

Grundwasserhydrologie (Master Hydrologie)

Dr. Christoph Külls
Wintersemester 2009/2010

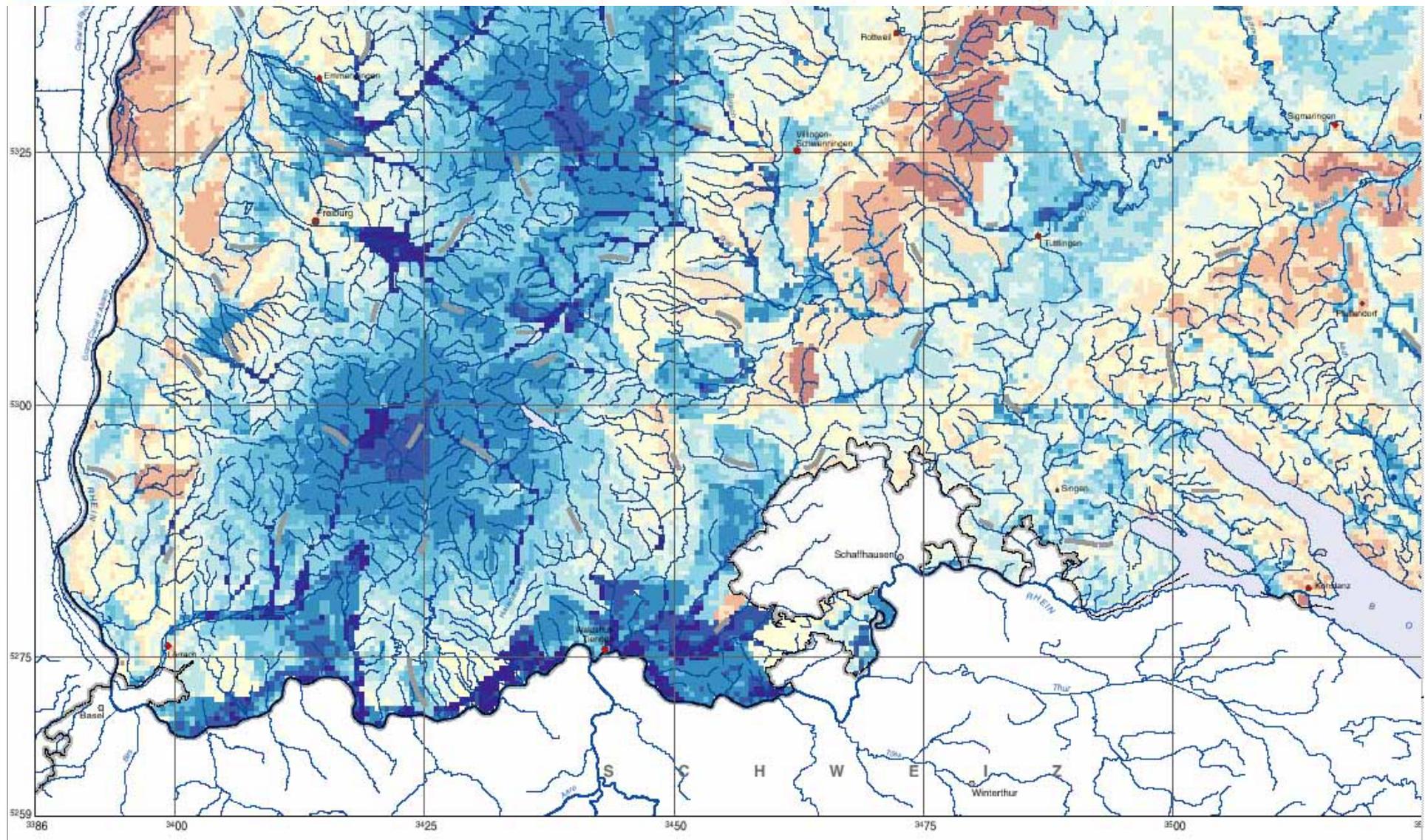


- Struktur der Vorlesung:
 - Grundbegriffe
 - Modellierung
 - Parameterbestimmung (Geophysik)
- Klausur am letzten Tag des 3-wöch. Blocks

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

Mittlere jährliche Grundwasserneubildung [mm]

Rein ...

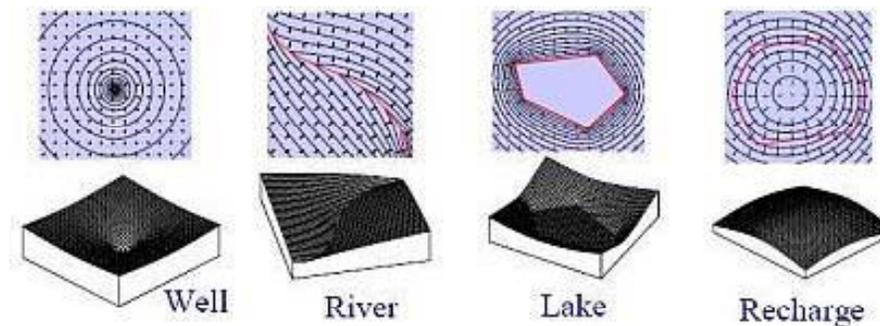


Darcy's Law

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} .



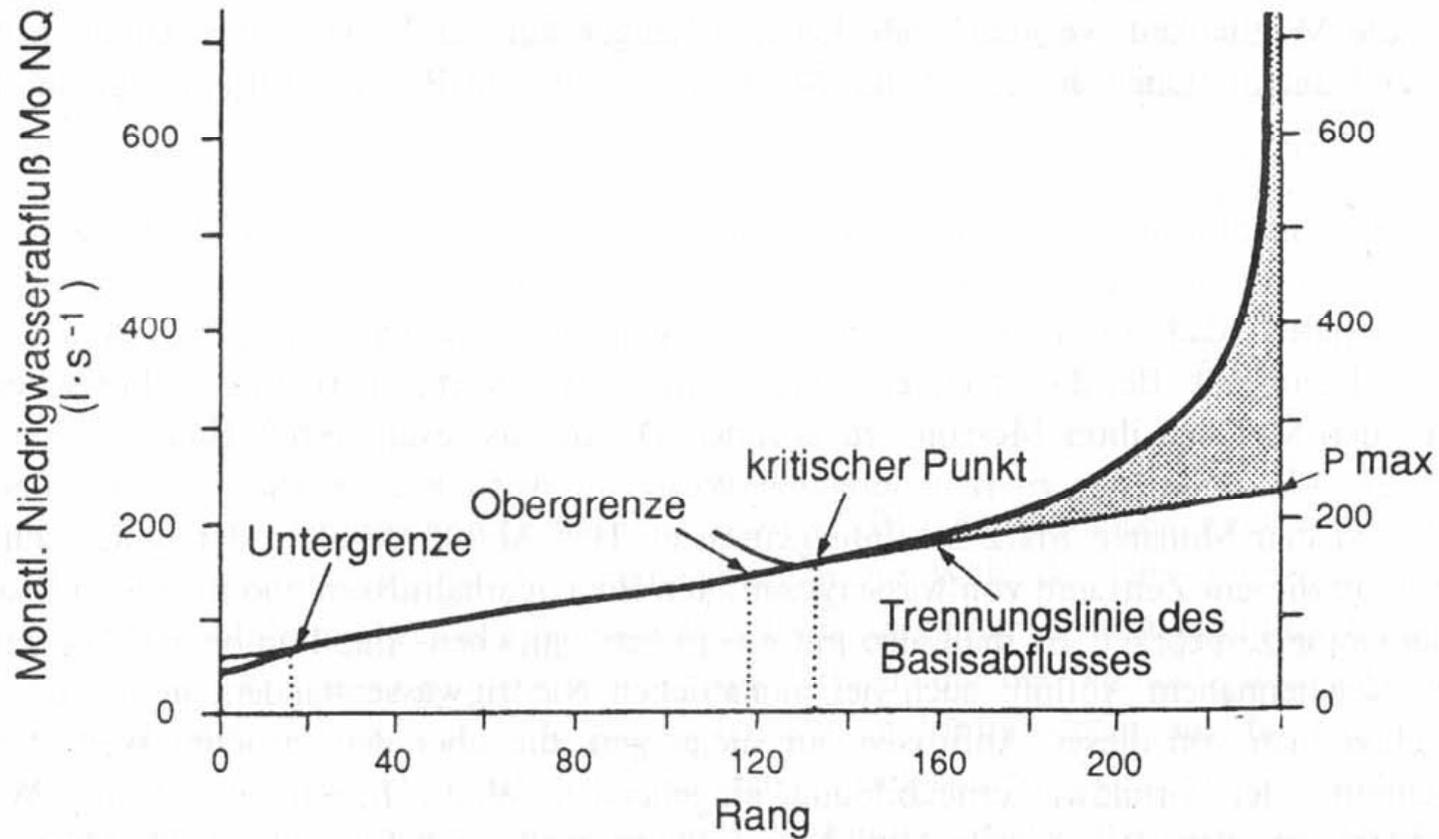


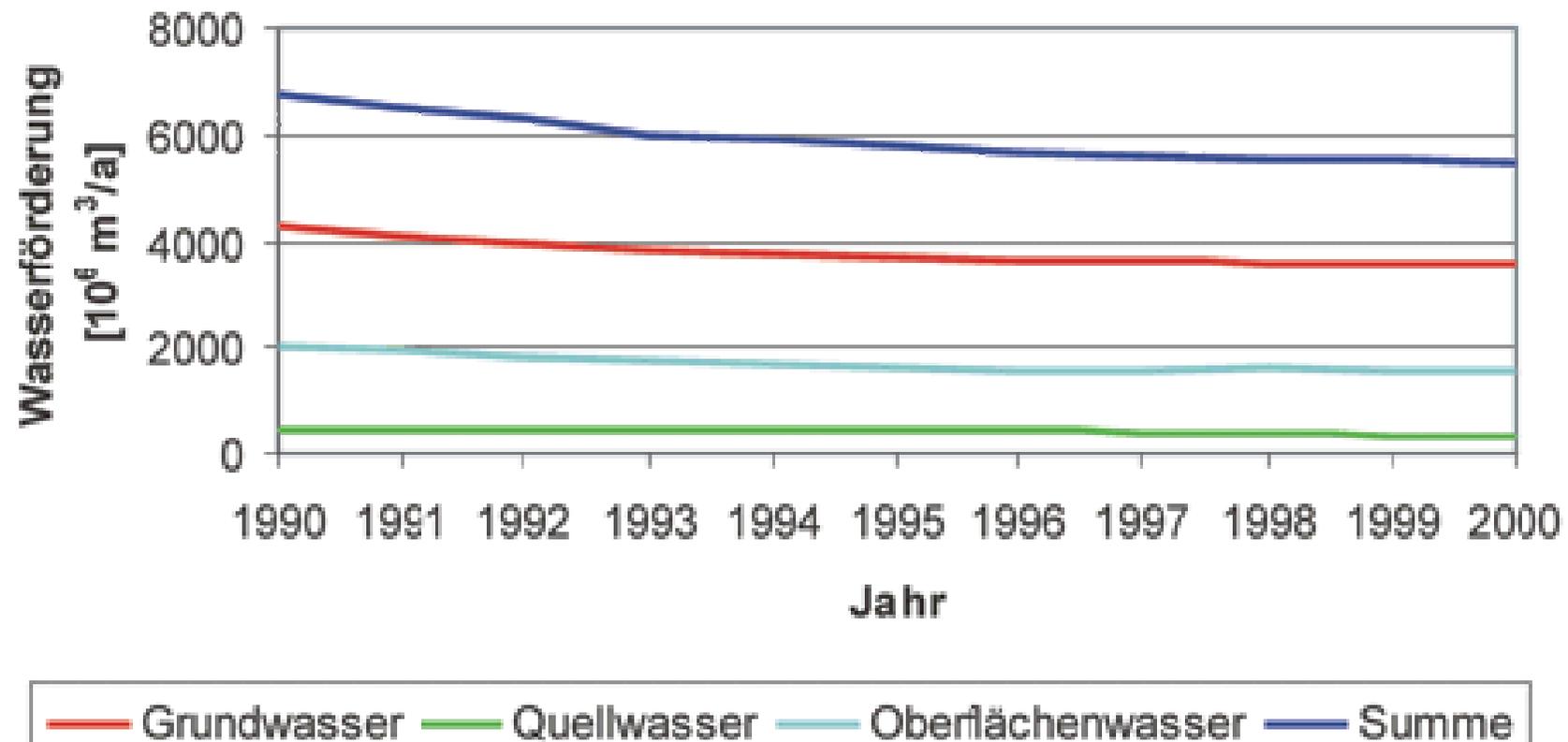
Abb. 5.1 Ermittlung der Grundwasserneubildung nach dem Demuth-Verfahren (schematisch)

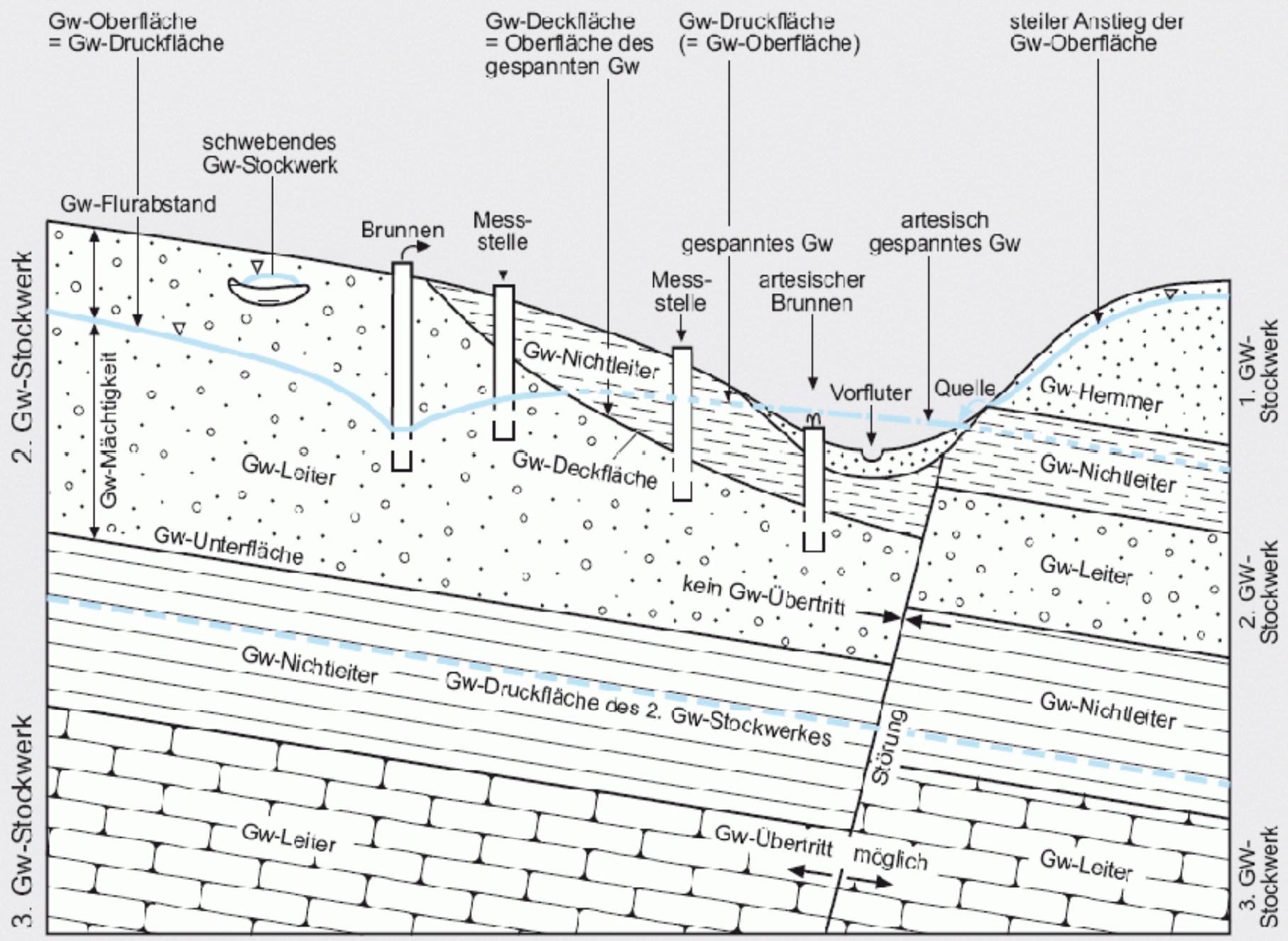
GWN über Hydrologische Bilanzen

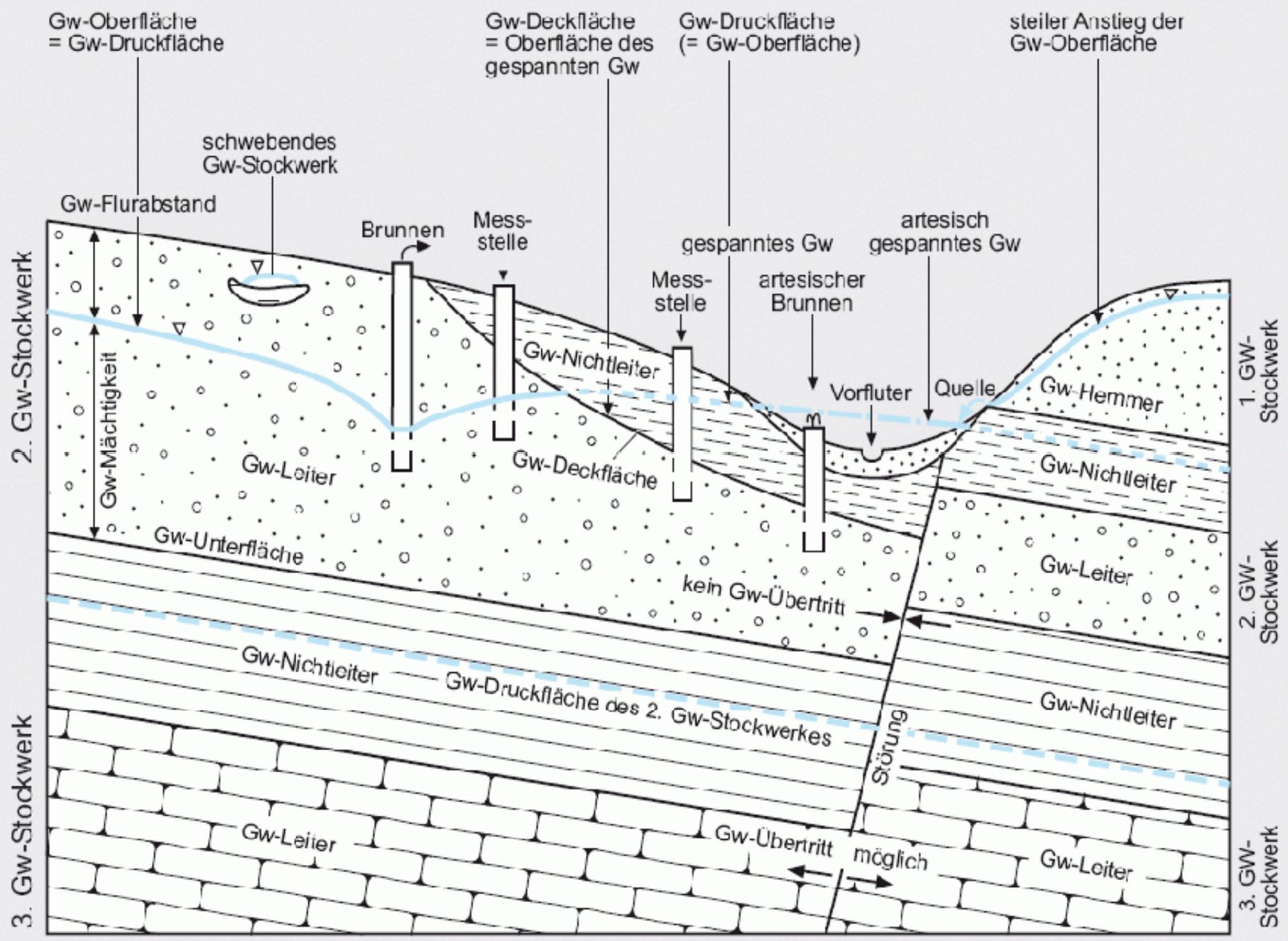
$$\mathbf{GWN = N - A - V \pm \Delta S}$$

- 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

Wasserförderung in Deutschland





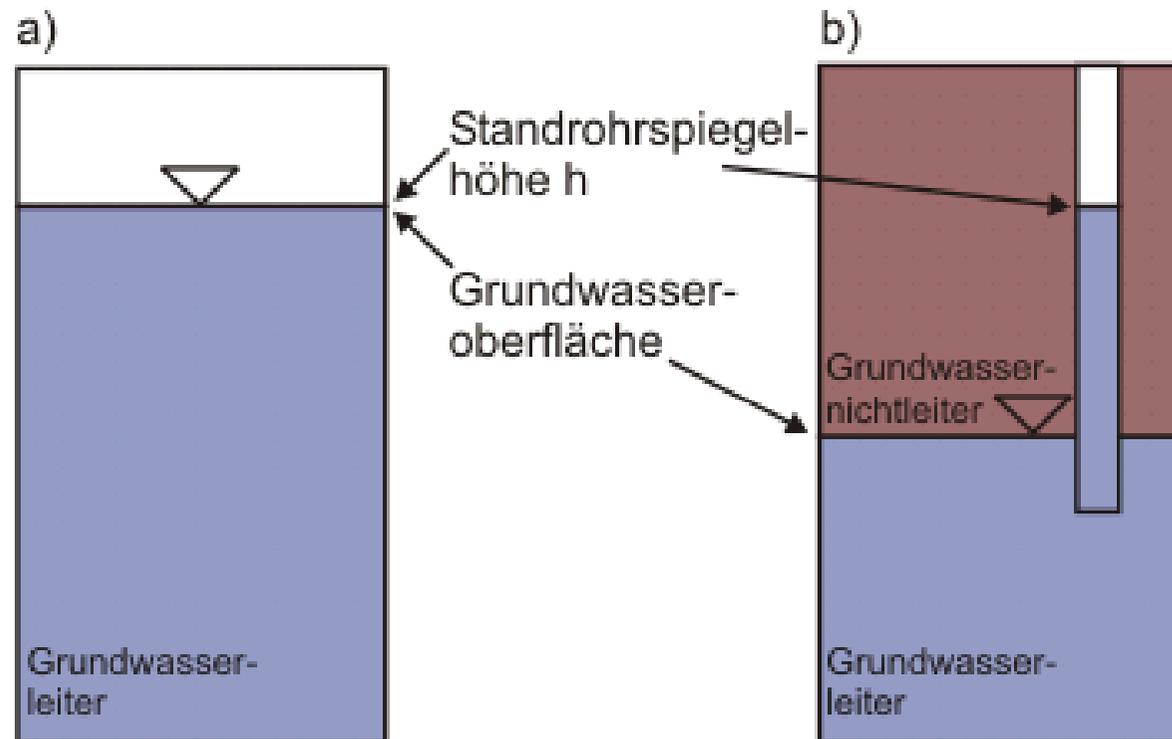


- Definition: Wasser, welches die Hohlräume zusammenhängend erfüllt und sich ausschließlich unter dem Einfluss der Schwerkraft bewegt (DIN 4049)
- „Relativ“ leicht beweglich (vgl. Bodenwasser)
Fließrichtung und Fließgeschwindigkeit sind vom hydraulischen Potentialfeld bestimmt (Gravitation)
- Grundwasserleiter: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

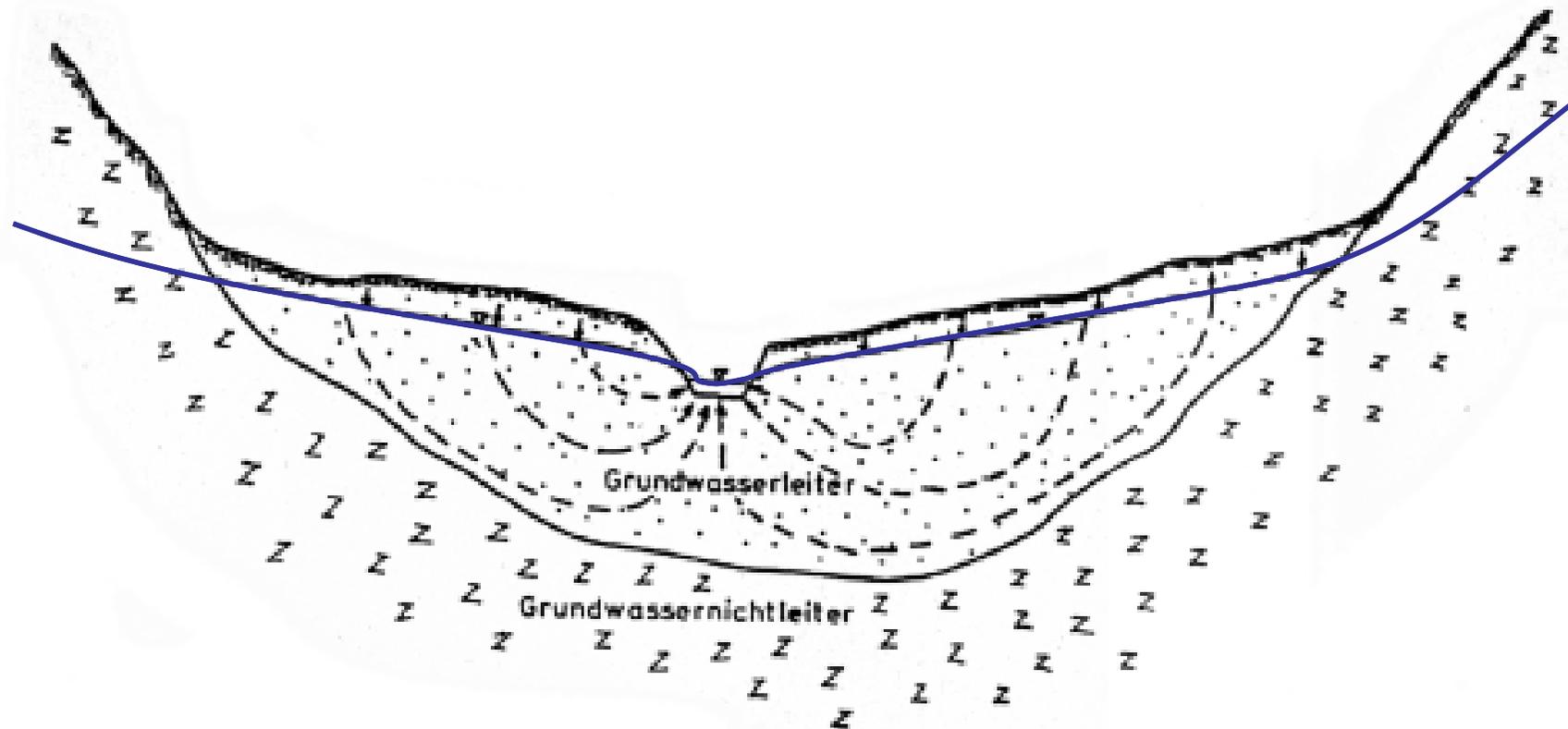
1. Phreatisches Wasser im ‚aktuellen‘
Wasserkreislauf
2. Fossiles Wasser: Paläowasser
3. Juveniles Wasser: aus chem. Prozessen
im Erdinnern entstanden,
+- festgelegt

- **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

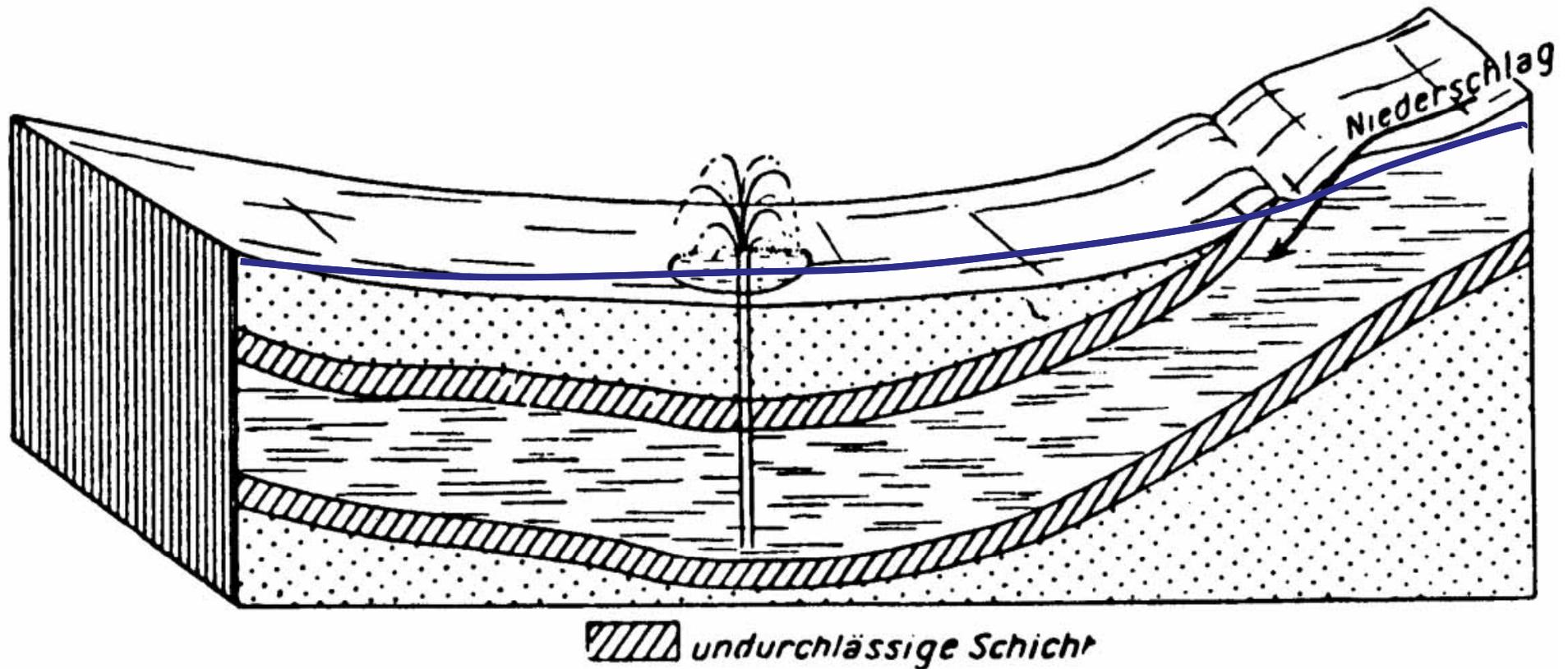
(Mull und Holländer 2002)



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

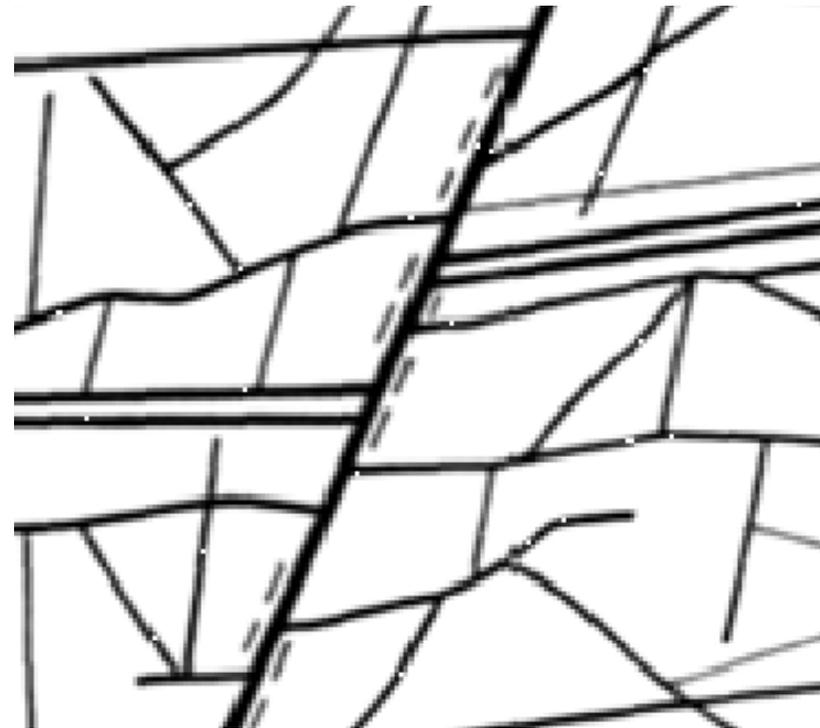
Röhren/
Schläuche

Karstgrundwasser

Porenaquifer



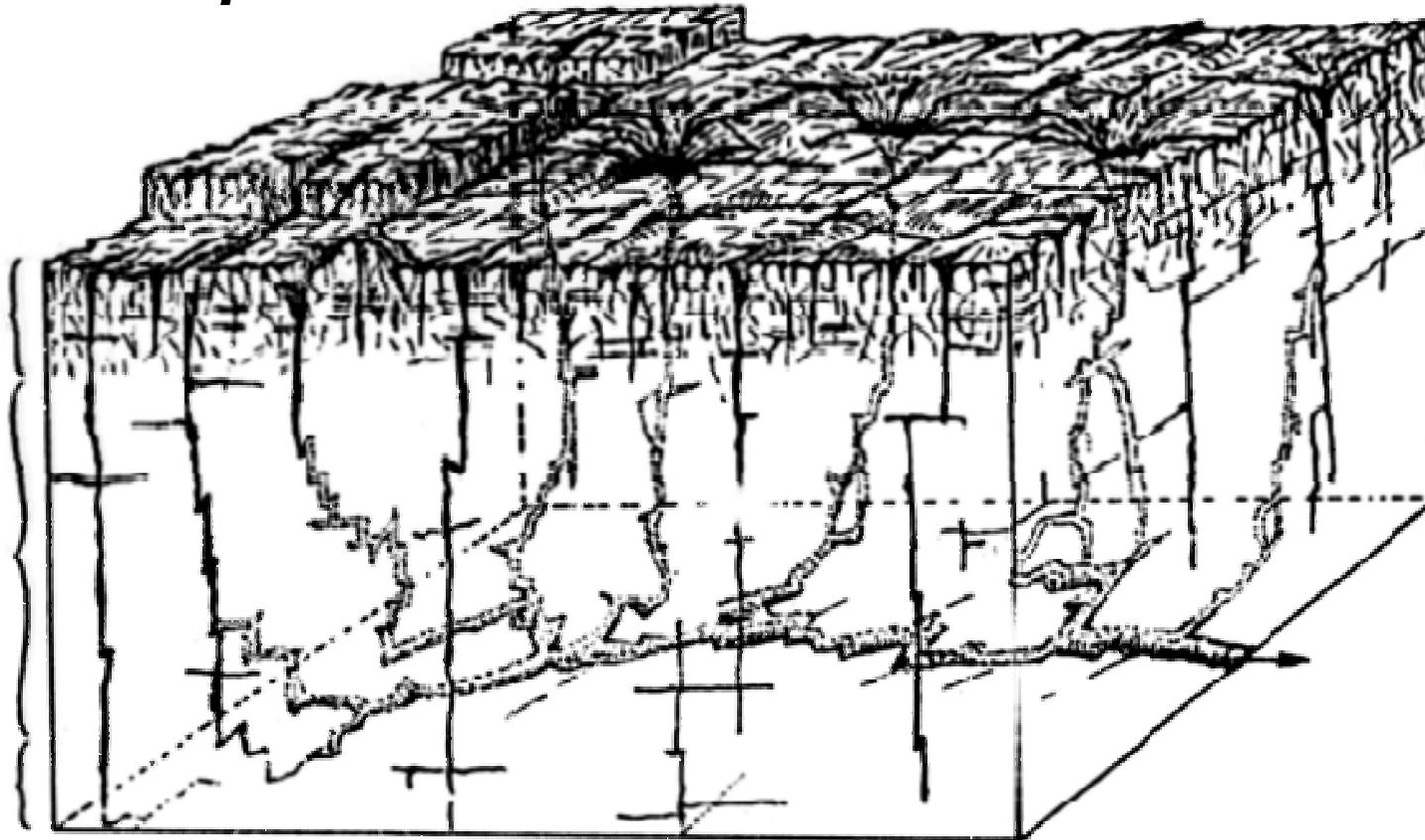
Kluftaquifer



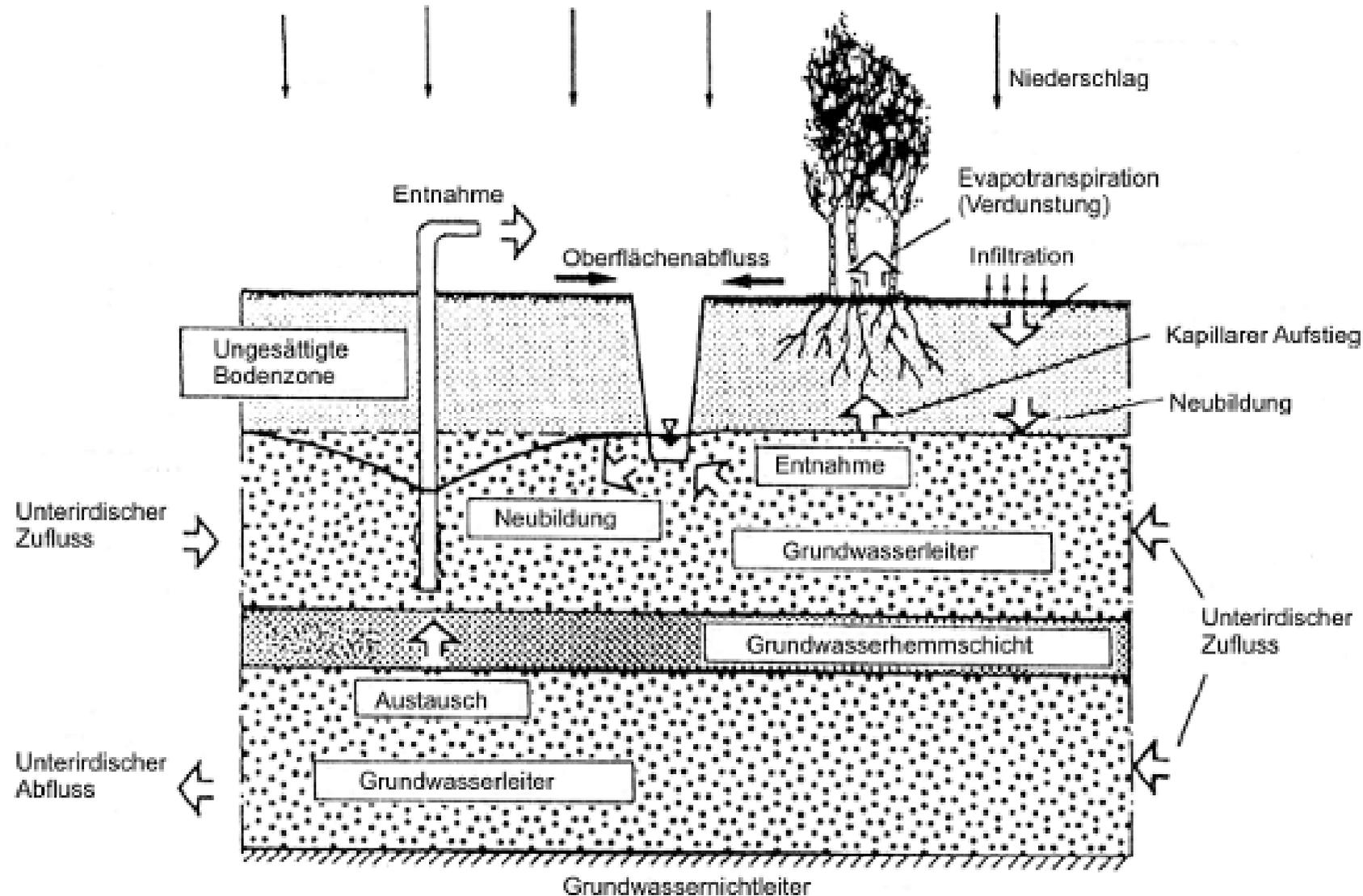
Porenaquifer (heterogen)



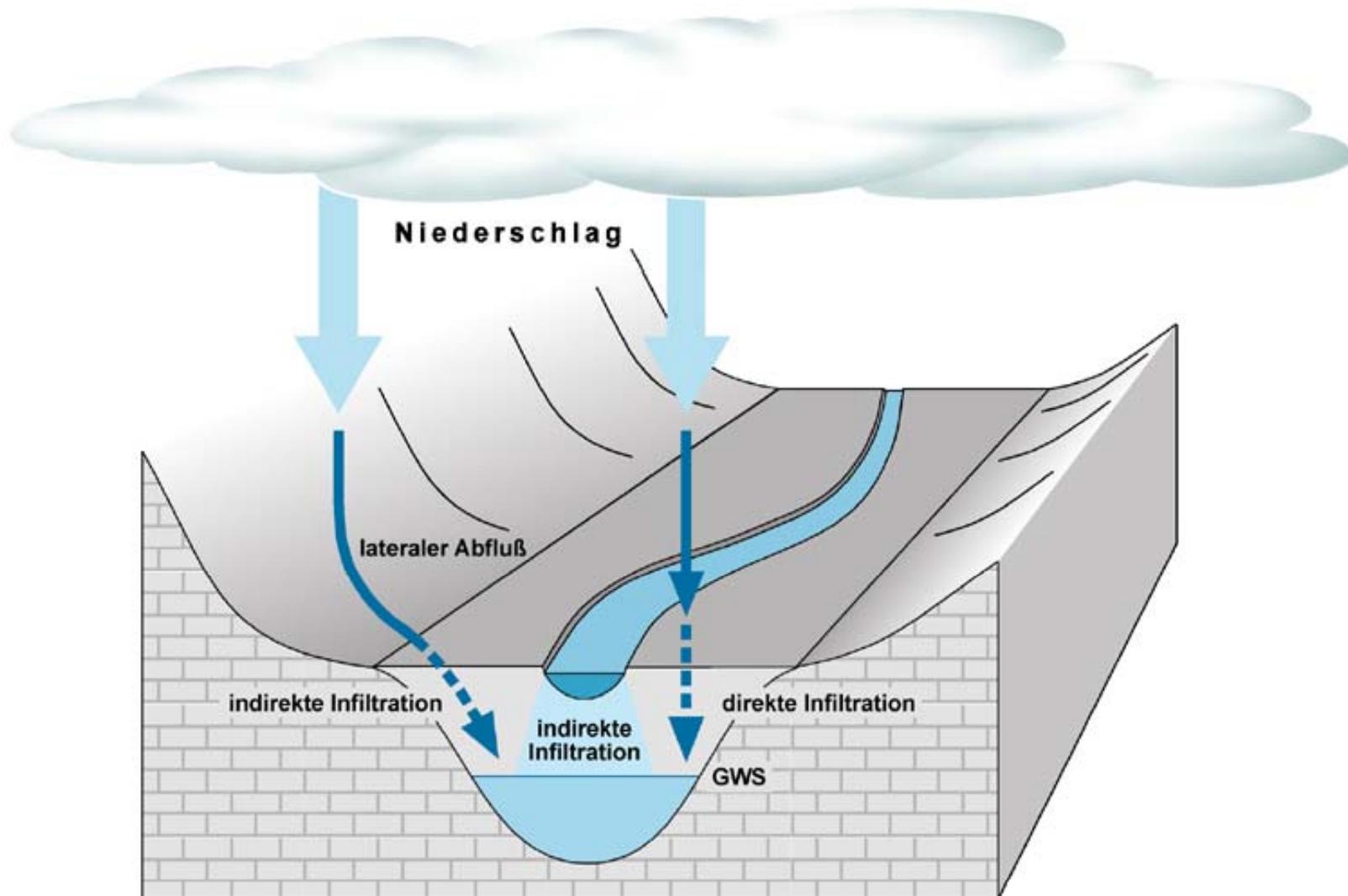
Karstaquifer



Ungesättigte, gesättigte Zone, Kapillarsaum



Direkte und Indirekte Neubildung

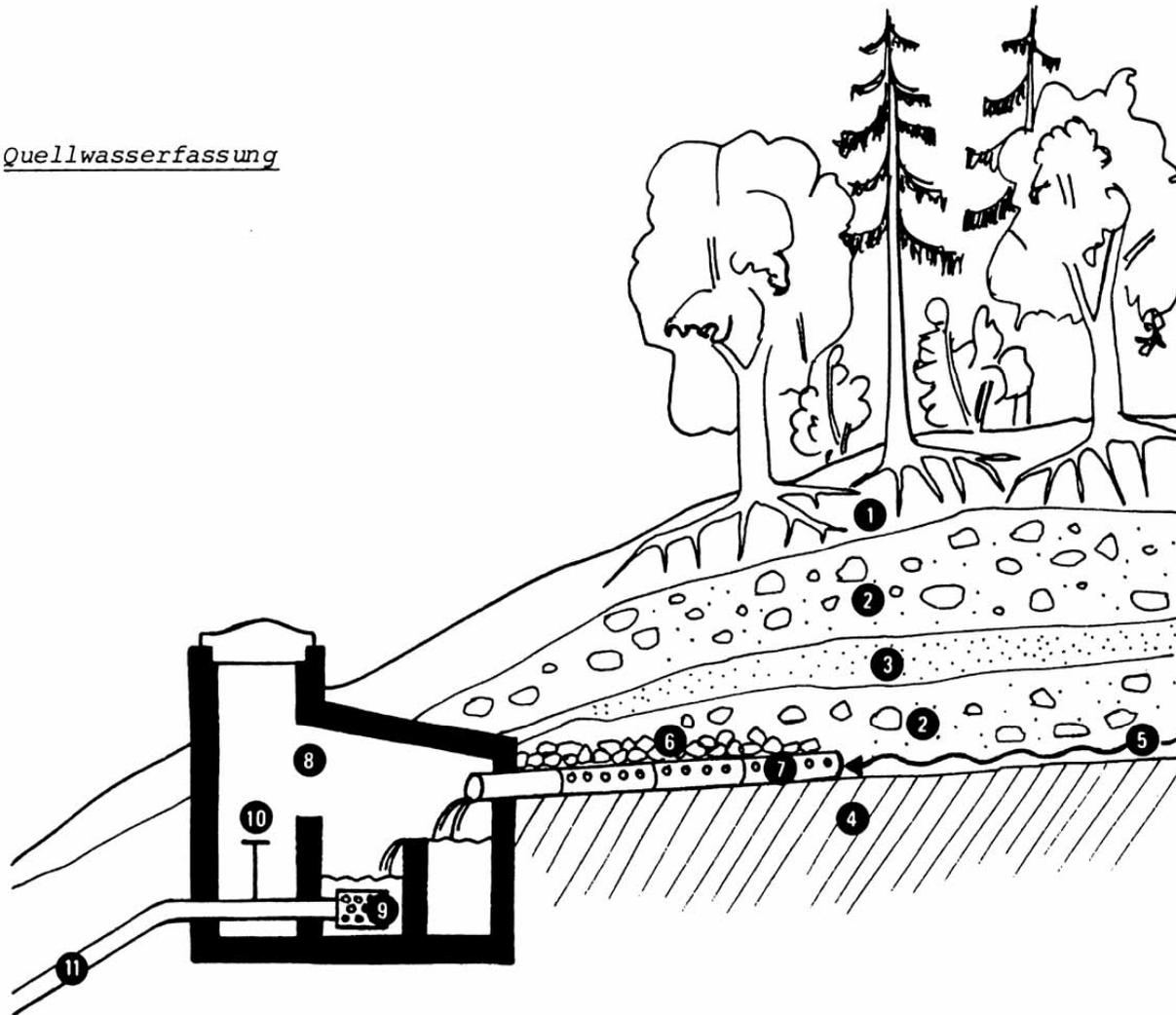


Quellen



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

Hydrologisch:

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

- 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 m³/s

Silver Spring (Florida)

24 m³/s

Ach-Quelle (Schwäb. Alb)

18 m³/s

Paderquellen zusammen (Paderborn)

8 m³/s

Roggwil/Mange G109

0.2 m³/s

Typische Mittelgebirgsquellen

0.001 m³/s

Quellergiebigkeit

Schwankungsziffer der
Schüttung (max/min)

01 – 10

10 – 20

20 – 30

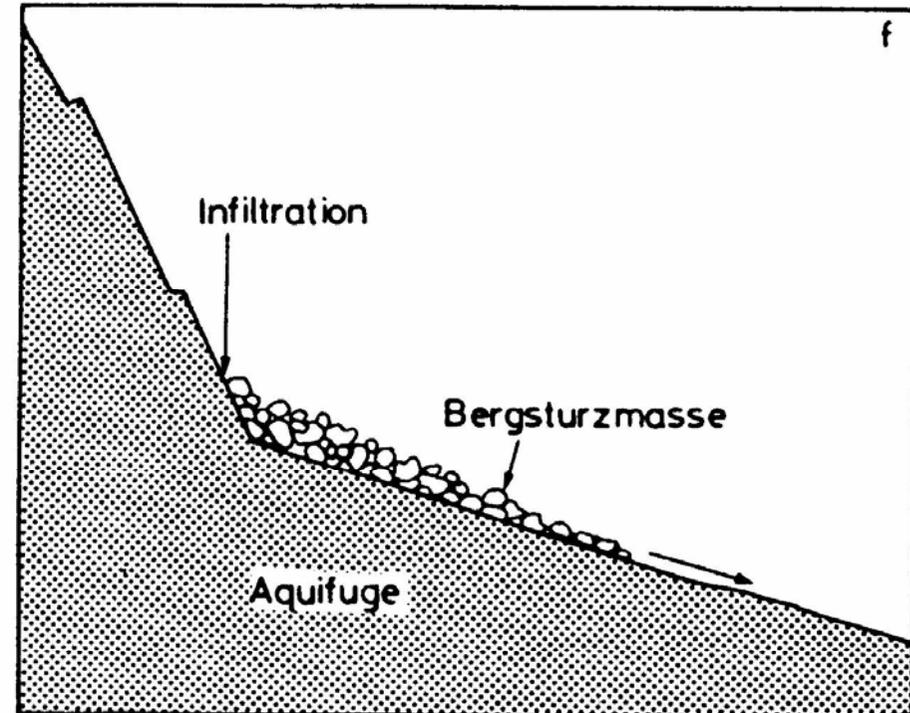
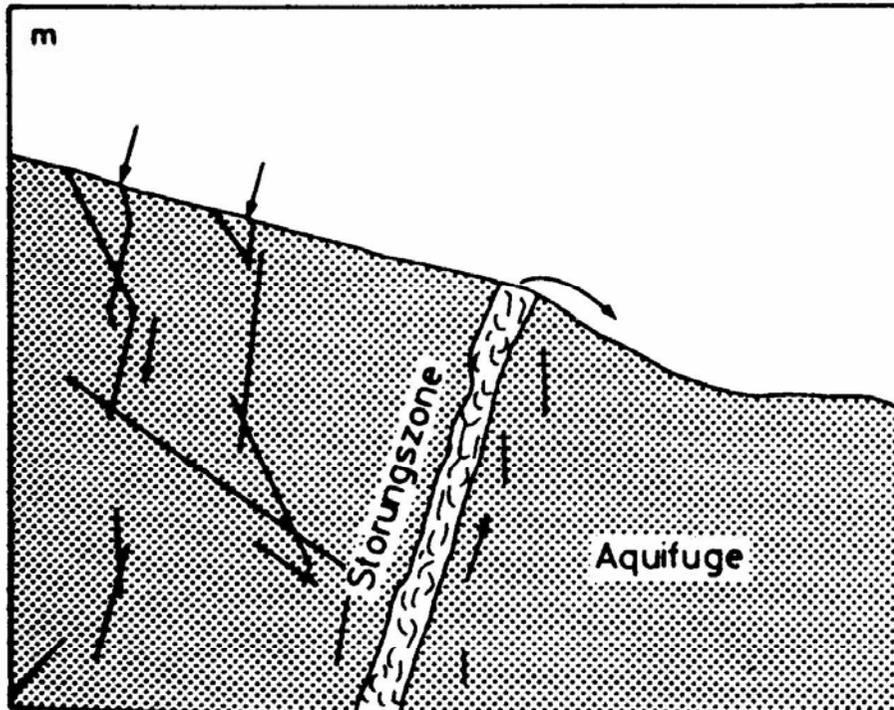
Qualität

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)

Geologische Quelltypen

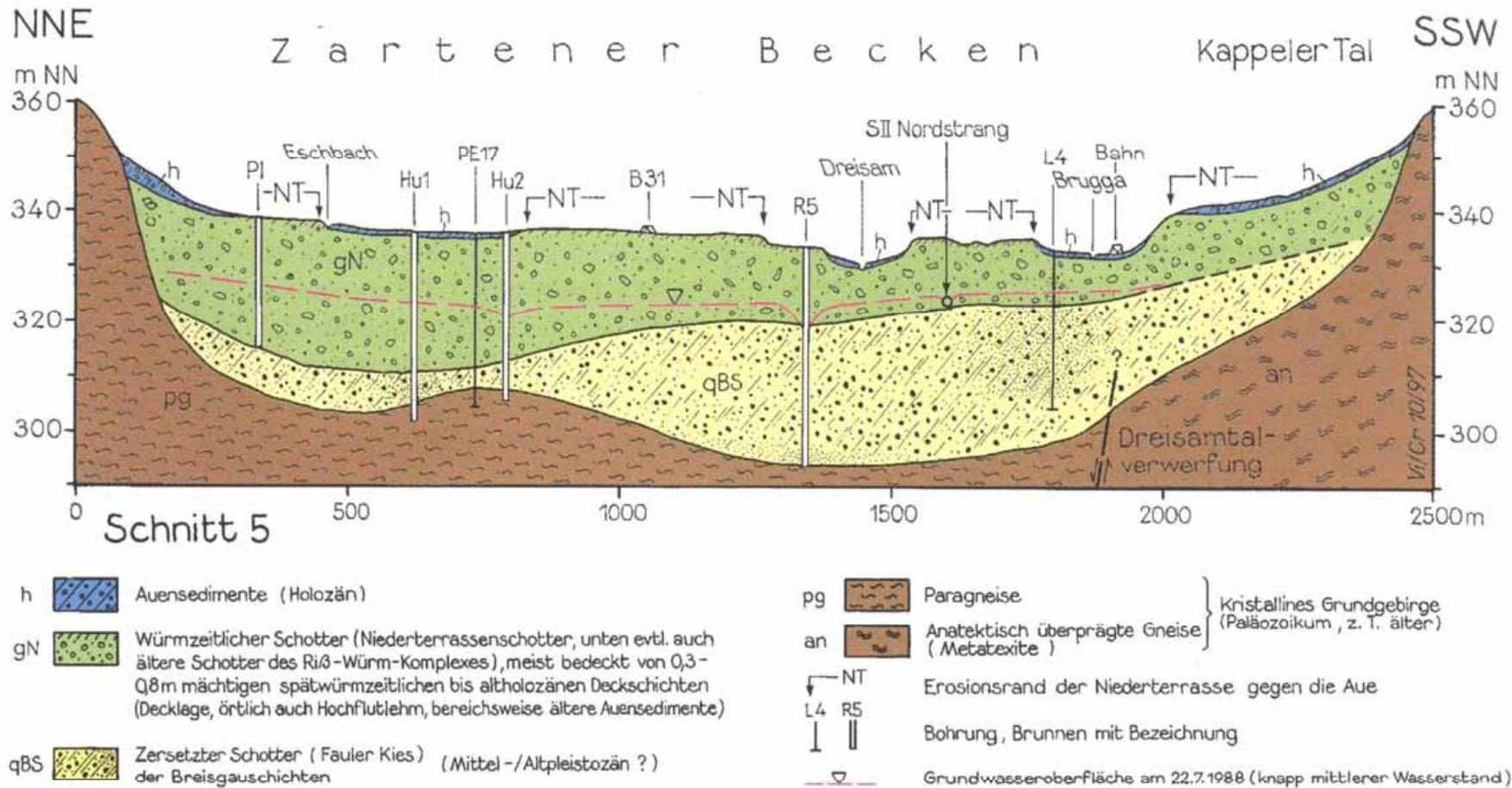
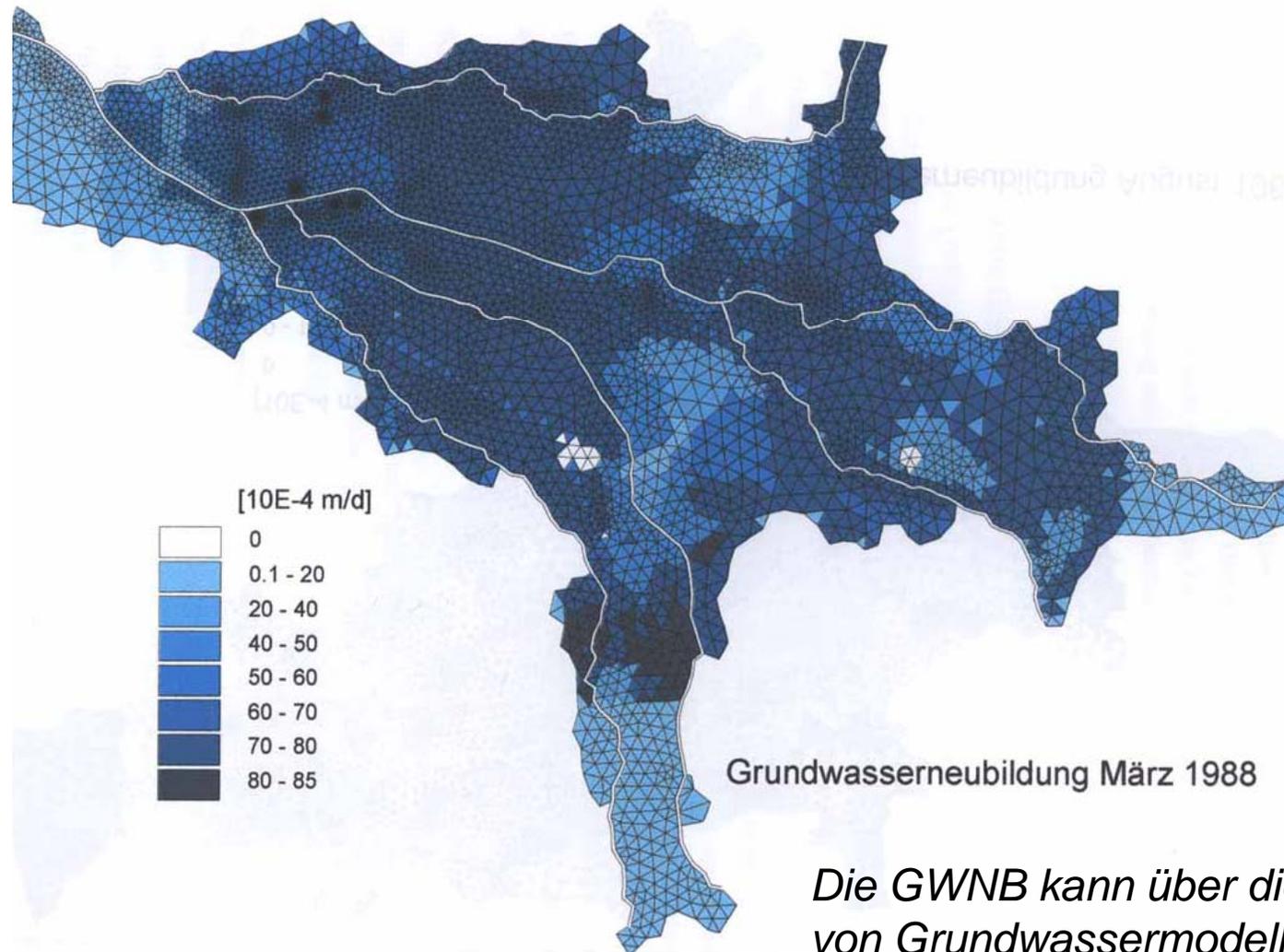


Abb. 8: Geologischer Schnitt (5fach überhöht) durch das Zartener Becken im Bereich der Fassungsanlagen des Wasserwerks Ebnet

Grundwasserneubildung (Freiburg)



Die GWNB kann über die Kalibrierung von Grundwassermodellen bestimmt werden.

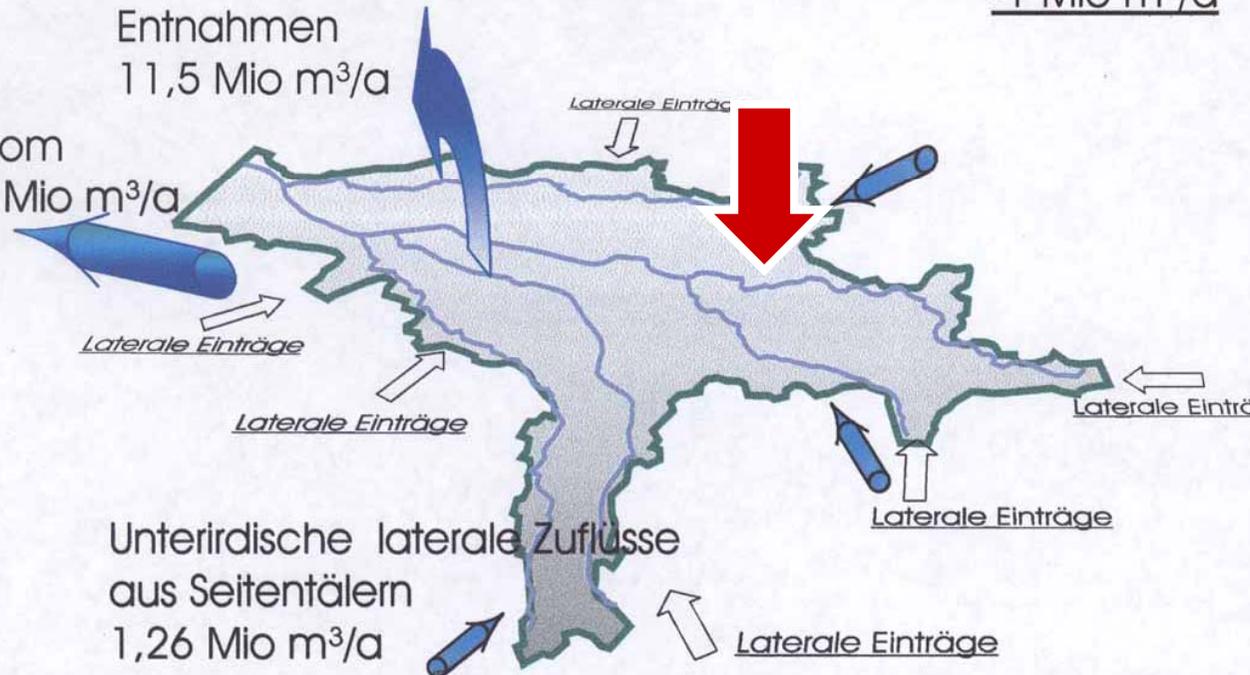
Grundwasserneubildung

GWNB aus Niederschlag 11 Mio m³/a

Bilanz aus Vorflutern +16 Mio m³/a
-1 Mio m³/a

Entnahmen
11,5 Mio m³/a

Abstrom
14,6 Mio m³/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).