



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology



Extreme – Variabilität – Klimaänderung

Christoph Schär

Atmospheric and Climate Science, ETH Zürich

<http://www.iac.ethz.ch/people/schaer>

Anpassung an den Klimawandel, OcCC, 21.9.2012

Thesen

- (1) Extremereignisse sind ein natürlicher Teil des Klimas, aber ihre Häufigkeit und ihr Charakter wird sich mit dem Klimawandel verändern!**

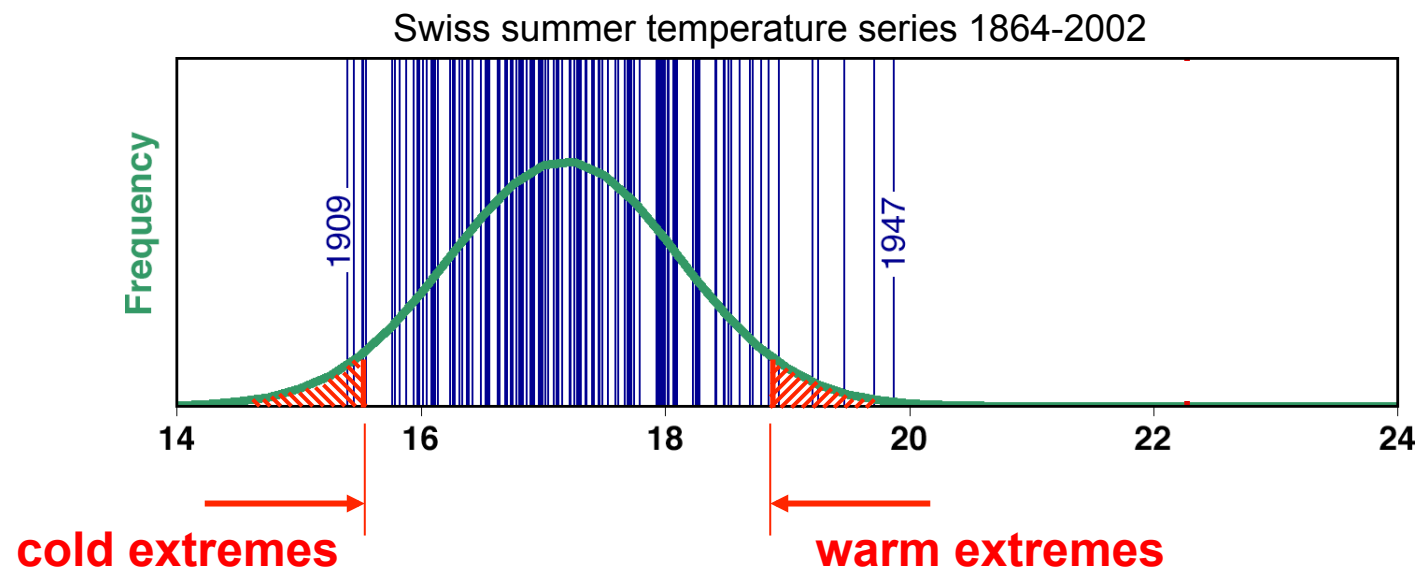
Maggia Delta

**Diese wunderbare Gegend
ist durch fürchterliche
Extremereignisse geformt
worden!**



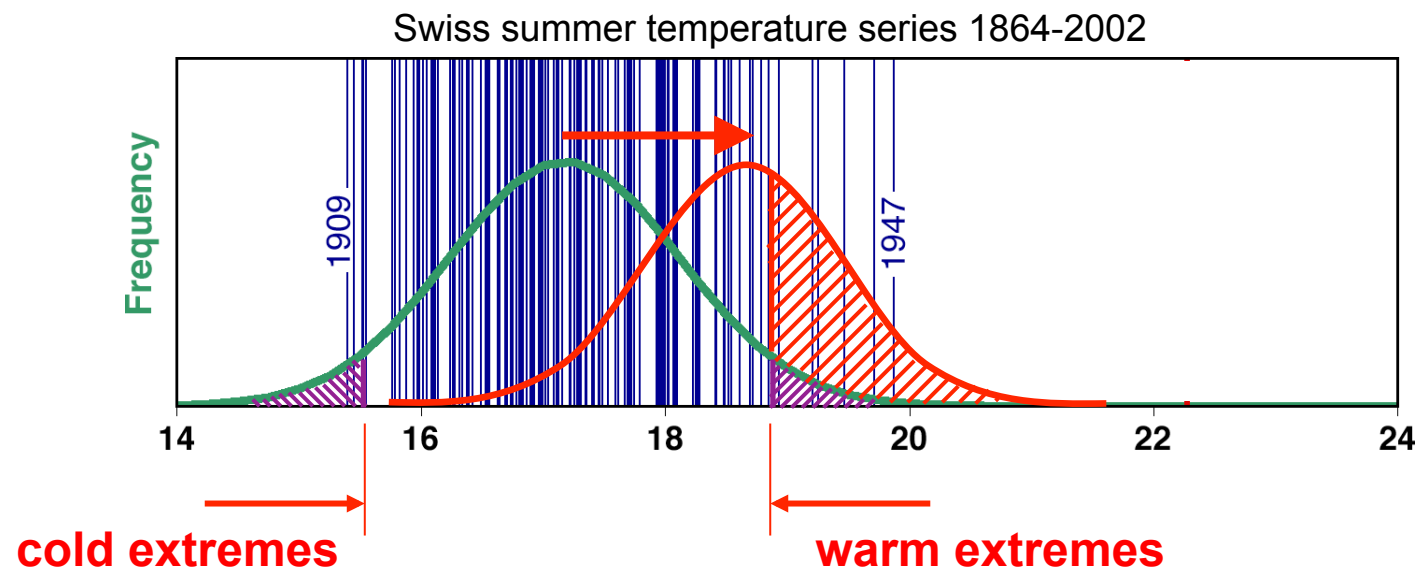
Extremereignisse

Definition mit Wahrscheinlichkeitsverteilung



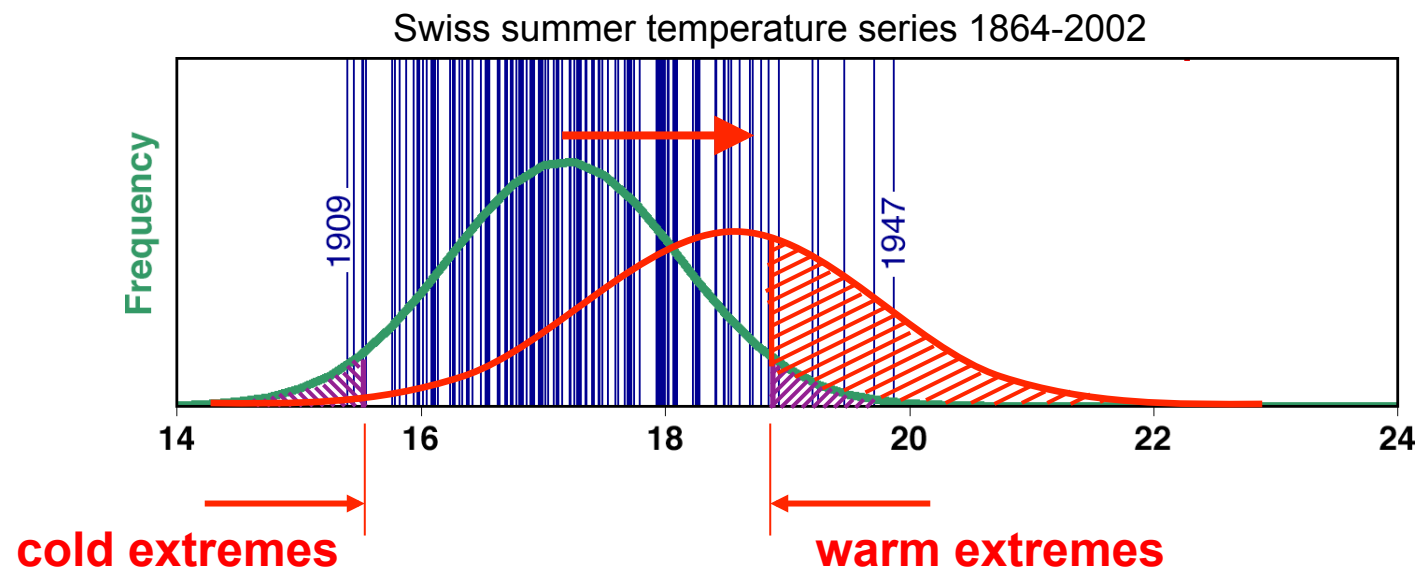
Extremereignisse sind Ereignisse welche markant vom Durchschnitt abweichen.

Extremereignisse und Klimawandel



Ein signifikanter Klimawandel führt unausweichlich zu einer Veränderung in der Häufigkeit von Extremereignissen

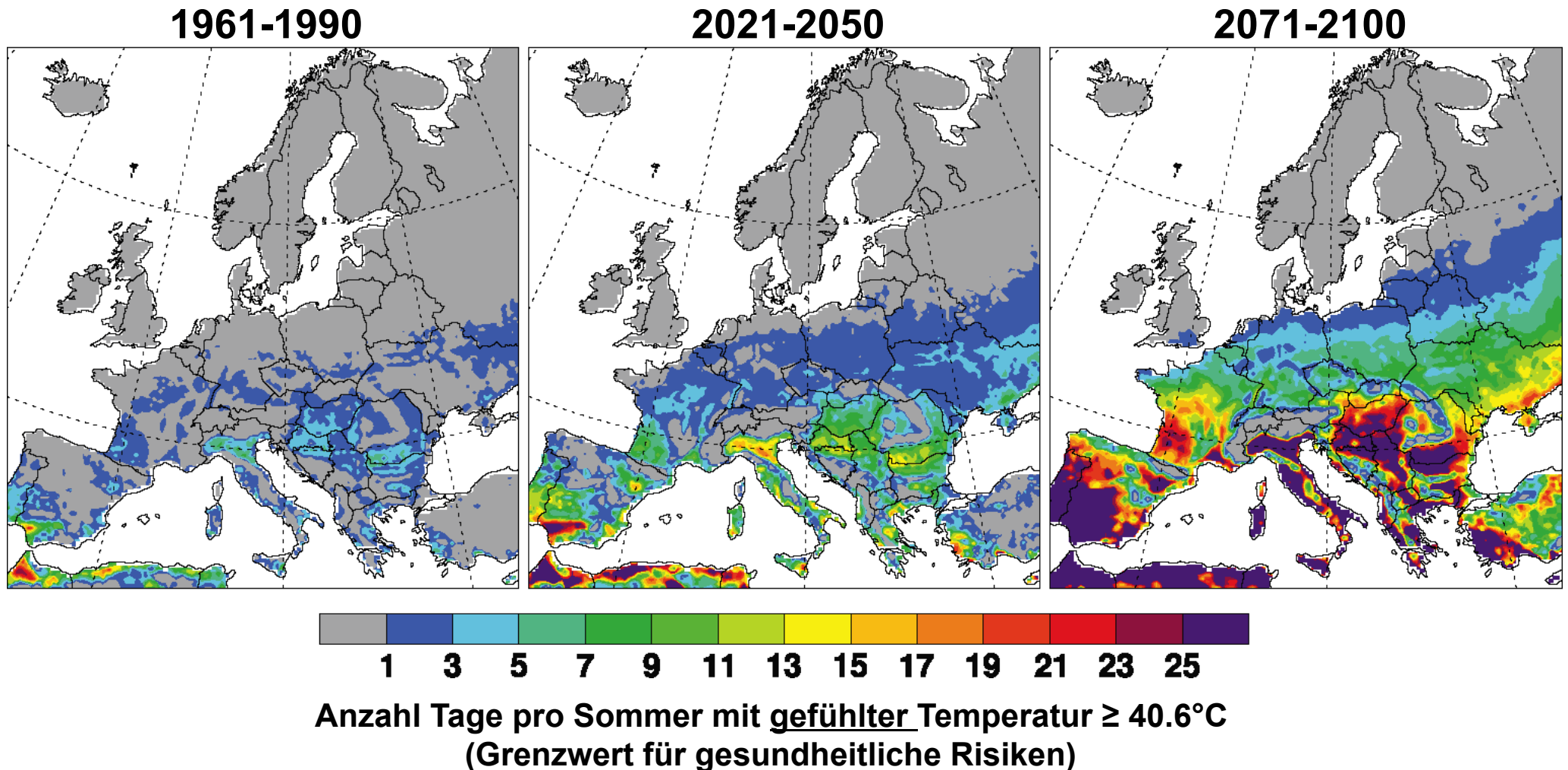
Extremereignisse und Klimawandel



Ein signifikanter Klimawandel führt unausweichlich zu einer Veränderung in der Häufigkeit von Extremereignissen

Zu berücksichtigen: Veränderungen von Mittel, Varianz, Schiefe, etc

Szenarien für Hitzewellen



Dramatische Zunahme im Mittelmeerraum (Flusstäler und Küsten)

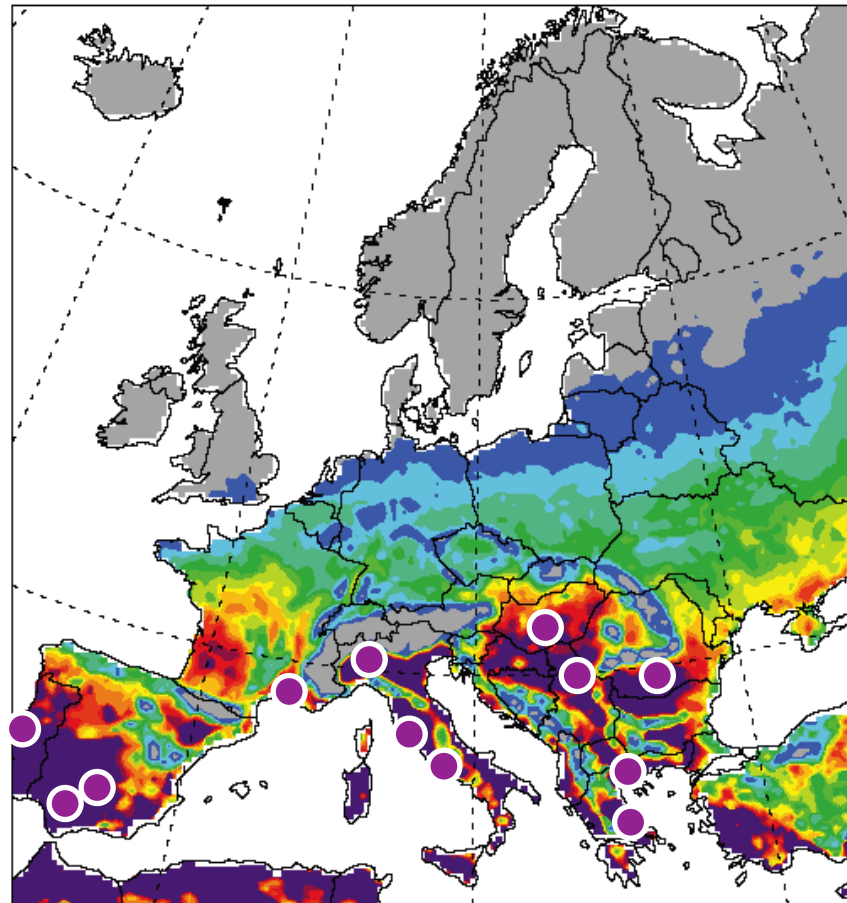
Betroffene Regionen

2071-2100

Betroffene Flusstäler

Tejo
Ebro
Rhone
Po
Tiber
Danube

**Geographisches
Muster ist robust
(verschiedene
Modelle und
Gesundheits-Indizes),
aber Amplitude ist
Modellabhängig.**



Betroffene Städte

Lisbon
Seville
Cordoba
Marseille
Milan
Roma
Napels
Budapest
Belgrade
Bucharest
Thessalonica
Athens



1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25

Anzahl Tage pro Sommer Temperatur $\geq 40.6^{\circ}\text{C}$
(Grenzwert für gesundheitliche Risiken)

Thesen

- (1) Extremereignisse sind ein natürlicher Teil des Klimas, aber ihre Häufigkeit und ihr Charakter wird sich mit dem Klimawandel verändern!**
- (2) Mit dem Klimawandel verlieren wir die Vergangenheit als Massstab für die Zukunft.**

Dimensionierung – damals und heute

Damals:

- Überlieferung subjektiv nutzen.
- Reserve geben.
- Hoffen.

“Rechnen statt beten”
(BR Moritz Leuenberger)

Heute:

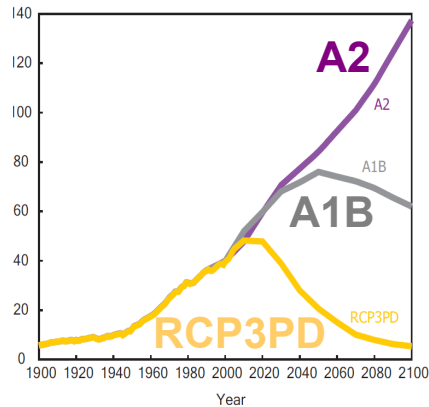
- Daten quantitativ nutzen.
- Brücke so dimensionieren, dass sie z.B. einem 100-jährigen Ereigniss standhalten kann.

Thesen

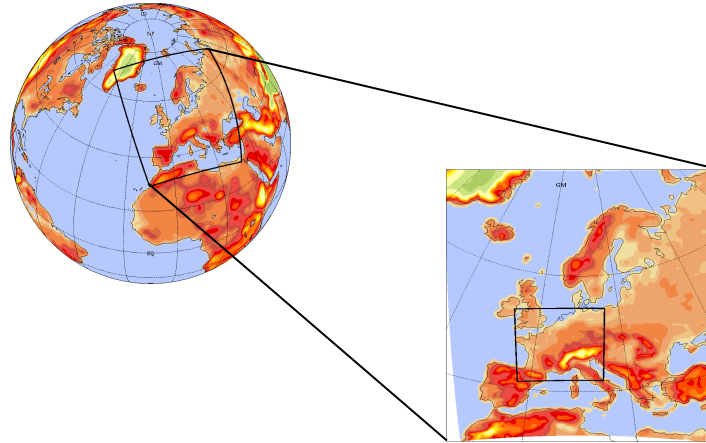
- (1) Extremereignisse sind ein natürlicher Teil des Klimas, aber ihre Häufigkeit und ihr Charakter wird sich mit dem Klimawandel verändern!**
- (2) Mit dem Klimawandel verlieren wir die Vergangenheit als Massstab für die Zukunft.**
- (3) Anpassung wird unerlässlich!
Berücksichtigung des Klimawandels notwendig!**

Szenarien für Klima und Klimafolgen

Szenarien (Treibhausgase,
Aerosole, Landnutzung)



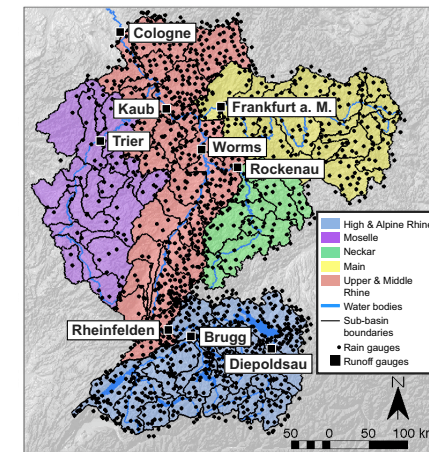
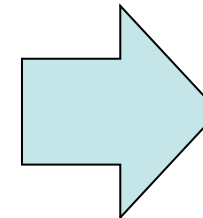
Globale Klimamodelle



Regionale Klimamodelle

Statistisches Postprocessing
Downscaling
Uncertainty Assessment

Impacts



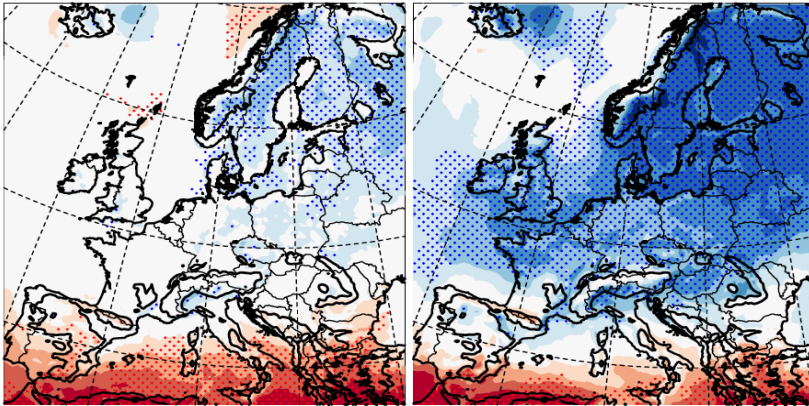
Europäisches Niederschlagsklima

Winter

ENSEMBLES, Scenario A1B, 10 models, 2079-99 vs 1970-99
(Jan Rajczak et al., submitted)

wet day fre

mean

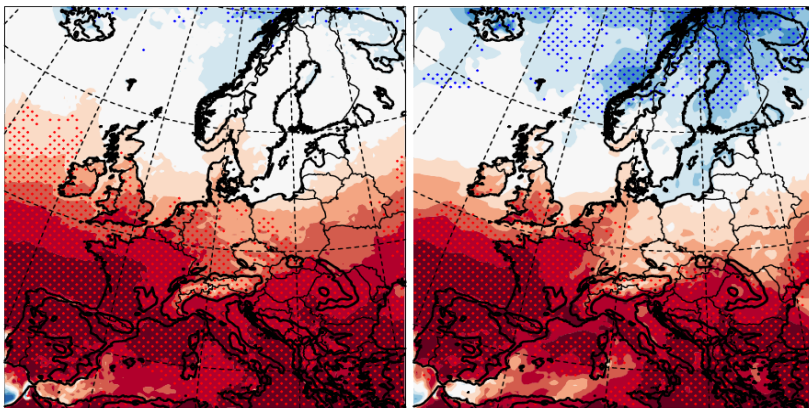


- Qualitative Übereinstimmung der Modelle:
- Zunahme (Abnahme) im Norden (Süden)
- Abhängigkeit von Jahreszeit.

Sommer

wet day fre

mean



ratio SCEN/CTRL

0.7 0.8 0.85 0.9 0.95 1.05 1.1 1.15 1.2 1.3



Veränderung der Starkniederschläge

Winter

ENSEMBLES, Scenario A1B, 10 models, 2079-99 vs 1970-99
(Jan Rajczak et al., submitted)

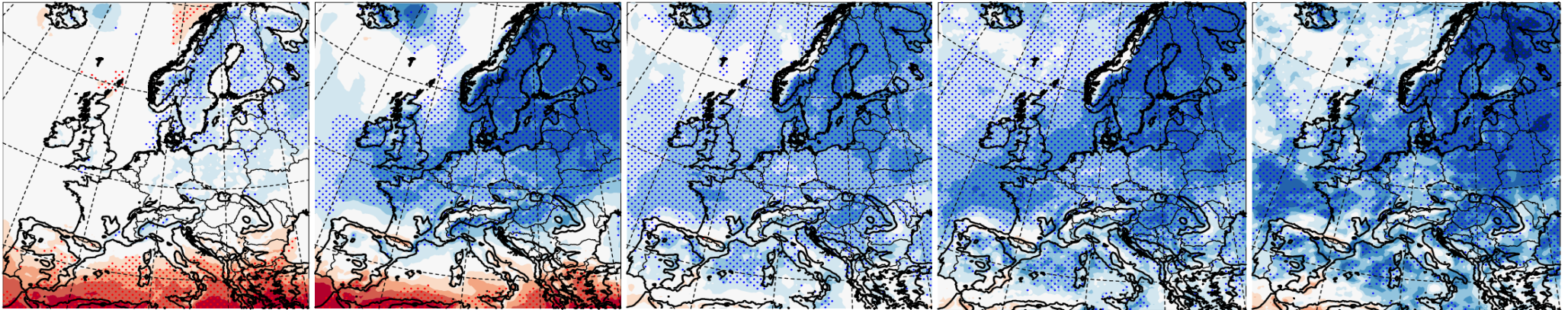
wet day fre

mean

WD int

90th percentile

5 yr events



Sommer

Nord/Süd Gradient

Zunahme der Extreme in meisten Regionen

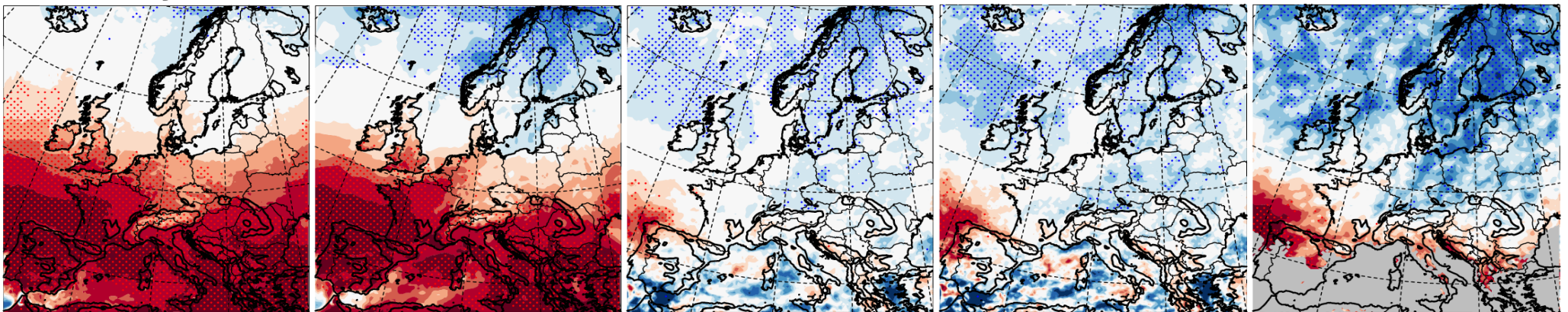
wet day fre

mean

WD int

90th percentile

5 yr events



ratio SCEN/CTRL

0.7 0.8 0.85 0.9 0.95 1.05 1.1 1.15 1.2 1.3

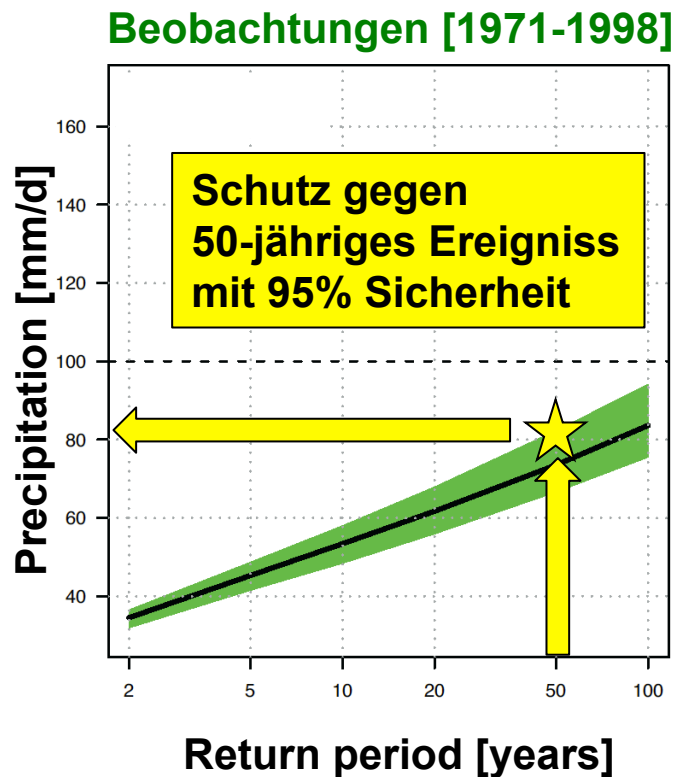
Thesen

- (1) Extremereignisse sind ein natürlicher Teil des Klimas, aber ihre Häufigkeit und ihr Charakter wird sich mit dem Klimawandel verändern!**
- (2) Mit dem Klimawandel verlieren wir die Vergangenheit als Massstab für die Zukunft.**
- (3) Anpassung wird unerlässlich!
Berücksichtigung des Klimawandels notwendig!**
- (4) Unsicherheiten sind teuer!**

Bemessung im Kontext von Starkniederschlägen

Illustration der Methodik (Nordostschweiz, Herbst):

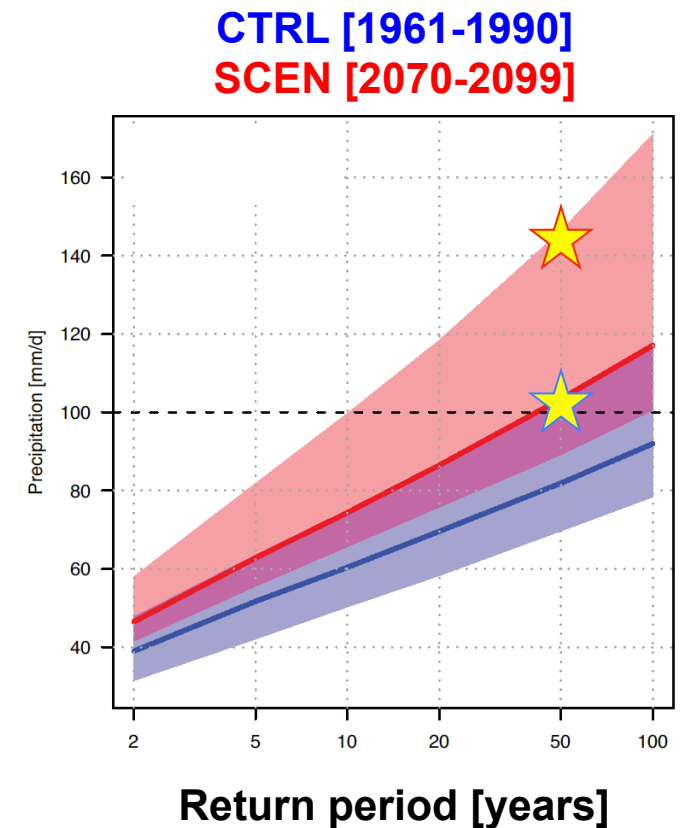
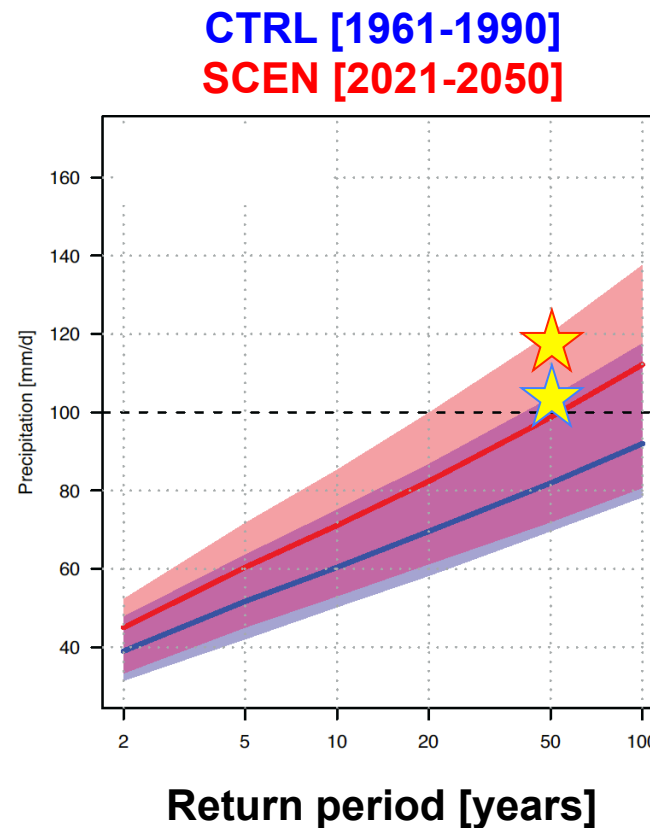
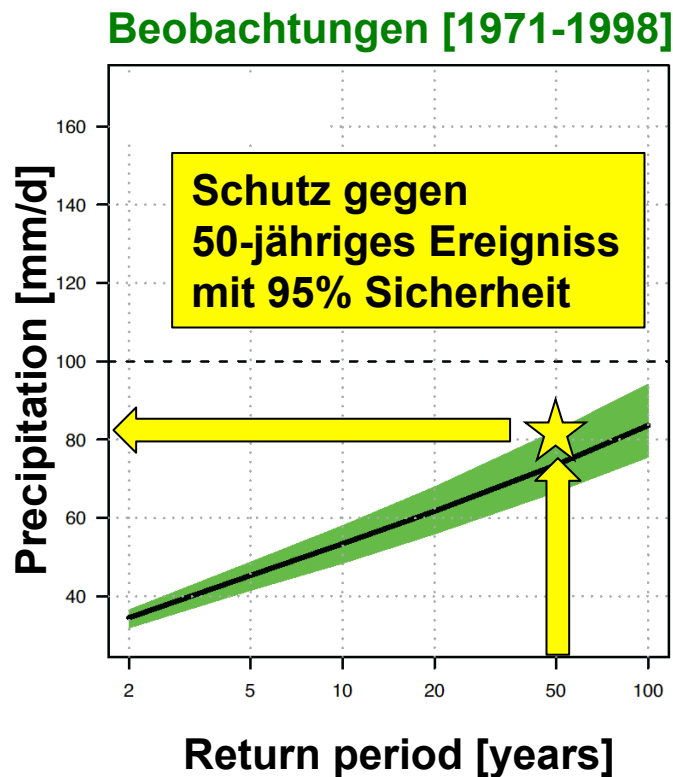
- 1-tägige Starkniederschläge
- Schätzung der Verteilung mit GEV (generalized extreme value theory)
- Schätzung der Unsicherheit mittels Bootstrapping



Bemessung im Kontext von Starkniederschlägen

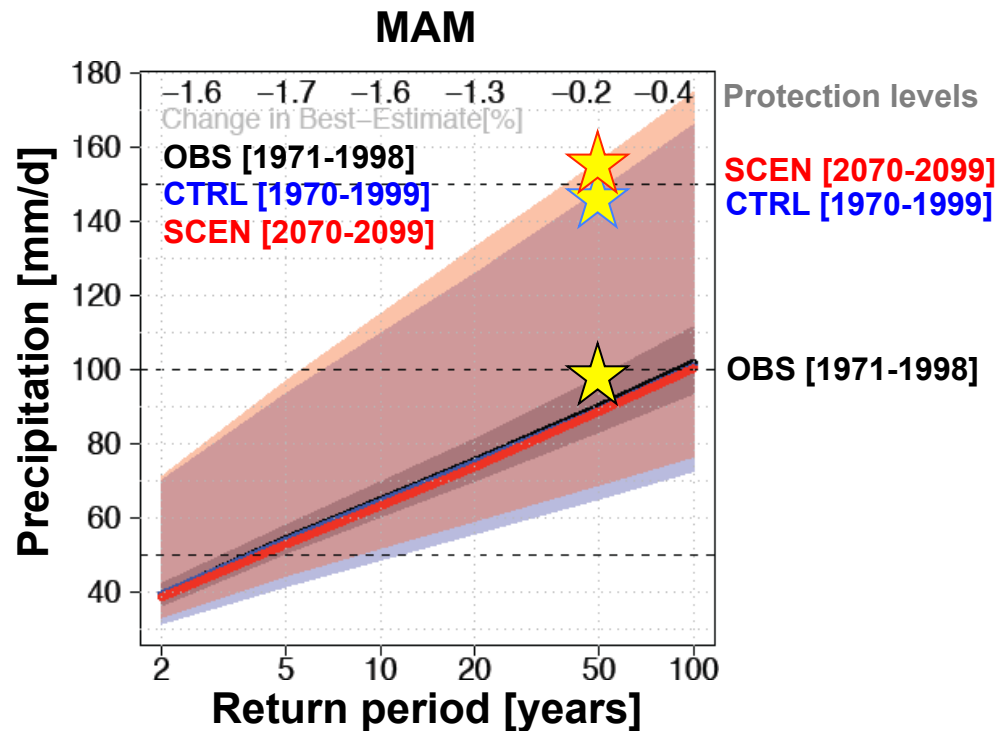
Illustration der Methodik (Nordostschweiz, Herbst):

- 1-tägige Starkniederschläge
- Schätzung der Verteilung mit GEV (generalized extreme value theory)
- Schätzung der Unsicherheit mittels Bootstrapping



Unsicherheiten sind teuer

Resultate for Alpensüdseite, 1-Tages Niederschläge, Frühjahr



**Zunahme der Unsicherheit
ist viel grösser als
projizierte Veränderung**

Zunahme der Unsicherheit hat zwei Ursachen:

- Verwendung von Modellen anstelle von Beobachtungen (Modell-Unsicherheit)
- Bessere Berücksichtigung der dekadischen Variabilität. Wurde früher unterschätzt.
(Pfister et al. 1984, 1999; Schmocker-Fackel and Naef 2010; Glur et al. 2012; Deser et al. 2012)

Fazit

Der Klimawandel ist im Gange und wird die Häufigkeit und den Charakter der Extremereignisse verändern. Anpassung an Klimawandel wird unerlässlich.

Mit dem Klimawandel verlieren wir die Vergangenheit als Massstab für die Zukunft.

Methodik zur Dimensionierung / Bemessung im Kontext des Klimawandels ist erst teilweise vorhanden.

Unsicherheiten sind teuer! Nehmen zu aufgrund von

- Klimaszenarien
- Klima- und Impactmodellen
- natürlicher Klimavariabilität