

# Unsicherheiten von Modellen der Siedlungsentwässerung

Manfred Kleidorfer

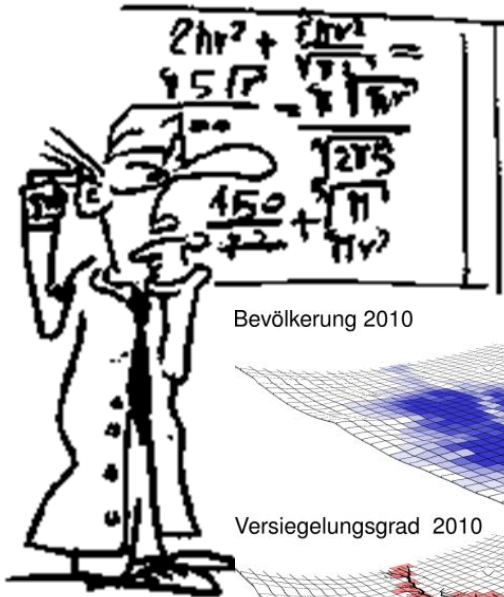


# Warum Unsicherheiten?

„sexy“ Thema

Nicht funktionierende  
Modelle

Zukunftsprognosen

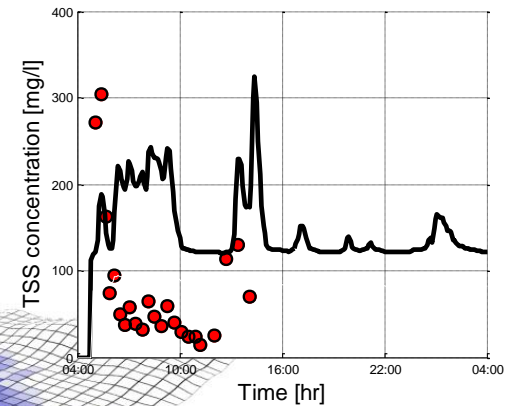


Bevölkerung 2010

Bevölkerung 2020

Versiegelungsgrad 2010

Versiegelungsgrad 2020



*“Relative little attention, however, has been given to the problem of uncertainty and errors in the field data, of inadequate numbers of data, of uncertainty in the relationships between important system variables, and of uncertainty on the model parameter estimates”*

M. B. Beck, 1983

# Inhalt

- Arten / Quellen von Unsicherheiten
- 3 Beispiele
  - Unsicherheiten in Eingangsdaten
  - Unsicherheiten durch Verfügbarkeit von Kalibrierungsdaten
  - Unsicherheiten in der Modellstruktur

# Quellen von Unsicherheiten

deterministisches  
Systemverhalten

unbestimmtes  
Systemverhalten

Statistische  
Unsicherheiten

Szenario -  
Unsicherheiten

Qualitative  
Unsicherheiten

Erkannte  
Unkenntnis

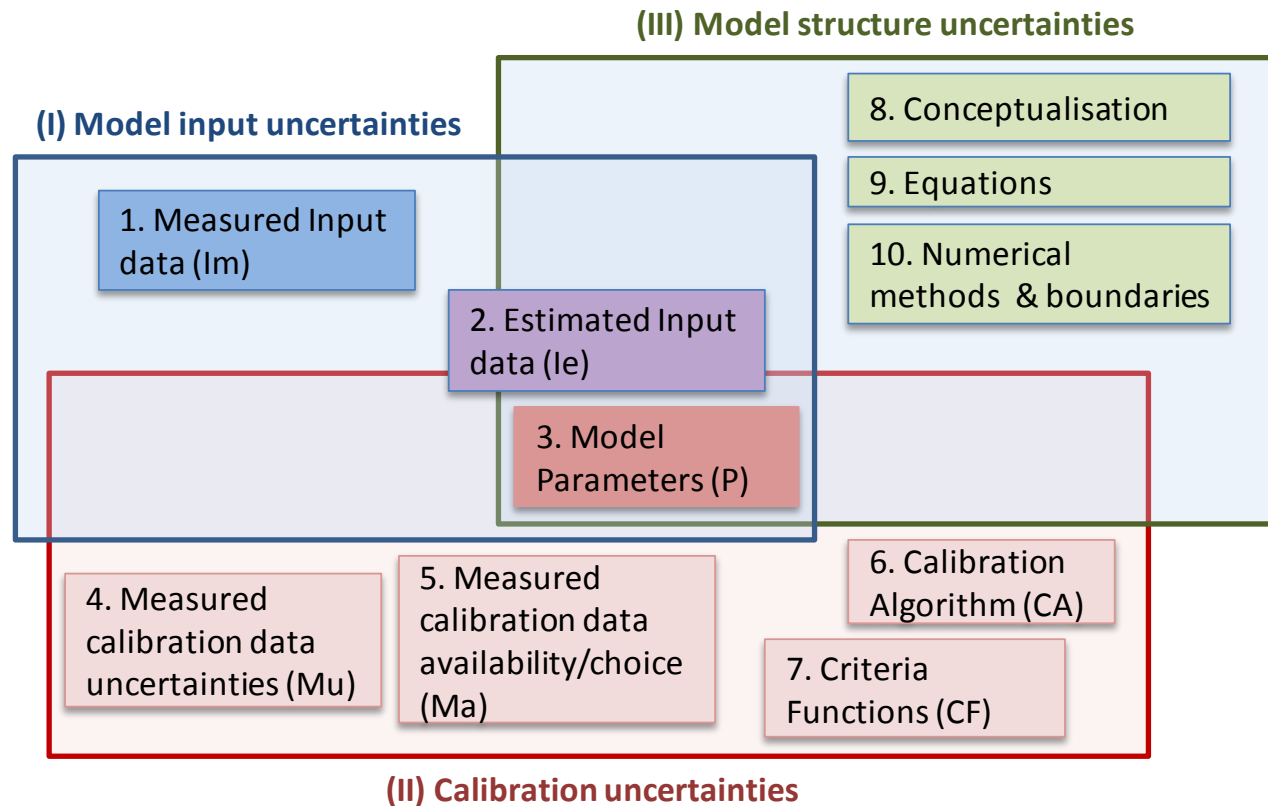
Völlige  
Unkenntnis

aus:

**Accounting for Uncertainties in Models for Water Infrastructure Systems: A Cross-Sectoral Review** (in Bearbeitung)

Deletic A, Bertrand-Krajewski JL, Brown R, Croke B, Kapelan Z, Kleidorfer M, Kuczera G, McCarthy DT, Mikkelsen PS, Rauch W, Refsgaard JC, Vanrolleghem P (angelehnt an Walker *et al.*, 2003 und Refsgaard *et al.* 2007)

# Quellen von Unsicherheiten

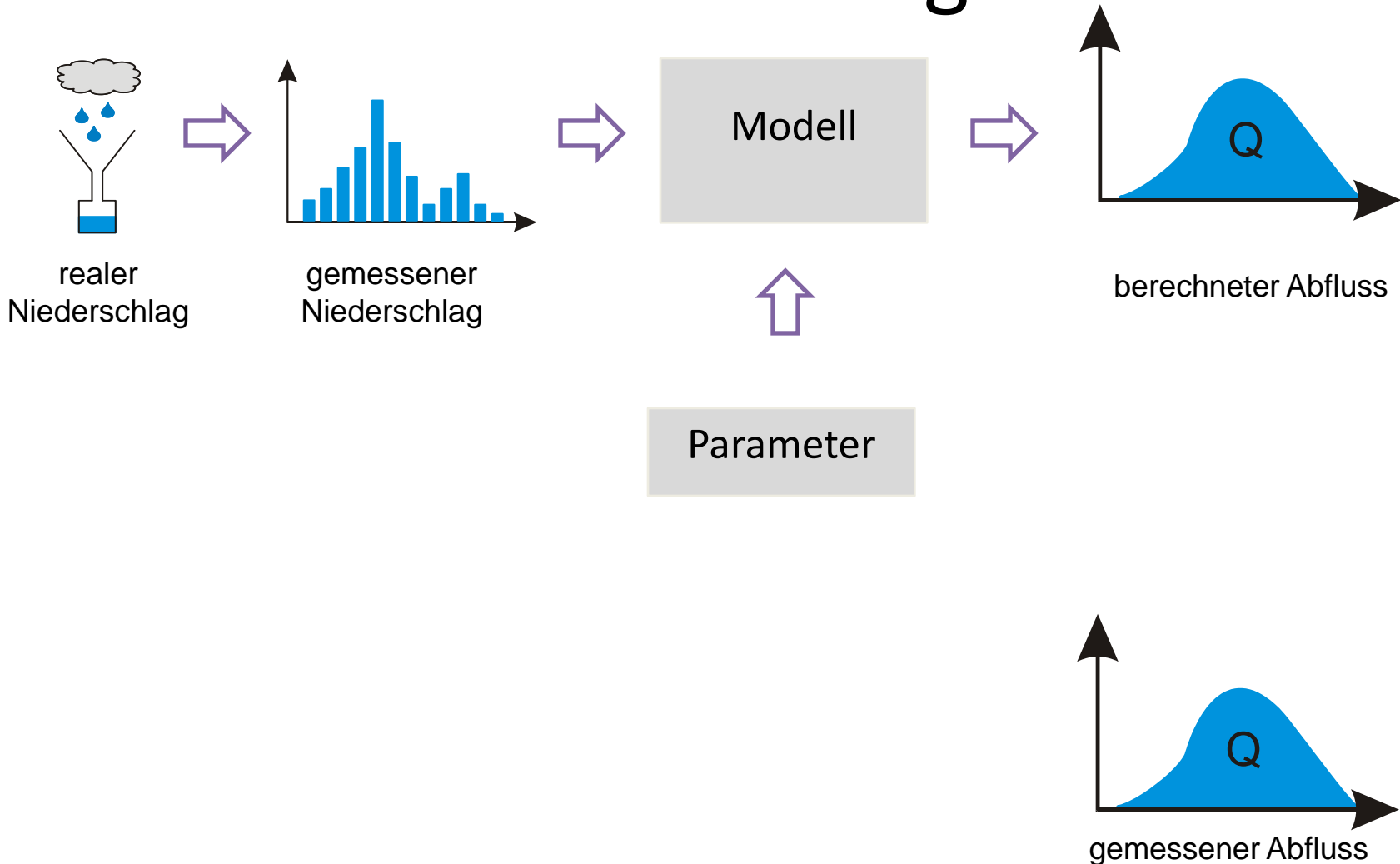


Deletic et al (2011). "Assessing Uncertainties in Urban Drainage Models." Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C In Press, Accepted Manuscript.

# (1) Unsicherheiten in Eingangsdaten und deren Einfluss auf die Parameter

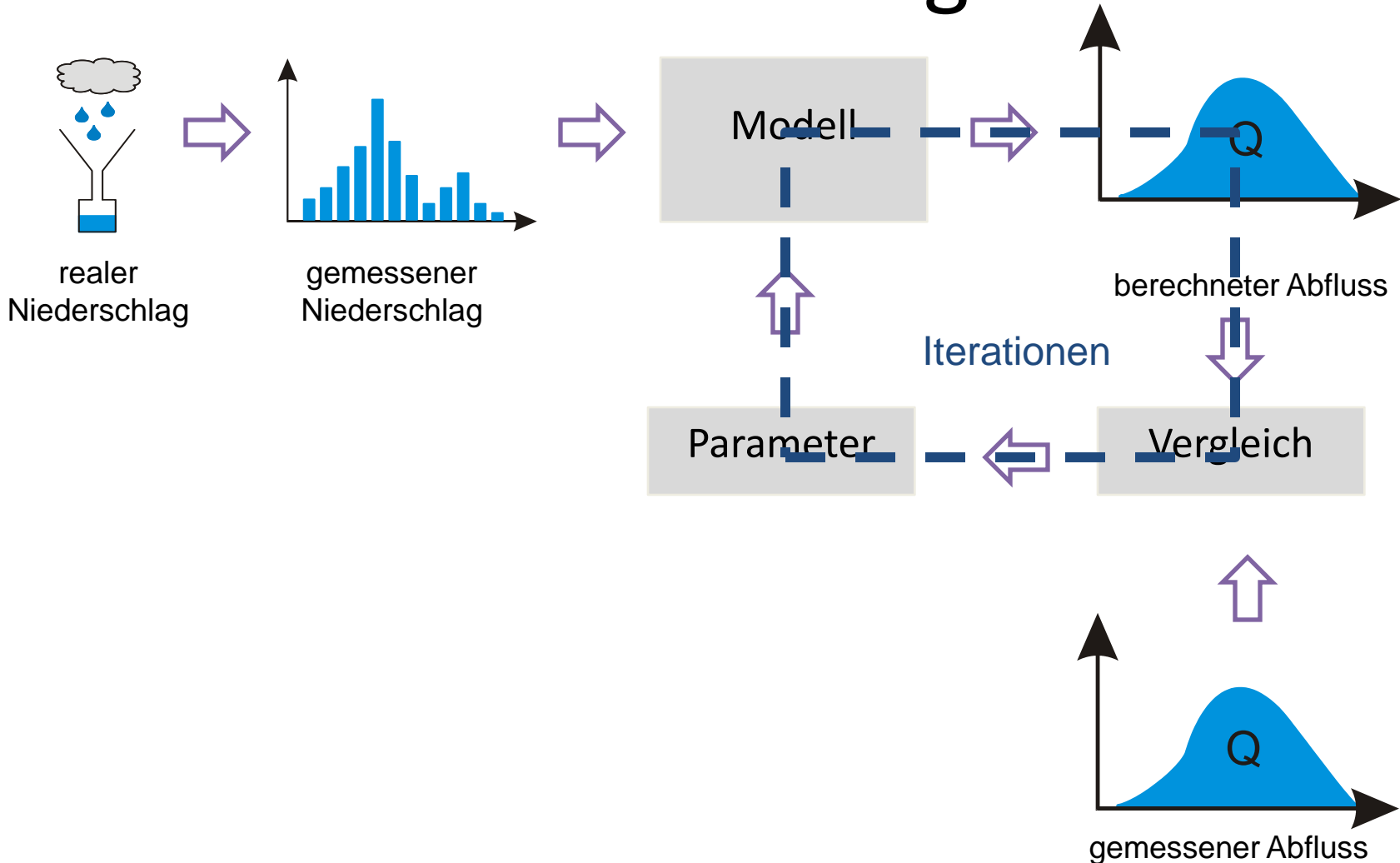
Kleidorfer, M., A. Deletic, T. D. Fletcher and W. Rauch (2009) **Impact of input data uncertainties on urban stormwater model parameters.**  
In: WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY 60(6), 1545 - 1554.

# Parameterbestimmung

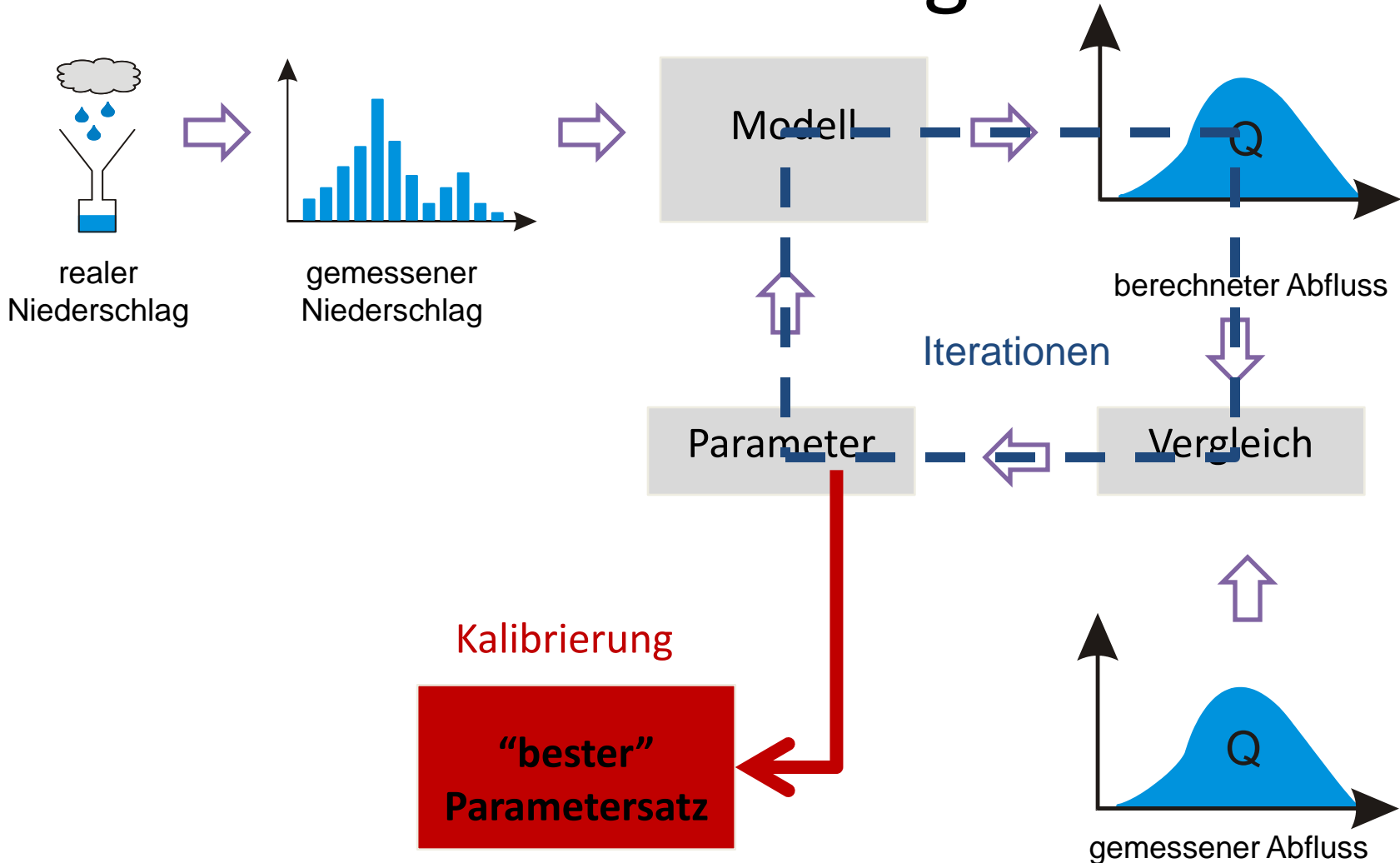




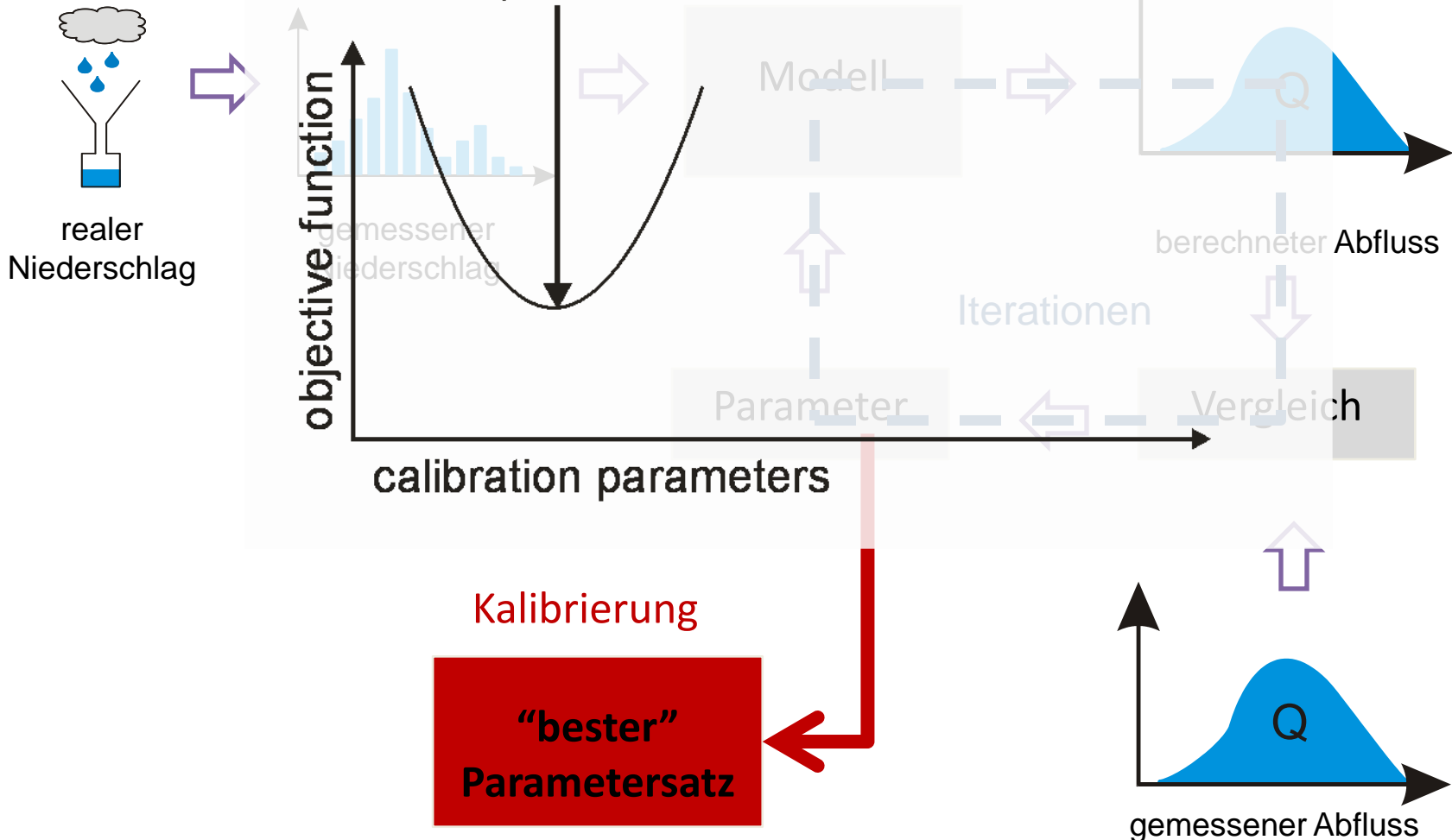
# Parameterbestimmung



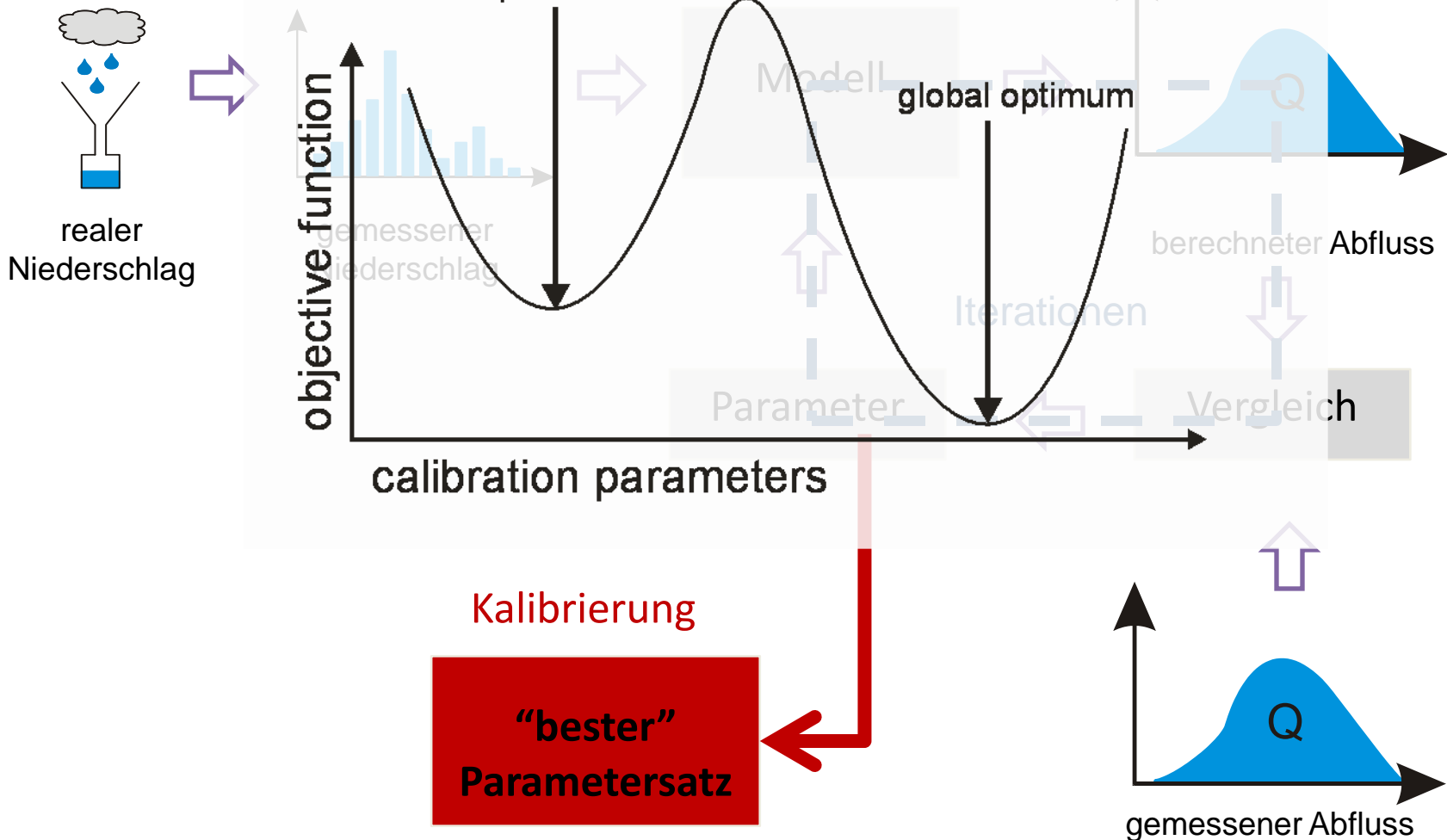
# Parameterbestimmung



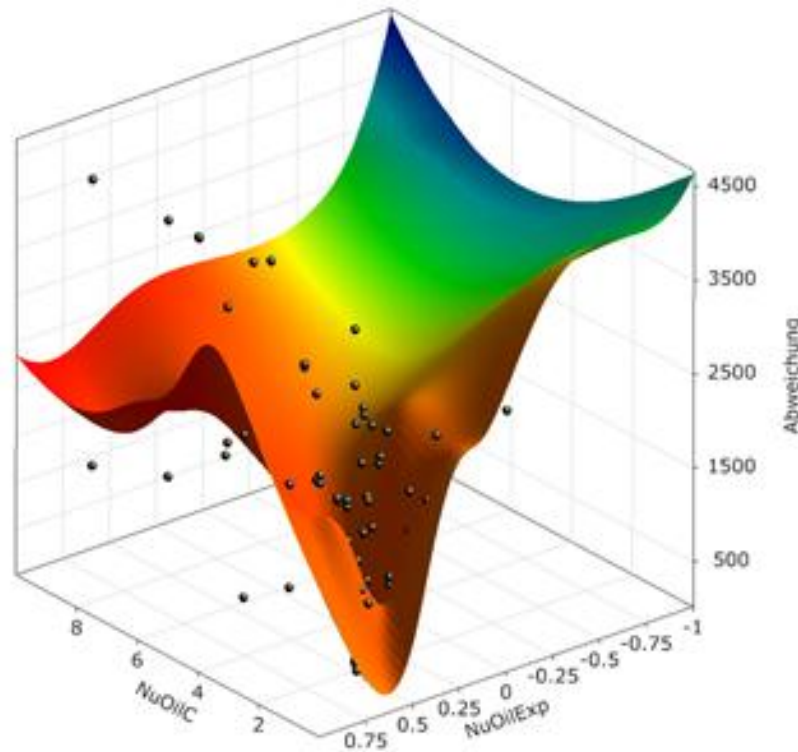
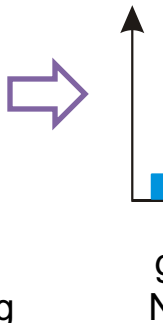
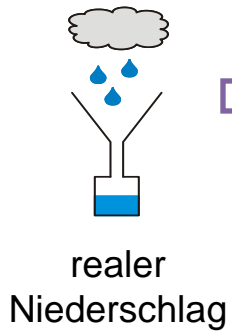
# Parameterbestimmung



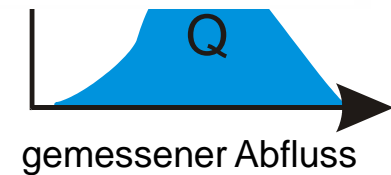
# Parameterbestimmung



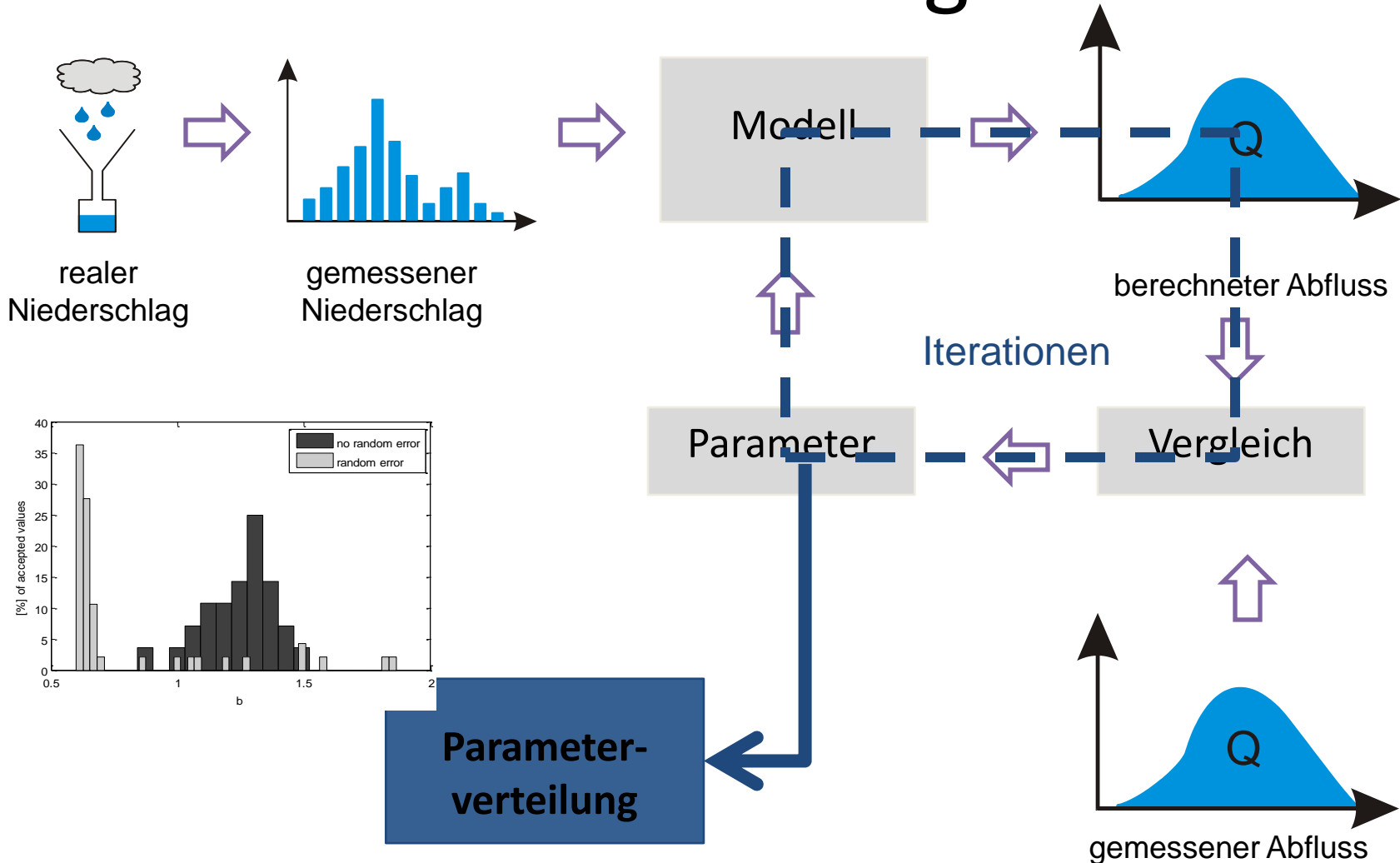
# Parameterbestimmung



**“bester”  
Parametersatz**

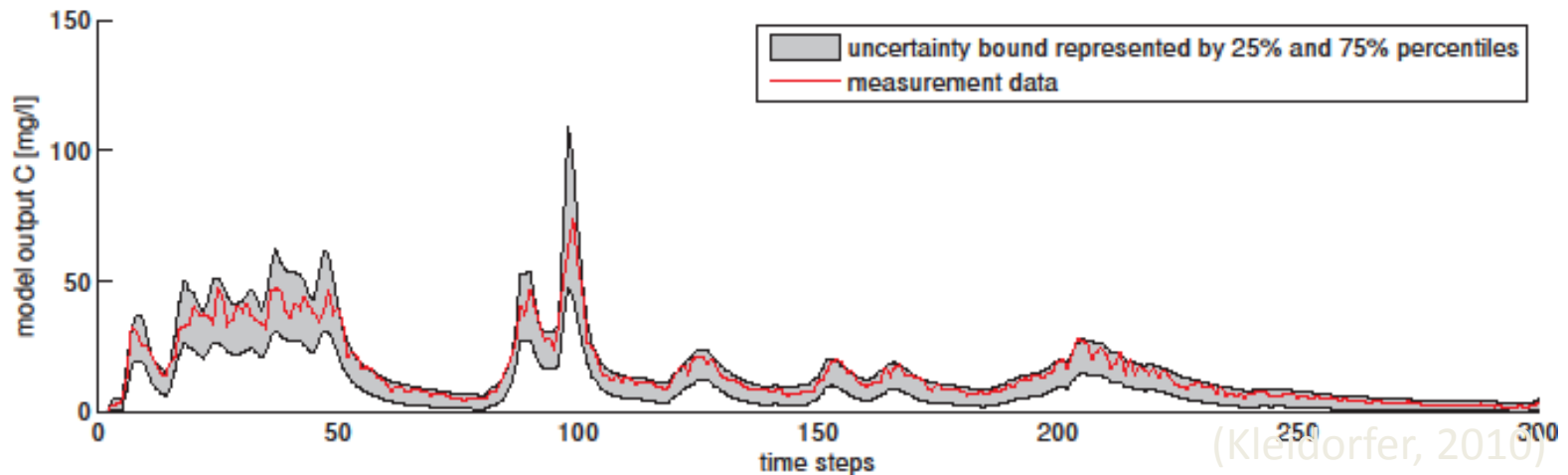


# Parameterbestimmung



# (1) Unsicherheiten in Eingangsdaten

- Unsicherheitsbereich von Modellergebnissen:



# (1) Unsicherheiten in Eingangsdaten

## **Niederschlag und Abflussmessungen**

in 1 Minuten Zeitschritten (2 Jahre)

## **Schmutzstoffkonzentrationen (TSS, TN) : 40**

Ereignisse, 10-20 Messungen pro Ereignis

## **Trennsystem (2 Einzugsgebiete 90ha und 40ha)**

**Simulation** in 6 Min. Schritten mit einem  
konzeptionellen Modell

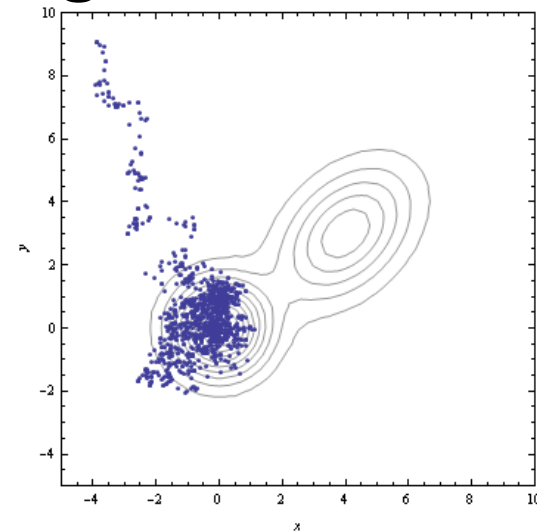
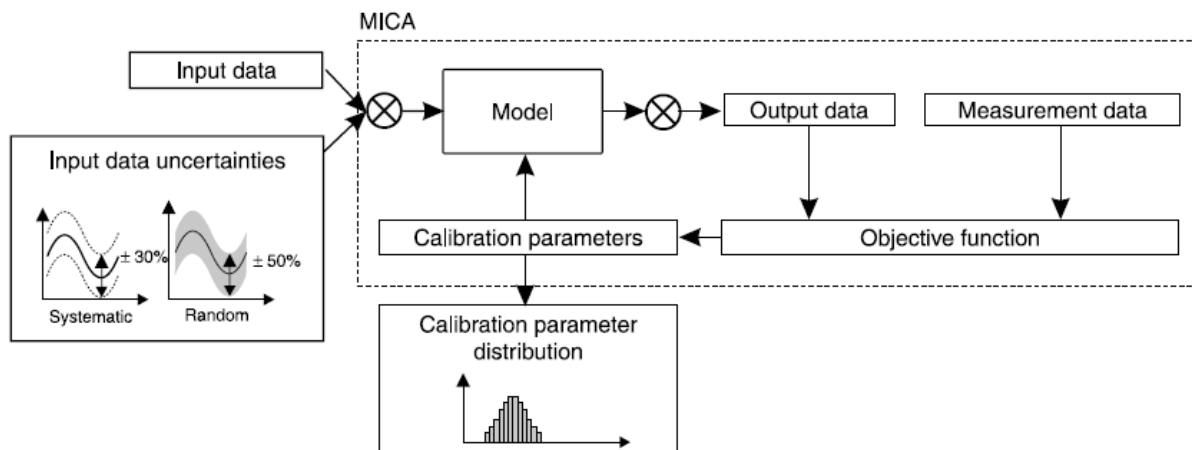


# (1) Unsicherheiten in Eingangsdaten

Verwendete Methodik:

Bayes'sche Statistik

Marco-Chain Monte Carlo Simulation mit  
Metropolis-Hastings Sampling Strategie



# (1) Unsicherheiten in Eingangsdaten

Verschiedene Szenarien von Unsicherheiten im  
Niederschlag

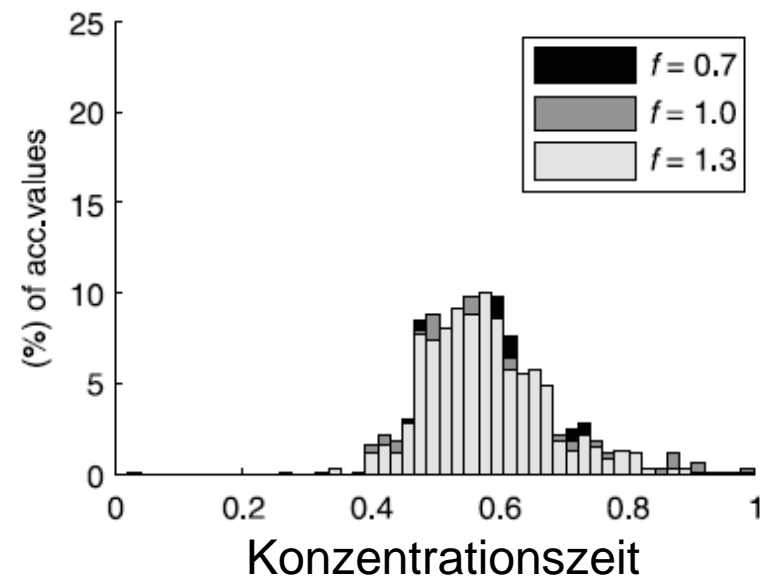
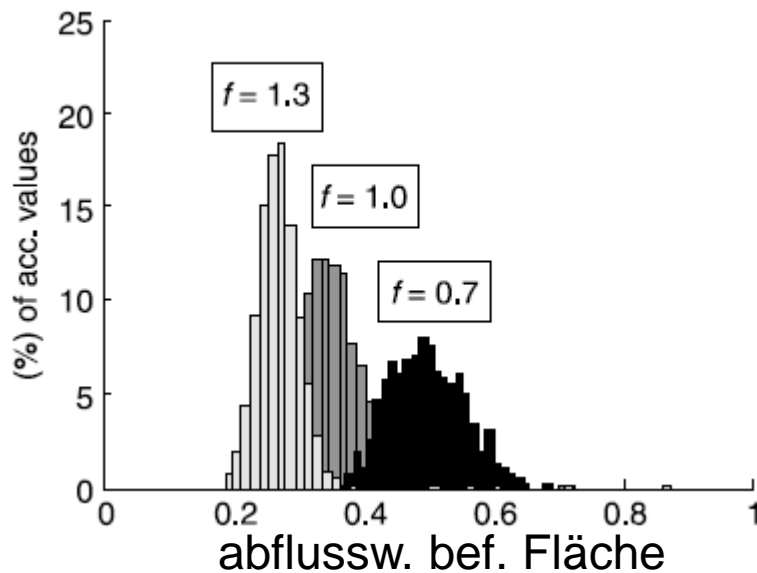
Systematischer Fehler - 30% , + 30%

Zufälliger Fehler  $\pm 30\%$



# (1) Unsicherheiten in Eingangsdaten

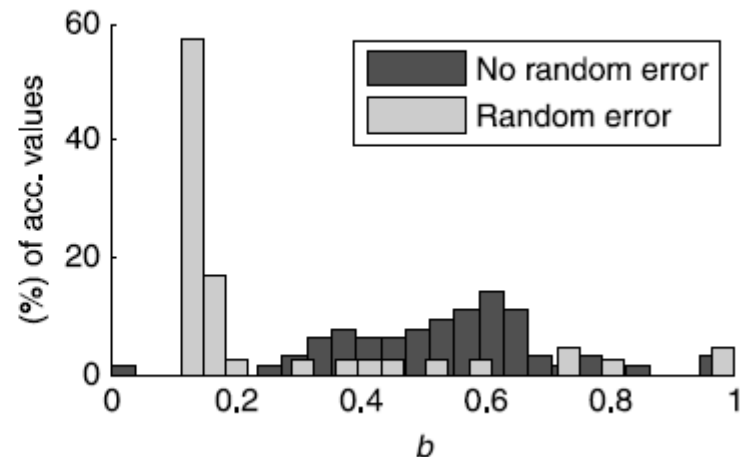
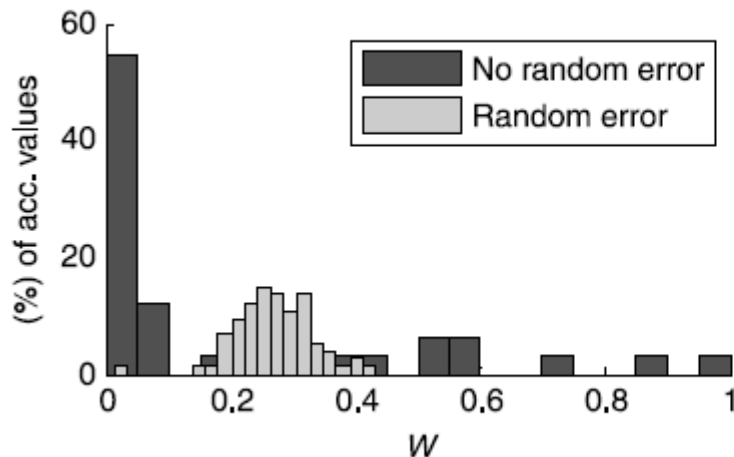
- Beispiel Niederschlag / Abfluss Modellierung



- Systematische Fehler durch Anpassung der Parameter kompensiert
- Kein Einfluss von zufälligen Fehlern (Parameterverteilung ändert sich nicht)

# (1) Unsicherheiten in Eingangsdaten

- Beispiel Schmutzstoffmodellierung (Gesamtstickstoff)



– Änderung der Parameterverteilung durch zufällige Fehler

## (2) Unsicherheiten durch Datenverfügbarkeit

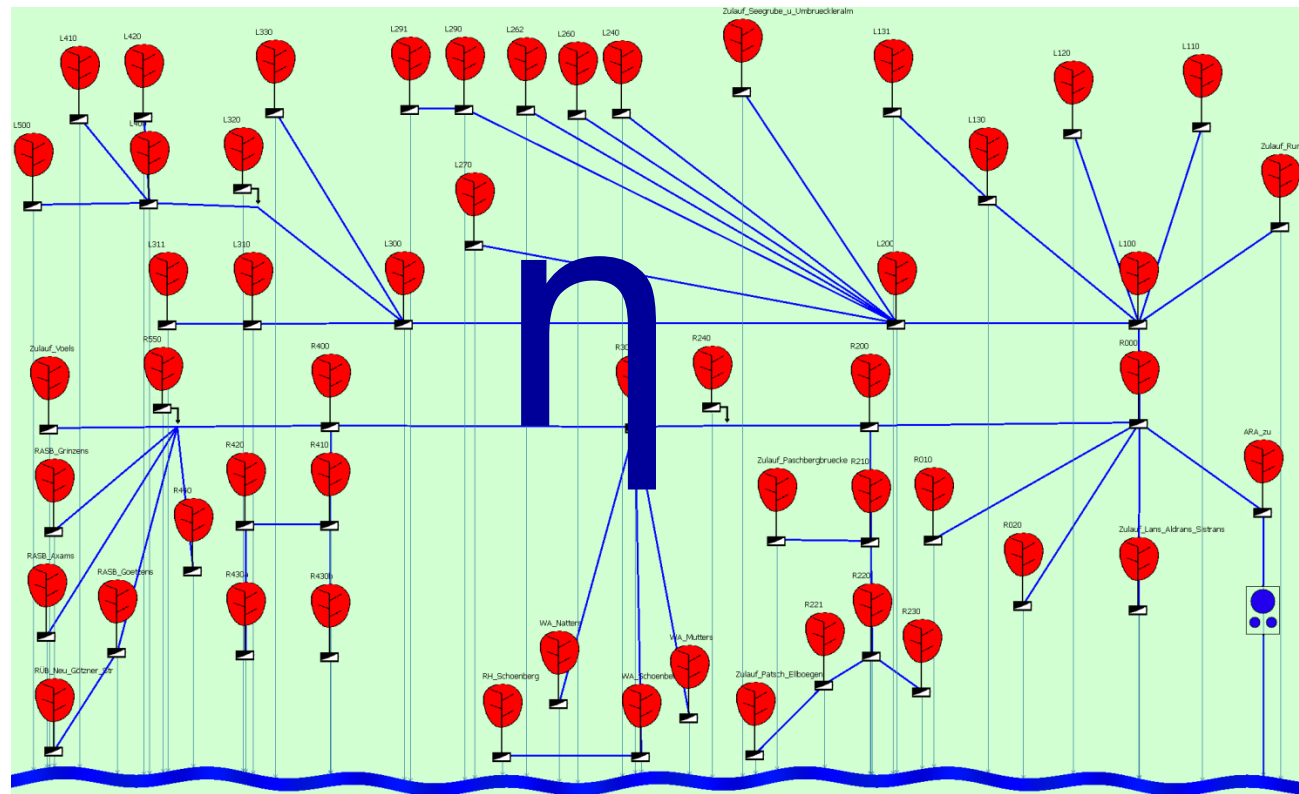
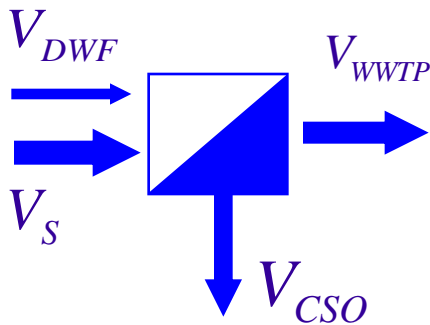
Kleidorfer, M., M. Möderl, S. Fach and W. Rauch (2009):  
**Optimization of measurement campaigns for calibration  
of a conceptual sewer model.**

In: WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY 59(8), 1523 – 1530

## (2) Datenverfügbarkeit

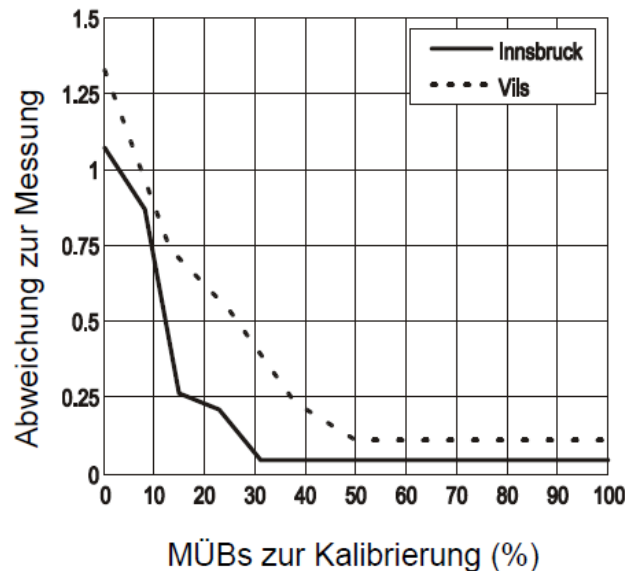
- Konzeptionelles hydrologisches Modell eines Mischsystems

$$\eta_r = (1 - \frac{\sum V_{CSO}}{\sum V_s}) \cdot 100$$

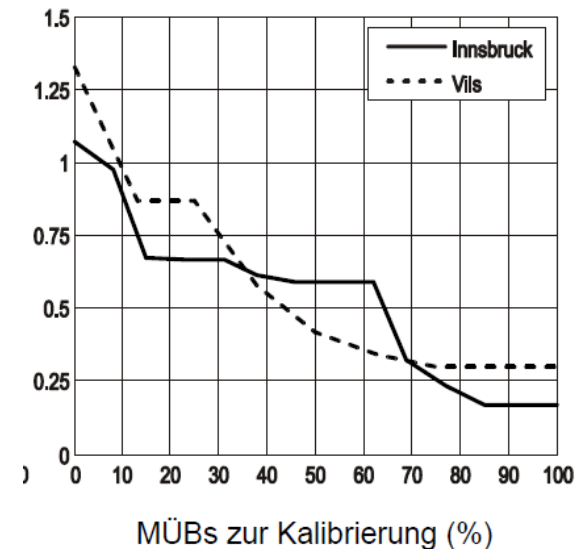


## (2) Datenverfügbarkeit

### (1) Örtliche Verfügbarkeit



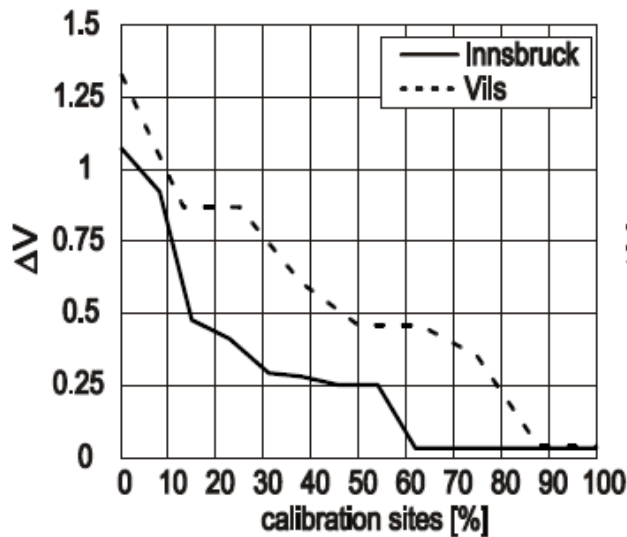
Kalibrierung auf  
Entlastungsvolumen



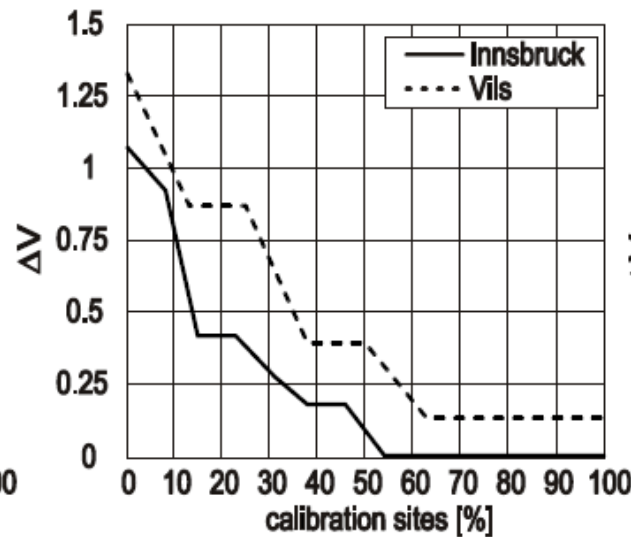
Kalibrierung auf Anzahl  
der Überläufe

## (2) Datenverfügbarkeit

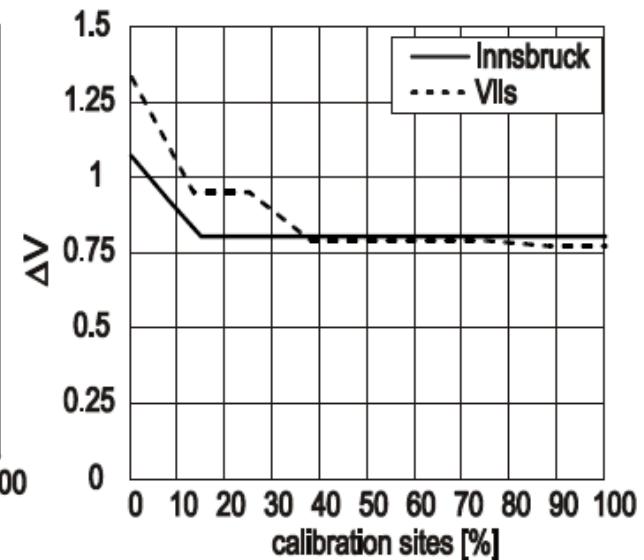
### (1) Zeitliche Verfügbarkeit



Regenauswahl nach  
Intensitätsspitze



Regenauswahl nach  
Dauer



zufällige Auswahl



# (3) Unsicherheiten in Modellstruktur

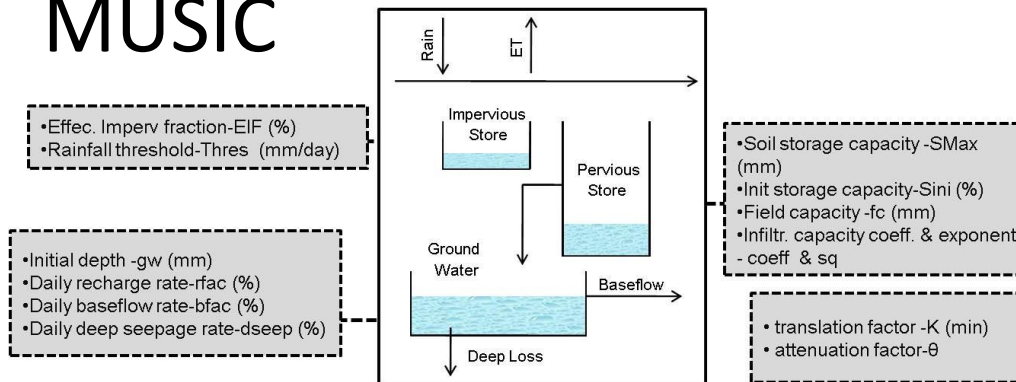
Dotto, C. B. S., M. Kleidorfer, A. Deletic, T. D. Fletcher and W. Rauch (in press):

**A Bayesian approach for performance evaluation of stormwater models  
based on long-term high-resolution measurement data.**

In: Environmental Modelling & Software (in press)

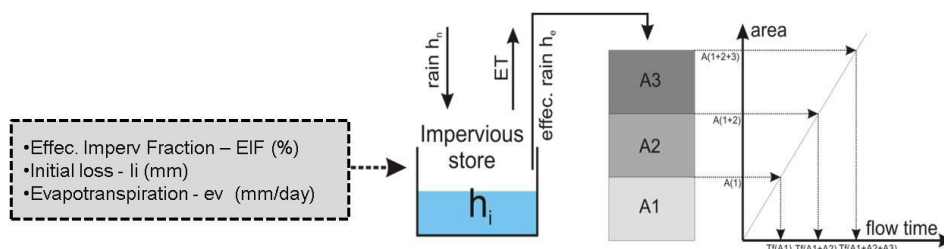
# (3) Unsicherheiten in Modellstruktur

## MUSIC



13 Parameter  
durchlässige +  
befestigte  
Flächen

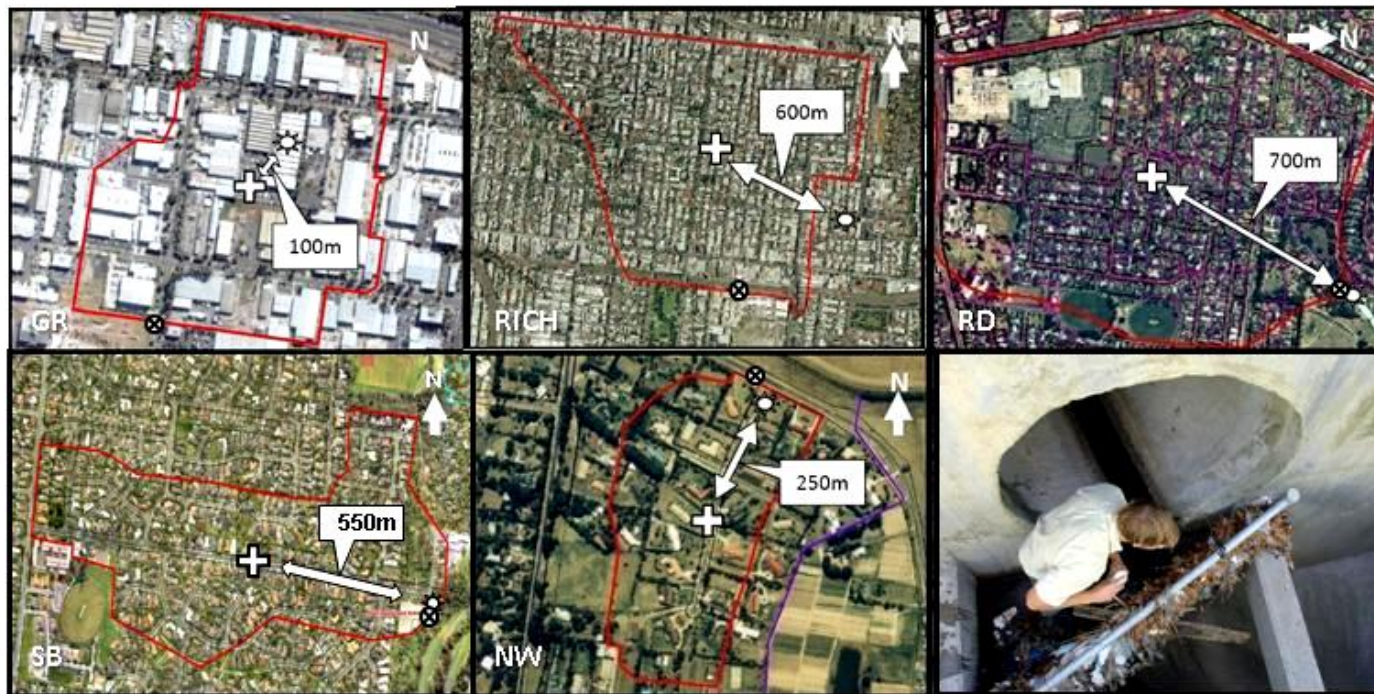
## KAREN



4 Parameter  
Nur befestigte  
Flächen

# (3) Unsicherheiten in Modellstruktur

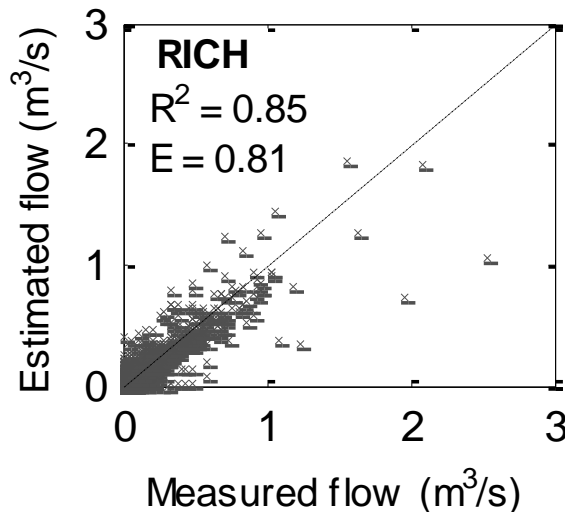
## Messungen an 5 Einzugsgebiete



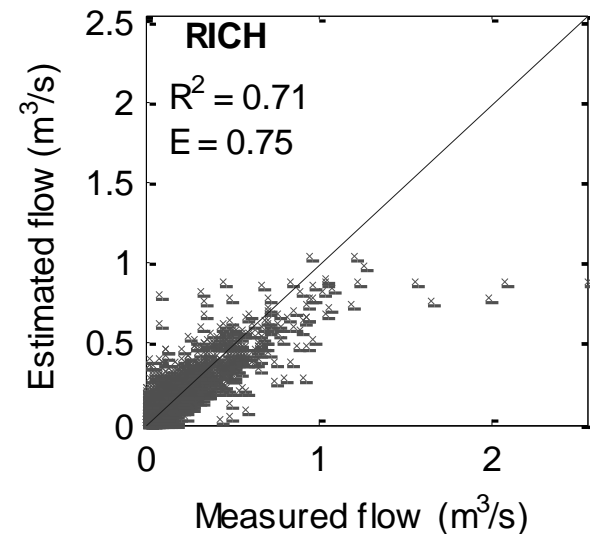
# (3) Unsicherheiten in Modellstruktur

## Niederschlag / Abfluss Modellierung

### MUSIC



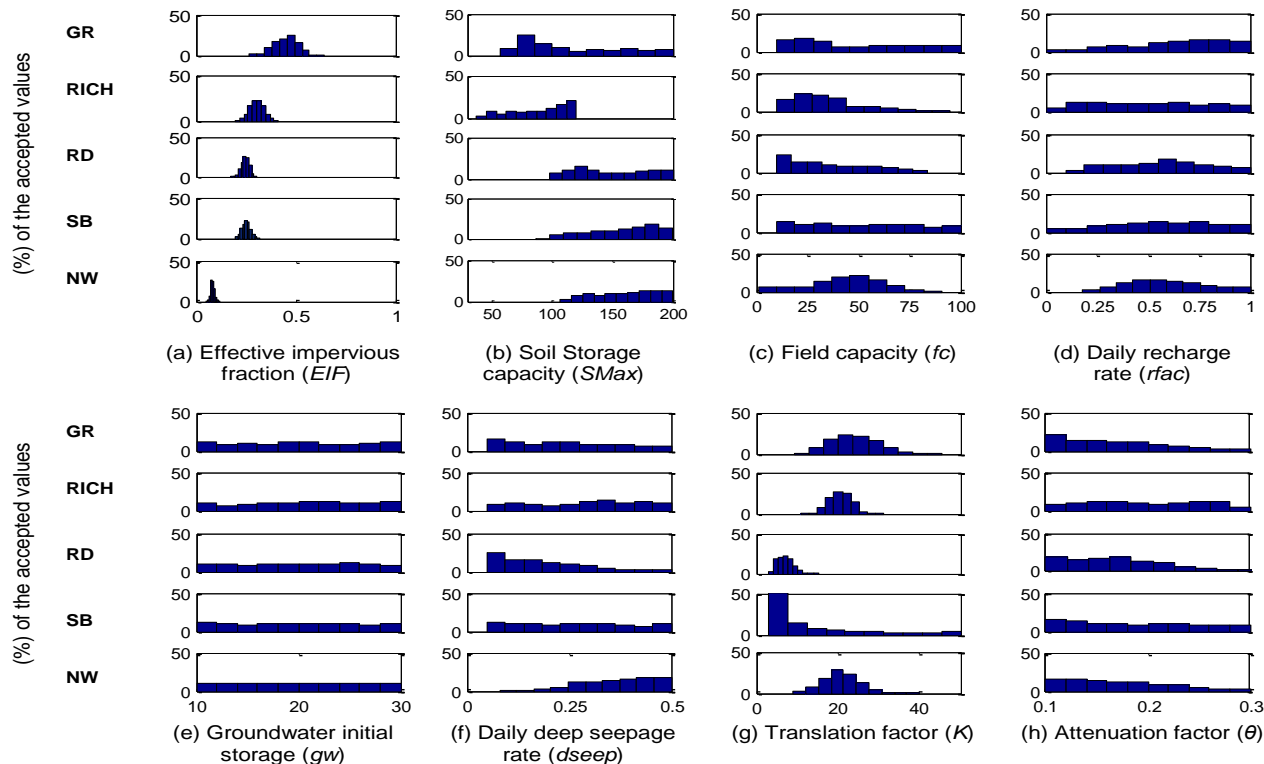
### KAREN



ähnliche Ergebnisse (ähnlich gute Übereinstimmung mit Messdaten)

# (3) Unsicherheiten in Modellstruktur

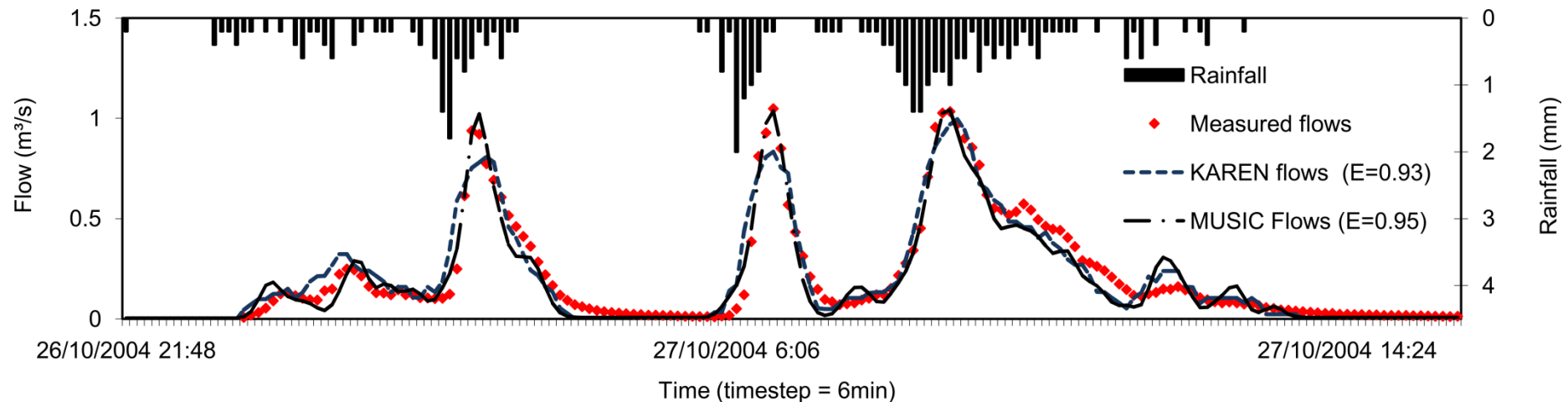
## Parameterverteilung und -sensitivitäten



viele insensitive Parameter in MUSIC

# (3) Unsicherheiten in Modellstruktur

## Niederschlag / Abfluss Modellierung



KAREN kann Abflussspitzen z.T. nicht abbilden



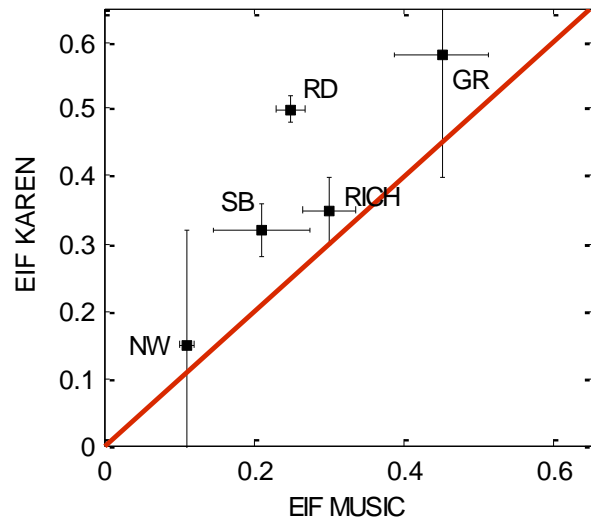
# (3) Unsicherheiten in Modellstruktur

## Niederschlag / Abfluss Modellierung

Einzugsgebiet	MUSIC		KAREN	
	Kalibrierung	Validierung	Kalibrierung	Validierung
<b>Gilby Rd</b>	0.54	0.31	0.53	0.41
<b>Richmond</b>	0.81	0.70	0.75	0.71
<b>Ruffeys Lake</b>	0.62	0.32	0.63	0.39
<b>Shepherds Bush</b>	0.57	-	0.61	-
<b>Narre Warren</b>	0.49	-0.05	0.60	-1.01

# (3) Unsicherheiten in Modellstruktur

## Vergleich Modellparameter

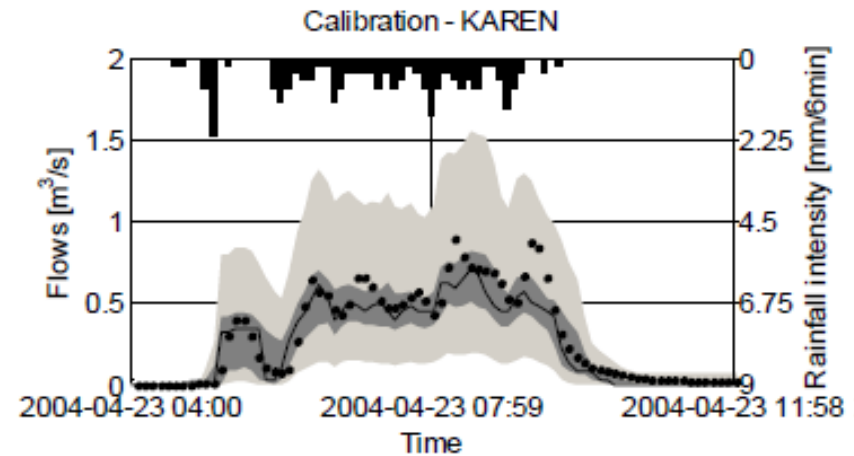
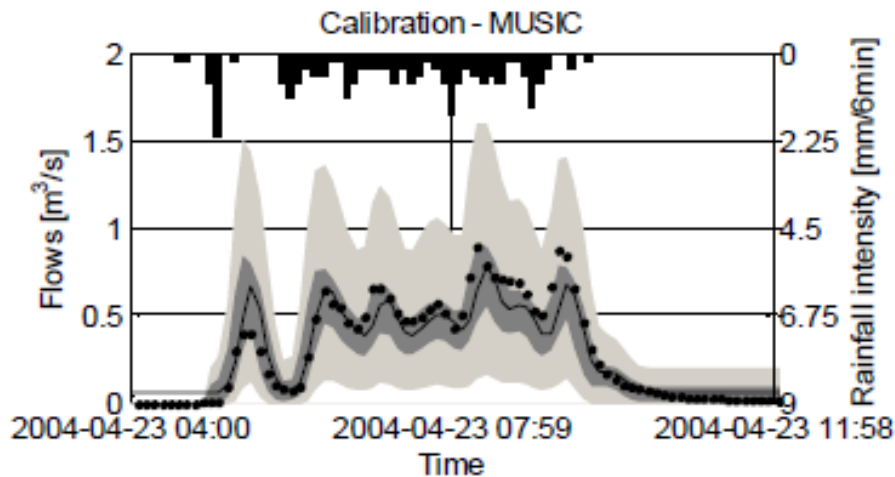


Unterschiedliche Werte für Parameter mit  
selben physikalischen Hintergrund  
hier: abflusswirksame befestigte Fläche



# (3) Unsicherheiten in Modellstruktur

## Parameterunsicherheit / Gesamtunsicherheit



# Ausblick

- Mit moderneren Methoden und Anwendungen (Optimierungen, Zukunftsprognosen etc.) werden Unsicherheitsbetrachtungen wichtiger
- Unsicherheiten sollten in Regelwerken berücksichtigt werden
- Kommunikation von Unsicherheiten in der Entscheidungsfindung

# Ausblick

ÖWAV Leitfaden Niederschlag /

Abflussmodellierung (Leitung: Günter Blöschl)

Kapitel 6: Interpretation der Ergebnisse und  
Einschätzung der Unsicherheit

Sensitivitätsanalysen, Plausibilitätsprüfung,  
Kommunikation von Unsicherheiten