

# 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



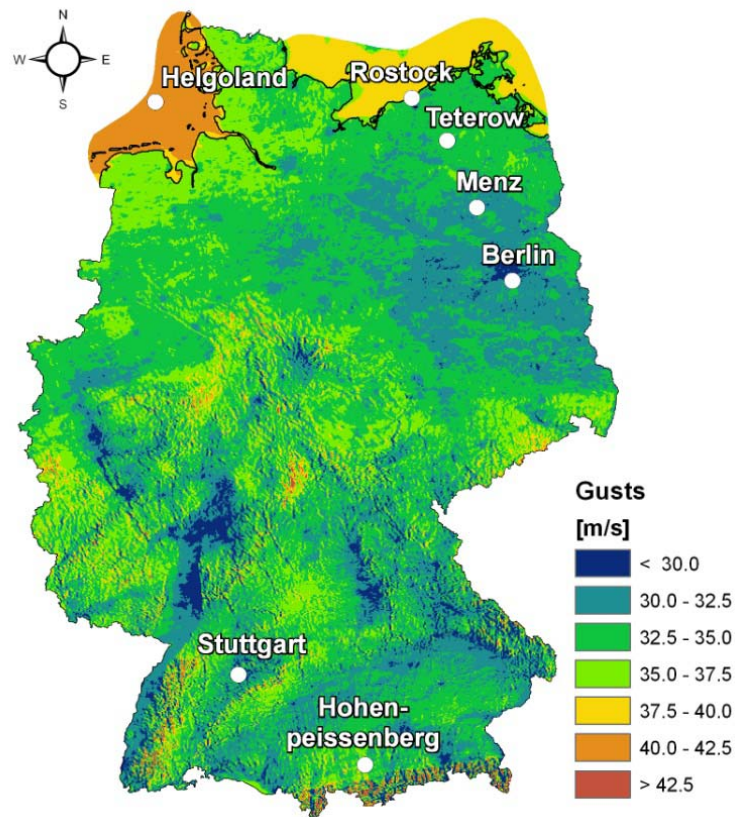
# Klimaprojektionen SRES / ECHAM-5 / REMO

- 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

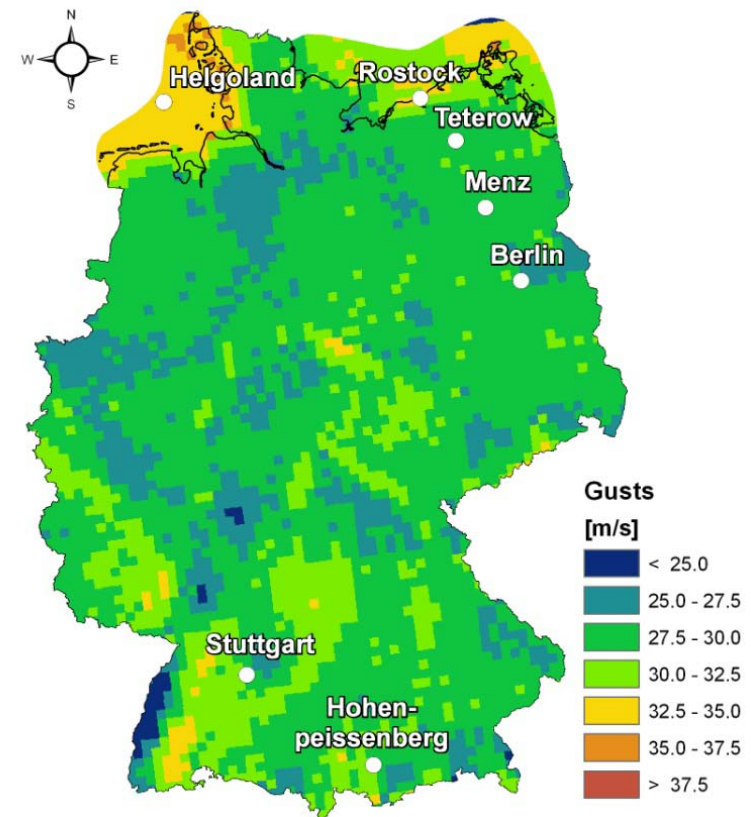
# Validierung Kontrollzeitraum C20

- Böengeschwindigkeit für **Wiederkehrperiode 10 Jahre**

## CEDIM



## REMO

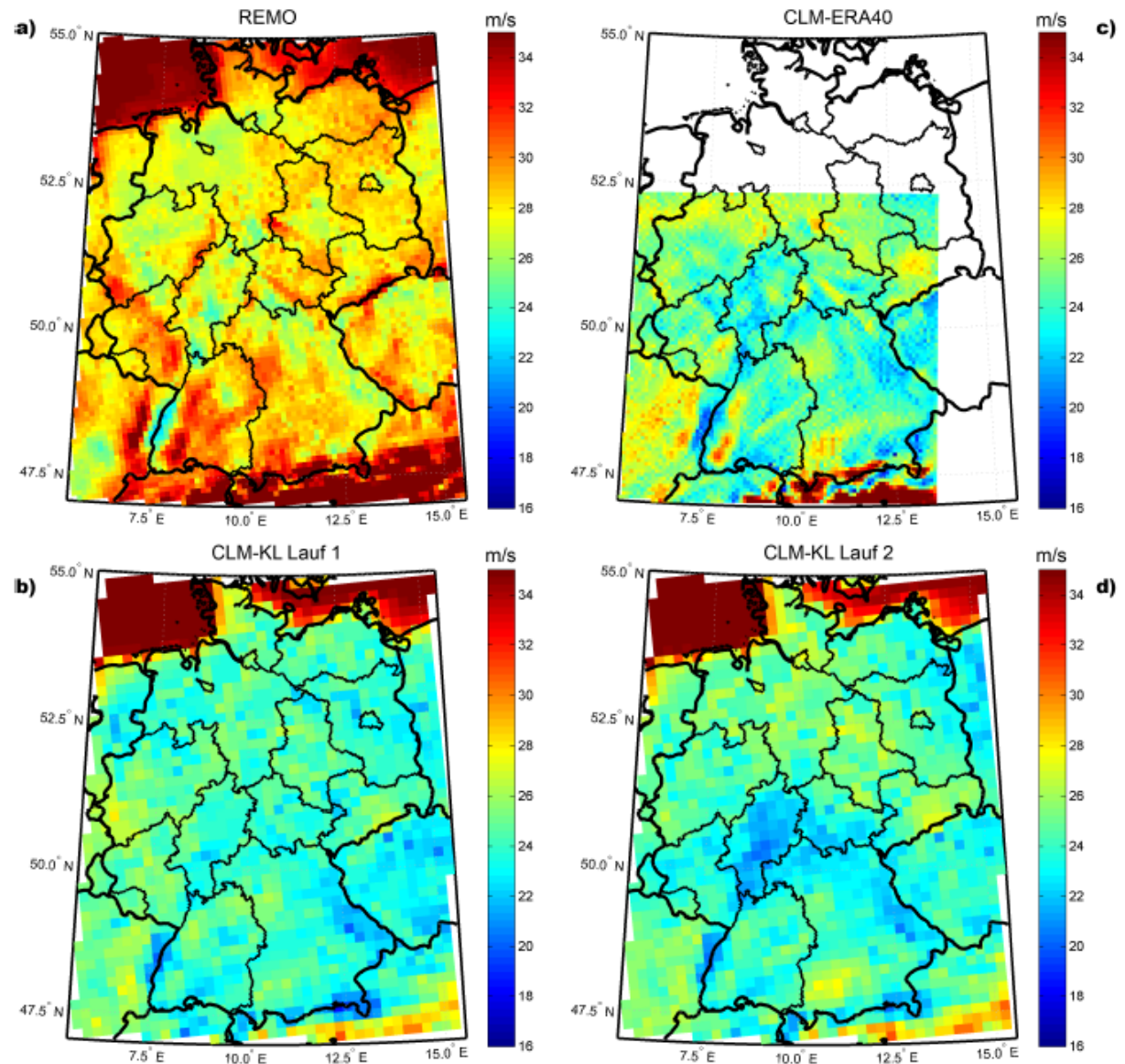


(Hofherr und Kunz, 2009)

Bitte unterschiedliche Farbachsen beachten!

# Datenvergleich (C20)

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

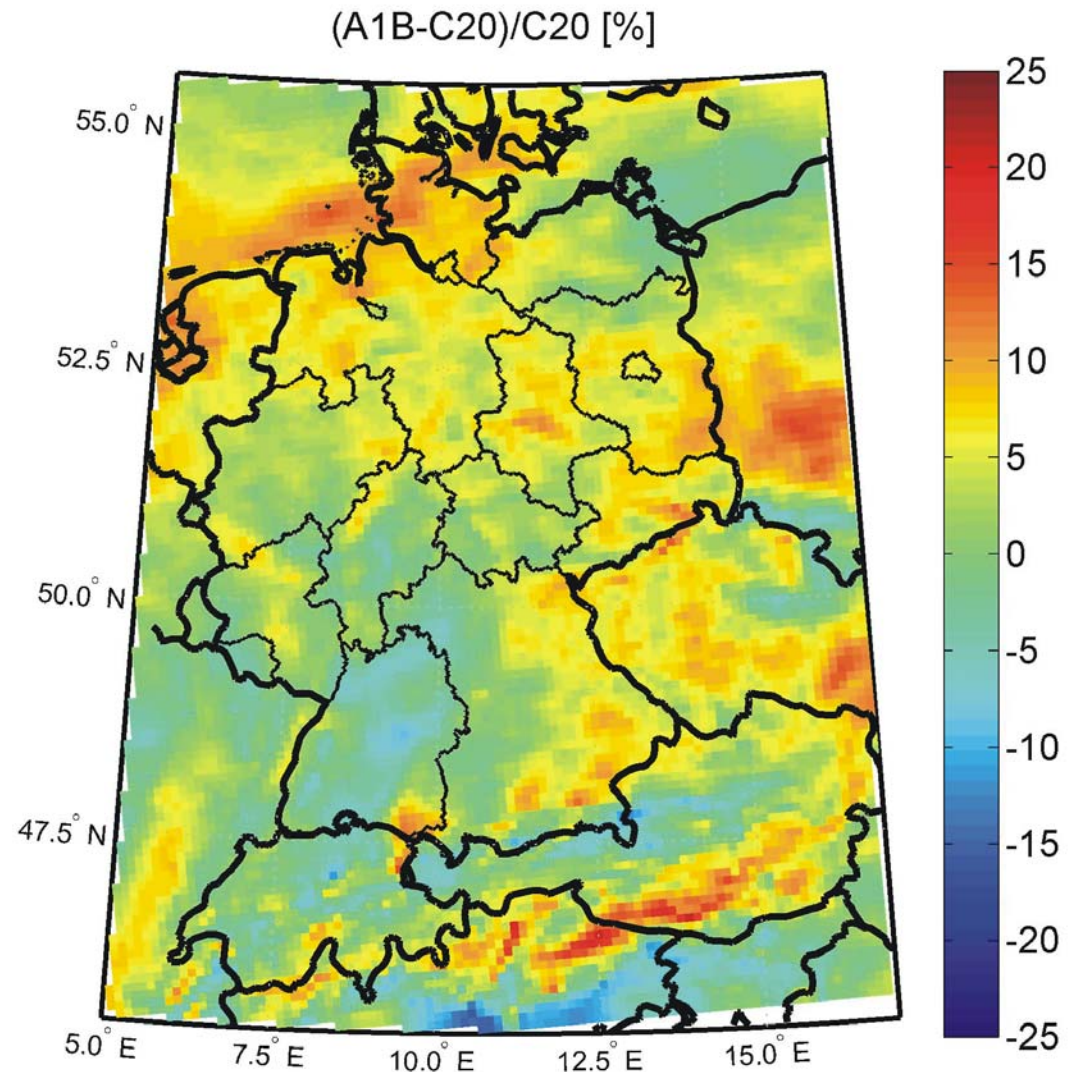
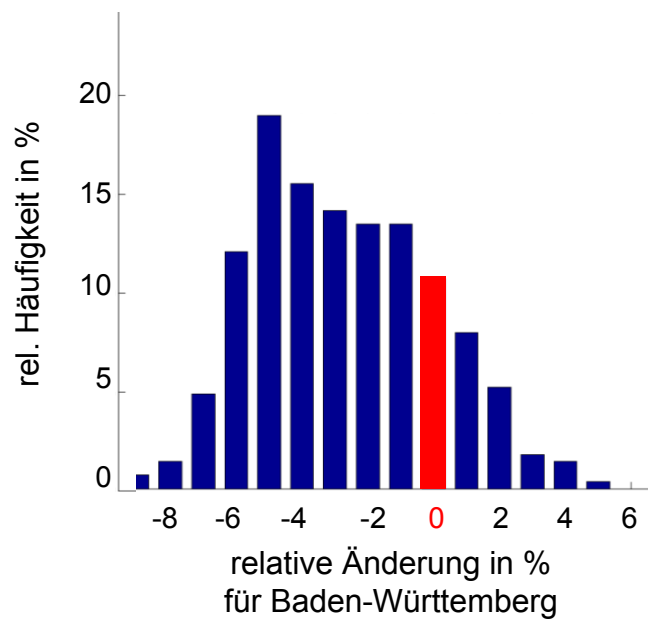


(Mohr, 2008)

# Sturmklima A1B vs C20 (REMO)



relative Änderung  
Böengeschwindigkeit  
(A1B-C20)/C20

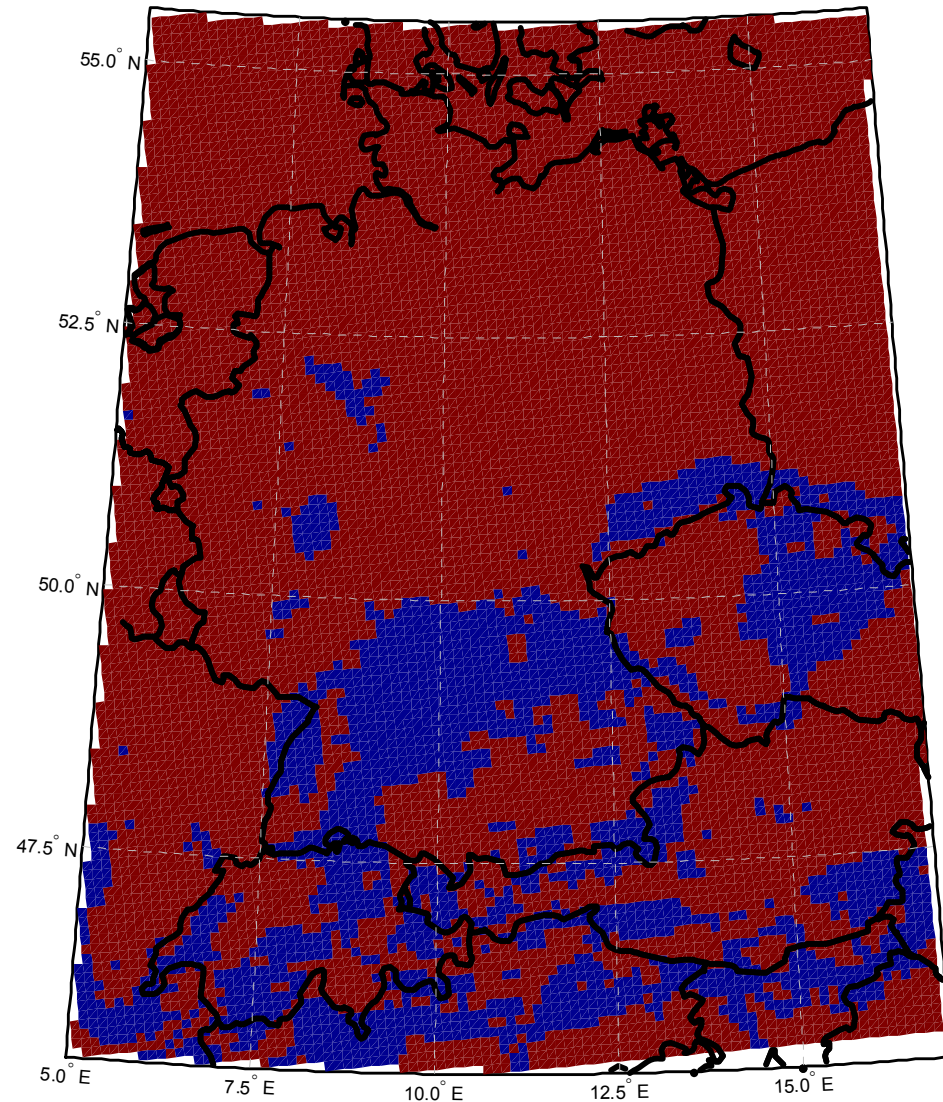
Wiederkehrperiode 10 Jahre



# Sturmklima A1B vs C20 (REMO)

Wilcoxon Rangsummentest  
auf signifikante Änderung

-  keine signifikante Änderung
-  signifikante Änderung > 95 %



## Weitere Modellläufe

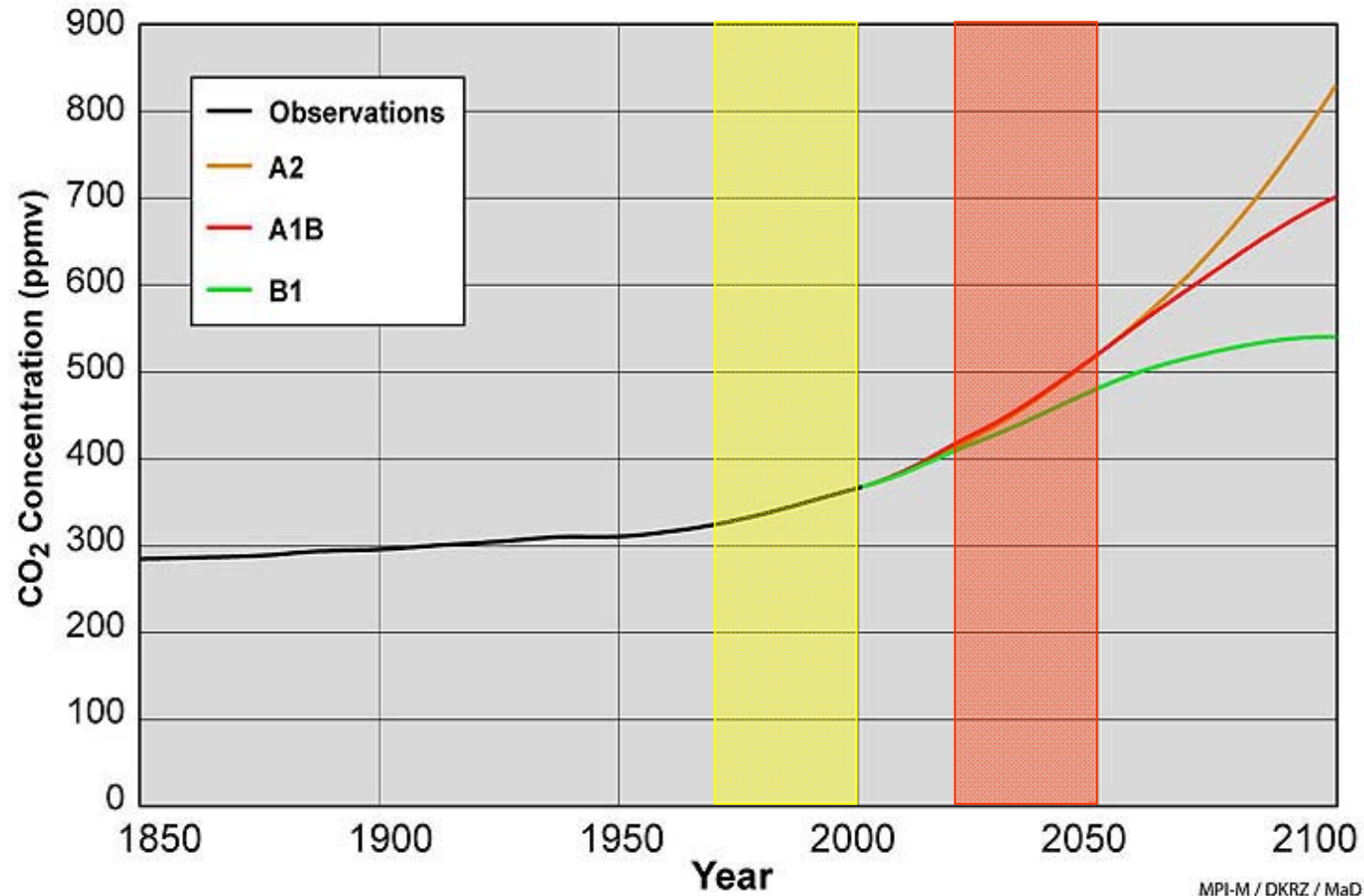
	REMO	CLM-KL-Lauf 1	CLM-KL-Lauf 2
Antrieb	ECHAM-5 Lauf 1	ECHAM-5 Lauf 1	ECHAM-5 Lauf 2
Emission-szenario	A1B, A2, B1	A1B, B1	A1B, B1
Auflösung	0,088° ≈ 10 km	0,167° ≈ 18 km	0,167° ≈ 18 km

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



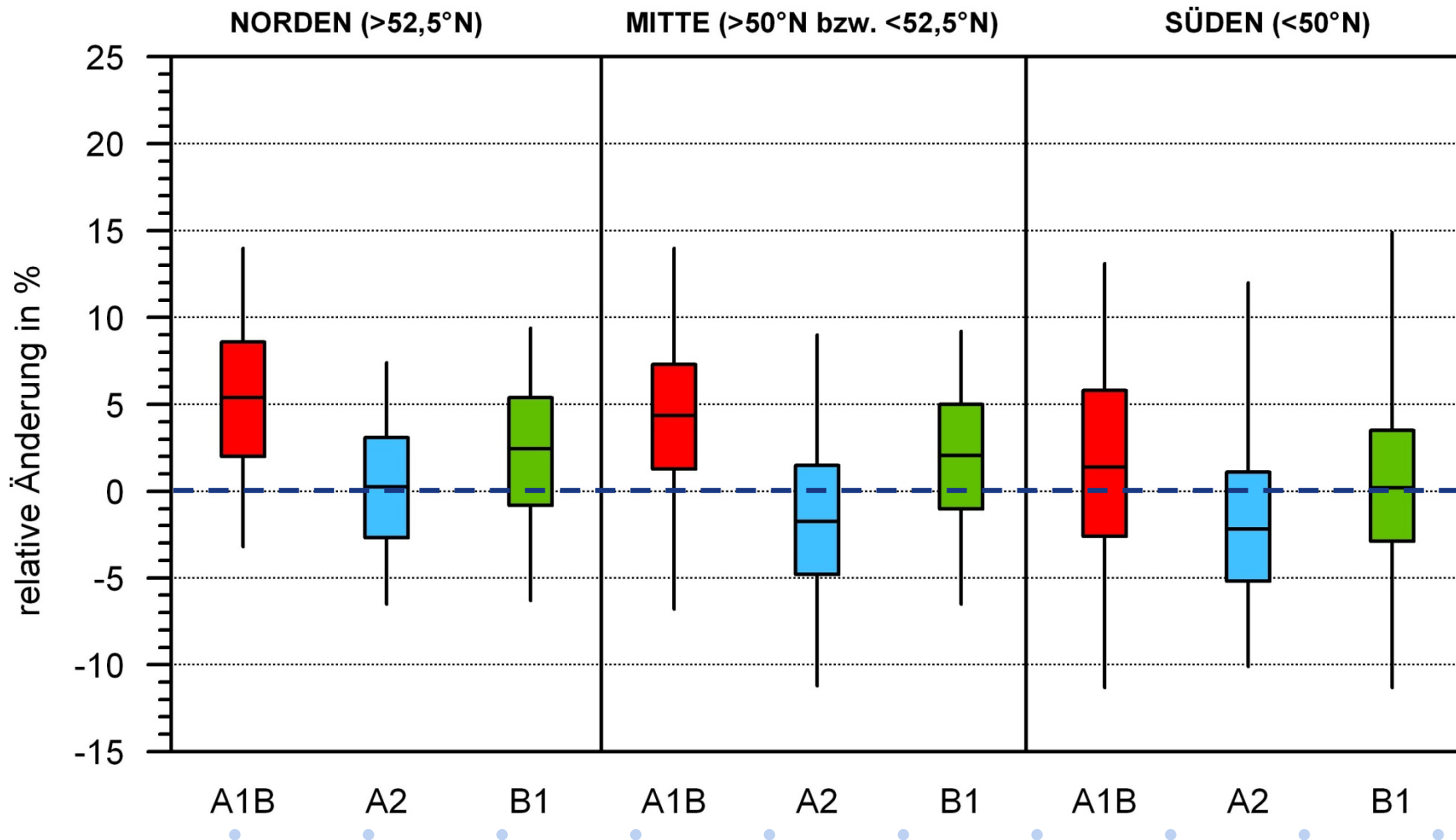
# Emissionsszenarien nach dem IPCC-Report

IPCC SRES Scenarios: CO<sub>2</sub> Concentrations used for AR4 Simulations



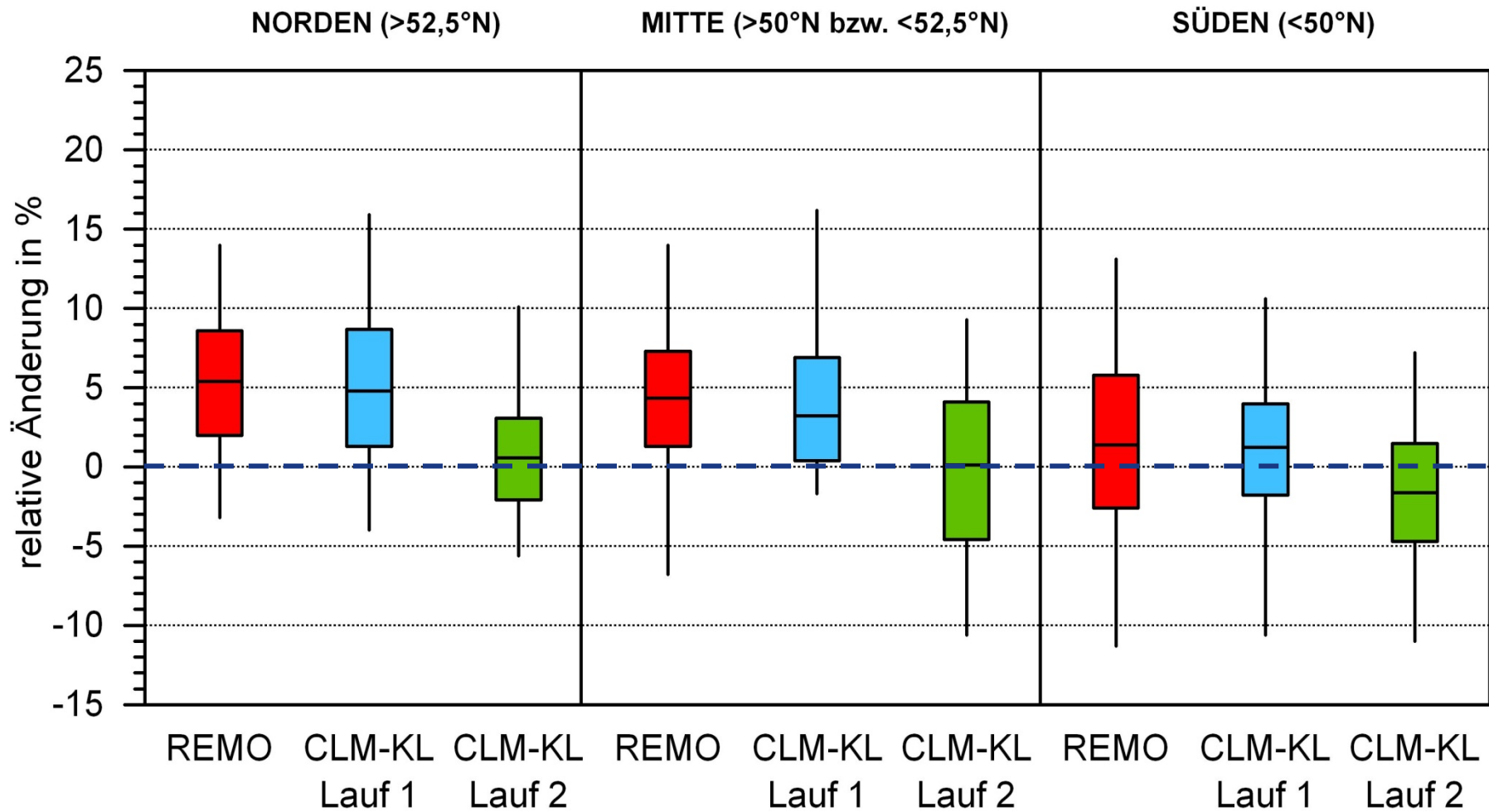
# Sturmklima REMO 2021-2050 vs 1971-2000

Wiederkehrperiode von 10 Jahren



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

Wiederkehrperiode von 10 Jahren

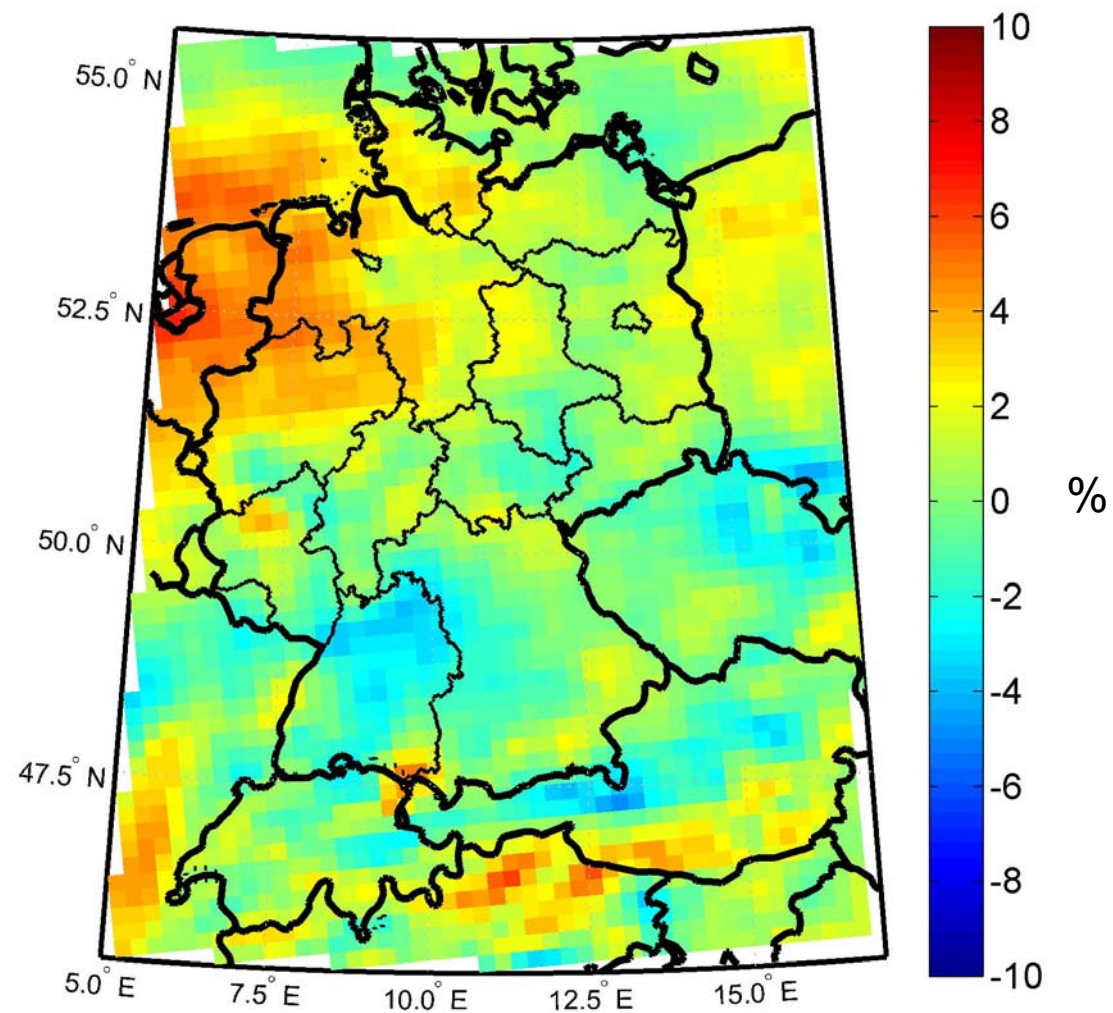


# Ensemble-Ansatz

- 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?

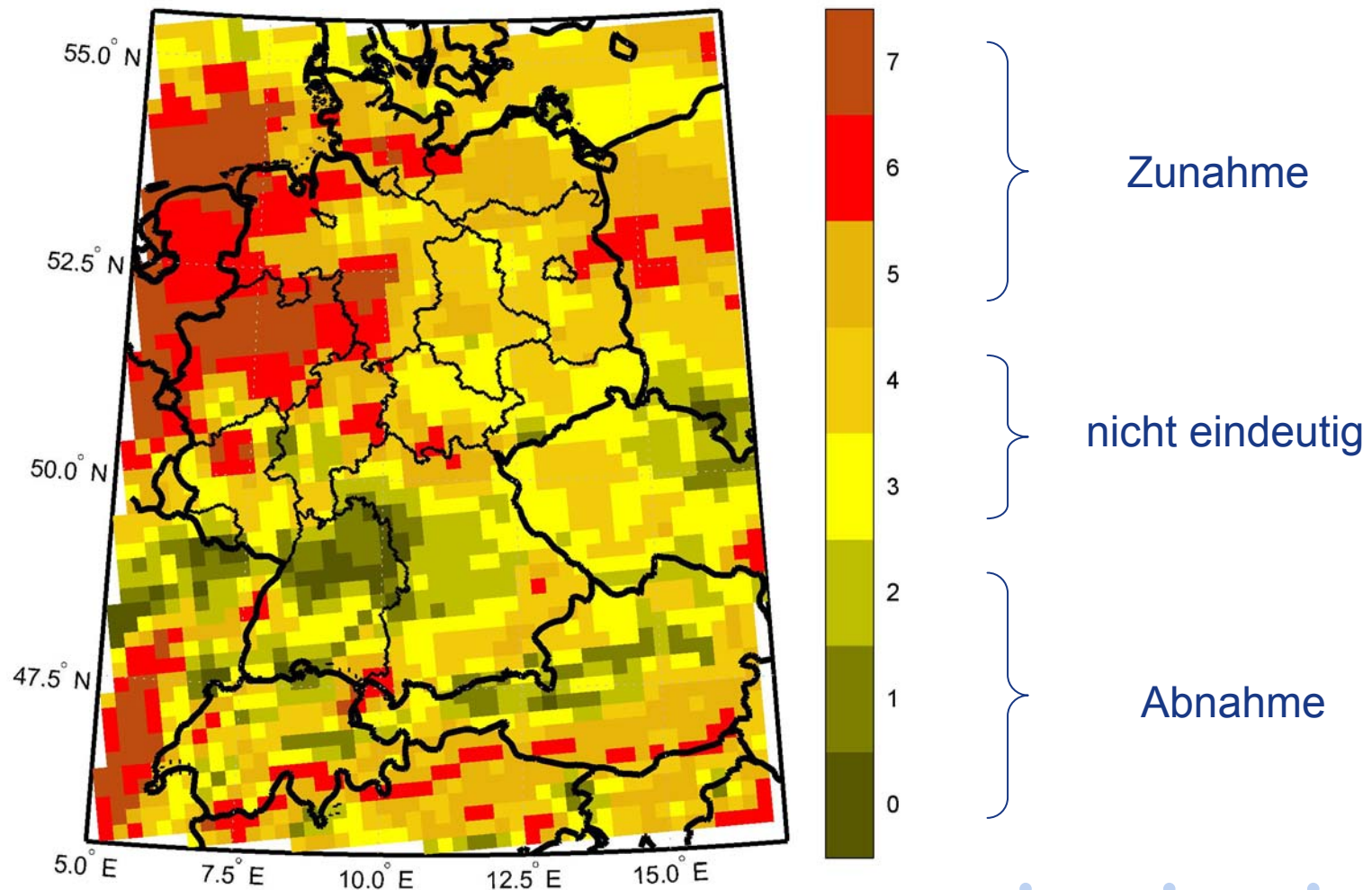
# Änderung des Sturmklimas

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



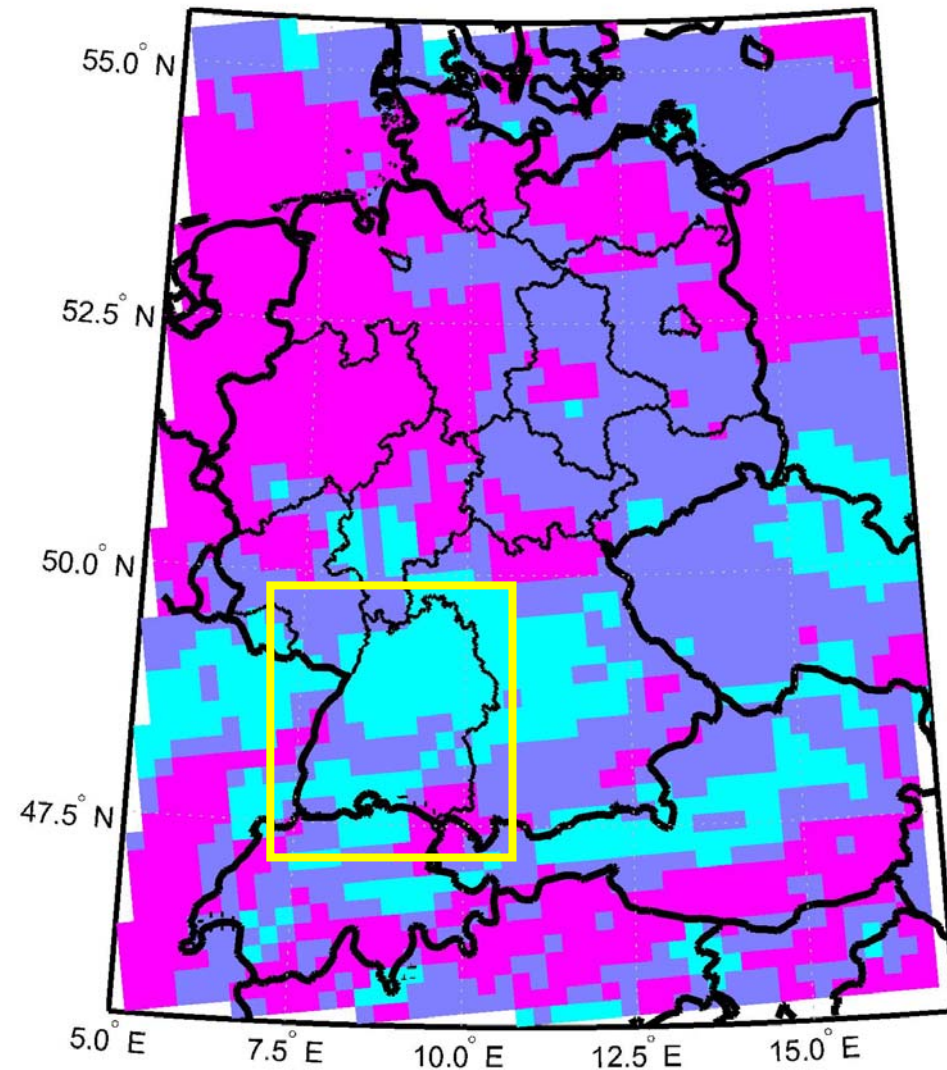
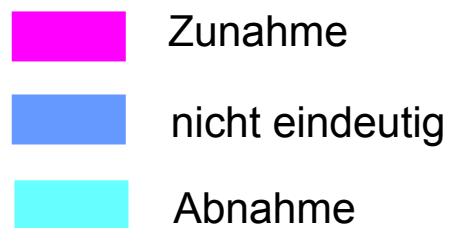
# Änderung des Sturmklimas

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

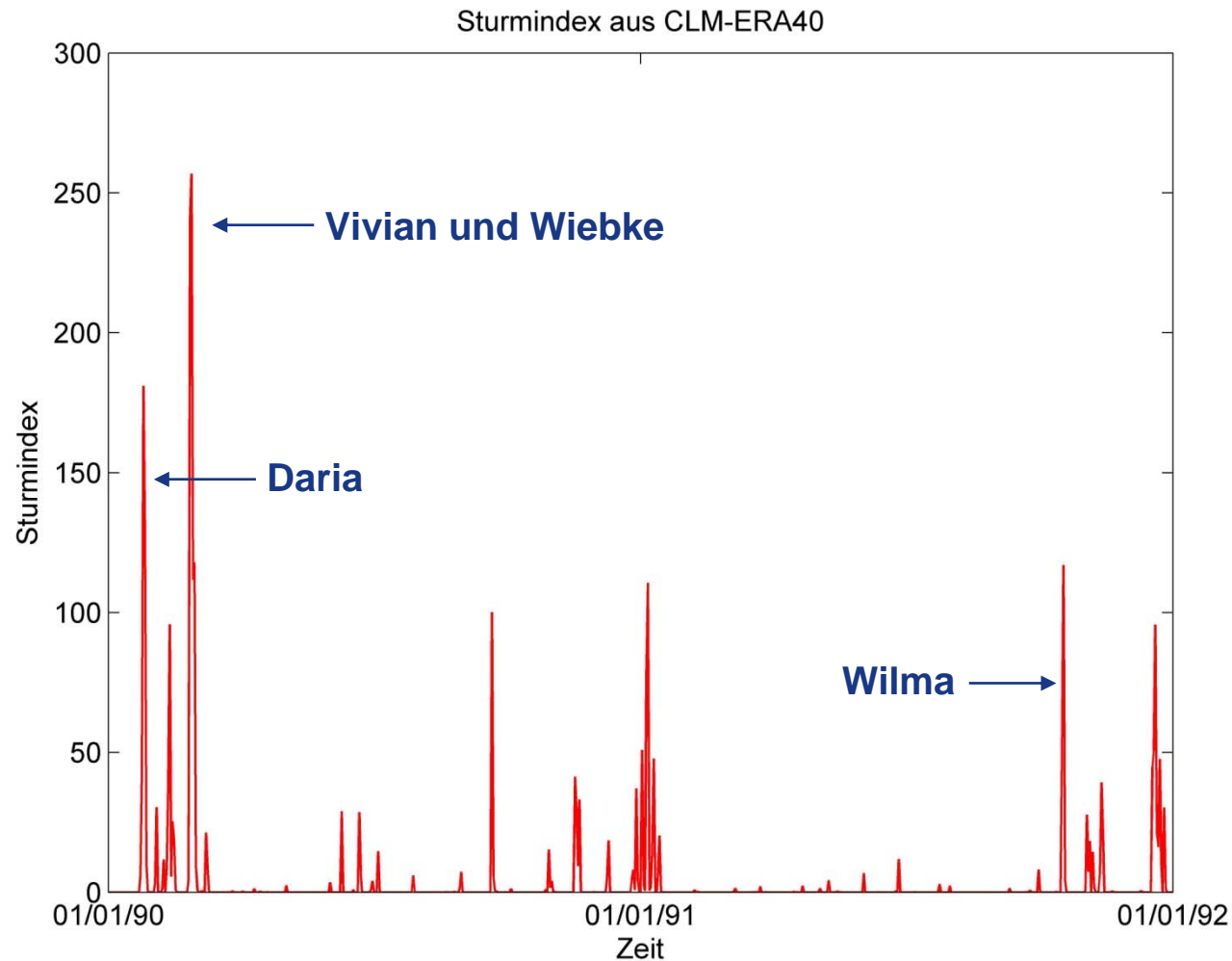
(Della-Marta et al., 2008)

→ berücksichtigt Form der Verteilung im Extremwertbereich



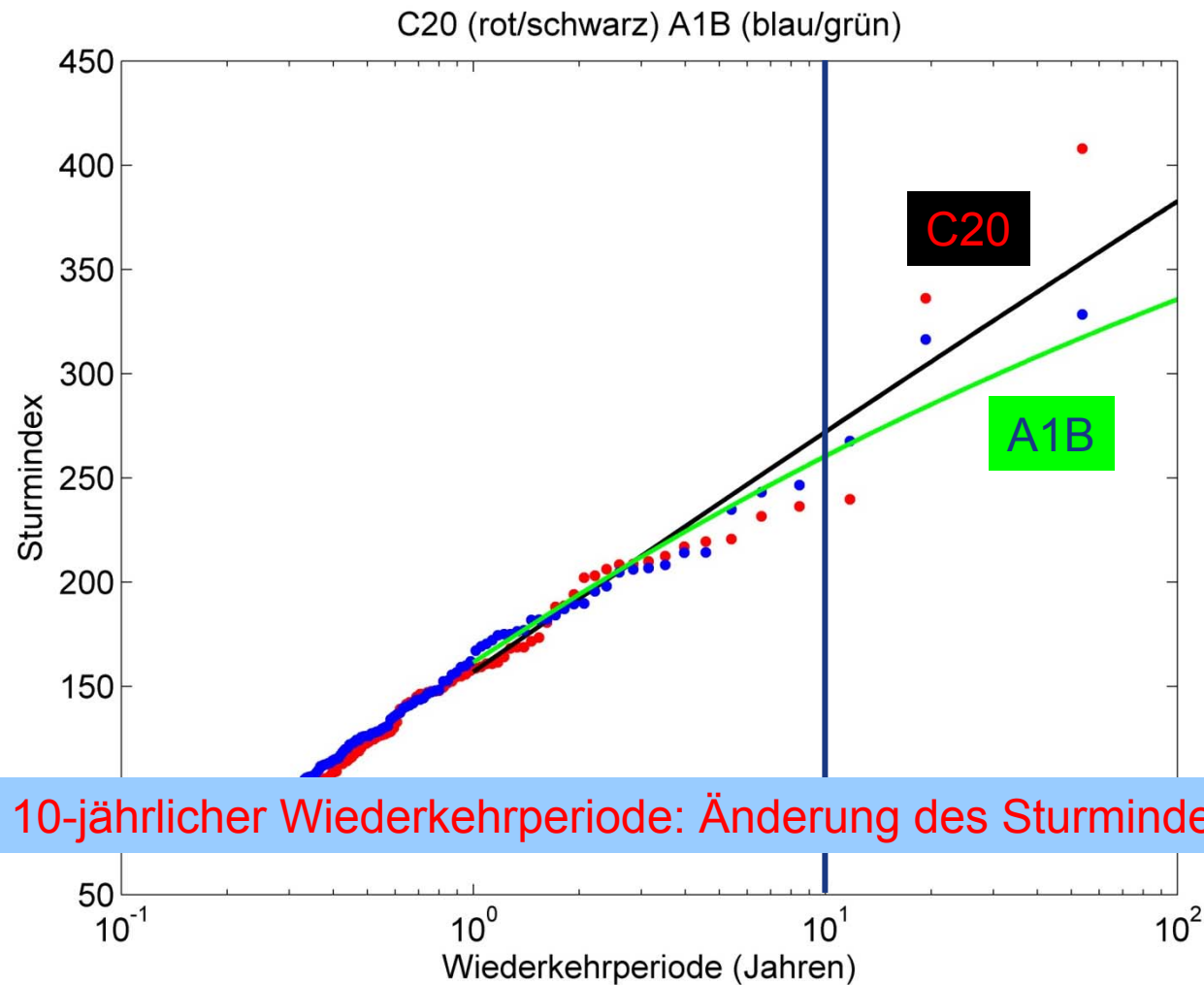
# Sturmindex

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%!

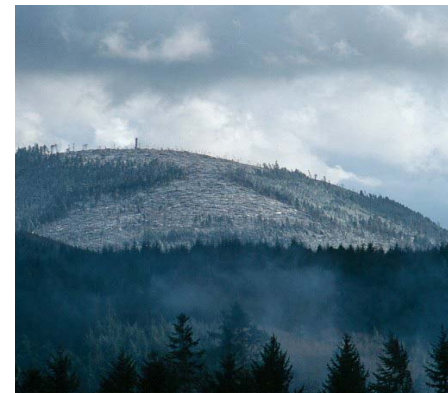
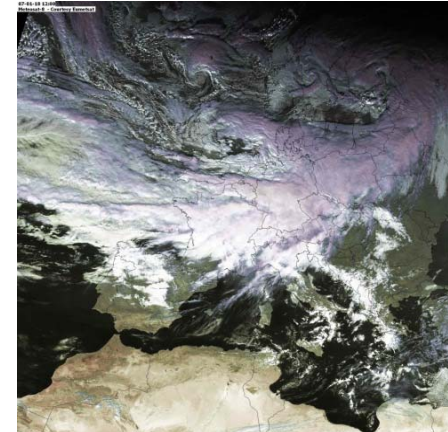
# Schlussfolgerungen und Ausblick

- 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

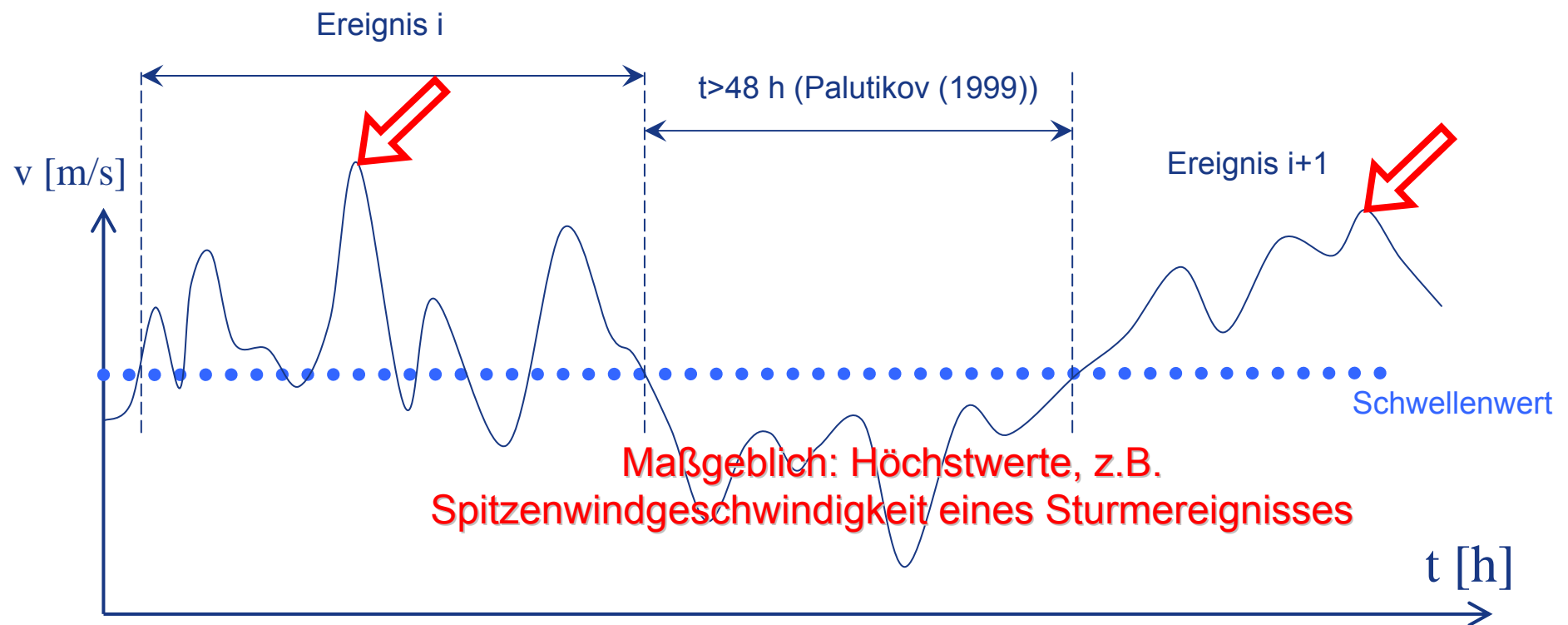
- Quantifizierung der (gegenwärtigen) zukünftigen Sturmgefährdung aus regionalen Klimaprojektionen
- Projekt **RESTER**: Entwicklung von „Strategien zur Reduzierung des **St**urmschadensrisikos für **Wälder**“:



Verbundprojekt  
„Herausforderung Klimawandel“

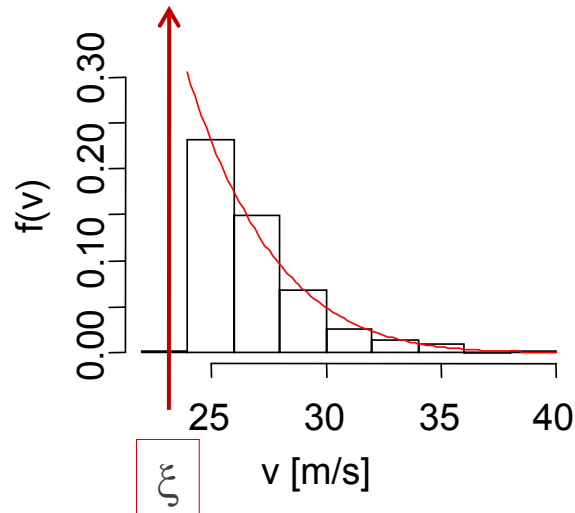
# Identifikation stärkste Sturmereignisse

- **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

$\lambda = n/M$

$\alpha$ : Skalierungsparameter

$n$ : Anzahl Extremereignisse

$\xi$ : Schwellenwert

$M$ : Anzahl Jahre

$T$ : Wiederkehrperiode

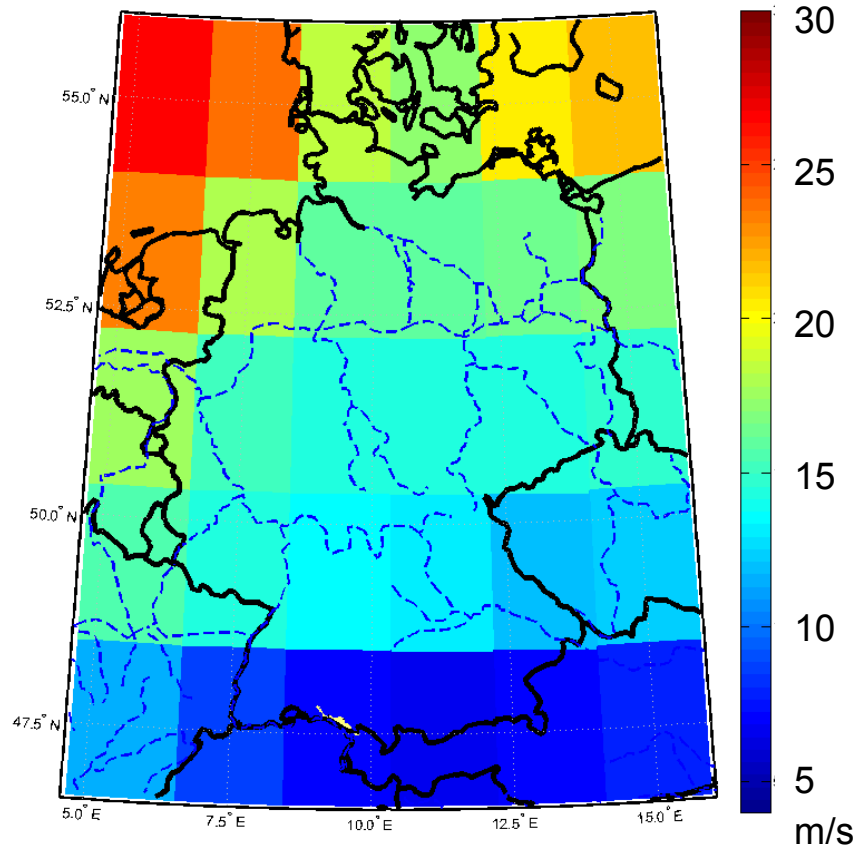
→ Voraussetzung: Unabhängigkeit der Ereignisse (impliziert durch POT und MIS)

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

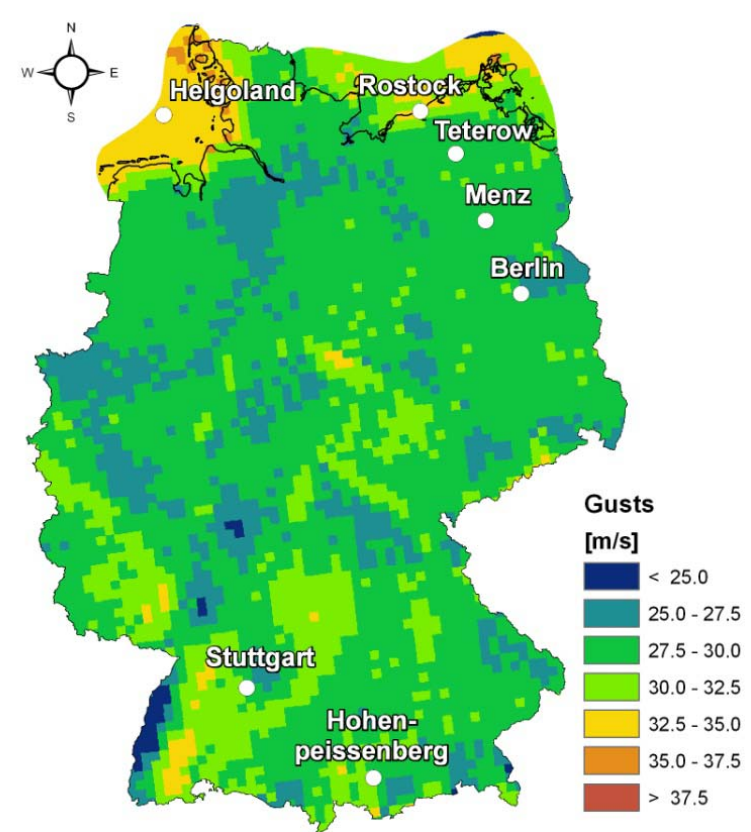
# Kontrollzeitraum C20

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

## ECHAM5

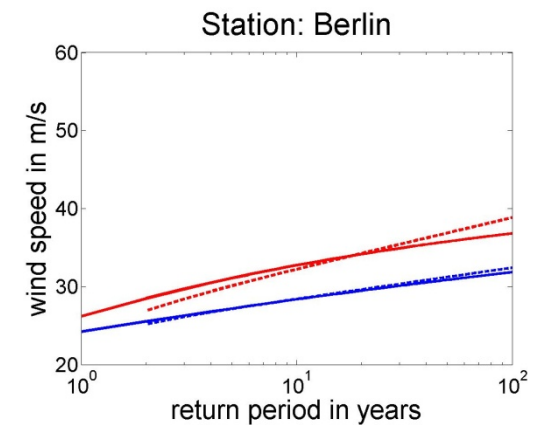
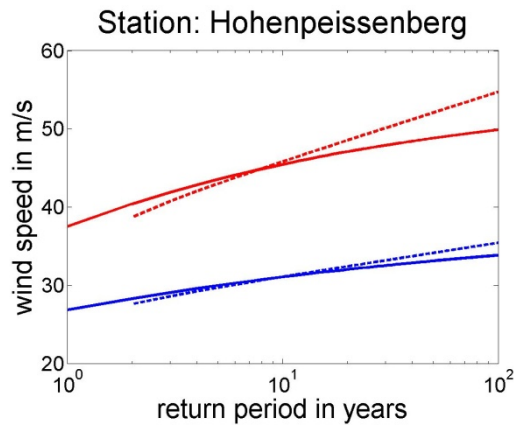
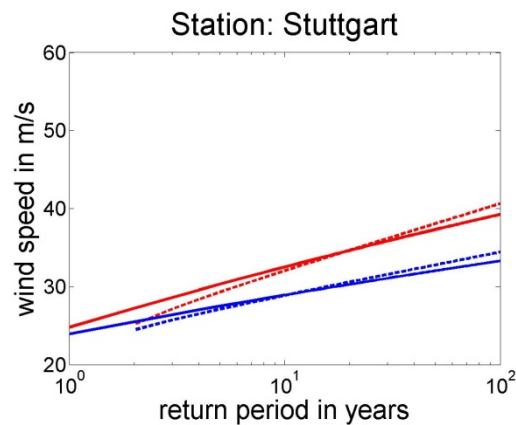
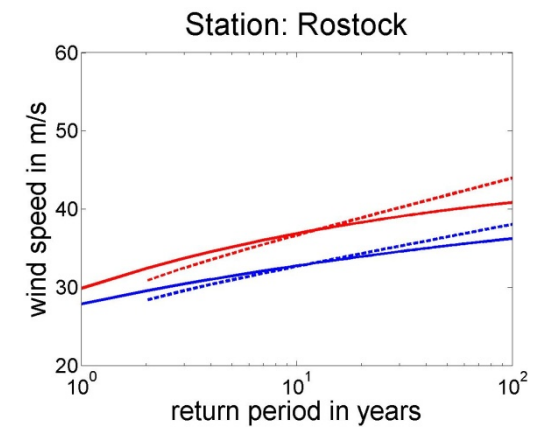
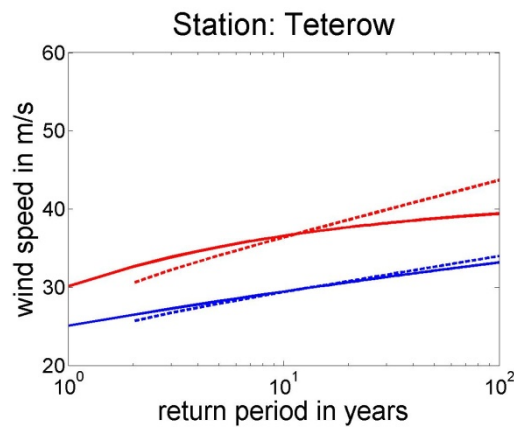
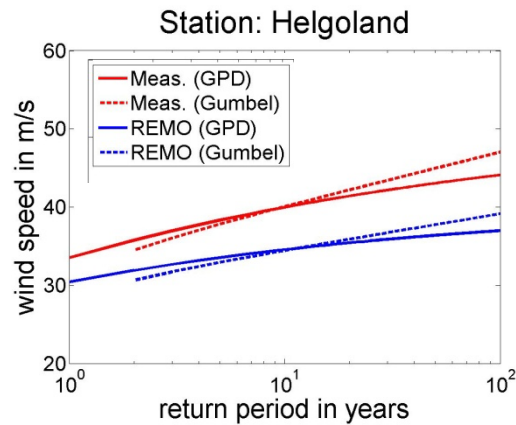


## REMO



# Validierung Kontrollzeitraum C20 gegenüber Messungen

- Böengeschwindigkeit als Funktion der Wiederkehrperiode REMO und SYNOP-Messungen

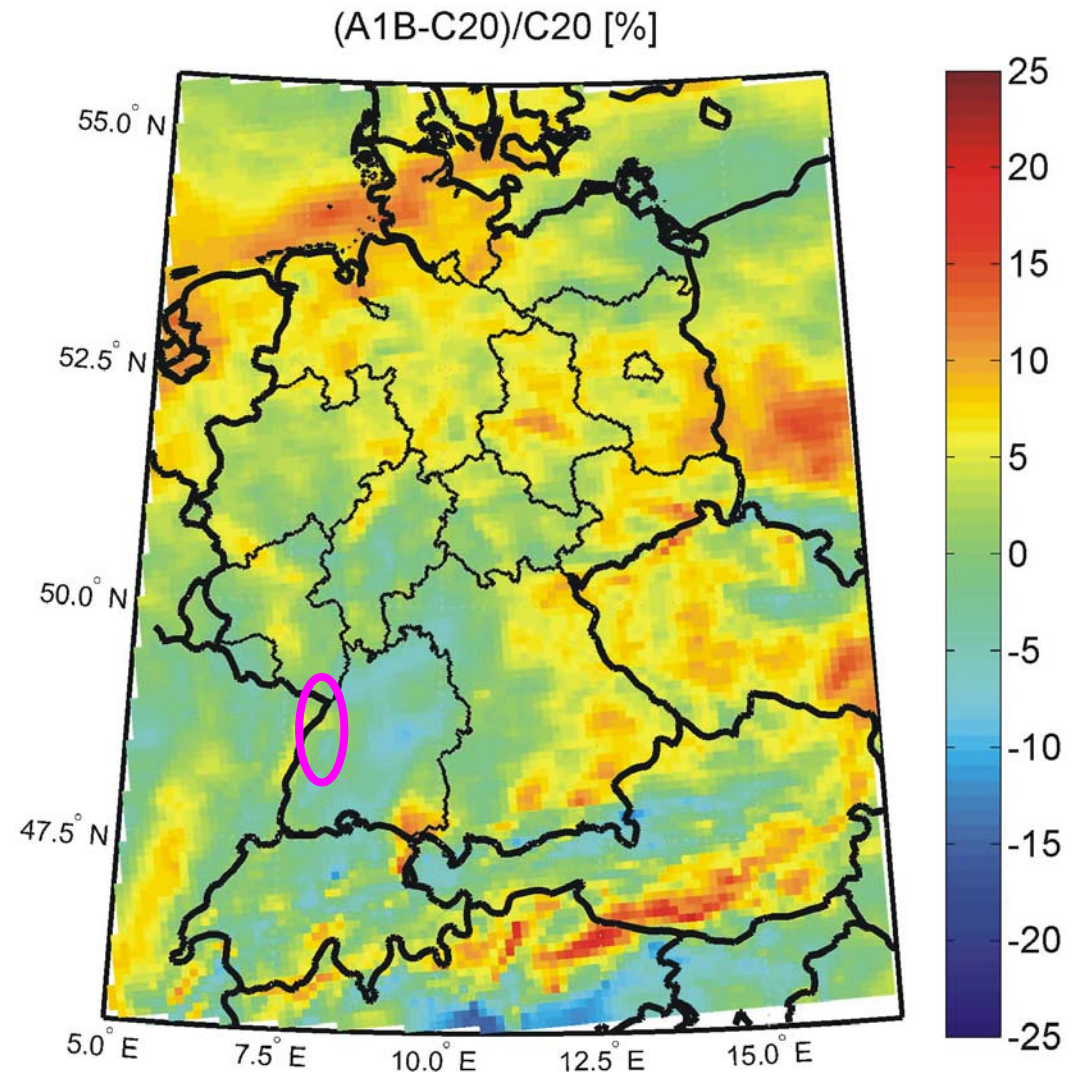
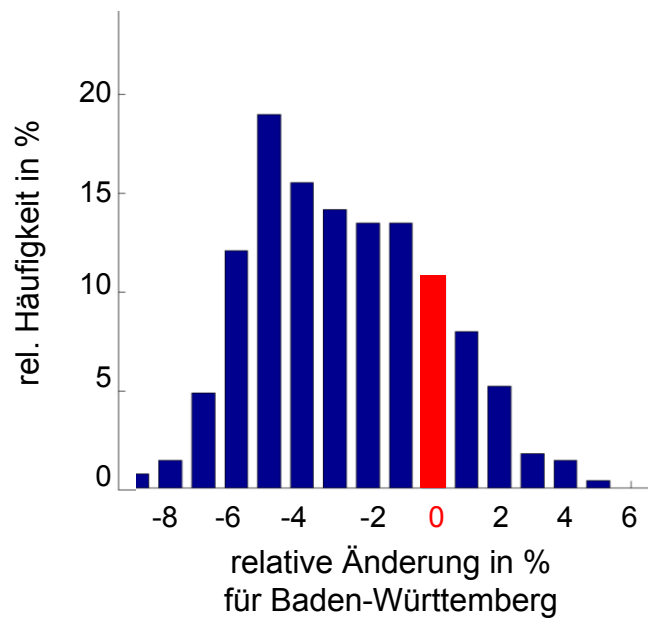




# Sturmklima A1B vs C20 (REMO)

relative Änderung  
Böengeschwindigkeit  
(A1B-C20)/C20

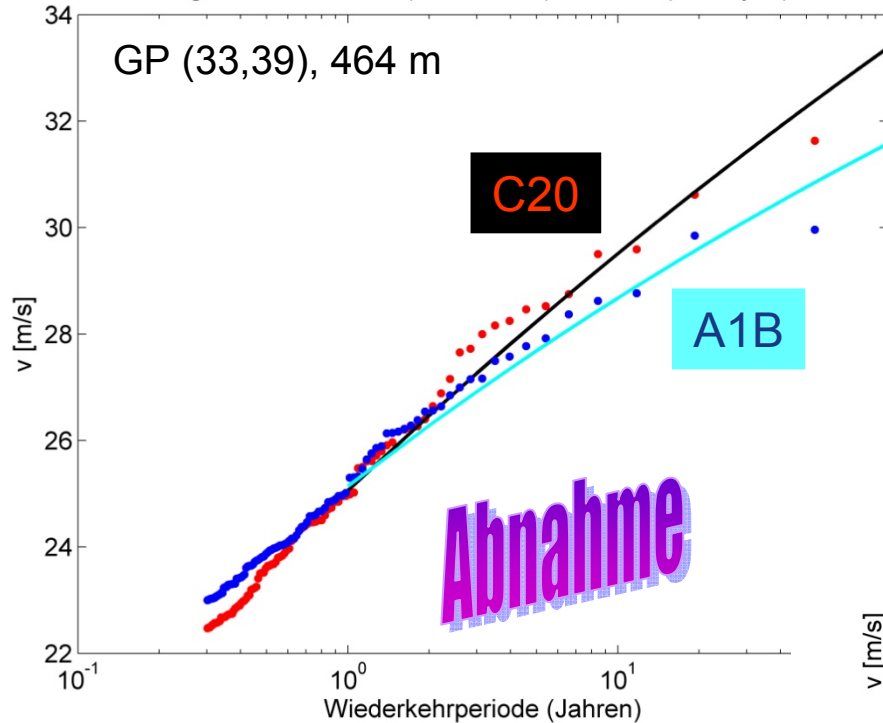
Wiederkehrperiode 10 Jahre



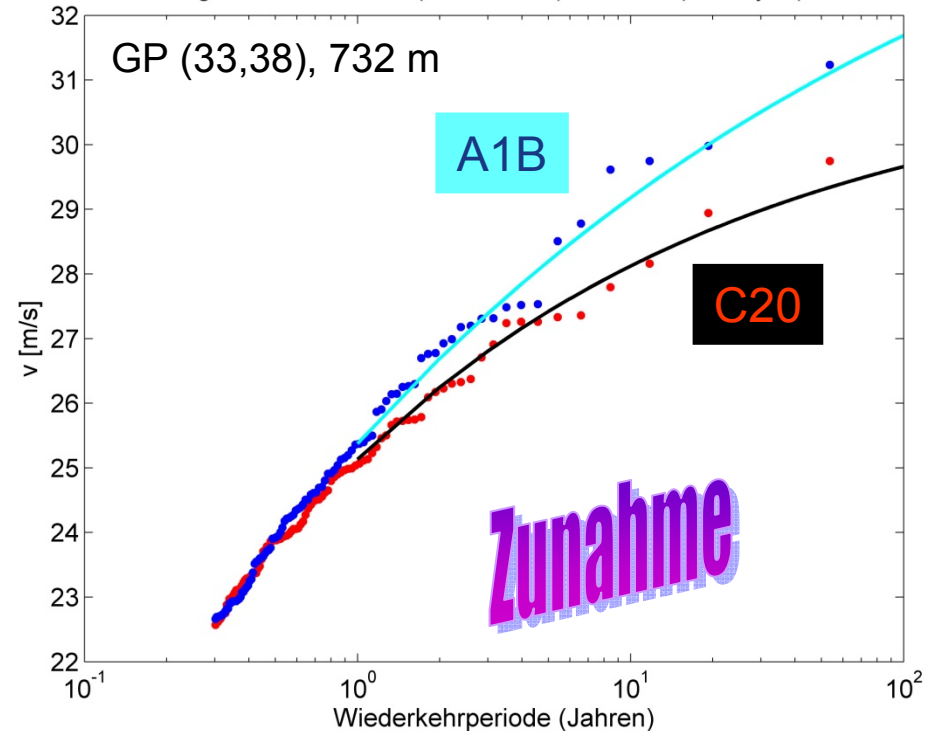
# Sturmklima A1B/A2/B1 (2021-2050) vs C20 (1971-2000)

## 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

