

Modul 6 Grundwasserhydrologie

Teil 2 Grundwasserströmungsberechnung

7. Das Hydrogeologische **Konzeptmodell**

Prof. Dr. Ralph Watzel

Regierungspräsidium Freiburg
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau
Albertstraße 5
79104 Freiburg im Breisgau
ralph.watzel@rpf.bwl.de

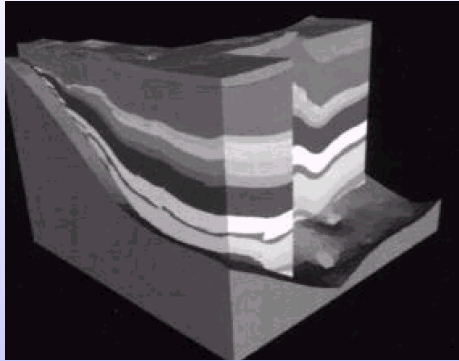
Der Modellbegriff

Ein Modell ist eine bestimmte Vorstellung, die eine Annäherung an die reale Welt repräsentiert.

Physikalische Modelle: (z.B. Sandtanks) simulieren den Grundwasserfluss direkt.

Mathematische Modelle: simulieren den Grundwasserfluss indirekt mittels mathematischer Gleichungen, die die Standrohrspiegelhöhe oder den Wasserfluss innerhalb eines Modellbereichs beschreiben.

Physikalische Modelle



Karten und Körper

Sandkasten

Lysimeter



Säulen- oder Batch-Versuche

Mathematische Modelle

- Empirische Modelle
- Stochastische Modelle
- Black-Box- oder Lumped-Parameter-Modelle
- Deterministische Modelle
 - analytische Lösungen oder Modelle
 - numerische Lösungen oder Modelle

Analoge Modelle: Karten & Körper

Vorteile:

- anschaulich, überschaubar, plausibel

Nachteile:

- zeitaufwendig in Aufbau und Auswertung
- Übertragbarkeit begrenzt, i.w. qualitative Aussagen, eingeschränkte Prognosen

Beispiel: Hydrogeologische Karten

Black-Box-Modelle

Vorteile:

- Ergebnis auf Knopfdruck (Inputfunktion)
- Ergebnis ist „richtig“ (Annahmen)

Nachteile:

- beschreibt gesamtes System als eine Box
- keine Aussagen innerhalb der Box
- keine Komponentenbetrachtung

Beispiel: Verweilzeiten mittels Isotopen

Analytische Modelle

Vorteile:

- Ergebnis auf Knopfdruck (Gleichung)
- Ergebnis ist „richtig“ (Annahmen)

Nachteile:

- nur einfachste Randbedingungen
- keine Heterogenität
- Dimensionalität eingeschränkt

Beispiel: Pumpversuchsauswertungen

Numerische Modelle

Vorteile:

- beliebige Randbedingungen
- beliebige Heterogenitäten
- beliebige Anisotropie
- 1D, 2D, 3D, 4D

Nachteile:

- zeitaufwendig
- Verifizierung eingeschränkt bis unmöglich

Abstraktionsgrad

Zunehmende Abstraktion der realen Welt



Reale Welt

geometrisch,
konzeptionell



konzeptionelles
Modell

prozedural



numerisches Modell

Zweck von Modellen

Unterschiedliche Modellzwecke:

Voraussagend: Modelle werden genutzt, um die Auswirkungen einer beabsichtigten Handlung vorauszusagen.

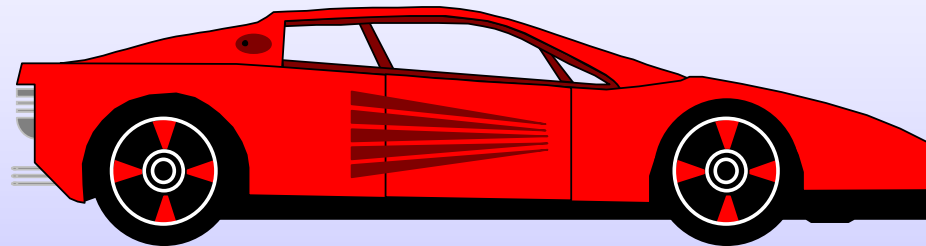
Interpretierend: Modelle werden genutzt, um das Verhalten real existierender, orts-spezifischer Systeme zu untersuchen und zu interpretieren.

Das Konzeptmodell

- Ein hydrogeologische Konzeptmodell ist ein bildhafte Repräsentation eines Grundwasserströmungssystems.
- Das hydrogeologische Konzeptmodell besteht aus drei Bestandteilen:
 - Festlegung des Modellraums und der hydrostratigraphischen Einheiten
 - Abschätzung der Randbedingungen und einer 0-D Wasserbilanz für den Modellraum
 - Festlegung des hydraulischen Fließverhaltens und des Modellierungszeitraums

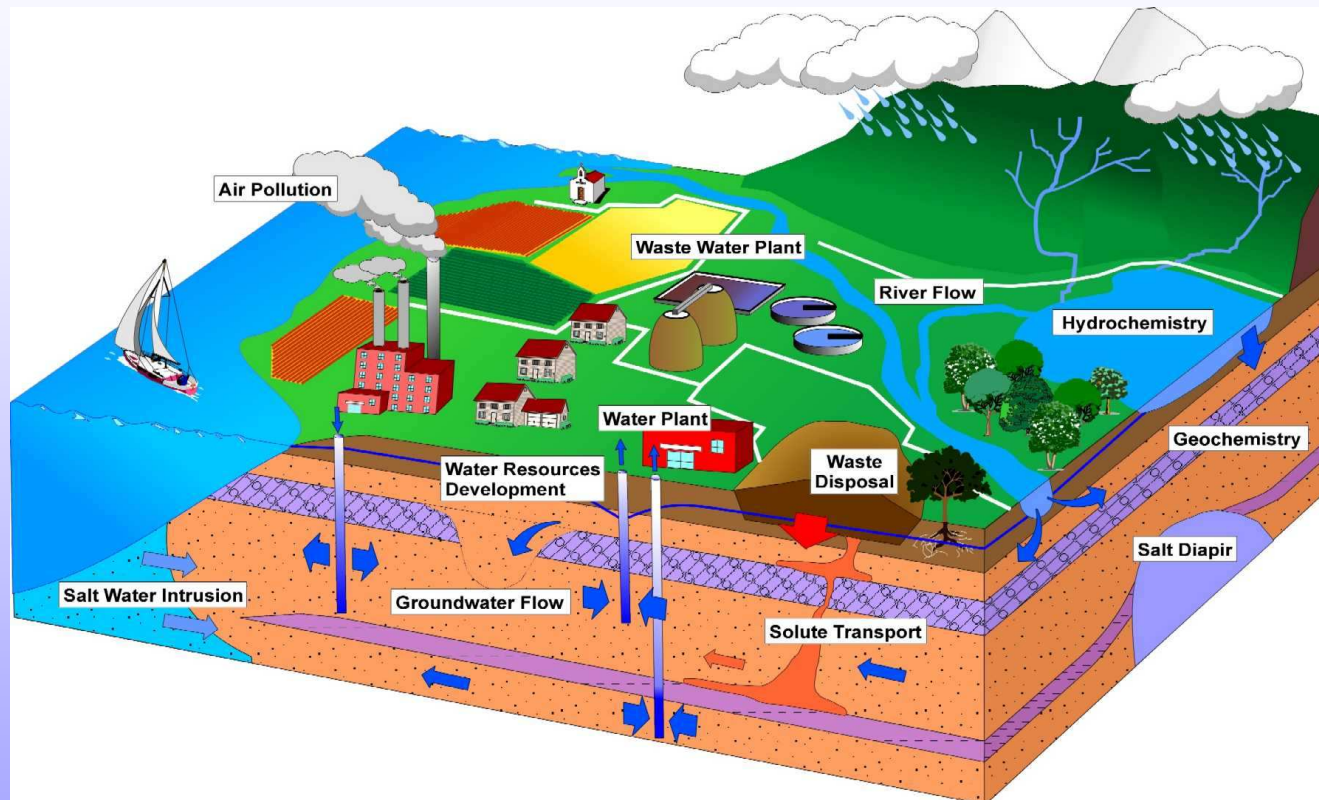
Das Konzeptmodell

„Bildhafte“ Repräsentation => Spielzeugauto



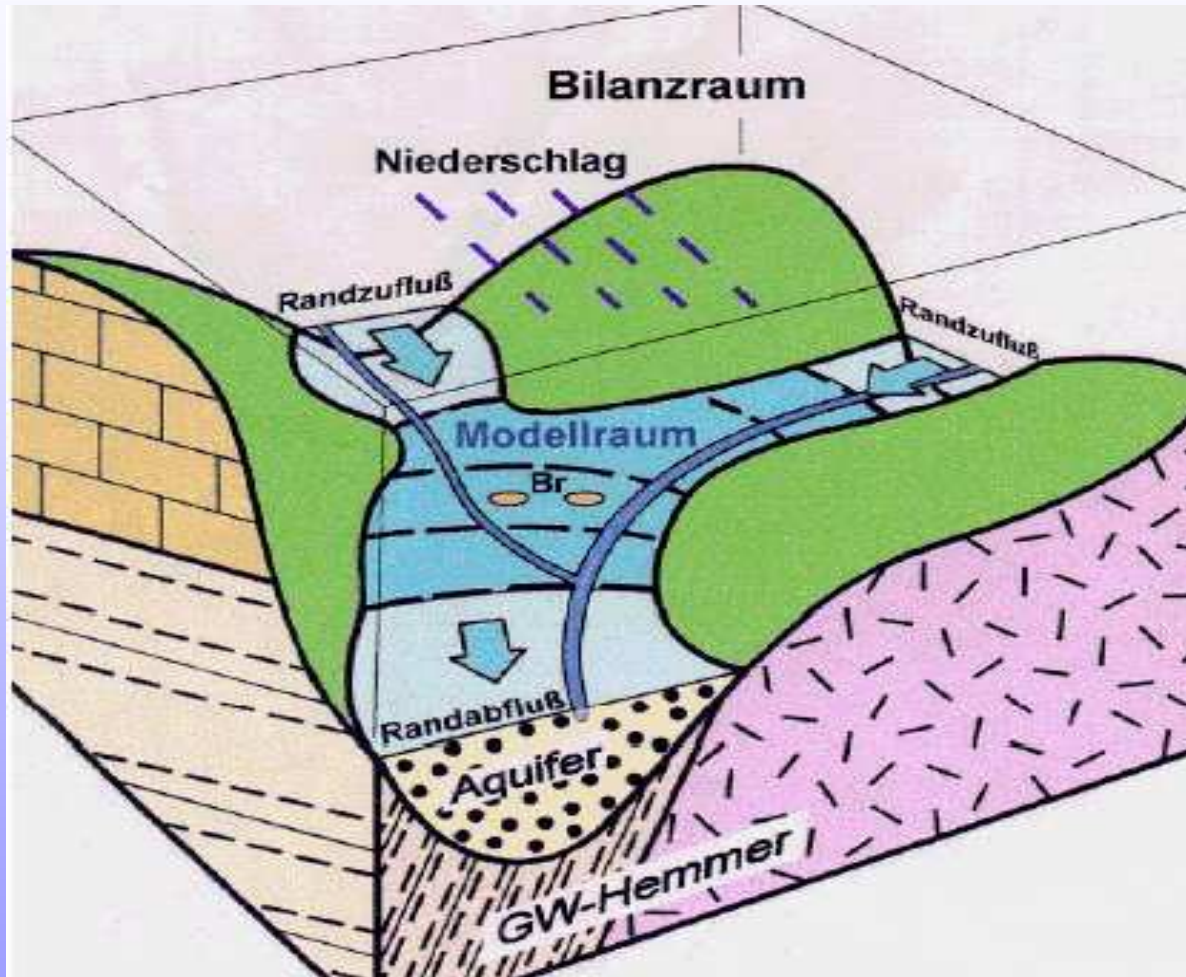
Das HKM muss die hydrogeologischen Gegebenheiten im Sinne der Fragestellung abstrahieren und schematisieren, ohne wesentliche, systemsteuernde Größen zu vernachlässigen.

Geologischer Rahmen



Modellbereich ist Ausschnitt der realen Welt. Wo sind die Grenzen des Betrachtungs- bzw. Bilanzierungsraums?

Konzept der Geometrie



Wo sind die Grenzen des Modellraums innerhalb des Betrachtungs- oder Bilanzierungsraums?

Konzept der Geometrie

Mögliche Modellgrenzen sind:

- geologische Grenzen:
 - GWL grenzt an GWGL
 - GWL grenzt an anderen GWL
- geohydraulische Grenzen:
 - Stromlinien, Grundwasserscheiden
 - Grundwassergleichen
- hydrologische Grenzen:
 - Aquifer/Fluss, See, Moor

Konzept der hydrostrat. Einheiten

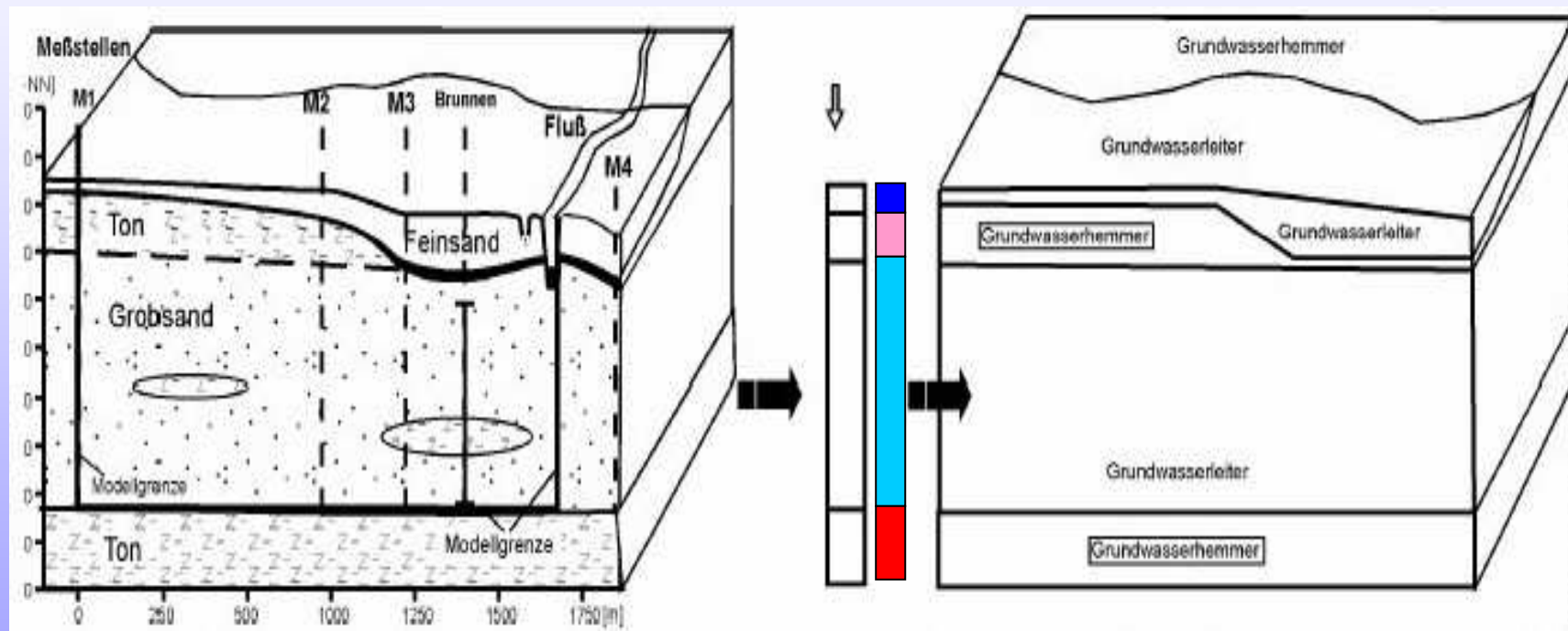
- Hydrostratigraphische Einheiten beinhalten geologische Einheiten mit ähnlichen Eigenschaften (Porenraum, Durchlässigkeit, Speichervermögen).
- Mehrere geologische Einheiten können zu einer einzigen hydrostratigraphischen Einheit zusammengefasst werden. Beispiel ?
- Oder eine geologische Einheit kann in GWL und GWGL unterteilt werden. Beispiel ?

Konzept der hydrostrat. Einheiten

**Geologische
Untergrundverhältnisse**

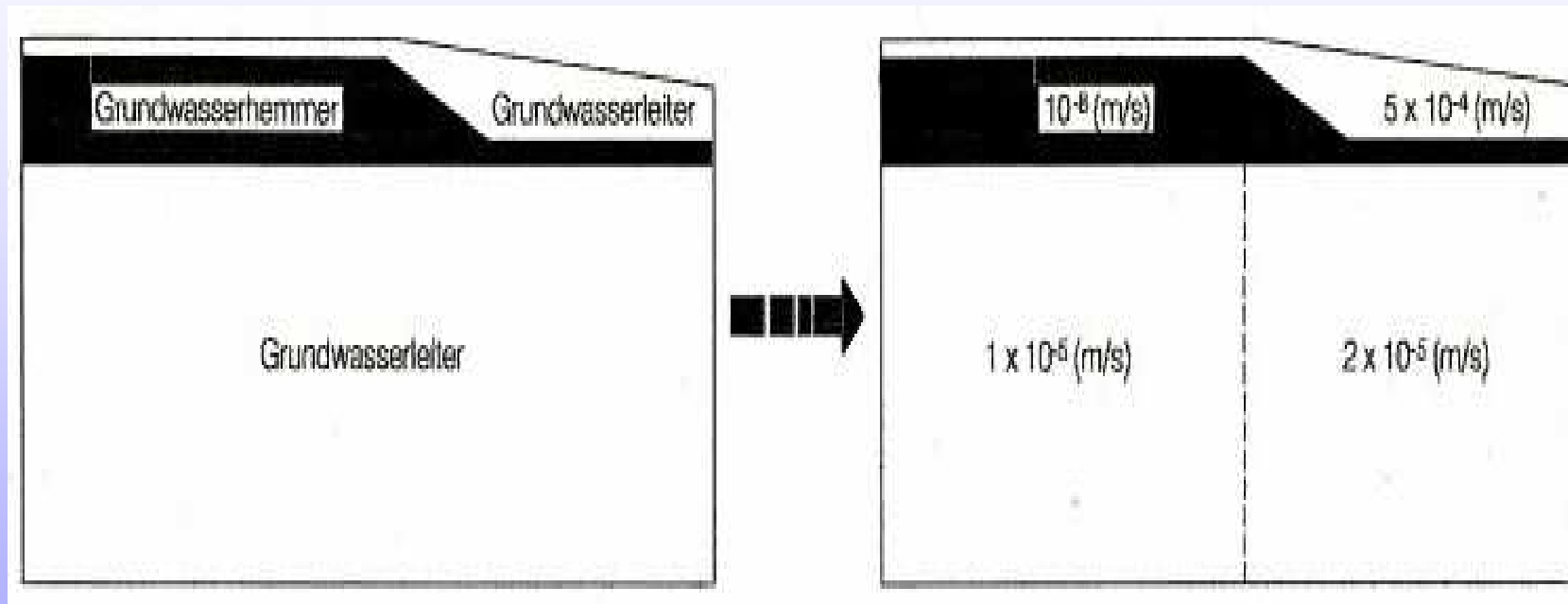
**Hydro-
stratigraphische
Einheiten**

**Hydrogeologisches
Geometriemodell**



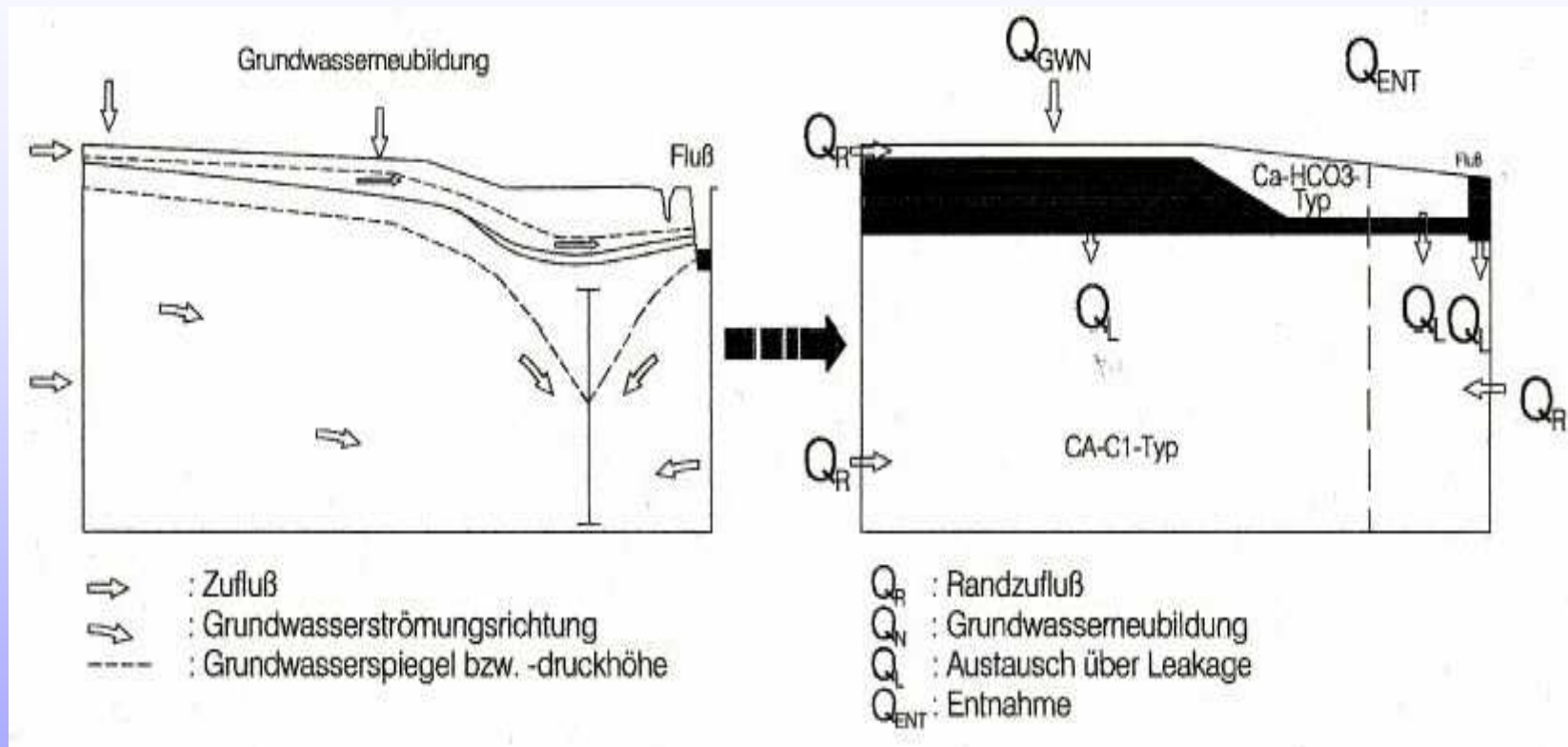
Erarbeitung eines hydrogeologischen Konzeptmodells =
Schematisierung und Vereinfachung

Schematisierung der Homogenität



Abgrenzung homogener Bereiche

Fließdynamik und Ränder



Formulierung von Randbedingungen anhand von Informationen zur Fließdynamik

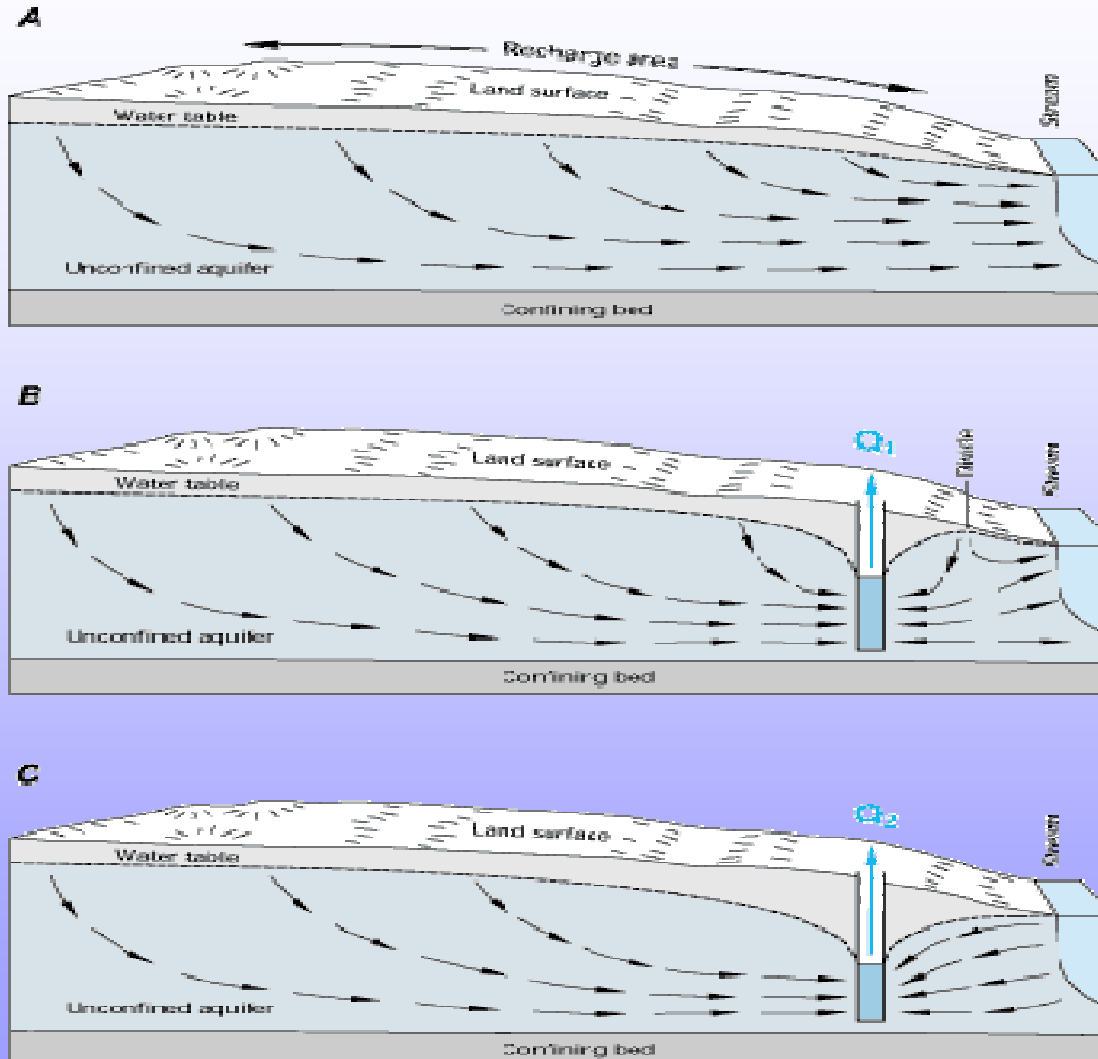
Wasserbilanz

- Zuflüsse in und Abflüsse aus dem Modellgebiet sollen Teil des HKM sein.
- Erstellung einer (semi)quantitativen 0-D Wasserbilanz für den Modellraum.
- Mögliche Komponenten:
 - Grundwasserneubildung
 - unterirdische Zu- oder Abfluss, Quellen
 - In- Exfiltration mit Oberflächengewässern
 - Grundwasserentnahmen
 - Wechselwirkung mit anderen Aquiferen

Grundwasserfließverhältnisse

- Hydro(geo)logische Informationen und Wasserspiegelmessungen zur Abschätzung:
 - Hauptfließrichtung des Grundwassers
 - Neubildungs- und Abstromgebiete
 - Wechselwirkung von Aquiferen und Flüssen
- Weitere Informationen über die Grundwasserfließverhältnisse:
 - hydrochemische Daten
 - isotopenhydrologische Daten

Grundwasserkomponenten



Hydrogeologisches Konzeptmodell

- starke Vereinfachung der realen Welt
- hängt ab vom Wissensstand (Datenlage), Komplexität des realen Systems, Projektziele, Projektressourcen
- erfordert alle verfügbaren Daten!
- **Keep It Small and Simple !**

Ergebnisse des Konzeptmodells

- Festlegung der Dimension für die Schematisierung (1-, 2-, 3-D)
- Beschreibung der geometrischen Ausdehnung
- Festlegung der hydro-stratigraphischen Einheiten und Homogenitätsbereiche, Zuweisung der Parameterwerte

Ergebnisse des Konzeptmodells

- räumliches hydraulisches Verhalten des Systems (frei, gespannt, artesisch) erkennen
- Art und Menge des Massentransports über die Ränder hinweg abschätzen
- Randbedingungen in jeder hydro-stratigraphischen Einheit festlegen

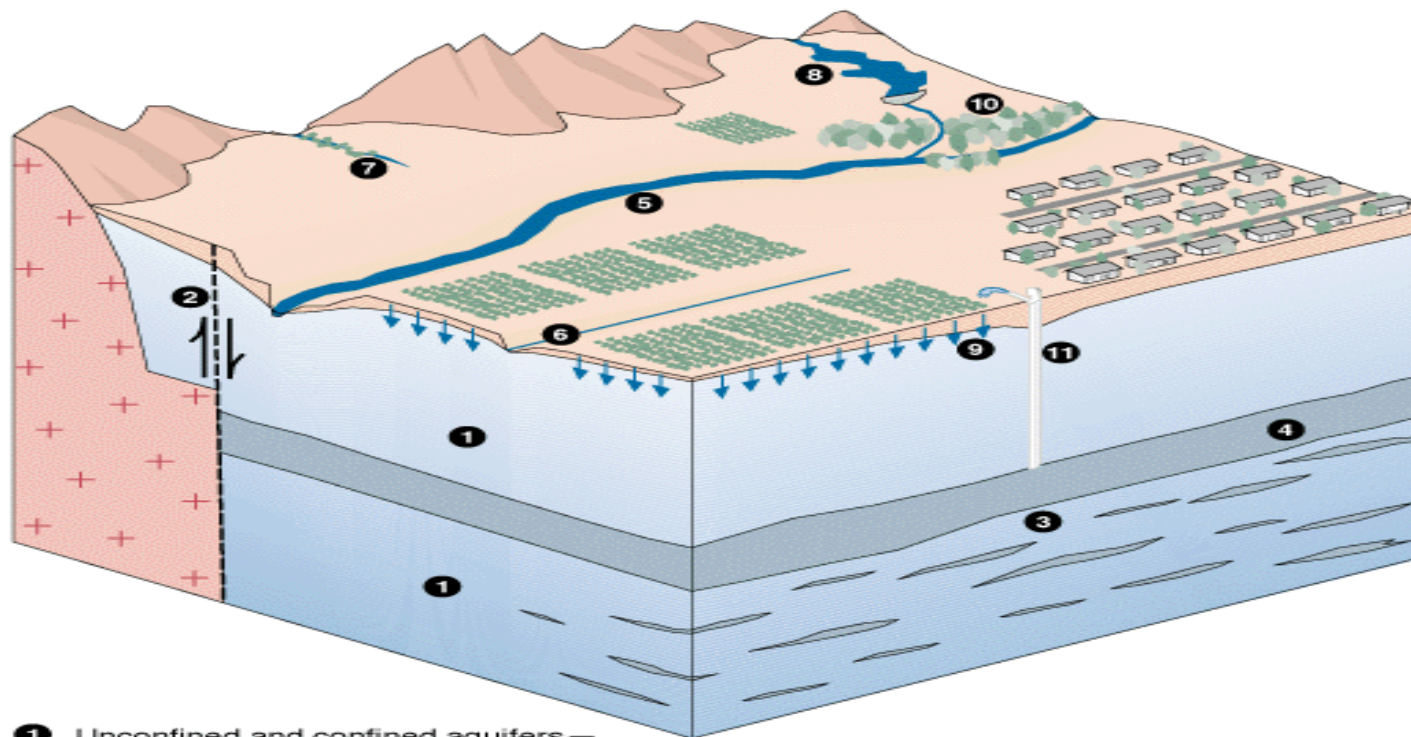
Ergebnisse des Konzeptmodells

- zeitliches Verhalten des Systems prüfen, repräsentative Zeitreihen oder Momentaufnahmen festlegen
- Grundwasserkomponenten identifizieren, kartieren und quantifizieren
- 0-D Wasserbilanz für das gesamten System erstellen bzw. abschätzen

Ergebnisse des Konzeptmodells

- Speicherung der geometrischen Daten im GIS
 - Aquifergrenzen, Brunnen- GWM- und Flusslokationen
 - Grundwassergleichen bzw. Isokonzen
 - Verteilung der Aquiferparameter
 - Bodenparameter für Grundwasserneubildung
- Speicherung der Sachdaten in einer Datenbank
 - Brunnenentnahmen
 - Wasserstände
 - Stoffkonzentrationen Daten von Brunnen und GWM

Ergebnisse des Konzeptmodells



- | | |
|--|---|
| ① Unconfined and confined aquifers — Ground-water flow and storage changes | ⑦ Ephemeral streams — Exchange of water with aquifers |
| ② Faults and other barriers — Resistance to horizontal ground-water flow | ⑧ Reservoirs — Exchange of water with aquifers |
| ③ Fine-grained confining units and interbeds | ⑨ Recharge from precipitation and irrigation |
| ④ Confining units — Ground-water flow and storage changes | ⑩ Evapotranspiration |
| ⑤ Rivers — Exchange of water with aquifers | ⑪ Wells — Withdrawal or recharge at specified rates |
| ⑥ Drains and springs — Discharge of water from aquifers | |

Figure 1. Features of an aquifer system that can be simulated by MODFLOW.

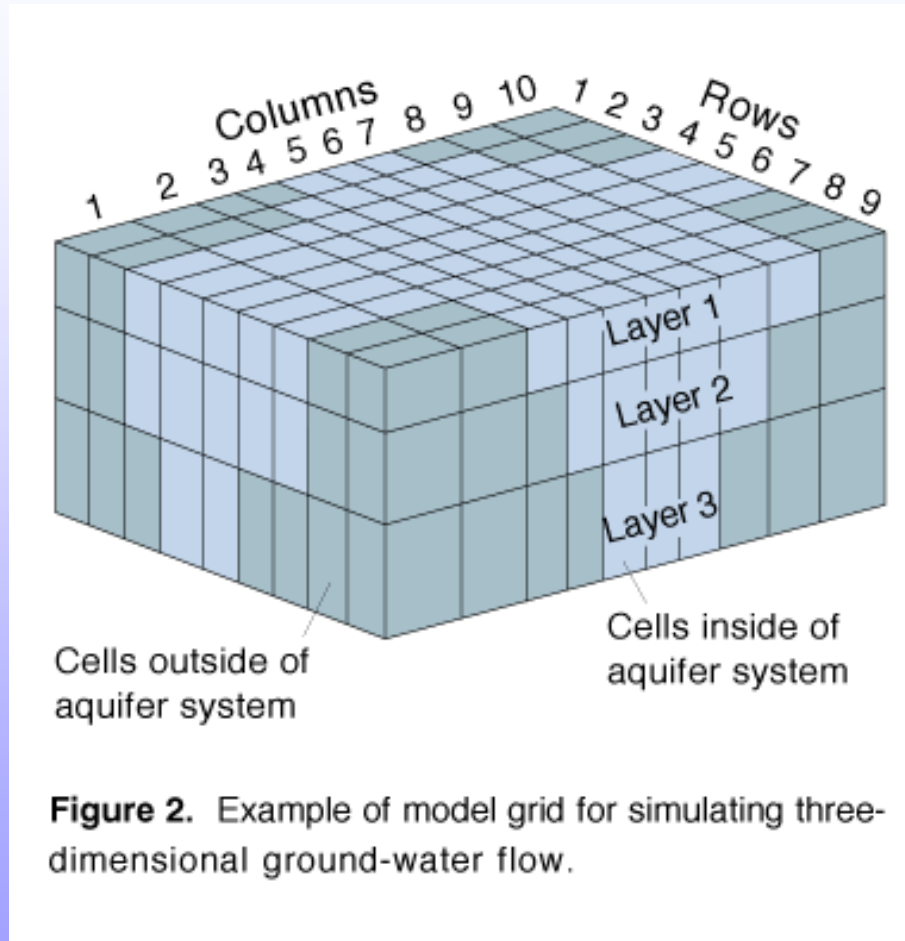
Qualität der Randbedingungen

- Fluss am Rand ist bekannt, z.B. Quellen, Brunnen und Drainagen
- Fluss am Rand kann gut geschätzt werden, z.B. Grundwasserneubildung aus Niederschlag
- Fluss am Rand kann schwer geschätzt werden, und muss vom Modell errechnet werden z.B. Austausch mit Oberflächengewässer oder cross-formation-flow
- Fluss am Rand ist unbekannt und muss vom Modell errechnet werden, z.B. Festpotenzial

Qualität der Parametrisierung

- repräsentative Durchlässigkeit /
Transmissivität / Speicherkoeffizient
- Bereiche freier und gespannter Verhältnisse
- repräsentative Homogenitätsbereiche
- Ausdehnung/Wirkung von Störungzonen
- Anwendbarkeit des DARCY-Gesetzes (Kluft-
und Karstaquifere?)

Konzeptmodell --> Numerisches Modell



Diskretisierung des numerischen Modells hängt vom Aquifer-system und seinen Randbedingungen (Rasterweite und -ausdehnung) und numerischen Anforderungen ab v.a. beim Transport!

Physik von Strömung und Transport

- Grundwasserströmung wird durch das DARCY-Gesetz beschrieben
- Massenbilanz: Wasser und gelöste Stoffe
- alle problemrelevanten Quellen / Senken werden berücksichtigt
- die Prozeßbeschreibung findet nur in vereinfachter Form statt
---> Advektions-Dispersions-Model

Physik von Strömung und Transport

Strömungsgleichung:

- welche Aquiferzustände werden berücksichtigt:
 - frei, halbgespannt, halbungespannt, gespannt
 - stationär, instationär

Transportgleichung:

- welche Transportphänomene werden berücksichtigt:
 - advektiver Transport durch Grundwasserfluss
 - dispersiver Transport und molekulare Diffusion
 - Zerfall, (bio)chemische Reaktion
 - Stoffquellen / Stoffsenken, Adsorption / Desorption

Hydrogeologische Kartierung

Hydrogeologische Kartierungen
„Karlsruhe-Speyer“ und „Rhein-
Neckar-Raum“ als Grundlagen für
hydrogeologische Konzeptmodelle
und regionale Grundwassermodelle.