

- **Tracerhydrologie und Hydrochemie**
  - Grundlagen, Ansätze
  - Verfügbare Tracer
- **Künstliche Tracer und Markierverfahren**
  - Grundlagen
  - Tracergruppen / Eigenschaften
- **Natürliche Tracer**
  - Umweltisotope
  - Geogene Tracer
- **Versuchsplanung und –durchführung**
  - Einspeisemengenberechnung
  - Rahmenbedingungen
  - Auswertung / Interpretation

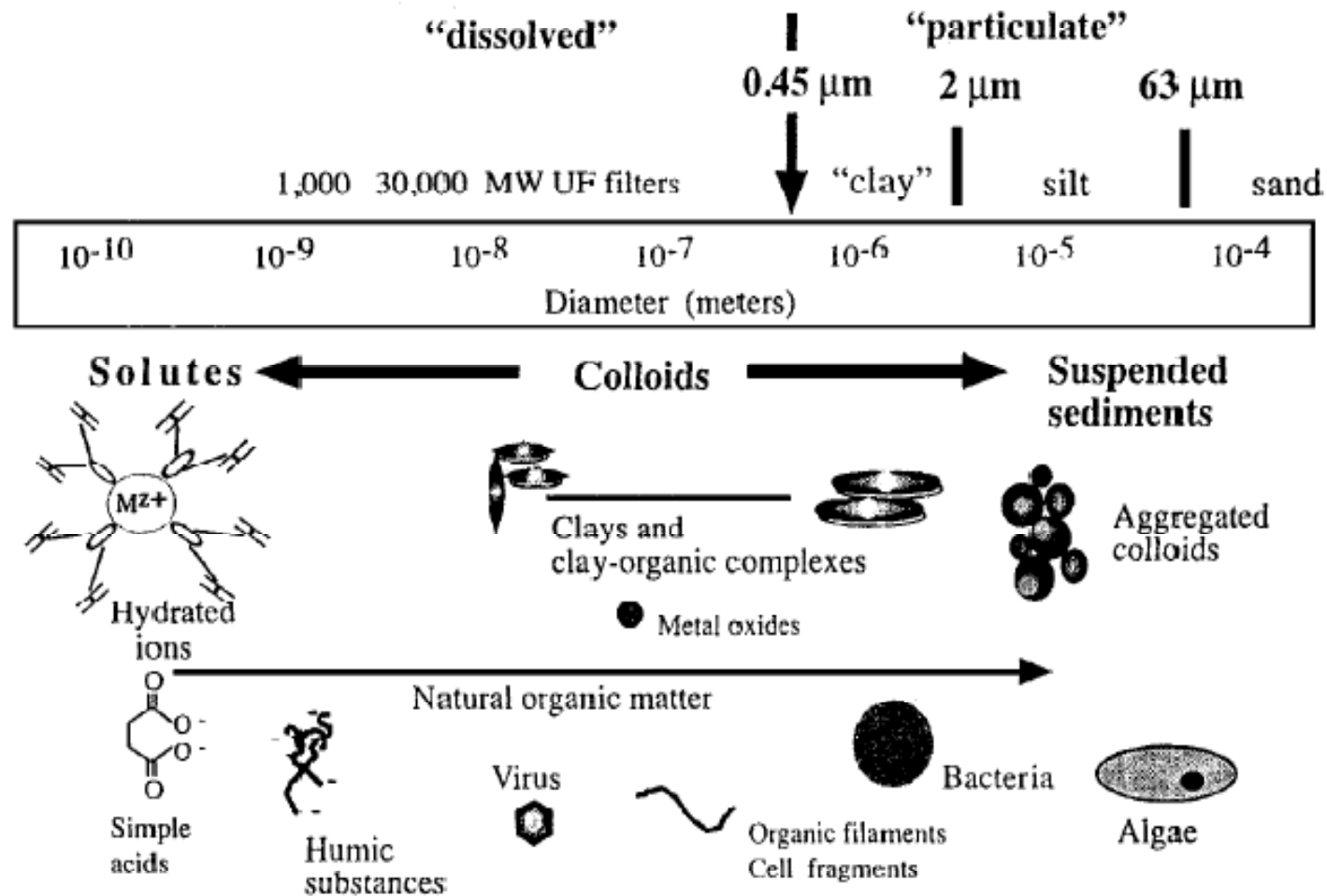
	Montag 04.01.10	Dienstag 05.01.10	Mittwoch 06.01.	Donnerstag 07.01.	Freitag 08.01.
9-10	Natürliche Tracer: Einführung, chemische & physikalische Summentracer	Hydrochemische Grundlagen: Messverfahren, Darstellung, Gleichgewichtswasser- chemie	Feiertag	Hydrochemische Grundlagen: Prozesse und Reaktionen, Kinetik, Austausch, Redox	Hydrochemische Auswerte- und Modellierungsverfahren
10-11					
11-12					
12-13					
13-14	Laborpraktikum: Titration (Kry) pH und elektrische Leitfähigkeit (Kü)	Laborpraktikum: Photometrie Gruppen 1 + 2 (Dz)		Laborpraktikum: Photometrie Gruppen 3 + 4 (Dz)	
14-15					
15-16					
16-17					

	Montag 11.01.	Dienstag 12.01.	Mittwoch 13.01.	Donnerstag 14.01.	Freitag 15.01.
9-10	Auswertung Hydrochemie (Kü)	Stabile Isotope, O-18, Deuterium: Fraktionierung, Effekte	Stabile Isotope, O-18, Deuterium: Hydrologische Anwendung	Weitere leichte Isotope und ihre Anwendung in der Hydrologie: C, N, S, B, Sr,	Altersdatierung: Radionuklide und Gase (Edelgase, FCKW, SF <sub>6</sub> )
10-11					
11-12					
12-13					
13-14	Geländegang Vorortanalytik Probenahme mit Protokoll und Probenvor- bereitung (Kü)	ICP-MS Gerätevorführung und Demo Probenvor-bereitung (Dz)	Übungen zur Isotopenhydrologie	Übungen zur Isotopenhydrologie	Übungen zur Altersdatierung
14-15					
15-16					
16-17					

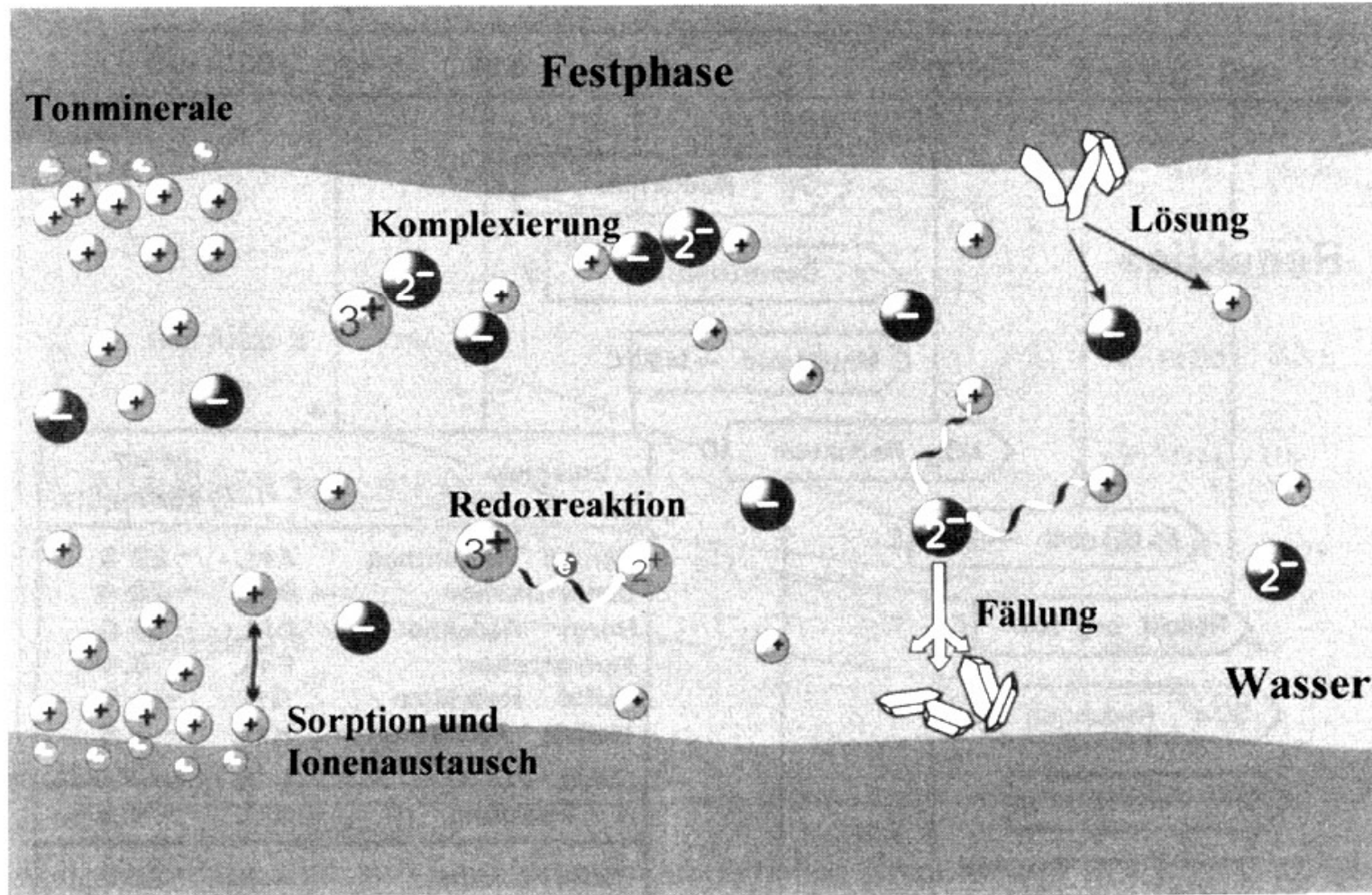
	Montag 18.01.	Dienstag 19.01.	Mittwoch 20.01.	Donnerstag 21.01.	Freitag 22.01.
9-10	Konzept der Tracerhydrologie, Grundlagen, Typen	Künstliche Tracer: Salze, sonstige	Künstliche Tracer: Fluoreszenzfarbstoffe	Künstliche Tracer: Fluoreszenzfarbstoffe	Versuchsplanung, Durchführung, Auswertung
10-11					
11-12					
12-13					
13-14		Laborpraktikum – Säulenversuch, Durchführung eines Tracerversuches	Laborpraktikum – In situ Fluorometer	Laborpraktikum – Fluorometer	Klausur
14-15					
15-16					
16-17					

- Appelo C.A.J. & Postma D. (1996) Geochemistry, groundwater and pollution. Balkema, 536 p.
- Hem J.D. (1992) Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. USGS Water Supply Paper 2254, 263 p.
- Leibundgut, C., Maloszewski P. & Külls C. (2009): Tracerhydrology. Wiley & Sons, 432 p.
- Merkel B.J. & Planer-Friedrich B. (2002): Grundwasserchemie. Springer. 219 p.
- Stumm & Morgan (1996) Aquatic Chemistry. Wiley-Interscience, 1040 p.

# Wasserinhaltsstoffe



# ... und deren Reaktionen



aus Merkel B.J. & Planer-Friedrich B. (2002): Grundwasserchemie. Springer. 219 p.



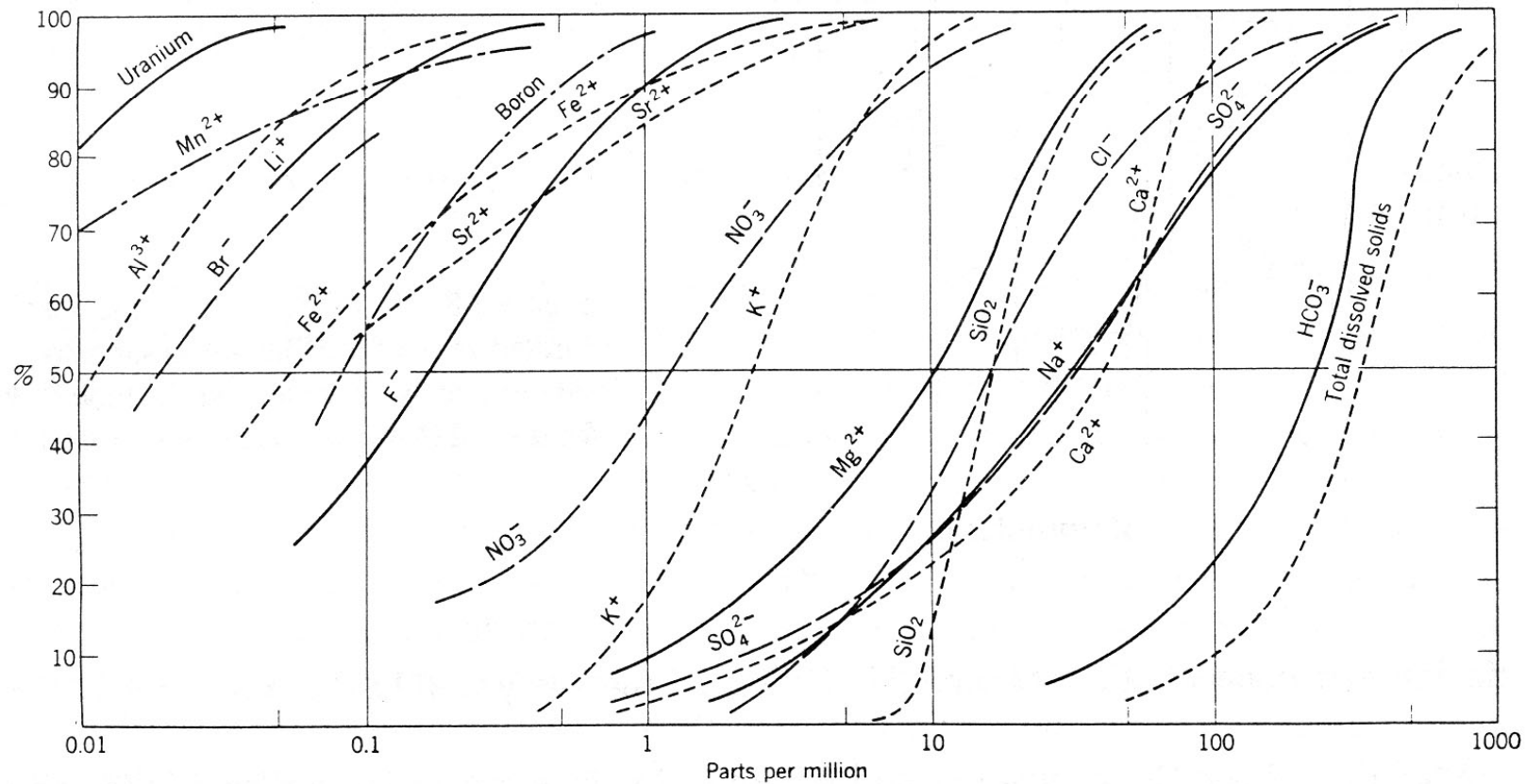


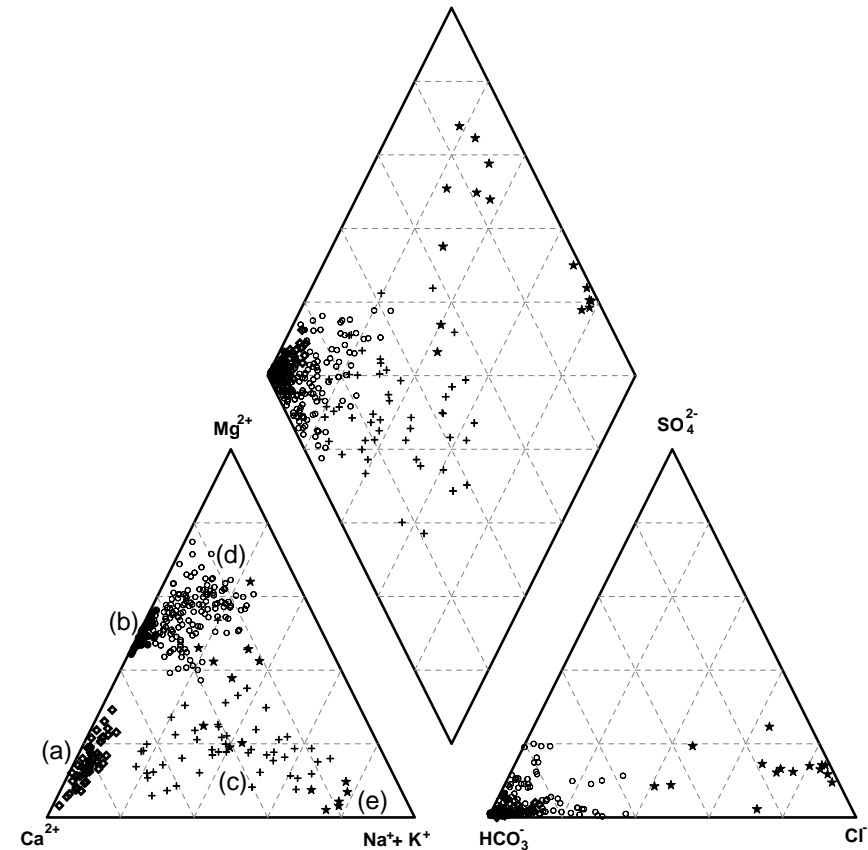
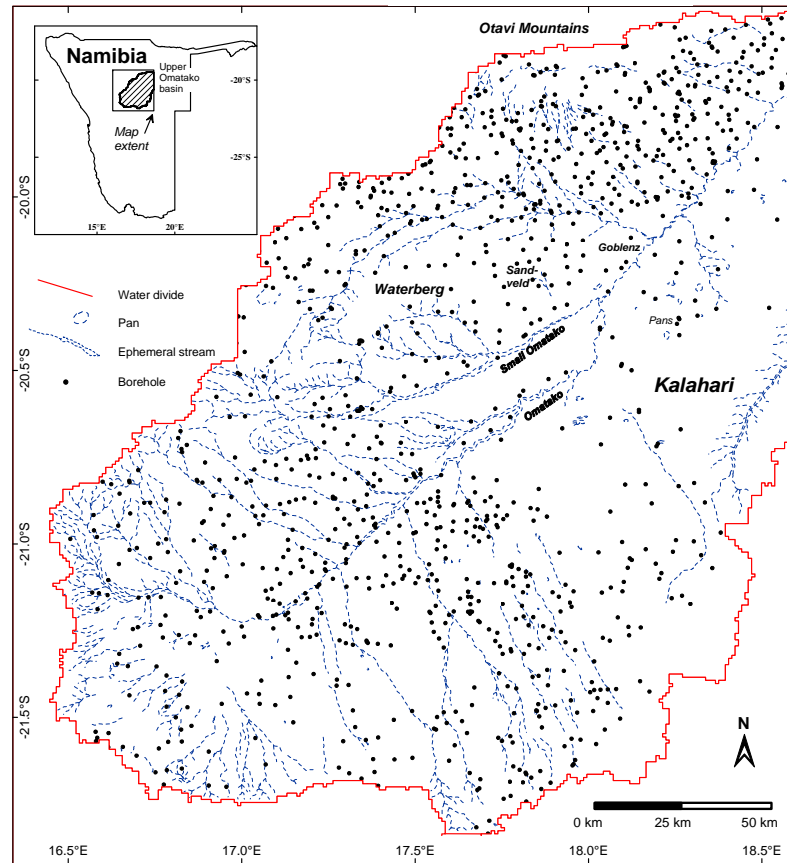
Figure 2.9. Concentrations of different solutions in terrestrial waters in the USA displayed in a frequency plot (Davies and De Wiest, 1966). Reprinted by permission of John Wiley & Sons, Inc.



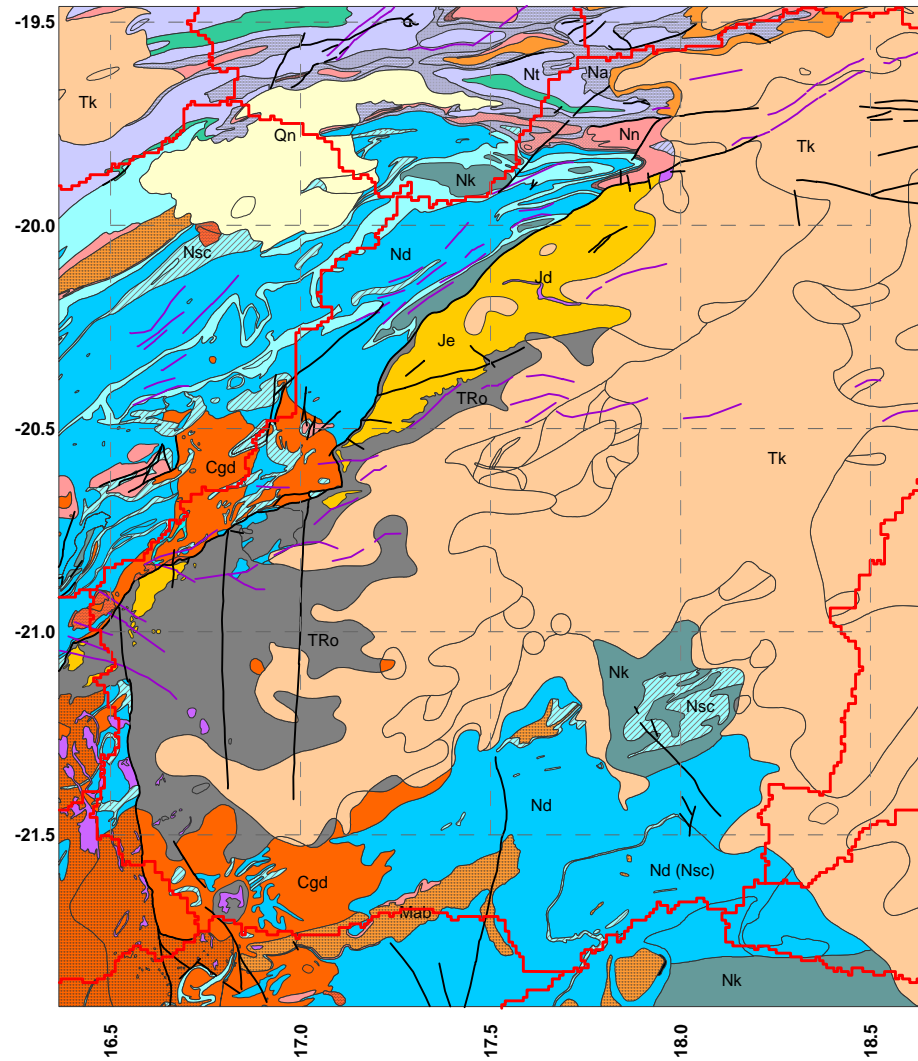
# Einfluss der Geologie

Constituents in mg/L	Precipitation	GW in unconsolidated deposits	GW in Igneous Rocks	GW in Sedimentary Rocks	GW in Carbonates	Seawater	Drinking water standards
Na <sup>+</sup>	0.6	47	4	20	13	10560	200
K <sup>+</sup>	0.4	3	1	2	3	380	---
Ca <sup>2+</sup>	0.9	54	8	53	55	400	200
Mg <sup>2+</sup>	0.2	15	2	19	28	1272	125
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2.0	157	40	263	255	142	500
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	3.0	64	1	47	48	2560	250
Cl <sup>-</sup>	0.4	21	1	12	14	18980	250
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.3	0.6	n/a	2.7	n/a	<1	20
SiO <sub>2</sub>	0.1	22	19	15	n/a	1 - 4	---
TDS	5.1	230	76	380	416	34378	500
pH	5.5	7.5	6.8	7.5	7.5	8.1-8.4	---

# Hydrochemie kann Herkunft zeigen



# Lithographie

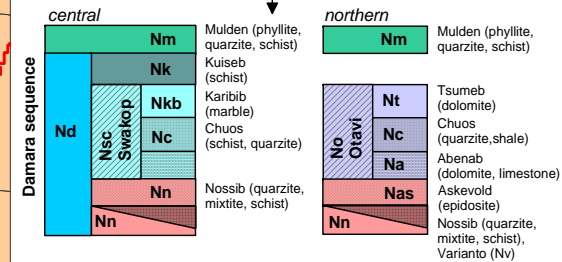


group formation (sediments, ← intrusiva)

**Kalahari**  
**Qn** Quaternary (alluvium)  
**Tk** Kalahari (aeolian sand, calcrete)

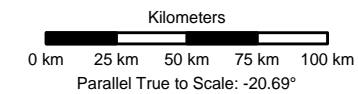
**Je** Etjo (sandstone)  
 ← **Kgr** (granite), **Ksy** (syenite)  
 ← **Jd** Etendeka (basalt)  
**TRo** Omingonde (siltstone, congl.)

← **Cgd** Granite, pegmatite (Cgi)  
 ← **Cgs** Diorite (Cgs)

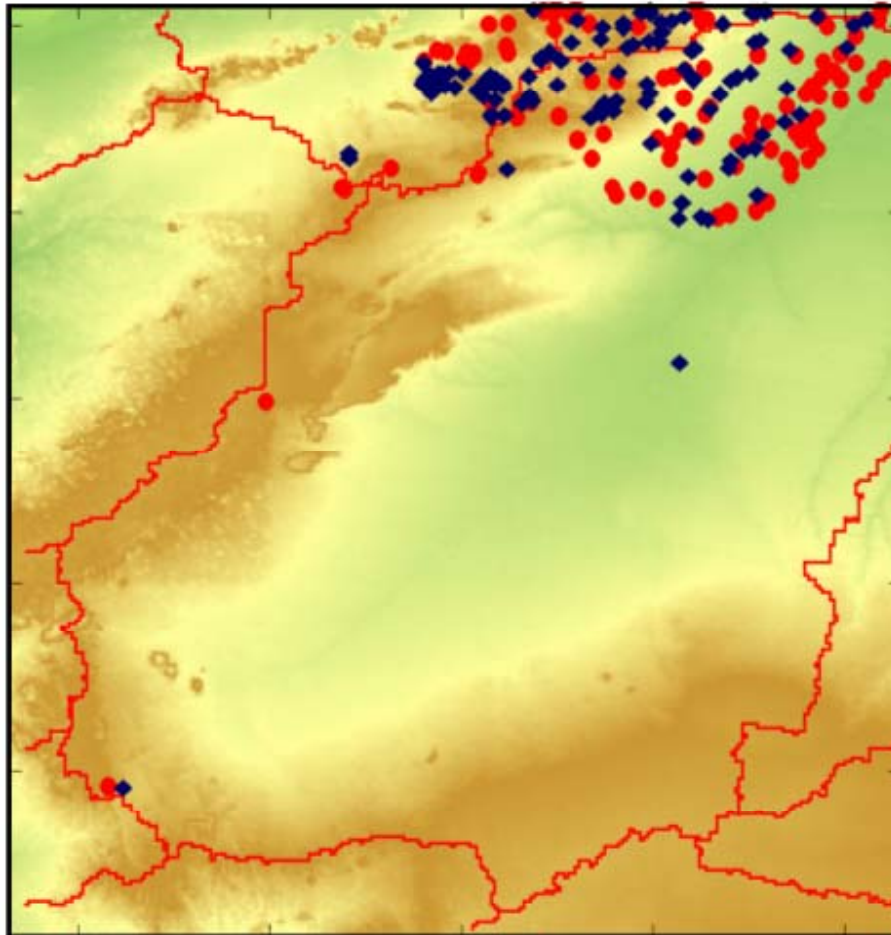


← Granite (Grootfontein Mgr, Abbabis Mab, Hohewarte (Mho))

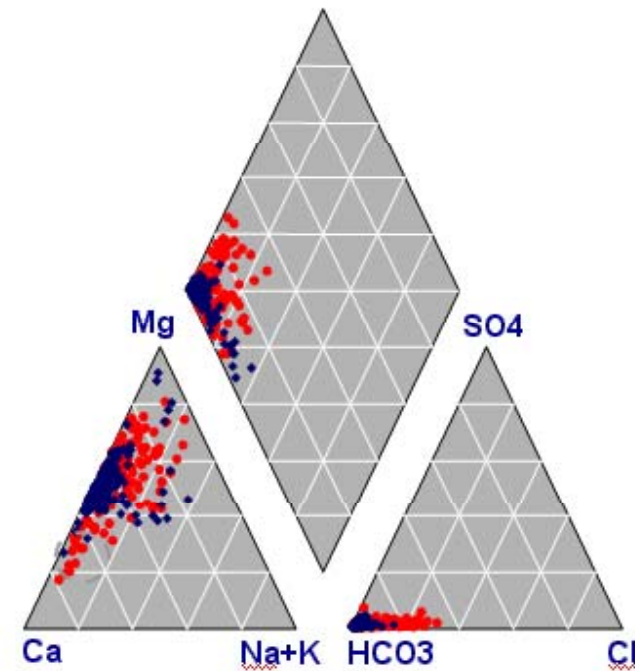
— fault  
 — dyke  
 — watershed  
 — ephemeral river



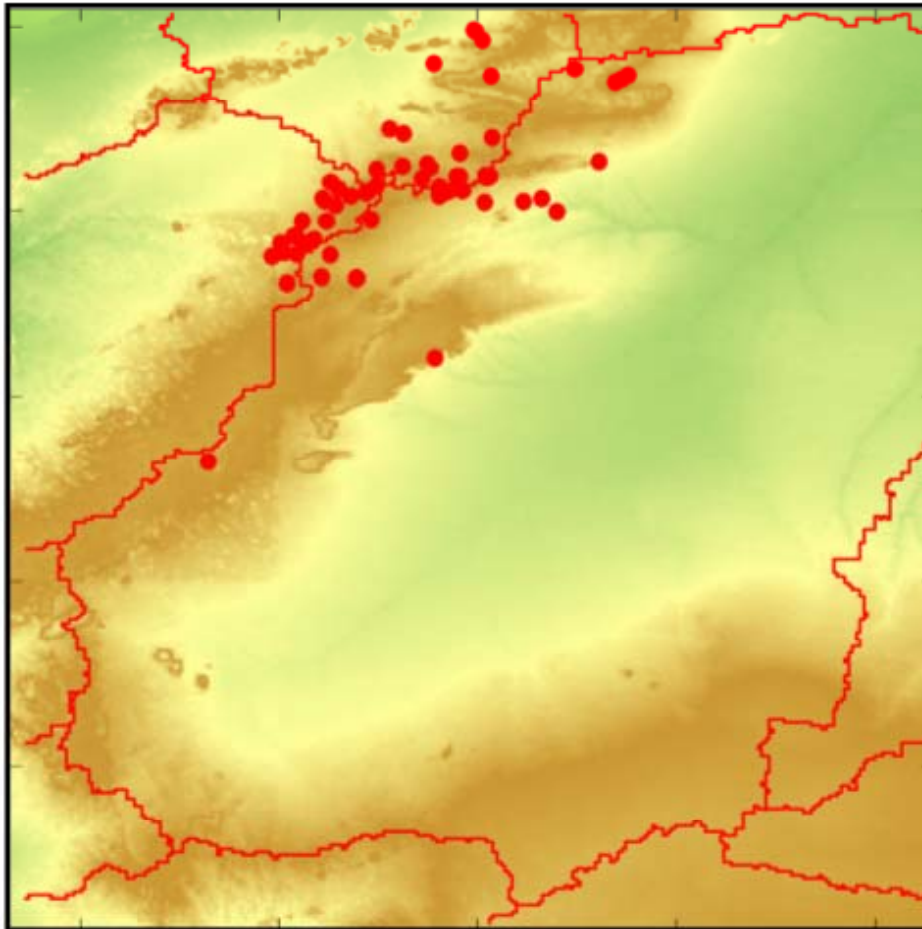
# Namibia: Karst (Otavi-Dolomit)



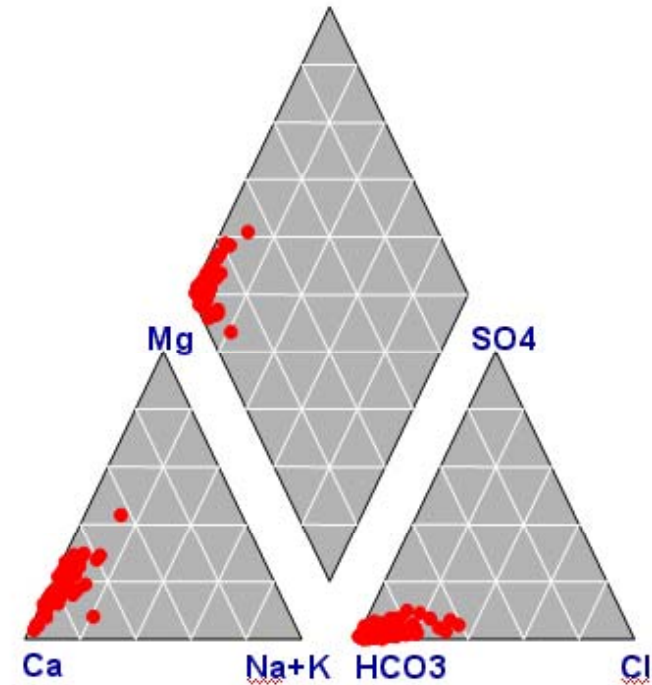
## The dolomite groups



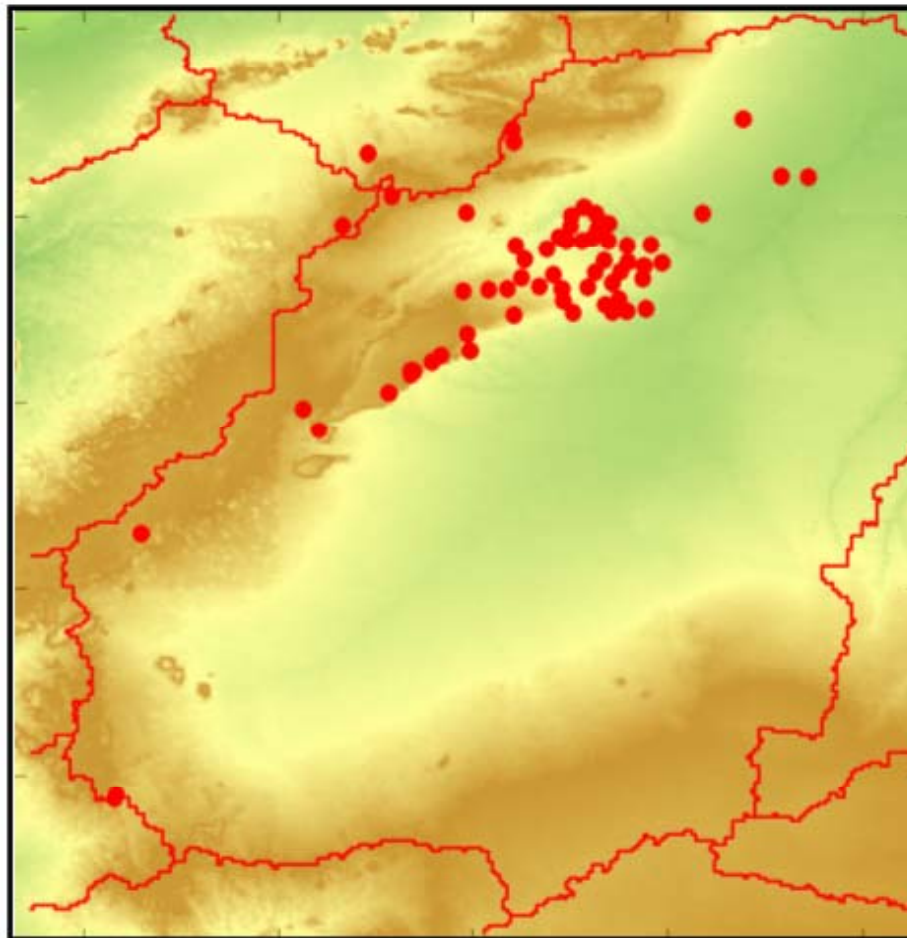
# Namibia: Kalkstein (Otavi)



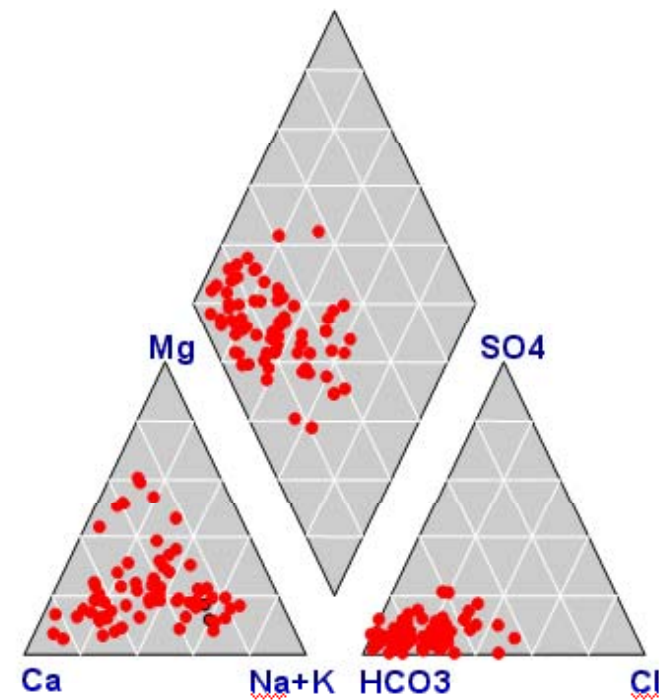
## The carbonate/ marble groups





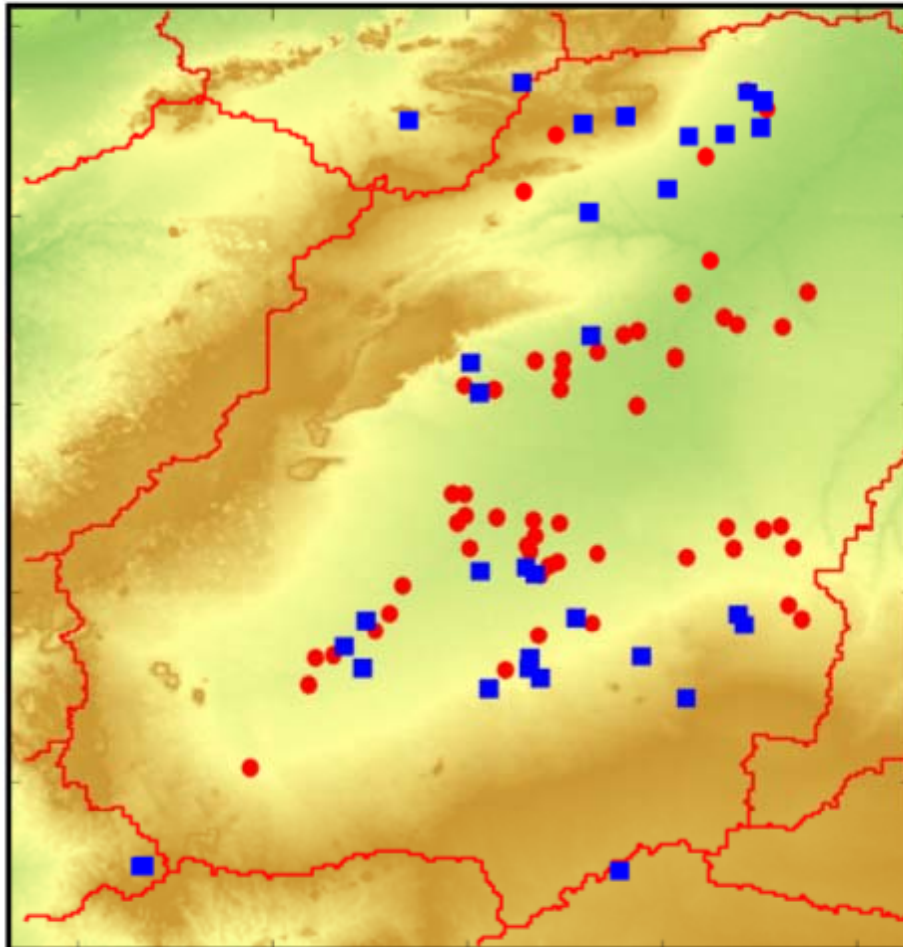


## The Waterberg sandstone groups

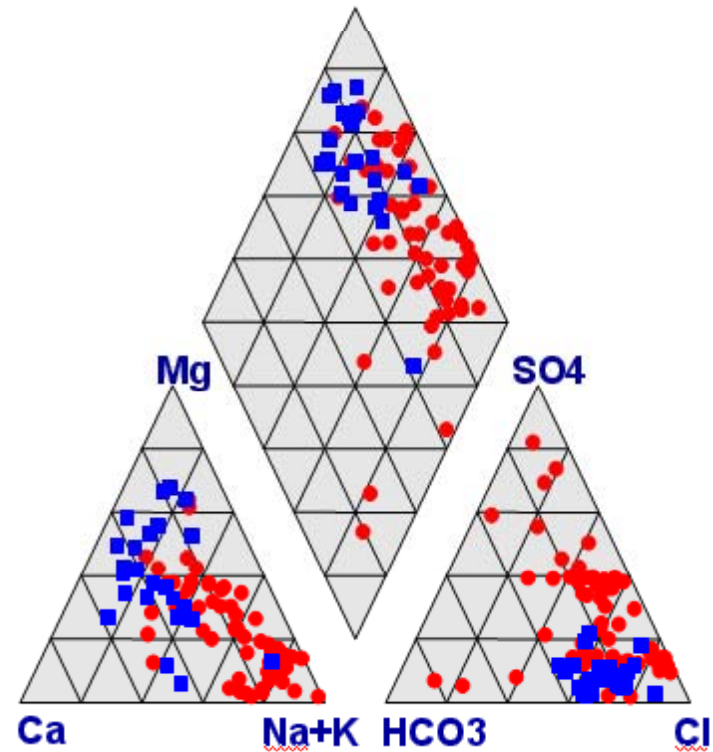




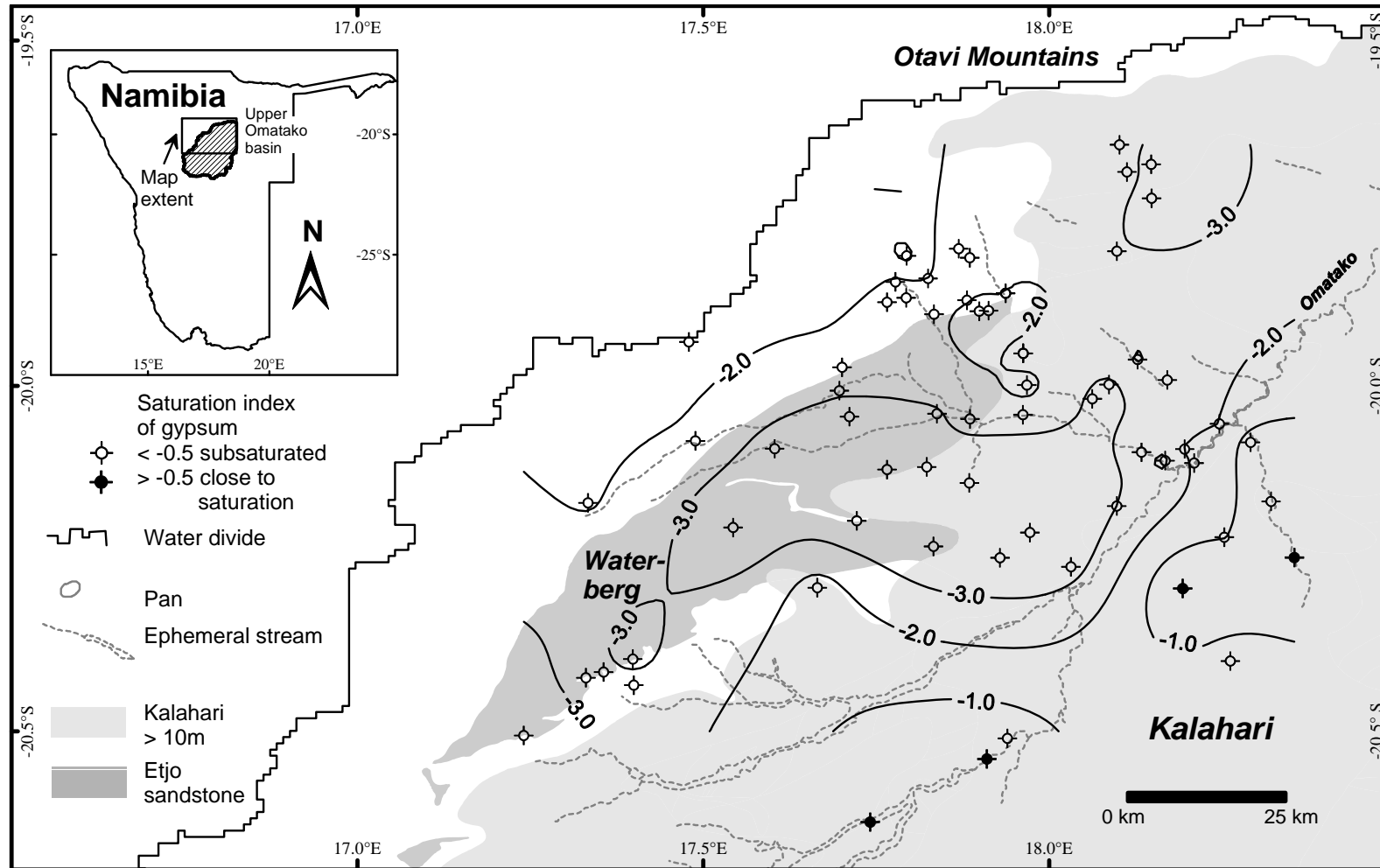
# Salziges Grundwasser



## Saline end members



# Ursache Lösung-Fällung-Thermodynamik



# Quantitative Auswertung

