

Lernkärtchen für

## Hydrosphäre Teil Herfort

Prüfungen Herbst 2005

Erstellt durch  
Caroline Baumgartner

Erstellt durch Caro Baumgartner

Seite 1 von 134

Frage

Lernkärtchen für Hydrosphäre Teil Herfort

Prüfungen Herbst 2005

Was ist die mittlere Aufenthaltszeit des Wassers?  
Wo ist diese Aufenthaltszeit am längsten, wo am kürzesten?

Erstellt durch Caro Baumgartner

Seite 5 von 134

Frage

Lernkärtchen für Hydrosphäre Teil Herfort

Prüfungen Herbst 2005

Wie sieht die globale Wasserverteilung aus?  
Wo ist das meiste Wasser gespeichert?  
Wie viel davon ist nutzbares Süßwasser?

Erstellt durch Caro Baumgartner

Seite 3 von 134

Frage

Lernkärtchen für Hydrosphäre Teil Herfort

Prüfungen Herbst 2005

Zeichne schematisch den globalen Wasserkreislauf

Erstellt durch Caro Baumgartner

Seite 7 von 134

Frage

Wasserverteilung:

Meer: 97.3%; Gletscher/polare Eismassen: 2.1%; Grundwasserleiter: 0.6%;

Seen und Flüsse: 0.01%; Atmosphäre: 0.001%; Biosphäre:  $4 \cdot 10^{-5}\%$ .

→ das meiste Wasser ist im Meer gespeichert

Wasser total: 1.39 Mia  $\text{km}^3$

Süßwasser total: 35 Mio  $\text{km}^3$  (~3%)

Nutzbare Süßwasser: 9-12000  $\text{km}^3$  (~0.0009%)

(Zeichnung)

Mittlere Aufenthaltszeit = Wassermenge in  $\text{km}^3$  / Abfluss in ( $\text{km}^3$ /Zeit)  
Meere haben die längste mittlere Aufenthaltszeit (~4000 Jahre),  
die Biosphäre die kürzeste Aufenthaltszeit (~1 Woche)

Wie sieht die Wasserbilanzgleichung/Hydrologische Grundgleichung aus?

Was sagt sie aus?

Was sind die Bedingungen damit diese Gleichung gilt?

Was ist Grundwasser?

Wie sieht der Wasserverbrauch aus

- 1) global
- 2) in Europa
- 3) in der Schweiz

Was sind

Grundwasserleiter/Grundwassergeringleiter/Grundwassernichtleiter

- 1) global: Landwirtschaft verbraucht am meisten Wasser, gefolgt von Industrie, Trinkwasser und Verlust aus Stauseen
- 2) in Europa (inkl. Industrie und Landwirtschaft): CH verbraucht am meisten (~400 l/Tag); GB: hoher Wasserverbrauch wegen kaputten/alten Rohren (~20-30%). Belgien verbraucht am wenigsten(~160l/Tag)
- 3) in CH (Privathaushalt): 162 Liter pro Einwohner und Tag. Toilettenspülung verbraucht am meisten Wasser (29.5%).

$$N = A_0 + A_U + V$$

N: Niederschlag  
 A<sub>0</sub>: oberirdischer Abfluss  
 A<sub>U</sub>: unterirdischer Abfluss  
 V: Verdunstung

Die Gleichung zeigt quantitativ den natürlichen Wasserkreislauf, sie gilt aber nur für lange Zeiträume, in denen langjährige Mittel errechnet werden können, da die Aufenthaltszeit (2Wochen – 10000 Jahre) in dieser Gleichung nicht berücksichtigt wird, sonst muss man mit einem Speicherterm ergänzen ( $N=A+V\pm\Delta S$ )

Grundwasserleiter, Aquifere, sind Gesteinskörper, die zusammenhängende Hohlräume enthalten und damit geeignet sind, Grundwasser zu leiten. Es gibt Porengrundwasserleiter (Locker- selten Festgestein mit Kornzwischenräumen), Kluftgrundwasserleiter (Festgestein mit Trennfugen) und Karstgrundwasserleiter (Festgestein mit Karsthohlräumen).

Grundwassergeringleiter: Aquitarde, haben gegenüber den eigentlichen Aquifergesteinen eine wesentlich geringere Durchlässigkeit.

Grundwassernichtleiter, Aquiclude, können kein Grundwasser leiten, da sie wasserundurchlässig sind.

Grundwasser ist unterirdisches Wasser, welches die Hohlräume der Lithosphäre zusammenhängend füllt. Ihre Bewegungsmöglichkeit wird Ausschliesslich durch die Schwerkraft bestimmt. Dort wo Grundwasser vorkommt ist der Boden mit Wasser gesättigt. Grundwasser ist weit verbreitet und von guter und gleichmässiger Qualität. Es ist verfügbar wann immer es gebraucht wird und kann ohne grossen Flächenverbrauch gewonnen werden. Grundwasser ist gut gegen Verunreinigungen geschützt

Wohin versickert das Wasser bei Niederschlag (3 Abflüsse)? Welcher Abfluss ist wichtig für das Grundwasser?

Wie hängen Grundwasserabfluss und Niederschlag zusammen? (Grafik im skript, Folie 07-25, bin nicht sicher ob ich das richtig verstanden habe) Gleichung?  
Was sagt diese Gleichung aus?

Was bedeutet Grundwasserinfiltration? Was Bedeutet Grundwasserexfiltration?

Was sind Fluid-Potential, hydraulisches Potential, Lagepotential und Druckpotential? Wie hängen sie zusammen?

Grundwasserinfiltration: Übergang von oberirdischem Wasser zu Grundwasser  
Grundwasserexfiltration: Oberflächengewässer erhalten Wasser aus dem Grundwasser

- 1) Oberflächenabfluss (overland flow)
- 2) Unterirdischer Abfluss in ungesättigte Zone (Interflow, subsurface stormflow)
- 3) Tiefer unterirdischer Abfluss in der gesättigten Zone → Zufluss zum Grundwasser (Groundwater flow)

- Lagepotential  $z$ : Höhe/Lage in m
- Druckpotential  $\psi$ :  $p/(\rho \cdot g)$  in Pa
- Fluid-Potential  $\Phi$  (für kleine Geschw. und inkompress. fluide wie Wasser):  $\Phi = g \cdot z + (p - p_0)/\rho$  in  $m^2/s^2$ . Das Fluid-Potential entspricht der mechanischen Energie pro Einheitsmasse.
- Hydraulisches Potential  $h$ :  $h = z + p/(\rho \cdot g)$  oder  $h = z + \psi$  in m.  $h$  ist das Fluid-Potential pro Erdbeschleunigung.  $h$  wird von Piezometern gemessen. Das hydraulische Potential stellt die Energie des Grundwassers in jedem Punkt dar, als Steighöhe in einem Rohr über diesem Punkt.

Folien 8-8 und 8-10

Oberflächengewässer können Wasser aus dem Grundwasserspeicher erhalten, dies bezeichnet man als Grundwasserexfiltration. Diese Grundabflüsse variieren zeitlich, da der Grundwasserspiegel zeitlich variiert (Niederschläge).

$$Q = Q_0 \cdot e^{-\alpha t}; \quad (\text{von hand schreiben})$$

$Q$ : Abflussrate [ $L^3/T$ ]

$\alpha$ : Leerlaufkoeffizient oder Konst. des Basisabfluss-Rückgangs

Mit dieser Gleichung kann man abschätzen, wie viel Grundwasser nach einem Niederschlag gebildet wurde



- $\Delta h/\Delta l$
- Vektor
- Zeigt in Richtung zunehmender Potentiale (- Zeichen)

## Verlust des hydraulischen Potentials Zeichnung 08-11

- Gesamtporosität n: Prozent. Anteil des Gesamtvolumens, welcher durch die Volumina von Luft und Wasser innerhalb des Gesteinskörpers eingenommen wird
- Nutzbare Porosität: Anteil des Gesamtvolumens, welcher dem aus dem gesättigten Gesteinskörper allein unter dem Einfluss der Schwerkraft frei ausfliessbare Wasservolumen entspricht = specific yield
- Spezifische Retentionskapazität = Haftwasser = Gesamtporosität - nutzbare Porosität

Zeichnung 08-17

Darcy-Gesetz:  $Q = -K \cdot A \cdot (\Delta h/\Delta l)$

(Zeichnungen 08-3 und 08-25)

Parameter:

Q: Durchflussrate ( $m^3/s$ )

K: hydraulische Leitfähigkeit, hydraulische Durchlässigkeit (m/s)

A: Querschn.fläche senkrecht zur Strömungsrichtung ( $m^2$ )

l: Distanz entlang der Strömungsrichtung (m)

Die Gesamtmenge des pro Zeiteinheit fließenden Wassers ist proportional zur Höhendifferenz und zur Horizontalentfernung.

**Porosität 2:**  
Was bedeuten kleine/grosse  $n$ ?

**Porosität 3:**  
Primäre und sekundäre Porosität

Was ist  $K$  (aus dem Darcy-Gesetz) genau?

Was ist Transmissivität?

- Primäre Porosität: bei unverfestigtem Lockergestein. Vorhandene Porosität entspricht der nach der Bildung der Ablagerung vorhandenen Hohlräumen
- Sekundäre Porosität: in Festgesteinen. Durch äussere Einflüsse wie tektonische Prozesse, Gesteinsmetamorphose, Trennflächen und sekundäre Lösungserscheinungen gebildete Hohlräume

Je grösser  $n$  ist, desto mehr Platz kann Luft/Wasser im Gesteinskörper einnehmen.

In Lockergesteinen: Kies < Sand < Schluff < Ton.  
Lockergesteine haben grösseres  $n$  wie Festgesteine

Transmissivität ist die Durchlässigkeit eines Aquifers in seiner gesamten Mächtigkeit  $M$  (Länge)

$$T=K*M$$

$K$  ist die Hydraulische Leitfähigkeit,  $K$  enthält Eigenschaften des Gesteins und des Wassers; es erlaubt, Grundwasserflüsse in porösen Medien zu beschreiben.

$$K=k*(\rho*g)/\mu$$

$k$ : Permeabilität ( $m^2$ ), enthält Eigenschaften des Gesteins

$\mu$ : dynamische Viskosität

$K$ -Werte  $> 10^{-2}$  bedeuten sehr starke Durchlässigkeit (Kies),

$K$ -Werte  $< 10^{-10}$  bedeuten praktisch undurchlässig (Ton)

Zeichnung 08-23



Formel von hand schreiben 08-29

Retentionskurven sagen aus, wie gross der Wassergehalt in verschiedenen Tiefen ist.

Filtergeschwindigkeit:  $v$  (nach Darcy)

$$v_f = Q/A = K * (\Delta h / \Delta l)$$

= Spezifischer Durchfluss = Darcy-Geschwindigkeit = Darcy-Fluss

Reale Fliessgeschwindigkeit:  $v_r$ , da ein Wirklichkeit das Grundwasser nur durch die Porenräume fliesst

$$v_r = v / n' * 100$$

$n'$  = effektive Porosität

Da komme ich überhaupt nicht draus, aber wenigstens weiss ich was Anisotropie heisst, nämlich Richtungsabhängigkeit einer Eigenschaft

- Liegt oberhalb des Grundwasserspiegels und oberhalb des Kapillarsaums (weis aber nicht genau was das ist)
- Poren nur teilweise mit Wasser gefüllt
- Boden trocknet nicht vollständig aus
- Wasserdruck < Atmosphärendruck
- Wasserdruck wird mit Tensiometer gemessen
- Kein Ausfluss in die Atmosphäre möglich

## Definition des Grundwasserspiegels

Was ist freies (ungespanntes) Grundwasser?  
Was ist gespanntes Grundwasser?  
Was ist artesisches Grundwasser?

## Speicherung

Kompressibilität des Wassers, effektiver Stress, Kompr. des Gesteins

- Ungespanntes Grundwasser: Grundwasservorkommen, welche nach oben durch den freien Grundwasserspiegel begrenzt werden; Phreatischer Grundwasserleiter;  $\psi = p_{\text{atm}} \approx 0$
- Gespanntes Grundwasser: Grundwasservorkommen, welche nach oben und unten durch Aquitarde begrenzt werden
- Artesisches Grundwasser: gespannter Grundwasserleiter mit Grundwasserspiegel oberhalb der Geländeoberfläche. Bei einer Bohrung fließt das Wasser selbständig aus (z.B artesischer Brunnen)

Fläche auf der gilt:  $\psi = 0$

Die Lage des Grundwasserspiegels kann sich mit der Zeit ändern (Niederschlag, Trockenperioden), dies führt zu unterschiedlichen hydrogeologischen Situationen

Was sind Fliesslinien, Isopotentiallinien und Fliesstrajektorien?

Erkläre Stationärer Grundwasserfluss und transienten Grundwasserfluss

Stationärer Grundwasserfluss: Richtung und Betrag des Flusses bleiben in jedem Ort im Fließfeld zeitlich konstant  
 Transienten Grundwasserfluss: Richtung und Betrag des Flusses verändern sich an verschiedenen Orten im Fließfeld.

Fliesslinien: Fliessrichtung im Grundwasser-Fliesssystem, Verbindungslinien des spezifischen Durchflusses für stationäre Strömung  
 Isopotentiallinien: Linien, die Werte gleichen hydraulischen Potentials miteinander verbinden.  
 Fließstrajektorien folgen dem Weg, dem ein einzelnes Wasserteil während einem stationären oder instationären Grundwasserfluss folgt.

Für isotrope Durchlässigkeiten liegen die Fliesslinien immer senkrecht zu den Isopotentiallinien. In anisotropen Medien stehen sie nicht senkrecht, sie können aber für die graphische Bearbeitung transformiert und anschliessend wieder rücktransformiert werden.

Was sind Fließnetze?

Welche Arten von Randbedingungen gibt es, um ein Fließnetz zu beschreiben?

Wie verlaufen Fließlinien an geologischen Grenzen?

Wie verlaufen Fließlinien in geschichteten Systemen?

Wie geht man bei der Konstruktion eines Fließnetzes vor?

Was ist ein Urstromtal?

- 1) Festlegung der Gebietsränder, möglichst natürliche Grenzen nehmen
- 2) Definition der Randbedingungen
- 3) Hydrogeologische Unterteilung und Beschreibung (relative Durchlässigkeiten, Anisotropie)
- 4) Einzeichnen von Isopotentiallinien

Zeichnung 09-25 bis 09-28

Isopotentiallinien können auch gekrümmt sein, dann sind die umgebenden Potential und Fliesslinien tangential verlaufend. (09-29)

Urstromtäler sind während den Eiszeiten durch Erosion durch vorstossende Gletscher entstanden, die anschliessend durch Schmelzwasserabflüsse mit mächtigen Ablagerungen (va. Schotter und feinkörnige Ablagerungen) aufgefüllt worden sind. Das Grundwasser überläuft bis in das tiefste Vorflutniveau des Tales. Die Sohle des Grundwasserleiters besitzt ein gewisses Gefälle, da es ein ehemaliger Flusslauf ist. Der Grundwasserstrom fliesst unterirdisch talabwärts. Urstromtäler kommen innerhalb der Täler im Mittelland, sowie in den Tälern des Rheins, der Rhone und des Ticino (Magadinoebene) vor. Diese Grundwasserströme folgen an vielen Stellen nicht den heutigen Flussläufen, da die älteren wasserführenden Schotter durch jüngere Ablagerungen überschüttet wurden (Wirkung der letzten Eiszeit). Die dadurch entstandenen tiefen Grundwasserstockwerke wurden erst in den letzten Jahren durch tiefe Bohrungen bekannt. Ebenfalls so entstanden sind Rinnen und Becken in randlichen, von keinem aktuellen Flusslauf durchquerten Schotterablagerungen.

Fliessnetze stellen die Potentialverhältnisse und die Fliesslinien im zu untersuchenden Gebiet dar. Es gibt 3 verschiedene Randbedingungen für Fliessnetzmodelle:

- Undurchlässiger Rand  
Zeichnung 09-23
- Modellrand mit festem hydraulischen Potential  
Zeichnung 09-23
- Freier Grundwasserspiegel in ungespanntem Aquifer  
Zeichnung 09-23

Zeichnung 09-32

$$K_1/K_2 = \tan\theta_1/\tan\theta_2$$

Zeichnung 09-33

Fliesslinien in Aquitarden (mit kleinem K) verlaufen nahezu senkrecht zu deren Begrenzung, in Aquiferen (grosses K) verlaufen sie parallel zu deren Begrenzung

Was sind Sandsteine und wie ist ihre Porosität?

Wie entstehen durch Verkarstung Grundwasserleiter?

Erstellt durch Caro Baumgartner

Seite 73 von 134

Frage

Erstellt durch Caro Baumgartner

Seite 75 von 134

Frage

Was sind schwebende (hängende) Grundwasserleiter?

Wie wirken sich topographische Einflüsse auf die regionalen Grundwassersysteme aus?

Erstellt durch Caro Baumgartner

Seite 77 von 134

Frage

Erstellt durch Caro Baumgartner

Seite 79 von 134

Frage

Verkarstung: Im Gestein (Karbonatgestein) bilden sich durch Lösungsvorgänge Hohlräume (sekundäre Porosität). Durch diese Höhlen- und Gangsysteme fließt das Wasser. Man unterscheidet zwischen dem ungesättigten Bereich, vadosen Zone, und dem gesättigten Bereich, phreatischen Zone. Das Wasser versickert nicht überall im Boden wie bei Lockergesteinen, sondern versickert an einzelnen Schluckstellen. Quellen stellen oft den Gesamtabfluss grosser Einzugsgebiete dar. (siehe 10-12)

Bild folie 10-16 und 10-17  
Auf Bergen, bei hohem Grundwasserspiegel infiltriert das Wasser, in Tälern exfiltriert das Grundwasser. Ist die Topographie linear ansteigend, ergibt sich ein einfaches Fließsystem, steigt die Topographie nicht monoton an, ergibt sich ein Fließnetz mit mehreren Fließsystemen auf verschiedenen Grössenskalen, es entwickeln sich kleine lokale und intermediäre Exfiltrationsgebiete.

Sandsteine sind wichtige regionale Aquifere und Speichergesteine für Kohlenwasserstoffe. Sie sind typische poröse Medien, hier gilt das Darcy-Gesetz in der Regel ohne Einschränkung. Sand hat eine hohe Porosität (30-50%). Durch die Diagenese, wo aus Sand Sandstein wird, kann die Porosität auf bis zu 1% reduziert werden. Sandsteine haben eine komplizierte Durchlässigkeit-Korngrösse-Porosität-Beziehung.

An der Untergrenze der Epikarstzone (Bereich der obersten verwitterten Bodenschicht und darunter folgende Auflockerungszone) können sich durch Einschwemmung von Lockergesteinsmaterial lokal gesättigte Bereiche bilden. Diese nennt man schwebende Grundwasservorkommen, da sich darunter meistens ungesättigte Gesteine befinden.

Wie wirken sich heterogene Aquifere auf die regionalen Grundwasserflüsse aus?

Welche Inhaltsstoffe können im Wasser auftreten?

Was sind Härtegrade?

Wie wird Grundwasser eingeteilt/charakterisiert?

- Gesamthärte: Summe der Konzentration an Ca und Mg-Ionen, für Härtegrade wird beides auf Ca umgerechnet
- Karbonat-Härte: Summe aller Hydrogenkarbonat- und Karbonationen

1° franz. Härte = 10 mg/l CaCO<sub>3</sub>

1° dt. Härte = 10 mg/l CaO

weich: <15; hart: 15-25; sehr hart: >25 (alle frz. Härte)

Folien 10-19, 10-20 und 10-21

- Durchlässige Bereiche in gering durchlässigem Material: die Durchlässige Schicht zieht das Wasser an und umgekehrt
- Geschichtete Aquifere bewirken erhöhten Durchfluss in durchlässiger Schicht, erhöhte Durchflüsse bewirken eine Vergrößerung des Exfiltrationsgebiets.
- Tiefliegende Aquifere verstärken regionale Fliesssysteme
- Grössere isolierte Aquifere in grösseren Tiefen können an der Oberfläche zu isolierten Exfiltrationsgebieten führen
- Lokale und regionale Fliesssysteme mit komplexen topographischen und geologischen Verhältnisse sind sehr sensitiv auf kleine Änderungen

Folie 11-7

- Schöller-Diagramm: x-Achse versch. Ionen; y-Achse Konzentration in mval/l oder meq/l
- Piper-Diagramm:
- Einteilung aufgrund der Inhaltsstoff, Ionenkonzentrationen als Prozent der Gesamtionensumme (mval%)

- Ionen: Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, .....(siehe 11-6)
- Gelöste Gase: CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>
- Spurenstoffe: Ionen, Schwermetalle, organische Stoffe, Huminstoffe,.....
- Schwebstoffe: Filtrationsrückstand

Ionenbilanz:

$\{\sum(\text{Kationen}) - \sum(\text{Anionen})\} / \{0.5 * [\sum(\text{Kationen}) - \sum(\text{Anionen})]\}$  in meq/l

Welche Reaktionen finden im Boden und im Grundwasser statt?

Wie verändert sich das Wasser vom Eintritt in den Boden bis zum Grundwasser?

Wie unterscheiden sich Niederschlagswasser, Bodenwasser und Grundwasser voneinander? Welche Reaktionen finden statt?

Welche Transportprozesse finden im Grundwasser statt?

- Niederschlag: O<sub>2</sub> reich; kontakt mit Atmosphäre; pH ~5.6; saurer Regen pH ~4.3
- Bodenwasser: zusätzliche Anreicherung mit CO<sub>2</sub>, Abreicherung von O<sub>2</sub> (Pflanzen), Nitratlösung in landw.geprägten Böden
- Grundwasser: Lösung von salzen und Karbonat-zement; Kationentausch; Kationenfreisetzung, Tendenz zu weicherem Wasser da Bindung von Ca und Mg

- Verwitterung:
- Redox-Prozesse (bakteriell katalysiert)
- Ionentausch, Kationentausch, z.B. NaR + H<sup>+</sup> <->HR + Na<sup>+</sup>
- Aufbau von Biomasse und Humus
- Verdampfung in ungesättigter Zone, volatile Stoffe
- Komplexbildung, z.B. metallorganische Komplexe

- Advektion: Transport mit der Bewegung des GW.  
Formel 11-12
- Diffusion: Transport durch Molekularbewegung, Stoffausbreitung aufgrund Konzentrationsgradient
- Dispersion: Verteilung der Stoffe durch Heterogenität des Aquifermaterials und durch molekulare Diffusion
- Retardation: Rückhalt von Stoffen durch Interaktion der Stoffe mit dem Aquifermaterial  
Formel 11-17
- Reaktion: Massengewinn oder -verlust durch Abbau, Zerfall, Mineralbildung, Speziation

- Oberfläche. Lösliche Mineralien werden ausgewaschen, Nitrat, Sulfat und Hydrogenkarbonat-ionen herrschen, oxische Bedingungen
- Hydrogenkarbonat-ionen nehmen zu, Sulfat dominiert aber später, weicherer Wasser (Ionenaustausch), reduzierende Bedingungen
- Stagnierendes Grundwasser, Na und Cl Ionen herrschen

Transportgleichung:

Speicherung = Adv – Diff – Disp ± Reaktion

## Diffusion

## Dispersion

Erstellt durch Caro Baumgartner

Seite 97 von 134

Frage

Erstellt durch Caro Baumgartner

Seite 99 von 134

Frage

## Auswirkung von Transportprozessen

## Welche Arten von Grundwasserverschmutzung gibt es?

Erstellt durch Caro Baumgartner

Seite 101 von 134

Frage

Erstellt durch Caro Baumgartner

Seite 103 von 134

Frage

Dispersion bewirkt eine Verteilung der Stoffe im Raum, wodurch sich der Massenfluss verringert. Sie hängt vom Medium und von der Strömung ab

Formel 11-15

- Mechanische Dispersion
- Molekulare Dispersion

11-13, 11-14

Massenfluss (1. Fick'sches Gesetz):

In porösen Medien:

Konz in Raum und Zeit (2. Fick'sches Gesetz)

- Punktuell: Altlast, Deponie, Öltank, Unfall, Leckage in einer Leitung
- Flächenhaft: landwirtschaftliche Fläche, Luftschadstoffe, Überschwemmungen, Salzwasserintrusion
- Linienförmig: Strasse (Salz), Bahngleis (Herbizide)

→müssen alle unterschiedlich behandelt werden

folie 11-19

Wie verläuft die Salzwasserintrusion in Küstengebieten?

- Künstliche Tracer

Welche verschiedenen Tracerversuche gibt es?

Wie werden Durchbruchkurven Ausgewertet?

Folie 11-22 zeichnen

- Dublette
  
- Radial konvergierend
  
- Natürlicher Gradient
  
- Einbohrlochverfahren

Salzwasserintrusion findet dann statt, wenn ein Salzwasserkörper in einen Süßwasserkörper eindringt.

Formel für das Verhältnis Süßw/Salzw.:

Folie 11-22

Wenn sich der Grundwasserspiegel verändert, verändert sich auch der Salzwasserspiegel. Salzwasser kann dann in z.B. Brunnen eindringen. Sanierungen dauern lange und sind schwierig.

Folie 11-24 abzeichnen

- Was: Markierungsstoffe wie Fluoreszenztracer, Salz, Farbstoffe, Schwebestoffe, Organismen, reaktive Substanzen, Grenzflächentracer, partitionierende Tracer, isotopendotierte Stoffe. Ein idealer Tracer wäre: unschädlich, preiswert, wasserlöslich, leicht quantitativ nachweisbar, nichtreaktiv, stabil, nicht im System natürlich vorkommend
- Wie viel: abhängig von Tracer, Dauer Entfernung, erwartete Konz. Bei Beobachtung und Hintergrundkonzentration
- Wo: Zugabe/Beobachtungsstellen: Dolinen, Bachschwinden, Bohrungen, Quellen
- Wie lange: kommt auf Entfernung Probenahmeintervall und Probenahmeart an.

Welche rechtlichen Grundlagen betreffend Grundwasser gibt es in der Schweiz?

Welche Bestimmungsmethoden im Labor gibt es?  
Was ist der Nachteil?  
Wie kann man dies lösen?

Wie hängt die Schwankung des Grundwasserspiegels mit dem Speicherkoeffizient zusammen?

Wie funktioniert ein Aquifertest?

Je kleiner der Speicherkoeffizient desto grösser die Schwankung

- Gewässerschutzgesetz, Grundwasserschutzverordnung, Gewässerschutzkarten
- Wegleitung Grundwasserschutz
- Regelwerke zu Abwasser, Abfälle, Altlasten

#### Folie 12-12

Es wird mit konstanter Rate Wasser aus einer Bohrung entnommen. Um die gepumpte Bohrung entwickelt sich ein Absenktrichter. In einem ungespannten Aquifer entspricht der Absenktrichter der Lage des Grundwasserspiegels, in einem gespannten Aquifer entspricht er der potentiometrischen Oberfläche. Die Form des Absenktrichters ist eine Funktion der Aquifertransmissivität, der Speicherkapazität, der Homogenität und der Isotropie. Bei einem homogenen isotropen Aquifer bildet sich ein konzentrischer Absenktrichter.

#### Auslaufversuche (n)

Permeameter, Darcy-Experiment (K) 8-21

Empirische Beziehungen (n,  $s_y$ , K) 8-22

Nachteil: Punktwerte sind evtl. nicht repräsentativ für grössere Gebiete

Lösung: z.B. viele Proben messen

Warum werden Quelfassungen ausgebaut?  
Zeichne eine Quelfassung.

Welche Probleme mit dem Grundwasser beschäftigt die Menschheit?

Was ist das Prinzip von Piezometer Tests?

Zähle ein paar Methoden zur Messung der Grundwasserneubildung auf  
und erörtere deren Stärken und Schwächen?

Auch slug test oder bail test genannt. Hier wird in einem Pumploch plötzlich Wasser herausgepumpt oder hereingepumpt. Dabei werden die Druckreaktionen des Aquifers registriert und anschliessend interpretiert (K, S).

Quellen stehen in Kontakt mit der Oberfläche und sind somit sehr stark von oberflächlichen Verschmutzungen bedroht.  
Zeichnung 12-3

Die Grundwasserneubildung kann auf verschiedene Arten berechnet werden:

- Aus Abflussganglinien, dabei wird der Wasserabfluss an der Oberfläche im Fluss direkt gemessen. Ungenau, man kann Oberflächenzuflüsse von unterirdischen Zuflüssen nicht unterscheiden
- Direktmessung, dabei sind spezielle Vorrichtungen zum Auffangen des Wassers nötig. Aufwendig und kostspielig
- Durch Ganglinienseparation, dabei handelt es sich um eine mathematische Berechnung, die auf rein empirisch gefundenen Gesetzen basiert. Hier sind Erfahrungswerte gefragt, die an Extremstandorten nur schlecht zutreffen. Dafür günstig und einfach
- Aus Bodenwasserbilanz, dabei wird der Input mit dem Output verglichen. Oft gibt die Bilanz null, doch in den Monaten Januar und Februar kann der Abfluss mehr Wasser enthalten. Auch hier ist nicht genau ersichtlich von wo das Wasser dazukommt.

Verbunden mit dem Grundwasser treten folgende Probleme auf.

- Mengenproblem, dabei geht es um die Verfügbarkeit von Wasser im Gesamten zum steigenden Bedarf
- Verteilungsproblem, dabei geht es um die regionale Verfügbarkeit von Wasser in Bezug auf den Ort wie auf die Zeit
- Qualitätsproblem, dabei geht es um die Verunreinigung des Wassers

Die effektive Fließgeschwindigkeit durch ein poröses Medium ist grösser als die Filtergeschwindigkeit  $v$  nach Darcy. Erkläre und erwähne, weshalb diese Unterscheidung in der Praxis von Bedeutung ist!

Die Dichte von 20°C warmem Wasser (alles bei Normaldruck) ist tiefer als jene von Wasser bei 0°C. Trotzdem ist die hydraulische Durchlässigkeit im ersteren Fall höher. Woran liegt das?

Für einen Grundwasserfluss senkrecht zu einer horizontalen Schichtung muss gelten: a) Gesamtdurchfluss muss der Summe der Durchflüsse durch einzelne Schichten entsprechen, oder b) die Darcy-Geschwindigkeit ist für alle Schichten dieselbe?

Lernkärtchen für

Hydrosphäre  
Teil Herfort

Prüfungen Herbst 2005

Erstellt durch  
Caroline Baumgartner

Gleichzeitig mit der Dichteabnahme mit zunehmender Temperatur findet eine Abnahme der Viskosität statt. Letzteres ist viel dominanter (d.h. die Differenz zwischen warmem und kaltem Wasser ist grösser) und ist deshalb für die hydraulische Leitfähigkeit entscheidender. Also: je wärmer das Wasser, desto grösser die Darcy-Geschwindigkeit. (Übrigens:  $k$  ist eine Eigenschaft des Mediums und nicht des Fluids)

Bei der Darcy-Geschwindigkeit wird die gesamte Querschnittsfläche betrachtet, durch die das Wasser austritt. Hingegen bei einem Körper mit Porenräumen tritt nur bei einem Prozentsatz dieser Fläche wirklich Wasser aus. Der Prozentsatz wird durch die Porosität des Mediums bestimmt (genauer: die nutzbare Porosität). Da aber immer noch dieselbe Menge Wasser durch die Querschnittsfläche fliesst, muss notwendigerweise die Geschwindigkeit, mit der das Wasser das Medium durchfliesst, zunehmen. Bei der Geschwindigkeit eines Tracers innerhalb eines Grundwasserleiters, die experimentell bestimmt werden kann, handelt es sich um die effektive Fliessgeschwindigkeit und nicht um die Darcy-Geschwindigkeit! Die Umrechnung findet dann über die im Labor bestimmte Porosität statt.

Lernkärtchen für

Hydrosphäre  
Teil Herfort

Prüfungen Herbst 2005

Erstellt durch  
Caroline Baumgartner

Es gilt b), da aus der letzten Schicht in einer bestimmten Zeiteinheit dieselbe Wassermenge ausfliessen muss, wie in die erste Schicht eingeflossen ist.