

Winterstürme mit hohem Schaden- potenzial in einem veränderten Klima: ein regionaler Ansatz

Monika Rauthe, Michael Kunz, Ralph Lux, Susanna Mohr

Institut für Meteorologie und Klimaforschung
Universität / Forschungszentrum Karlsruhe



Motivation

Problem

- Hohes Gefährdungspotential durch extreme Winterstürme mit geringer Auftretenswahrscheinlichkeit
- Durch Klimawandel verändertes Sturmklima in der Zukunft auf regionaler Skala nicht hinreichend bekannt
- Anpassungsstrategien für Wälder müssen langfristig sein



Ziele

- Quantifizierung der (gegenwärtigen) zukünftigen Sturmgefährdung aus regionalen Klimaprojektionen
- Projekt **RESTER**: Entwicklung von „Strategien zur Reduzierung des **St**urmschadensrisikos für **Wälder**“:



Verbundprojekt
„Herausforderung
Klimawandel“

Sturmklimatologie in einem veränderten Klima

**Klima-
Projektionen**

- regionale Klimamodelle z.B. REMO (MPI Hamburg)
- Gebiet: Baden-Württemberg / Deutschland

**Statistisches
Modell**

- Bestimmung statistisch unabhängige Sturmereignisse
- Schätzung Verteilungsfunktion / freie Parameter

**Validierung
Sturmfelder**

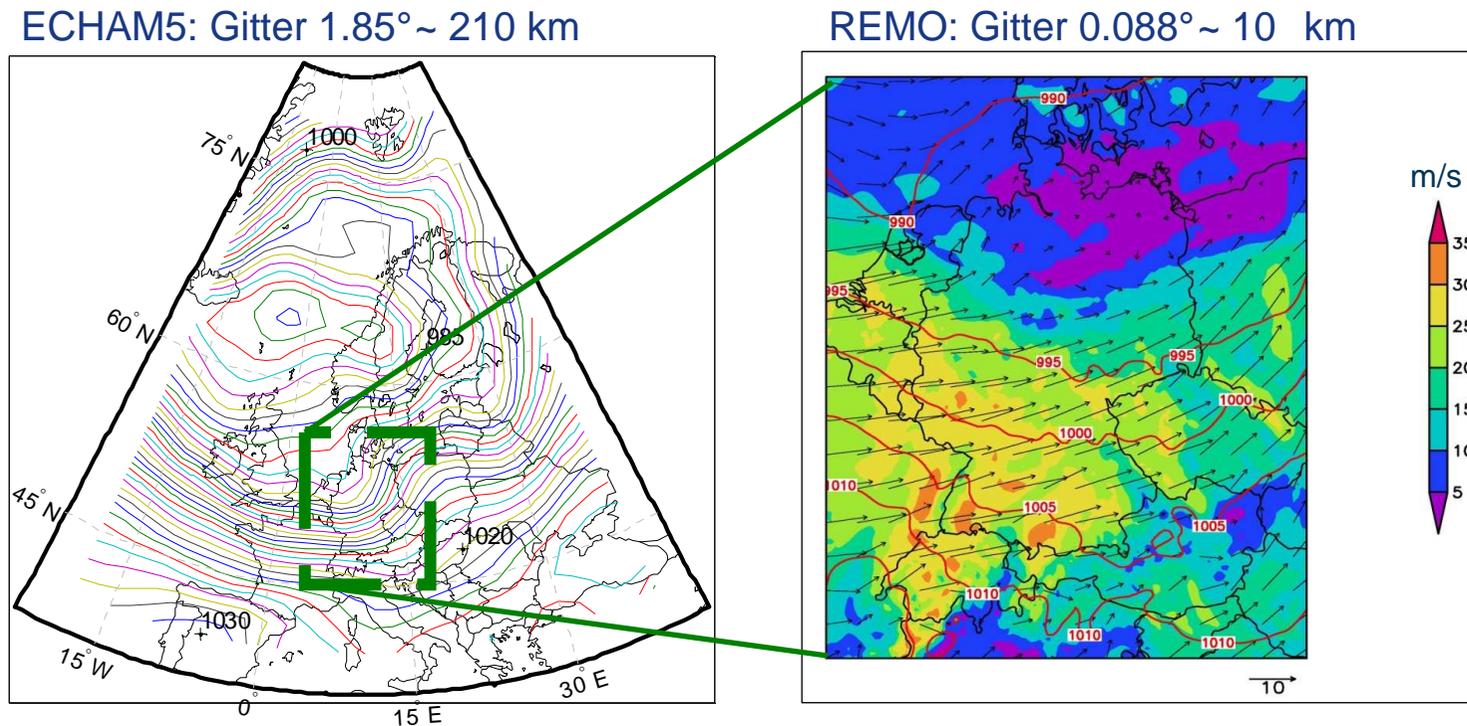
- Klimarechnungen Kontrollperiode vs Stationsdaten / Sturmgefährdungskarte CEDIM

**Änderungs-
szenarien**

- Vergleich Windgeschwindigkeiten für verschiedene Auftretenswahrscheinlichkeiten

Klimaprojektionen SRES / ECHAM-5 / REMO

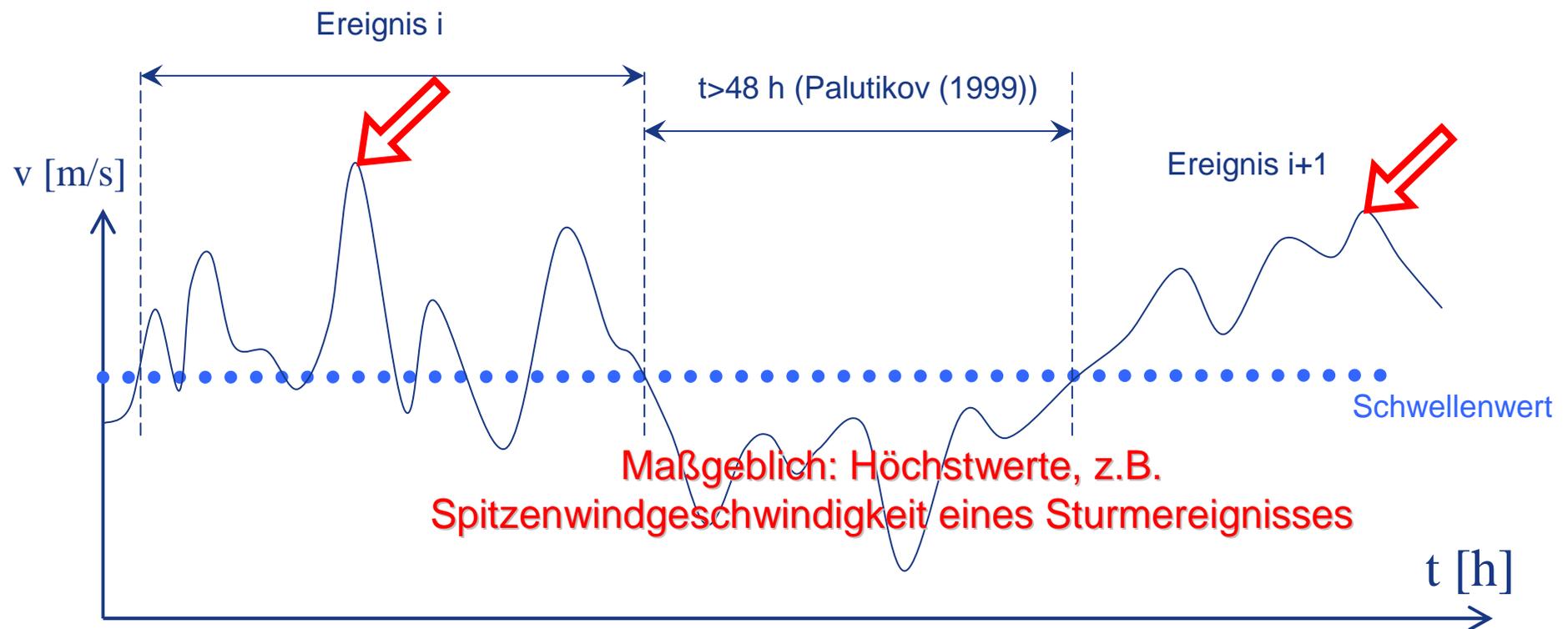
- mittleres Emissionsszenario IPCC-SRES: A1B
- Zeiträume: 1971-2000 (**C20**) sowie 2021-2050 (**A1B**)
- Dynamisches Downscaling von ECHAM5 durch REMO (beide MPI Hamburg)



- Schätzung extremwertstatistischer Verteilungsfunktionen für jeden Gitterpunkt
⇒ Böengeschwindigkeit als Funktion der Wiederkehrperiode (RL)

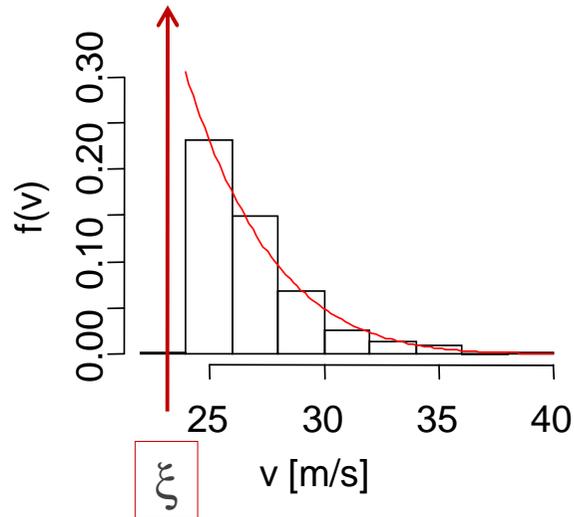
Identifikation stärkste Sturmereignisse

- **POT** (Peaks over Threshold): Datenfilterung
- **MIS** (Method of Independent Storms): Detektion unabhängiger Ereignisse
→ Auswahl jeweils **100 stärksten Ereignisse** für C20 und A1B pro Gitterpunkt



Bestimmung der Verteilungsfunktion

Generalisierte Pareto-Verteilung (GPD)



$$F(x) = 1 - \left[1 - \frac{k}{\alpha} (x - \xi) \right]^{1/k}$$

$$v(T) = \xi + \frac{\alpha}{k} \left[1 - (\lambda T)^{-k} \right]$$

k : Formparameter

$$\lambda = n/M$$

α : Skalierungsparameter

n : Anzahl Extremereignisse

ξ : Schwellenwert

M : Anzahl Jahre

T : Wiederkehrperiode

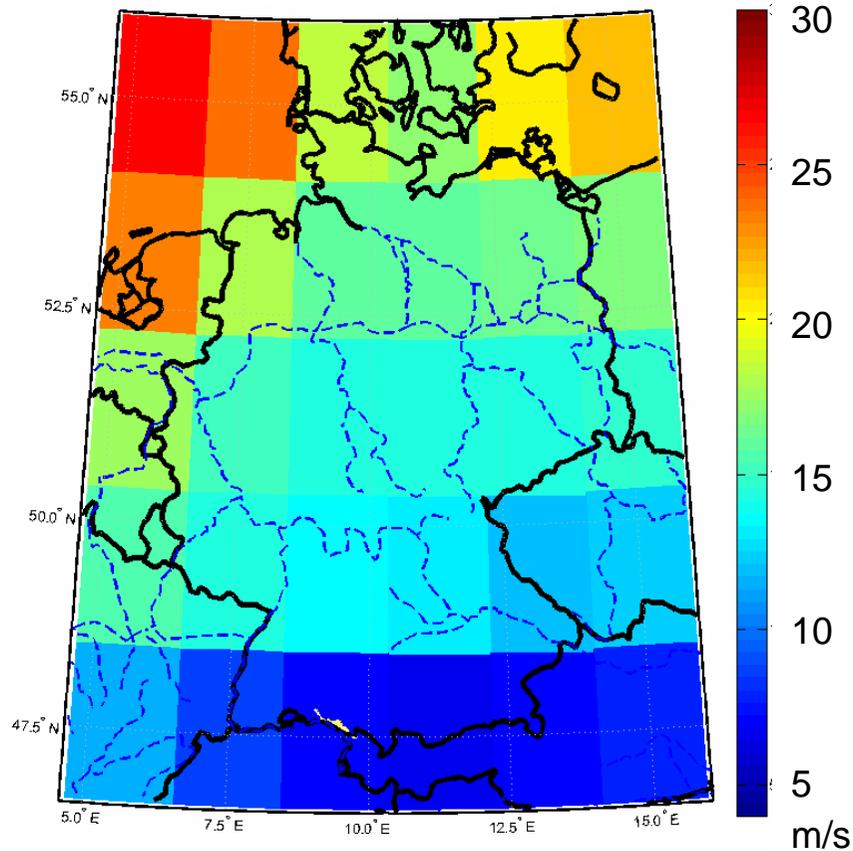
→ Voraussetzung: Unabhängigkeit der Ereignisse (impliziert durch POT und MIS)

→ notwendig: Schätzverfahren für Parameter k und α → Maximum Likelihood-Methode ausgewählt (robusteste Ergebnisse)

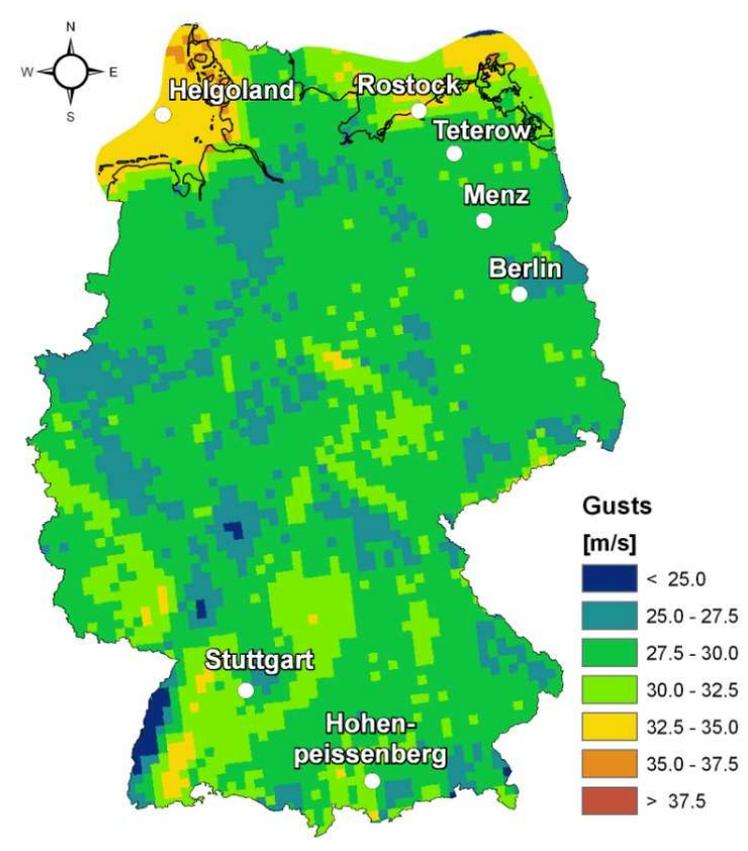
Kontrollzeitraum C20

- Böengeschwindigkeit für **Wiederkehrperiode 10 Jahre**
(Grundlage: 100 stärkste Ereignisse)

ECHAM5



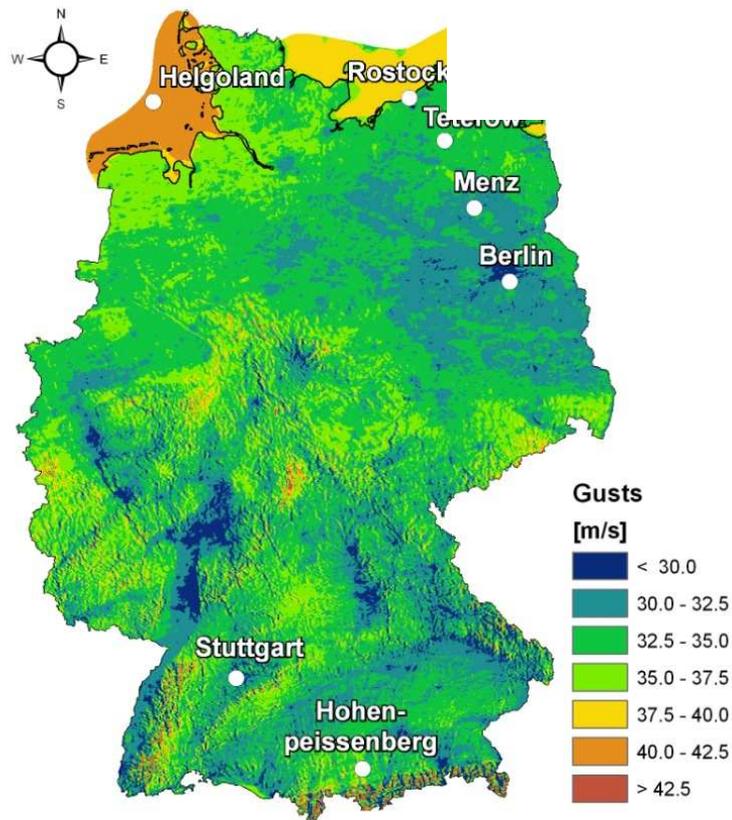
REMO



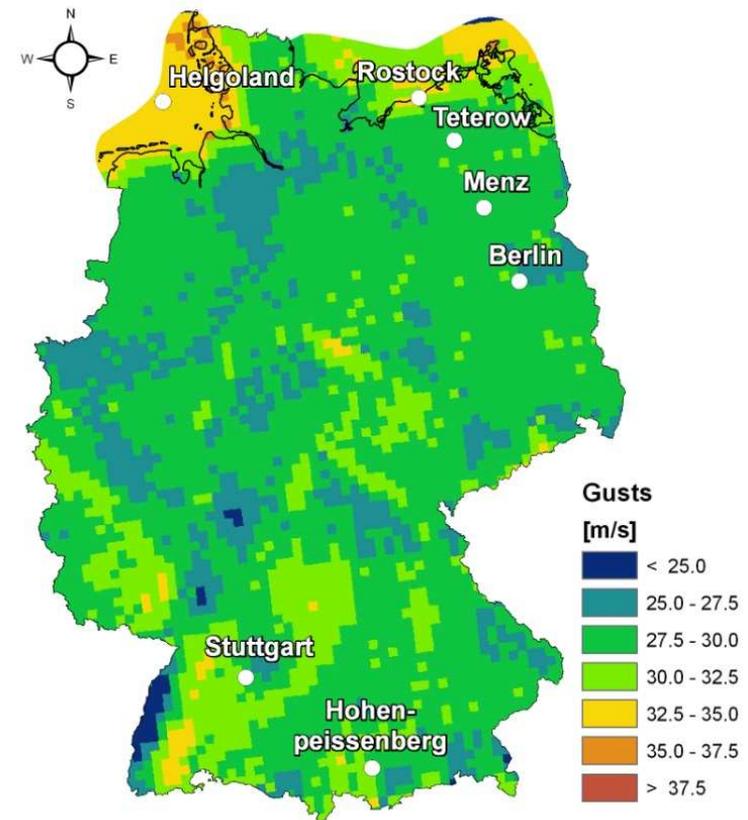
Validierung Kontrollzeitraum C20

- Böengeschwindigkeit für **Wiederkehrperiode 10 Jahre**

CEDIM



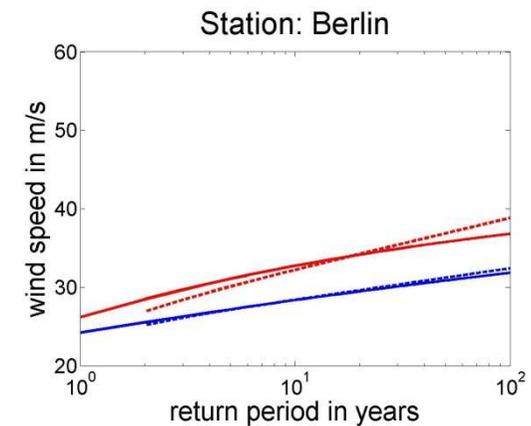
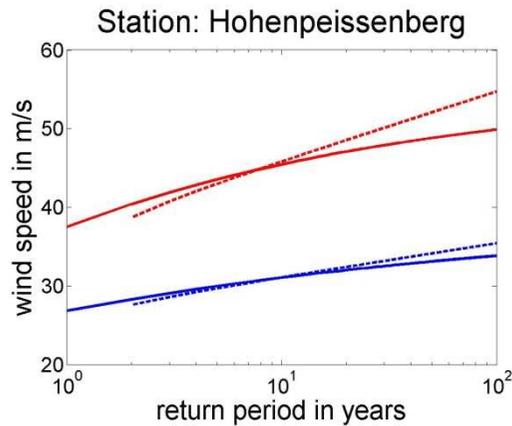
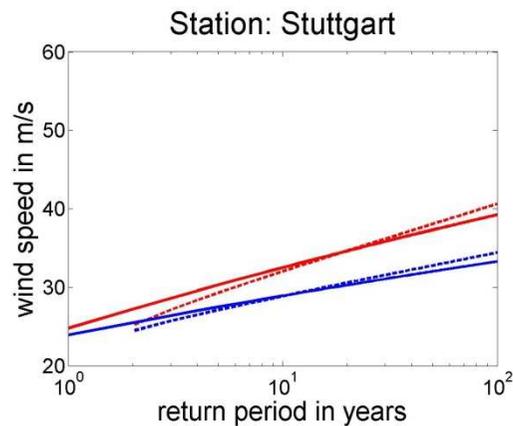
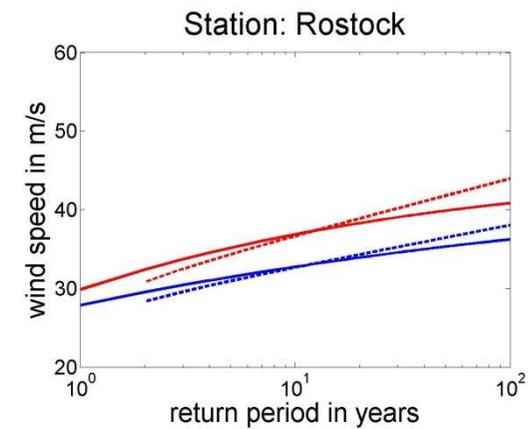
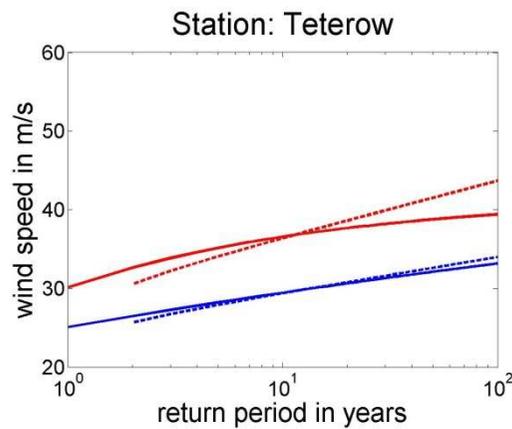
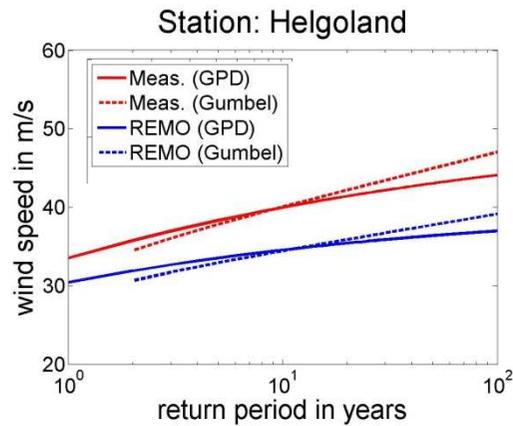
REMO



Bitte unterschiedliche Farbachsen beachten!

Validierung Kontrollzeitraum C20 gegenüber Messungen

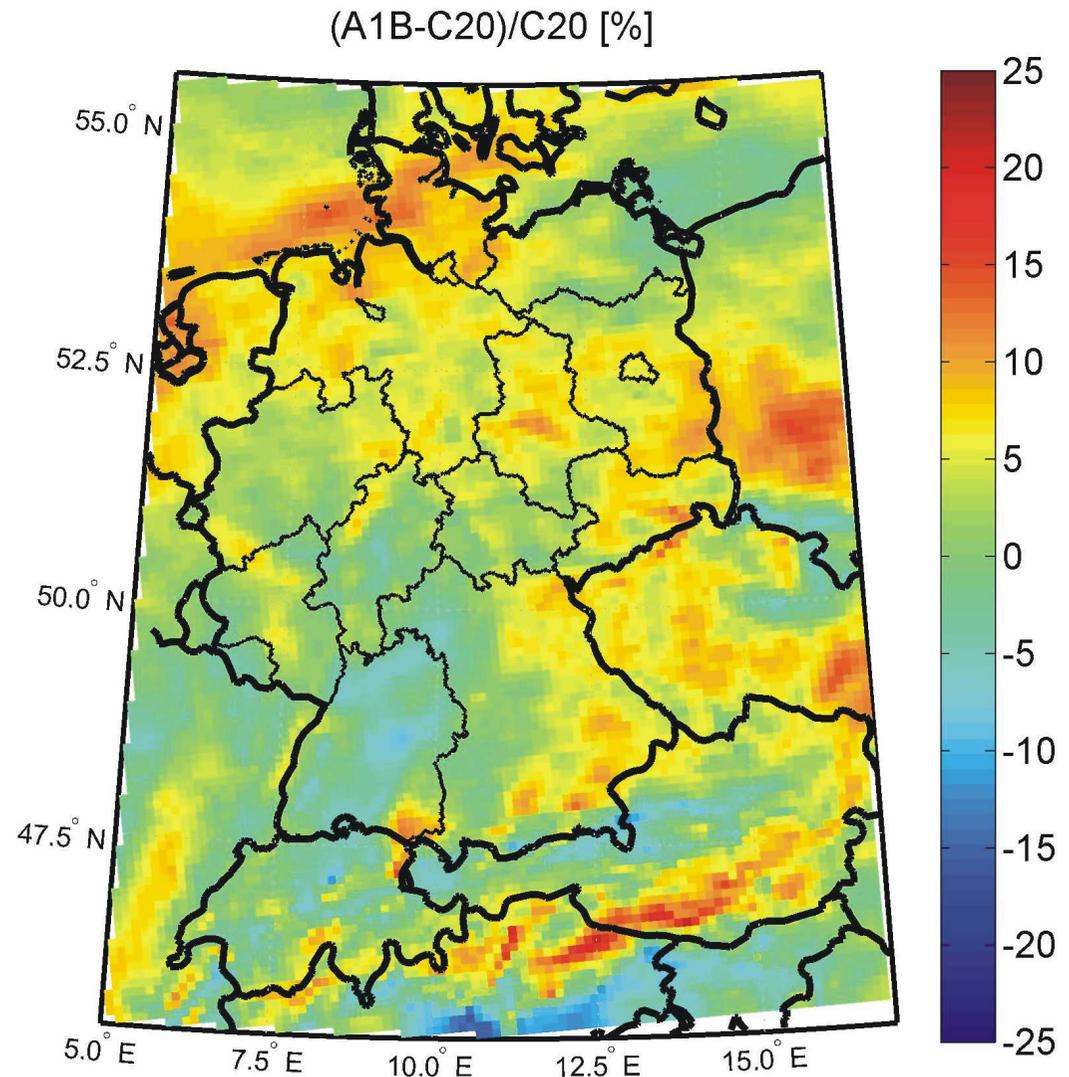
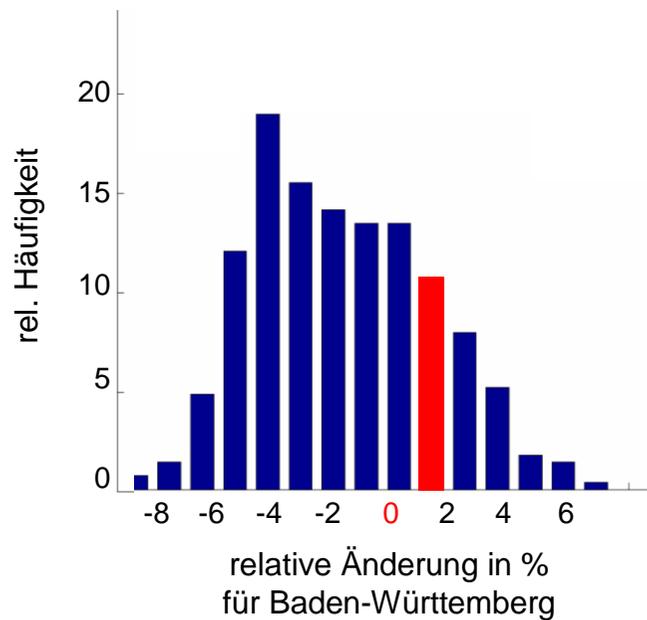
- Böengeschwindigkeit als Funktion der Wiederkehrperiode REMO und SYNOP-Messungen



Sturmklima A1B vs C20 (REMO)

relative Änderung
Böengeschwindigkeit
(A1B-C20)/C20

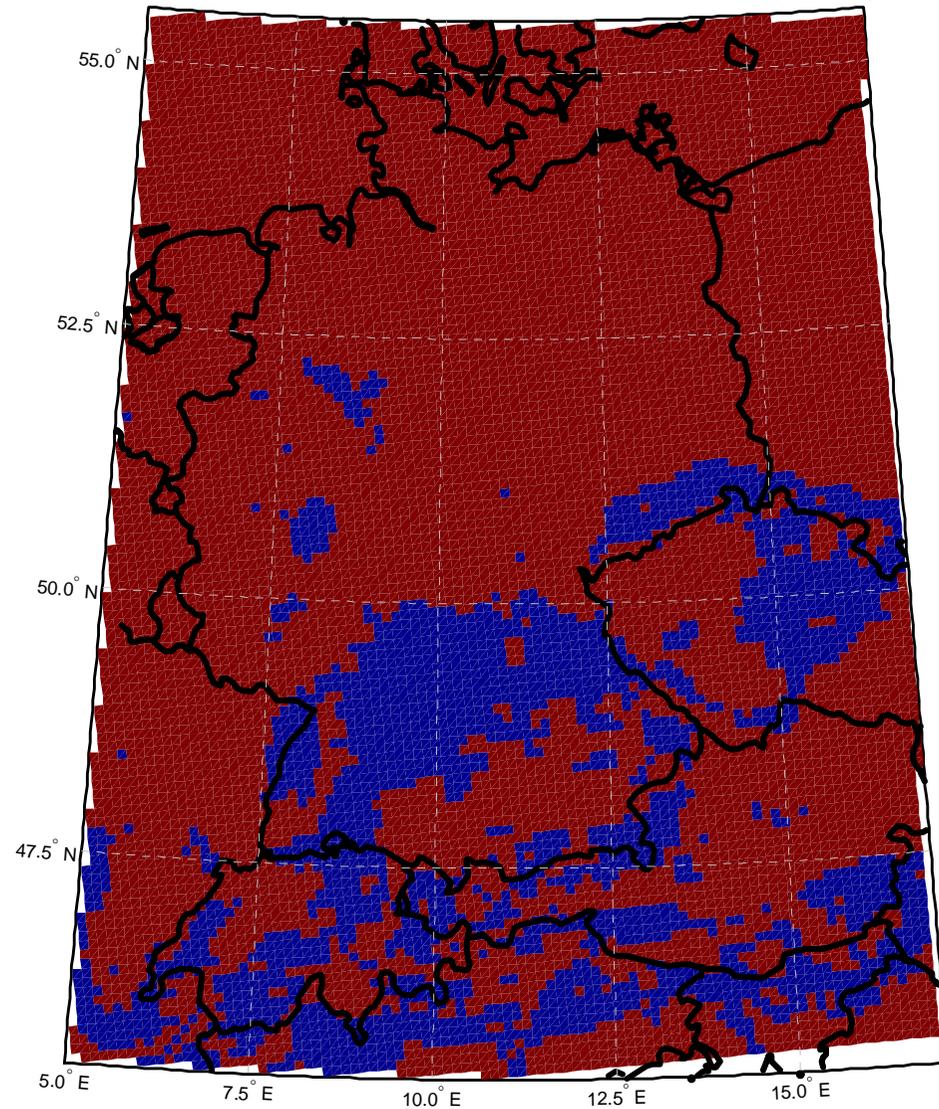
Wiederkehrperiode 10 Jahre



Sturmklima A1B vs C20 (REMO)

Wilcoxon Rangsummentest
auf signifikante Änderung

-  keine signifikante Änderung
-  signifikante Änderung > 95 %



Weitere Modellläufe

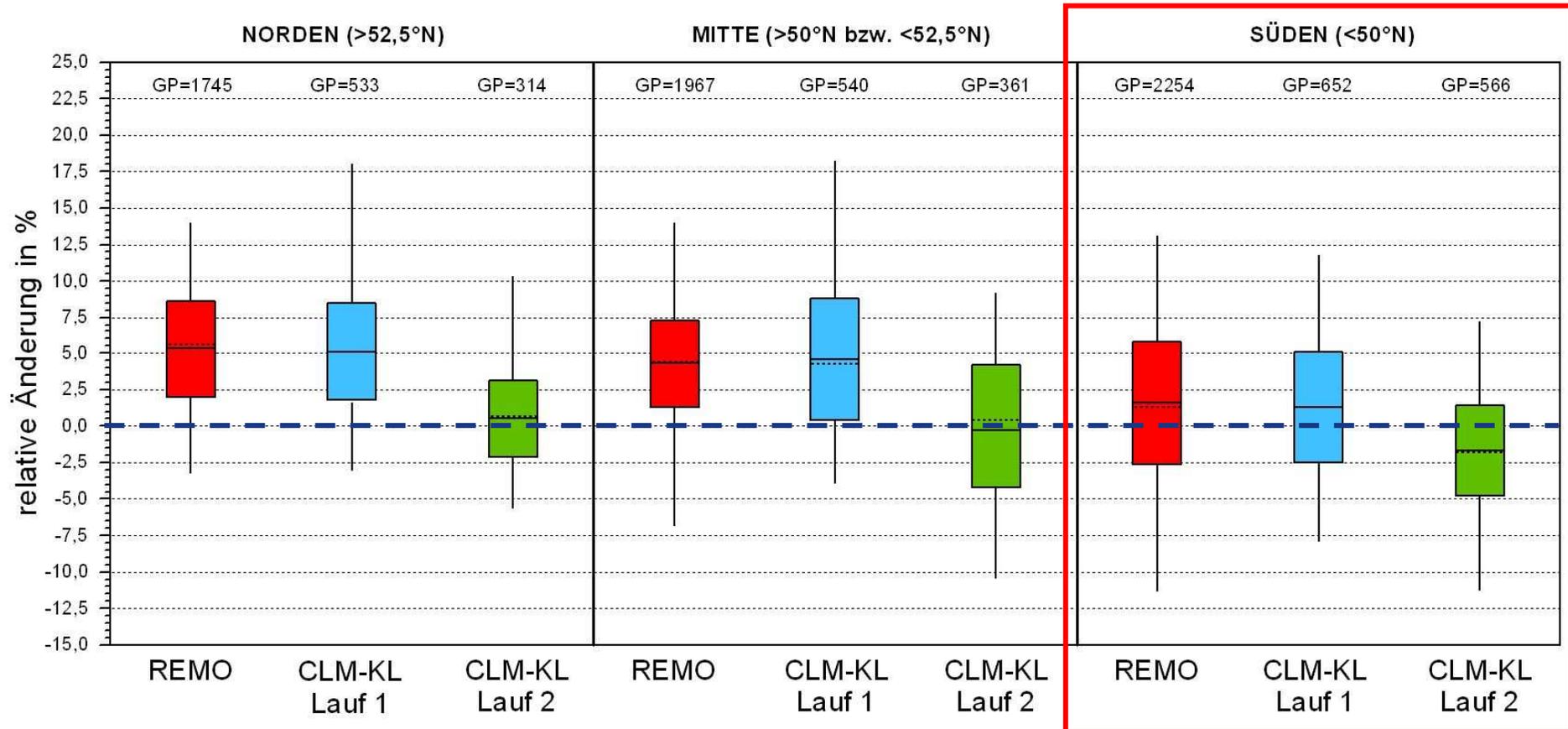
	REMO	CLM-KL-Lauf 1	CLM-KL-Lauf 2
Antrieb	ECHAM-5 Lauf 1	ECHAM-5 Lauf 1	ECHAM-5 Lauf 2
Auflösung	0.088° ≈ 10 km	0.167° ≈ 18 km	0.167° ≈ 18 km

- mehr Modelle um die Belastbarkeit der Aussagen zu prüfen
- Unterteilung Deutschlands in drei Bereiche



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

Wiederkehrperiode von 10 Jahren



Sturmindex

- Einbeziehung von Stärke und Ausdehnung des Sturms in einem bestimmten Gebiet (Baden-Württemberg)

$$\text{Sturmindex} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N a \cdot \frac{v(i) - q95(i)}{q99(i) - q95(i)}$$

$$\text{mit } a = \begin{cases} 1: & v(i) - q95(i) > 0 \\ 0: & \textit{sonst} \end{cases}$$

$v(i)$: Böengeschwindigkeit

$q95(i)$: 95% Quantil

$q99(i)$: 99% Quantil

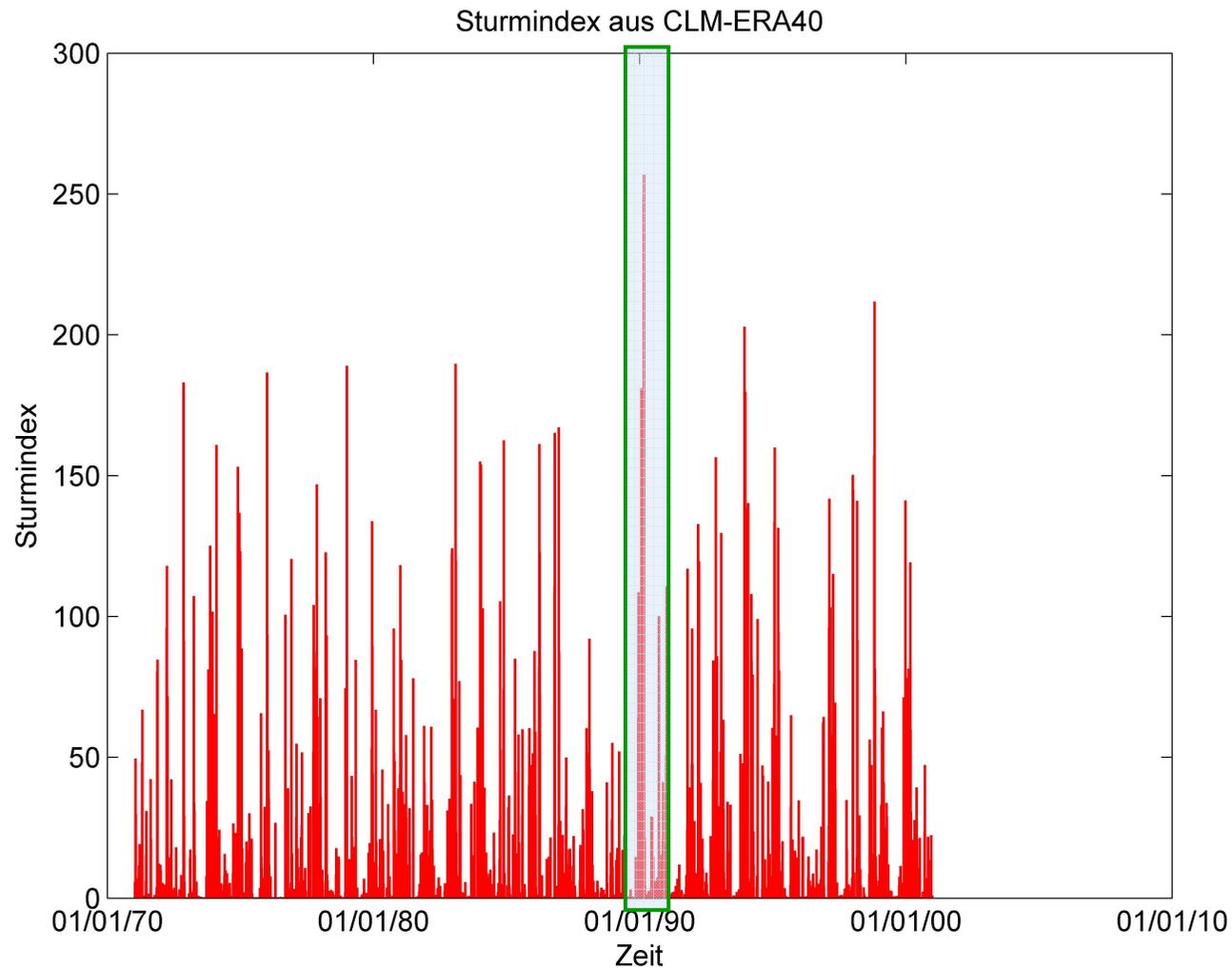
N : Anzahl der berücksichtigten Gitterpunkte

→ berücksichtigt Form der Verteilung im Extremwertbereich



Sturmindex

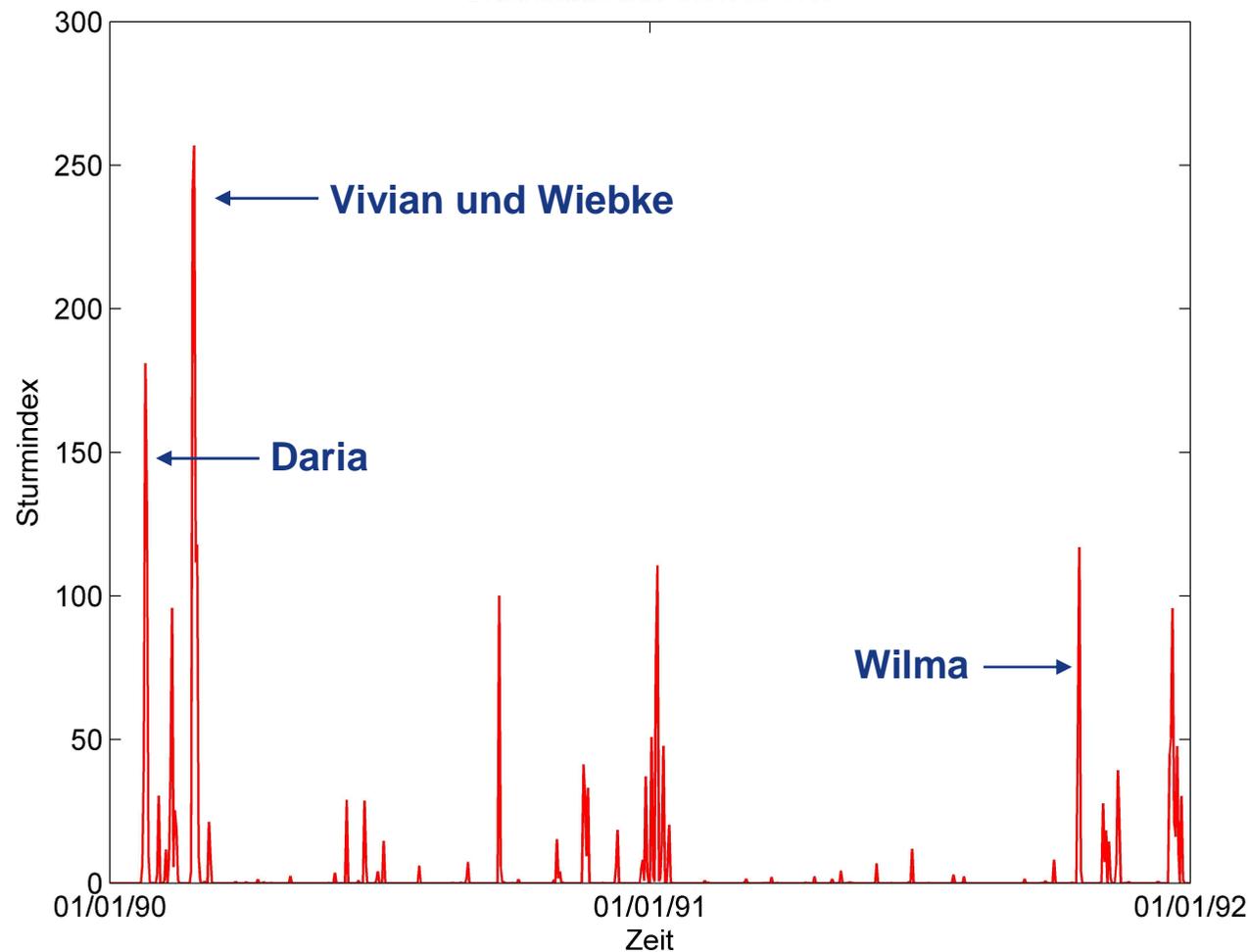
Testdatensatz CLM-ERA40 mit ~7 km Auflösung
(alle Datenpunkte in Baden-Württemberg)



Sturmindex

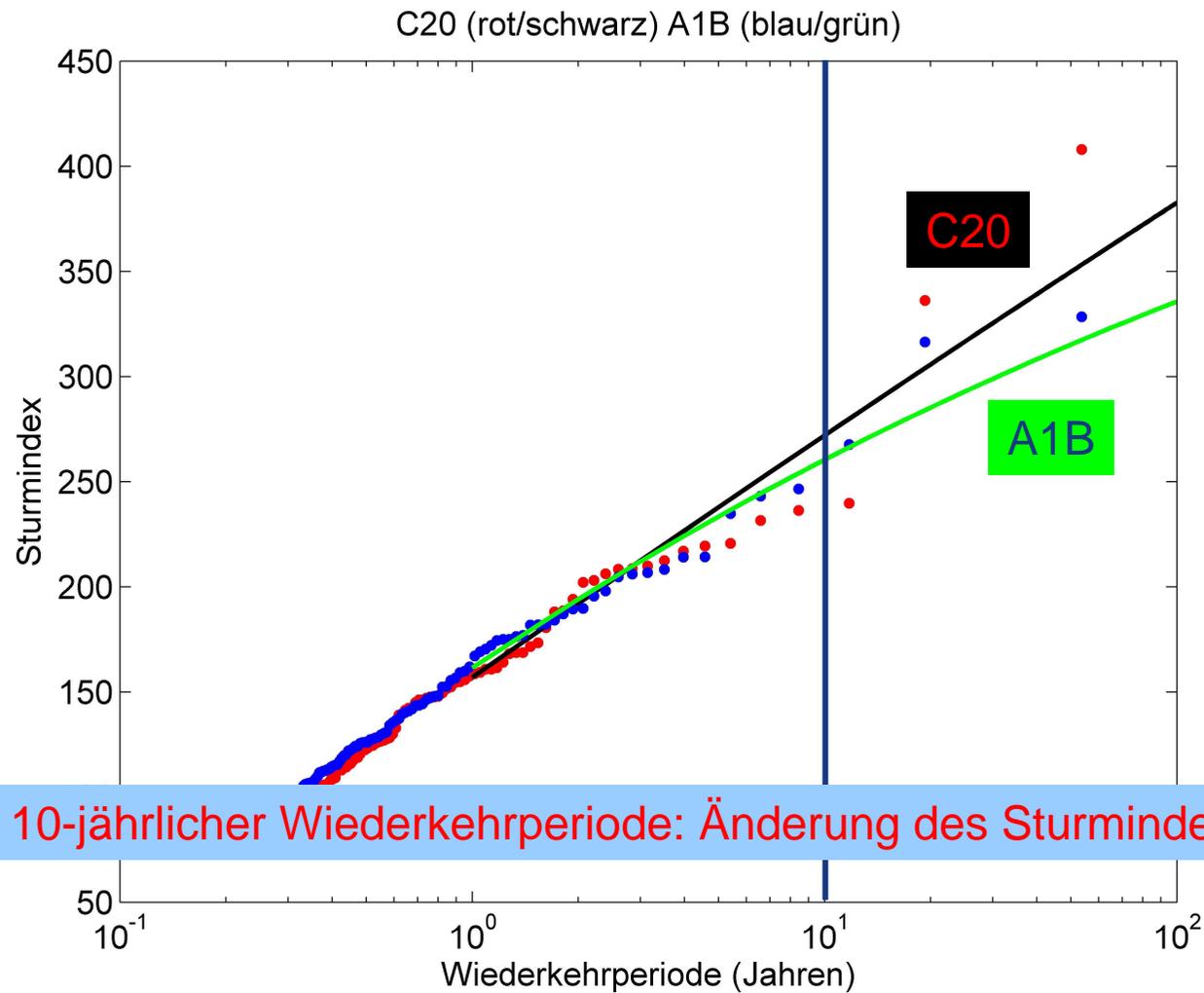
Testdatensatz CLM-ERA40 mit ~7 km Auflösung
(alle Datenpunkte in Baden-Württemberg)

Sturmindex aus CLM-ERA40



Sturmindex

REMO: Vergleich zwischen C20 und A1B
(alle Datenpunkte in Baden-Württemberg)



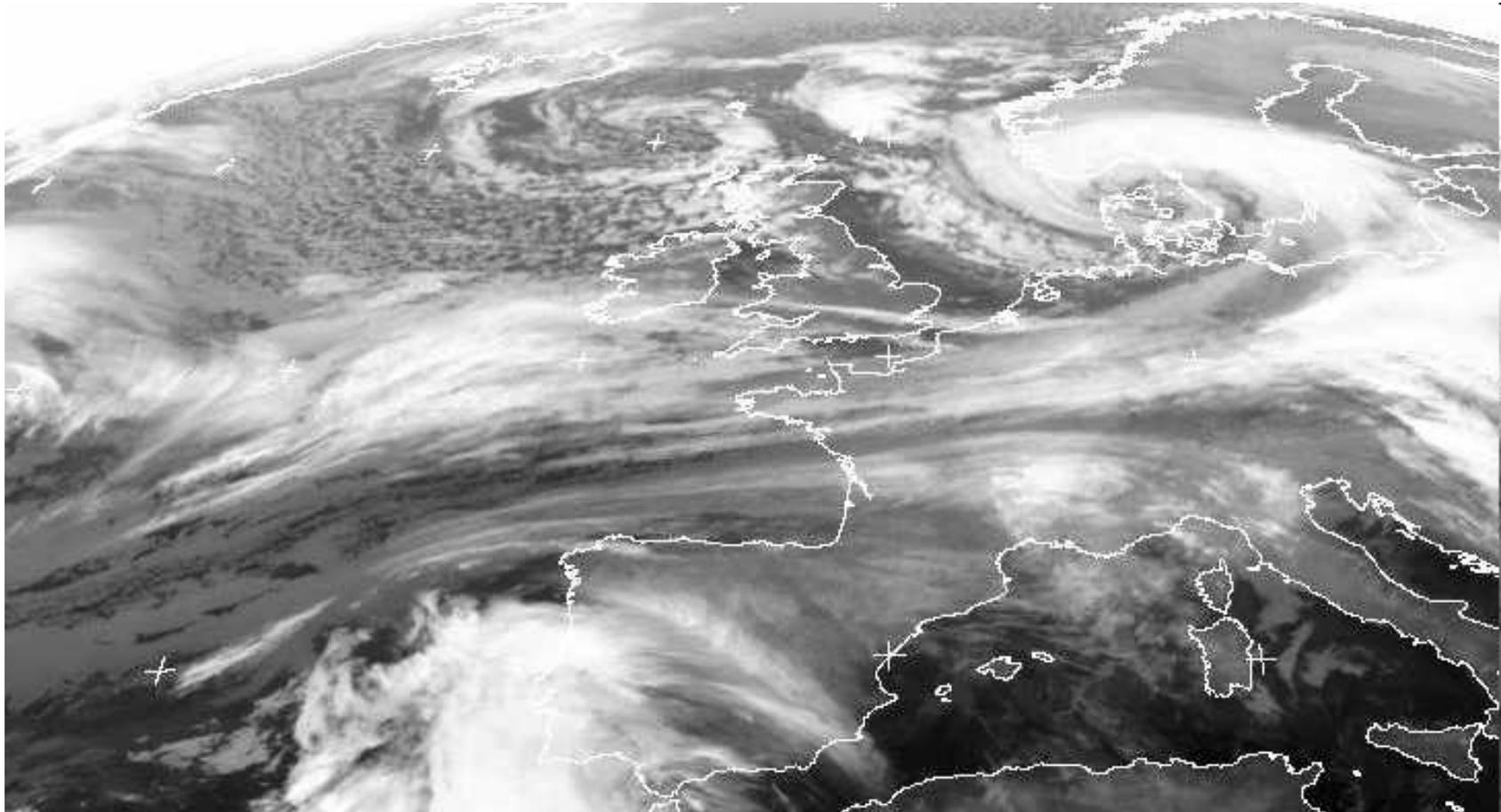
Bei 10-jährlicher Wiederkehrperiode: Änderung des Sturmindexes um - 4%!

Schlussfolgerungen und Ausblick

- Regionale Klimamodellierung notwendig für „realistische“ Wiedergabe von Extremereignissen; nicht enthalten in Globalmodell
- Starke, aber systematische Unterschätzung der Windgeschwindigkeiten durch regionale Klimamodelle, z.B. REMO
- Baden-Württemberg: keine starken (signifikanten) Änderungen des Sturmklimas zu erwarten, im Gegensatz zu
- Norddeutschland: Zunahme der Sturmstärke wahrscheinlich
- Sturmindex erster Ansatz neben der Stärke auch die Ausdehnung von Stürmen zu berücksichtigen → Bestätigung der Ergebnisse aus Gitterpunktsanalyse
- Zukunft:
 - Erweiterung des Ansatzes zum Sturmindex im Bezug auf Schäden
 - „Ensemble-Ansatz“ Berücksichtigung weiterer globaler und regionaler Klimamodelle
 - hoch auflösende Simulationen: verbesserte Wiedergabe Orografie



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Orkan Anatol, 3. Dezember 1999

