

Ensemblegröße und Belastbarkeit

K. Radtke, BTU Cottbus-Senftenberg

Abschluss-Veranstaltung des Verbundprojekts **ReKliEs-De**

1 Einleitung

Das Klima ändert sich!? ... aber wie?

Klimaprojektionen

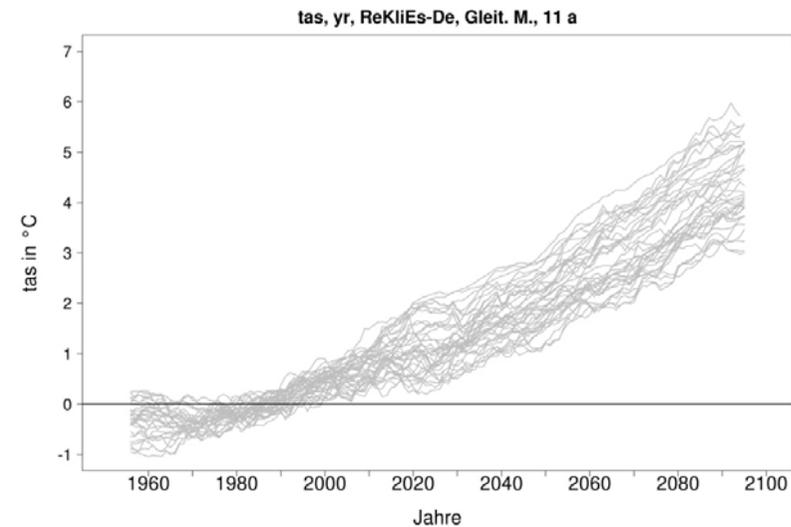
- unterschiedlichen Modellen: Ensemble
- Unsicherheiten
- Streuung des Klimaänderungssignals
- Erfassung durch Bandbreite
- Möglichst viele Mitglieder verwenden

Gibt es einen Punkt an, dem sich das Ergebnis (die Bandbreite) nur noch geringfügig ändert, wenn man weitere (zufällig gewählte) Projektionen mit einbezieht?

bzw.

Wie viele Simulationen braucht man, damit ein Änderungssignal konvergiert?

Ziel ist die Abschätzung eines notwendigen Simulationsumfangs für die Abschätzung der Bandbreite → keine Auswahl spezieller Projektionen (alles zufällig)



2 Methode

Wie viele zufällig ausgewählte Projektionen reichen aus, um die Bandbreite des Klimaänderungssignals des Gesamtensembles (mit der geforderten Genauigkeit) zu erhalten?

- Bandbreite → Quantilsbereich
→ Bereich mit 66% aller Klimaänderungssignale: Q_{17} - Q_{83} ,
d.h. nicht durch Minimum und Maximum
- wenn sich der Quantilsbereich bei weiterer Vergrößerung des Teilensembles nur noch unwesentlich ändert → im statistischen Sinne robust
→ Q_{xx} konvergieren mit zunehmendem Umfang des Teilensembles
- Festzulegendes Konvergenzkriterium (Genauigkeit)

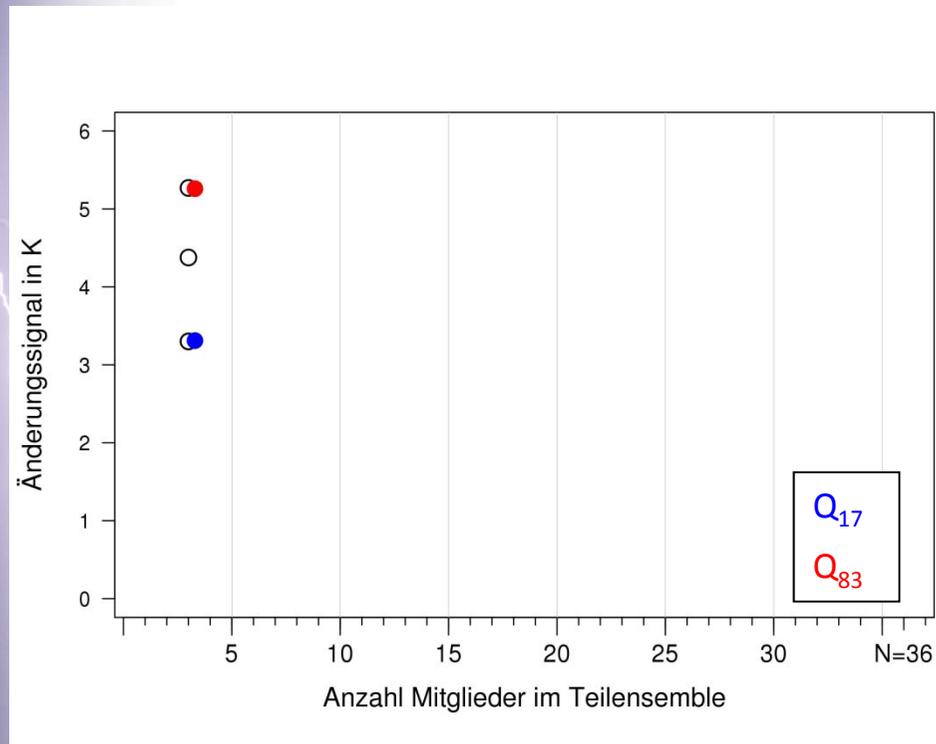
2 Methode



ReKliEs-De Gesamtensemble:
36 Projektionen

- drei Projektionen ziehen (zufällig)

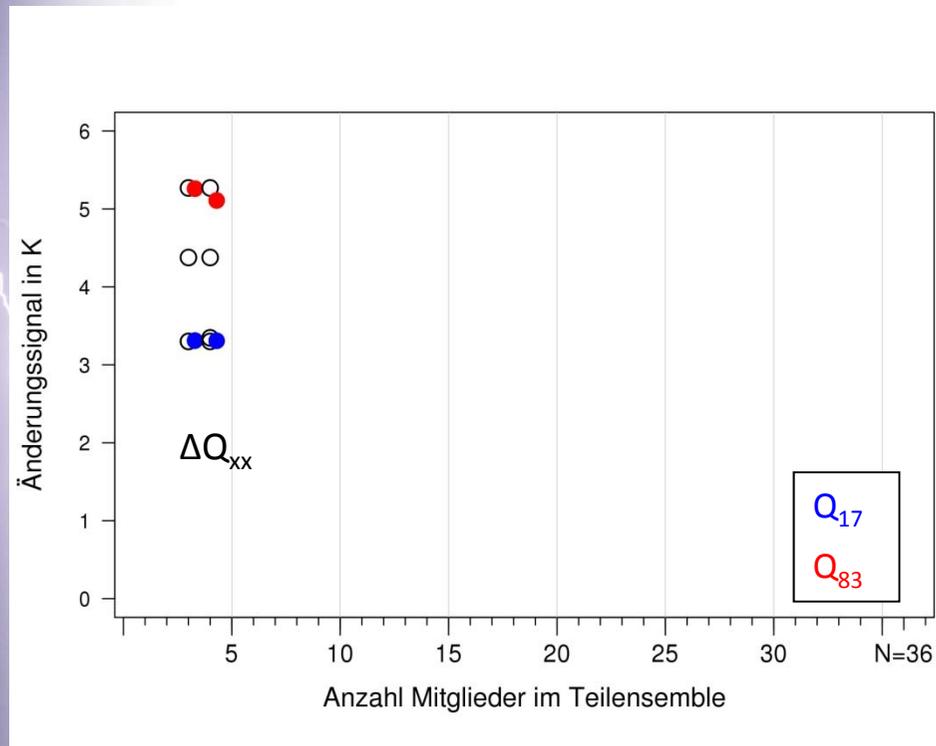
2 Methode



ReKliEs-De Gesamtensemble:
36 Projektionen

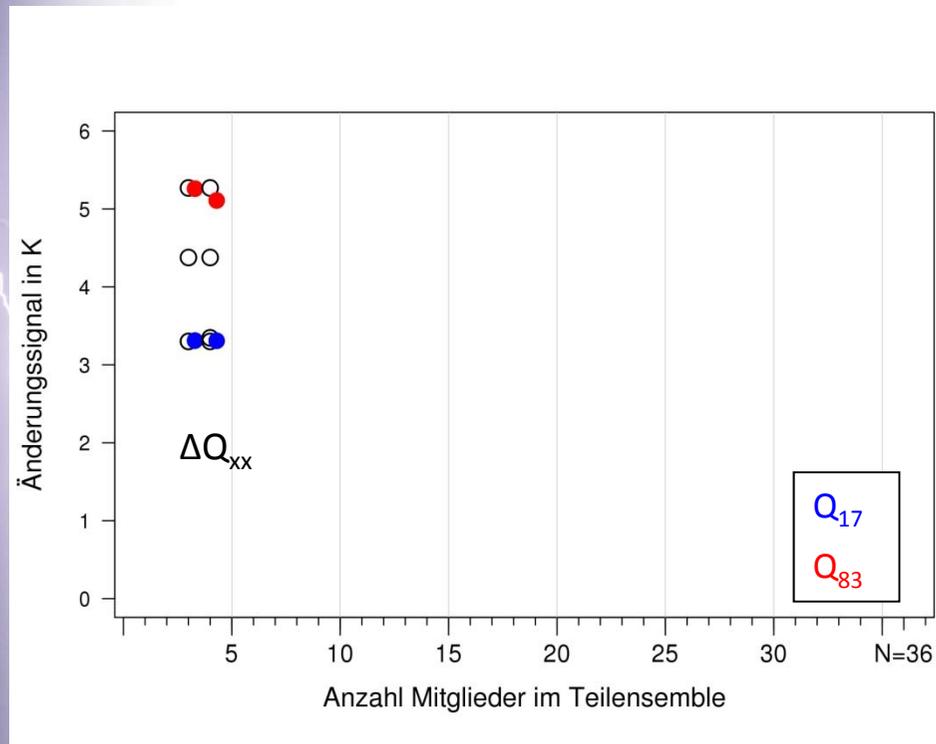
- drei Projektionen ziehen (zufällig)
- Klimaänderungssignal (aus Einzeljahren) bestimmen (z.B. 2071-2100 vs. 1971-2000) aus Einzeljahren aller Realisierungen
- Q_{17} und Q_{83} berechnen

2 Methode



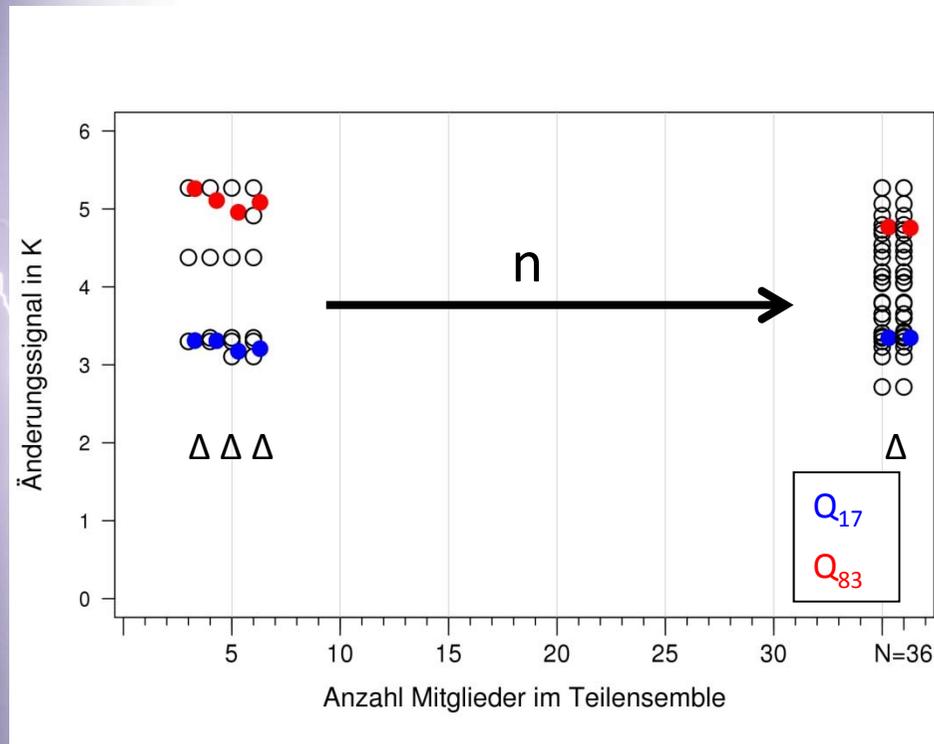
- Sukzessive Vergrößerung des Teilensembles
- Berechnung Q_{17} und Q_{83}
- Berechnung der Differenzen: ΔQ_{17} und ΔQ_{83} zwischen n und $n-1$

2 Methode



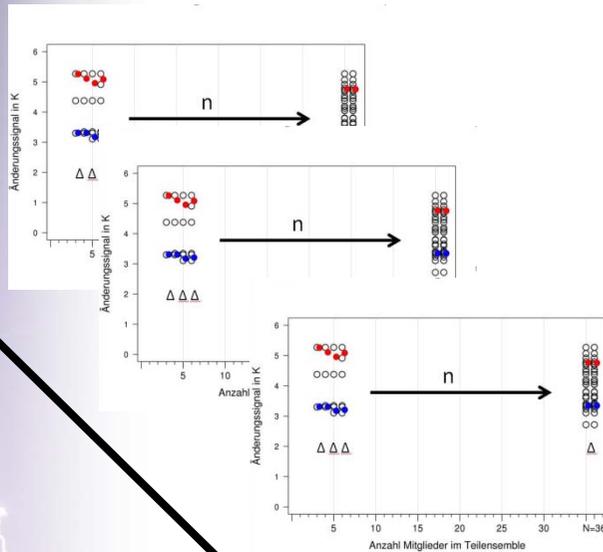
- Sukzessive Vergrößerung des Teilensembles
- Berechnung Q_{17} und Q_{83}
- Berechnung der Differenzen: ΔQ_{17} und ΔQ_{83} zwischen n und $n-1$
- Wird ein Konvergenzkriterium ϵ überschritten: $\Delta Q_{xx} > \epsilon$?

2 Methode

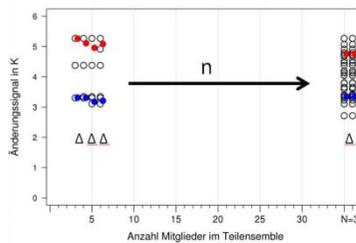


- Sukzessive Vergrößerung des Teilensembles
- Berechnung Q_{17} und Q_{83}
- Berechnung der Differenzen: ΔQ_{17} und ΔQ_{83} zwischen n und $n-1$
- $\Delta Q_{xx} > \epsilon ?$
- Weiter bis Gesamtumfang N

2 Methode



Resampling:
10000 mal



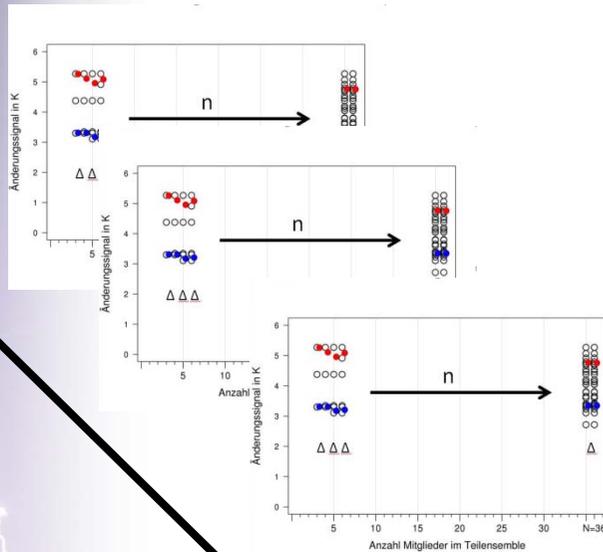
- für jeden Schritt $n-1$ nach n
Wie oft ist $\Delta Q_{xx} > \epsilon$?

→ prozentualer Anteil Überschreitungen U_n

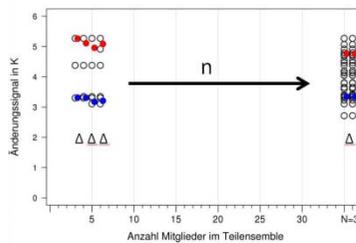
Ist $U_n < U_{crit} = 10\%$?

→ robust ab n_{crit}

2 Methode



Resampling:
10000 mal



- für jeden Schritt $n-1$ nach n
Wie oft ist $\Delta Q_{xx} > \epsilon$?

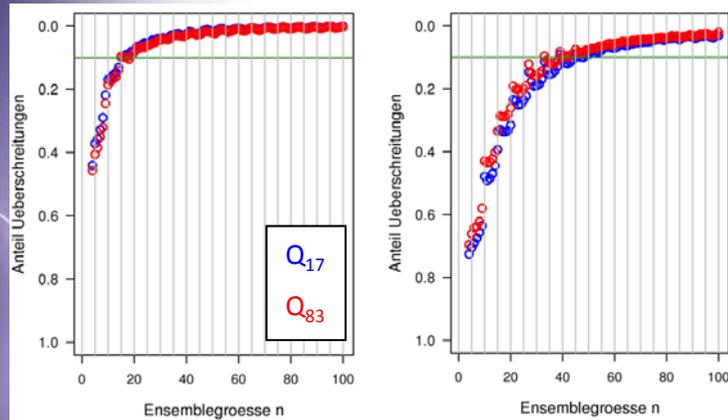
→ prozentualer Anteil Überschreitungen U_n

Ist $U_n < U_{crit} = 10\%$?

→ robust ab n_{crit}

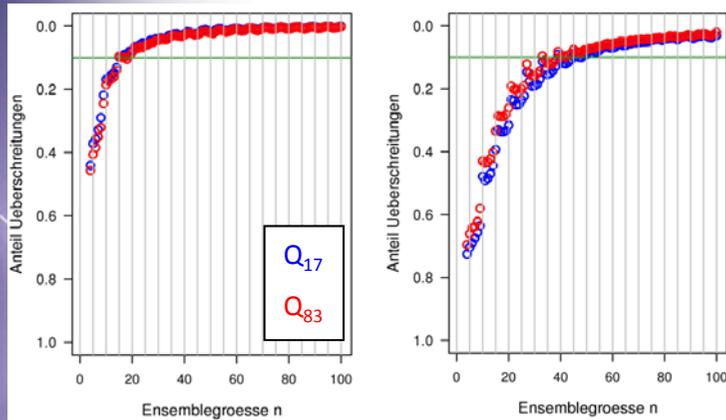
→
Kurz: Die Bandbreite (die Quantile) ist robust, wenn sie sich ab einem n_{crit} in jedem Schritt nur noch geringfügig ändert.

2 Methode: Abhängigkeiten



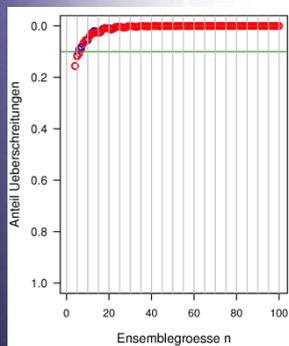
- Analysegröße: Q_{17} und Q_{83} (Bandbreite)
- **Parameter:**
Müssen nach Anforderungen (Genauigkeit) der spezifischen Untersuchung definiert werden
- **Konvergenzkriterium ϵ**
- **Zugelassene Verletzungshäufigkeit $U_{crit} = 10\%$**

2 Methode: Abhängigkeiten

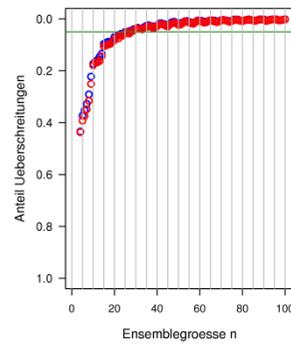


Normalverteilung
 $m=4, sd=0,7$

$m=4, sd=3$



$\epsilon = 0,5$ (größer)



$U_{crit} = 5\%$

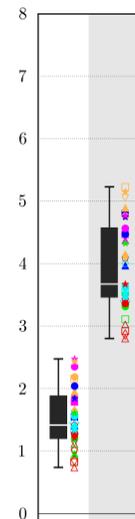
- Analysegröße: Q_{17} und Q_{83} (Bandbreite)

Parameter:

Müssen nach Anforderungen (Genauigkeit) der spezifischen Untersuchung definiert werden

- **Konvergenzkriterium ϵ**
- **Zugelassene Verletzungshäufigkeit $U_{crit} = 10\%$**

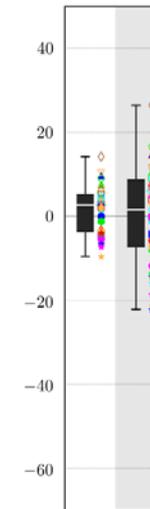
Konvergenzkriterium ϵ :
 $\geq 5/6$ richtungsgleich



5% des Medians
des Änderungssignals;
gleichgerichtete
Größen,
z.B. $tas: \epsilon=0,19K$

die meisten
Temperaturkenn-
zahlen

$< 5/6$ richtungsgleich



1% des Mittelwertes
für 1971-2000;
nicht-gleichge-
richtete Größen,
z.B. $pr: \approx 9 \text{ mm/a}$

Die meisten
Niederschlags-
kennzahlen

3 Ergebnisse



ReKliEs Kennzahlen

ReKliEs-De Gebiet

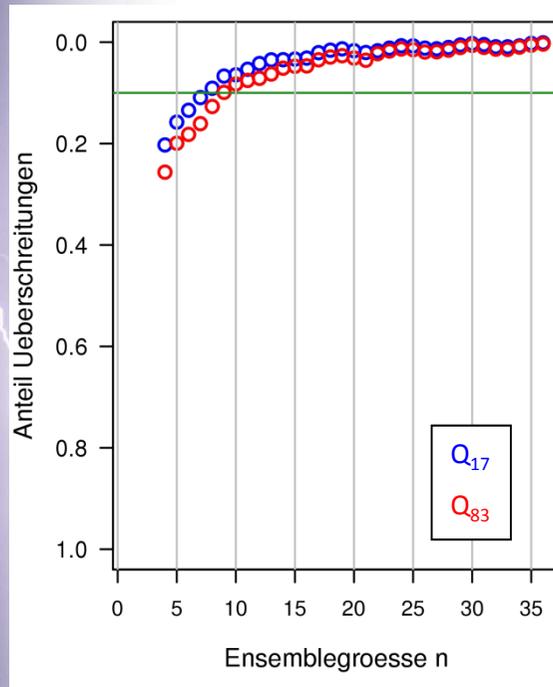
ReKliEs-De Ensemble für RCP 8.5

2071-2100 vs. 1971-2000



3 Ergebnisse

Mittlere bodennahe Lufttemperatur (tas)



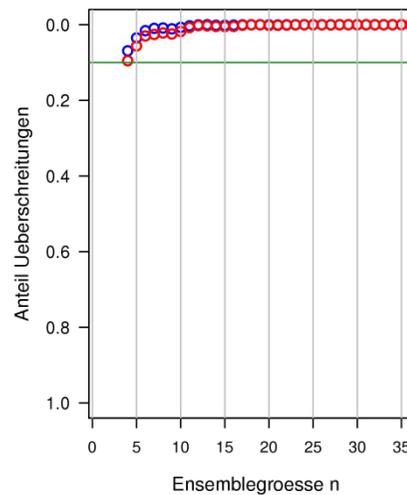
Robust: Q_{17} ab $n_{crit}=8$
 Q_{83} ab $n_{crit}=9$

dabei ist:

$\epsilon=0,19K$ (bei: $Q_{17}=3,1K$ und $Q_{18}=4,8K$)

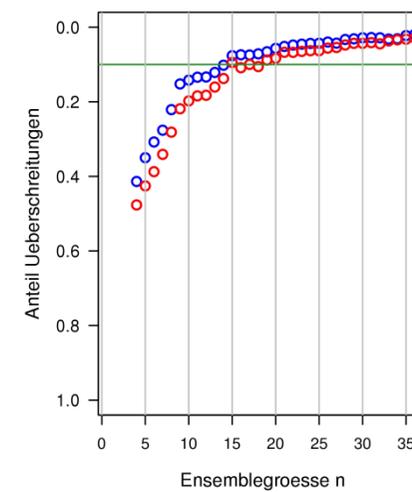
Für $\epsilon=0,5K$:

Q_{17} ab $n_{crit}=4$
 Q_{83} ab $n_{crit}=4$



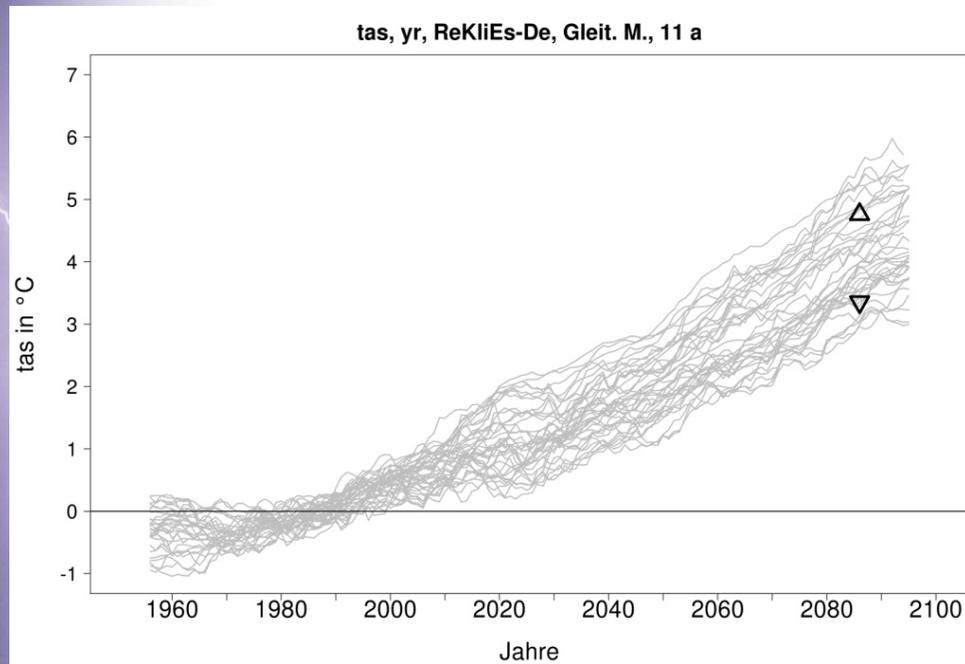
$\epsilon=0,1K$:

Q_{17} ab $n_{crit}=15$
 Q_{83} ab $n_{crit}=19$



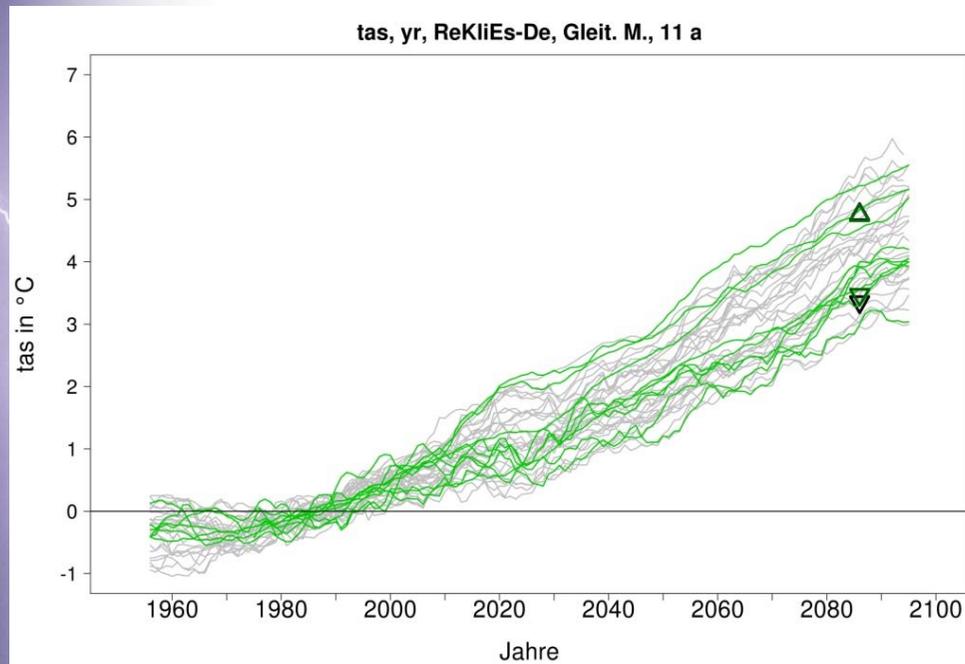
3 Ergebnisse

Mittlere bodennahe Lufttemperatur (tas)



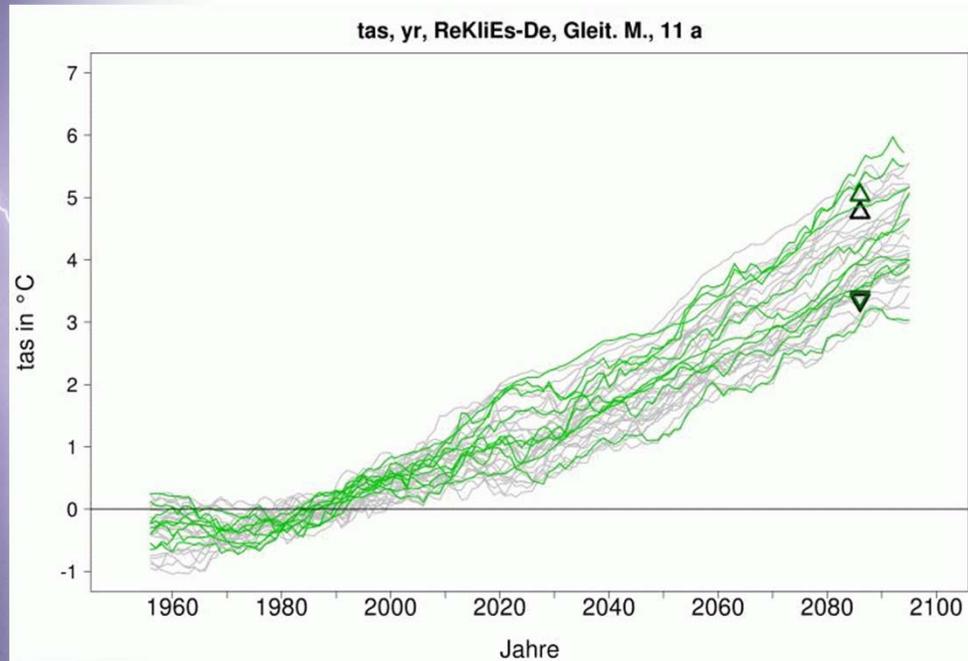
3 Ergebnisse

Mittlere bodennahe Lufttemperatur (tas)



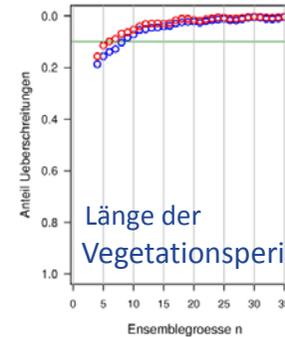
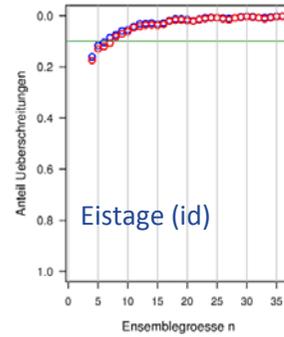
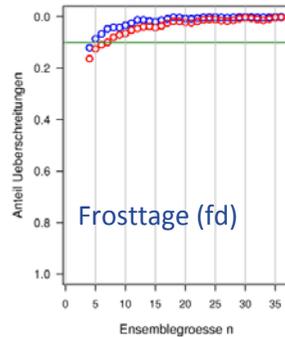
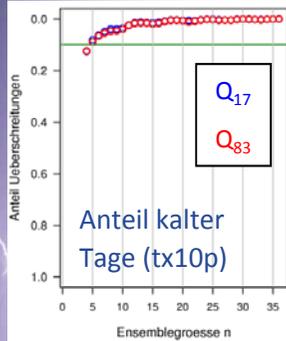
3 Ergebnisse

Mittlere bodennahe Lufttemperatur (tas)

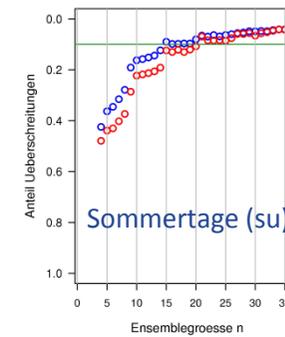
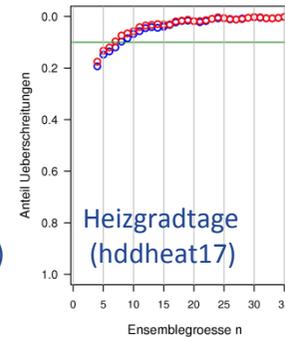
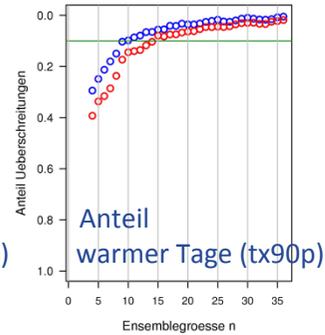
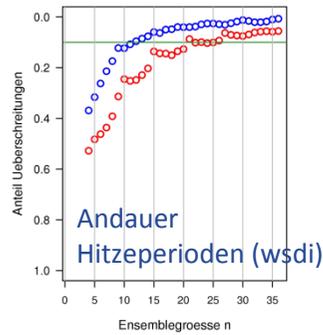
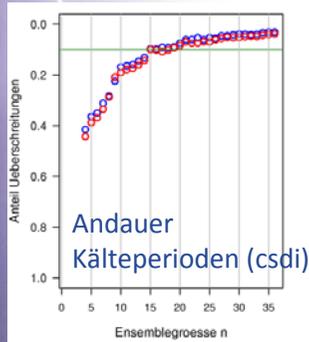


3 Ergebnisse

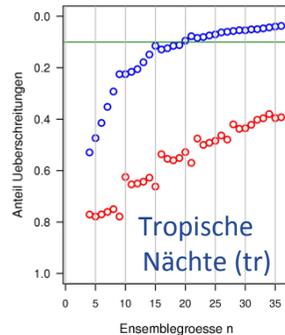
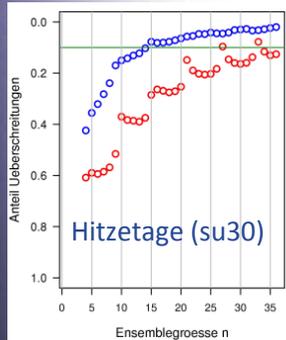
Andere Temperaturkennzahlen



$n_{crit} = 5 \text{ bis } 8$



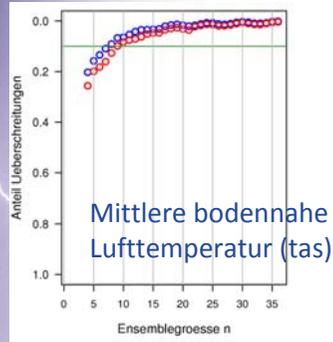
$n_{crit} = 10 \text{ bis } 25$



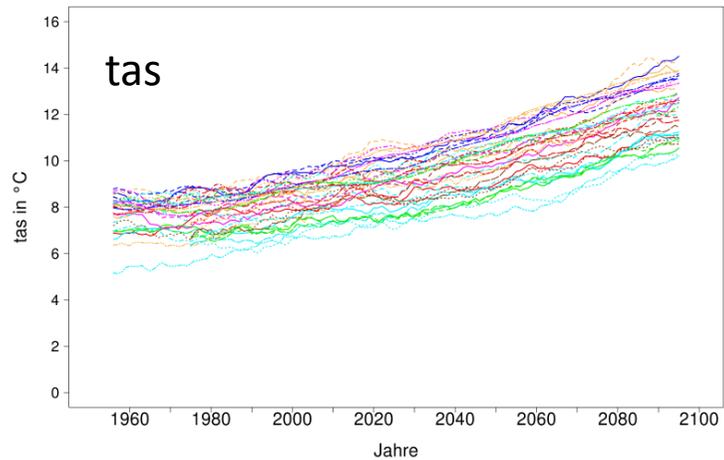
Q_{17} robust
 Q_{83} kein robustes Verhalten

3 Ergebnisse

Unterschiedliches Verhalten von Q_{17} und Q_{83}
z.B. Tropische Nächte (tr)

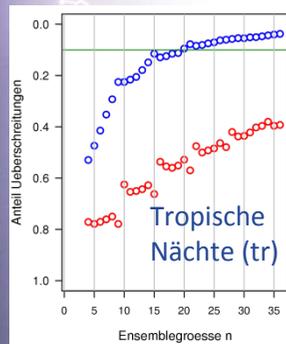


relativ
symmetrische
Struktur



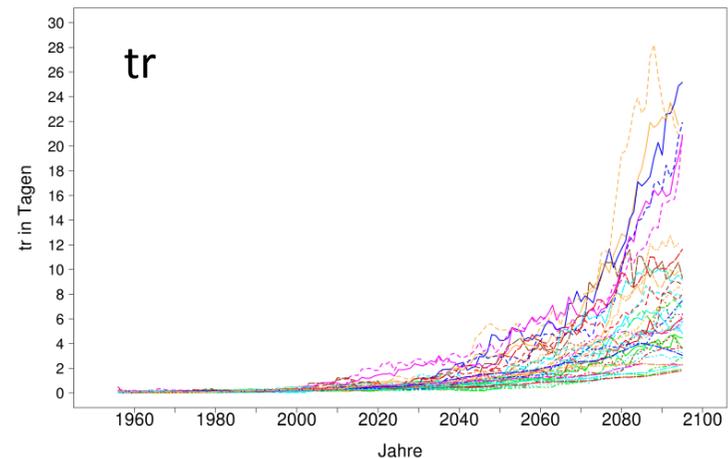
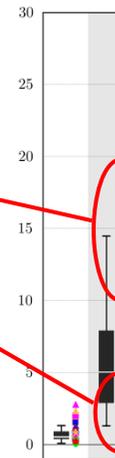
Klimaänderung [K]

gleitendes Mittel [°C]



+10 .. +20:
7 Projektionen

±0 ... +5:
20 Projektionen

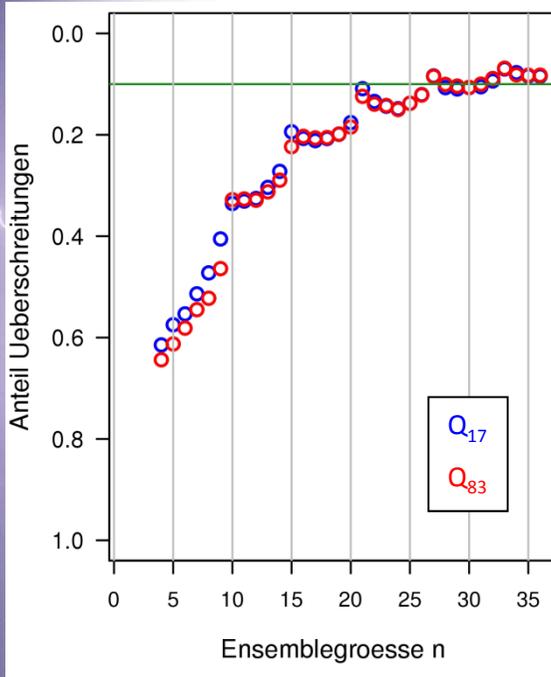


Klimaänderung [d]

gleitendes Mittel [d]

3 Ergebnisse

Mittlere Niederschlagshöhe (pr)



Robust: Q_{17} ab $n_{crit}=32$

Q_{83} ab $n_{crit}=32$

$\epsilon=0,025$ mm/d ≈ 9 mm/a

- Q17, Q83 Änderungssignal: -110 mm/a, ..., +120 mm/a

Für $\epsilon=0,055$ mm/d
(20 mm/a):

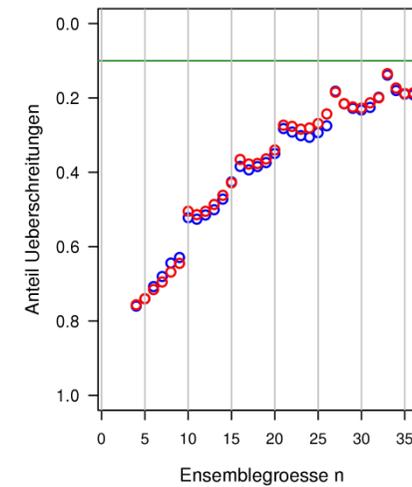
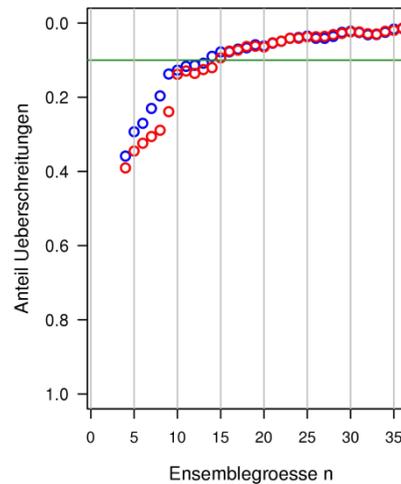
Q_{17} ab $n_{crit}=14$

Q_{83} ab $n_{crit}=15$

$\epsilon=0,014$ mm/d
(5mm/a):

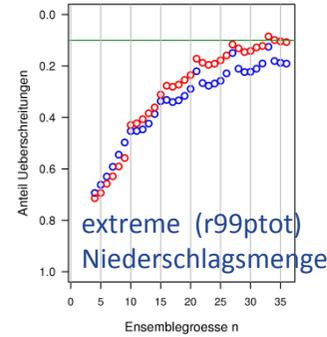
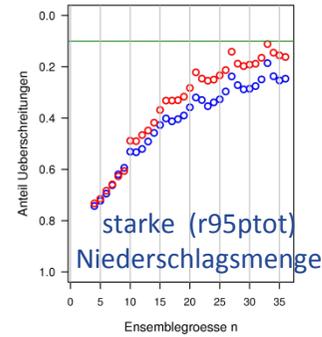
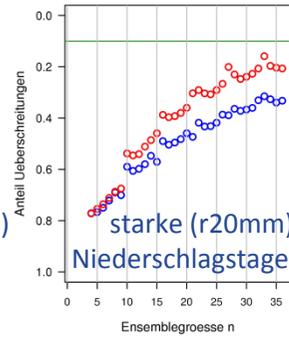
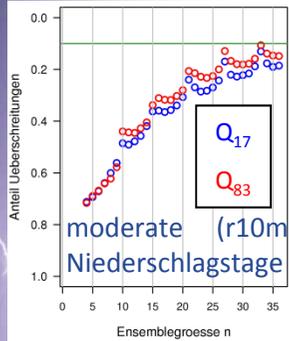
$Q_{17} \rightarrow$ nicht robust

$Q_{83} \rightarrow$ nicht robust

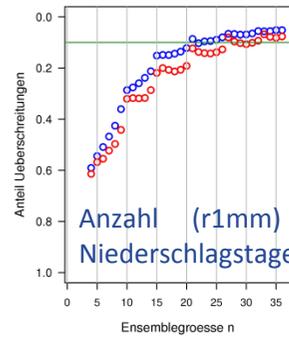
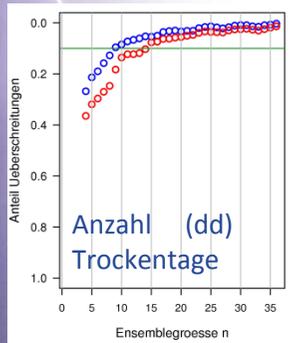


3 Ergebnisse

Andere Niederschlagskennzahlen & Anderes

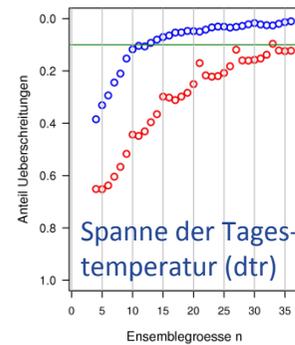
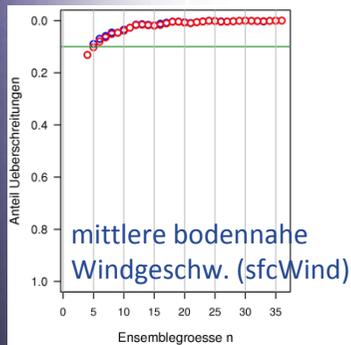


Q₁₇ / Q₈₃ kein
robustes Verhalten



$n_{crit} = 9 / 15$

$n_{crit} = 23 / 31$



$n_{crit} = 5 / 6$

$n_{crit} = 13 / X$

4 Zusammenfassung

Wie viele Simulationen braucht man, damit ein Änderungssignal konvergiert?

- notwendiger Simulationsumfang für die Abschätzung der Bandbreite ist abhängig von der Kennzahl
- Abhängig von geforderter Genauigkeit
- Für die meisten Temperaturkennzahlen wird die Bandbreite (unter dieser hier geforderten Genauigkeit) robust
- Für die mittlere bodennahe Lufttemperatur (t_{as}) ab $n_{crit}=9$
- Um die Bandbreite der mittlere Niederschlagshöhe (pr) wiederzugeben werden mehr Simulationen benötigt (ca. 30)
- Kennzahlen mit geringer Eintrittshäufigkeit im Referenzzeitraum liefern oft noch keine robusten Signale → das Ensemble reicht (unter den geforderten Qualitätskriterien) nicht aus, z.B.:
 - Kennzahlen für extreme Niederschläge (r_{10mm} , r_{20mm} , r_{95ptot} , r_{99ptot})
 - die tropischen Nächte (tr)

Vielen Dank!

