

# Grundwasserhydrologie (Master Hydrologie)

Dr. Christoph Külls  
Wintersemester 2009/2010

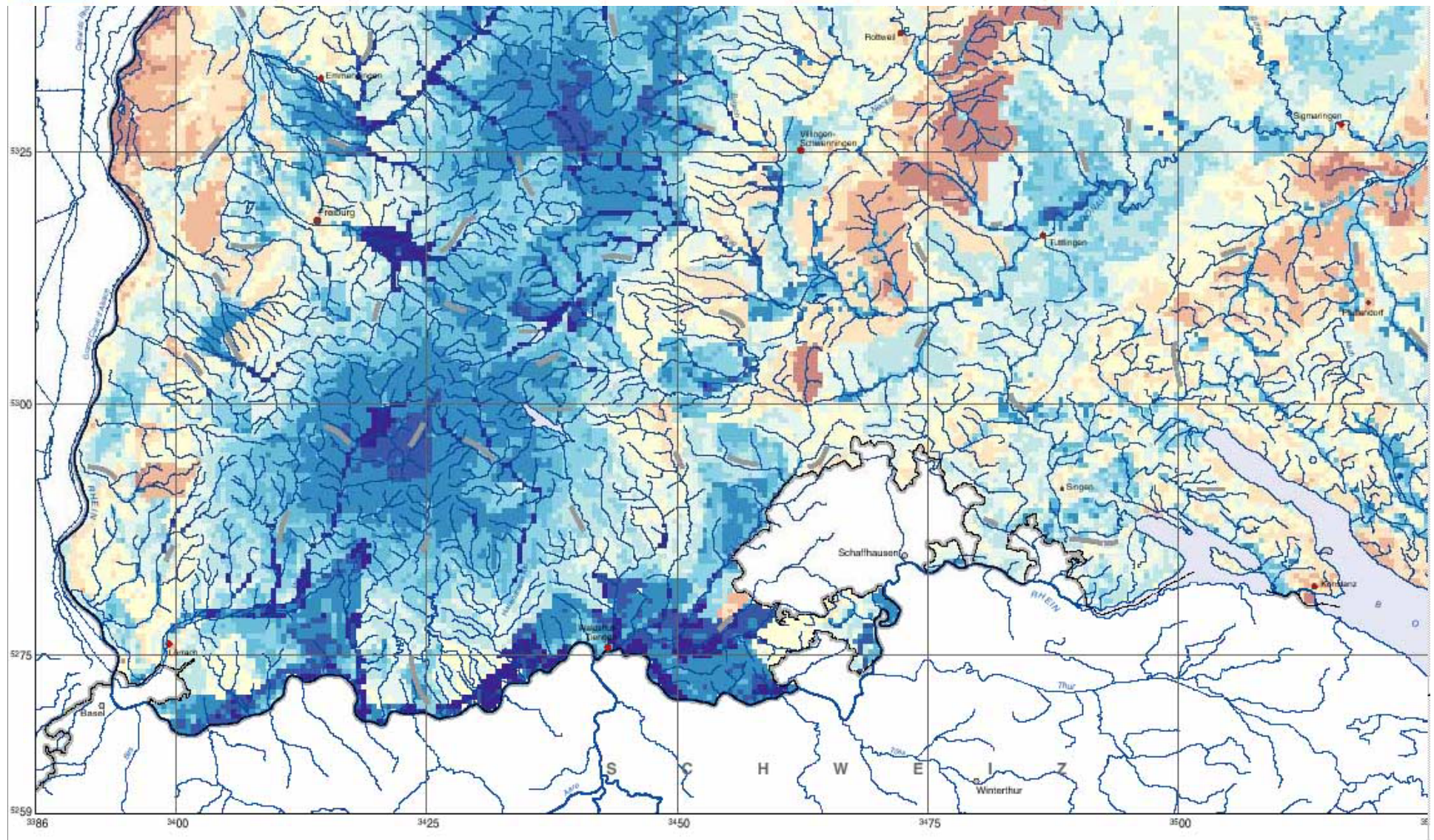
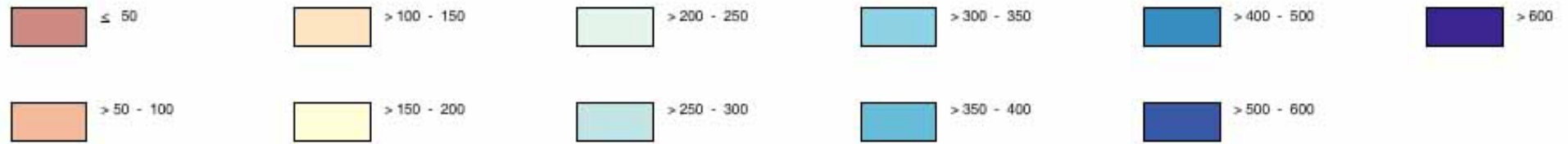


- Struktur der Vorlesung:
  - Grundbegriffe
  - Modellierung
  - Parameterbestimmung (Geophysik)
- Klausur am letzten Tag des 3-wöch. Blocks

- Struktur der 1. Woche
  - Grundbegriffe, Bedeutung
  - Grundwasserneubildung
  - Fließen (Darcy)
  - Speicherung
  - Austritt
  - Themen
    - Wetlands
    - Management
    - Pollution

Mittlere jährliche Grundwasserneubildung [mm]

# Rein ...

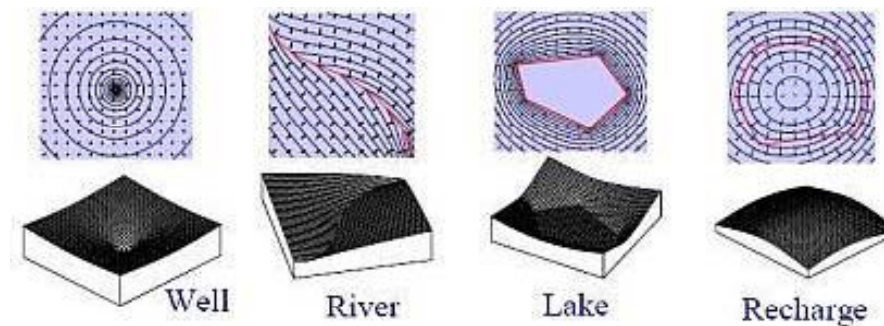


## Darcy's Law

Das Gesetz von Darcy lautet:

$$v_f = \frac{Q}{A_x} = -K_{hx} * \frac{dh}{dx}$$

Hierbei sind  $v_x$  spezifischer Abfluss oder Filtergeschwindigkeit (engl. specific discharge) mit der Einheit  $[LT^{-1}]$  als  $m/s$ . Hierbei ist  $K_x$  die hydraulische Leitfähigkeit und der Term  $dh/dx$  stellt den Gradienten dar. Der Gradient hat keine Einheit, er kann angegeben werden zum Beispiel über den Höhenunterschied der Wasserspiegeloberfläche über eine gewissen Distanz: z. Bsp.  $5m/100m = 0.05$ . Ist der Gradient 1, so entspricht der spezifische Abfluss der hydraulischen Leitfähigkeit  $K_{hx}$ .



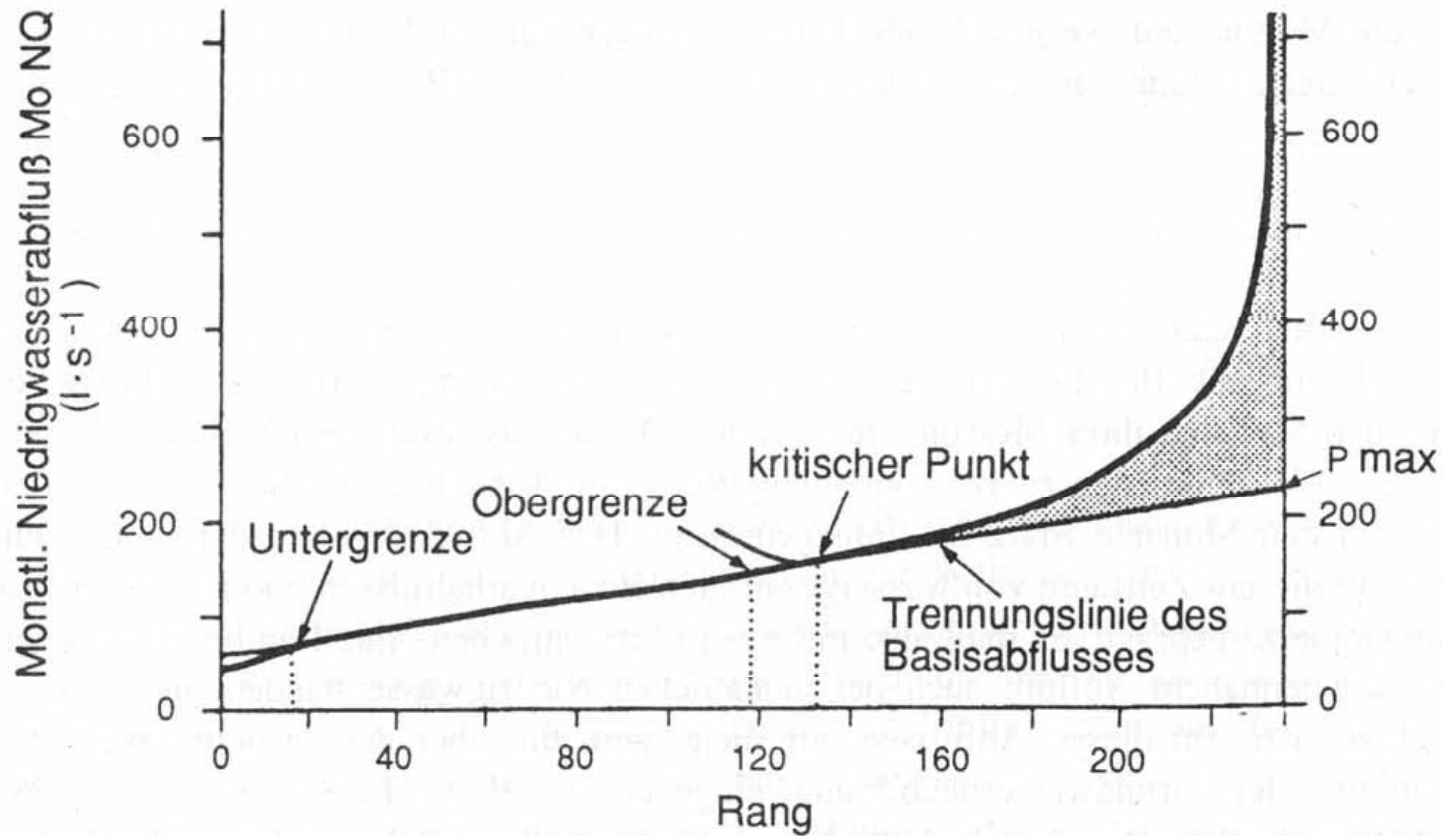
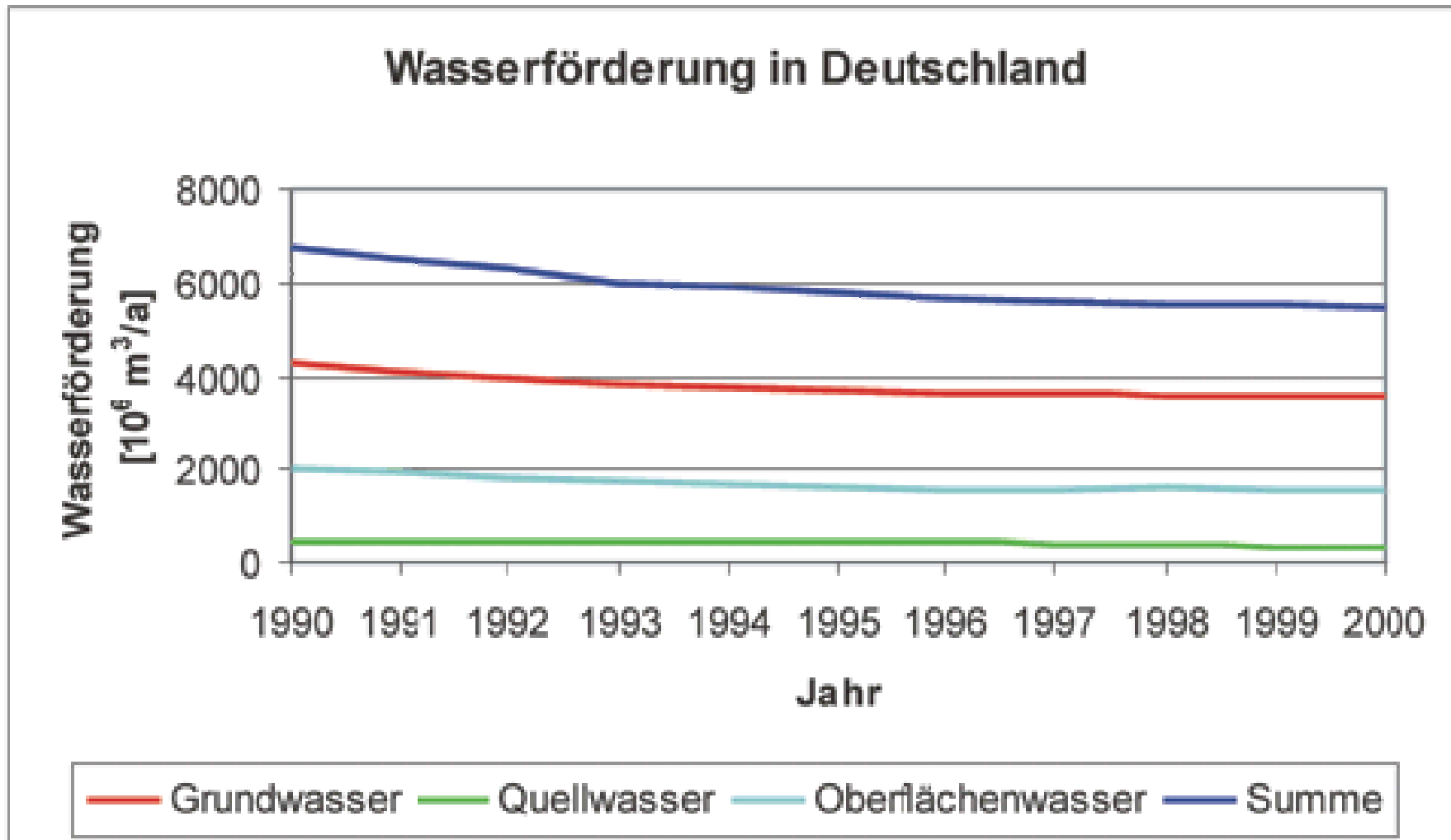


Abb. 5.1 Ermittlung der Grundwasserneubildung nach dem Demuth-Verfahren (schematisch)

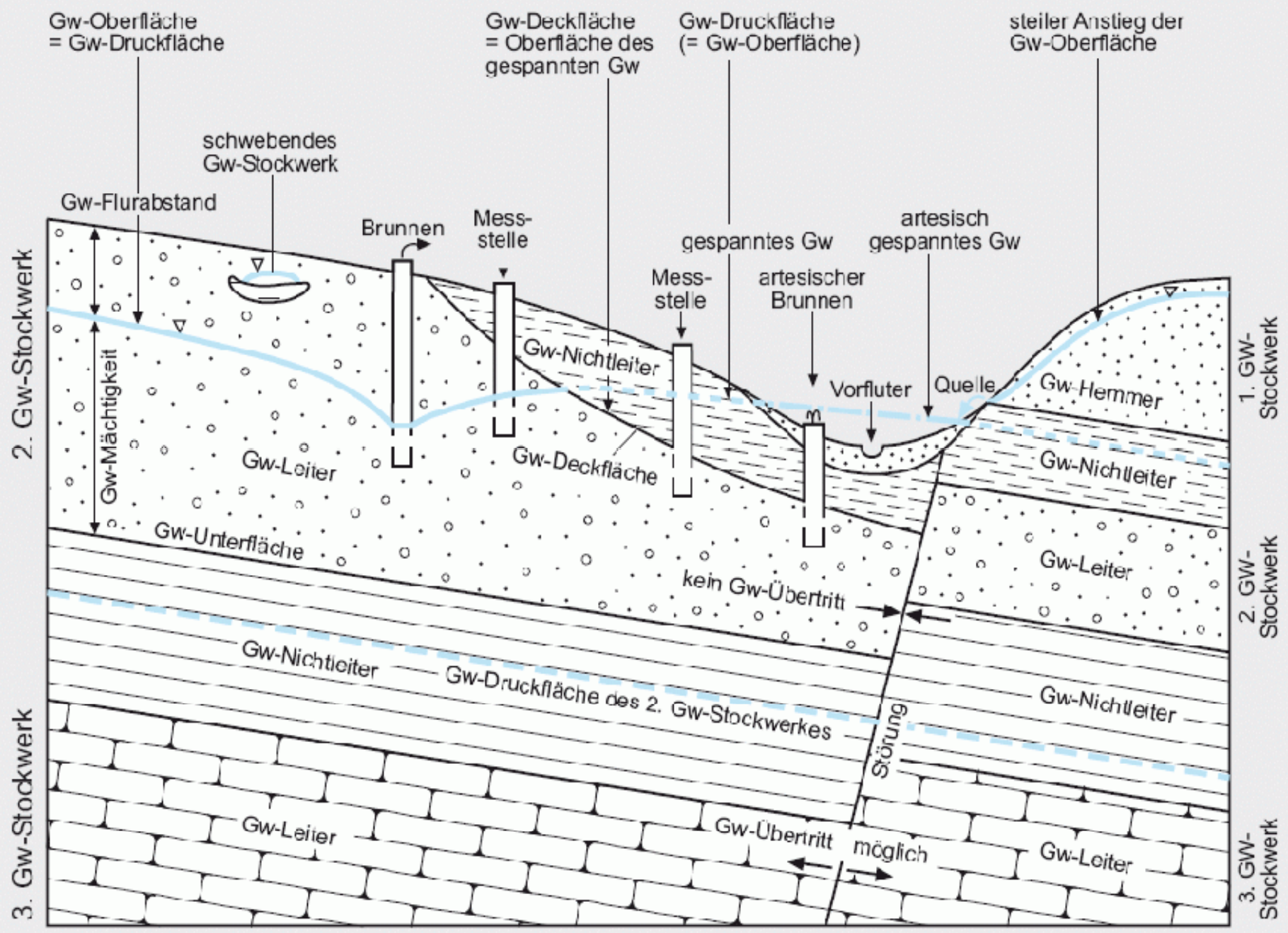
# GWN über Hydrologische Bilanzen

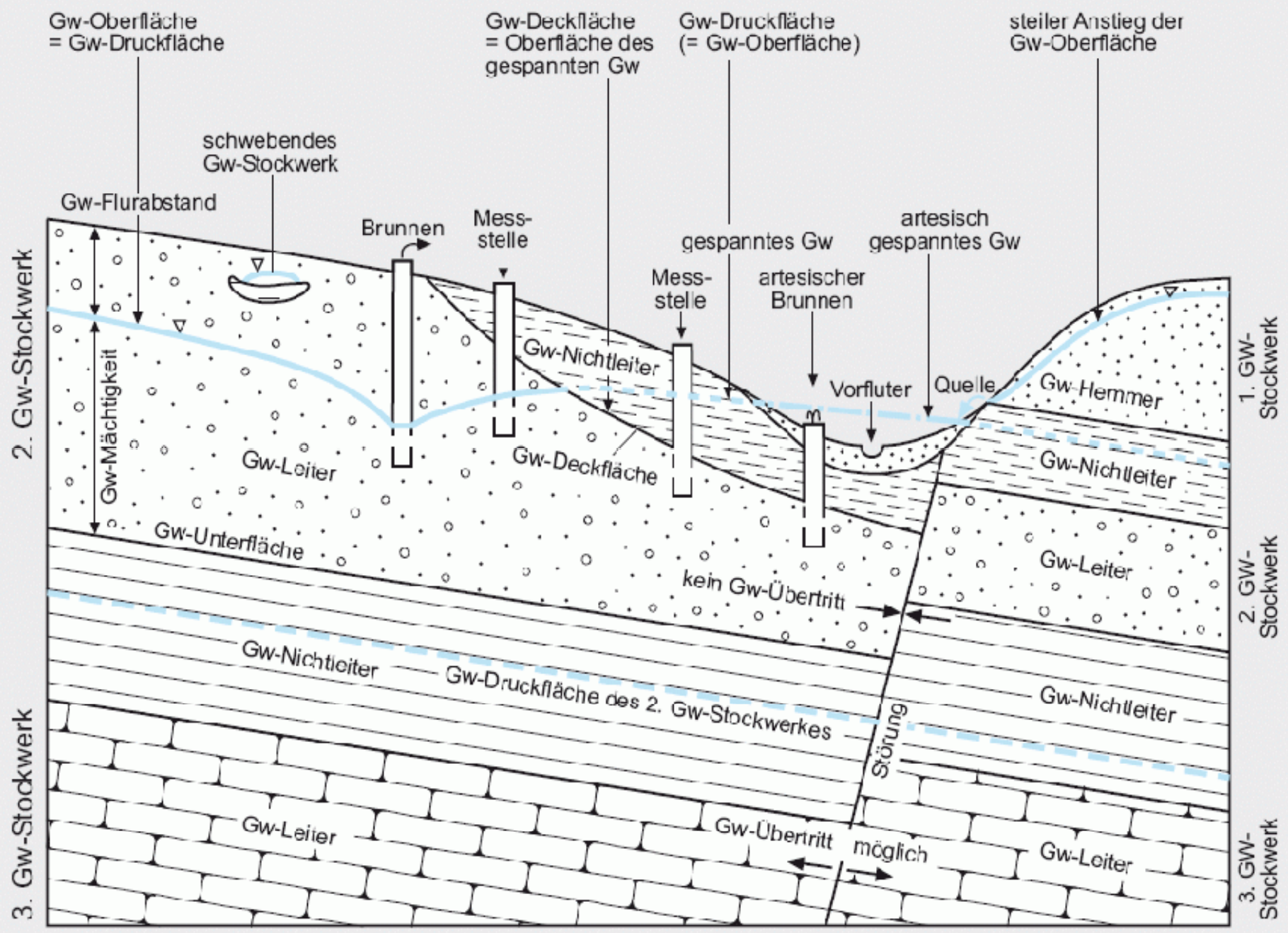
$$\mathbf{GWN = N - A - V \pm \Delta S}$$

- Hydrologisch: (oft wichtigstes) Speicherglied des Wasserhaushalt eines Einzugsgebiets
- Landschaftsökologisch: oberflächennahes GW beeinflusst Landschaftselemente  
Herkunftsraum von Abflusskomponenten: Niedrigwasser, Hochwasser
- Wassernutzung (Ressource!): Grundwasserdynamik, Wasserversorgung (immer mehr Grundwasser); in BRD ca. 75 % der öffentlichen Wasserversorgung
- Problem: Wasserquantität und Wasserqualität







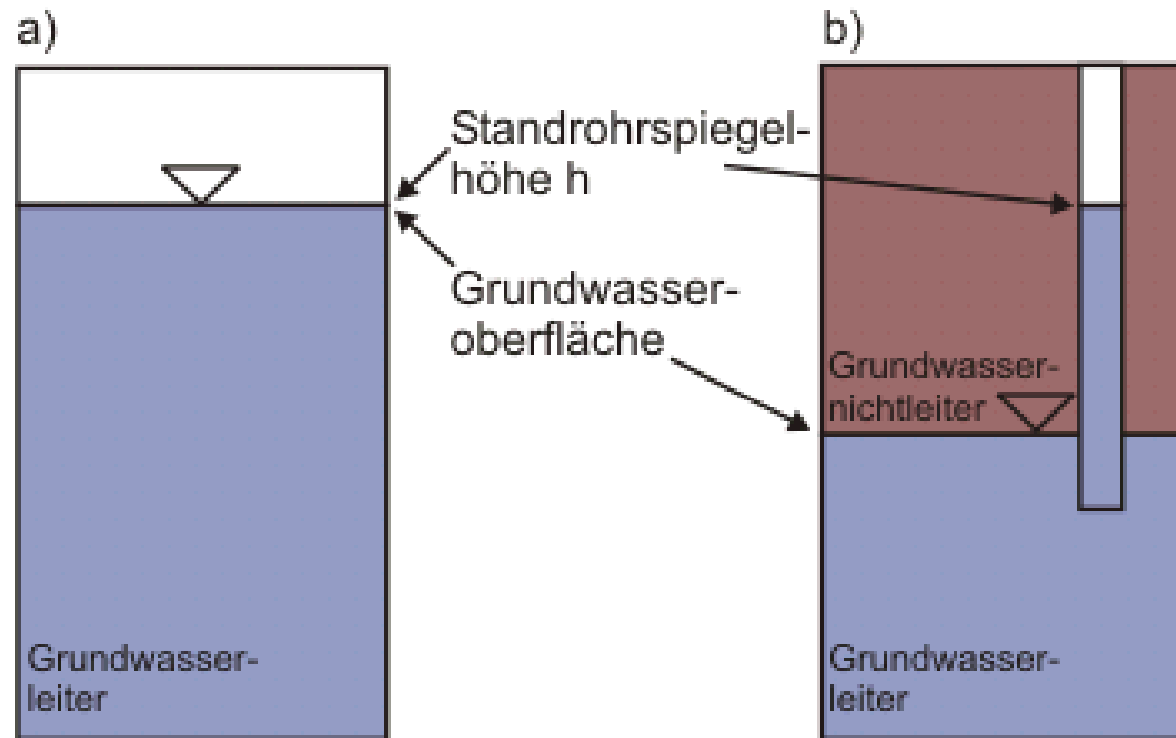


- Definition: Wasser, welches die Hohlräume zusammenhängend erfüllt und sich ausschließlich unter dem Einfluss der Schwerkraft bewegt (DIN 4049)
- „Relativ“ leicht beweglich (vgl. Bodenwasser)  
Fließrichtung und Fließgeschwindigkeit sind vom hydraulischen Potentialfeld bestimmt (Gravitation)
- Grundwasserleiter: ***Aquifer***
- Grundwasserhemmschicht: ***Aquitard***
- Grundwassernichtleiter: ***Aquiclude***

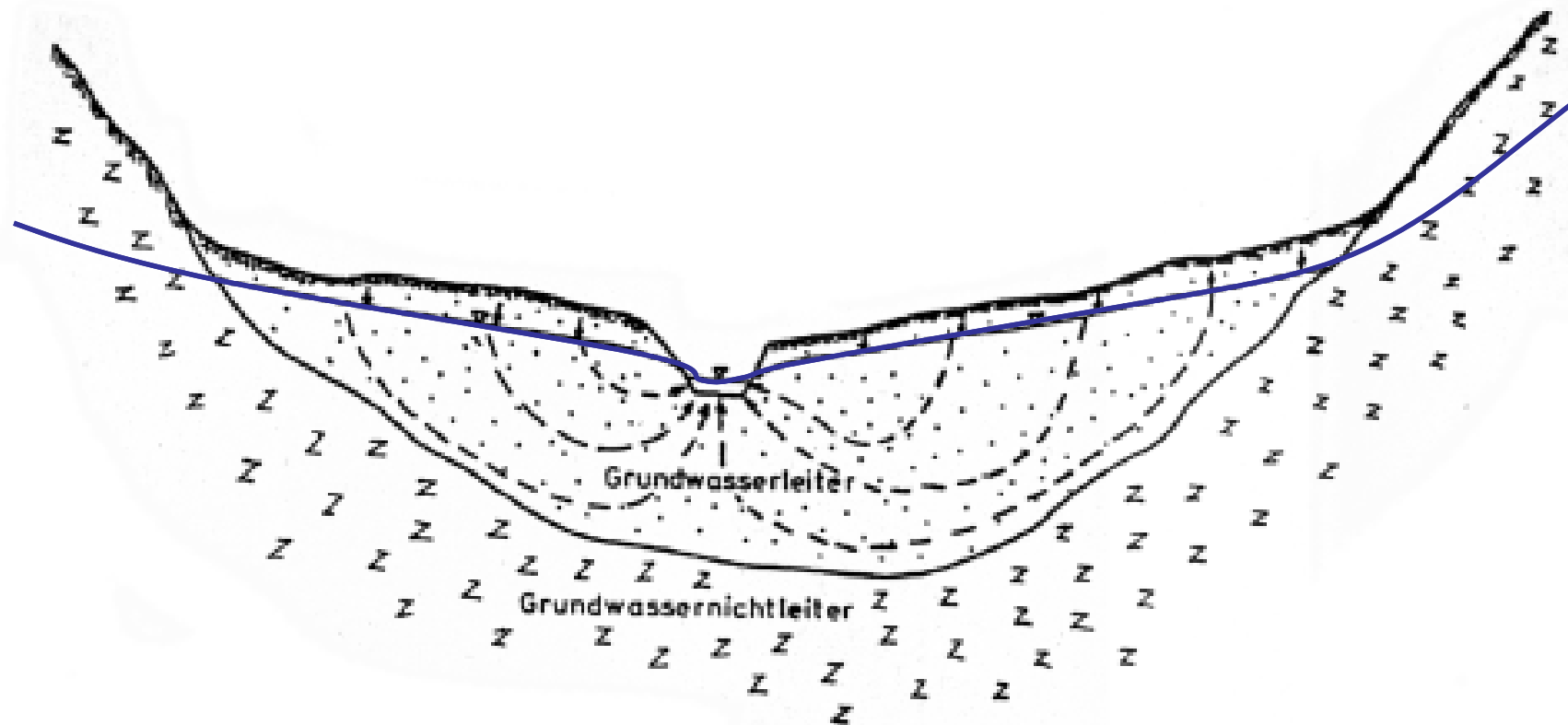
1. Phreatisches Wasser im ‚aktuellen‘  
Wasserkreislauf
2. Fossiles Wasser: Paläowasser
3. Juveniles Wasser: aus chem. Prozessen  
im Erdinnern entstanden,  
+- festgelegt

- **Freies Grundwasser:** über Poren und Klüfte in direktem vertikalen Kontakt mit der Atmosphäre
- **Gespanntes Grundwasser:** durch Aquitarde oder Aquiclude am Aufstieg gehindert; hydrostat. Druck an Grundwasserdeckfläche ist höher als Atmosphärendruck; Grundwasserdruckfläche ist höher als Grundwasseroberfläche
- **Artesisch gespanntes Grundwasser:** Wasserspiegel im Standrohr steigt über Gelände

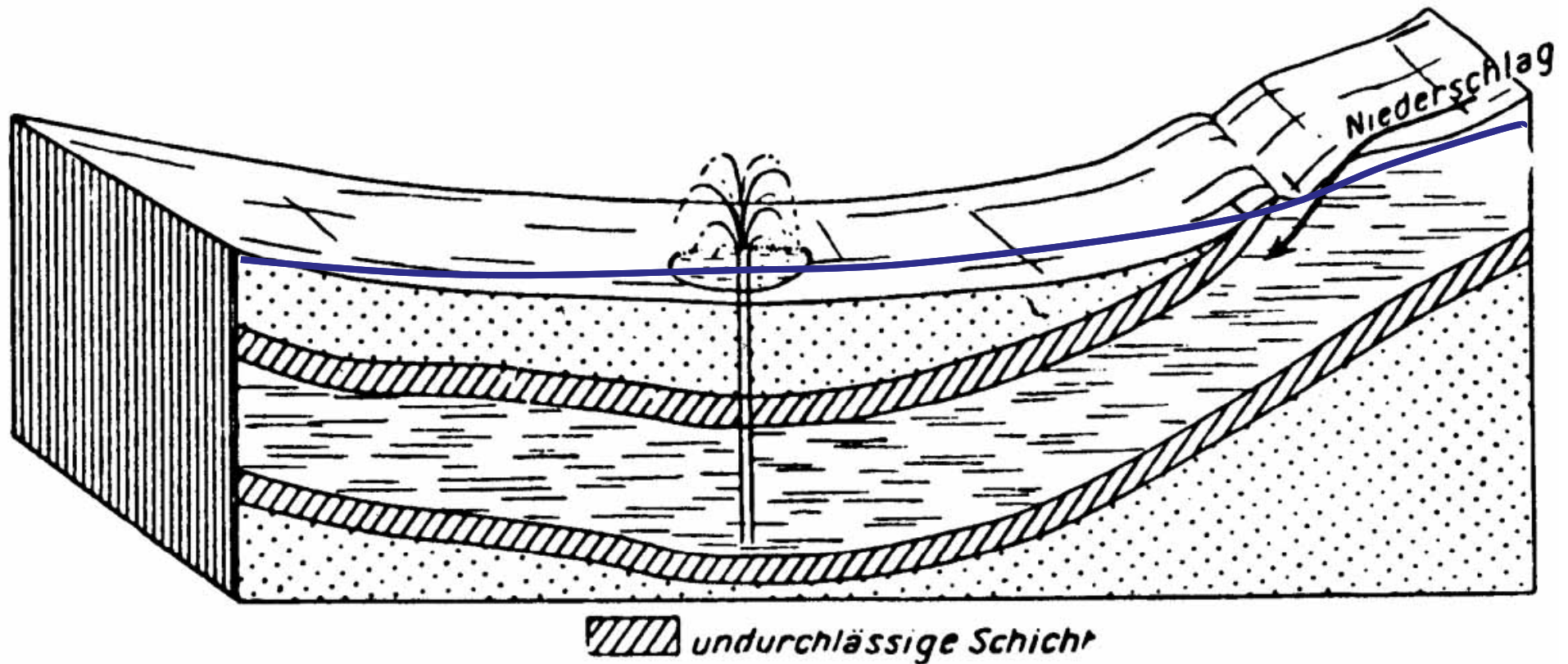
(Mull und Holländer 2002)



# Fließmuster unter einem Fluss



# Arteser



Frage: Gibt es Neubildung im Becken, kann es dort Verschmutzung geben?



# Grundwasserarten nach Aquifertyp

Poren

**Porengrundwasser**

Lockergesteine

Fugen

**Kluftgrundwasser**

Klüfte

Festgesteine

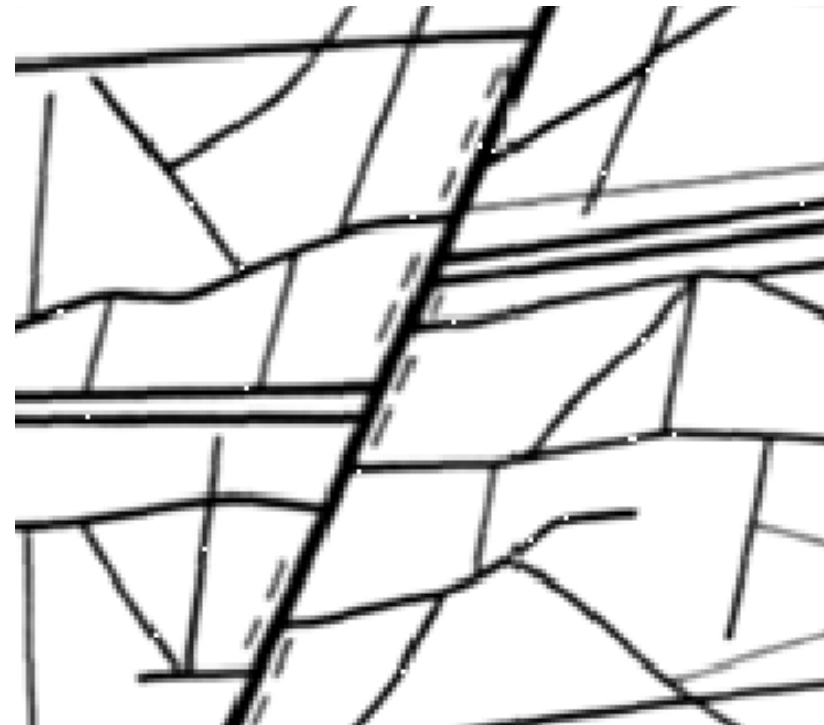
Röhren/  
Schläuche

**Karstgrundwasser**

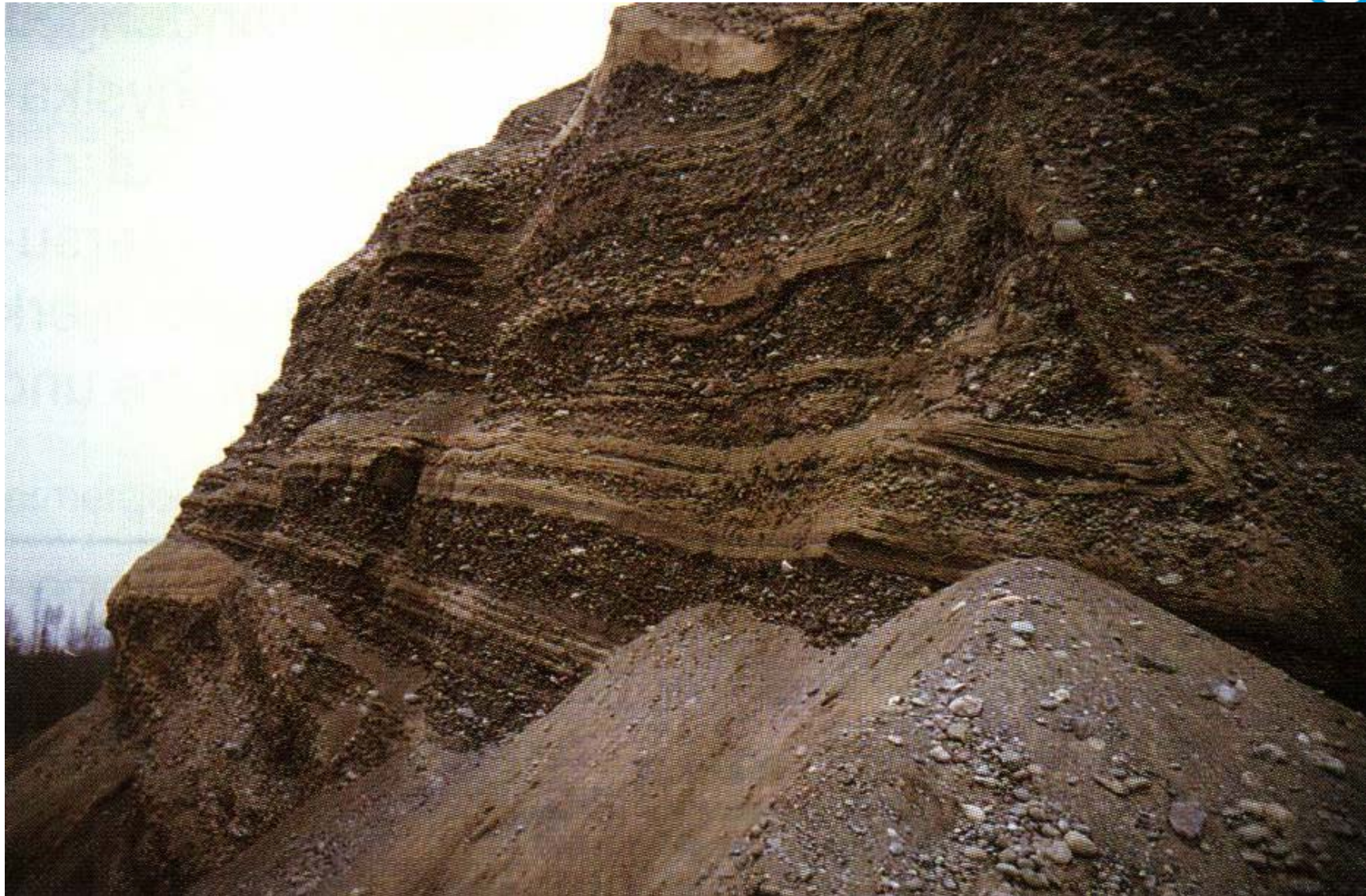
## *Porenaquifer*



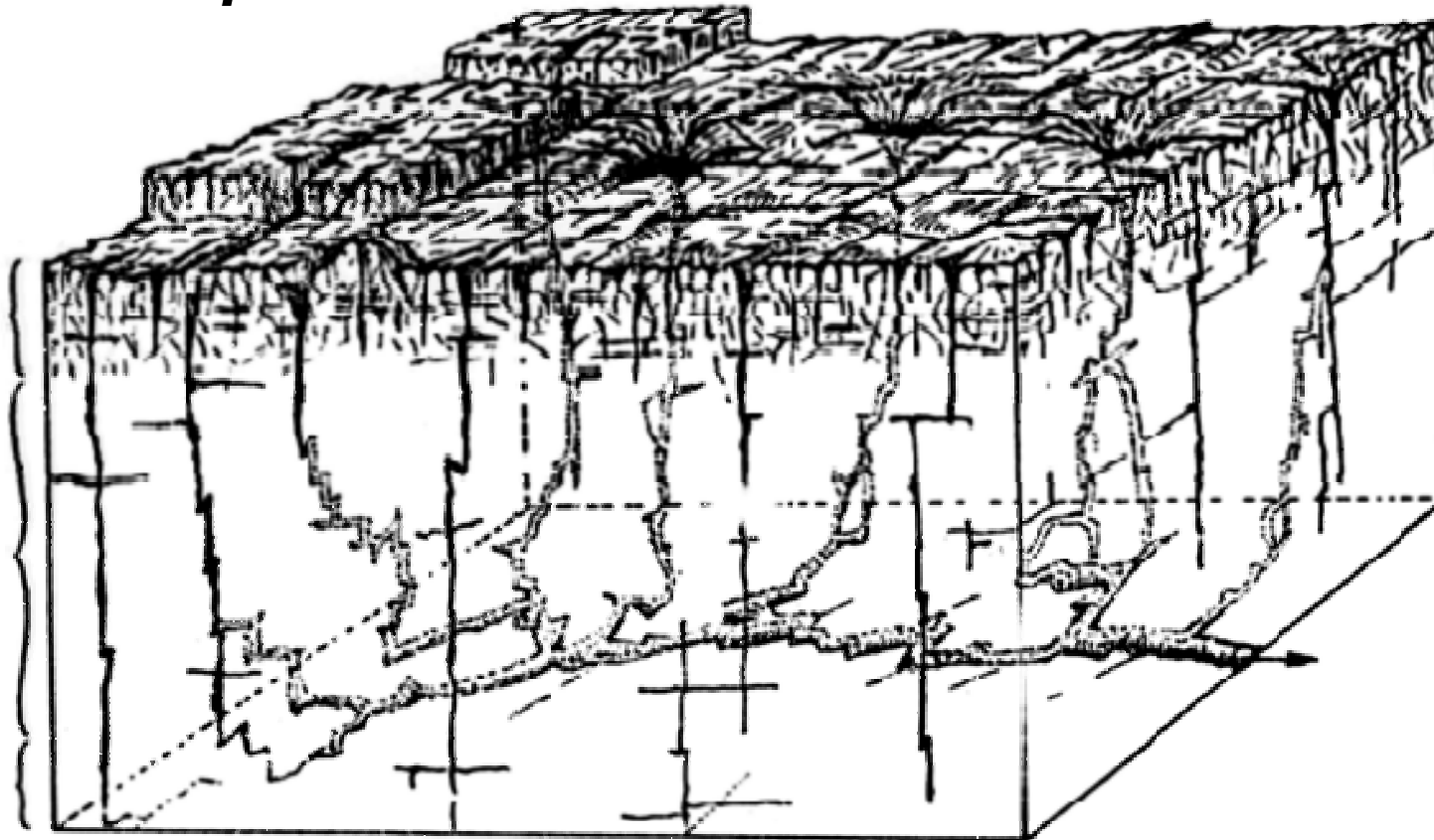
## *Kluftaquifer*



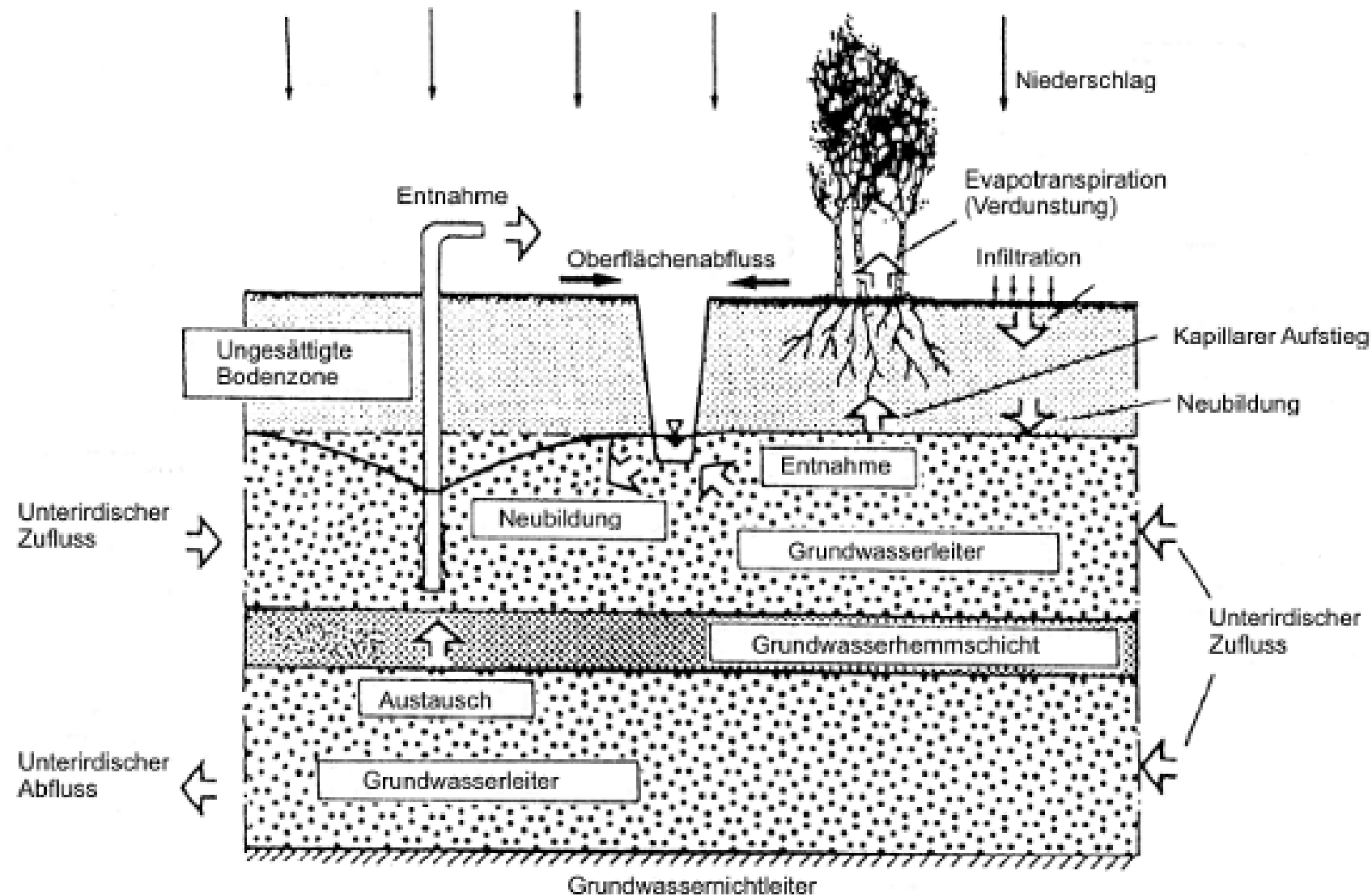
# Porenaquifer (heterogen)



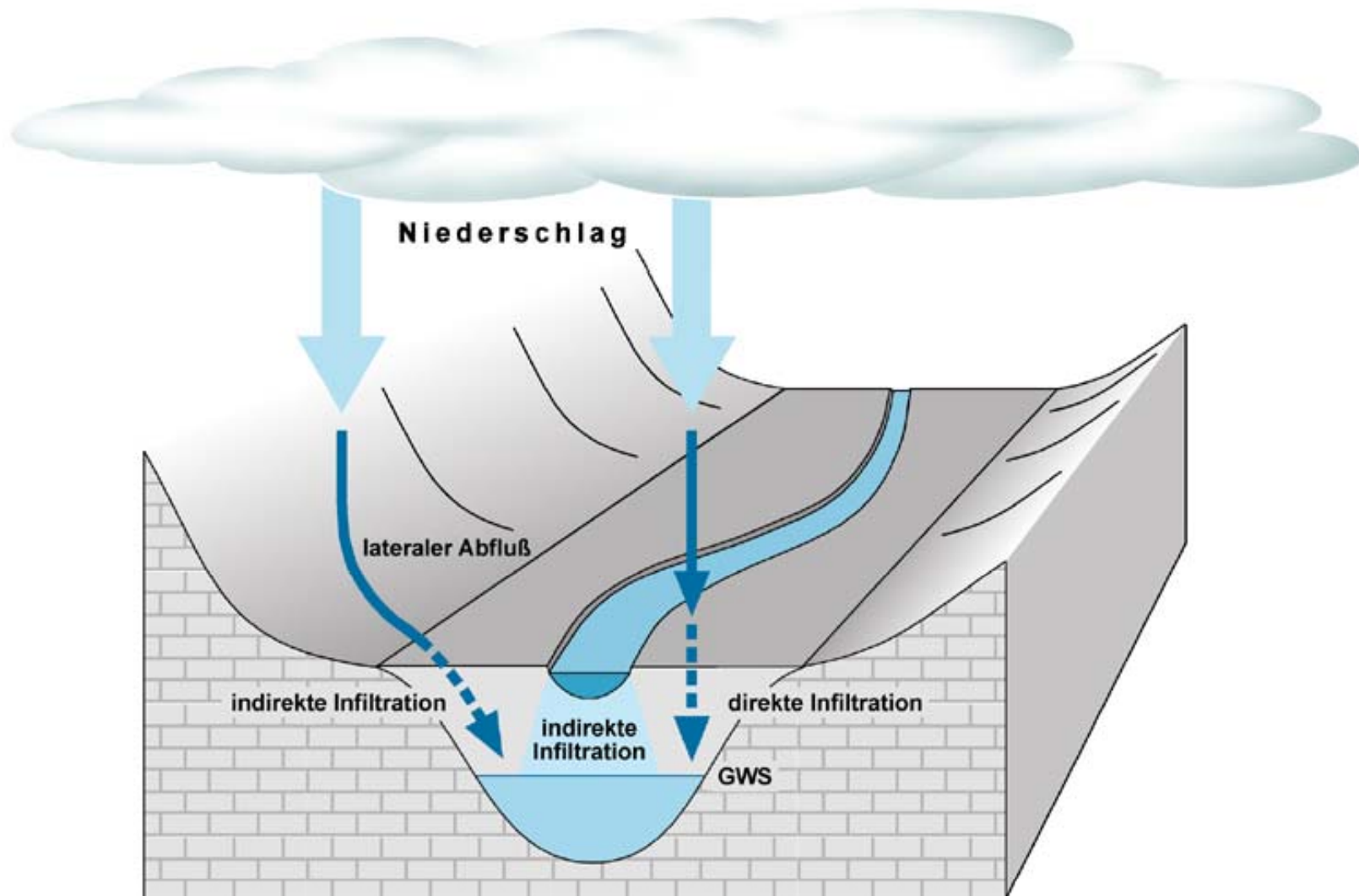
## *Karstaquifer*



# Ungesättigte, gesättigte Zone, Kapillarsaum



# Direkte und Indirekte Neubildung

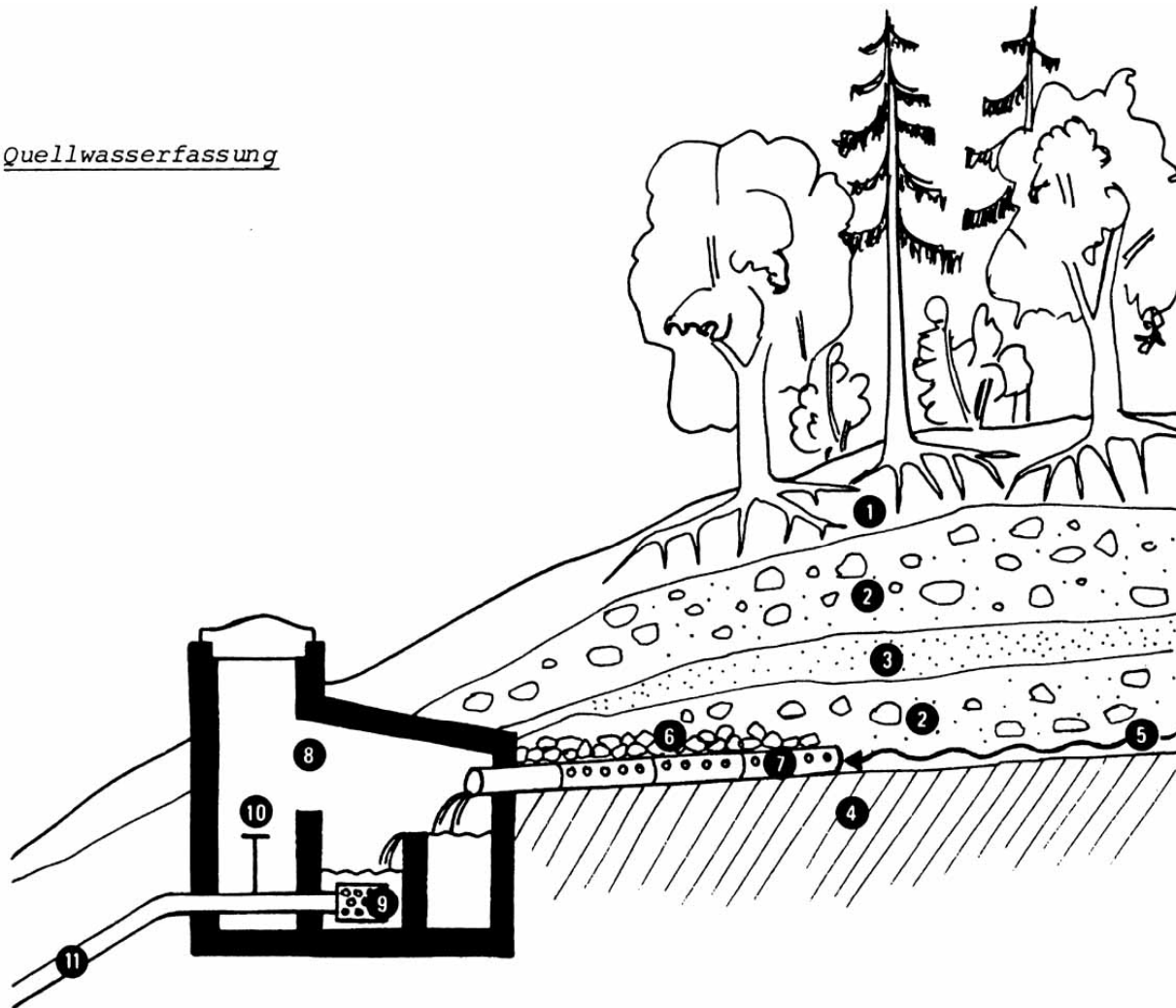


# Quellen



# Quellfassung

## Quellwasserfassung



1 Humus, 2 Kies und Sand, 3 Sand, 4 Lehm oder Fels, 5 Wasser, 6 Steinschicht,  
7 Sickerröhre, 8 Brunnenstube, 9 Sieb, 10 Absperrhahn, 11 Zuleitung Reservoir



## Morphologisch:

- Sprudel- oder Sturzquellen (Rhenokrenen)
- Tümpelquellen (Limnokrenen)
- Sicker- oder Sumpfquellen (Helokrenen)

## Geologisch-morphologisch:

- absteigende Quellen
  - Schichtquellen
  - Überlaufquellen
  - Stauquellen
  - Verengungsquellen
- aufsteigende Quellen
  - Arteser (hydrostat. Druck)
  - Geyser (Gasdruck)
  - u.a.

## Thermisch:

- einfache kalte Quellen, Akratopegen  $T < 20^{\circ} \text{C}$
- einfache Thermen, Akratothermen)  $T > 20^{\circ} \text{C}$  (Einteilung für mittlere Breiten)

## Hydrologisch:

- perennierende Quellen
- intermittierende Quellen (episodisch oder periodisch)
  - Geysire
  - Heberquellen

# Subaquatische Quellen

---

- Subfluviale Quellen
  - Grundquellen in Flüssen und Bächen
- Sublakustrische Quellen
- Submarine Quellen

alle können jeweils auch artesisch sein

# Maximale Schüttungen bekannter Quellen

Fontaine de Vaucluse (Südfrankreich)

150 m<sup>3</sup>/s

Silver Spring (Florida)

24 m<sup>3</sup>/s

Ach-Quelle (Schwäb. Alb)

18 m<sup>3</sup>/s

Paderquellen zusammen (Paderborn)

8 m<sup>3</sup>/s

Roggwil/Mange G109

0.2 m<sup>3</sup>/s

Typische Mittelgebirgsquellen

0.001 m<sup>3</sup>/s

## Quellergiebigkeit

Schwankungsziffer der  
Schüttung (max/min)

01 – 10

10 – 20

20 – 30

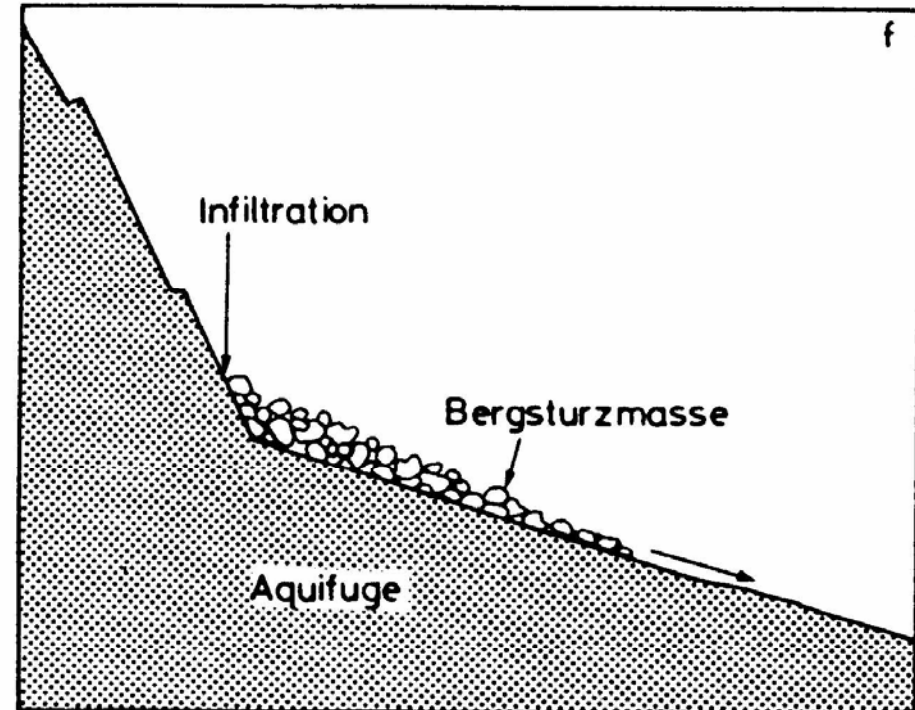
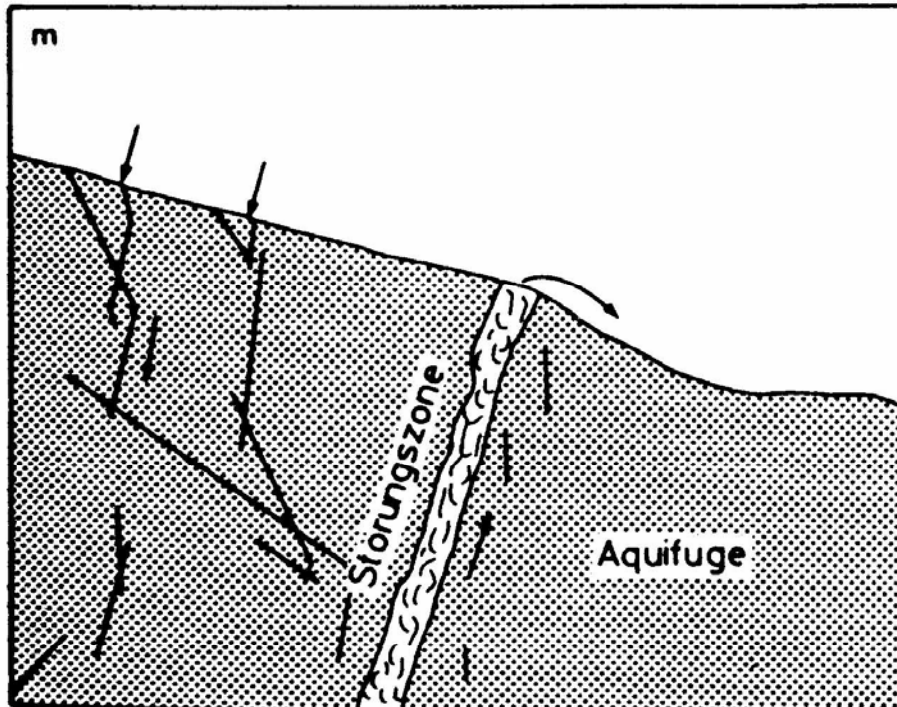
Qualität

gut

mäßig

schlecht

# Geologische Quelltypen



# Quell- oder Brunnenstollen



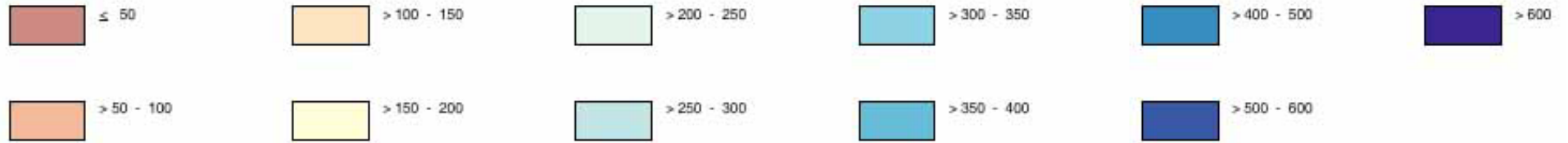
Zwischen von Quelle und Brunnen

Technik wahrscheinlich aus Orient:  
Kanate

durch Römer nach Mitteleuropa  
Mittelgebirge (Koblenz)  
Sandstein CH

moderne Brunnenstollen (WV Zürich,  
Innsbruck)

Mittlere jährliche Grundwasserneubildung [mm]



# Geologische Quelltypen

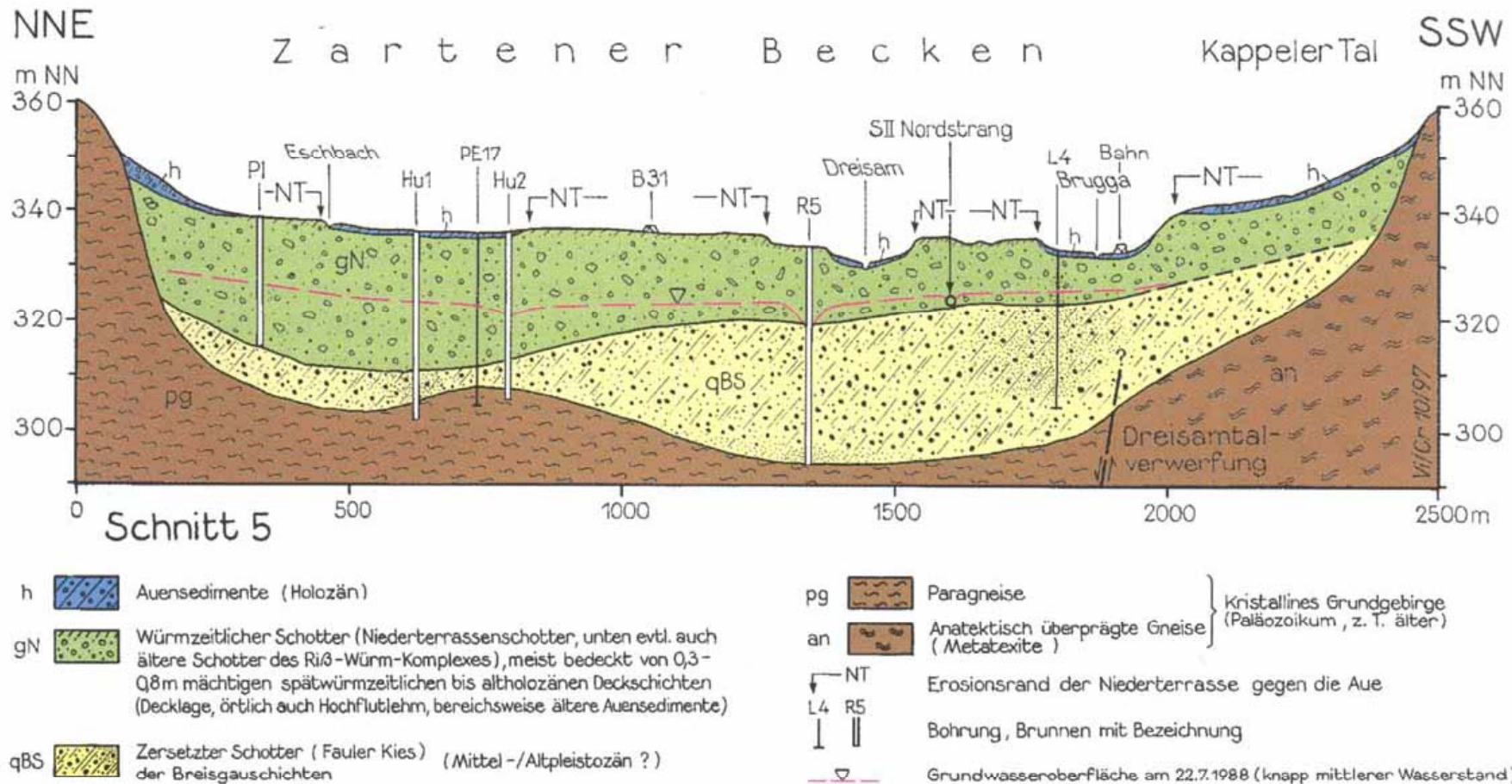
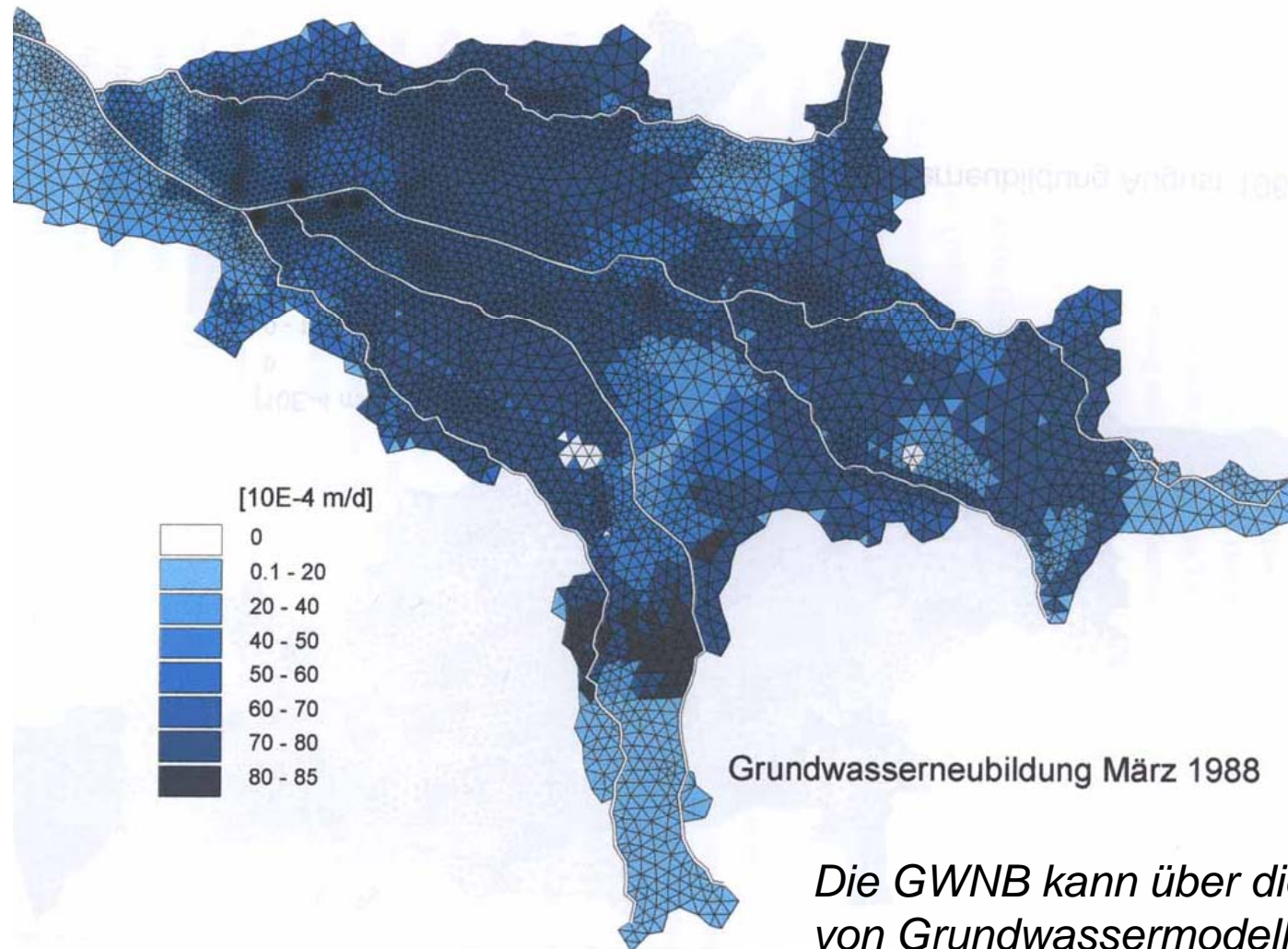


Abb. 8: Geologischer Schnitt (5fach überhöht) durch das Zartener Becken im Bereich der Fassungsanlagen des Wasserwerks Ebnet

# Grundwasserneubildung (Freiburg)



*Die GWNB kann über die Kalibrierung von Grundwassermodellen bestimmt werden.*



# Grundwasserneubildung

GWNB aus Niederschlag 11 Mio m<sup>3</sup>/a

Bilanz aus Vorflutern +16 Mio m<sup>3</sup>/a  
-1 Mio m<sup>3</sup>/a



Grundwasserbilanz "Zartener Becken"

*Die GWNB kann über die Bilanz aller Zuströme und Abströme bestimmt werden. Hier ergibt sich das Restglied als die Direkte Neubildung über die Fläche des Zartener Beckens (roter Pfeil).*