

Ursachen und Folgen des

Vulkanismus

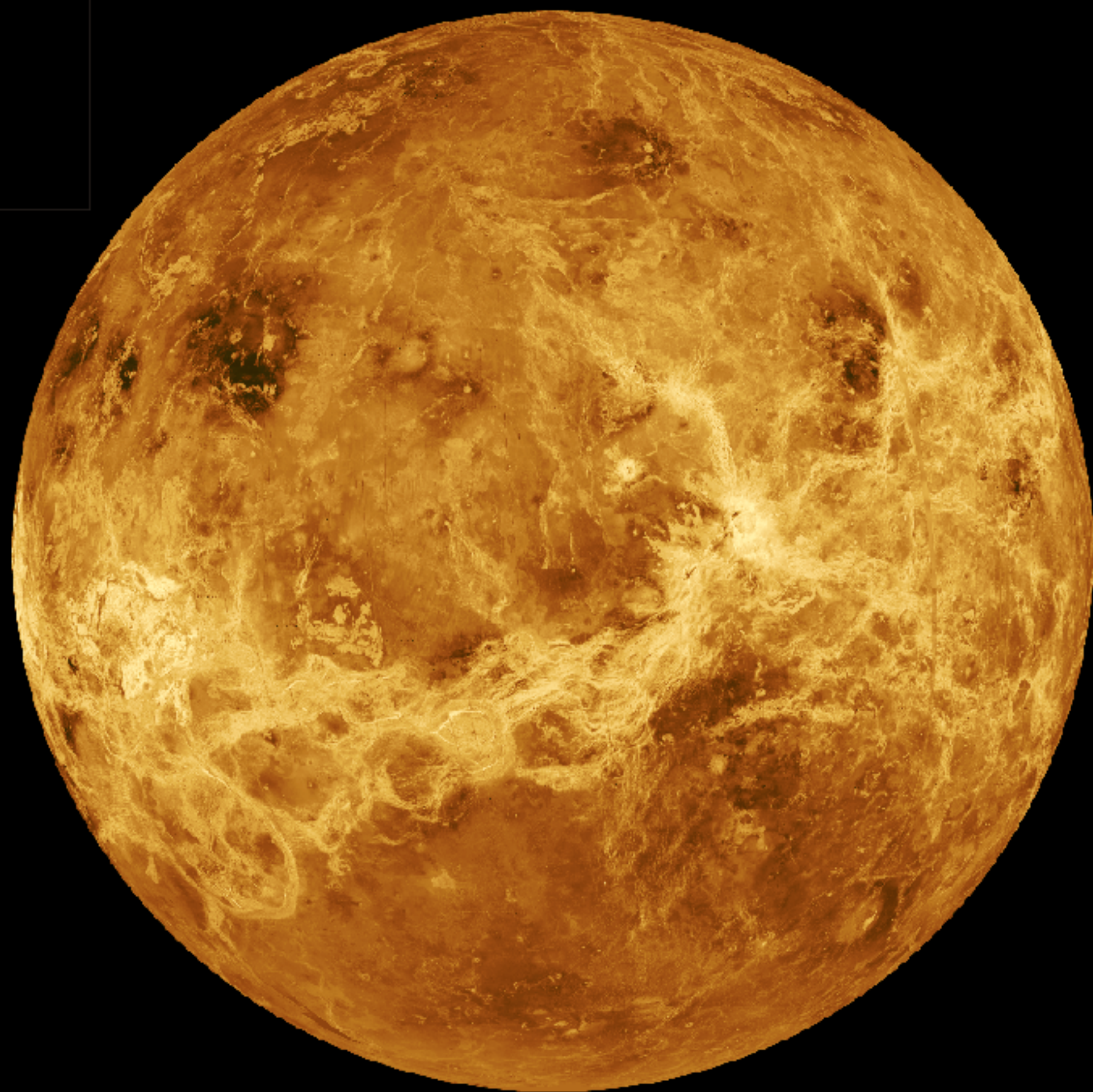
Elemente eines lebenswerten Planeten

Abteilung Geochemie

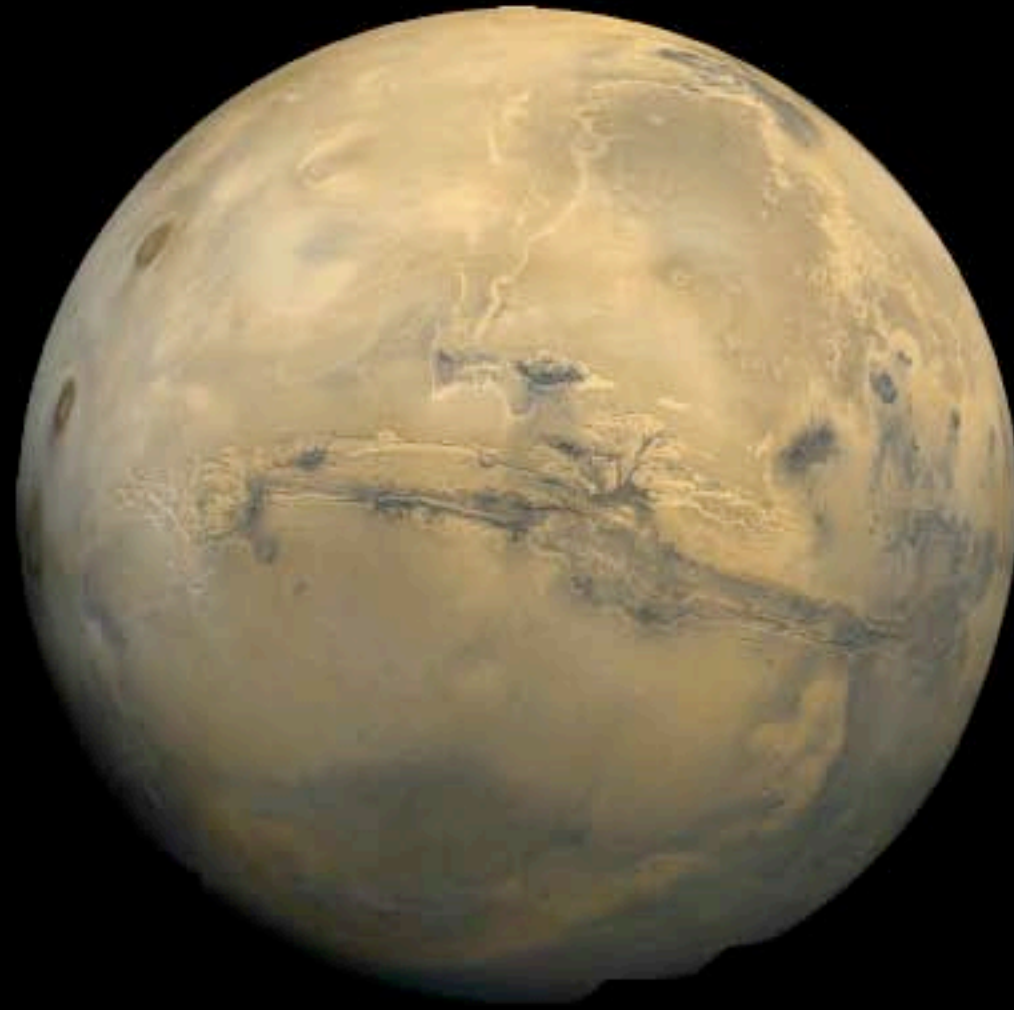
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Li | Be | | | | | | | | | | | B | C | N | O | F | Ne |
| Na | Mg | | | | | | | | | | | Al | Si | P | S | Cl | Ar |
| K | Ca | Sc | Ti | V | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn | Ga | Ge | As | Se | Br | Kr |
| Rb | Sr | Y | Zr | Nb | Mo | Tc | Ru | Rh | Pd | Ag | Cd | In | Hg | Tl | Pb | Bi | Po |
| Cs | Ba | La | Ce | Pr | Nd | Pm | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy | Ho | Er | Tm | Yb | Lu | |
| | | | Th | Pa | U | Np | Pu | Am | Cm | Bk | Cf | Es | Fm | Mn | | | |

Gerhard Wörner



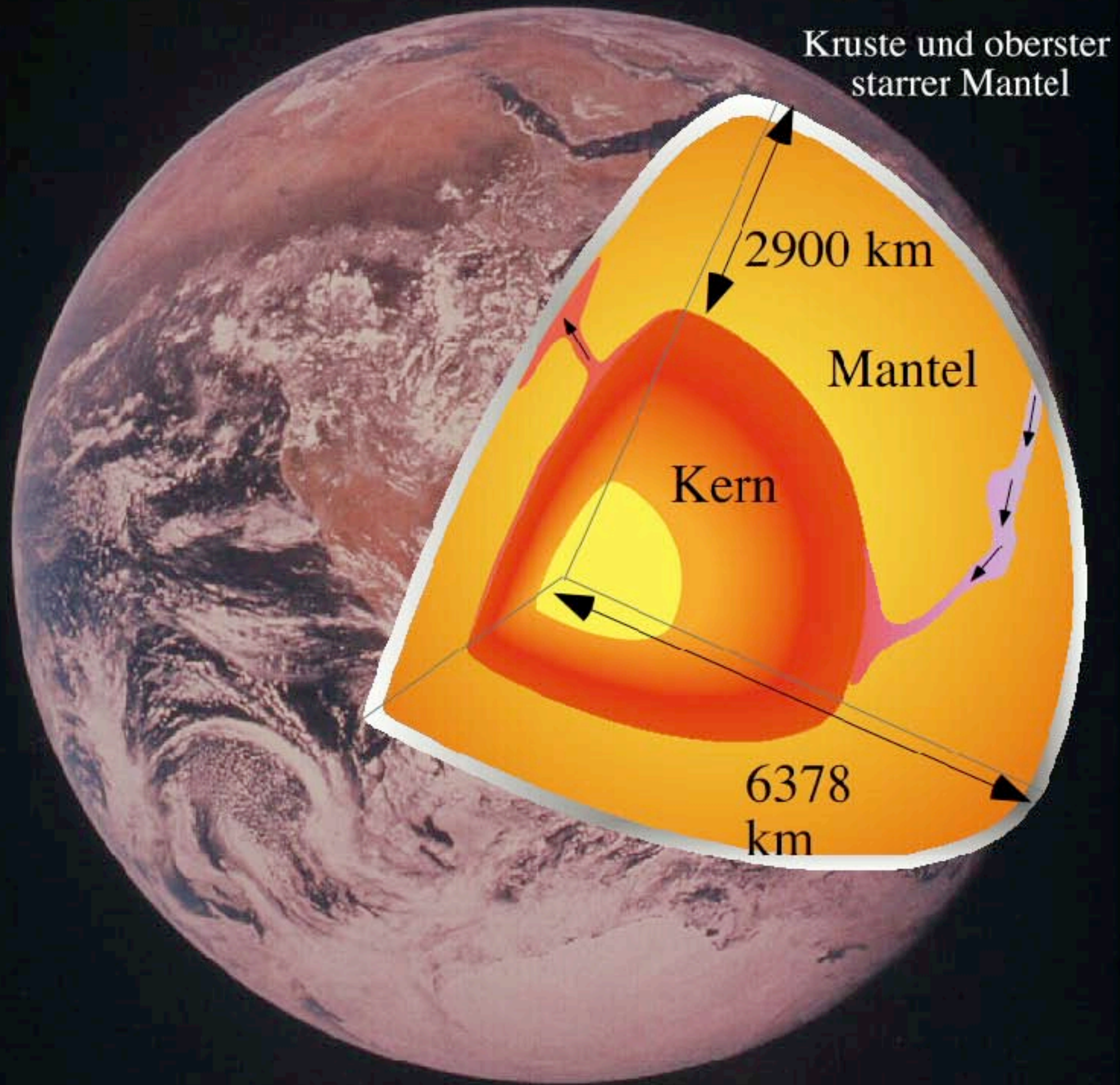


Venus



Mars





Ozeane und Kontinente : ein geochemischer Kreislauf



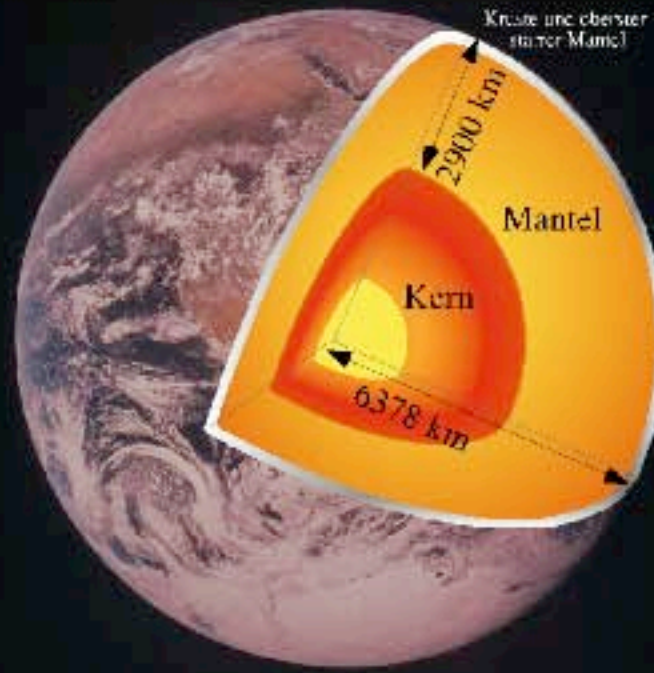
Wie Ozeane zu Gebirgen werden



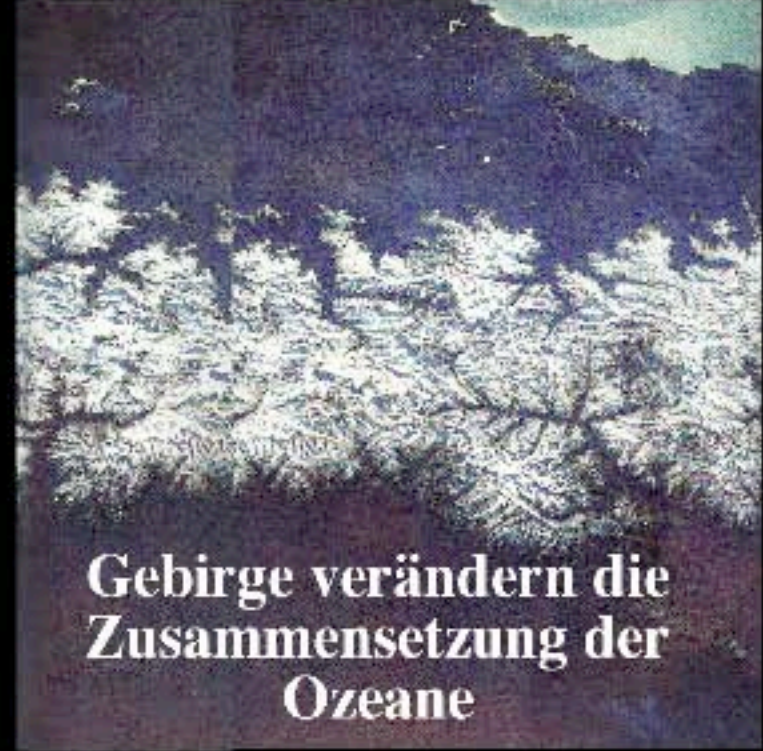
Wachstum und Zusammensetzung der Kontinente



Vulkane sind Zeugen der geochemischen Differentiation der Erde



Gebirge verändern die Zusammensetzung der Ozeane



Das geochemische Verhalten der Elemente

Das Periodensystem der Elemente

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| H | | | | | | | | | | | | | | | | | He |
| Li | Be | | | | | | | | | | | B | C | N | O | F | Ne |
| Na | Mg | | | | | | | | | | | Al | Si | P | S | Cl | Ar |
| K | Ca | Sc | Ti | V | Cr | Mn | Fe | Cu | Zn | Ga | Ge | As | Se | Br | Kr | | |
| Rb | Sr | Y | Zr | Nb | Mo | Tc | Ru | Rh | Pd | Ag | Cd | In | Sn | Sb | Xe | | |
| Cs | Ba | Hf | Ta | W | Re | Os | Ir | Pt | Au | Hg | Tl | Pb | Bi | Po | Rn | | |
| Fr | Ra | Rf | Db | Sg | Bh | Hs | Mt | | | | | | | | | | |



Ohne Vulkanismus und
Plattenverschiebung gäbe es
kein Leben auf der Erde

Der chemische Kreislauf von CO₂ zwischen Luft, Gestein und Wasser



These :

Die inneren Kräfte der Erde,

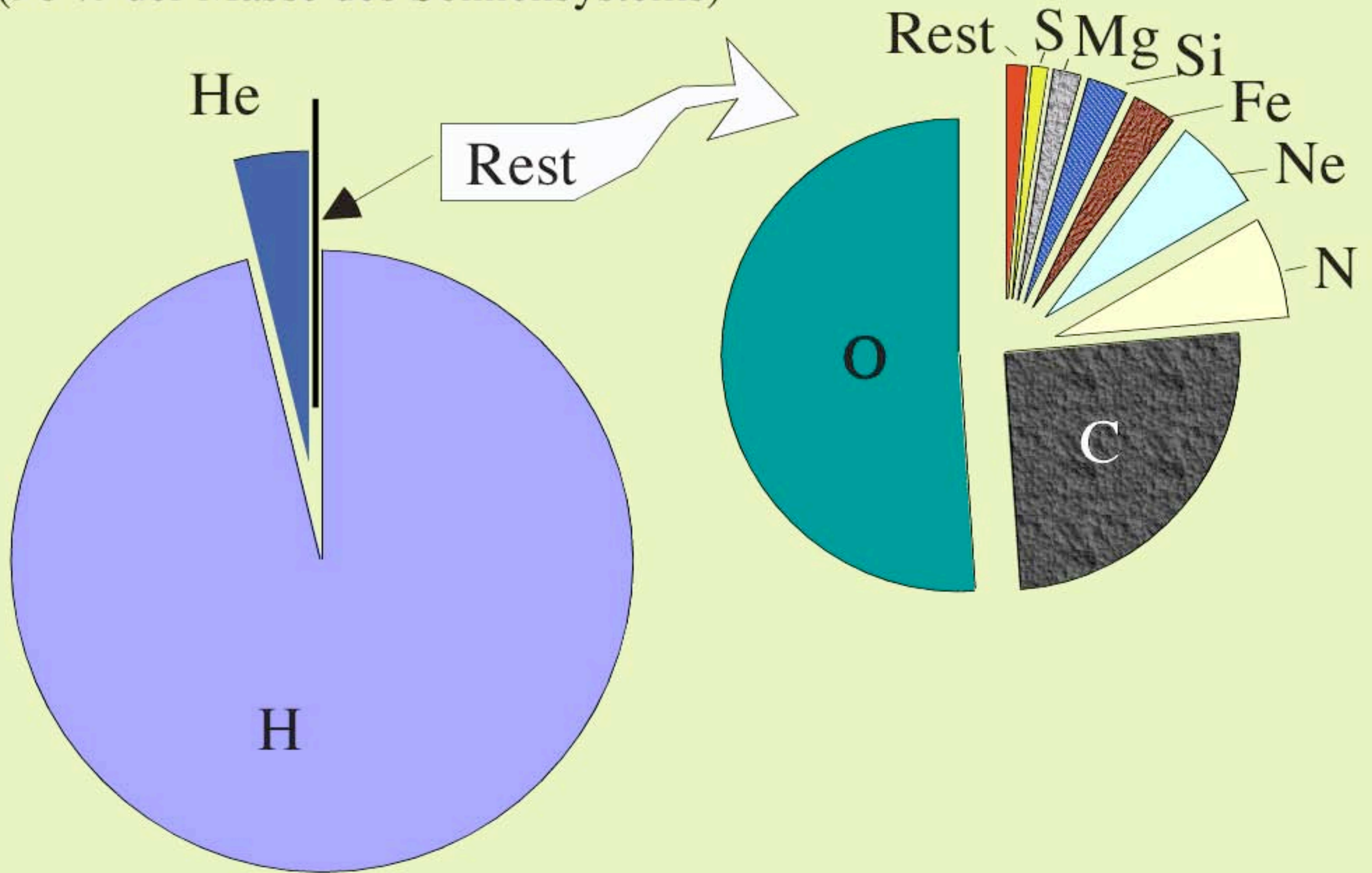
*Vulkanismus und
Kontinentalverschiebungen,*

*bedingen die geochemische
Differentiation des Planeten Erde*

*... und sind essentiell für die Entstehung und
Evolution des Lebens auf der Erde und die
Stabilisierung unserer Lebensräume.*

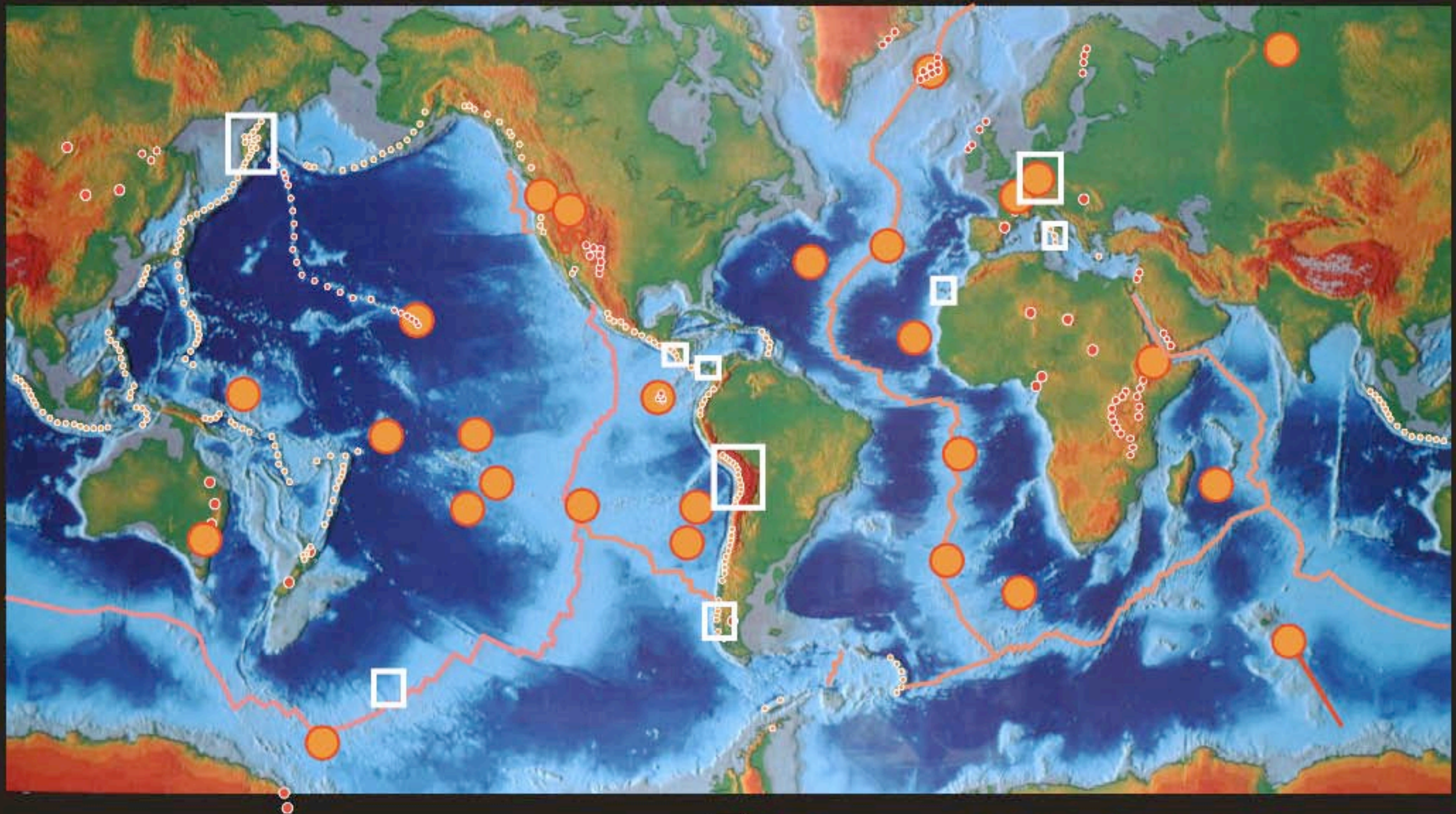
Ohne Vulkanismus kein Leben !

Die chemische Zusammensetzung der Sonne (98 % der Masse des Sonnensystems)

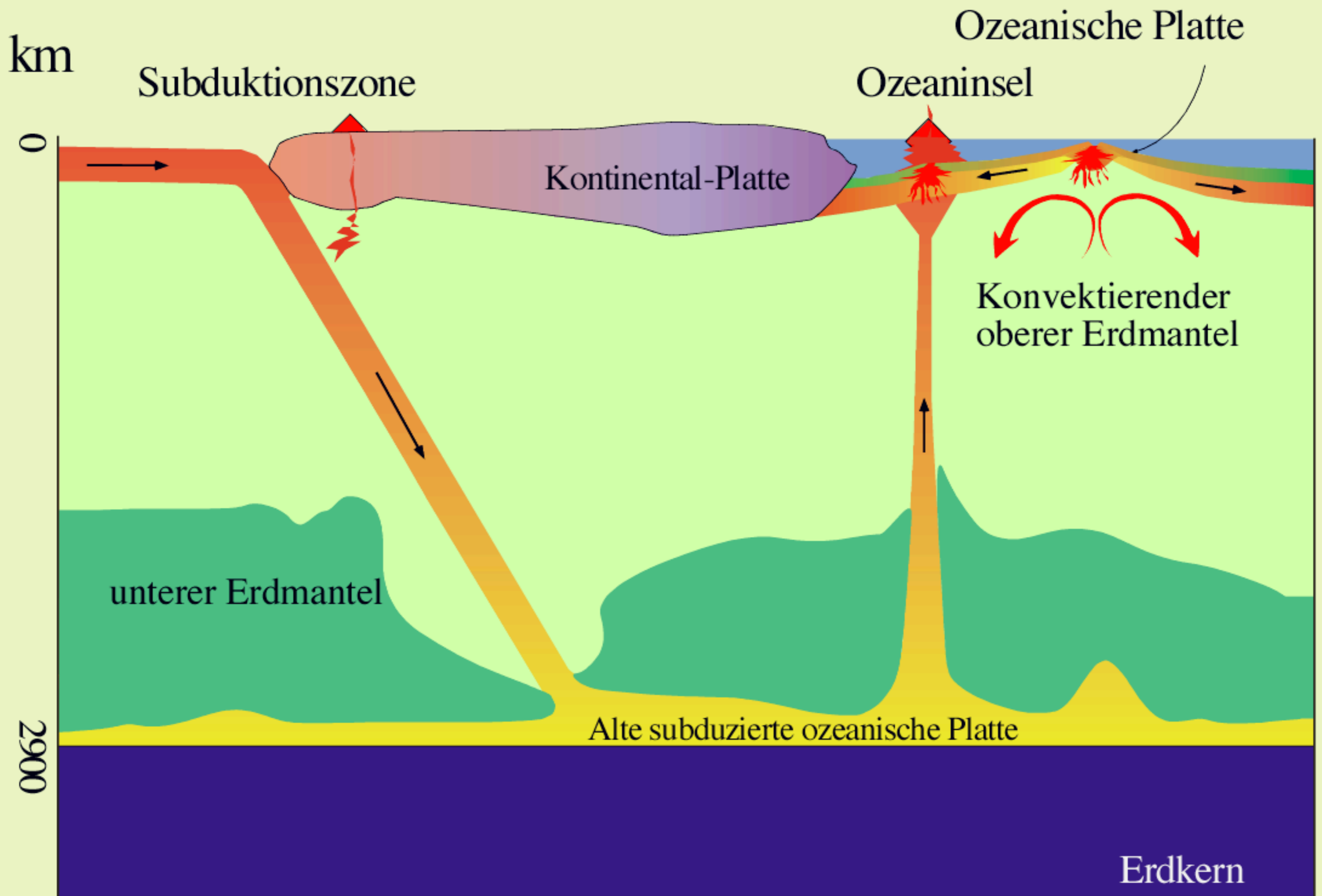


Die vulkanisch aktiven Zonen der Erde haben eine Magmen-Produktion von ca. 35 km^3 pro Jahr

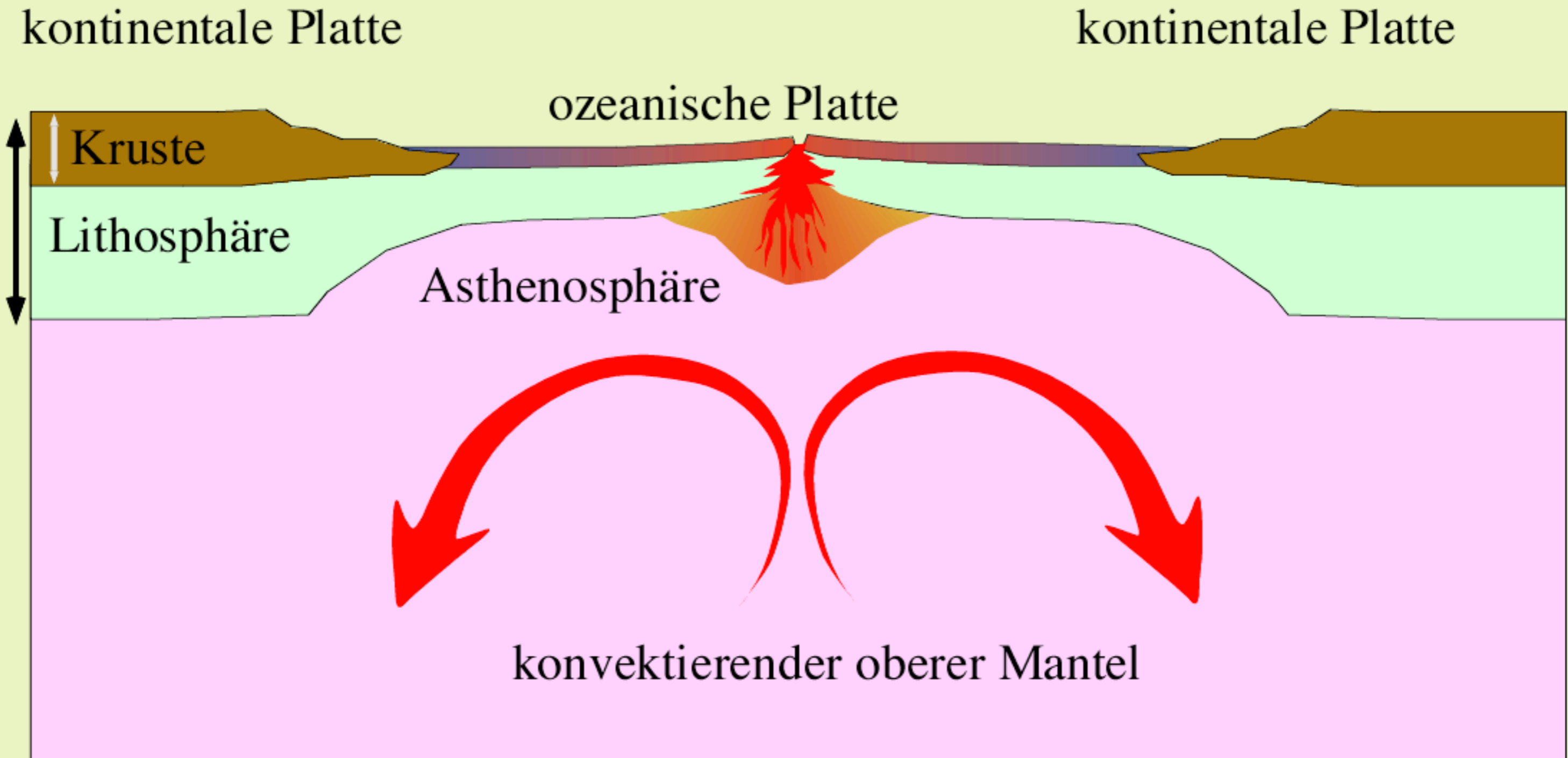
Das Volumen der Kontinente entspricht ca. 1% der Magmenproduktion in der Erdgeschichte



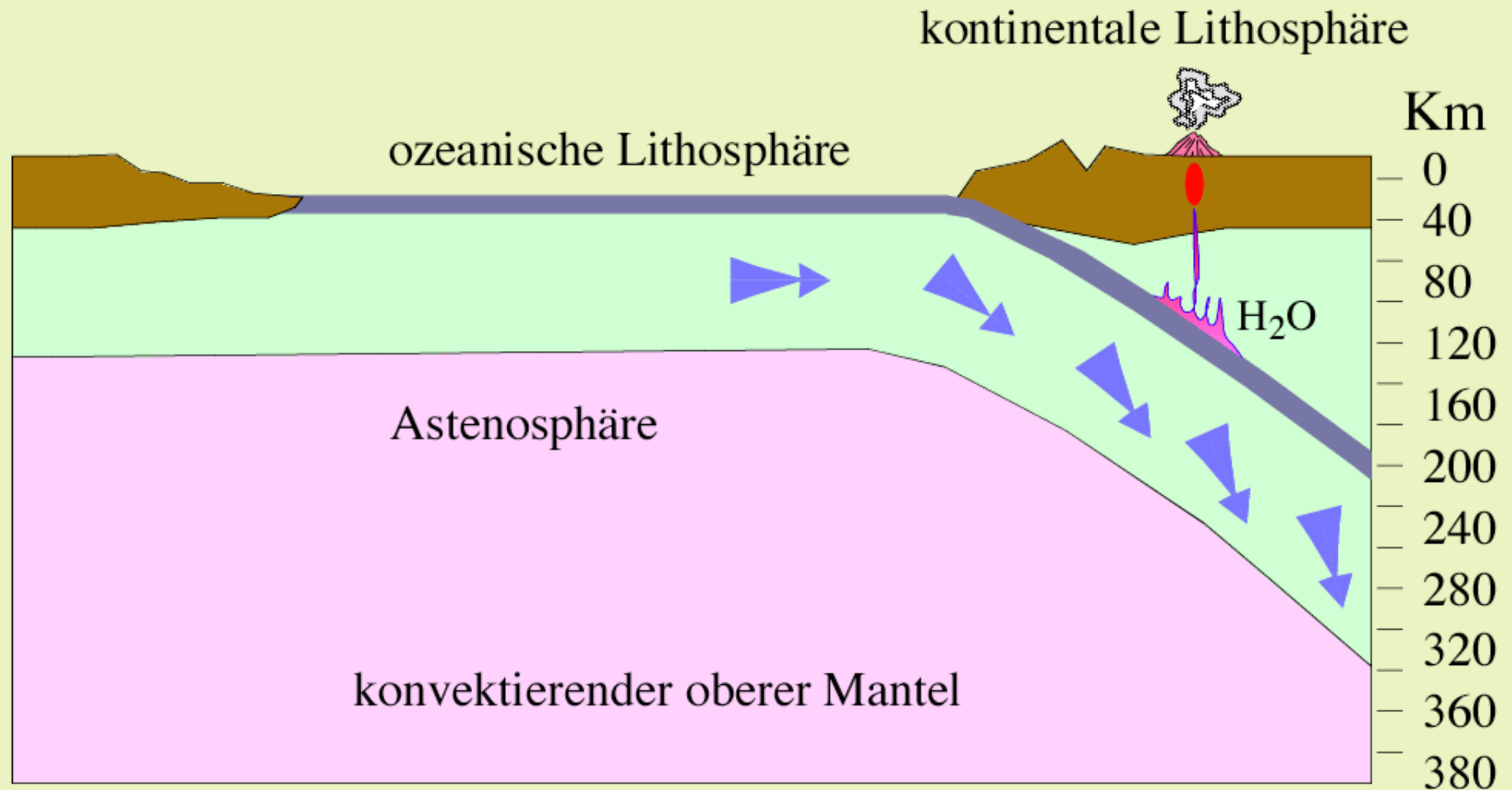
□ Arbeitsgebiete der letzten Jahre



Aufschmelzung durch Druckentlastung unter Ozeanen

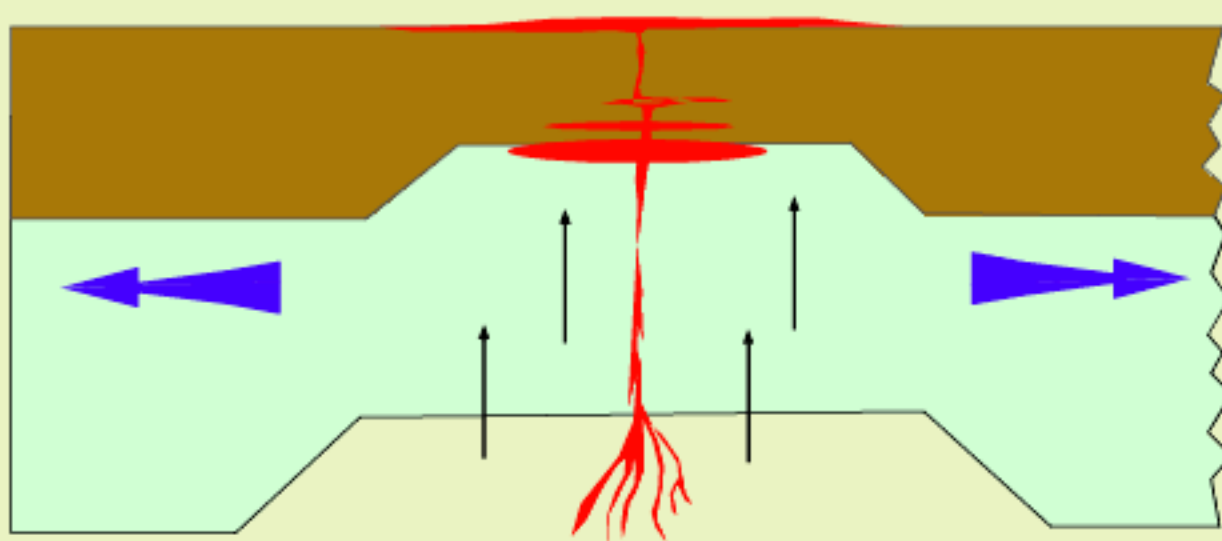


Aufschmelzung an subduzierten Lithosphärenplatten

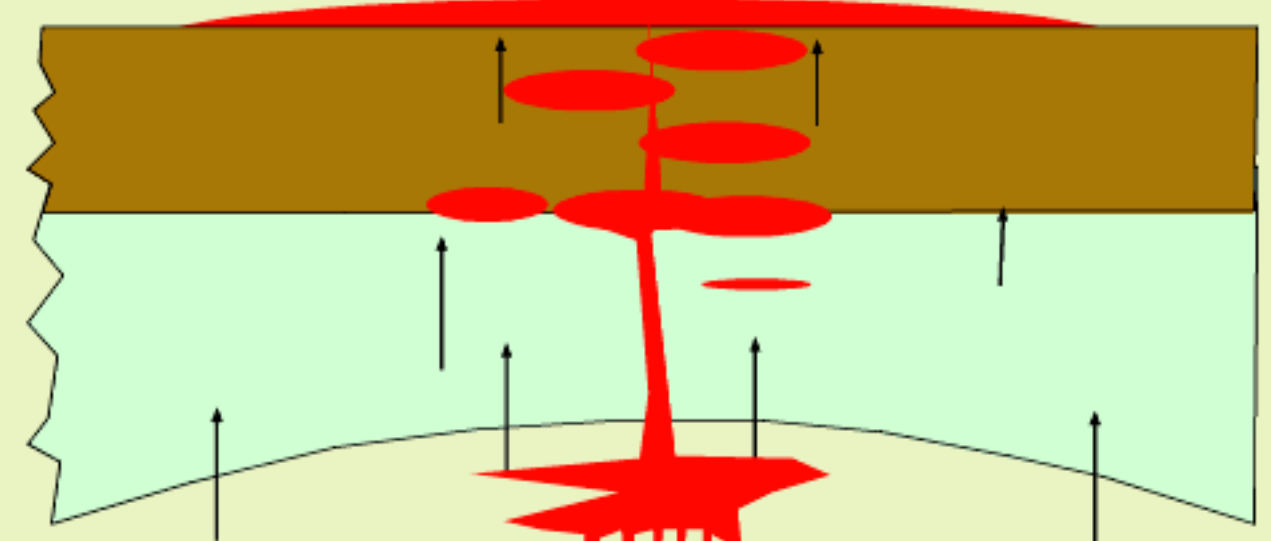


Mantelaufschmelzung durch Druckentlastung unter Kontinenten

(a) Dehnung der Krustenplatten (Rifting)
Aufstieg und Aufschmelzung
von heißem Erdmantel



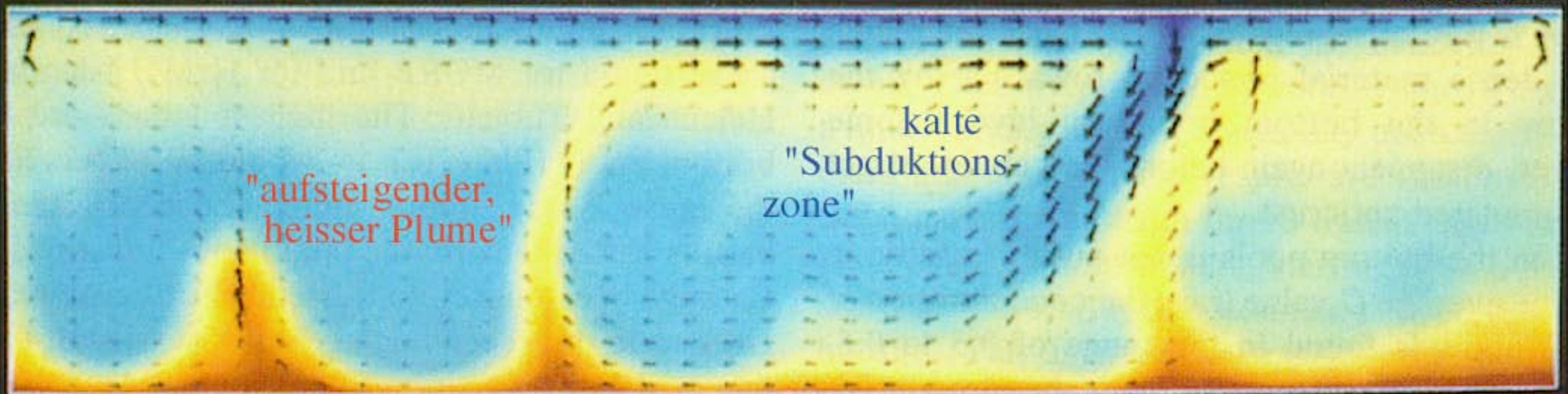
(b) Heißer aufsteigender
Mantelstrom
(Plume)



← Isothermen

Plume

Computervermodell der thermischen Bewegungen (Konvektion) und zum Verbleib der "subduzierten" Platten im Erdmantel

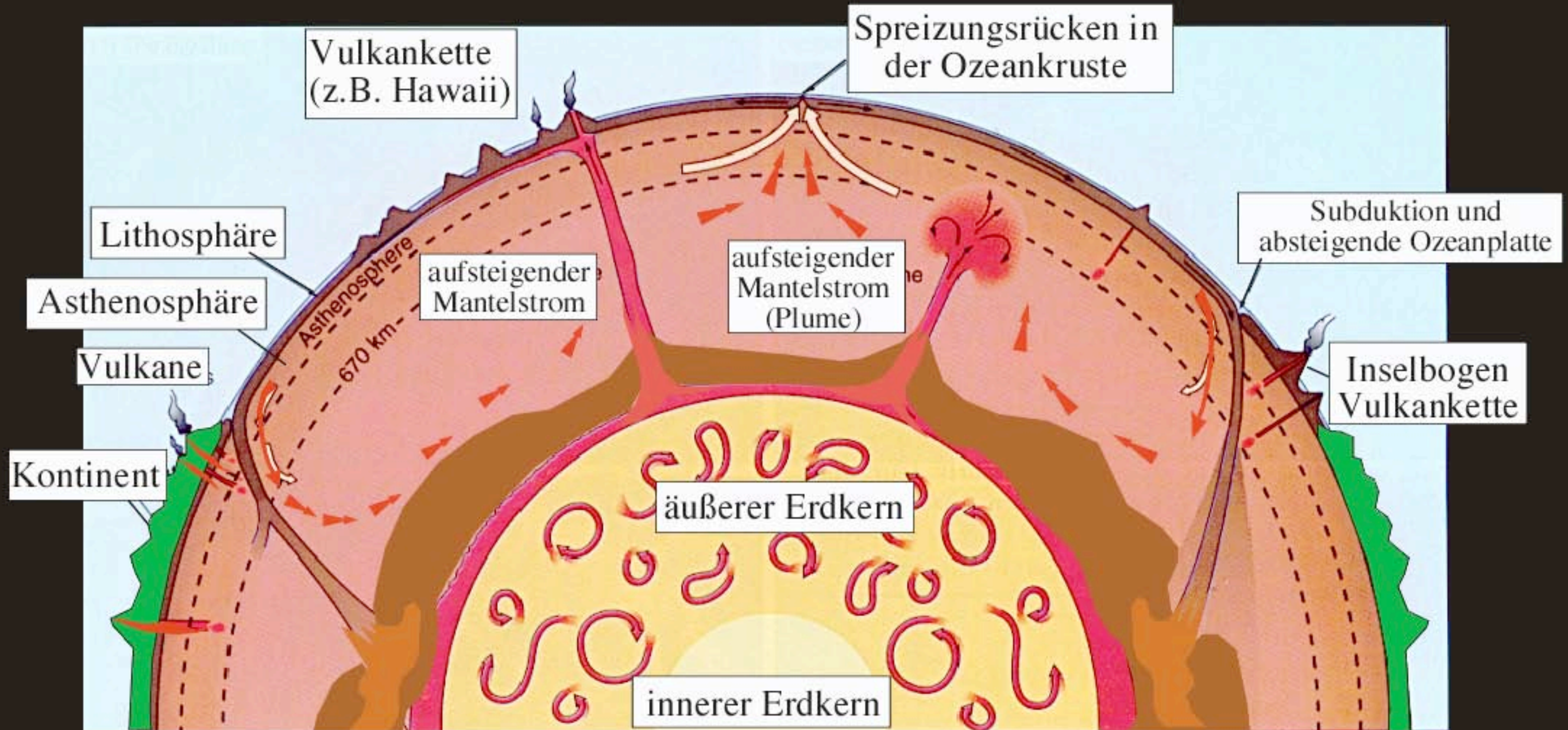


Erdkern

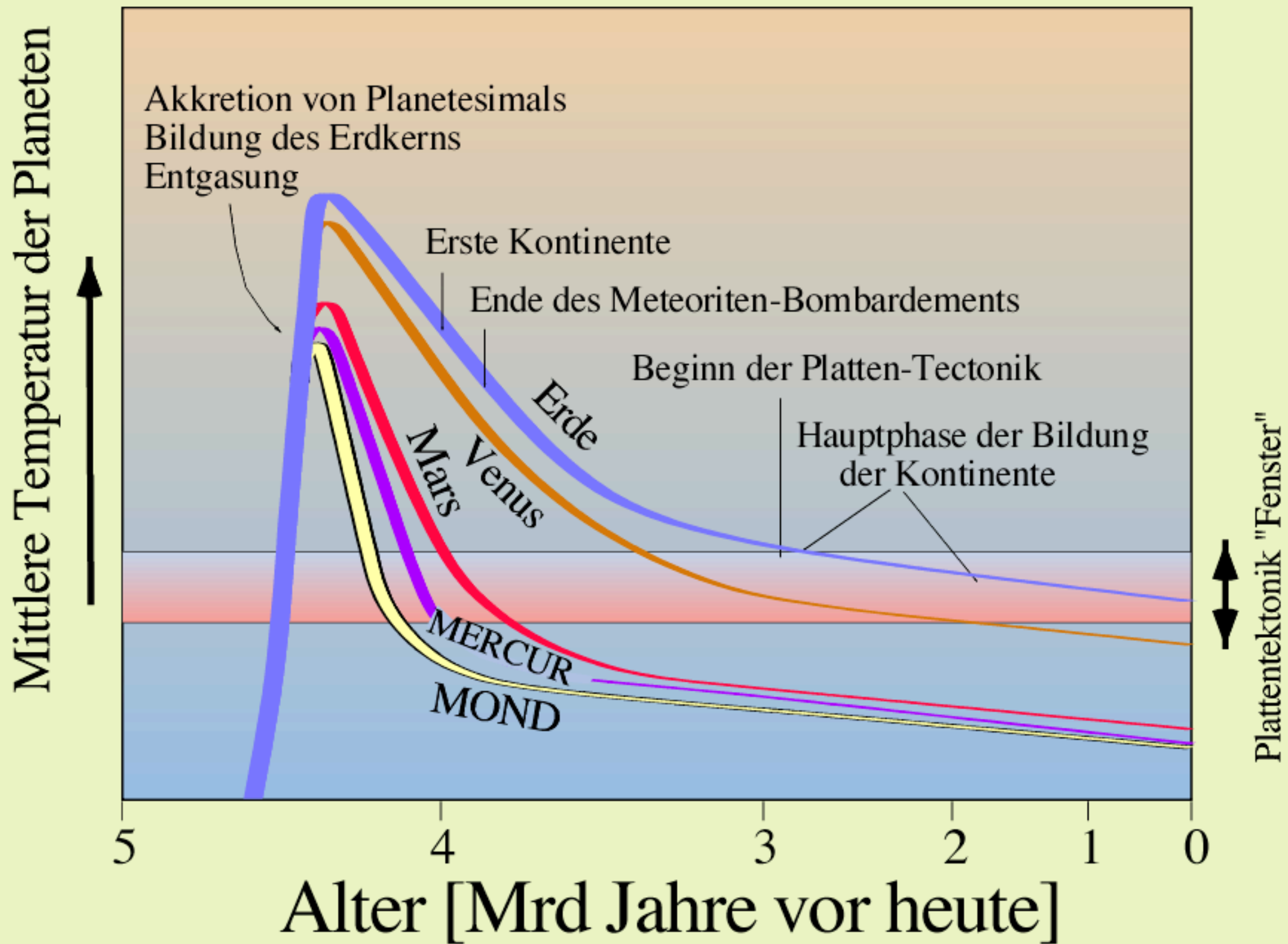


Erdkern

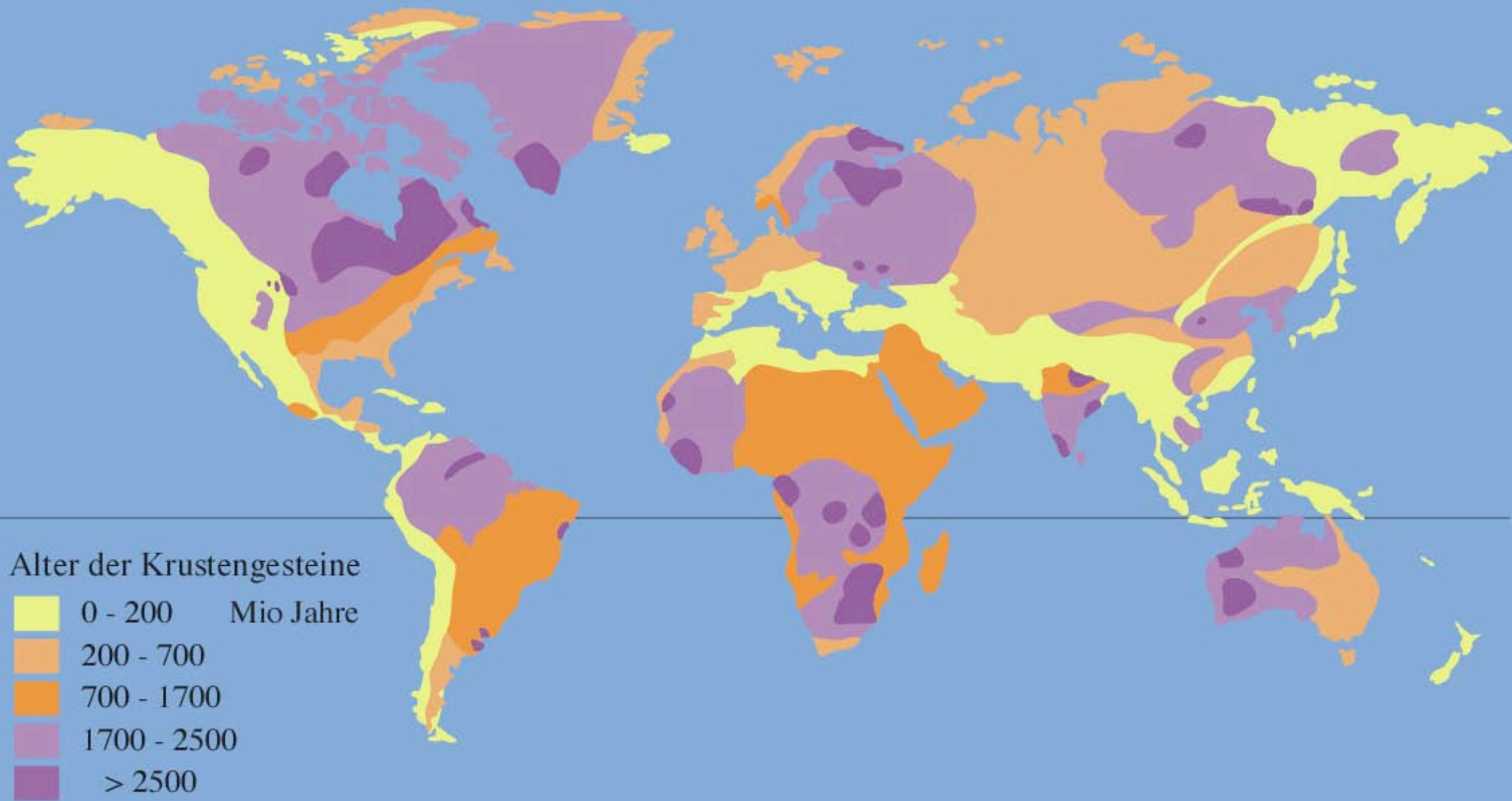
So stellen wir uns die Bewegungen im Erdinneren vor

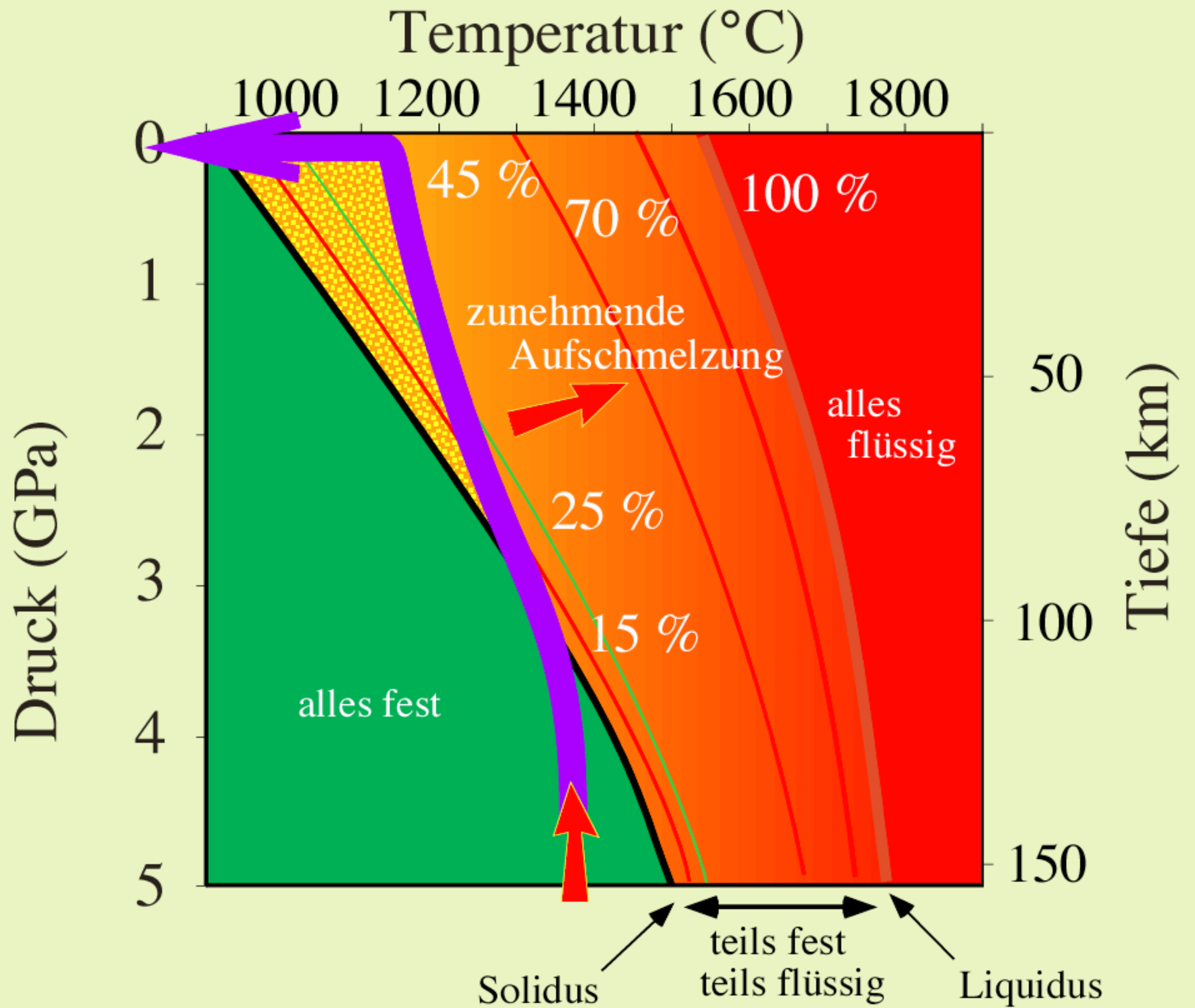


Temperaturentwicklung der Planeten seit ihrer Entstehung



Das Wachstum kontinentaler Kruste in der geologischen Zeit





VULKAN-MAGMA SYSTEM

Eruption

0 km

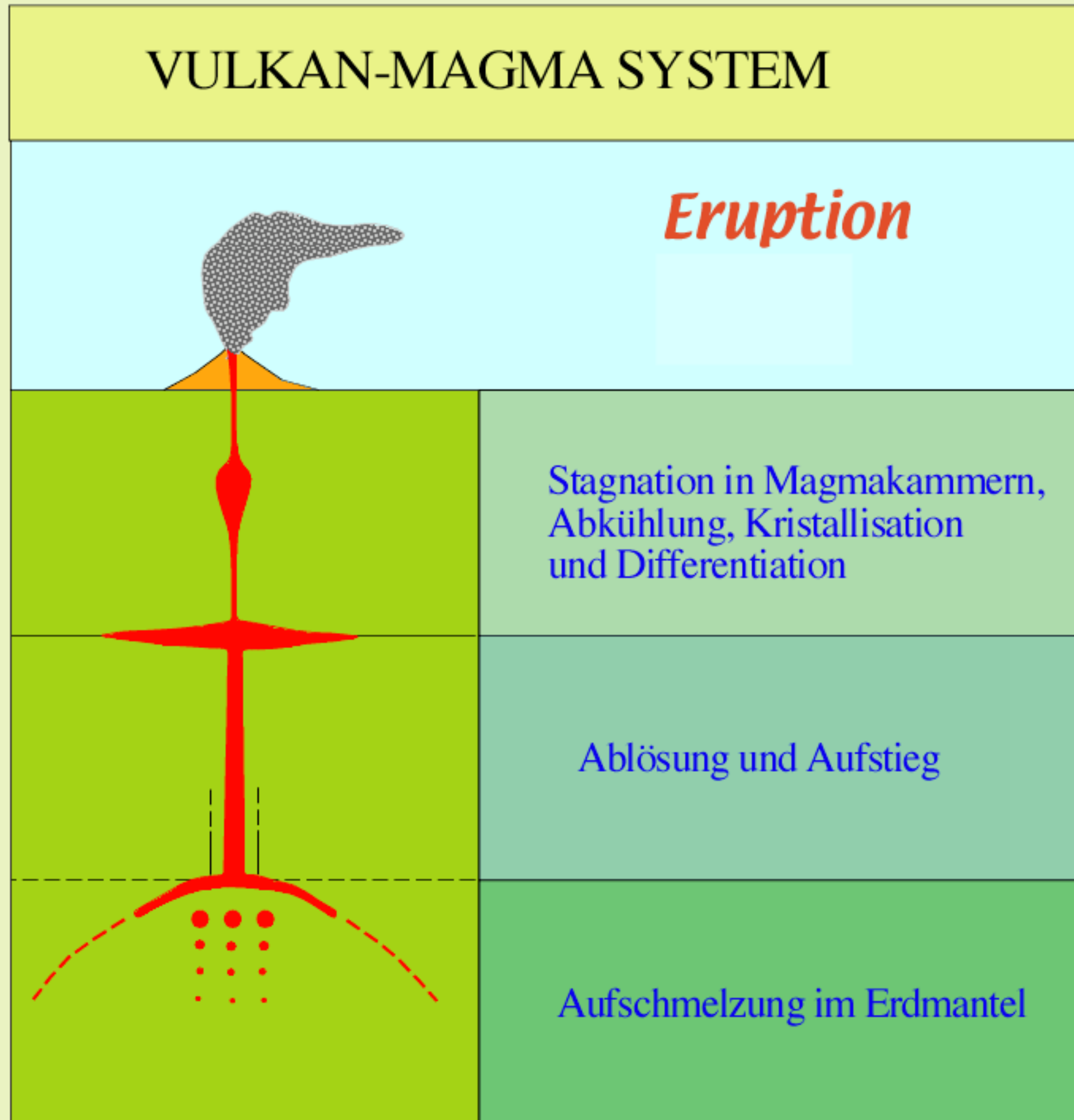
30 km

50-150 km

Stagnation in Magmakammern,
Abkühlung, Kristallisation
und Differentiation

Ablösung und Aufstieg

Aufschmelzung im Erdmantel



*Hawaiianische und
stromobianische Eruptionen
produzieren basaltische Lava,
die durch Aufschmelzung im
obersten Erdmantel
entstanden ist*



Plinianische Eruptionen werden gespeist von Magma, das sich durch "magmatische Differentiation" eines Ursprungsmagmas aus dem Entmantel entwickelt hat



Basaltgesteine



Bimssteine



Kristallisation

$$C_{\text{Magma2}} = C_{\text{Magma1}} * F^{(D-1)}$$

D= Verteilungskoeffizient der Elemente zwischen Kristallen und Magma

F= Restschmelze

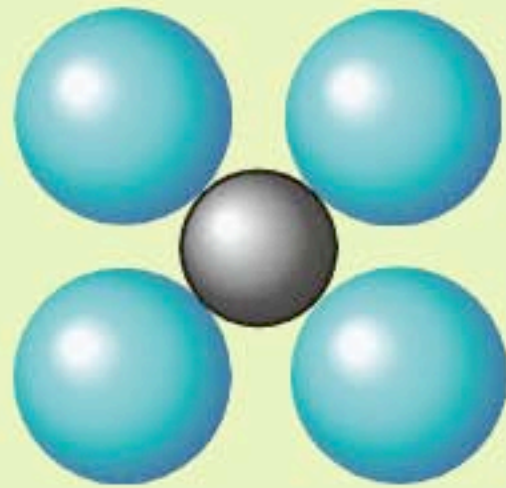
Aufschmelzung

$$C_{\text{Magma}} = \frac{C_{\text{Erdmantel}}}{D(1-F)+F}$$

D= Verteilungskoeffizient der Elemente zwischen Kristallen im Erdmantel und Magma

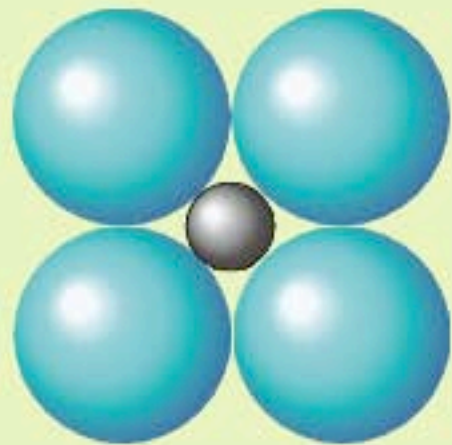
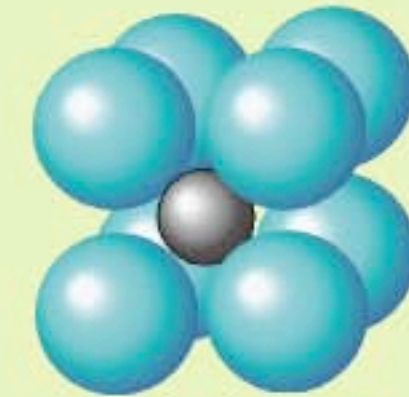
F= Aufschmelzgrad

Der Einbau von Elementen in Kristallstrukturen



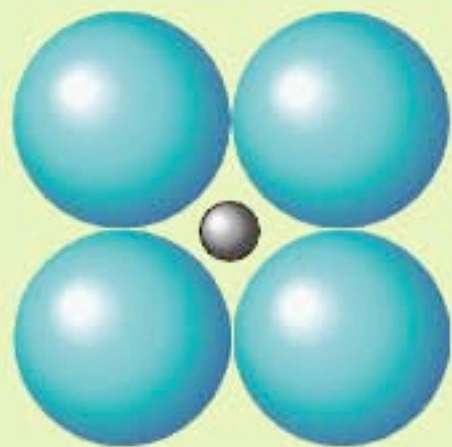
instabil

kubische
Koordination



optimal

tetraedrische
Koordination



stabil

planare dreifach
Koordination



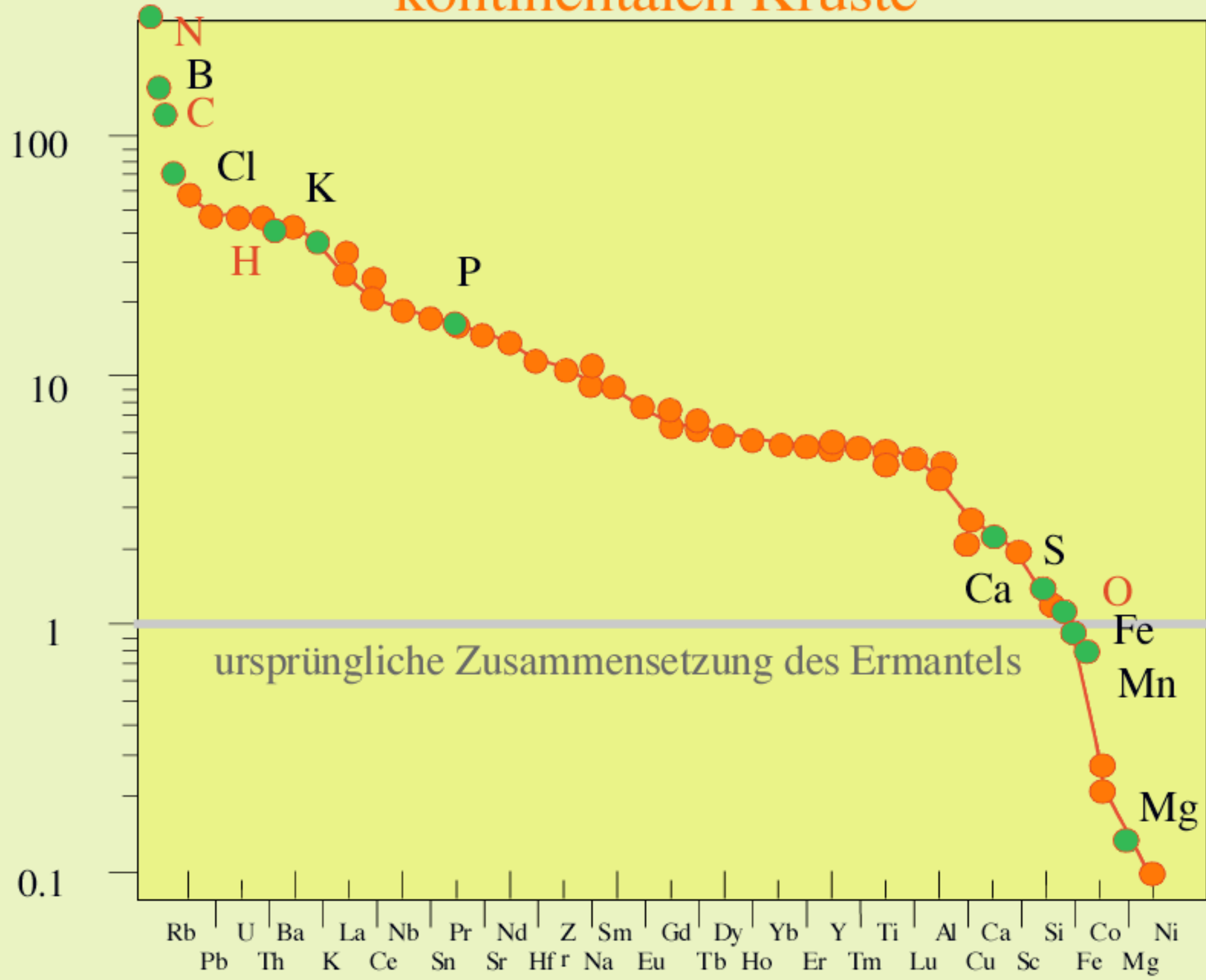
Das Periodensystem der Elemente

mit Wertigkeiten und, soweit ausreichend bekannt, Ionenradien

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------------|----------------|----------|----------------|----------------|----------|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| H +1 | | | | | | | | | | | | | | | | | He |
| Li +1 | Be +2 | | | | | | | | | | | B +3 | C | N | O -2 | F -1 | Ne |
| Na +1 | Mg +2 | | | | | | | | | | | Al +3 | Si +4 | P +5 | S -1 | Cl -1 | Ar |
| K +1 | Ca +2 | Sc +3 | Ti +3 +4 | V +3 +4 | Cr +3 | Mn +2 +3 | Fe +2 +3 | Co +2 | Ni +2 | Cu +2 | Zn +2 | Ga +3 | Ge +4 | As +5 | Se +6 | Br | Kr |
| Rb +1 | Sr +2 | Y +3 | Zr +4 | Nb +5 | Mo +6 | Tc | Ru | Rh | Pd | Ag +1 | Cd +2 | In +3 | Sn +4 | Sb +5 | Te | I | Xe |
| Cs +1 | Ba +2 | La-Lu | Hf +4 | Ta +5 | W +6 | Re +4 | Os | Ir | Pt | Au +3 | Hg +2 | Tl +3 | Pb +3 | Bi +3 | Po | At | Rn |
| Fr +1 | Ra +2 | Ac | La +3 | Ce +3 +4 | Pr +3 | Nd +3 | Pm +3 | Sm +3 | Eu +3 +2 | Gd +3 | Tb +3 | Dy +3 | Ho +3 | Er +3 | Tm +3 | Yb +3 | Lu +3 |
| | | | Ac | Th +4 | Pa | U +4 | Np | Pu | Am | Gm | Bk | Cf | Es | Fm | Md | No | Lw |

Element-Anreicherungen in der kontinentalen Kruste

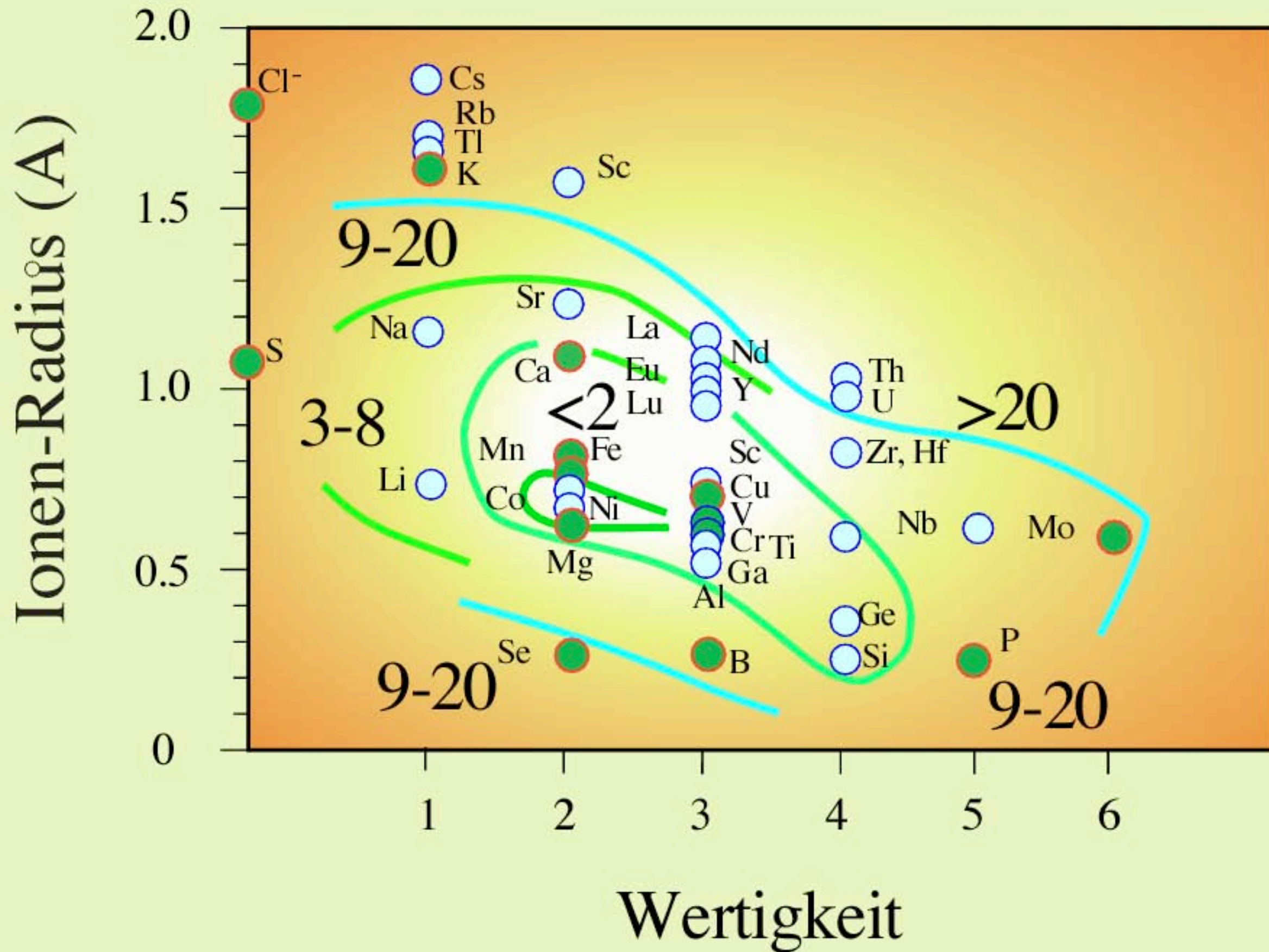
Konzentration der Elemente in der Erdkruste
relativ zur Konzentration dieser Elemente im Erdmantel



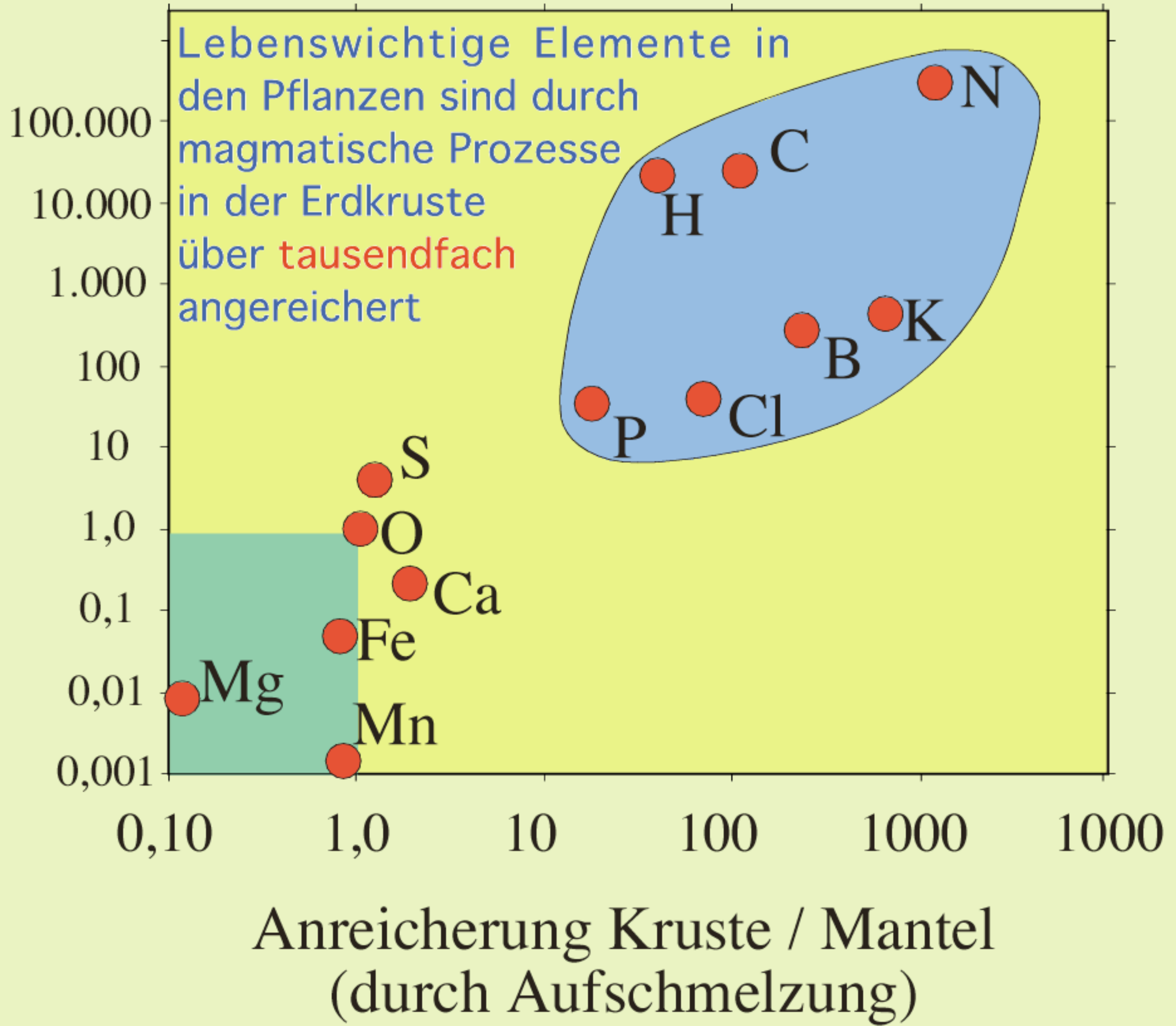
← Anreicherungstendenz in kontinentaler Kruste

(modifiziert nach Hofmann, 1988)

Geochemische Anreicherungsfaktoren Erdkruste / Erdmantel



Anreicherung Pflanzen / Mantel



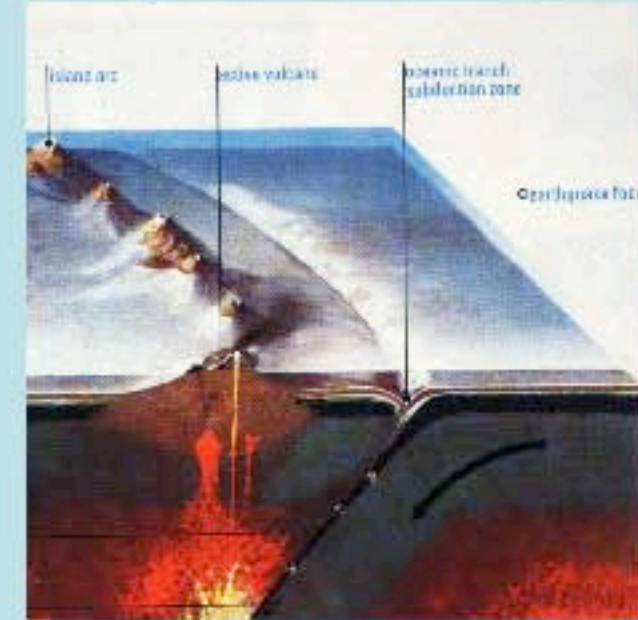
Anreicherung Kruste / Mantel
(durch Aufschmelzung)

*Vulkanismus und magmatische Prozesse
haben im Lauf der Erdgeschichte
die Kontinente geschaffen und
lebenswichtige Elemente in den
Oberflächengesteinen angereichert.*

Ohne Vulkanismus kein Leben !

Ohne Wasser und Vulkanismus keine Kontinente,
ohne Kontinente und Plattenverschiebung kein Leben

Warum ??



Auf der Erde gibt es flüssiges Wasser weil :

- 1) sie eine optimale Entfernung zur Sonne hat, jedoch
- 2) war vor 4,5 Milliarden Jahren war die Sonne noch schwach, aber ein hoher CO₂-Gehalt in der frühen Atmosphäre bewirkte einen starken Treibhaus-Effekt

Daher gibt es vor 4,5 Milliarden Jahren flüssiges Wasser auf der Erde

Meerwasser verändert die aus dem Magma gebildete Ur-Kruste durch Bildung wasserhaltiger Minerale.

- 3) Bei der Kollision und Aufstapelung dieser heißen, basaltischen Ur-Kruste führt dies zur Bildung "granitischer" Magmen und in der Folge zu "schwimm-fähiger" kontinentaler Kruste und stabilen Kontinentalplatten.

Ohne Vulkanismus, Kontinente und Plattenverschiebung kein Leben

Warum ??

Ohne Kontinente gäbe es aber auch keine Flachmeere und daher keine Karbonat-Bildung durch Kalkschalen-bildende Organismen (z.B. Muscheln und Korallen).

Die **Bindung** von CO_2 als Karbonatgestein im Meer reduziert das Treibhausgas und **schwächt** den Treibhaus-Effekt (es wird kälter)

Aber : Die Kollision an den Rändern der Platten bedingen die tiefe Versenkung von Sedimentgesteinen aus dem Meer. Dies führt bei grosser Hitze zum Abbau der Karbonatgesteine, zur Entgasung und **Rückführung** von CO_2 . Dies **stärkt** den Treibhaus-Effekt (es wird wärmer)

Netto-Effekt :

Optimierung des Klimas - Stabile lebensbedingungen

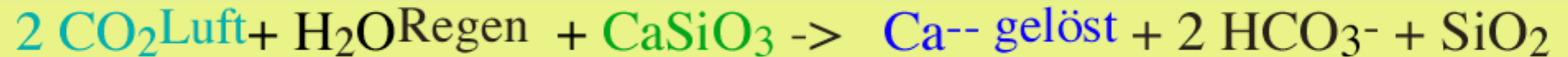
Die Existenz von Kontinenten und deren Oberflächenverwitterung beeinflussen das Klima !

Warum ??

Die Erdkruste besteht vorwiegend aus den Elementen :
Si, O, Al, Na+K, Ca, Fe, und Mg

Diese verbinden sich in der Erdkruste zu Silikaten, die die Minerale bilden,
z.B. : CaSiO_3

CO_2 aus der Luft und Wasser (Regen) verbinden sich zu Kohlensäure und reagieren mit den Ca-Silikaten der Erdoberfläche :

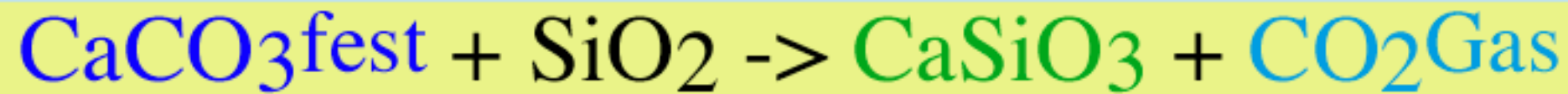


Ca^{--} gelangt über die Flüsse ins Meer und reagiert unter Abgabe von einem Molekül CO_2 zu :



Netto - Effekt : Der Luft wird für jedes Ca-Atom aus der Verwitterung der Erdoberfläche ein CO_2 entzogen. $\Rightarrow \Rightarrow$ Erniedrigung des CO_2 -Gehaltes in der Atmosphäre, $\Rightarrow \Rightarrow$ Abschwächung des Treibhaus-Effekts $\Rightarrow \Rightarrow$ Klima - Abkühlung !

CO₂ wird an den Kollisionszonen der Platten durch Mineral-Reaktionen und magmatische Aktivität bei hohen Temperaturen wieder freigesetzt !!



Netto - Effekt : Der Luft wird für jedes Ca-Atom aus Karbonat nach der Aufheizung und Reaktion mit SiO₂ ein CO₂ zurückgeführt.

➡➡ CO₂-Erhöhung in der Atmosphäre, stärkerer Treibhaus-Effekt

CO₂ -Zyklus : Alle 60 Mio Jahre wird ein CO₂ in Karbonat überführt, subduziert und als CO₂ - Gas wieder freigesetzt

Umsatz = $1,2 * 10^{13}$ mol CO₂ pro Jahr

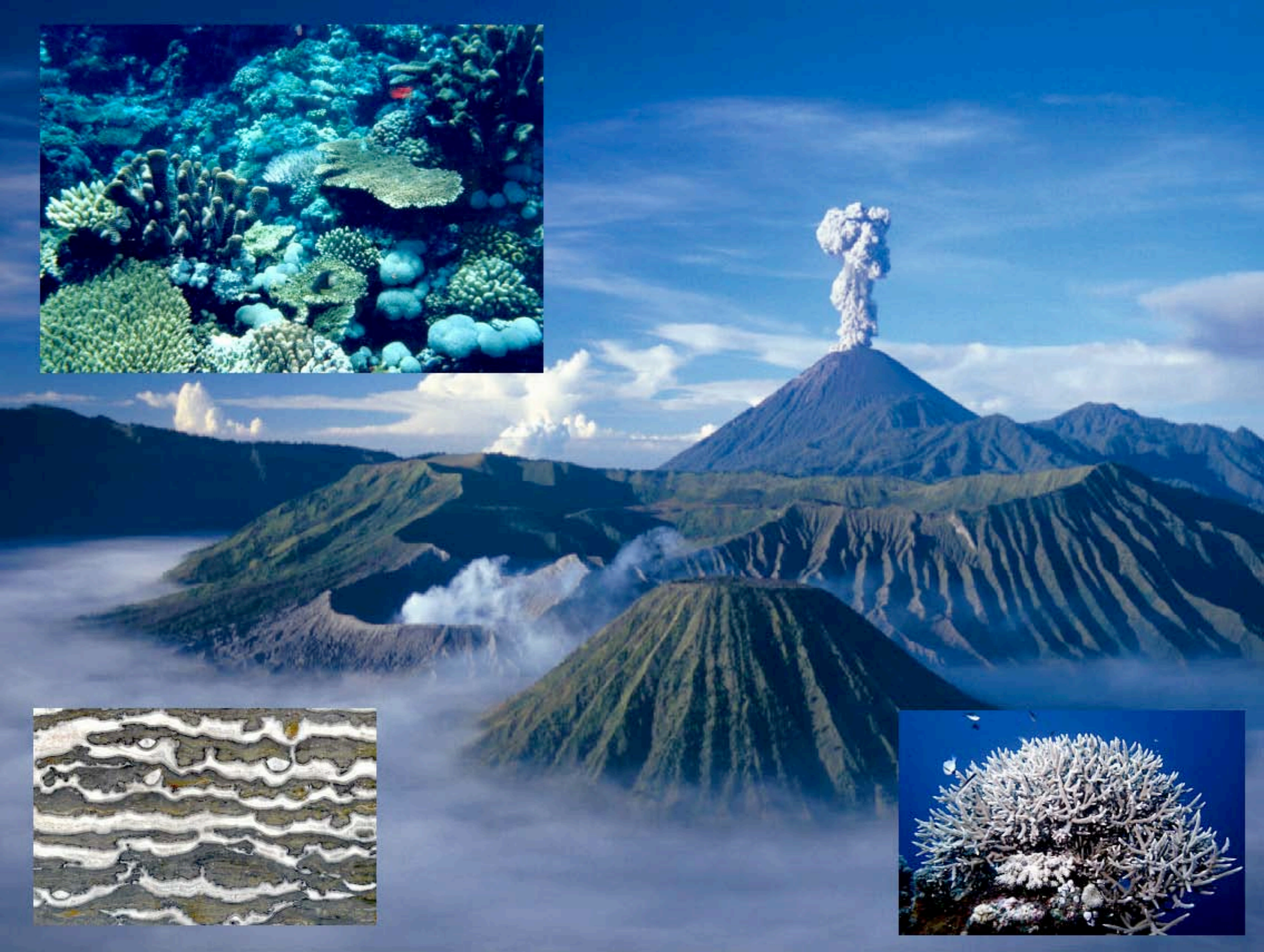
➡➡ Nur ein Minimaler Teil verbleibt langfristig als Karbonat auf der Erdoberfläche : in Karbonaten : $5,1 * 10^{21}$ mol CO₂

Hohe CO₂ - Gehalte der **frühen** Erdatmosphäre haben den Effekt einer anfangs um 30% schwächeren Sonneneinstrahlung kompensiert

➡➡ Optimale Klima-Balance !

Der Kreislauf des CO₂

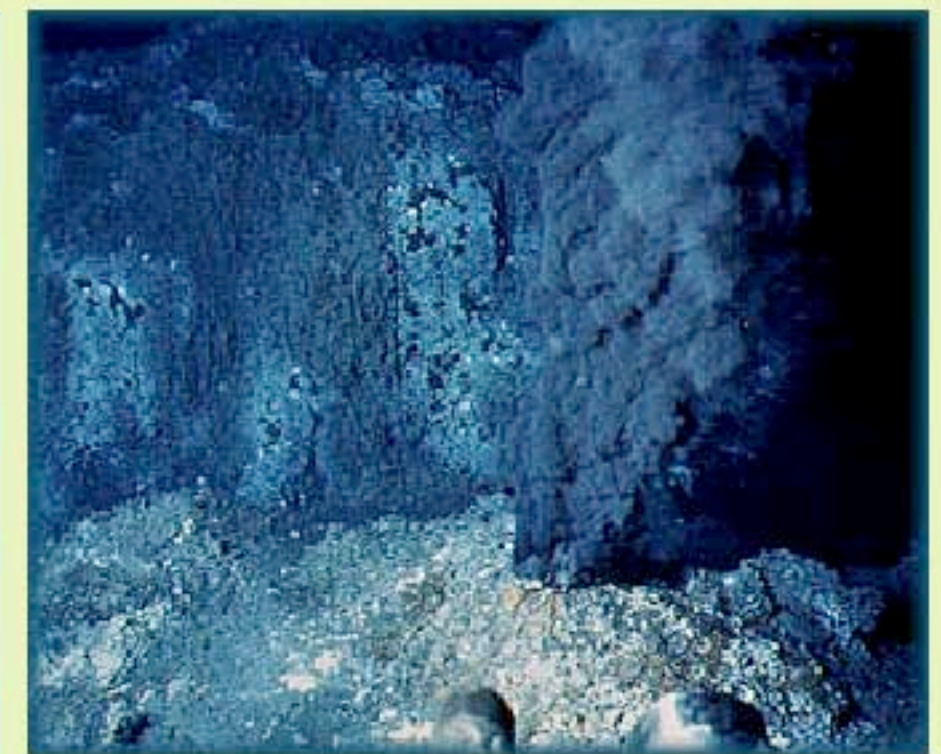
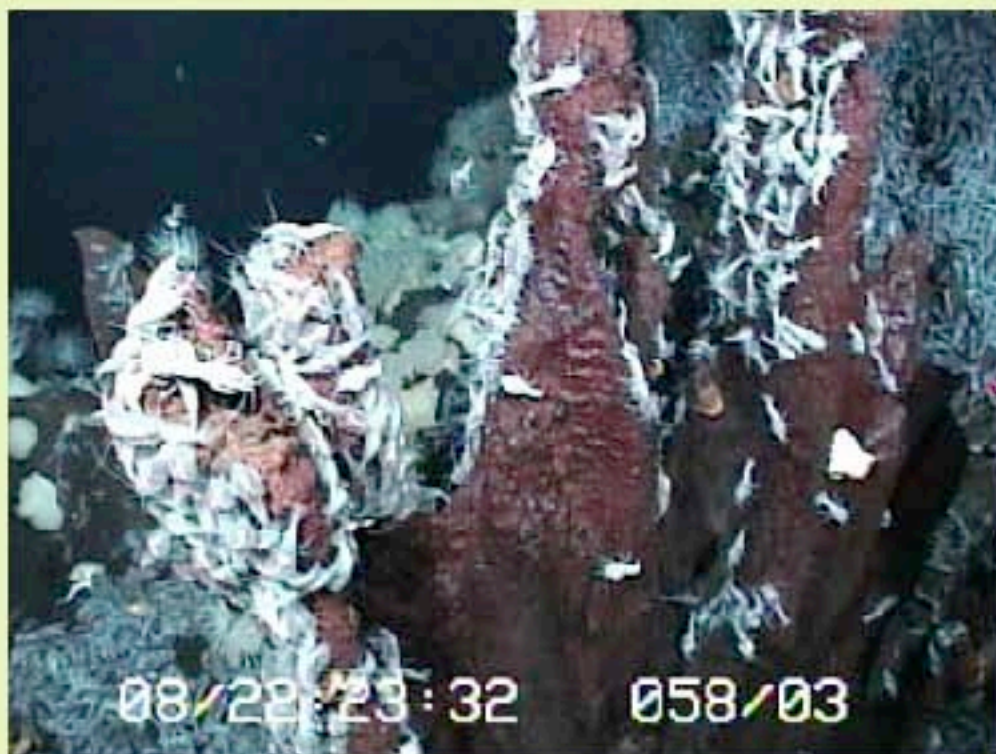
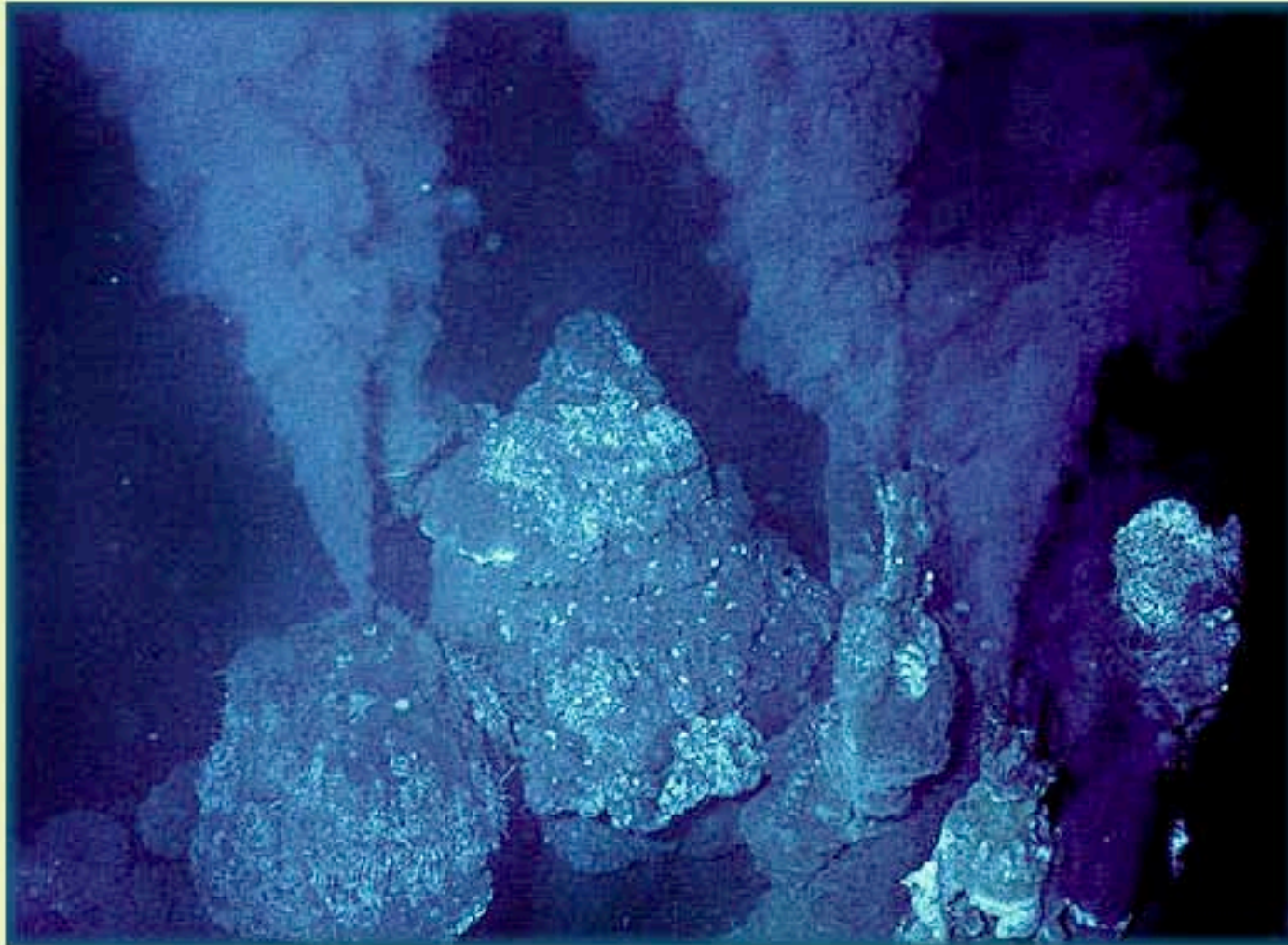




Leben im Extrem: Black Smokers

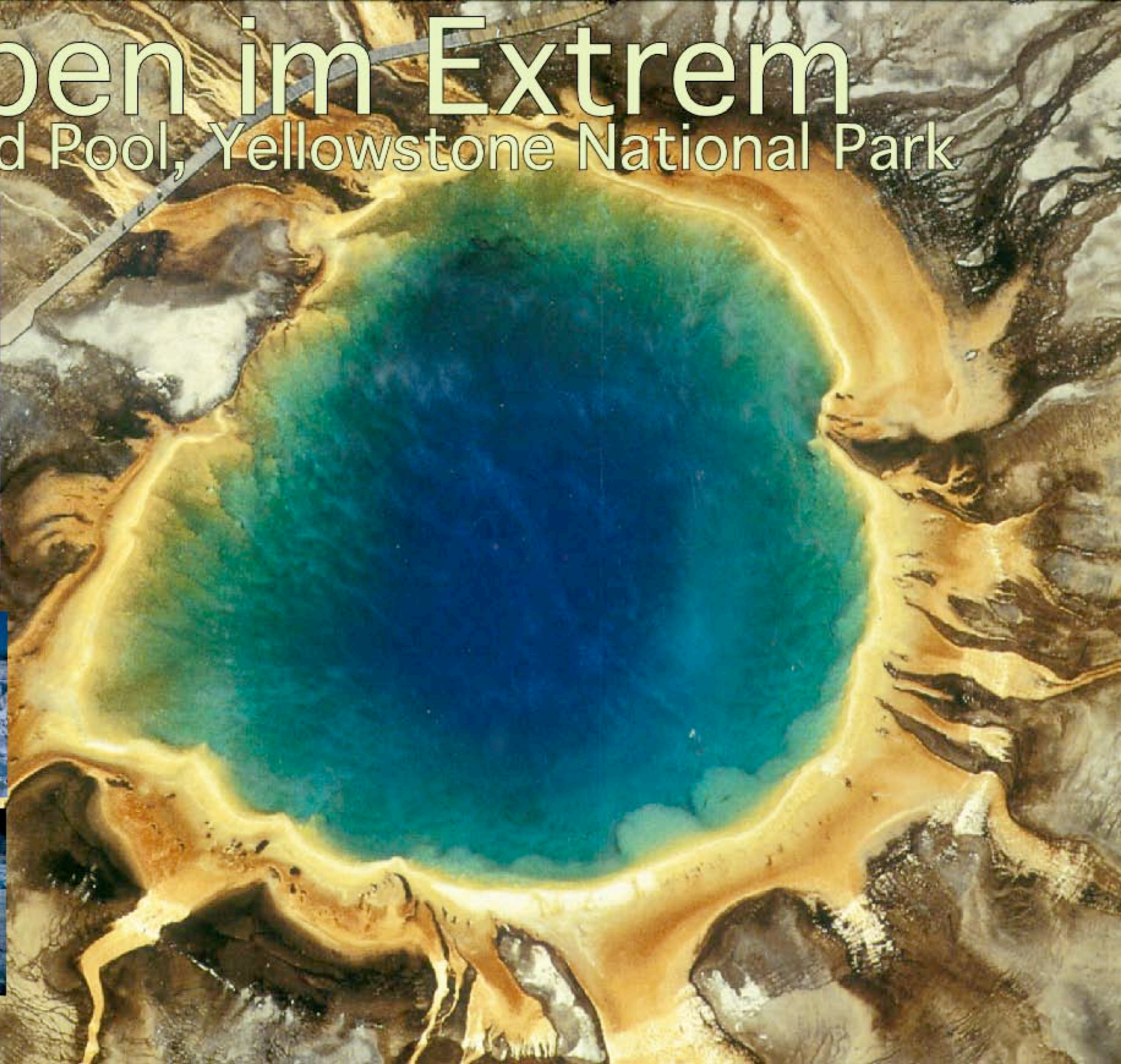
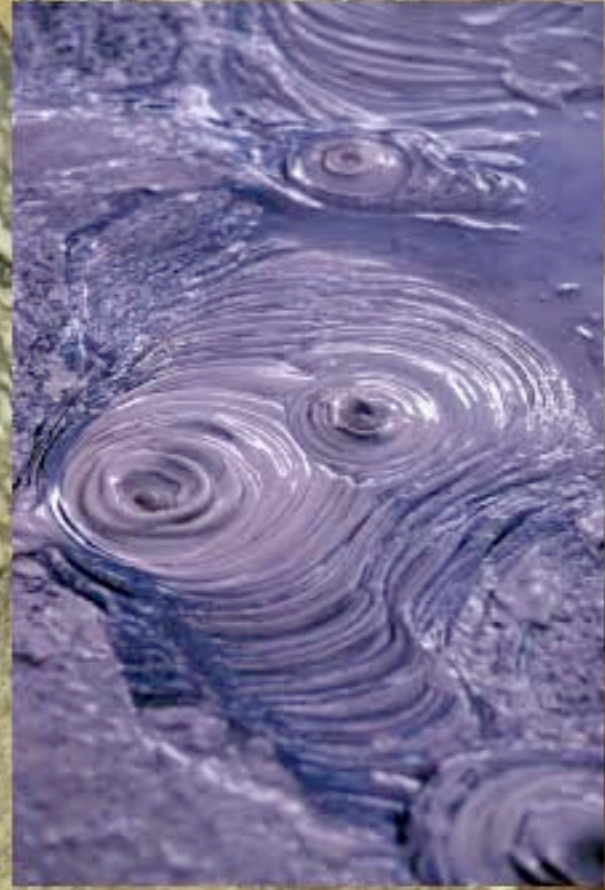
Heisse (>200°C), saure, Element-beladene (FeS₂)

Hydrothermalausstritte am Ozeanboden mit chemotrophen Lebewesen



Leben im Extrem

Emerald Pool, Yellowstone National Park



Dankeschön

für Ihre

Aufmerksamkeit !



Lieber Prof. Körner, ich wäre beiner
Vorspannung in onmacht
gefallen.

