

# Statistische Abschätzung zukünftiger Starkregen und Starkwindereignisse in Hessen

**A. Spekat** und W. Enke

Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH

Fachtagung Klimawandel, 11. Juni 2015, Wiesbaden-Biebrich

## Vortragsschwerpunkte

- Motivation
- Begriffsbildung: Klima und Klimawandel
- Begriffsbildung: Mittelzustand und Extreme oder: was Sie schon immer über Extreme wissen wollten
- Fazit: Wo stehen wir?

Im Grunde geht es um das hier

- In Karl Valentin's Worten:

- Hoffentlich wird es nicht so schlimm, wie es jetzt schon ist

## Ergebnisse einer INKLIM Studie, 2013–15

- Extreme und ihre Entwicklung in einem zukünftigen Klima sind von zentraler Bedeutung
  - Klima-Anpassung
  - Zivilschutz
  - Infrastruktur
  - Wirtschaft
  - Tourismus
- ...
- Hohes Schadenspotenzial

## Ergebnisse einer INKLIM Studie, 2013–15

- Ermittelt mit einem statistischen Verfahren
- Auf die Klassifikation von Extremzuständen optimierten
- Zukunftsaussagen unter Verwendung von ECHAM5 Lauf 1, Szenario A1B
  - Starkregen Sommer: Leichter Rückgang
  - Starkregen Winter: Leichte Zunahme
  - Starkwind Sommer: Leichter Rückgang
  - Starkwind Winter: Zunahme
  - Gewittertage Sommer: Uneinheitliches Entwicklungsbild

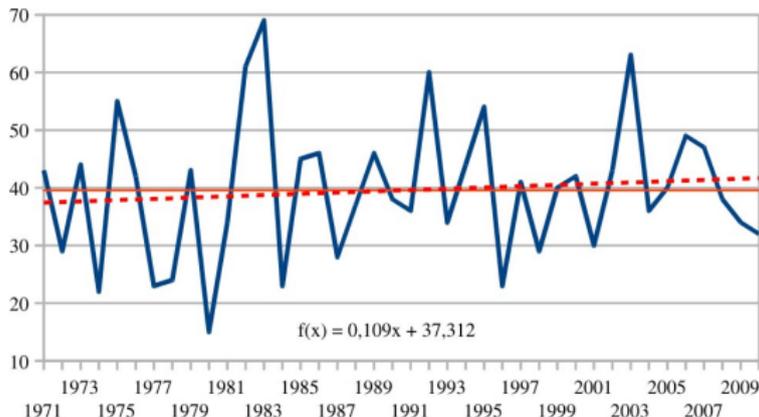


## Aber zufrieden macht das nicht

- Häufige Situation:
  - Ergebnisse werden produziert und vorgestellt
  - Ergebnisse müssen von anderen „verdaut“ und umgesetzt werden
- Informationsverarbeitung auf der Nutzerseite:
  - Nutzerspezifisches Vorwissen
  - Nicht immer einleuchtende „Beipackzettel“ der Modelleure
- Darum: Halben Schritt zurück gehen und sich mit der Tücke des Objekts **EXTREME** befassen
- Auf dem Weg dorthin: Tücken des Wetter-/Klimabegriffs
- Unterschiedliche Philosophien für *Mittelwerte* und *Extreme*
- Selbstverständliches ist nur scheinbar selbstverständlich

## Klima und Wetter

- **Erste Tücke:** Wetter ist das, was wir (täglich) erwarten – Klima ist das was wir (im Mittel) bekommen
- Klima als Konstante? Nun ja, stark idealisiert... Bild: Zahl der Sommertage in Dresden seit 1971
- Erkennbare Trendentwicklung im „konstanten“ Klima und munteres Schwanken mit gelegentlichen Extremen



# Klimawandel

- **Zweite Tücke:** Das Wesen des Klimawandels
- Problem: Unsere Erwartungshaltung
- **Klima kann NICHT *vorhergesagt* werden**
- Was wir statt dessen bekommen: **Projektionen** eines zukünftigen Klimas, unter Annahme von **Treibhausgas-Szenarios**
- Örtliche Genauigkeit: Regionale Modelle haben zwar inzwischen Gitterweiten in der Größenordnung von  $\sim 10$  km
- Aber: Notwendigkeit der Mittelung über mehrere Nachbarpunkte – *und damit ist ein Teil der schönen Auflösung dahin*
- Zeitliche Genauigkeit: Langzeitentwicklungen in der Größenordnung Jahrzehnte [Plural!] werden relativ gut beschrieben, kürzere Zeitskalen mit geringerer Belastbarkeit.

## Wesen von Mittelwert und Extrem

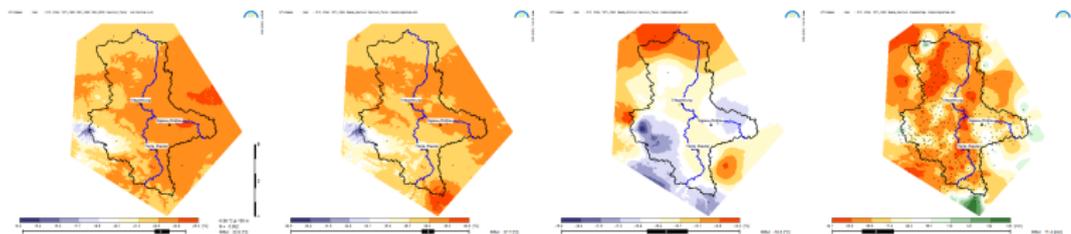
- **Dritte Tücke:** Was ein Mittelwert ist, wissen wir recht genau – aber was ist mit dem Wesen und der „Vorhersagbarkeit“ von Extremen?
- **Fokus auf Repräsentativität**
- Beschreibung des Klimamittels als Durchschnittswert für einen Zeitabschnitt
- Idealisierte Annahme, da auch im Klima der Gegenwart strenges Gleichbleiben nicht immer gegeben
- 30 Jahre Mittelungszeitraum sind ein akzeptabler Kompromiss, weltweit etabliert mit „Segen“ der Weltwetterorganisation

## Extreme im Klima

- Verschiedene Betrachtungsweisen
  - Auftretende Höchstwerte
  - Extremindikatoren (Kenntage, abgeleitete Größen)
- Wichtige Zusatzgröße: „Grad der Extremität“ – wie extrem hätten Sie's denn gern? Beispiel Temperatur
  - Mittlere Jahrestemperatur (gar nicht extrem)
  - Mittlere Höchsttemperatur im Sommer (ein bisschen extrem...)
  - Absolute Maximumtemperatur von 30 Jahren (extremer geht's nimmer)
  - Dazwischen gibt es viele Schattierungen
- Falls Sie sich wundern: In den nachfolgenden Karten sieht Hessen seltsam aus – sehr viel instruktives Material von einer Sachsen-Anhalt Klimastudie

## Beispiele für Extreme

- Mittlere Tageshöchsttemperatur im Sommer
- Maximale/minimale Tageshöchsttemperatur Jahr
- Maximaler **Tagesniederschlag**, Jahr, 1971–2000



(a) TX Sommer  
14,0 ... 25,0°C  
Mittel: 23°C

(b) TX<sub>+</sub> Jahr  
29,0 ... 40,5°C  
Mittel: 38°C

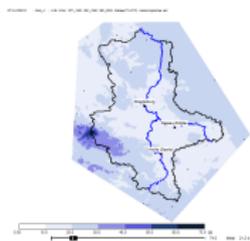
(c) TX<sub>-</sub> Jahr  
-19... -14°C  
Mittel: -16°C

(d) RR<sub>+</sub> Jahr  
45... 140 mm  
Mittel: 70 mm

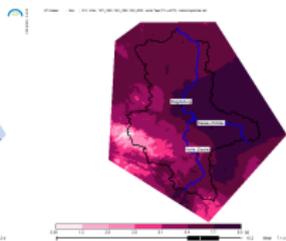
Aus einer Sachsen-Anhalt-Studie von 2012, wie auch die nachfolgenden Kartendarstellungen

## Extremindikatoren

- Eistage (Dauerfrost); Heiße Tage (über 30° warm), Zeitraum 1971–2000
- **Weitere Stolperfalle:** Wir sehen eine Karte ⇒ Annahme, dass an jedem Punkt ein Wert abzulesen ist
- Bei Extremeindikatoren gilt das streng nicht mehr! **Relativ gesicherte Werte nur an den Orten der Messstationen**



(a) Eistage  
10 ... 75 Tage  
Mittel: 20 Tage



(b) Heiße Tage  
0 ... 10 Tage  
Mittel: 7 Tage

## Extreme im Klima

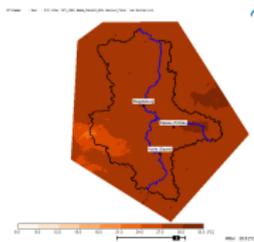
- Bisher gezeigt: *Definition mit fester Schwelle*
- Alternativer Ansatz: *Perzentile*
- Gewöhnungsbedürftiges, nachgerade tückisches Konzept
- Grundlage nicht mehr die Messreihen selber, sondern ihre Sortierung der Größe nach
- Grundfragestellung: Welcher Wert einer Klimavariablen wird von  $x\%$  der Messungen dargestellt, Beispiel 90-Perzentil
  - 90% aller Tage im Flachland haben eine Höchsttemperatur unter **25°C**
  - 90% aller Tage im Bergland haben eine Höchsttemperatur unter **17°C**

## Extreme im Klima

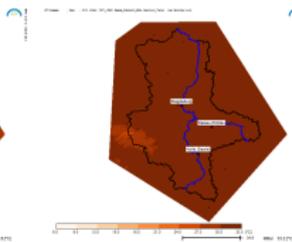
- Perzentile sind Maße für „Extremität“, gebräuchliche Schwellen: 90, 95, 99
- Zunehmende Seltenheit/Extremität von Ereignissen
- 5x pro Jahr? 1x pro Jahr? 1x pro 100 Jahre?
- **Tücke**: Übergang von gemessenen Werten zu Häufigkeiten und Wahrscheinlichkeiten
- Problematik der sehr seltenen Ereignisse: Beispiel Staubsturm als Auslöser von katastrophalen Verkehrsunfällen
- Schwierigkeiten, zu ermitteln, wie oft solche drastischen Ereignisse in der Gegenwart auftreten – von der Zukunft ganz zu schweigen...

## Extreme in der Gegenwart

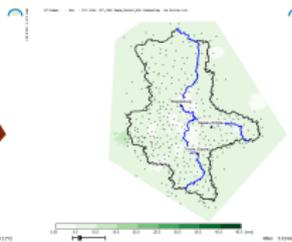
- Beispiele für Extreme in der Gegenwart: TX bzw. RR
- P90: 10% der Daten an der jeweiligen Station liegen über diesem Wert (36x pro Jahr)
- P99: 1% der Daten an der jeweiligen Station liegen über diesem Wert (4x pro Jahr)



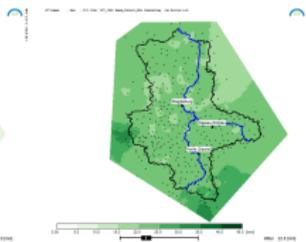
(a) TX Som P90  
21 ... 30°C  
Mittel: 29°C



(b) TX Som P99  
24 ... 35°C  
Mittel: 33°C



(c) RR Som P90  
4...12 mm  
Mittel: 6 mm



(d) RR Som P99  
15...35 mm  
Mittel: 22 mm

## Extreme im Klima der Zukunft

- Modellierung und Projektion eines zukünftigen Klimazustands
- Szenario-Annahmen
- Weitere Tücke
- Wenn sich eine Größe laut Klimaprojektion nach oben entwickelt, gilt das automatisch auch für die Extreme?
- Beispiel: Temperatur nimmt zu, wird auch jeder Winter wärmer?
- Beispiel: Sommer Niederschlag nimmt – lt. Projektion – ab, aber ist das eine **deutliche** Abnahme?
- Gleichnis vom gedopten Sportler

## Der gedopte Sportler

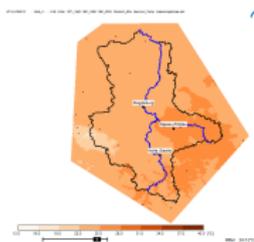
- Postulat: Ein Sportler nimmt in zunehmender Dosis Dopingmittel
- Welche „außergewöhnliche Leistung“ kommt durch die Einnahme des Mittels?
- Welche „außergewöhnliche Leistung“ entstand, weil er einen „guten Tag“ hatte?
- Auf das Klima übertragen: Ab wann können wir belastbar sagen, einen neuen Klimazustand und neue Extreme zu sehen?

# Messung von Änderungen

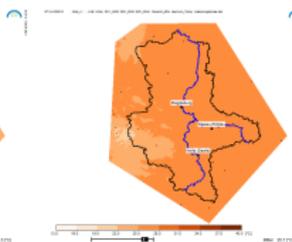
- Nachfolgende Beispiele sind zur Illustration des Problems
- **Wie kann ich Änderungen messen?**
- Bei Mittelwerten ist das relativ einfach: Vergleich des Mittels von der Klimasimulation 1971–2000 mit 2071–2100
- Bei Extremen müssen wir uns klar sein, dass unterschiedliche „Extremität“ zu unterschiedlichen Resultaten führen kann
- Hoffnung, Bewusstsein für die Tücken des Objekts Extreme zu erzeugen

## Extreme in der Zukunft

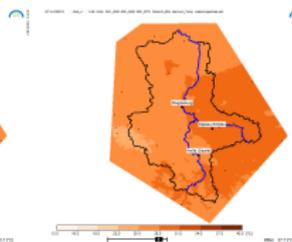
- TX, Jahr, welche Werte entsprechen dem P90 (36-mal/Jahr)?
- Leitbild: Was bei der Temperatur heute ungewöhnlich ist, wird in Zukunft zur Normalität
- Anmerkung: „Gegenwart“ heißt hier *Simulation des Gegenwartsklimas durch ein Klimamodell*



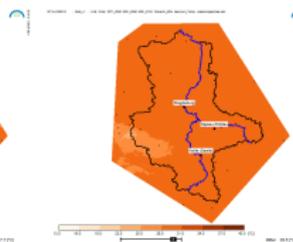
(a) 1971–2000  
17 ... 26°C  
Mittel: 24°C



(b) 2011–2041  
18 ... 27°C  
Mittel: 26°C



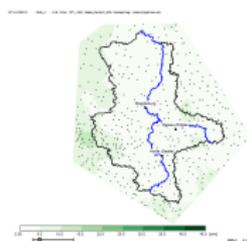
(c) 2041–2070  
21 ... 29°C  
Mittel: 28°C



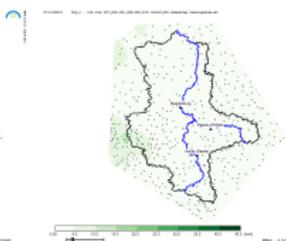
(d) 2071–2100  
22 ... 31°C  
Mittel: 30°C

## Extreme in der Zukunft

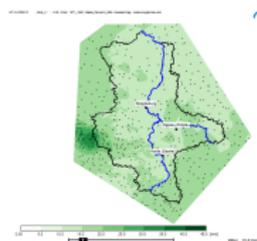
- Niederschlag, Jahr, welche Werte entsprechen P90 bzw. P99?
- P90: 36-mal pro Jahr; P99: 4-mal pro Jahr
- Leitbild: Das was wir als *selten* oder *sehr selten* bezeichnen, wird sich beim Niederschlag wenig ändern



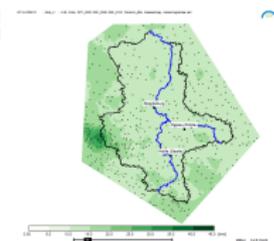
(a) P90 1971–00  
4 ... 14 mm  
Mittel: 5 mm



(b) 2071–2100  
3 ... 12 mm  
Mittel: 4 mm



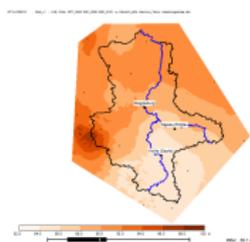
(c) P99 1971–00  
12 ... 37 mm  
Mittel: 16 mm



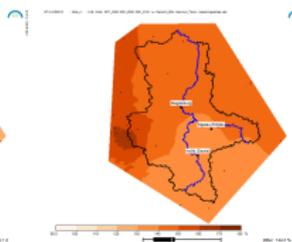
(d) 2071–2100  
11 ... 35 mm  
Mittel: 14 mm

## Der Ritterschlag: Änderungen bei den Extremen

- Weg: Bestimmen, welches Niveau TX *in der Gegenwart* hat
- Bestimmen, an wie vielen Tagen **in der Zukunft** – hier 2071–2100 – dieses Niveau über-/unterschritten wird, auch als %-Änderung (**100%: Verdoppelung!**)
- Zur Erinnerung: Beim P90 stehen uns 36 Tage zu...



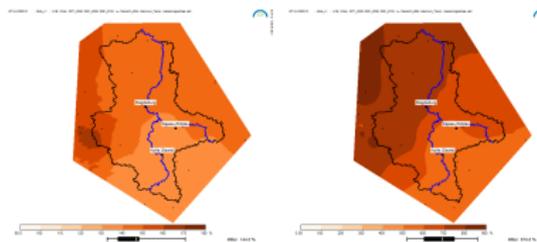
(a) TX P90  
85 ... 99 Tage  
Mittel: 89 Tage



(b) P90 Prozent  
130 ... 170%  
Mittel: 145%

## Änderungen bei den Extremen

- Beispiel eben war bezogen auf eine relativ geringe „Extremität“ (P90 – Erwartungswert rund 36 Tage pro Jahr)
- Vergleich mit P99 – erwartet an rund 4 Tagen pro Jahr



(a) P90 Prozent  
130 ... 170%  
Mittel: 145%

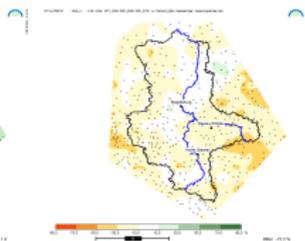
(b) P99 Prozent  
500 ... 850%  
Mittel: 700%

## Änderungen bei den Extremen

- Letztes Beispiel, Niederschlag hohe „Extremität“ (P99 – „steht uns zu“ an rund 4 Tagen pro Jahr)
- Anzahl der Tage, an denen das *gegenwärtige* P99-Niveau übertroffen wird
- Prozentuale Änderung



(a) P99 Tage  
2 ... 5 Tage  
Mittel: 3 Tage



(b) P99 Prozent  
-50 ... +25%  
Mittel: -15%

## Änderungen bei den Extremen

- Schwirrt Ihnen der Kopf?
- Allzu verständlich...
- Prozentuale Veränderungen wirken z.T. dramatisch
- Gefahr der Überinterpretation
- Bei den „extremen Extremen“ wird die Luft dünner.
- A) Schmalere Datenbasis
- B) Änderung von 2 auf 6 Tage ist im Prinzip wenig, aber bedeutet 200% Zunahme
- Die weniger starken Extreme (z.B. Stufe P90 oder P95) sind immer noch belastbarer als die Stufen P99 oder gar noch höher

## Ich will alles und zwar sofort

- **Last-not-least-Tücke:** Nicht alles, was Sie sich wünschen, kann auch geliefert werden



Foto: A. Spekat

- Auch nicht als Weihnachtsgeschenk

## Status quo

- Was geht bereits?
- Was ist modellierbar?
- Relativ gute/stabile Ansätze bei den Modellen, wenn es um Mittelwerte geht
- Relativ gute/stabile Ansätze, wenn es um Temperaturverhalten geht
- Feuchteprozesse sind ungleich schwieriger zu beschreiben
- Fortschrittspotenzial durch Einsatz von Extremwertstatistik
- Fortschrittspotenzial durch Ensemble-Ansatz (Betrachtung der Ergebnisse mehrerer Modelle)

## Quo vadis?

- Klimamodelle werden eifrig verbessert, aber:
- Rückbesinnung auf das Themenfeld *Belastbarkeit*
- Was ist auch in absehbarer Zeit problematisch?
- → Hohe räumliche Auflösung
- → Gute Darstellung der Flanken von Häufigkeitsverteilungen – dort wohnen aber die Extreme
- → Verzahnung von rückgekoppelten Prozessen, Stichwort und Beispiel: Wie verändert sich das Klimasystem insgesamt, wenn große Areale um die Nordpolkappe eisfrei werden?

## Fazit – Zusammenfassung

- Zahlreiche Tücken
  1. Konzeptionelle Unschärfe Wetter/Klima
  2. Potenzial für unrealistische Erwartungen bezüglich der Information zum Klimawandel
  3. Konzeptionelle Unschärfe Mittelwert/Extreme
  4. Unschärfe bei der Konsequenz von Änderungen bei Mittelwerten und Extremen
  5. Wünsche an Klimamodelle können nicht alle erfüllt werden
- Dazu ein paar Stolperfallen, z.B. bei der Interpretation von Karten



