

The background of the slide is a close-up photograph of numerous water droplets of various sizes scattered across a light-colored, possibly metallic or plastic, surface. The droplets are in sharp focus, showing their rounded, spherical shapes and the way they reflect light, creating bright highlights and dark shadows. The overall color palette is soft, with light blues, greys, and whites from the background and droplets, and some darker tones from the shadows within the droplets.

# *Niederschlagsänderung im Klimawandel*

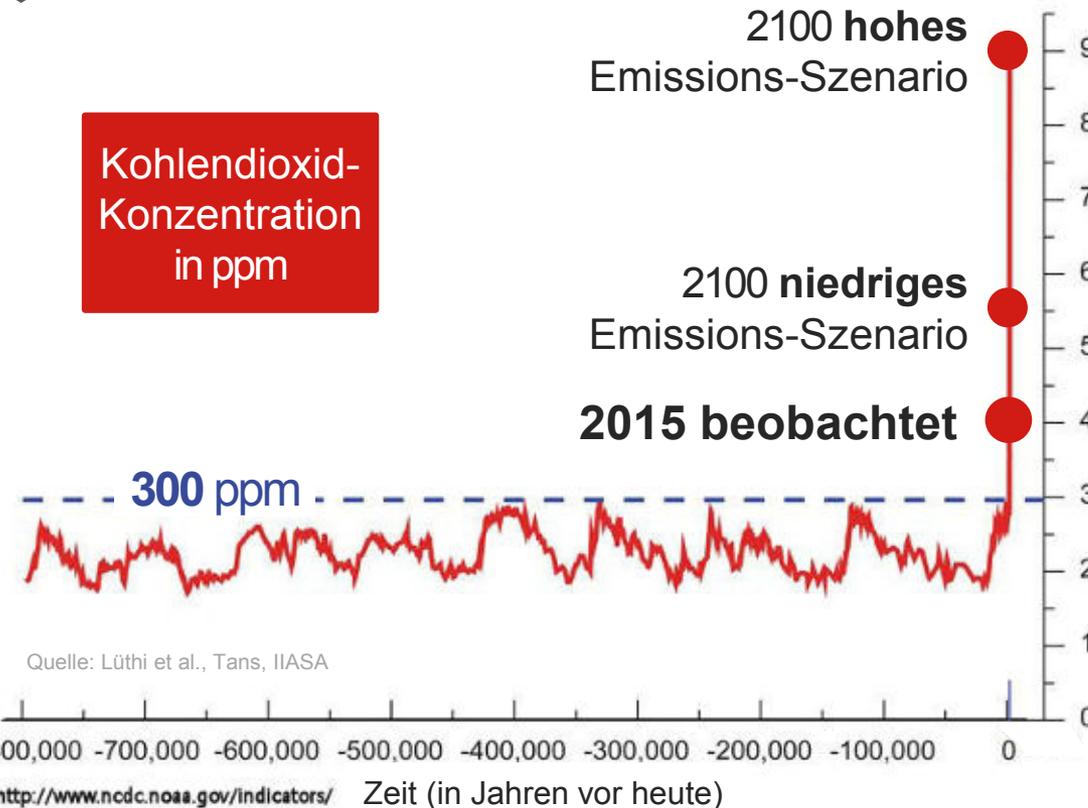
Klimabeirat Ratingen am 1. März 2018

U. Otte

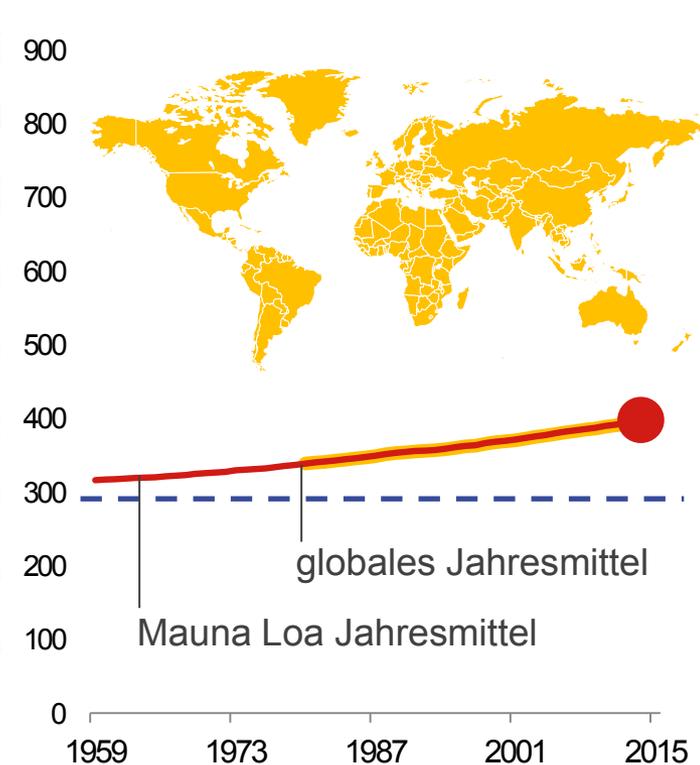
# Entwicklung der atm. CO<sub>2</sub>-Konzentration

## Eiskernbohrungen

Kohlendioxid-Konzentration in ppm



## CO<sub>2</sub>-Messungen

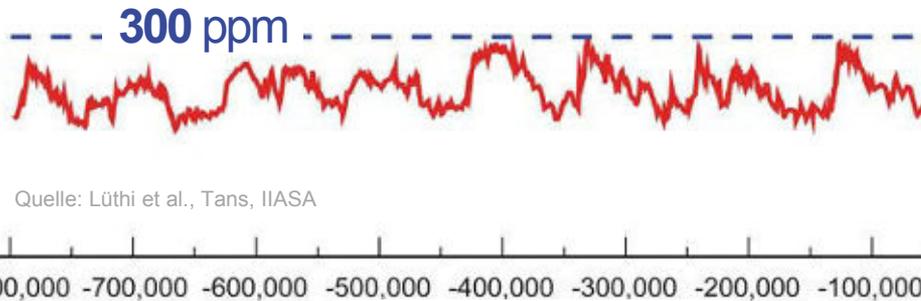


# Entwicklung der atm. CO<sub>2</sub>-Konzentration

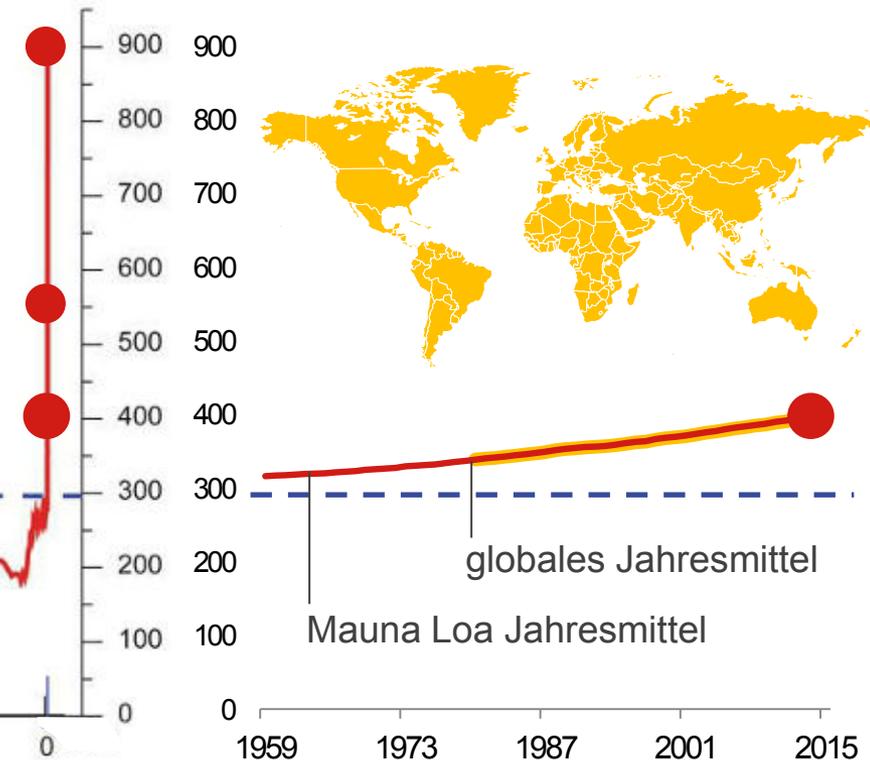
## Eiskernbohrungen



“Die atmosphärischen von CO<sub>2</sub> –  
Konzentration erreichen heute  
Werte, die in den vergangenen  
800.000 Jahren nicht beobachtet  
wurden”



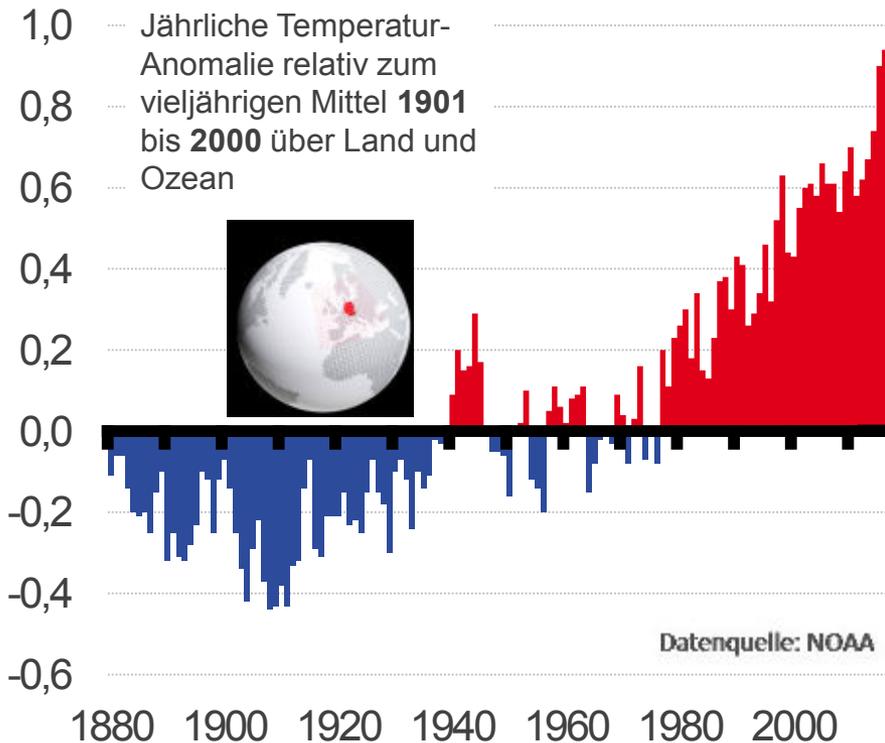
## CO<sub>2</sub>-Messungen



<http://www.ncdc.noaa.gov/indicators/> Zeit (in Jahren vor heute)

# Starke Erwärmungsphase

## Temperatur-Anomalie weltweit



**2014, 2015, 2016**

Drei Rekordjahre in Folge  
(2016: 0.94 °C über dem globalen Mittel 20. Jhr.).

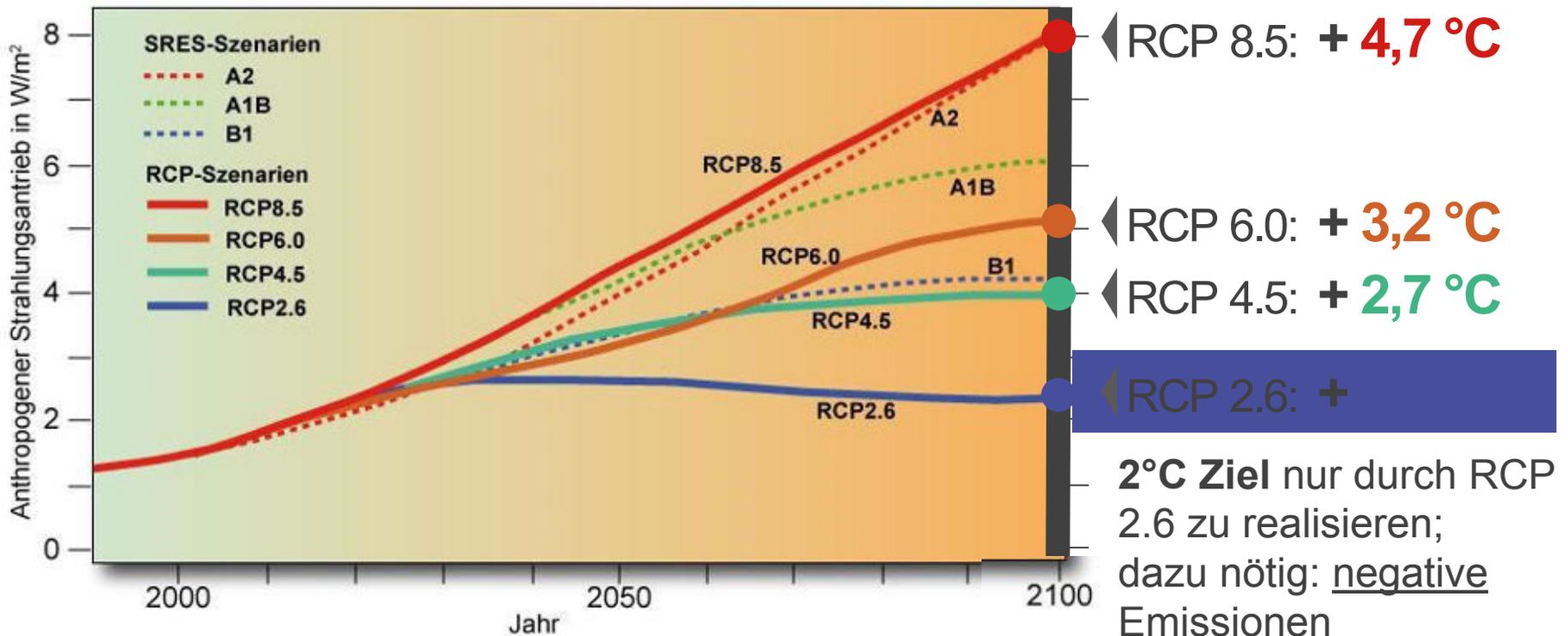
**seit 2001**

16 der 17 wärmsten Jahre  
(Ausnahme 1998 mit Rekord-El-Niño im tropischen Pazifik)

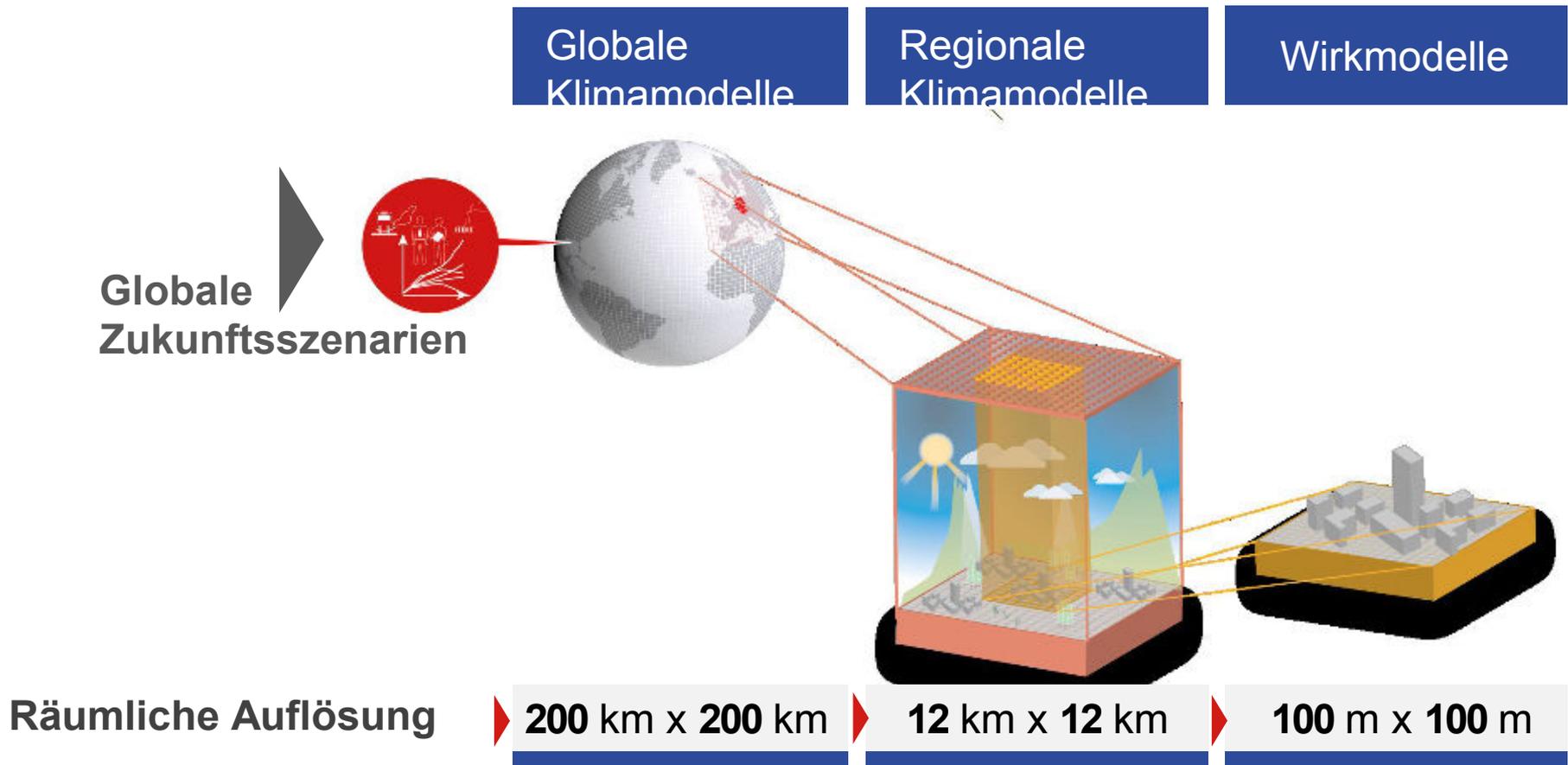
# Die künftigen CO<sub>2</sub>-Emissionen sind entscheidend

## SRES und RCP-Szenarien im Vergleich

Änderung der Globalen Temperatur



# Klimaprojektionen



Räumliche Auflösung

200 km x 200 km

12 km x 12 km

100 m x 100 m

# Klimaanaloge

Welcher Ort hat heute ein  
ähnliches Klima  
wie **Kassel** in der Zukunft  
(2071/2100)



Was ist Ihr Tipp?

# Klimaanaloge

## Ort

**Kassel**

Ausgang:  
RCP 8.5;  
nur Temperatur

Zeitraum:  
2070- 2100



## Ergebnis

- 1 **Montelimar**  
(ca. 800 km südwestlich von Kassel)
- 2 **Knin**
- 3 **Hvar**
- 4 **Lugano**
- 5 **Toulouse**

**Wir können in Deutschland bald Rebsorten wie in Montelimar, Knin, Hvar, Lugano oder Toulouse anbauen. Aber denselben Starkregen bekommen wir auch dazu!**

**Klimaanaloge sind also auch informativ in punkto Anpassung:  
Wie schaut die Anpassung gegen Starkregen in Montelimar, etc. heute schon aus?**



Klimawandel: Womit können wir rechnen?

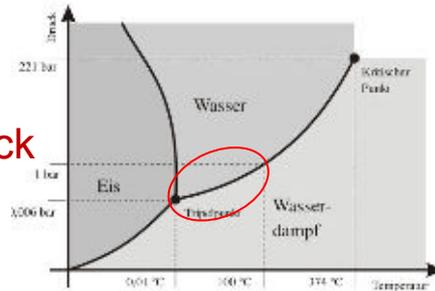
Globaler Temperaturanstieg  
Mehr Wasserdampf in der Atmosphäre  
(Clausius-Clapeyron-Gleichung)

Alle 10°C verdoppelt sich der Sättigungsdampfdruck -> 7% mehr Wasserdampf pro Grad Erwärmung

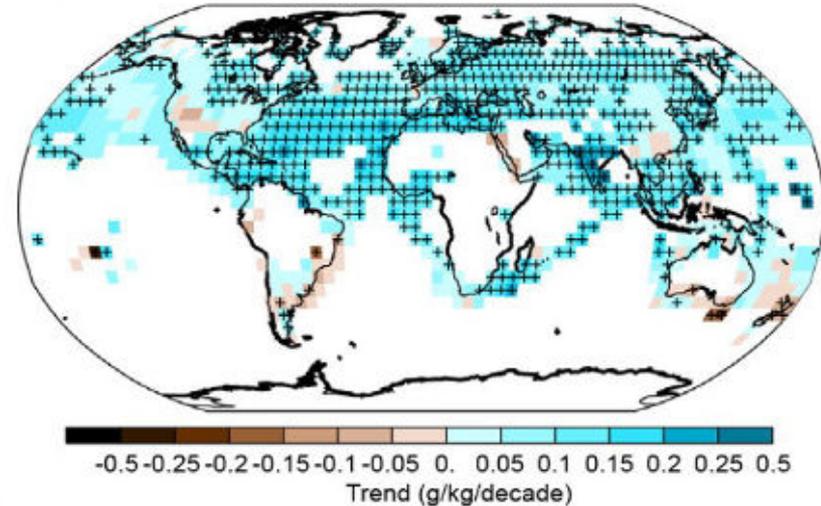
**Stimmt!** Sowohl die oberflächennahe spezifische Feuchte (oben) als auch der Gesamtwasserdampf der Atmosphäre über den Ozeanen (unten) haben in den letzten 40 bzw. 24 Jahren verbreitet zugenommen.

**Aber, macht das auch gleich mehr oder extremeren Niederschlag?**

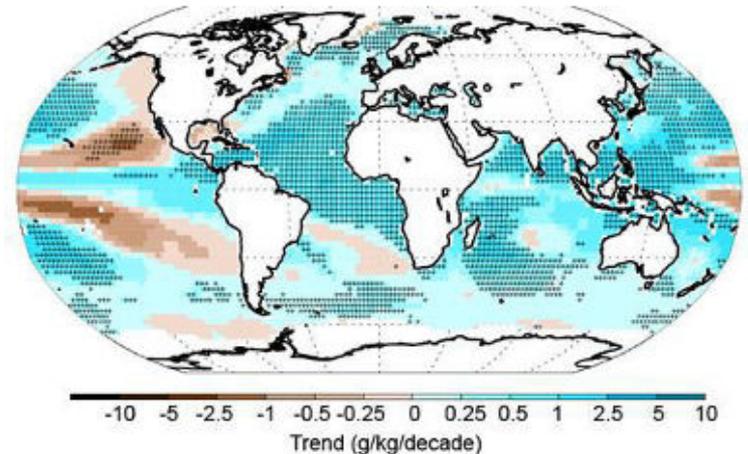
Quelle: IPCC AR5 WG1, Kapitel 2 (Beobachtungen)



(a) Trend spez. Feuchte  
1973–2012



Trend Wasserdampf  
TCWV trends 1988–2011

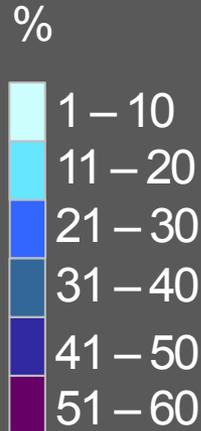
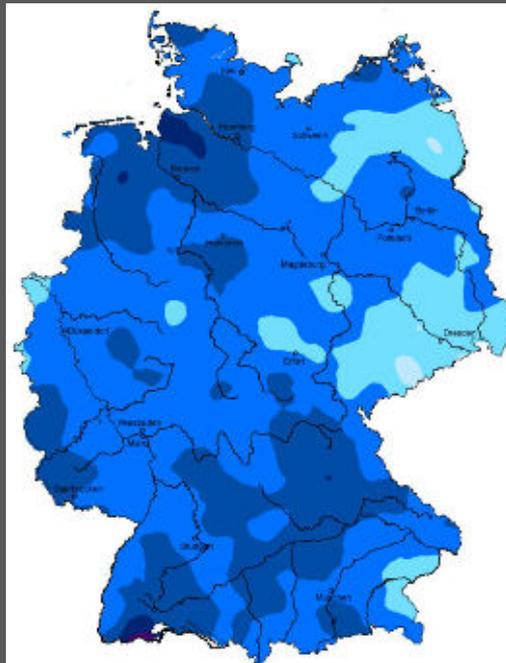


# Änderungen Niederschlagssummen

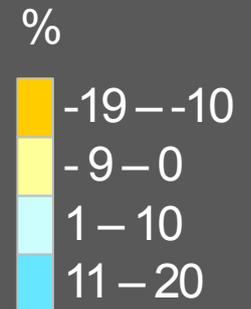
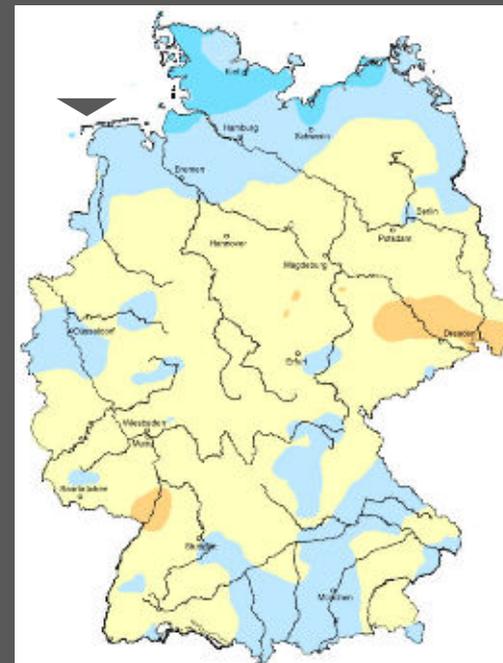
Winter - linearer Trend ab 1881

Sommer- linearer Trend ab 1881

Zunahme: 20% bis 30%



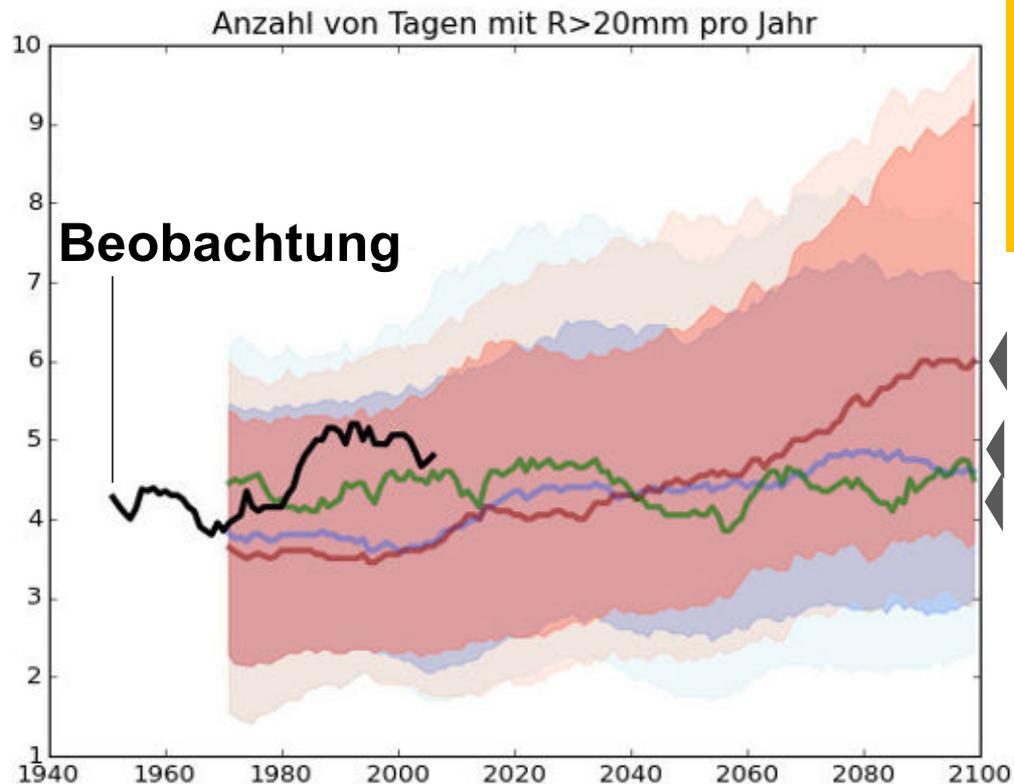
Abnahme: 0% bis -5%



**Jahresniederschläge um 10% bis 15% seit 1881**

# Niederschlag $\geq 20$ mm

## Zukunft



Im Gegensatz zu den klaren Trends bei Temperaturextremen:

- Starkregentrends leicht positiv aber große Streuung
- Beobachtungen eher am oberen Rand der Prognosen
- Konvektive Niederschläge in Modellen nicht gut repräsentiert

## Wetterlagen verändern sich im Klimawandel

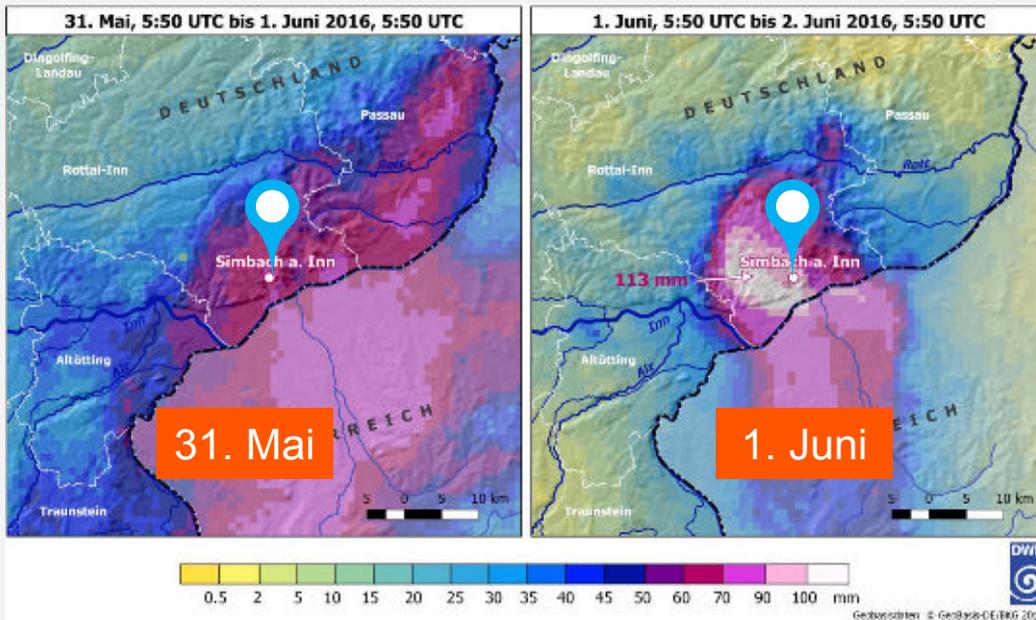
- ➔ Wetterlagen bestimmen den Witterungsverlauf
- ➔ Bei bestimmten Wetterlagen erhöht sich das Risiko von meteorologischen Extremereignissen
- ➔ Die zukünftige Veränderung der Wetterlagen kann abgeschätzt werden

- Der **Zusammenhang** zwischen globaler **Erwärmung** und Änderung im mittleren **Niederschlag** ist **komplex**
- Unstrittig ist die globale Erwärmung an sich.
- Auch der durch die Clausius-Clapeyron-Gleichung bestimmte **Zusammenhang** zwischen globaler **Erwärmung** und Anstieg des **Wasserdampfes** in der Atmosphäre wird in den letzten 30 Jahren aus dem Weltraum **gut beobachtet**.
- Der **Zusammenhang** mehr **Wasserdampf** zu mehr **Niederschlag** ist aber **nicht einfach**, da die niederschlagsbildenden Prozesse wie Konfluenz, Konvektion und erzwungene Hebung diesen Prozess kontrollieren. Das „mehr“ an Wasserdampf muss angehoben werden um Niederschlag zu bilden. Darüber hinaus führt die globale Erwärmung auch zu erhöhter **Verdunstung** des fallenden Niederschlages, was einen negativen Rückkopplungseffekt auf die Niederschlagsmenge darstellt.
- **Änderungen des Niederschlages** sind eng mit **Änderungen von Wetterlagen** gekoppelt. Hier sind insbesondere die projizierten Anstiege bei den Häufigkeiten Wetterlagen **Tief Mitteleuropa** und **Tief Britische Inseln** bemerkenswert für die Starkregengefahr in Deutschland

## 2 (Unterschätzte) Naturgefahr Starkregen

# Sturzflut in Simbach

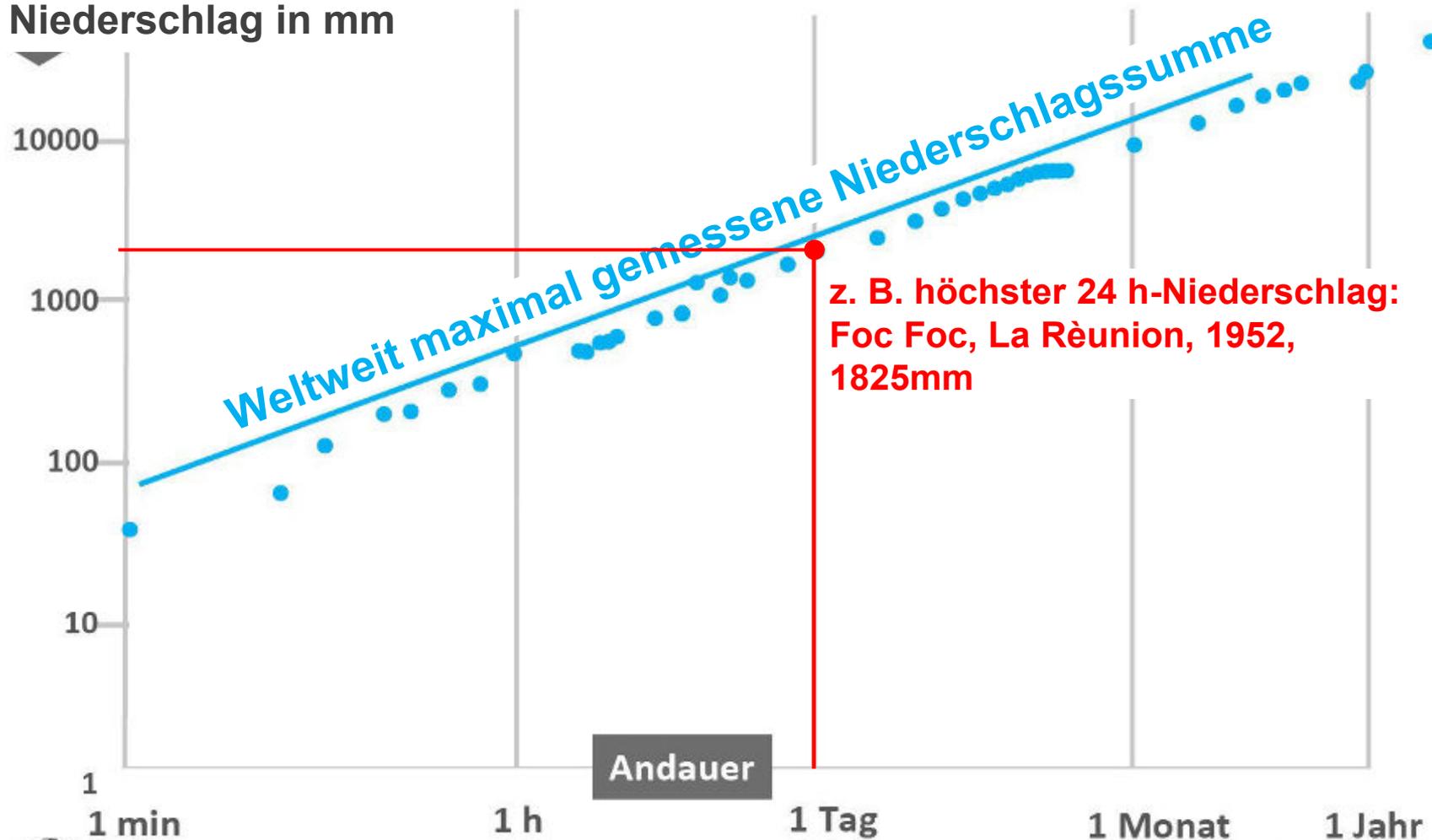
24h-Niederschlagssummen



Zwei Tage Starkregen mit intensivsten drei Stunden am 1. Juni verwüsteten Simbach

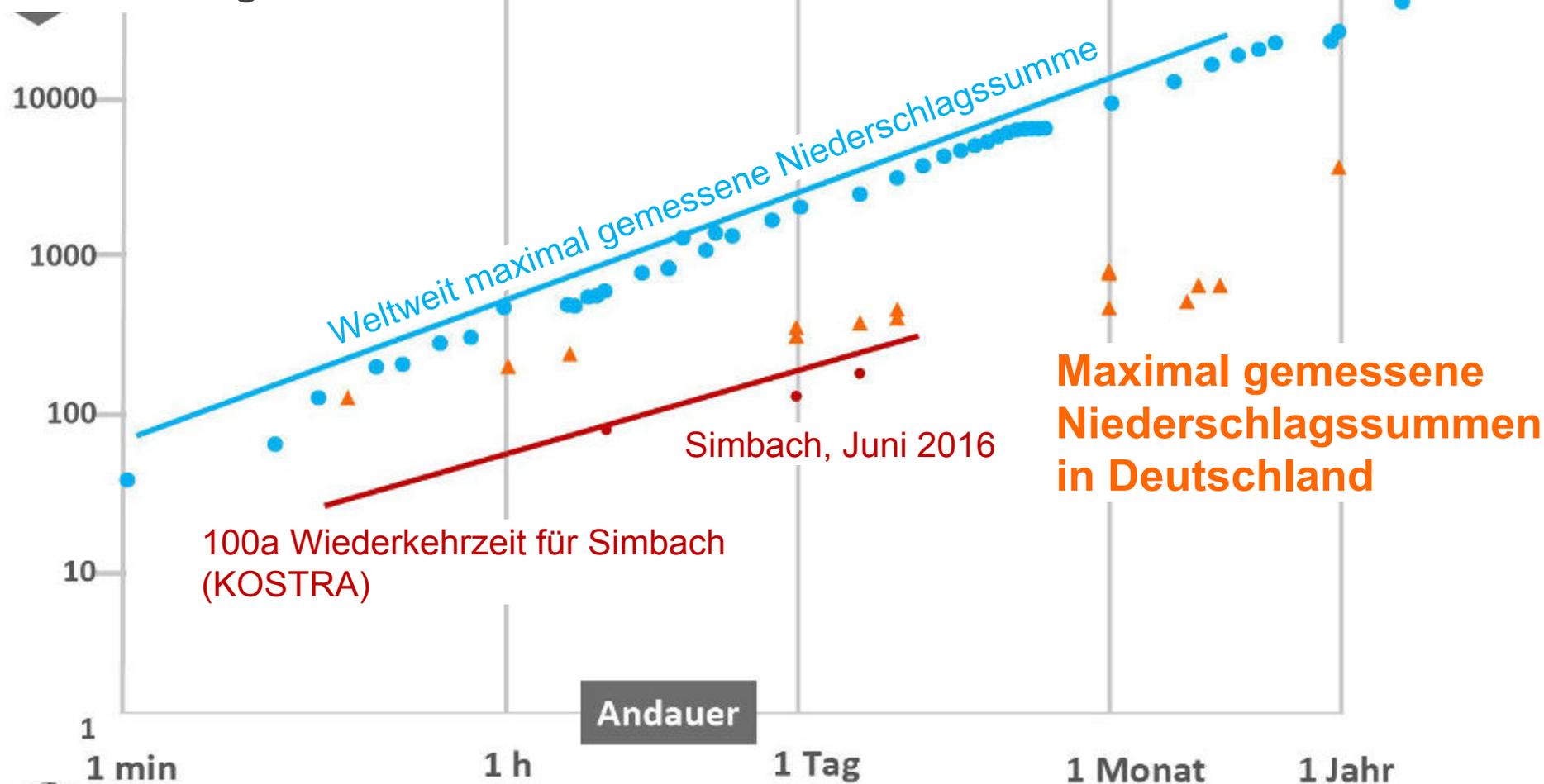
## Statistische Einordnung von Extremereignissen

Niederschlag in mm



## Statistische Einordnung von Extremereignissen

Niederschlag in mm



# Einordnung des Simbach Ereignisses

Weltweite Rekorde



- Starkregen kann überall auftreten
- Derzeit max. 400 mm/Tag auf 5kmx5km fast überall möglich
- Häufigkeit von extremen Tagesniederschlägen hat im Winter zugenommen
- soll nach Projektionen im Sommer und Winter weiter zunehmen

- **Niederschlag** über Land bestimmt mit seiner Häufigkeit und Menge des Auftretens im Jahresgang ganz wesentlich das **sozio-ökonomische Potential** einer Region. Sein in unseren Breiten üblicherweise moderates Auftreten ist ausgesprochen **segensreich!**
- Niederschlag in außergewöhnlichen Mengen (**Starkregen**) hat ein enormes **Schadenspotential** auch ganz **unabhängig von** seinem Änderungsverhalten im Zuge des **Klimawandels**.
- **Extremereignisse** wie jüngst in **Simbach** oder Braunbach sind von den gefallen Niederschlagsmengen gesehen **nicht so außergewöhnlich** und erst mal rein **meteorologisch** begründbar.
- Die theoretisch maximal möglichen Niederschlagsmengen liegen auch in Deutschland weitaus höher und betragen z.B. für eine Tagessumme verbreitet 400 Liter. **Die Naturgefahr Starkregen ist eine traditionell unterschätzte Naturgefahr!**
- Wasserbauliche Anlagen zur **Siedlungsentwässerung** sind lediglich so dimensioniert, dass sie bei Ereignissen die seltener als **20 Jahre** sind, in der Regel **versagen**, d.h. ab dieser Dimension von Starkregen werden Rückstauvorrichtungen überfordert und das Wasser sucht sich andere Wege für den Abfluss mit erheblichen Schadenspotential insbesondere dort, wo das **Versagen von Einrichtungen nicht vorsorgend mit eingeplant** wurde. -> **Die Präventionslücke ist groß!**

## 5 Zusammenfassung

- Klimawandel ist keine Fake News sondern findet bereits statt
  - Derzeit noch **ungebremster Anstieg** der CO<sub>2</sub>-Emissionen
  - Bisher deutschlandweiter Temperaturanstieg um 1,4 °C seit 1881 mit signifikanter Änderung von Kenntagen
  - Niederschlagszunahme in den Wintermonaten und Niederschlagsabnahme in den Sommermonaten, kein eindeutiger Trend bei Extremereignissen
  - Klimaentwicklung stark abhängig von zukünftigen Emissionen
- Starkniederschläge wie jene Ende Mai und Anfang Juni 2016 im Westen und Süden Deutschlands mit ihrem Schadensgeschehen fordern uns heraus mit **Wasser auch als Naturgefahr** umzugehen auch wenn ihre Attribution zum Klimawandel aktuell noch nicht statistisch robust ist.
- Charakteristisch für die **Starkregen** in 2016 war, dass sie verbreitetet und zahlreich auftraten, im Einzelnen aber raum-zeitlich sehr eng begrenzt (5km; 1h) und damit **schwer vorhersagbar** waren.
- Die hydrometeorologische Einordnung der Ereignisse in **Simbach** (Bayern) und **Braunsbach** (Baden-Württemberg) durch den DWD hat ergeben, dass diese ungeachtet des enormen Schadensgeschehens, in den **Niederschlagsintensitäten** noch **weit unterhalb** der in Deutschland bereits aufgetretenen **Rekordniederschläge** lagen.

## 5 Zusammenfassung

- Berechnungen der maximal möglichen Niederschläge **in Deutschland** ergeben das derzeit **max. 400 mm/Tag** auf 5km x 5km **fast überall möglich** sind.
- **Daraus ergibt sich, dass Starkregen in Deutschland eine notorisch unterschätzte Naturgefahr darstellt.**
- Die Wettervorhersagen werden zwar besser, gerade bei den kleinräumigen und schadenträchtigen Starkregen gibt es aber **Grenzen der Vorhersagbarkeit**, die zum Beispiel die für konkrete **Schutzmaßnahmen** erforderliche Genauigkeit erst bei zu **kurzen Vorwarnzeiten** von einer Stunde oder weniger erlauben.
- Daher ist es **ähnlich zur Erdbebenvorhersage** geboten eine **verbesserte Vorsorge** gegen Starkregengefahren durch optimale Hintergrundinformationen z.B. zur räumlichen Verteilung von Starkregengefährdungen zu ermöglichen.
- **Starkregen** des raum-zeitlich begrenzten Typs wie in 2016 können prinzipiell **überall** auftreten, und die damit verbundenen **Auswirkungen** sind im Gegensatz zu Hochwasser **nicht gewässergebunden**.
- Allerdings bemüht sich der DWD derzeit darum auf Basis seiner Wetterradardaten auch für kleinräumige extreme Starkregen „**Hot Spot**“ **Regionen** auf einer **Starkregengefahrenhinweiskarte** zu **identifizieren**.

## 5 Zusammenfassung

- Zusätzlich zu den im Sommer 2016 oder im Juli 2014 in Münster aufgetretenen kurzzeitigen Starkregenereignissen der Andauern bis 6h, gibt es auch lang anhaltende Starkregenereignisse wie in 2002 und 2013 mit dem damit verbundenen Hochwassergeschehen an Elbe und Donau. Das Auftreten dieser Ereignisse ist stark an bestimmte Wetterlagen gekoppelt, wobei die Lage „**Tief Mitteleuropa**“ eine **Schlüsselrolle** einnimmt.
- Klimaprojektionen gehen von einer Verdoppelung des Auftretens dieser – allerdings bisher mit etwa 7 Tagen pro Jahr – recht seltenen schadensträchtigen Wetterlage aus.
- Die **Häufigkeit von extremen Tagesniederschlägen hat bereits jetzt im Winter zugenommen**. Auch im Frühjahr und Herbst ist die Anzahl der Tage mit hohen Niederschlagssummen ansteigend. Hintergrund hierfür ist, dass in diesen Jahreszeiten die **Niederschläge konvektiven Charakters** aufgrund der globalen Erwärmung **zunehmen**.
- Die alte Regel „in Deutschland regnet es im Winter am häufigsten und im Sommer am meisten“ verliert an Gültigkeit.
- Ein Anstieg der Anzahl der Tage mit extremen Sommerniederschlägen ist aktuell in den Stationsdaten des DWD nicht nachweisbar.

## 5 Zusammenfassung

- Daraus ergeben sich Hinweise auf eine bisherige **relative Unterschätzung der Starkregenrisiken im Flachland** mit seinen Ballungsräumen gegenüber dem Bergland. **Für die Sturzflutgefahr bleibt aber die Bedeutung des Reliefs unverändert hoch.**
- Aufgrund der eher theoretisch fundierten als durch Beobachtungen belegten Hinweise auf ein vermehrtes Auftreten von Starkregen und erhöhten Bemessungsniederschlägen erscheint die vordergründig richtige Maßnahme einer **Ertüchtigung der Siedlungsentwässerung (Verbau größerer Abflussrohre) als nicht kosteneffizient.**
- Die Änderung der hydrometeorologischen Rahmenbedingungen bietet eher Anlass für einen **geänderten Umgang mit Starkniederschlägen**, der die **häufigere Überforderung** der bestehenden Kapazitäten **der Siedlungsentwässerung** in die Schutzmaßnahmen und die **Stadtplanung** mit einbezieht
- Dementsprechend sind Maßnahmen zur **Entschleunigung des Abflussgeschehens** durch die Schaffung von Retentionsflächen die außerhalb des Ereignisgeschehens normal – z.B. als Spielplatz – genutzt werden zur Erhöhung der Resilienz gegen die Folgen des Klimawandels empfehlenswert. **→ Schwammstadt Konzept**
- Darüber hinaus erfordert der Klimawandel eine **neue Kultur des Umgangs mit Naturgefahren**, hin zu mehr **Eigenvorsorge** und einem **verbesserten Risikobewusstsein in der Bevölkerung**, auch wenn ein gesteigerter genereller Respekt vor den Naturgefahren aktuell nicht dem Zeitgeist entspricht.