

KONFERENZ: KLIMAFOLGEN FÜR DEUTSCHLAND - 24. SEPTEMBER 2012 - HU BERLIN



Klimafolgen für den Wasserhaushalt

Fred F. Hattermann

Shaochun Huang, Hagen Koch, Valentina Krysanova

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V.





Gliederung

- Einführung
- Klimafolgen für den Wasserhaushalt
- Klimawandel und hydrologische Extreme
- Fazit

Wie beeinflusst der Klimawandel den Wasserkreislauf?



Ein Anstieg der globalen Temperatur hat als Ergebnis

- eine Änderung der Niederschlagsmuster in Europa:
 - der Jahresniederschlagssummen;
 - der saisonalen Verteilung;
 - der Wahrscheinlichkeit für Starkniederschläge;
- eine Änderung der Abflussregime und der Wasserverfügbarkeit;
- eine Änderung der saisonalen Wasserspeicherung:
 - Anstieg der Schneegrenze um 300 bis 500 Meter;
 - Änderung der Periode der Grundwasserneubildung;

Einführung Entwicklung der Luftfeuchte 1951-2006



Absolute Feuchte



Relative Feuchte



▲ Pos. trend
 $p < 0.10$

▲ Pos. trend
 $p \geq 0.10$

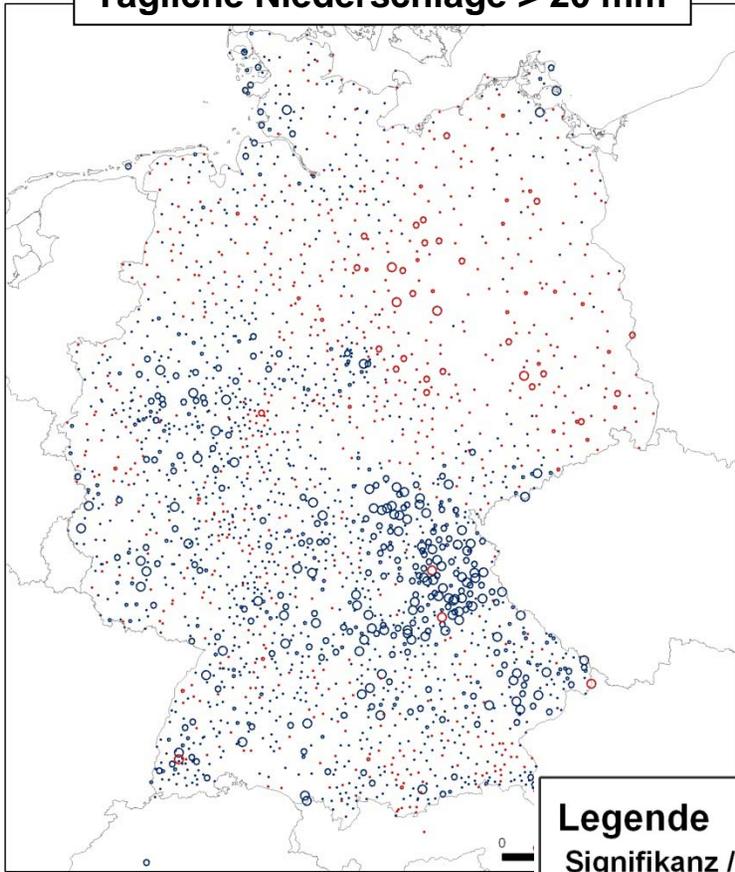
▼ Neg. trend
 $p \geq 0.10$

▼ Neg. trend
 $p < 0.10$

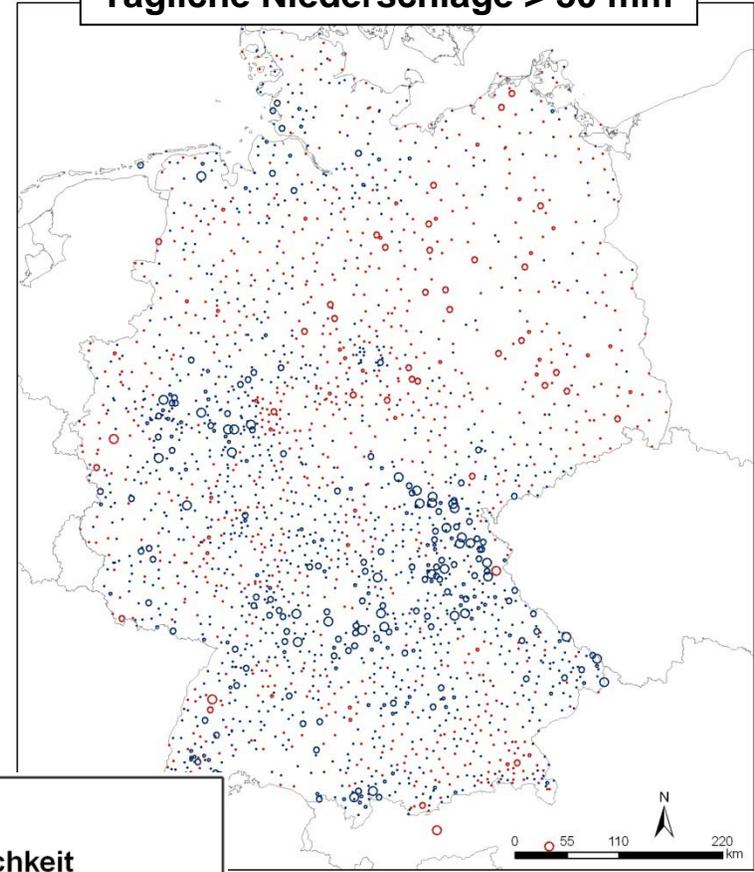
Einführung Trend in den Starkniederschlägen (1951-2006)



Tägliche Niederschläge > 20 mm



Tägliche Niederschläge > 30 mm



Legende

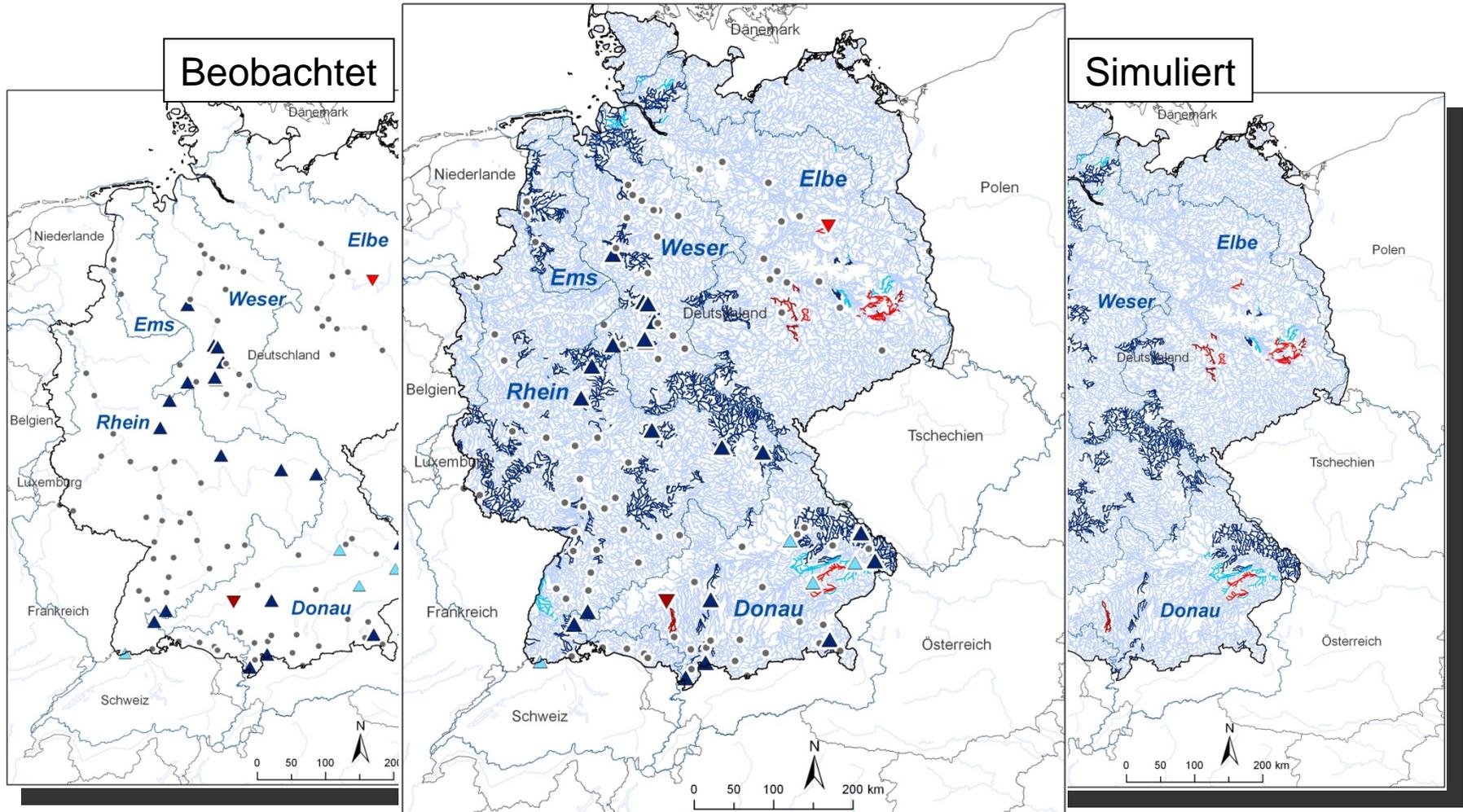
Signifikanz / Irrtumswahrscheinlichkeit

Starkniederschläge Gesamtjahr [> 30 mm/d]

- | | | | |
|---|------------|---|----------|
| · | < - 10 % | ○ | 0 - 1 % |
| • | -10 - -5 % | ◦ | 1 - 5 % |
| ◦ | -5 - -1 % | ◦ | 5 - 10 % |
| ◦ | -1 - 0 % | · | > 10 % |

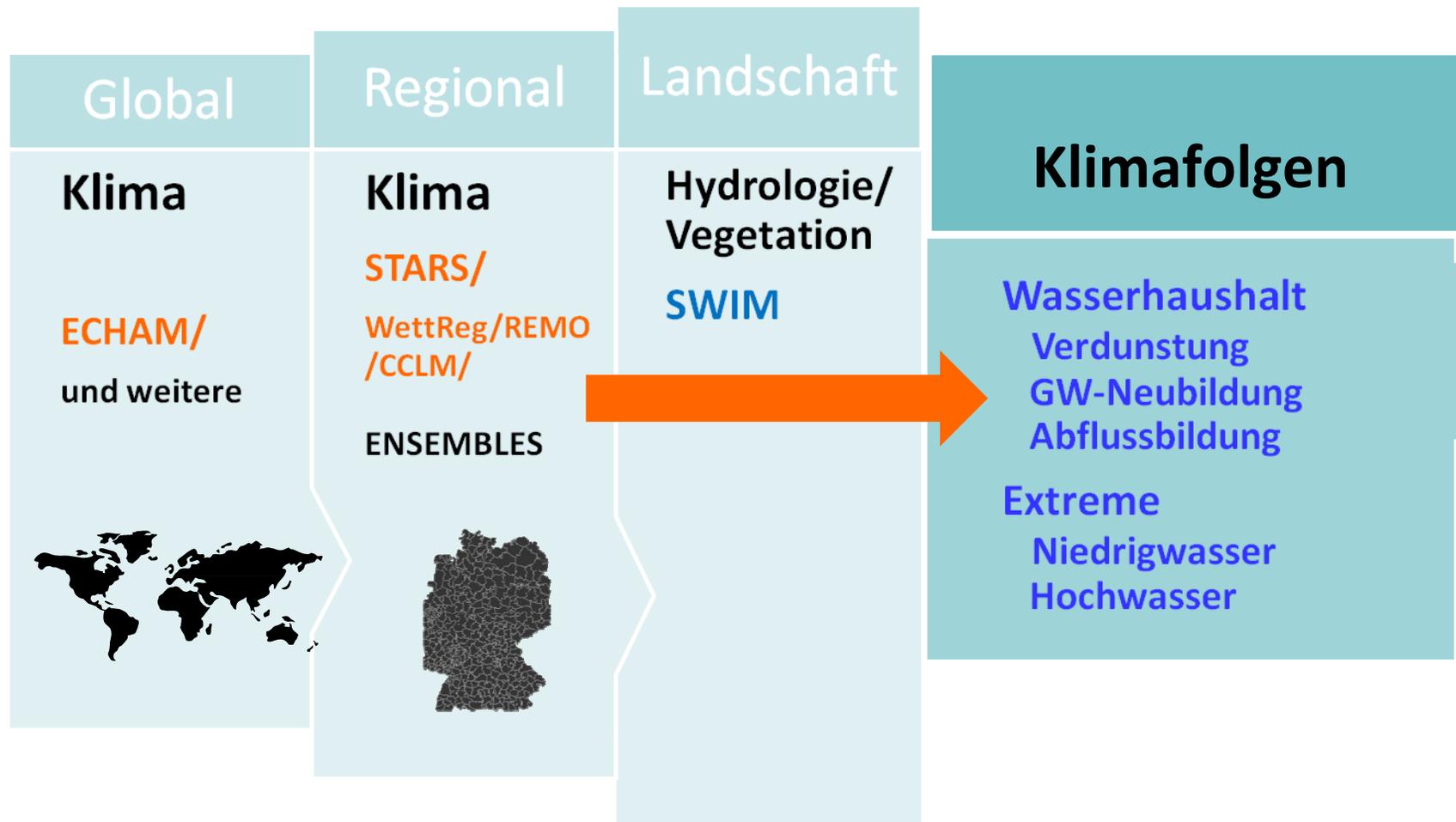
Daten: DWD, Auswertung: PIK
Hattermann et al. 2012a&d

Einführung Trend in den jährl. Hochwassermax. 1951-2003

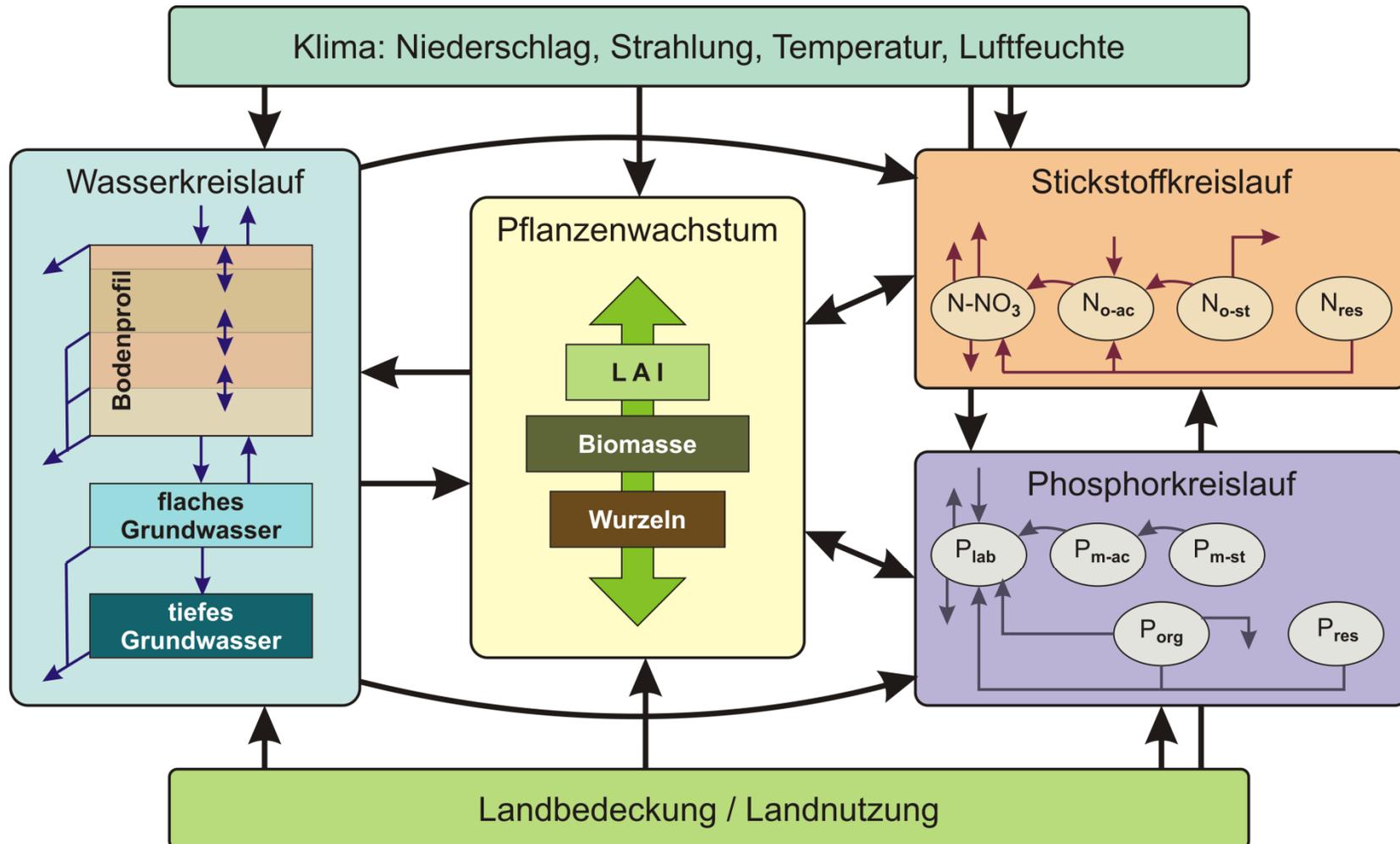




Einführung Der Weg vom Klima zum Wasserkreislauf



Das Modell **SWIM**: (**S**oil and **W**ater Integrated **M**odel)



Krysanova et al. 1998, 2002, Habeck et al. 2005, Hattermann et al. 2005, 2007, 2009, 2011, Huang et al. 2010, 2011, 2012, Wattenbach et al. 2005, Post et al. 2005, ...

Einführung Daten, Daten ...

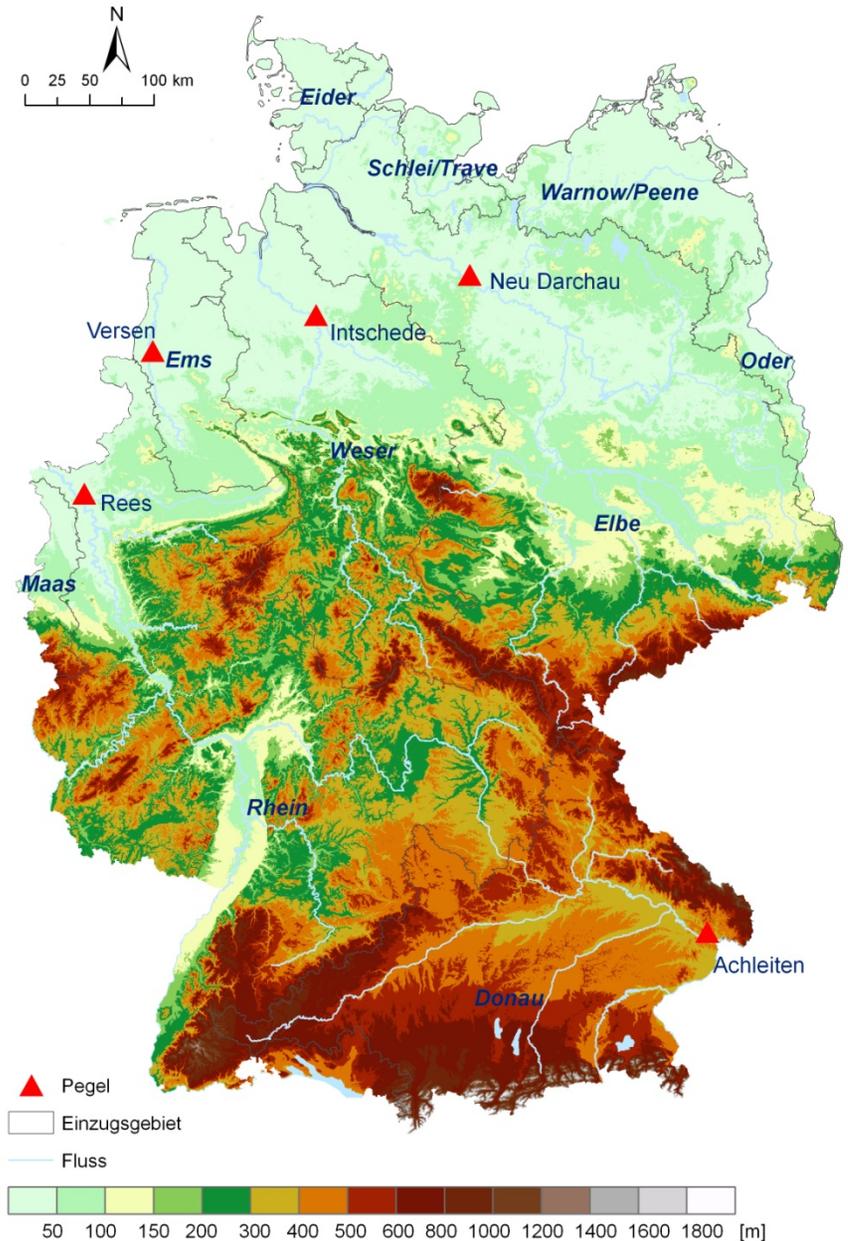
Digitales Geländemodell 100 m
Auflösung

BÜK1000 mit 72 Bodenleitprofilen

CORINE Landnutzung aggregiert zu
15 Landnutzungsklassen

6044 Einzugsgebiete mit 132806
Hydrotopen

Klima- und Niederschlagsstationen
des DWD und benachbarter
Wetterdienste



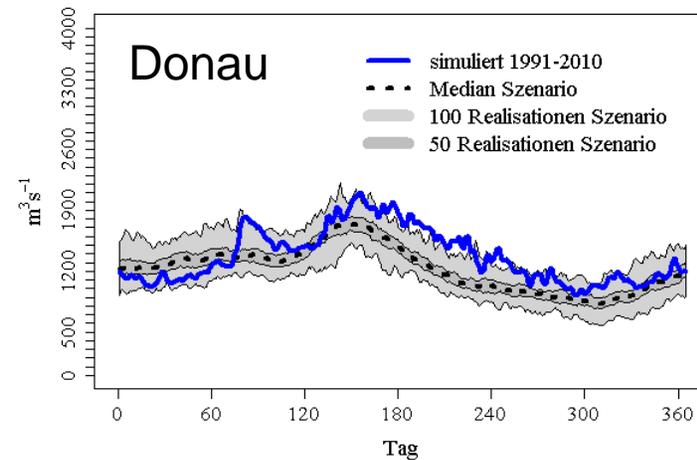
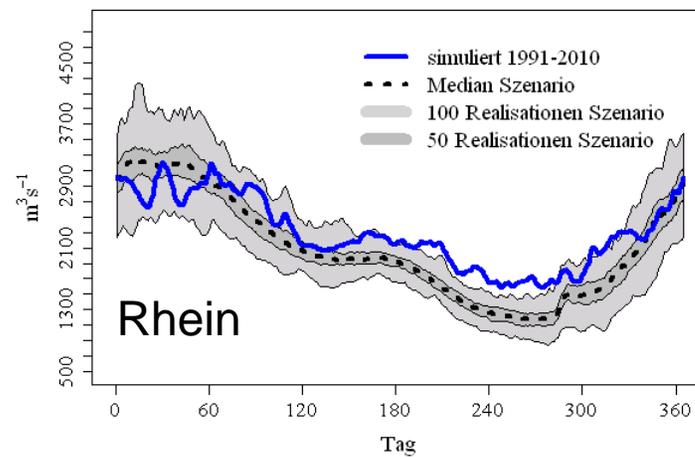
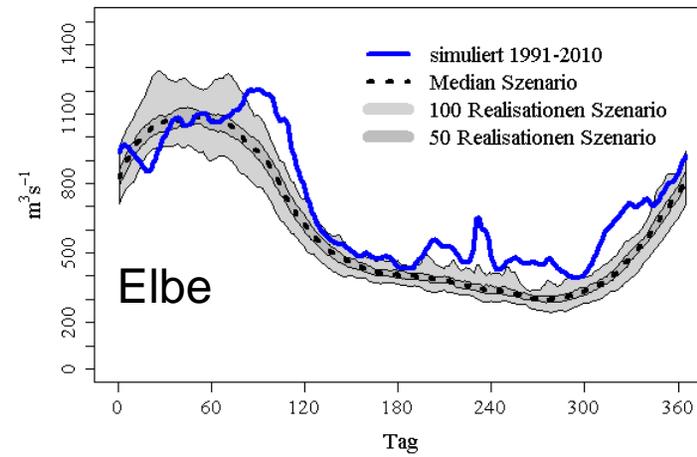
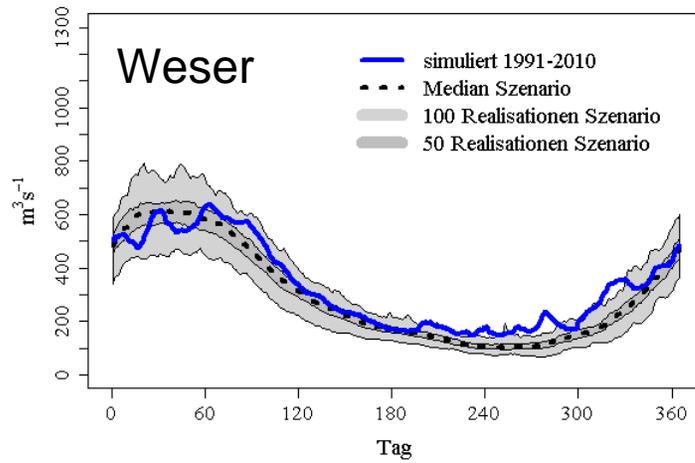
Gliederung



- **Einführung**
- **Klimafolgen für den Wasserhaushalt**
- **Klimawandel und hydrologische Extreme**
- **Fazit**

Ergebnisse Saisonaler Abfluss (STARS -> SWIM)

(Vergleich der mittleren täglichen Abflüsse 1991-2010 und 2031-50)

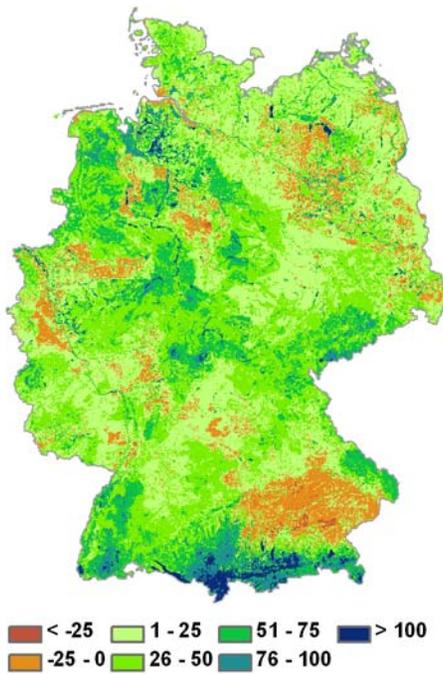


Ergebnisse Lokale Abflussbildung (STARS -> SWIM)

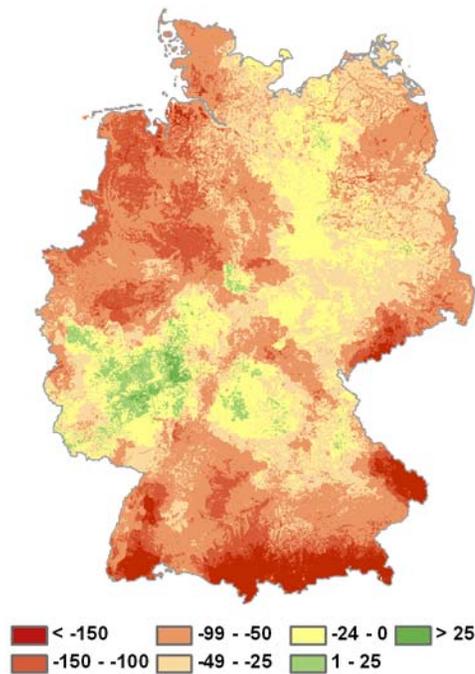
(Differenz der mittleren jährlichen Werte 2031-50 und 1991-2010)



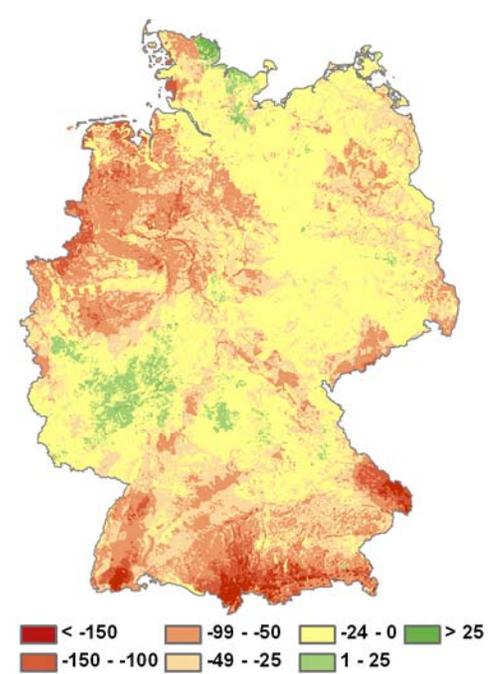
(a) Verdunstung



(b) Abfluss



(c) Grundwasserneubildung



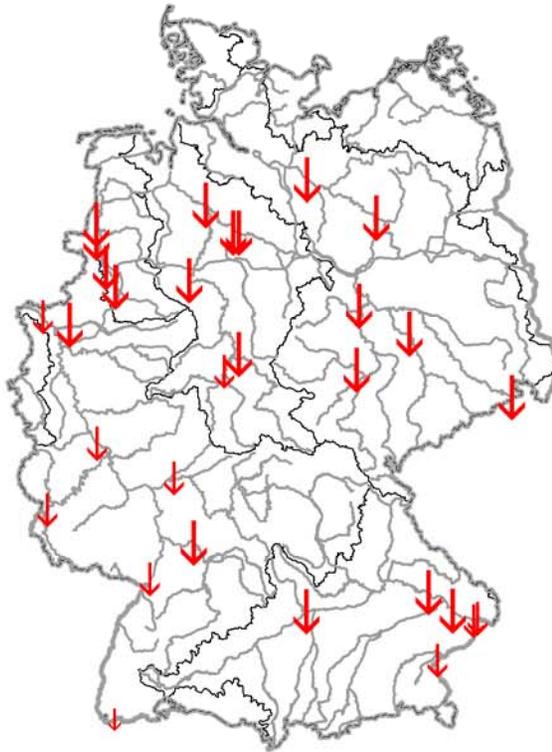
[mm Jahr⁻¹]

Ergebnisse Veränderung in den Niedrigwässern

(Vergleich der mittleren Werte 1991-2010 und 2031-50)



(a) Veränderung im mittleren jährlichen Niedrigwasserabfluss

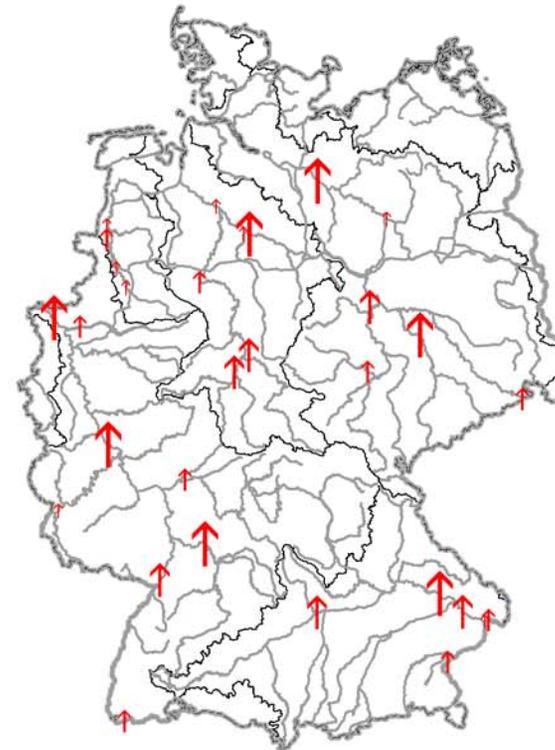


Legende

Einheit: %

- ↓ -50 - -25
- ↓ -24 - -10
- ↓ -9 - 0

(b) Veränderung in der Niedrigwasserperiode

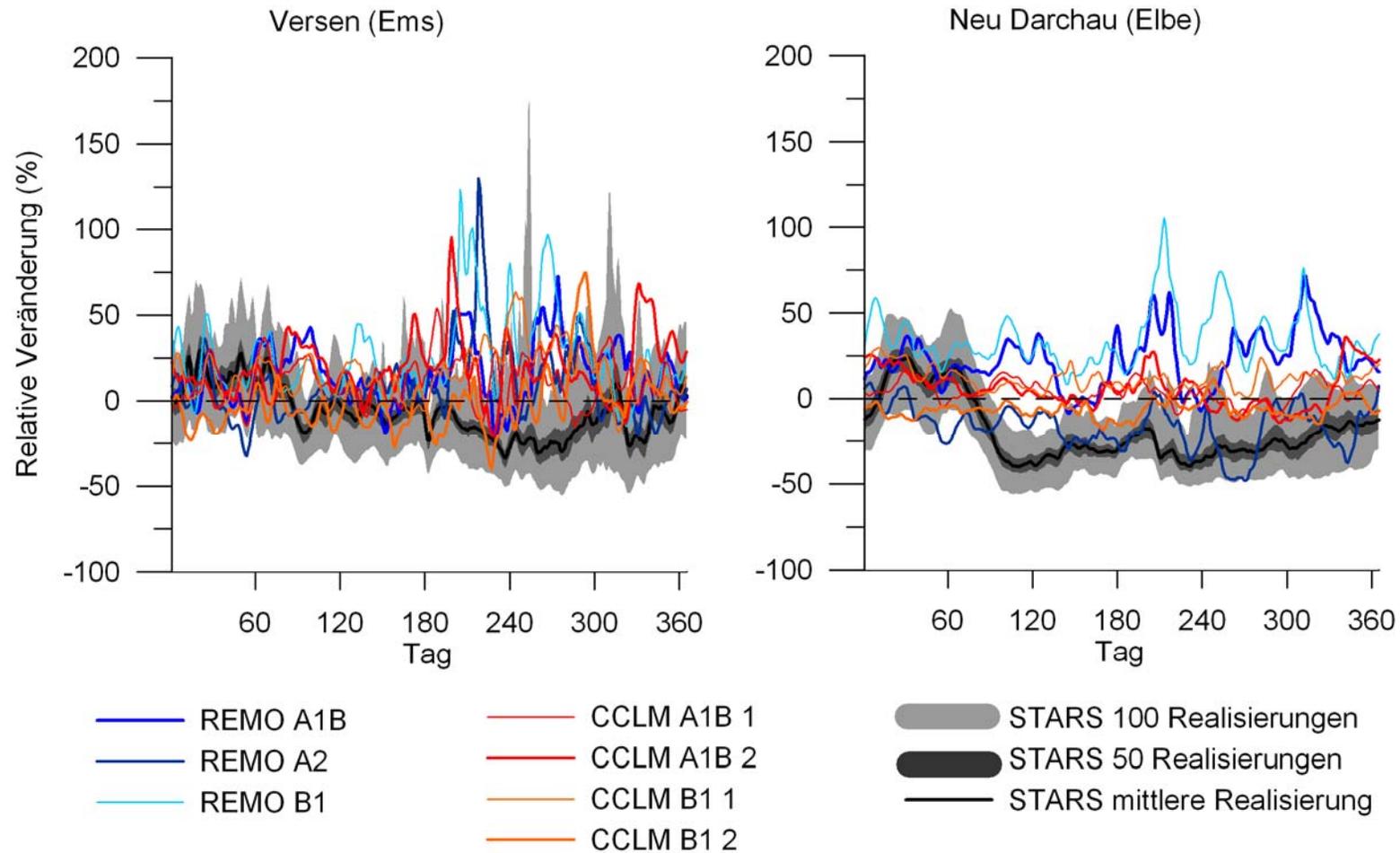


Legende

Einheit: %

- ↑ 0 - 10
- ↑ 11 - 25
- ↑ 26 - 50
- ↑ > 50

Klimaszenarienunsicherheit SWIM getrieben durch drei deutsche reg. Klimamodelle (STARS, REMO, CCLM, WettReg nicht gezeigt, sehr ähnl. STARS)



Ergebnisse Klimaszenarienunsicherheit – Hochwasser

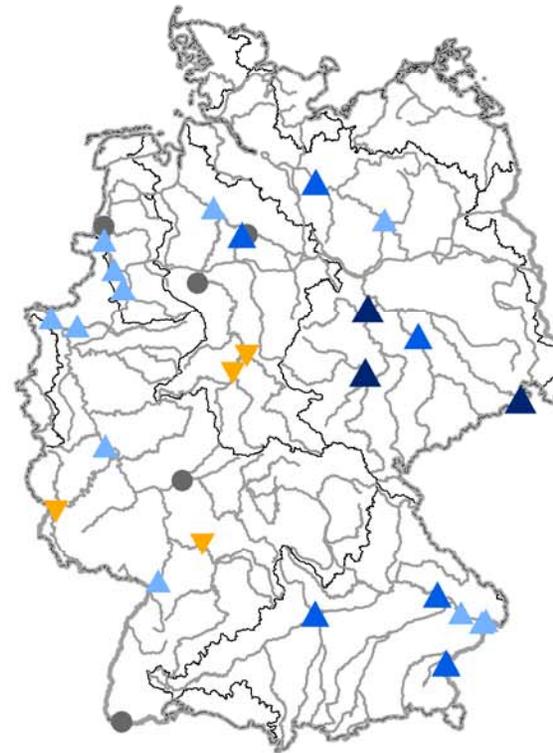
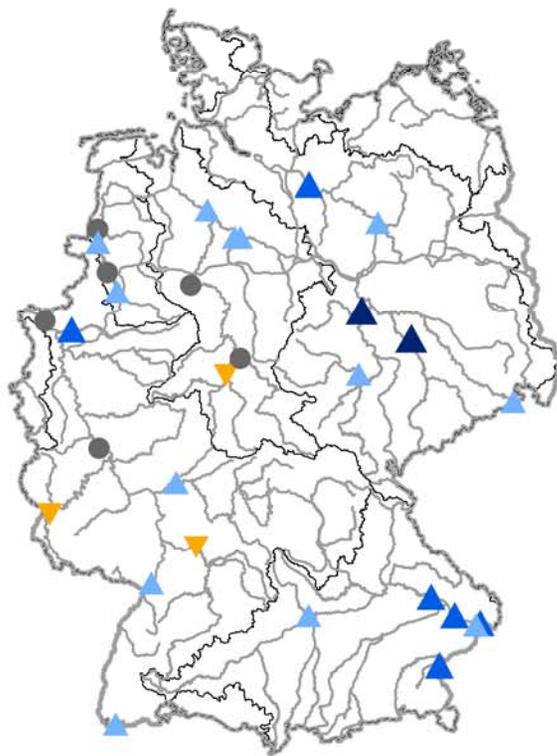
A1B, 15 Läufe (Kombination verschiedener GCM und dynamischer RCM)



Übereinstimmung > 60% der Projektionen

(a) 2021-2060

(b) 2061 - 2100



Pegel

Änderung in %

▼ -10 - -1

● Keine Übereinstimmung

▲ 1 - 10

▲ 11 - 20

▲ > 20

— Fluss

□ Teileinzugsgebiet



Gliederung

- Einführung
- Klimafolgen für den Wasserhaushalt
- Klimawandel und hydrologische Extreme
- Fazit

Methode: Von Klimaextremen zu finanziellen Verlusten

Schritt 1: **Regionales Klima simuliert durch CCLM und REMO** (verschiedene Szenarien und Realisationen)

Schritt 2: **Modellierung der hydrologischen Prozesse** für jedes Szenario durch SWIM (für ~5000 Flussabschnitte)

Schritt 3: **Berechnung der Extremwertstatistik** für jeden Flussabschnitt (Generelle Pareto-Verteilung GPD)

Schritt 4: Verknüpfung von simulierten Hochwässern und Schadensfunktionen des GDV (Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft) über die Hochwasserstatistik

General Pareto Distribution:

$$F_u(x) \approx G(x; \tilde{\sigma}, \xi, u) = 1 - \left[1 + \frac{\xi(x-u)}{\tilde{\sigma}} \right]^{-1/\xi}$$

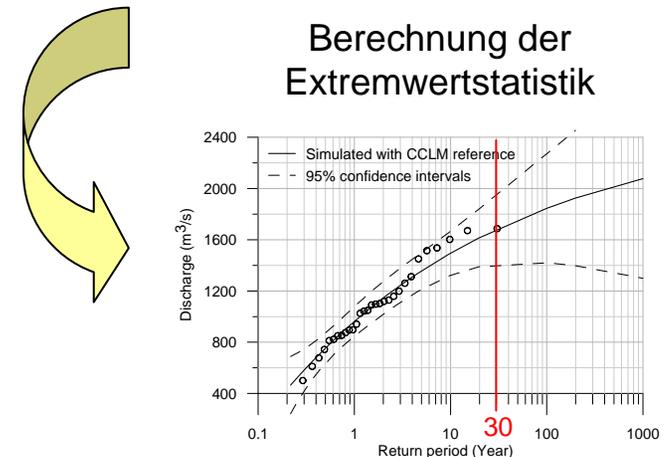
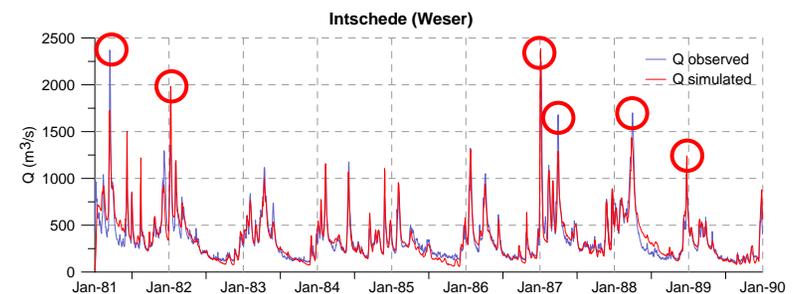
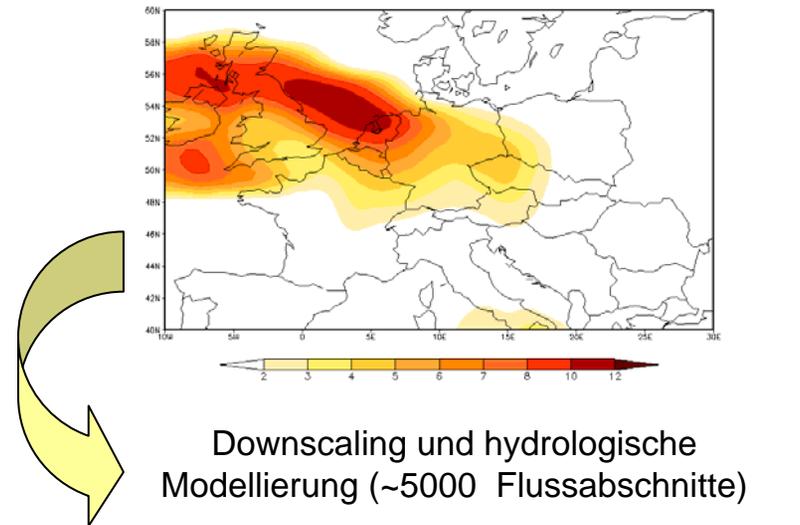
Developed for return interval T :

$$T = \frac{\sqrt[\xi]{\frac{q-u}{\tilde{\sigma}} \cdot \xi + 1}}{n_u \cdot \Pr(x > u)}$$

q = runoff

u = threshold

ξ, σ = parameters

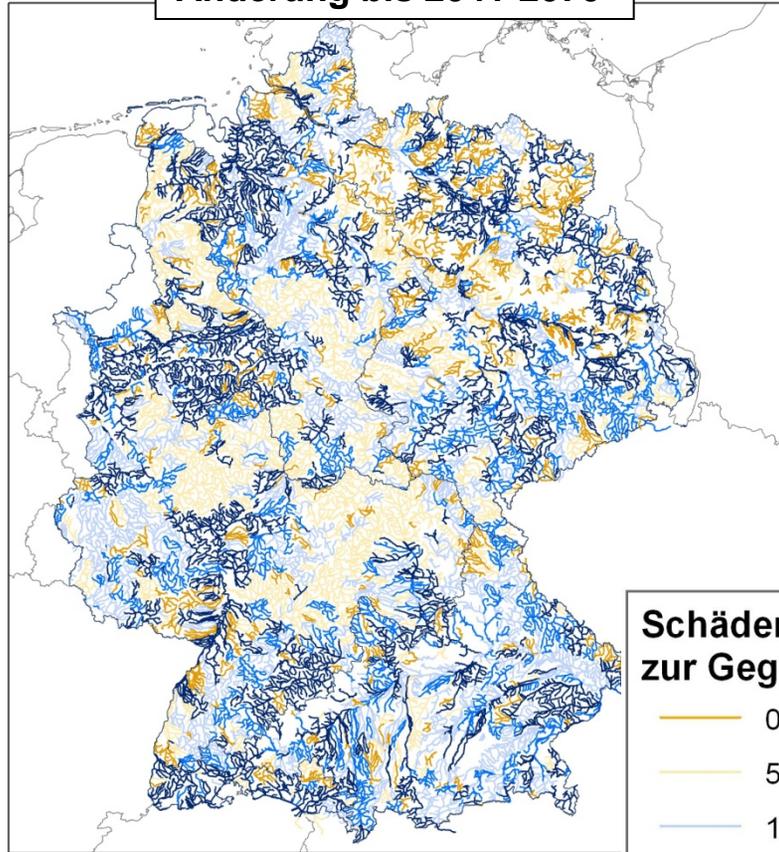


Regionale Trends im HW-Schaden

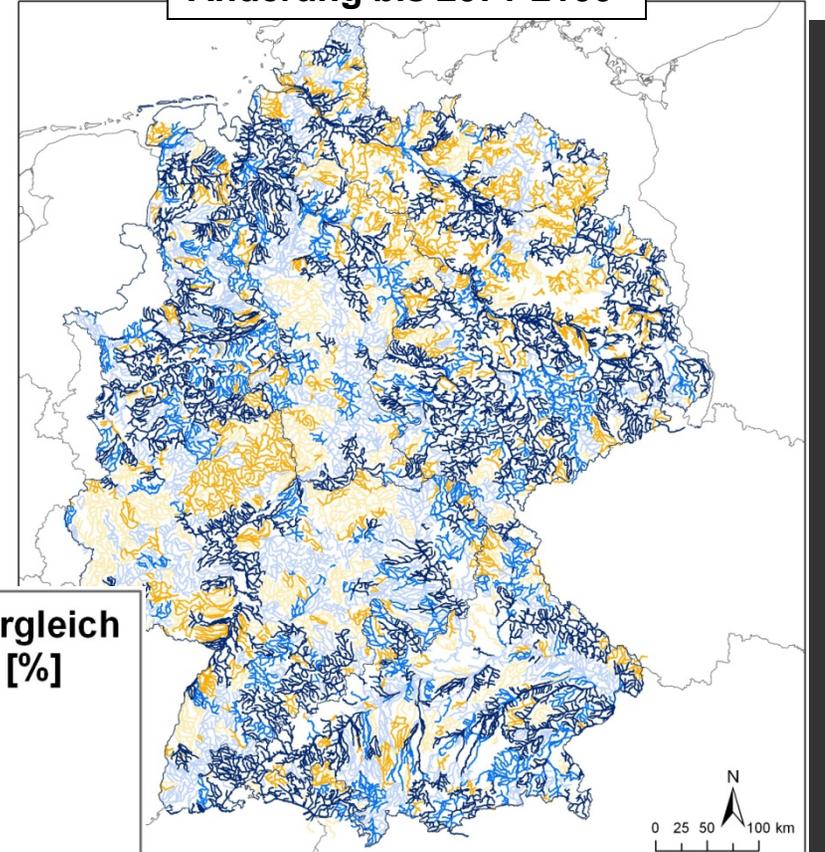
Vergleich 1961-2000 zu 2041-70 und 2041-2100



Änderung bis 2041-2070



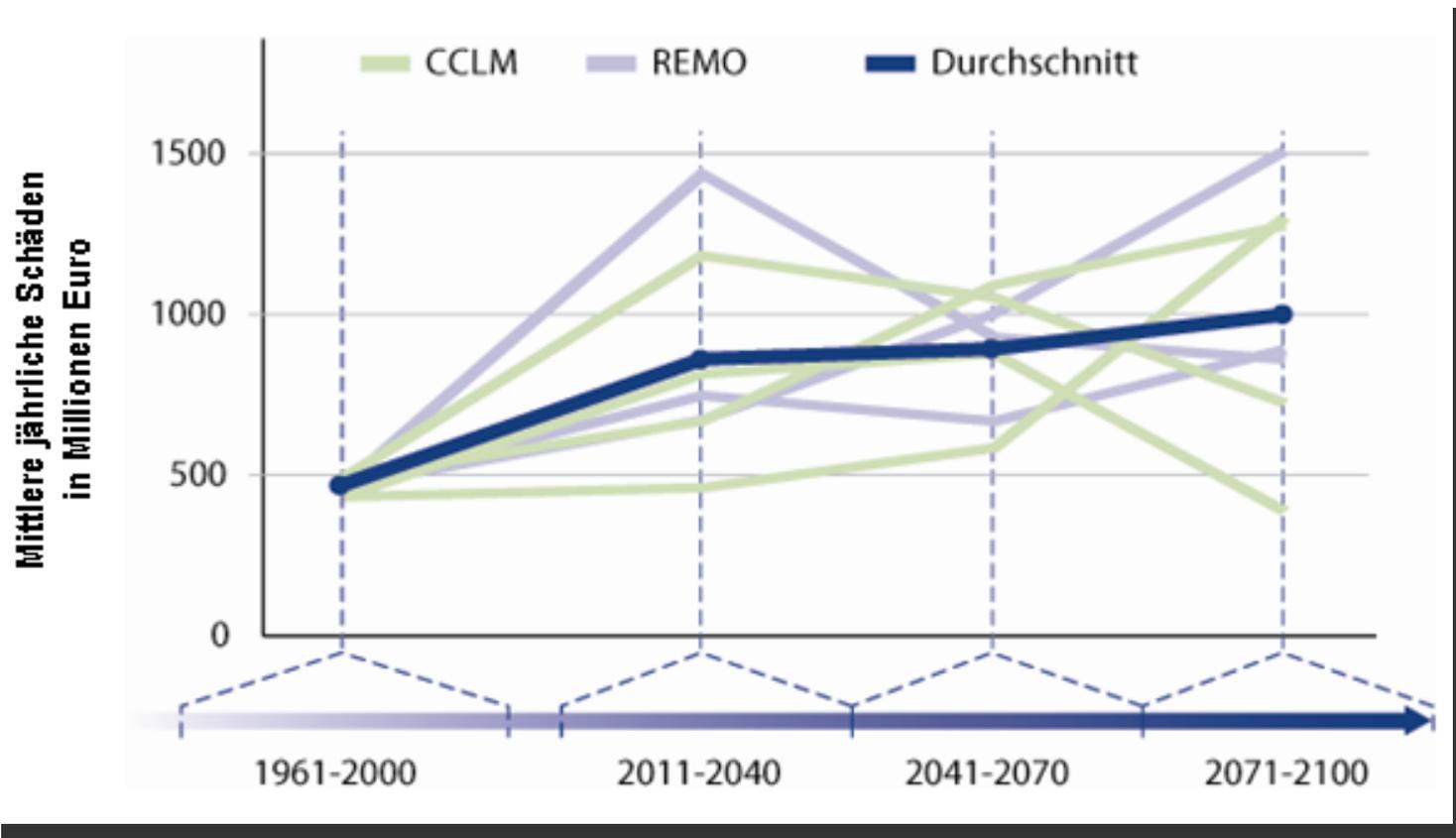
Änderung bis 2071-2100



Schäden im Vergleich zur Gegenwart [%]

- 0 - 50
- 50 - 100
- 100 - 150
- 150 - 200
- > 200

Jährliche Schäden per Klimamodell und Realisierung in Gesamtdeutschland





Gliederung

- Einführung
- Klimafolgen für den Wasserhaushalt
- Klimawandel und hydrologische Extreme
- Fazit

Fazit



- **Der Wasserkreislauf reagiert sehr sensitiv auf Klimaänderungen;**
- **Die Wasserspeicherkapazität in den Schneelagen und den Gletschern sinkt;**
- **Langfristig mehr Abfluss in Teilen Westdeutschlands, weniger in Ostdeutschland;**
- **Ausgeprägtere Saisonalität der Abflussregime, in einigen kontinentalen Einzugsgebieten deutlich niedrigere Abflüsse im Sommer, eventuell höhere im Winter;**
- **Die Änderungstrends sind für die “nahe” Zukunft noch unsicher und werden robuster in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts.**
- **Mehr Extreme möglich: Hochwasser und Trockenheiten!**

Relevante Literatur



Conradt, T., H. Koch, F. Hattermann, F. Wechsung (2012), Spatially differentiated management-revised discharge scenarios for an integrated analysis of multi-realisation climate and land use scenarios for the Elbe River basin, *Regional Environmental Change* 12(3), 633-648.

Hattermann, F. F., Z. W. Kundzewicz, H. S., T. Vetter, W. Kron, O. Burghoff, Y. Hauf, V. Krysanova, F.-W. Gerstengarbe, P. Werner, B. Merz, A. Bronstert (2012a), Flood risk in holistic perspective - observed changes in Germany. In: *Changes of flood risk in Europe*, IAHS Press, Wallingford, 212-237.

Hattermann, F. F., S. Huang, O. Burghoff, W. Willems, H. Österle, M. Büchner, Z. Kundzewicz (2012b), Modeling flood damages under climate change-a case study for Germany, *Natural Hazards and Earth System Science*, in review.

Hattermann, F. F., H. Huang, S. Koch (2012c), Climate change uncertainty and impacts on hydrology and hydropower production in Germany, *Hydrological Science Journal*, in review.

Hattermann, F. F., Z. W. Kundzewicz, S. Huang, T. Vetter, F.-W. Gerstengarbe, P. Werner (2012d), Climatological drivers of changes in flood hazard in Germany, *Acta Geophysica*, in print.

Hattermann, F., M. Weiland, S. Huang, V. Krysanova, Z. Kundzewicz (2011), Model - supported impact assessment for the water sector in Central Germany under climate change - a case study, *Water resources management* 25(13), 3113-3134.

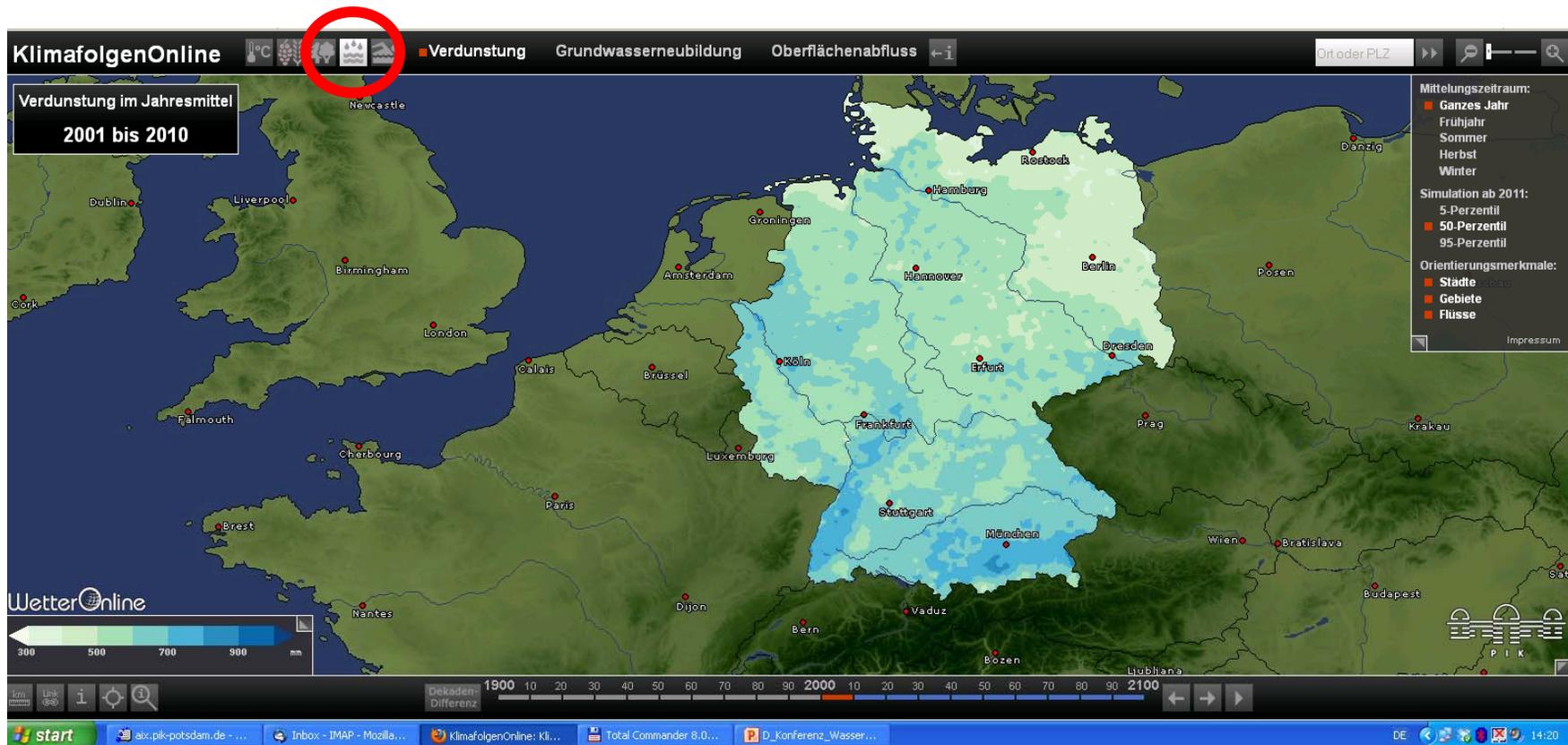
Huang, S., F. F. Hattermann, V. Krysanova, A. Bronstert (2012a), Projections of impact of climate change on river flood conditions in Germany by combining three different RCMs with a regional hydrological model, *Climatic Change*, accepted.

Huang, S., Krysanova, V., F. Hatterman (2012b), Projection of low flow conditions in Germany under climate change by combining three RCMs and a regional hydrological mode, *Acta Geophysica*, accepted.

Huang, S., V. Krysanova, H. Österle, F. Hattermann (2010), Simulation of spatiotemporal dynamics of water fluxes in Germany under climate change, *Hydrological Processes* 24(23), 3289-3306.

Koch, H., S. Liersch, F. F. Hattermann (2012), Integrating water resources management in eco-hydrological modelling, *Water Science and Technology*, submitted.

Ausblick Wetteronline ...





Vielen Dank!

Besonderen Dank auch für Daten und Zusammenarbeit:

- Deutscher Wetterdienst (DWD)
- Global Data Runoff Center (GDRC) in Koblenz
- Bayerisches Landesamt für Umwelt
- Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz (BfG)
- Max Planck Institut für Meteorologie Hamburg
- Climate and Environment Consulting Potsdam (CEC)
- Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV)