

Stefan Schill  
 Oberer Haldenweg 8  
 73207 Plochingen  
 Schill.Stefan@t-online.de

# DER BLAUE PLANET

Die Erde und der Mond (*aus VISIBLE EARTH*)



... In kürzester Zeit hatte sich das Universum abgekühlt. Die vier Wechselwirkungen waren gerade erfunden. Da begannen bereits die ersten Sonnen zu erglühen. Der Massendefekt der Kernfusionen gab ihre Sonnenstrahlen frei. Hin und wieder explodierte eine Sonne. Eine Energiewelle verwandelte Elektronen, Protonen und Neutronen in schwere Atome. Nach vielen Generationen von Sonnensystemen war es dann endlich soweit. Unser Sonnensystem mit dem Planeten Erde war geboren. Seitdem streiten sich über 100 verschiedene Atome um die energetisch günstigsten Verbindungen. Die wenigen Lichtblicke seien hier notiert ...

Zeit (s)	$10^{-44}$	$10^{-36}$	$10^{-28}$	$10^{-12}$ ...
Temp (K)	$10^{32}$	$10^{28}$	$10^{24}$	$10^{16}$ ...
Radius (m)	$10^{-35}$	$10^{-1}$	$10^3$	$10^{11}$ ...
				elektro- magnetische schwache
				starke Wechselwirkung
				Gravitation
				? Materie/Antimaterie
				? Urknall

*(aus TAUBE)*

Ein Teilchen steht für das Wesen Substanz.

*Wenn jemand fragt: 'Was ist da drin?', dann lautet die Antwort: 'Diese und jene Teilchen.'*

Eine Welle steht für das Wesen Körper.

*Wenn jemand fragt: 'Was ist da drin?', dann lautet die Antwort: 'Gar nichts. Mehrere Wellen überlagern sich und erzeugen den Anschein eines Behältnisses.'*

Teilchen und Wellen sind aufeinander angewiesen.

- *Wenn sich eine Welle ausbreiten soll, so klappt dieses nur innerhalb eines Mediums.*
- *Wenn ein Teilchen an mehreren Stellen gleichzeitig sein soll, so klappt dieses nur als Welle.*

Neben dem Wesen Körper und dem Wesen Substanz gibt es noch das Wesen Materie.

*Wenn jemand fragt: 'Was ist da drin?', dann lautet die Antwort: 'Ich weiss es nicht, aber es muss irgendetwas geben, denn dieses Etwas kann nur unter ganz bestimmten Rahmenbedingungen erzeugt werden.'*

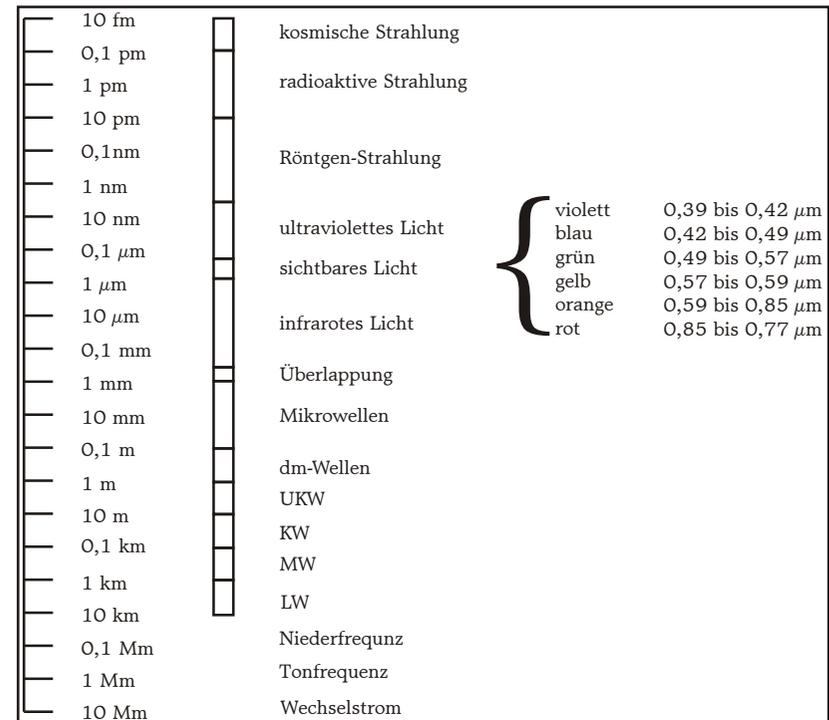
Der Begriff Materie wird in der Wissenschaft immer dann verwendet, wenn die entsprechende Substanz bzw. Welle noch nicht bekannt ist. Streng genommen ist also all das Materie, was noch unbekannt ist. Jeder Wissenschaftler sollte demnach bestrebt sein, seine Materie besser kennenzulernen.

*In diesem VHS-Skript werde ich Sie mit der geographischen Materie vertraut machen. Es geht darum, in kurzen und leicht verständlichen Texten den roten Faden auf dem Planeten Erde aufzuzeigen.*

Die Bausteine einer Welle sind Frequenz und Wellenlänge.

*Die Frequenz  $f$  multipliziert mit der Wellenlänge  $\lambda$  ergibt die Ausbreitungsgeschwindigkeit  $c$  einer Welle.*

Das Spektrum der nicht-mechanischen Wellenlängen



Nicht-mechanische Wellen reisen mit konstanter (?) Geschwindigkeit durch die Materie. Mechanische Wellen verändern dagegen ihre Ausbreitungsgeschwindigkeit, wenn sie in ein neues Medium eindringen.

*Druckwellen, Schallwellen, Erdbebenwellen*

Jeder Energietransport ist verlustbehaftet und nährt auf diese Weise ein Kraftfeld (Gravitation?).

Die physikalischen Gesetze gelten nicht ewig. Damit sie zutreffen, müssen bestimmte Teilchen vorhanden sein.

Die **Gravitation** wirkt über mittlere Distanzen. Gravitonen bewirken,

- daß es auf der Erde ein Oben und ein Unten gibt, obwohl diese keine Scheibe sondern ein Rotationsellipsoid ist.

*Um den Äquator hat die Erdkugel einen Wulst.*

- daß sich die Erde und andere Himmelskörper um die Sonne (bzw. um die Erde) drehen.

*– Jupiter entstammt einer fremden Welt und wurde irgendwann von der Schwerkraft der Sonne eingefangen. Seine Gravitation lenkt Himmelskörper von der Erde ab.*

*– Der Mond stabilisiert die Drehachse der Erde.*

Die **Starke Wechselwirkung** wirkt über kürzeste Distanzen. Gluonen bewirken,

- daß sich Quarks gruppieren

$Q+Q \rightarrow \text{Meson}$

$(Q + Q) + Q \rightarrow \text{Baryon (Proton, Neutron, Lambda ...)}$

- daß Protonen und Neutronen Atomkerne aufbauen  
*Atomkerne (Nuklide) mit unterschiedlicher Protonen- bzw. Neutronen-Zahl heißen Isotope.*

*– Isotope sind häufig instabil (radioaktiv).*

*– Den stabilsten Atomkern hat Fe (26 P und 26 N).*

- daß einzelne Quarks mehr Masse haben als gruppierte

Die **Schwache Wechselwirkung** wirkt über kürzeste Distanzen. Bosonen bewirken,

- daß es Elektronen gibt ( $P \rightarrow N + \text{Elektron} \ \& \ \text{Neutrino}$ )
- daß Atomkerne zerfallen ( $\text{Atomkern} \rightarrow (2P+2N) + \text{Rest}$ )

Die **Elektro-Magnetische Wechselwirkung** wirkt über kurze und weiteste Distanzen. Photonen bewirken,

- daß es Licht gibt.

*Die Atomhülle verliert Energie in Form von Photonen.*

- daß sich unter Strom ein Magnetfeld bildet.

*Elektronen wandern von der Anode zur Kathode*

- daß die Erde ein Magnetfeld hat.

*– Nord und Süd polen sich alle  $\sim 500000$  Jahre um.*

*– Die Magnetosphäre umgibt die Atmosphäre und wird durch den Sonnenwind (P und Elektronen) deformiert .*

*– Wo das magnetische Feld schwach ist (Dipol), erzeugt das solare Plasma Polarlichter und Radiowellen.*

- daß bestimmte Atome stabil sind.

*Die negativ geladenen Elektronen umhüllen den positiv geladenen Atomkern.*

- daß diese Atome Bindungen eingehen.

Den subatomare Teilchenzoo gibt es in zwei Variationen, einmal für Materie (und einmal für Anti-Materie).

- Quarks

*– u, d, c, s, t, b*

*– 2-er Gruppe  $\sim$  Mesonen*

*– 3-er Gruppe  $\sim$  Baryonen, z. B. Proton, Neutron*

- Leptonen

*– Elektron & Neutrino (Positron = Anti-Elektron)*

*– Tauon & Neutrino*

*– Myon & Neutrino*

- Trägerteilchen

*– Graviton*

*– Gluon*

*– Boson*

*– Photon*

# Das System der Elemente

Elemente in derselben Spalte haben ähnliche Elektronenhüllen  
 Elemente in derselben Reihe bilden eine Periode

H Wasserstoff																He Helium	
Li Lithium	Be Beryllium											B Bor	C Kohlenstoff	N Stickstoff	O Sauerstoff	F Fluor	Ne Neon
Na Natrium	Mg Magnesium											Al Aluminium	Si Silicium	P Phosphor	S Schwefel	Cl Chlor	Ar Argon
K Kalium	Ca Calcium	Sc Scandium	Ti Titan	V Vanadium	Cr Chrom	Mn Mangan	Fe Eisen	Co Kobalt	Ni Nickel	Cu Kupfer	Zn Zink	Ga Gallium	Ge Germanium	As Arsen	Se Selen	Br Brom	Kr Krypton
Rb Rubidium	Sc Strontium	Y Yttrium	Zr Zirkon	Nb Niob	Mo Molybdän	Tc Technetium	Ru Ruthenium	Rh Rhodium	Pd Palladium	Ag Silber	Cd Cadmium	In Indium	Sn Zinn	Sb Antimon	Te Tellur	I Jod	Xe Xenon
Cs Cäsium	Ba Barium	La Lanthan	Hf Hafnium	Ta Tantal	W Wolfram	Re Rhenium	Os Osmium	Ir Iridium	Pt Platin	Au Gold	Hg Quecksilber	Tl Thallium	Pb Blei	Bi Bismut	Po Polonium	At Astat	Rn Radon
Fr Francium	Ra Radium	Ac Actinium	Rf Rutherfordium	Db	Sg	Bh	Hs	Mt									

Ce Cerium	Pr Praseodym	Nd Neodym	Pm Promethium	Sm Samarium	Eu Europium	Gd Gadolinium	Tb Terbium	Dy Dysprosium	Ho Holmium	Er Erbium	Tm Thulium	Yb Ytterbium	Lu Lutetium
Th Thorium	Pa Protactinium	U Uran	Np Neptunium	Pu Plutonium	Am Americium	Cm Curium	Bk Berkelium	Cf Californium	Es Einsteinium	Fm Fermium	Md Mendelevium	No Nobelium	Lw Lawrencium

Jedes Atom will eine energetische Lage verbessern. Da Edelgase kaum reagieren, muss deren Aufbau besonders günstig sein (die Edelgase befinden sich im Periodensystem der Elemente ganz rechts und stehen dort untereinander: He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn).

Verschiedene Fälle zur Erlangung der Edelgaskonfiguration sind denkbar:

- IONENBINDUNG: ein Elektron wandert von einem Element zum anderen und bleibt dort

*NA Cl (Na verliert, Cl gewinnt,  
dadurch wird Na zu Ne und Cl zu Ar)*

durch den Verlust bzw. Gewinn eines Elektrones verändert sich die Ladung der Elemente

sie werden zu positiv bzw. negativ geladenen Ionen\*

*\* Kation  $Na^+$  und Anion  $Cl^-$*

- ATOMBINDUNG: je ein Elektron der beiden Elemente paart sich mit dem anderen

*$H_2$  (H gewinnt jeweils, so wird H zweimal zu He)*

*– Da unterm Strich zwei Elektronen fehlen,  
müssen sich die Elektronenaufenthaltsorte (Atom-Orbitale) gegenseitig überlappen (Molekül-Orbitale).*

*– Da Moleküle neutral geladen sein sollten,  
müssen zwei Molekül-Orbitale (ein bindendes und ein antibindendes) entstanden sein.*

Die räumliche Lage der Orbitale spiegelt das Bestreben der bindenden Elektronen wider, sich möglichst weit voneinander zu entfernen (gleiche Ladungen stoßen sich ab). Im Idealfall bilden sich also Gitter. Diese haben eine geometrische Form, der eine eindeutige Formel zugeordnet werden kann. Erschwerend ist jedoch,

*– daß es von einem Element (definierte Protonenzahl) Variationen in der zugehörigen Zahl von Neutronen und Elektronen geben kann.*

*– daß ein Element aufgrund von Umwelteinflüssen seine Wertigkeit (Anzahl der möglichen Bindungen) spontan ändern kann (das Orbital nimmt eine neue Form an).*

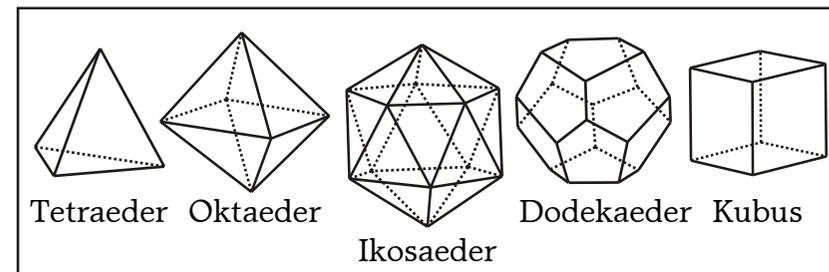
*– daß ein und die gleichen Elemente verschieden angeordnet sein können.*

*– daß es Fehlstellen in einem Gitter geben kann.*

Dazu kommen weitere Bindungsarten:

- oberflächlich
  - aus geometrischen Gründen sind die Elektronen polar verteilt ( $H_2O$ )*
  - induzierte Polarisierung (Edelgase)*
  - das einzige Elektron des H bindet bereits, das Hinterteil des H ist nackt und positiv geladen*
- ziellos umherschwirrende Elektronen
  - Metalle*
  - Aromaten*
- Doppel- oder Dreifachbindung
- Verbindungen, die sich wie ein Element verhalten

Die Platonischen Körper  
(deckungsgleiche Flächen & identische Eckwinkel)



Siliziumoxide bilden:

- Inseln (Quarz  $\text{SiO}_2$  aus  $\text{SiO}_4$ -Tetraeder, Olivin, Granat)
- Gruppen (Thorveitit)
- Ringe (Beryll, Turmalin)
- Ketten (Pyroxen)
- Doppelketten (Amphibol)
- Schichten (Glimmer/Biotit/Muskovit, Chlorite)
- Gerüste (Feldspat/Plagioklas)

Beimengungen der wichtigsten Silikate in Gewichts-%  
(aus SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL)

	Feldsp.	Plagio.	Musko.	Biotit	Pyrox.	Amph.	Olivin
$\text{SiO}_2$	63-66	44-69	39-53	33-45	47-53	39-54	38-47
$\text{TiO}_2$	.....	.....	bis 3,9	bis 10	bis 4,4		bis 3
$\text{Al}_2\text{O}_3$	19-21	19-36	20-46	9-32	1-7	4-15	.....
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	bis 0,5	.....	bis 8,3	bis 21	bis 7,6	bis 23	.....
$\text{FeO}$	.....	.....	.....	3-28	4-21	bis 9	8-12
$\text{MnO}$	.....	.....	bis 2,3	.....	.....	.....	.....
$\text{MgO}$	.....	.....	bis 2,4	bis 28	10-18	3-25	38-47
$\text{CaO}$	.....	bis 20	bis 4,5	.....	13-22	10-14	.....
$\text{Na}_2\text{O}$	bis 8,4	bis 12	bis 5,2	.....	.....	bis 2,3	.....
$\text{K}_2\text{O}$	3-16	.....	7-14	6-11	.....	bis 1,7	.....
$\text{H}_2\text{O}$	.....	.....	2-7	bis 5	.....	bis 2,7	.....

Kohlenwasserstoffe bilden

- Inseln (Methan  $\text{CH}_4$ -Tetraeder)
- Ringe (alicyclische/heterocyclische Verbindungen)
- Ketten (aliphatische Verbindungen)
- besondere Ringe (aromatische Verbindungen)

Kohlenstoff (C) bildet:

- Schichten (Graphit)
- Gerüste (Diamant)
- Fußbälle (Fulleren)

In der anorganischen Sichtweise entsprechen die Gitter einem Kristall. Diese werden unter bestimmten Bedingungen instabil.

- Schmelzen (hohe Temperatur, hoher Druck)
- Lösungen (niederer Druck, Lösungsmittel schluckt Kristallisationskeime)
- Dämpfe (hohe Temperatur, niederer Druck)

Die drei Aggregatzustände (fest, flüßig, gasförmig) sind menschliche Vereinfachungen.

*Bereits  $\text{H}_2\text{O}$  sprengt den Rahmen:*

- Schmelzpunkt bei  $0^\circ\text{C}$
- Siedepunkt bei  $100^\circ\text{C}$
- höchste Dichte bei  $4^\circ\text{C}$  (nicht fest, sondern flüßig!)
- Tieffrostkontraktion
- gefrorenes Wasser verdichtet sich zu schlecht kristallinen Eiskristallen (Schnee  $\rightarrow$  Firn  $\rightarrow$  Eis).
- Eis besteht immer aus Süßwasser, selbst wenn es sich auf offenem Meer bildet.
- Schneekristalle passen nicht in die 32 Klassen umfassende Systematik der Minerale (makroskopische Form, hat nichts mit Gitter zu tun)

Höher organisierte Materie weist prinzipiell Asymmetrien gegenüber der ursprünglichen Materie auf. Solche Veränderungen in den materialen Eigenschaften werden in der Physik als Phasenübergänge interpretiert.

- Die Anzahl der möglichen Phasenübergänge steigt ins Unermessliche, wenn man sich vor Augen hält, wie sehr sich belebte Materie von unbelebter unterscheidet.
- Vielleicht standen zu Beginn des Lebens Flüssigkristalle (haben zwei Schmelzpunkte).

Relevant für den Geo-Chemismus und für das Leben sind nur die ersten 26 Elemente (Kernfusion bis zum stabilsten Atomkern Fe). Aus ihren **Gittern** bauen sich praktisch alle anorganischen **Kristalle (Minerale)** auf. Organische 'Kristalle' und 'Minerale' sind **Monomere** bzw. **Polymere**.

– in Mineralen bzw. Polymeren können einige Atome durch artfremde ersetzt worden sein

– Minerale sind schlecht kristallin, wenn die Schmelze bzw. die Flüssigkeit, aus der sie entstanden sind, schnell abgekühlt ist (Glas).

Die Minerale setzen sich (neben O und H) vor allem aus Si, Fe und Al zusammen (in Carbonaten vor allem C und Ca, Mg). Die Grundbausteine des Lebens bestehen (neben O und H) vor allem aus C, N und P und lassen sich sowohl im Weltraumstaub bzw. in Steinmeteoriten\* nachweisen als auch experimentell erzeugen (Blitze in Uratmosphäre). Die daraus entstandenen organischen Verbindungen (Hormone, Enzyme, Vitamine, Nucleinsäuren, Zucker, Aminosäuren) sind hochmolekular (und asymmetrisch). Die resultierenden Organismen (Eukaryoten, Prokaryoten) sind chemisch nicht mehr fassbar. (Viren sind keine Organismen, sondern Fehlstellen im Erbgut.)

\* Steinmeteoriten sind älter als Eisenmeteoriten. Letztere werden als Bruchstücke zerborstener Gestirne angesehen (erstere als kondensierter Weltraumstaub), was darauf schließen lässt, daß auch die Erde einen Eisenkern hat, welcher von einem Mantel umgeben ist, der sich weiter untergliedert. Erdbebenwellen verbreiten sich nämlich so um den Globus (Laufzeit zu den Zielorten), daß es in bestimmten Tiefen der Erde Sprungstellen geben muss.

Oberhalb des Mantels befindet sich die Erdkruste. Sie existiert in zwei Variationen; einmal dicht (ozeanische Kruste) und einmal weniger dicht (kontinentale Kruste). Dies rührt daher, weil die Erde die leichten und flüchtigen Verbindungen ausschwitzt (Lithosphäre und Atmosphäre), während die schwereren Verbindungen absinken. Die Kruste schwimmt dabei wie ein Eisberg auf dem Mantel (isostatisches Gleichgewicht). An den Stellen mit hohem Gewicht (Gebirge, Eispanzer) taucht die kontinentale Kruste tief in den Mantel ein, um sich anschließend (Gebirge ist abgetragen, Eispanzer ist abgeschmolzen) wieder zu heben. Selbst die ozeanische Kruste sinkt ab (der Ozean wird tiefer), wenn Sedimente am Grund abgelagert werden. Die Anomalien des irdischen Schwerfeldes lassen sich also durch die unterschiedliche Dichten bzw. Krusten des Untergrundes erklären. Neben der Anziehungskraft des Mondes (Gezeiten) bzw. der Sonne (Springflut) sind sie für die unterschiedlich hohen Meeresspiegel in den Weltmeeren (Kontinentalschelf versus Tiefsee) verantwortlich.

In Richtung Erdmittelpunkt nehmen Temperatur und Druck zu.

*Der geothermische Gradient der Erdkruste beträgt im Durchschnitt 1°C auf 33 m.*

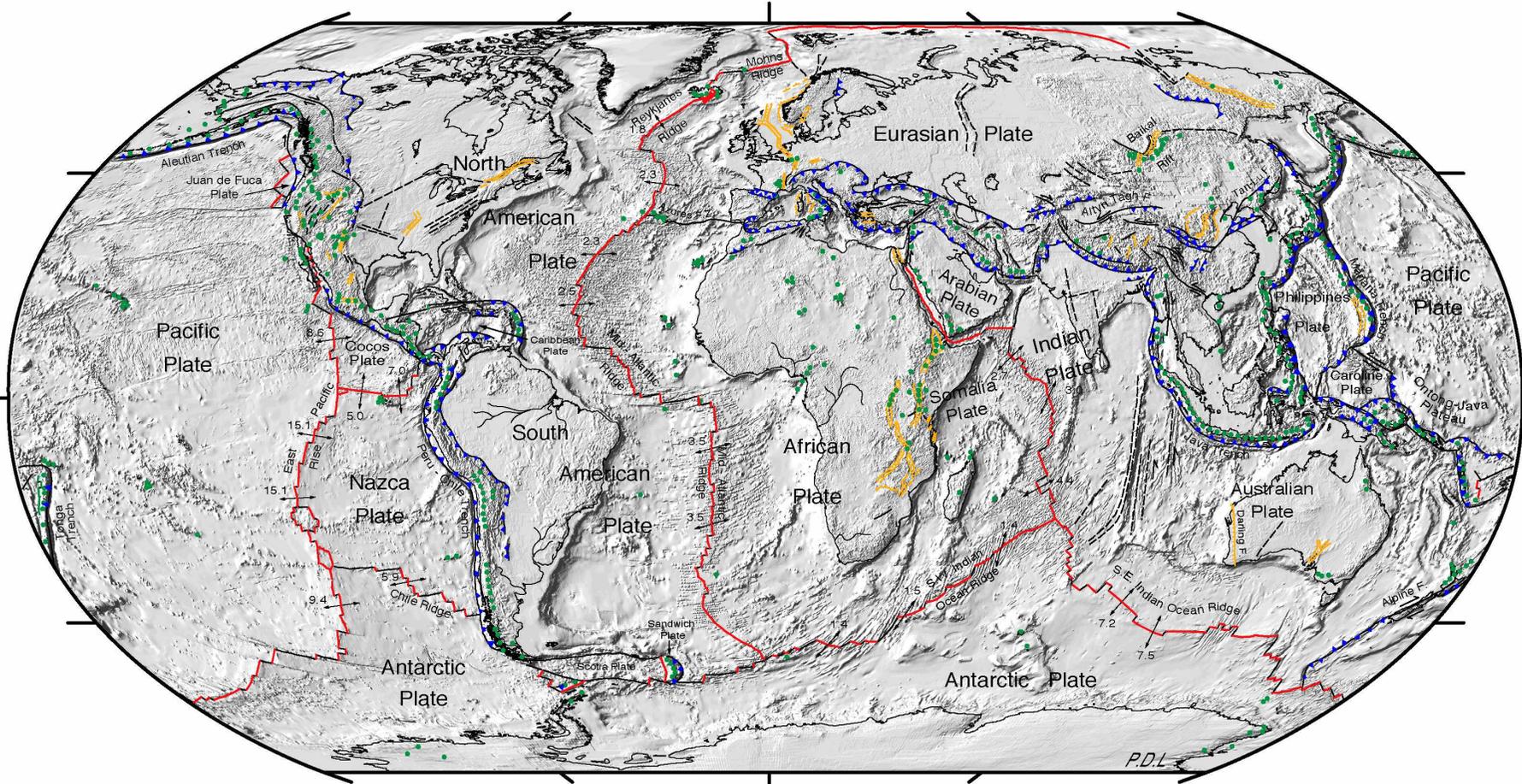
Der steigende Druck sollte eigentlich verhindern, daß im Erdinneren 'flüssige' Aggregatzustände auftreten. Die Herkunft des irdischen Magnetfeldes lässt sich aber nur dann erklären, wenn sich im Erdinneren Bestandteile gegeneinander drehen.

*Der Drehimpuls der Erde lässt langsam nach.*

# DAS RELIEF DER LITHOSPÄRE

(aus DTAM, verändert)

Die Karte zeigt die tektonische Aktivität der Erde.



LEGENDE	rot	Spreizung
	gelb	Grabenbruch
	blau	Subduktion
	grün	Vulkanismus (der letzten 1000000 Jahre)

Der Wärmetransport vom Erdinneren zum Erdäußeren zerreißt die Erdkruste (Tektonik).

(aus JACOBSHAGEN)

*flache Beben (Herdtiefe bis 70 km) ~ 85%*

*mitteltiefe Beben (Herdtiefe 70 bis 300 km) ~ 12%*

*tiefe Beben (Herdtiefe 300 bis 720 km) ~ 3%*

• dort, wo zwei Platten aufeinander prallen, wird die dichtere der beiden vom Mantel geschluckt und aufgeschmolzen (Asthenosphäre)

*ozeanisch vs. ozeanisch = Inselbogen mit Tiefseegraben*

*ozeanisch vs. kontinental = Faltengebirge mit Tfg*

*kontinental vs. kontinental = Faltengebirge*

• dort, wo sich zwei Platten voneinander entfernen, bildet sich neue Kruste

*ozeanisch & ozeanisch = Rift*

*ozeanisch & kontinental = randliches Meeresbecken*

*kontinental & kontinental = Flutbasalte*

• dort, wo sich zwei Platten streifen, entsteht ein Graben

Vulkanismus tritt in Erscheinung.

- partielle Aufschmelzung (geschluckte Platte, Komet)
- Riß in der Kruste (Rift, Flutbasalte)
- hot spot (an einer Stelle steigt Wärme/Magma auf)
- Kimberlit-Schlot (unverträgliche Magmen)

Die Heftigkeit des Ausbruches rührt dabei

- von der Viskosität der Magma
  - hoher SiO<sub>2</sub>-Gehalt, dickflig ~ Caldera*
  - niederer SiO<sub>2</sub>-Gehalt, dnnflig ~ Schildvulkan*
- von den mitgeführten Gasen
  - Wasserdampf durch Meer und Schneeschmelze*
  - Manchmal gibt es nur einen Sprengtrichter (Maar).*

Die Hinterlassenschaften eines Vulkanausbruches erkalten an der Oberfläche, im Meer oder bereits im Schlot und verfestigen sich zu Gestein (Eruptivgesteine):

- eckige Basaltsäulen (im Schlot erstarrte Magma)
- Kissenbasalt (im Meer erstarrte Lava)
- Basaltblcke, Stricklava (Lavastrom an Oberfläche)
- Bims (die Magma/Lava wird aufgeschäumt)
- Glas (Lavatrpfchen kristallisieren im Flug amorph)
- Tephra (unverfestigtes Sediment aller Korngrößen)
- Agglomerate, Brekzien (verfestigtes Trümmergestein)
- Tuff (durch Schlamm-, Aschen-, Bims- und Lapillistrome umgelagertes, verfestigtes Sediment)

In den Gängen, die zur Eroberflche führen und in den partiell aufgeschmolzenen Bereichen erkaltet die Magma in Zeitlupe. Dort finden sich Ganggesteine (Granit). Sowohl Granit (Plutonite) als auch Basalt (Vulkanite) werden nach ihrem Mineralbestand weiter klassifiziert.

An Stellen hoher Temperatur und/oder hohem Druck kristallisieren vorhandene Gesteine um (Metamorphose). Dies kann lokal

- *an den Rändern der Gänge und Schmelzen*
- *entlang von Grabenbrüchen*
- *bei Kometeneinschlgen*

und regional

- *unter Gebirgen*
- *unter Sedimenten*
- *entlang von Subduktionszonen*

geschehen. (Dabei darf sich jedoch nicht die elementare Zusammensetzung des Ausgangsgesteins verändern, sonst spricht man von Metasomatose.)

So gibt es mehrere Zwischenstufen in den metamorphen Entwicklungspfaden (Indexminerale).

- aus Kalk wird Marmor
- aus Granit wird Gneis
- aus Tonstein wird Schiefer (oder Gneis)
- aus Sandstein wird Quarzit
- aus Basalt wird Granulit

Da Gesteine früher oder später verwittern, gibt es auch solche Gesteine, die sich aus den mehr oder weniger stark verwitterten Gesteinsresten bilden. Die Verwitterung umfasst chemische, physikalische und biologische Vorgänge.

- Hydratation (Säure wäscht oberflächlich die ersten Ionen aus)
- Hydrolyse (Säure wäscht tiefgründig alle Ionen aus)
- Lösung (Säure löst Karbonate auf)
- Oxidation (der Stein beginnt zu rosten, die Gitter werden instabil, H-Ionen werden freigesetzt)
- Wüstenlack (Kombination aus Oxidation und Hydrolyse)
- Wind (Windschliff durch Sandstrahlgebläse)
- Insolation (die Sonneneinstrahlung dehnt die dunklen Minerale stärker aus)
- Frostsprengung (gefrorenes Wasser dehnt sich aus)
- Eis (Eis zieht Wasser an und wächst dadurch)
- Salz (zieht Wasser an, damit quillt der Stein)
- Wasser (Strömung bearbeitet das Gestein und verändert die Küstenlinie bzw. den Flußlauf)
- Gletscherschliff (Kritzer am Gestein)
- biogen (bestimmte Organismen zerstören physikalisch und/oder chemisch das Gestein)

Nach Art ihrer Gesteinsbildung unterscheidet man:

- klastische Sedimente (geschichtete Gesteinsfragmente werden zusammengepresst)

*Matrix und Einsprenglinge*

- chemische Sedimente (Salzkristalle aus verdunstetem Wasser, Ausfällung von Salzen/Karbonaten im Wasser)

Lagerstätten von organischem Abfall ergeben biogene Sedimente

- aus O-freiem & C-reichem Schlick wird Ölschiefer
- Torf entwickelt sich zu Braunkohle und Steinkohle
- aus Korallen und Schwämmen entsteht ein Riff
- totes Plankton verwandelt sich zu Erdöl und Ergas
- aus Vogelmist wird phosphorhaltiges Guano
- Schalen und Skelette von Kleinstorganismen lagern sich am Meeres-/Seegrund ab.

*nährstoffreiches Wasser ~ Kieselschlamm, Kieselerde*

*nährstoffarmes Wasser ~ Kalzitschlamm auf Bergen*

Das Sammelbecken aller gelösten Stoffe sind die Meere. Wenn ein Meeresteil trockenfällt, fallen diese als Salz aus.

*Karbonat → Sulfat → Steinsalz → Kali → Magnesium  
→ Jod → Brom*

Das Behältnis aller gasförmigen Stoffe ist die Atmosphäre. Sie verdankt ihre gegenwärtige Zusammensetzung dem Leben. Dieses atmet und hat in Jahrhundertmillionen atmosphärisches C in der Lithosphäre gebunden und pedogenes O in die Lufthülle geblasen, die dadurch sogar eine Ozon-Schicht aufbauen konnte, welche ihrerseits erst das Leben außerhalb des Meeres ermöglichte.

*Fe<sup>2+</sup> verändert sich in Anwesenheit von O in Fe<sup>3+</sup>.*

Der Grund dafür, daß Lebewesen atmen, ist deren Energiegewinnung\*.

- In einer O-reichen Umgebung wird O verbraucht.
- In einer C-reichen Umgebung wird C verbraucht.
- In einer N-reichen Umgebung wird N verbraucht.
- In einer S-reichen Umgebung wird S verbraucht.

*\* In allen Fällen werden Elektronen verschoben, das Energiereichere wird eingeatmet, das Energieärmere wird ausgeatmet.*

Darüber, was energiereich und energiearm ist bzw. welcher der vier Fälle der beste ist, entscheiden die konkreten Bedingungen vor Ort. So werden unter O-freien Bedingungen diejenigen Verbindungen, die unter O-reichen (oxidierenden) Bedingungen entstanden sind, wieder reduziert.

- organische Substanz zu  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2$
- $\text{CO}_2$  zu  $\text{CH}_4$
- $\text{NO}_3$  zu  $\text{N}_2$  (oder gar  $\text{NH}_4$ )
- $\text{SO}_4$  zu  $\text{H}_2\text{S}$

Unmittelbarer Nebeneffekt der Atmung ist der Hunger. Einige Lebewesen fressen andere Lebewesen auf. Sie sind an Brennmaterial (für die Atmung) und an Nährstoffen interessiert. Im Friedhof der natürlich verstorbenen Lebewesen (und an der Sammelstelle für deren Ausscheidungen), im Humus, wimmelt es nur so von Organismen. Das Maximum an Leben auf der Erde findet sich im Humus wieder. Der Humus stellt dem Leben Nährstoffe und Brennmaterial bereit, die es sich ansonsten mit sehr viel Aufwand erschließen müsste.

Die Umsetzung der Kohlenhydrate (Zucker), Carbon-säuren (Fett, Öl, Wachs), Proteine (Aminosäuren), von Harn, Harz, Lignin (Holz), Cellulose (Zellwände), Chitin (Insektenpanzer) und Blut findet in der Streu statt. An Extremstandorten (Temperatur, schlechtes C/N-Verhältnis, Sauerstoff, Wasser) ist die organische Umsetzung behindert und wird manchmal durch die anorganische (Feuer, Verwitterung) ersetzt.

Das Regenwasser wäscht die entstandenen Huminstoffe\* aus und verlagert diese in den mineralischen Untergrund. Dort verbinden sich die organischen Bestandteile mit den anorganischen Verwitterungsprodukten zu Komplexen.

*\* Humine, Huminsäuren, Fulvosäuren*

- Ton-Humus-Komplex  
das Substrat ist nicht sauer\*, die Bindung erfolgt kurz nach Eintritt in den Boden an Tonmineralen
- metallorganischer Komplex  
das Substrat ist sauer\*, die Bindung erfolgt erst in gewisser Tiefe an (Schwer)Metalle

*\* sauer meint ein Überangebot von H-Ionen, welches nicht mehr durch die (teilweise bereits abgeführten) Ionen des Substrates ausgeglichen werden kann*

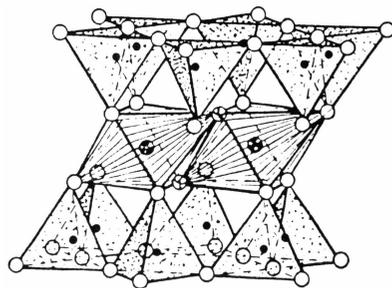
Der Vergleich des Zersetzungsgrades und der Beschaffenheit der Streu an benachbarten Standorten gibt Hinweise auf den Chemismus im Untergrund und die Aktivität des Bodenlebens. Die Verweildauer der Streu kann dabei von Wochen bis zu Jahren reichen.

Tonminerale sind der Verwitterungsrest eines Substrates (selbst Karbonatgesteine haben einen Lösungsrückstand). Es gibt TM, die typischerweise als Hohlkugeln oder Röhren ausgebildet sind, und solche, die sich bandförmig aus Bruchstücken früherer TM zusammensetzen. Indess, die (didaktisch) wichtigen TM bestehen aus Schichten von **Tetraedern** und **Oktaedern**,

- die als Zweier- (**TO**), Dreierpackung (**TOT**) oder in Wechsellagerung auftreten.
  - die Oktaeder haben die theoretische Form  $Al(OH)_6$ , praktisch  $(Al, Mg, Fe)(HO, O)_6$
  - die Tetraeder haben die theoretische Form  $SiO_4$ , praktisch  $(Si, Al)O_4$
- und die durch das O der Tetraeder bzw. Oktaeder verbunden werden.
- Der Zusammenhalt zwischen zwei 2-TM (**TOTO...**) gelingt über das H der Oktaeder, 3-TM benötigen hierzu eine Zwischenschicht (**TOTZTOT...**),
  - die aus Kalium,
  - aus von Wasser umhüllten Metallen
  - oder aus Metall-OH
 bestehen kann.

3-TM ohne Z (aus SCHEFFER/ SCHACHTSCHABEL)

- In Wirklichkeit bedecken die äußeren O und OH-Ionen die im Zentrum liegenden Kationen (Al und Si)
- Höhe ca. 1 nm



Fe-Verbindungen sind viel kleiner als TM und pudern den Boden in ihrer Farbe.

- Aus entwässertem Ferrihydrit ( $Fe_2O_3 \& H_2O$ ) entsteht
  - bei niedrigerer Temperatur brauner Goethit ( $\alpha-FeOOH$ )
  - und bei hoher Temperatur roter Hämatit ( $\alpha-Fe_2O_3$ ).
- Aus Magnetit ( $Fe_3O_4$ ) entsteht bei Buschbränden roter Maghemit ( $\gamma-Fe_2O_3$ )
- Aus Grünem Rost (Fe-Hydroxid) entsteht bei Oxidation orangener Lepidokrokit ( $\gamma-FeOOH$ )

Prinzipiell ist jedes Substrat dem Säureangriff ausgesetzt (saurer Regen durch C-Säure, S-Säure und N-Säure, Huminstoffe, Oxidation). Es durchläuft so eine Entwicklung, in der nacheinander ein oder mehrere Puffersysteme den Chemismus stabilisieren müssen. Diese Puffer\* lösen sich bei ihrem Einsatz vollständig auf, werden also seltener, wenn das Substrat einen gewissen Punkt (H-Ionen) erreicht hat.

\* Die Reihenfolge des Verschwindens betrifft nicht den Humus, dieser puffert immer, solange Leben vorhanden.

1. Karbonate
2. variable Ladung (Oberflächen werden geputzt)
3. Zwischenschicht der 3-TM wird ausgetauscht
4. Die fremden Zentralatome der 3-TM werden getauscht
5. Fe wird verlagert
6. Si (3-TM) verwandeln sich in 2-TM bzw. zu nackten Al-Oktaedern
7. übrig bleiben Schwermetall-Oxide, Resteisen (relativ angereichert, verhärtet beim Austrocknen, Laterit) und Aluminium (Lagerstätte)

Die Gesamtheit aller Bodenbestandteile ((an)organische Substanz, Luft, Wasser) machen erst einen Boden aus. Sichtbarer Ausdruck dafür ist das Bodengefüge:

- Einzelkorngefüge (nicht verklebt ~ Sand)
- Kohärentgefüge (phys. verklebt ~ Matsch)
- Kittgefüge (chem. verklebt ~ Ausfällungen)
- Aggregatgefüge (durch Aufbau- und Absonderung)
  - Krümel (*humusreich, belebt*)
  - Wurmlosung (*feucht, belebt*)
  - Polyeder (*tonig*)
  - Subpolyeder (*tonig, belebt ~ entgratete Polyeder*)
  - Prismen (*stark tonig*)
  - Säulen (*stark salzig*)
  - Platten (*Auflast durch Bäume*)
- Fragmentgefüge (zufällige Bruchstücke, Umgraben)
  - Frostgare ~ tonige Böden werden entklebt*
- Röhrensystem (Regenwürmer, Nager, Ameisen ...)

Das Bodengefüge wird an Extremstandorten überprägt:

- Polygonringe (Eiskeil ~ Permafrostriß paust sich durch)
- Kammeissolifluktion (Steinsortierung an Oberfläche)
- Frosthübel (Steine wandern nach oben)
- Solifluktion (oberflächlich aufgetautes Lockersubstrat bewegt sich bergab ~ Fließerde)
- Kryoturbation (Frostwechsel und Wassergehalt verwürgen Substrat ~ Würgeboden)
- Peloturbation (Quellen/Schrumpfen in tonigen Böden bei wechselfeuchtem Klima ~ Trockenriß verfüllt sich)
- Bioturbation (Vermengen des Lockersubstrates mit der Streu in trockenem Klima ~ mächtiger Oberboden)
- Wüstenpflaster (Auswehen der kleinen Korngrößen legt Steine frei ~ hoher Steingehalt hier, Dünen dort)

Prozesse in Böden finden nur unter ganz bestimmten Umweltbedingungen statt. Ihr Wirken lässt sich häufig in einem Bodenprofil lokalisieren und damit einem Horizont zuordnen. Eine charakteristische Anordnung von diagnostischen Horizonten müsste also zur Definition jedes einzelnen Bodentyps herangezogen werden können. Die Definition würde jedoch unterstellen, daß sich das Ausgangssubstrat unter kräftiger Mithilfe des Lebens an allen Standorten mit gleichen Standorteigenschaften in ein identisches Profil differenziert hätte. Der Haken dabei ist,

- **daß nicht klar ist, ob dasjenige, was in einem Bodenprofil sichtbar wird, gegenwärtigen oder vergangenen Prozessen zugeschrieben werden soll.**
- **daß nicht klar ist, ob das Substrat dem anstehenden Gestein entstammt oder angeschwemmt, angeweht, herbeigetragen wurde bzw. angerutscht kam.**

Böden sind miteinander vergesellschaftet.

*Wenn irgendwo etwas abgeführt wird, muss es irgendwo wieder zugeführt werden.*

Die idealtypische Vergesellschaftung von Böden wird in einer Catena aufgezeigt. Dieser idealtypische Schnitt steht für eine ideale Landschaft, die es zwar wahrscheinlich so in der Realität nicht gibt (fließende Übergänge), die dafür aber die Erde zonal gliedern hilft. Für die Definition von Landschaften gilt dabei dasselbe wie für Böden

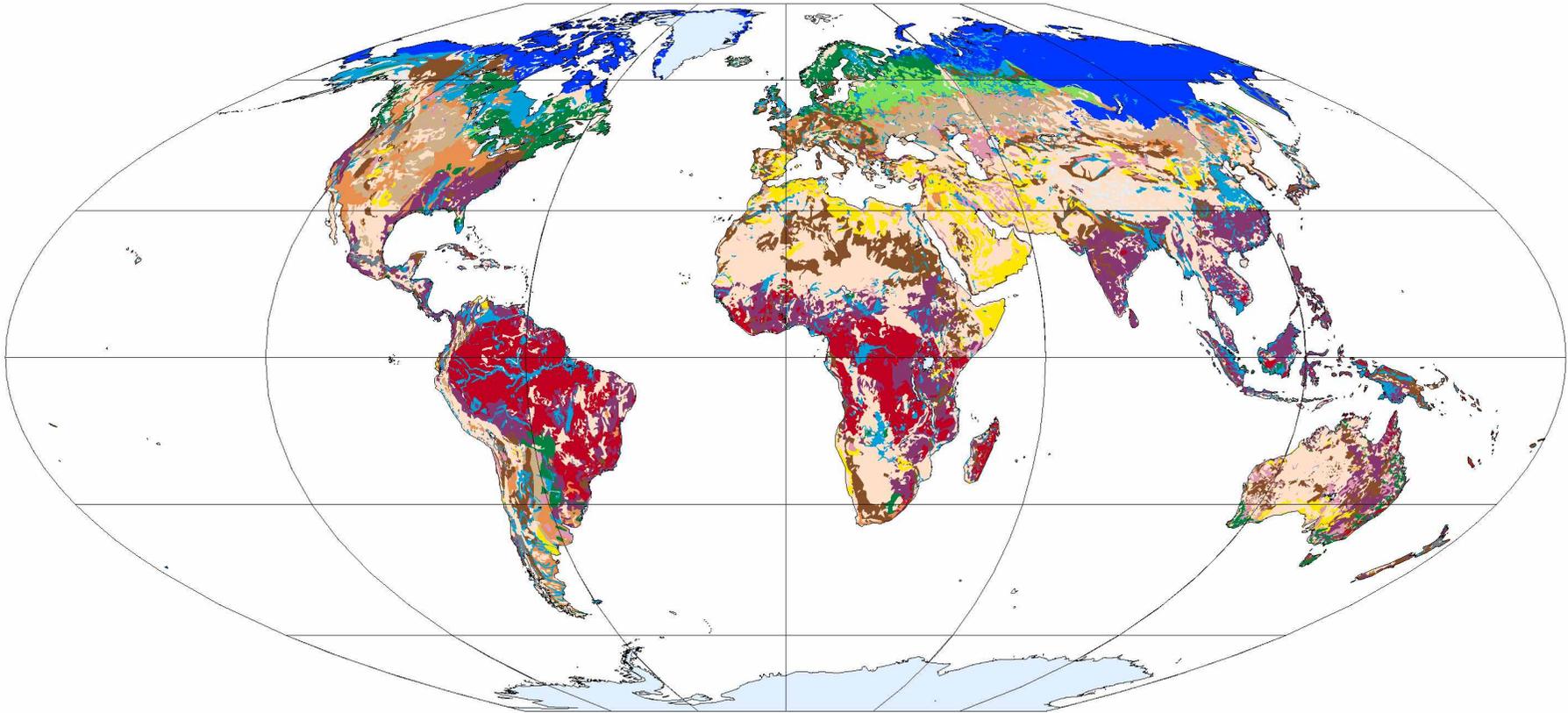
- Es kann sein, daß ein Teil der sichtbaren Landschaft vergangenen Prozessen zugeordnet werden muss (Reliefgenerationen)
- Es kann sein, daß das Sichtbare vor Ort (autochthon) oder anderswo (allochthon) entstanden ist.

# DIE BODENZONEN DER ERDE

(Kartengrundlage FAO; verändert; Legende siehe nächste Seite)

*Die Gletscher auf dem Meer sind nicht eingezeichnet*

*Die Bodenzonen stimmen nicht ganz mit den Vegetationszonen überein.*



Eine Catena, die vom Nordpol zum Äquator reicht, listet nur die tatsächlichen Bodenzonen auf und ignoriert die azonalen.

NORDEN → ÄQUATOR



WÜSTENBÖDEN

# LEGENDE

-  Süßwasser (Gletscher, große Seen)
-  Böden, die durch das fließende, stehende Wasser überprägt sind bzw. sich gerade dort bilden
-  Böden über Permafrost mit periglazialer Überformung
-  Böden über früherem Permafrost mit noch sichtbarem Eiskeilmuster
-  Böden mit einem Bleichhorizont, der von Fe-Verlagerung herrührt (wird Fe zugeführt, dann verschwindet manchmal der Bleichhorizont)
-  Böden mit einem Bleichhorizont, der von Ton-Verlagerung herrührt
-  Böden mit einem mächtigen humosen Oberboden, der von Bioturbation herrührt
-  Böden mit einem Bleichhorizont, der von Ton-Verlagerung herrührt, aus denen aber auch Si abgeführt wird (wird Si zugeführt, dann verschwindet der Bleichhorizont, es bilden sich 3-TM, dadurch steigt der Tongehalt)
-  Böden, die durch Hydrolyse alle 3-TM verloren haben und dadurch mit Al angereichert sind
-  Böden, die einen außergewöhnlichen TM-Bestand aufweisen (Allophan, Imogolit)
-  Böden, die von Natur aus erodieren und dann steinharte Krusten bilden
-  Böden, die versalzen sind
-  Böden, die meist jung sind und keine nennenswerte Profildifferenzierung aufweisen
-  Böden, die irgendwie entwickelt sind, aber nicht in obige Gruppen passen

Das biochemische System im und um den Boden herum wird sich immer der physikalisch vorgegebenen Situation anpassen, solange nur das Ökosystem hierzu in der Lage ist. In diesem Fall herrscht Übereinstimmung zwischen Boden, Klima, Relief und Vegetation.

• Wenn aber das Substrat soweit verarmt ist, daß es keine andere Möglichkeit mehr hat, als das zu werden, was es bereits ist, dann wird sich die Vegetation langsam aber sicher vom Boden entkoppeln.

*Dies geschieht nicht aktiv, sondern dadurch, daß sich die Arten soweit dezimieren, bis die Spezialisten (survival of the fittest) und die gut dazu passenden Arten bzw. Individuen (survival of the luckiest) eine neue angepasste Lebensgemeinschaft (Biozönose) ergeben. Artenreiche Biozönosen besitzen dabei eine höhere Störungsresistenz gegenüber Veränderungen ihres Lebensraumes (Biotop) als artenarme. (So sorgt in den Wäldern nördlich des Polarkreises ein günstiges MIKROKLIMA dafür, daß diese trotz dramatischer Verschlechterung des Klimas einfach weiterwachsen.)*

*– Bodenwasser und -luft sind besser verfügbar.*

*~ höhere Feldkapazität und Porenvolumen*

*– Die Bodentemperatur ist erhöht.*

*~ Das Bodenleben erzeugt Wärme*

*– Mehr Nährstoffe werden erschlossen.*

*~ Die Durchwurzelungsrate/-tiefe steigt an*

*– Weniger Nährstoffe gehen verloren.*

*~ Der Kreislauf ist nahezu geschlossen*

*– Die Luftfeuchtigkeit fördert die Photosynthese.*

*~ Die Blattporen bleiben geöffnet*

*– Die Vegetationsperiode ist verlängert.*

*~ Im Herbst schützt das Laub vor Nachtfrost*

• Wenn aber die Vegetation soweit verarmt ist, daß sie Ausfälle nicht mehr verkraften kann, dann wird der Boden schutzlos den die Erdoberfläche formenden Kräften ausgesetzt sein und die restliche Vegetation mit in den Tod reißen.

*– Schutthalde (am Fuß eines unbewachsenen Felsen)*

*– Hangfußfläche (nach Starkregen schießt das Wasser den ausgetrockneten Hang hinunter und lädt dort sein Sediment ab)*

*– Badlands (nach Starkregen gräbt sich das Wasser in den lockeren Untergrund und verwandelt diesen in eine Berg- und Tallandschaft)*

*– Düne (Sandanwehung, die sich noch nicht begrünt hat und damit zu wandern beginnt; dabei überfährt diese vorhandene Vegetation)*

*– Gletscher (Eisansammlung, die nicht mehr wegtaut und somit zu fließen beginnt; dabei überfährt dieser vorhandene Vegetation und schüttet sein Vorland zu)*

*– Thermokarst (Permafrostboden beginnt aufzutauen; der bereits wassergesättigte Untergrund sackt weg, die noch gefrorenen Teile schwimmen auf ~ Pingo)*

• An (Steil-)Hängen kommt es vegetationsunabhängig zu Massenversatz.

*– Bergsturz (Permafrost stabilisiert den Hang)*

*– Steinlawine (Schneeballeffekt)*

*– Mure (Schlammstrom bei übersättigtem Substrat)*

*– Rutschung (ganze Blöcke oder tonige Masse)*

• In Karstgebieten (Kalk) findet der Abtrag zusätzlich unterirdisch statt (Höhlen, Klüfte) und führt dann an der Oberfläche zu Trockentälern, Schlucklöchern und Einbruchdolinen. Die der Säure ausgesetzten Kalkfelsen sind durchlöchert und weisen Rinnen und Karren auf.

Es macht keinen Sinn eine Karte der Klimazonen dieser Welt zu zeichnen. Was sollte in dieser eingetragen sein? Ökologisch relevant ist allein das Mikroklima. Und dasjenige, was sich durch das Klima ausbildet, ist nicht das Klima. Was aber ist mit den klimatologischen Kenngrößen?

- Der tägliche **Temperaturgang** richtet sich sehr stark danach, wie die Erdoberfläche beschaffen ist.

*Wasser, Wald, Wiese, Fels ...*

- In den **Niederschlag** muss der Abfluß negativ miteingerechnet werden. Letzterer hängt aber von der Reliefposition und vom Boden ab.

- Zur **Verdunstung** muss auch die Transpiration gezählt werden. Doch Pflanzen schützen sich.

*Wachs, Haare, Blattgröße, Wasserspeicher ...*

- Von der **Einstrahlung** muss die Ausstrahlung abgezogen werden. Letztere richtet sich aber nach der Farbe des Untergrundes und dem Bedeckungsgrad des Himmels. (Die Strahlung im Schatten ist diffus.)

So bleiben nur zwei Möglichkeiten:

- eine Karte der Vegetations- und Formungszonen
- eine Karte der zonalen Winde und Meeresströmungen

Im Falle der Formungszonen tritt sofort das nächste Problem auf, denn die meisten Formungen sind azonaler Natur oder nur dann zu erkennen, wenn sie bereits entstanden sind, also nicht mehr zum rezenten Klima gehören. Dies ist schade, denn der geomorphologische Formenschatz ist reichhaltig. Es folgt ein Auszug:

- äolisch (Wind)

*Strand-/Wüstendünen, Löß, Saharastaub ...*

- endogen (Tektonik)

*Faltengebirge, Schichtstufe/-rippe, Horst, Graben ...*

- fluviatil (Fluß)

*Grundwasser (fließt in Aquifer, gestaut von Aquicluden ~ mehrere GW-Stockwerke)*

*Quelle (gespanntes GW, Überlauf, Horizont, Hangzug)*

→ *Sturzbach (Tiefenerosion ~ Wasserfälle)*

→ *Gebirgsfluß (Tiefenerosion ~ Stromschnellen)*

→ *Zopfstrom (Geröll wird gebirgsnah sedimentiert)*

→ *Flußmäander (Kies wird sedimentiert ~ Kiesbank; nur Seitenerosion ~ Prall-/Gleithang, Altarme)*

→ *Talmäander (bei langsamer Hebung ~ Canyon)*

→ *Tieflandstrom (Sand wird sedimentiert ~ Dämme; Strom verteilt sich auf Seitenarme)*

→ *Mündung (Delta, Ästuar)*

- glazial (Gletscher)

– *Seiten-/Innenmoräne ~ später Grundmoräne mit erratischen Blöcken*

– *Endmoräne ~ später Endmoränenwall*

– *Radialspalten ~ später Drumlins*

– *Toteis (Eiszerfall) ~ später Toteisloch*

– *Schmelzrinne unter Gletscher ~ später Oser*

– *Eis (Talgletscher, Eistromnetz, Inlandeis, Nunatak) ~ später Kar, Becken, Hängetal, V-Tal, Gletscherbord*

- glazifluvial (Schmelzwasser)

– *Urstrom ~ später Urstromtal*

– *Gletschertor ~ später Beginn von Trompetental*

– *Sandr ~ später Schotterebene*

– *Sandr zwischen Toteis ~ später Kames*

– *Flußschotter ~ später Hoch-/Niederterrasse*

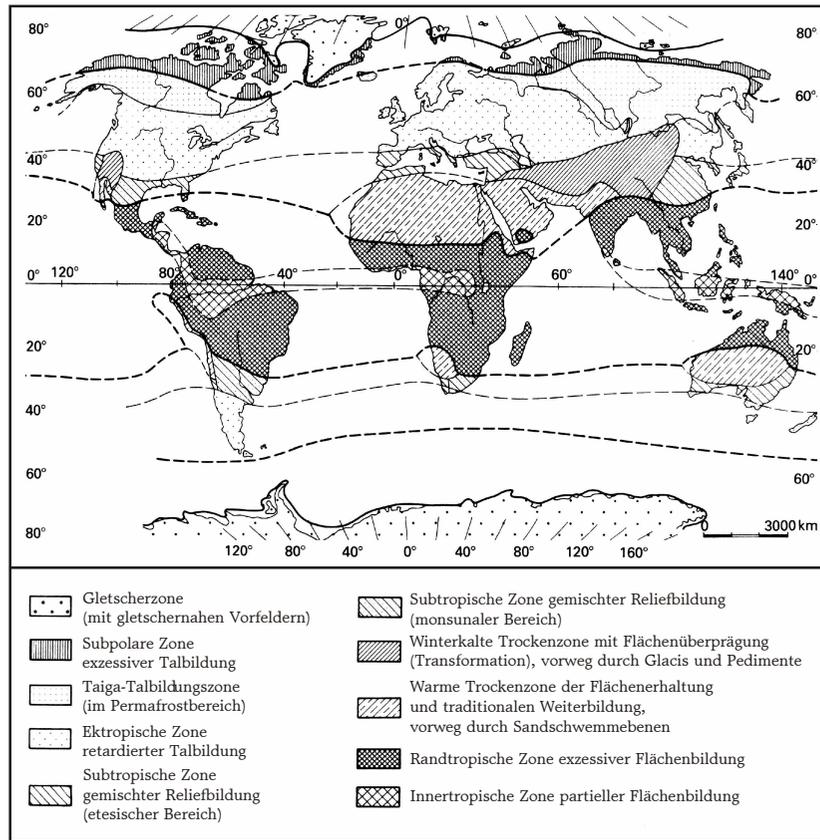
- marin (Meer) & limnisch (Süßwassersee)

*Wasserspiegel schwankt, Küstenformen, Schelf ...*

Nichtsdestotrotz haben sich Geographen an einer großmasstäblichen Karte der Formungszonen versucht. Die bekannteste stammt von BÜDEL.

*In die Karte (aus HARKE) wurden zwar bewusst die Gebirge nicht miteinzeichnet. Aber gerade in den regenreichen innertropischen Gebirgen (Hawai) treten gewaltige fluviatile Taleinschnitte auf. Ansonsten bilden sich Flächen in den dunkel schraffierten Bereichen tatsächlich schneller als in den helleren Partien.*

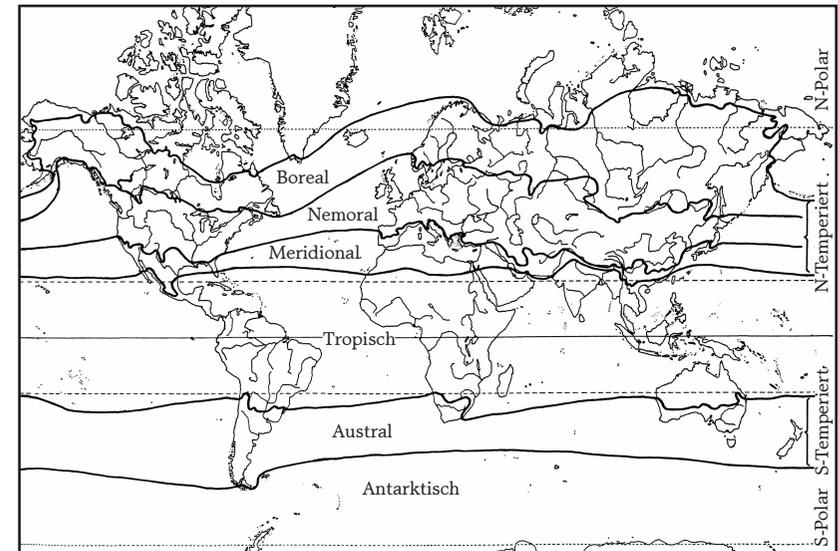
Die klimamorphologischen Zonen der Erde



Die Vegetationskartierung klappt problemlos. So lassen sich sogar die meteorologischen Daten der Klimastationen verwenden (aus SCHROEDER).

*Per Satellit wird es in Zukunft möglich sein, exakte Daten der Biomasse bzw. seiner jährlichen Produktion zu ermitteln und kartographisch umzusetzen*

Die Vegetationsgürtel der Erde



**thermisch**

arktisch  
boreal  
nemoral  
meridional  
tropisch  
austral  
antarktisch

**Hygrisch**

humid  
(semi)humid  
(semi)humid, (semi)arid  
(semi)humid, (semi)arid  
(semi)humid, (semi)arid  
(semi)humid, (semi)arid  
humid

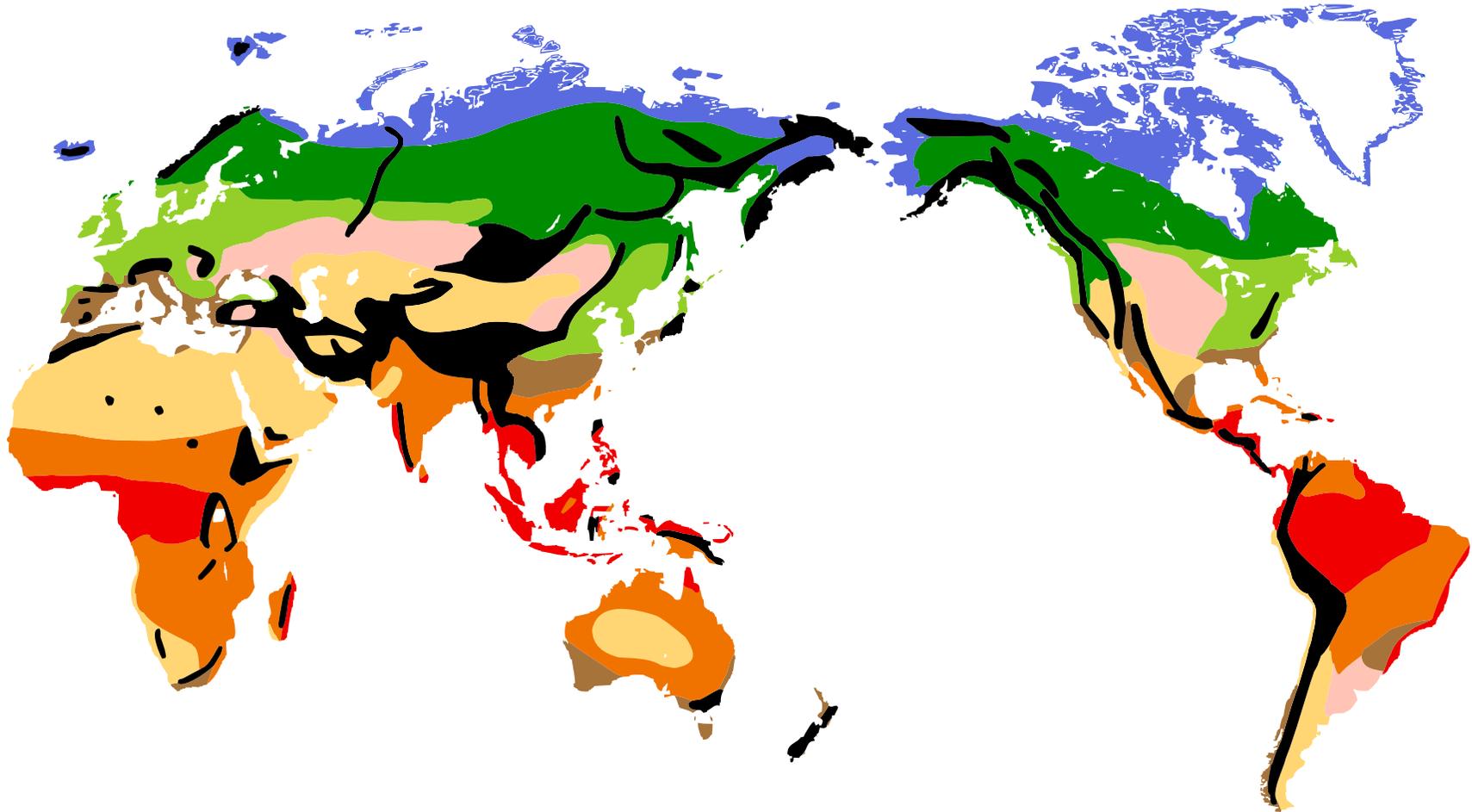
**Höhenstufung**

planar - kollin - submontan - montan - oreale - alpin

# DIE VEGETATIONSZONEN DER ERDE

Kartenvorlage von Bartholomewmaps; stark verändert; Legende siehe nächste Seite

*Diese Karte zeigt die potentielle Klimaxvegetation*



# LEGENDE



Gebirgsvegetation\*



immergrüner Regenwald



regenrüne Savanne



(Halb-)Wüstenvegetation



immergrüner Baumbestand



baumfreie regenrüne Vegetation (Steppe)



sommergrüner Mischwald



winterharter Mischwald (Taiga)



baumfreie winterharte Vegetation (Tundra)

*\* Die Höhenstufen der Gebirgsvegetation entsprechen grob den verschiedenen Vegetationszonen*

Die atmosphärische und marine Zirkulation findet in einem vierdimensionalen Koordinatensystem (Höhe, Tiefe, Breite, Zeit) innerhalb eines gekrümmten Raumes (nichteuklidische Geometrie) statt.

Prinzipiell ist es so, daß die Sonnenstrahlen auf den äußersten Bereich der Erde auftreffen, dort reflektiert, gestreut, gelöscht oder in Wärme umgewandelt werden. Dadurch verwandelt sich seinerseits der Stoffbestand dieses Bereiches. Es entsteht ein Gleichgewicht zwischen den ankommenden Sonnenstrahlenspektrum und dem Stoffbestand der resultierenden **Sphäre**. Dieses Spiel wiederholt sich dann in der nächstfolgenden Schicht.

*Magnetosphäre (Das Plasma der Erde hält dem ersten Ansturm des Sonnenwindes stand.)*

→ *Thermosphäre (In 100 bis 500 km Höhe wird O<sub>2</sub> gespalten. Dabei steigt die Temperatur auf über 1000° C an.)*

→ *Mesosphäre (In 50 bis 90 km Höhe verglühen die Meteoriten. Die Temperatur sinkt auf -40 bis -70° C.)*

→ *Stratosphäre (In 12 bis 50 km Höhe löscht das O<sub>3</sub> die kurzwelligen Strahlen aus dem Spektrum. Gleichzeitig verlagern die Moleküle der reinen Luft die Wellenlängen hin zum Blau. Die Temperatur in der Ozonschicht steigt bis etwa 0° C.)*

→ *Troposphäre (In 0 bis 12 km Höhe schluckt der Wasserdampf langwellige Strahlung. Die mit Aerosol verunreinigte Luft verändert die blaue Farbe ins Rot. Die Temperatur bleibt deutlich unterhalb von 0° C. Nur in unmittelbarer Bodennähe steigt sie an.)*

→ *Biosphäre (Hier werden die Strahlen chemisch absorbiert, physikalisch aber wieder zurückgespiegelt.)*

→ Hydrosphäre (Das Wasser schluckt das verbliebene Spektrum. Zum Teil entsteht Wasserdampf, zum Teil wird die Energie in die Tiefen der Ozeane abgeführt.)

Die atmosphärisch-marine Zirkulation ist auf maximalem Energieaustausch angelegt (Thermodynamik). Die Ozeane sind dabei im Nachteil gegenüber der Luft, denn diese können nicht so schnell fließen und müssen bereits einiges an Energie gespeichert haben, um aus dem Diktat der atmosphärischen Zirkulation ausbrechen zu können. Normalerweise zwingen also die Winde\* dem Meer seine Oberflächen-Strömung auf. Die Ausnahmen wären:

- Sog durch die Gravitation des Mondes
- Sog durch Meeresspiegelgefälle
- Sog durch salines Konzentrationsgefälle
- Sog durch Temperatur- und Dichteunterschiede in den tieferen Wasserschichten

\* Am Boden liefern die Sonnenstrahlen die Energie für unzählige Prozesse. Dabei wird auch Wärme erzeugt, die als langwellige Strahlung wieder in das Weltall entweicht. Ein Teil der Wärme wird jedoch dazu benutzt, um Wasser zu verdampfen. Der Wasserdampf kann dann aufsteigen, zu Wolken kondensieren und geballt über große Entfernungen transportiert werden. Der Antrieb dieses Wolkentransportes geschieht über Differenzen in Luftdruck und Luftdichte.

– *Am Boden belastet die Luftsäule den Luftdruck stärker als in der Höhe.*

– *Am Boden nimmt die Luftdichte mit steigender Temperatur (langwellige Ausstrahlung) und steigendem Wasserdampfgehalt (Ozean) eher ab.*

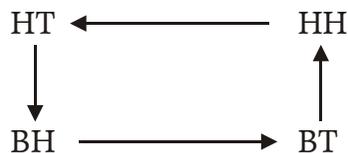
Wenn also feucht-warme Luftmassen aufsteigen,

- dehnt sich die Luft mit zunehmender Höhe aus.
- nimmt das Gewicht der Luftsäule am Boden (durch die seitliche Ausdehnung in der Höhe) ab.
- bildet sich ein Bodentief (Hitzetief) und ein Höhenhoch (bezogen auf den Luftdruck in der Höhe).

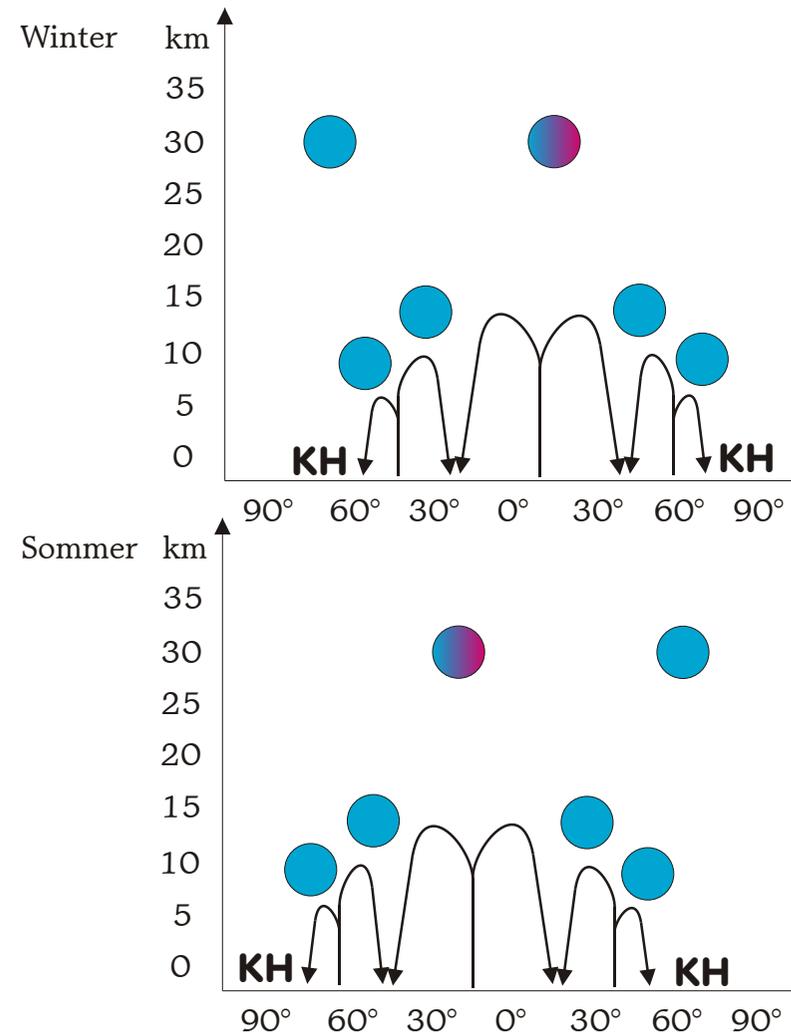
Wenn Luftmassen (bzw. Wolken) von Orten höheren Drucks zu Orten niedrigeren Drucks wandern, entsteht Wind. Ein **bodennaher Wind** wird sein Ziel in der Regel jedoch nicht erreichen, denn die Luftmassen sind träge. Die einzelnen Luftpartikel sind es nämlich gewohnt, mit einer bestimmten Geschwindigkeit\* (zusammen mit dem gesamten Planeten) um die Erdachse zu rotieren. Sobald sie aber ihren Breitengrad verlassen, gelangen sie in Bereiche mit anderer Umlaufgeschwindigkeit. Sie werden demzufolge zu schnell oder zu langsam mitdrehen. Auf der Nordhalbkugel ergibt sich so eine Rechtsablenkung, auf der Südhalbkugel eine Linksablenkung.

\* Der Umfang des Äquators beträgt ca. 40000 km, der Umfang an den beiden Polkappen ist gleich Null.

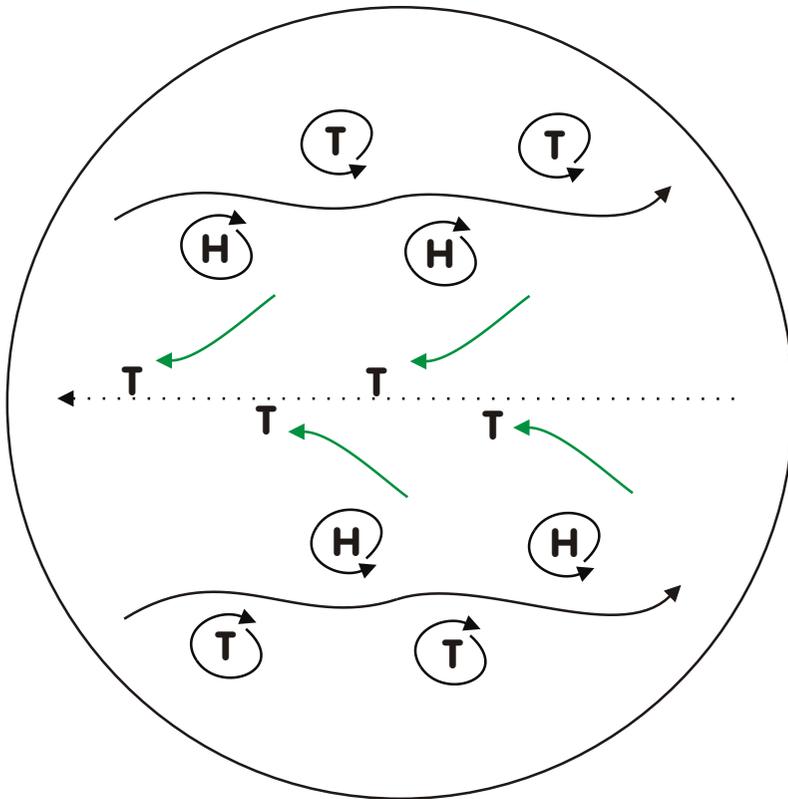
In der Höhe werden die Bodenwinde durch entgegengesetzte Winde ausgeglichen, so daß ein Kreislauf mit Bodentief, Höhenhoch, Höhentief und Bodenhoch (Hadley-, Walker-, Ferrel-Zelle) entsteht.



Daneben treten in der Höhe (Troposphäre und Stratosphäre) Strahlströme auf. Das sind Schläuche höchster Windgeschwindigkeiten, die entlang bestimmter Breitengrade um die Erde mäandrieren (meist von West nach Ost). Über ihre Genese ist nicht viel bekannt.



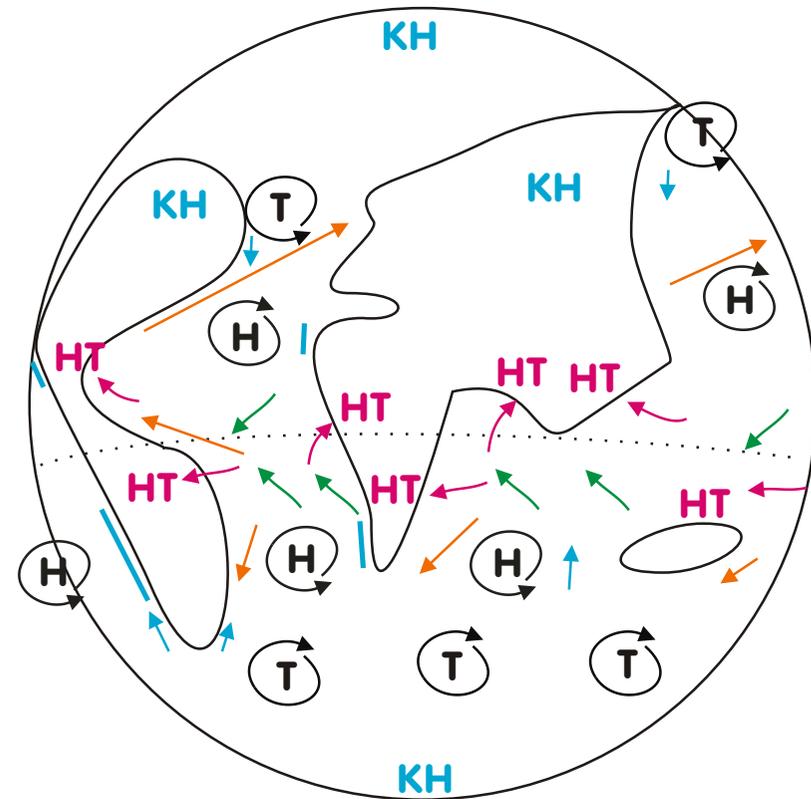
## 1. Näherung



In erster Näherung sieht man,

- welchen Drehsinn die Hoch- und Tiefdruckgebiete auf den jeweiligen Erdhalbkugeln besitzen.
- daß zwischen den H und T zwei Westwindzonen liegen.
- daß die Passatwinde am meteorologischen Äquator konvergieren. Hier muss es eine Tiefdruckrinne geben, in welcher die Konvektion (dem Sonnenaufgang folgend) nach Westen wandert. (In der Höhe fließt die Luft zu den H im Norden und Süden zurück, um dort abzusinken.)

## 2. Näherung



In zweiter Näherung sieht man,

- wo die Kältehochs und Hitzetiefs liegen.
- daß HT den zum Äquator gerichteten Passat ablenken.
- daß es Kaltwassergebiete und kalte Strömungen gibt.
- daß das südatlantische H und das H im Indischen Ozean symmetrisch auf das Meer einwirken, während die übrigen H scheinbar Asymmetrien hervorrufen.
- daß sich im Nordpazifik und im Nordatlantik diagonale Warmwasserströmungen befinden.

Die Größe des südpazifischen Kaltwassergebietes ist vom HT vor Australien abhängig. Dieses HT zieht nämlich Winde von Südamerika auf sich (Walker-Zelle), die das warme Oberflächenwasser von der Küste weg auf den Pazifik treiben. Dort steigt dadurch nicht nur der Meeresspiegel, sondern auch die Wassertemperatur bis in 200 m Tiefe an. Im westlichen Pazifik kommt es also zu einem Energiestau. Dieser hält solange an (vereinzelte Kelvin-Wellen wogen nach Südamerika und erhöhen dort kurzfristig die Wassertemperatur), bis sich die überschüssige Energie in einer heftigen Reaktion entlädt (**el nino**). Das Wasser fließt dann für kurze Zeit von Australien nach Südamerika, verteilt sich entlang der gesamten Küste Amerikas und induziert dort T. Da jetzt das Wasser die Luft dominiert, dreht sich der Passat um und bläst die Konvektionswolken aufs Land. Ein Teil der Warmwasserwelle schwappt jedoch zurück, zieht erneut Kaltwasser hinter sich her und lässt so die Temperatur ins Gegenteil umschlagen (**la nina**). Nach wenigen Jahren befindet sich das System wieder im Urzustand.

Die Asymmetrie des Atlantische Strömungssystemes rührt wahrscheinlich von salinen Konzentrationsgefällen her.

– *Bereits in der Karibik verdunstet mehr Süßwasser als durch die Niederschläge und Zuflüsse zurückgeführt wird. Der karibische Wasserdampf überquert nämlich Mittelamerika und regnet sich im Pazifik ab.*

– *Auch der Golfstrom wird durch salziges Wasser nach Island gezogen, welches dort aus der Tiefe aufquillt.*

Der erhöhte Salzgehalt kann dabei nur durch salziges Wasser ausgeglichen werden, was dann aber das 50 bis 70-fache (aus NISBET) an Wasser voraussetzt.

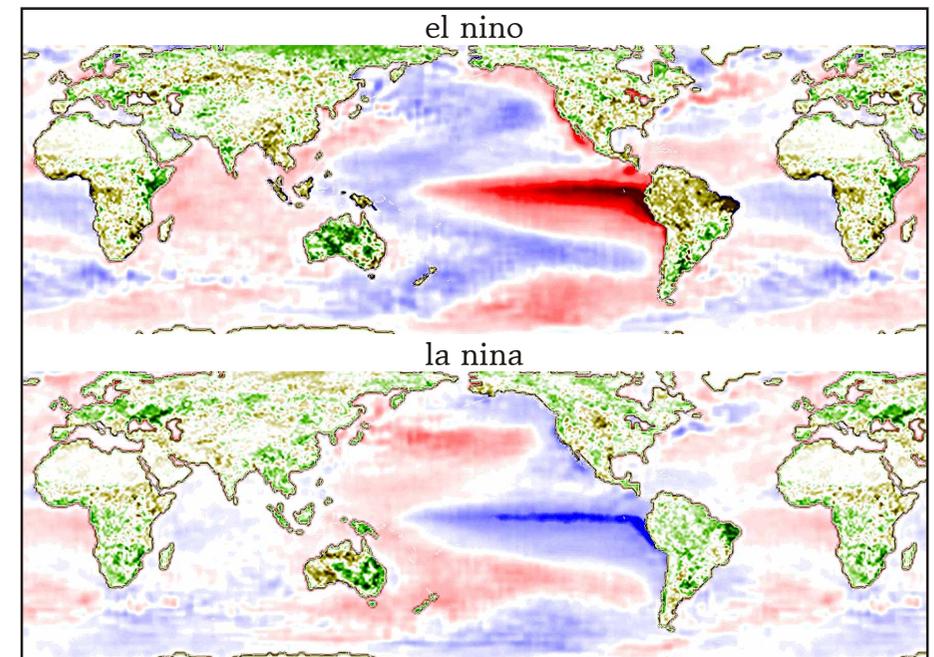
Wenn Passatwinde von einem HT abgelenkt werden, führt dies an der Küste zu Monsunregen.

*Die HT im südlichen Nordamerika und in Ostasien sind zwar schwach, dafür liegt das HT in Ostasien in Windrichtung.*

Der Niederschlag erfolgt verstärkt, wenn sich im Hinterland ein Gebirge befindet. In el nino-Jahren fällt der Monsun prinzipiell schwächer aus.

Durch diese Mechanismen verbessern oder verschlechtern sich die Bedingungen für die zonale Vegetation. Auch in den Ozeanen richtet sich die Länge der Nahrungskette vor allem nach dem Anteil von nährstoffreichem Tiefenwasser an der Oberfläche.

Veränderungen der Wassertemperatur und der Üppigkeit  
(aus *VISIBLE EARTH*)



Wo kaum Niederschlag auf die Kontinente fällt, befindet sich eine Wüste.

- Küstenwüste (kaltes Wasser verhindert, daß Wolken vom Meer zum HT auf das Land ziehen)
- Binnenwüste (das Gebiet liegt inmitten eines Kontinentes, die Wolken haben sich längst abgereget)
- intramontane Wüste (zwischen Wolke und Wüste liegt ein Gebirge. An diesem regnet sich die Wolke ab (Steigungsregen). Sofern einige Wolken den Gebirgskamm überwinden, lösen sich diese sofort wieder auf, da durch das anschließende Absinken und Erwärmen die Wasserspeicherkapazität der Luft ansteigt. Die ehemals mit Wasser übersättigte Luft verwandelt sich in trockene (Föhn).
- Wendekreiswüste (an den Wendekreisen sinken die Luftmassen, die am Äquator emporgestiegen waren, wieder zu Boden. Der Himmel klart auf.)
- Kältewüste (wo es ständig zu kalt ist, kann es keinen Niederschlag geben)

Aus bestimmten Wolken fällt Niederschlag, manche ziehen nur vorüber.

- In der Westwindzone stoßen kalte und warme Luftmassen frontal aufeinander. Die energiereichere Warmluft dringt dabei in das Gebiet der Kaltluft ein und gleitet in einer Vorwärtsbewegung dieser auf. Nach einer Weile wird der **Warmfront** der Nachschub abgeschnitten. So geht ihre Bodenhaftung verloren. Am Ende schwimmt sie dann oberhalb der nun wieder etablierten Kaltluft.

*cirrus (Federwolke) → cirrostratus (Schleierwolke) → altostratus (diesig) → stratus (Niesel) → nimbostratus (Landregen)*

- Innerhalb einer Warmfront regnet es nicht. Auf ihrer Rückseite setzt dieser aber eine **Kaltfront** zu.

*Unter sommerlichem Hochdruckeinfluß entspricht die Kaltfront einem Tiefausläufer bzw. Kaltlufteinbruch.*

Da die warme Luft steiler nach oben steigen muss, bilden sich hier keine Schicht-, sondern Quellwolken (cumulus). Eine schnell heranziehende Kaltfront führt dabei zu einem Orkan, eine gemütliche zu Dauerregen.

- Unter sommerlichen Hochdruckeinfluß kommt es häufig zu heftigen **Gewittern**. Die Luft muss dazu schwülwarm sein. Vielleicht hat es zuvor bereits geregnet.

*In Äquatornähe ist es immer schwülwarm.*

Dann bilden sich Wolkentürme (cumulonimbus), in deren oberem Stockwerk Eiskristalle heranwachsen.

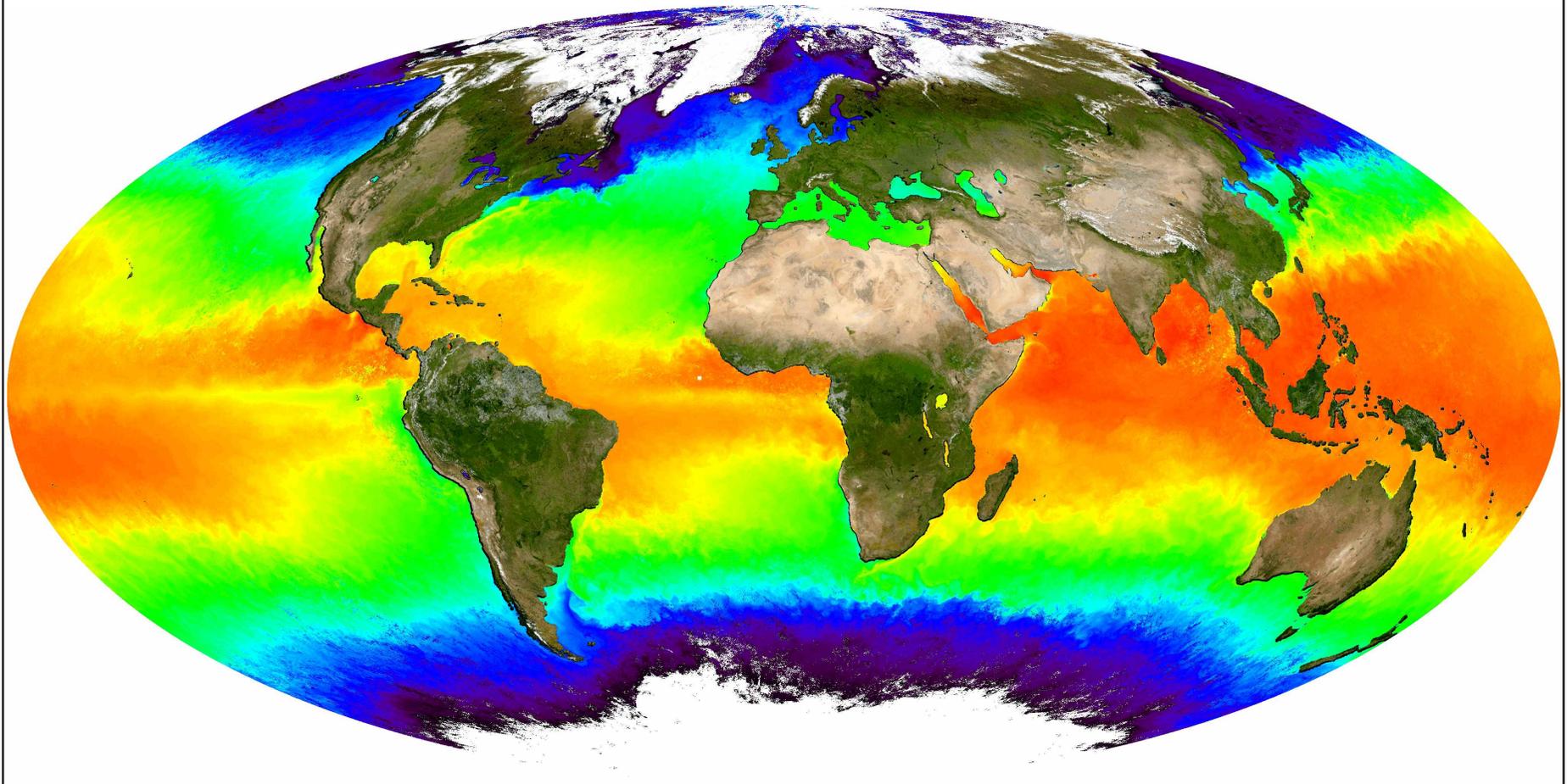
- **Wirbelstürme** entstehen dort,
  - wo sich das Meer über 27° C (aus MALBERG) erwärmt hat. Eine kleine Störung des Luftdruckes und die Corioliskraft von mindestens vier Breitengraden reichen dann aus, um einen Hurrican zu erzeugen. Mehrere Wolkentürme vereinigen sich dabei zu einem Wolkenring (Durchmesser bis 500 km), in dem die Luftmassen turbulent aufsteigen (>10 km Höhe). Im ruhigen Zentrum (Durchmesser 10 bis 30 km) sinken dagegen kalte Luftmassen zu Boden. Hurricans können nur auf dem Meer existieren. Sie treiben umher, bis sie auf eine Küstenregion treffen.
  - wo es schroffe Temperatur- und Feuchte-Kontraste (Tornado) oder extreme Hitze (Staubteufelchen) gibt. Schlauchförmige Wirbel mit geringem Durchmesser saugen dann die Luft nach oben.

# DIE TROCKENGEBIETE DER ERDE

*(aus VISIBLE EARTH)*

die Karte zeigt die zonale Wassertemperatur und die Ausstrahlung der Vegetation  
an den braunen Stellen gibt es entweder keine Vegetation  
oder nur solche, die sich die meiste Zeit im Ruhezustand befindet  
für die weißen Stellen gibt es keine Daten

*die weißen Stellen stimmen nicht ganz mit der Verbreitung der Gletscher überein*



Das Klima ändert sich

- im Laufe von Jahrhundertmillionen  
*wenn sich die Atmosphäre ausbildet*
- im Laufe von Jahrzehnmillionen  
*wenn die Kontinente wandern*
- im Laufe von Jahrmillionen  
*wenn sich der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Atmosphäre ändert*
- im Laufe von Jahrhunderttausenden  
*wenn sich die Dauer der Jahreszeiten auf der Süd-/ und Nordhalbkugel gegeneinander verschiebt (Exzentrizität)*
- im Laufe von Jahrzehntausenden  
*wenn die zonale Einstrahlung schwankt (Ekliptik)*
- im Laufe von Jahrtausenden  
*wenn Süßwasser im Polarmeer aufschwimmt (Dryas)*
- im Laufe von Jahrhunderten  
*wenn die Sonne anders strahlt (kleine Eiszeit)*
- im Laufe von Jahrzehnten  
*wenn die Strahlstrom-Mäander schwächer ausfallen (das Magnetfeld der Erde formiert sich neu)*
- im Laufe von Jahren  
*wenn sich ein Energielevel im Meer aufbaut (la nina) oder abbaut (el nino)*
- im Laufe von Monaten  
*wenn Aerosol die Wellenlängen streut (Vulkanstaub)*
- im Laufe von Wochen  
*wenn die Jahreszeiten wechseln (typische Wetterlagen)*
- im Laufe von Tagen  
*wenn ein Wetterwechsel ansteht (Tief-/ Hochdruck)*
- im Laufe von Stunden  
*wenn es hell und dunkel wird*
- im Laufe von Minuten  
*wenn eine Wolke vorüberzieht*

Der Klimawandel ist der natürliche Motor der Evolution. Das Erbgut ändert sich nämlich vor allem dann,

- wenn kurzweilige Strahlendosen auf die Erdoberfläche treffen.  
*Es kommt dann zu Ablesefehlern im Erbgut und zu Unregelmäßigkeiten in biochemischen Reaktionen.*
- wenn die Population einer Pflanzen- oder Tierart einbricht.  
*Es kommt dann zu Inzucht. Bestimmte Gene erhöhen so ihren prozentualen Anteil im Genpool.*

Die Anpassung an die sich ändernden Lebensbedingungen schafft in der Regel\* keine neuen Arten. Ohne Isolation werden nämlich die angepassten Sippen ihre Gabe durch Rückkreuzung früher oder später wieder verlieren.

*Das ist auch der Grund, warum die menschlichen Kulturen einander feindlich gesinnt sind. Sie haben Angst, daß ihre in Jahrtausenden gewonnene Fähigkeit, mit bestimmten Lebensbedingungen auf hohem Niveau klar zu kommen, durch Vermischung mit anderen Kulturen leidet (Gruppenselektion).*

\* Ausnahme: Bei Arten, die aufeinander angewiesen sind, reicht eine kleine Veränderung der einen Art, um von der anderen Art eine symmetrische Änderung zu erzwingen (Koevolution).

- *Obwohl es im tropischen Regenwald genügend Wasser und Wärme gibt, mangelt es hier an Nährstoffen und an Sonnenlicht. Die meisten Arten sind daher auf die Existenz eines Verbündeten angewiesen, der ihnen hilft (und dem sie umgekehrt dienlich sind).*
- *Zwischen Kulturen findet häufig ein Wettrüsten statt.*

Im Zuge der Evolution entwickelte sich höheres Leben.

- *Der Beginn des Lebens geschah, als eine große Anzahl verschiedenster Moleküle an einem Ort mit periodisch wechselnden Aggregatzuständen zusammentrafen.*
- *Auch Mehrzeller sind in Wirklichkeit Fusionen aus verschiedensten Einzellern. (Einige Mikroorganismen, die andere Arten von Mikroorganismen fressen, bauen das fremde Erbgut in ihr eigenes ein ~ Endo-Symbiose.)*
- *Selbst beim Menschen sind nur ganze bestimmte Zellen für die Knochen und die Haut, andere für die Organe etc. zuständig. (Anstelle von Mikroorganismen nisten sich Viren im menschlichen Erbgut ein.)*

Es ist jedoch ein Trugschluß, zu glauben, daß diejenigen Lebewesen, die derzeit am Leben sind, automatisch auch die höchstentwickelten seien. Ein Lebewesen ist nämlich nur dann höherentwickelt, wenn es das zwischenzeitlich überholte Erbgut weiter in sich trägt.

*Ein menschlicher Embryo durchlebt die komplette Evolution (Phylogenese = Ontogenese).*

Höheres und niederes Leben existiert nebeneinander. Beides teilt sich dieselbe Nahrung und Energie\*.

- *Zu Beginn einer Kette leben anspruchslose Arten mit gewaltiger Reproduktionsrate bei kurzer Lebenszeit.*
- *Am Ende einer Kette leben anspruchsvolle Arten mit minimaler Reproduktionsrate und langer Lebenszeit.*

\* Bei einer globalen Klimakatastrophe sterben sowohl die Englieder als auch die Anfangsglieder aus. Von den Überlebenden werden sich nur die Anpassungsfähigsten durchsetzen und anschließend höherentwickeln.

Wer als Art bestrebt ist, ein langes Leben in Luxus mit vielen Kindern durchzusetzen, riskiert seinen Untergang. Nichtsdestotrotz versucht der menschliche Geist, Techniken zu erfinden, um über seinen Schatten zu springen zu können.

- Als **Jäger und Sammler** ist der Mensch darauf angewiesen, daß es an dem Ort, wo er sich befindet, auch Nahrung gibt. Doch dann macht der Mensch eine Reihe von Erfindungen, seine Population steigt an:
  - *Waffe (der Jagderfolg steigt)*
  - *Feuer (gekochtes Essen ist leichter zu verdauen)*
  - *Fetisch (Heiligtümer schützen Ökosystem)*
  - *Sprache*
- Als **Bauer und Hirte** hat der Mensch gelernt, Tiere zu zähmen und in einer Herde zu halten bzw. Samen zu säen und auf die Ernte zu warten.
  - *Nutztiere (Fleisch, Milch, Honig, Eier ...)*
  - *Nutzpflanzen (vegetarische Ernährung möglich)*
  - *Umwandlung der Wildnis in Weiden und Plantagen*
  - *Vorratslager (Zahlen)*
- Als **Dörfler** hat der Mensch gelernt, arbeitsteilig vorzugehen und ein Gemeinwesen zu gründen.
  - *Subsistenzwirtschaft (Selbstversorgung, Tausch)*
  - *Handwerk (Ton, Fasern, Metall, Holz ...)*
  - *Zwei-/Dreifelderwirtschaft, Wanderfeldbau*
  - *Schrift (Gesetz, politische Entscheidungen)*
- Als **Städter** hat der Mensch gelernt, Handel zu treiben und fossile Brennstoffe als Energiequelle zu nutzen.
  - *Finanzen (Steuern, Lohn, Zins)*
  - *Maschinen (Massenproduktion, techn. Zeichnen)*
  - *Infrastruktur (Flurbereinigung, Kartographie)*
  - *Wissenschaft (Arznei, Kunstdünger, statist. Formeln)*

• Als **Weltbürger** muss der Mensch noch lernen, daß das größte Problem die Energieknappheit ist.

– Die fossilen Brennstoffe drohen **erstens**, zur Neige zugehen. (Wenn ein Bauer das Feld bestellt, verbraucht sein Traktor hierzu mehr Energie, wie die gesamte Ernte energetisch wert ist.) **Zweitens**, da bei der Verbrennung fast der gesamte Kohlenstoff gasförmig entweicht, verändert sich die Zusammensetzung der Atmosphäre. (Die Industrialisierung entspricht einem permanenten Vulkanausbruch mit Auswirkungen in die Jahrtausenden.) **Drittens**, sofern die Brennstoffe verunreinigt sind, entstehen neben alkalisch auch sauer wirkende Substanzen. (Ein Staubfilter führt automatisch zu saurem Regen, es sei denn, die Säuren werden anderweitig (Gips  $\text{CaSO}_4$ ) gebunden.)

– Die alternativen Energien (Sonne, Wasser, Wind) decken nicht den Verbrauch, selbst wenn dieser vermindert werden würde. Immerhin besteht die Möglichkeit, kleinste Maschinen (Nanotechnologie) autark anzutreiben. (Sobald ein Wasserkraftwerk gigantische Dimensionen annimmt, egalisieren seine Auswirkungen die Energiebilanz.)

– Die Kernfusion und die Kernspaltung könnten zwar problemlos die Rolle der fossilen Brennstoffe übernehmen. Beide Methoden erzeugen aber radioaktiven Müll, der viel zu lange strahlt, als daß Garantien über seine sichere Verwahrung abgegeben werden könnten. (Wenn Neandertaler ein Atomkraftwerk gebaut hätten, dann würde der Müll noch heute strahlen, ungeachtet der geschichtlichen Ereignisse seither.)

– Der einzige Lichtblick sind Erdwärme und Blitze.

Wenn der Mensch die Umwelt degeneriert oder gar neu erschafft, wird er als Teil der alten Umwelt mitaussterben.

– *Die Stabilität eines Ökosystemes sinkt, wenn zu viele Arten selten geworden sind. (Dies erreicht der Mensch durch Monokulturen (Forst), Überdüngung (Stickstoff) und Neophyten (Neulinge).)*

– *Die vom Menschen gewünschte Umwelt (Nutzpflanzen und Nutztiere) ist ohne Eingriffe nicht aufrecht zu erhalten. (Während jedoch früher die Kulturlandschaft die Artenvielfalt erhöhte, schafft der Mensch zwischenzeitlich mit Saatgutreinigung, Insektiziden und Fungiziden tabula rasa. In den Ställen herrscht die Massentierhaltung (Medikamente, Hormonpräparate) vor.*

– *Generell reduziert der Mensch die Biomasse am Standort. Damit reduziert er den Bereich, den das höhere Leben fruchtbar besiedeln kann (Störung gewachsener Profile, Überweidung, Verdichtung, Erosion, Versiegelung, Schadstoffeintrag).*

– *Die Atmosphäre verliert ihre Schutzfunktion für das Leben (bodennahes Ozon behindert Atmung, Ozonloch in der Höhe behindert Photosynthese, saurer Regen verätzt Pflanzen und wäscht Nährstoffe aus).*

– *Die Hydrosphäre konzentriert sich auf wenige Stellen (Versalzung, Versiegen, Torfzersetzung, Hochwasser).*

Die menschliche Population zeigt erste Krisensymptome.

– *Die industrialisierten Gesellschaften überaltern.*

– *Die beiden Geschlechter zeigen weniger Interesse an einer dauerhaften Partnerschaft.*

– *Die Generation der Großeltern ist nicht mehr Teil der Familie, sondern wird ins Altersheim abgeschoben.*

In der Wirtschaft sieht der Mensch das Allheilmittel. Leider waren die führenden Industrienationen bisher nicht in der Lage, den Übergang von einer Sozialen zu einer Ökologischen Marktwirtschaft zu bewerkstelligen. Statt dessen sägen sie fleißig am Sozialen Netz und verlieren so unfreiwillig den Anschluß.

– Sie haben nicht begriffen, daß Steuern Lenkräder sind, die nicht der Finanzierung des Staates dienen sollten, sondern der Förderung bzw. Benachteiligung von gesellschaftlich Erwünschtem bzw. Unerwünschtem.

– Sie haben nicht begriffen, daß nicht das Geld, sondern die Arbeit auf der Straße liegt (daß es also mehr Arbeit als Menschen gibt und daß das Rentabel-Machen dieser Arbeit (nicht der Aufruf zum Ehrenamt bzw. die Subvention von Maschinen) die Aufgabe der Politik ist).

– Sie haben nicht begriffen, daß Dienstleistungen und Aktiengesellschaften unterschwellig die Einordnung in das Machtgefüge der Manager und Banken beinhalten und die Demokratie untergraben.

– Sie haben nicht begriffen, daß Entscheidungsträger automatisch schlechter argumentieren, wenn sie ihren Standpunkt zuvor nicht in einer öffentlichen Diskussion auf seine Standfestigkeit hin überprüft haben.

– Sie haben nicht begriffen, daß die Werbung weder das Geschehen kritisiert noch bleibende Kunstwerke schafft, da diese sich nach den Vorgaben des Marktes richtet.

– Sie haben nicht begriffen, daß die Medien dazu genutzt werden müssen, die Bevölkerung mit Wissenswertem zu informieren (Bildungsserver).

– Sie haben nicht begriffen, daß nicht Ökonomen, sondern Ökologen die Fähigkeit haben, nützliche von schädlichen Aktivitäten zu unterscheiden.

Der Untergang früherer Hochkulturen verwundert nicht, wenn man sie auf die Dominanz einseitiger Denkweisen zurückführt, die über die Natur gestülpt wurden. (Meist hat ein klimatischer Wandel das ideologische Kartenhaus zusammenbrechen lassen.)

*Funktionäre sind keine Menschen, die sich frei und tugendhaft verhalten. Funktionäre sorgen für den reibungslosen Ablauf eines Apparates, der nicht richtig funktioniert (zu kompliziert, zu starr). Sie sind der Lautsprecher für Propaganda und zensieren alles, was den Bestand des Apparates gefährdet, selbst dann, wenn es sich um wissenschaftliche Beiträge handelt.*

Derzeit werden die Geisteswissenschaften ignoriert. Alle Aussagen, die sich darauf beziehen, wie sich der Teil der Evolution darstellt, der allein durch den Menschen entsteht, sind nicht im Sinne der Mächtigen, da sie **freie** Kulturen schaffen (aus EBERHARD, stark verändert).

– Jäger und Sammler (mystisch-magisch)

Kleinkind ~ Staunen, Angst

– Antike & Mittelalter (deduktiv-dogmatisch)

Kind ~ Weltsicht der Eltern wird übernommen

– Renaissance (induktiv-empiristisch)

Pubertät ~ Aufmüpfigkeit, alles selber machen wollen

– Industrialisierung (deduktiv-theoriekritisch)

Jugend ~ no future, Romantik

– Kommunismus (dialektisch-materialistisch)

Student ~ Politik, Demonstrationen

– Spätkapitalismus (interdisziplinäre Forschung)

Juvenis ~ Haushalt, Kinder, Umwelt

– Ökologische Marktwirtschaft (qualitative Kybernetik)

Senior ~ Philosophie, Religion, Kunst, Geographie

Die Geographie ist eine Geisteswissenschaft. Sie steht als Meta-Wissenschaft hinter den Naturwissenschaften, die ihre Ergebnisse mathematisch formulieren.

*Viele Lehrbücher der Naturwissenschaften sind leicht geographisch, wenn sie ihre Scheuklappen absetzen, auf Formeln verzichten und das Verständnis in den Vordergrund stellen. Meistens fehlt diesen Bücher dann aber der größere Zusammenhang oder wesentliche Teile wurden stillschweigend weggelassen.*

Wer sich hinsetzt und schaut, was andere erforscht haben, sieht ziemlich schnell, was zusammenpasst und was nicht. Am Beispiel konkreter Räume überprüft ein Geograph, was wissenschaftliche Theorien taugen. (Fachspezifische Erkenntnis macht häufig nur dann Sinn, wenn sie zweckentfremdet wird.) Übrig bleiben tut jedenfalls nicht allzu viel und das Wenige wird dann in einem Text als Zusammenschau aufgeschrieben. Ein Geograph hat verstanden, was er schreibt, er ist in der Lage, in Echtzeit sein Wissen anzuwenden. Was er dann für einen konkreten Raum vorschlägt, hat Hand und Fuß, es ist nachhaltig.

*In der Politik sind Ausschüsse und Kommissionen an die Stelle von Geographen getreten. Menschen parteiischer Überzeugung reden miteinander und kommen dann nach vielen Monaten zu einem Gutachten, welches in der räumlichen Realität keinen Bestand hat. (Dafür haben diese Menschen die Zeit über wichtig getan und viel Geld verdient.)*

Geographen sind Idealisten. Ein Raum-Philosoph hat auch dieses Skript geschrieben. Ich hoffe, es hat Ihnen gefallen!

*Plochingen, den 17. März 2003 Stefan Schill*

## QUELLENVERZEICHNIS

- DTAM = This research has made use of NASA Goddard Space Flight Center's Digital Tectonic Map (DTAM), prepared by Paul Lowman, Jacob Yates, Brian Montgomery, and Penny Masuoka  
<http://denali.gsfc.nasa.gov/dtam/data.html>
- EBERHARD, K.(1999): Einführung in die Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie.- 2.Auflage; 179 S., Stuttgart.
- HARKE, H. et al [Hrsg.](1987): Lehrbuch der Physischen Geographie.- 548 S., Frankfurt.
- JACOBSHAGEN, V. et al (2000): Einführung in die Geo-Wissenschaften.- 432 S., Stuttgart.
- KALLENRODE, M-B.(1998): Space Physics.- 357 S., Heidelberg.
- MALBERG, H.(2002): Meteorologie und Klimatologie.- 364 S., Heidelberg.
- NISBET, E.G.(1994): Globale Umweltveränderungen.- 445 S., Heidelberg.
- SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL (1992): Lehrbuch der Bodenkunde.- 13. Auflage; 491 S., Stuttgart.
- SCHROEDER, F-G.(1998): Lehrbuch der Pflanzengeographie.- 457 S., Wiesbaden.
- TAUBE, M.(1988): Materie, Energie und die Zukunft des Menschen.- 390 S., Stuttgart.
- VISIBLE EARTH:  
<http://visibleearth.nasa.gov/browse.html>
- ZECH, W. & HINTERMAIER-ERHARD, G.(2002): Böden der Welt.- 120 S., Heidelberg.