

# **System Erde**

13. Dezember 2021

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Erdaufbau</b>	<b>4</b>
1.1 Elemente . . . . .	4
1.1.1 Entstehung . . . . .	4
1.1.2 Ionen . . . . .	5
1.1.3 Koordination der Atome im Molekül . . . . .	5
1.1.4 Silikate . . . . .	6
1.2 Entstehung des Sonnensystems . . . . .	8
1.2.1 Orbitale Parameter der Erde . . . . .	8
1.3 Planeten . . . . .	8
1.4 Kometen . . . . .	9
1.5 Meteorite . . . . .	9
1.5.1 Impakte . . . . .	9
1.6 Atmosphäre und Leben . . . . .	10
1.6.1 Leben . . . . .	10
1.6.2 Atmosphäre . . . . .	11
1.7 Geschichte der Erde . . . . .	11
1.8 Schalenbau der Erde . . . . .	12
1.8.1 seismische Wellen . . . . .	12
1.8.2 Ausbreitungsgeschwindigkeit seismischer Wellen . . . . .	13
1.9 Geothermie . . . . .	13
1.10 Magnetismus . . . . .	14
1.11 Platteneltonik . . . . .	14
1.11.1 Magnetisches Streifenmuster am Meeresboden . . . . .	14
1.12 Lithosphärenplatten . . . . .	15
1.12.1 Bewegung der Platten . . . . .	15
1.12.2 Typen von Plattengrenzen . . . . .	16
1.13 Erdbeben und Plattengrenzen . . . . .	17
1.13.1 Präventionen . . . . .	17
1.13.2 Ursache . . . . .	17
1.14 Erdbebenlokation . . . . .	17
1.15 Herdflächenlösung . . . . .	18
1.16 Erdbebenstärken . . . . .	19
1.16.1 Momenten-Magnetudenskala . . . . .	19
1.16.2 Verhalten beim Erdbeben . . . . .	19
1.17 vulkanismus . . . . .	19
1.17.1 (Silikat-)Schmelzen . . . . .	20

1.18	Ozeanische Kruste . . . . .	20
1.18.1	mittelozeanische Rücken . . . . .	20
1.18.2	Tiefseebergketten . . . . .	20
1.18.3	submariner Vulkanismus . . . . .	21
1.19	Aufbau der ozeanischen Kruste . . . . .	22
1.20	Gebirgsbildung . . . . .	24
1.21	Metamorphose . . . . .	24
1.21.1	Metamorphe Gesteine ohne Schieferung . . . . .	24
1.21.2	Matamorphe Gefüge in geblätterten Mineralen . . . . .	24
1.22	Verwitterung . . . . .	25
1.22.1	Gesteinsverwitterung . . . . .	25
1.22.2	chemische Verwitterung . . . . .	25
1.22.3	Bodenverwitterung . . . . .	25
1.22.4	Bodenerosion . . . . .	26
1.23	Massenbewegung und Erosion . . . . .	26
1.23.1	Klassifikation von Massebewegungen . . . . .	26
<b>2</b>	<b>Sedimente und Erdgeschichte</b>	<b>27</b>
2.1	terigene klastische Sedimente . . . . .	27
2.1.1	Löss . . . . .	27
2.2	vulkano-klastische Sedimente . . . . .	27
2.3	biologische Karbonate . . . . .	28

# 1 Erdaufbau

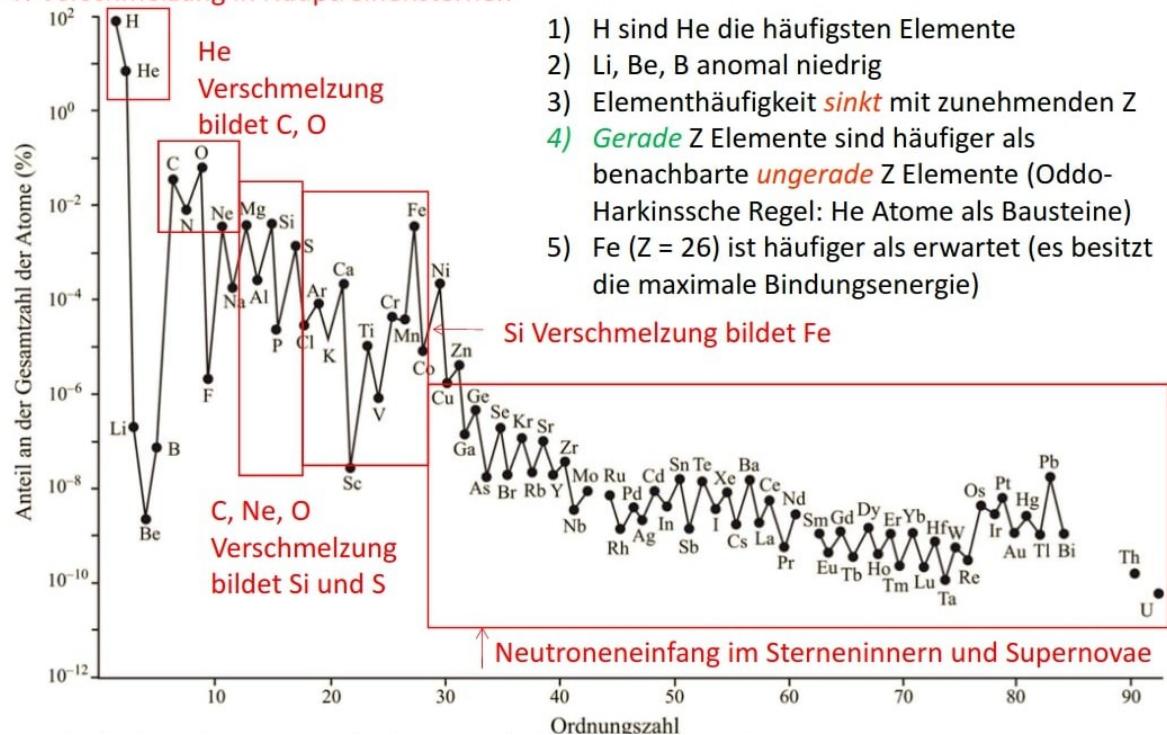
## 1.1 Elemente

### 1.1.1 Entstehung

größtenteils als Nukleosynthese im Inneren eines Sterns  
alter des Sonnensystems: ca. 4,5 mrd Jahre  
Häufigste Elemente: H;He;O;Si;Al;Fe

## Zusammenfassung Nukleosynthese

### H Verschmelzung in Hauptreihensternen



Elemente mit gerader Protonenzahl sind stabiler → Zick-Zack-Linie  
Entstehung schwererer Elemente:

- R-Prozess: 1. schneller Neutronenfang z.B. bei Supernova mit anschließendem  $\beta$ -Zerfall
  - Neutronenfang ist schneller als der Kernzerfall

- Tritt nur bei Sternen mit mehr als 8 Sonnenmassen auf
- S-Prozess: Neutronenfang von Kernschmelzen im inneren der Sonne mit anschließendem  $\beta$ -Zerfall
  - Neutronenfang ist langsamer als der Zerfallsprozess
  - tritt bei Sternen mit weniger als 8 Sonnenmassen auf

### 1.1.2 Ionen

Regeln für Ionenradien:

- Der Radius wächst mit der Ordnungszahl
- Innerhalb eines Elements wächst der Radius mit der negativen Ladung ( $S^{2-} > S^{2+}$ )
- Der Radius nimmt mit der Koordinationszahl (Anzahl benachbarter Atome) zu
- Bei seltenen Erden sinkt der Radius mit zunehmender Ordnungszahl

### 1.1.3 Koordination der Atome im Molekül

Wenn  $\frac{2r_c}{2r_a} = (c = \text{Kation}, a = \text{Anion})$

1. 0,414 bis 0,732, dann kann ein stabiles Oktaeda gebaut werden
2. 0,225 bis 0,414, dann kann ein stabiles Tetraeda gebaut werden

#### Druckkoordinationsregel

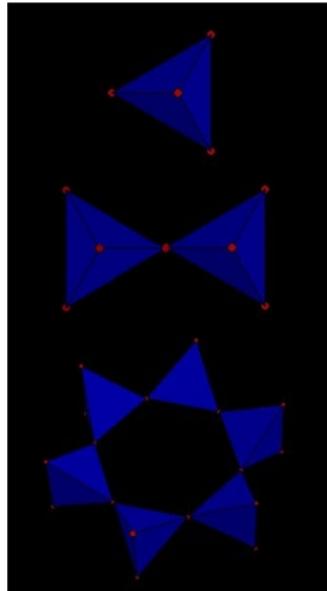
- geringer Druck  $\rightarrow \frac{2r_c}{2r_a} = \text{gering} \rightarrow \text{CN gering}$  ( $\text{CN} = \text{KoordinationsZahl}$ )
- hoher Druck  $\rightarrow \frac{2r_c}{2r_a} = \text{hoch} \rightarrow \text{CN hoch}$

## 1.1.4 Silikate

$SiO_x$

### Silikatstrukturen (1)

Silikate werden aufgrund ihrer Tetraederverknüpfungen eingeteilt



#### Nesosilikate

$[SiO_4]^{4-}$  Isolierte Tetraeder (Inselsilikate)

Beispiele: Olivin, Zirkon, Granat

#### Sorosilikate

$[Si_2O_7]^{6-}$  Doppeltetraeder (Disilikate)

Beispiel: Epidot, Lawsonit

#### Cyclosilikate Ringsilikate

$n[SiO_3]^{2-}$   $n = 3, 4, 6$

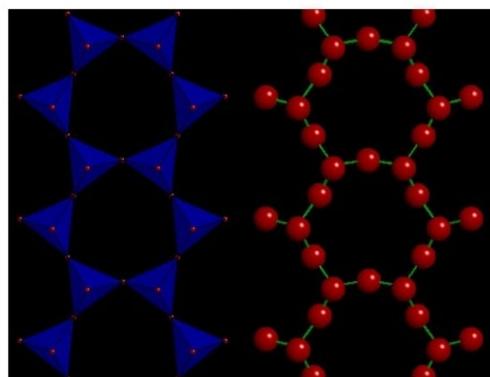
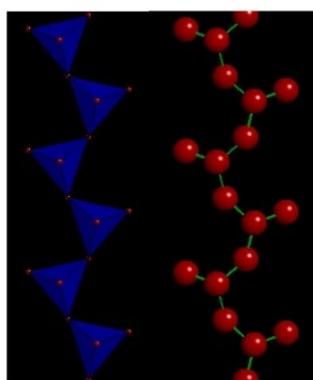
Beispiele: Benitoit BaTi[Si<sub>3</sub>O<sub>9</sub>]

Beryll Be<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>[Si<sub>6</sub>O<sub>18</sub>]

36

### Silikatstrukturen (2)

Silikate werden aufgrund ihrer Tetraederverknüpfungen eingeteilt



#### Inosilikate (Kettensilikate)

$[SiO_3]^{2-}$  Einzelketten

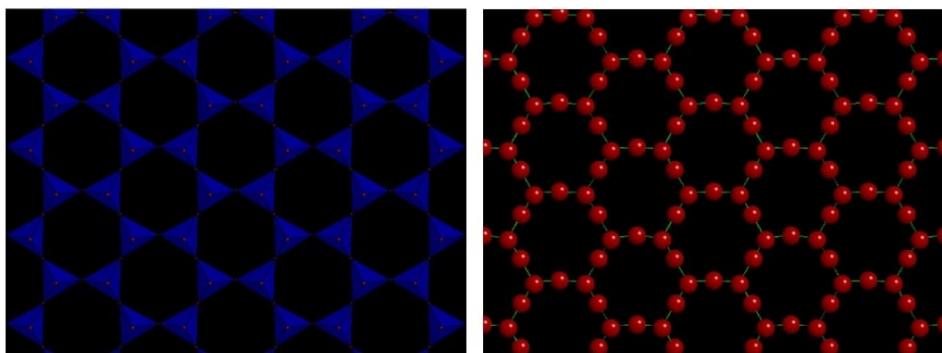
Pyroxene

$[Si_4O_{11}]^{6-}$  Doppelketten

Amphibole

## Silikatstrukturen (3)

Silikate werden aufgrund ihrer Tetraederverknüpfungen eingeteilt



### Phyllosilikate (Schichtsilikate)

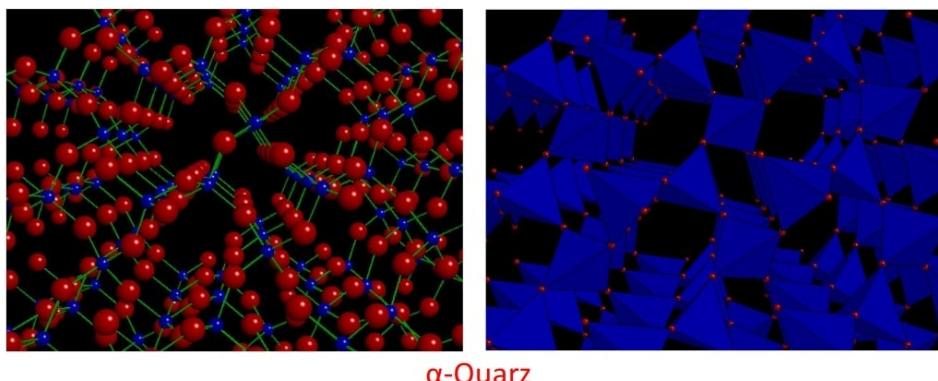
$[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$     Tetraederschichten (O das aus der Projektionsebene heraussteht ist nicht verknüpft)

Beispiele: Glimmer, Talk, Serpentin, Tonminerale

38

## Silikatstrukturen (4)

Silikate werden aufgrund ihrer Tetraederverknüpfungen eingeteilt



### Tektosilikate (Gerüstsilikate)

$[\text{SiO}_4]$     3-D Anordnung der Tetraeder: vollständig polymerisiert

Quarz und Polymorphe, Feldspäte, Feldspatoide, Zeolite

## 1.2 Entstehung des Sonnensystems

- Bildung der Sonne aus protoplanetarem Nebel
- Bildung einer Akkretionsscheibe aus den Überresten des Nebels
  - entsteht durch den Drehimpuls des protosolaren Nebels
- Durch Impakte in der Akkretionsscheibe entstehen Planetesimale
- Revolution und Rotation von Sonne und Planeten idR. gleich, da Impulserhaltung des Drehimpulses
- Abweichungen in der Drehachse entstehen durch Impakte
- erste Verbindungen: CaAl-Verbindungen

### 1.2.1 Orbitale Parameter der Erde

3 Parameter verändern sich zyklisch:

- Exzentrizität: Abweichung von der Kreisbahn
  - alle 100.000 Jahre
  - e schwankt zwischen 0,005 und 0,058 ( $e = 0 \hat{=}$  Kreisbahn)
- Obliquität: Schiefe der Erdachse
  - alle 41000 Jahre
  - schwankt zwischen  $22,1^\circ$  und  $24,5^\circ$
- Präzession: Orientierung der Kreiselachse
  - alle 26000 Jahre

## 1.3 Planeten

Merkur bis Mars überwiegend terristrische Planeten (überwiegend Gestein und Metall)  
Jupiter bis Neptun Jovianische Planeten (überwiegend Helium und Wasserstoff)  
Temperatur, Dichte und Silikate nehmen zur Sonne hin zu  
Volatile Elemente ( $H_2O, CO_2, CH_4, N_2$ ) nehmen ab

## 1.4 Kometen

Nukleus:

- fest
- 10m bis 100km groß
- besteht aus Eis und Gesteinskomponenten

Koma: Haarförmiger Schweif (Senkrecht zur Sonne stehende Streifen)

- durch Sublimation durch Sonnenwinde am Kometen freigesetzte Teilchen
- entsteht, wenn der Komet auf bis zu 3-4 AE an die Sonne herankommt

Herkunft: Oortsche Wolke (Umlaufzeit mehr als 200 Jahre) bzw. Kuipergürtel (Umlaufzeit weniger als 200 Jahre)

## 1.5 Meteorite

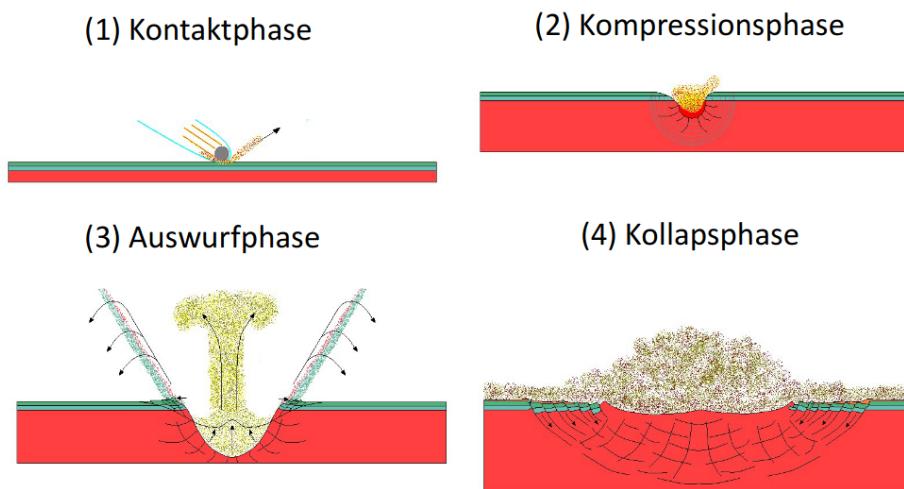
Unterteilung in Eisen, Stein-Eisen, Stein Meteorite

Steinmeteorite können in Achondrite (weniger häufig) und Chondrite (häufig) unterteilt werden

### 1.5.1 Impakte

Je größer der Impakt werden, desto komplexer werden die Krater  
Krater entsprechen denen einer Punktexplosion Einschläge produzieren immer einen runden Krater, außer der Winkel ist sehr flach

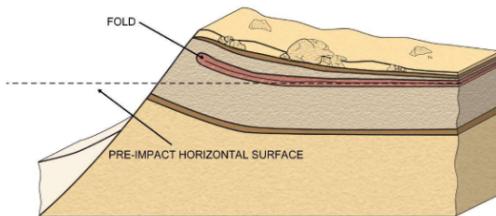
## Abfolge von Ereignissen während eines Impakts



Quelle: Wikimedia Commons - <https://commons.wikimedia.org/wiki/„Ries Impact 4“> von User:Vesta

## Impaktstrukturen: Morphologie

- Überkippte Schichten
  - Kraterrand morphologische Erhebung
  - Umgekehrte Schichtenabfolge
- Auswurfdecke
  - Kontinuierlich in eine Entfernung von ~1 Kraterdurchmesser
- Impakt Brekzien (Suevite)
  - Pulverisiertes und durchgemischte Gesteine auf dem Kraterboden
- Schockmetamorphe Minerale
  - Stishovit
  - Coesit
- Tektite
  - Glassige Tropfen von geschmolzenem Gestein



Quelle: <http://www.lpi.usra.edu>



Quelle: <http://museumvictoria.com.au/pages/21241/000013754c-39.jpg>

41

## 1.6 Atmosphäre und Leben

### 1.6.1 Leben

Faktoren, die die Entstehung von Leben begünstigen:

- Entfernung zur Sonne

- Akkretion (chemische Gradienten)
- Impakte
- Größe
- Atmosphäre (Treibhausgase)
- Magnetfeld zu Abschirmung energetischer Strahlung

## 1.6.2 Atmosphäre

Quellen:

- Entgasung
- Verdunstung
- Meteorite/Kometen
- Stoffwechsel

Senken:

- Atmosphärische Flucht
  - Entweichen der Oberen Atmosphärenschicht durch zuführung von Wärme, was dazu führt, dass die Geschwindigkeit des Moleküls größer als die Fluchgeschwindigkeit des Planeten wird
- Ionisierung durch Sonnenwinde
- große Impakte
- Stoffwechsel

## 1.7 Geschichte der Erde

[Präsi angucken](#)

## 1.8 Schalenbau der Erde

### Kruste (1%)

- Ozeanisch:
  - dünn (10km), jung (<160 Ma Jahre)
  - Zusammensetzung: Basalt
- Kontinental
  - dick (30-60km), alt (Ga)
  - Zusammensetzung: Granodiorit

### Mantel (87%)

- seismische Diskontinuität
  - niedrige seismische Geschwindigkeiten im oberen Mantel
  - Zusammensetzung: Peridotit

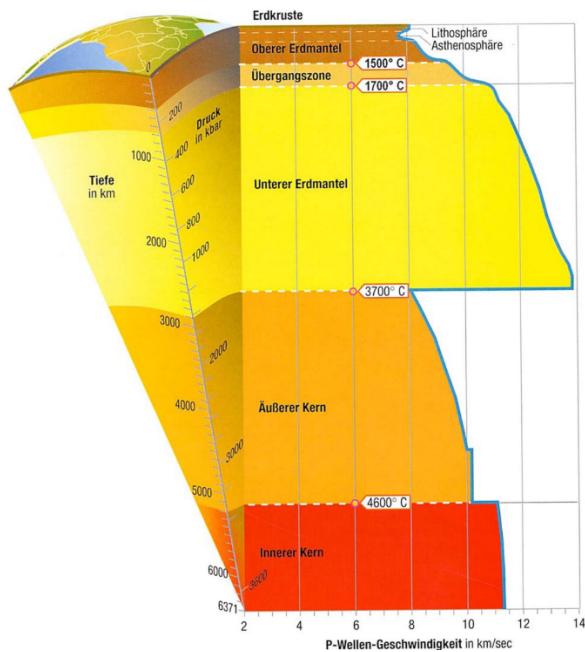
### Kern (12%)

- FE-reich, metallische Legierungen mit Ni, Si, S, O
- Äußerer Kern Flüssig, innerer fest

### 1.8.1 seismische Wellen

1. Longitudinalwelle (P-Welle)
  - Feder entlang der Höhe strecken und stauchen
2. Transversal (S-Welle)
  - sinusförmig

## 1.8.2 Ausbreitungsgeschwindigkeit seismischer Wellen



Grundsätzlich nehmen die Ausbreitungsgeschwindigkeiten seismischer Wellen mit der Tiefe zu (hier: P-Wellen)

Eine wichtige Anomalie ist die Grenze Lithosphäre-Asthenosphäre, an der die Geschwindigkeiten (leicht) abnehmen

Die zweite Anomalie ist die Mantel-Kern Grenze: da der äußere Kern flüssig ist, nehmen die seismischen Geschwindigkeiten stark ab

10

S-Wellen breiten sich in Flüssigkeiten nicht aus → Entstehung von Schattenzonen

## 1.9 Geothermie

### Wärmequellen

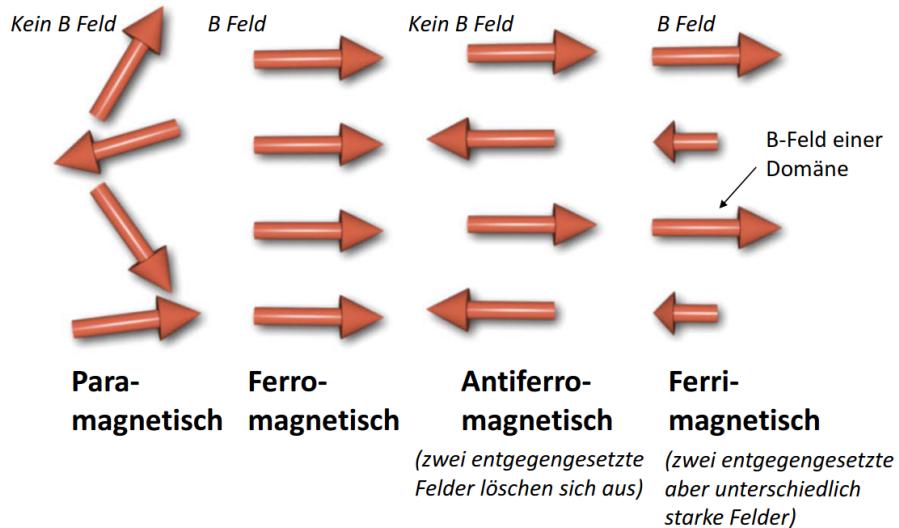
1. Insolation (Hauptwärmequelle)
2. Geothermie
  - Primordiale Wärme aus der Zeit der Akkretion und Differenzierung
  - radioaktiver Zerfall
  - Gezeitenreibung (sehr gering)

### Wärmetransport

1. Konduktion (Wärmeleitung)
2. Konvektion/Advektion
3. Strahlung

## 1.10 Magnetismus

### Ferrimagnetismus



## 1.11 Platentektonik

pro Theorie:

- Küstenlinien wie Puzzleteile
- gleiche Fossilien auf unterschiedlichen Kontinenten z.B. Pflanzen, Krokodile
- Beobachtung der Gebirgsbildung: Steine können über weite Strecken horizontal berlappten
- Ozeanische Kruste sehr jung
  - Der Ozeanboden bildet sich neu an ozeanischen Spreizrücken

### 1.11.1 Magnetisches Streifenmuster am Meeresboden

- Larven treten am Meeresboden aus
- wird abgeschreckt
- Magnetische Ausrichtung friert im Gestein ein

## 1.12 Lithosphärenplatten

Lithosphäre: Kruste + oberer Mantel  
starre/ feste Erde

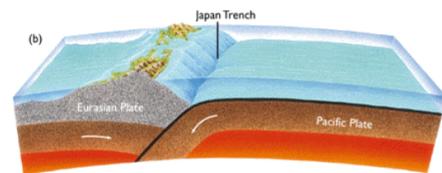
1. Divergente Plattenbewegung()konstruktiv: Platten gehen auseinander → neue Ozeanische Lithosphäre
2. Konvergente Plattenbewegung(destruktiv): Platte gehen zusammen → Material wird eingeschmolzen
3. Transformstörungen Plattenbewegung (konservativ): entgegengesetzte Bewegungsrichtung (Händereiben) → nix passiert

### 1.12.1 Bewegung der Platten

1. Rückenschub
  - auftreibende Magma hebt die Kruste an
2. Plattenzug
  - Eklogit zieht die Platte nach unten (hohe Dichte)

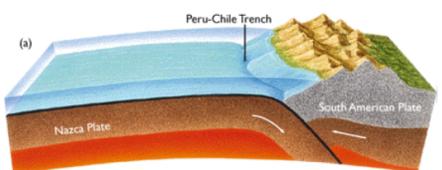
## 1.12.2 Typen von Plattengrenzen

### Typen konvegenter Plattengrenzen



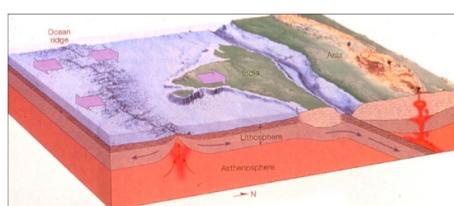
#### Ozeanisch-ozeanische Konvergenz

(Entstehung von vulkanischen Inselbögen; z.B. Izu-Bonin-Marianas, Kleine Antillen)



#### Ozeanisch-kontinentale Konvergenz

Kontinentaler Vulkanbogen (z.B. Anden, Cascade Range in Washington und Oregon)

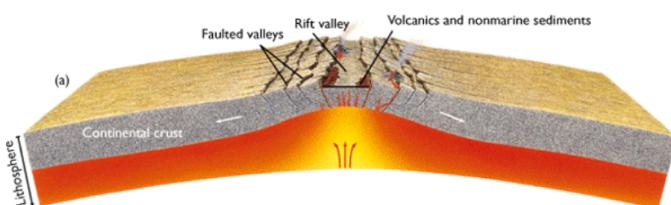


#### Kontinental-kontinentale Konvergenz

Kollisionsgebirge durch Krustenverdickung. Nahtzone zwischen kollidierten kontinentalen Krustenblöcken = Sutur (z.B. Himalaya)

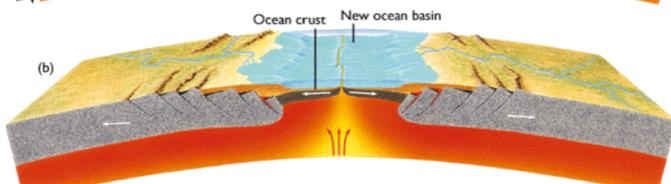
28

## Entwicklung divergenter Plattengrenzen



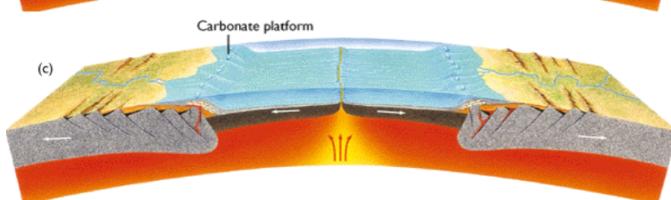
#### Kontinentale Grabenbildung

(z.B. ostafrikanischer Grabenbruch, Rheingraben)



#### Beginnende ozeanische Krustenbildung

(z.B. Golf von Kalifornien, Rotes Meer)



#### Ozeanische Beckenbildung

mit passiver Kontinentalrändern  
(z.B. Nordatlantik)

23

## Blattverschiebung an Plattengrenzen

Verschiebungsrichtung: dextral nach rechts  
sinistral nach links

## **1.13 Erdbeben und Plattengrenzen**

- Erdbeben können überall und jeder Zeit vorkommen
- nicht vorhersehbar aber Frühwarnungen möglich

### **1.13.1 Präventionen**

- Nicht auf Störungen bauen
- auf Nachwirkungen vorbereiten z.B. Feuer, Wassermangel,
- Erdbeben töten nicht; herabstürzende Bauten töten

### **1.13.2 Ursache**

- Durch Verschiebung an Plattengrenzen erzeugte Spannungen lösen sich sprungartig

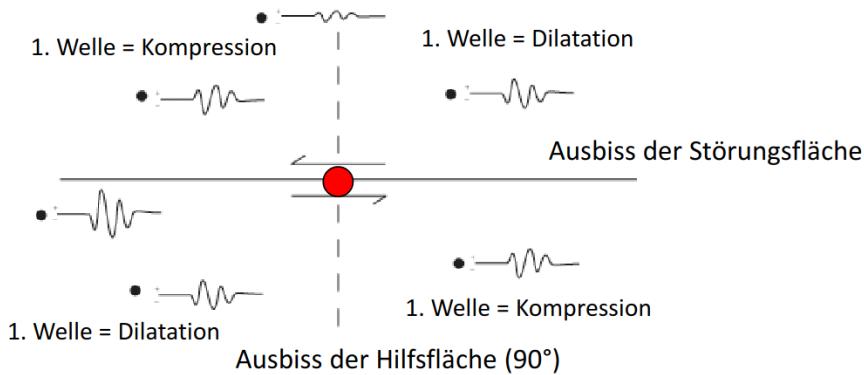
## **1.14 Erdbebenlokation**

- Triangulation von verschiedenen Messstationen
- An einer Messstation kann die Entfernung vom Erdbeben durch die unterschiedlichen Geschwindigkeiten der S und P-Welle bestimmt werden.

## 1.15 Herdflächenlösungen

### Erdbeben Herdflächenlösungen

Aufsicht (rot: Erdbebenherd)

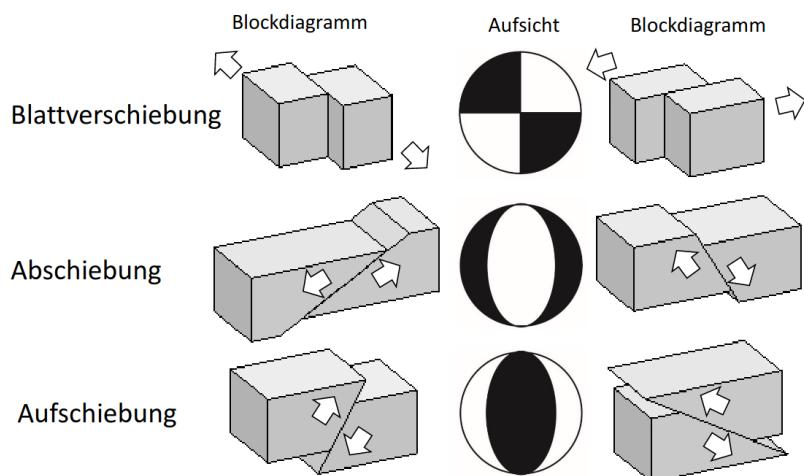


Vertikale Komponente der Bodenbewegung bei Ankunft der ersten P-Welle:  
Hoch = Kompression (Seismogramm zeigt Ausschlag nach oben)  
Runter = Dilatation (Seismogramm zeigt Ausschlag nach unten)

19

Beachball (Entsteht, wenn man die Flächen von Dilatation weiß und von Kompression schwarz färbt) ist nicht eindeutig

### Die drei primären Herdflächenlösungen



→ → → <https://earthquake.usgs.gov/learn/topics/>  
siehe auch: IRIS Video "Focal Mechanisms Explained"  
[https://www.iris.edu/hq/inclass/animation/focal\\_mechanisms\\_explained](https://www.iris.edu/hq/inclass/animation/focal_mechanisms_explained)

26

## 1.16 Erdbebenstärken

- verschiedene Gesteine verhalten sich beim gleichen Erdbeben unterschiedlich (Liquefaktion z.B. nur bei sedimenten, nicht Gesteinen)

### 1.16.1 Momenten-Magnetudenskala

Erdbeben mit  $M_W + 1$  hat im Vergleich zu  $M_W$

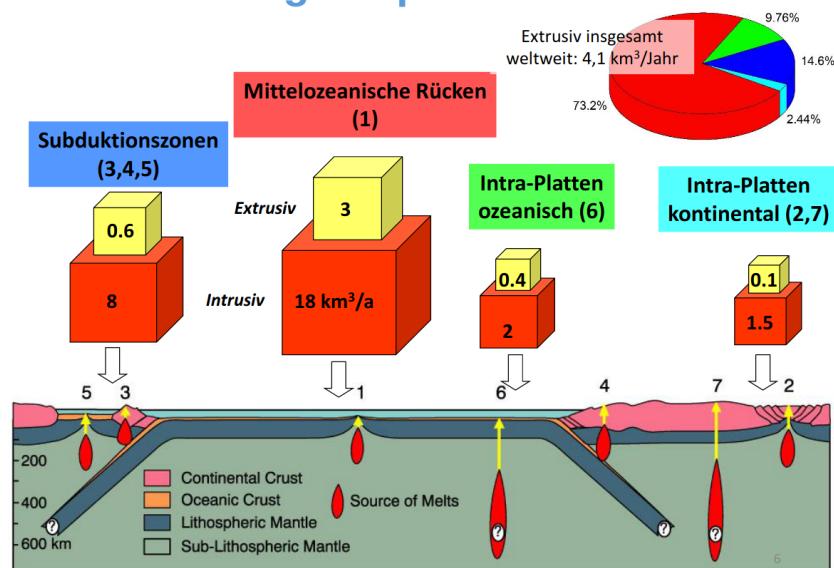
1. 10-mal stärkere Maximalerschütterung
2. 3,3-mal größeren Versatz und Dauer
3. 32 mal weitere Rissfläche/höhere Energie in Form von seismischen Welen

### 1.16.2 Verhalten beim Erdbeben

- Drop
- cover
- hold

## 1.17 Vulkanismus

### Magmenproduktion



Ursache von Vulkanismus ist Konvektion  
Eigenschaften von Magmen:  
besteht aus Kristallen, Gasfasen und flüssigem Gestein

### 1.17.1 (Silikat-)Schmelzen

Kategorie	Rhyolithische Schmelze	basaltische Schmelze
gekennzeichnet durch	wenn hohe Konzentration von vernetzter $SiO_2$	wenn niedrige Konzentration
Dichte	weniger Dicht	Dicht
Viskosität	sehr hoch (Erdussbutter)	eher niedrig (Ketchup)
Eruption	fließt einfach ab	eher explosiv

Explosion in rhyolithischen Schmelzen, durch "Explosion", da Gasbildung (Blasenbildung) in der Schmelze durch Druckentlastung.

#### Vulkantypen:

Maare	entstehen, wenn eine Explosion unter der Erde geschieht, wenn Wasser auf Magma trifft
Stratovulkane	häufig als Kette, entstehen durch Lagen von erkalteter Magma. Häufig explosive Eruptionen
Lavadome	$SiO_2$ reiche, entgaste Laven. z.B. Ryolith
Calderen	bilden sich durch Einbruch von Deckenschichten über ausgedehnten Magmenreservoiren

#### Vulkanische Gefährdung

Lava	100m bis 1km
Pyroklastische Ströme	1km bis 10km
Lahar (Schlammströme)	10km
Vulkanische Asche	10km bis 1000km
vulkanische Gase	global

## 1.18 Ozeanische Kruste

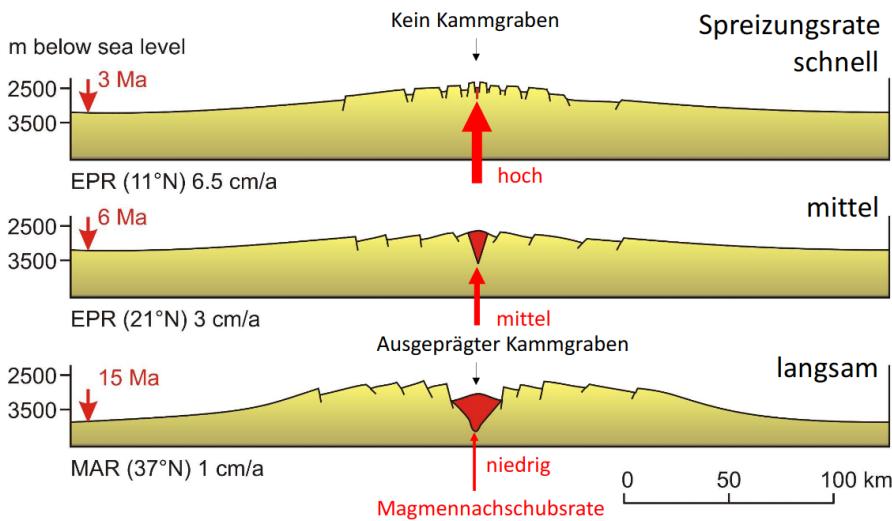
### 1.18.1 mittelozeanische Rücken

- 65.000 km lange Kette divergenter Plattenränder
- 70% des Gesamten Vulkanismus

### 1.18.2 Tiefseebergketten

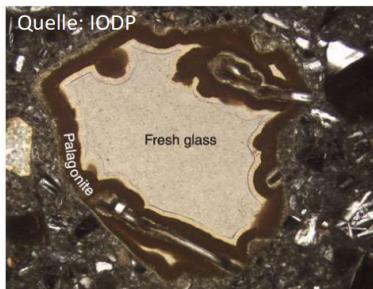
- Inselketten, die durch vulkanische Aktivität an Hot Spots entstehen lineare Kette, die die ozeanische Plattenbewegung nachzeichnen

# Topographie des Rückenkamms



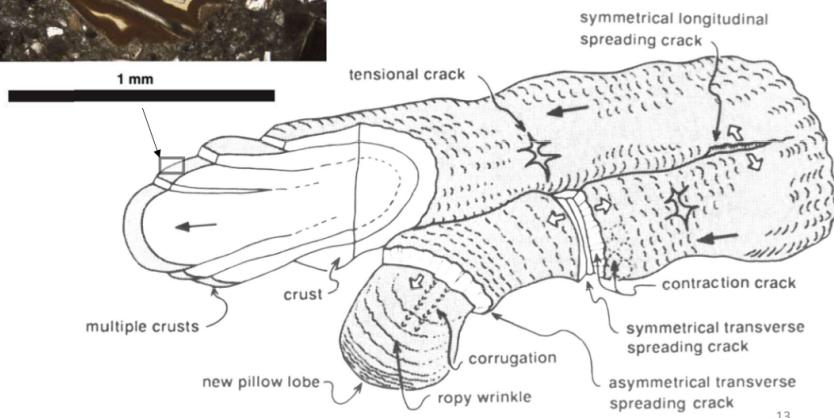
## 1.18.3 submariner Vulkanismus

- überwiegend effusiv
- hoher Wasserdruck verhindert Gasentmischung
- Bildung von Pillowbasalten



## Pillowbasalte

- Schlauch- bis Kissenförmig
- Abgeschreckte, glasige Kruste
- Alteriert zu Palagonit (hydratisiertes, gelbbraunes Gesteinsglas)



Quelle: McPhie et al. (2005) Volcanic Textures

13

## 1.19 Aufbau der ozeanischen Kruste

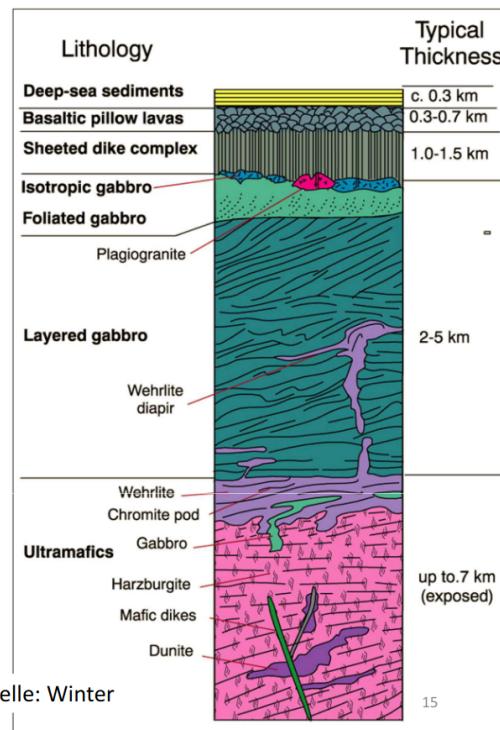
### Petrologische Struktur der ozeanischen Kruste

Kissenlaven (Pillow lavas)

Gangkomplex (Sheeted Dikes)

Geschichtete Gabbros (Dichte Minerale wie z.B. Olivin und Chromit, die zuerst aus basaltischem Magma kristallisieren und im Magma absinken können)

Ultramafischer Mantel (Harzburgit)



### Seismische Struktur der ozeanischen Kruste

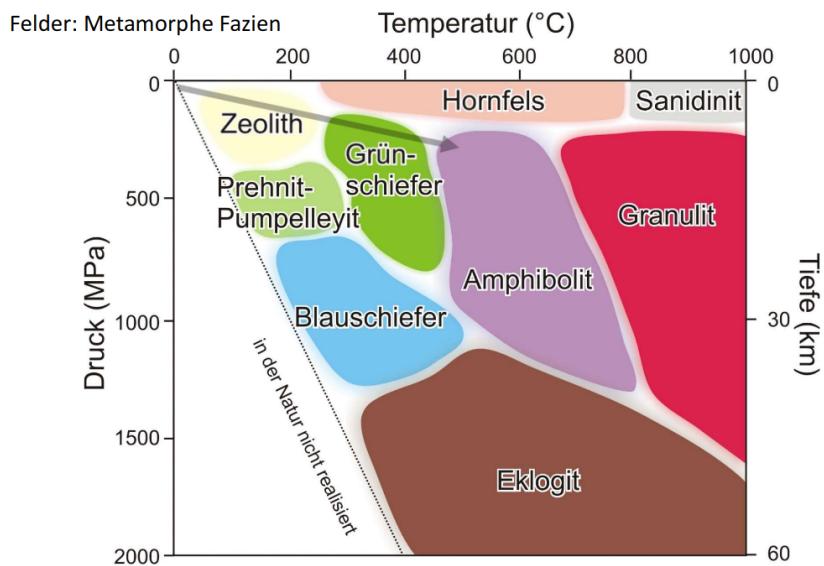
Lage 1: Sediment	Lithology	Ocean Crustal Layers	Typical Ophiolite		Normal Ocean Crust
			Thickness (km) ave.	P wave vel. (km/s)	
Lage 2: Pillow Laven und Sheeted Dikes	Deep-Sea Sediment	1	~ 0.3	0.5	1.7 - 2.0
	Basaltic Pillow Lavas	2A & 2B	0.5	0.5	2.0 - 5.6
Lage 3: Gabbro (plutonisches Äquivalent von Basalt)	Sheeted dike complex	2C	1.0 - 1.5	1.5	6.7
	Gabbro	3A			
	Layered Gabbro	3B	2 - 5	4.7	7.1
seismische Moho					
Lage 4: Ultramafische Kumulatgesteine (Peridotit) und Mantelgesteine	Layered peridotite	4	up to 7		8.1
	Unlayered tectonic peridotite				

Quelle: Winter

Moho (Mohorovičić Diskontinuität): Grenze zwischen Kruste und Mantel

16

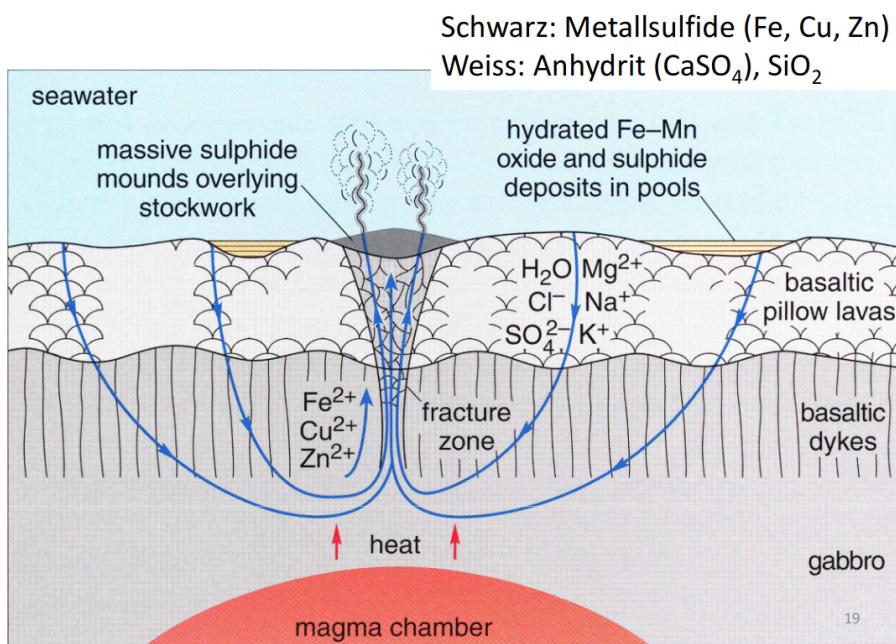
## Ozeanbodenmetamorphose



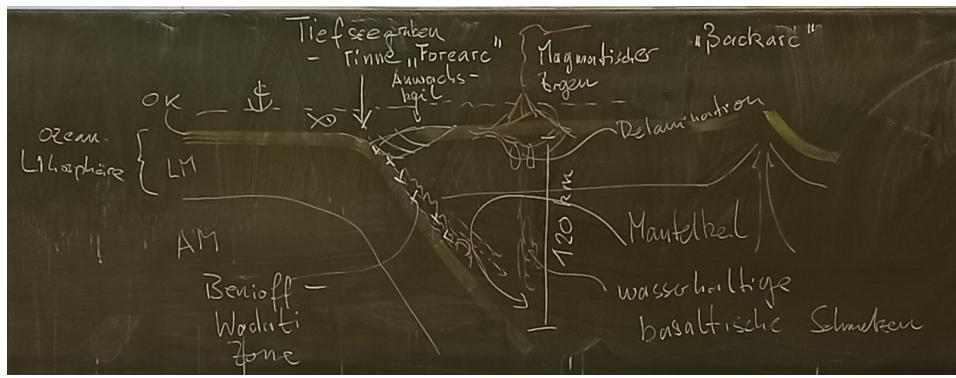
Pfeil: Niedrig-P und niedrig-T Metamorphose ozeanischer Kruste an den Spreizungszentren  
Ozeanbodenmetamorphose (=hydrothermal)

18

## Hydrothermale Konvektion



19



## 1.20 Gebirgsbildung

- bilden sich durch plattentektonischen Prozessen, wobei das Relief durch das wechselspiel von endogenen bzw exogenen Prozessen bestimmt wird.
- sehr kurzlebige Gebilde ( $\times 10$  mio Jahre)

## 1.21 Metamorphose

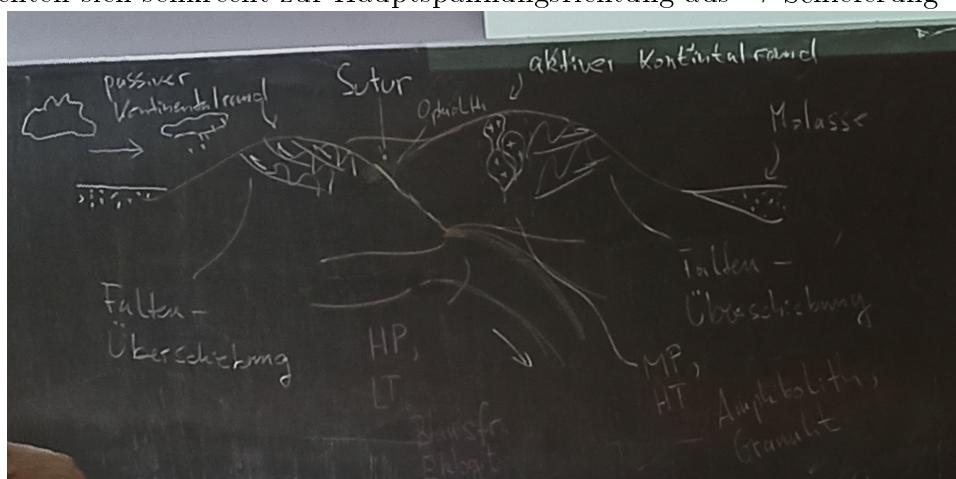
- bei niedrigen Temperaturen brechen die Minerale
- bei hohen Temperaturen dehnen sich die Minerale spaghettiartig

### 1.21.1 Metamorphe Gesteine ohne Schieferung

- Kristalle strukturieren sich neu (Rekristallisation) meist größer

### 1.21.2 Metamorphe Gefüge in geblätterten Mineralen

richten sich senkrecht zur Hauptspannungsrichtung aus → Schieferung



## 1.22 Verwitterung

### 1.22.1 Gesteinsverwitterung

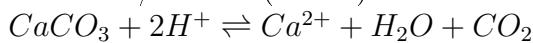
#### Physikalischen Verwitterung

- Wurzelsprengung
- Thermische Ausdehnung
- Abspaltung
- Frostspaltung

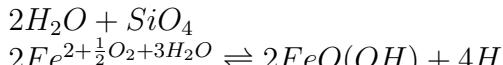
### 1.22.2 chemische Verwitterung

#### lösen von bestimmten Mineralen aus dem Gestein

1. Kalkstein/Marmor (Calcit)



2. Mafische Gesteine (Fe/Mg-reiche Gesteine)  $MgFeSiO_4 - 4H^+ \rightleftharpoons Mg^{2+} + Fe^{2+} + 2H_2O + SiO_4$



3. granitische Gesteine (Feldspäte)



### 1.22.3 Bodenverwitterung

#### Aufbau

- Oberboden
  - Humus, Edaphon (Bodenflora- und Fauna)
- Intermediäre Horizonte sind durch Eluation (Auswaschung feiner Bodenpartikel), Auslaugung (Verarmung an löslichen Komponenten) und Akkumulation (Einwaschen von Tonmineralen und Fe-Oxidbildung = Verbraunung) gekennzeichnet
- Molisol: Dunkler Oberboden, reich an Mumus entwickelt sich in Grasländern

- Aridisol: dünner bis fehlender Oberboden, Wechsel des Mineralgehalts zyklisch durch ausspülung und aufsaugen durch kapilarkäfte
- Oxisol: tiefgründig verwittert, enthalten überwiegend unlösliche Komponenten, sehr arm an Rohstoffen

#### **1.22.4 Bodenerosion**

- durch Wind
- durch Wasser  
Protection: Terrassen anlegen oder Rillen senkrecht zum Berghang anlegen
- Bodenversalzung

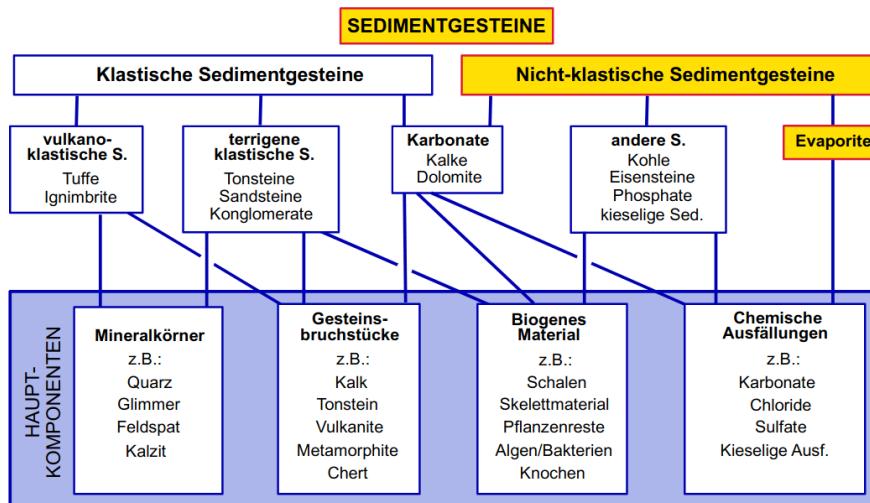
### **1.23 Massenbewegung und Erosion**

- je grobkörniger das Material, desto höher die Reibung zwischen den Objekten, desto höher der Schüttwinkel

#### **1.23.1 Klassifikation von Massebewegungen**

Nennung	Material	Bewegungsart	Geschwindigkeit	
Steinlawinen/Bergstürze Muren (Schlamm und Schuttströhme)	Gestein	Fallen/rutschen	schnell	
größeres Gestein des Bodens	Wasser und Gestein Hebung und Senkung	fließen/rollen langsam	schnell	Kriechen/Solifluktion

# 2 Sedimente und Erdgeschichte



## 2.1 terigene klastische Sedimente

Ton <2µm Schluff 2-63 µm -setzt sich zum größten Teil aus Quarz, aber auch aus feldspäten, Muskovit Kalzit oder Eisenoxiden

Transport 1 in Suspension (Wasser)  
Transport 2 Wind -> Löss

### 2.1.1 Löss

hohe Standfestigkeit

Entstehung: Winde verlagern Sediment an spezielle Orte

## 2.2 vulkano-klastische Sedimente

Quelle: Vulkane

→ an geotektonische Settings gebunden z.B Subduktionszonen, Hotspots oder Mittel-

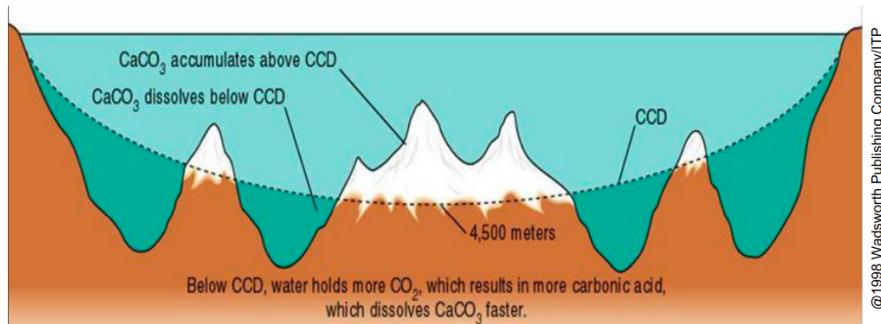
ozeanische Rücken

Unterscheidung durch Korngröße (wie Vulkanoide)  
Zusammensetzung: Mineralkörper, Gesteinsfragmente, Glas und Bimsstein

## 2.3 biogene Karbonate

Herkunft: aus Korallen oder Schalentieren → Karbonatschlämme  
hauptsächlich in den niederen bis mittleren Breiten zu finden, weil CCD-Fläche:  
in tieferne Wässern ist mehr  $CO_2$  enthalten (in Wasser Kohlensäure) was  $CaCO_3$  auflöst

### Heutige Verbreitung karbonatischer Sedimente in den Ozeanen



=> Auftreten heute in niederen bis mittleren Breiten

Karbonate bestehen aus:

	Aragonit	Kalzit (niedrig-Mg) (hoch-Mg)	Dolomit
Formel	$\text{CaCO}_3$	$\text{CaCO}_3$	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
Kristallstruktur	rhombisch	trigonal	trigonal
% $\text{MgCO}_3$	0	<4      >4 bis >20	40 bis 50
Vorkommen	flachmarin	tiefmarin, flachmarin Süßwasser	primär flachstmarin

## 2.4 Evaporite

Entstehung: durch chemische Ausfällung durch Verdampfung mit dem Grad der Eindampfung steigend:

- Karbonate (Kalzit, Dolomit)
- Sulfate (Gips, Anhydrit)
- Salze (K-Salze, Halite)

## 2.5 andere Sedimente und Kohle

Entstehung aus: Humus(in Böde), Torf(Mooren und Sümpfen), Sapropel(Seen/Meer) wird zu Schwarzschiefer(>2%)/Kohle(>65%)

### 2.5.1 Schwarzschiefer im Meer

Bedingung: anoxische Bedingungen im Wasser ( $\rightarrow$  keine Durchmischung)