

RESTER

Winterstürme mit hohem Schaden- potenzial in einem veränderten Klima

Monika Rauthe, Michael Kunz, Susanna Mohr, Christoph Kottmeier

9. März 2009



Sturmklimatologie in einem veränderten Klima

**Klima-
Projektionen**

- globale Antriebe: ECHAM5-L1, -L2
- regionale Klimamodelle: REMO, CLM-KL, CLM-IMK
- Gebiet: Baden-Württemberg / Deutschland

**Statistisches
Modell**

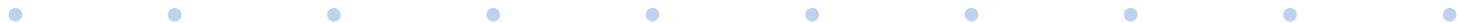
- Bestimmung statistisch unabhängige Sturmereignisse
- Schätzung Verteilungsfunktion / freie Parameter

**Validierung/
Änderungen**

- Kontrollperiode vs Sturmgefährdungskarte CEDIM
- Änderung der Windgeschwindigkeiten bei bestimmten Auftrittswahrscheinlichkeiten

**Ensemblebe-
trachtungen**

- Zusammenschau der Ergebnisse verschiedener regionaler Klimaprojektionen



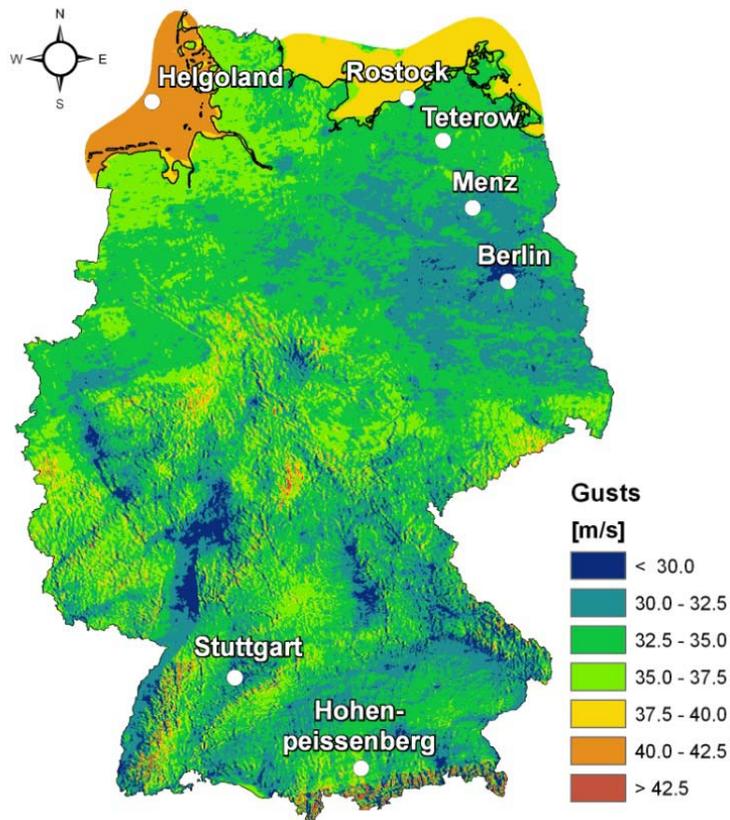
Klimaprojektionen SRES / ECHAM-5 / REMO

- mittleres Emissionsszenario IPCC-SRES: A1B (aber auch A2 und B1)
- Zeiträume: 1971-2000 (C20) sowie 2021-2050 (A1B)
- dynamisches Downscaling von ECHAM5 durch REMO bzw. CLM
d.h. von ~280 km zu ~7, 10, 18 km horizontaler Auflösung
- Schätzung extremwertstatistischer Verteilungsfunktionen für jeden Gitterpunkt
⇒ Böengeschwindigkeit als Funktion der Wiederkehrperiode (RP)
- Grundlagen:
 - Methode der unabhängigen Stürme, d.h. Mindestabstand von 48 h bei stündlichen Werten (MIS)
 - 100 stärkste Stürme in 30 Jahren (POT)
 - Generalisierte Paraetro-Verteilung (GPD), Parameter mit Maximum-Likelihood-Methode bestimmt

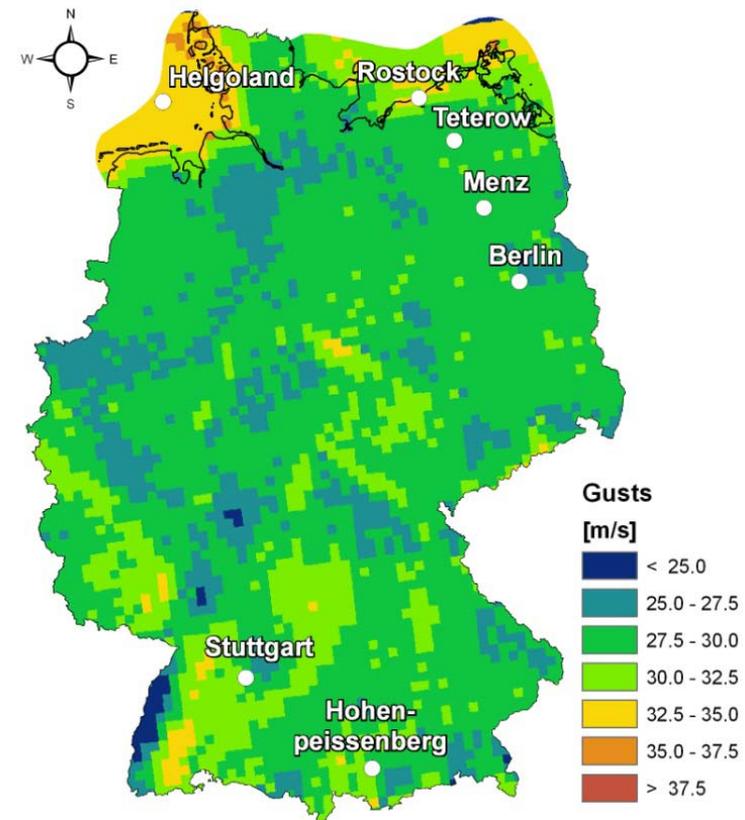
Validierung Kontrollzeitraum C20

- Böengeschwindigkeit für **Wiederkehrperiode 10 Jahre**

CEDIM



REMO

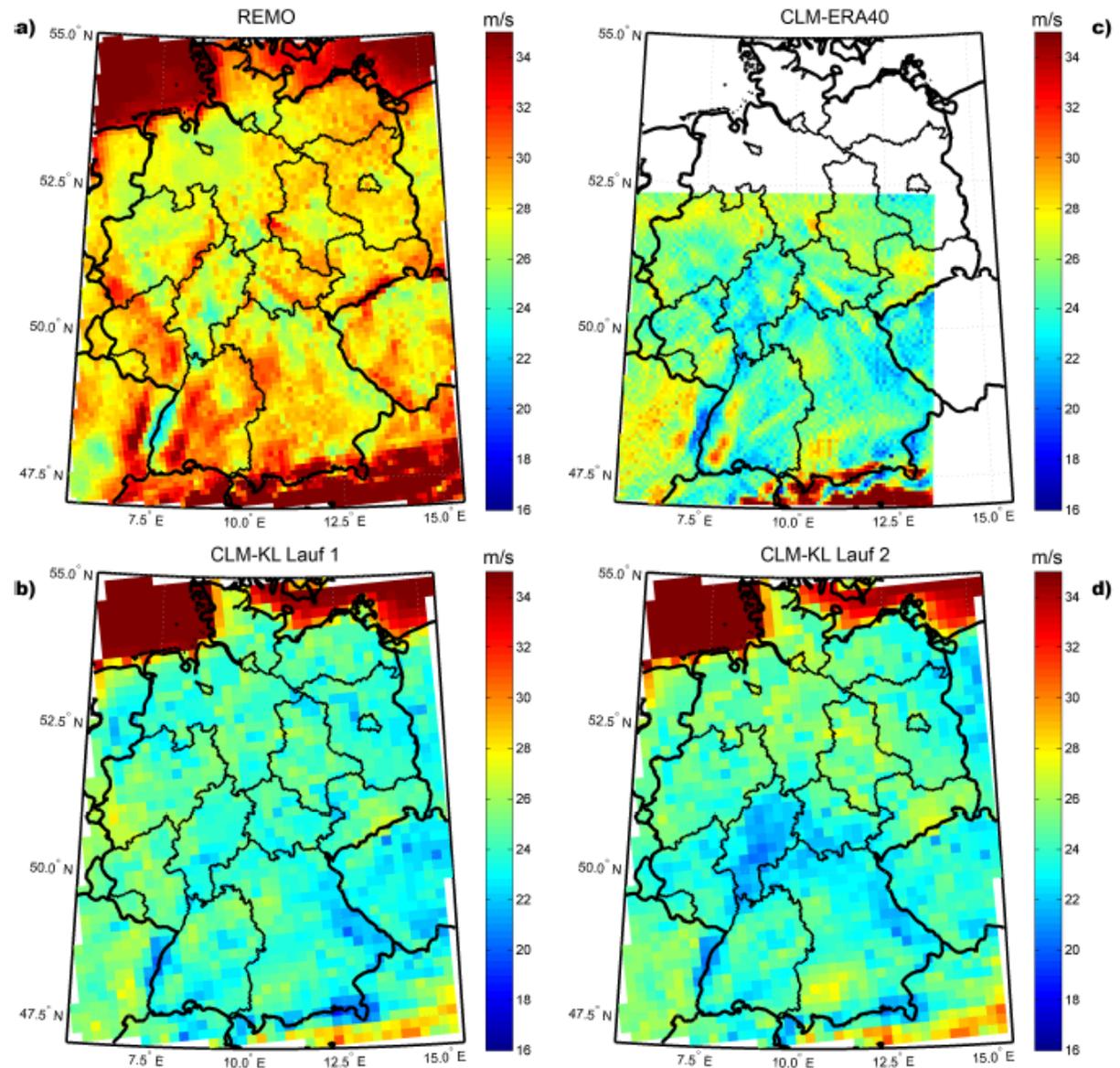


(Hofherr und Kunz, 2009)

Bitte unterschiedliche Farbachsen beachten!

Datenvergleich (C20)

Böengeschwindigkeit
C20 bei einer **Wieder-
kehrperiode 10 Jahre**

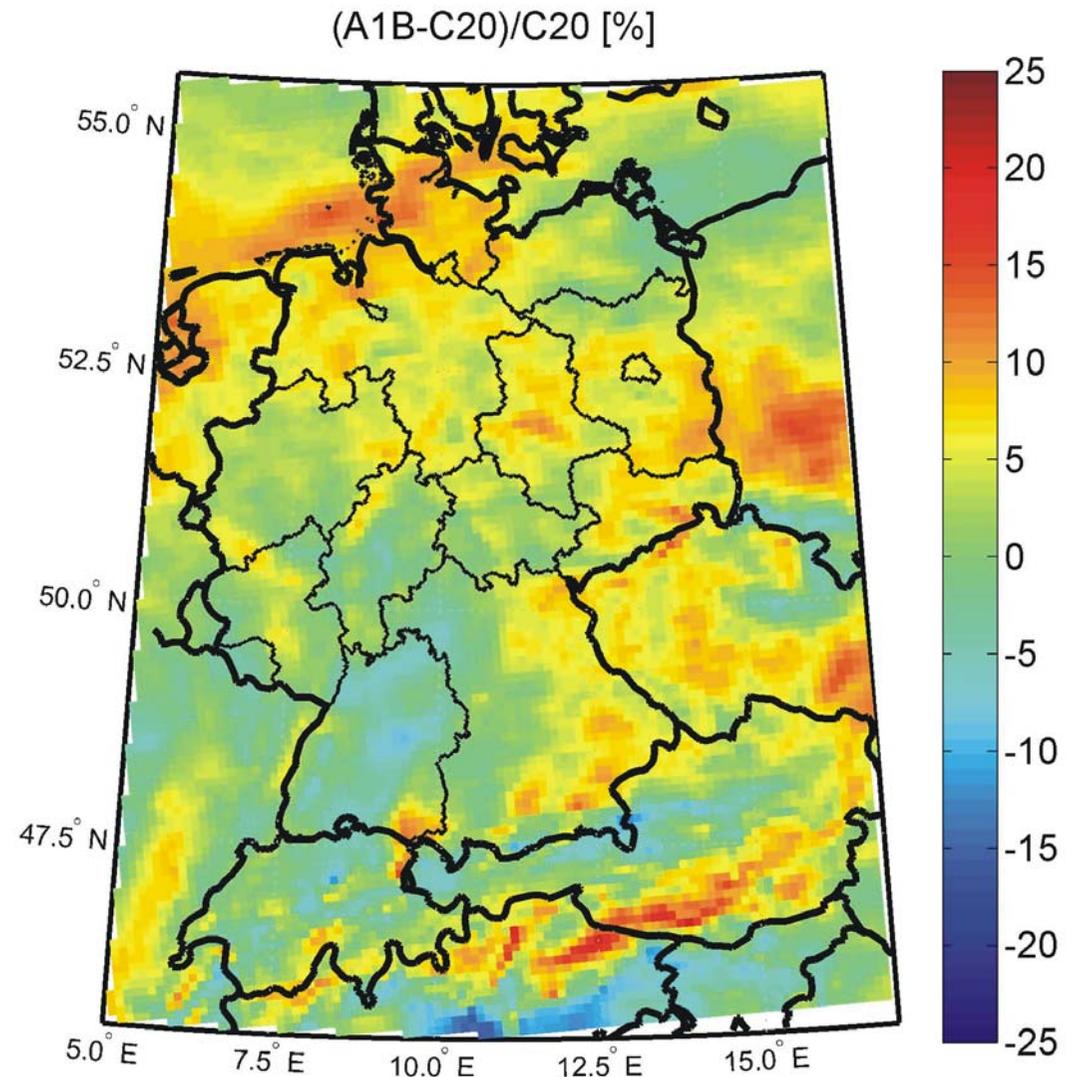
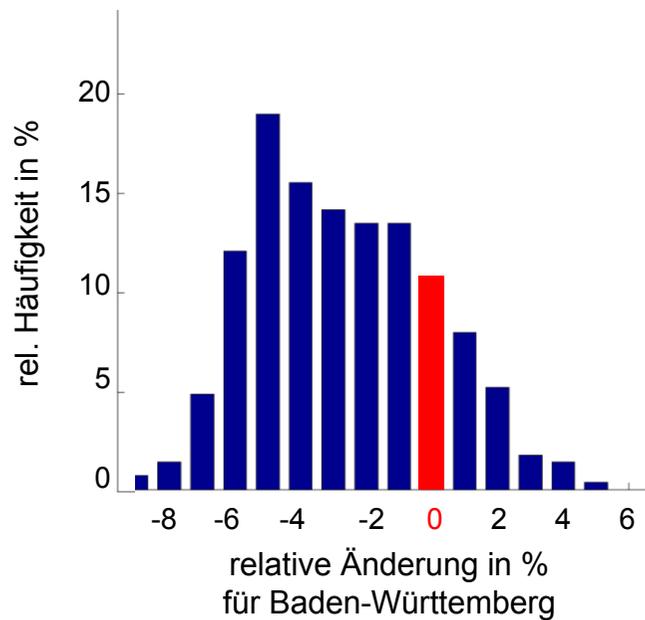


(Mohr, 2008)

Sturmklima A1B vs C20 (REMO)

relative Änderung
Böengeschwindigkeit
(A1B-C20)/C20

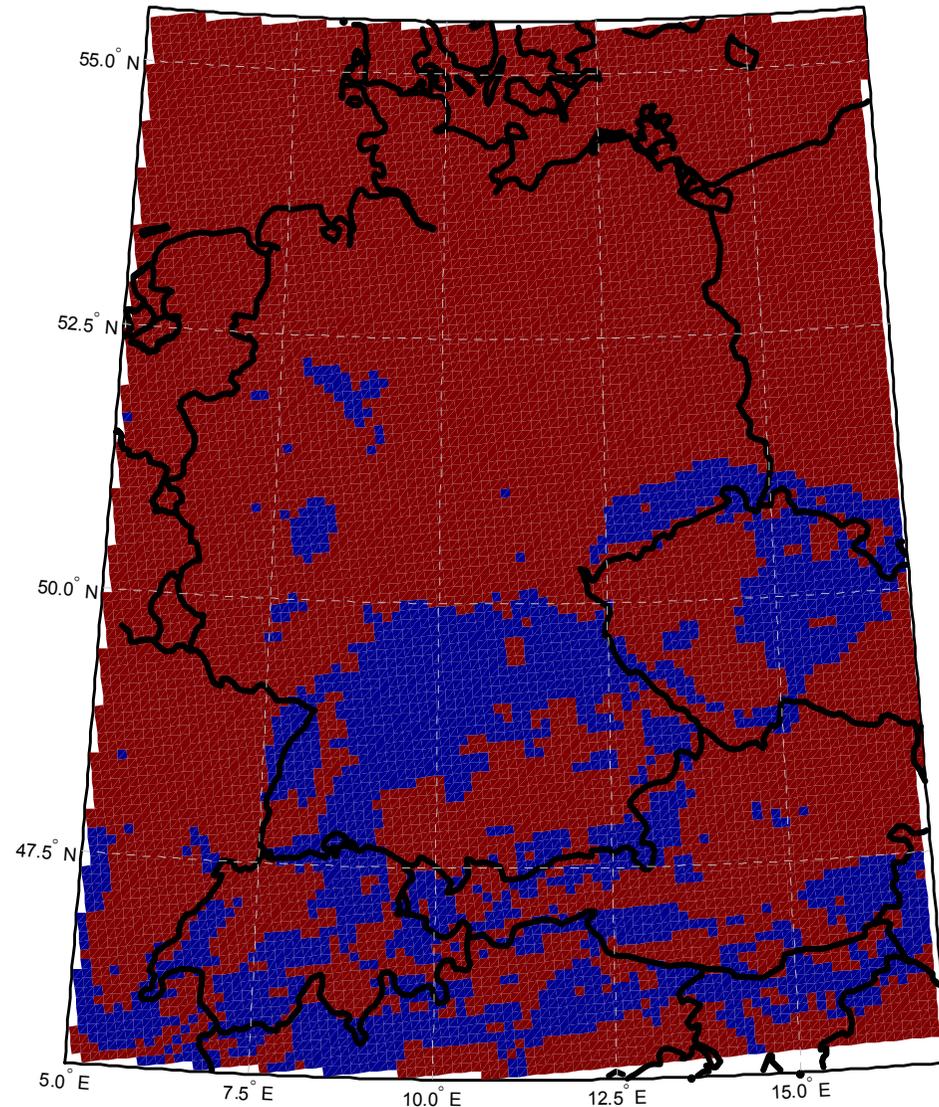
Wiederkehrperiode 10 Jahre



Sturmklima A1B vs C20 (REMO)

Wilcoxon Rangsummentest
auf signifikante Änderung

-  keine signifikante Änderung
-  signifikante Änderung > 95 %



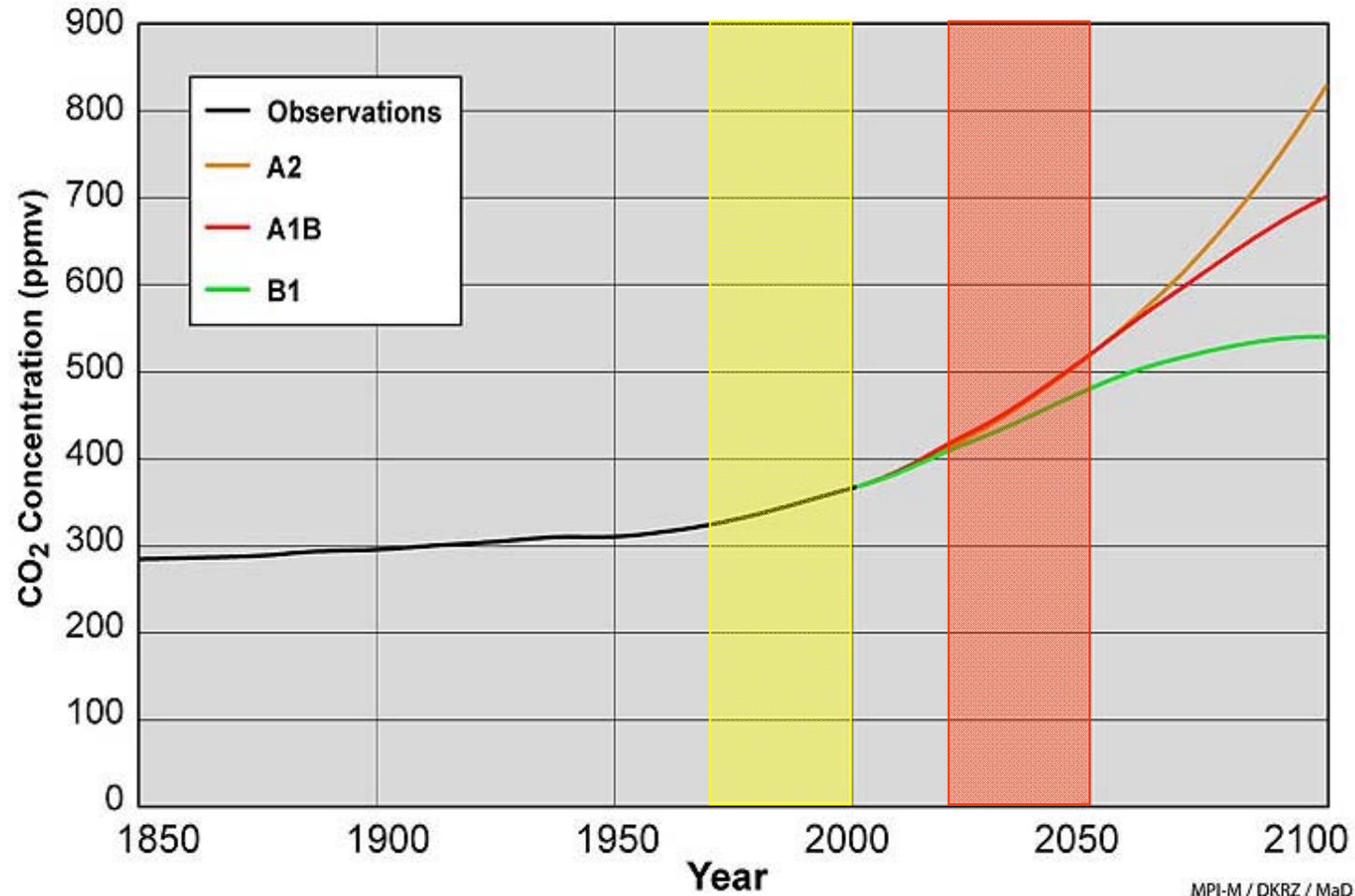
Weitere Modellläufe

	REMO	CLM-KL-Lauf 1	CLM-KL-Lauf 2
Antrieb	ECHAM-5 Lauf 1	ECHAM-5 Lauf 1	ECHAM-5 Lauf 2
Emission-szenario	A1B, A2, B1	A1B, B1	A1B, B1
Auflösung	0,088° ≈ 10 km	0,167° ≈ 18 km	0,167° ≈ 18 km

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

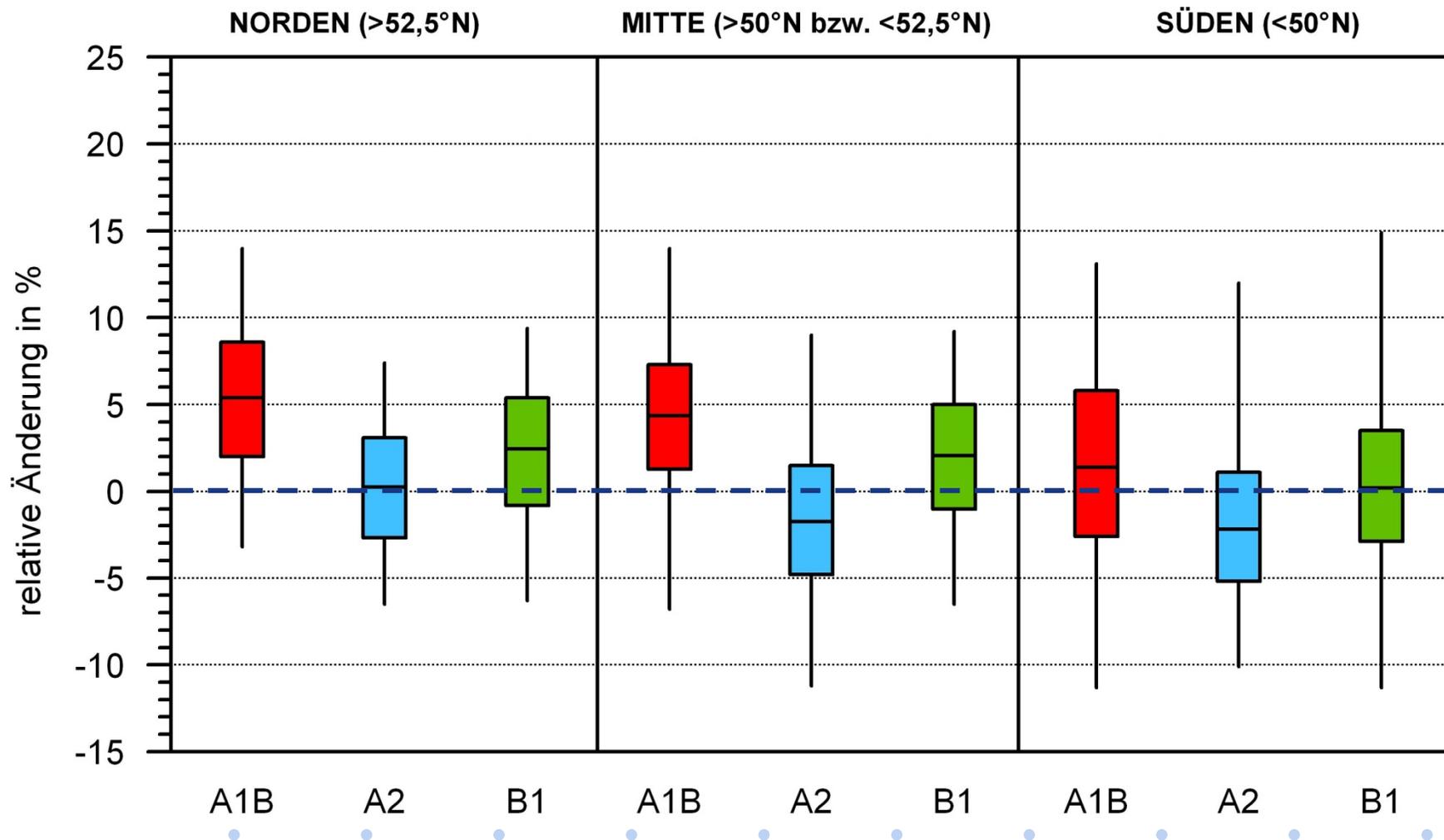
Emissionsszenarien nach dem IPCC-Report

IPCC SRES Scenarios: CO₂ Concentrations used for AR4 Simulations



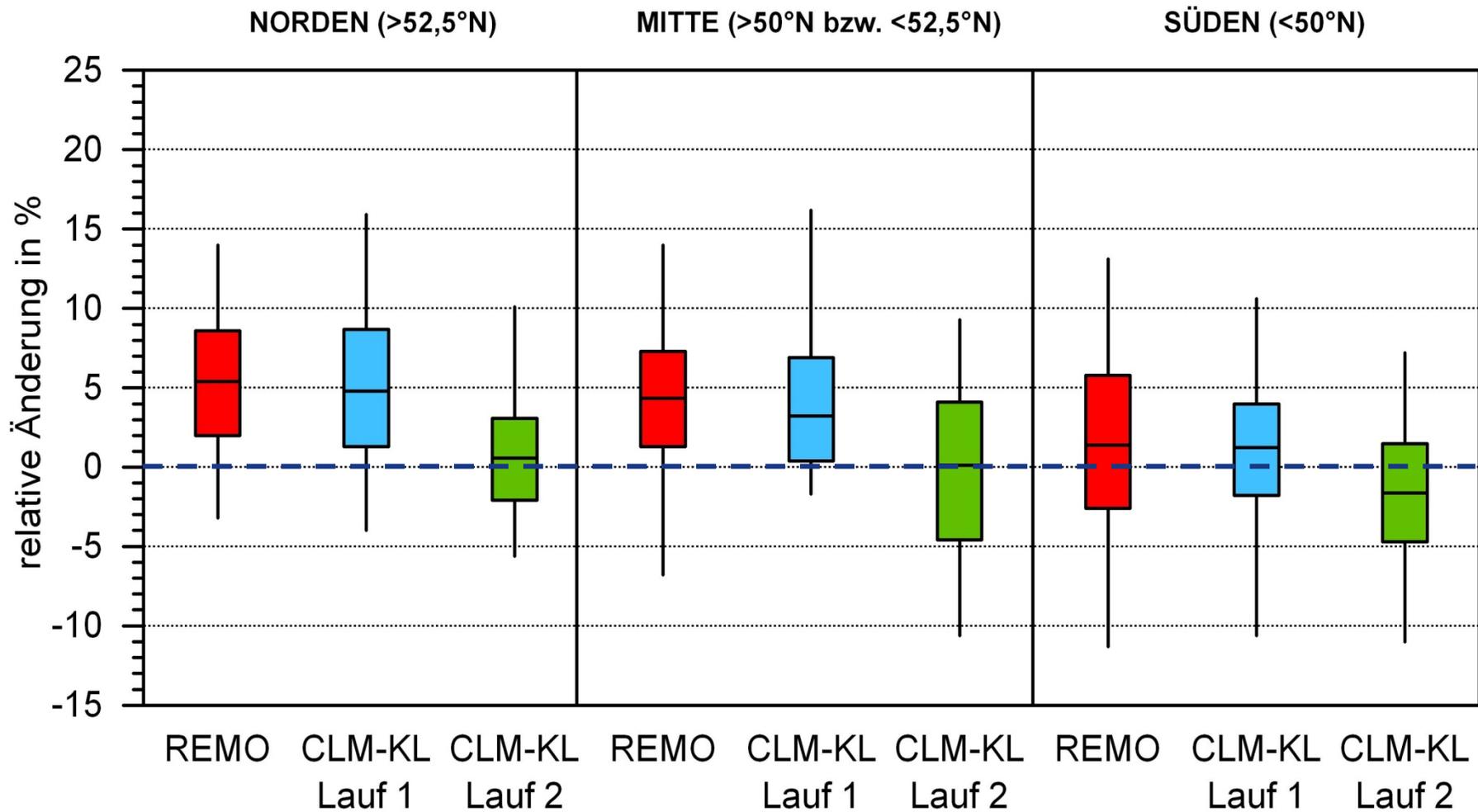
Sturmklima REMO 2021-2050 vs 1971-2000

Wiederkehrperiode von 10 Jahren



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

Wiederkehrperiode von 10 Jahren

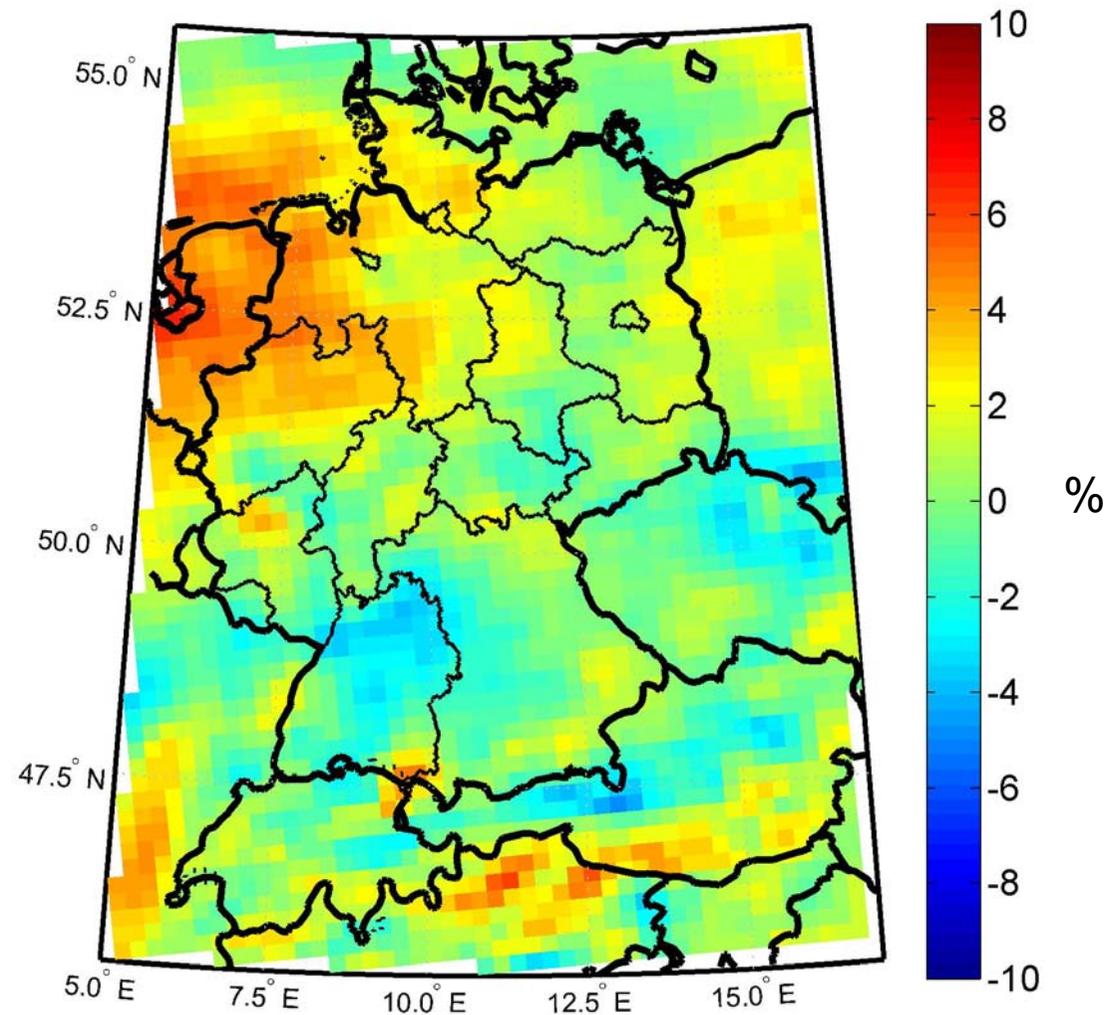


Ensemble-Ansatz

- Kombination aller Ensemble-Ergebnisse:
 - gleiches Gitter für alle Ergebnisse
 - Projektion auf das feinste Gitter (nearest neighbour) (d.h. REMO 10 km x 10 km)
 - Mittelwert aus umgebenden Gitternachbarn gebildet
 - größtes Gitter zur Darstellung der Ergebnisse (d.h. CLM-KL 18 km x 18 km)
 - Ensemble-Mittelwert
 - Vorzeichen der Änderung werden analysiert
→ Wo ist Zunahme / Abnahme der Sturmaktivität mehrheitlich wahrscheinlich?

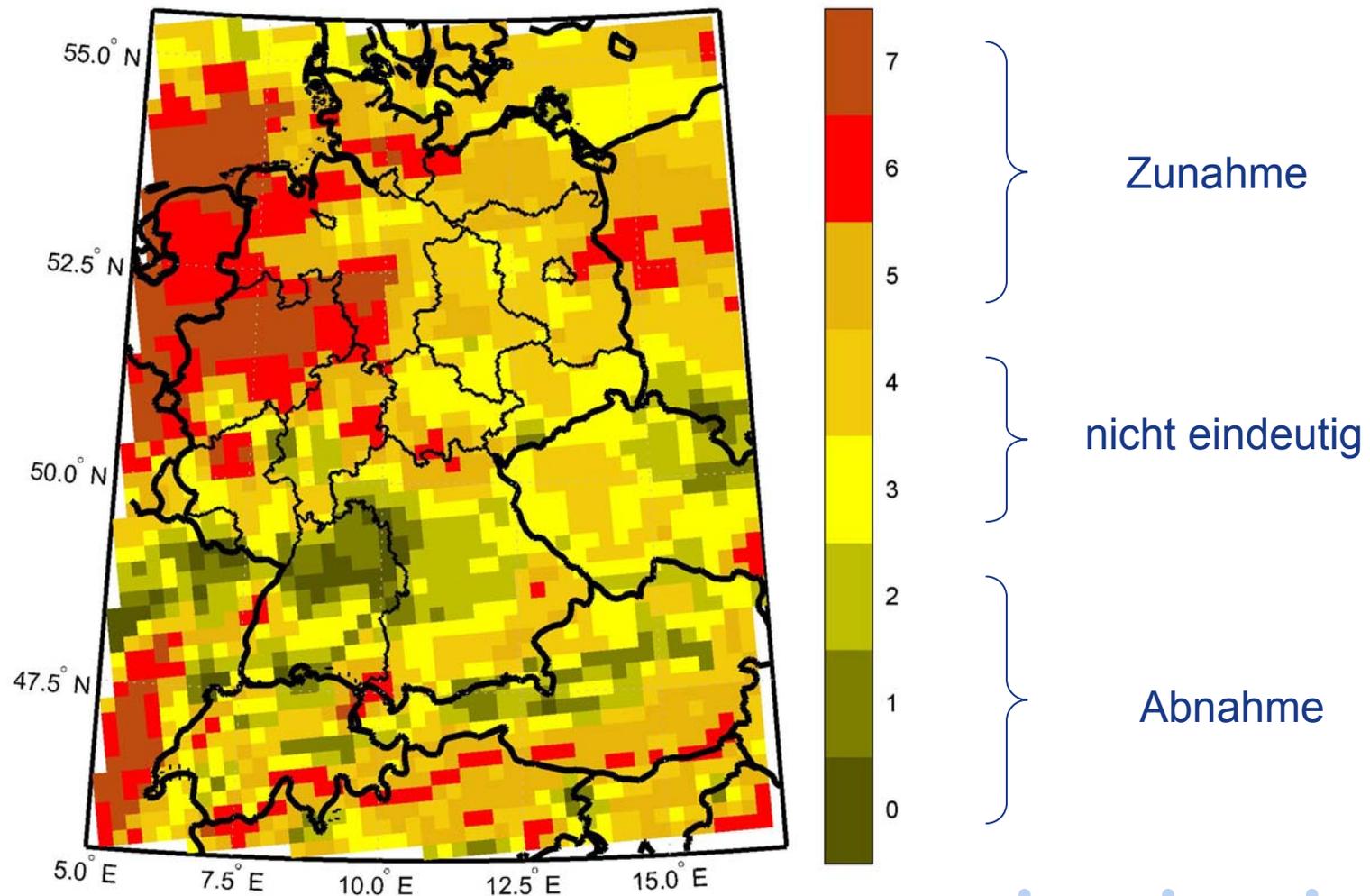
Änderung des Sturmklimas

Ensemble-Mittelwert: relative Änderung Böengeschwindigkeit
(A1B-C20)/C20



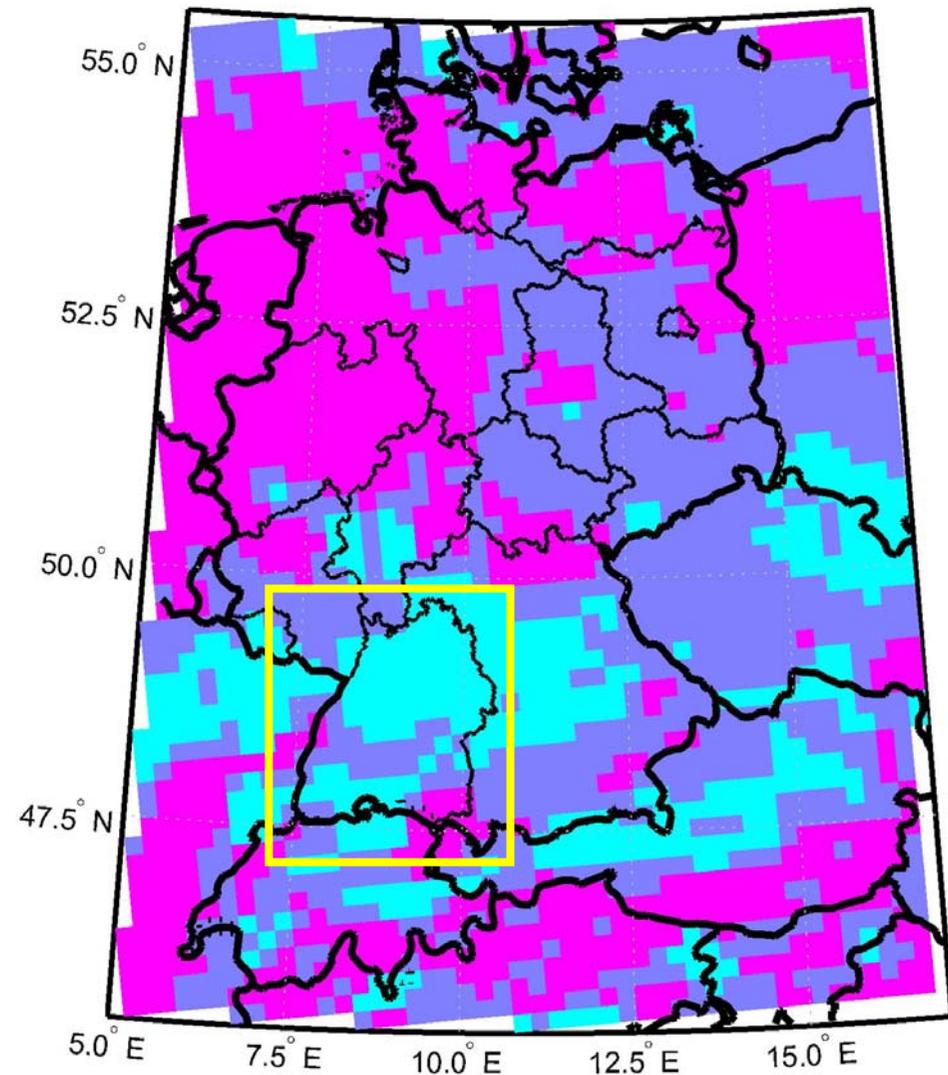
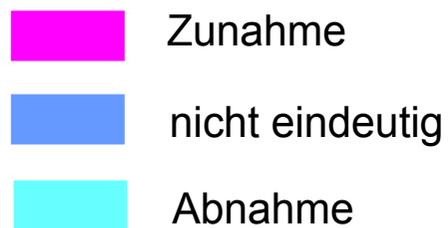
Änderung des Sturmklimas

Ensemble-Betrachtung: Änderung der Böengeschwindigkeit
(Anzahl der Läufe mit Zunahme)



Änderung des Sturmklimas

Ensemble-Betrachtung:
Mehrheit der Läufe, die
eine Zu- bzw. Abnahme
der Böengeschwindigkeit
zeigen



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

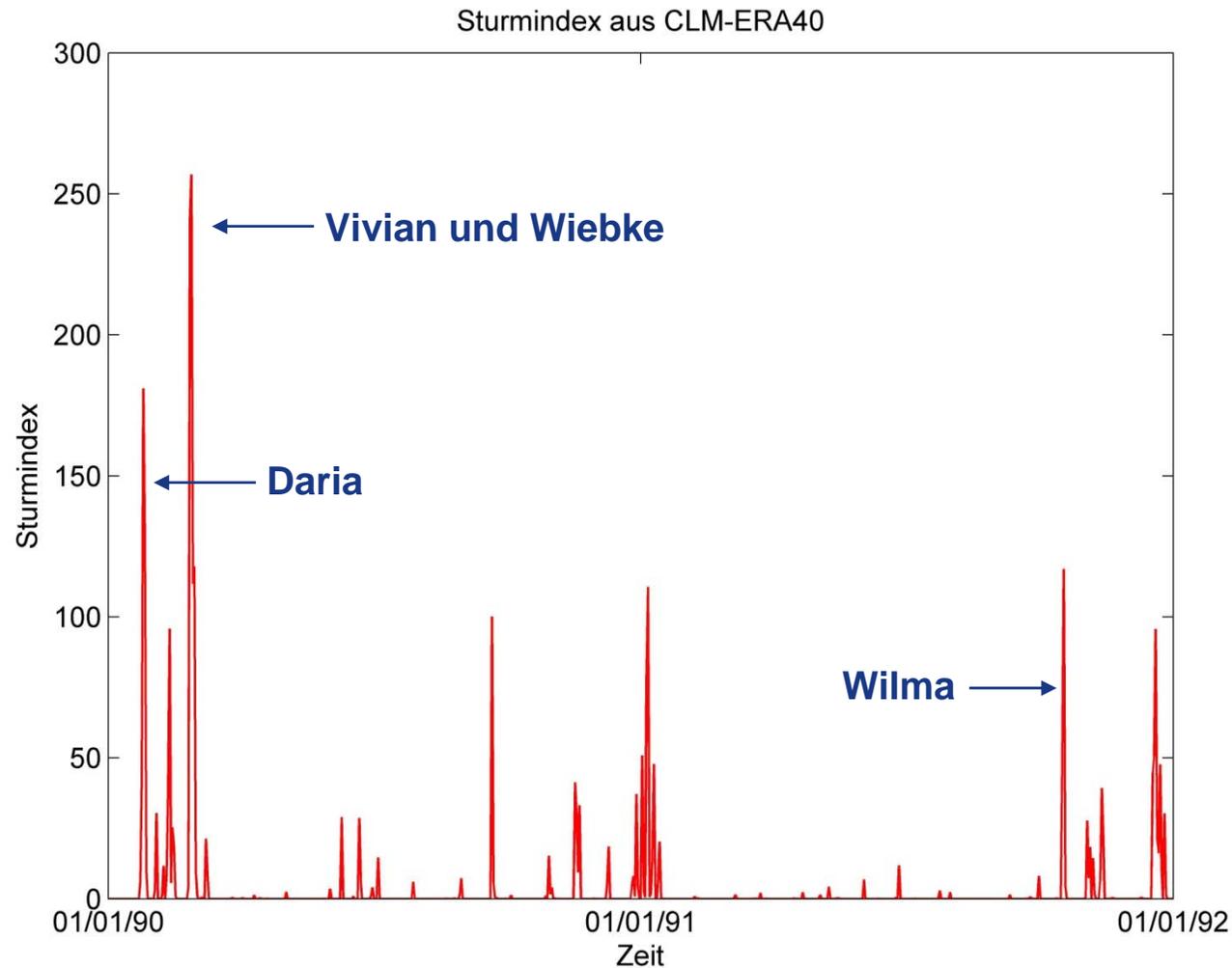
N : Anzahl der berücksichtigten Gitterpunkte

(Della-Marta et al., 2008)

→ berücksichtigt Form der Verteilung im Extremwertbereich

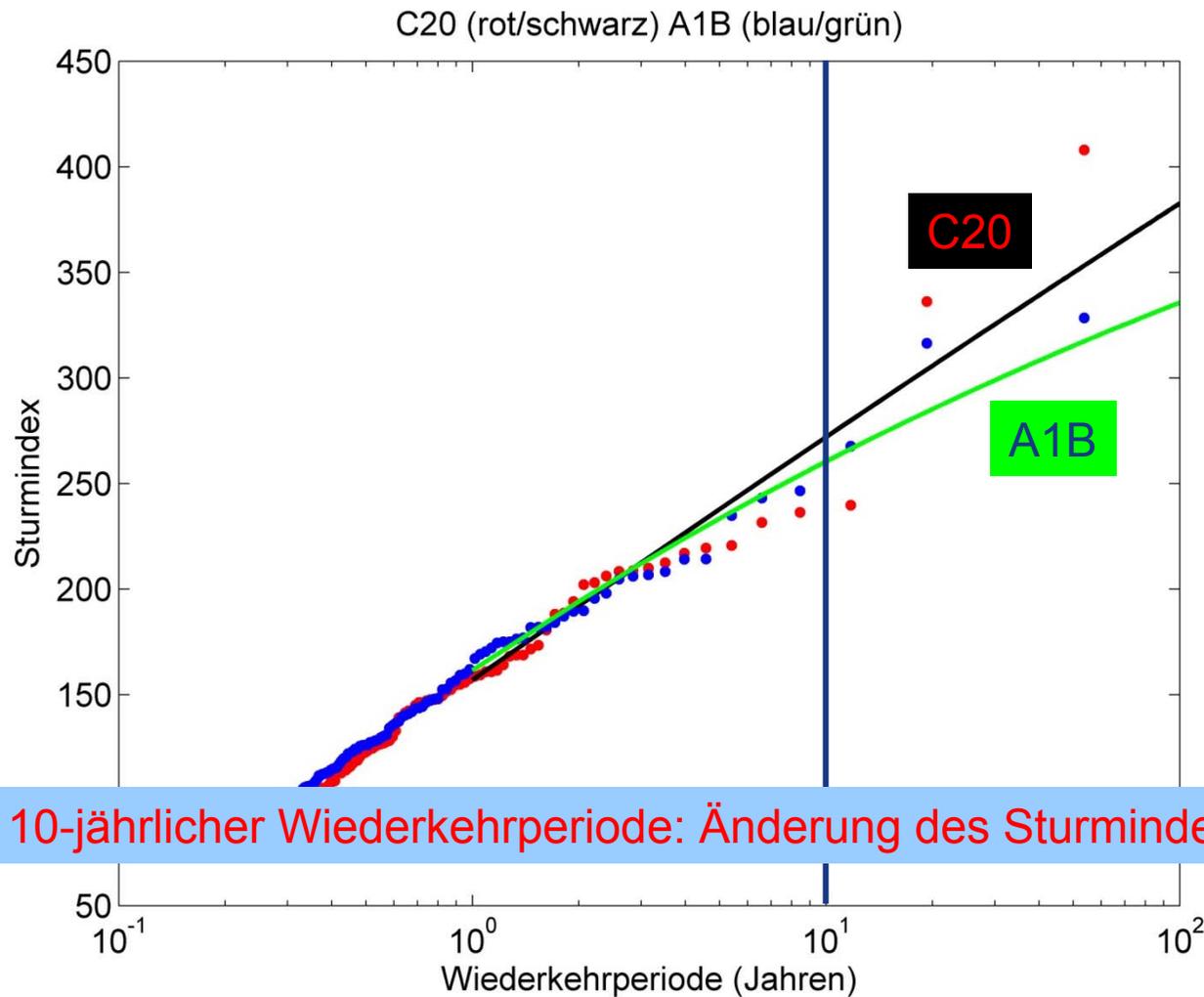
Sturmindex

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



Sturmindex

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



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

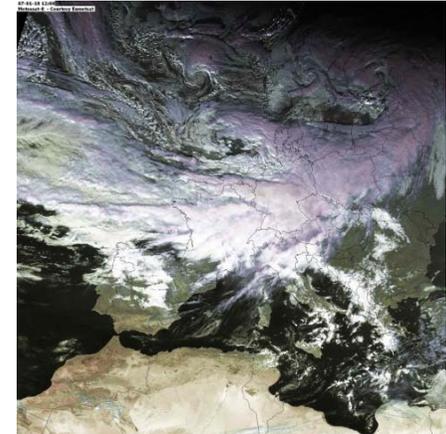
Schlussfolgerungen und Ausblick

- Regionale Klimamodellierung notwendig für „realistische“ Wiedergabe von Extremereignissen; nicht enthalten in Globalmodell
- Starke, aber systematische Unterschätzung der Windgeschwindigkeiten durch regionale Klimamodelle, z.B. REMO
- Mittel- und Süddeutschland keine eindeutigen Trends, teilweise leichte Abnahme der Sturmaktivität
- Norddeutschland: Zunahme der Sturmstärke wahrscheinlich
- Sturmindex erster Ansatz neben der Stärke auch die Ausdehnung von Stürmen zu berücksichtigen → Bestätigung der Ergebnisse aus Gitterpunktsanalyse
- *hoch auflösende Simulationen (CLM 7 km): verbesserte Wiedergabe der Orografie + Erweiterung des „Ensemble-Ansatzes“*
- *Quantifizierung der Unsicherheiten: Sensitivitäten auf vorgegebene Beschränkungen, z.B. berücksichtigte Periode oder Monate („willkürliche Auswahl“)*
- *Erweiterung des Ansatzes zum Sturmindex in Bezug auf Schäden im Bestand*

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

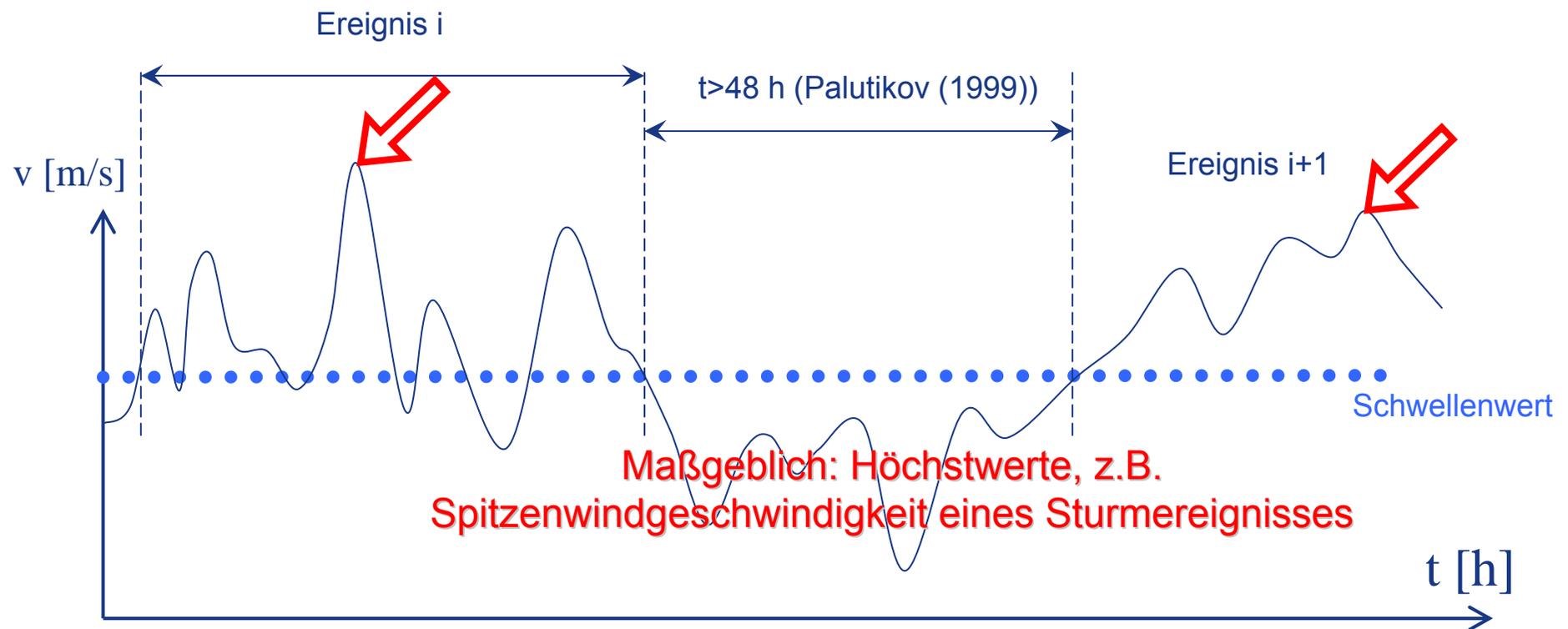
- Quantifizierung der (gegenwärtigen) zukünftigen Sturmgefährdung aus regionalen Klimaprojektionen
- Projekt **RESTER**: Entwicklung von „Strategien zur Reduzierung des **St**urmschadensrisikos für **Wälder**“:



Verbundprojekt
„Herausforderung Klimawandel“

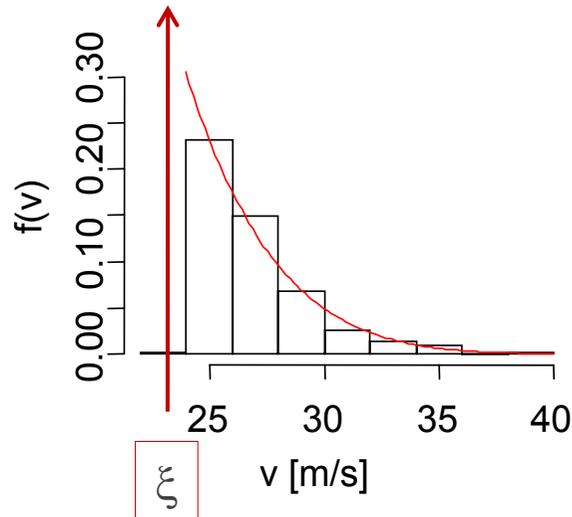
Identifikation stärkste Sturmereignisse

- **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

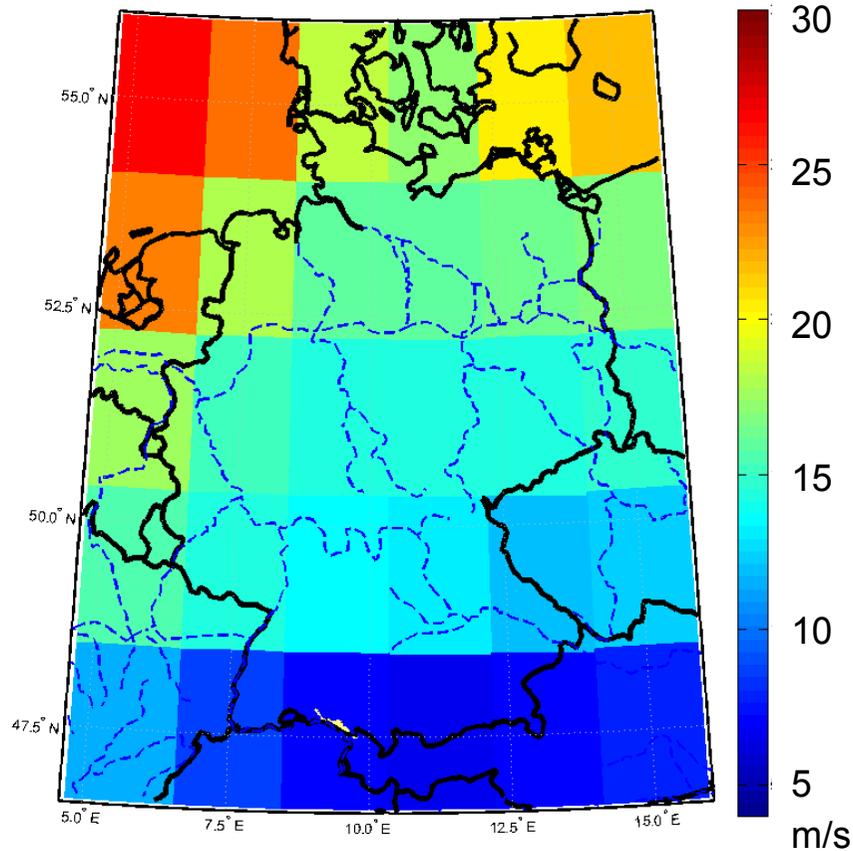
→ Voraussetzung: Unabhängigkeit der Ereignisse (impliziert durch POT und MIS)

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

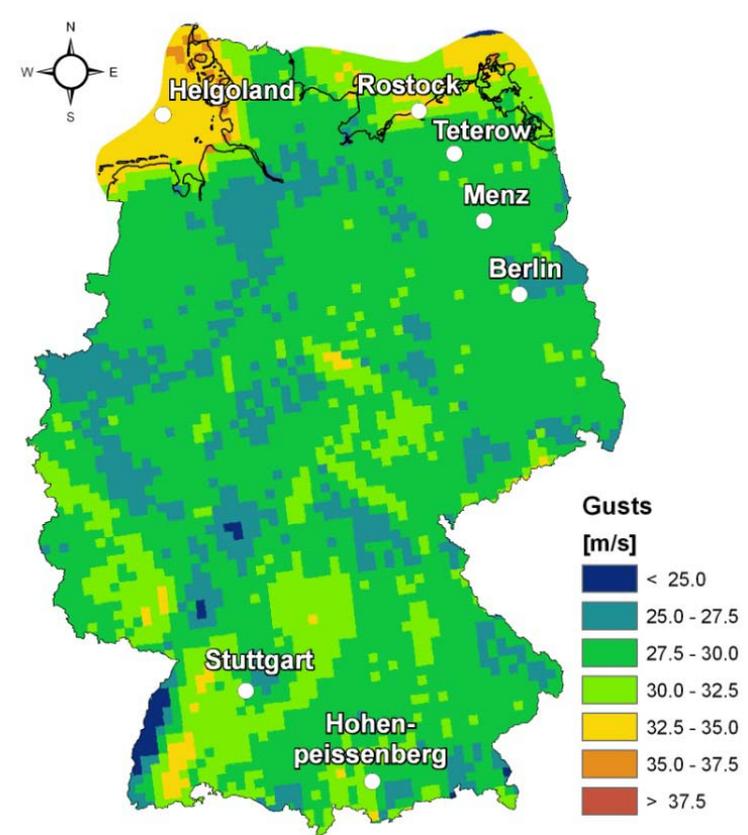
Kontrollzeitraum C20

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

ECHAM5

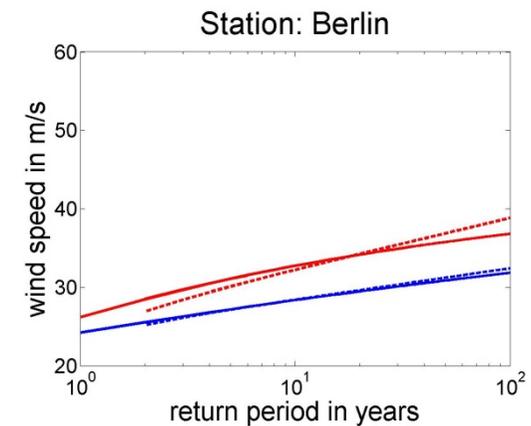
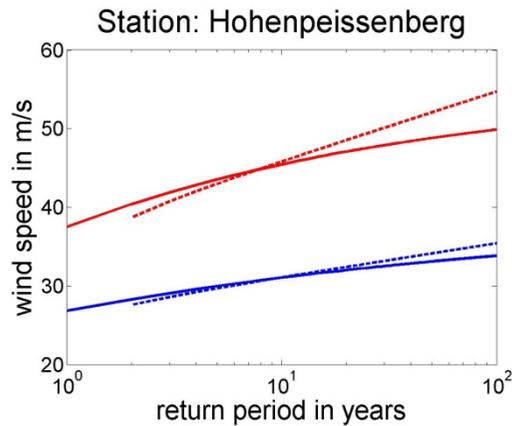
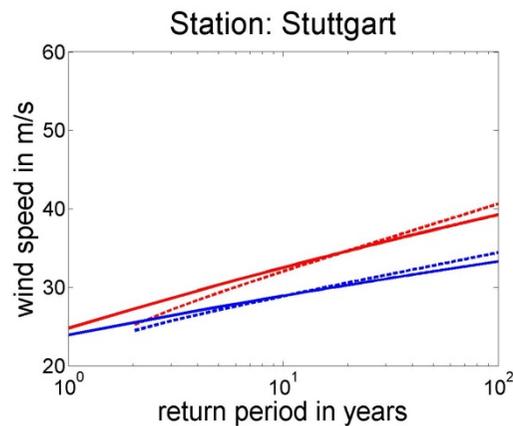
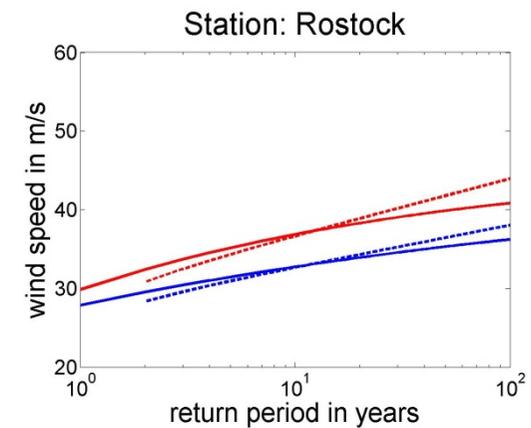
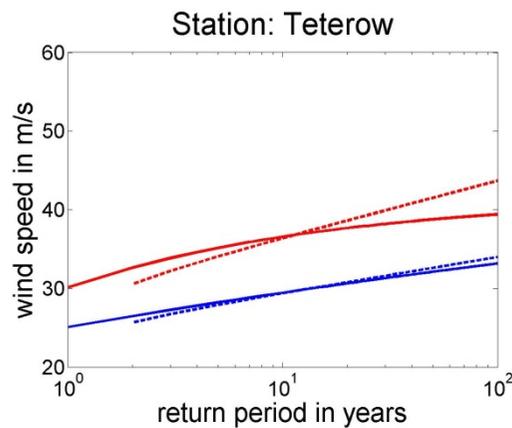
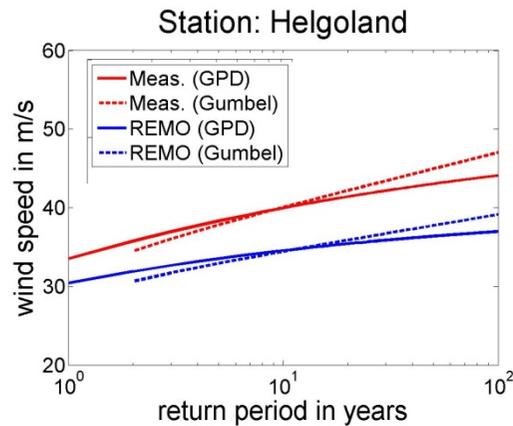


REMO



Validierung Kontrollzeitraum C20 gegenüber Messungen

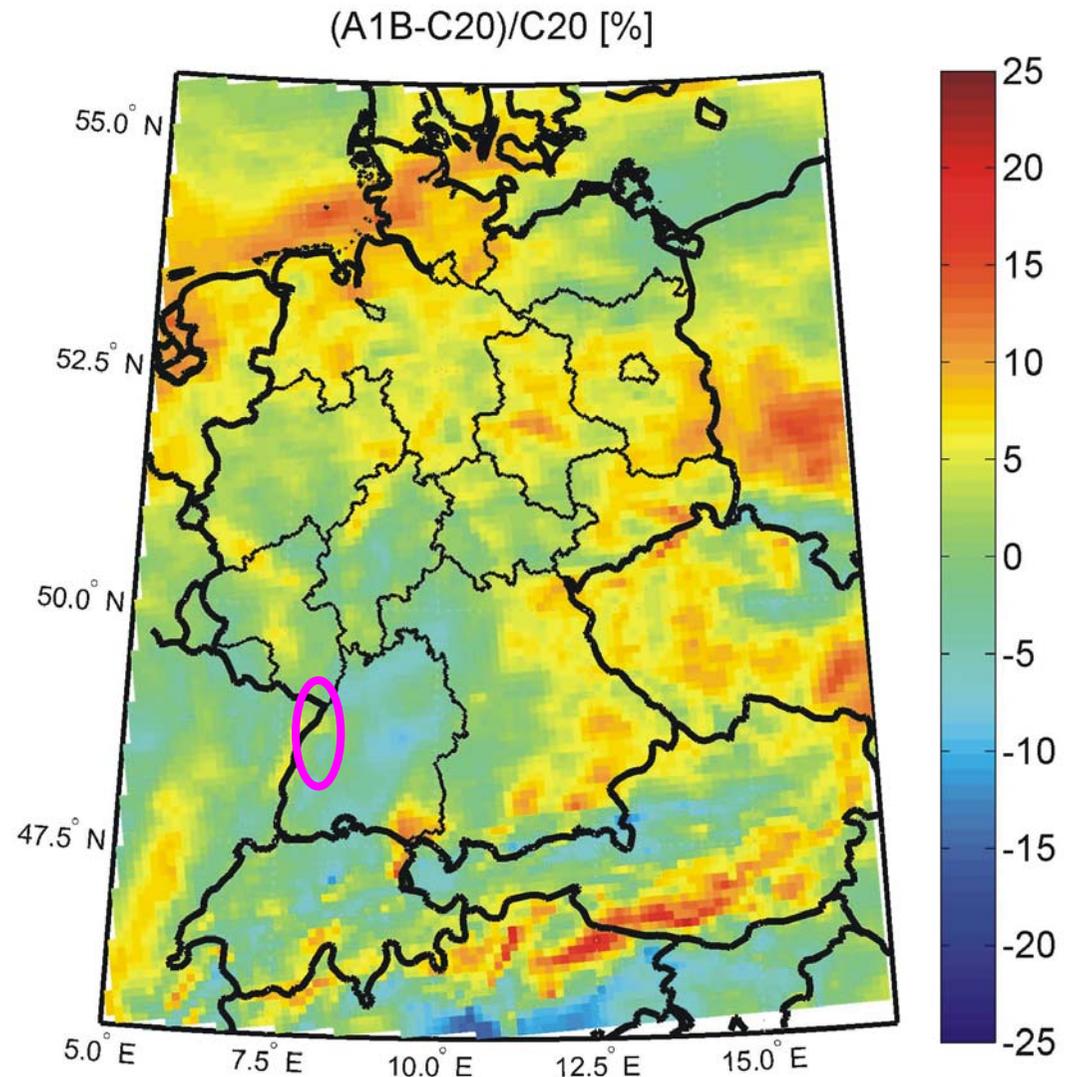
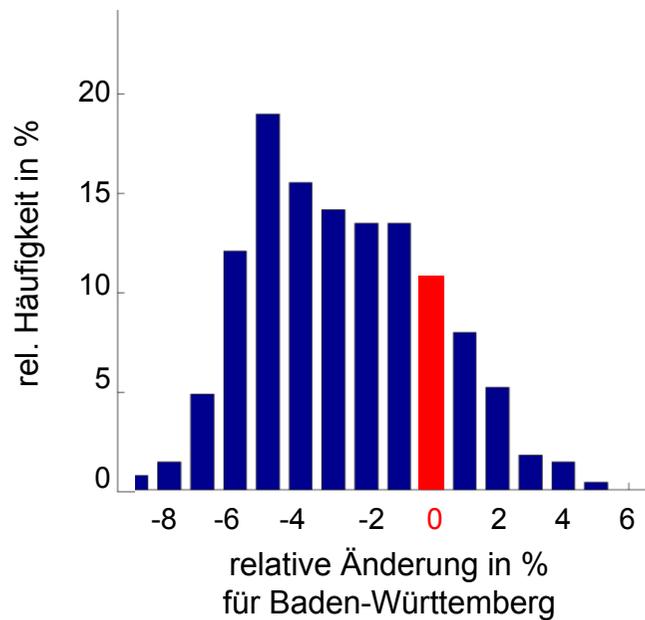
- Böengeschwindigkeit als Funktion der Wiederkehrperiode REMO und SYNOP-Messungen



Sturmklima A1B vs C20 (REMO)

relative Änderung
Böengeschwindigkeit
(A1B-C20)/C20

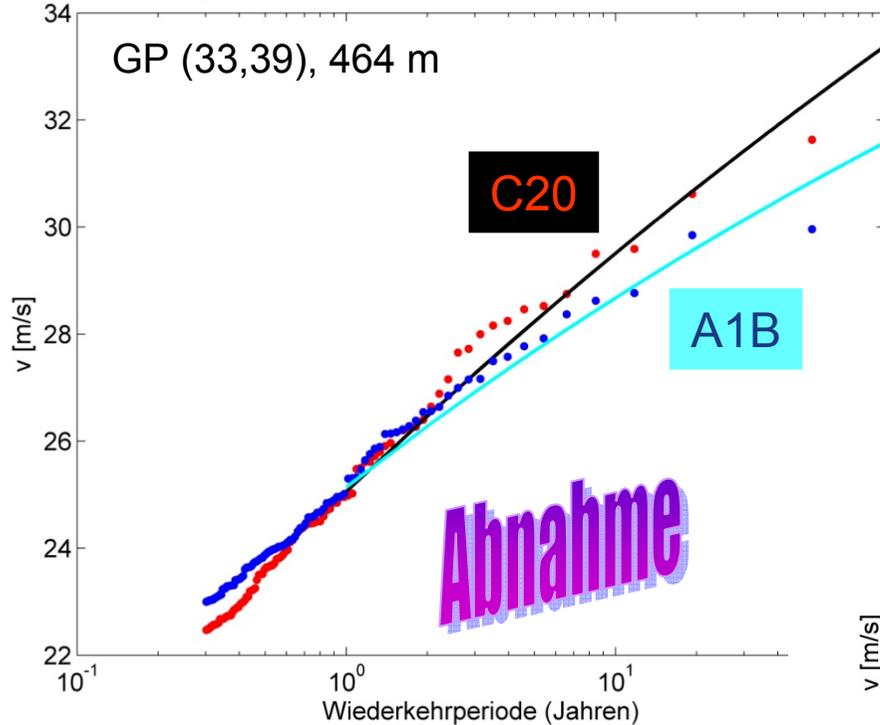
Wiederkehrperiode 10 Jahre



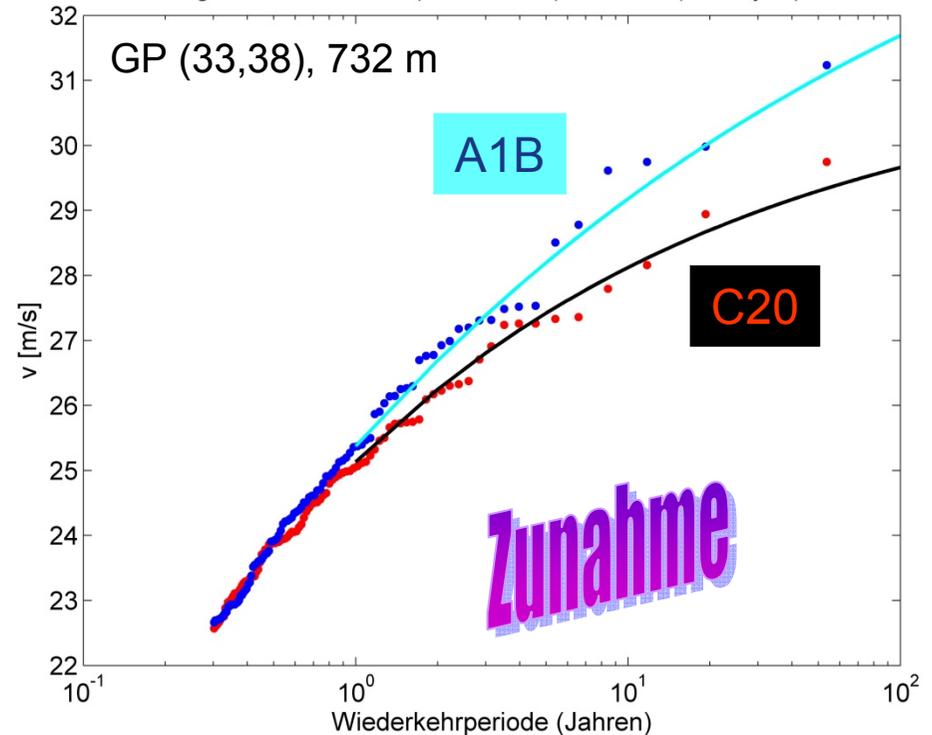
Sturmklima A1B/A2/B1 (2021-2050) vs C20 (1971-2000)

REMO A1B/C20: Verteilungsfunktionen an benachbarten Gitterpunkten

GPD und Originaldaten für C20 (rot/schwarz) und A1B (blau/cyan) aus REMO



GPD und Originaldaten für C20 (rot/schwarz) und A1B (blau/cyan) aus REMO



Repräsentanz der Ergebnisse

- REMO C20: Übereinstimmung der Ergebnisse an einem Gitterpunkt

- alle Sturmereignisse aus Mittel über 10 Gitterpunkte
- relative Übereinstimmung der Ereignisse (Datum) an den anderen Gitterpunkten

