

Hydrosphäre

Dr. Rolf Kipfer
Dr. Martin Herfort

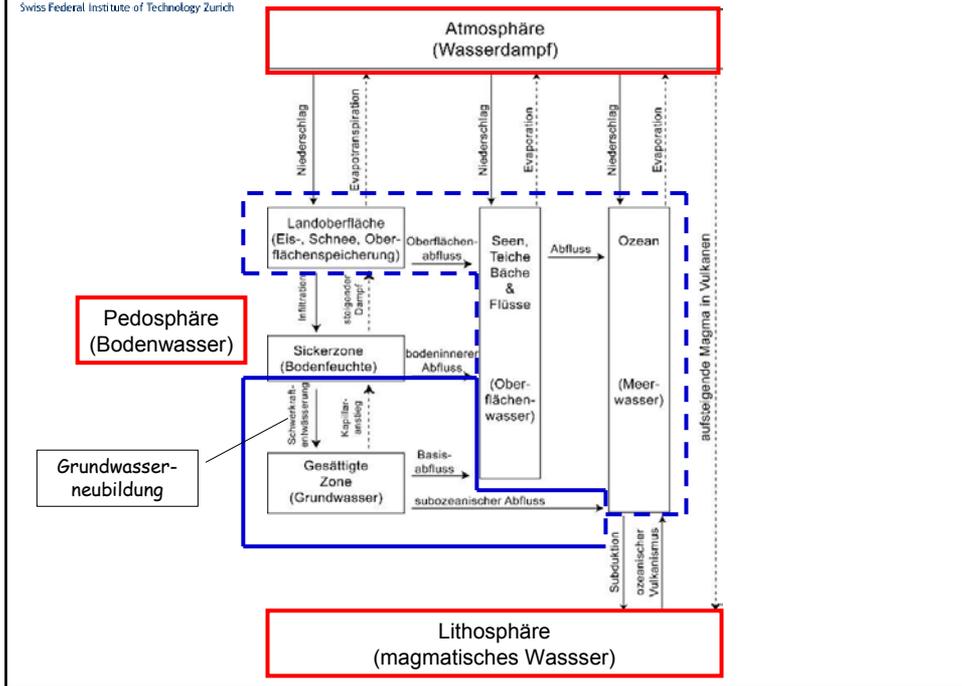
7 Hydrologische Einzugsgebiete

Grundwasser - wozu das denn ?

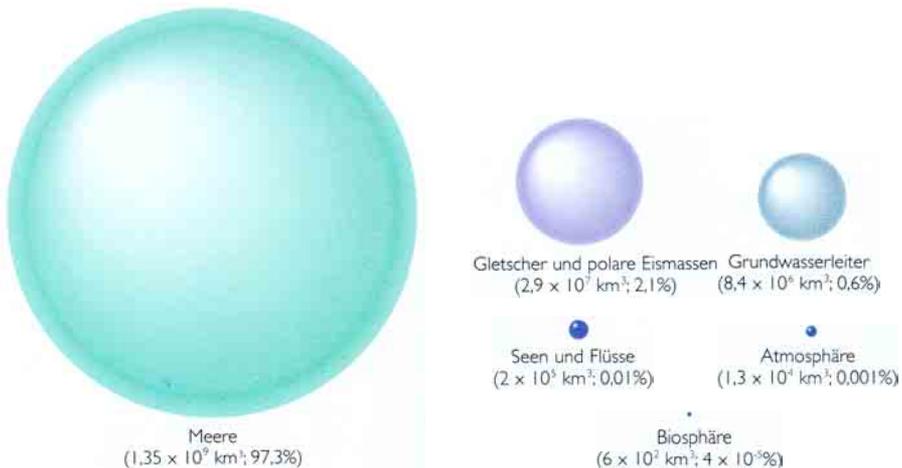
Inhalt Lektion 7

- o Globaler Wasserkreislauf, Grenze zur Lithosphäre / Atmosphäre / Pedosphäre
- o Regionaler Wasserkreislauf, Abflusskurven, Bodenwasserbilanz, Abgrenzung von Einzugsgebieten
- o Grundwasser: Vorkommen, Bildung

Ziel: → Die Bedeutung des Grundwassers als Teil des hydrologischen Kreislaufs quantitativ zu verstehen

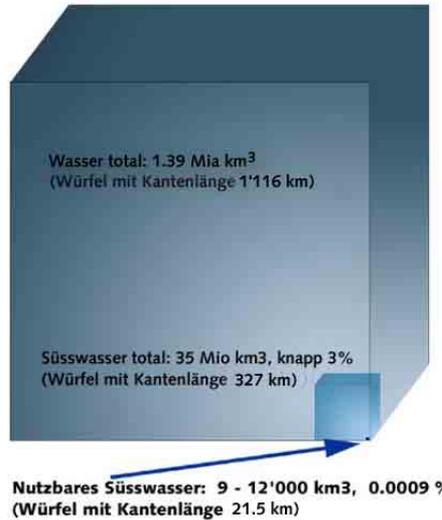


Wasserverteilung



(ohne Lithosphäre)

Nutzbares Süswasser



Aufenthaltszeiten

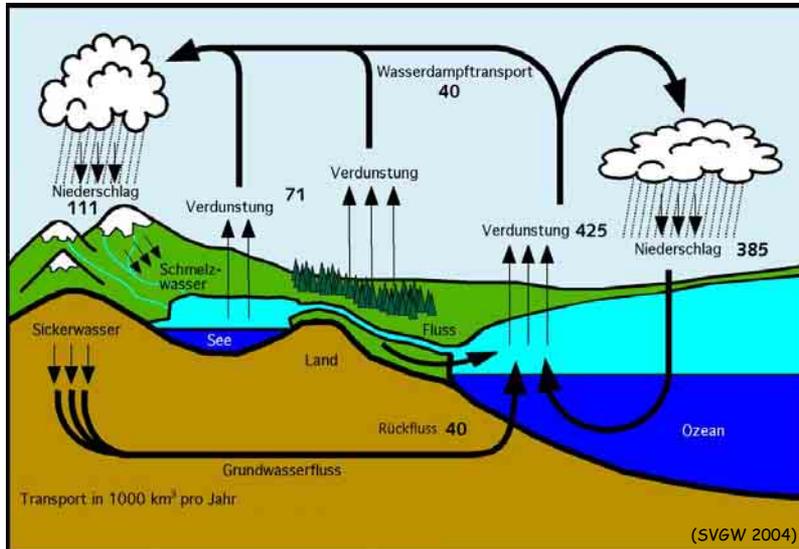
$$\text{Mittlere Aufenthaltszeit} = \frac{V \text{ [L}^3\text{]}}{Q \text{ [L}^3\text{T}^{-1}\text{]}} = \frac{1370 \text{ Mio km}^3}{385'000 \text{ km}^3/\text{yr}} \approx 3600 \text{ yr}$$

Parameter	Surface area (km ²) × 10 ⁶	Volume (km ³) × 10 ⁶	Volume (%)	Equivalent depth (m)*	Residence time
Oceans and seas	361	1370	94	2500	~4000 years
Lakes and reservoirs	1.55	0.13	<0.01	0.25	~10 years
Swamps	<0.1	<0.01	<0.01	0.007	1–10 years
River channels	<0.1	<0.01	<0.01	0.003	~2 weeks
Soil moisture	130	0.07	<0.01	0.13	2 weeks–1 year
Groundwater	130	60	4	120	2 weeks–10,000 years
Icecaps and glaciers	17.8	30	2	60	10–1000 years
Atmospheric water	504	0.01	<0.01	0.025	~10 days
Biospheric water	<0.1	<0.01	<0.01	0.001	~1 week

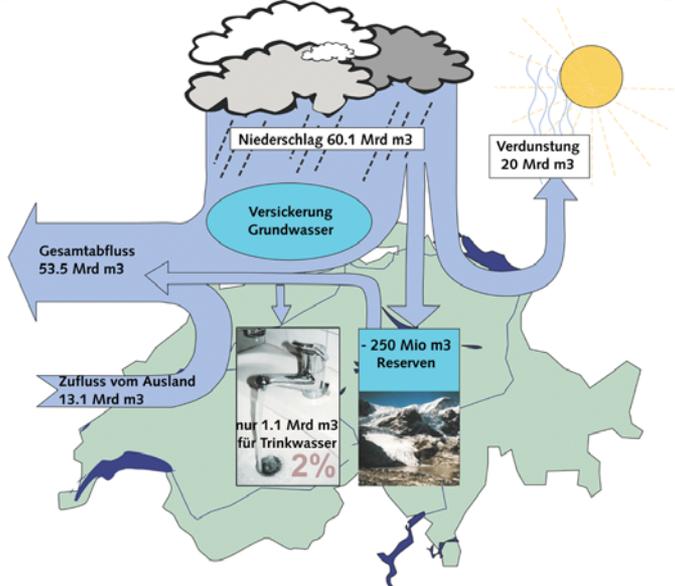
SOURCE: Nace, 1971.

*Computed as though storage were uniformly distributed over the entire surface of the earth.

Globaler Wasserkreislauf



Jahresbilanz der Schweiz



Wasserbilanzgleichung

Der natürliche Wasserkreislauf lässt sich quantitativ in folgender Wasserbilanzgleichung ausdrücken:

$$\begin{aligned} & \text{oberirdischer Abfluss } A_O \\ & + \text{unterirdischer Abfluss } A_U \\ & + \text{Verdunstung } V \\ \hline & = \text{Niederschlag } N \end{aligned}$$

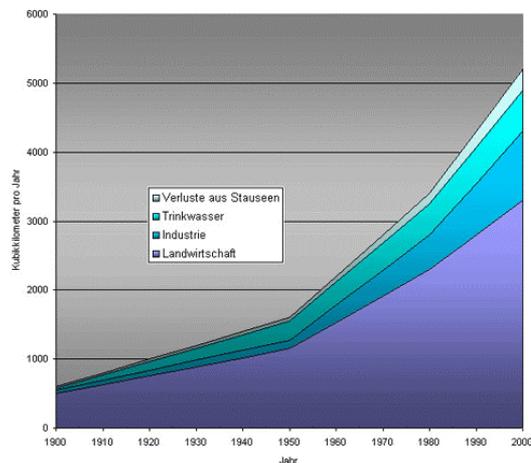
oder:

$$N = A_O + A_U + V$$

Die „Hydrologische Grundgleichung“ gilt nur für lange Zeiträume, in denen langjährige Mittel errechnet werden können.

Globaler Wasserverbrauch

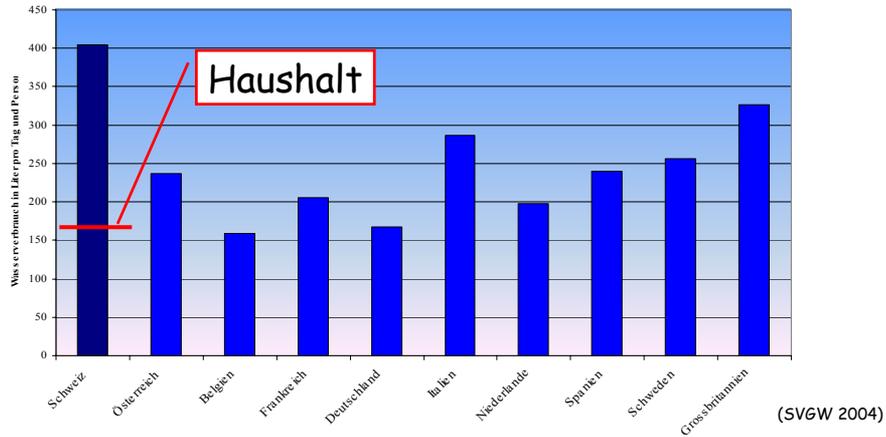
Schätzung des globalen jährlichen Wasserverbrauchs



Wasserverbrauch in Europa

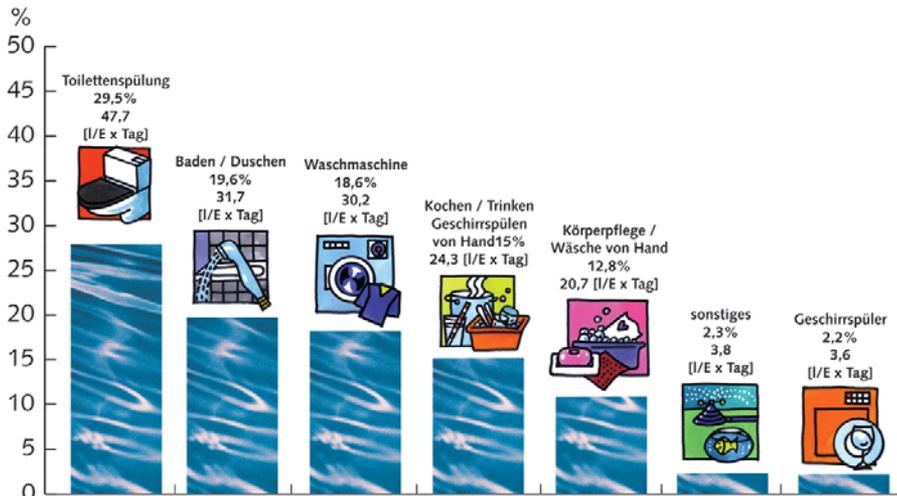
- inklusive Industrie und Landwirtschaft

Verbrauch pro
Einwohner und Tag in Liter (1998)

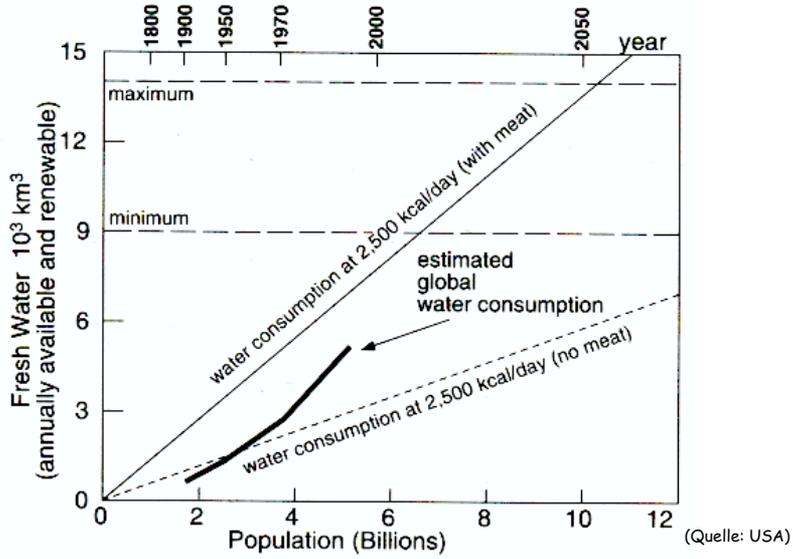


Durchschnittlicher Wasserverbrauch im Privathaushalt

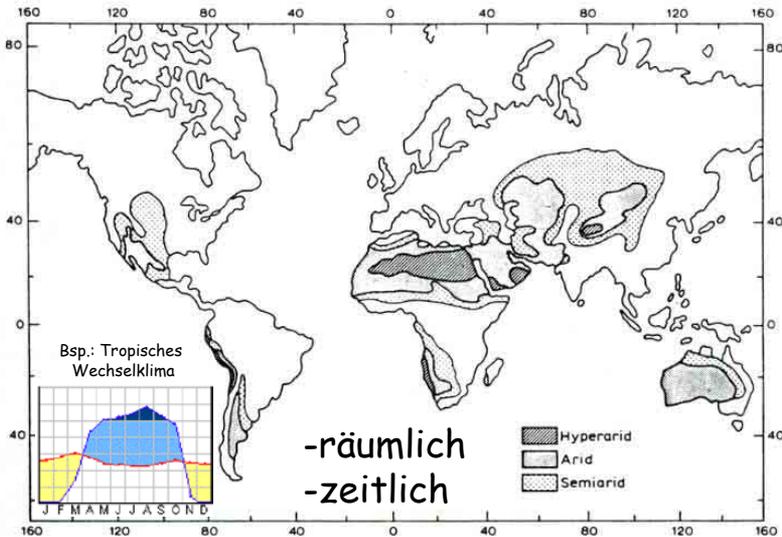
162 Liter pro Einwohner und Tag



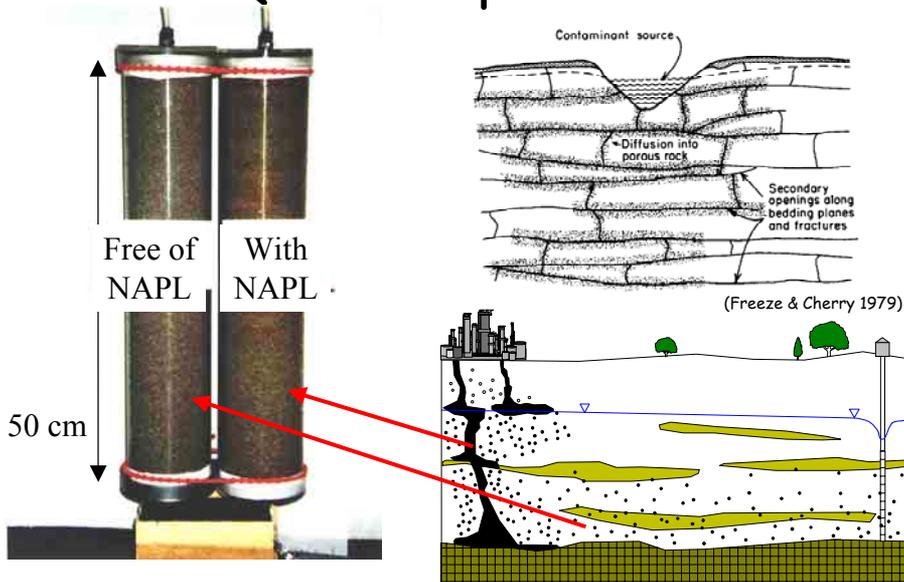
Mengenproblem



Verteilungsproblem



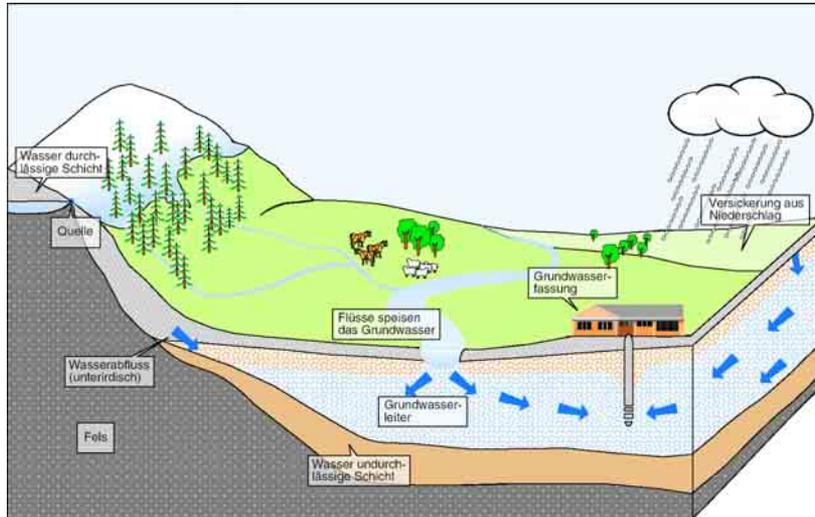
Qualitätsproblem



Grundwasser...

- o ...ist weit verbreitet
- o ...ist von guter und gleichmässiger Qualität (Temperatur, Lösungsinhalt)
- o ...ist verfügbar, wann immer es gebraucht wird
- o ...kann ohne grossen Flächenverbrauch gewonnen werden
- o ...ist gut gegen Verunreinigungen geschützt

Grundwasser



Grundwasser

Grundwasser ist unterirdisches Wasser

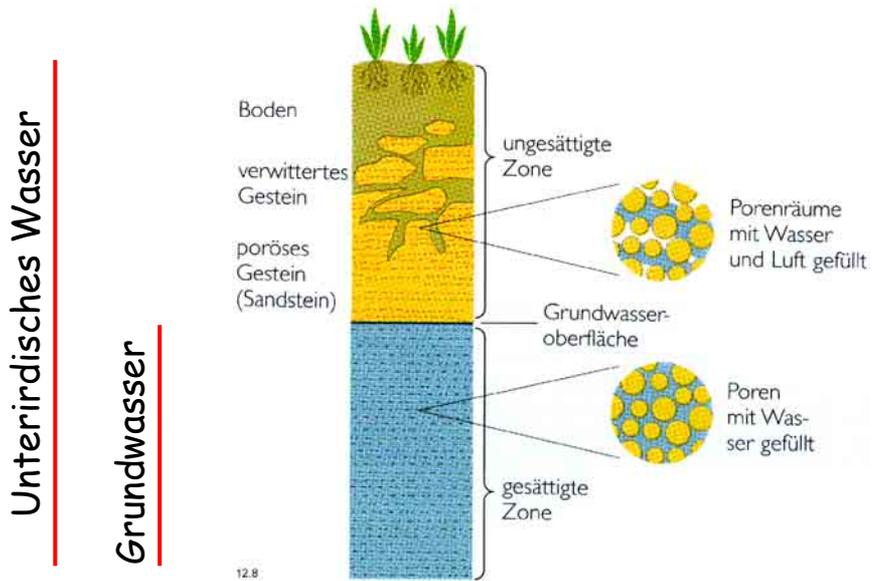
- o das die Hohlräume der Lithosphäre zusammenhängend ausfüllt
- o und dessen Bewegungsmöglichkeit ausschließlich durch die Schwerkraft bestimmt wird

Gesteinskörper, die zusammenhängende Hohlräume enthalten und damit geeignet sind, Grundwasser zu leiten, werden als Grundwasserleiter bezeichnet

- o Porengrundwasserleiter: Locker- oder (selten) Festgestein mit überwiegend durchflusswirksamen Kornzwischenräumen
- o Kluftgrundwasserleiter: Festgesteine mit überwiegend durchflusswirksamen Trennfugen
- o Karstgrundwasserleiter: Festgesteine mit überwiegend durchflusswirksamen Karsthohlräumen

Gesteine, die kein Grundwasser leiten können, da sie wasserundurchlässig sind, werden als Grundwassernichtleiter bezeichnet

Grundwasser / Bodenwasser



Grundwasserhaushaltsbilanz

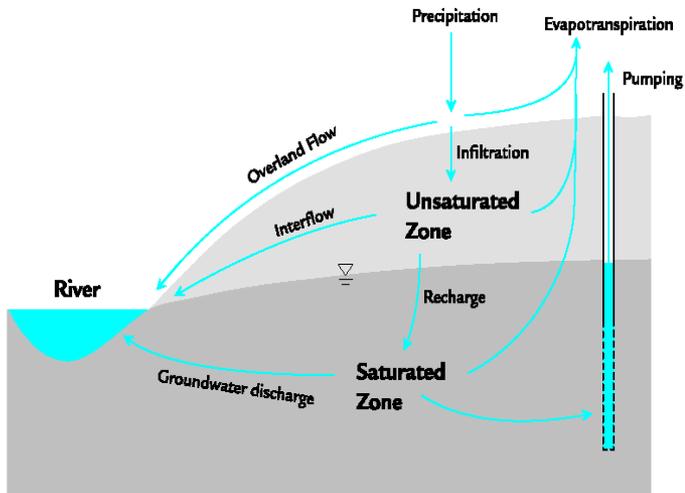
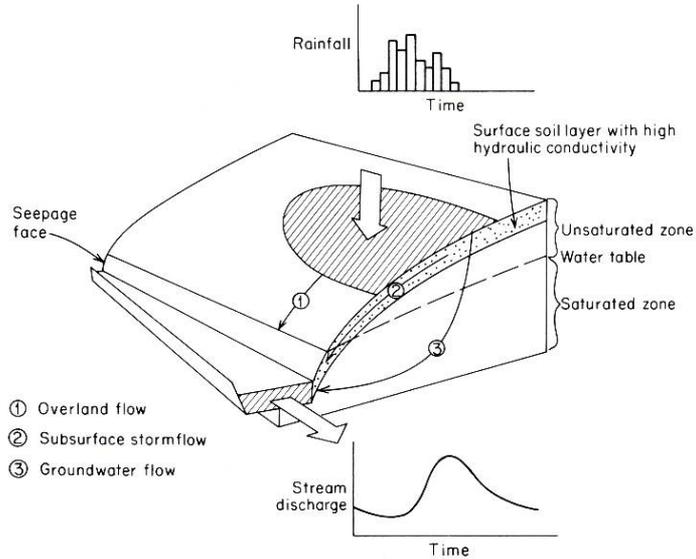
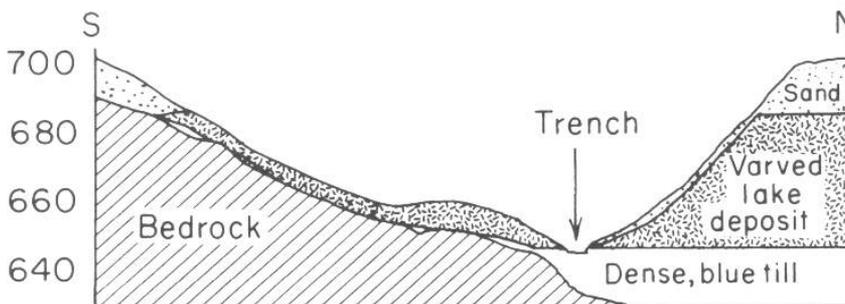


Figure 1.5 Reservoirs (large type) and water fluxes (small type) affecting groundwater.

A_u aus Abflussganglinie

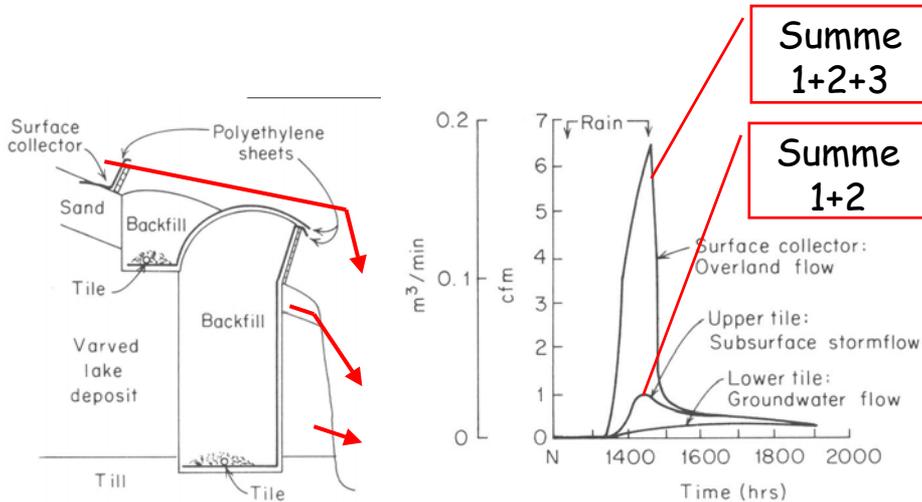


Bsp.: Direktmessung

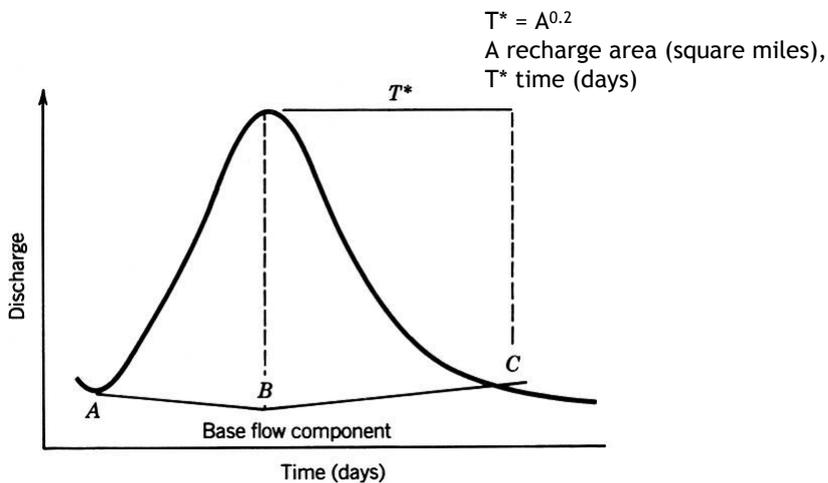


Horizontal scale 1:240

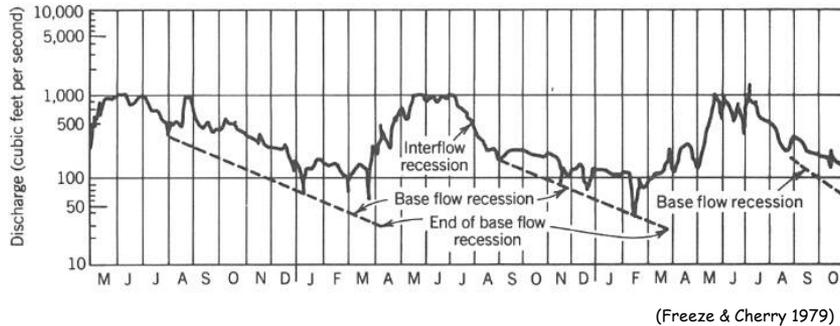
Bsp.: Direktmessung



Ganglinienseparation



Bsp.: Ganglienseparation



Leerlaufkoeffizient

$$Q = Q_0 e^{-\alpha t} \quad \ln Q = -\alpha t + \ln Q_0$$

$$V^\infty = \int_{t=0}^{t=\infty} Q dt = \frac{Q_0}{\alpha}$$

$$dV = V_{\infty,0} - V_{\infty,t} = \frac{Q_0 - Q_t}{\alpha}$$

α = Leerlaufkoeffizient [1/T]

Q = Abfluss(-rate) zu verschiedenen Zeiten [L^3/T]

Q_0 = Abfluss zur Zeit $t=0$ [L^3/T]

t = Zeit [T]

V^∞ = ausgeflossenes Volumen ab $t=0$ bis unendlich, vollst. Entleerung

dV = zwischen $t=0$ und t ausgeflossenes Volumen [L^3]

Grundwasserhaushaltsbilanz

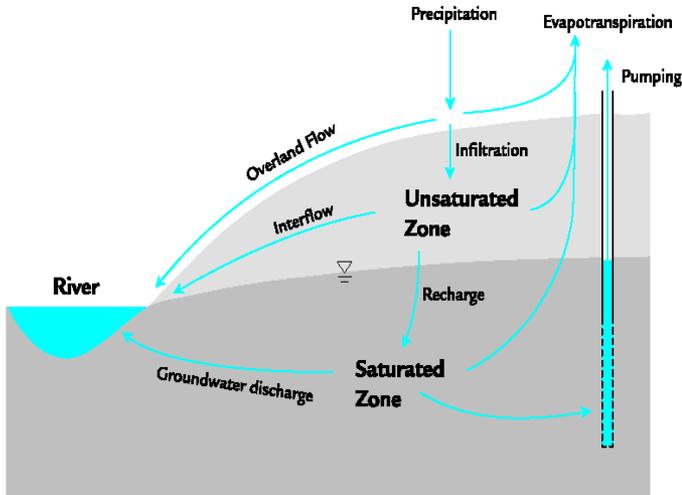
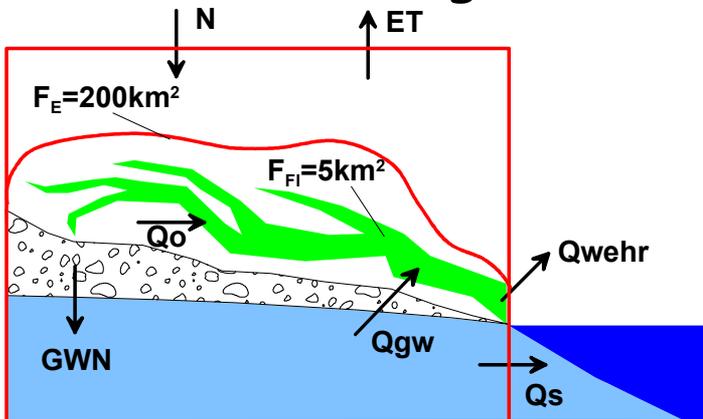


Figure 1.5 Reservoirs (large type) and water fluxes (small type) affecting groundwater.

(Fitts 2002)

Bilanzgebiete

Wasserbilanzen in m³/s



$$\begin{aligned} \text{GWN} &= (1 - F_{FI}/F_E)(N - ET) - Q_o \\ &= Q_{gw} + Q_s \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Qwehr} &= (F_{FI}/F_E)(N - ET) \\ &+ Q_{gw} + Q_o \end{aligned}$$

Gesamtgebiet: [mm/a]		
	In	Out
N	353.0	
ET		230.0
Qwehr		93.1
Qs		30.0
Summe:	353.0	353.1

Flüsse: [mm/a]		
	In	Out
N	8.83	
ET		5.75
Qwehr		93.08
Qgw	60.00	
Qs	30.00	
Summe:	98.83	98.83

Grundwasser: [mm/a]		
	In	Out
Qs		30.0
Qgw		60.0
GWN	89.9	
Summe:	89.9	90.0

A_u aus Bodenwasserbilanz

Monat	[mm] ETp (Haude)	[mm] N	[mm] DÜp	[mm] Bodenfeuch- tedefizit, pot.	[mm] Bodenfeuch- tedefizit, reell	[mm] DÜreell	[mm] Boden- feuchte	[mm] Abfluß	[mm] ETakt
Vormonat				0.0	0.0		150.0		
April	72.0	42.5	-29.5	-29.5	-27.0	-27.0	123.0	0.0	69.5
Mai	106.0	61.1	-44.9	-74.4	-59.0	-32.0	91.0	0.0	93.1
Juni	144.0	33.3	-110.7	-185.1	-106.0	-47.0	44.0	0.0	80.3
Juli	127.0	79.3	-47.7	-232.8	-118.0	-12.0	32.0	0.0	91.3
August	104.0	41.6	-62.4	-295.2	-129.0	-11.0	21.0	0.0	52.6
September	55.0	100.6	45.6	-121.8	-83.4	45.6	66.6	0.0	55.0
Oktober	32.0	22.3	-9.7	-131.5	-88.0	-4.6	62.0	0.0	26.9
November	13.0	54.6	41.6	-55.5	-46.4	41.6	103.6	0.0	13.0
Dezember	8.1	50.1	42.0	-4.5	-4.4	42.0	145.6	0.0	8.1
Januar	5.6	60.4	54.8	0.0	0.0	4.4	150.0	50.4	5.6
Februar	19.0	95.0	76.0	0.0	0.0	0.0	150.0	76.0	19.0
März	51.0	32.4	-18.6	-18.6	-17.0	-17.0	133.0	0.0	49.4
	736.7	673.2						126.4	563.8

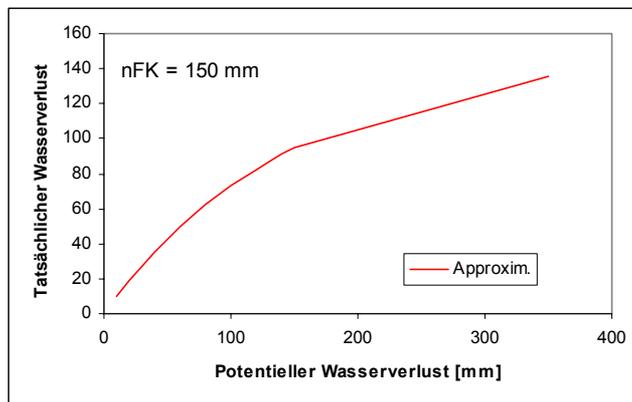
hier wird der reelle Überschuss zuerst berechnet, danach der potentielle aus der Grafik

- 1) Wenn $DÜp < 0$, müssen diese Werte aus der Grafik abgelesen werden (ETpot vs ETakt)
- 2) Wenn $DÜp > 0$, müssen diese Werte aus der Grafik abgelesen werden (ETpot vs ETakt)

Jahrsbilanz	
Niederschlag:	673.2 [mm/a]
Abfluß:	-126 [mm/a]
ETakt:	-564 [mm/a]
Freisetzung aus Speicher:	17 [mm/a]
Summe:	0.00 [mm/a]

$$N = A_0 + A_u + V - \Delta S$$

Potentieller Wasserverlust eines Bodens



nFK= Nutzbare Feldkapazität eines Bodens (L)

Weitere Info..

- o Price: Kap. 1 bis 3
- o Freeze & Cherry: Kap. 1-1
- o Skript "GZ der Hydrogeologie": Kap. 1

- o Virtueller geol. Stadtrundgang Zürich, u.a. zum Thema "Wasserversorgung":
<http://www.lead.ethz.ch/stud/zuerich.html>

Wichtige Begriffe

groundwater, ground water	Grundwasser	
subsurface water	unterirdisches Wasser	
aquifer	Aquifer, Grundwasserleiter	
saturated / unsaturated zone	gesättigte / ungesättigte (Boden-) Zone	
water balance	Wasserhaushaltsbilanz	
precipitation	Niederschlag	P, N
evapotranspiration	Verdunstung	V, ET, direkt und über Pflanzen
infiltration	Infiltration, Versickerung	Übergang von oberirdischem zu unterirdischem Wasser
recharge	(Grundwasser-) Neubildung	GWN, G, Übergang zum Grundwasser
overland flow, Hortonian flow	Oberflächenabfluss	Ao, Qo
interflow, subsurface stormflow	Zwischenabfluss	Az, Qi
groundwater discharge, groundwater flow	Grundwasserabfluss, unterirdischer Abfluss	Au, Qg
base flow	Basisabfluss	eines Gewässers

Aufgabe

Hydrosphaere

701-0401-00

[Kursinformation](#)

[Lehrplan](#)

[Kursunterlagen](#)

[Umfrageresultat](#)

[Weitere Info](#)

[Aufgaben](#)

Hydrosphaere - Aufgaben 07

In den Handouts (Folie 07-7 , globaler Wasserkreislauf) ist die globale Evapotranspiration als Summe der direkten Evaporation aus Seen und der Evapotranspiration über Landflächen mit 71'000 km³/yr angegeben. Schätzen Sie ab, welchen Anteil daran die direkte Evaporation über Seen hat!

- mehr als 75%
- 50%-75%
- 25%-50%
- weniger als 25%
- anderes:

Hinweise zur Lösungsweise:

Absenden