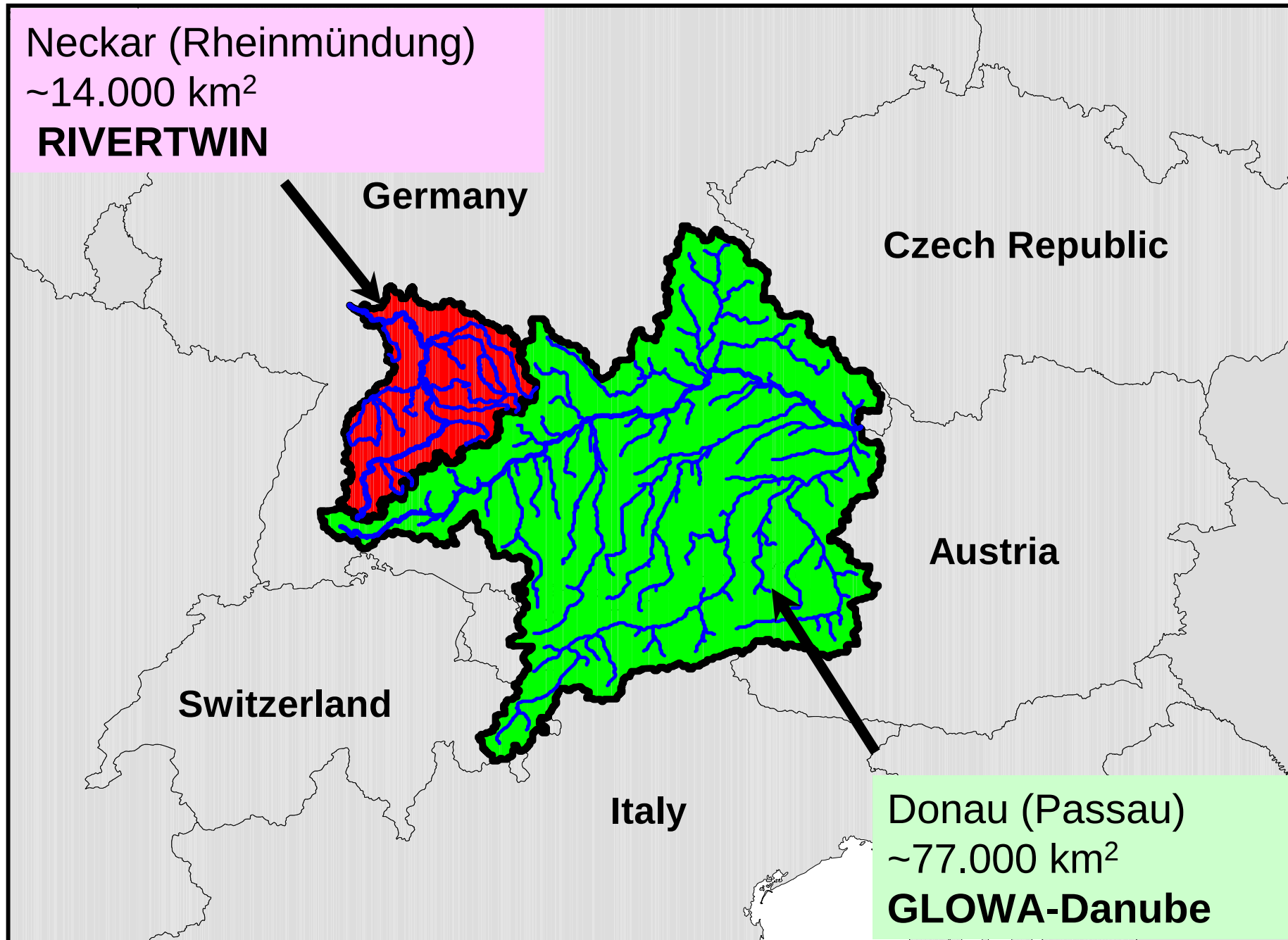


Problematische Aspekte der Kopplung von Grundwassermodellen mit hydrologischen Modellen auf der regionalen Skala

Roland Barthel,

Jungwissenschaftlergruppe Grundwasserhydraulik und Grundwasserwirtschaft,
Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart



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

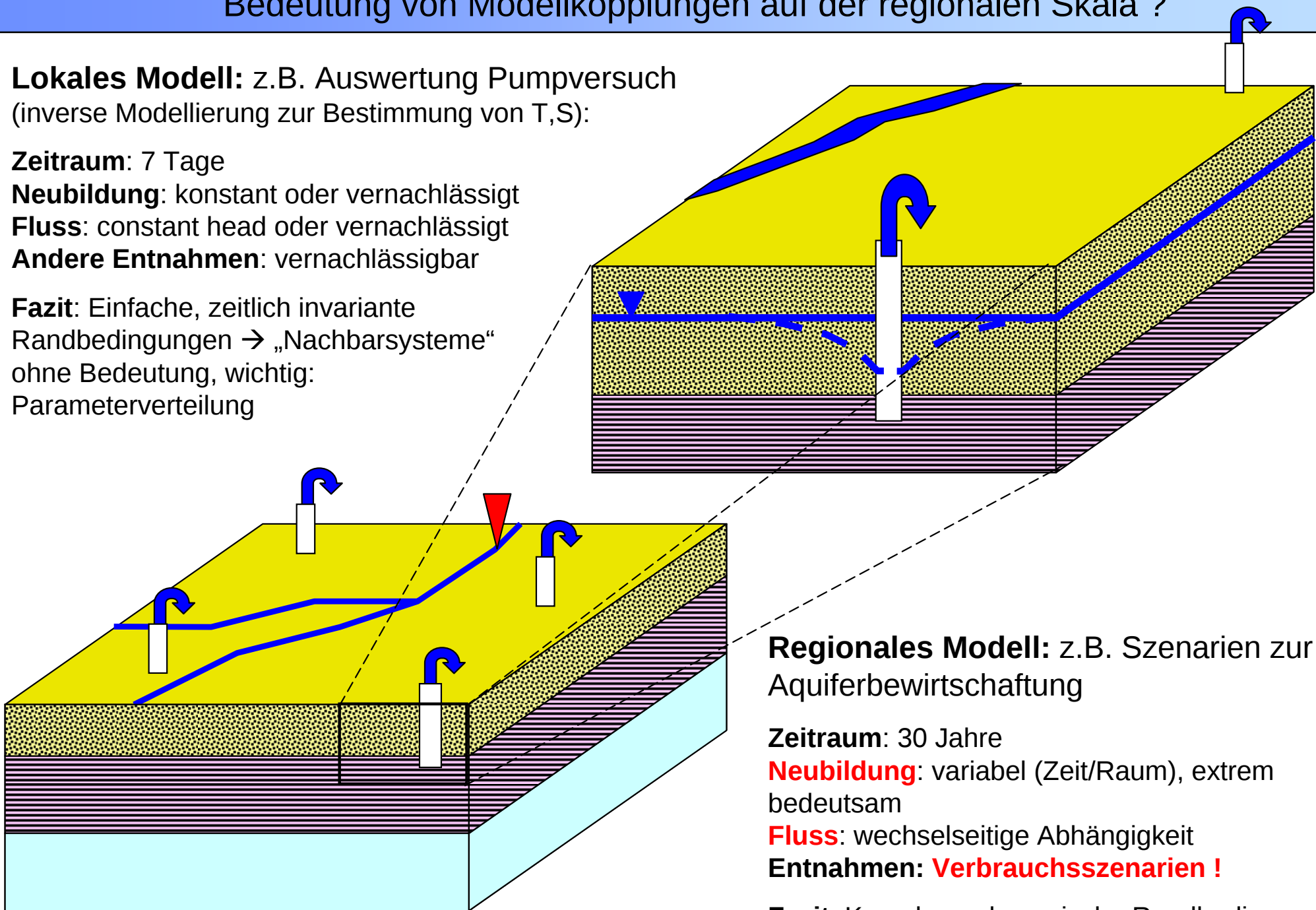
Zeitraum: 7 Tage

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?

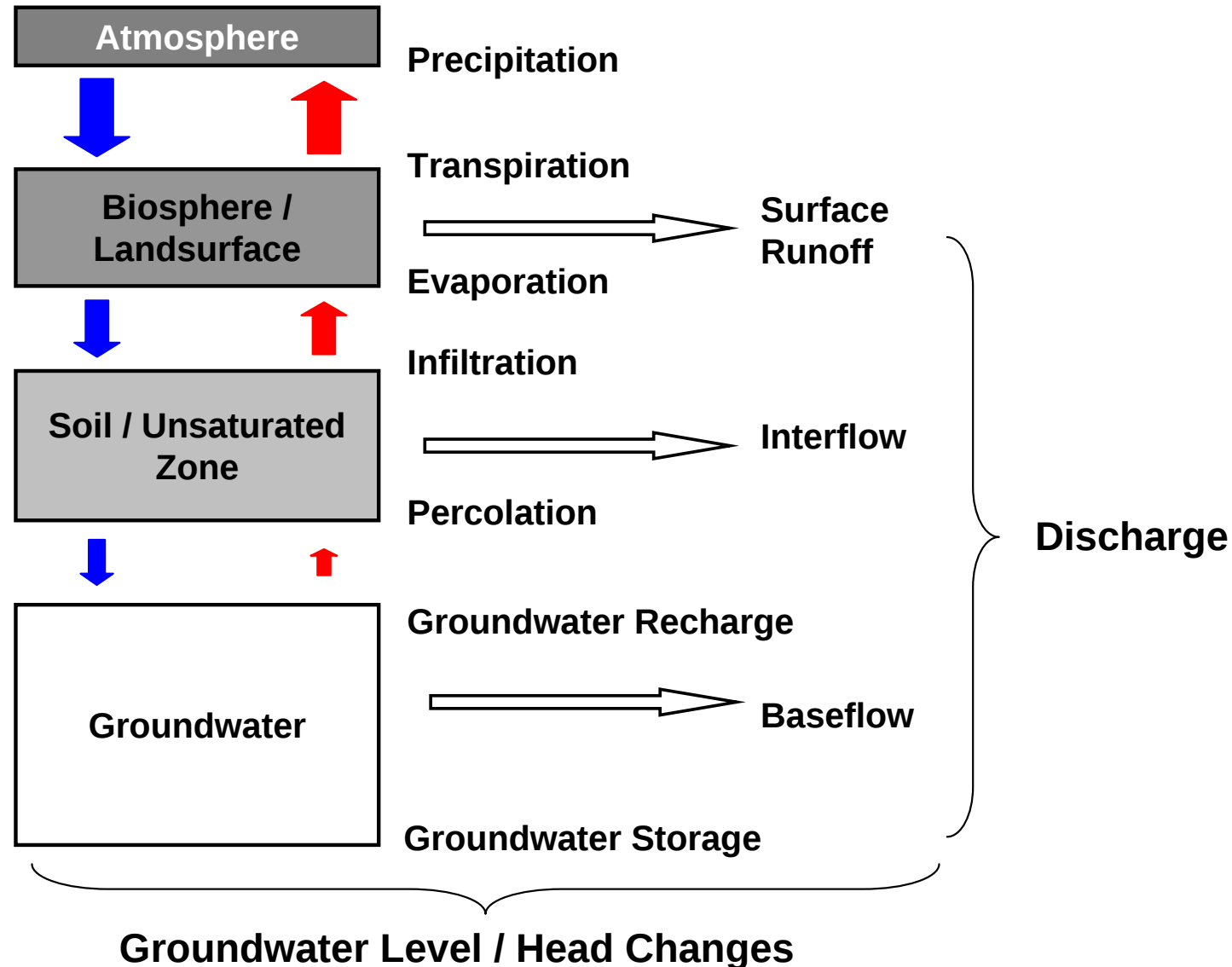
Frage 3: Welche zeitlichen Abhängigkeiten bestehen
(unterschiedliche Dynamik, Rückkopplungen ...)

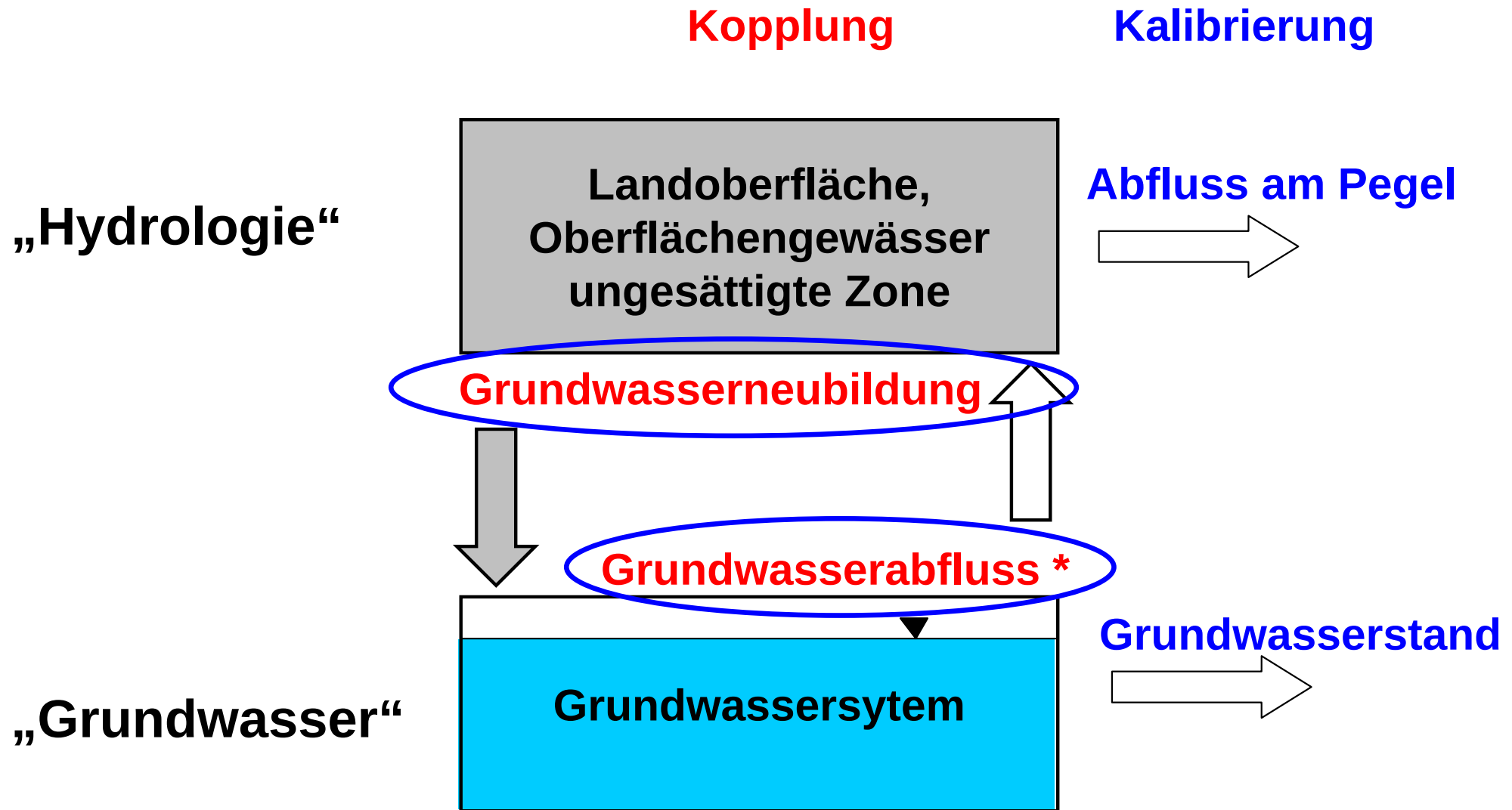
Frage 4: Welche (messbaren) Eingangs- und Ausgangssignale
stehen als Randbedingungen und für die (gemeinsame)
Kalibrierung zur Verfügung?

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

“Systems”

“Processes”





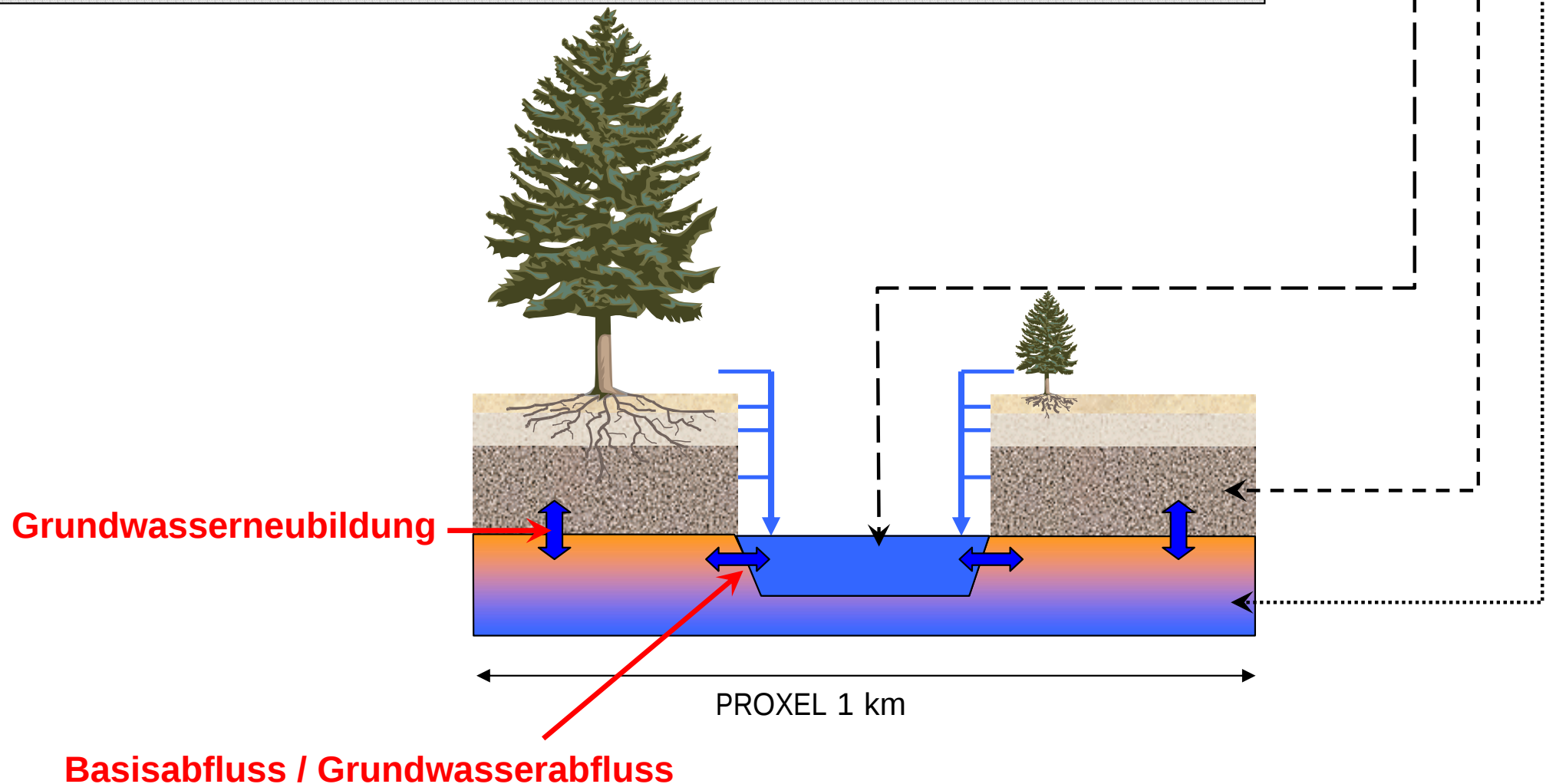
* Basisabfluss, grundwasserbürtiger Abfluss

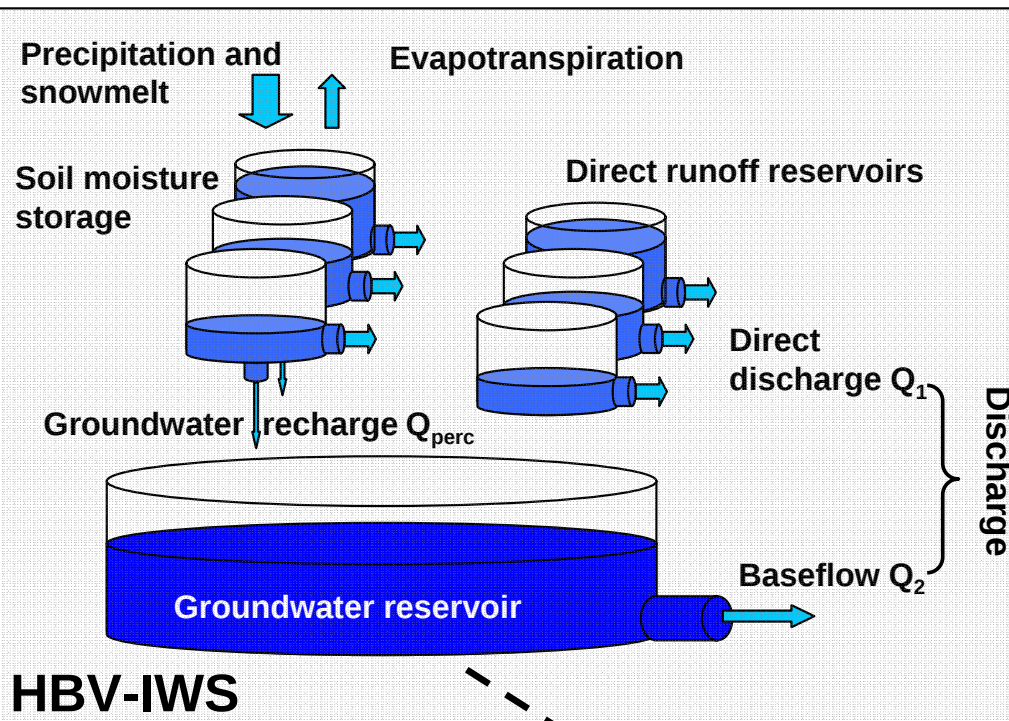
„Physikalisch basierte“ Modelle:

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

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

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



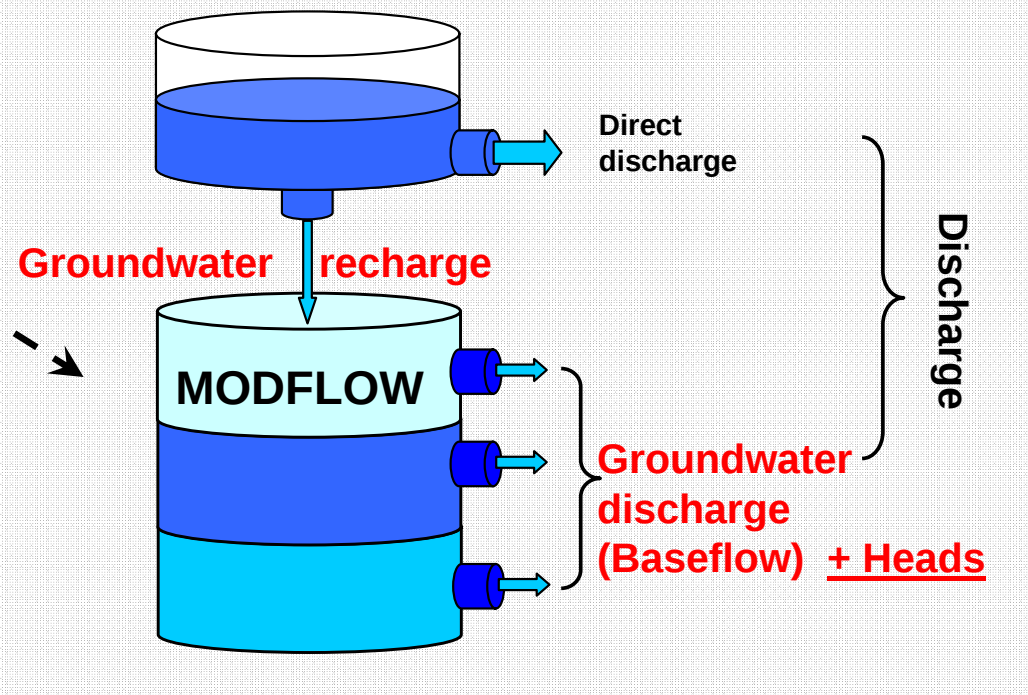


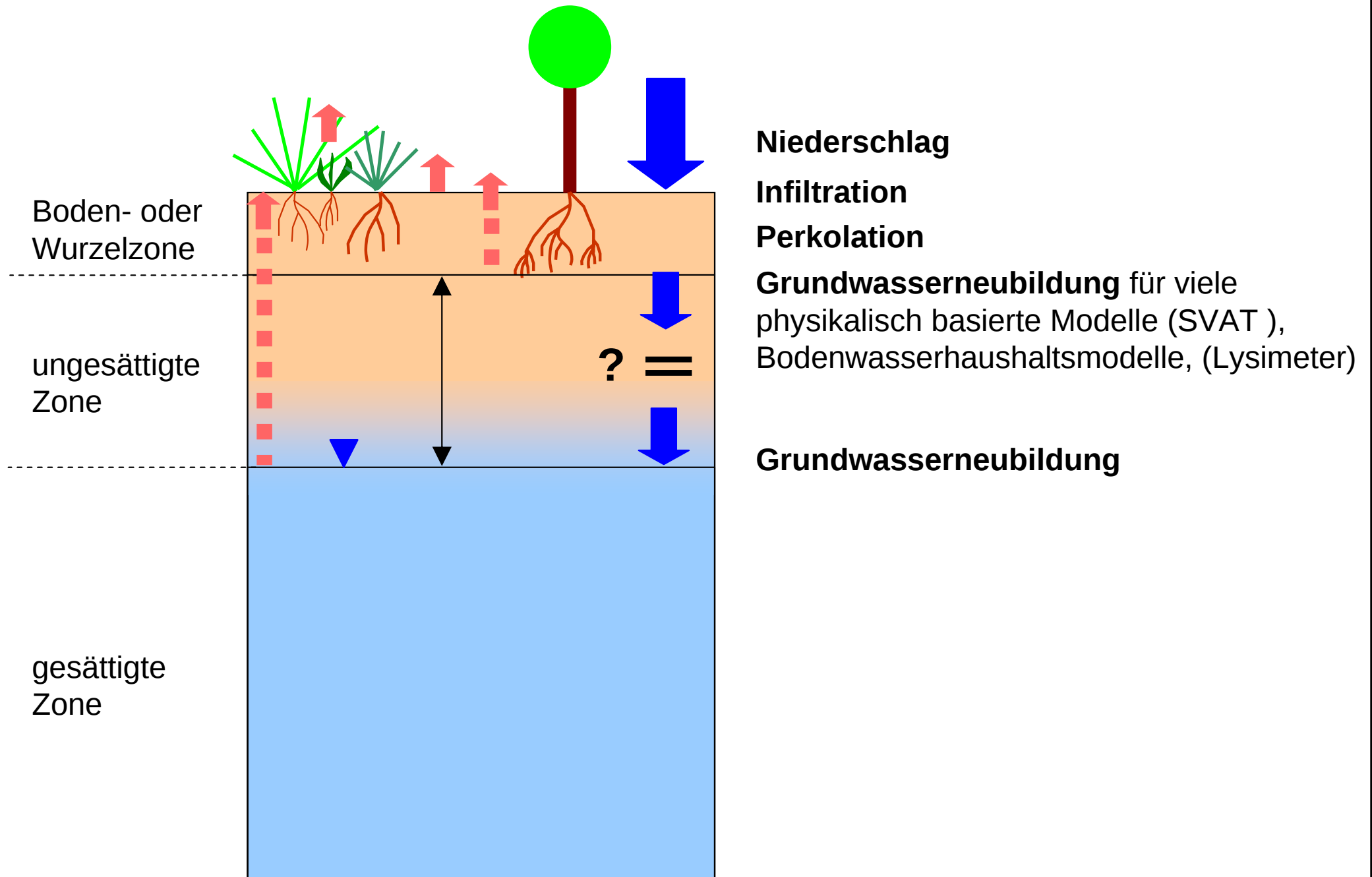
Grundwasserspeicher
- konzeptionell

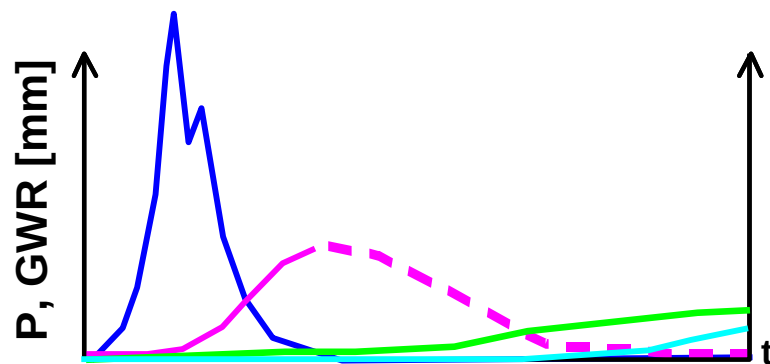
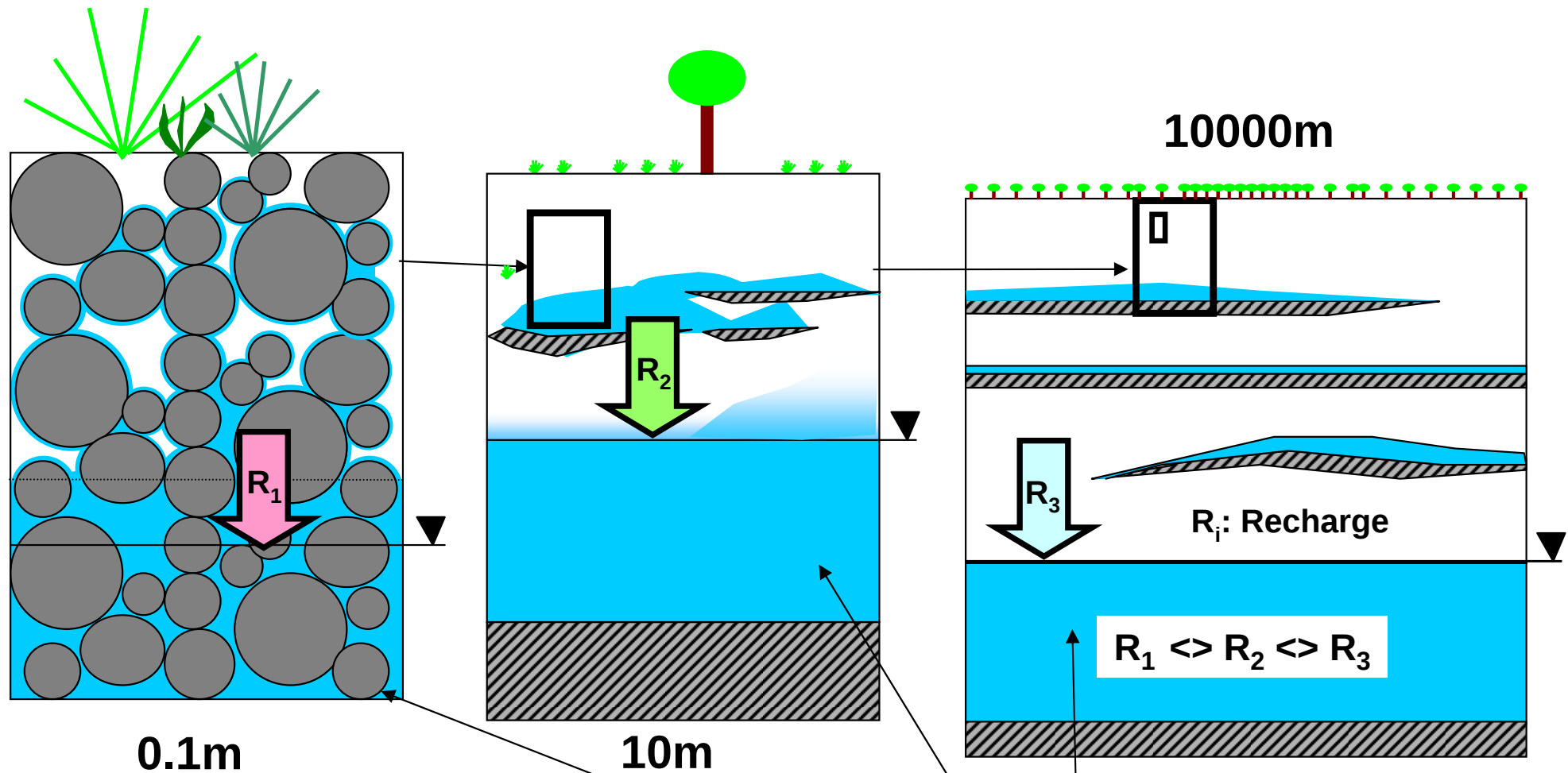
Vertikal differenziertes,
prozessbasiertes
Grundwassersystem

Soil, topography, land use and climate data

Hydrological model HBV

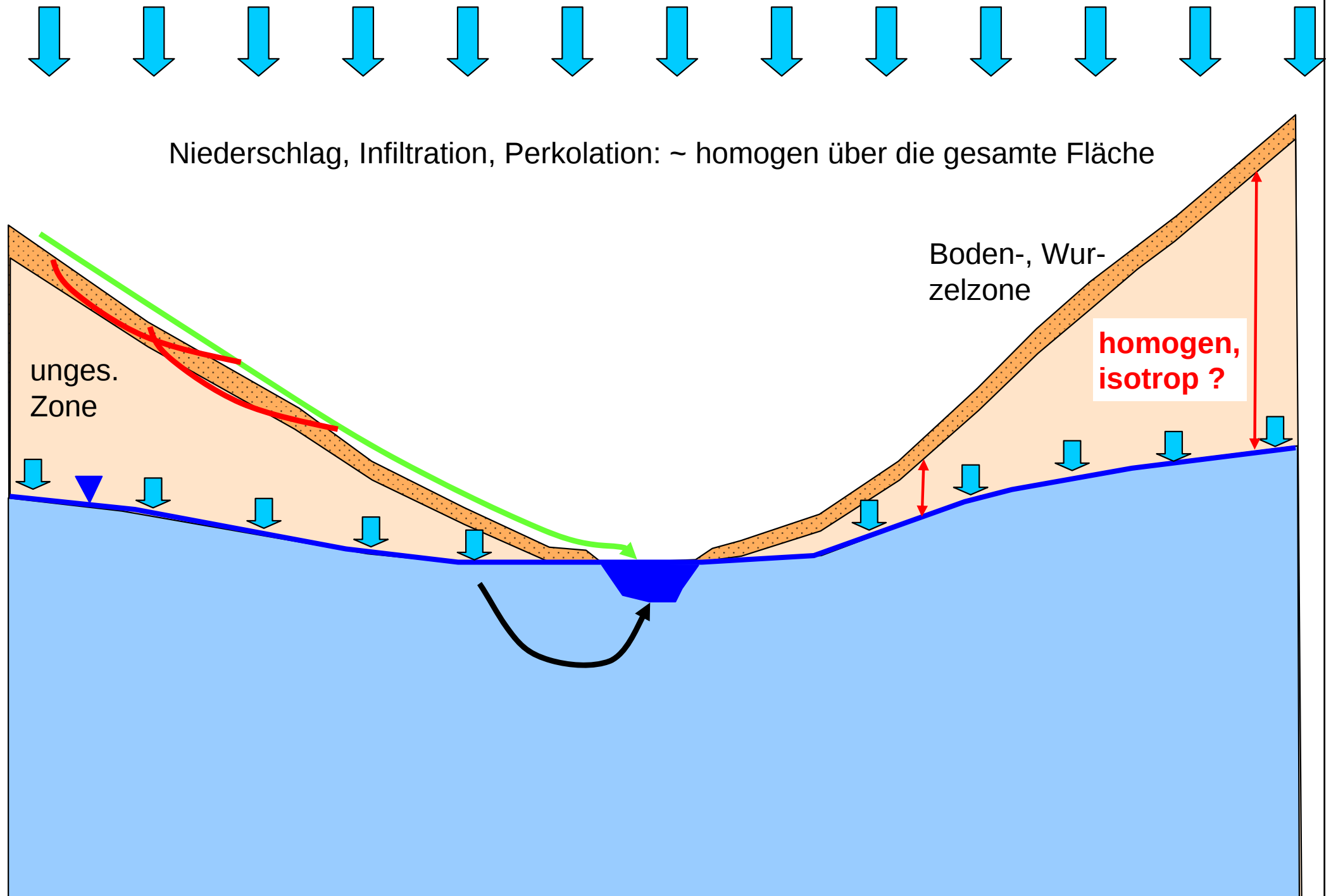


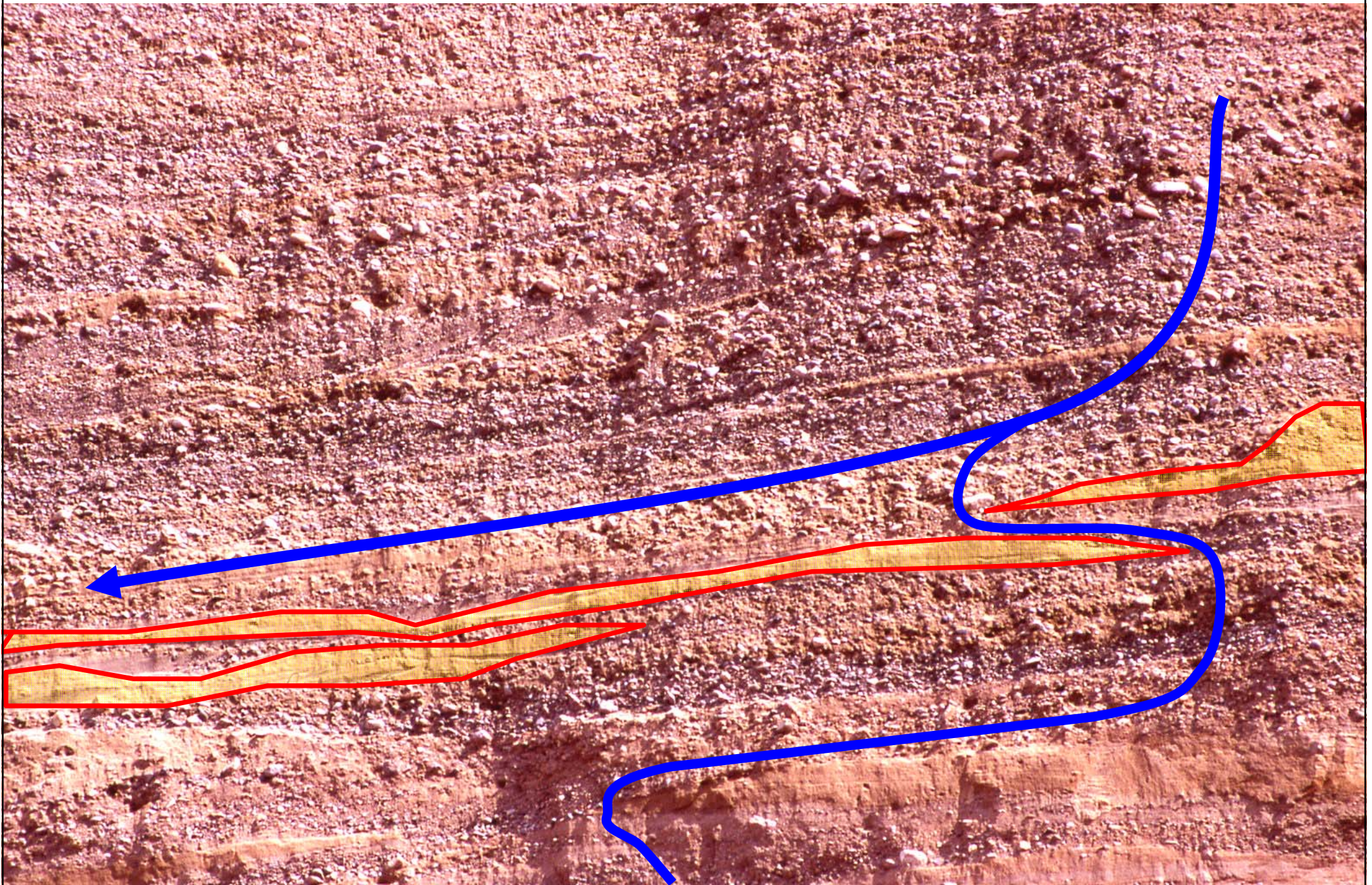




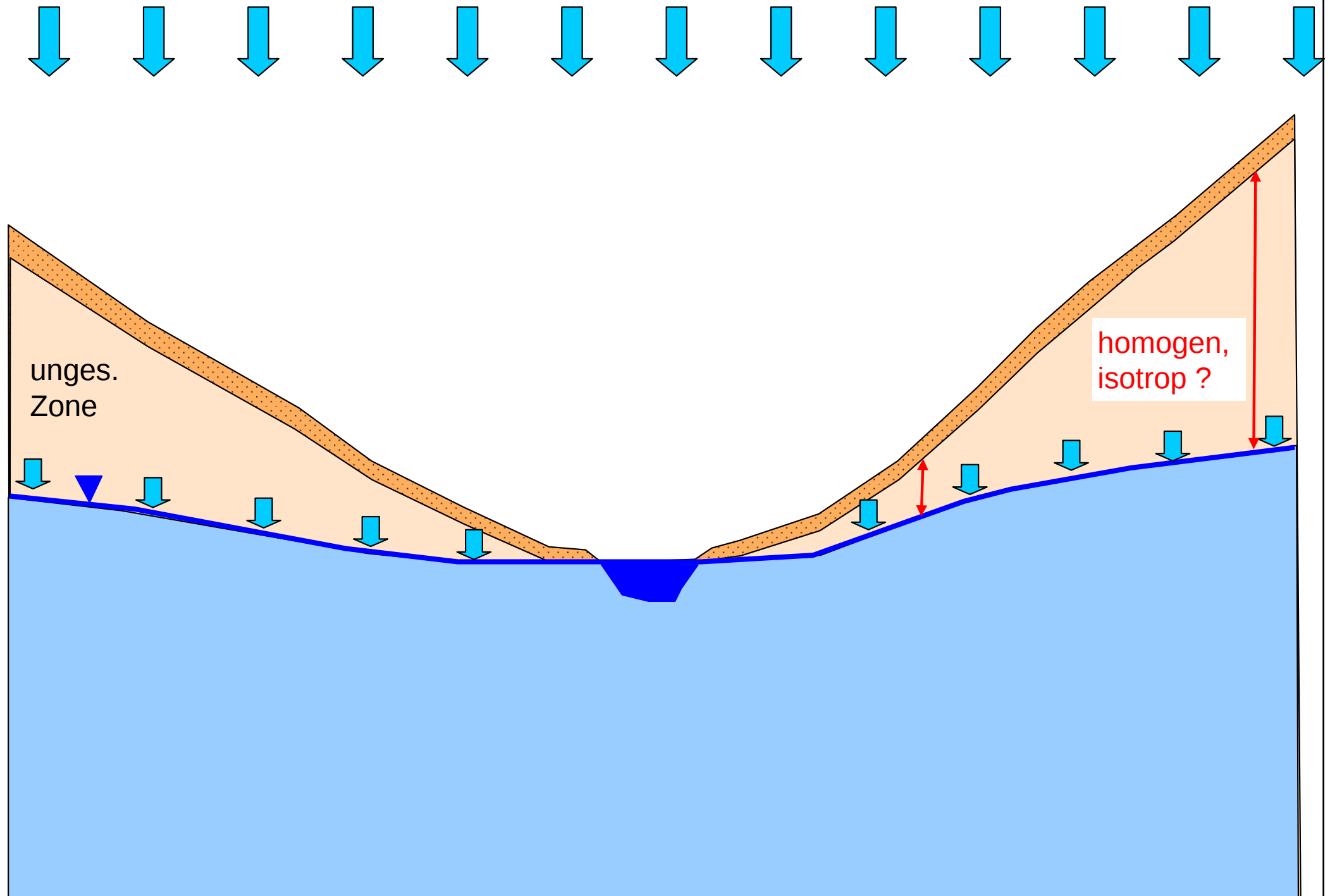
modellierter Aquifer?

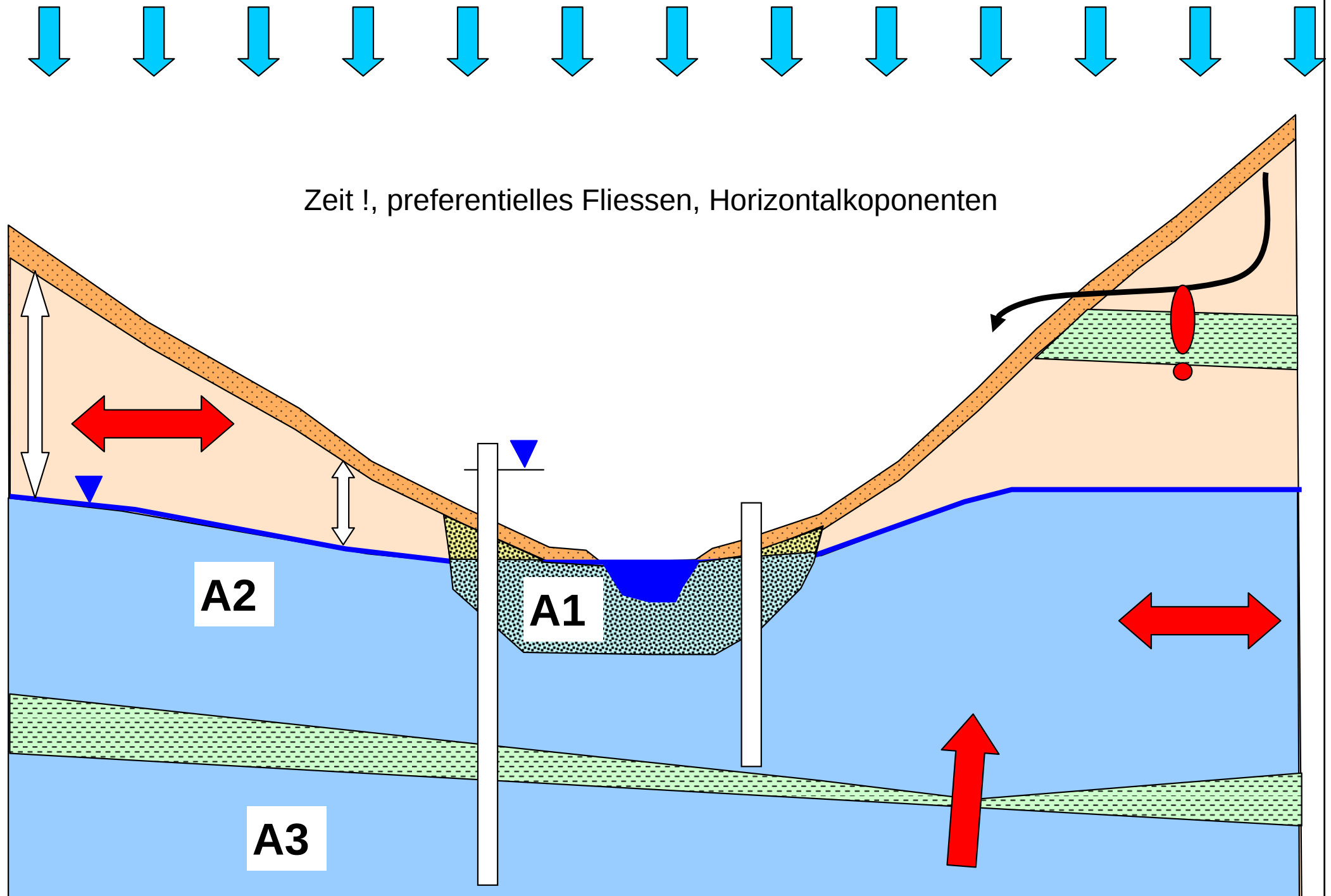
Weitere Aspekte der Grundwasserneubildung auf der regionalen Skala





Grundwasserneubildung auf der regionalen Skala

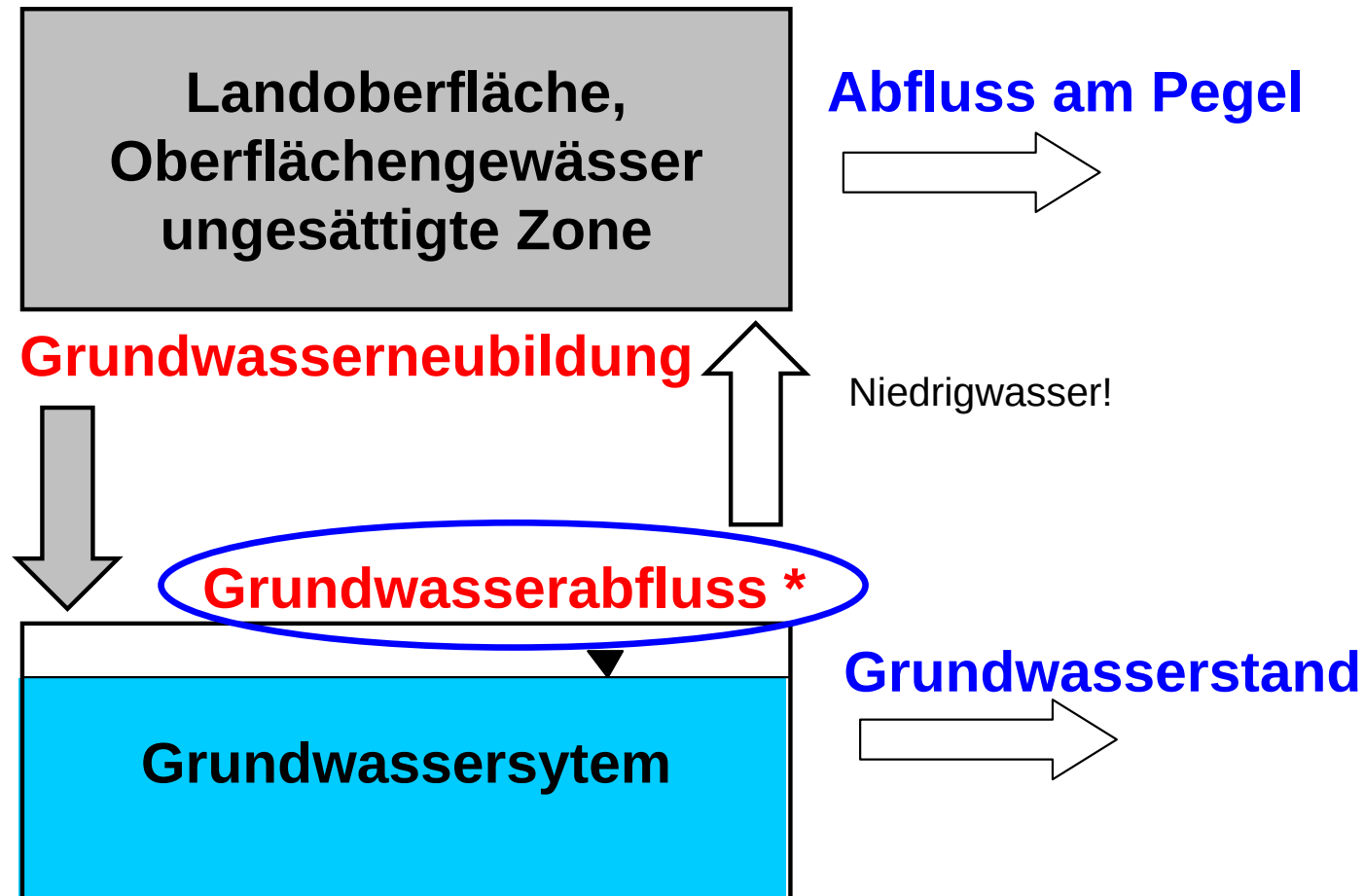




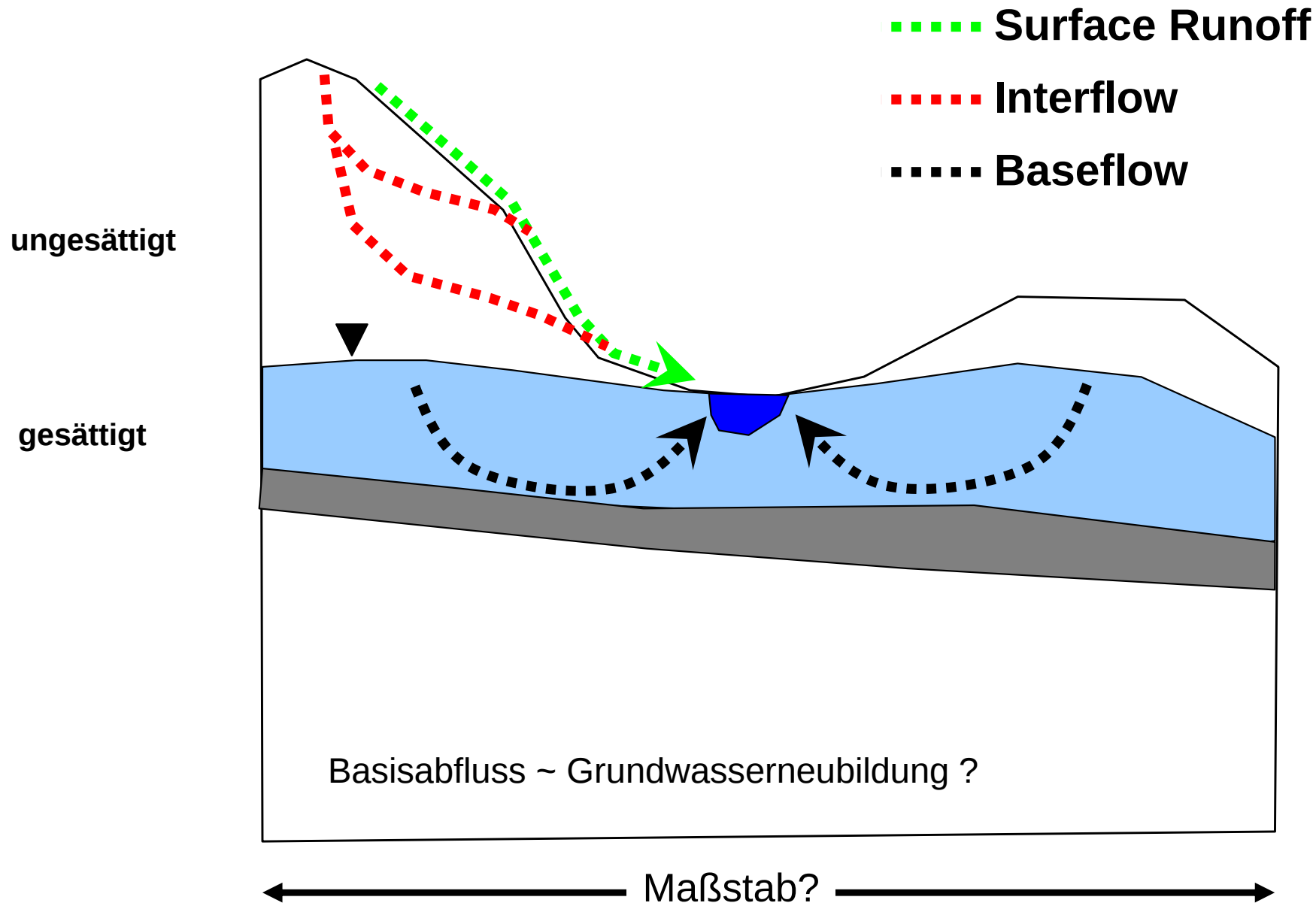
- Relief und Heterogenitäten in der (tiefen) ungesättigten Zone führen zu lateralem Abfluss (Quellen) und einer Reduktion der Grundwasserneubildung
- Tiefenlage, präferentielles Fließen in der (tiefen) ungesättigten Zone führen zu einer räumlich differenzierten zeitlichen Verzögerung und Dämpfung der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

Kopplung

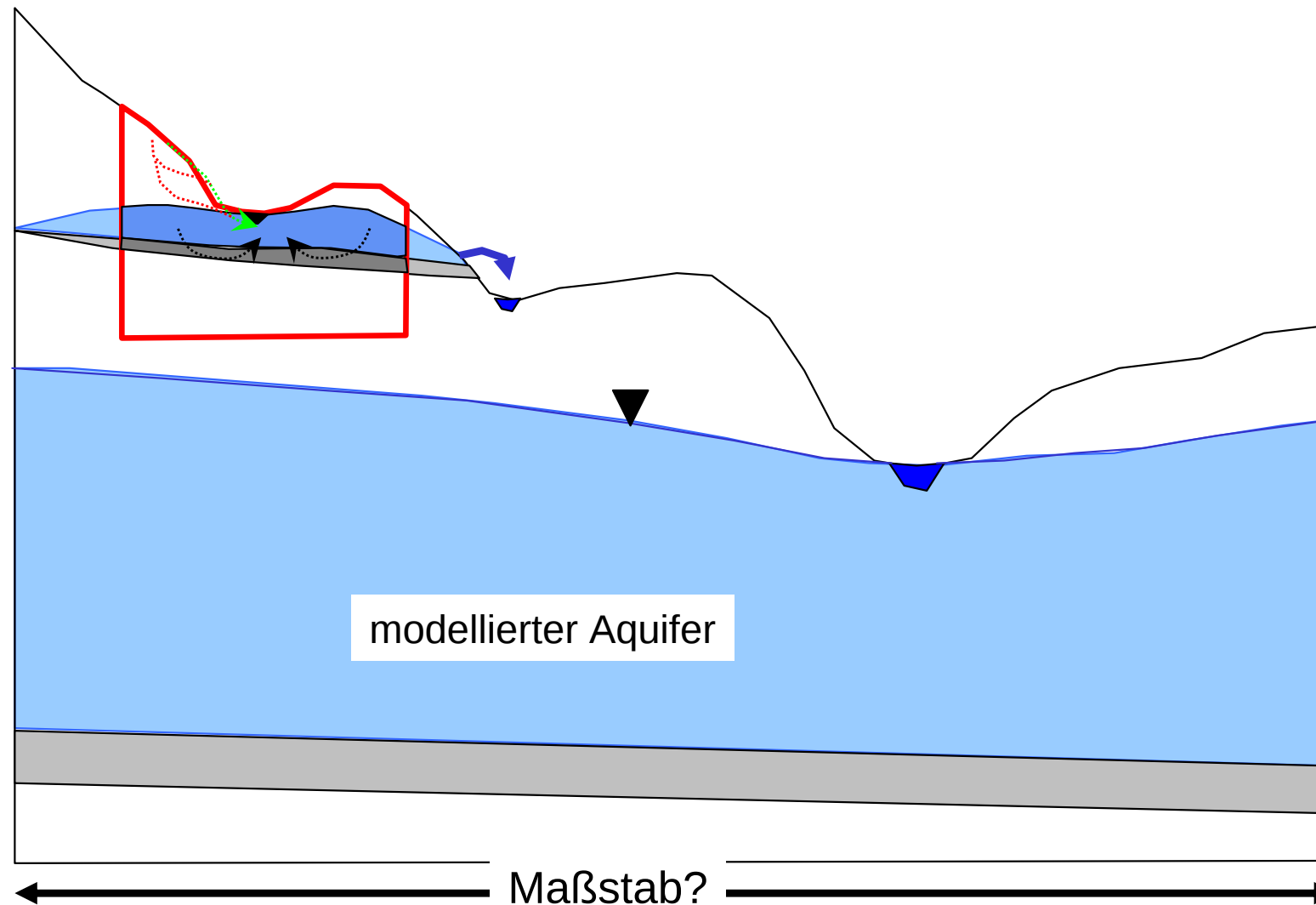
Kalibrierung



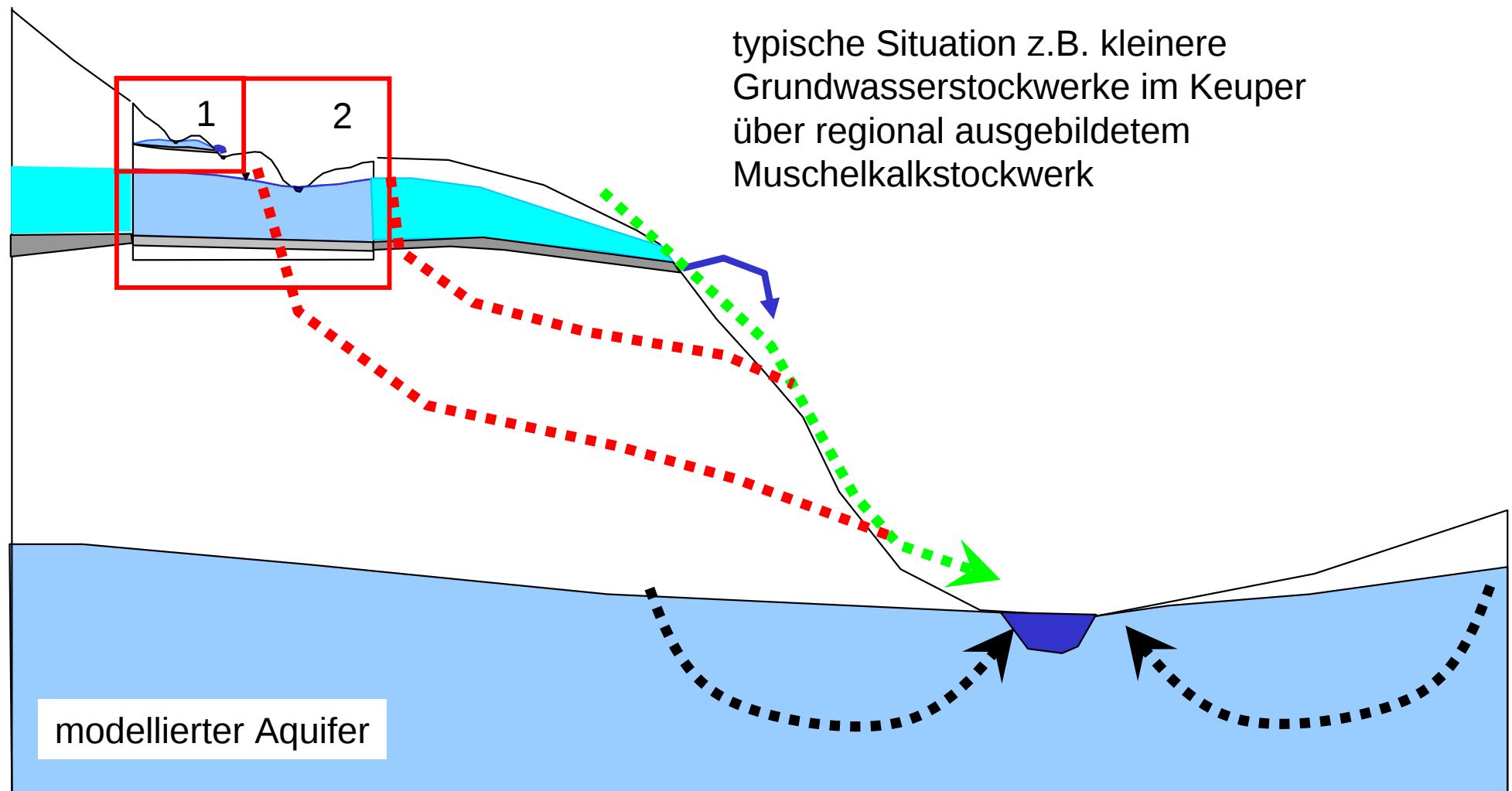
* Basisabfluss, grundwasserbürtiger Abfluss

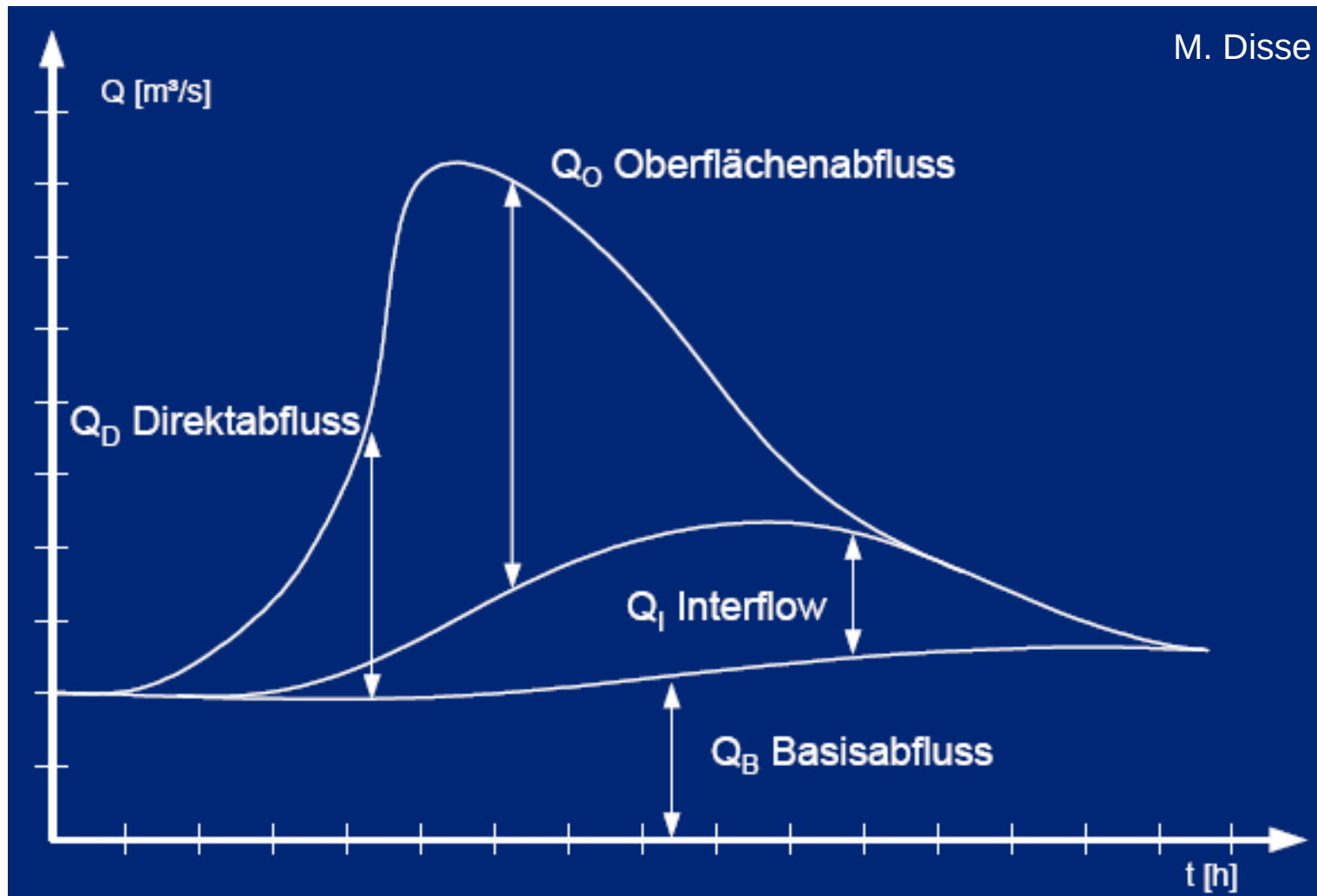


1) Basisabfluss / Grundwasserabfluss



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



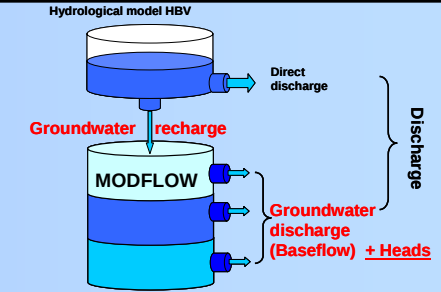
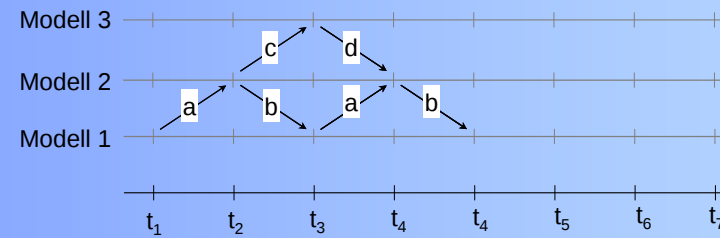
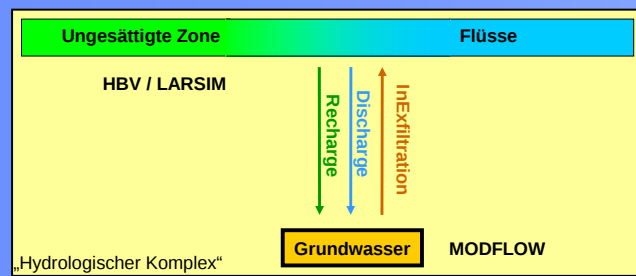


Problem: Der “Basisabfluss” hat gar keine physikalische Bedeutung mit der man ihm einem “Raum” im Modell zuordnen könnte!

- 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 gekoppelten 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