



# **Versuch der Synthese der Niederschlag- Abflussmodellierung und Hochwasserstatistik**

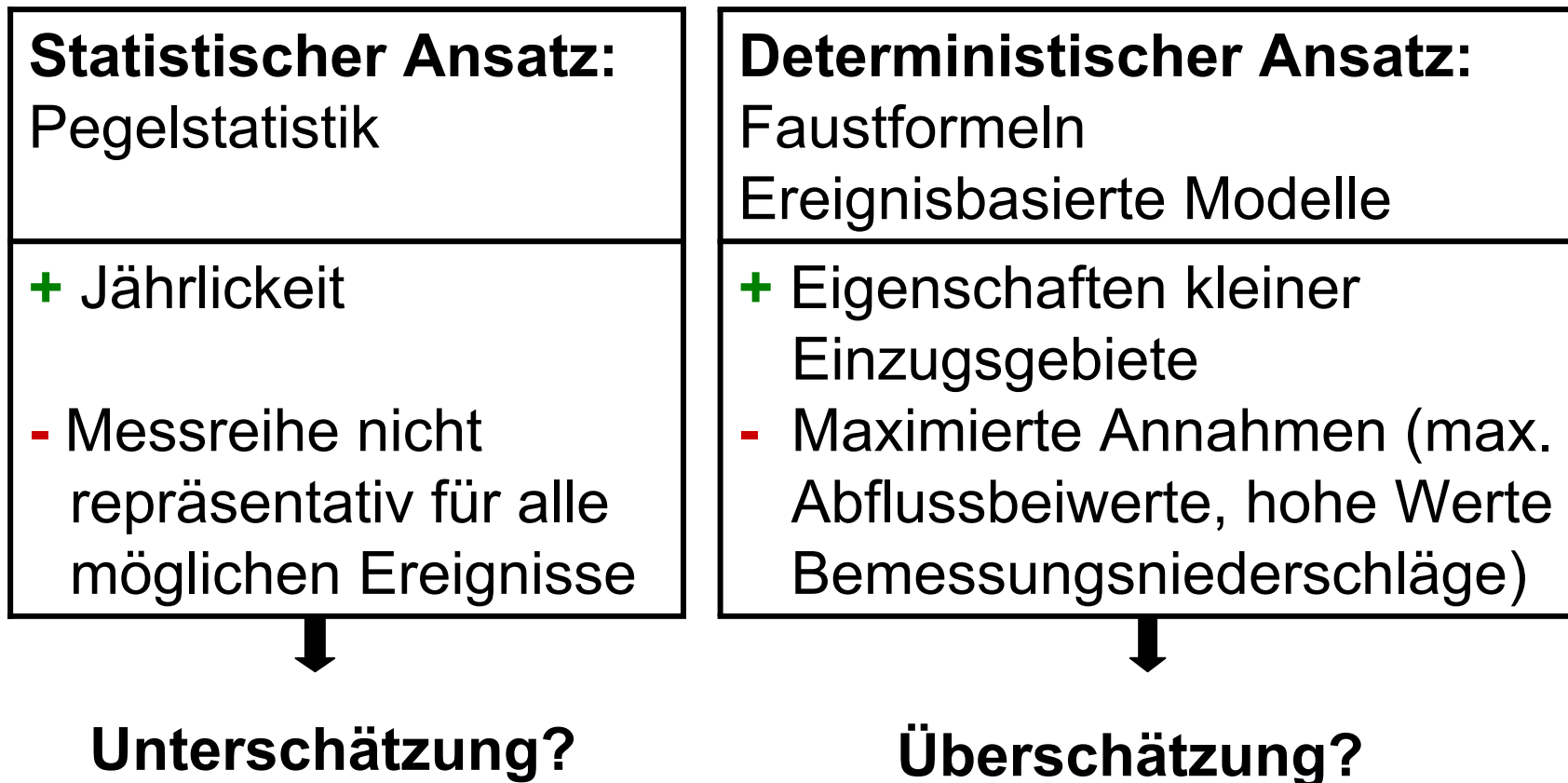
(HOWATI – Hochwasser Tirol)

**Magdalena Rogger**

Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie  
Technische Universität Wien

# Motivation

**Bemessungswerte** für Hochwasserschutzmaßnahmen in kleinen alpinen Einzugsgebieten



# Motivation

**Bemessungswerte** für Hochwasserschutzmaßnahmen in kleinen alpinen Einzugsgebieten

**Statistischer Ansatz:**  
Pegelstatistik

- + Jährlichkeit
- Messreihe nicht repräsentativ für alle möglichen Ereignisse



**Deterministischer Ansatz:**  
Faustformeln  
Ereignisbasierte Modelle

- + Eigenschaften kleiner Einzugsgebiete
- Maximierte Annahmen (max. Abflussbeiwerte, hohe Werte Bemessungsniederschläge)



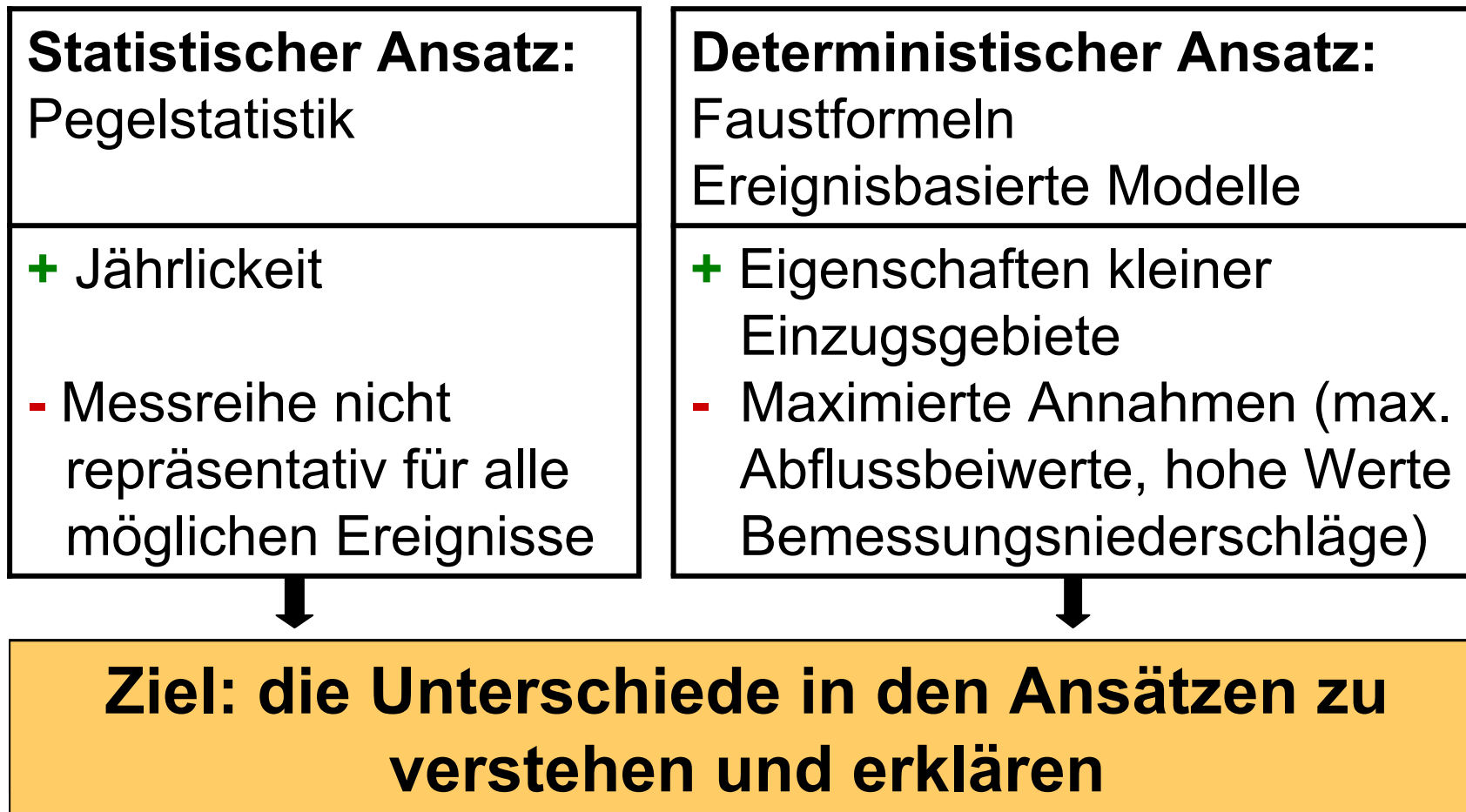
**Beispiel Weerbach :**

$$HQ_{100}=34\text{m}^3/\text{s}$$

$$HQ_{100}=120\text{m}^3/\text{s}$$

# Motivation

**Bemessungswerte** für Hochwasserschutzmaßnahmen in kleinen alpinen Einzugsgebieten

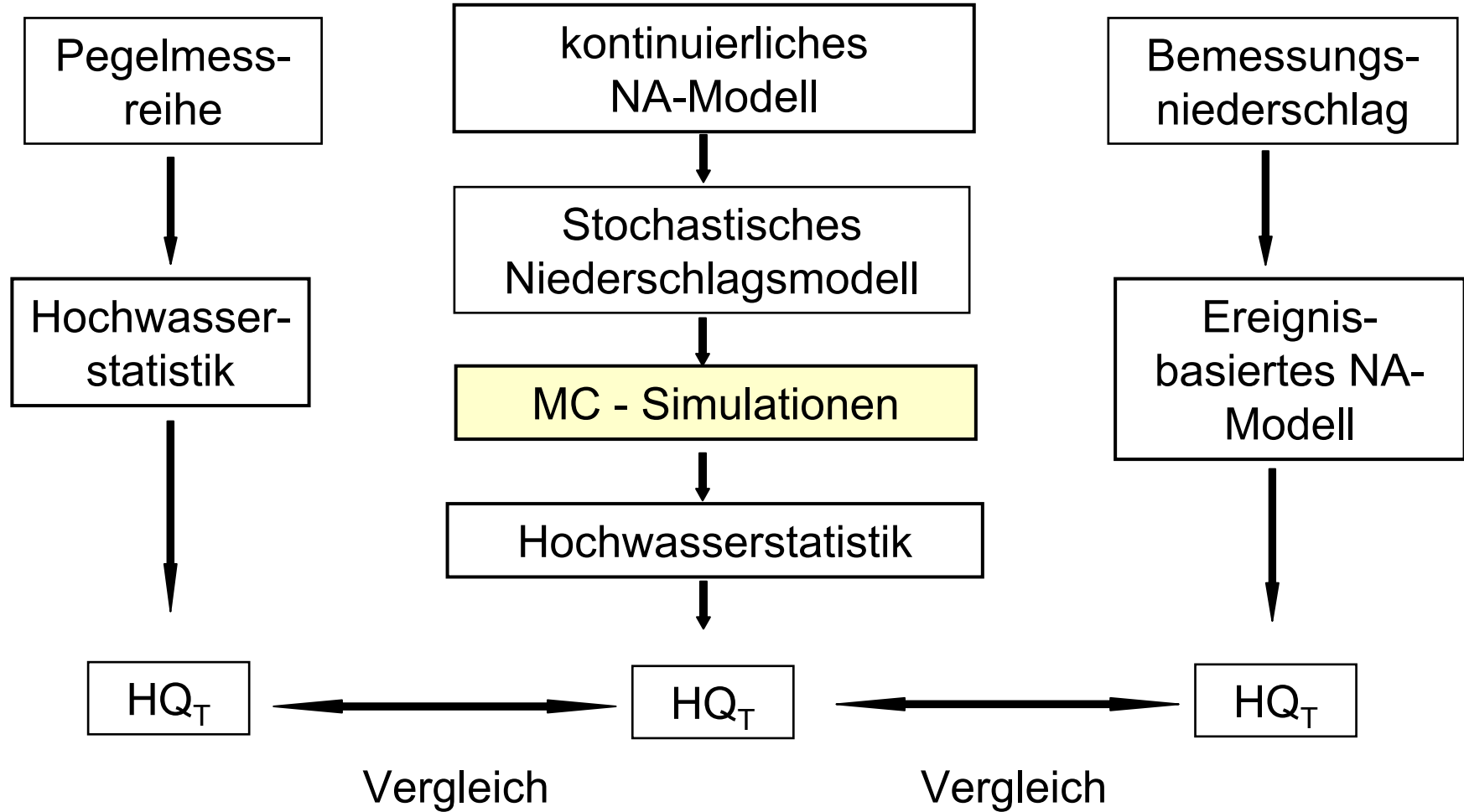


# Ansatz

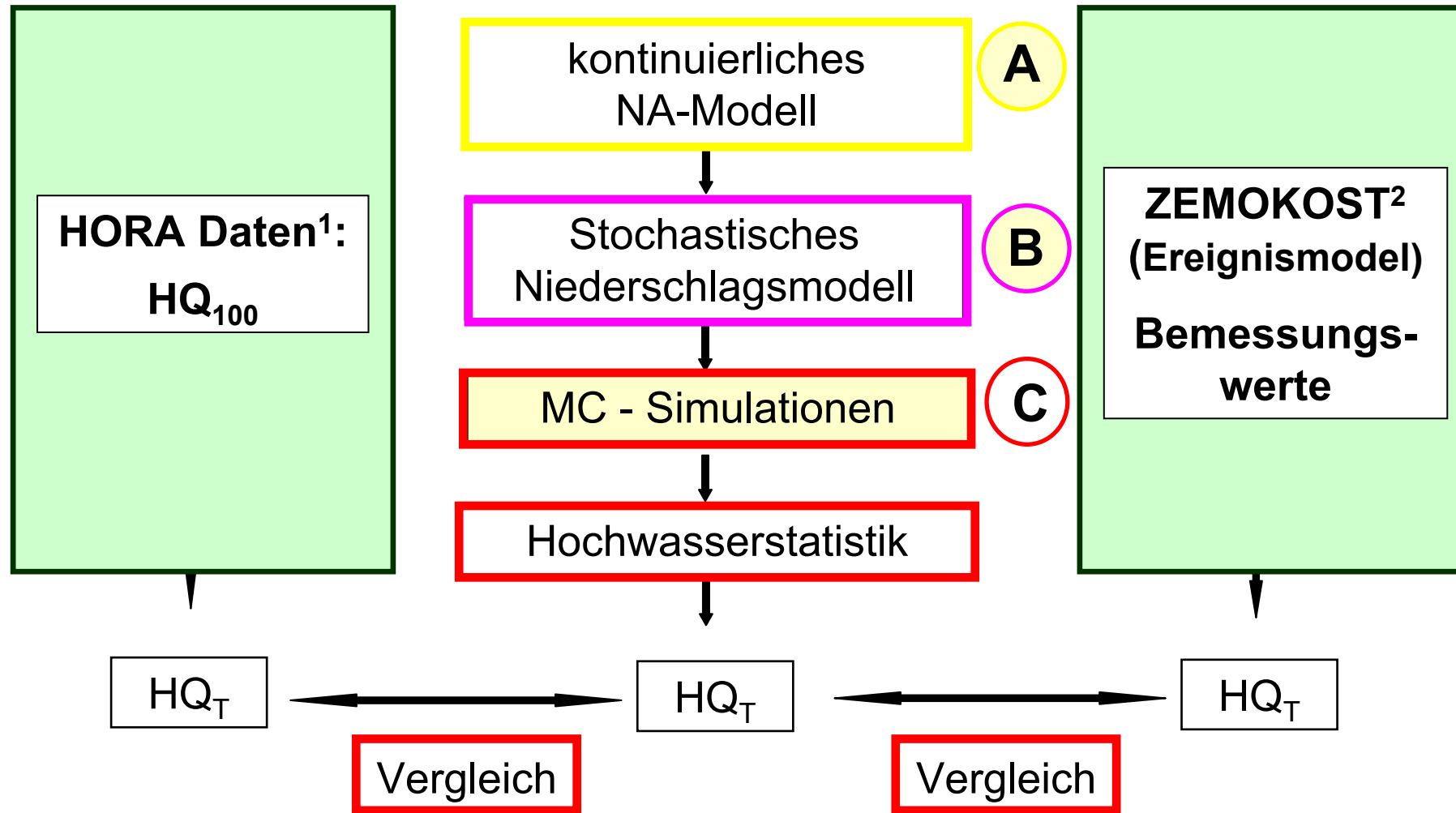
- kontinuierliches flächendetailliertes **Niederschlag-Abfluss Modellierung**
- **Monte Carlo Simulationen (10.000 Jahre)**
- **Zusammenführung** des **statistischen** und **deterministischen** Ansatzes
- Prozesse → Einbezug aller vorhandener Daten + Experteneinschätzung: Orthophotos, Landnutzung, Hydrogeologie, Abflussbeiwertkarten
- MC Simulationsergebnisse → Zuordnung einer Jährlichkeit ist möglich

→ **Studie an 10 Piloteinzugsgebieten in Tirol (4-100km<sup>2</sup>)**

# Methode



# Methode

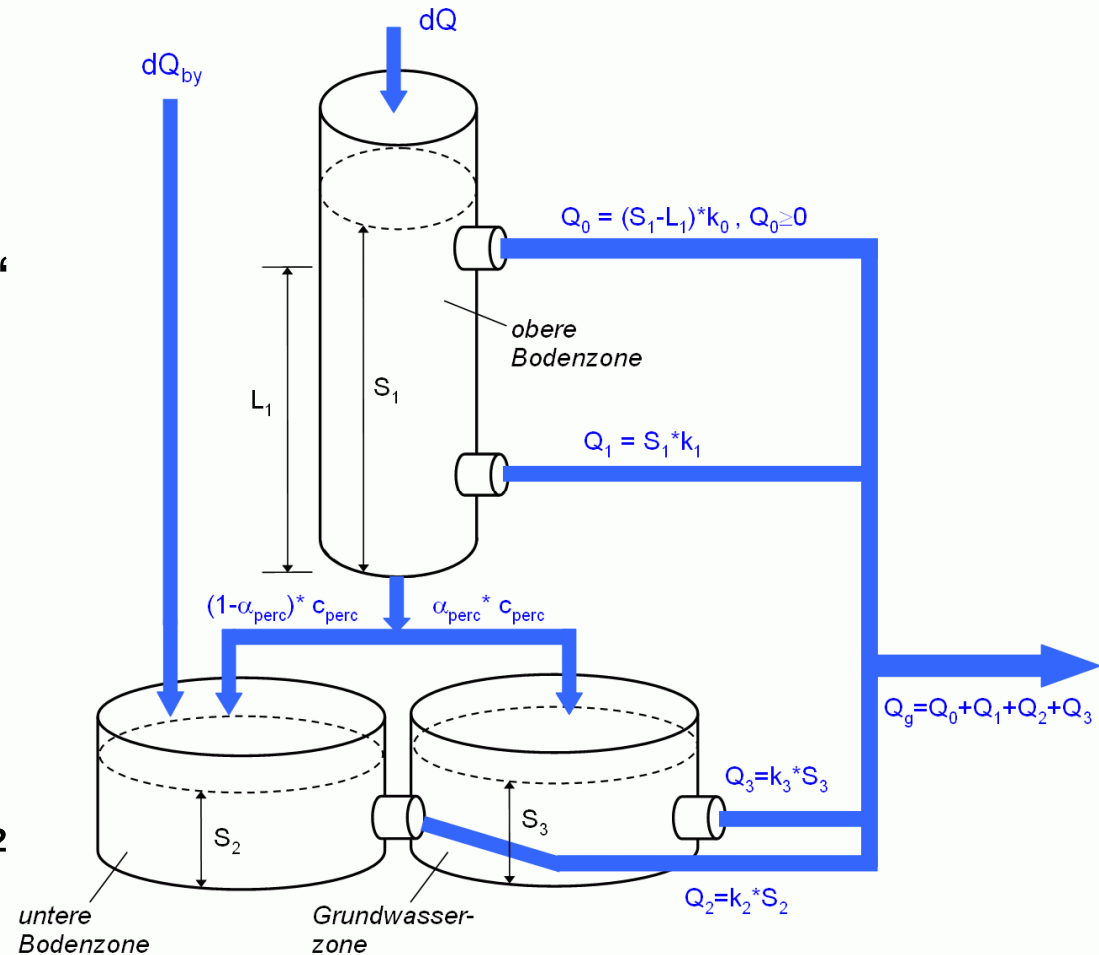


<sup>1</sup> MERZ R., G. BLÖSCHL & G. HUMER (2008)

<sup>2</sup> KOHL, B. & L. STEPANEK (2005)

# A) kontinuierliches NA-Modell

- flächendetailliertes Modell - Pixelbasis
- „soil moisture accounting scheme“
- Niederschlag, Temperatur und potentielle Evapotranspiration als Input
- Auflösung:  
räumlich  $\rightarrow 0,04\text{km}^2$   
zeitlich  $\rightarrow 15\text{min}$

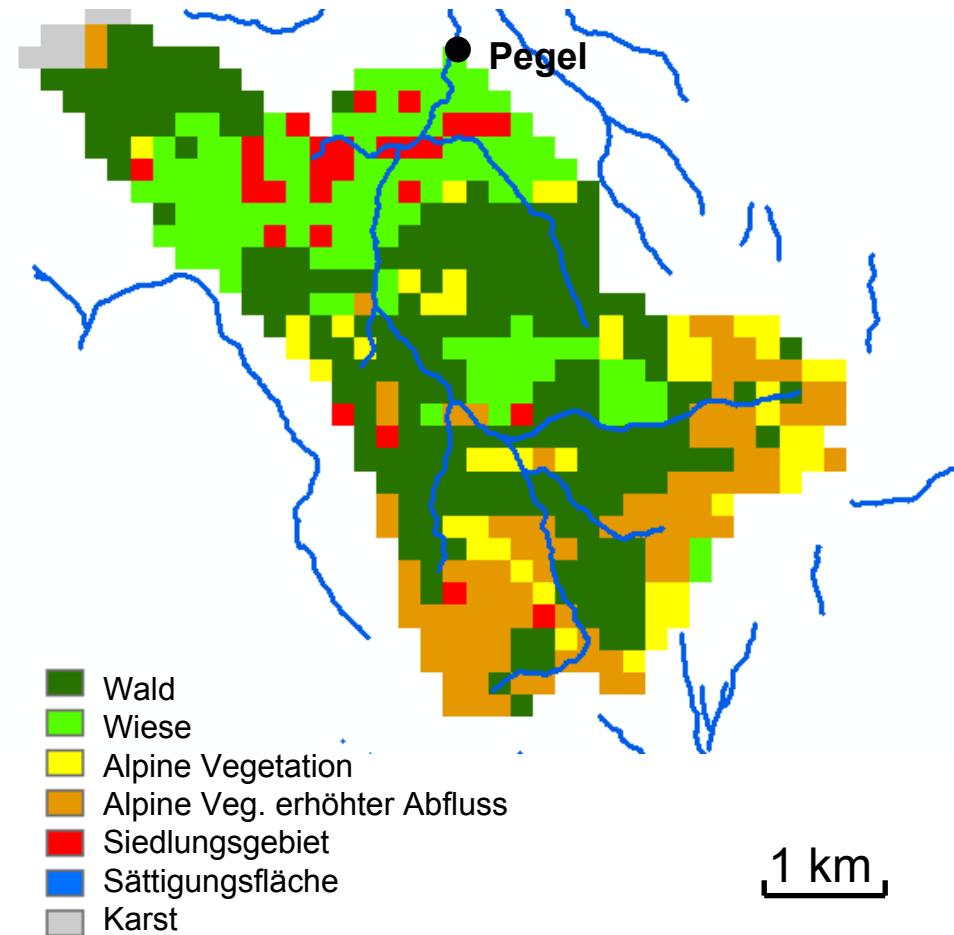




# A) kontinuierliches NA-Modell

## Hydrotupe

- Hydrotupe basierend auf:
  - Orthophotos
  - Landnutzungsdaten
  - Abflußbeiwertkarten
- Jedes Hydrotop hat einen Parametersatz im Modell
- Bodenparameter

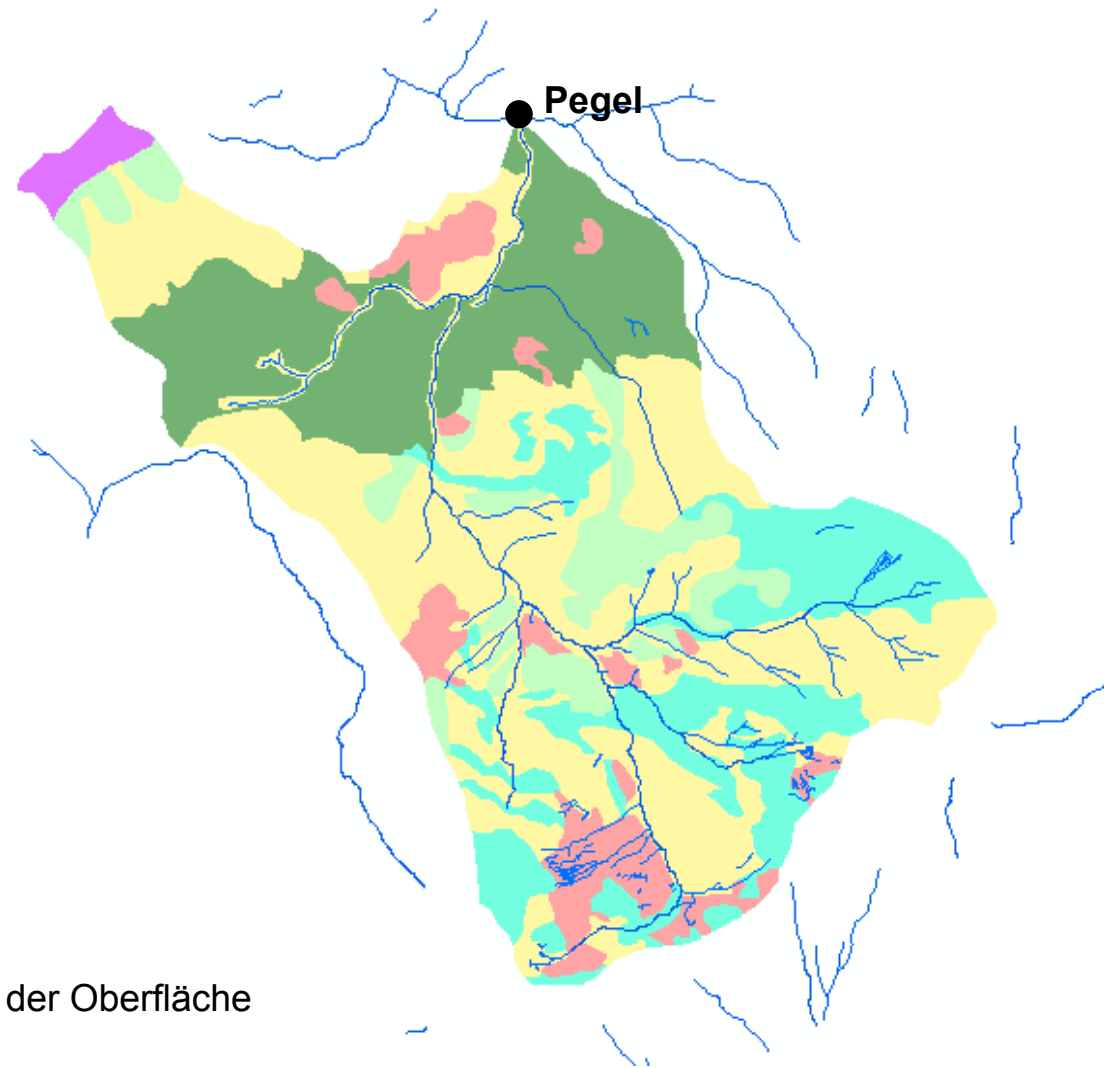


# A) kontinuierliches NA-Modell

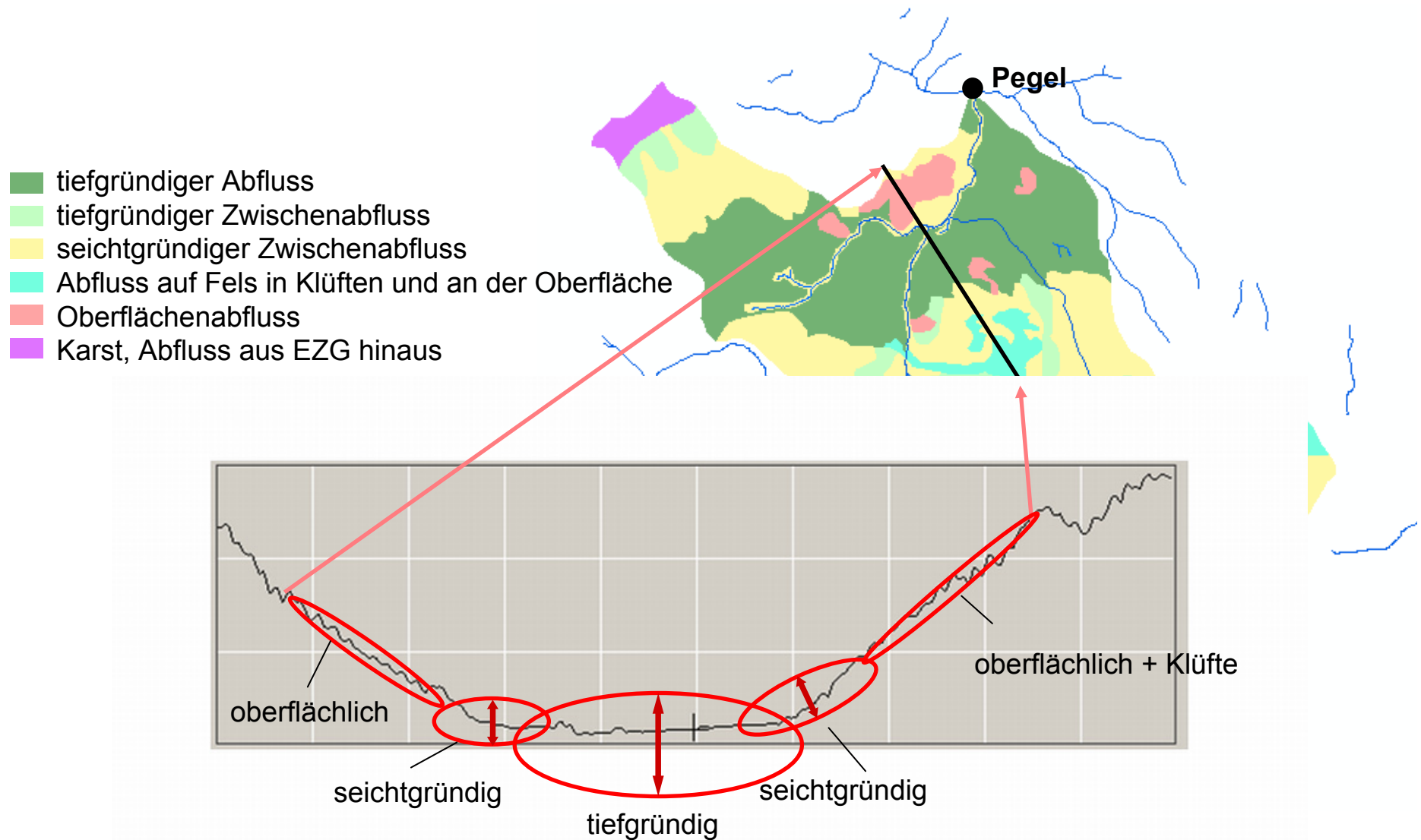
## Hydrogeologie

- Basierend auf geologischen Karten, Orthophoto Feldbegehungen
- Grundwasserparameter

- tiefgründiger Abfluss
- tiefgründiger Zwischenabfluss
- seichtgründiger Zwischenabfluss
- Abfluss auf Fels in Klüften und an der Oberfläche
- Oberflächenabfluss
- Karst, Abfluss aus EZG hinaus



# A) kontinuierliches NA-Modell

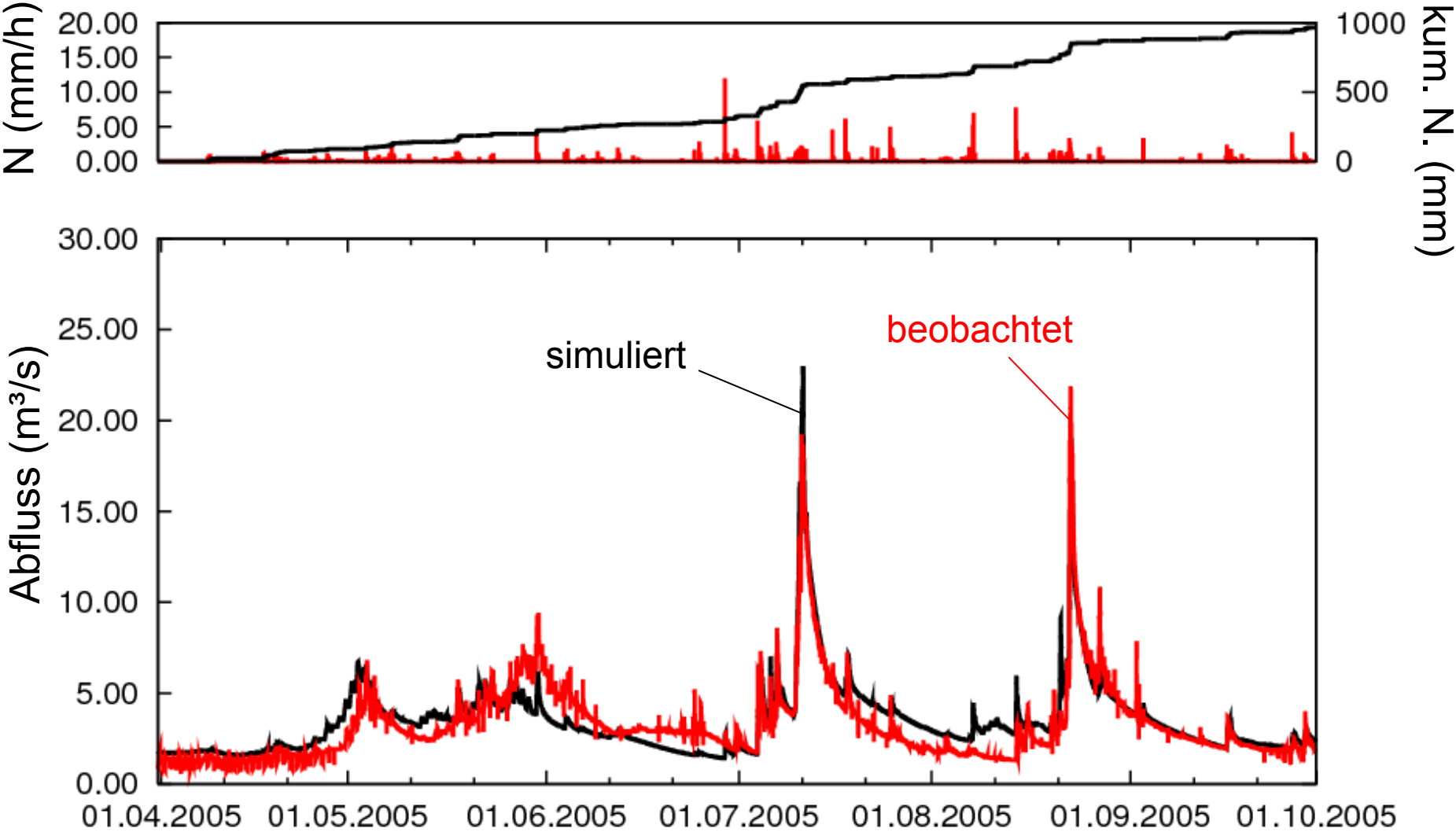


# A) kontinuierliches NA-Modell

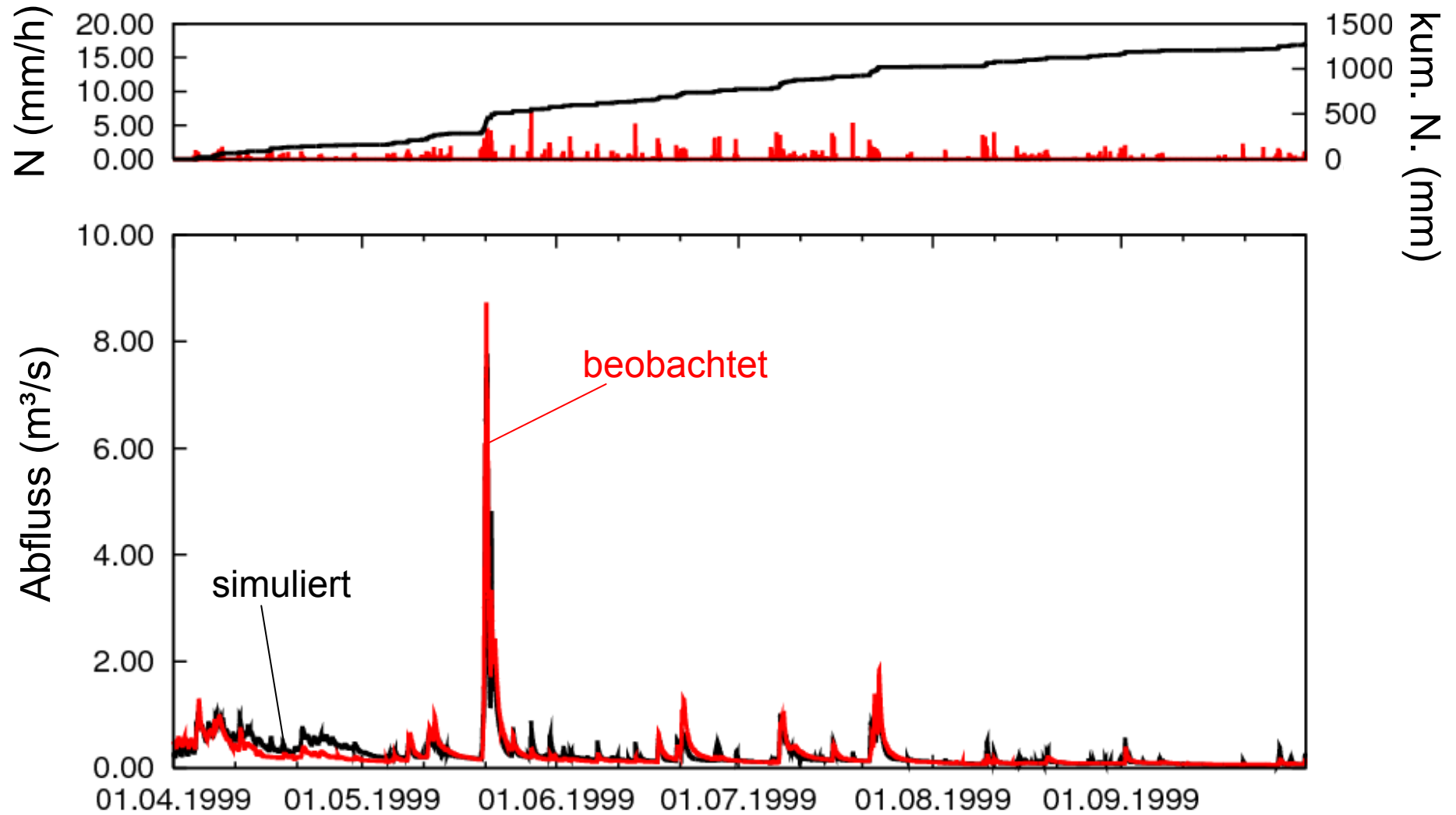
## Bestimmung der Parameter

- Generelle Vorgangsweise:
  - a priori Bestimmung basierend auf Hydrotopen/Hydrogeologie
  - genaue Wiedergabe der Wasserbilanz (saisonale Skale)
  - genaue Wiedergabe von Ereignissen unterschiedlicher Größe (Ereignisskale)
- Experteneinschätzung Hydrogeologie:
  - Feldbegehung durch Geologen
  - Speicher im saisonalen Verlauf
  - Ereignis: Wann sind die Speicher voll?

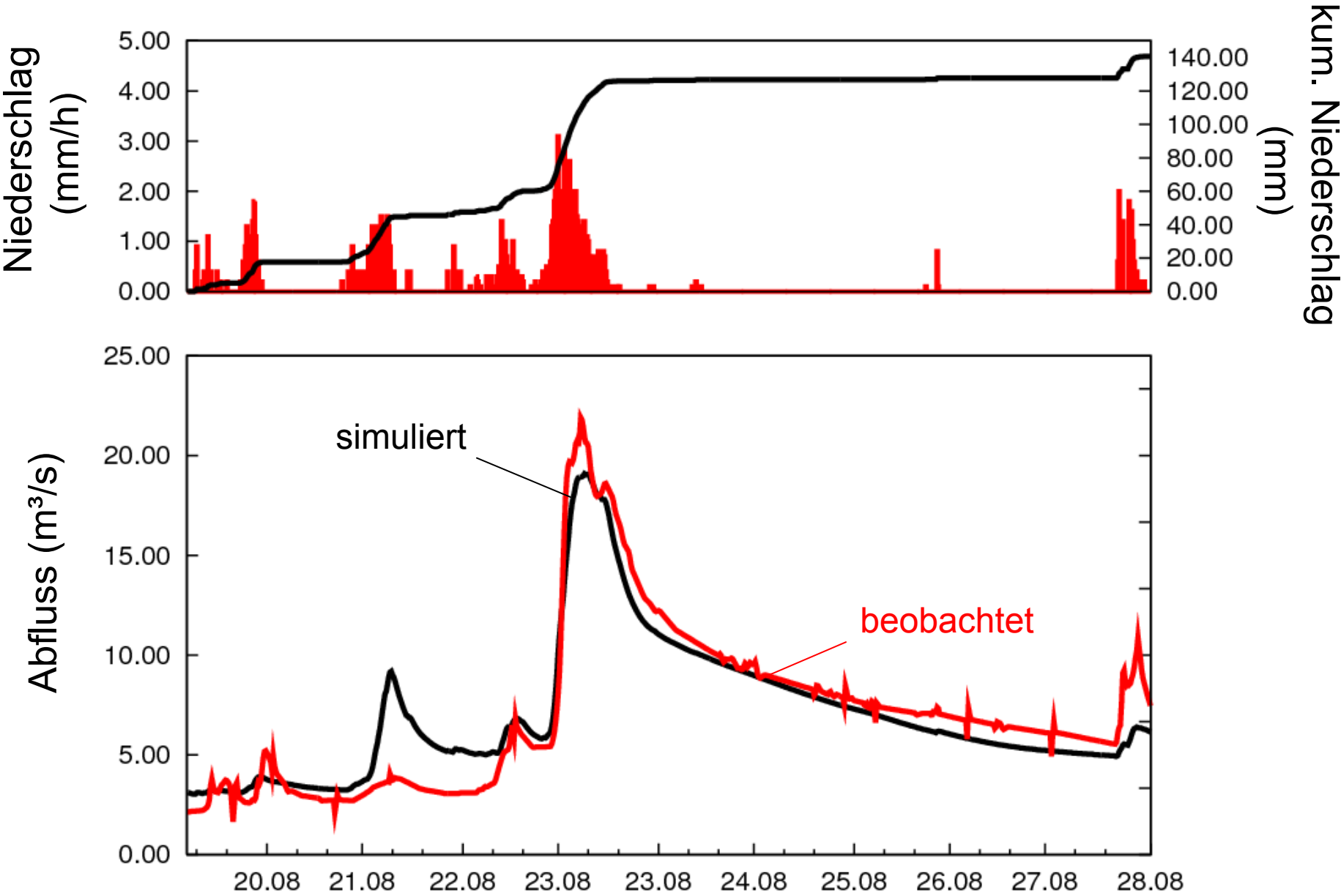
# Weerbach – Pegel Weer (72,8 km<sup>2</sup>) - Jahr 2005



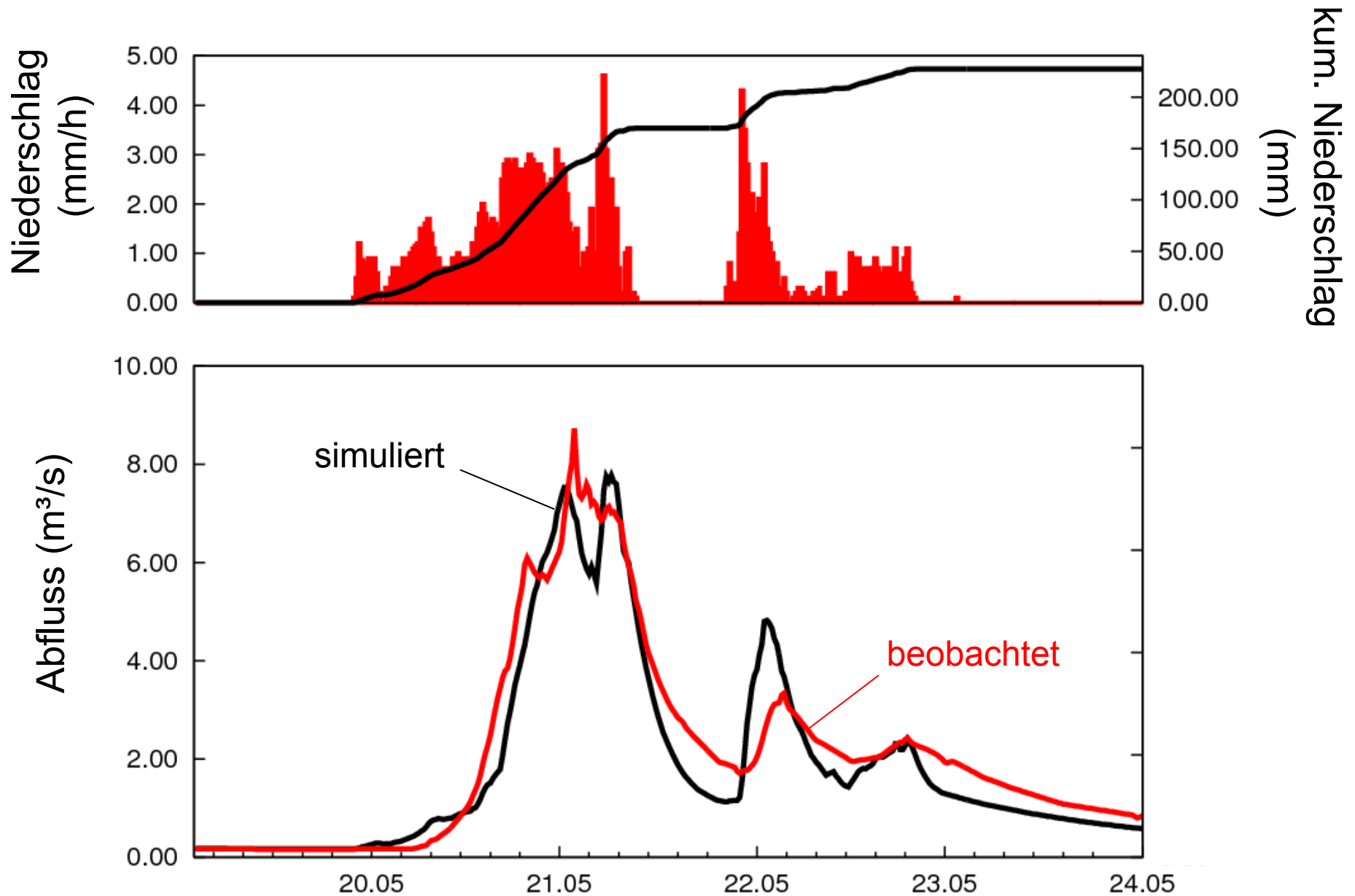
# Walchentalerb. – Peg. Rettensch. (4 km<sup>2</sup>) - Jahr 1999



# Weerbach – Pegel Weer (72,8 km<sup>2</sup>) - Ereignis 2005



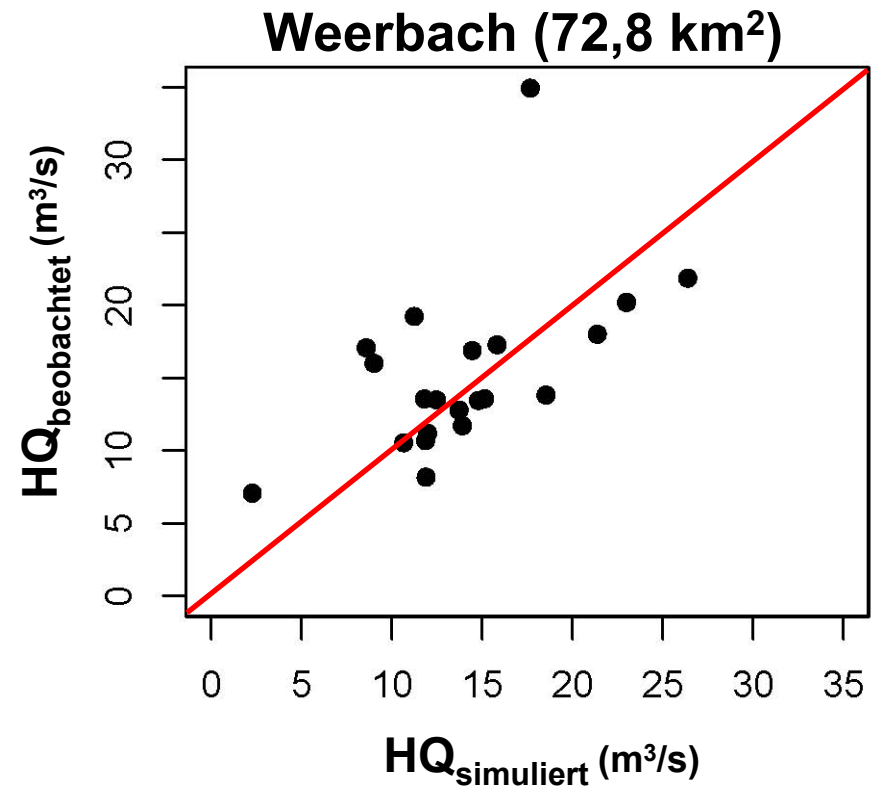
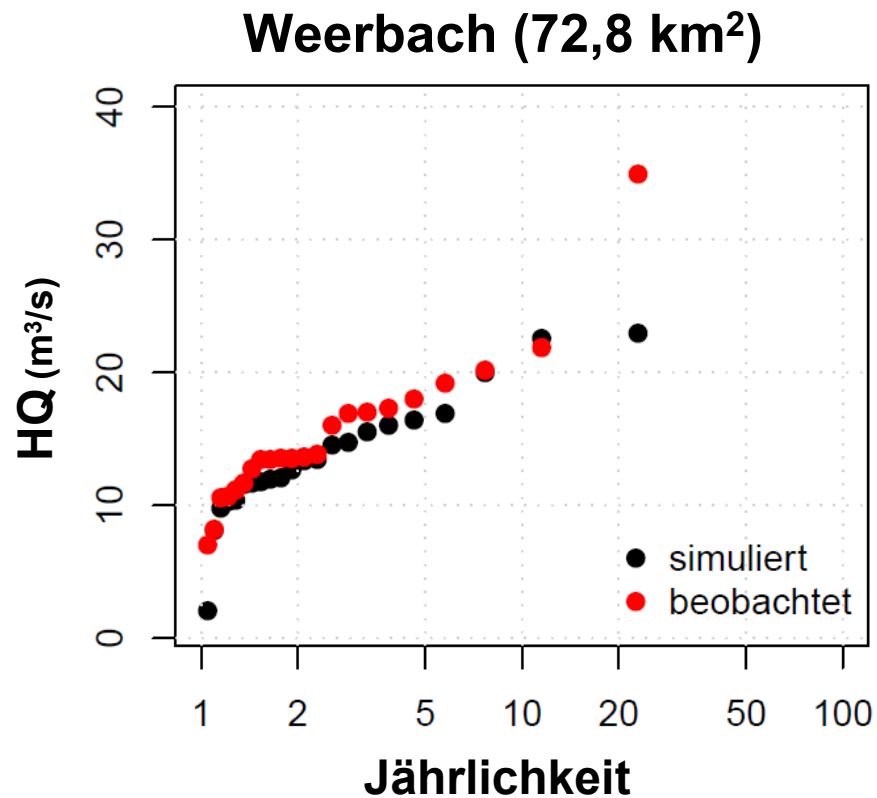
# Walchentalerb. – Peg. Rettensch. (4 km<sup>2</sup>) - Ereignis 1999



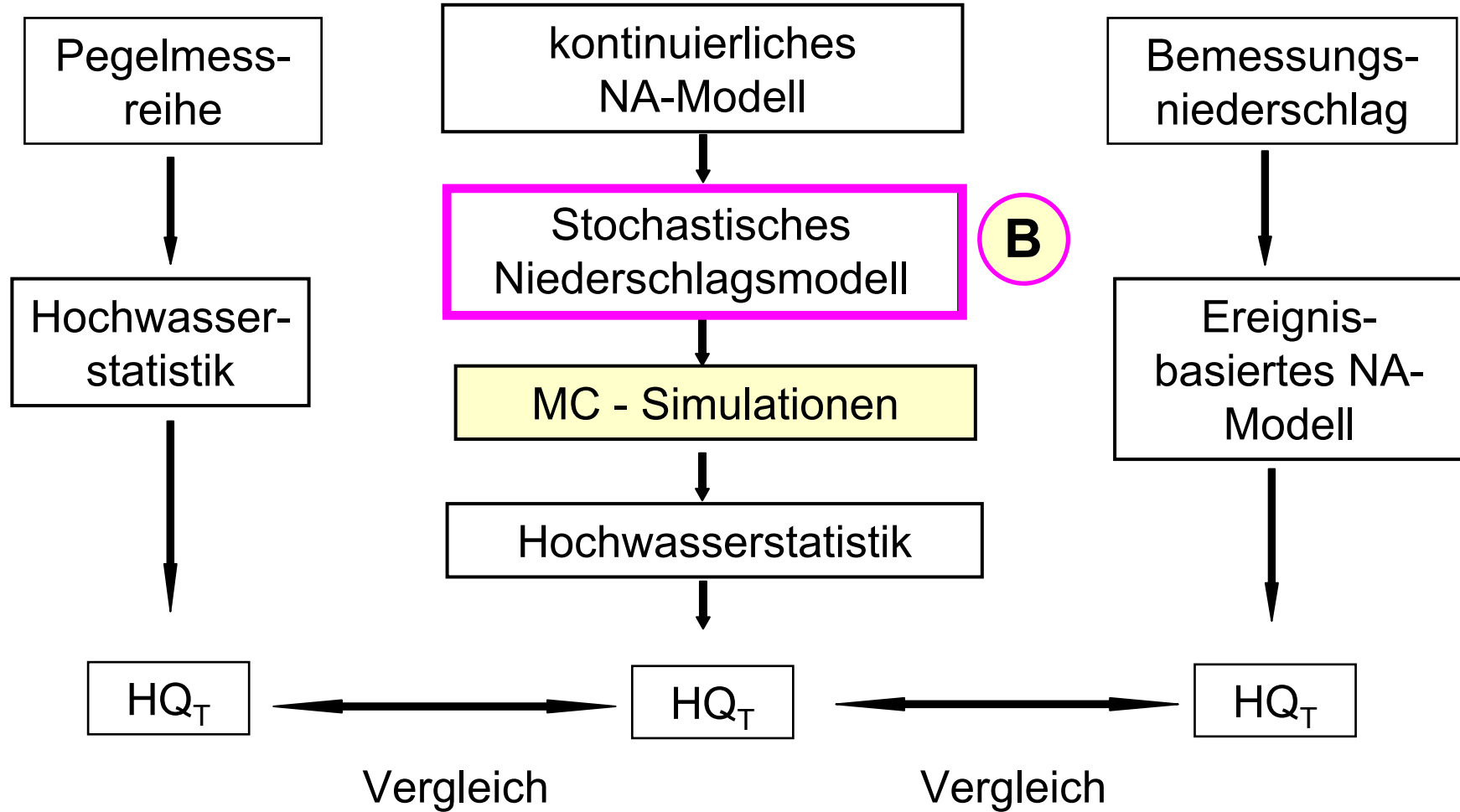


# A) kontinuierliches NA-Modell

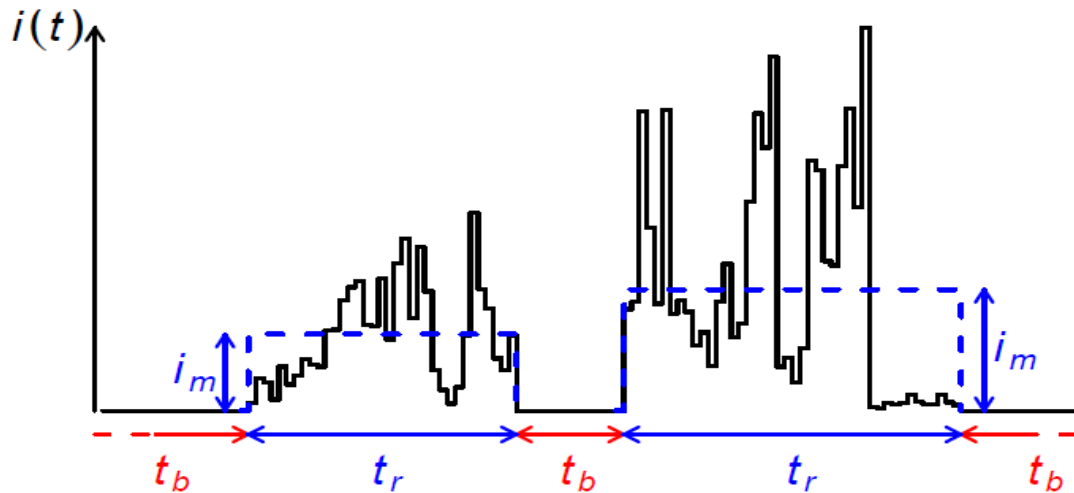
Modellvalidierung:



# Methode



## B) Stochast. Niederschlagsmodell

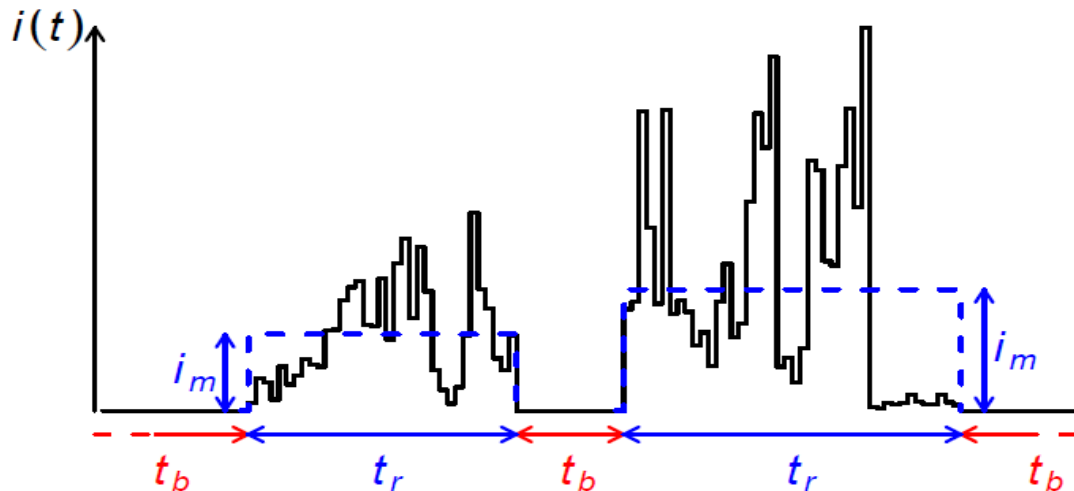


Sivapalan et al. (2005)

### Modelstruktur:

- Niederschlagsdauer  $t_r$  und Niederschlagspause  $t_b$  sind unabhängig verteilt und variieren saisonal
- $i_m$  hängt statistisch von der Niederschlagsdauer  $t_r$  ab (Abhängigkeit variiert saisonal)
- Änderung der Intensitäten innerhalb eines Ereignisses durch Disaggregation von  $i_m$  erzeugt (Zufallskaskade)

## B) Stochast. Niederschlagsmodell



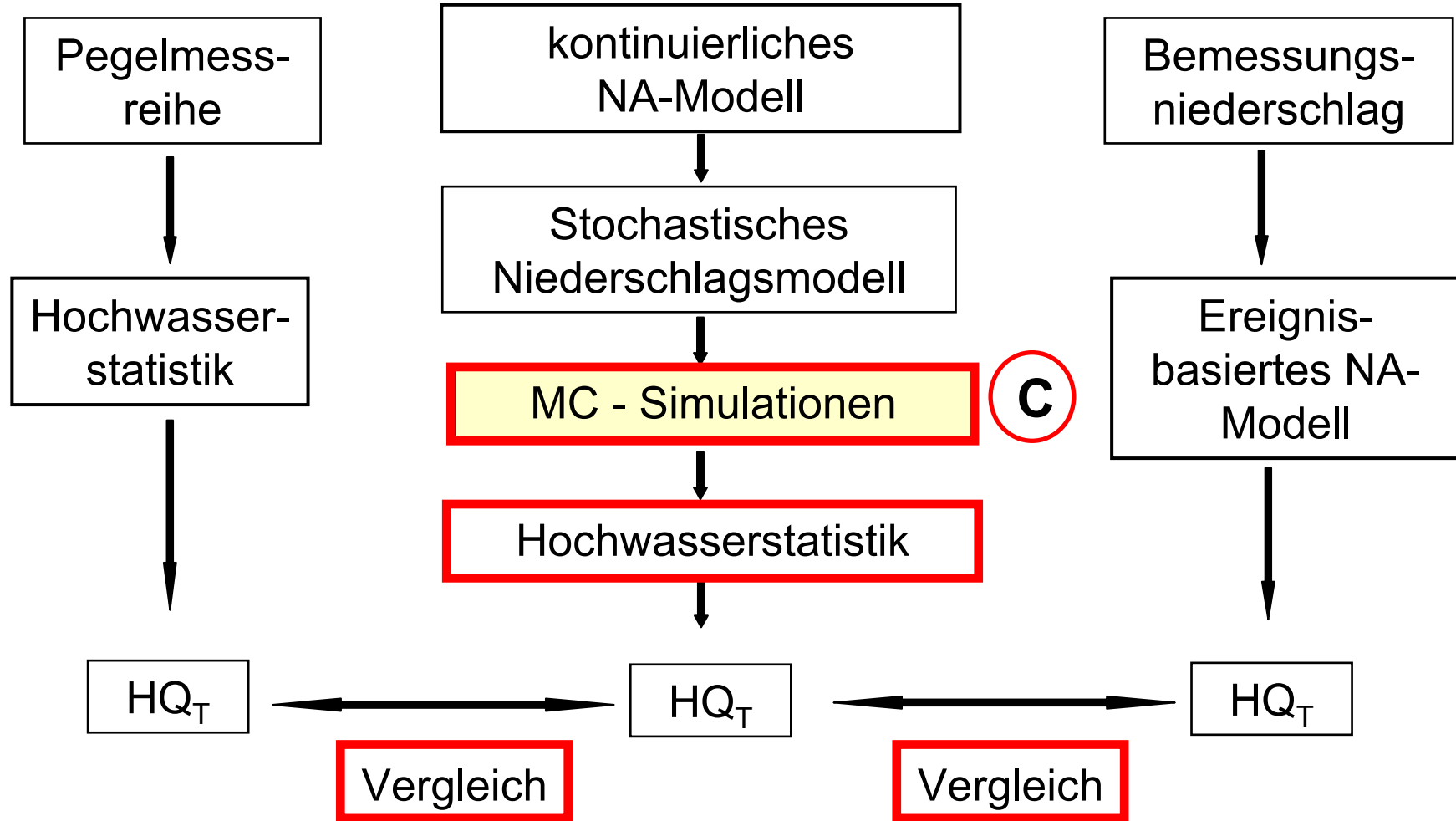
Sivapalan et al. (2005)

### Modelkalibration:

- Einzelne Niederschlagsereignisse aus Messreihe separiert
- Analyse der einzelnen Ereignisse bezüglich Dauer, Intensität, usw.
- Verteilungsfunktionen an die Daten angepasst

Erzeugen von Niederschlagsreihen über 10.000 Jahre

# Methode



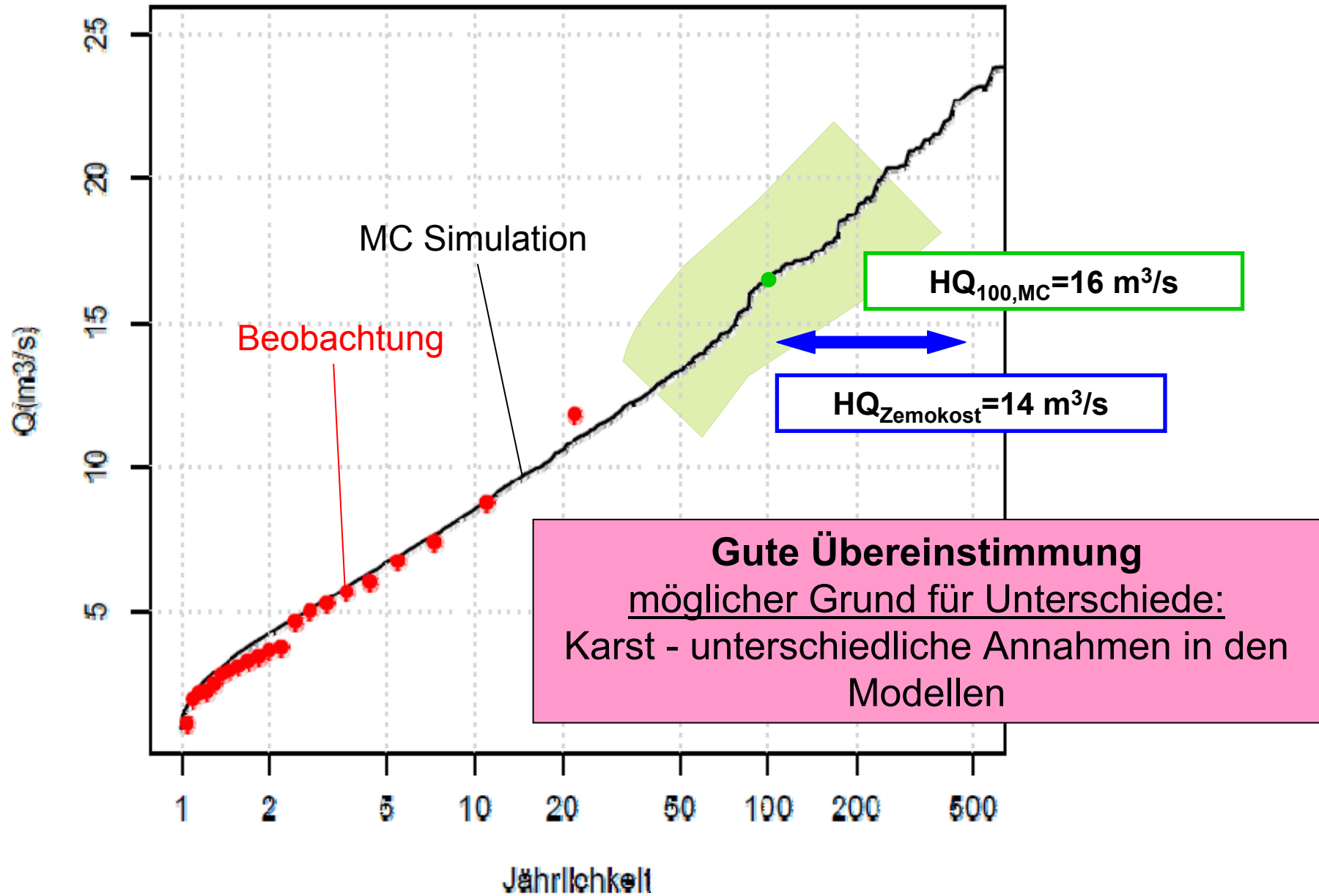
# C) Monte Carlo Simulationen

## Vorgangsweise:

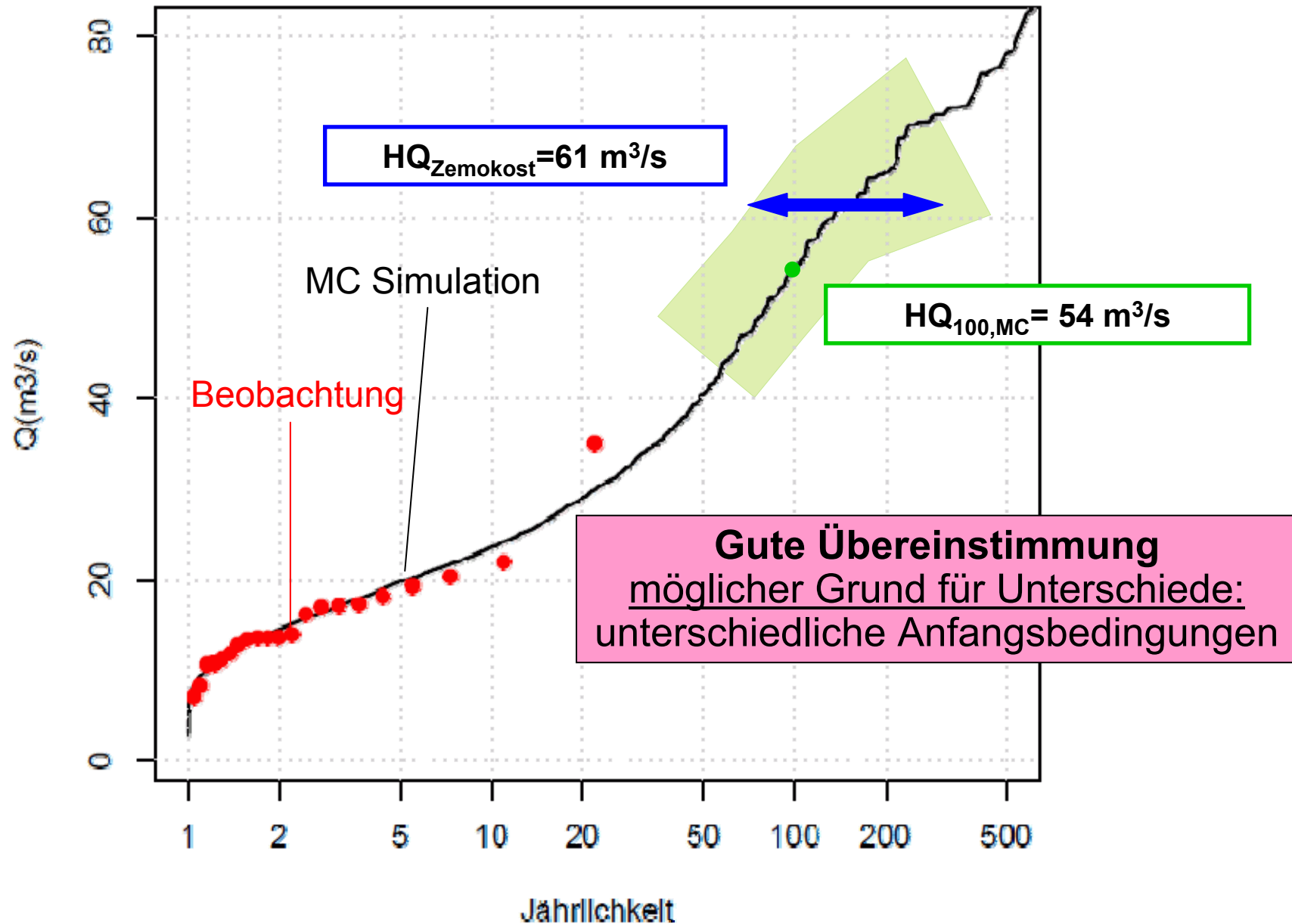
- kalibriertes NA- Modell
- Eingangsdaten:
  - 10.000 Jahre generierte Niederschläge
  - gemessene Temperaturdaten wiederholt
  - potentielle Evapotranspiration wiederholt

Generieren einer empirischen Verteilungsfunktion um HQ100 abzuschätzen!!

# Walchentalerbach: MC Ergebnisse vs. Beobachtungen

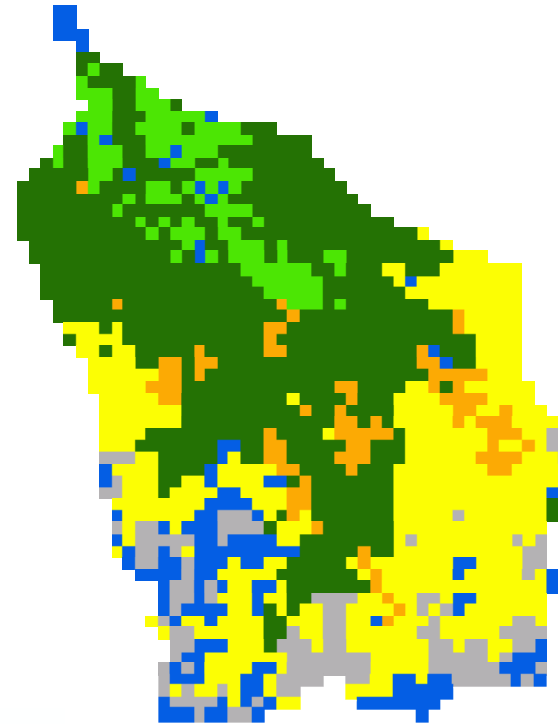
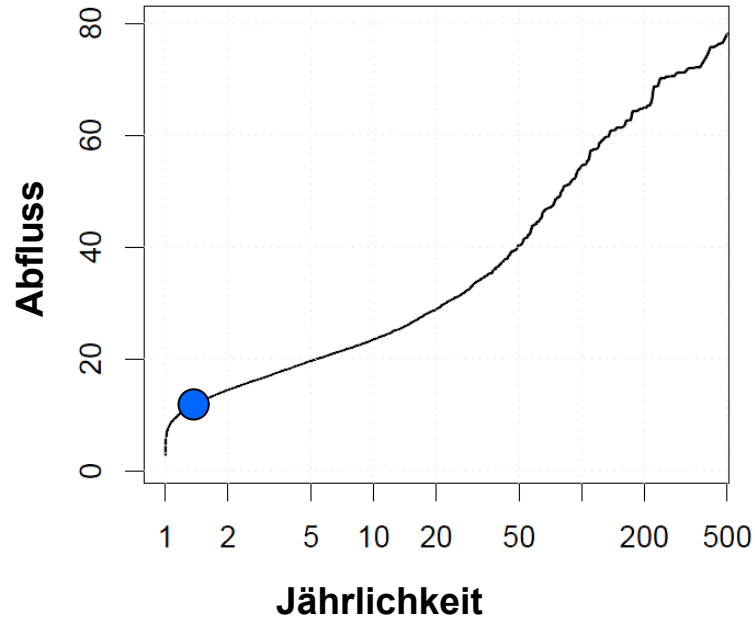


## Weerbach: MC Ergebnisse vs. Beobachtungen

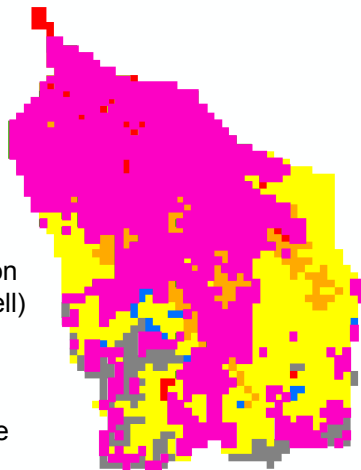




# C) Analyse der Resultate

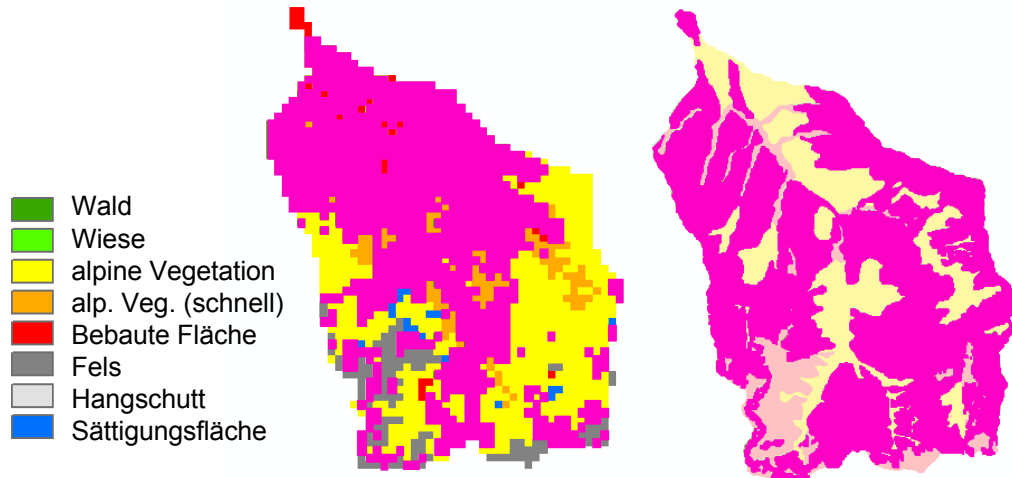
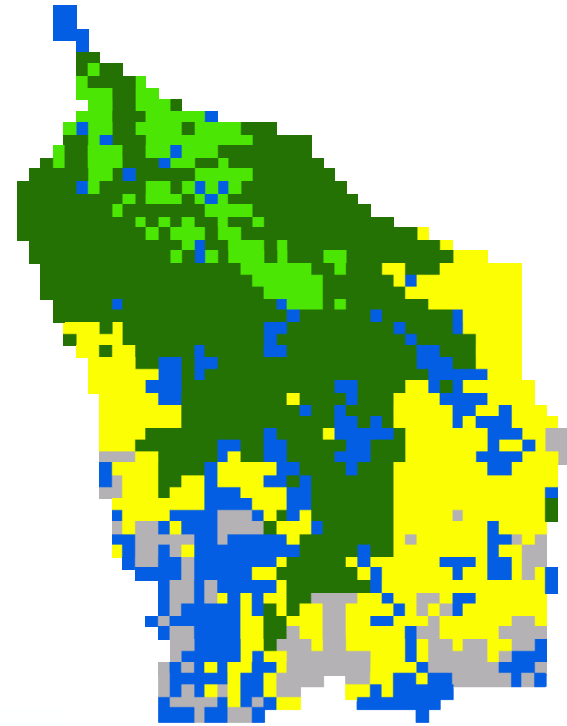
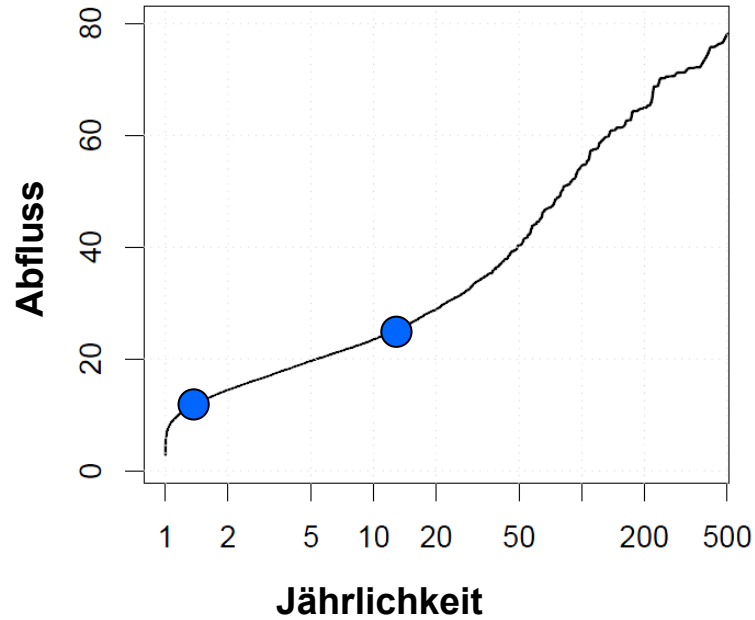


- Wald
- Wiese
- alpine Vegetation
- alp. Veg. (schnell)
- Bebaute Fläche
- Fels
- Hangschutt
- Sättigungsfläche



- Flächen mit großer Speicherkapazität**
- tiefgründiger Abfluss
- tiefgründiger Zwischenabfluss
- seichtgründiger Zwischenabfluss
- Oberflächenabfluss
- Sättigungsflächen

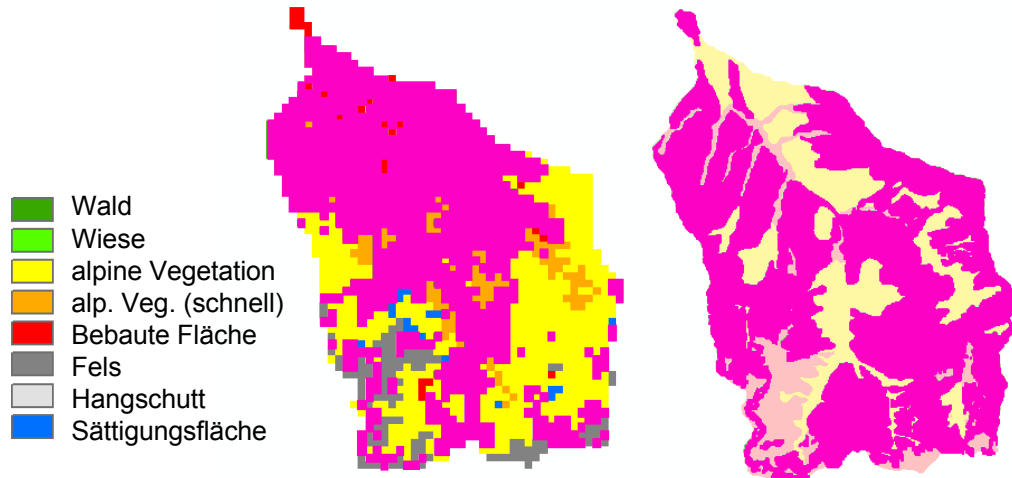
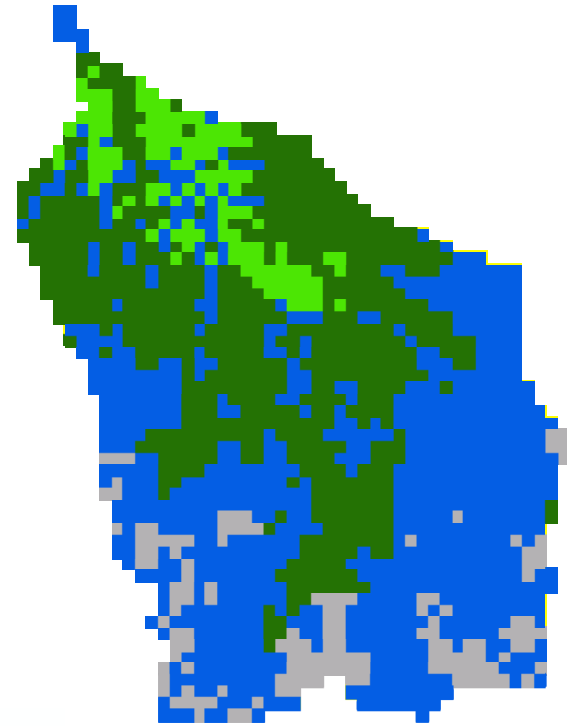
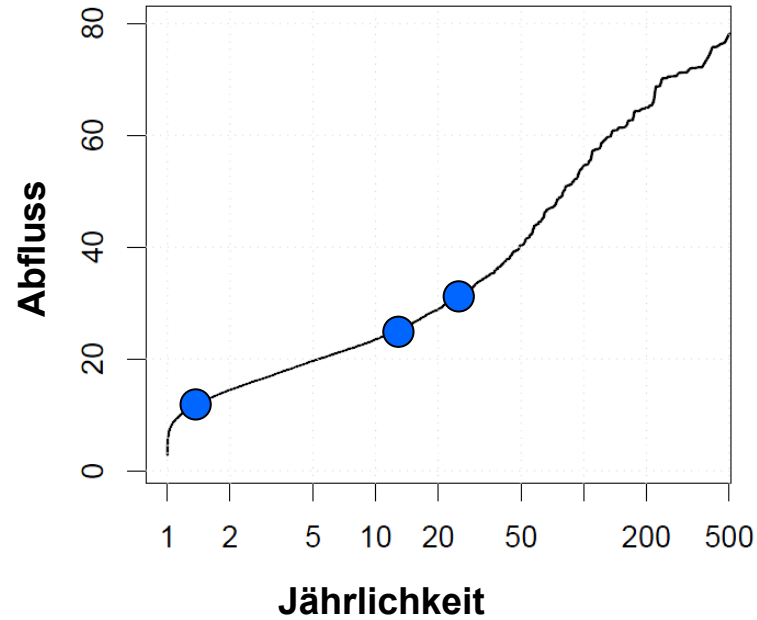
# C) Analyse der Resultate



- Wald
- Wiese
- alpine Vegetation
- alp. Veg. (schnell)
- Bebaute Fläche
- Fels
- Hangschutt
- Sättigungsfläche

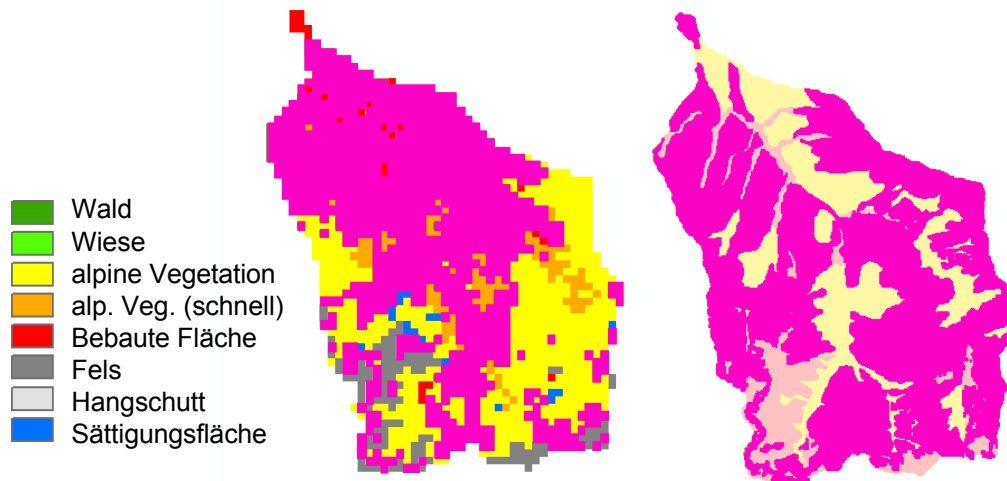
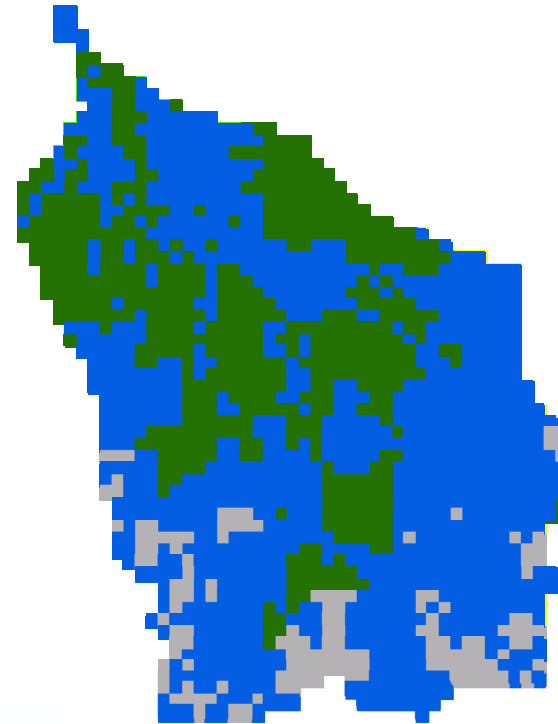
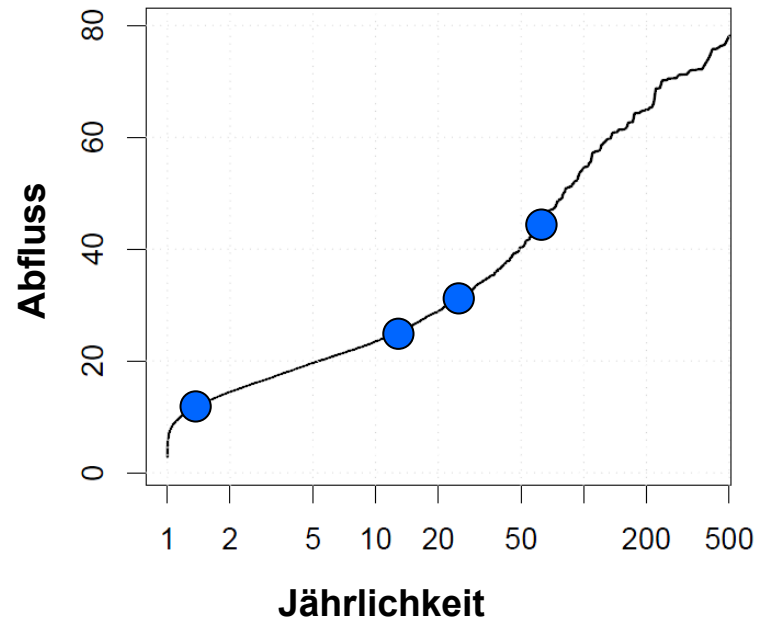
- Flächen mit großer Speicherfähigkeit
- tiefgründiger Abfluss
- tiefgründiger Zwischenabfluss
- seichtgründiger Zwischenabfluss
- Oberflächenabfluss
- Sättigungsflächen

# C) Analyse der Resultate



- Flächen mit großer Speicherkapazität**
- tiefgründiger Abfluss
- tiefgründiger Zwischenabfluss
- seichtgründiger Zwischenabfluss
- Oberflächenabfluss
- Sättigungsflächen

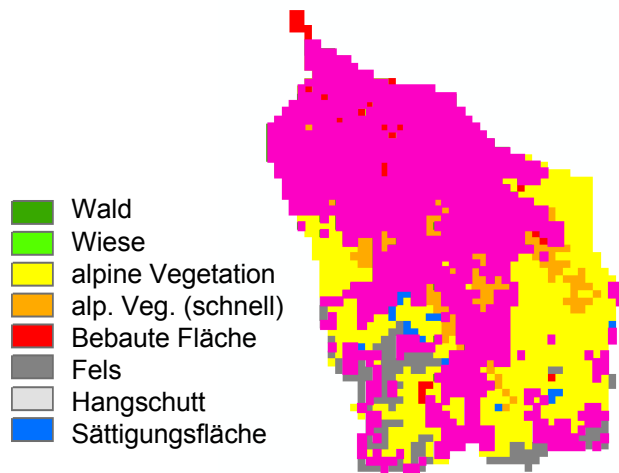
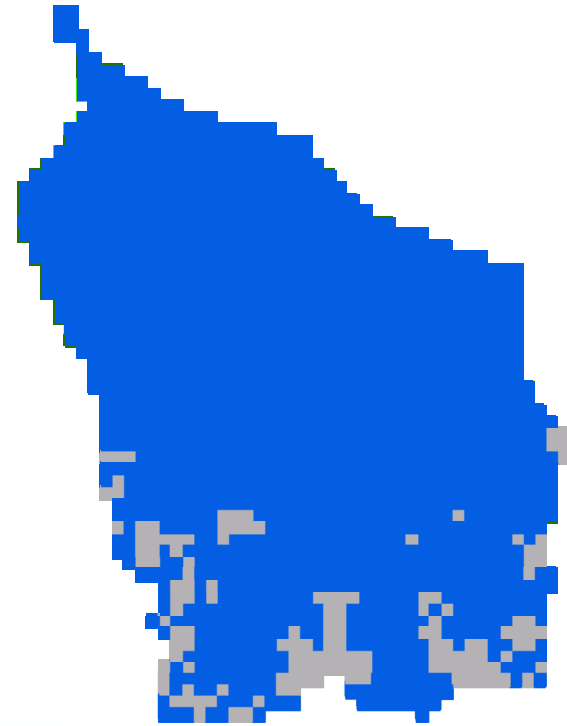
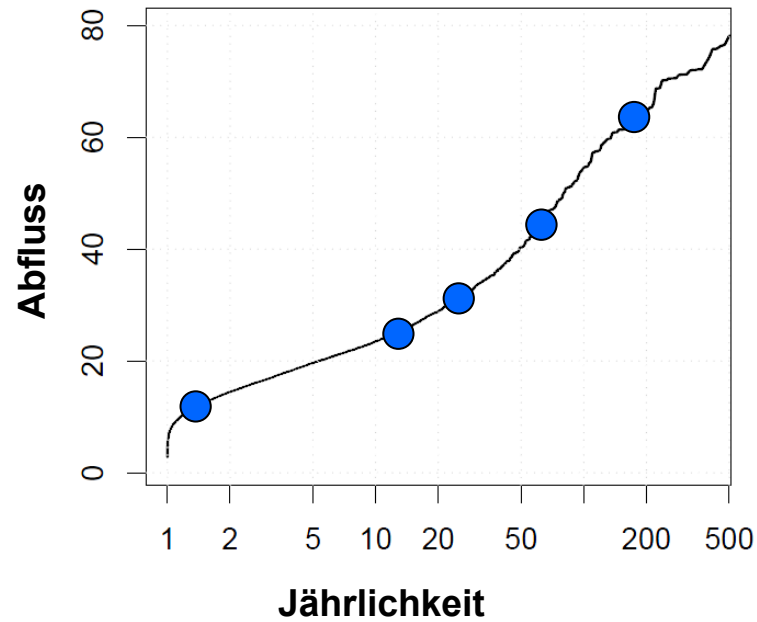
# C) Analyse der Resultate



**Flächen mit großer Speicherkapazität**

- tiefgründiger Abfluss
- tiefgründiger Zwischenabfluss
- seichtgründiger Zwischenabfluss
- Oberflächenabfluss
- Sättigungsflächen

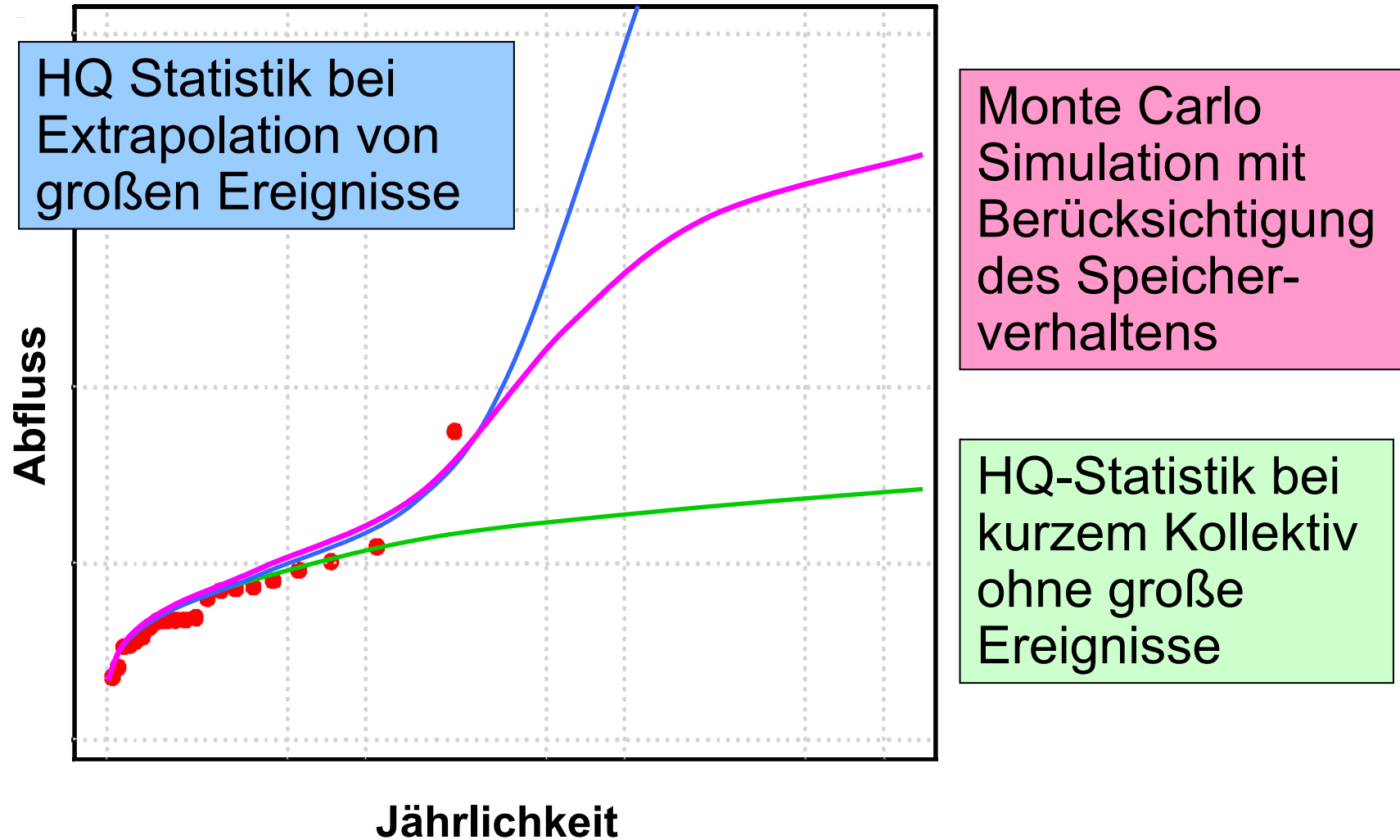
# C) Analyse der Resultate



**Flächen mit großer Speicherkapazität**

- tiefgründiger Abfluss
- tiefgründiger Zwischenabfluss
- seichtgründiger Zwischenabfluss
- Oberflächenabfluss
- Sättigungsflächen

## C) Analyse der Resultate

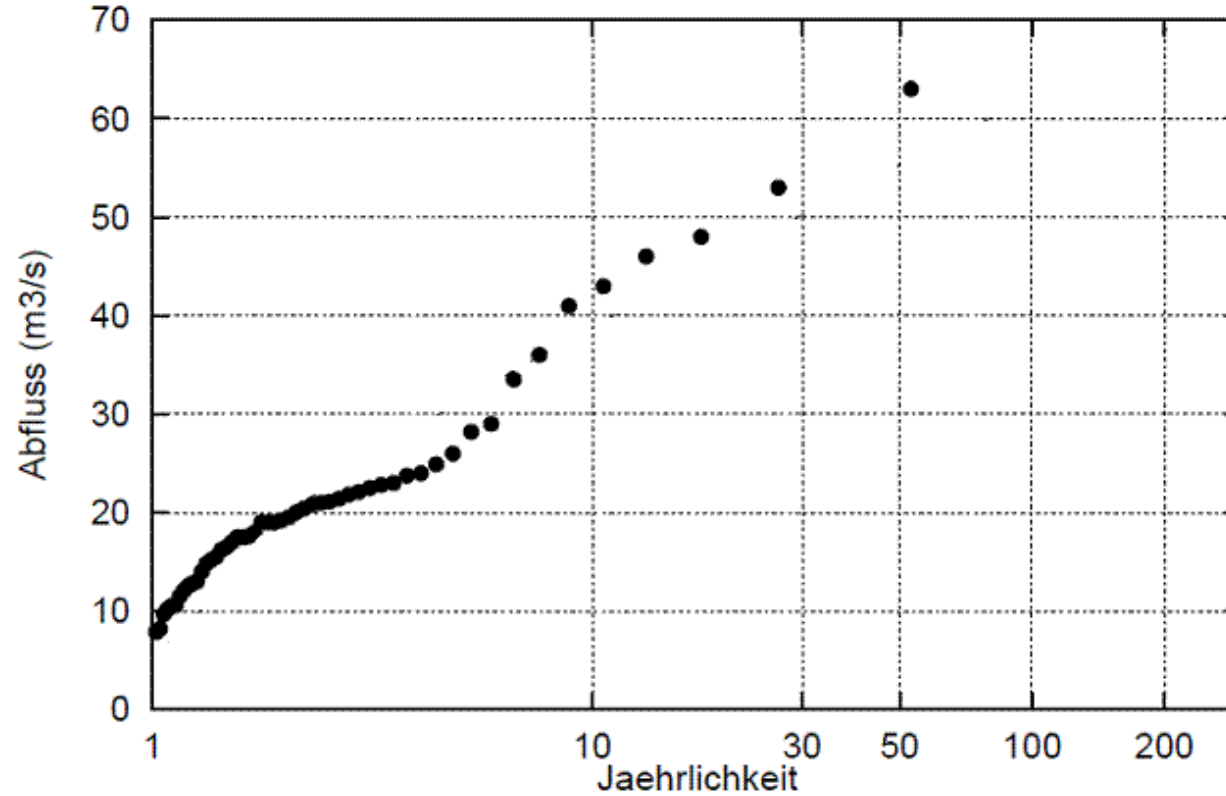


# C) Analyse der Resultate

## Regionale Ebene:

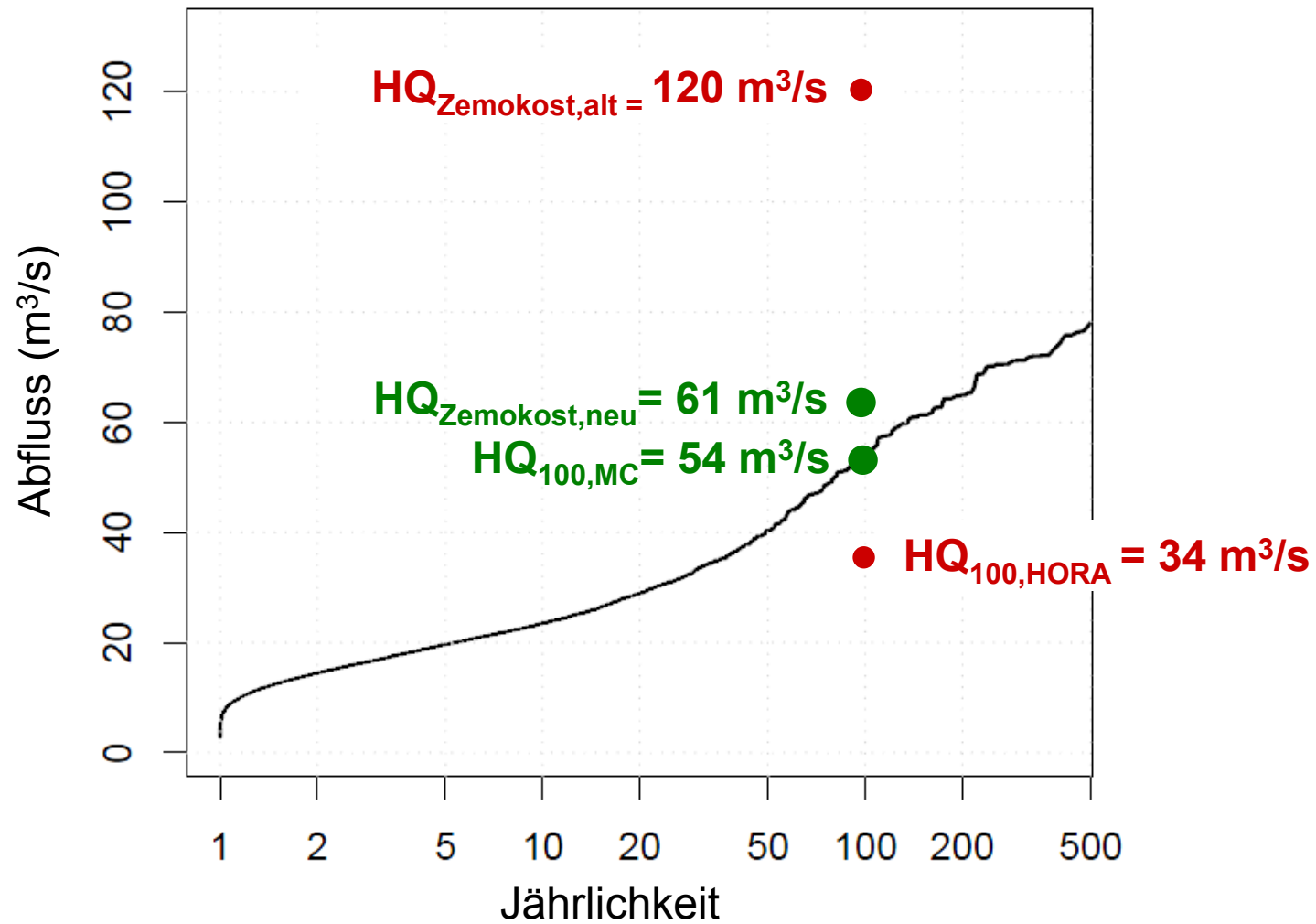
Pegel: 201152 Ehrwald (Viadukt)  
Flaeche (km<sup>2</sup>): 88.40 HD-Tirol

Loisach



# C) Analyse der Resultate

Weerbach (72,8 km<sup>2</sup>)





# Hauptergebnisse

- Interpretation der Unterschiede zwischen Pegelstatistik und NA Modellierung:
  - Schwellenwertprozesse bei der Abflussbildung
  - Annahmen betreffend Niederschlag, Anfangsbedingungen
  - wenig Information → sichere Seite  
zunehmende Information → genauer (Zemokost)
- Hydrogeologie:
  - wertvolle Information zur besseren Einschätzung der Speicherfähigkeit
  - bessere Erfassung von Schwellenwertprozessen

Sivapalan, M., G. Blöschl, R. Merz and D. Gutknecht (2005), **Linking flood frequency to long-term water balance: incorporating effects of seasonality**. *Water Resources Research*, 41, article number W06012

Reszler, Ch., J. Komma, G. Blöschl und D. Gutknecht (2008) **Dominante Prozesse und Ereignistypen zur Plausibilisierung flächendetaillierter Niederschlag-Abflussmodelle** (Dominant processes and event types for checking the plausibility of spatially distributed runoff models). *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, 52 (3), pp. 120-131

Reszler, Ch., J. Komma, G. Blöschl, D. Gutknecht (2006) **Ein Ansatz zur Identifikation flächendetaillierter Abflussmodelle für die Hochwasservorhersage**. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, 50 (5), pp. 220-232

Merz R., G. Blöschl und G. Humer (2008): **Hochwasserabflüsse in Österreich – das HORA Projekt**. - In: *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, 60, S.129-138

Kohl, B. & L.. Stepanek (2005): **ZEMOKOST – neues Programm für die Abschätzung von Hochwasserabflüssen**. - In: *BFW-Praxisinformation* 8, S. 21-22

**Vielen Dank!!**