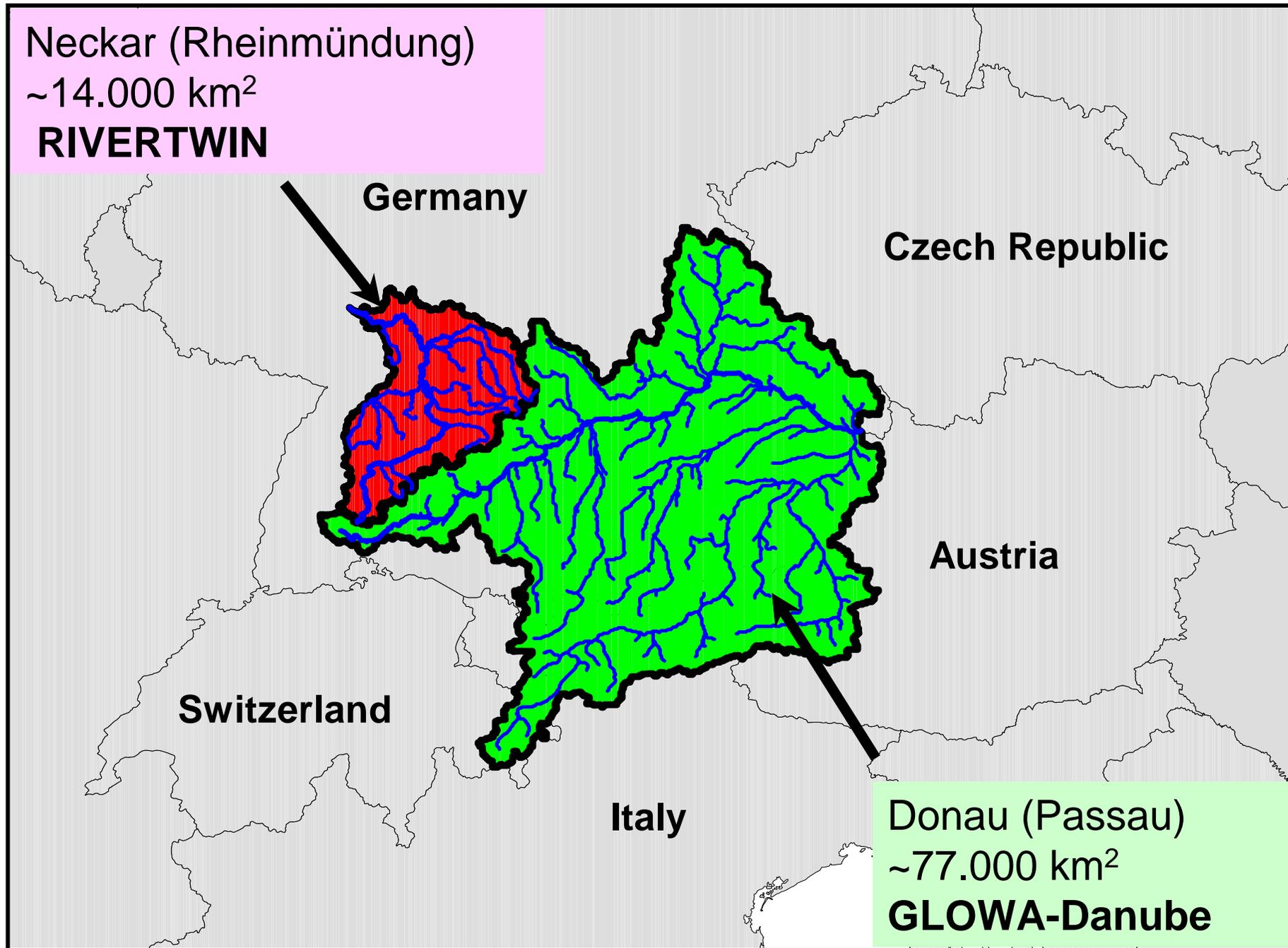


Problematische Aspekte der Kopplung von Grundwassermodellen mit hydrologischen Modellen auf der regionalen Skala

Roland Barthel,

Jungwissenschaftlergruppe Grundwasserhydraulik und Grundwasserwirtschaft,
 Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart



Bedeutung von Modellkopplungen auf der regionalen Skala ?

Lokales Modell: z.B. Auswertung Pumpversuch
(inverse Modellierung zur Bestimmung von T,S):

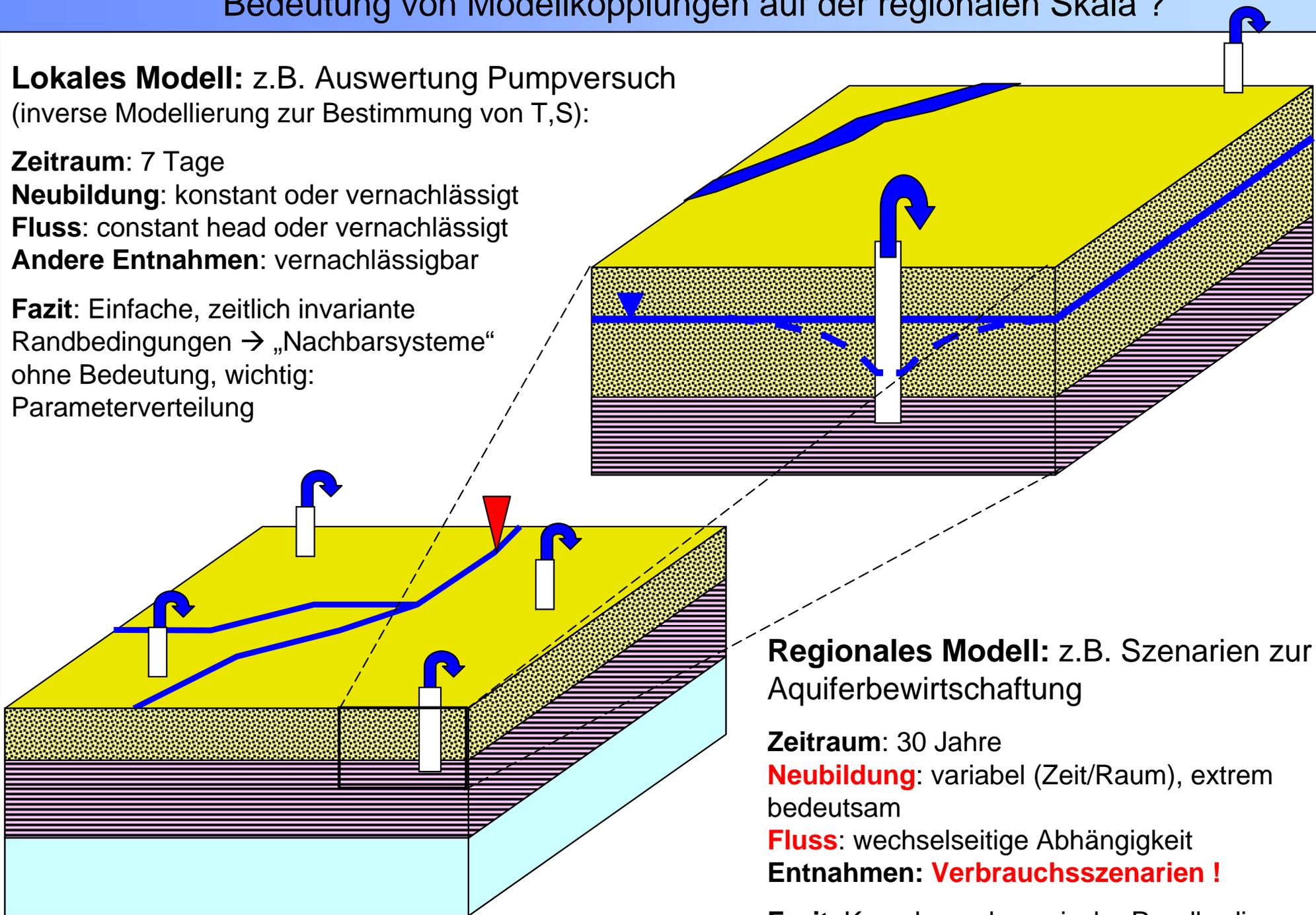
Zeitraum: 7 Tage

Neubildung: konstant oder vernachlässigt

Fluss: constant head oder vernachlässigt

Andere Entnahmen: vernachlässigbar

Fazit: Einfache, zeitlich invariante
Randbedingungen → „Nachbarsysteme“
ohne Bedeutung, wichtig:
Parameterverteilung



Regionales Modell: z.B. Szenarien zur
Aquiferbewirtschaftung

Zeitraum: 30 Jahre

Neubildung: variabel (Zeit/Raum), extrem
bedeutsam

Fluss: wechselseitige Abhängigkeit

Entnahmen: **Verbrauchsszenarien !**

Fazit: Komplexe, dynamische Randbedingungen →
„**Nachbar-Systeme**“ von hoher Bedeutung

- **Verbesserte Kalibrierungsmöglichkeiten / Mehrzieloptimierung**
 - z.B. gemessene Abflüsse zusätzlich zu gemessenen Grundwasserständen
- **Identifikation von konzeptionellen Modellfehlern**
 - z.B. Identifikation von Grundwasserzu- und -abströmen in das und aus dem Einzugsgebiet
 - z.B. nicht-reprozierbare Niedrigwasserabflüsse erklärbar als Folge von komplexen Speichereffekten im Grundwasser
- **Vollständigere Abbildung von Prozessketten:**
 - z.B. Plausibilitätskontrolle für Grundwasserneubildungsberechnung
- **In der Praxis:**
 - sind die o.g. Vorteile aufgrund der vielfachen Fehlerquellen und Probleme häufig (noch) nicht (voll) nutzbar.

Frage 1: Wie sind die „Systeme“ voneinander abgegrenzt?

Frage 2: Welche Prozesse verbinden die Systeme?

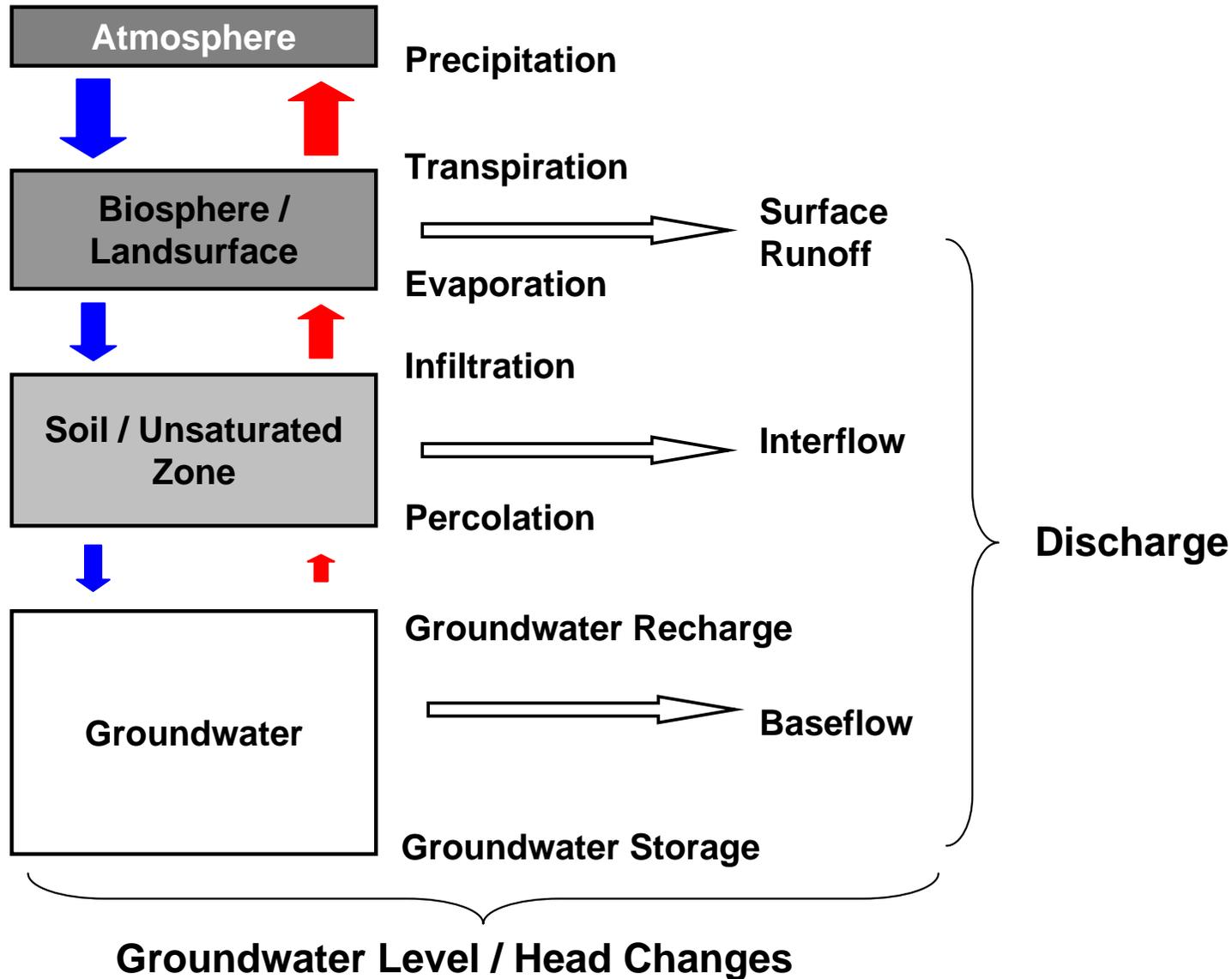
Frage 3: Welche zeitlichen Abhängigkeiten bestehen
(unterschiedliche Dynamik, Rückkopplungen ...)

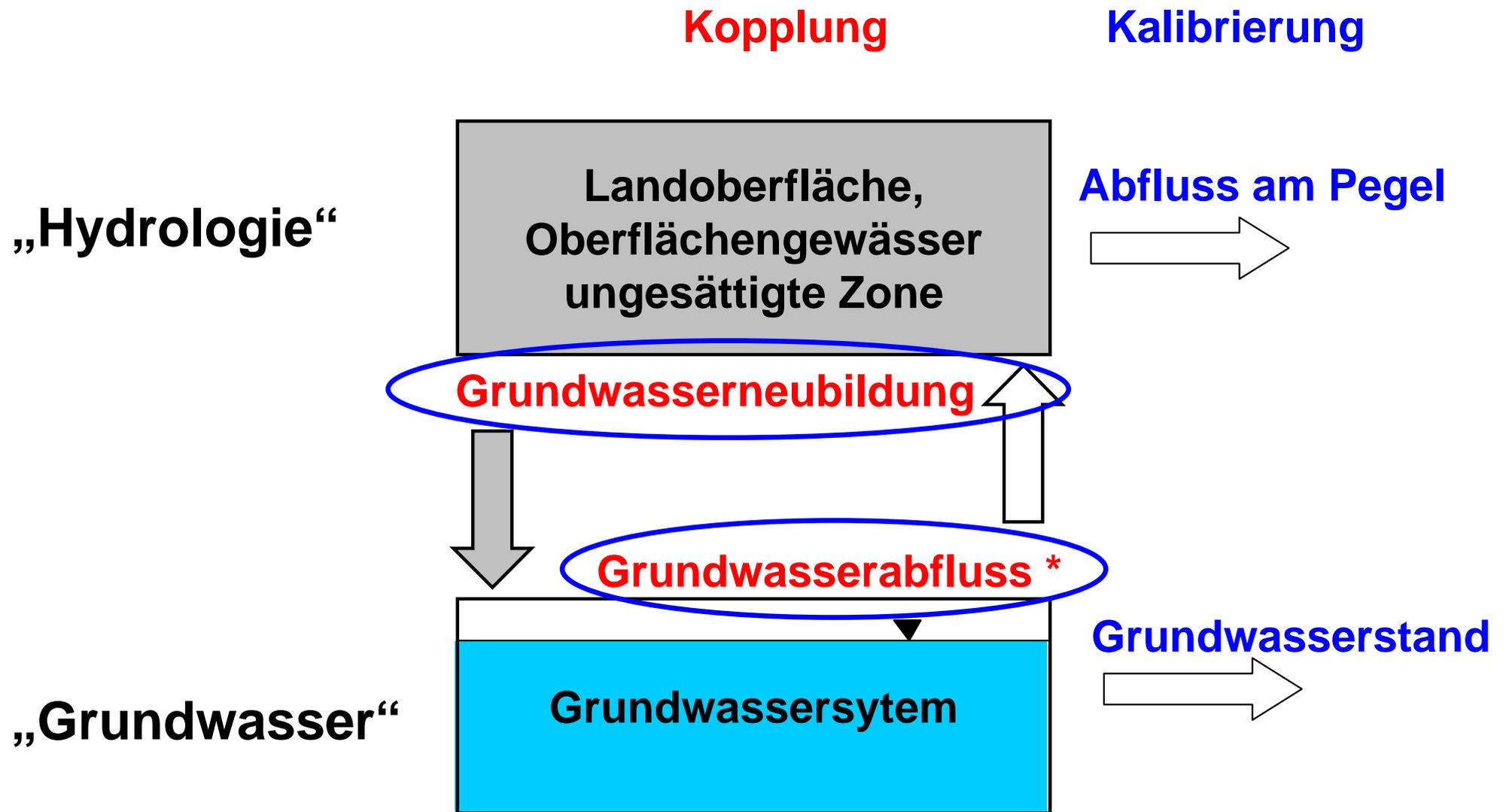
Frage 4: Welche (messbaren) Eingangs- und Ausgangssignale
stehen als Randbedingungen und für die (gemeinsame)
Kalibrierung zur Verfügung?

Grundannahme: Kopplung bestehender Modellkonzepte, z.B. HBV – MODFLOW, nicht
Kopplung auf der Ebene von Prozessgleichungen (Mehrphasenkonzepte etc.) → Regionale
Skala!

“Systems”

“Processes”





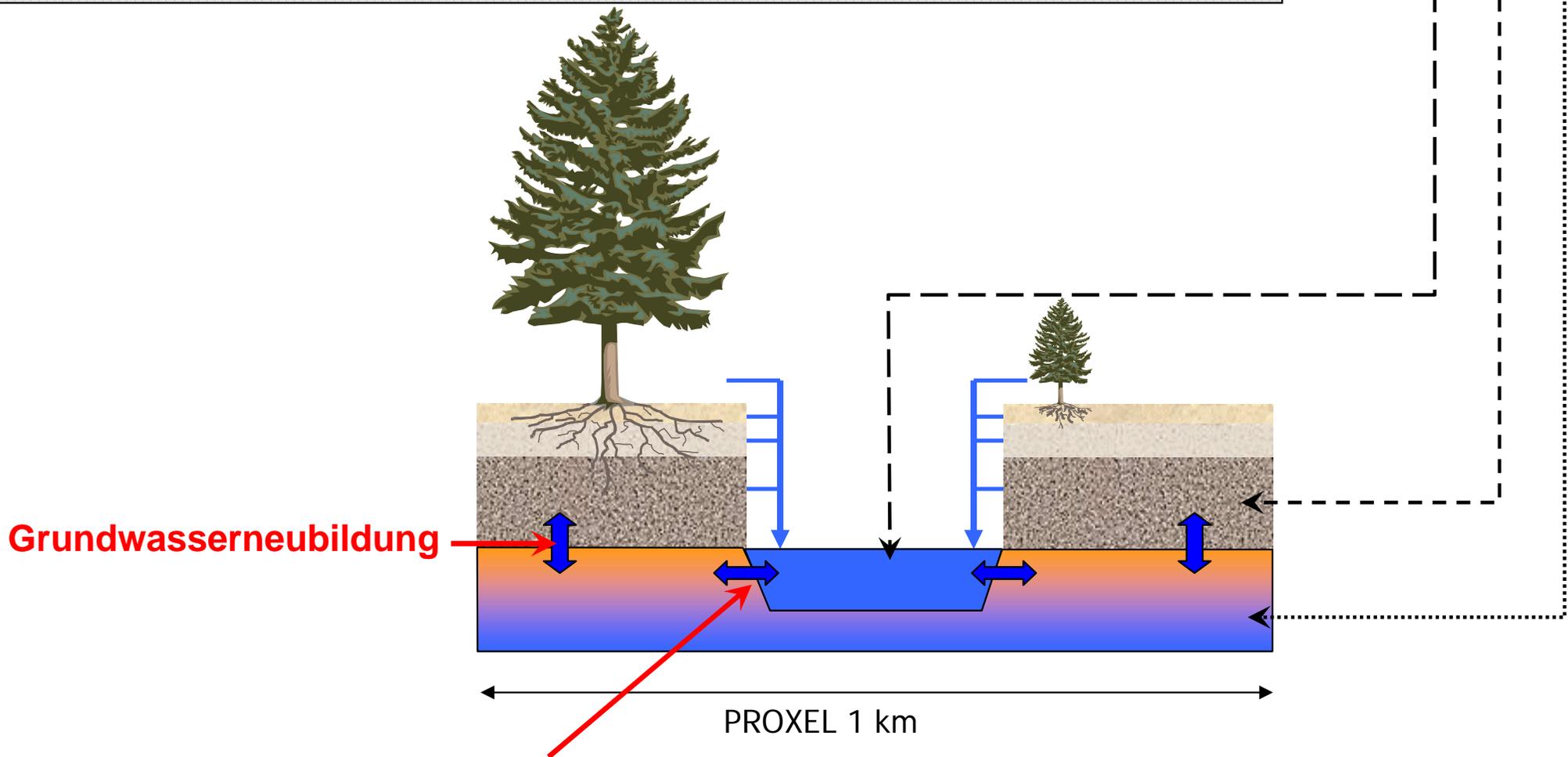
* Basisabfluss, grundwasserbürtiger Abfluss

„Physikalisch basierte“ Modelle:

Grundwasser – Boussinesq-Gleichung: FD - **MODFLOW** u.a.

Ungesättigte Zone – Richards-Gleichung: SVAT- **PROMET** u.a.

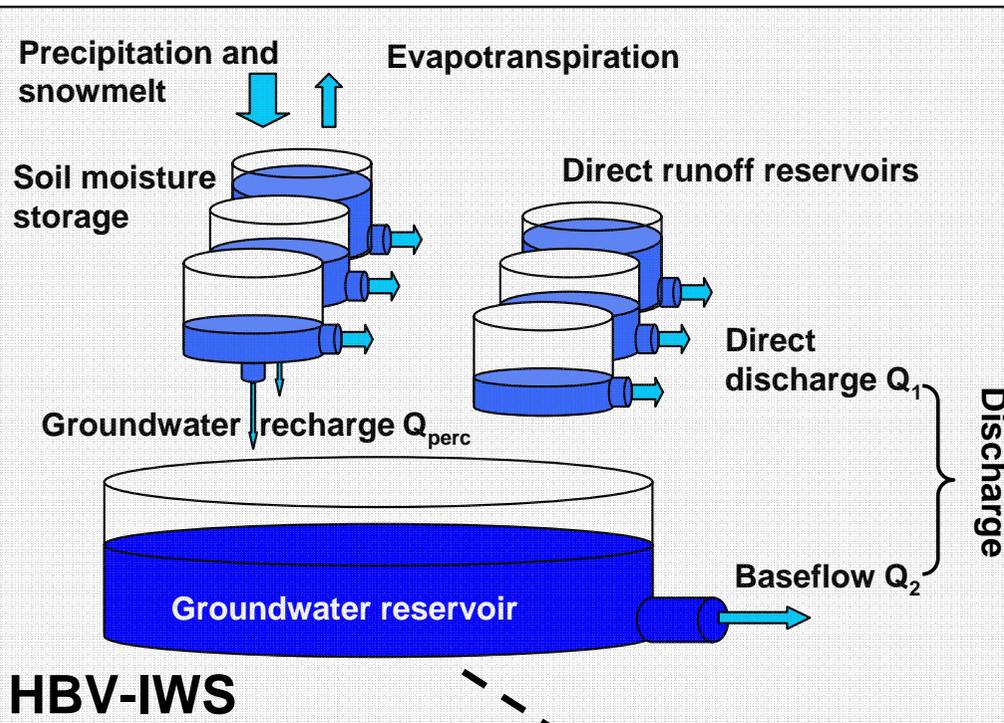
Oberflächengewässer – Saint-Venant-Gleichungen: **DAFLOW** u.a.



Grundwasserneubildung

Basisabfluss / Grundwasserabfluss

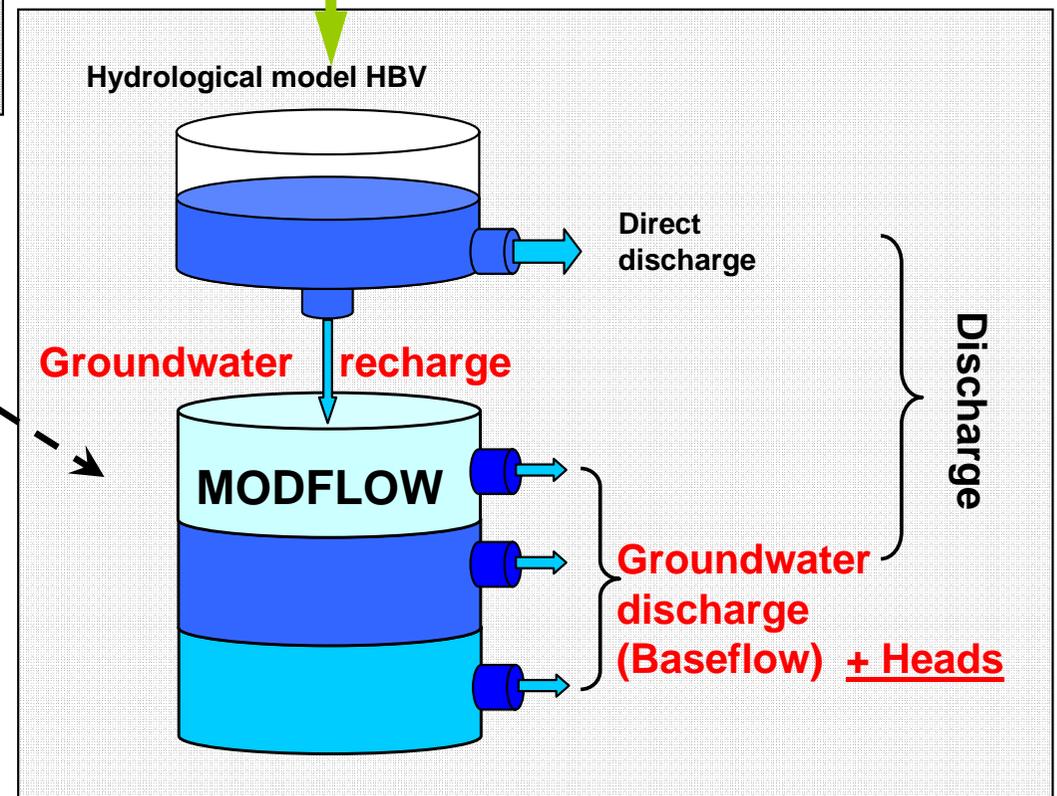
Kopplungskonzeption in RIVERTWIN



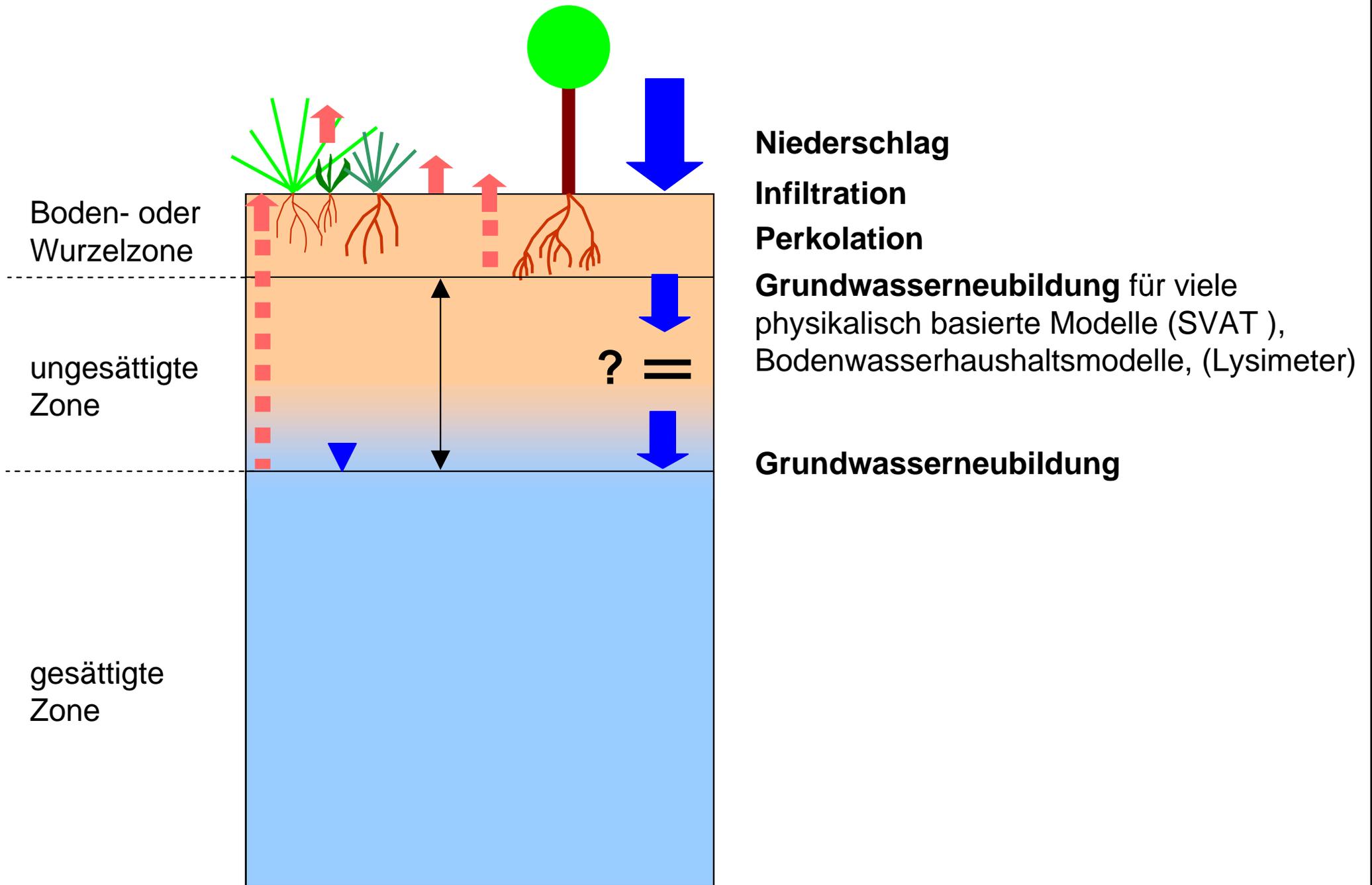
Grundwasserspeicher
- konzeptionell

Vertikal differenziertes,
prozessbasiertes
Grundwassersystem

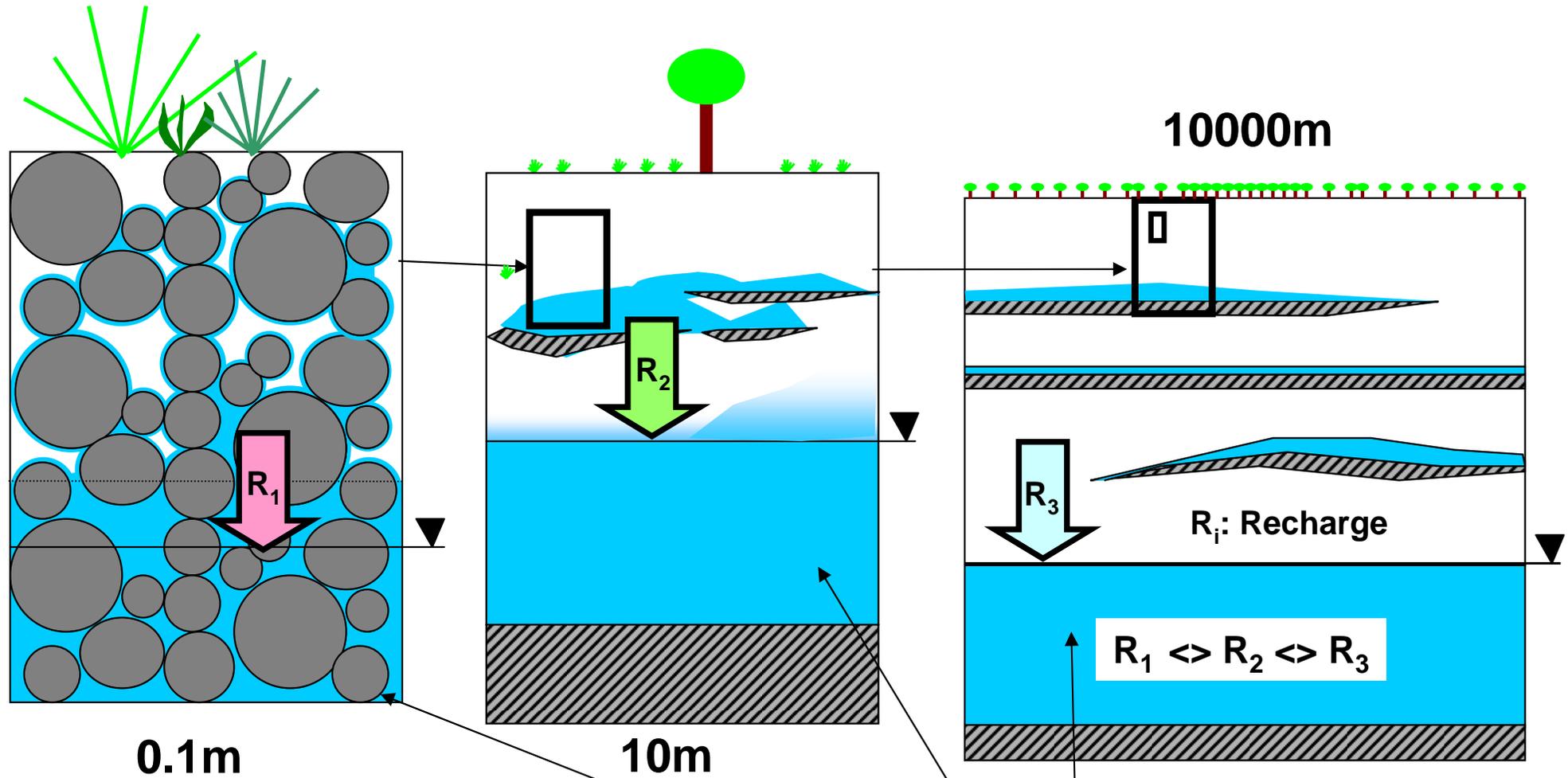
Soil, topography, land use and climate data



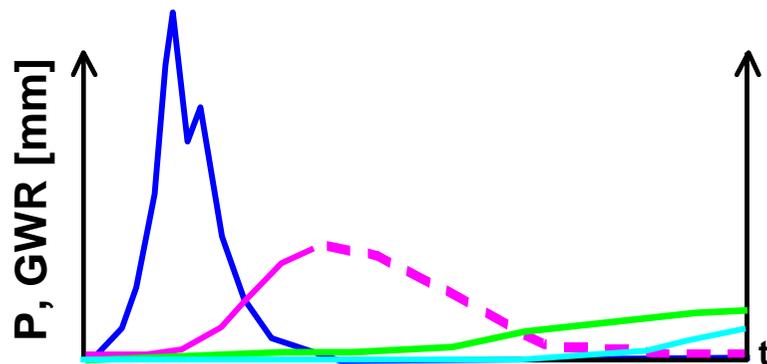
Grundwasserneubildung



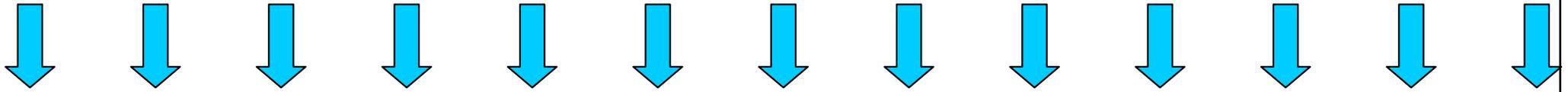
Grundwassererneubildung auf verschiedenen Skalen



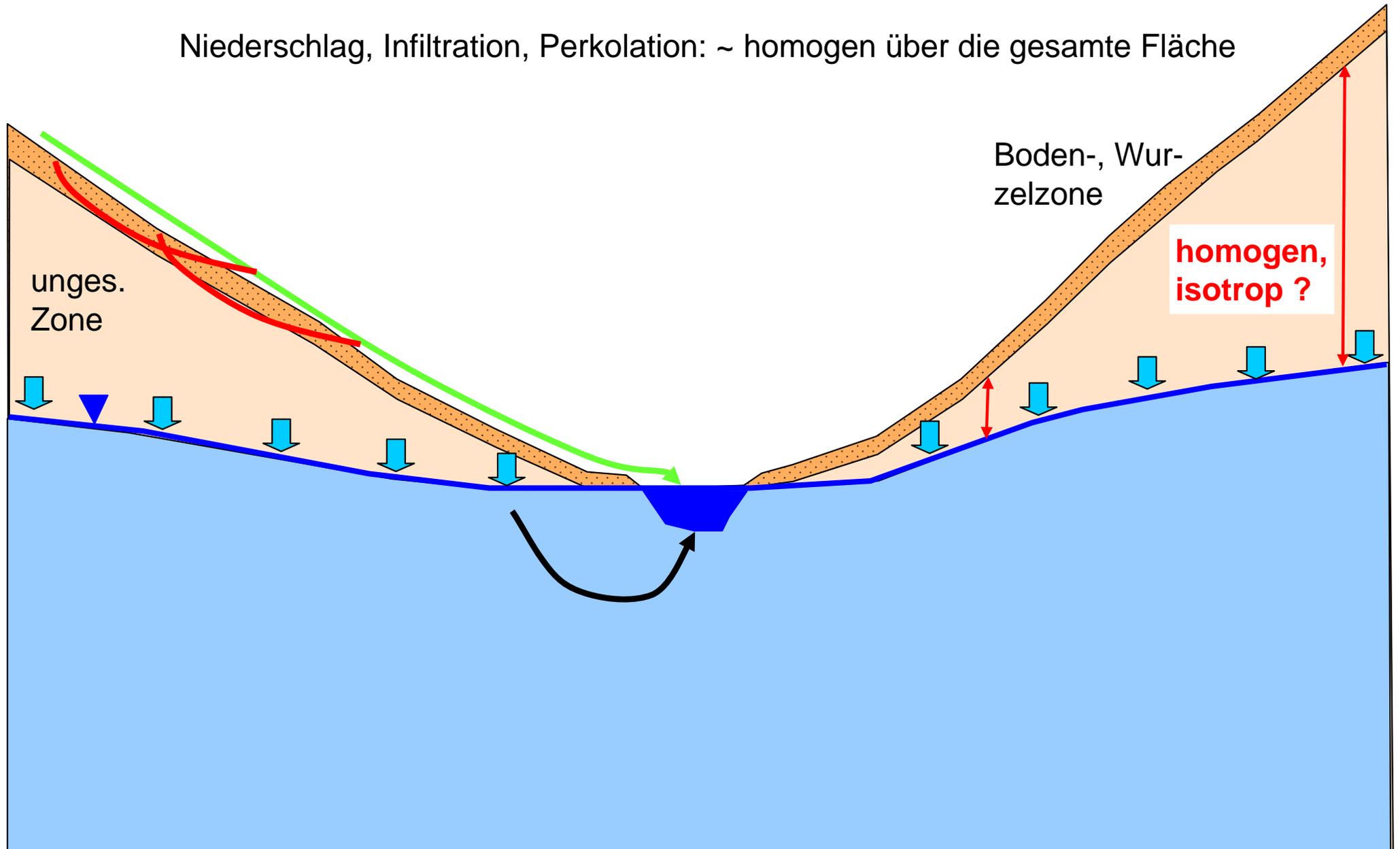
modellierter Aquifer?

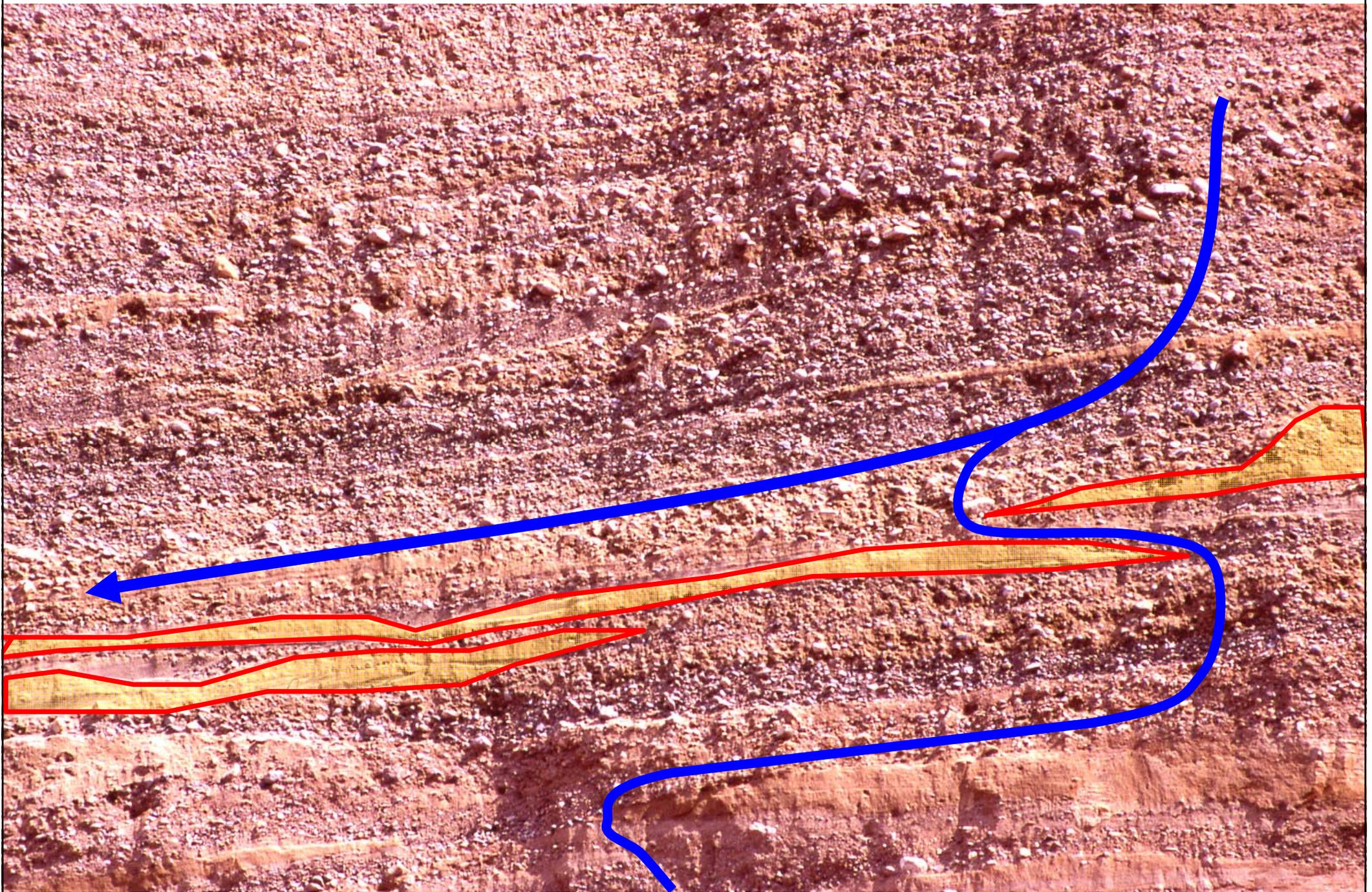


Weitere Aspekte der Grundwasserneubildung auf der regionalen Skala

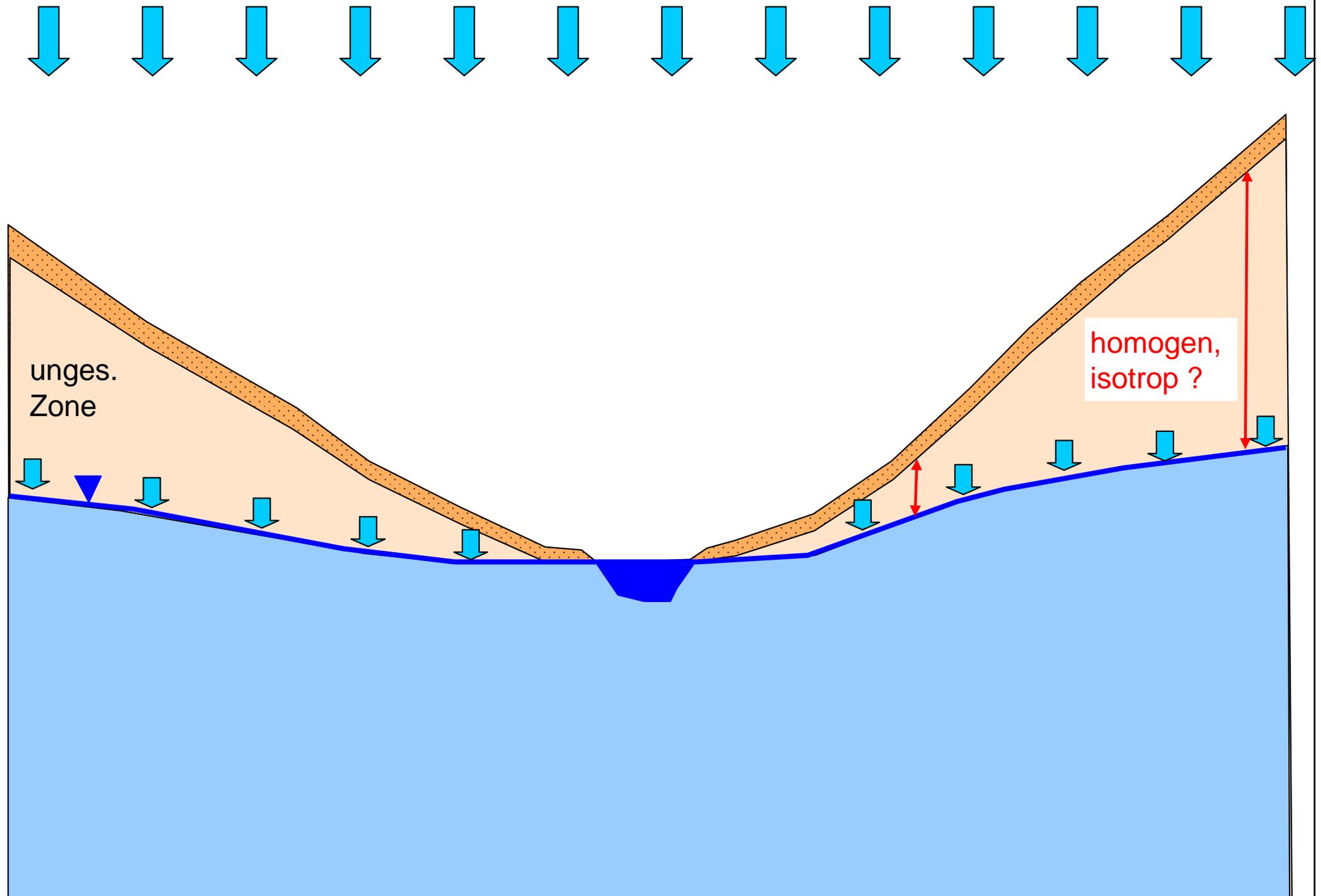


Niederschlag, Infiltration, Perkolation: ~ homogen über die gesamte Fläche





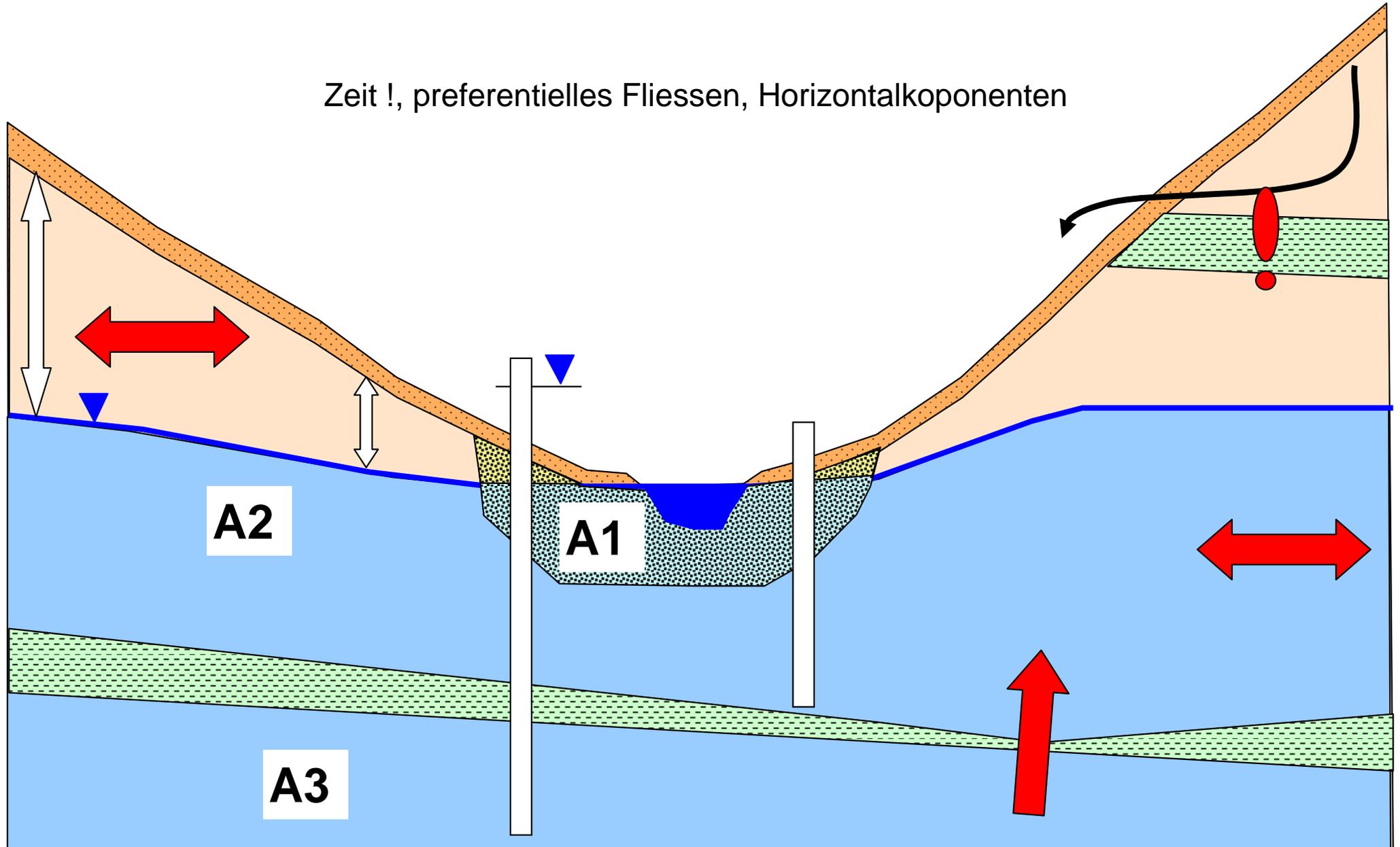
Grundwasserneubildung auf der regionalen Skala



Grundwasserneubildung: 2) Realistische konzeptionelle Vorstellung



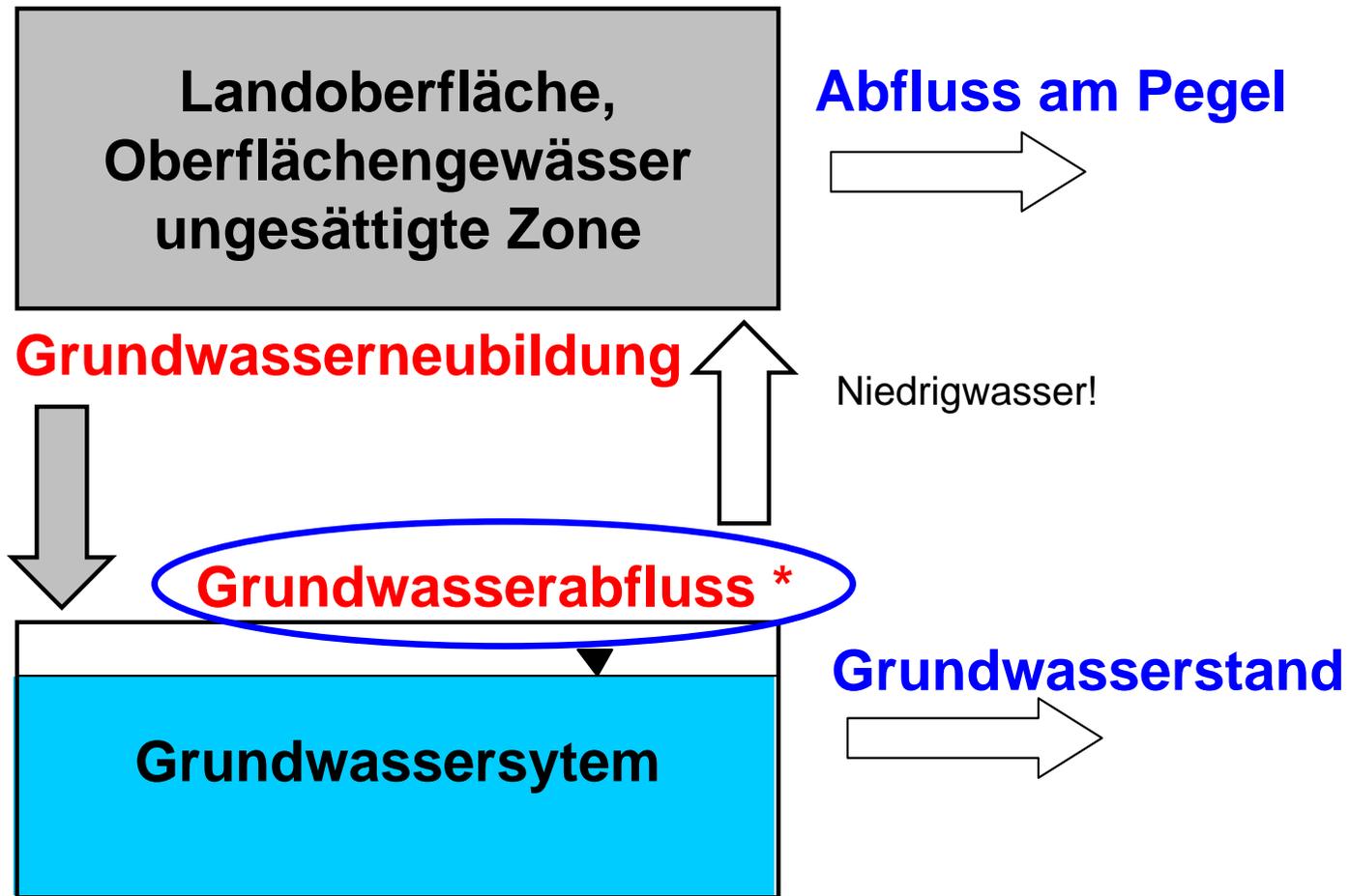
Zeit !, preferentielles Fließen, Horizontalkomponenten



- Relief und Heterogenitäten in der (tiefen) ungesättigten Zone führen zu lateralem Abfluss (Quellen) und einer Reduktion der Grundwasserneubildung
- Tiefenlage, präferentielles Fließen in der (tiefen) ungesättigten Zone führen zu einer räumlich differenzierten zeitlichen Verzögerung und Dämpfung der Grundwasserneubildung

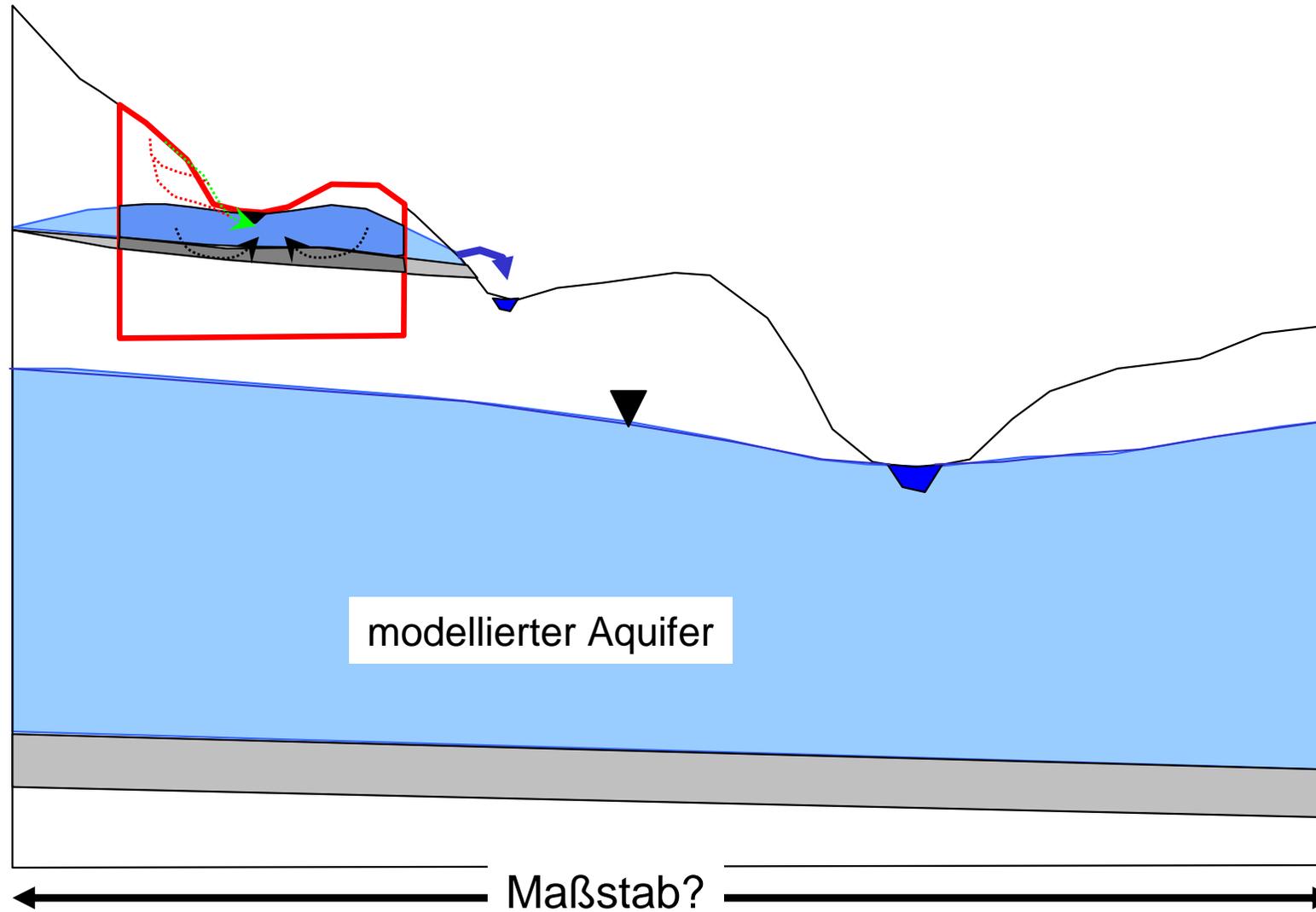
Kopplung

Kalibrierung



* Basisabfluss, grundwasserbürtiger Abfluss

1) Basisabfluss / Grundwasserabfluss

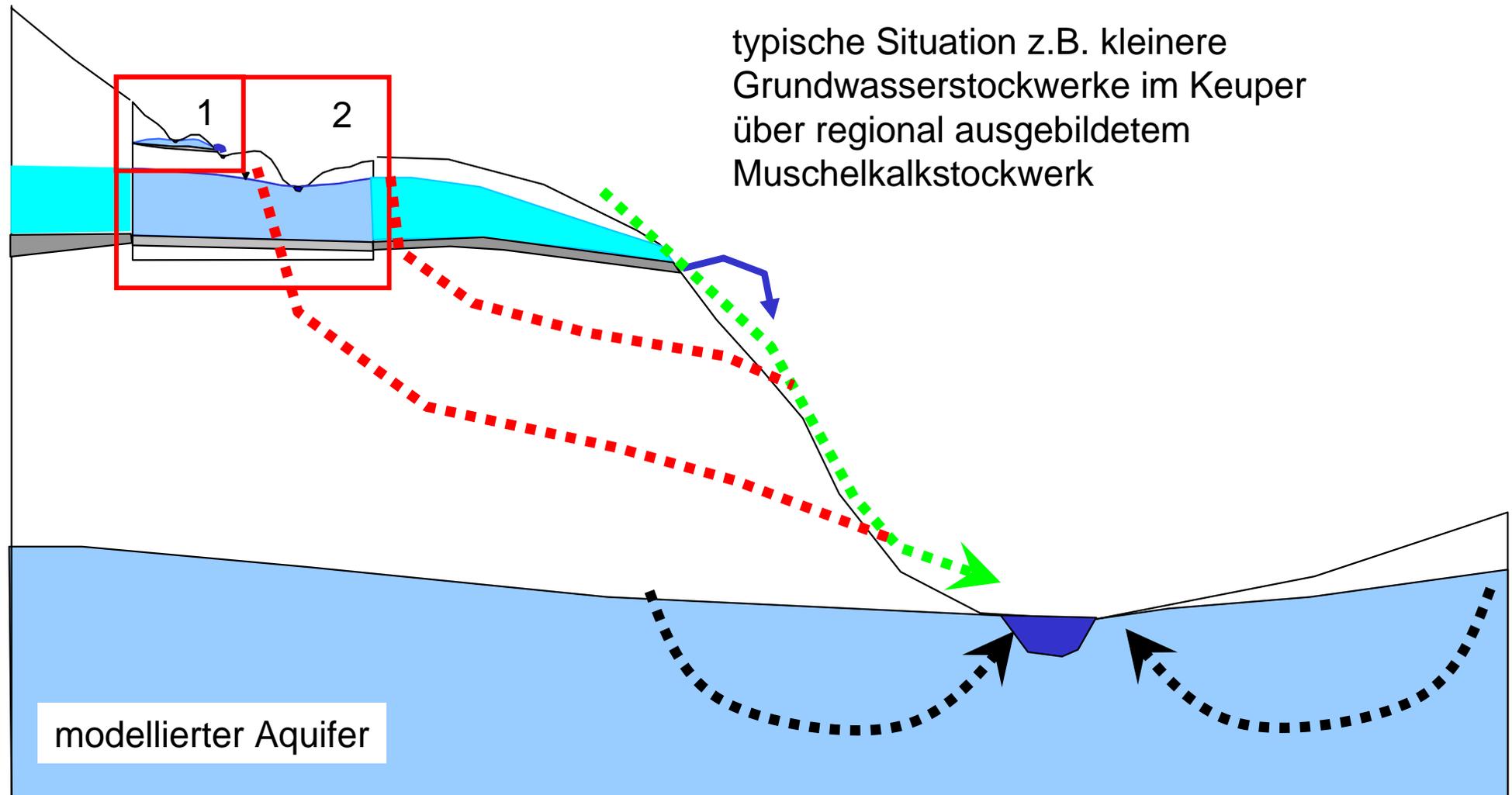


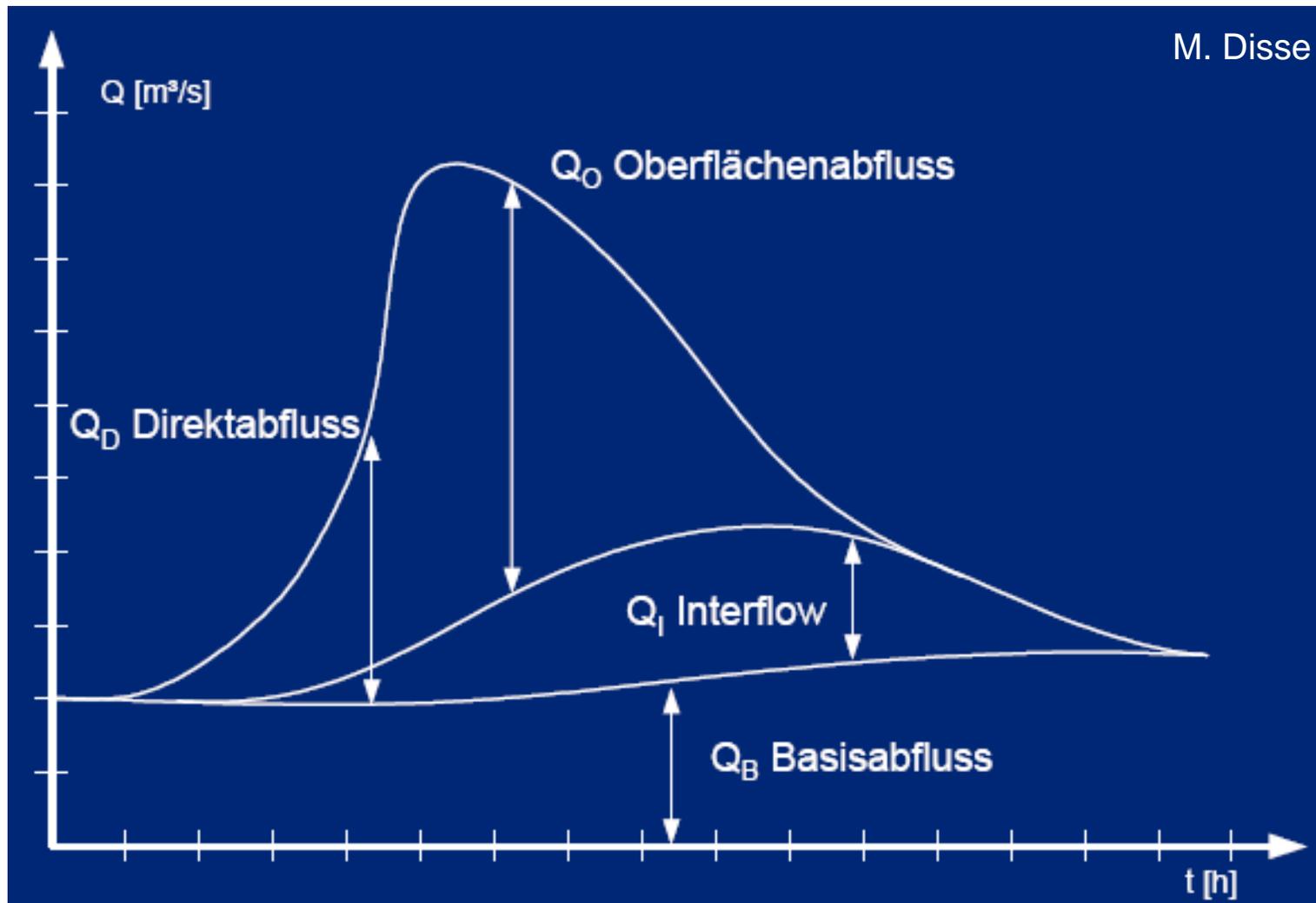
modellierter Aquifer

Maßstab?

1) Basisabfluss / Grundwasserabfluss

Baseflow lokal – Interflow regional? Abhängig von Skala, Diskretisierung, Fragestellung etc.



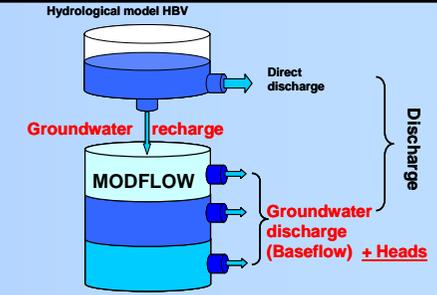
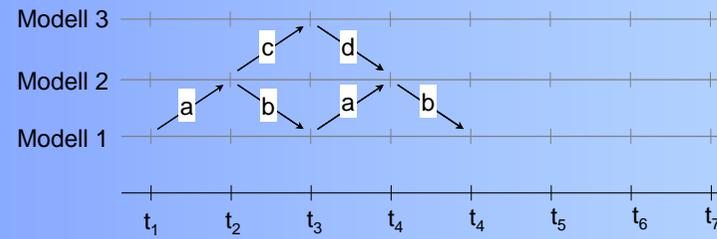
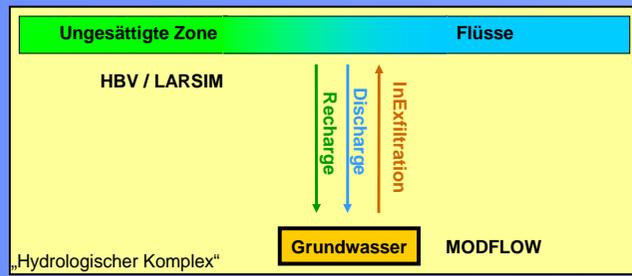


Problem: Der “Basisabfluss” hat gar keine physikalische Bedeutung mit der man ihm einem “Raum” im Modell zuordnen könnte!

- Physikalisch basierte **Bodenwasserhaushaltsmodelle** lassen meist außer acht, dass die **ungesättigte Zone** grundsätzlich, aber auch in Abhängigkeit von Skala, Diskretisierung und Fragestellung **sehr tief** reichen kann (bis zu mehreren 100 m) und vernachlässigen häufig die dort **dominanten horizontalen Prozesse** (und **präferentielles Fliessen**)
- Konzeptionelle hydrologische Modelle sowie **Ganglinienseparationsverfahren** beschreiben "Prozesse" die **keine physikalische Entsprechung** in der Natur haben und skalen-, diskretisierungs- und fragestellungsabhängig sind - was eine Grundwasserneubildungsbestimmung hier darstellt ist unklar
- Im gekoppten System ist zu gewährleisten, dass die Grundwasserneubildung den Zutritten **zu den modellierten Aquiferen** und der Grundwasserabfluss dem Abfluss **aus den modellierten Aquiferen** entspricht.

- Die Kopplung von (Grundwasser- mit hydrologischen) Modellen erfordert die **gemeinsame** Entwicklung konzeptioneller Vorstellungen, wobei die üblichen Vereinfachungen des jeweils „anderen Systems“ nicht zulässig sind
- Die Konzeption der Kopplung muss **kontextspezifisch** erfolgen: Skala!, Problemstellung, naturräumliche Gegebenheiten (Relief, Hydrogeologie) etc.
- Die **tiefe ungesättigte Zone** sollte insgesamt mehr Beachtung finden!
- Die **rein hydraulische Betrachtung** von gekoppelten Systemen ist nicht zielführend! Hydrogeochemie, natürliche Tracer, Isotope, Alters- und Herkunftsbeziehung etc. sind einzubeziehen
- Eine gemeinsame Kalibrierung von gekoppelten Modellen ist unumgänglich, aber für **Regionalmodelle** schwer zu realisieren:
 - schwache Kopplung: Rückkopplungen etc. nicht abbildbar
 - starke Kopplung: enormer Rechenaufwand

- Vorläufig beruht die regionale, integrative Modellierung fast ausschließlich auf einer Kopplung von Sektoralmodellen, die ursprünglich nicht für eine Kopplung vorgesehen waren. Solange das so ist es wichtig:
 - Sektoralmodelle zu wählen, die an die Skala, die Problemstellungen, die Kopplungsstrategie und die Datenverfügbarkeit angepasst sind!
 - Begriffe und Strategien unabhängig von disziplinär gültigen Definitionen neu zu diskutieren und anzupassen!
 - Die Komplexität (z.B. Rückkopplungen) an die praktischen Gegebenheiten anzupassen
 - Die Qualität der disziplinären Ergebnisse der Qualität der integrativen Ergebnisse unterzuordnen
 - Die Qualität der Ergebnisse an der Anwendbarkeit auf vorab gut definierte integrative Fragestellungen zu messen wird und nicht an disziplinär gültigen Gütemassen
 - Sehr viel Zeit für die Konzeption der integrierten Modellierungsstrategie zu verwenden!



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Roland Barthel,
 roland.barthel@iws.uni-stuttgart.de