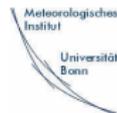


Untersuchungen zum Nachweis und zur Zuordnung von Klimaänderungssignalen

Helge Weinert, Andreas Hense

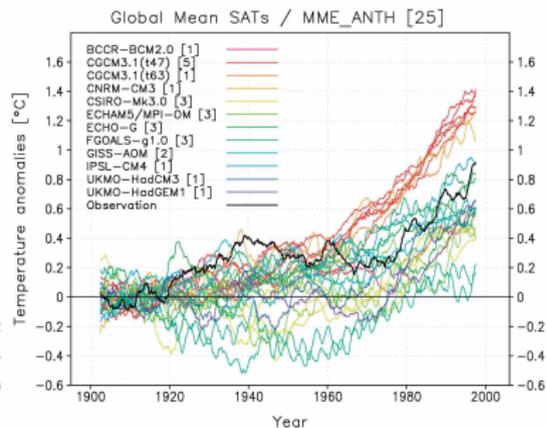
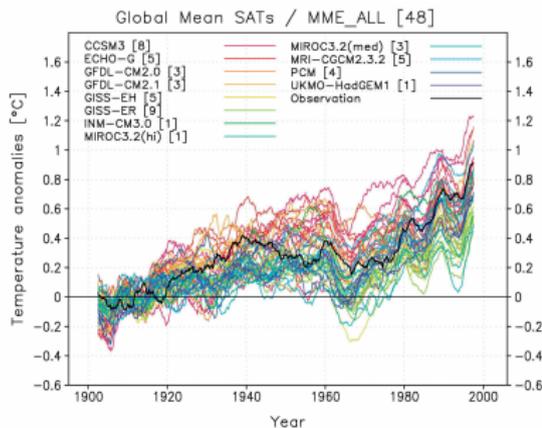
September 20, 2015



Motivation

- Nachweis und Zuordnung von Klimaänderungen ("detection and attribution") nicht mehr notwendig?
- Offenen Fragen (IPCC AR5 Bericht WG1): Regionale Änderungen, Änderungen in Extremen, Zeitdauer bis zu nachweisbaren Klimaänderungen, Zusammenhängen zwischen unterschiedlichen Klimavariablen z.B. Temperatur und Wind
- Weiterentwicklung von Methoden: nichtsinguläre Matrizen, ensemble kernel dressing für multimodel ensemble, Bayesverfahren vs Fingerprint
- Anwendung bei anderen Fragestellungen: Luftreinhaltmaßnahmen, Landnutzungsänderungen

Das Problem



Theorie, Notation und Definition

- S_i Szenario für das 20.te Jahrhundert: ANTH, FULL and PIC
- o Vektor der Beobachtungen in Raum und Zeit
- f Modellzustandsvektor in Raum und Zeit
- $[o, f]$ die gemeinsame Wahrscheinlichkeitsdichte von Beobachtung und Modellzustand
- $[S_i]$ Wahrscheinlichkeit für das Szenario $i, i = 0, 2, i = 0$ ist PIC
- $[o|f]$ likelihood der Beobachtungen **gegeben** den Modellzustand

Theory cont.

- 1 Ziel ist die Auswertung der posterior Wahrscheinlichkeit $[S_i|o]$
- 2 Entscheide für S_j wenn $[S_j|o] > [S_i|o]$ für alle $i = 0, N$ und $i \neq j$

Wir nutzen den log Bayes-Faktor (scoring Regel für die Verifikation von Wettervorhersagen!)

$$\log(B_{i0}) = \log\left(\frac{[S_i|d]}{[S_0|d]} \frac{[S_0]}{[S_i]}\right)$$

Optimal fingerprinting und Bayes Entscheidung gemeinsam
prior pdf:

$$[f|\mu_i, \Sigma_f, S_i] = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^q |\Sigma_f|}} \exp\left(-\frac{1}{2}(f - \mu_i)\Sigma_f^{-1}(f - \mu_i)\right)$$

likelihood

$$[o|P(\beta), f, \Sigma_\epsilon] = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^r |\Sigma_\epsilon|}} \exp\left(-\frac{1}{2}(o - P(\beta)f)\Sigma_\epsilon^{-1}(o - P(\beta)f)\right)$$

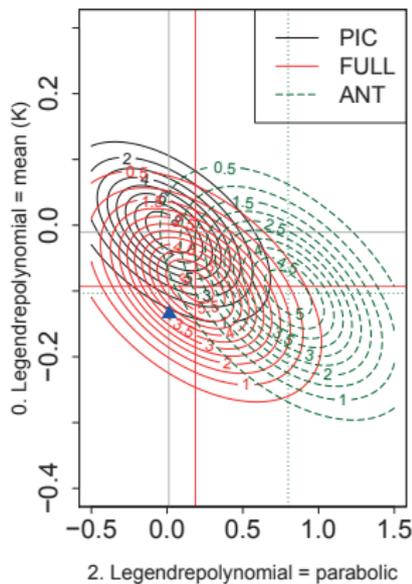
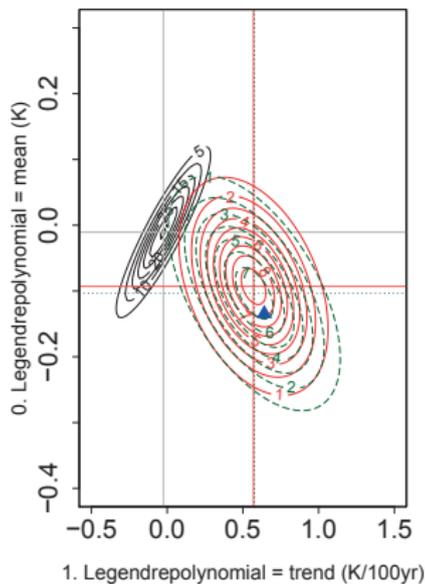
Posterior

$$[\mu_i|P(\beta), o] = \frac{1}{[o]} \int [o|P(\beta), f, \Sigma_\epsilon][f|\mu_i, \Sigma_f] df$$

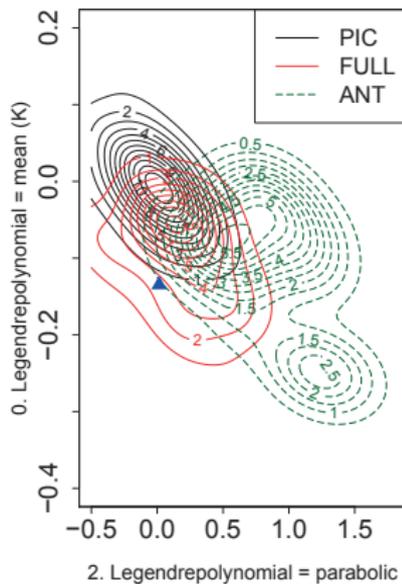
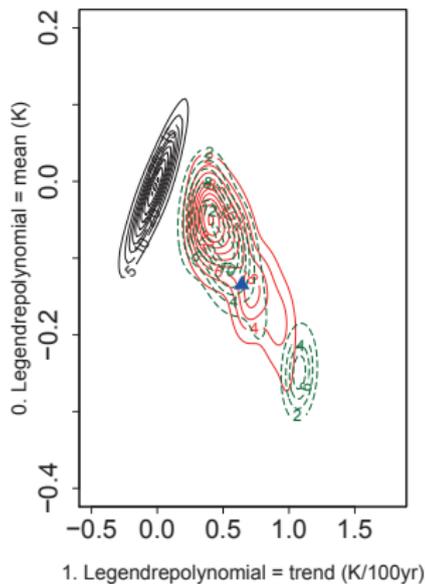
mit β durch

$$[\mu_i|P(\beta), o] \stackrel{!}{=} \text{Max}$$

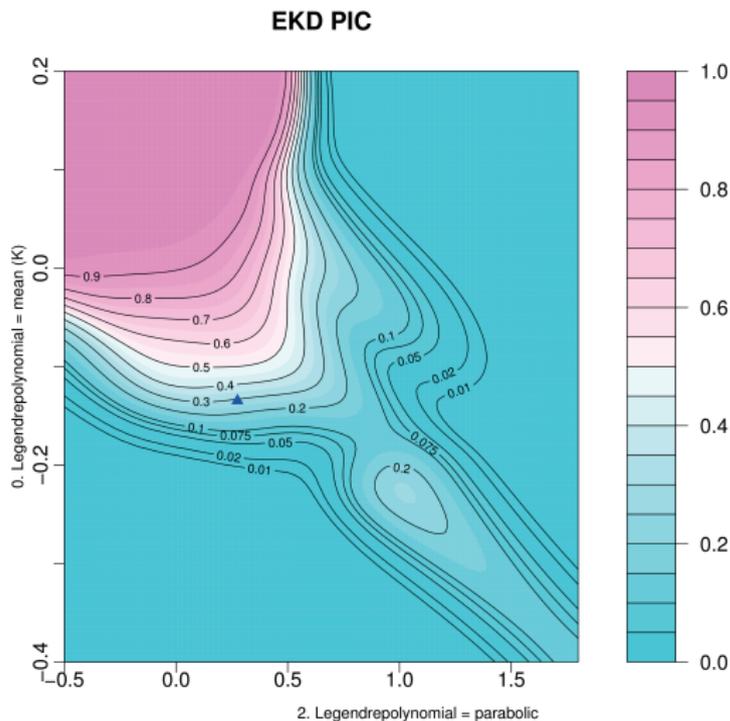
2-dim likelihood Funktionen (Bestimmen den Bayes Faktor) Gauss-pdf



2-dim likelihood Funktionen (Bestimmen den Bayes Faktor) EKD-pdf

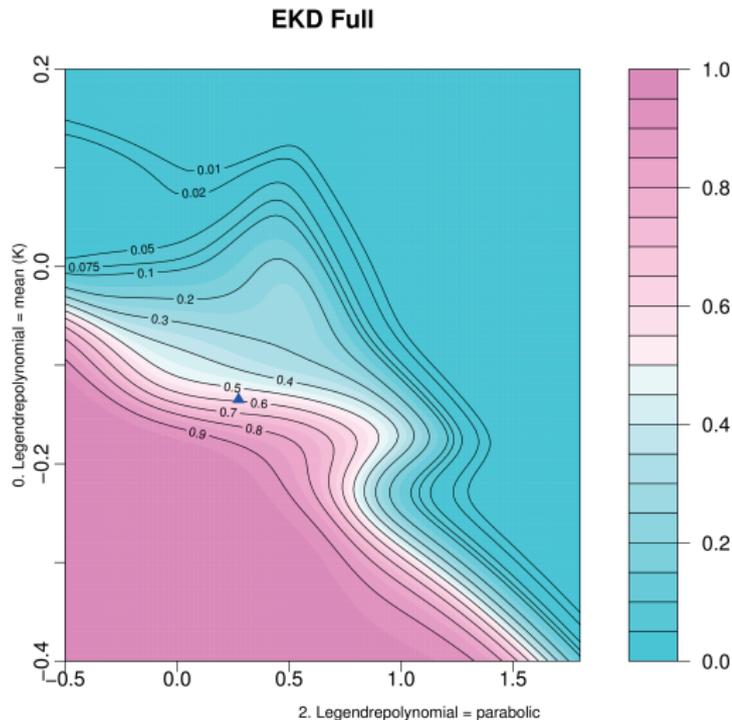


Die posterior Entscheidungswahrscheinlichkeiten: EKD LP0-LP2

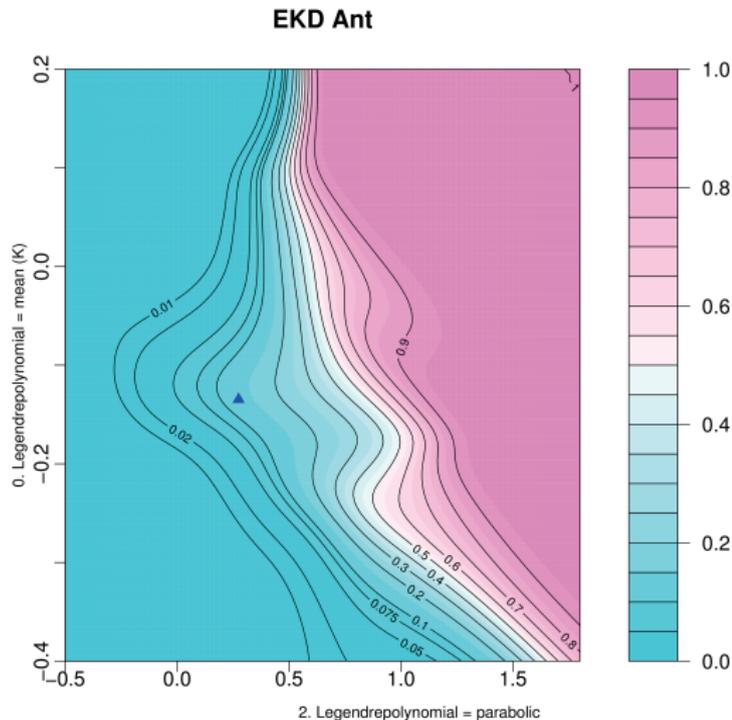


für PIC

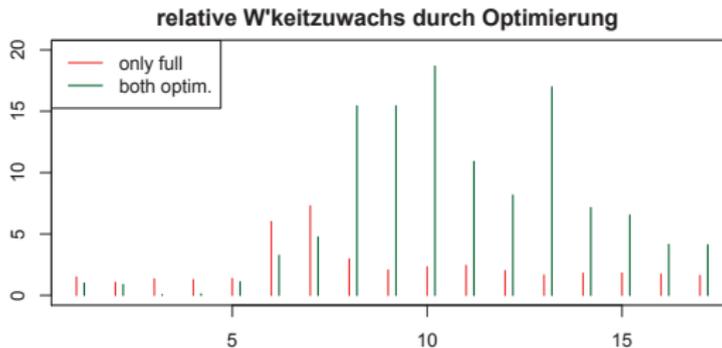
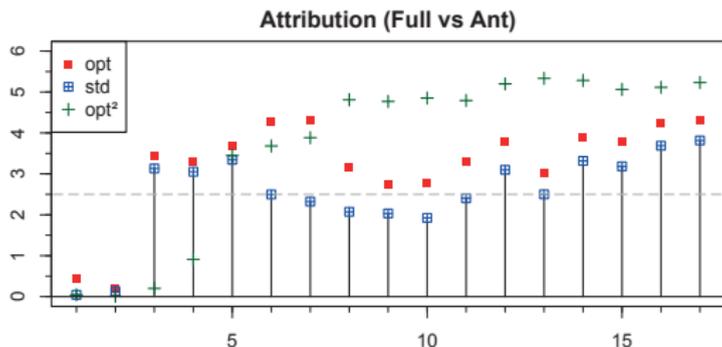
Die posterior Entscheidungswahrscheinlichkeiten: EKD LP0-LP2 für FULL



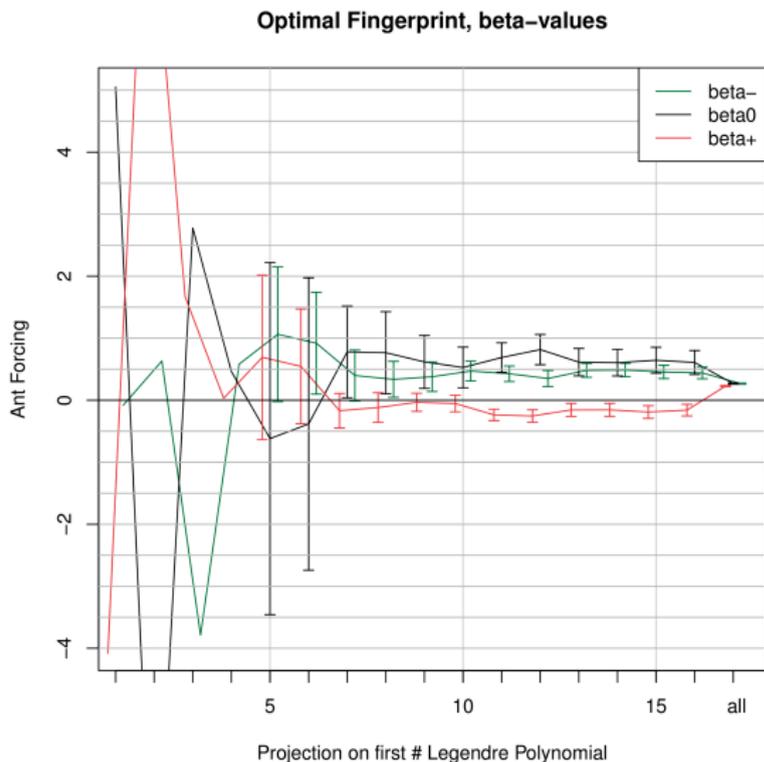
Die posterior Entscheidungswahrscheinlichkeiten: EKD LP0-LP2 für ANTH



Mit $P(\beta) = \beta_0 \mathbf{I} + \beta_- \mathcal{D}_- + \beta_+ \mathcal{D}_+$: Optimierung der posterior



Mit $P(\beta) = \beta_0 \mathcal{I} + \beta_- \mathcal{D}_- + \beta_+ \mathcal{D}_+$: Optimierung der posterior



Zusammenfassung

Nachweis und Zuordnung von Klimaänderungen

- Theoretisch weiterentwickelt: Bayes und optimal fingerprinting (klassische und Totalvarianzversion) gemeinsam
- Methodisch weiterentwickelt: Kovarianzmatrizen und Wahrscheinlichkeitsdichten
- Anwendung auf CMIP5 Daten und Raum-Zeitliche Veränderlichkeit bodennahe Temperatur
- 3-dim Veränderlichkeit und Verwendung von Reanalysen