

# Effiziente Kalibrierung inhomogener Bodenparameter mittels Bilanz und Dämpfung

Oliver Gronz

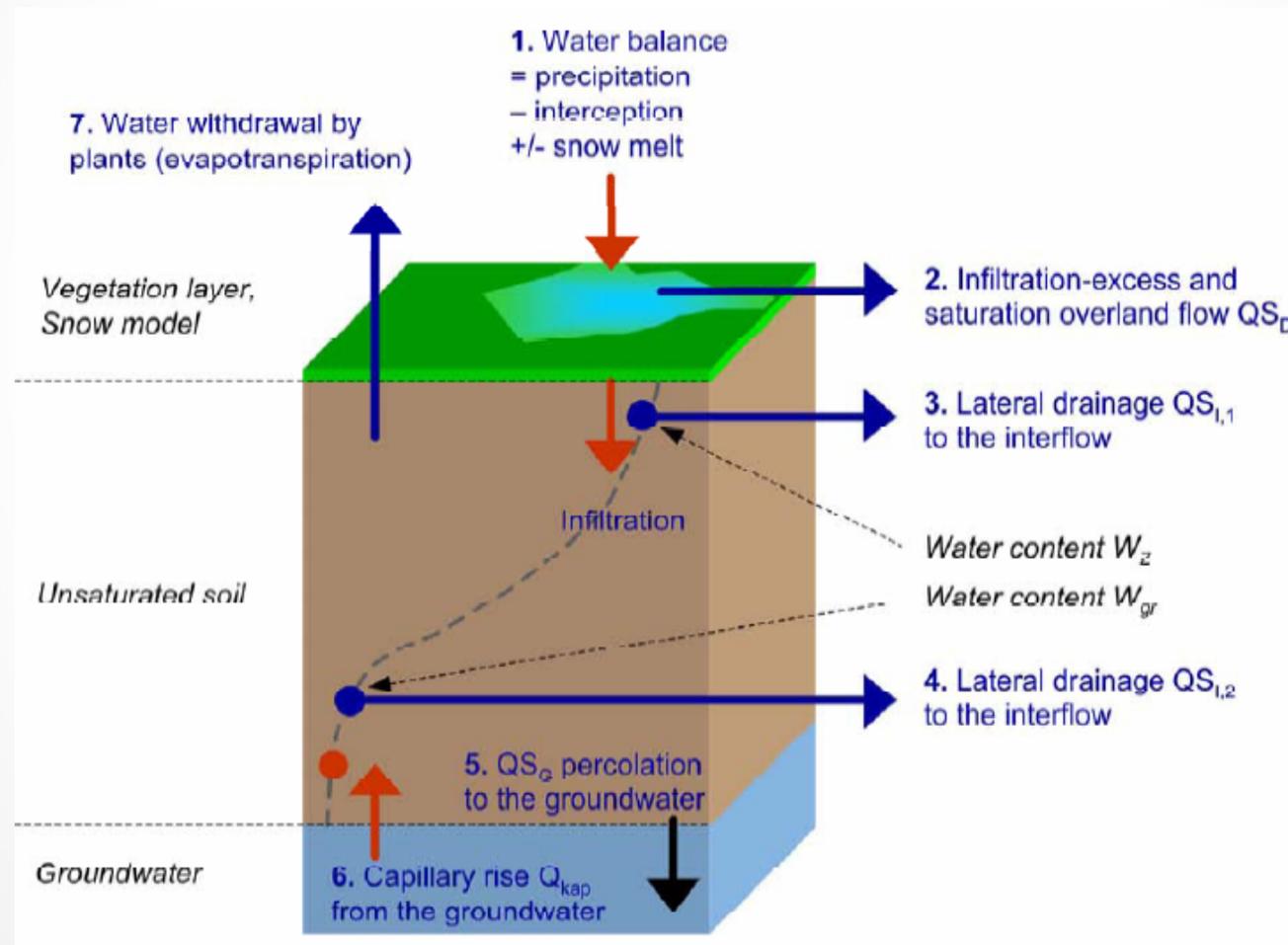


 Universität Trier

Landesamt für  
Umwelt, Wasserrwirtschaft  
und Gewerbeaufsicht 

 Institut  
für Innovative  
Informatik-Anwendungen

# Problemstellung: Parametrisierung des Bodenmoduls



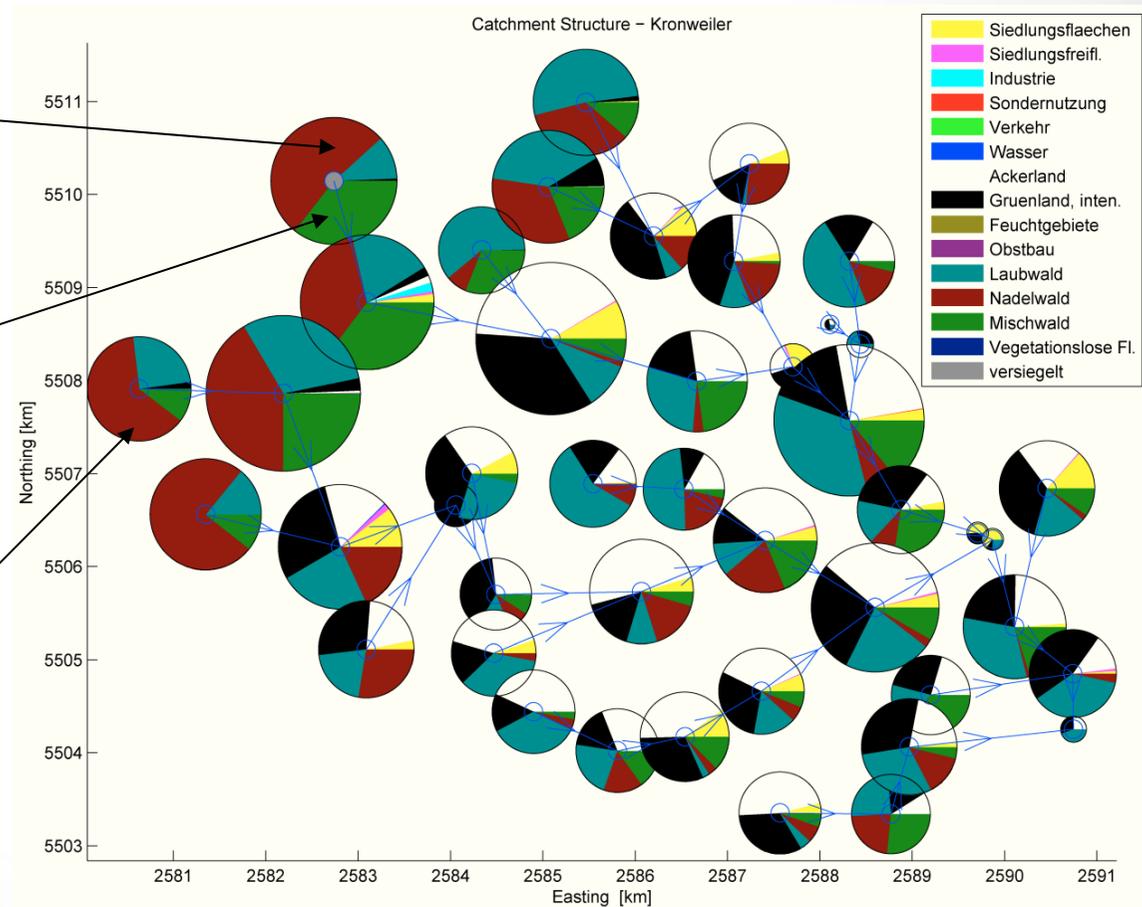
# Wie sollte es sein?

... 855 individuelle Parametersätze für das Einzugsgebiet Kronweiler

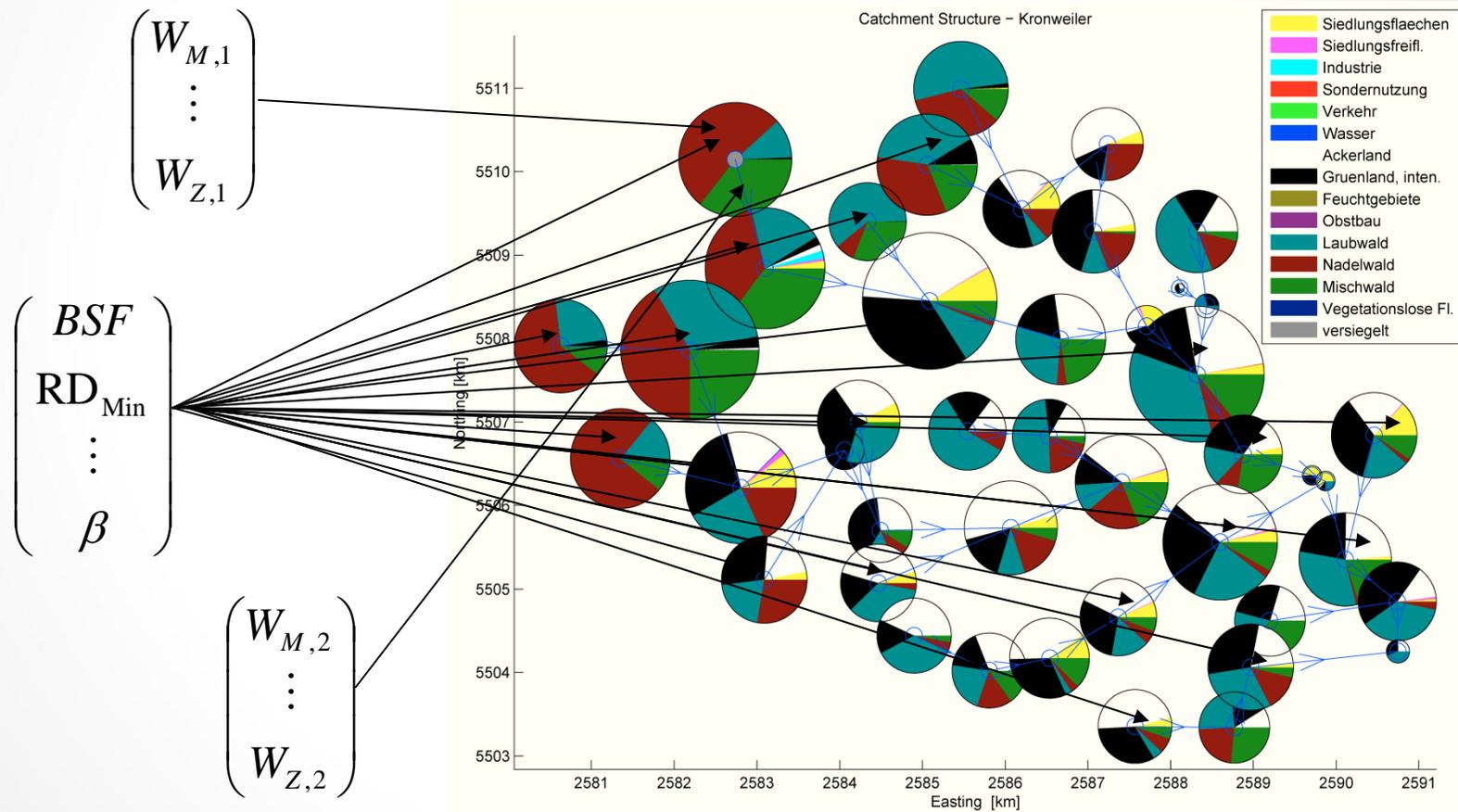
$$\begin{pmatrix} W_{Z,1} \\ \text{BSF}_1 \\ \vdots \\ \beta_1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} W_{Z,2} \\ \text{BSF}_2 \\ \vdots \\ \beta_2 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} W_{Z,3} \\ \text{BSF}_3 \\ \vdots \\ \beta_3 \end{pmatrix}$$



# Wie ist es?



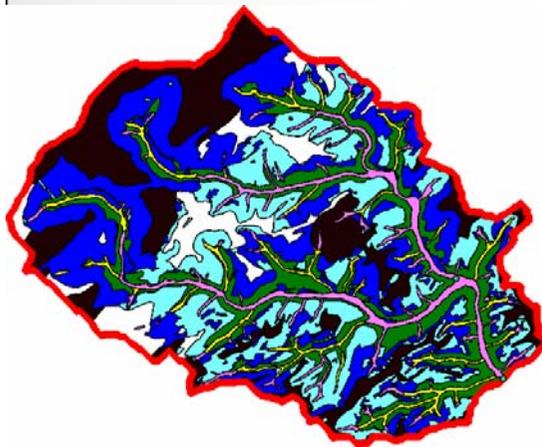
# Konsequenzen

- Der gleiche Niederschlag (bzw. das gleiche Wasserdargebot) führt auf unterschiedlichen Kompartimenten (mit ähnlichen Kapazitäten) zur gleichen Aufteilung in Abflusskomponenten.
- Das Modell bzw. das Bodenmodul repräsentiert also eher das mittlere Verhalten.
- Die Verteilung des Wassers im Modell entspricht nicht unbedingt der Realität.
- Das Spektrum möglichen Verhaltens ist eingeschränkt.



# Abflussprozesskarte

- Weist flächenhaft den dominanten Abflussprozess aus
- Produkt der Soilution GbR
- Erstellt mittels KNNs
- Eingangsdaten:
  - Geologische Karte
  - BÜK
  - Höhenmodell
  - Landnutzung
  - ...
- Angabe zu Abflussbildung und –konzentration!

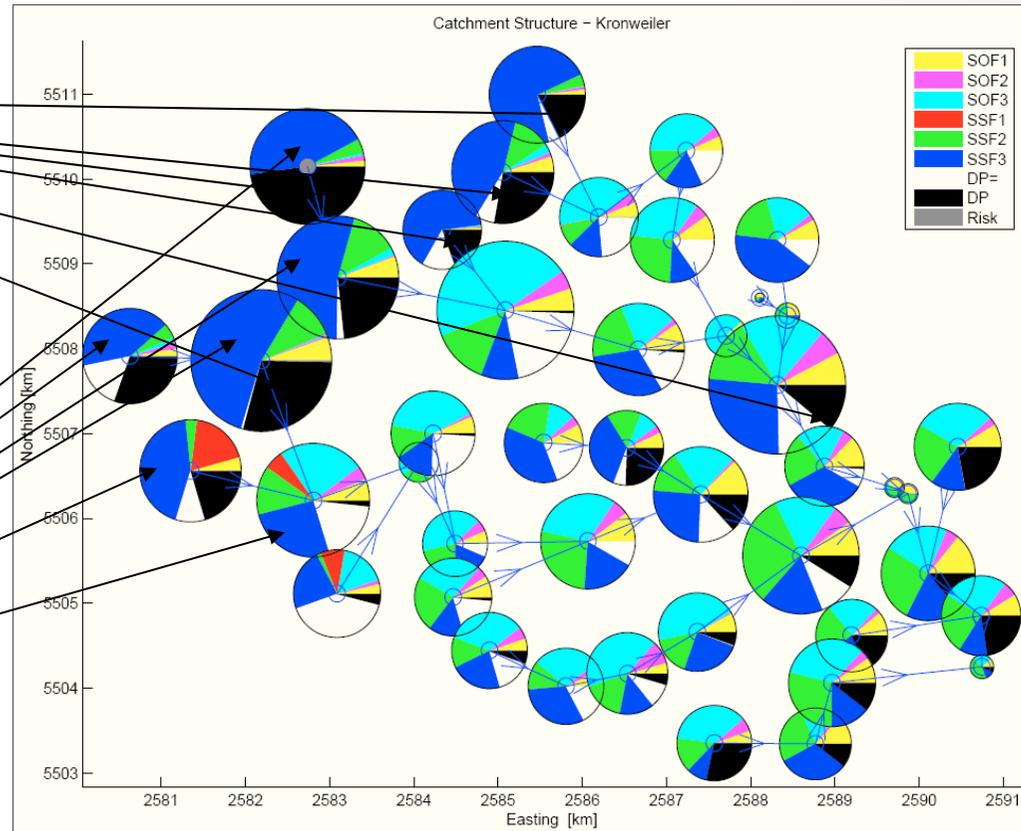


# Zielsetzung

$$\begin{pmatrix} BSF_{DP} \\ RD_{Min,DP} \\ \vdots \\ \beta_{DP} \end{pmatrix}$$

•  
•  
•

$$\begin{pmatrix} BSF_{SSF3} \\ RD_{Min,SSF3} \\ \vdots \\ \beta_{SSF3} \end{pmatrix}$$

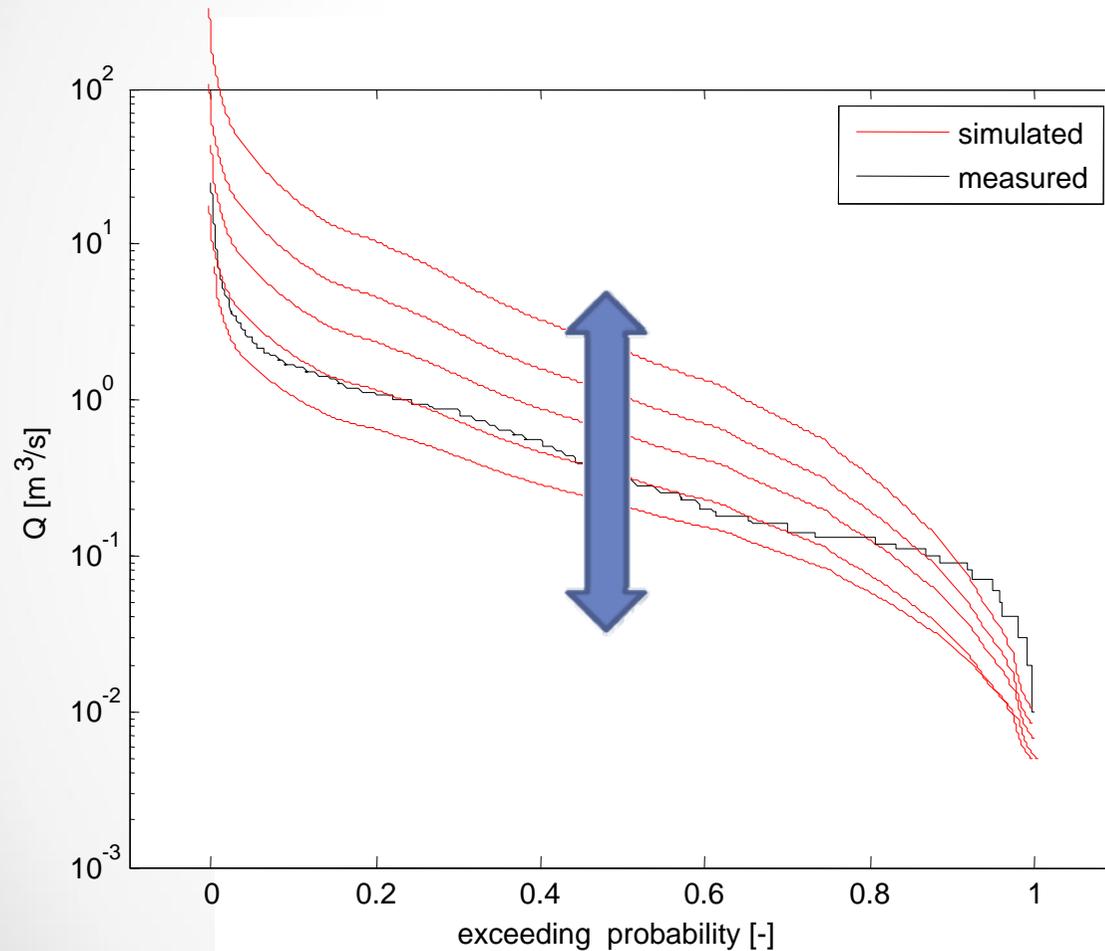


# Rückblick

- Bestimmung von Parameterprototypen für die einzelnen Abflussprozesse – auf Kompartiment-Ebene  
**Problem: Übertragung der Parametersätze auf andere Gebiete?**
- Skalierung des Gesamtparametersatzes durch zwei neue Parameter:
  - Bilanz
  - Dämpfung
- Bilanz ändert global den Anteil des Wasserdargebotes, der zu Abfluss wird, ohne die Reaktionsmuster im Sinne der Abflussprozesskarte zu stören
- Dämpfung verschiebt die Reaktionen vom reaktiven Verhalten mit starker Dynamik zu gedämpften Verhalten mit wenigen Abflussspitzen. Auch dies wieder, ohne die Reaktionsmuster im Sinne der Abflussprozesskarte zu stören.

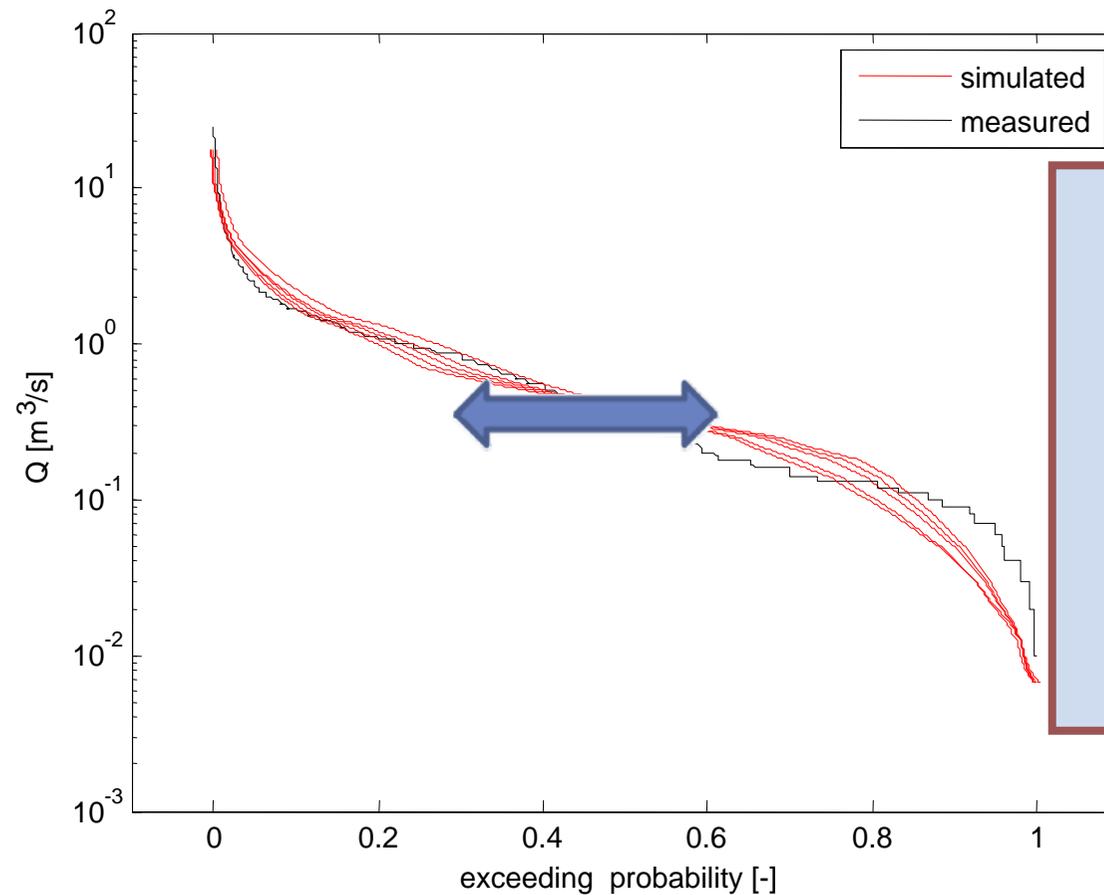


# Wirkungsweise der Parameter – Bilanz



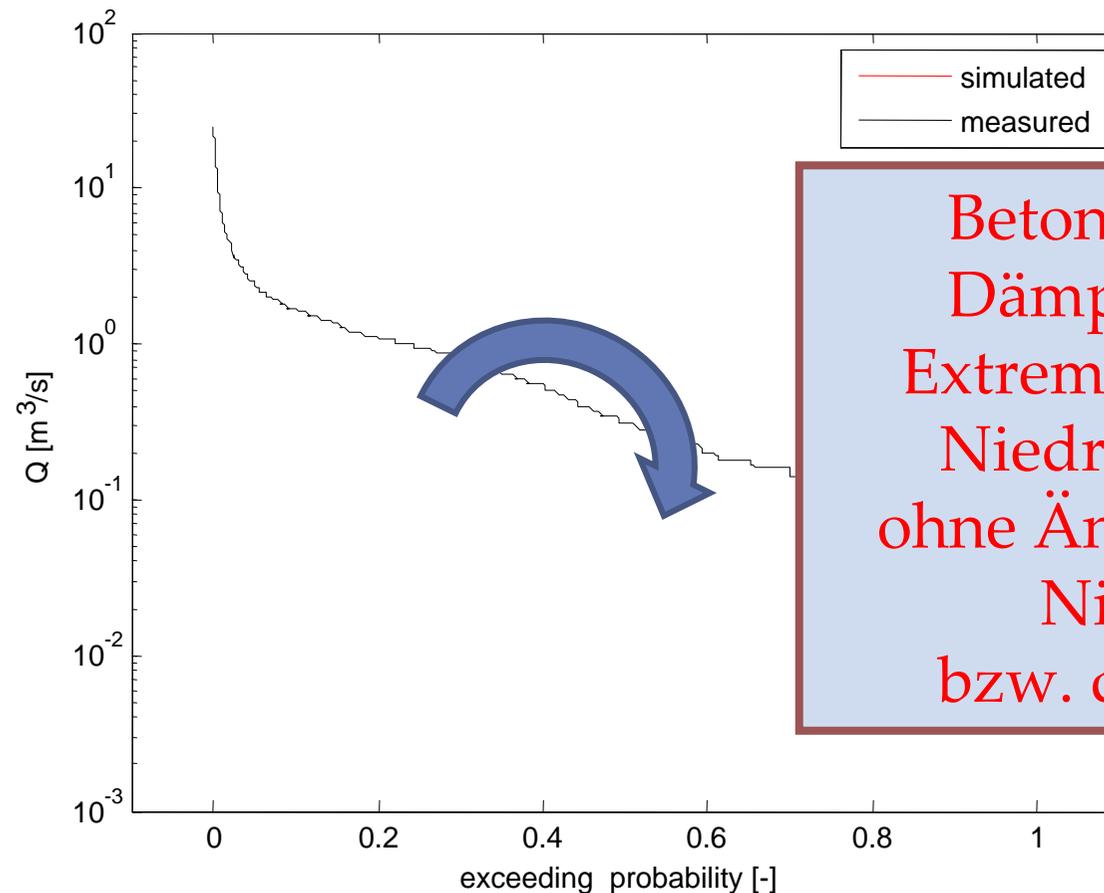
Änderung der Bilanz ohne grundsätzlich die Aufteilung in Komponenten zu beeinflussen

# Rückblick: Gewünschte Wirkungsweise der Parameter – Dämpfung



Betonung oder  
Dämpfung der  
Extreme (Hoch- &  
Niedrigwasser)  
ohne Änderung des  
Niveaus  
bzw. der Bilanz

# Benötigt: Wirkungsweise der Parameter – Dämpfung

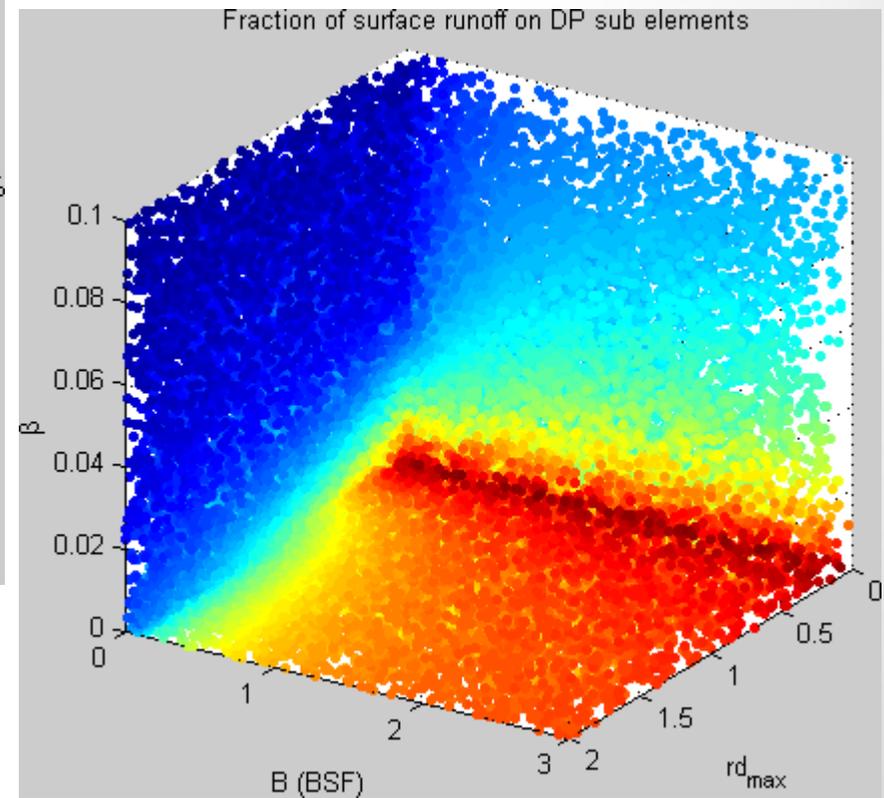
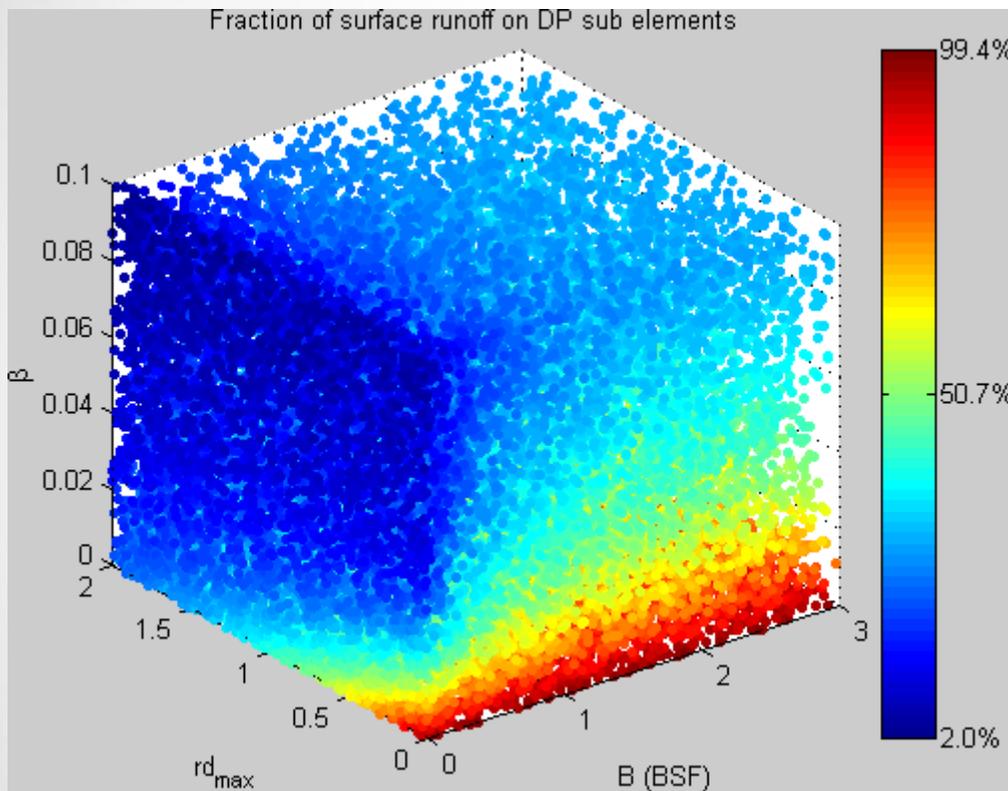


Betonung oder  
Dämpfung der  
Extreme (Hoch- &  
Niedrigwasser)  
ohne Änderung des  
Niveaus  
bzw. der Bilanz

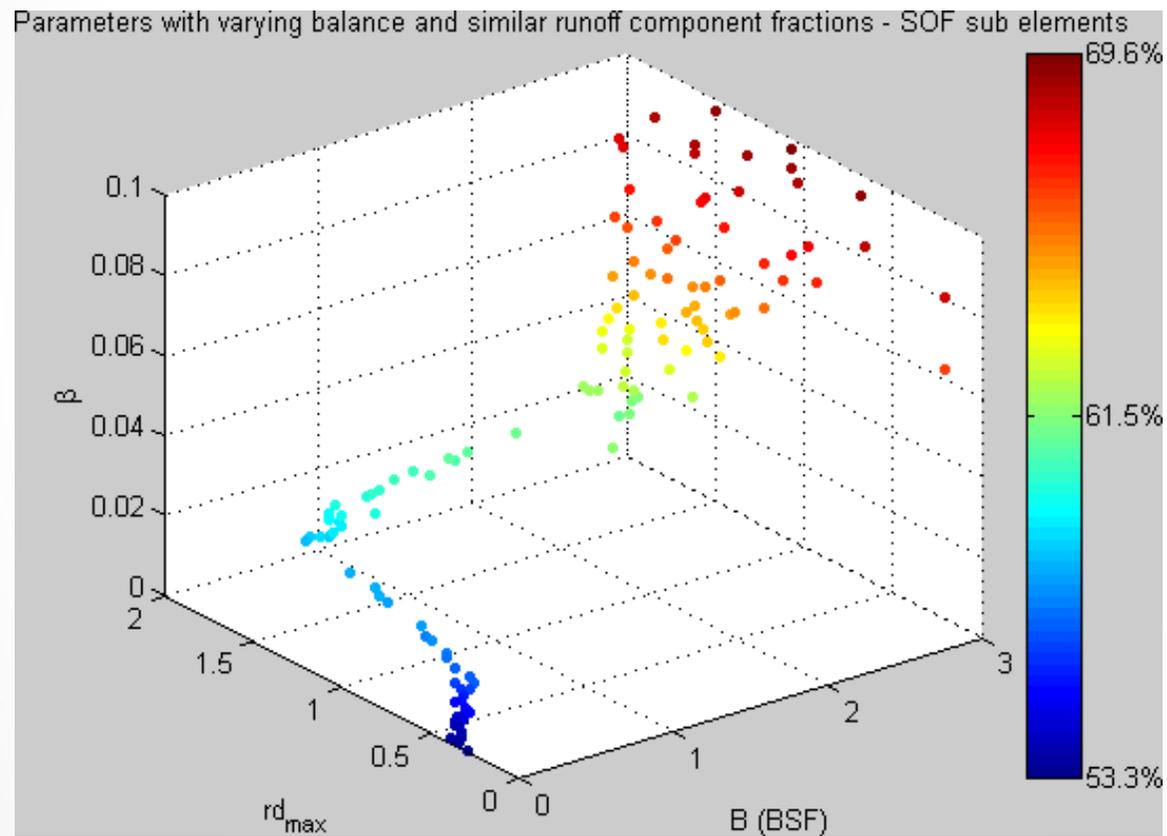
# Berechnung der Kennfelder

- Monte Carlo-Methoden: 60.000 Modellrealisationen
- Variiert wurde:
  - $B_{SOF}, B_{SSF}, B_{DP}$
  - $RD_{MAX,SOF}, RD_{MAX,SSF}, RD_{MAX,DP}$
  - $RD_{MIN,SOF}, RD_{MIN,SSF}, RD_{MIN,DP}$
  - $\beta_{SOF}, \beta_{SSF}, \beta_{DP}$
- Simuliert: 1996 (Einschwingjahr) – 1998
- Berechnung der Abflusskomponentenanteile für jedes Sample
- Bestimmung der Samples mit gewünschten Abflusskomponentenanteilen und unterschiedlichen Bilanzen

# Beispiel: Anteil Oberflächenabfluss aller Samples



# Resultat



# (Ehemalige) Problemkreise

- Der Verlauf der Kurve ist nicht eindeutig:
  - Abhängig von  $W_M$
  - Abhängig von Landnutzung
  - Abhängig von Eingangsdaten
  - Für unterschiedliche Dämpfung unterschiedlicher Verlauf der Bilanz
  - Für unterschiedliche Bilanzen unterschiedlicher Verlauf der Dämpfung
- Modellannahmen setzen Grenzen
- Gebietsspeicher in alter Form dämpfen Effekt

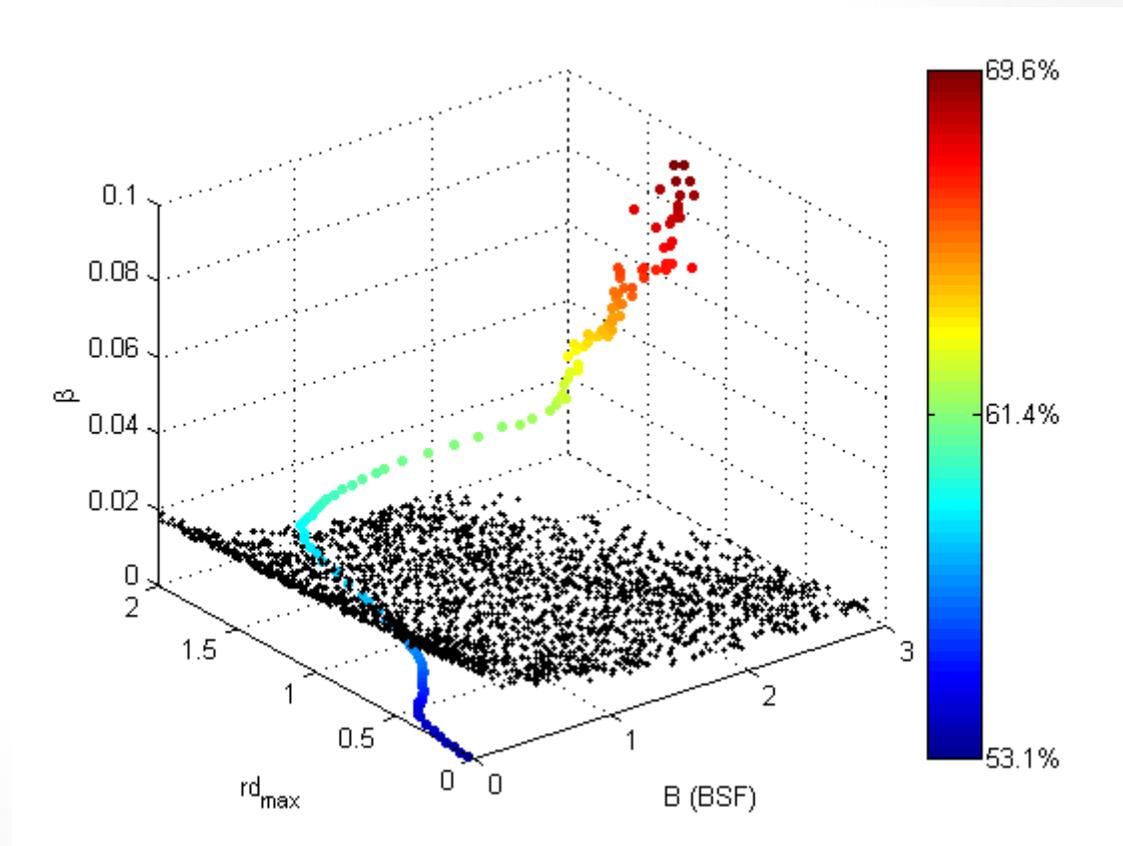
# Abhängigkeiten

- Wm: Vorhanden aber plausibel
- Lanu: Vorhanden aber plausibel
- Eingangsdaten: Vorhanden aber plausibel
  
- Konsequenz: Absoluter Wert nicht sinnvoll, relative Skalierung mit beliebigem Wertebereich
  
- Verbleibend:
  - Für unterschiedliche Dämpfung unterschiedlicher Verlauf der Bilanz
  - Für unterschiedliche Bilanzen unterschiedlicher Verlauf der Dämpfung



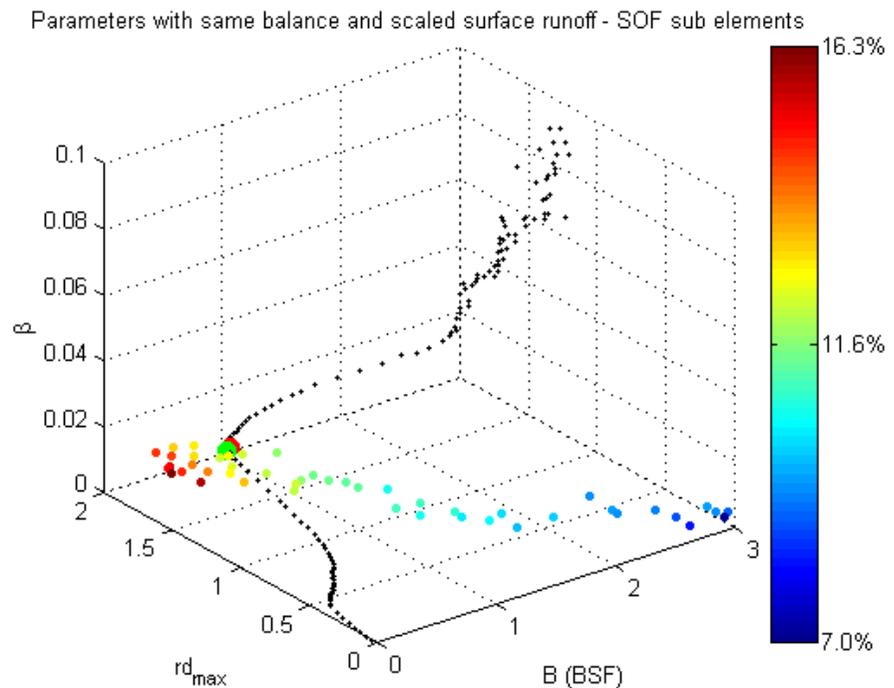
# Änderung der Dämpfung: Ansatz

- Zu jeder Bilanz wird eine Dämpfungslinie bestimmt
- Dazu zunächst Bestimmung aller Samples mit gleicher Bilanz



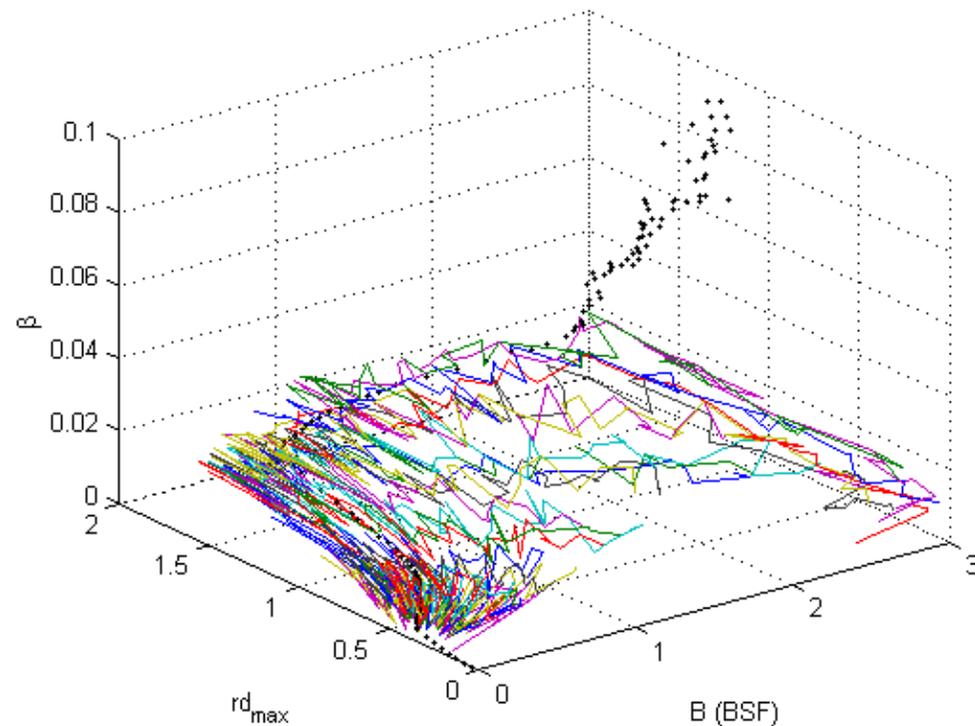
# Änderung der Dämpfung: Ansatz

- In dieser Menge: Bestimmung der Samples mit gewünschten Eigenschaften:
  - Mehr Dämpfung verringert den Anteil des Oberflächenabflusses und erhöht den Anteil der Versickerung
  - Weniger Dämpfung entsprechend umgekehrt



# Problem

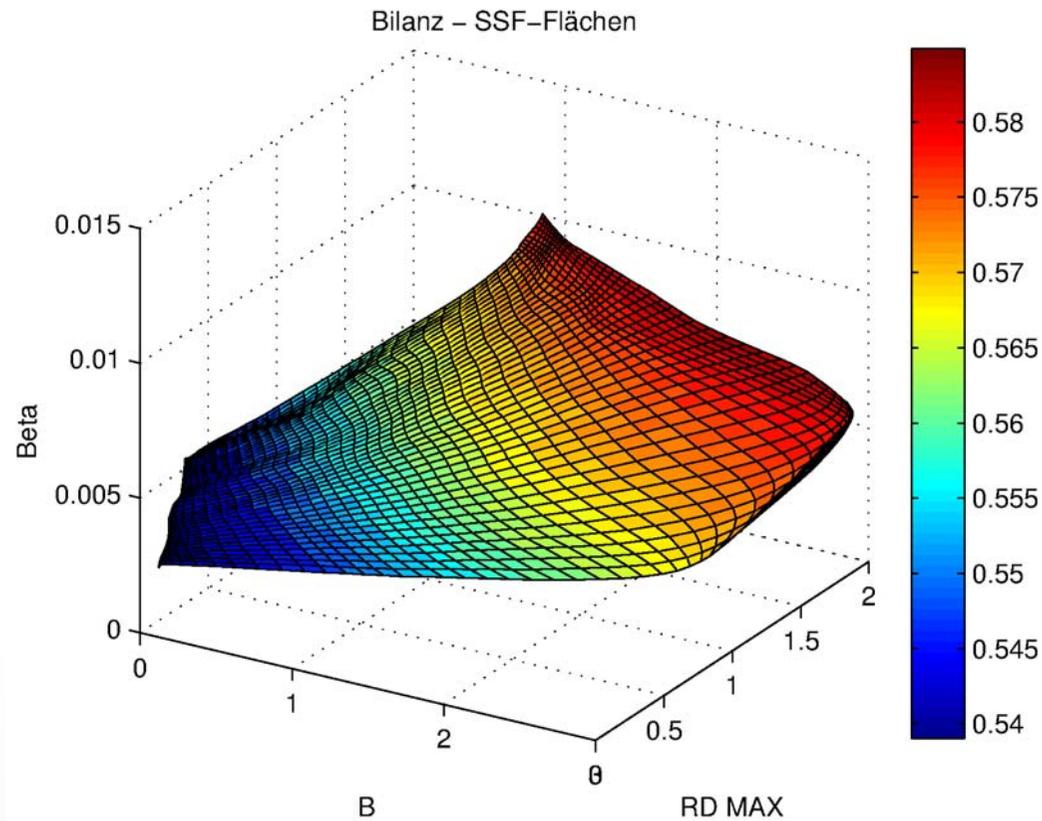
- Bei Bestimmung der Linie für alle Bilanzschritte kommt es durch die geringe Anzahl der Samples zu Überschneidungen



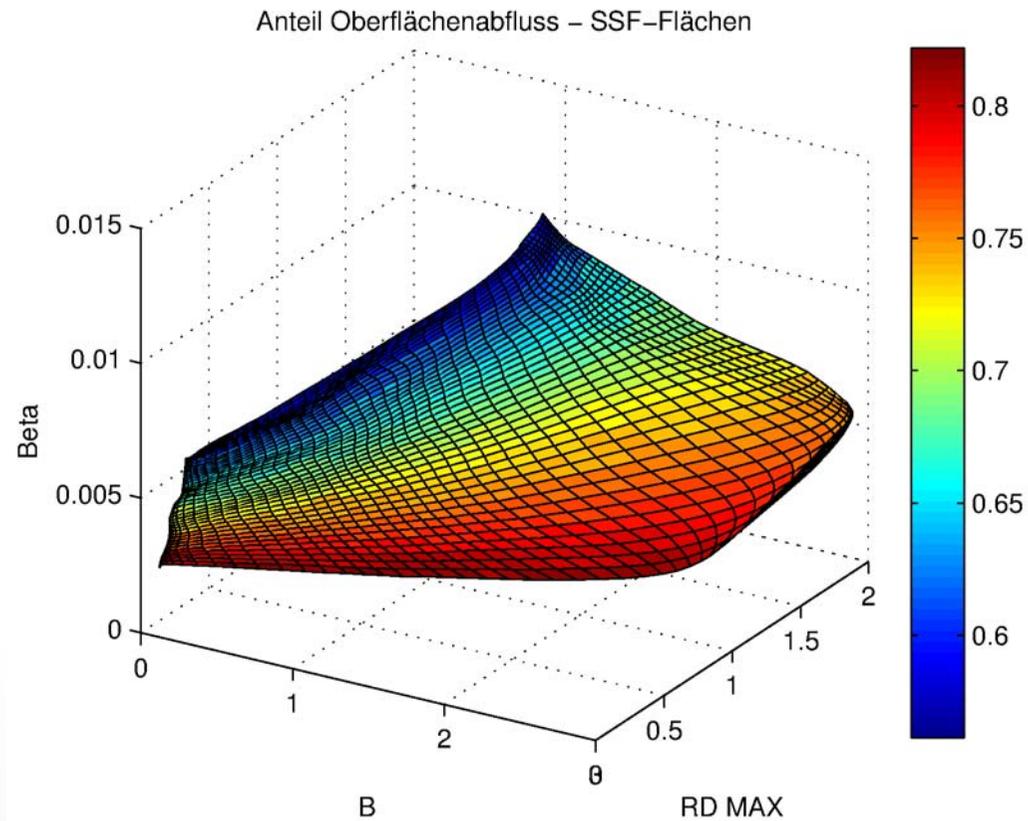
# Lösung

- Bestimmung eines Gesamtkennfeldes für Bilanz und Dämpfung:
  - Es wird ein zweidimensionales Kennfeld erstellt
  - Bewegung entlang einer Dimension ändert Bilanz; Bewegung entlang zweiter Dimension ändert Dämpfung
  - Algorithmus:
    - Für jeden Punkt des Kennfeldes:
      - Bestimmung der Soll-Abflusskomponentenanteile und Soll-Bilanz
      - Bestimmung des Samples, das diesen Vorgaben am besten entspricht (geringste euklidische Distanz)
    - Glättung des Kennfeldes (da nicht unendlich viele Sample vorliegen)

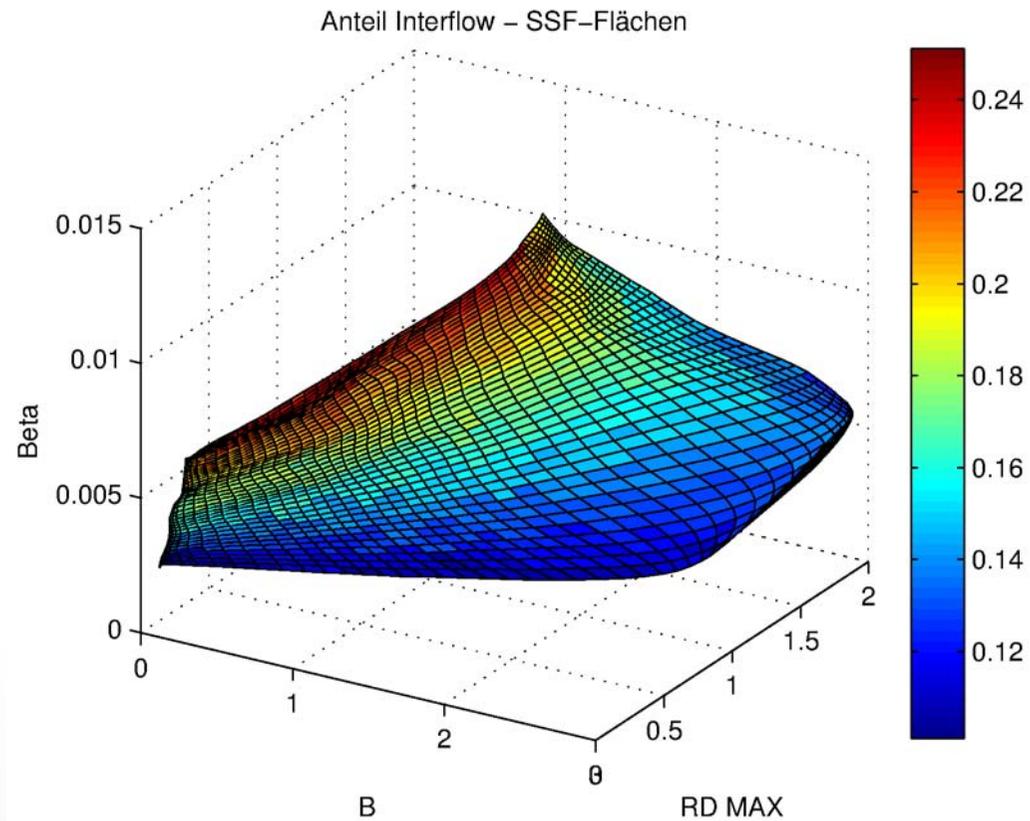
# Parameterkennfeld SSF-Flächen



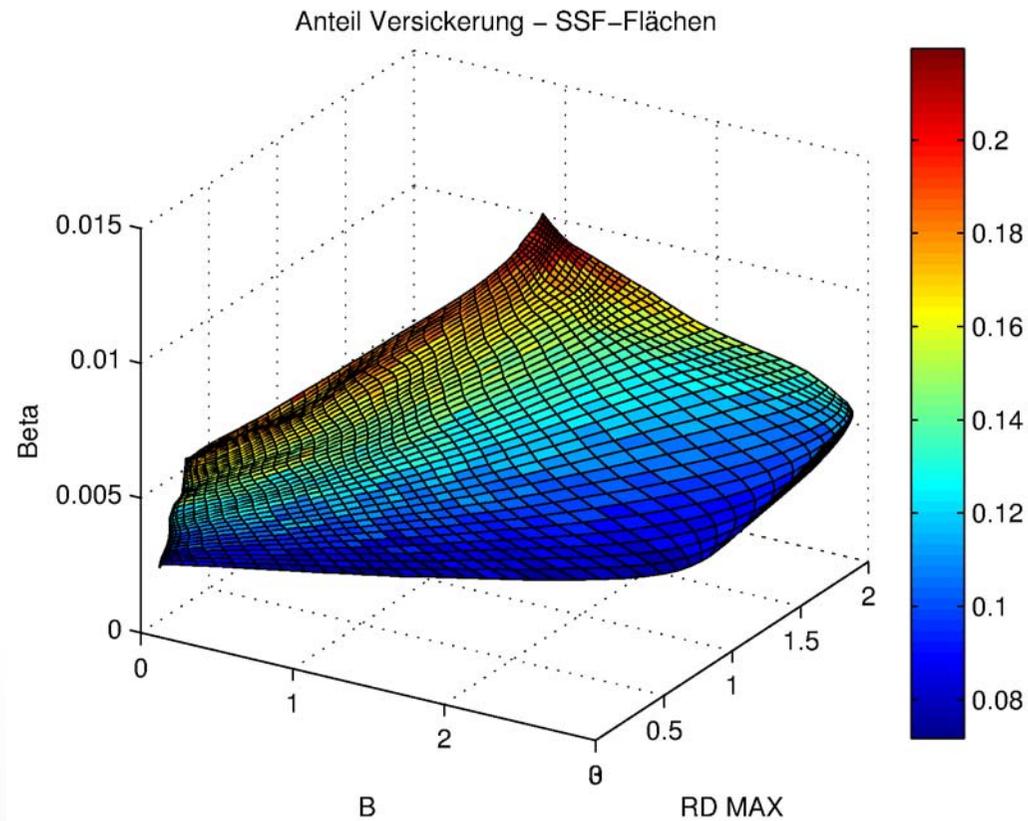
# Parameterkennfeld SSF-Flächen



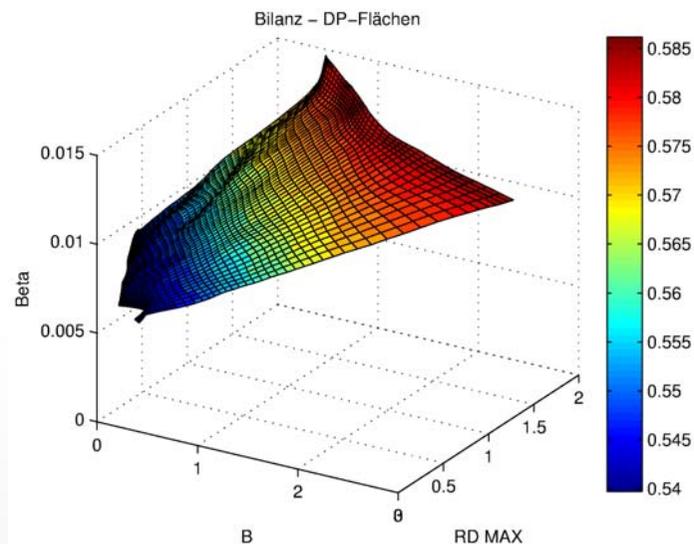
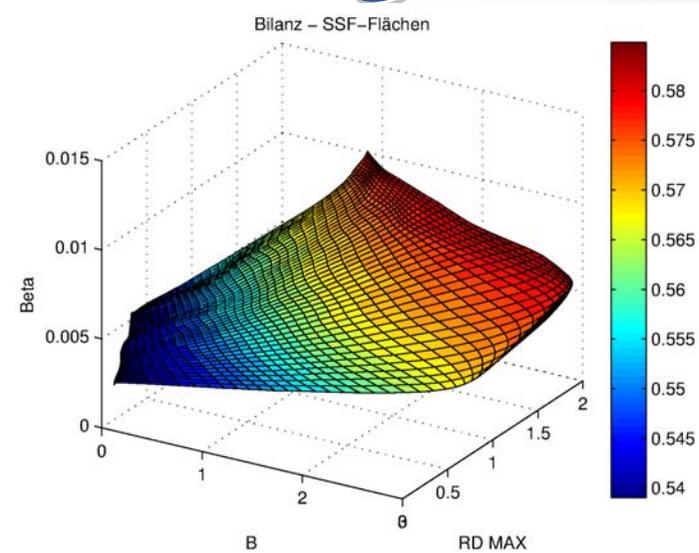
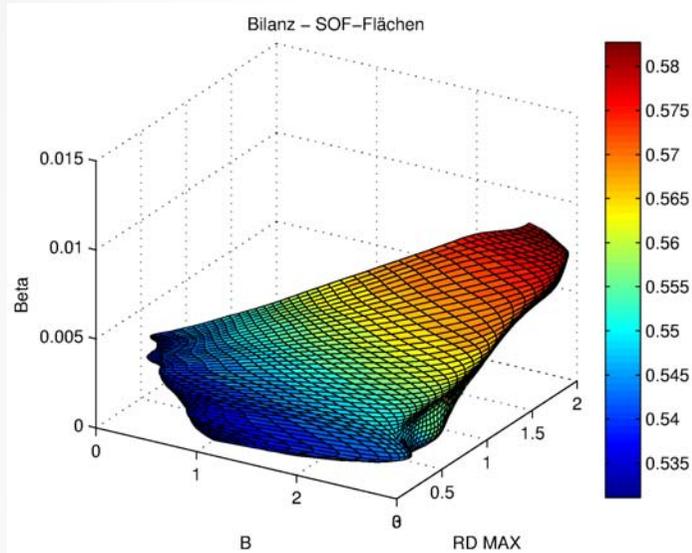
# Parameterkennfeld SSF-Flächen



# Parameterkennfeld SSF-Flächen



# Kennfelder im Vergleich



# Probleme unterwegs

- Ursprünglich erarbeitete Anteile von Abflusskomponenten führen im Modell nicht zu einem brauchbaren Ergebnis
- Analyse der benötigten Bandbreite von Abflusskomponenten anhand der Bandbreite von Parametrisierungen im Nahe-EZG
- Aktuelles Kennfeld deckt das benötigte Spektrum im Nahe-EZG ab zuzüglich des Anteils, den die Modellannahmen erlauben

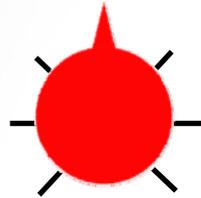


# Kalibrierung

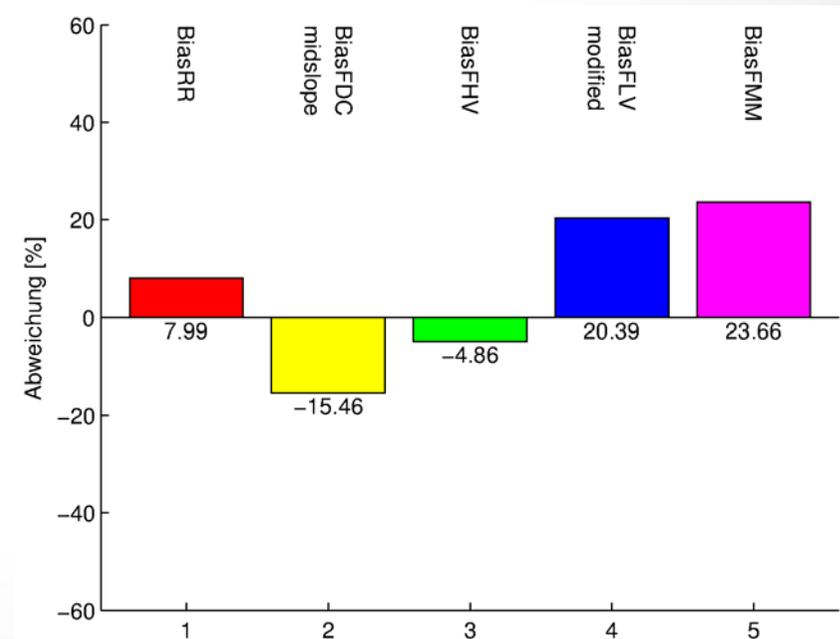
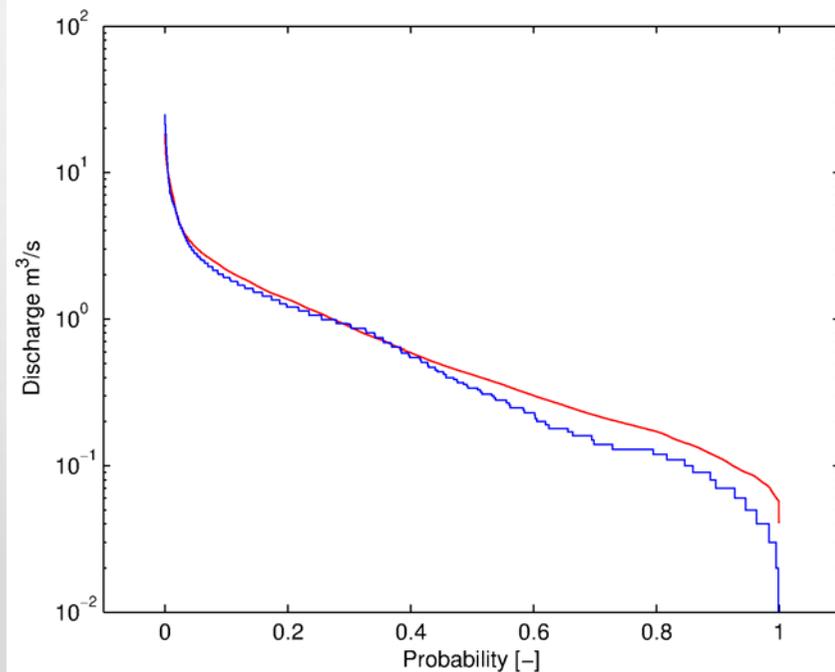
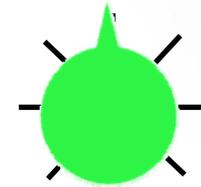
- Einzugsgebiet Kronweiler
- Zeitraum 1996-1999 zur Kalibrierung (1996 als Einschwingjahr)
- Zeitraum **2000 – 2003 – 2011** & 1993 – 1995 zur Validierung

# Kalibrierung Schritt 1: Ein Schuss ins Blaue

Bilanz

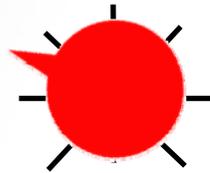


Dämpfung

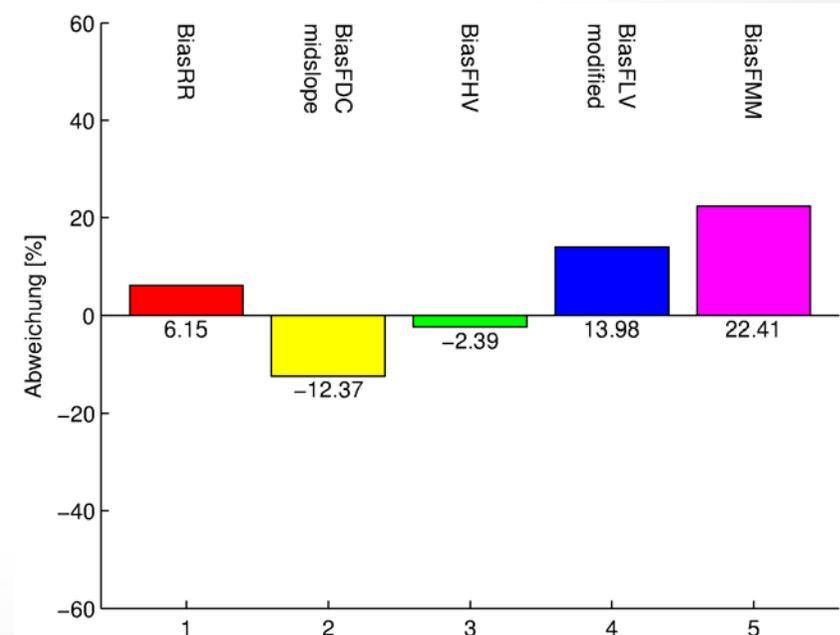
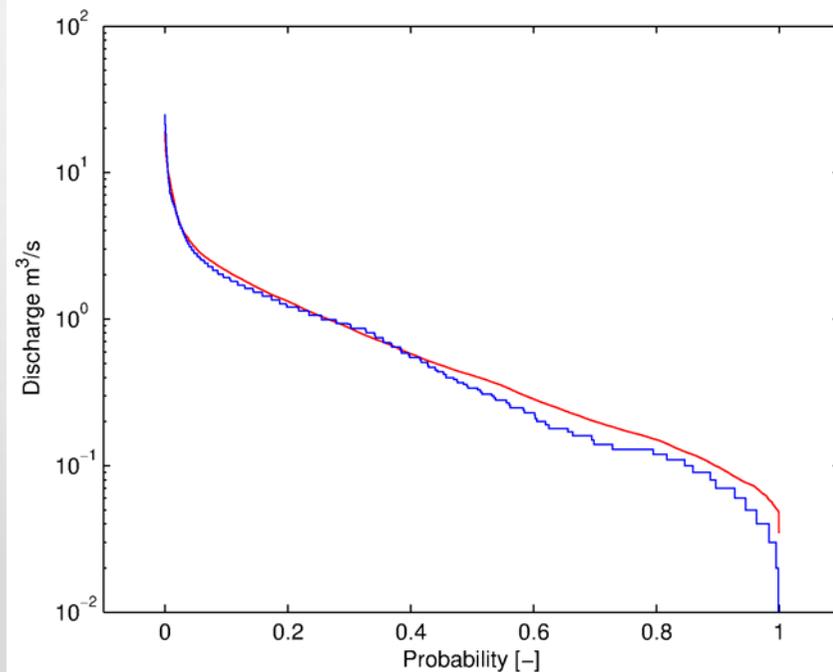
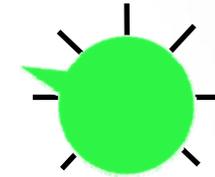


# Kalibrierung Schritt 2: Bilanz & Dämpfung senken

Bilanz

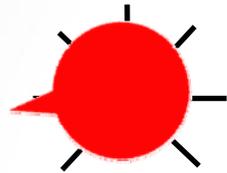


Dämpfung

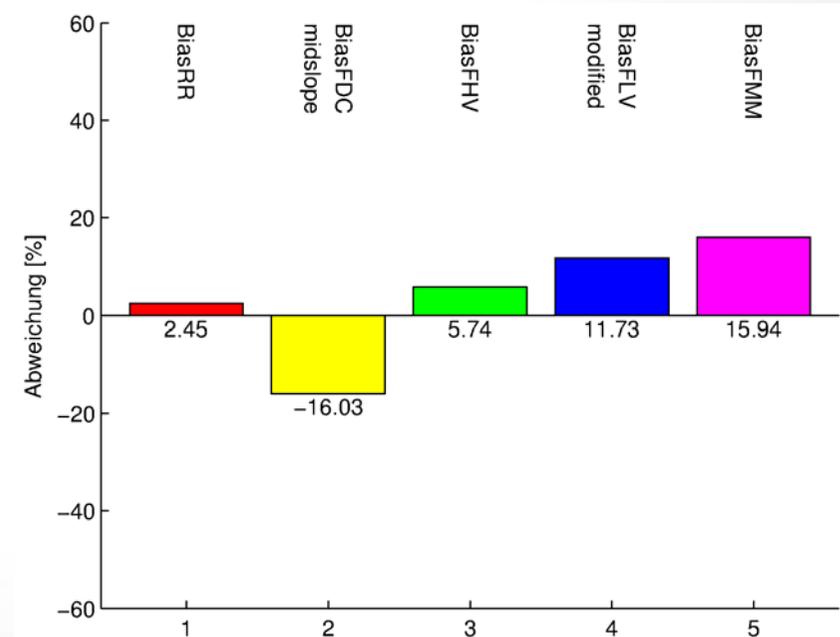
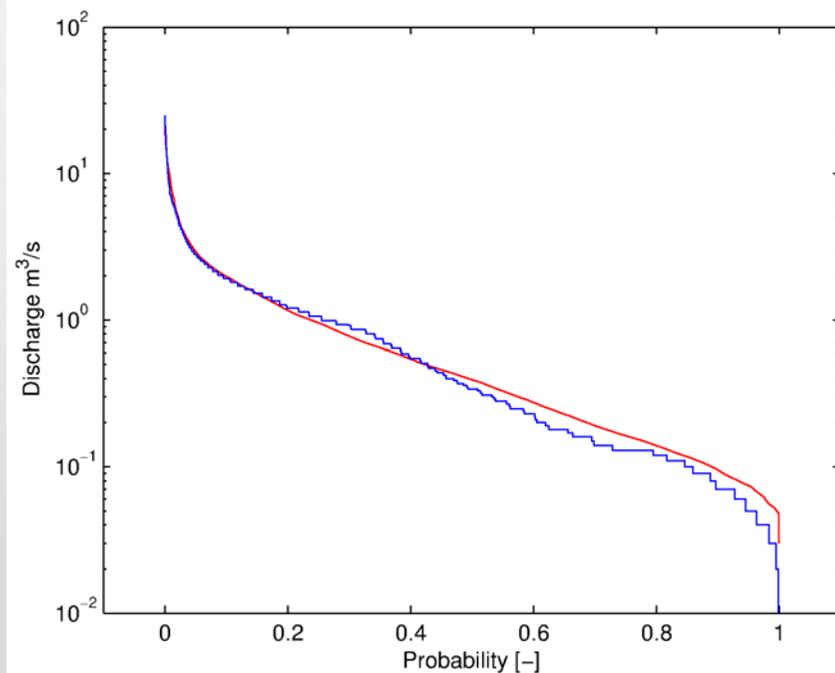
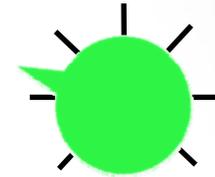


# Kalibrierung Schritt 3: Bilanz weiter senken

Bilanz

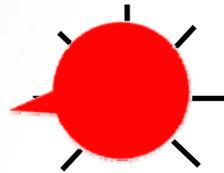


Dämpfung

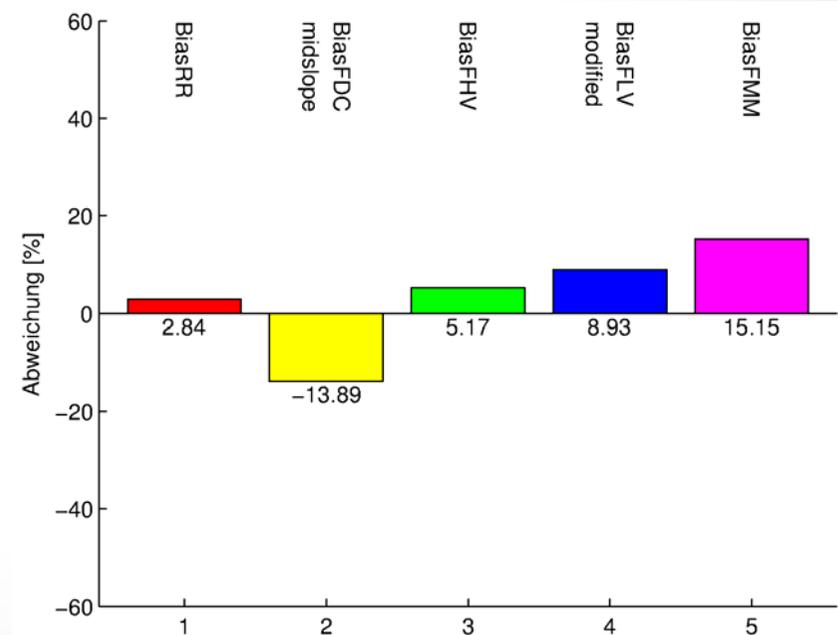
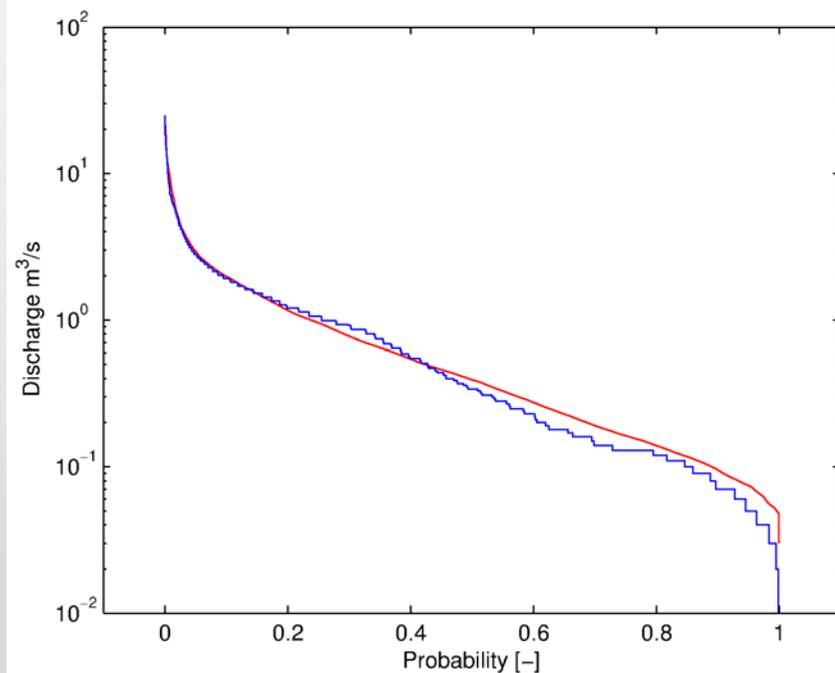


# Kalibrierung Schritt 4: Dämpfung deutlich senken

Bilanz

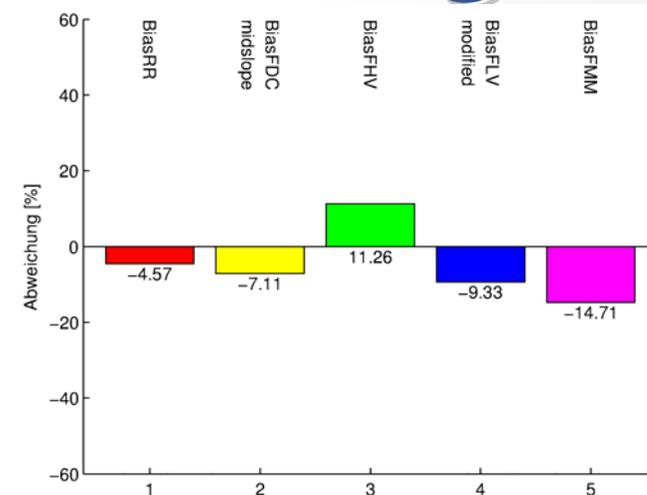
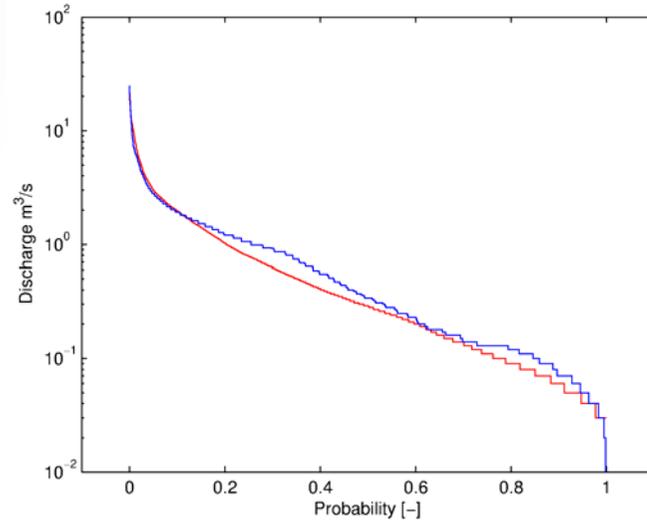


Dämpfung

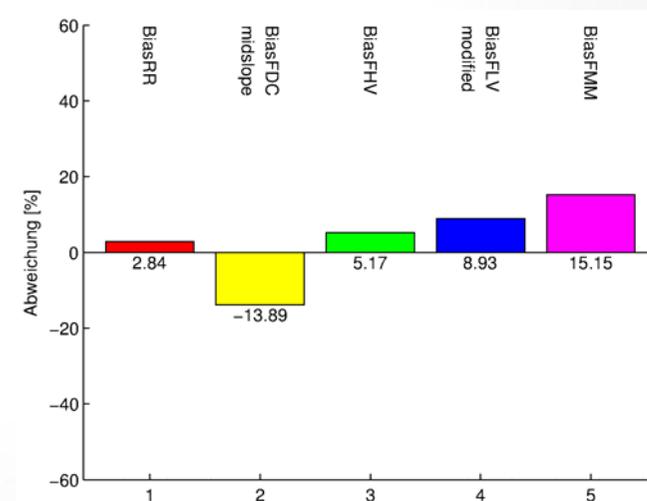
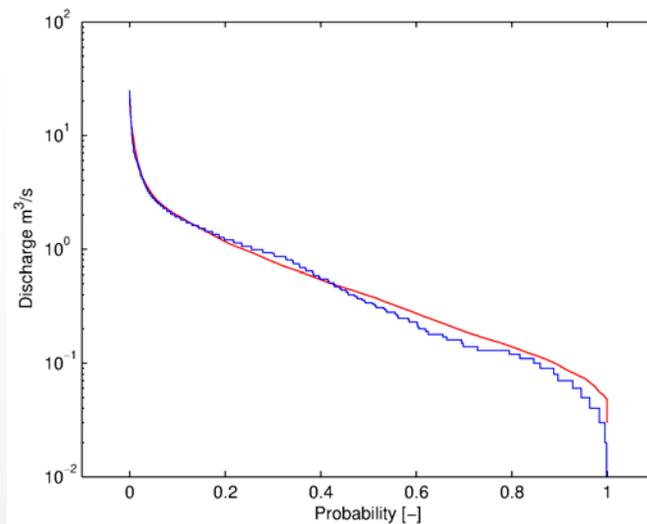


# Vergleich Fortran homogen mit MATLAB inhomogen

Homogen:



Inhomogen



# Fazit:

- Bilanz und Dämpfung verhalten sich so wie gefordert
- Mittels Kennfeldern in wenigen Schritten Güte der ursprünglichen Parametrisierung erreicht (und – je nach Zielsetzung – übertroffen)
- Volumenfehler geringer im Gesamten, im Hochwasserbereich sowie im Niedrigwasserbereich
- Aber: Weiterhin Kompromiss zwischen Abbildung der Spitzen und Minimierung von Volumenfehlern



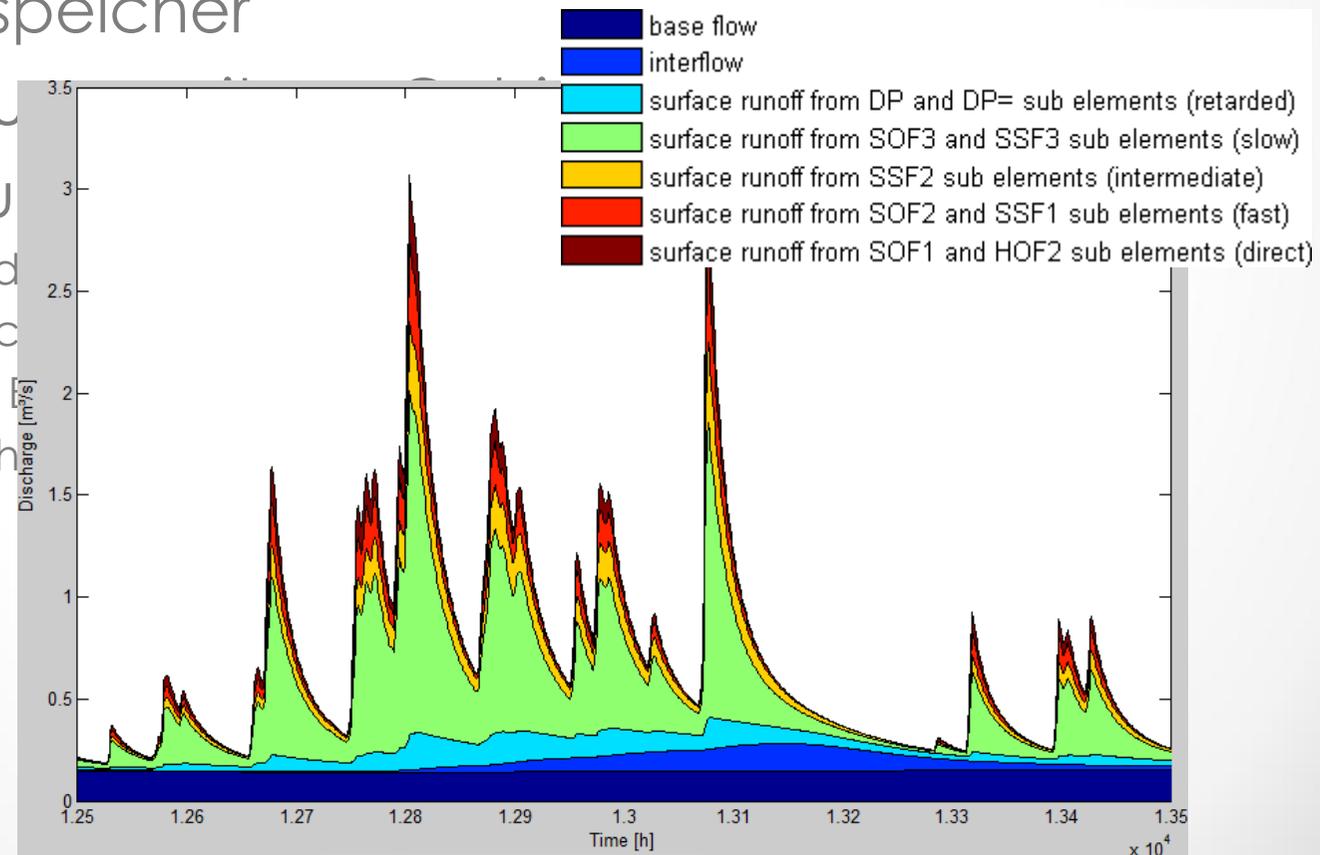
# Ausstehend

- Kalibrierung unterschiedlicher Prozess-Geschwindigkeiten über unterschiedliche Gebietsspeicher

- Kalibrierung

- Validierung

- Während
- Geschwindigkeit
- Eigenen
- Flächenh



Vielen Dank für die  
Aufmerksamkeit!

