

Winterstürme mit hohem Schadenpotenzial in einem veränderten Klima (Projekt RESTER)

Michael Kunz, Monika Rauthe, Susanna Mohr, Christoph Kottmeier

Institut für Meteorologie und Klimaforschung
Universität / Forschungszentrum Karlsruhe



Vorgehen Quantifizierung Sturmgefährdung

Klima-
Projektionen

- Regionale Modelle REMO und CLM (Konsortialläufe 1+2 + IMK)
- Emissionsszenario A1B (A2, B1)
- Kontrollzeitraum: 1971-2000; Projektionszeitraum 2021-2050
- Gebiet: Baden-Württemberg / Deutschland

Statistisches
Modell

- Auswahl Stichprobe: statistisch unabhängige Ereignisse (POT/MIS)
- Extremwertstatistische Verteilungsfunktion und geeignetes Schätzverfahren für die freien Parameter

Validierung
Sturmfelder

- Validierung Böengeschwindigkeit aus Klimaprojektionen gegenüber Stationsdaten, Sturmgefährdungskarte CEDIM + ERA-40 angetriebene CLM-Rechnungen (IMK)

Änderungs-
szenarien

- Perzentile (98., 99.)
- Windgeschwindigkeiten für verschiedene Wiederkehrperioden
- **Sturmfelder: Windgeschwindigkeit und räumliche Ausdehnung**

Quantifizierung Sturmklima

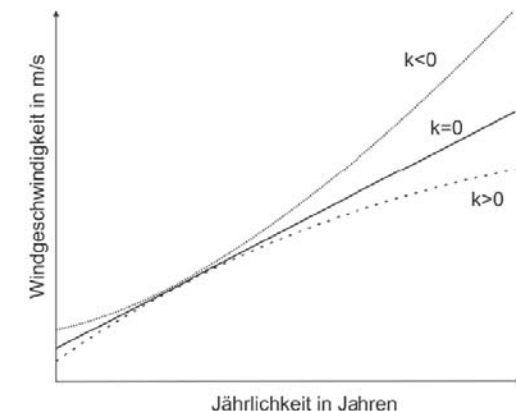
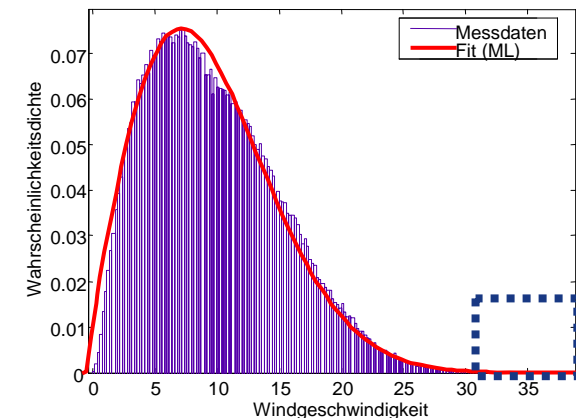
- Anwendung Extremwertstatistik **an jedem Gitterpunkt**
 - ⇒ Windgeschwindigkeit als Funktion der Wiederkehrperiode (RL): $v(RL)$
 - ⇒ Sturmklima Zukunft aus Änderung $v(RL)$ zwischen C20 und A1B

- Statistik

- Stichprobe mit Sturmereignissen
- extremwertstatistische Verteilungsfunktion
- Schätzung der freien Parameter

- Methoden (nach umfassender Evaluierung)

- „Peaks over threshold“, $t > 48$ h ⇒ Stichprobe iid
- Basis: 100 stärkste Ereignisse in 30 Jahren
- Generalisierte Paretoverteilung
- Maximum Likelihood-Schätzer für Parameter

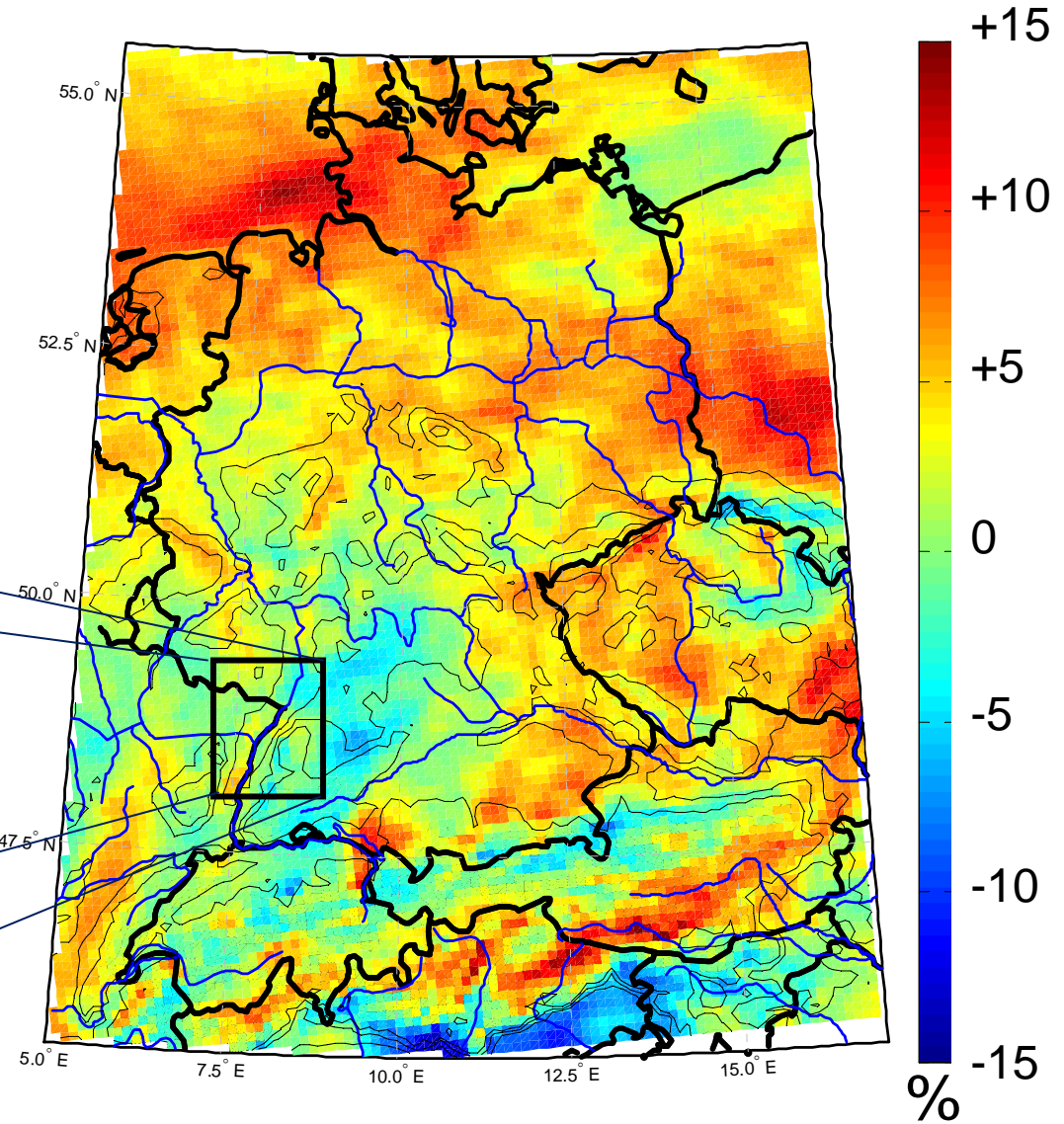
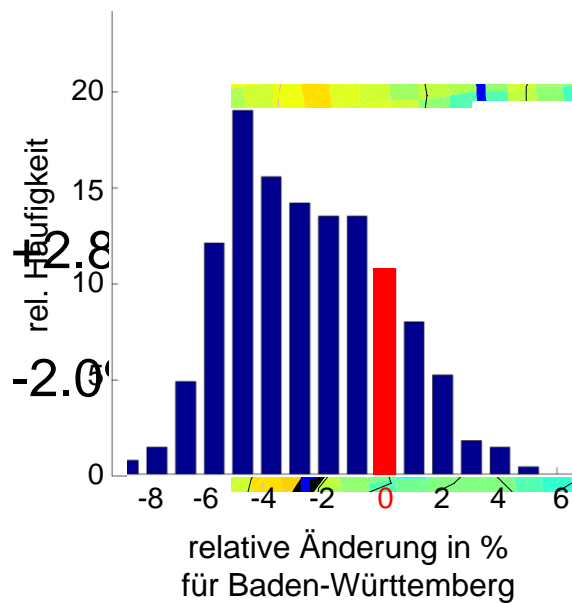


Sturmklima A1B (2021-2050) vs C20 (1971-2000)

REMO: A1B/C20

relative Änderung der
Böengeschwindigkeit
(A1B-C20)/C20

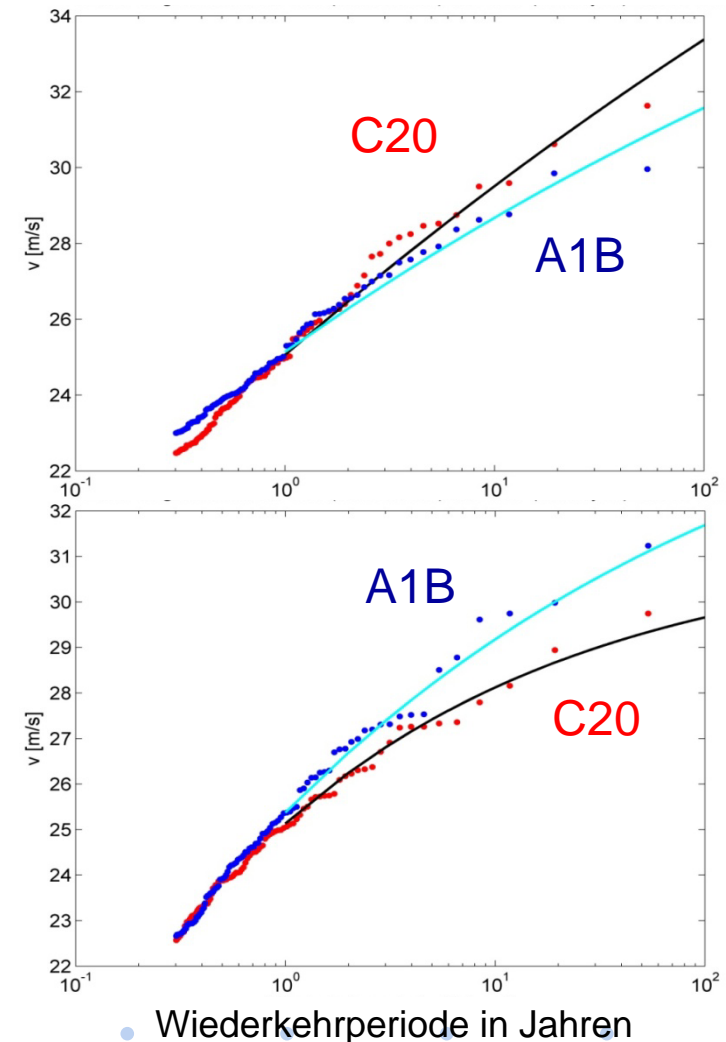
Wiederkehrperiode 10 Jahre



Sturmklima A1B (2021-2050) vs C20 (1971-2000)

REMO A1B/C20: Verteilungsfunktionen benachbarter Gitterpunkte

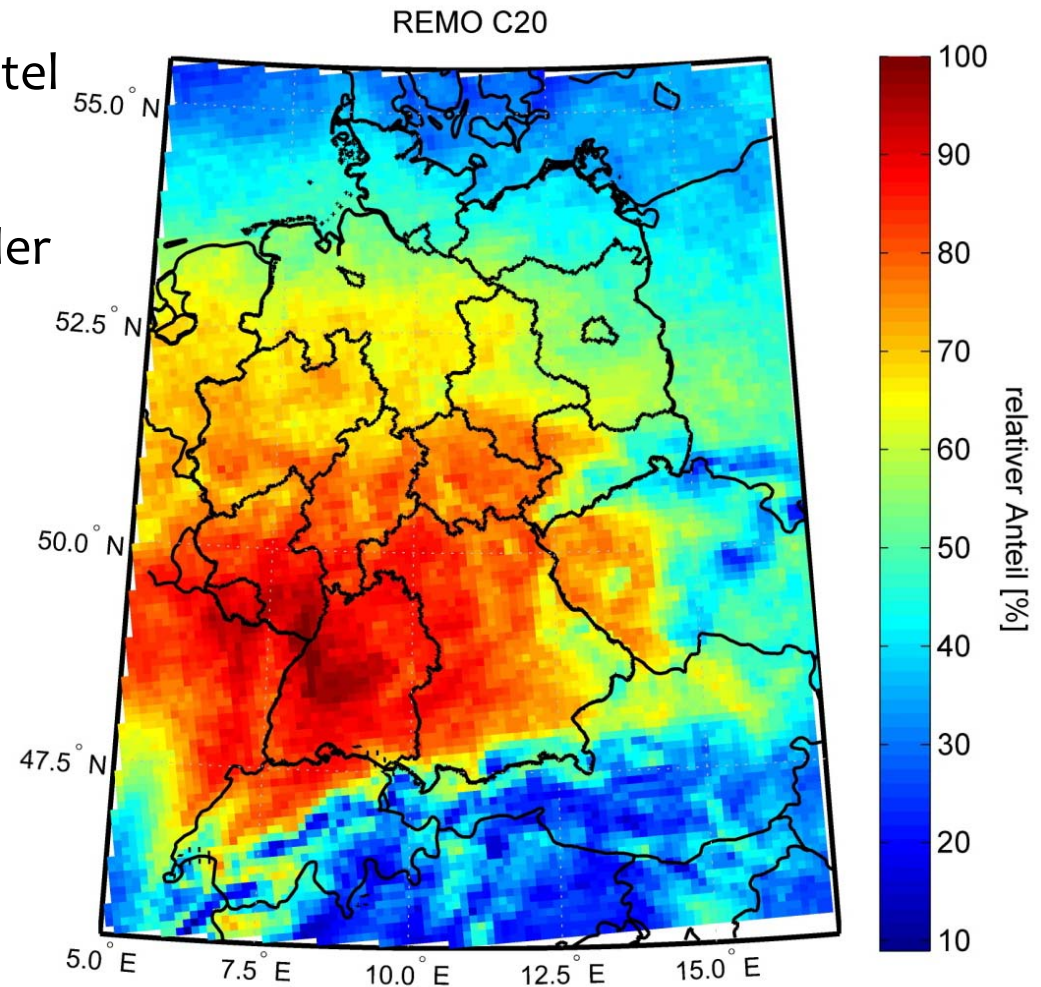
- Zukunft: **Abnahme** Böengeschwindigkeit ab Auftretenswahrscheinlichkeit $p = 1$
- Zukunft: **Zunahme** Böengeschwindigkeit im gesamten Bereich



Repräsentanz der Ereignisse

REMO C20: Übereinstimmung der Stichproben an den Gitterpunkten

- Alle Sturmereignisse aus Mittel über 10 Gitterpunkte
- Relative Übereinstimmung der Ereignisse (Datum) an den Gitterpunkten in %



Robustheit der Ergebnisse aus Klimaprojektionen

„Ensemblebetrachtung“: Verwendung mehrerer regionaler Klimamodelle

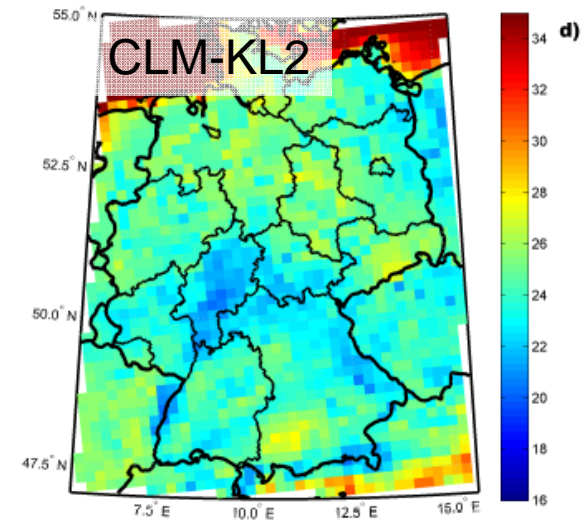
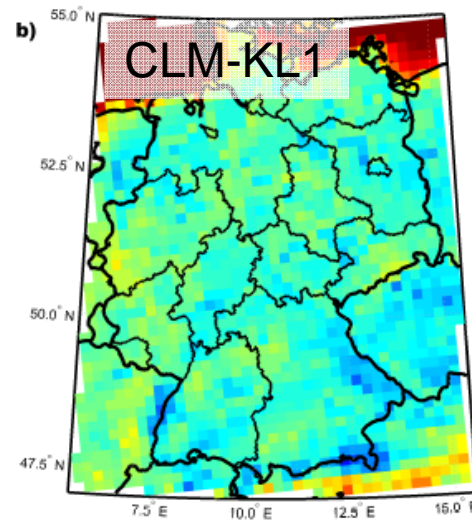
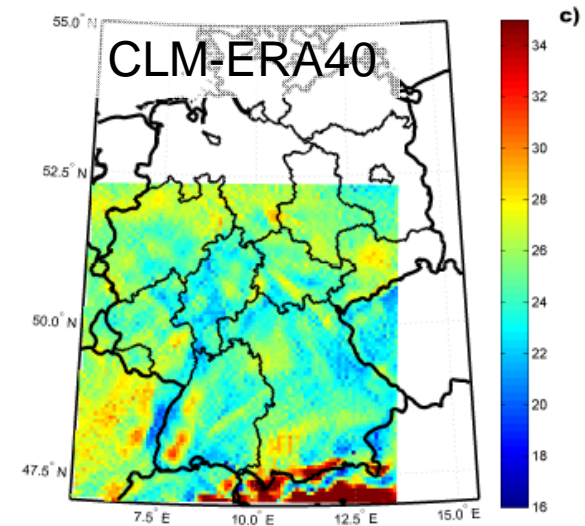
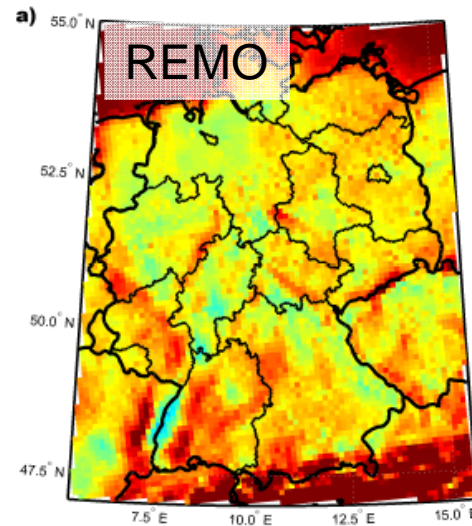
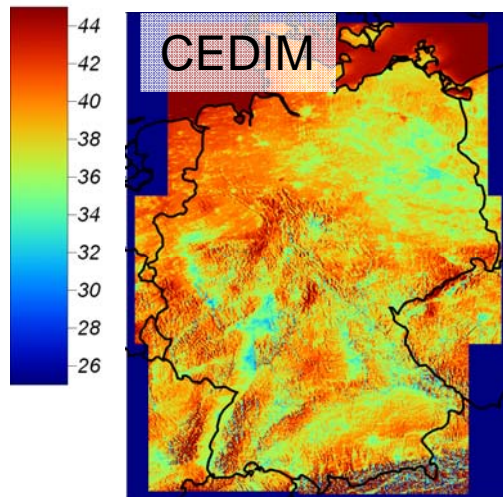
	REMO-UBA	CLM-KL	CLM-ERA40	CLM-IMK
Gebiet	D A CH	Europa	Mitteleuropa-S	<i>Mitteleuropa-S</i>
Antrieb	ECHAM5/MPI	ECHAM5/MPI	ECHAM5/MPI	<i>ECHAM5/MPI</i>
Lauf	1 (1860)	1,2,334	1	<i>1,3</i>
Auflösung	0.088° ≈ 10 km	0.167° ≈ 20 km	0.0625° ≈ 7 km	<i>0.0625° ≈ 7 km</i>
SRES	C20, A1B, A2,	C20, A1B, A2,	C20	<i>C20,A1B</i>
Format	REG	netCDF	netCDF	<i>netCDF</i>

Vergleich der regionalen Modelle: C20 (1971-2000)

Kontrollzeitraum C20

Böengeschwindigkeit

Wiederkehrperiode
10 Jahre



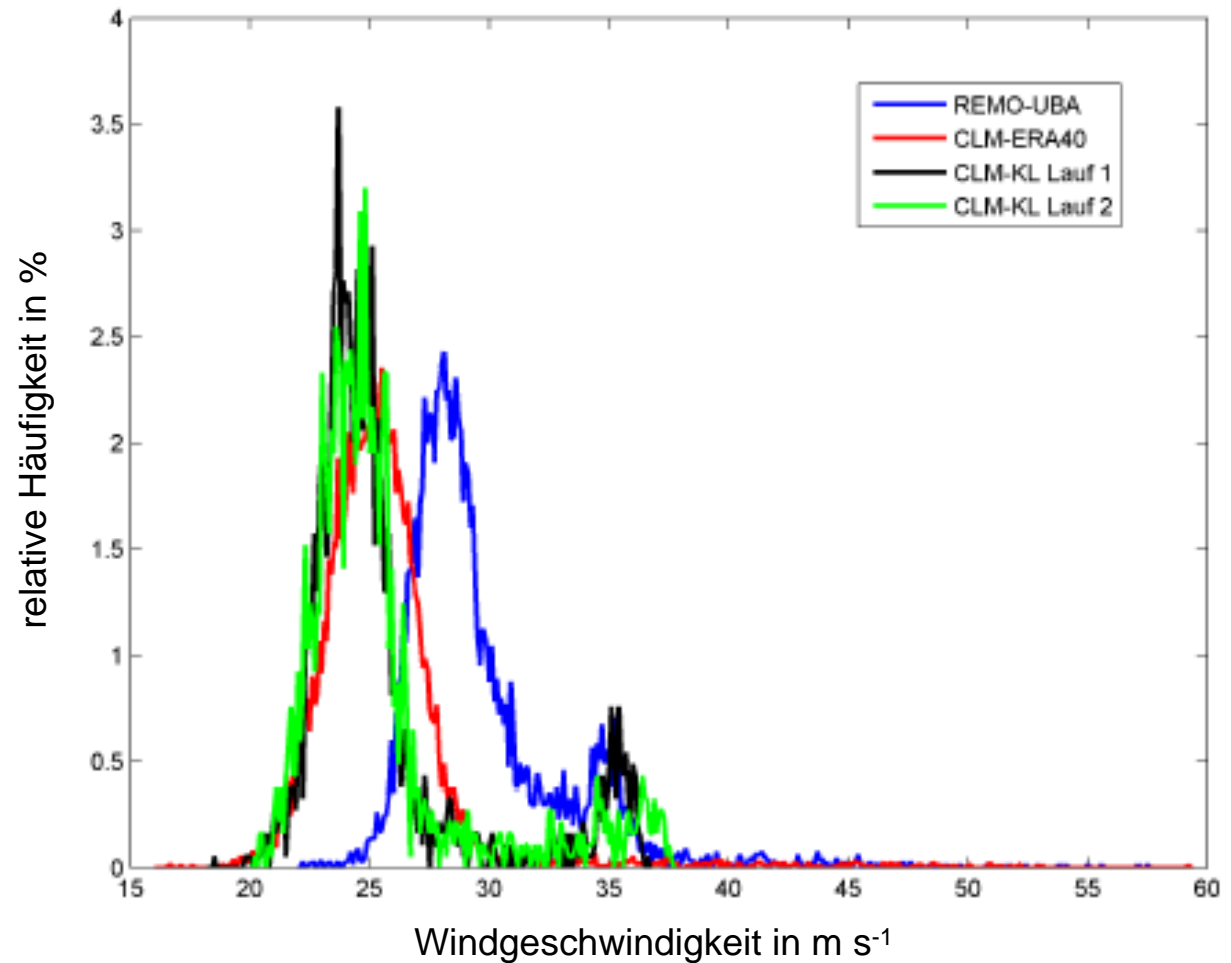
Vergleich der regionalen Modelle: C20 (1971-2000)

Kontrollzeitraum C20

Böengeschwindigkeit

Wiederkehrperiode
10 Jahre

Gebiet: Deutschland

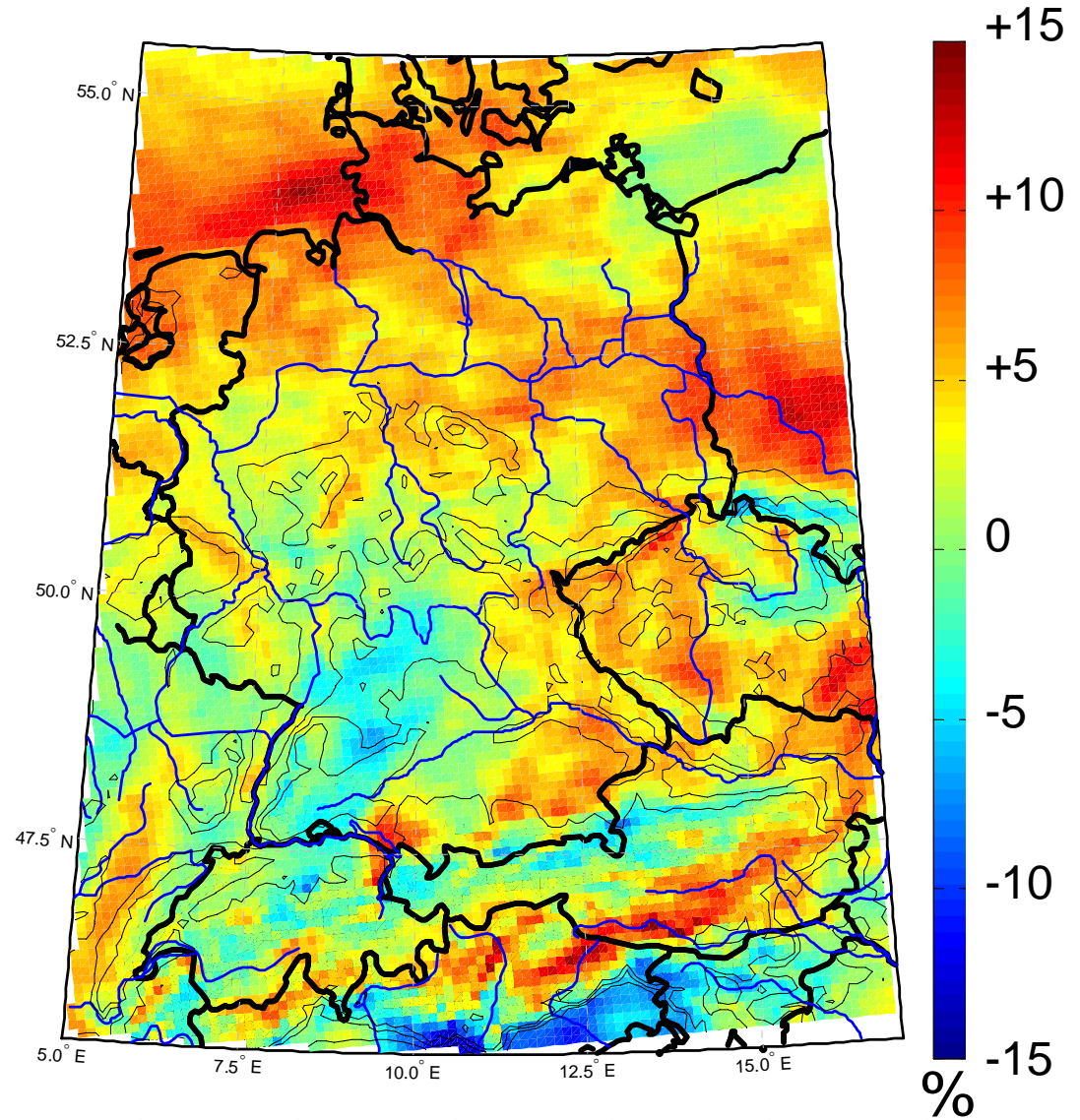
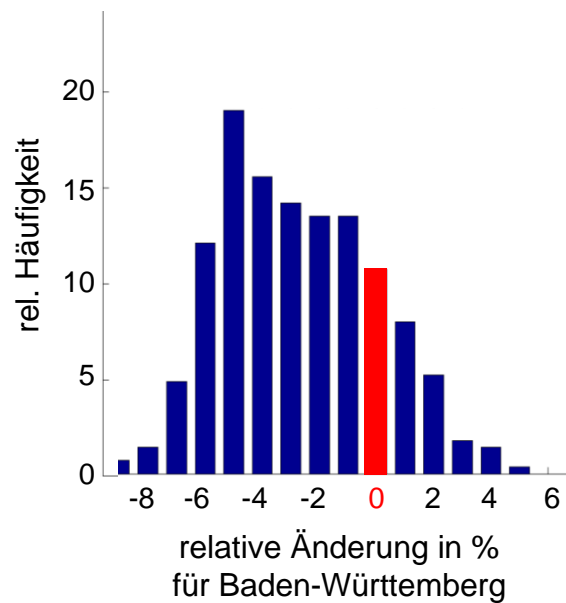


Sturmklima A1B (2021-2050) vs C20 (1971-2000)

REMO: A1B/C20

relative Änderung
Böengeschwindigkeit
(A1B-C20)/C20

Wiederkehrperiode 10 Jahre

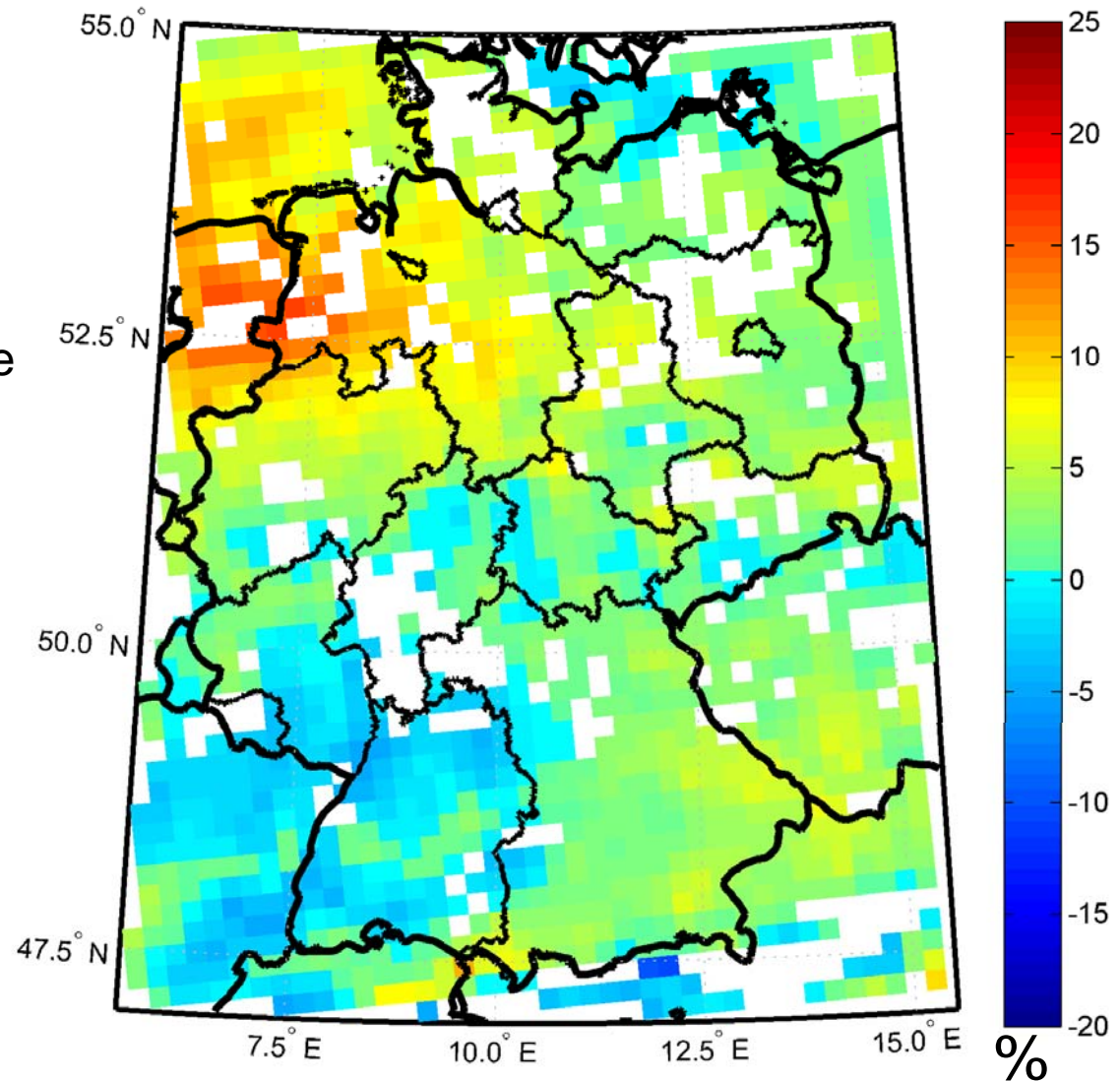
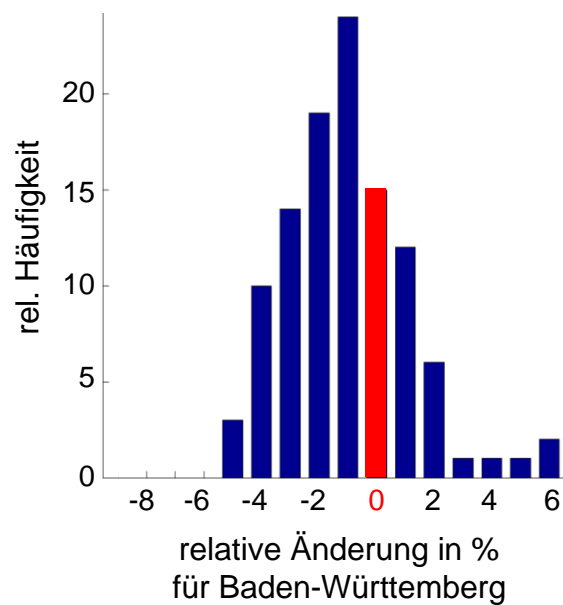


Sturmklima A1B (2021-2050) vs C20 (1971-2000)

CLM-KL1: A1B/C20

relative Änderung
Böengeschwindigkeit
(A1B-C20)/C20

Wiederkehrperiode 10 Jahre

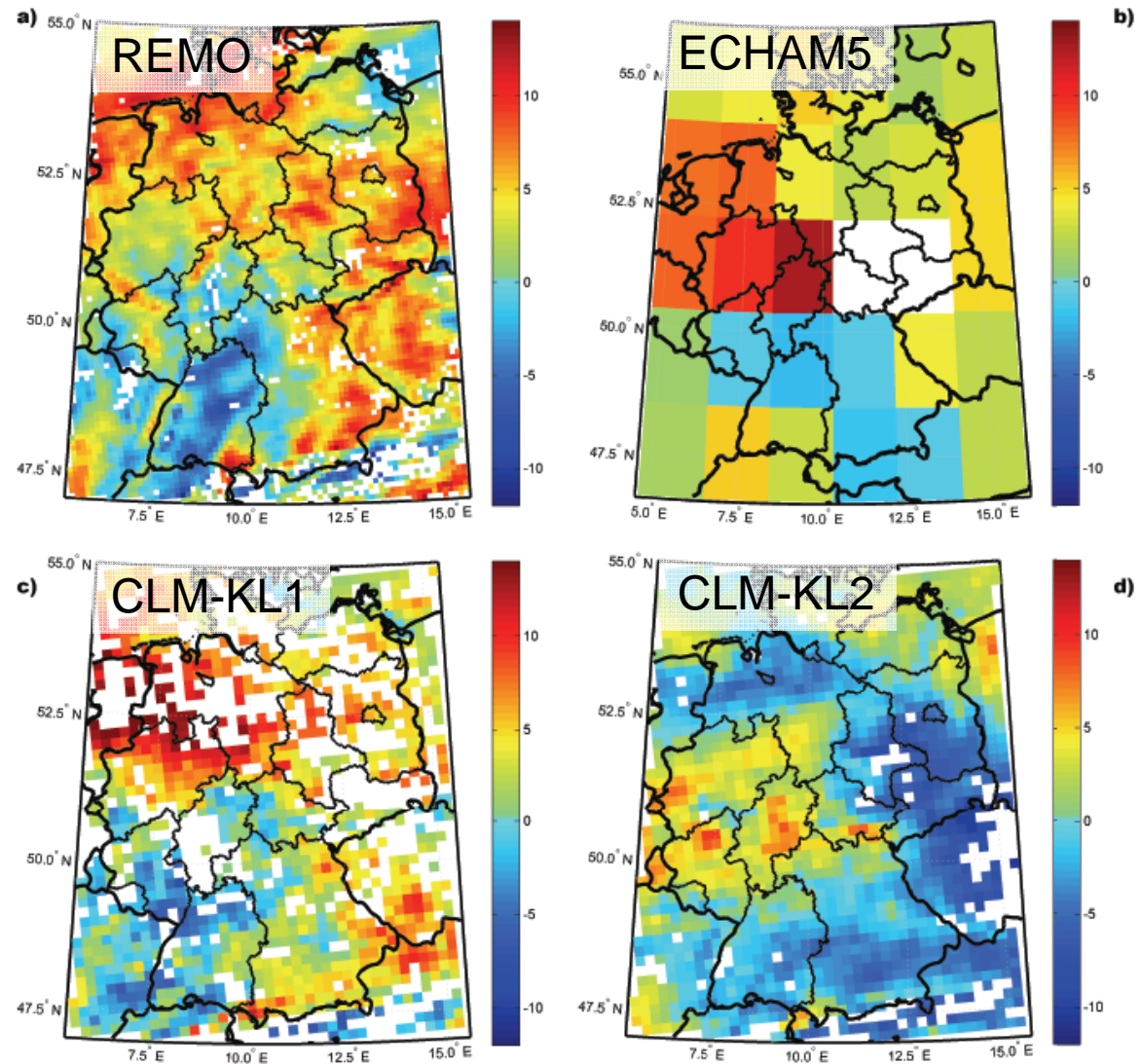


Vergleich der regionalen Modelle: Änderung A1B vs C20

Projektionszeit. A1B

relative Änderung der
Böengeschwindigkeit
(A1B-C20)/C20

Wiederkehrperiode
10 Jahre

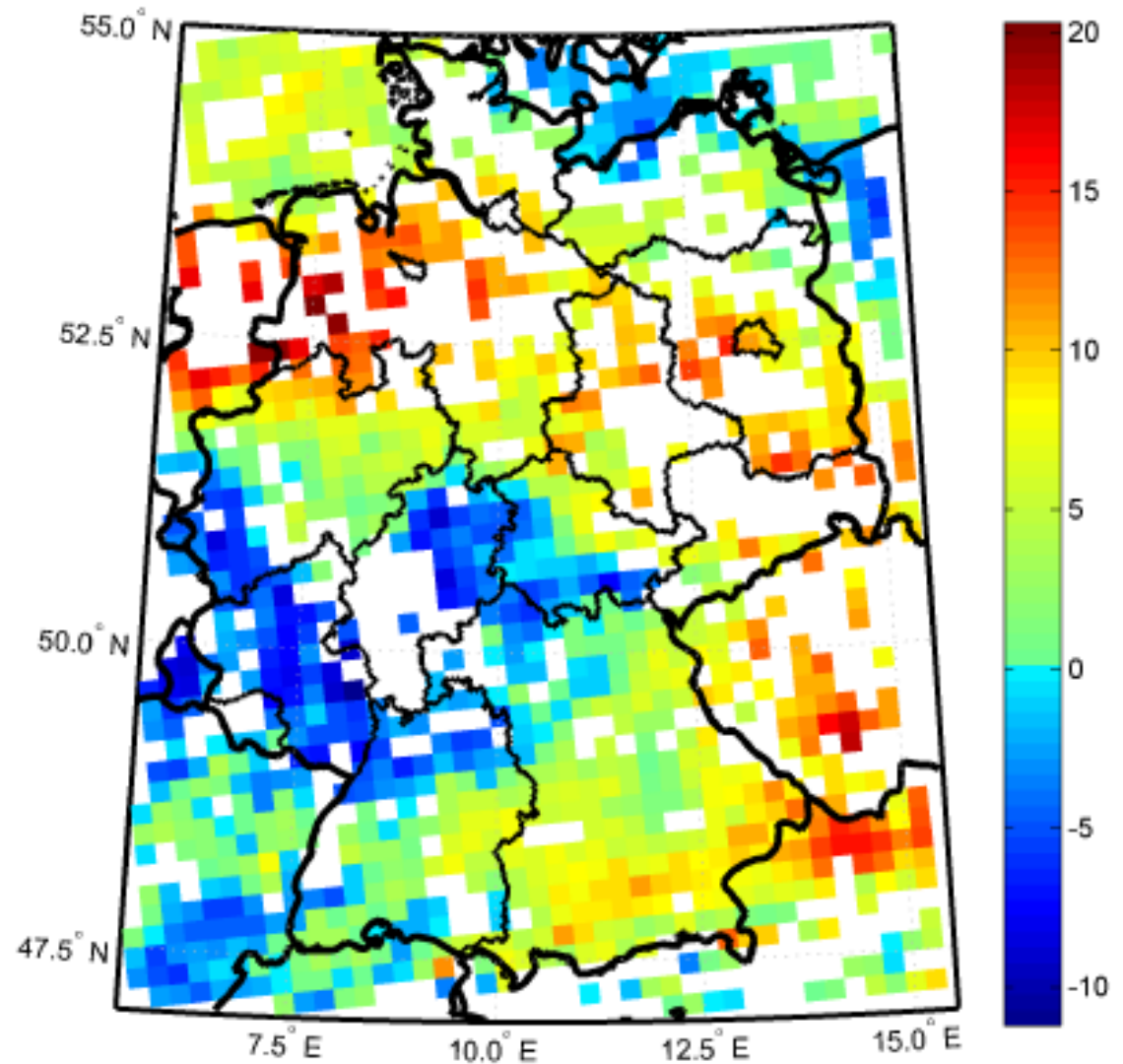


Differenz der CLM-KL Läufe (A1B vs C20)

Projektionszeit. A1B

relative Differenz zwischen
CLM-KL1 und -KL2 der
Böengeschwindigkeit
(A1B-C20)/C20

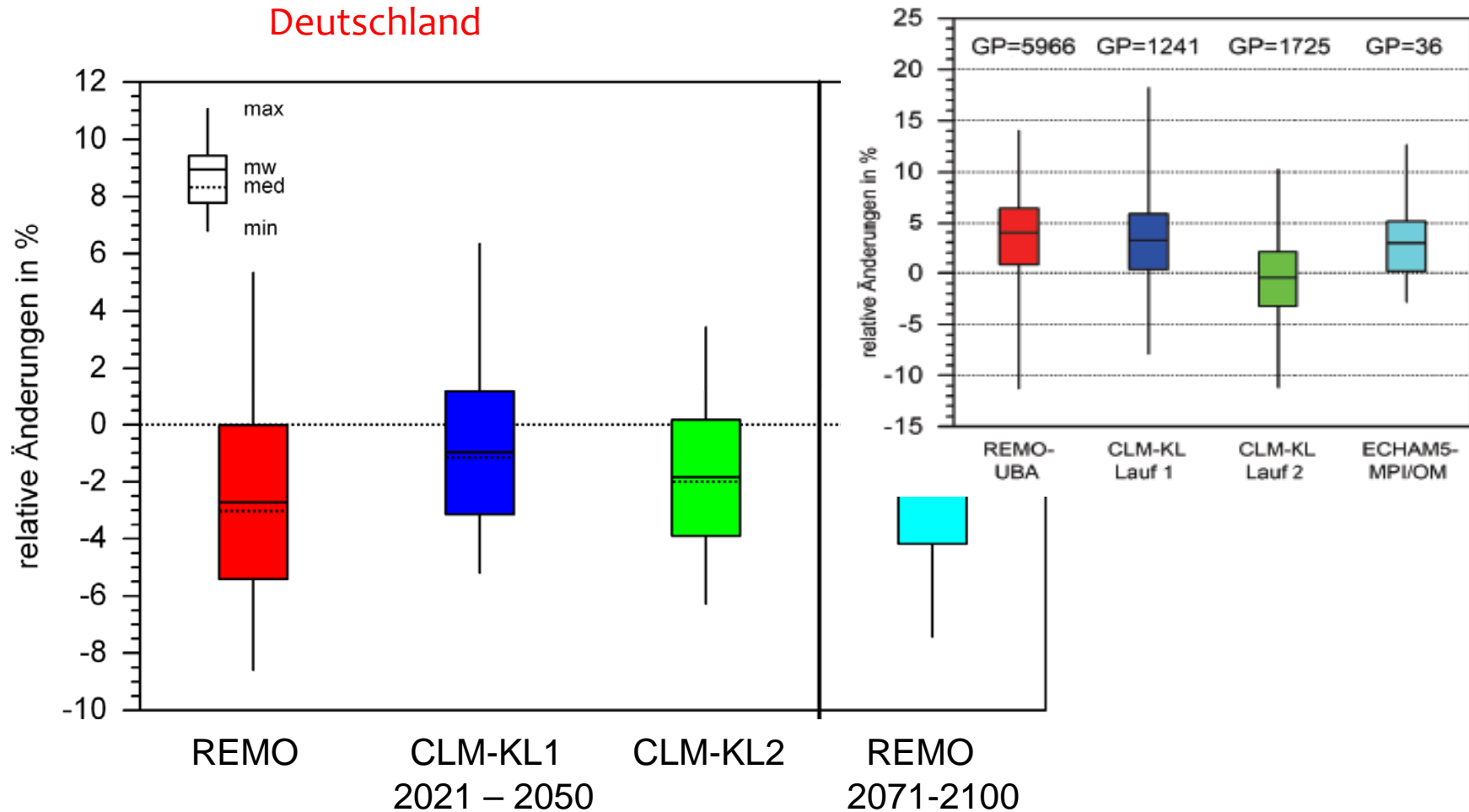
Wiederkehrperiode
10 Jahre



Änderungsszenarien Windgeschwindigkeit A1B/C20

- Relative Änderungen Böengeschwindigkeit für eine Wiederkehrperiode von 10 a
- Gitterpunkte Baden-Württemberg

Deutschland



Ausblick: Berücksichtigung räumliche Ausdehnung Stürme

- Kumulschaden durch Winterstürme bestimmt von:
 - Böengeschwindigkeit
 - räumliche Ausdehnung des Windfelds

Lothar 1999



Kyrrill 2007



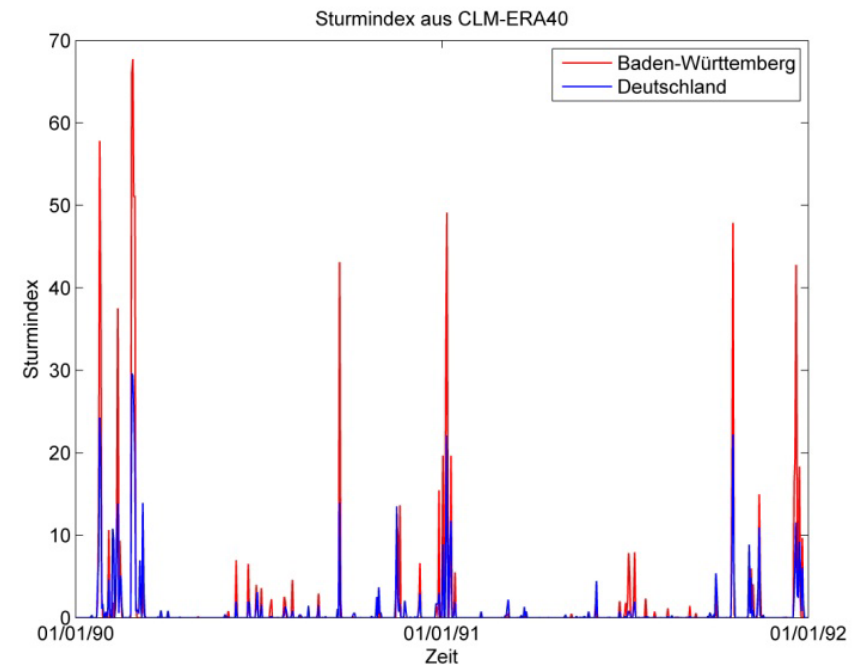
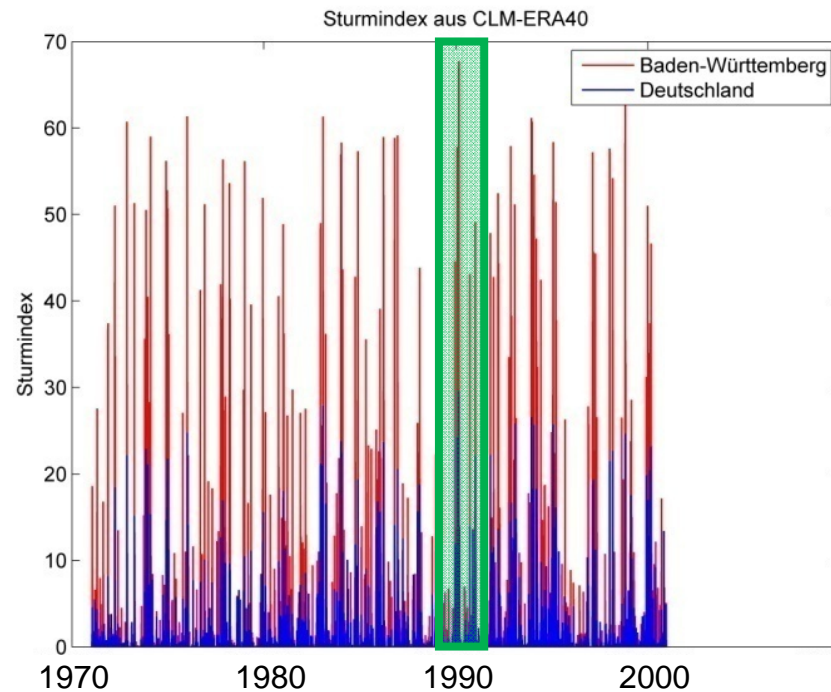
(Deutsche Rück, 1999, 2007)

Ausblick: Berücksichtigung räumliche Ausdehnung Stürme

- Sturmindices: räumliche Integration Perzentile Windgeschwindigkeit, normiert mit Sturmklimatologie

- z.B.
$$Sfq95(t) = \sum_{x,y \in \Delta_\delta} \mathbb{1}_{\{>1\}} \left(\frac{w(x,y,t)}{q95(x,y)} \right) \cdot \kappa(x,y) \frac{w(x,y,t)}{q95(x,y)}$$

$$\mathbb{1}_{\{>1\}} = \begin{cases} 1 : \left(\frac{w(x,y,t)}{q95(x,y)} \right) > 1 \\ 0 : \text{otherwise} \end{cases}$$



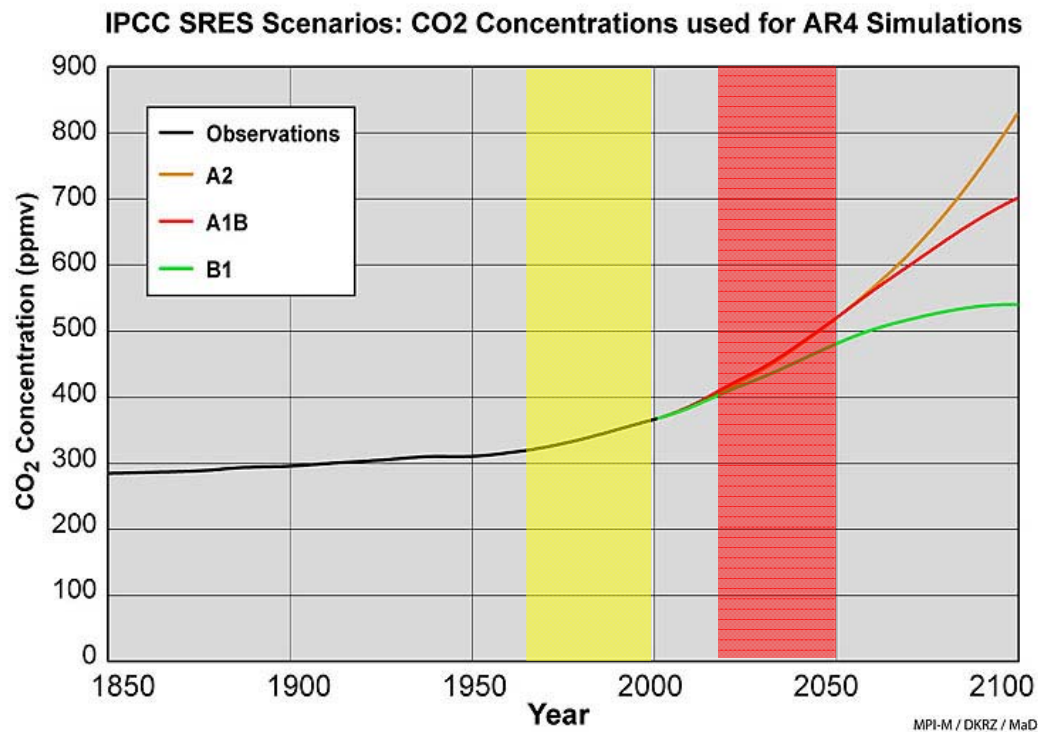
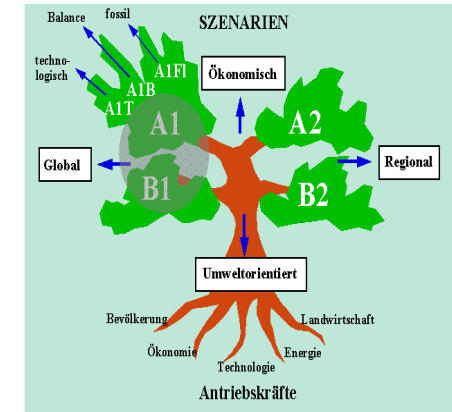
Schlussfolgerungen und Ausblick

- Regionale Klimamodellierung notwendig für „realistische“ Wiedergabe von Extremereignissen; nicht enthalten in Globalmodell
- Ergebnisse sind sensitiv auf zugrunde liegender Statistik: Verteilungsfunktion und Parameterschätzverfahren
- Starke, aber systematische Unterschätzung der Windgeschwindigkeiten durch alle regionalen Klimamodelle
- Bisheriges Ergebnis der geringen Änderung des Sturmklimas in Baden-Württemberg (REMO) wird durch weitere Klimaprojektionen bestätigt
- Zukunft:
 - Berücksichtigung der räumlichen Ausdehnung der Sturmereignisse
 - Detektion und Analyse der Zugbahnen / Zyklinendichte
 - hoch auflösende Simulationen: verbesserte Wiedergabe Orografie???



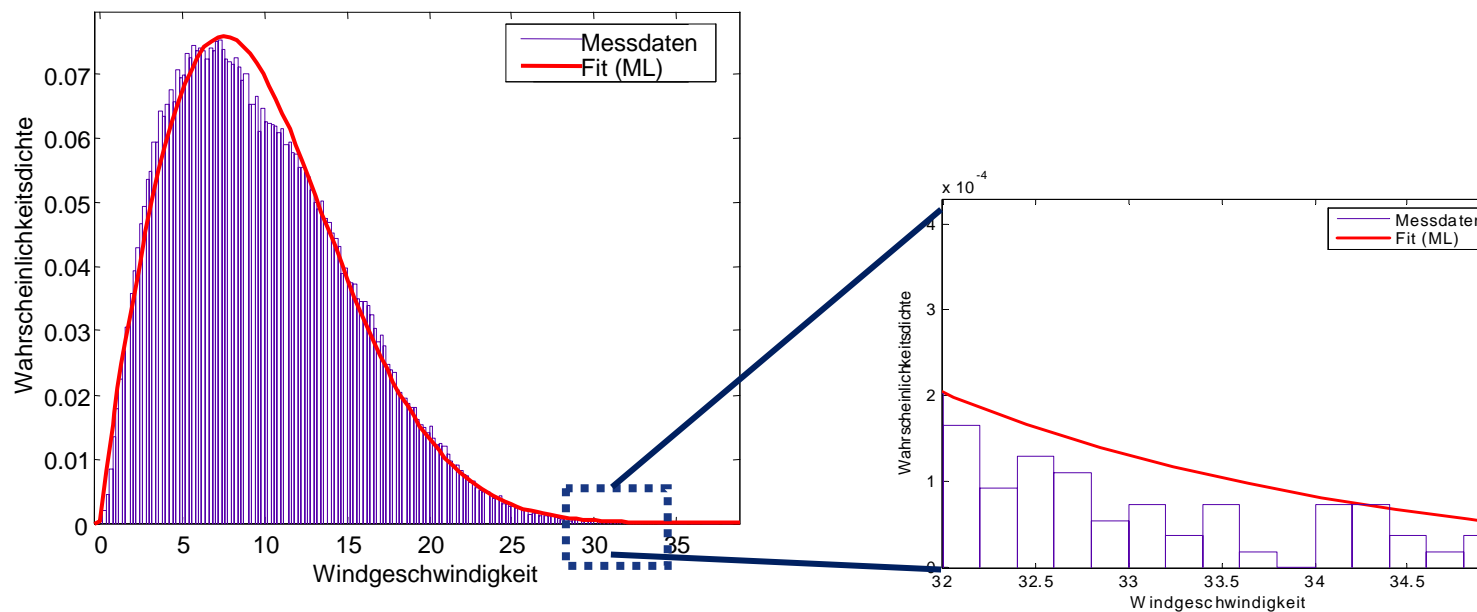
Klimaprojektionen SRES / ECHAM-5 / REMO

- Emissionsszenario IPCC-SRES: A1B
- Zeiträume: 1971-2000 (C20) sowie 2021-2050 (A1B)



Statistische Beschreibung der Windgeschwindigkeit

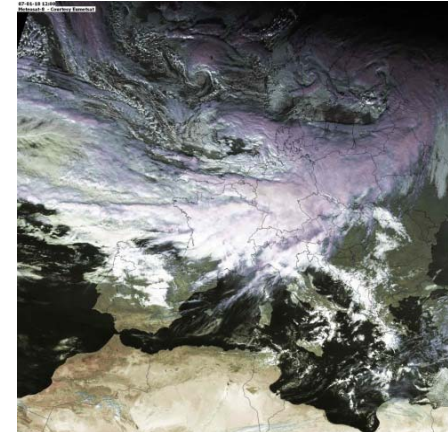
- Schätzung extremwertstatistischen Verteilungsfunktion für jeden Gitterpunkt
 - ⇒ Windgeschwindigkeit als Funktion der Wiederkehrperiode (RL)
 - Auswahl der zu berücksichtigenden Ereignisse
 - Auswahl einer geeigneten extremwertstatistischen Verteilungsfunktion
 - Schätzung der freien Parameter



Ziele und offene Fragestellungen

Ziele

- ✘ Quantifizierung der gegenwärtigen und zukünftigen Sturmgefährdung durch regionale Klimaprojektionen
- ✘ Evaluierung/Anpassung der Modellergebnisse
- ✘ In wie weit können hoch aufgelöste Simulationen die (veränderte) Schadensanfälligkeit von Wäldern wiedergeben?



Fragen

- ✘ Wie hängen die Ergebnisse von der Statistik ab?
- ✘ Wodurch resultieren starke räumliche Gradienten?
- ✘ Wie robust sind die Aussagen aus den Klimaprojektionen?
- ✘ Wie können Sturmfelder charakterisiert werden?

