

5. Rocks II: Sediments



Contents

1. Introduction: erosion (denudation), transport and sedimentation	4
2. Classification of sediments	11
2.1 Classification after origin and composition	12
2.2 Classification after deposition environments (sediment facies)	41
3. Chemical Sediments	44
3.1 Evaporites	44
3.2 Abiogenic limes	54
4. Biogenic sediments	65
4.1 Biogenic limes	66
4.2 Biogenic opal	95
4.3 Phosphorites	98
4.4 Caustobolites	99
5. Sediment drillings and geophysical analytic	109
6. Example of deposition ambients	118
6.1 Marine	118
6.2 Coast and tidal flat	123
6.3 Lacustrine lakes	125
7. Diagenesis of sediments	130

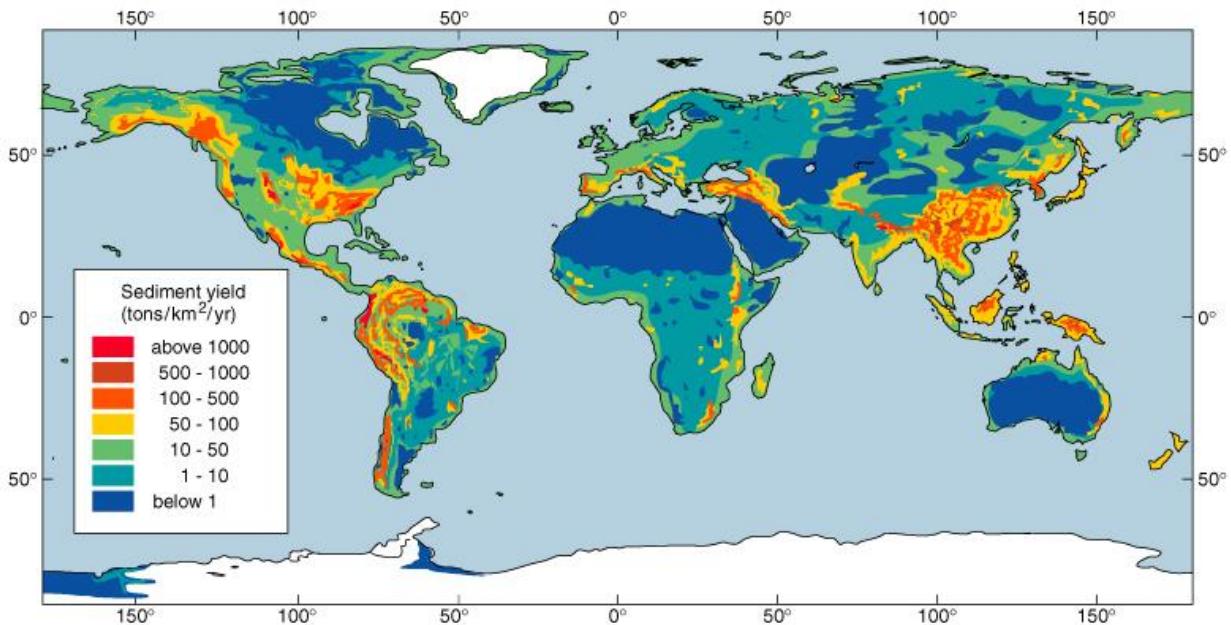


Courtesy K. Roy Gill

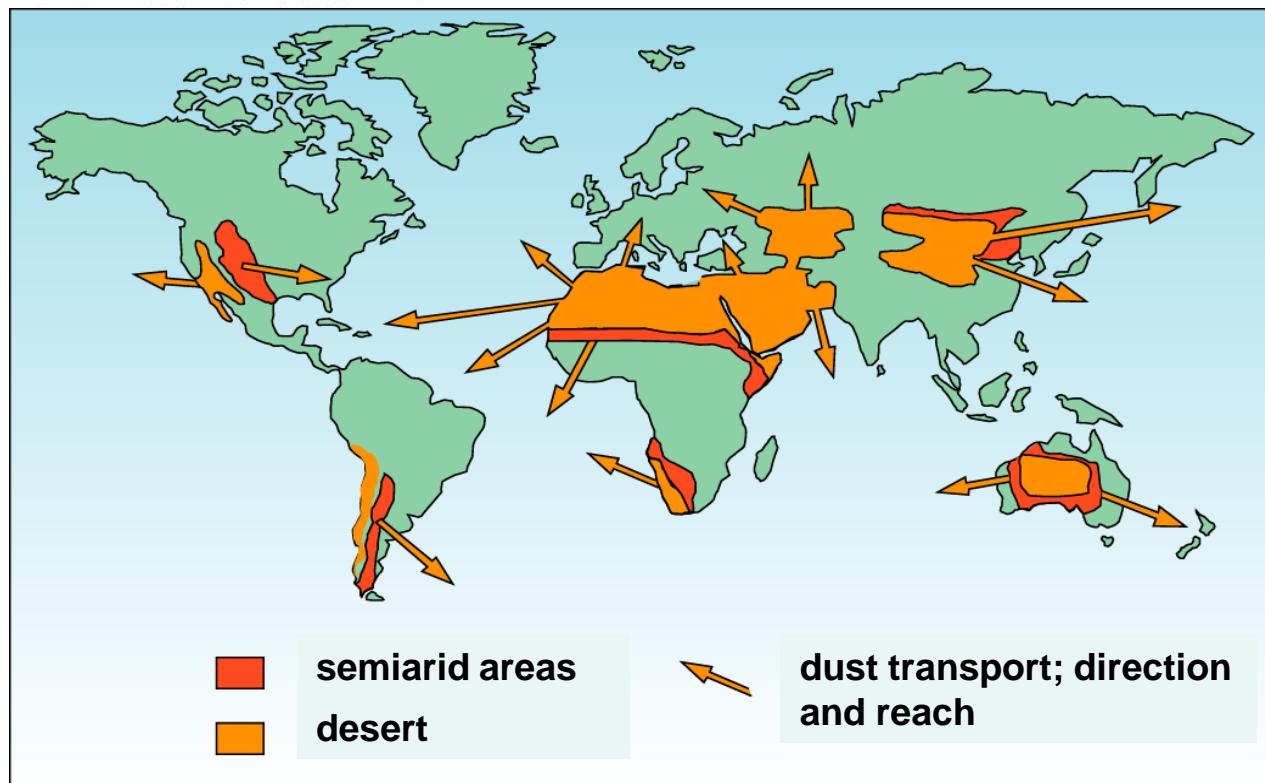
Historical excursus: the cycle of sedimentation, exhumation, tektonic, erosion and again sedimentation was identified and described at first in this 370 Ma old red sandstones in the year 1788 by James Hutton.

1. Introduction: erosion, transport and deposition

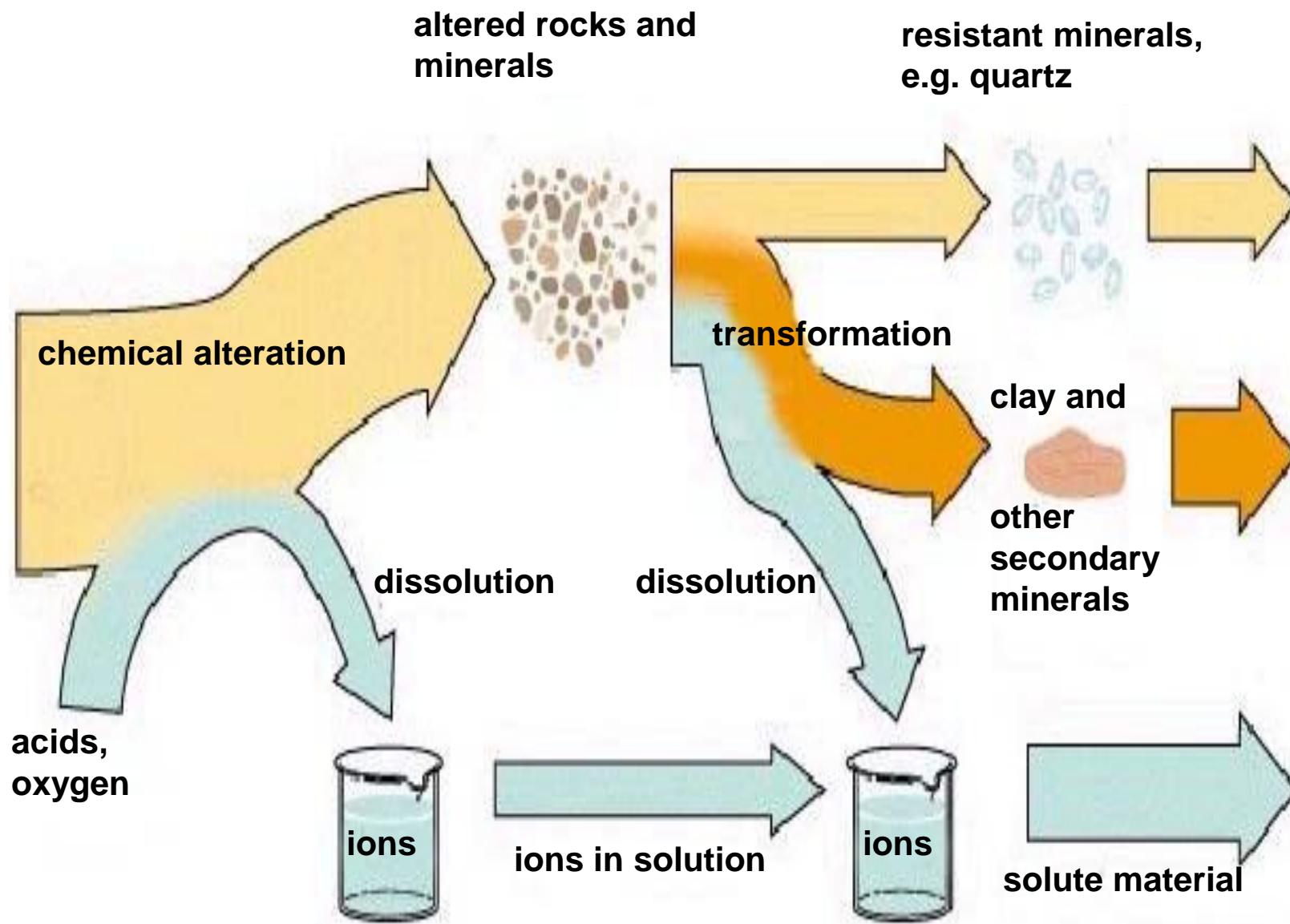
Sediments-
formation rates
at continents



Supply areas and
transport directions of
eolian sediments



Sediments are produced from chemical-physical alteration from minerals and rocks



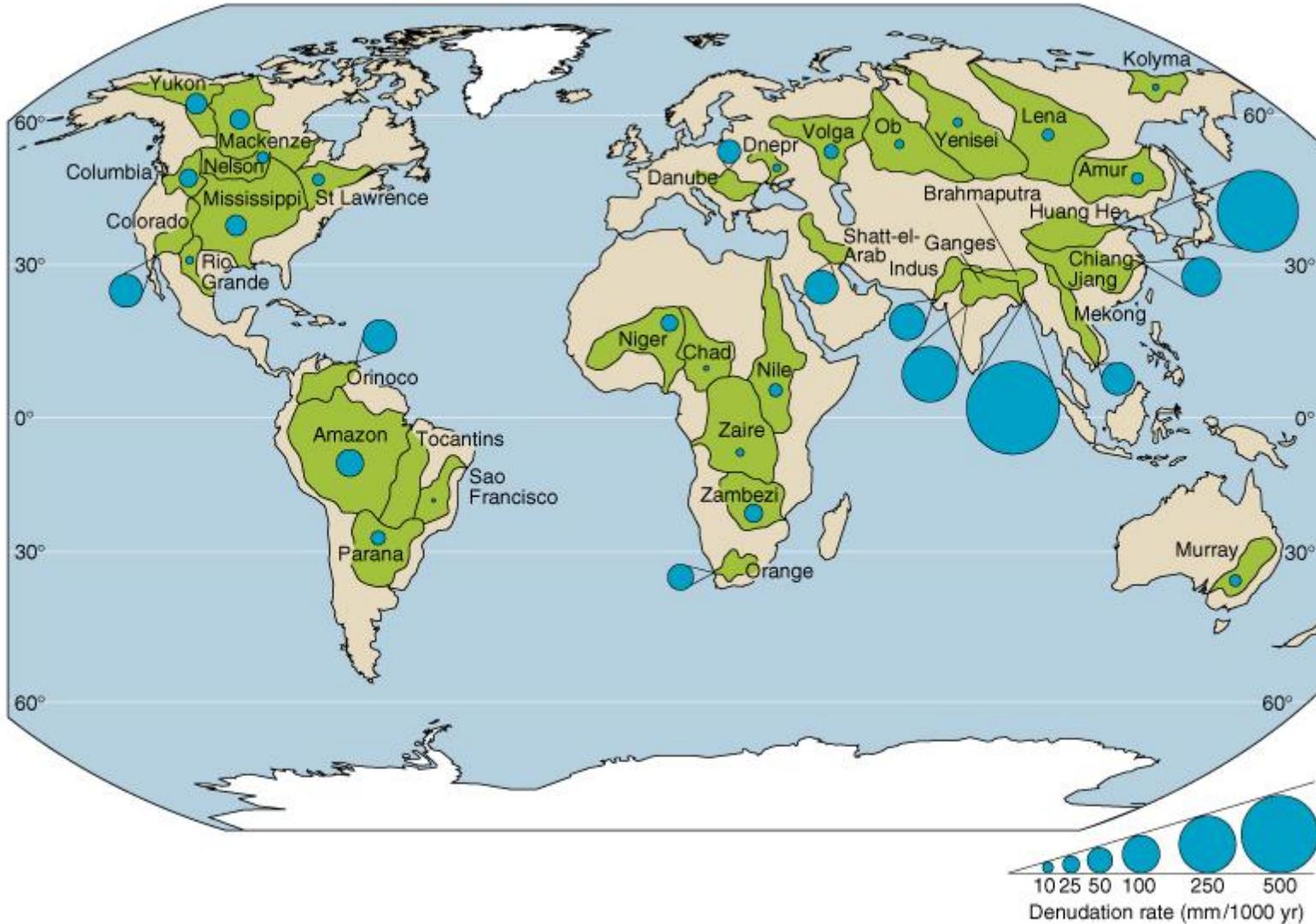
Example for a chemical alteration, which e.g. conducted to residual sedimentary iron-aluminium deposits (predominantly bauxite) from Queensland (Australia).



Brian J. Skinner

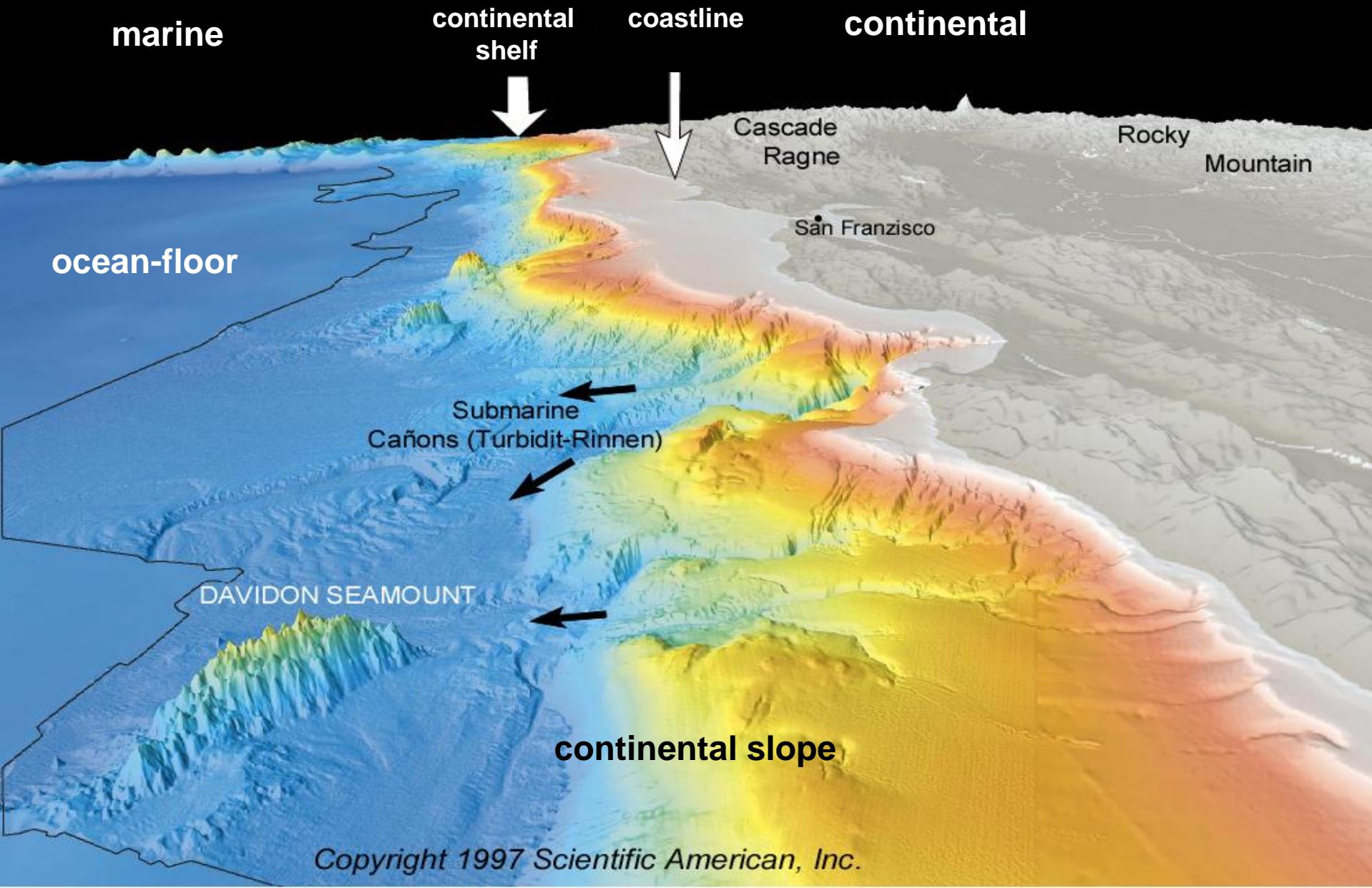
Bauxite (aluminiumhydroxide) results when the elements silicon, calcium and magnesium are dissolved away from feldspars and other aluminosilicates under tropical alteration conditions.

Denudation rates

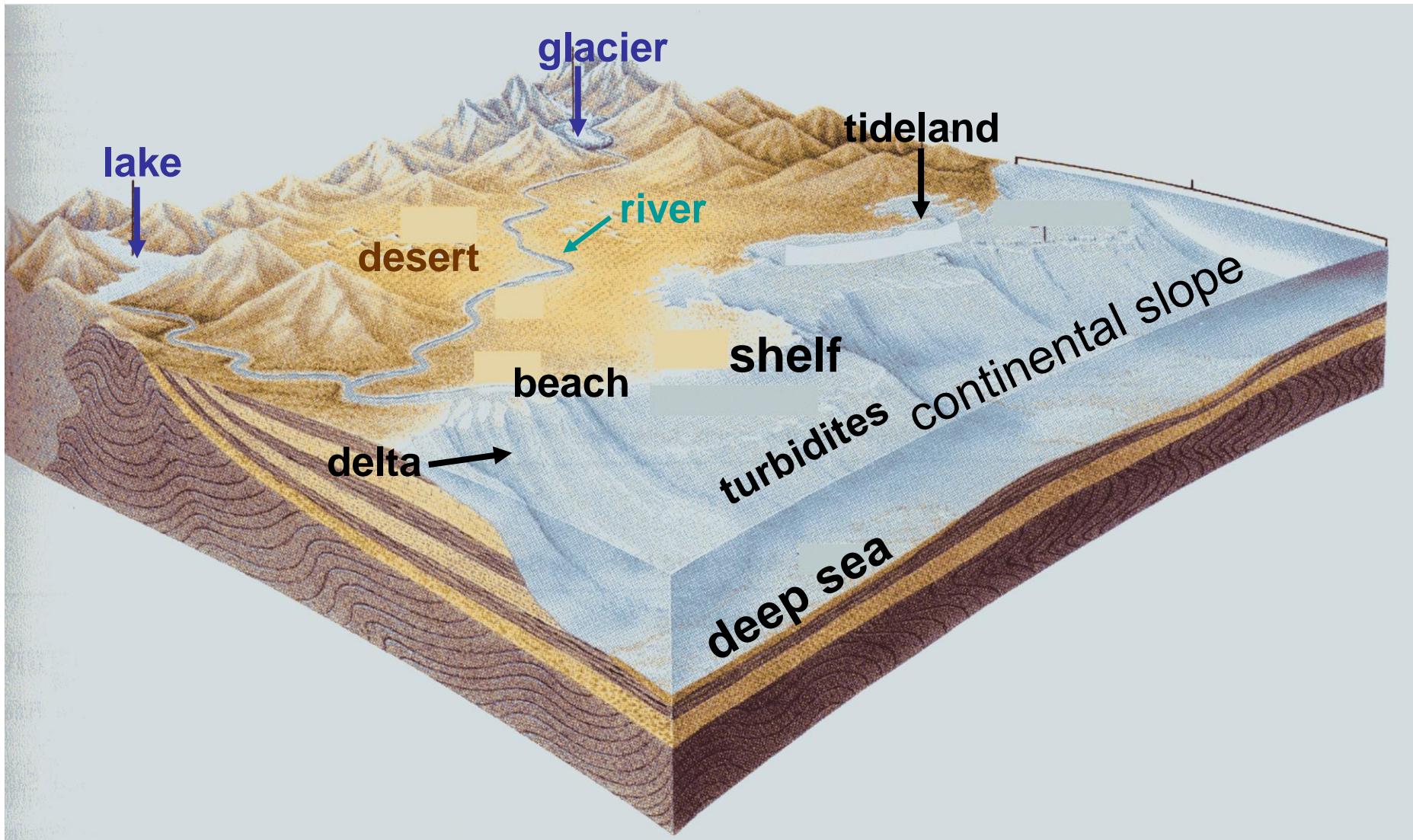


Current denudation rates in big river basins: at Mississippi and Amazonas areas (< 0.1 mm/year) the denudation constitutes only 10-20% of the east Asian denudation rate (>0.5 mm/year)

Accumulation areas:



Sedimentation areas (depositional environments)



Formation of the stratification

Cross stratification: dune,
shallow sea,
river

Ripple formation:

asymmetric: river transport,
wind transport

symmetric: oscillation,
beach,
tideland

2. Classification of sediments → two possibilities:

- 2.1 Classification after origin (e.g. volcanic, biogenic), chemical and mineralogical composition as well as grain-size.
- 2.2 Classification after deposition environment (e.g. continental or marine) as well as condition of deposition (e.g. arid) → sediment facies

Continental evaporites:
scarpes and
eroded
evaporite
layers ;
Valle de La
Luna, Chile



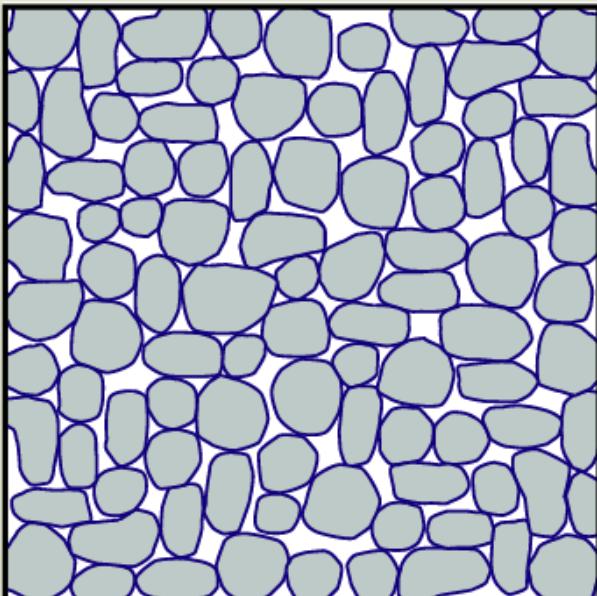
2.1 Classification after chemical, physical and genetic aspects

Source rocks (magmatic, metamorphic, sedimentary)

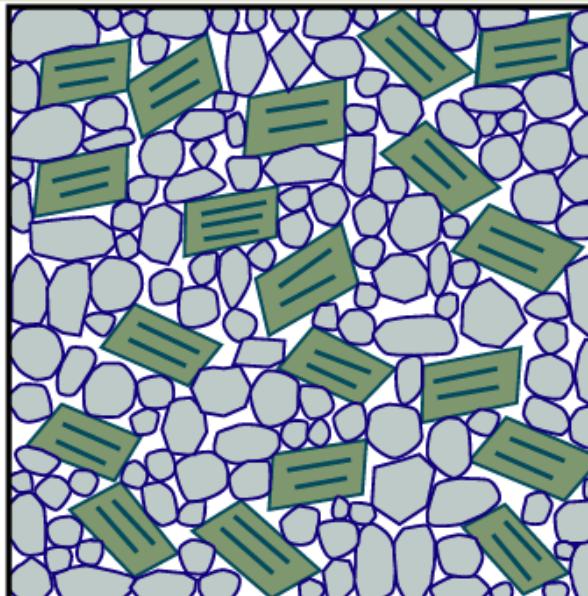
Organic sediments	Chemical sediments	Klastische Sedimente			Rückstand	Vulkan
CO ₂ (in air & water) solutions organisms	vorw. chem. Lösungen Ausfällungen	Verwitterung Eindampfung (Evaporite)	vorw. physikal. Verwitterung Bruchstücke und Transport durch Wasser, Wind sowie Schwerkraft			
peat oil lignite natural gas anthracite coal	Kalke Sinterkalk Travertin	Gips Anhydrit Steinsalz Kalisalz	Konglomerate Fanglomerate (Schichtfluten in ariden Gebieten)	Sandsteine Tonsteine (tonig, kalkig, kieselig) Arkosen (mit viel Feldspat, bis zu 30 Vol. %)	Böden	Tuff Aschen Lapilli Bomben Tuffite
<u>organic limes:</u> reef limes <u>dogenesis</u> shells	Diagenese ↓ Dolomit	Eisenerze: Eisenoolith	Tillite (fossile Moränen)	Brekzien: Hangschutt Störungen Meteorite Gleitungen		
<u>organic siliceous stones:</u> radiolarite diatomite chert		Phosphorite		Grauwacken (mit Gesteins- bruchstücken und Feldspat)		
<u>organic phosphorites:</u> guano bone bed						

Clastic Sediments

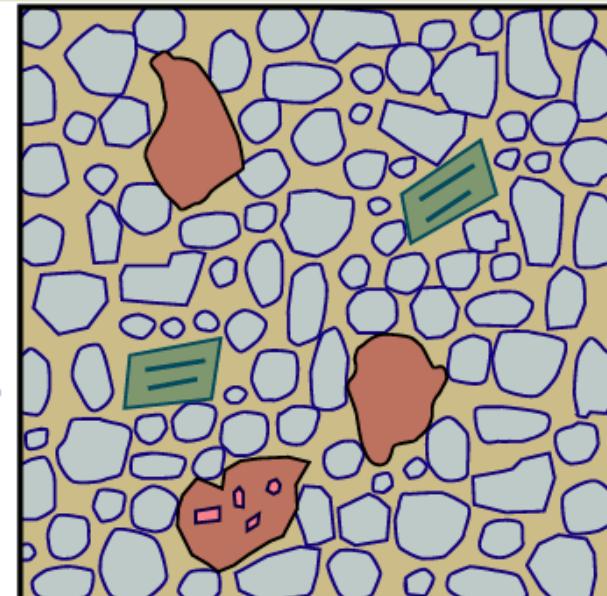
grain-size	grain-size range or unconsolidated sediments	Sedimentary rocks (consolidated)
> 63 mm	stone	
2 – 63 mm	gravel	Conglomerate, breccia
0.063 – 2 mm	Sand	sandstone
0.002 – 0.063 mm	silt	siltstone
< 0.002 mm	clay	mudstone



Quartz sandstone

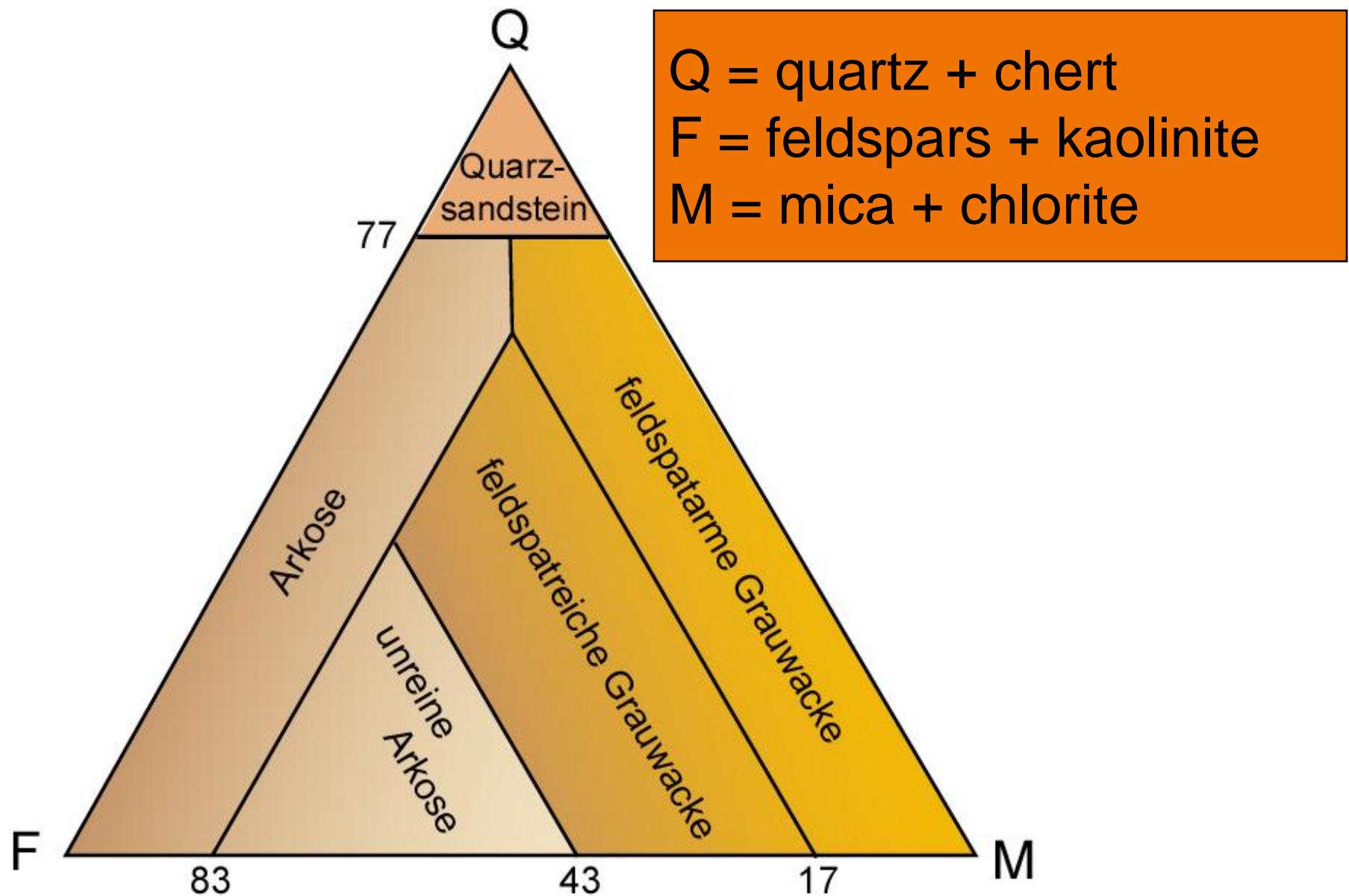


Arkose



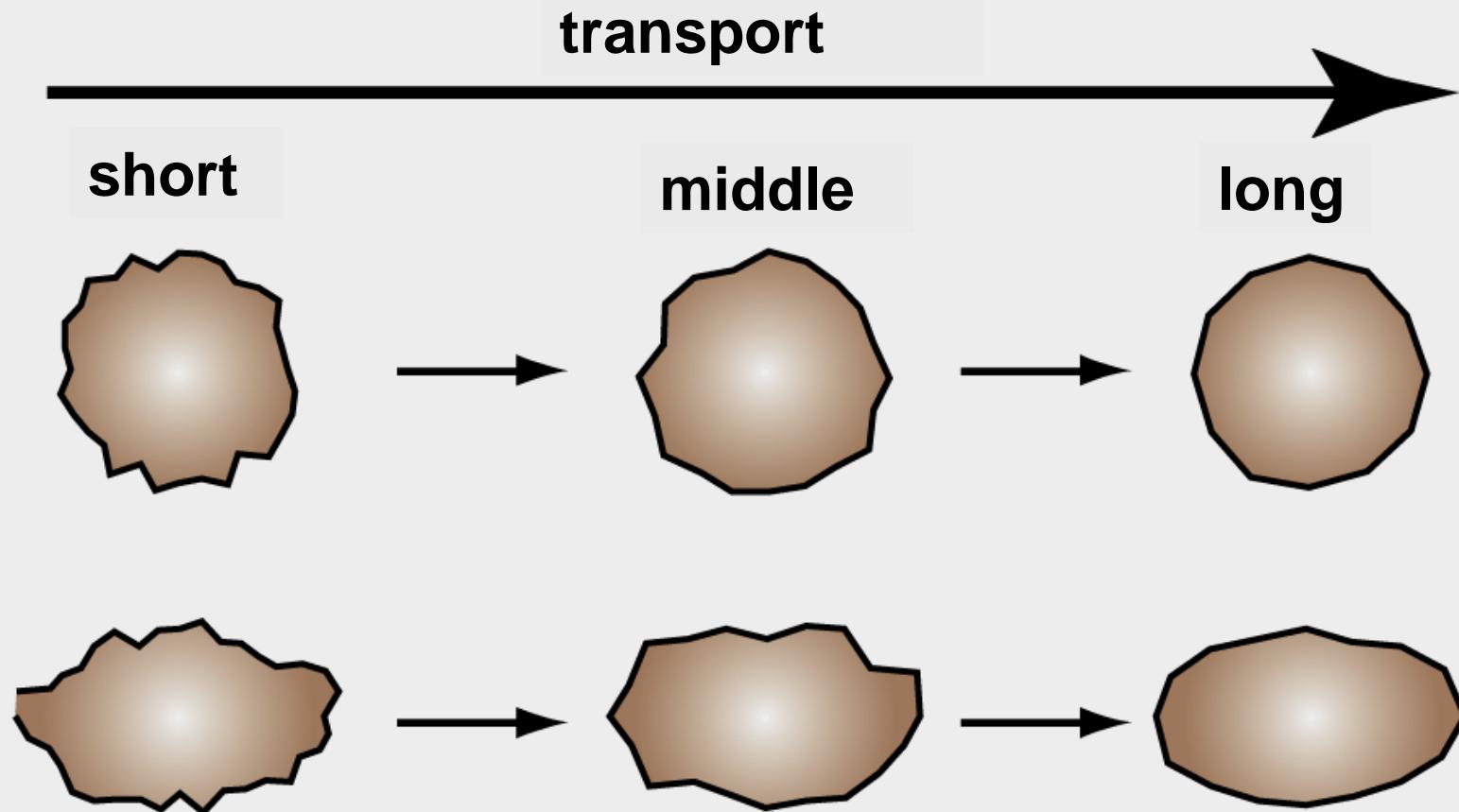
Graywacke

Classification of the psammites (0.02-2 mm)



Clastic sediments

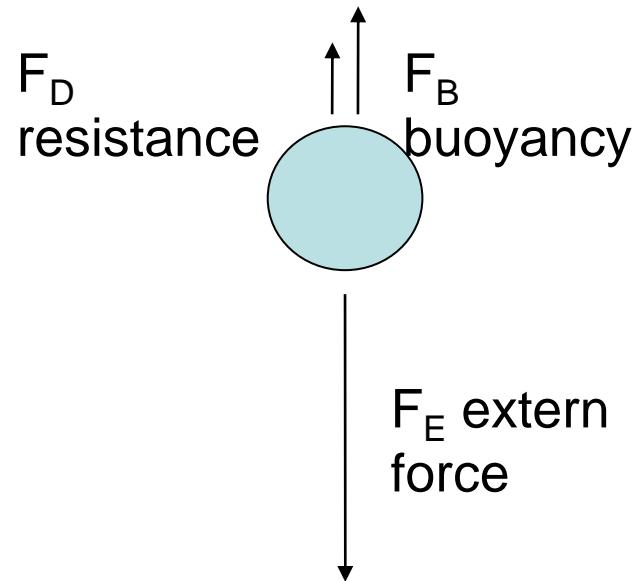
Change of the grain shape during the transport



The able-bodied sedimentation

$$U = \frac{d_p^2 \Delta \rho}{18 \mu}$$

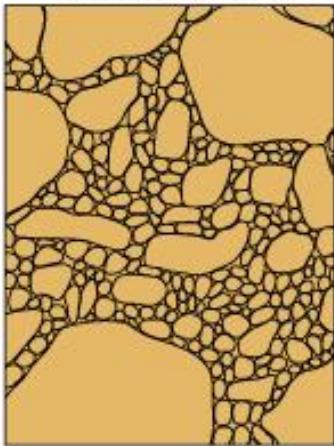
- U Equilibrium settling rate
- d_p Particle diameter
- $\Delta \rho$ density difference between particle and fluid
- μ Dynamic Viscosity



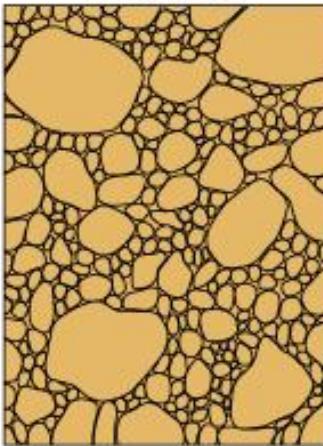
Clastic sediments

Grain-size sorting:

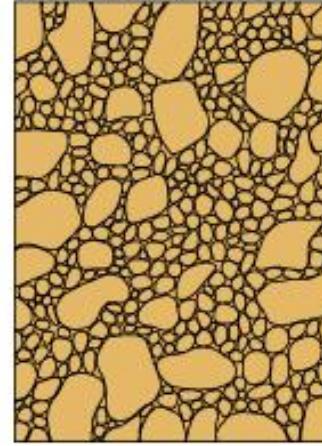
Very poorly sorted



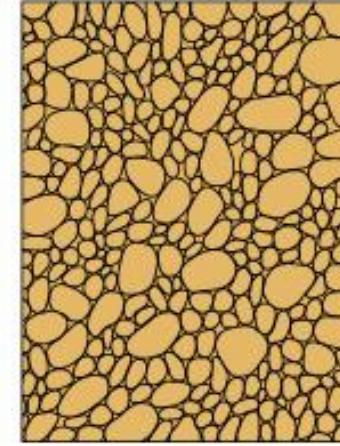
Poorly sorted



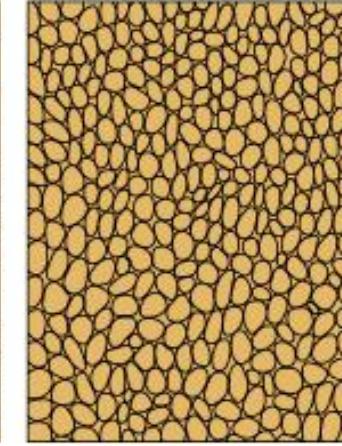
Moderately sorted



Well sorted



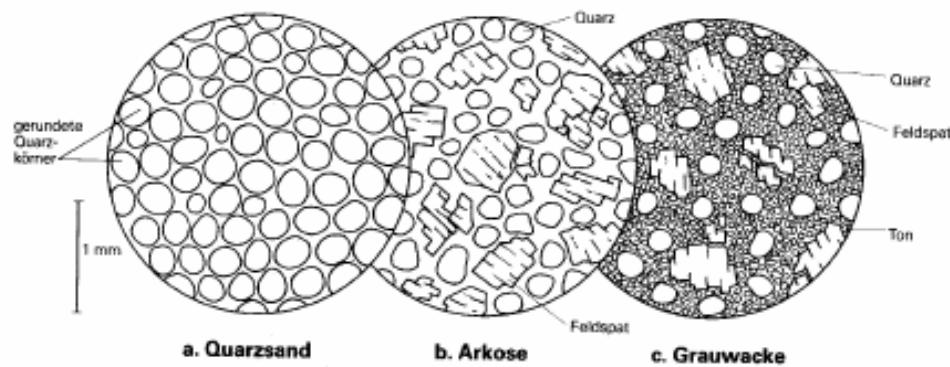
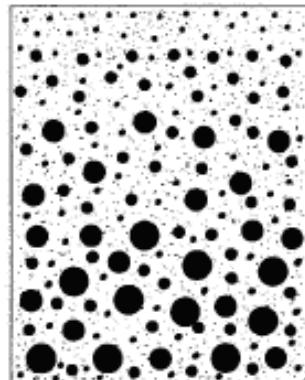
Very well sorted



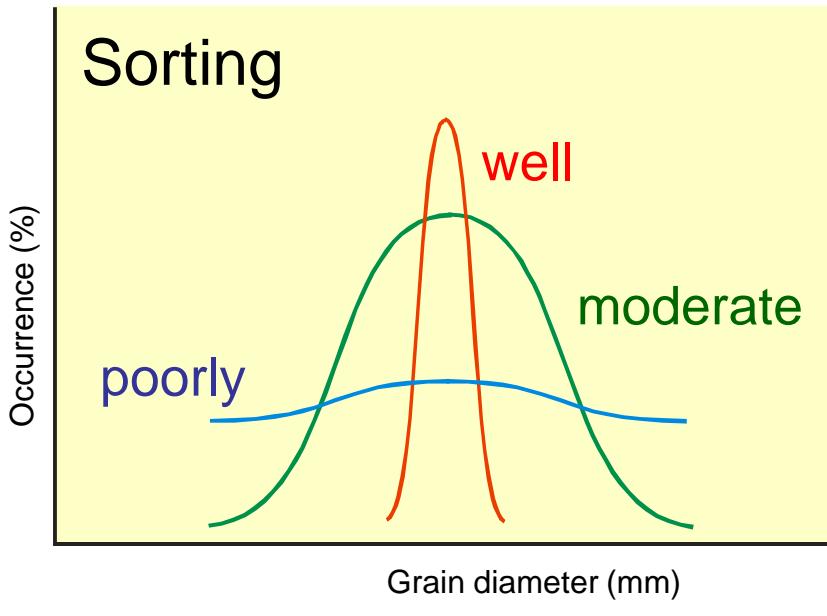
Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

Gradation:

Gradierung



Sorting of the grain-size



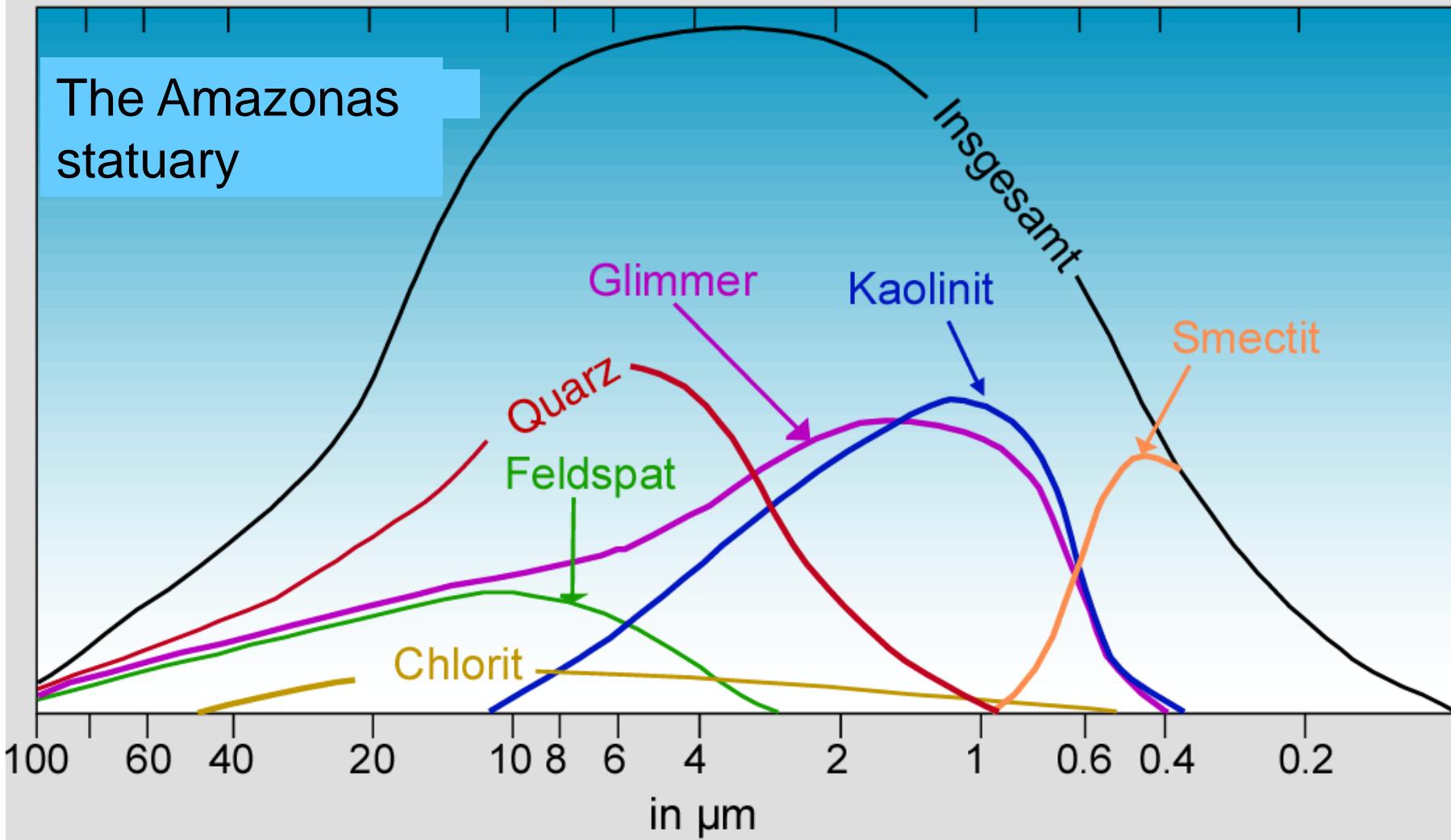
well: e.g. eolian sediment

moderate: e.g. fluviatile sediment

poorly: e.g. glacial sediment,
mud flows
(avalanche, debris flow),
olistostromes

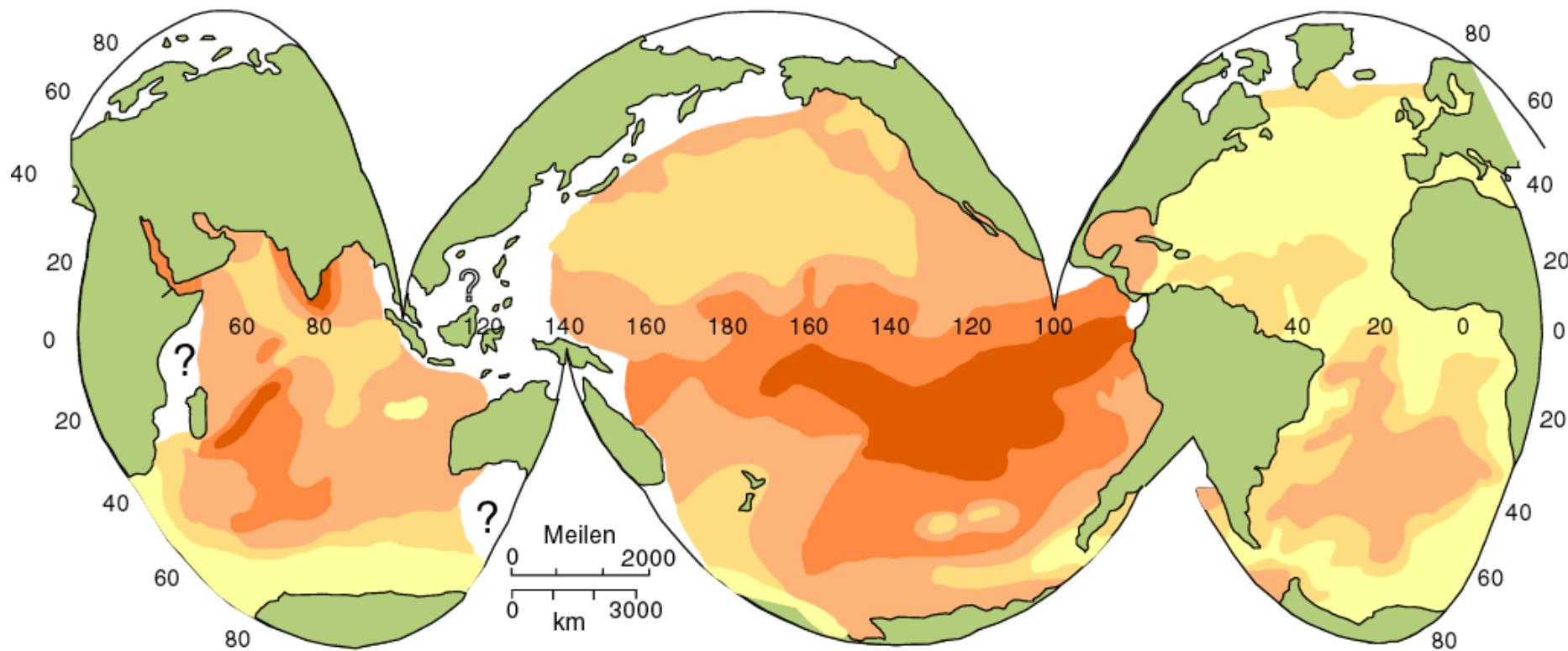
Sediment transport and fractionation

Minerals and grain-sizes of the Amazonas sediments



Global distribution of the clay mineral smectite

Smectite distribution



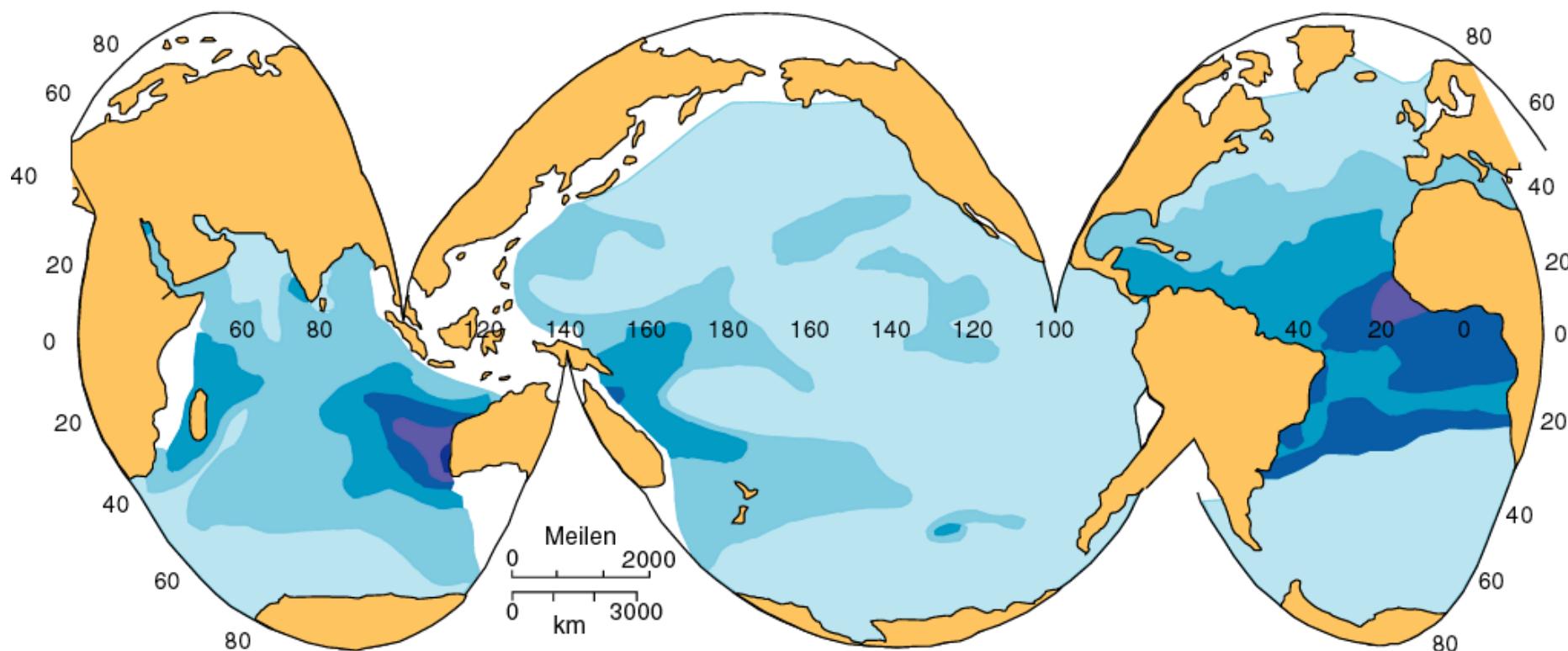
Percentage in the carbonate-free $<2 \mu\text{m}$ clay fraction

<20 20 - 30 30 - 50 50 - 70 > 70

characterize clay minerals with long transport pathway

Global distribution of the clay mineral kaolinite

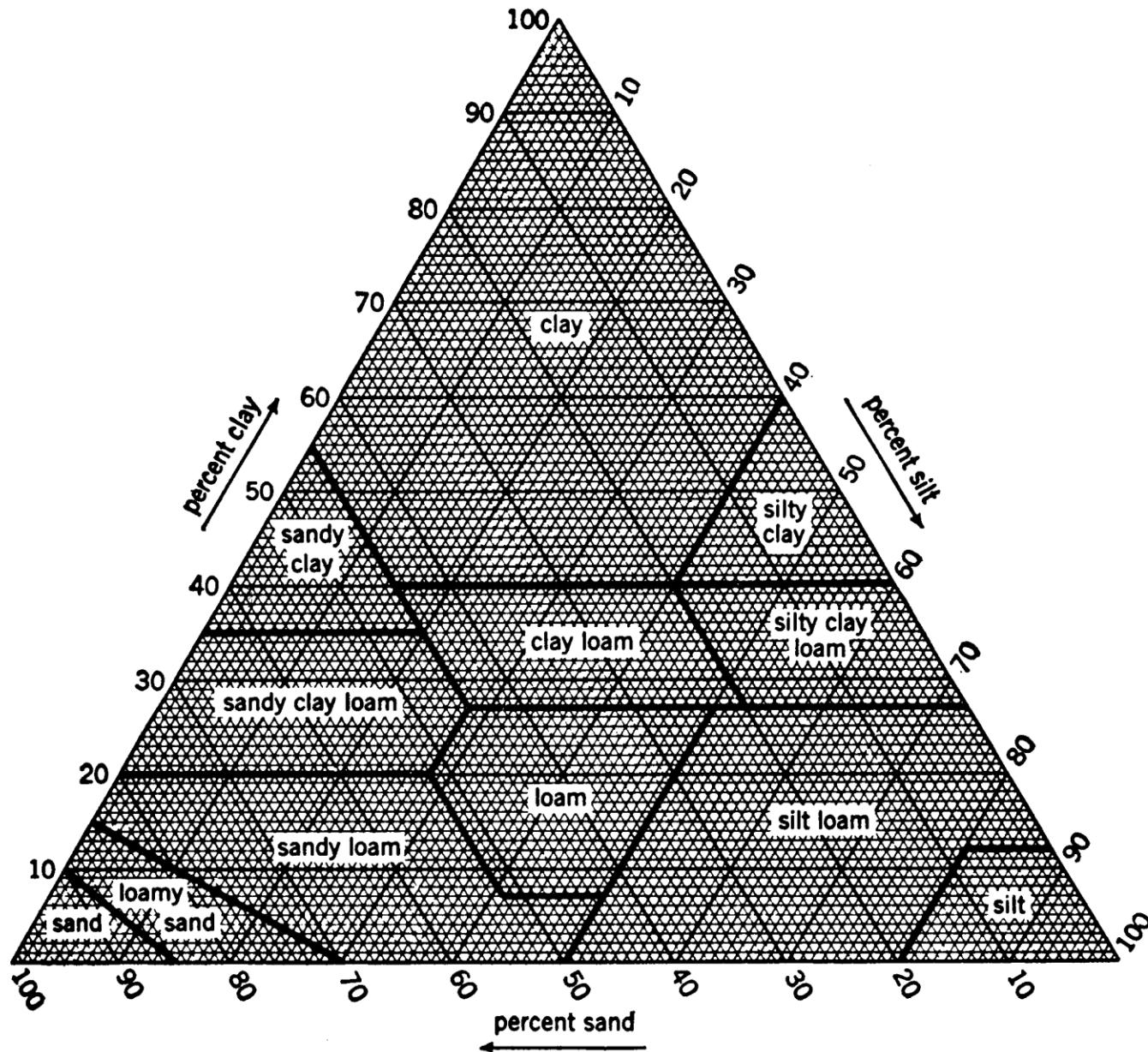
Kaolinit



Prozentanteil in der carbonatfreien < 2 µm Tonfraktion



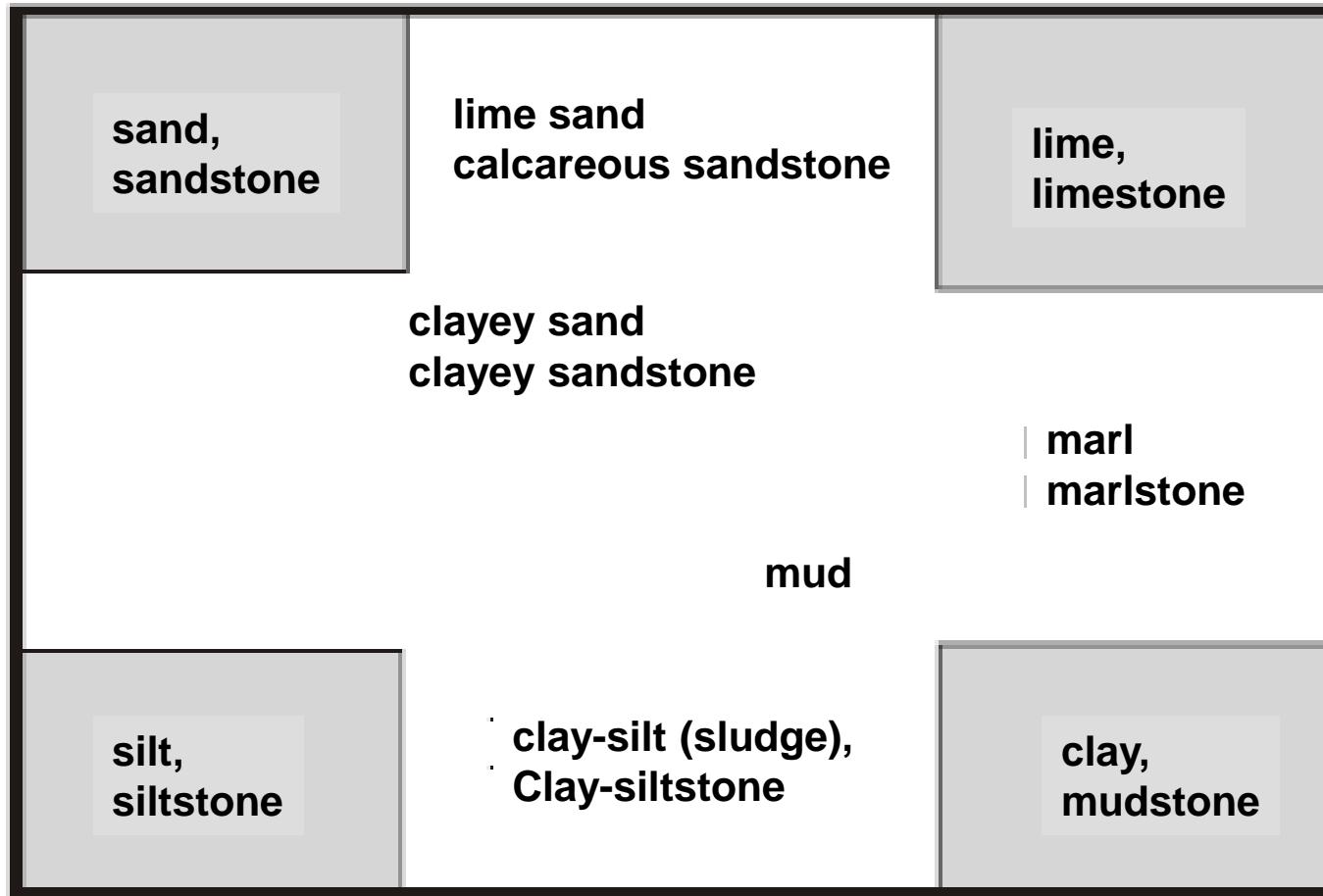
=> characterize alteration of feldspars in warm-humid areas



Grain-size classification of clastic sediments

SAND

KARBONAT



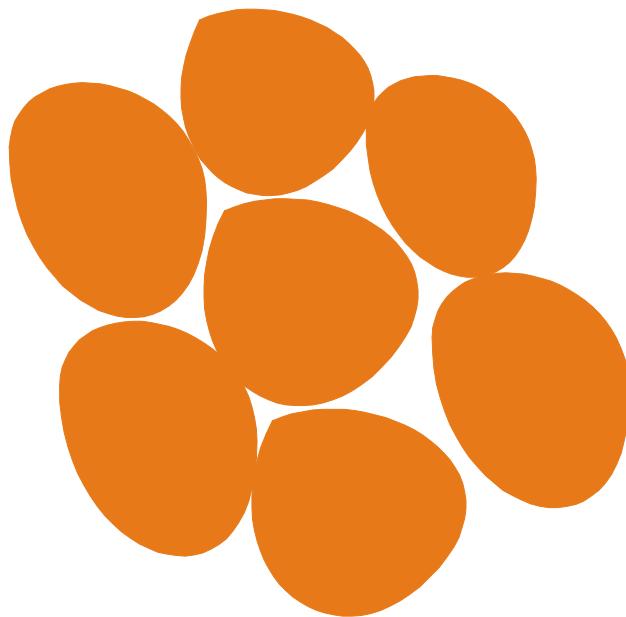
SILT

CLAY

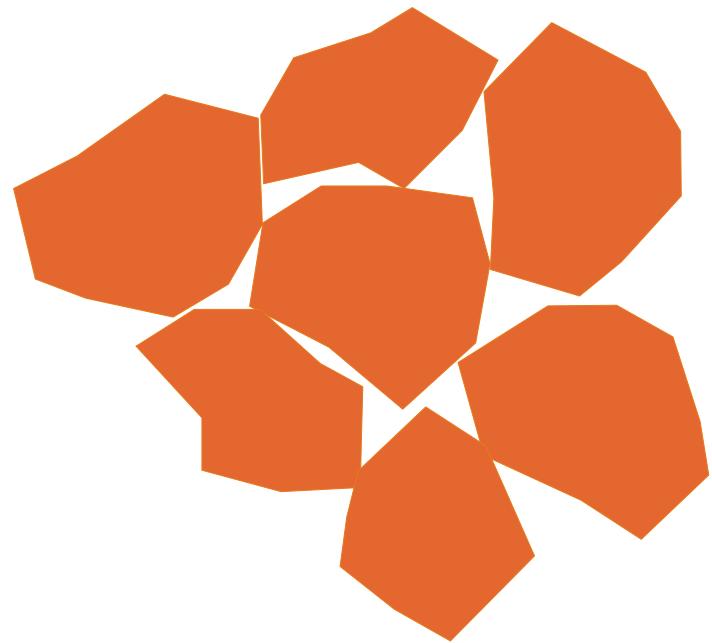
Abb. 3.10 Klassifikationsquadrat für siliziklastisch-karbonatische Mischgesteine (nach Langbein, 1986, modifiziert).

Conglomerates and breccias

rounded components:
conglomerates



angular components:
breccias



3. Example of clastic sediments: conglomerate



Clastic sediments: calcareous-breccia



Conglomerates from La Paz (Bolivia):

Due to, it is lightly erodible, is with Eucalypt afforested



Example of clastic sediments: Greywacke



Eolic sediments: sandstone with cross-bedding



old sand dunes, which diagenetic solidifies to sandstone (Kanab, Utah, USA). The stratification is formed by means of wind-related rearrangement, in which the wind came from left.



**Lauca-sedimentary
basis:
anthrogenic sediments
with erosion shapes**

Quaternary arthogenic sediments ashflows

Azapata-Tal (North Chile)



deposits volcanic pumices and ash, in each case is interrupted by soil formation (brown).

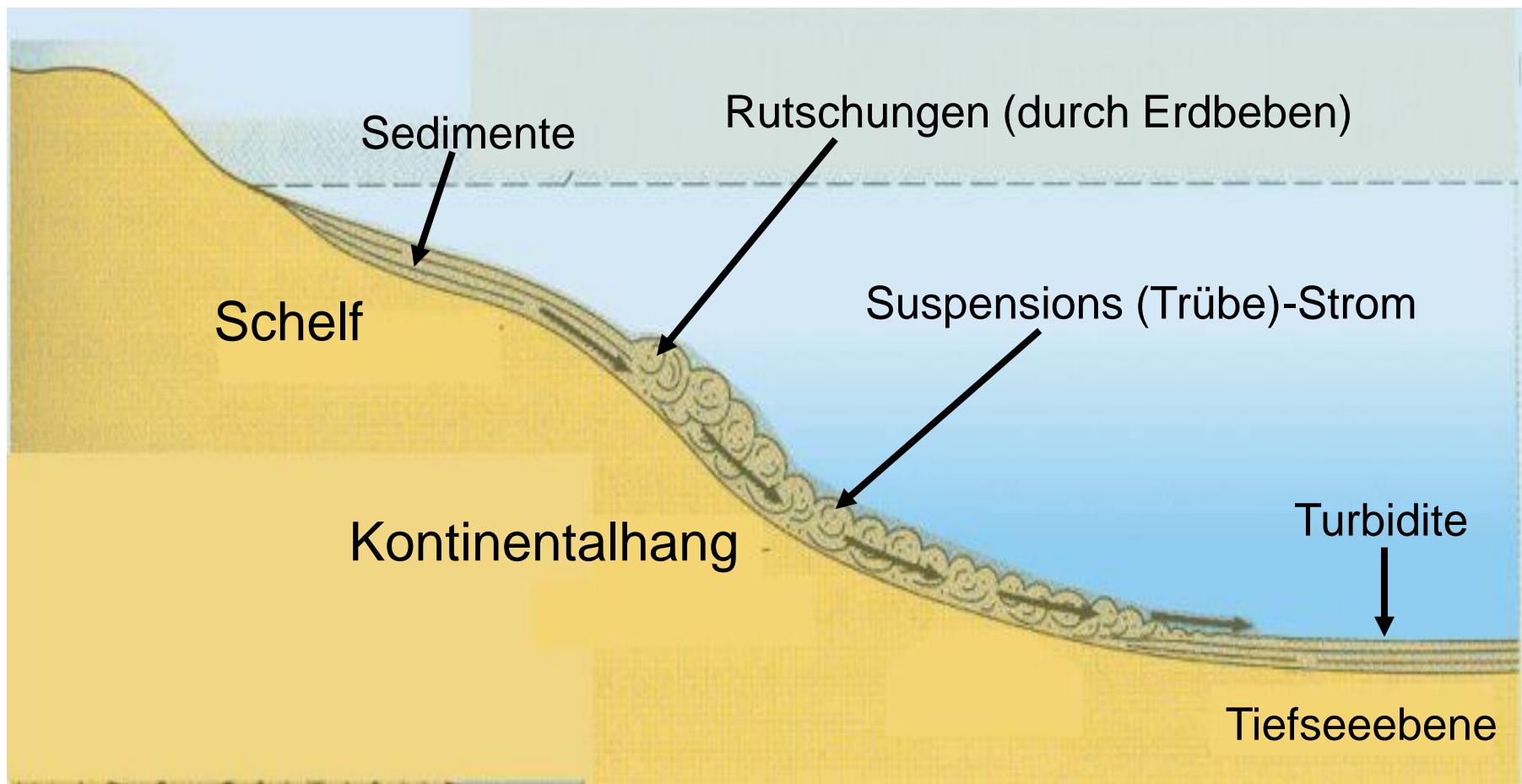
Exposure at the Carretera Austral (43°S), South Chile.



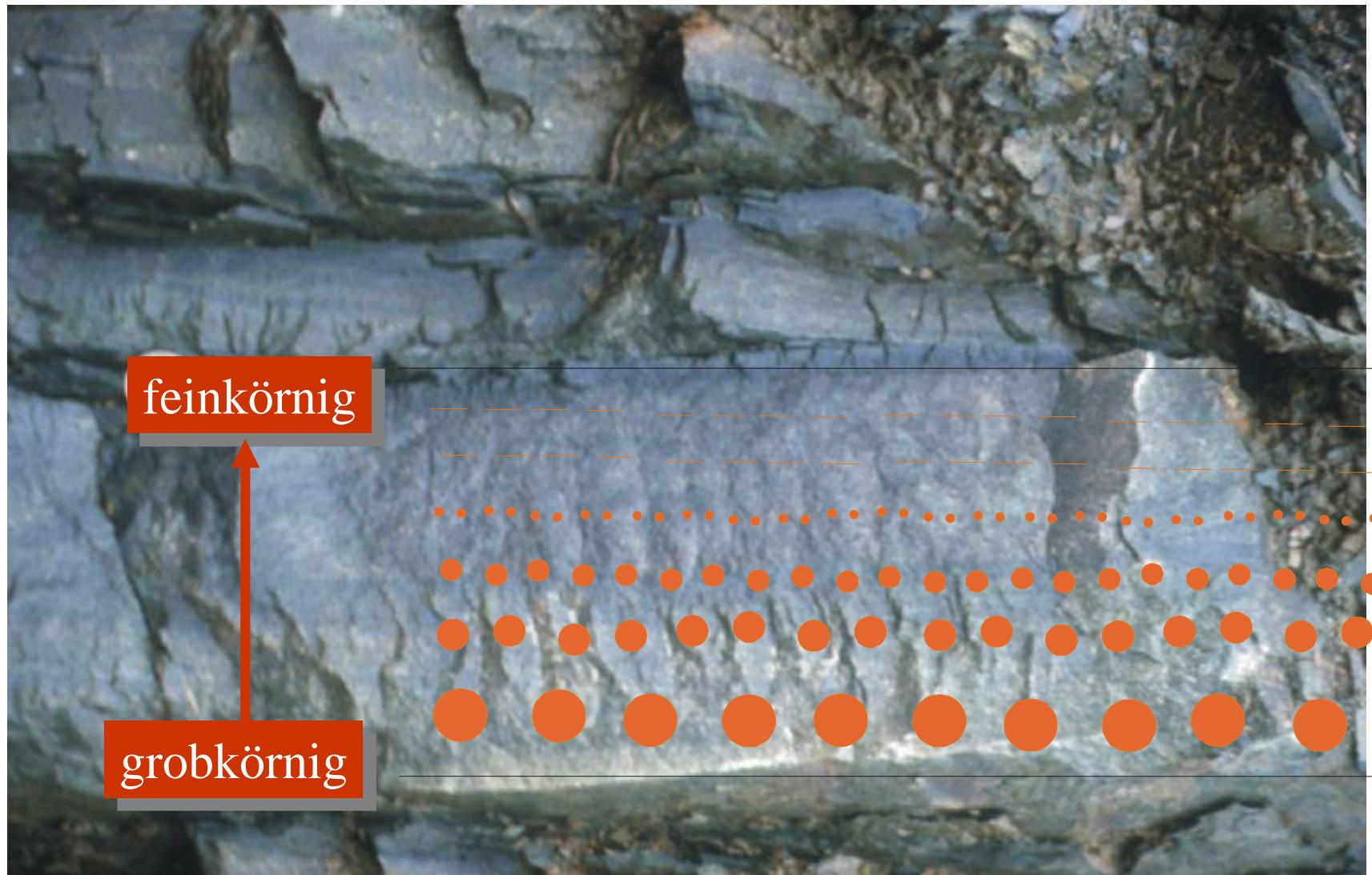
Vulkanoklastite



Trübestrom (Turbiditstrom)



Turbidite mit normaler Gradierung



Turbidite

Trübestrom, Suspensionsstrom an untermeerischen Hängen (Schelf/ Kontinentalhang). Man unterscheidet:

- **Proximaler Turbidit:** Suspensionstrom mit Ablagerung nahe des Ursprungsortes, hoher Geschwindigkeit und erosivem Basiskontakt. Häufig tritt invers-Gradierung an der Basis auf, gefolgt von mehrfach-Gradierungen.
- **Normal Turbidit:** etwas weiter transportierter Suspensionsstrom mit normaler Gradierung, scharfen Basiskontakten und teilweise Wickelschichtung.
- **Distaler Turbidit:** weit transportierte Suspensionströme mit geringer Energie ohne Gradierung, mit scharfen Basiskontakten und geschichteten Feinschuttlagen.

Flysch-Sequenz (Altvater-Gebirge)

Als „Flysh“ bezeichnet man klastische Sedimentabfolgen, die durch immer wiederkehrende turbiditähnliche Massenverlagerungen an Steilhängen von Becken am Rand von Gebirgen gekennzeichnet sind.



Klastische Sedimente mit biogene Komponente:

Warven in
einem
eiszeitlichen
See von Süd-
Connecticut.

Die jährliche
Sedimentab-
lagerung
umfasst helle
Silt-Lagen im
Sommer und
organik-reiche
dunkle
Tonlagen im
Winter.

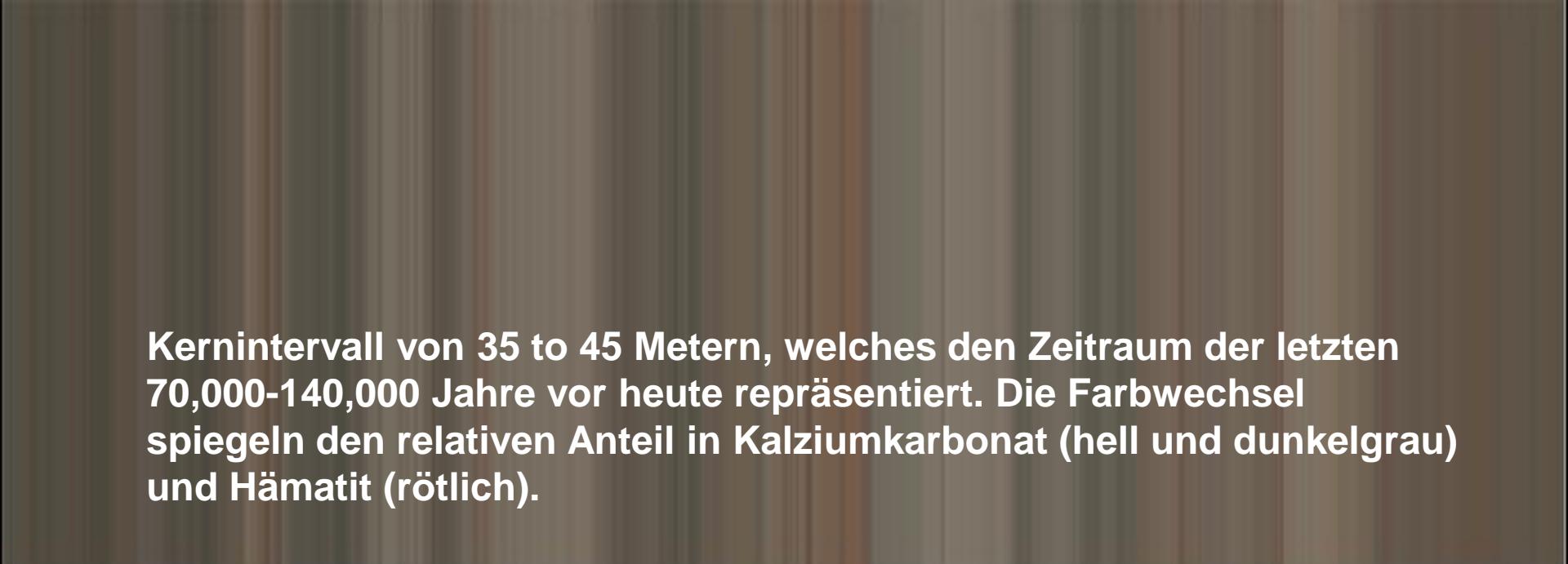


Tief-Sedimentkern:

Klastische Sedimentkomponente: Tone

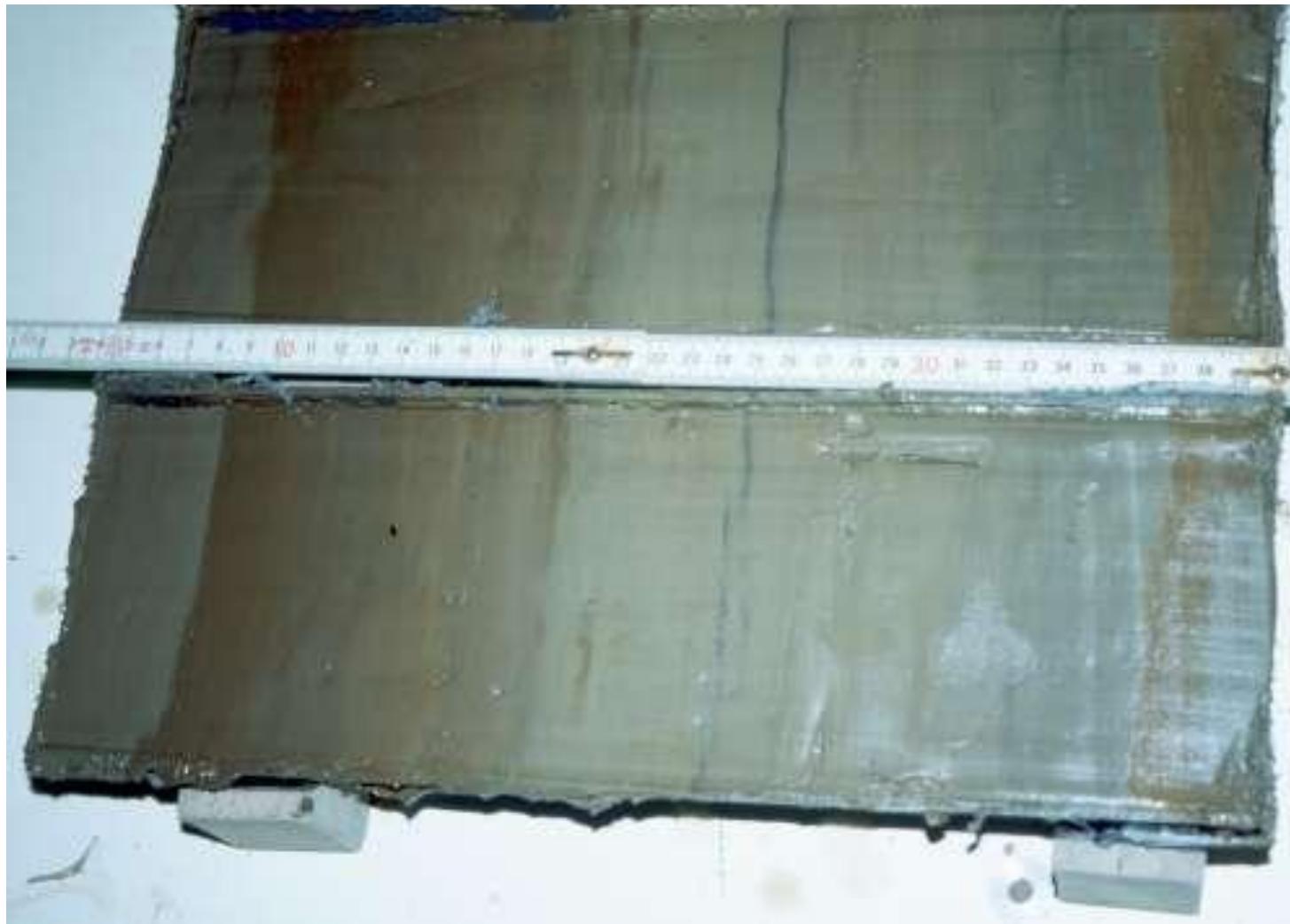
Chemische Sedimentekomponente: Eisenoxide/-hydroxide

Biogen-chemische Sedimentkomponente: kalkige Mikrofossilien



Kernintervall von 35 to 45 Metern, welches den Zeitraum der letzten 70,000-140,000 Jahre vor heute repräsentiert. Die Farbwechsel spiegeln den relativen Anteil in Kalziumkarbonat (hell und dunkelgrau) und Hämatit (rötlich).

Beispiel für Klastische Sedimente: Toniger Tiefseekern



2.2 Klassifikation nach Ablagerungsraum (z.B. kontinental oder marin) sowie Ablagerungsbedingungen (z.B. arid)

→ Sedimentfazies

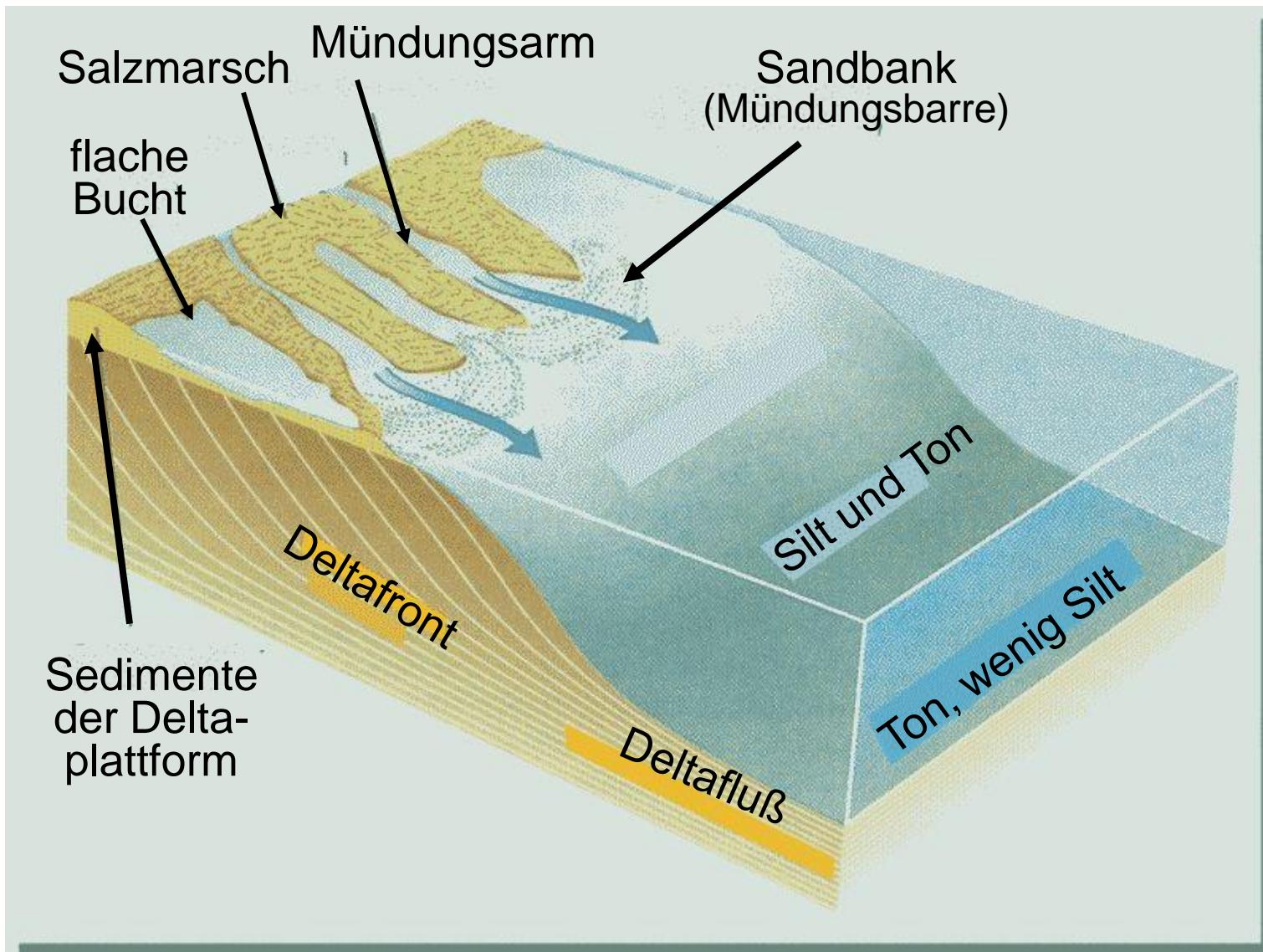
Fazieskunde von Sedimenten → Bildungsbedingungen zur Zeit ihrer Entstehung.

"Fazies" ist die Gesamtheit der petrographischen und paläontologischen Merkmale eines Gesteines, die von den Entstehungsbedingungen bestimmt werden.

Primär sind damit die Bedingungen während der Ablagerung gemeint, sekundär aber auch solche die später, z.B. während der Diagenese wirken.

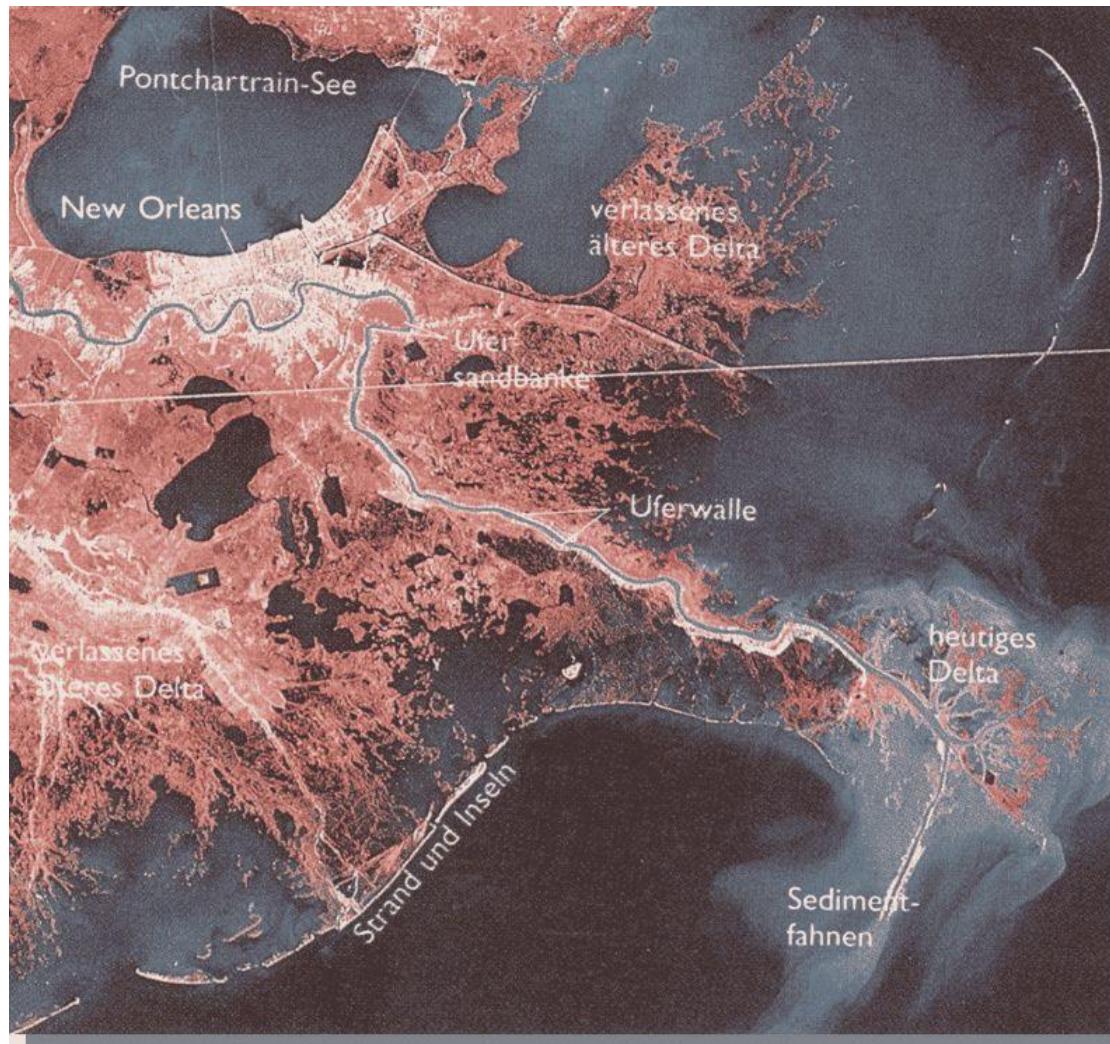
Der Begriff Fazies wird meist sehr weit gefaßt, er wird teils rein beschreibend für bestimmte Lithologien verwendet ("Tonfazies"), teils genetisch-interpretativ für Produkte eines bestimmten Ablagerungsbereiches verwendet ("Stillwasserfazies", "Brackwasserfazies").

Innerhalb der flachmarinen Bereichs können verschiedene Ablagerungsbereiche (Fazies) unterschieden werden, wie der auf Aufbau eines Deltas illustriert.



Umgezeichnet nach Press & Siever, 1995 (Spektrum Lehrbücher)

Ablagerung in Fluß-Deltas



Mississippi-Delta

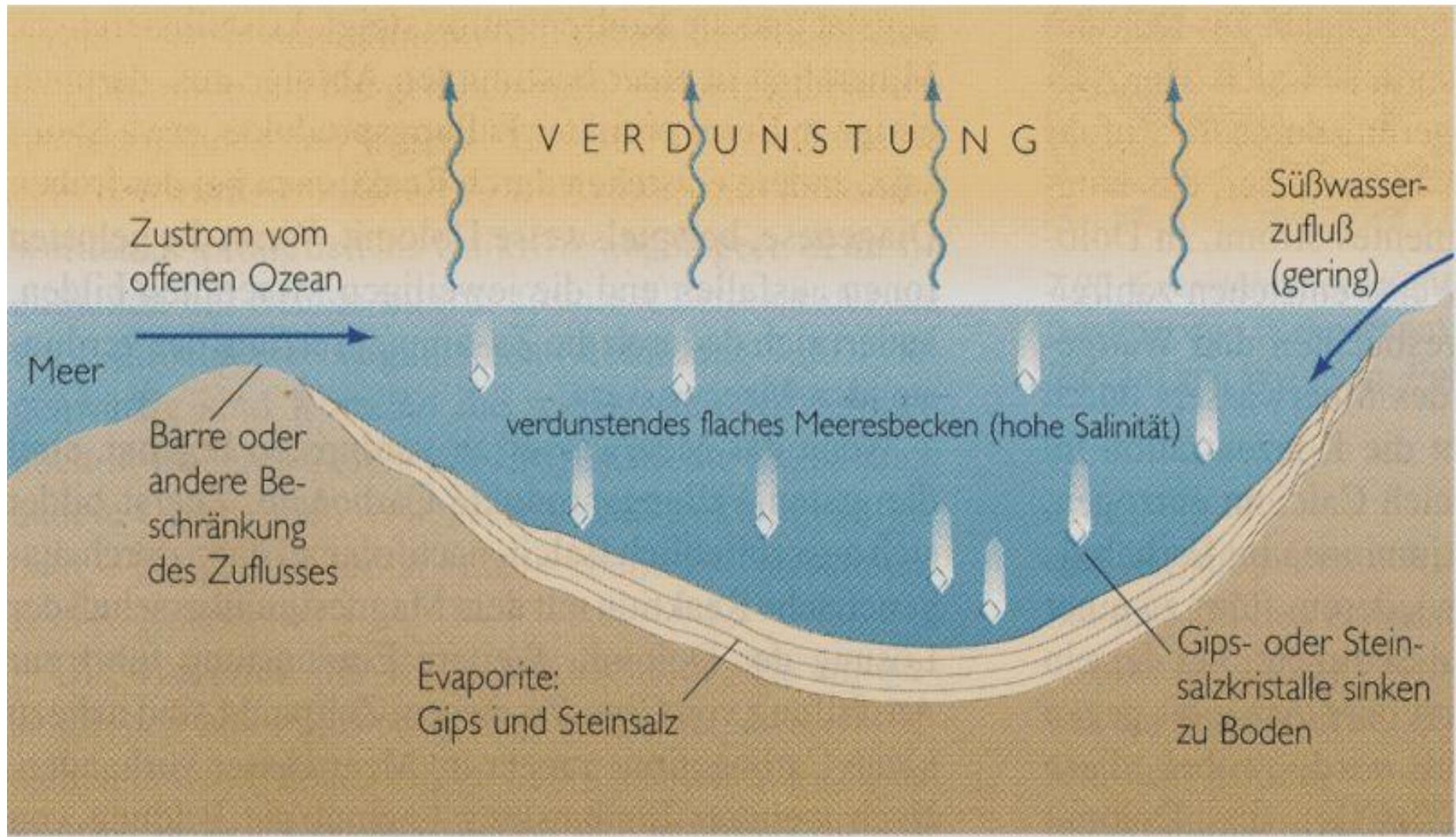
3. Chemische Sedimente

3.1 Evaporite



Valle de la Luna, Atacama, Chile

Evaporite durch Verdunstung in Randbecken



nach Press & Siever, 1995 (Spektrum Lehrbücher)

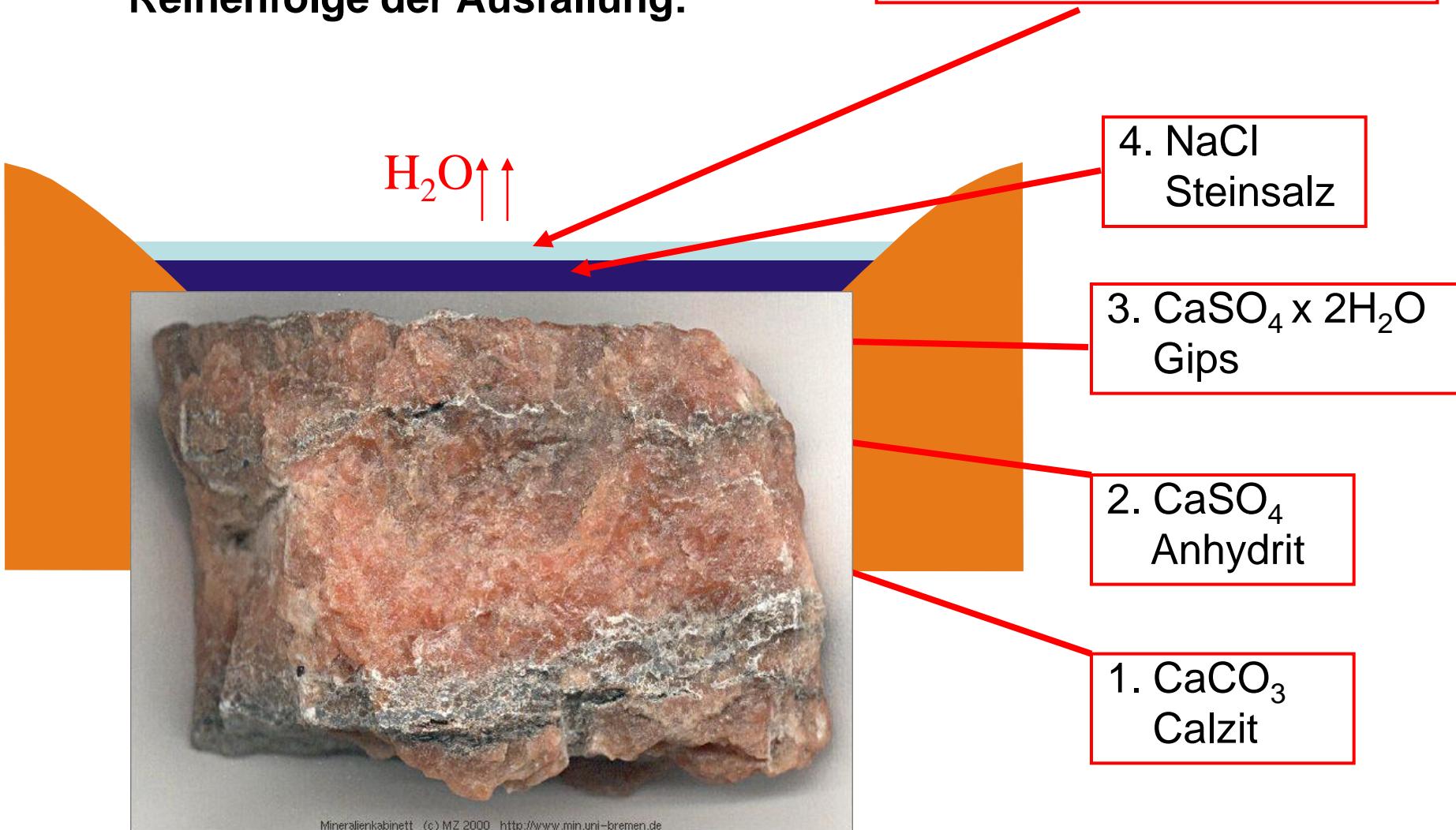
Mineral	Formel	Löslichkeit [mol/l]	Löslichkeit [g/l]	KI [mol ² /l ²]
Halit	NaCl	360	6.2	3.8 x 10
Sylvin	KCl	264		
Opal	SiO ₂	0.12	2 x 10 ⁻³	
Gips	CaSO ₄ x 2H ₂ O	2.1	1.2 x 10 ⁻²	3.2 x 10 ⁻⁵
Calzit	CaCO ₃	0.013	1.3 x 10 ⁻⁴	4.0 x 10 ⁻⁹
Fluorit	CaF ₂	0.16	2.1 x 10 ⁻³	3.2 x 10 ⁻¹¹
Dolomit	CaMg(CO ₃) ₂	0.01	5.5 x 10 ⁻⁵	2.0 x 10 ⁻¹⁷

Löslichkeiten und Löslichkeitsprodukte einiger häufiger Minerale in Bezug auf reines Wasser bei 25°C uns Atmosphärendruck.

Eine 1-molare Lösung ist definiert als eine, die ein Mol der Substanz/l Lösung enthält. Die relativen Atom-Massen von Na und Cl sind 23.0 bzw. 35.5 (siehe Periodensystem der Elemente), also enthält eine 1-molare Kochsalzlösung $23.0 + 35.5 = 58.5$ Gramm Kochsalz pro Liter.

Evaporite

Reihenfolge der Ausfällung:



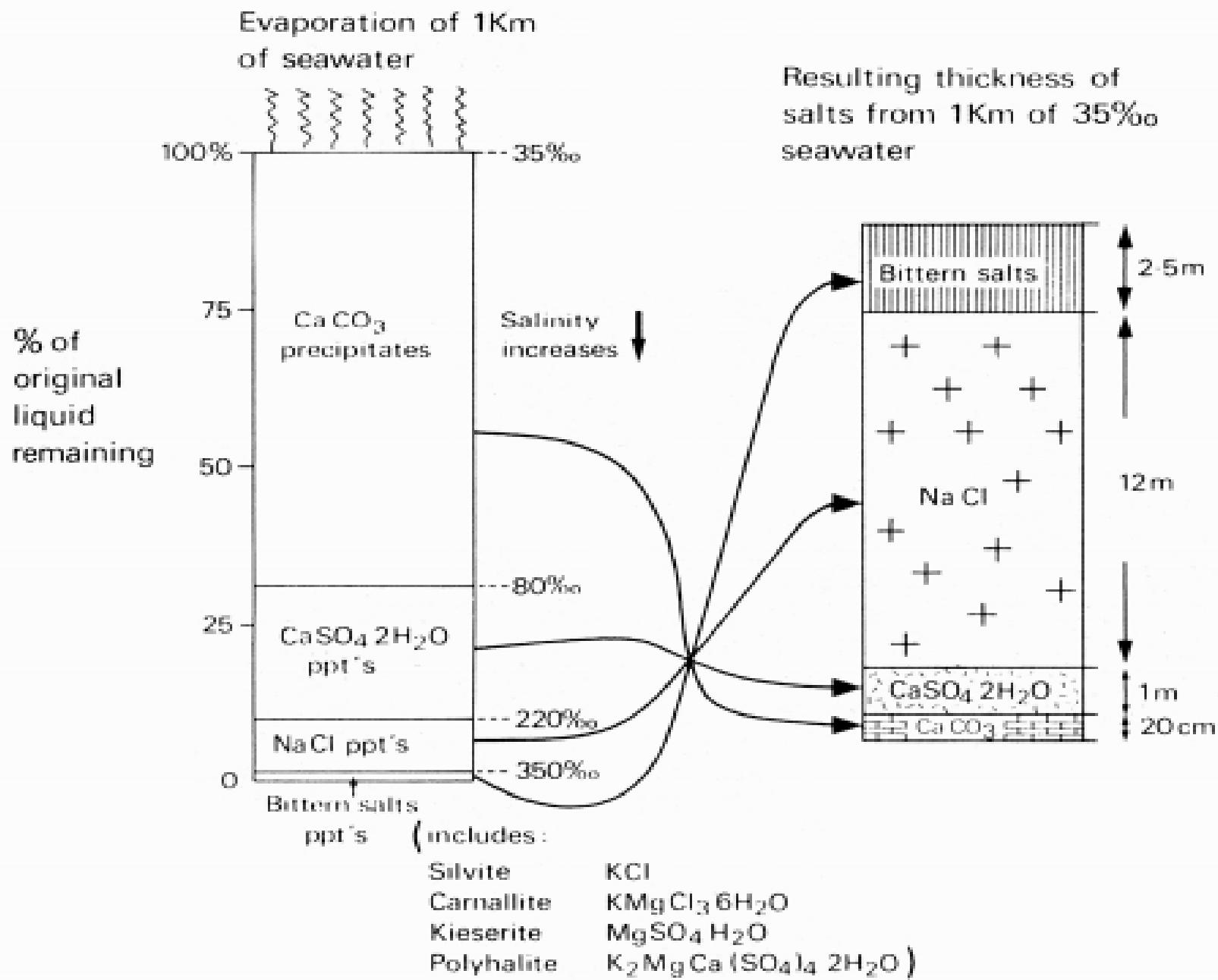
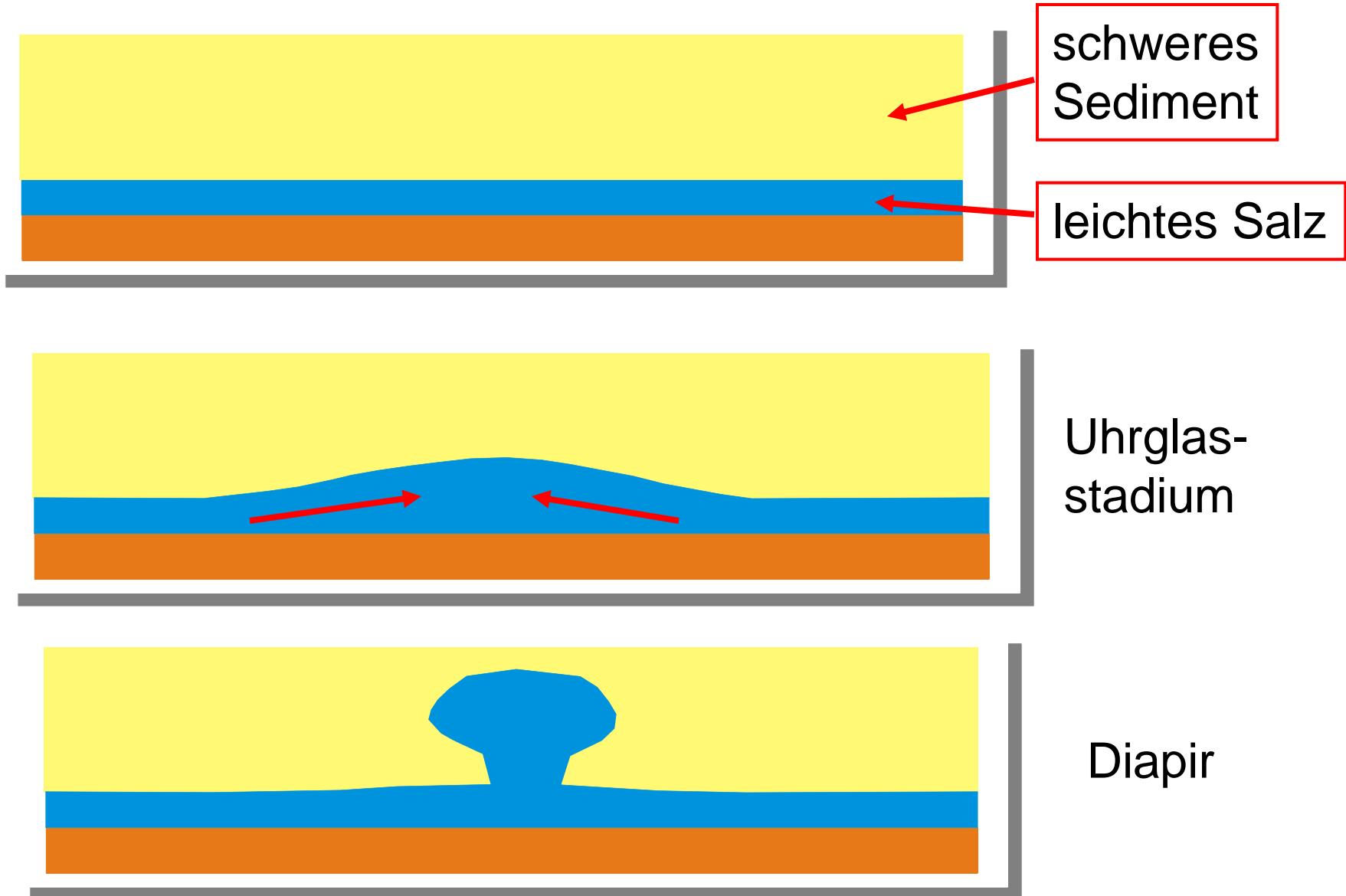
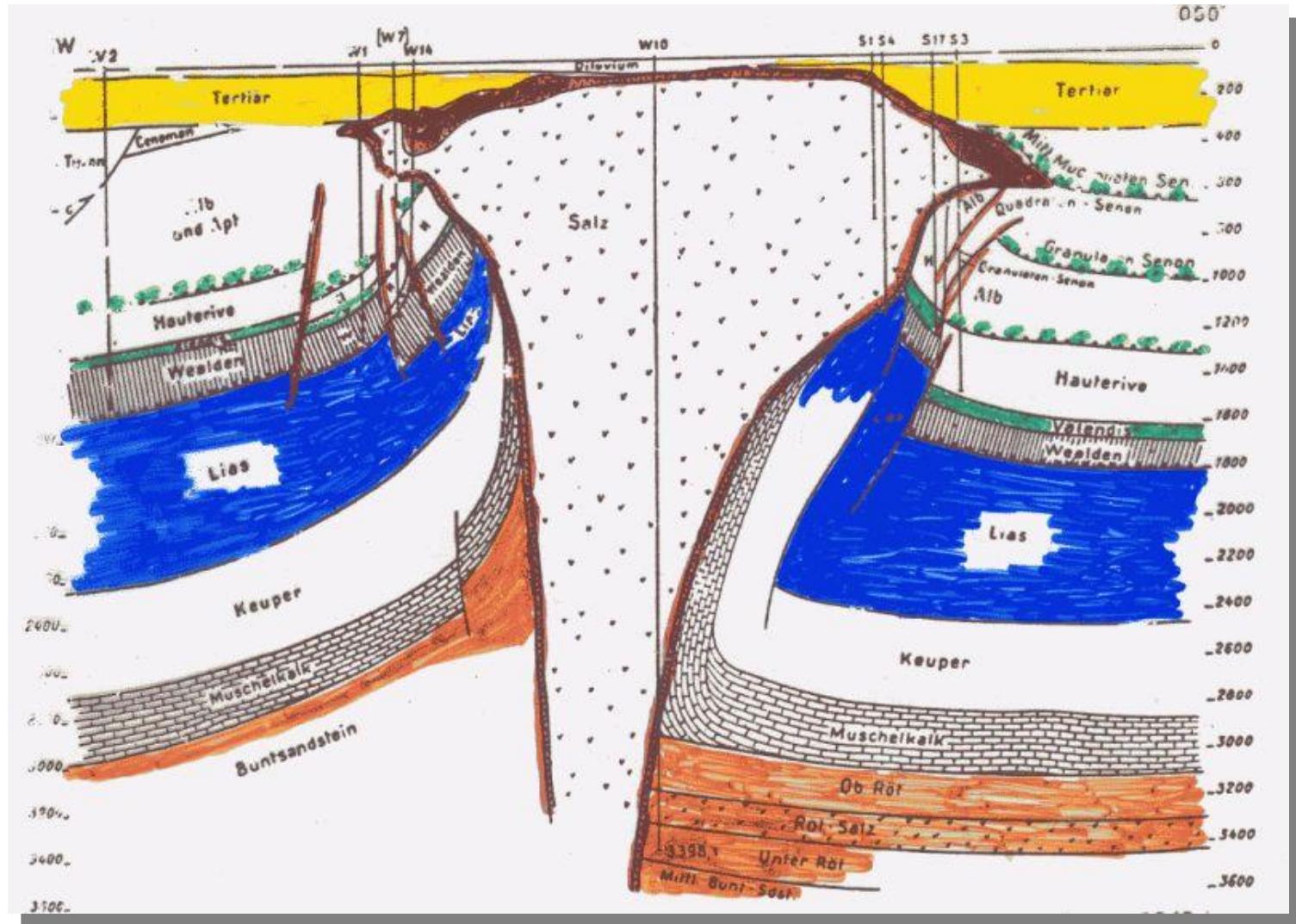


Abb. 3.15 Abscheidung von Salzmineralen aus der Verdampfung einer Meerwassersäule von 1 km Höhe.

Entstehung eines Salzdiapirs



Schnitt durch einen Salzstock



Salzstock von Wienhausen-Eicklingen (Niedersachsen)