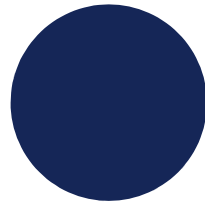


Einführung in die Modellierung

Till Francke und Maik Heistermann
Universität Potsdam



Seminar *Einführung in die Modellierung*
im Modul *Versuchsplanung und Geoökologische Modellierung*

Einführung in die Modellierung

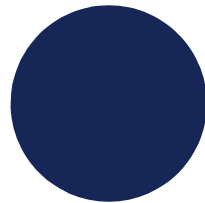
In diesem Semester

R als Werkzeug in der Modellierung

Ökologische Modelle

Hydrologische Modelle

(Ökohydrologische Modelle)



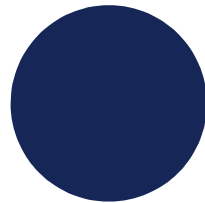
Einführung in die Modellierung

Heute

Rekapitulation: Modelldiagnose

Kalibrierung und Validierung

The Last Codefight



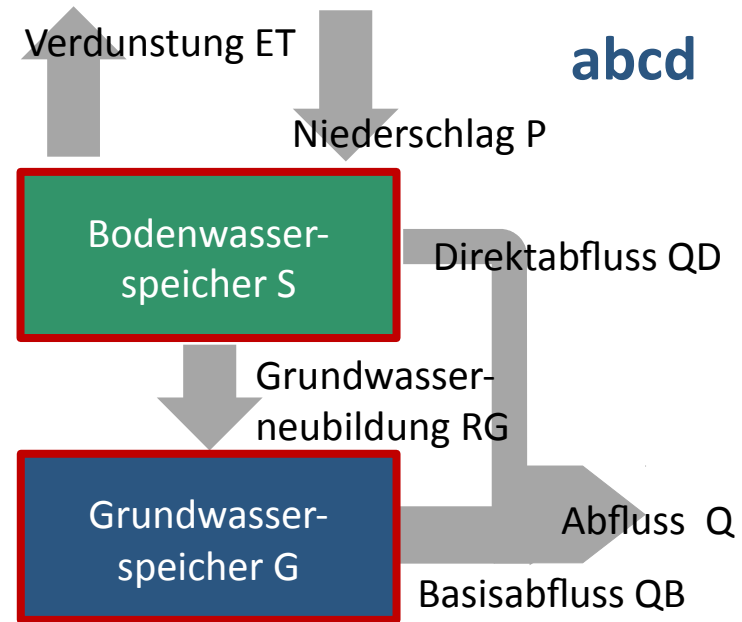


Eigenschaften des *abcd*-Modells

- ✓ Massenerhaltung als Grundprinzip
- ✓ Einfluss der Gebietsfeuchte auf Abflussbildung
- ✓ Abbildung physikalischer Prozesse (hier: Verdunstung)

Parameter des *abcd*-Modells

- Neigung zur Direktabflussbildung
- Effektive Speicherkapazität des Bodens
- Aufteilung zwischen GW-Neubildung und Direktabfluss
- Rezessionskonstante für Basisabfluss



Was ist ein „gutes“ Modell?

Das Modell erfüllt einen bestimmten Zweck.

z.B. Simulation des Jahresgangs der Gebietswasserbilanz
(zur Ressourcenallokation, Klimafolgenabschätzung, ...)

z.B. Hochwasservorhersage

Das Modell hat eine sinnvolle Struktur.

- Massenerhaltung
- Einfluss der Gebietsfeuchte auf Abflussbildung
- Abbildung physikalischer Prozesse (Verdunstung)

Das Modell ist im Zielgebiet einsetzbar.

- Die Daten für den Antrieb des Modells sind vorhanden.
- Die dominanten Prozesse im Zielgebiet werden durch das Modell abgebildet.

abc

abcd

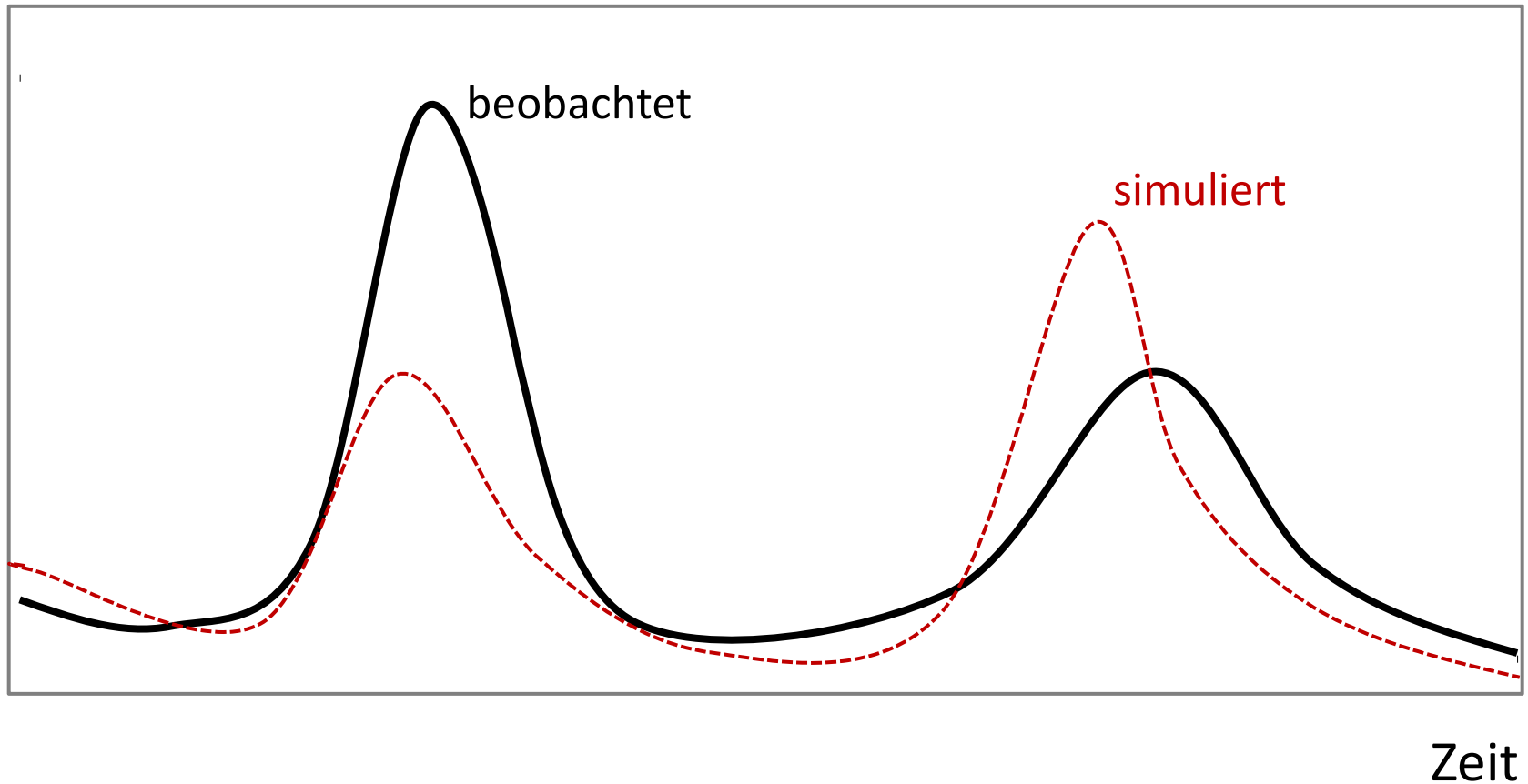


?

?

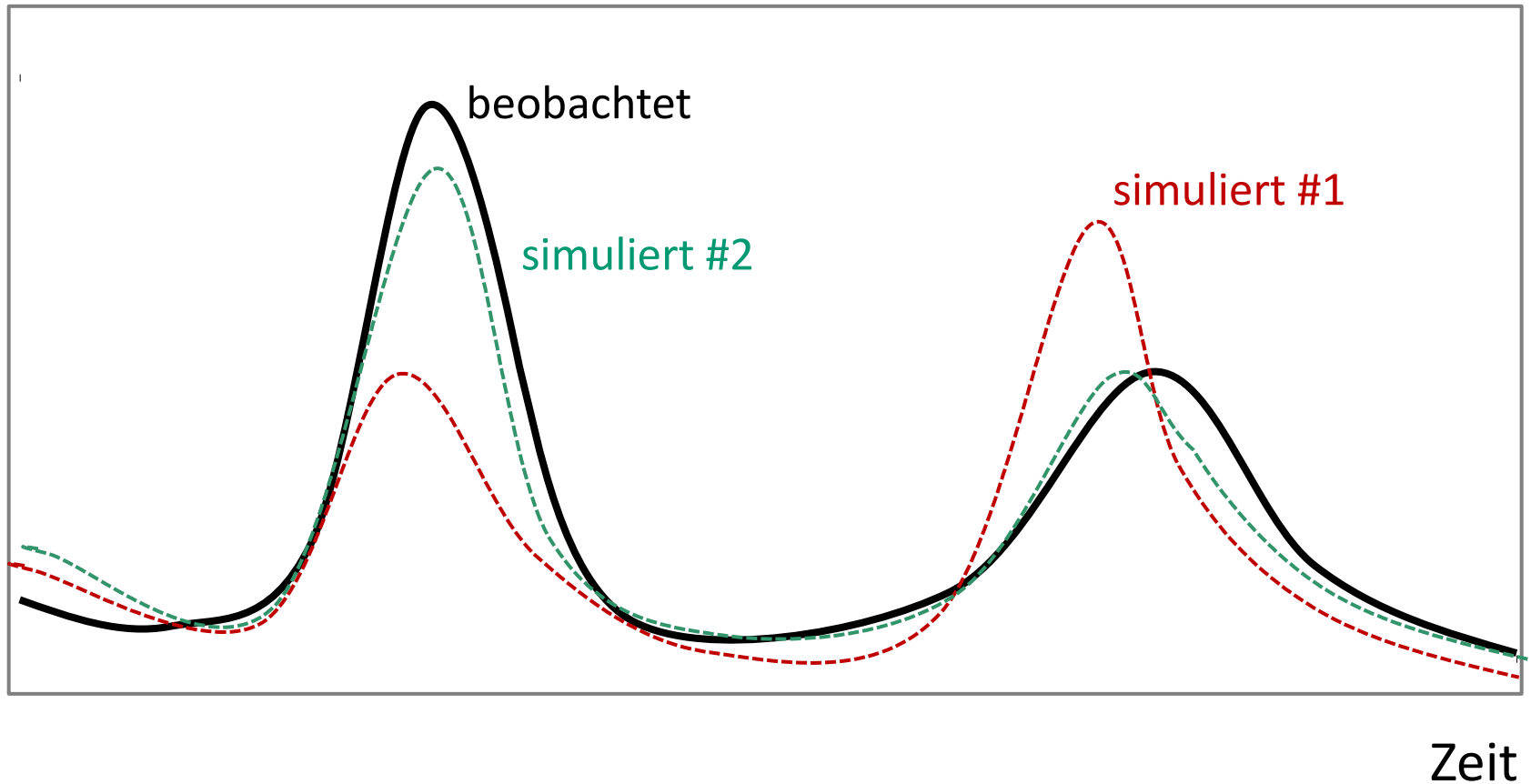
Was ist ein „gutes“ Modell?

Abfluss



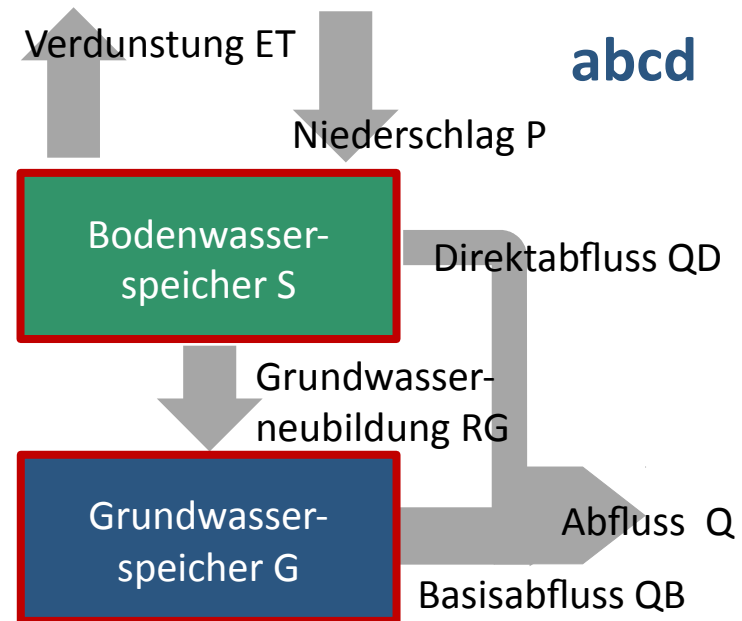
Was ist ein „besseres“ Modell?

Abfluss



Parameter des abcd-Modells

- a. Neigung zur Direktabflussbildung
- b. Effektive Speicherkapazität des Bodens
- c. Aufteilung zwischen GW-Neubildung und Direktabfluss
- d. Rezessionskonstante für Basisabfluss



Kann man die Parameter im Feld messen?

Modellkalibrierung

Parameter des abcd-Modells sind alle „konzeptionell“

- Physikalisch interpretierbar, aber nicht direkt messbar
- Wie kann ich dann aber die Parameterwerte wählen?

Suche eine Kombination von Parametern (param),
so dass **Beobachtung** und **Simulation**
möglichst gut **übereinstimmen**.

Beobachtung : gemessener Abfluss obs am Gebietsauslass

Simulation : simulierter Abfluss $\text{sim}(\text{param})$ am Gebietsauslass

Übereinstimmung : ein quantitatives Fehlermaß/Gütemaß $x(\text{obs}, \text{sim}(\text{param}))$

Suche : Suchalgorithmus, der $x(\text{param})$ maximiert /minimiert

Modellkalibrierung

Maße für Übereinstimmung / Fehler / Güte

- unendliche Vielfalt
- objektives Maß für **Deine** Anforderung an das Modell

Beispiele (in R-Schreibweise)

- `obs` sei ein Vektor mit Beobachtungen
- `sim` sei ein Vektor mit Simulationsergebnissen

Sum of Squared Errors $SSE = \text{sum}((\text{obs} - \text{sim})^2)$

Root Mean Squared Error $RMSE = \text{sqrt}(\text{mean}((\text{obs} - \text{sim})^2))$

Nash-Sutcliffe Effizienz $NSE = 1 - SSE / \text{sum}((\text{obs} - \text{mean}(\text{obs}))^2)$

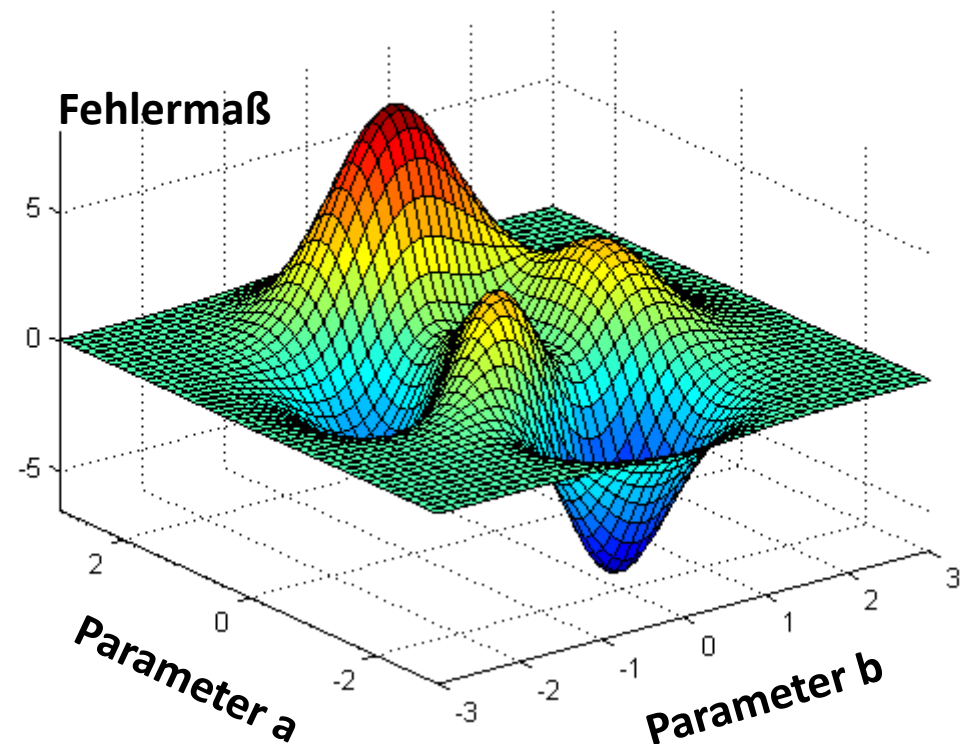
Mean Error $ME = \text{mean}(\text{obs} - \text{sim})$

Modellkalibrierung

Suchverfahren und -algorithmen

- Ausprobieren
- Rohe Gewalt (Brute Force)
- „Intelligente“ Suchalgorithmen

Beispielhafte Oberfläche einer Zielfunktion
mit zwei Modellparametern a und b



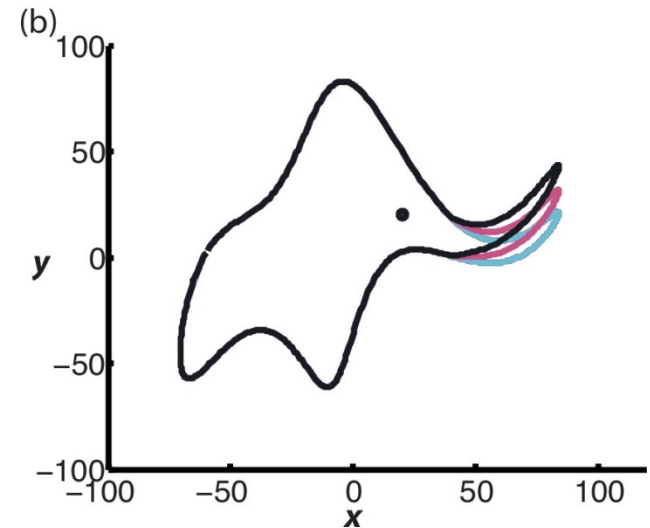
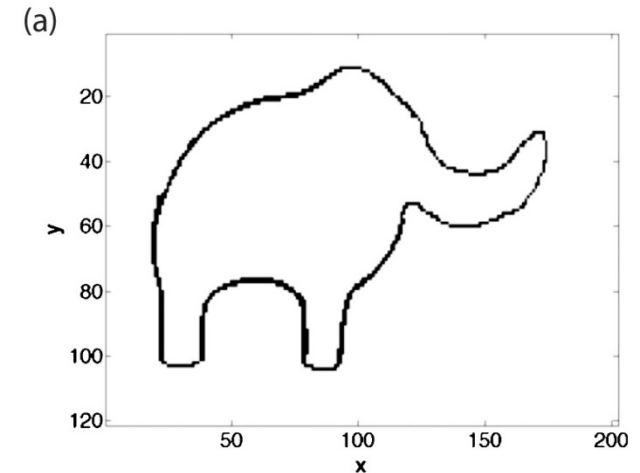
Modellvalidierung

“With four parameters I can fit an elephant,
and with five I can make him wiggle his trunk.”

John von Neumann, Mathematiker

Mit anderen Worten

Wie kann ich beurteilen, dass mein kalibriertes
Modell auch außerhalb der verwendeten
Beobachtungen funktioniert?

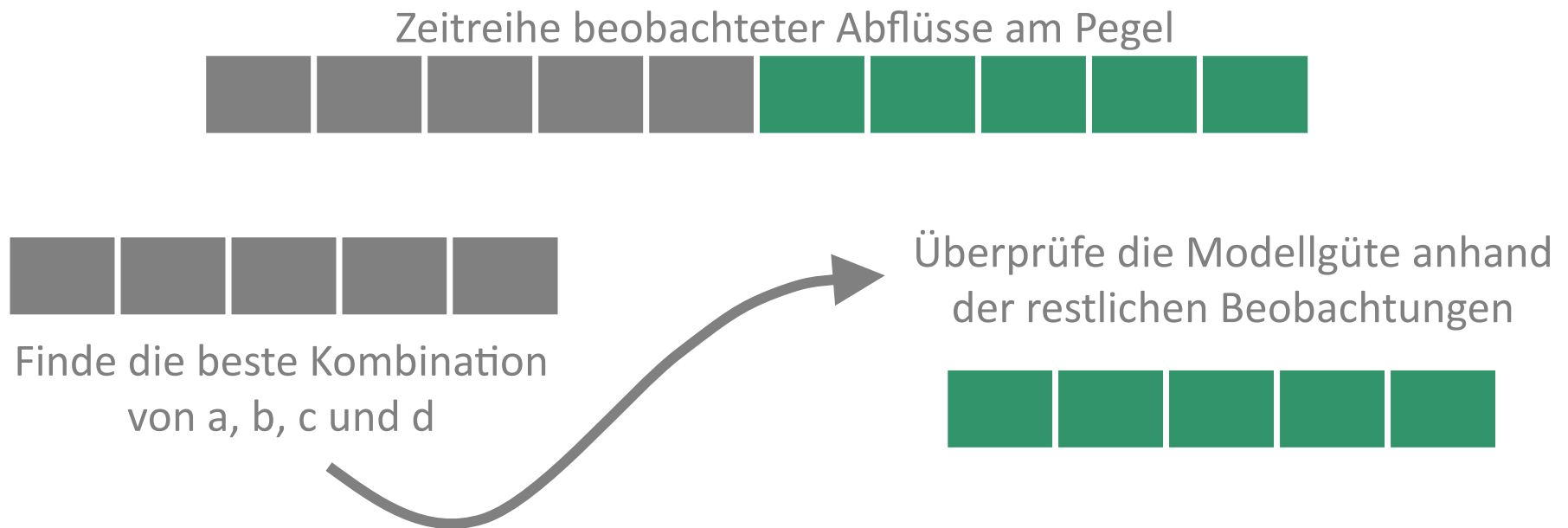


Mayer et al. (2010), Amer. J. Phys.

Modellvalidierung

Split Sampling

- Kalibriere das Modell an einer Teilmenge der Beobachtungen;
- überprüfe anhand der verbleibenden Teilmenge die Güte des Modells.



MOPEX: **MO**dell **P**arameter **E**stimation **EX**periment

- homogener Datensatz für 431 Einzugsgebiete in den USA
- Abflusszeitreihen
- Gebietsmittelwerte für Niederschlag, PET, T_{\min} , T_{\max}
- tägliche Auflösung (für diesen Kurs: Monatsmittelwerte)

Download der Daten und Metadaten:

ftp://hydrology.nws.noaa.gov/pub/gcip/mopex/US_Data

Legend

-  Selected 92
-  MOPEX 431 Catchments
-  ModisTiles
-  US States



MOPEX: **MO**dell **P**arameter **E**stimation **EX**periment

- homogener Datensatz für 431 Einzugsgebiete in den USA
- Abflusszeitreihen
- Gebietsmittelwerte für Niederschlag, PET, T_{\min} , T_{\max}
- tägliche Auflösung (für diesen Kurs: Monatsmittelwerte)

Download der Daten und Metadaten:

ftp://hydrology.nws.noaa.gov/pub/gcip/mopex/US_Data

Legend

Selected 92

MOPEX 431 Catchments

Tiles

US States



Bearbeite die Aufgaben in `diagnose.R` und `calval.R`.

0 250 500 1,000 km