erdumspannenden Gebirgsformationen.

Es gibt zwei derartige, sich kreuzende Gebirgszüge:

↪ Einer verläuft in N-S Richtung längs der Westküste des amerikanischen Doppelkontinents (Anden - Rocky Mountains) am Nordpol vorbei, die Ostküste Asiens entlang nach Indochina und weiter den Ninety-East-Rücken bis zum Südpol, Nordsporn der Antarktis bis Feuerland, wo er sich wieder mit den Anden schließt.

↪ Der Zweite wird gebildet aus: Alpen – Kaukasus – Himalaya – Indochina – Neuguinea, dann quer durch den Pazifik über die Samoa-Inseln, Clipperton-Bruchzone nach Honduras in Mittelamerika, Antillen-Inseln, durch den Atlantik (MOR) wieder nach Europa. Er verläuft somit nahe dem Äquator in O-W Richtung. Auf diese Weise betrachtet, erkennen wir auf der Oberfläche unserer Erde ein Gebirgskreuz, das die ganze Erde umspannt (siehe Kopien).





Die das Gebirgskreuz bildenden zwei orthogonalen Ringstrukturen in der Ansicht auf dem Globus.

III Der Erdmittelpunkt – ein tektonischer Spiegelungspunkt

Wie wir bereits festgestellt haben, sind Wasser und Land auf der Erdoberfläche nicht gleichmäßig verteilt – was ja auf den ersten Blick bereits deutlich wird: relativ vielen Landmassen auf der Nordhalbkugel stehen große Wassermassen auf der Südhalbkugel gegenüber.

Dieses „Stehen gegenüber“ hat aber offenbar nicht nur bezüglich der Verteilung von Land und Wasser seine Bedeutung, sondern auch ganz wörtlich genommen.

Wir bemerkten bereits, dass eine „Bohrung“ von Mitteleuropa (Österreich) durch den Erdmittelpunkt zwischen Australien und Neuseeland im Pazifik enden würde. Wie sieht es mit anderen solcher „Zentralbohrungen“ aus?

In der folgenden Kopie wird deutlich, was eine jeweilige Spiegelung über den Erdmittelpunkt als Spiegelungszentrum, zeigt: jeder Landmasse steht – gespiegelt über den Erdmittelpunkt – eine Wassermasse gegenüber.

IV Erdgeschichtliche Zeitalter

Die Erde gibt es – wenn man im heute üblichen Zeitmaß(stab) rechnet – seit etwa 4,6 Mrd. Jahren (4600 Mio. J.). Der Mond hatte sich bereits in dieser Frühzeit aus der Erde herausgelöst. Wir wollen die spätere geologische Entwicklung betrachten.

1.) Erdurzeit – Präkambrium (4000 Mio. – 570 Mio. Jahre)

Die Erdoberfläche beginnt eine Kruste zu bilden; es entstehen die so genannten Urgesteinschilde (auch Tafeln oder Plattformen genannt). Diese bilden die Kerne der heutigen Kontinente. Es waren dies kleine Krustenblöcke, welche bis vor ca. 2500 Mio. Jahren „zusammengeschweißt“ wurden. Die Verbindungsgesteine waren „Weißstein“ (Granulit – feinkörniges Gestein aus Feldspat und Quarz) und „Grünstein“ (silizium- und aluminiumhaltiges Gestein: Sial – Schicht). So entstand ein Großteil der kontinentalen Kruste bereits in dieser urfernen Zeit. Diese alten Schilde haben sich bis heute in ihrer Zusammensetzung nicht mehr geändert. Ihr Gestein heißt Urgestein. Allerdings haben sie viele Bewegungen auf dem flüssigen Erdmantel, auf welchem sie „schwimmen“, mitgemacht.

2.) Erdaltertum – Paläozoikum (570 Mio. – 225 Mio. Jahre)

Nun beginnen sich jene Gebirgsformationen zu bilden, welche heute als Rumpfgebirge bezeichnet werden; die sogenannten alten Faltengebirge werden aber infolge großer Vereisung und späterer weltweiter Überflutung von den Gletschern und Wassern wieder abgetragen – erodiert, sodass heute nur Rümpfe davon übrig sind (Zentral-Asien, Great Dividing Range in Ostaustralien, Appalachen in NA, u.s.w.). Es bilden sich die ersten Granite (Erstarrungsgesteine) als Plutone.

Kohlebildung aus Farnwäldern beginnt. Es bildet sich der „Urkontinent“ – genannt Pangäa mit flachen Binnenmeeren und einem heißen Wüstenklima im Inneren; rundum ein einziger großer Ozean – Panthalassa. Es kommt zu starker Salzbildung in diesen austrocknenden inneren Meergebieten (heutige Salzlager auch in Österreich).

3.) Erdmittelalter – Mesozoikum (225 Mio. – 60 Mio. Jahre)

Der große Kontinent zerbricht in zwei Kontinente: Laurasia im Norden und Gondwana im Süden. Dadurch öffnen sich die Binnenmeere zum Tethys-See (an seinen Gestaden lag „Wien“). Das Wiener Becken war einst Meeresufergebiet.

Der Südteil von Pangäa – Gondwana – zerbricht weiter in kleinere Kontinente. Durch diese kleineren Landflächen entstehen wesentlich bessere Klimabedingungen – mehr Niederschlag fällt. Geologisch kommt es durch die Kontinentbewegungen zur Bildung der jungen Faltengebirge: Anden, Atlas, Rocky Mountains. Ihre Bildung dauert allerdings noch bis ins Tertiär (4.). Nach großräumigen Überflutungen vor ca. 140 Mio. Jahre ist alles bereit für das blühende Leben der Kreidezeit. Wieder findet eine weltweite Überflutung statt. Viele Tierarten sterben aus (Saurier) – Ende der Kreidezeit.

4.) Erdneuzeit – Känozoikum (Tertiär, Quartär 60 Mio. Jahre – heute)

Erste Säugetiere, Primaten und viele andere Tierarten entstehen. Weitere Auffaltungen nun auch im Bereich der Alpen, Karpaten, Kaukasus, Kamtschatka, Neuseeland, usw.

Die Tethys schließt sich wieder; der Meeresgrund mit seinen Ablagerungen (Kalk) wird hochgefaltet und bildet Teile der heutigen Alpen (nördl. und südl. Kalkalpen). Indien beginnt sich aus dem Südindien nach Norden zu schieben und faltet den Kalk der Tethys zum Himalaya auf. Am Ende des Tertiärs setzt starker Vulkanismus ein.

Im Quartär heben sich die alpinen Gebirge nochmals. Es kommt zu den großen Eiszeiten mit bis zu 3 km starker Vergletscherung in den Polbereichen. Das Dauereis reicht bis nach Europa (Österreich). Die Erde hat ihr heutiges Aussehen. Der Mensch beginnt auf der Erde zu leben (ca. 1 Mio. Jahre).

V Die Kontinentalverschiebungstheorie (Alfred Wegener 1912) “Plattentektonik“ / “Konvektionstektonik“

Eigentlich machte man sich früher keine Gedanken, ob die Kontinente in ihrer heutigen Form und Lage schon immer so gewesen wären. Die “Faltungen“ der Gebirge, welche schon als solche erkannt waren, dachte man sich durch ein “Schrumpfen“ unserer Erde entstanden. Dies schien lange Zeit eine sehr plausible Begründung bzw. Theorie.

Doch dann entdeckten verschiedene Forscher einige “Merkwürdigkeiten“, und man begann nach einer “Erklärung“ zu suchen; es waren dies:

- .) fossile Palmlblätterfunde und Kohle auf der Insel Spitzbergen (80° n.Br.) im nördlichen Eismeer;
- .) Känguruknochen in der Antarktis;
- .) ältere Tiergruppen in Südamerika und Afrika zeigten bedeutende Ähnlichkeiten, ganz im Gegensatz zu entwicklungsmäßig späteren Tierarten (siehe Kopie nächste Seite).

Erst Alfred Wegener – ein Deutscher, Professor in Graz – erkannte die durchaus auffällige, aber damals noch unbemerkte Ähnlichkeit der Küstenlinie von Nord- und Südamerika mit jener von Europa (abgesehen von England/Irland, welches aber geologisch betrachtet keine Insel darstellt, sondern am europäischen Kontinentalschelf liegt).

Weiters kannte man damals bereits eine eigentümliche Zone in der Mitte des Atlantiks – eine “Linie“ am Meeresgrund - welche ebenfalls exakt diese Küstenformation nachzeichnet; allerdings in (etwa) gleichem Abstand zwischen Amerikas und Europa/Afrikas Küsten. Diese Zone wird heute als Mittelozeanischer Rücken (MOR) bezeichnet und ist ein Gebirge unter dem Meeresspiegel von nahezu 2500 m Höhe – verglichen mit dem Niveau des benachbarten Tiefseebeckens.

Wie hatte man diesen MOZ entdeckt?

1860, als man das erste Transatlantikkabel (Telegraphenverbindung) zwischen England und Neufundland (östl. Zipfel Kanadas) legte, maß man zugleich die Tiefe des Meeres. Dabei zeigte sich, dass vor Englands Küste (-150 m) der Meeresboden zunächst ziemlich schroff auf etwa -3000 m sank, dann kontinuierlich auf etwa -1500 m anstieg, dann wieder kurz auf -1700 m fiel um wieder auf -1500 m zu steigen. Dann sank er wieder bis knapp vor Neufundland auf -4000 m und stieg abrupt, jäh auf -100 m.

Das Kabel zerriss immer wieder exakt an der Mitte dieses Gebirgsrückens. Wegeners Gedanke, den er 1912 veröffentlichte: ein Urkontinent Pangäa (seine Namensgebung), dessen Schollen in einem langen Zeitraum auseinander gedriftet waren – bis zur heutigen Lage. Seine Überlegung erwies sich als richtig. Allerdings erlebte Wegener die fachliche Anerkennung seiner Theorie selbst nicht mehr. Er starb 1930 bei einer seiner drei Grönlandexpeditionen. Erst 1964 (also vor etwa 40 Jahren!) wurde seine Theorie – “Plattentektonik“, heute “Konvektionstektonik“ genannt - von der geologischen Wissenschaft anerkannt.

In allen Ozeanen hat man mittlerweile derartige, 1000-te Kilometer lange Gebirgsketten entdeckt, welche alle geologisch ähnlicher Natur sind, wie jener Abschnitt des MOR im Atlantik. Überall dort kann der gleiche Vorgang beobachtet werden: im Zentralgraben steigt ständig heißes Magma (~1000° C) aus dem Erdmantel auf, kühlt sich im Meerwasser ab und erstarrt. Die Zentralgräben sind somit eine 1000-de Kilometer lange Öffnung in der Erdkruste, wo Magmastein aus dem Erdinnern hochsteigt und neuen Meeresboden bildet - und über Jahrmillionen: Meeresgebirgszüge.

Natürlich müssen aber auch wieder – an anderer Stelle – Gesteinsschichten in den Erdmantel absinken, wo sie wieder verflüssigt werden und neu gemischt; teilweise sinken sie weiter ab bis zum Boden des Erdmantels (fast 3000 km Tiefe), wo sie an der Kern-Mantelgrenzschicht “Schutthalden abgetauchter Erdkruste“ bilden (Spektrum der Wissenschaft 8/91 S 76). Oder sie kommen in späterer Zeit – verändert – zur Oberfläche hoch, wie zum Beispiel Gneis (aus Erstarrungsgesteinsschichten), oder Schiefer, Quarzit, Marmor (aus Sedimentschichten). Man nennt diese durch Hitze und Druck verwandelten Gesteine: Umwandlungsgesteine – “Metamorphe Gesteine“ (siehe VIII “Gesteine“).

Im Fall, dass sich Bereiche dieser Ozeanischen Rücken im Zentralgraben „verstopfen“, oder Verengungen entstehen, treten an dieser Stelle Erdbeben auf, wodurch sich neue Öffnungen bilden, aus denen das Magma hoch quellen kann; generell kann man allerdings sagen, dass der Vulkanismus in diesen Zonen – im Gegensatz zu Vulkanismus an kontinentalen Randzonen - mit bedeutend geringerem Druck von statten geht (siehe VII “Vulkanismus“).

VI Der Aufbau der Erde

Die Erde hat einen Durchmesser von ~ 12740 km (also etwa 13000 km).

Die feste Gesteinsschicht (Lithosphäre; litho, griech.: Stein) - die Erdkruste – ist verschieden dick und besteht aus zweierlei Arten von Gestein.

- 1.) Alle Ozeanböden bestehen aus so genanntem Grünkstein (geologisch-chemisch: Silikate, Magnesite). Diese Schicht wird kurz als SIMA-Schicht bezeichnet. Sie bildet den festen Grund der Ozeane und ist nur 5 bis 15 km dick. Im ältesten Ozean, dem Pazifik, ist sie teilweise am dünnsten. In den "jungen" Ozeanen (Atlantik, Indik) meist dicker. Auch diese Ozeanböden bewegen sich. Wo sie auf Kontinente stoßen, schieben die Ozeanplatten der "jungen" Ozeane (Atlantik, Indik) die Kontinentalplatten vor sich her (Atlantiköffnung, Ostküste SA, NA; Indien); die "alten" Ozeanböden des Pazifik jedoch tauchen unter den Kontinenten ab (Westküste SA, NA; Asien Ostküste).(siehe VII Vulkanismus).
- 2.) Alle Kontinente haben eine Tiefe von etwa 60km und somit etwas wie "Wurzeln" im Erdmantel. Die Kontinentalblöcke bestehen aus dem weniger dichten Silikat-Aluminium-Gestein (SIAL-Schicht). Die Kontinente "schwimmen" somit, ähnlich Eisbergen, im plastisch-flüssigen Erdmantelgestein.

Temperaturmessungen durch Erdbebenwellenanalysen zeigen, dass der Erdmantel unter den Kontinenten eher kühl ist, unter den Ozeanen heißer (bis etwa 200 km Tiefe). Durch diese Unterschiede entstehen Strömungen (Konvektion) im Erdmantel; ähnlich den Bewegungen in der Atmosphäre, durch unterschiedliche Temperaturen in der Luft. Diese Konvektionen bewirken eine beständige, langsame Bewegung des flüssigen Gesteins im Erdmantel bis etwa 670 km Tiefe (oberer Mantel), aber auch noch bis an die Grenzschicht des Erdkerns (~3000 km Tiefe).

Der Erdmantel ist bis 670 km flüssig, darunter zäh-plastisch. Die Temperatur nimmt bis zur Kern-Mantelgrenze beständig zu. An dieser Grenze in etwa 3000 km Tiefe beträgt sie etwa 3000° C; es nimmt aber auch der Druck enorm zu. An der Kern-Mantelgrenze ist der Druck etwa 1 Mio.-mal so hoch wie der äußere Luftdruck! An dieser Grenzschicht ist die irdische Gesteinsschicht (Silikatgestein) etwa so fließfähig wie Glas.

Darunter beginnt der (äußere) Erdkern. Der gesamte Kern nimmt – wie man heute weiß – mehr als die Hälfte des Gesamtdurchmessers der Erde ein. An der so genannten Kern-Mantelgrenze existiert eine relativ dünne Übergangsschicht – die so genannte D-Schicht. In dieser Zone sammeln sich Bodensätze aus Erdkrustenmaterial – eine Schutthalde für Mantel-Abfall aus Resten alter, abgetauchter Platten; außerdem finden sich hier chemische Reaktionsprodukte der Silikatgesteine (unterer Mantel) mit dem Material des Kerns. Der Erdkern selbst besteht aus einer "Eisenlegierung" (Nickel-Eisen: NiFe). Die Temperatur steigt an dieser Grenze sprunghaft um etwa 1000° C auf 4000°- 4500° C. Das Material hat hier eine Konsistenz "flüssig wie Wasser". Die Kernoberfläche rotiert mit einer Geschwindigkeit von mehreren km/h; etwa 1 Mio.-mal so schnell wie der untere Mantel. Will man sich ein Bild von der sprunghaften Zustandsänderung an dieser Grenzschicht bilden, so bietet sich vergleichbar damit lediglich die Aggregatzustands-Änderung an der Erdoberfläche an. Der äußere Erdkern reicht bis etwa 5000 km Tiefe.

Das Erdinnerste (innerer Erdkern) ist durch den weiter steigenden, enormen Druck wieder im festen Zustand. Die Temperatur ist etwa so groß wie jene an der Sonnenoberfläche (Photosphäre ~ 6000° C). Der Durchmesser des inneren Kerns beträgt etwa 2000 km (Radius 1000km).

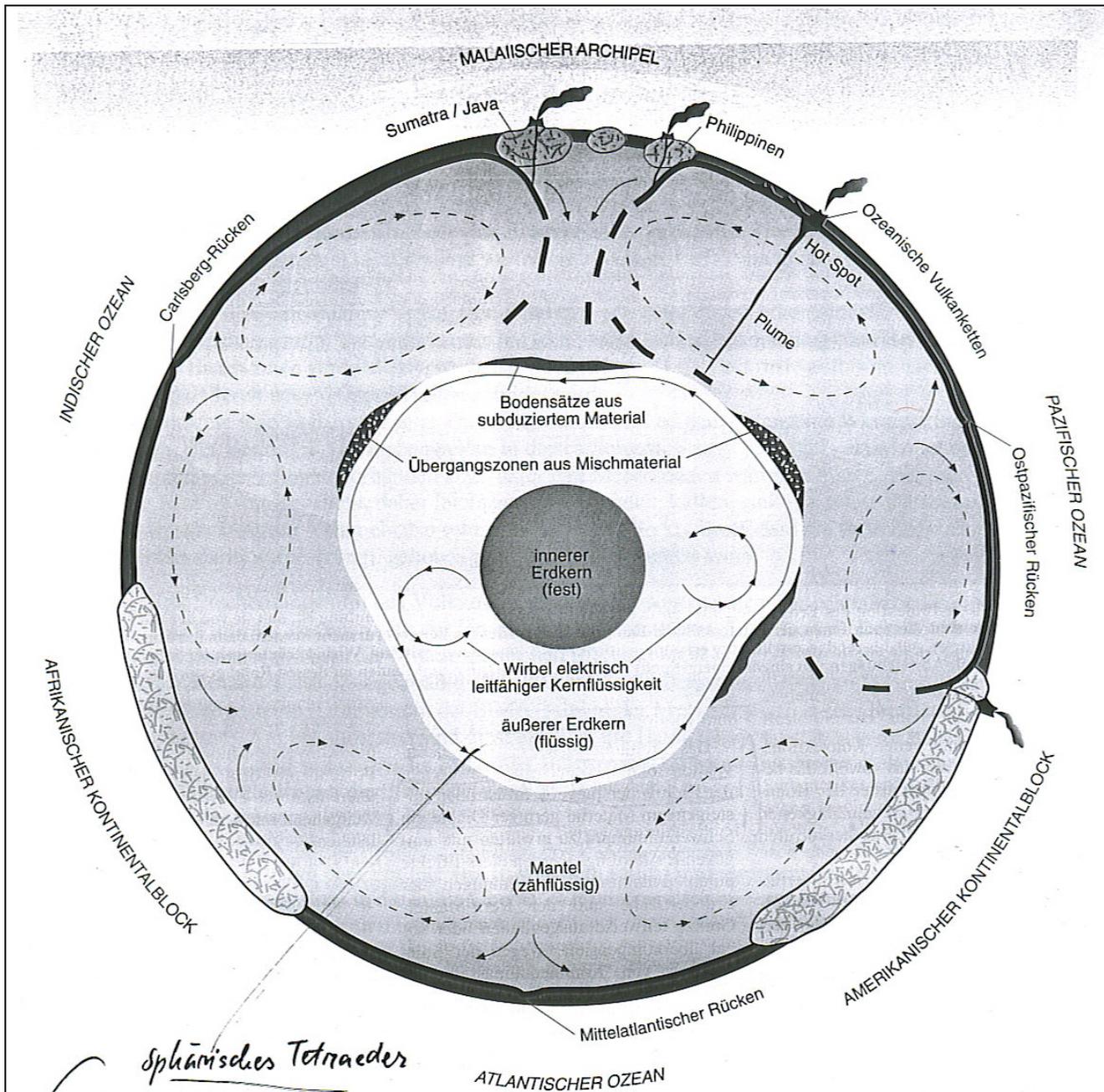
Der Erdkern als Gesamtes ist nicht exakt kugelförmig; sondern besitzt gerichtete Ausbuchtungen an vier Zonen:

) unter dem Nordpol

) unter dem Südpazifik (MOR)

) unter dem Südindik (MOR)

) unter dem Südatlantik (MOR). Diese Ausbuchtungen betragen etwa 100 km (das sind immerhin 10% des Erdkernradius). Der Erdkern hat daher in etwa die Form eines "sphärischen Tetraeders" (nächste Seite: schematisierter Erd-Querschnitt: Spektrum der Wissenschaft 11/1994).



Sphärisches Tetraeder

Dieser nicht maßstäbliche, schematische Schnitt durch die Äquatorebene der Erde (vom Südpol aus gesehen) veranschaulicht, wie ein System aus sechs Konvektionszellen im Mantel nicht nur die unregelmäßige Form des äußeren Kerns, sondern auch die Großtektonik an der Erdoberfläche und die Inhomogenitäten der D"-Schicht zu erklären vermag. Über den absteigenden Ästen der Zellen haben sich Landmassen angesammelt, während der Erdkern darunter eingedellt ist. Lithosphärenmaterial, das von den Konvektionsströmen an den Subduktionszonen in den Mantel hinabgezo-

gen wird, schmilzt teils in geringen Tiefen wieder und verursacht dadurch den Subduktionszonen-Vulkanismus; teils aber lagert es sich an der Grenze zum Kern als Bodensatz ab oder wird im tiefen Mantel aufgeschmolzen und speist dann Plumes, die den Hot-Spot-Vulkanismus hervorrufen. Über den aufsteigenden Ästen der Konvektionszellen befinden sich die mittelozeanischen Rücken, wohingegen der Kern darunter ausgebeult ist. Hier sammeln sich innerhalb der D"-Schicht Produkte der an der Kern-Mantel-Grenze ablaufenden chemischen Reaktion zwischen Silicatgestein und Eisen.

Ein wenig vereinfachend läßt sich insgesamt festhalten, daß sich im Kern drei Beulen und Dellen abwechseln, wenn man die Erde in niederen Breiten umrundet. Eine derart unregelmäßige Form des äußeren Kerns kann keinesfalls einer statischen Gleichgewichtssituation entsprechen, sondern muß durch großräumige

dynamische Prozesse im tiefen Erdinnern aktiv aufrechterhalten werden. Denn ein flüssiger Körper, der lediglich Gravitations- und Zentrifugalkräften ausgesetzt ist, sollte die Gestalt einer abgeplatteten Kugel (eines Rotationsellipsoids) annehmen; jede Abweichung davon läßt auf Instabilitäten und Massenbewegungen schließen.

Eine naheliegende Erklärung für das gefundene Muster von Vertiefungen und Aufwölbungen des Erdkerns ist, daß es ebenso wie die Plattendrift durch thermische Konvektionsströmungen im Mantel verursacht wird. Greift man auf Wegeners Vorstellungen von Kontinental-schollen zurück, die auf dem Mantelmaterial treiben, so kann man tatsächlich

VII Vulkanismus

Wie bereits in den letzten beiden Kapiteln angesprochen, ist die Erdkruste in einer beständigen Bewegung. Dieser Bewegungsvorgang ist ein sehr langsamer. Die geologischen Wissenschaftler haben durch verschiedenste Beobachtungen, Erdbebenmessungen ihre Theorien erhärtet, dass auch der gesamte Erdmantel (670 km und weiter bis 3000 km Tiefe) von gigantischen Konvektionsströmen umgewälzt wird.

Betrachten wir den (tetraedalen) Erdkern im Schnitt (siehe Kap.VI), so erkennen wir, dass überall dort, wo der Erdkern seine Tetraederkanten hat (d.h.: seine größte Ausdehnung), auf der Erdoberfläche jene Bruchzonen sind (MOR), wo heiße Lava (Magma) die Erdkruste aufbricht, sich ausbreitet und dadurch neuer (Ozean)Boden gebildet wird.

Es gibt verschiedene sich ergänzende Theorien, warum im Erdmantel derartige Wärmeströmungen existieren. Der Verlauf der Erdbebenwellen in diesen Schichten zeigt jedenfalls, dass unter den Kontinenten kältere Zonen vorhanden sind, unter den Meeresböden wärmere Zonen. Wärmere Materie aber ist weniger dicht, daher leichter und steigt hoch, kältere sinkt ab. Diese Bewegungen sind sehr, sehr langsam – aber ebenso sehr, sehr kraftvoll. So kraftvoll, dass die feste Erdkruste (15– 60 km stark) aufgesprengt, gehoben und verschoben werden kann.

Eine weitere Erscheinungsform des Vulkanismus stellen die so genannten “hot-spots“ (heiße Flecken) dar; es sind Vulkane, an denen sich der Druck aus dem Erdinneren „Luft macht“. Derartige hot-spot- Vulkane befinden sich längs der Mittelozeanischen Rücken (MOR) - den Dehnungszonen der Erdkruste (Abstand ziemlich regelmäßig alle 100 km). Ihr Vulkanismus bringt im Wesentlichen basische Basaltgesteine (Grüngestein der SIMA-Schicht der Meeresböden) an die Oberfläche (Ergussgesteine). Am bekanntesten sind diesbezüglich die Hawaii-Inseln, welche so entstanden.

Der hot-spot perforiert sozusagen die Erdkruste, indem seine Lage im Erdinneren mehr oder weniger stabil bleibt, während die Erdkruste darüber - infolge der Bildung neuen Bodens an den MORs – ständig weitergeschoben wird.

Hot-spots unter den Kontinenten, bzw. an ihrem Rand (z.B.: Andengebiet in SA, Mt. St. Helen an NAs Wstküste), bilden eher Plutone aus, in welche saure Granitgesteine (Granitplutone) aus der heißen inneren Erde in die kühle Oberschicht unseres Lebensraumes treten. Derartige Granitplutone stellen eine, von ungeheuren Kräften nach oben getragene Quellung dar – vergleichbar einer im Schlamm aufsteigenden Blase. Durch diese Quellungen werden darüber befindlichen Gesteinsschichten hochgestemmt. Die Plutone erstarren meist langsam unter der Erdoberfläche (Erstarrungsgestein) und kristallisieren unter dem enormen Druck zu dem, was wir als Granit kennen. Es sind dies die härtesten Gesteine auf unserer Erde (z.B.: Diorit – ein Granit, aus dem die Ägypter die Chefrenstatue schlugen). Manchmal jedoch brechen auch diese kontinentalen hot-spot-Plutone durch die Erdkruste; ihre Sprengwirkung ist katastrophal (Mt. St. Helen 1980)!

Eine dritte Art des Vulkanismus steht indirekt ebenfalls im Zusammenhang mit der Bildung neuen Meeresbodens (“sea-floor-spreading“) entlang der MOR; denn die „alte Erdhaut“ Pazifikboden schiebt sich überall unter die angrenzenden Kontinente. In diesen Abtauchzonen entstehen die größten Tiefseegräben, Faltengebirge an den Kontinentalrändern und so genannte Stratovulkane (kegelförmig). Der Biologe James Lovelock postuliert, dass der abgelagerte Kalk der Meerestiere den Aufschmelzvorgang der Platten, welche unter die Kontinente verfrachtet werden, unterstützt; sodass die abtauchenden Gesteine bereits in nur etwa 700 m Tiefe schmelzen. Kalkschlamm und Wasser bewirken durch Verdampfung enormen Druck. Dampf sprengt das Gestein – Vulkane an Kontinentalrändern entstehen.

Wir erkennen somit eine Art “Stoffwechsel“, ein “Recycling“ alter Meeresböden (Pazifik), welche unter die Kontinente geschoben werden; während die tektonisch „jungen“ Meeresböden (Atlantik, Indik) die Kontinente vor sich herschieben (siehe Kopie).

Interessant ist es auch zu verfolgen, wo sich große Lagerstätten verschiedener Metalle auf der Erde befinden; denn dabei wird deutlich, dass viele dieser Lagerstätten mit dem Vulkanismus in engem Zusammenhang stehen: die flüssigen Metalle sammeln sich entsprechend ihrer spezifischen Gewichte in zusammenhängenden Lagern ("Adern"), sondern sich dadurch von anderen Stoffen ab und erstarren (siehe Kopie der Goldlagerstätten).

Zusammenfassend kann gesagt werden:

Es gibt zwei unterschiedliche Arten von Vulkanismus – jeweils begleitet von Erdbeben:

1.) am Mittelozeanischen Rücken (MOR)

Flachbeben bis 70 km Tiefe
Erdbeben durch: Auseinanderreißen der
Plattenböden der Ozeane
Gleichmäßiger Lavaausfluss
Schildvulkane
Chem.: basische Basaltgesteine
Grüngestein (SIMA-Schicht)
Senkrecht oberhalb der Erdkernkanten
Entspannungszonen der Erdrinde

2.) an den Kontinentalrändern

Tiefenbeben bis 300 km Tiefe
Erdbeben durch: Reibung der Platten
(Bewegungsbeben)
Explosionsartige Eruption
Vulkankegel
Chem.: Saure Plutonitgesteine, Granite,
kalkalkalisches Gestein (SIAL-Schicht)
Senkrecht oberhalb der Abkalkung unter
Spannungs-, Druckzonen der Erdrinde

Vulkanismus ist nicht gleich Vulkanismus / Erdbeben ist nicht gleich Erdbeben!

Wie heute bekannt, sind aber nicht nur innere Erdprozesse (Konvektion im Mantelmagma) für die Bewegungen der Erdkruste verantwortlich, sondern ebenso kosmische Einwirkungen. Vor allem „unser Stern“, die Sonne – wirkt ebenfalls mit. Es gibt heute sogar die naturwissenschaftliche These, dass die Bewegung der Erdkruste (Plattentektonik) überhaupt erst durch die Sonnenwirkungen für die Lebensprozesse auf der Erde in Gang gesetzt wurde (siehe Zitat James Lovelock "GAIA – Die Erde ist ein Lebewesen"). Die Erde ist - soweit wir wissen - der einzige Planet in unserem Sonnensystem, der eine bewegliche Kruste besitzt, und bei dem es somit zu einer ständigen Erneuerung seiner Gesteinsschichten kommt.

VIII Gesteine / Minerale

A) Gesteine

Wenn man von "Gestein" spricht, so meint man damit Teile der festen Erdkruste, welche auf größeren Gebieten aus gleichen Mineralen (B) bestehen.

1.) Unterscheidung nach ihrer groben **Konsistenz** (Zustand)

a) Festgesteine: z.B.: Granit, Kalk, Marmor, Glimmerschiefer,...

b) Lockergesteine: z.B.: Tone, Sande, Mergel, Kreiden, Schotter,...

In diesen Gesteinen gibt es dann verschiedene Erze, Kristalle, Kohle, Erdöl, etc.

2.) Unterscheidung auf Grund ihrer **Entstehungsart**

a) Erstarrungsgesteine (erstarrt aus flüssigem Magma des Erdmantels)

Haben sich diese Gesteine auf der Erdoberfläche ergossen, so nennt man sie:

Ergussgesteine:

Diese Gesteine entstehen bei Vulkanismus und schneller Erkaltung an der Oberfläche (im Wasser/an der Luft); sie haben dadurch wenig Zeit um vollständig durchzukristallisieren (Basalt - geringere Härte), oder sie sind porös (Bimsstein).

Sind sie aber bereits in der Erdtiefe erstarrt, so bezeichnet man sie als:

Tiefengesteine (Plutonite):

Derartige Tiefengesteine sind langsam erkaltet und daher vollkommen auskristallisiert (Granite – große Härte), siehe Kopie.

b) Absetzgesteine (Sedimente)

Trümmergesteine, durch Erosion gebildet (Tone, Sande, Schotter), oder

Chemische Sedimente aus den Meeren (Kalktuff, Gips, Salz), oder

Sedimente von Lebewesen (Kalkgesteine, Kreide, Feuerstein; Kohle)

c) Umprägungsgesteine (Metamorphe Gesteine)

Derartige Gesteine werden durch Hitze und Druck aus den beiden oben genannten Gruppen a),

b) umgeprägt, umgewandelt;

z.B.: Gneis aus a);

Glimmerschiefer, Granulit, Quarzit, Marmor aus b).

B) Minerale

Die Minerale bauen die Gesteine (A) auf.

Granitgestein zum Beispiel baut sich immer aus den Mineralen Feldspat, Quarz und Glimmer auf. (das Wort "Spat" deutet immer auf gute Spaltbarkeit hin).

Minerale sind sowohl stofflich, als auch bezüglich der inneren Strukturen gleichartige Bestandteile der Erdkruste.

C) Kristalle

Kristalle sind besonders strukturierte Minerale. Sie haben eine besonders schöne Gestalt, mit besonderen Symmetrien. Auch ihre Farbigkeit ist oft auffällig; z.B.: Quarz/Bergkristall, Gipskristalle, Spatkristalle, Pyrit, Granat, Fluorit, Amethyst, Diamant; aber auch Salz und Zucker sind Kristalle. Der Diamant hat von allen irdischen, natürlichen Materialien die größte Härte.