

# Entwicklung von Fehlermodellen für Klimadaten am Beispiel von Niederschlag für die Assimilation von Schwerefelddaten in hydrologische Modelle

**Katharina Franz**, Maike Schumacher, Jürgen Kusche

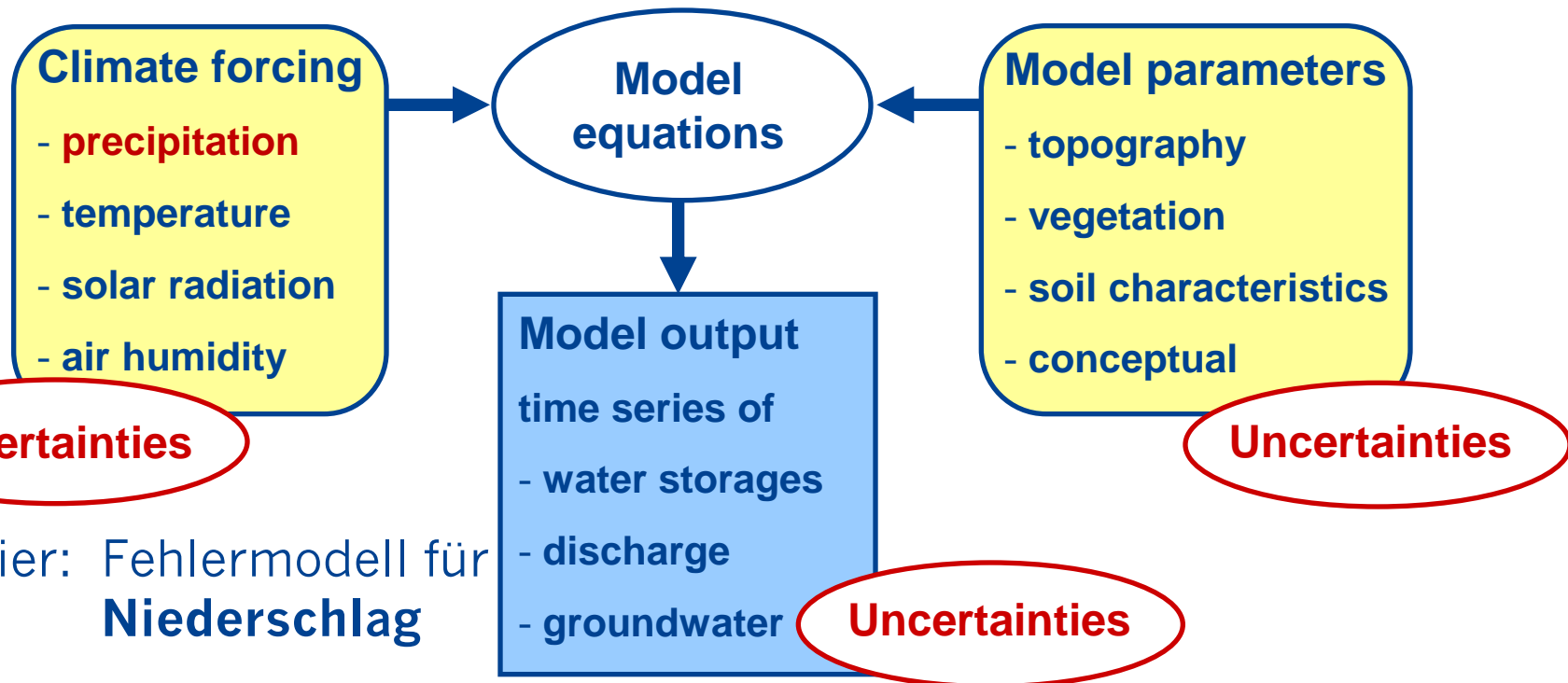
Institut für Geodäsie und Geoinformation  
Professur für Astronomische, Physikalische und Mathematische Geodäsie  
Universität Bonn

Geodätische Woche 2014, Berlin  
9. Oktober 2014

## Hydrologische Modelle Welche Problematik liegt vor?

Einsatz von hydrologischen Modellen zur Beschreibung des globalen Wasserkreislaufs

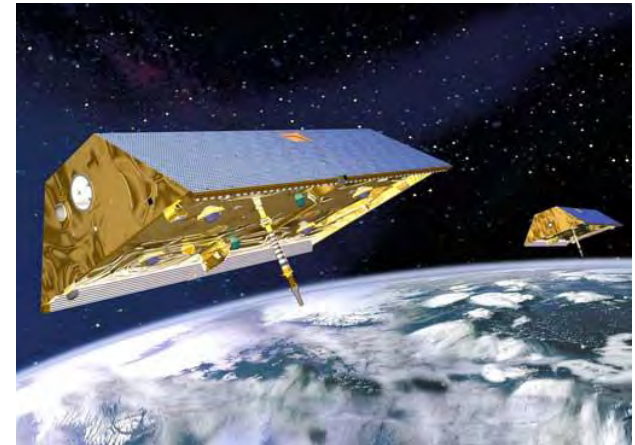
2



## Beobachtungen hydrologischer Komponenten Was ist möglich?

Beobachtungen hydrologischer Komponenten nutzen,  
um Modelle zu verbessern

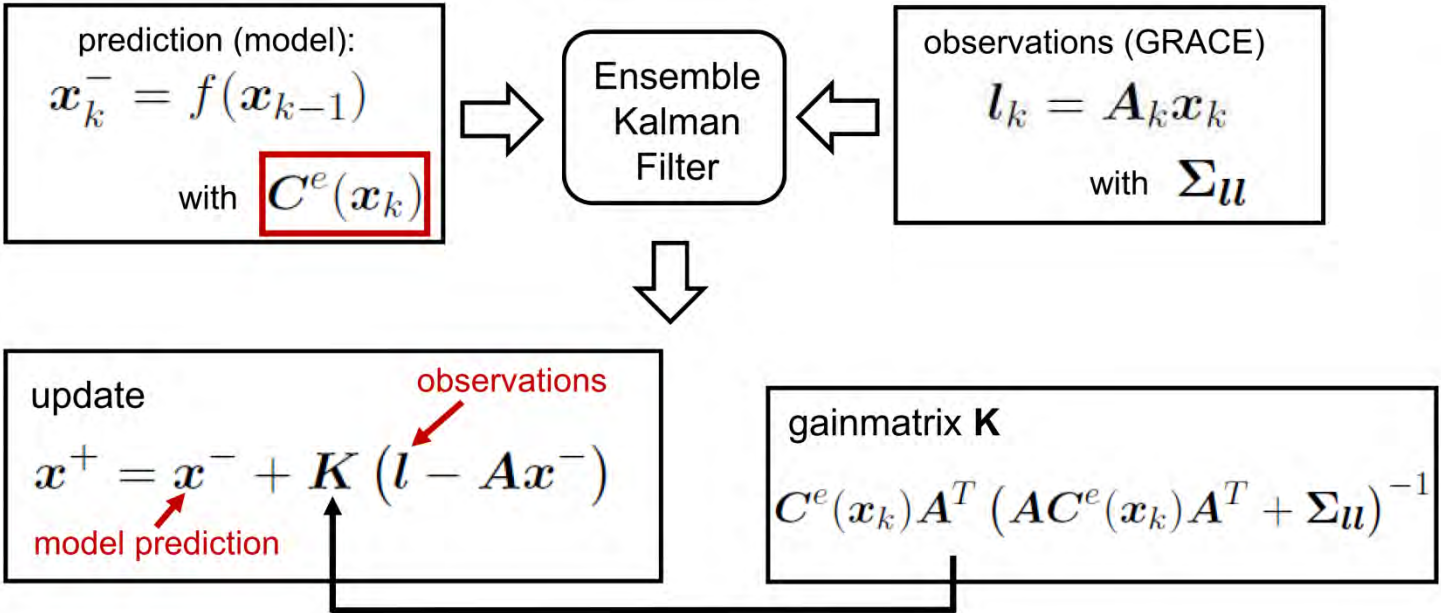
1. Klassisch: Abflussmessungen
2. Studien, die Beobachtungen einzelner Wasserspeicher nutzen (z.B. Bodenfeuchte)



[Astrium (2014)]

3. Änderungen des Gesamtwasserspeichers: *GRACE*  
→ (**G**ravity **R**ecovery **A**nd **C**limate **E**xperiment)

## Wie können Modell und Beobachtungen zusammengeführt werden?



[Schumacher (2012)]

[Schumacher et al. (2014, accepted)]

[Eicker et al. (2014, accepted)]

$$C^e(\mathbf{x}) = \frac{1}{N-1} \sum_i (\mathbf{x}_i^- - \bar{\mathbf{x}}) (\mathbf{x}_i^- - \bar{\mathbf{x}})^T$$

ensemble mean

empirical ensemble covariance matrix

- Analyse von Niederschlagsdaten
- Entwicklung von Fehlermodellen
  - Ansatz
  - Gruppierung nach Klimazonen
  - Ergebnisse
- Interpretation der Ergebnisse
- Fazit

- Gegeben sind fünf Datensätze:

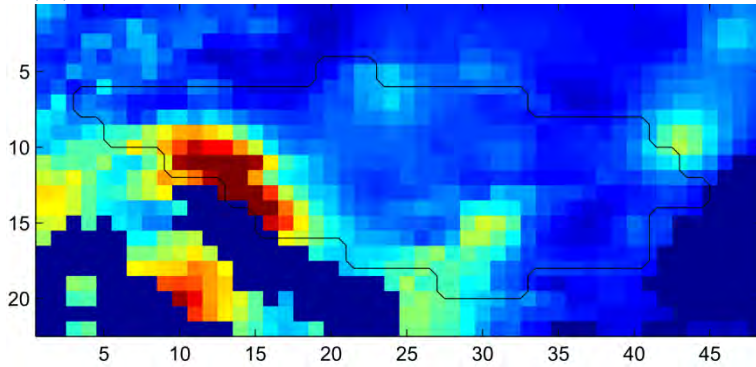
Datensätze	Global	Europaweit	Räumliche Auflösung
GPCC	x		0,5° x 0,5°
E-Obs		x	0,25° x 0,25°
Merra	x		2/3° x 1/2°
Era-Interim	x		0,703° x 0,702°
Cosmo-EU		x	0,0625° x 0,0625°

- *WaterGAP Global Hydrology Model (WGHM)*:
  - Räumliche Auflösung: 0.5° x 0.5° pro Zelle
- Datensätze sind entsprechend zu interpolieren
- Referenzwahl: je nach Abdeckung und Bias  
 → Hier: *E-Obs* oder *Era-Interim*

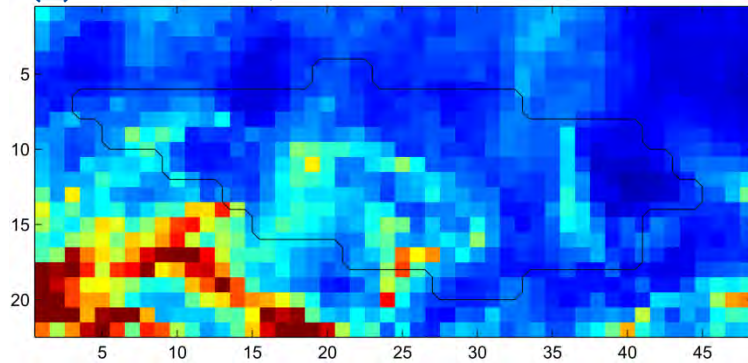
[Springer et al. (2014)]



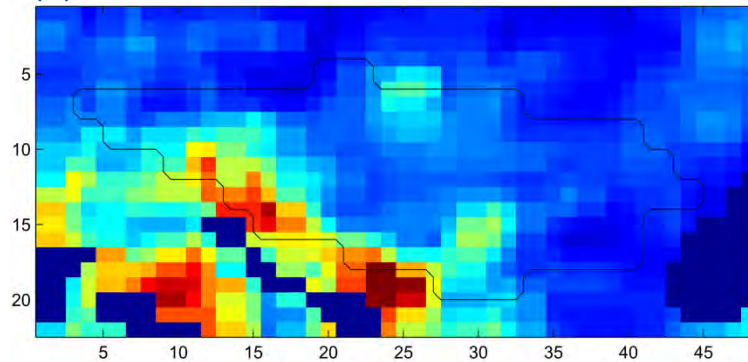
(a) E-Obs, Dezember 2008



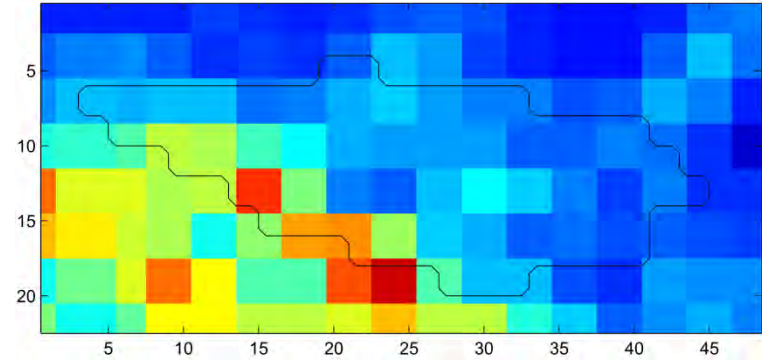
(c) Cosmo-Eu, Dezember 2008



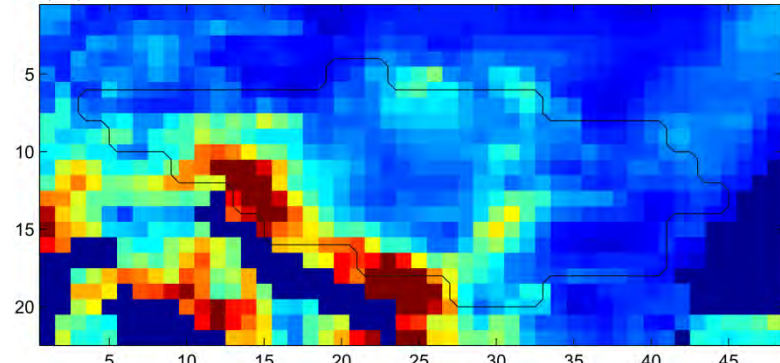
(e) Merra, Dezember 2008



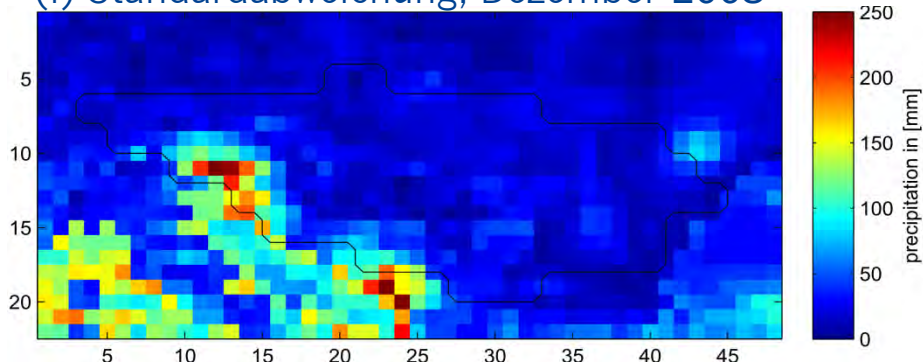
(b) Era-Interim, Dezember 2008



(d) GPCC, Dezember 2008



(f) Standardabweichung, Dezember 2008



7

Multiplikatives Fehlermodell:  $Y_i = aX_i^b e^{\varepsilon_i}$

$X_i$  ... Referenzdatensatz (fehlerfrei)

$Y_i$  ... Beobachtung

$a, b$  ... Systematische Fehler

$e^{\varepsilon_i}$  ... zufälliger Fehler

➔ Empirische Kovarianzfunktion:

$$C(k\Delta s) = \frac{1}{n_k} \sum_{i=1}^{n_k} (p_i - \bar{p})(p_{i+k\Delta s} - \bar{p})$$

$p_i$  ... Niederschlag

$\bar{p}$  ... Niederschlagsmittel

$k$  ... Distanzklassen

$\Delta s$  ... Breite der Distanzklassen

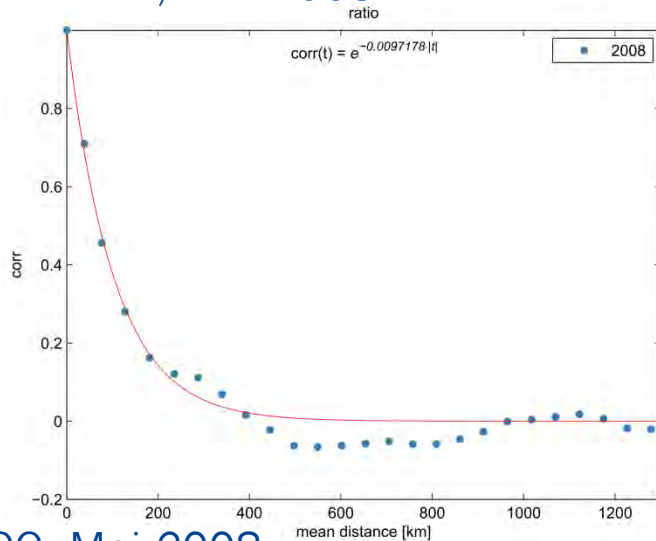
$n_k$  ... Anzahl der Daten in der Distanzklasse  $k$

➔ Analytische Kovarianzfunktion approximiert mit Exponentialfunktion

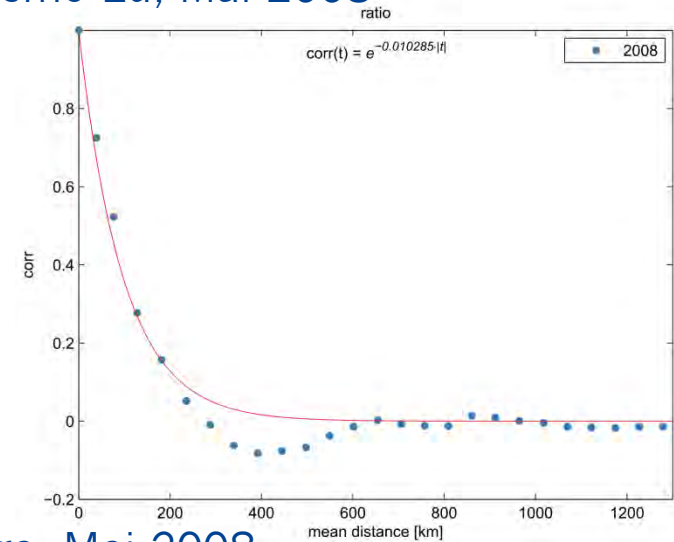


## Korrelationsfunktionen mit Referenz: E-Obs

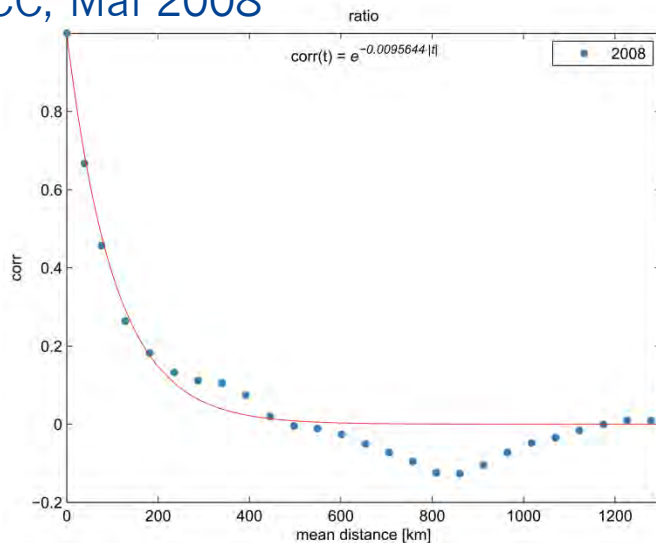
(a) Era-Interim, Mai 2008



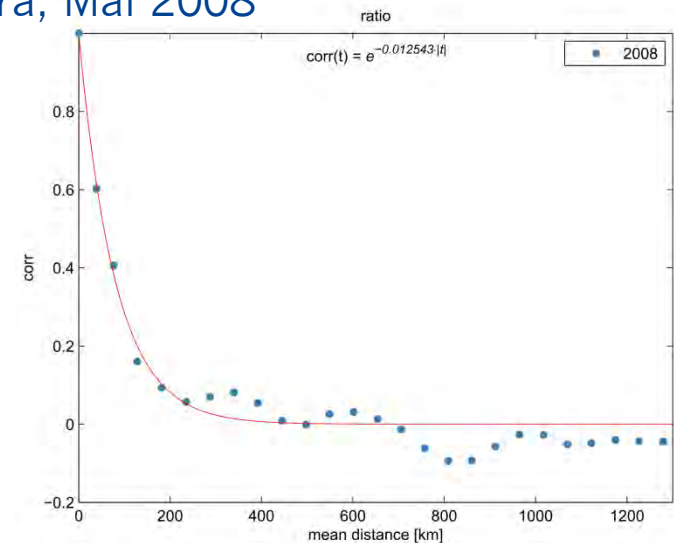
(b) Cosmo-Eu, Mai 2008



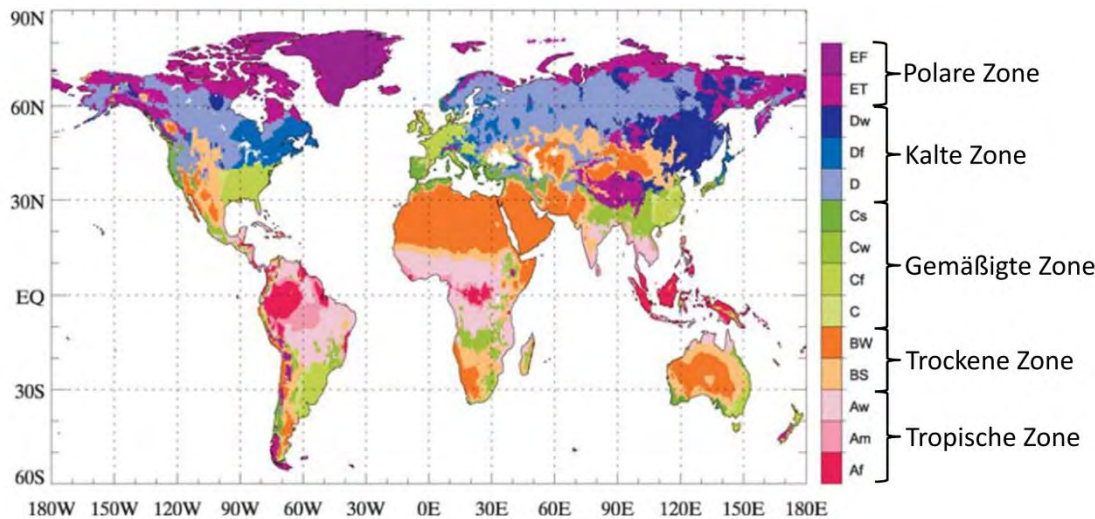
(c) GPCC, Mai 2008



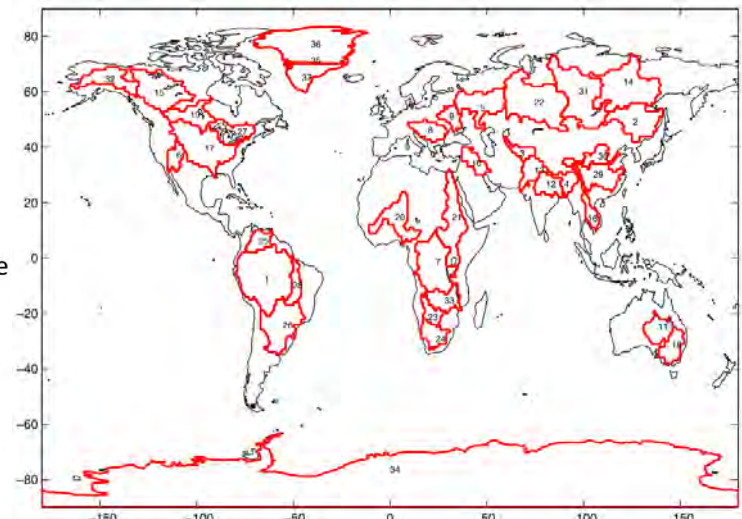
(d) Merra, Mai 2008



- Anwendung der entwickelten Fehlermodelle auf die größten Flusseinzugsgebiete der Welt
- Gruppierung der abgeleiteten Fehlermodelle möglich?
  - Klimazonen
  - Saisonales Verhalten



[Guentner et al. (2007)]



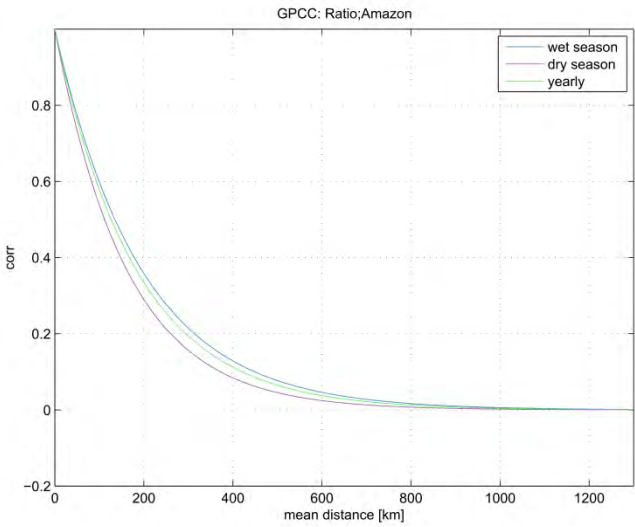
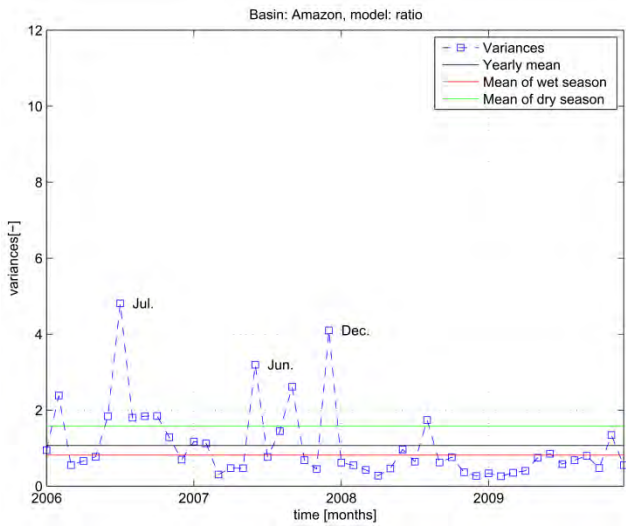
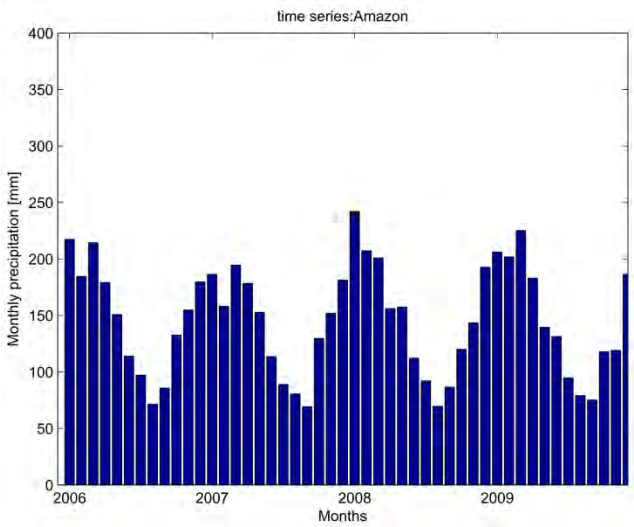
[Llovel et al. (2010)]

Beispielhaft sind Ergebnisse für jede Klimazone dargestellt (GPCC-Daten)

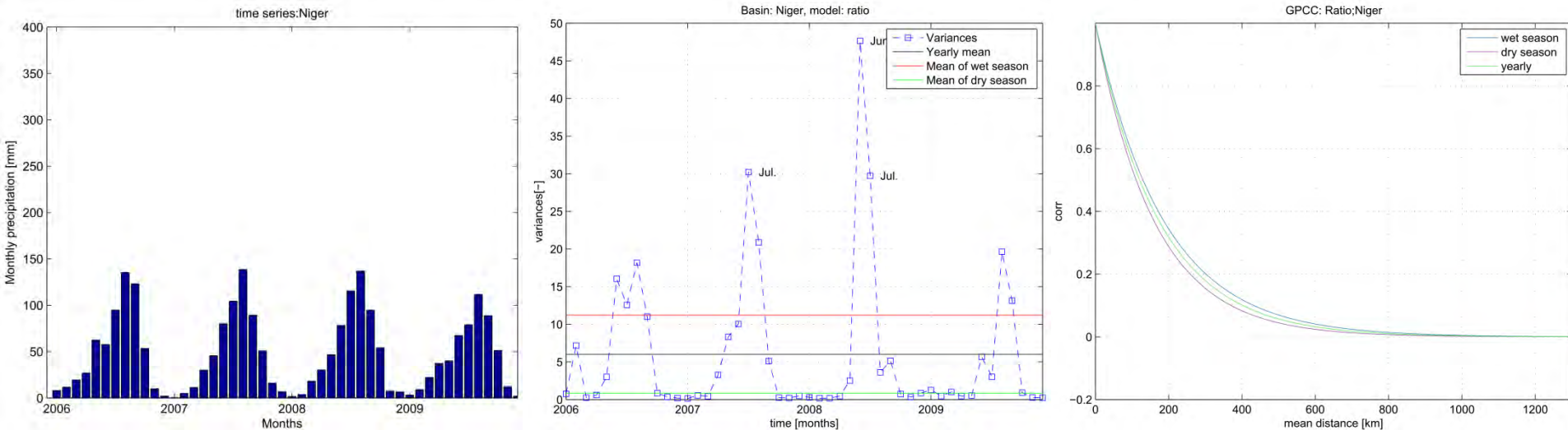
1. Zeitreihe des Niederschlags,
2. Zeitreihe der Varianzen,
3. Jährliche und saisonale Korrelationsfunktionen



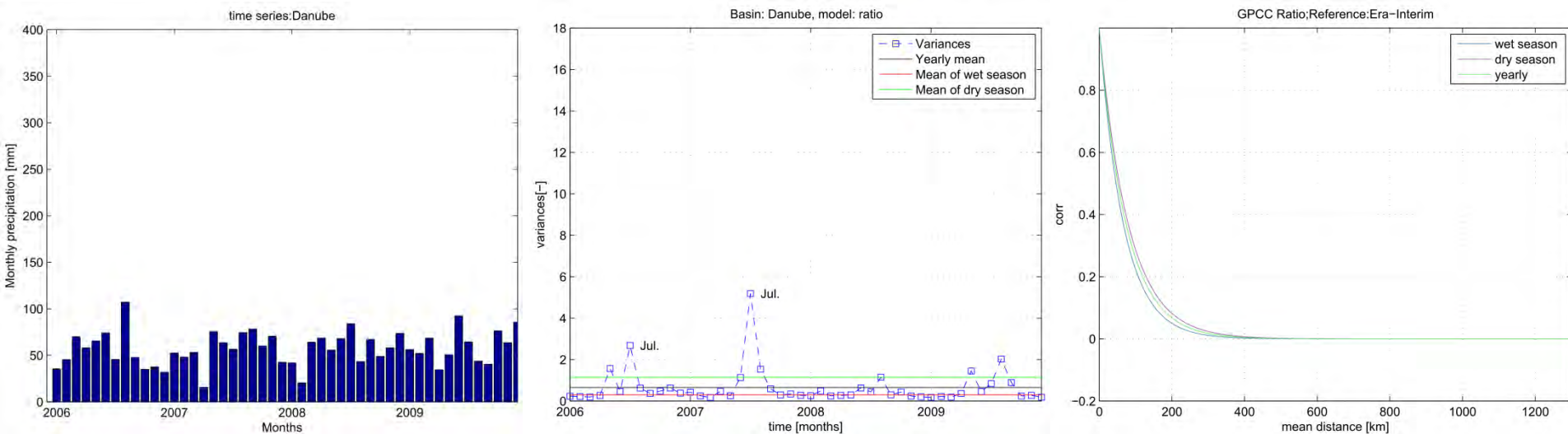
• Tropische Zone: Amazonas → Referenz: Era-Interim



- Trockene Zone: Niger → Referenz: Era-Interim

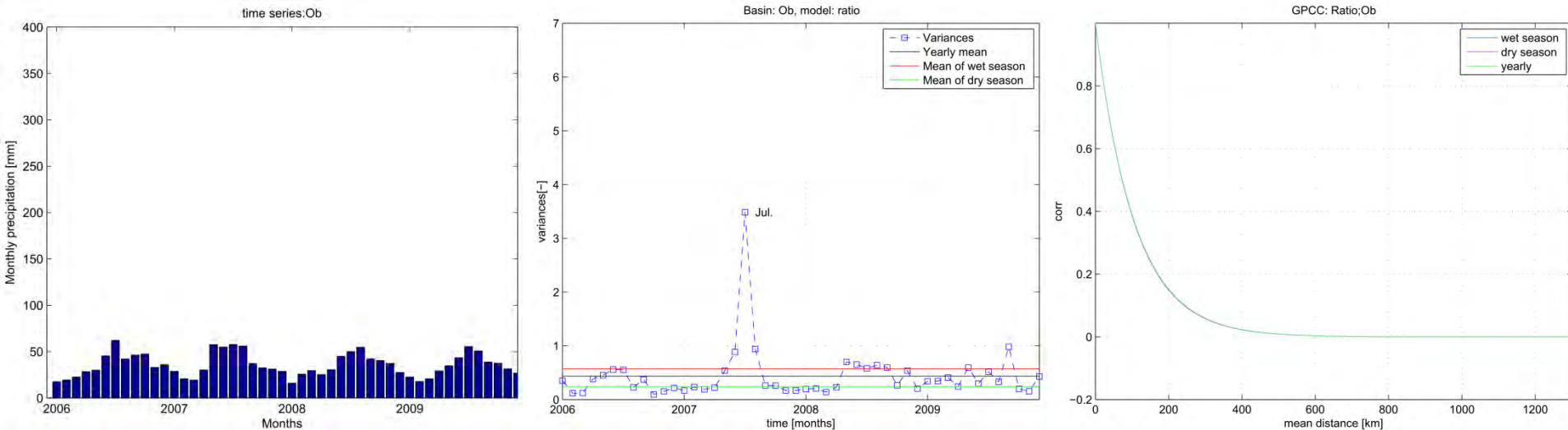


- Gemäßigte Zone: Donau → Referenz: E-Obs

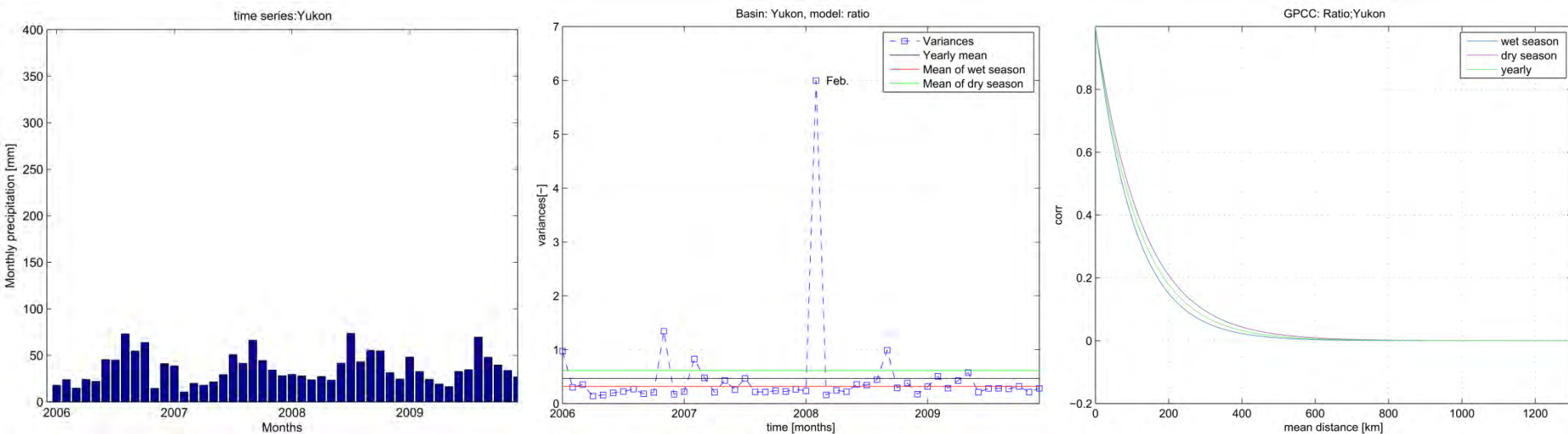




- Kalte Zone: Ob → Referenz: Era-Interim



- Polare Zone: Yukon → Referenz: Era-Interim



## Varianzen:

- Zwischen 0,4 und 2,7 (8,1)
- Kalte und Polare Zone: stabil über die Jahre
- Übrige Zonen: saisonale Schwankungen  
    → Unterscheidung in trockenen und feuchten Zeitraum

## Korrelationslängen:

- Bei 30% von Gesamtvarianz
- Zwischen 160 bis 220 km
- Kalte und Polare Zone: stabil über die Jahre
- Übrige Zonen: saisonale Schwankungen

- ➔ Unterscheidung und Gruppierung nach Klimazonen möglich
- ➔ Für Kalte und Polare Zone genügt ein Fehlermodell
- ➔ Saisonales Verhalten in vielen Fällen vorhanden
- ➔ Zukünftig: Untersuchung des Einflusses verschiedener Fehlermodelle auf das Ergebnis der Assimilation



- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

- P. Doell und K.Fiedler. **Global-scale of modeling groundmodel recharge**. In *Hydrology and Earth System Sciences*, 2008
- P. Doell, F. Kaspar und B. Lehner. **A global hydrological model for deriving water availability indicators: model tuning and validation**. In *Journal of Hydrology*, 2003
- Eicker A., M. Schumacher, J. Kusche, P. Döll and H. Müller Schmied (2014, accepted): **Calibration/data assimilation approach for integrating GRACE data into the WaterGAP Global Hydrology Model (WGHM) using an ensemble Kalman Filter - First results**, In *Surveys in Geophysics*
- A. Guentner, J. Stuck, S. Werth, P. Doell, K. Verzano und B. Merz. **A global analysis of temporal and spatial variations in continental water storage**. In *Water Resources Research*, vol. 43, 2007
- W. Llovel, M. Becker, A. Cazenave, J-F. Cretaux und G. Ramilien. **Global land water storage change from GRACE over 2002 – 2009 inference on sea level**. In *Comptes Rendus Geosci*, 2010
- Schumacher, M. (2012): **Assimilation of GRACE data into a hydrological model using an ensemble Kalman Filter**. Masterthesis, University of Bonn
- Schumacher M., A. Eicker, J. Kusche, H. Müller Schmied, and P. Döll (2014, accepted): **Covariance analysis and sensitivity studies for GRACE assimilation into WGHM**, In *IAG Sci. Ass. Proc.*, Potsdam, 2013
- Springer A., J. Kusche, K. Hartung, C. Ohlwein, L.Longueuevergne (2014): **New Estimates of Variations in Water Flux and Storage over Europe Based on Regional (Re)Analyses and Multisensor Observations**. In *Journal of Hydrometeorology*, doi: 10.1175/JHM-D-14-0050.1
- Y. Tian, G. J. Huffman, R. F. Adler, L. Tang, M. Sapiano, V. Maggioni und H. Wu. **Modeling errors in daily precipitation measurements: Additive or multiplicative?** In *Geophysical Research*, vol. 40, 2013
- **Astrium (2014)**, online unter: <http://www.space-airbusds.com/de/nachrichten/satelliten-geburtstage-im-maerz.html>, letzter Zugriff am 11.09.2014, 10:11 Uhr