

Statistische Modellierung von Niederschlagsdaten und ihre Anwendung auf die Extremwertstatistik in verschiedenen räumlichen und zeitlichen Skalen

B. Stockhausen, A. Hense, S. Trömel

22. September 2015
Meteorologisches Institut, Universität Bonn

Inhalt

Motivation

Mathematischer Ansatz

Extrema

Plots Deutschland

Räumliche Aggregation

Resumee

Motivation meiner Arbeit

Klimawandel ist nicht nur Temperaturerhöhung ...

→ Niederschlag als trendbehaftete Wahrscheinlichkeitsfunktion und Markovkette beschreiben

... um aus bisher Geschehenem zukünftige Entwicklung abzuschätzen

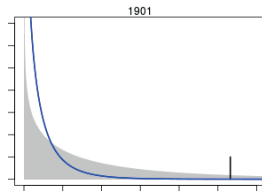
Mathematischer Ansatz

- Weibull pdf zur Analyse täglicher Summen:

$$f(x) = \frac{b}{a} \left(\frac{x}{a}\right)^{b-1} \exp\left(-\left(\frac{x}{a}\right)^b\right) \quad \text{für } x > 0$$

- a und b sind zeitlich variant:

- a, b: linearer Trend + Jahresgang ($T=1a$)
- a: Jahresgang ($T=\frac{1}{i}a$, $i=1, \dots, 6$)
 - + Niederfrequenzen (t^i , $i=1, \dots, 5$)
 - + Trend der Jahresamplitude
($c_i \cdot t \cdot \sin(2 \cdot i \cdot \pi \cdot t)$, $i=1, \dots, 6$)



- Residuen werden χ^2 getestet

(Trömel 2004)

Problem: Kein Niederschlag!

... bei täglichen Summen ständig ...

... in Weibullverteilung nicht analysiert ...

Lösung:

- ganze Zeitreihe in 0-1 konvertieren
(Schwellwert 0.2mm täglich)
- logistische Regression (ähnlich Parameter a)
- Zerlegung als Markov-Kette; Ordnung $n=1,\dots,6$

Problem: Unpassend extreme Ereignisse!

... Jahrtausendereignis in 100a Zeitreihe verzerrt Trends ...

Lösung:

- Poisson-Test: $p(0, n, p_{pdf}) = \exp(-n \cdot p_{pdf})$
- wenn $p > 90\% \rightarrow$ unpassend, für pdf abgelehnt
 \rightarrow getrennt analysiert

(Trömel 2004)

Extrema

- Trends in Summen und Extrema nicht gleich
- analysiert werden (Jahres-)Blockmaxima mit generalisierter Extremwertverteilung (GEV):

$$f(x) = \frac{1}{b} \left(1 + \frac{\xi(x-a)}{b}\right)^{-1-\frac{1}{\xi}} \exp\left(-\left(1 + \frac{\xi(x-a)}{b}\right)^{-\frac{1}{\xi}}\right)$$

- a, b, ξ haben linearen Trend
→ visuell kombiniert in Wiederkehrwerten

$$RV_n = F_x^{-1}\left(1 - \frac{1}{n}\right) \quad \text{für } n \text{ Jahre}$$

(Coles 2001)

Als Ergebnis bleiben zeitlich variable:

- Wahrscheinlichkeiten der Über-/Unterschreitung von Grenzwerten/Quantilen
- Niederschlagseintrittswahrscheinlichkeiten
- Wiederkehrwerte von Extremereignissen

(jeweils pro Station und für bestimmte Gebiete aggregiert)

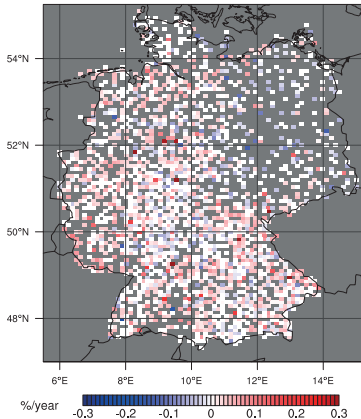
Plots Deutschland

Daten:

- Stationen DWD (≈ 5700 , Tagessummen)
- Stationen ECA&D (≈ 5300 , Tagessummen)

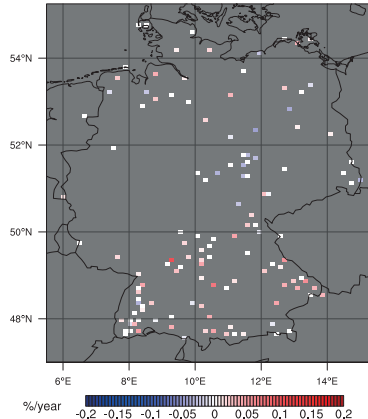
Trend Überschreitungswahrscheinlichkeit 95% Quantil

Trend of overshoot probability of the 95%-quantile



1946-2009

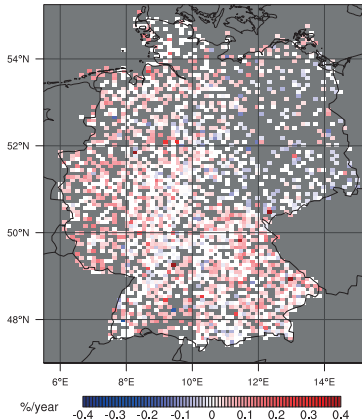
Trend of overshoot prob. of the 95%-quantile



1901-2010

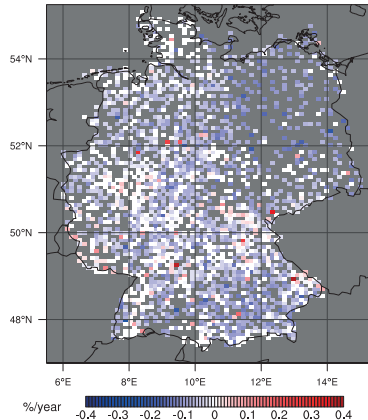
Trend Überschreitungswahrscheinlichkeit 95% Quantil

Trend of the overshoot-prob. of the 95%-q., DJF



Winter

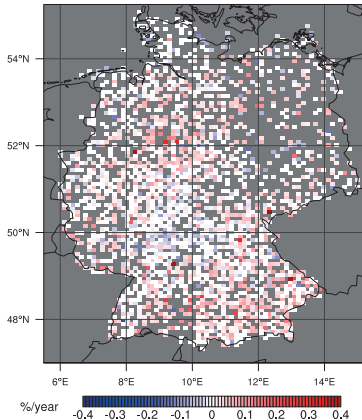
Trend of the overshoot-prob. of the 95%-q., MAM



Frühling

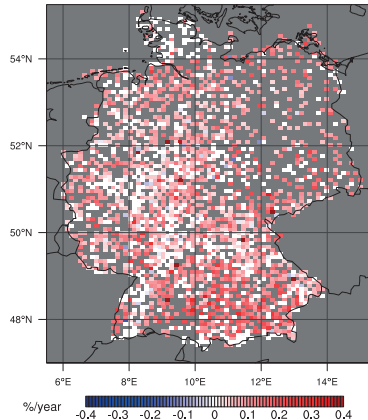
Trend Überschreitungswahrscheinlichkeit 95% Quantil

Trend of the overshoot-prob. of the 95%-q., JJA



Sommer

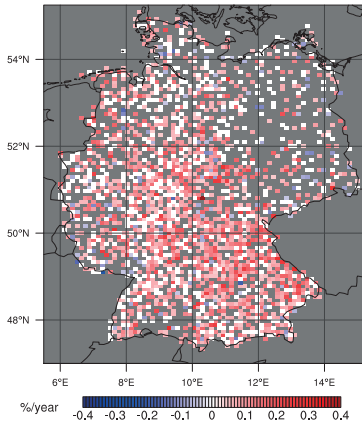
Trend of the overshoot-prob. of the 95%-q., SON



Herbst

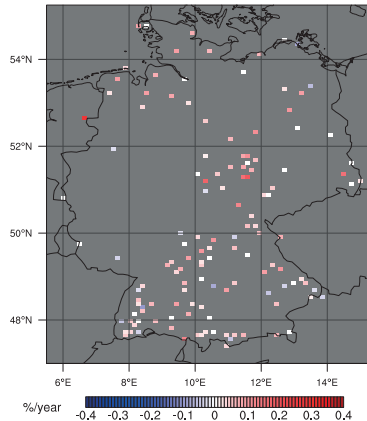
Trend der Eintrittswahrscheinlichkeit

Linear trend of the prob. of precip.-day



1946-2009

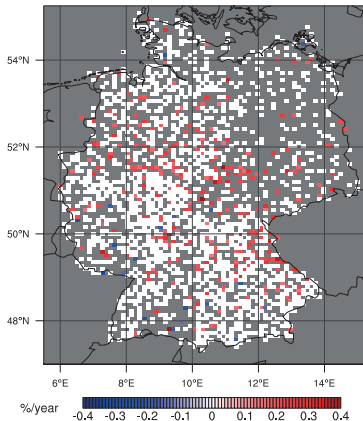
Linear trend of the prob. of precip.-day



1901-2010

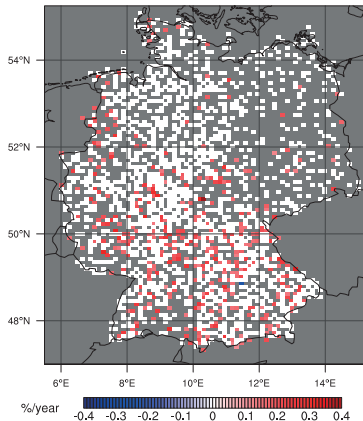
Trend der Eintrittswahrscheinlichkeit

Linear trend of the prob. of precip.-day, DJF



Winter

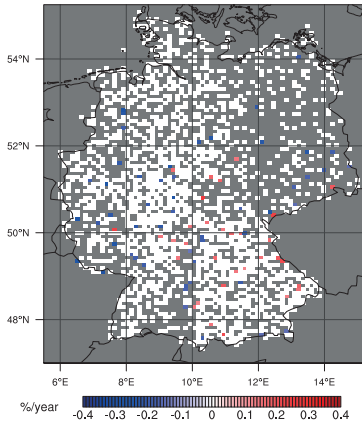
Linear trend of the prob. of precip.-day, MAM



Frühling

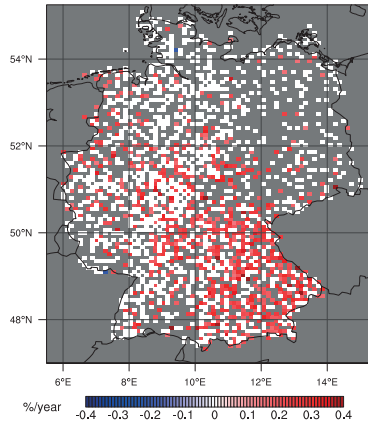
Trend der Eintrittswahrscheinlichkeit

Linear trend of the prob. of precip.-day, JJA



Sommer

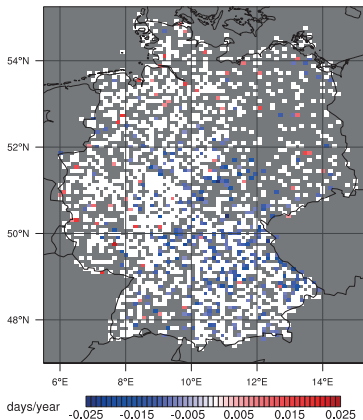
Linear trend of the prob. of precip.-day, SON



Herbst

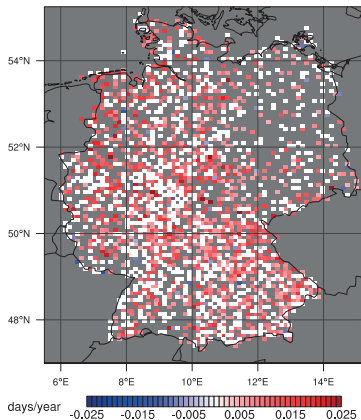
Trend der Dauer von Trocken- und Nassphasen

Trend of duration of dry-periods



Trocken

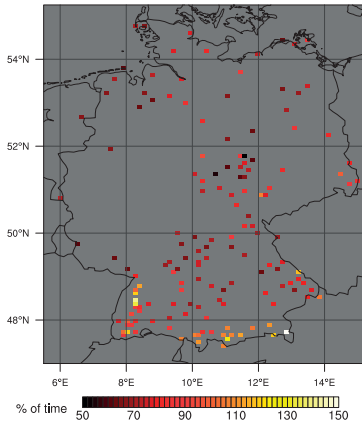
Trend of duration of wet-periods



Niederschlag

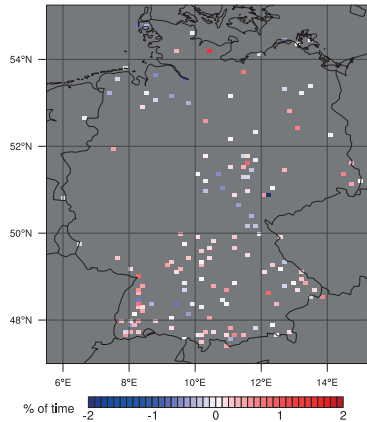
Extrema Wiederkehrwerte der jährlichen Maxima

50a return-value



50a-WKW

Linear trend of 50a return value GEV



Trend 50a-WKW

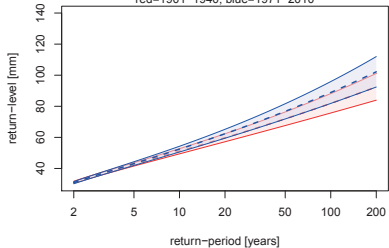
Trends bei räumlicher Aggregation

- bedingt durch mehr Daten \rightarrow 2 Möglichkeiten:
 - wie zuvor: zeitlich variable Parameter aus den Extrema schätzen und Wiederkehrwerte errechnen
 - stationäre GEV-Analyse von frühen und späten Jahren
 - \rightarrow Wiederkehrwerte vergleichen (Thiele-Eich 2015)
 - das erste scheint genauer (gibt Zahlenwerte) ...
 - ... hat aber große Fehlerfortpflanzung
- \rightarrow Beide nutzen und vergleichen

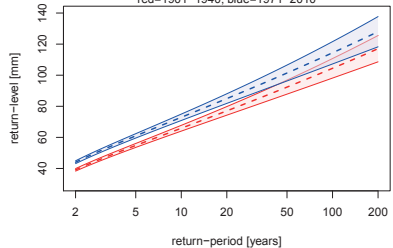
es folgen (Ab-)Flussgebiete ...

Stationäre Analyse, Elbe

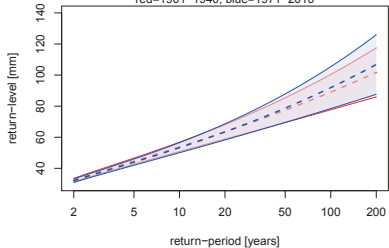
red=1901-1940, blue=1971-2010

**Stationäre Analyse, Rhein**

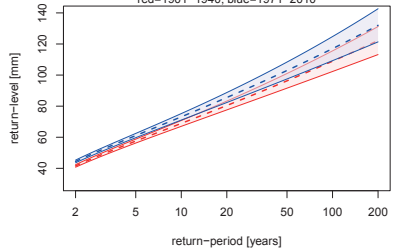
red=1901-1940, blue=1971-2010

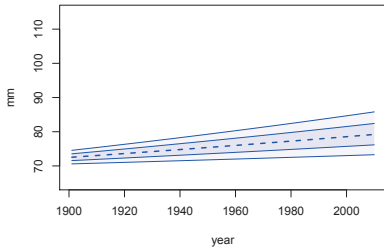
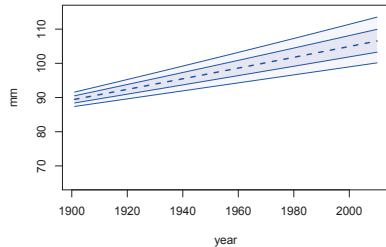
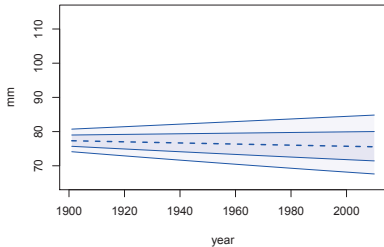
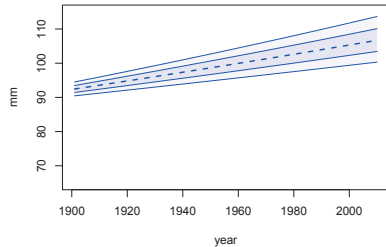
**Stationäre Analyse, Weser**

red=1901-1940, blue=1971-2010

**Stationäre Analyse, Donau**

red=1901-1940, blue=1971-2010



Verlauf 50a-WiederkehrwertElbe**Verlauf 50a-WiederkehrwertRhein****Verlauf 50a-WiederkehrwertWeser****Verlauf 50a-WiederkehrwertDonau**

Resume

- Niederschläge halten länger an, überschreiten Grenzwerte häufiger, Extrema werden stärker
- saisonale Veränderungen jedoch deutlich größer



**Der klimatische Wandel des Jahres-
durchschnitts ist nicht das Problem**

Quellen

- MacDonald, I. L. + Zucchini, W. (1997): Hidden Markov and other models for discrete-valued time series. Monographs on Statistics and Applied Probability 70, Chapman & Hall/CRC
- Bronstein, I. N. (2008): Taschenbuch der Mathematik. Verlag Harri Deutsch. S.826 f., 830 ff.
- Coles (2001), An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values. London. S. 47ff., 74ff.
- Trömel, S. (2004): Statistische Modellierung von Klimazeitreihen. Dissertation, Universität Frankfurt/Main.
- Thiele-Eich, I. (2015) Trends in Water Level and Flooding in Dhaka, Bangladesh and Their Impact on Mortality.

