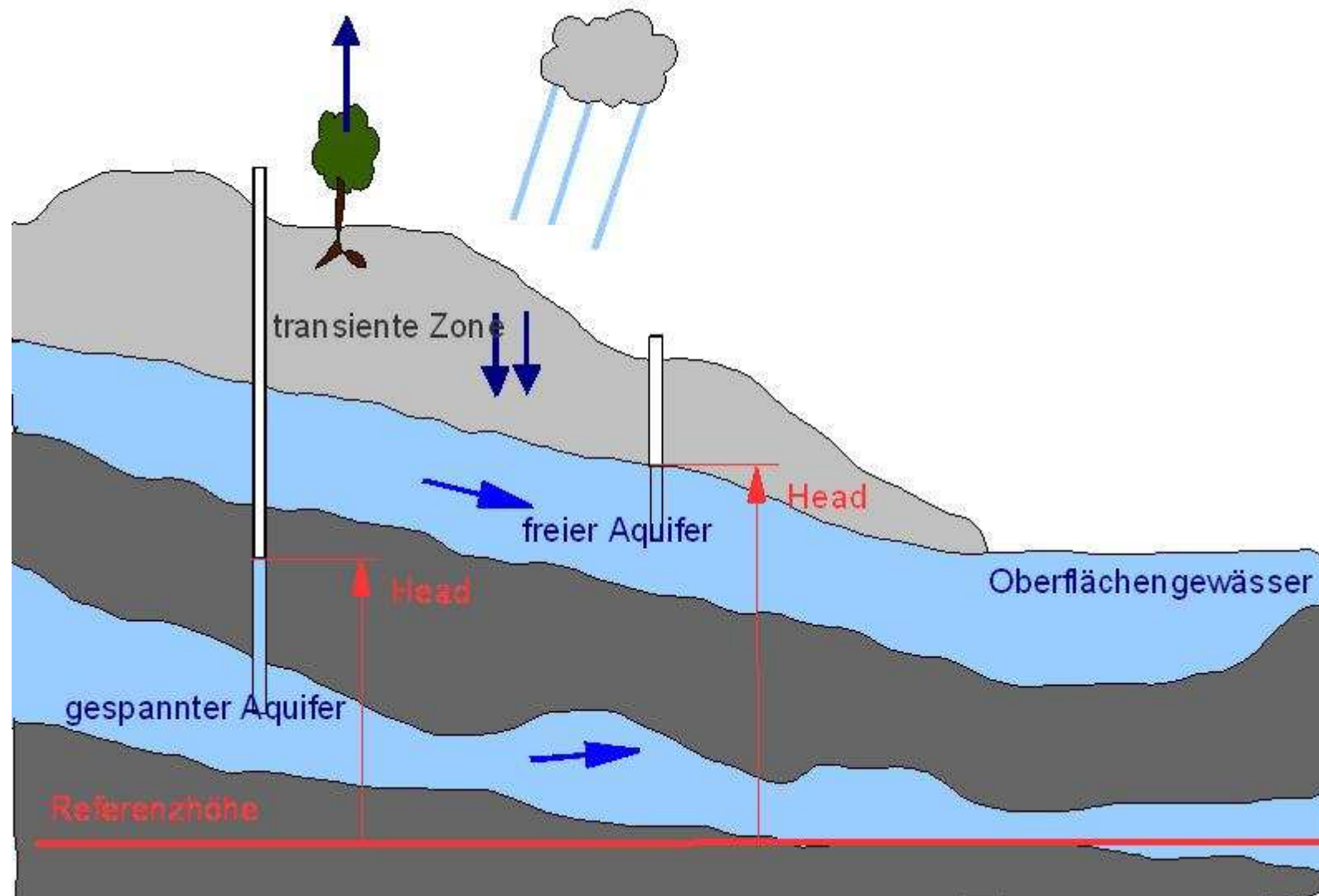


Grundwassermodellierung

Workshop Modellierung

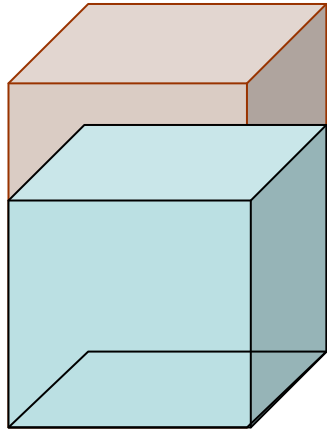
Seggau, 29.1.-31.1.2007

Grundwasserleiter



Head

- Head oder Piezometerhöhe: Die Höhe des Wasserstandes über Referenzhöhe in einer (gedachten) Probebohrung in den Grundwasserleiter.
- Bei freien Grundwasserleitern ist der Head zugleich der Grundwasserspiegel.



Welches Volumen
ist im Boden-Wasser
Gemisch gespeichert?

Speicherung

$$\Delta V = AS\Delta h$$

Änderung des
gespeicherten
Volumens

Grundfläche

Speicher-
kapazität

Änderung
des Head

Freier Grundwasserleiter:

Erhöhung des Grundwasserspiegels.

S: Porosität

$S = 0.05-0.30$

Gespannter Grundwasserleiter:

Kompression der Luftvolumina in den Poren, evtl. Kompression des Bodenmaterials.

S: Kompressibilität des Materials.

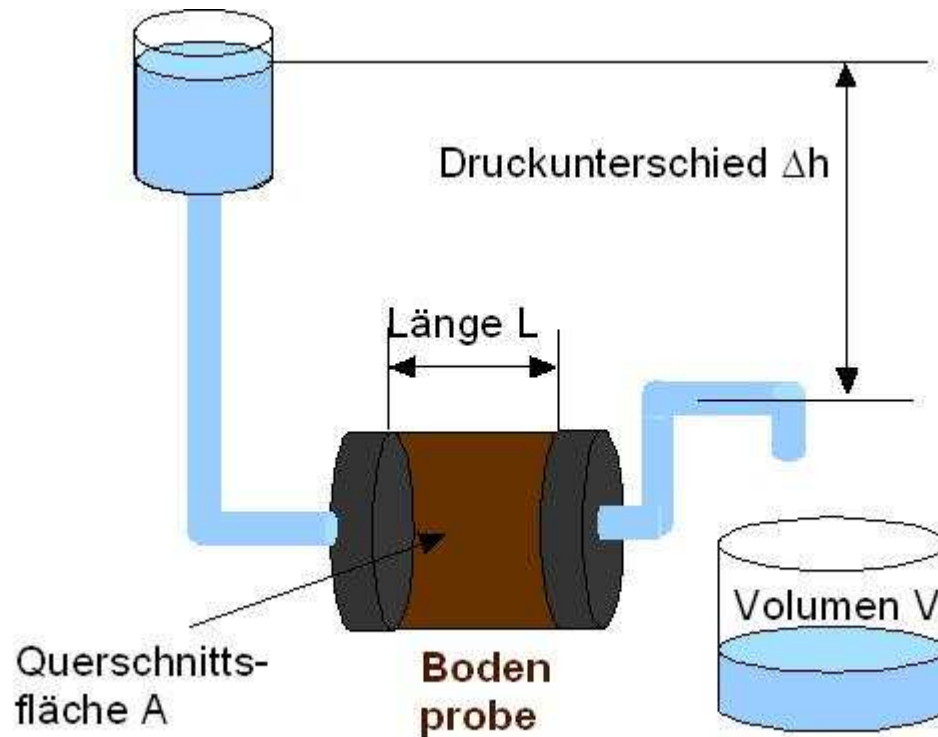
$S = 10^{-6}-10^{-2}$

Darcysches Gesetz

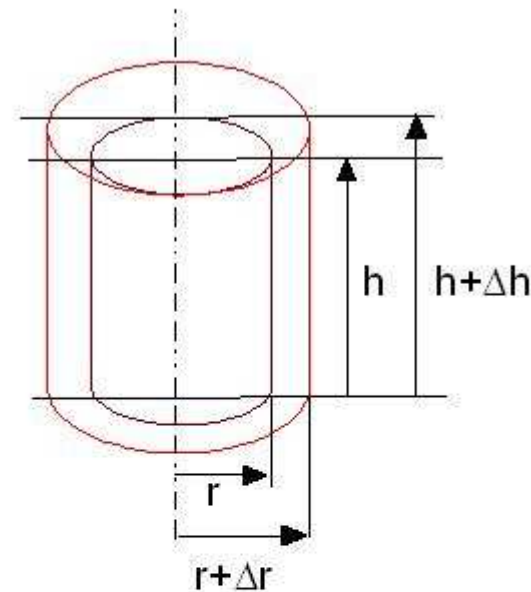
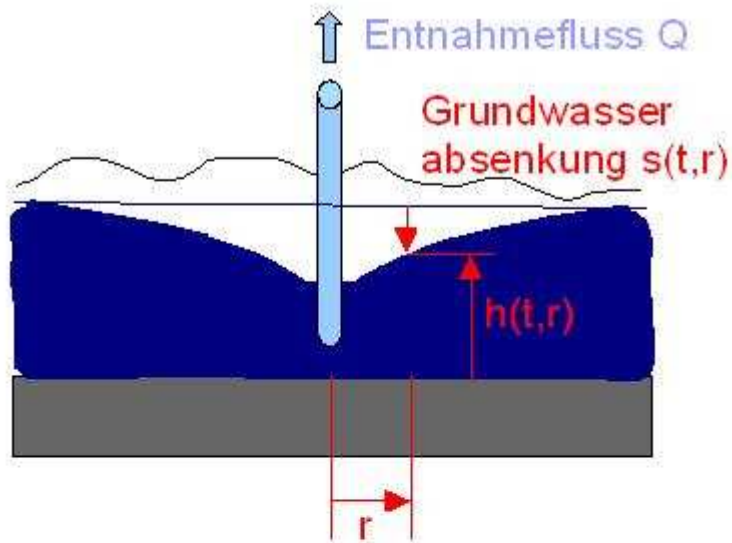
Wieviel Wasser sickert in
der Zeit t durch die
Versuchsanordnung?

$$V = k \frac{\Delta P \cdot A \cdot t}{L}$$

↑
hydraulische Leitfähigkeit



Brunnenmodell



Fluss einwärts durch inneren Zylinder: $k.2\pi rh.\frac{\partial h}{\partial r}$

Mengenbilanz Volumen zwischen Zylindern:

$$\frac{\partial}{\partial t}[(2\pi r \Delta r).S.h(r)] = k.2\pi \left[(r + \Delta r)h(r + \Delta r) \frac{\partial h(r + \Delta r)}{\partial r} - rh(r) \frac{\partial h(r)}{\partial r} \right]$$

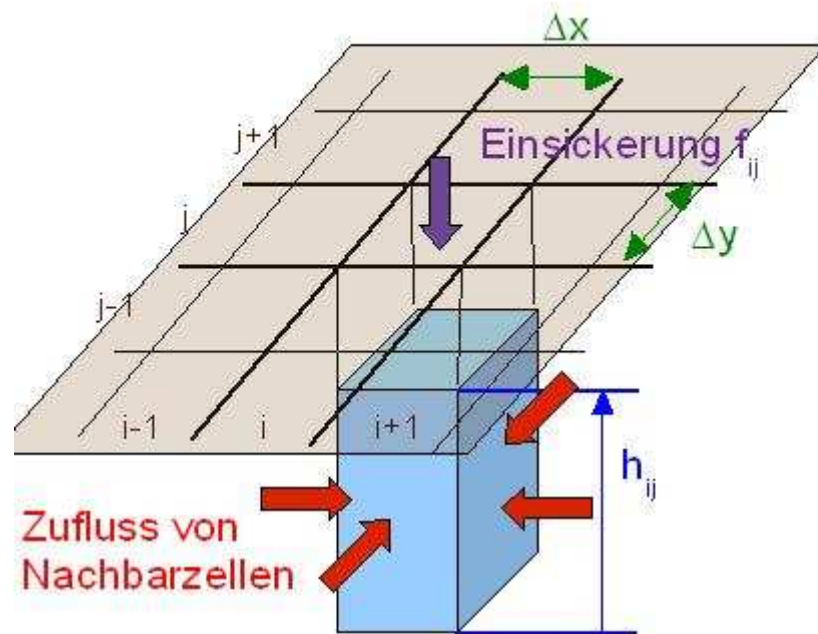
$$S \frac{\partial}{\partial t} [rh(t, r)] = k \frac{\partial}{\partial r} \left[rh(t, r) \frac{\partial h(t, r)}{\partial r} \right]$$

Randbedingung:
R: Brunnenrohr-Radius

$$Q = k.2\pi R h(t, R) \cdot \frac{\partial h}{\partial r}(t, R)$$

Zellenmodell

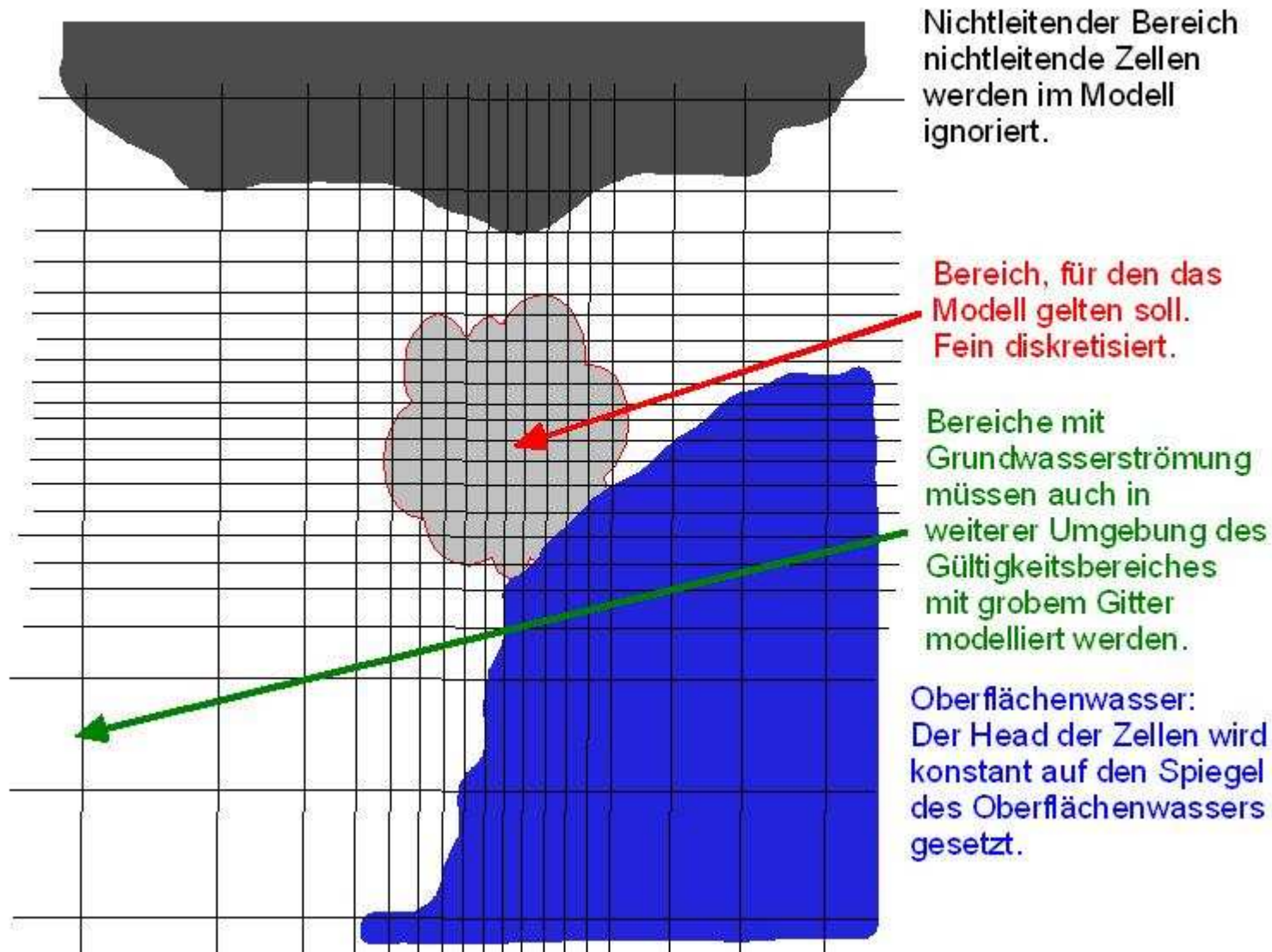
Mengenbilanz in Zelle i,j:



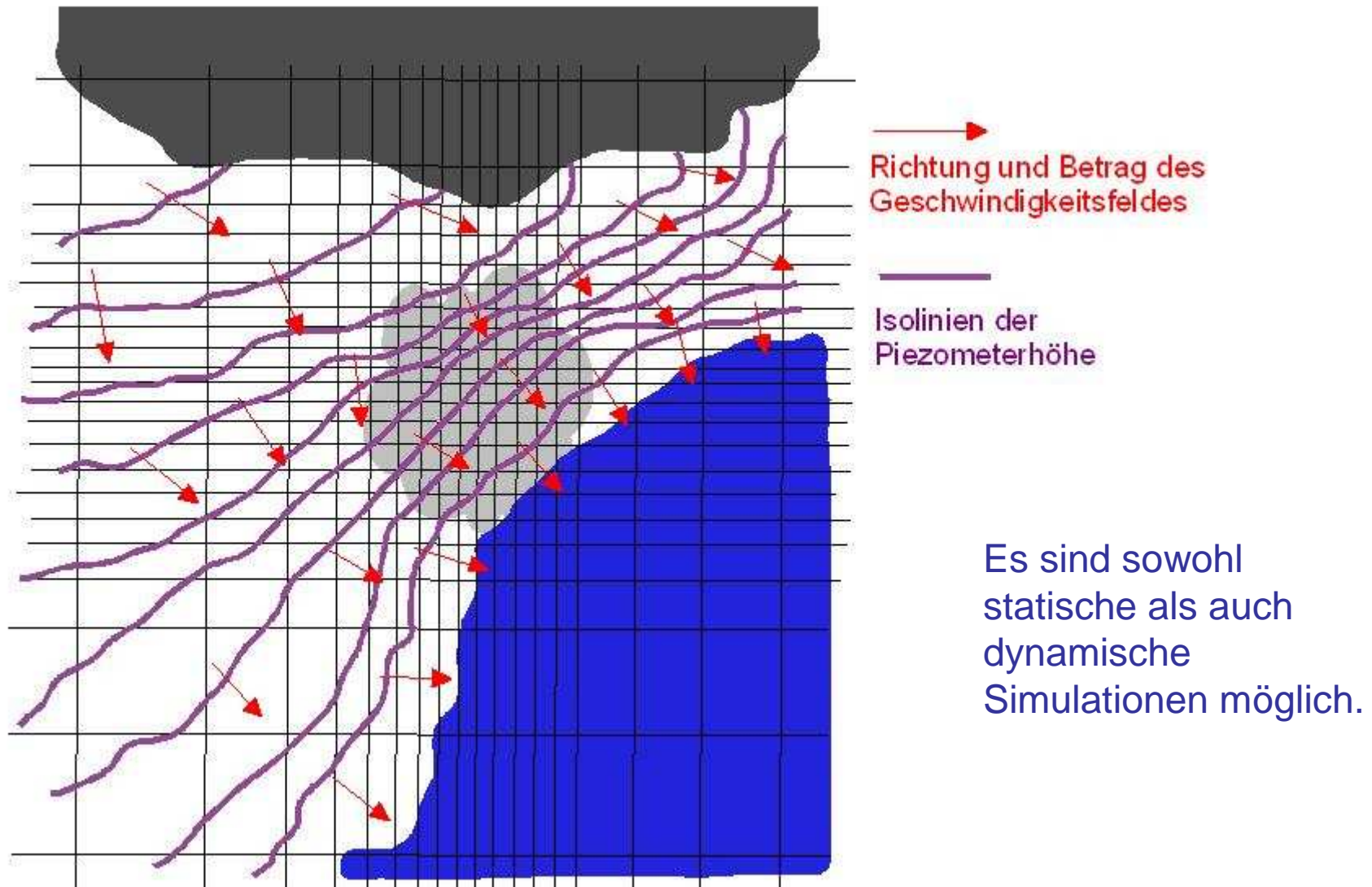
$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} [S \cdot \Delta x \Delta y \cdot h_{i,j}] = & k \cdot \Delta y \cdot \frac{h_{i+1,j} + h_{i,j}}{2} \cdot \frac{h_{i+1,j} - h_{i,j}}{\Delta x} + \\ & k \cdot \Delta y \cdot \frac{h_{i-1,j} + h_{i,j}}{2} \cdot \frac{h_{i-1,j} - h_{i,j}}{\Delta x} + \\ & k \cdot \Delta x \cdot \frac{h_{i,j+1} + h_{i,j}}{2} \cdot \frac{h_{i,j+1} - h_{i,j}}{\Delta y} + \\ & k \cdot \Delta x \cdot \frac{h_{i,j-1} + h_{i,j}}{2} \cdot \frac{h_{i,j-1} - h_{i,j}}{\Delta y} + \\ & \Delta x \Delta y \cdot f_{i,j} \end{aligned}$$

Das ist eine Finite-Differenzen-Diskretisierung einer nichtlinearen partiellen Differentialgleichung (Boussinesq-Gleichung). Bei gespannten Grundwasserleitern ist die Gleichung linear.

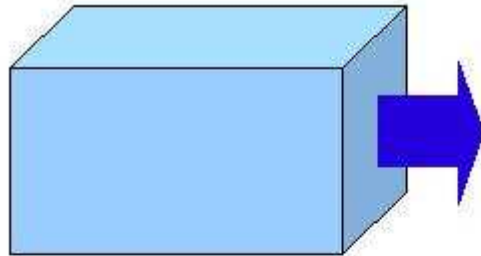
Anlegen des Gitters



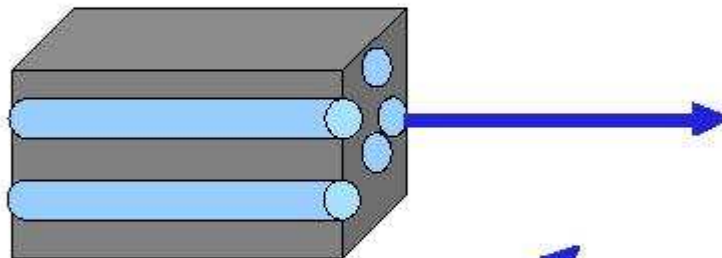
Output einer Grundwassersimulation



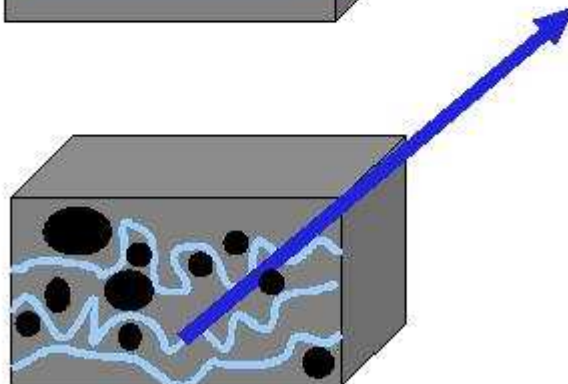
Geschwindigkeiten



Darcygeschwindigkeit
Durchsatz bezogen auf
Gesamtquerschnitt



Tracergeschwindigkeit:
Nicht der gesamte
Querschnitt kann
durchflossen werden.
Tatsächlich ist die
Nettogeschwindigkeit in
Längsrichtung schneller.



Bahngeschwindigkeit:
Die einzelnen Teilchen
bewegen sich nicht in
Richtung des
Nettoflusses. Die
ungleichen Bahnlängen
bewirken Dispersion.