



Bemessung der Siedlungsentwässerung unter Unsicherheit

CC-Anlass, 23.3.2017 in Olten
No-regret-Massnahmen Klimawandel

Christoph Egger

WIFPARTNER
für Werterhaltung Infrastruktur und Finanzplanung

eawag
aquatic research

ETH zürich

 **Nachhaltige Wassernutzung**
Nationales Forschungsprogramm NFP 61

Kanalnetz bemessung

Beispiel Kriterium:

$$r_{max} = 0.1 a^{-1}$$



Kanalnetz bemessung



Tobias Doppler (2014)



Punktregenserie



Hydraulisches
Modell



Abschätzung:
 $\hat{r} = \frac{k}{l} \leq r_{max} ?$

k ... Anzahl Überstauereignisse

l ... Länge der Regenserie (in Jahre)

Beispiel Kriterium:

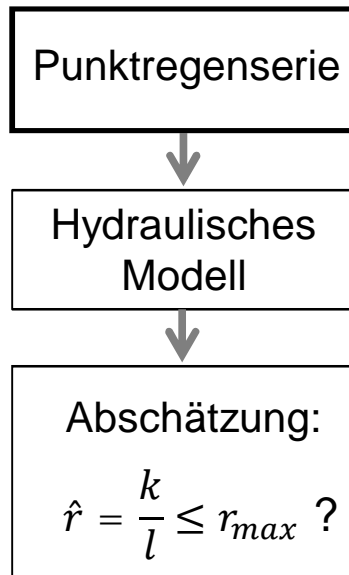
$$r_{max} = 0.1 a^{-1}$$



Was beeinflusst unsere Regenserie?



Tobias Doppler (2014)



k ... Anzahl Überstauereignisse

l ... Länge der Regenserie (in Jahre)

Beispiel Kriterium:

$$r_{max} = 0.1 a^{-1}$$



Was beeinflusst unsere Regenserie?

Definition «Klimavariabilität» nach Weltklimarat:

*“Die **Klimavariabilität** bezeichnet die Schwankungen des mittleren Zustands und anderer **statistischer Grössen** [...] des Klimasystems auf allen zeitlichen und räumlichen Skalen [...].”*

Was beeinflusst unsere Regenserie?

Definition «Klimavariabilität» nach Weltklimarat:

*“Die **Klimavariabilität** bezeichnet die Schwankungen des mittleren Zustands und anderer **statistischer Grössen** [...] des Klimasystems auf allen zeitlichen und räumlichen Skalen [...].”*

*Klimavariabilität kann verursacht sein durch interne natürliche Prozesse innerhalb des Klimasystems (**interne Variabilität**), oder aufgrund von Variationen **natürlicher oder menschlicher externer Einflüsse** (externe Variabilität)”*

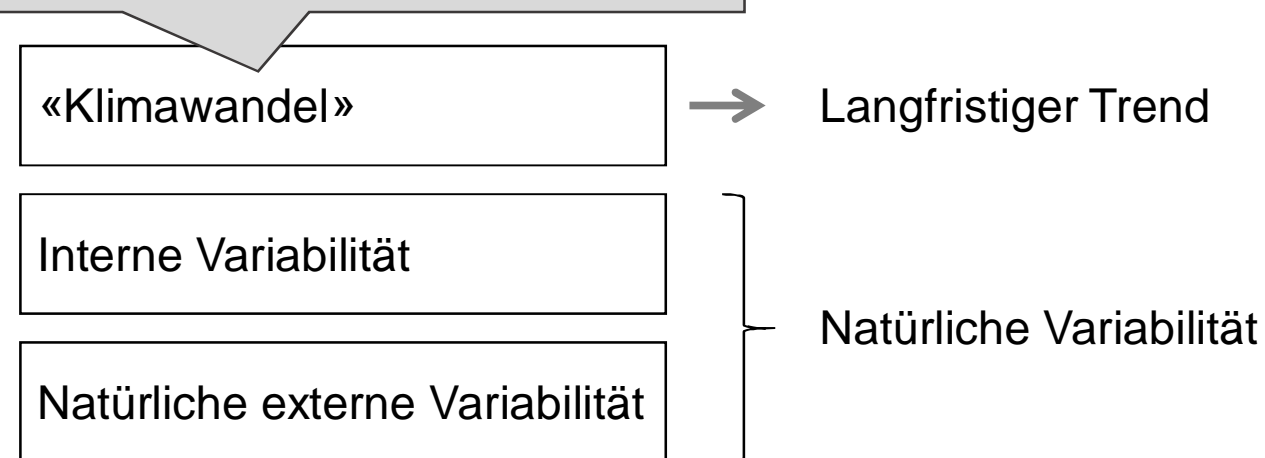
Was beeinflusst unsere Regenserie?

Definition «Klimavariabilität» nach Weltklimarat:

“Die **Klimavariabilität** bezeichnet die Schwankungen des mittleren Zustands und anderer **statistischer Größen** [...] des Klimasystems auf allen zeitlichen und räumlichen Skalen [...].

Klimavariabilität kann verursacht sein durch interne natürliche Prozesse innerhalb des Klimasystems (**interne Variabilität**), oder aufgrund von Variationen **natürlicher oder**

menschlicher externer Einflüsse (externe Variabilität)”



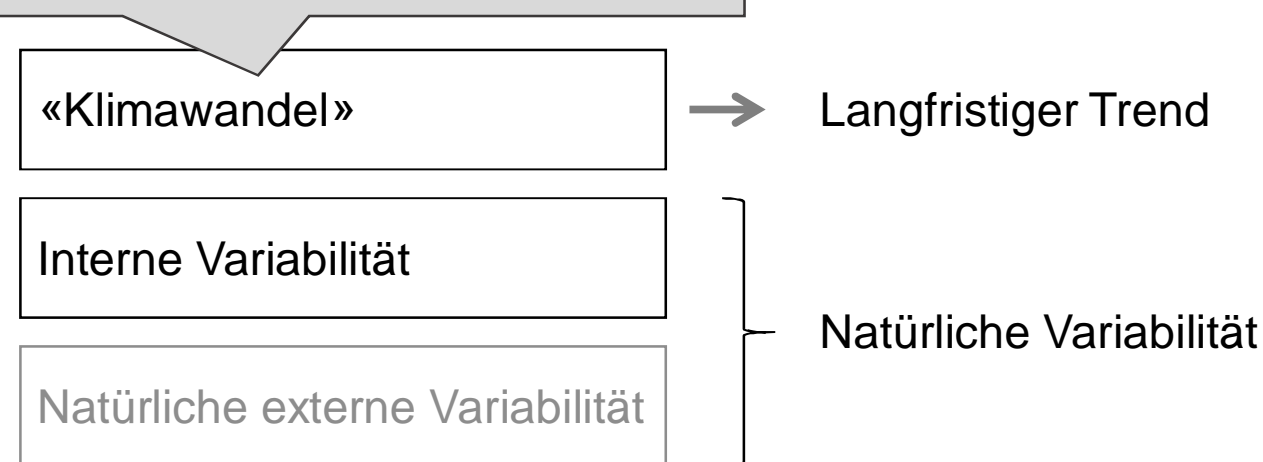
Was beeinflusst unsere Regenserie?

Definition «Klimavariabilität» nach Weltklimarat:

*“Die **Klimavariabilität** bezeichnet die Schwankungen des mittleren Zustands und anderer statistischer Größen [...] des Klimasystems auf allen zeitlichen und räumlichen Skalen [...].*

*Klimavariabilität kann verursacht sein durch interne natürliche Prozesse innerhalb des Klimasystems (**interne Variabilität**), oder aufgrund von Variationen **natürlicher oder***

menschlicher externer Einflüsse (externe Variabilität)”



Was beeinflusst unsere Regenserie?

Treiber

«Klimawandel»

Interne Variabilität

Modell

Treiber

«Klimawandel»

Interne Variabilität

Modell

Emissions-
szenarien

Gruppe von
Klimamodellen

Stochastisches
«Downscaling»

Regenserie

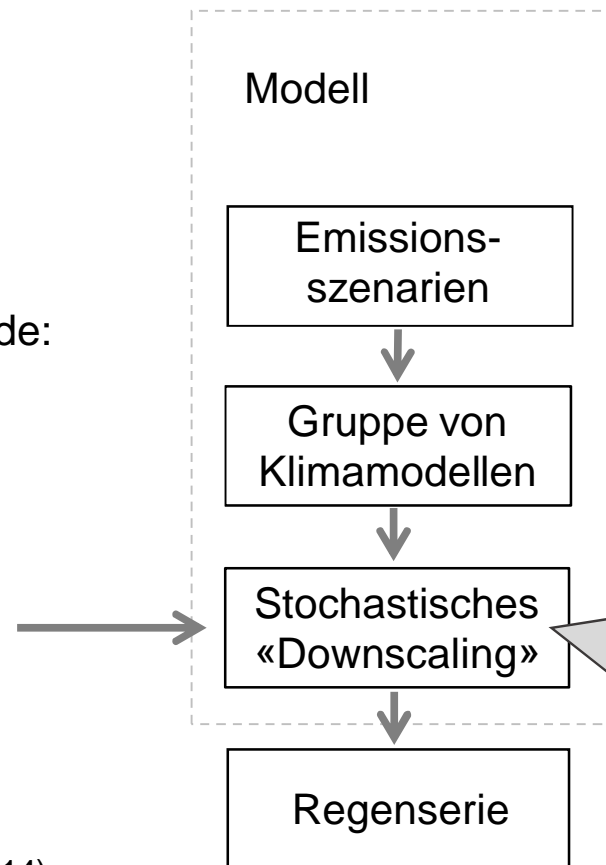
Zeitlich-
räumliche
Skala

Stochastische Regenmodelle - Kalibrierung

Referenzperiode:
1981-2010



Tobias Doppler (2014)



Stochastische Regenmodelle:

Kalibrierung an allgemeine statistische Eigenschaften der beobachteten Regenserie, z.B.:

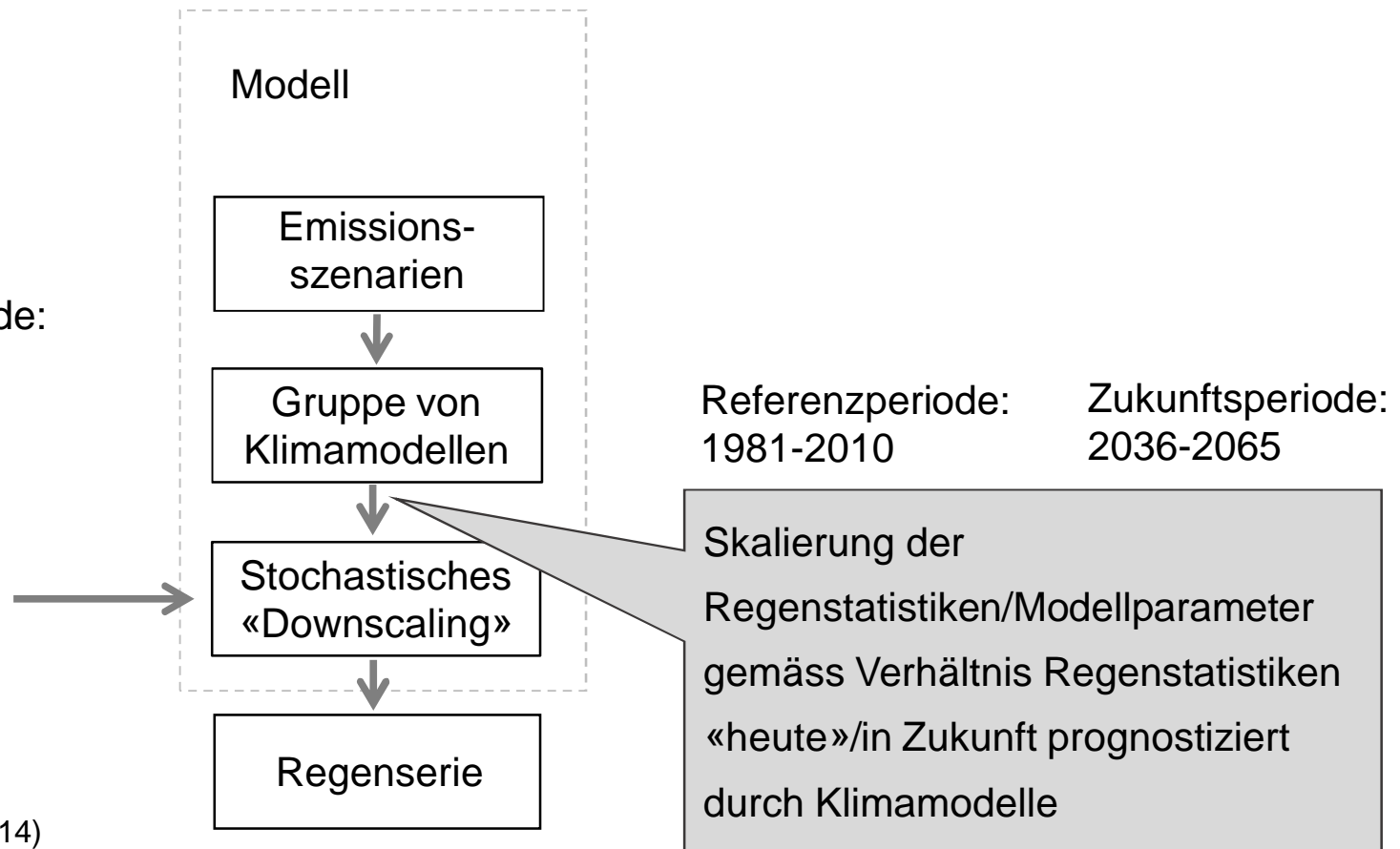
- Schiefe der stündlichen Regenhöhe im August
- Wahrscheinlichkeit kein Regen während 10 min im Januar

Skalierung der Parameter

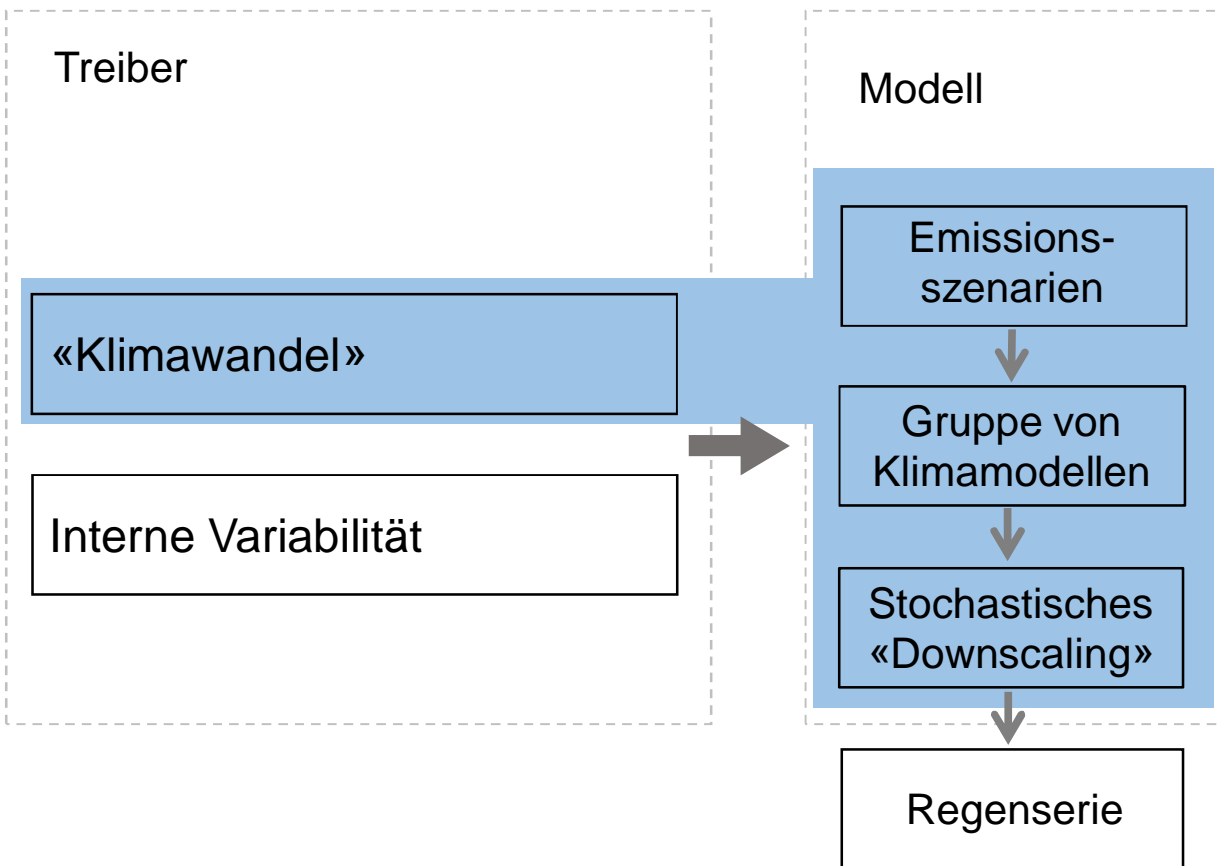
Referenzperiode:
1981-2010



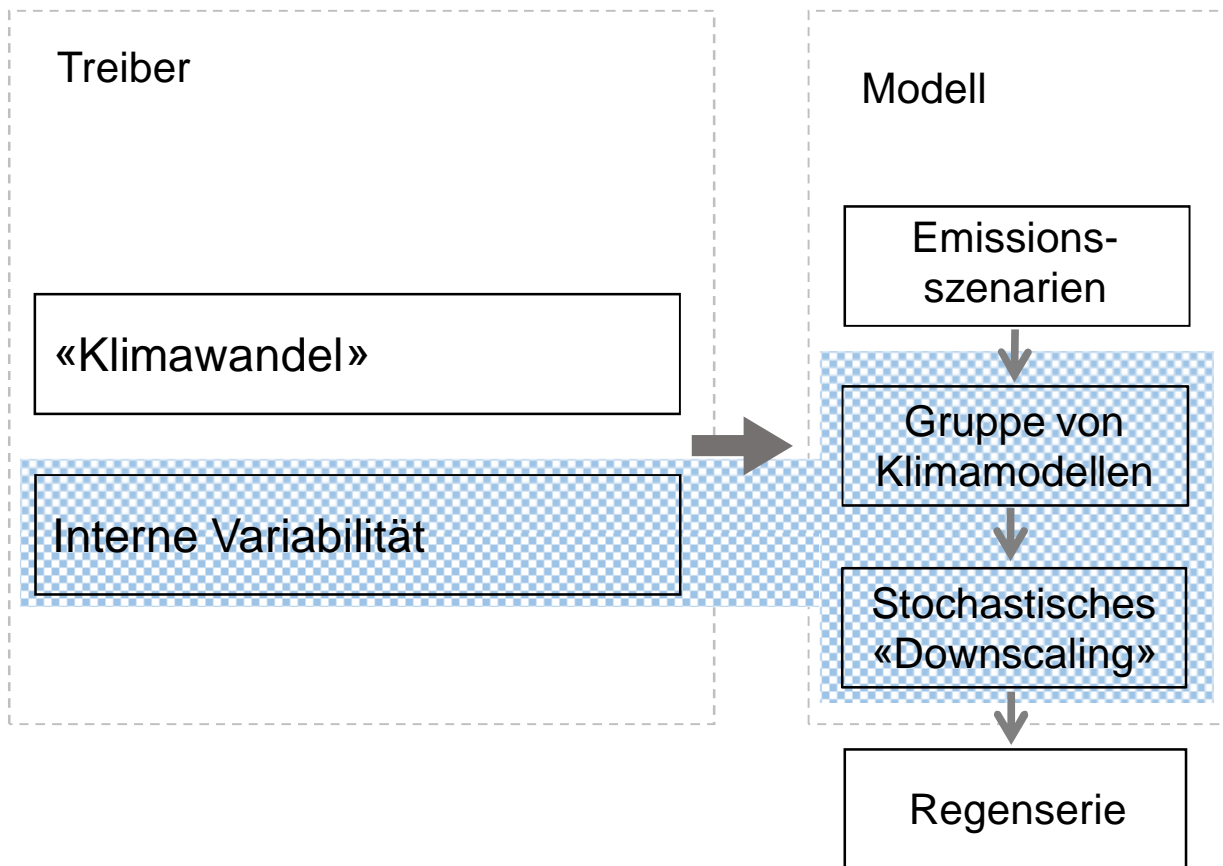
Tobias Doppler (2014)



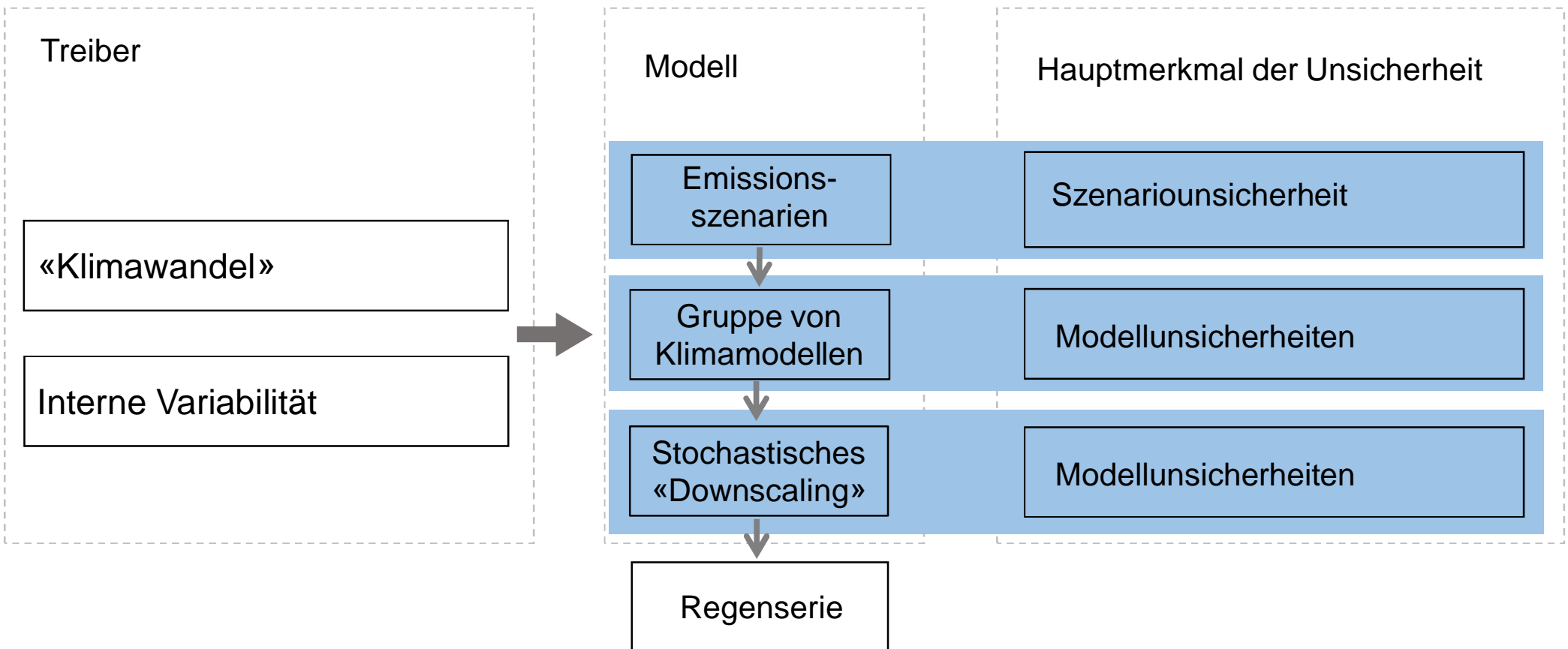
Was beeinflusst unsere Regenserie?



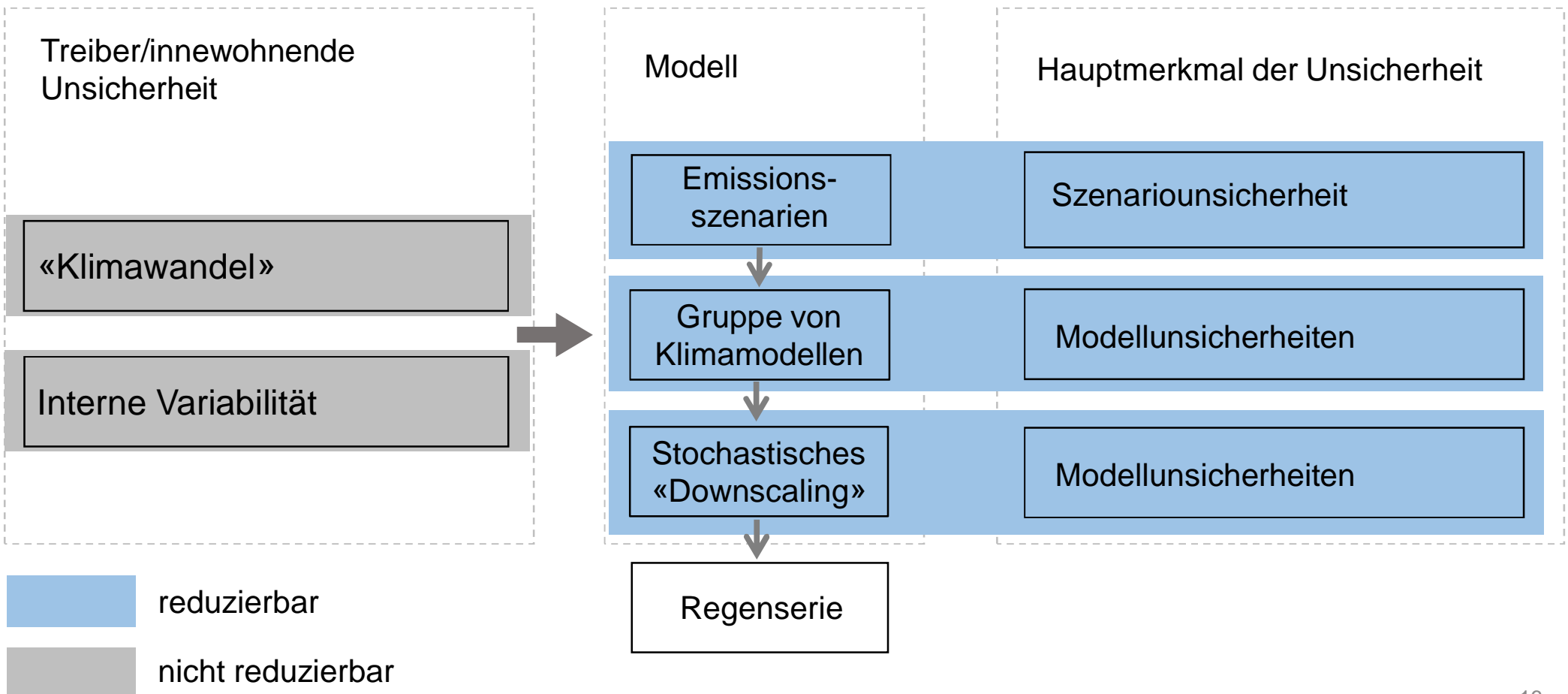
Was beeinflusst unsere Regenserie?



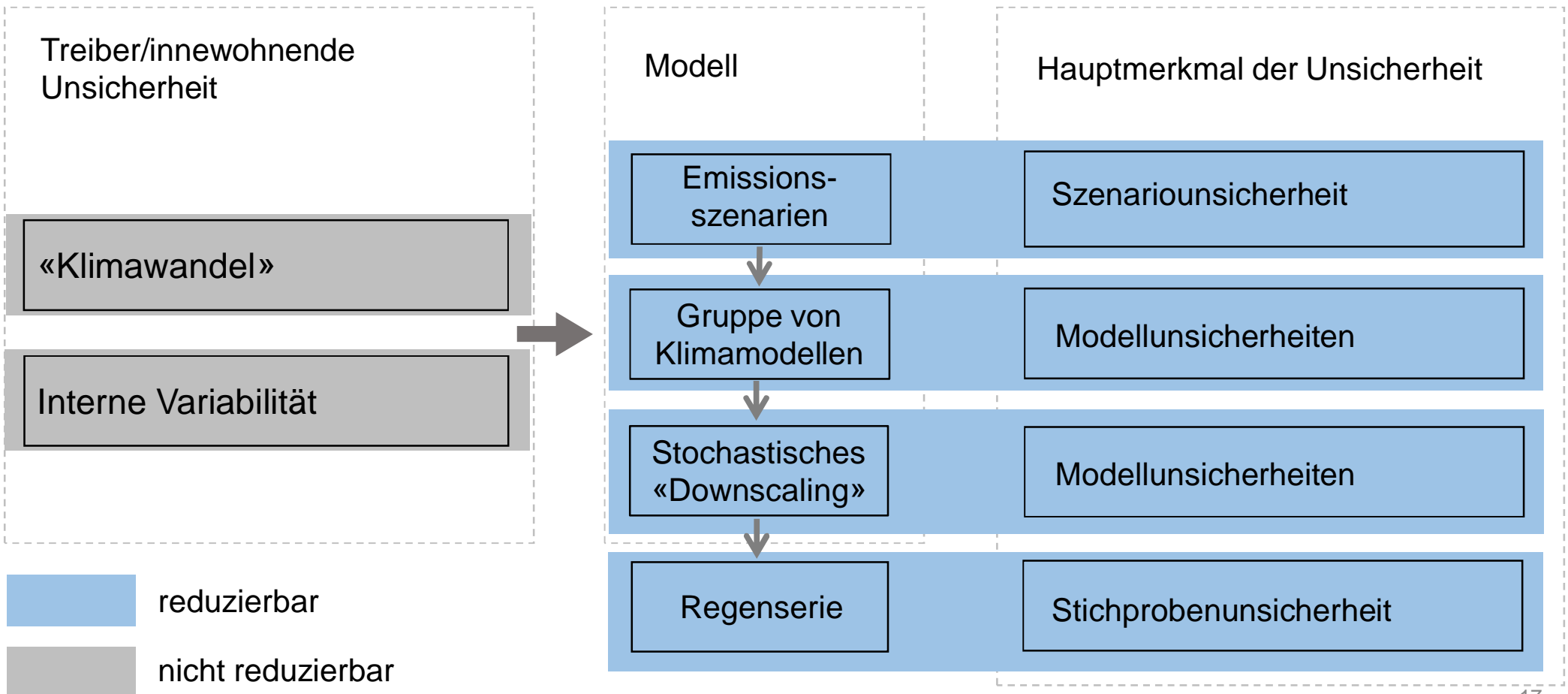
Was sind die Unsicherheiten?



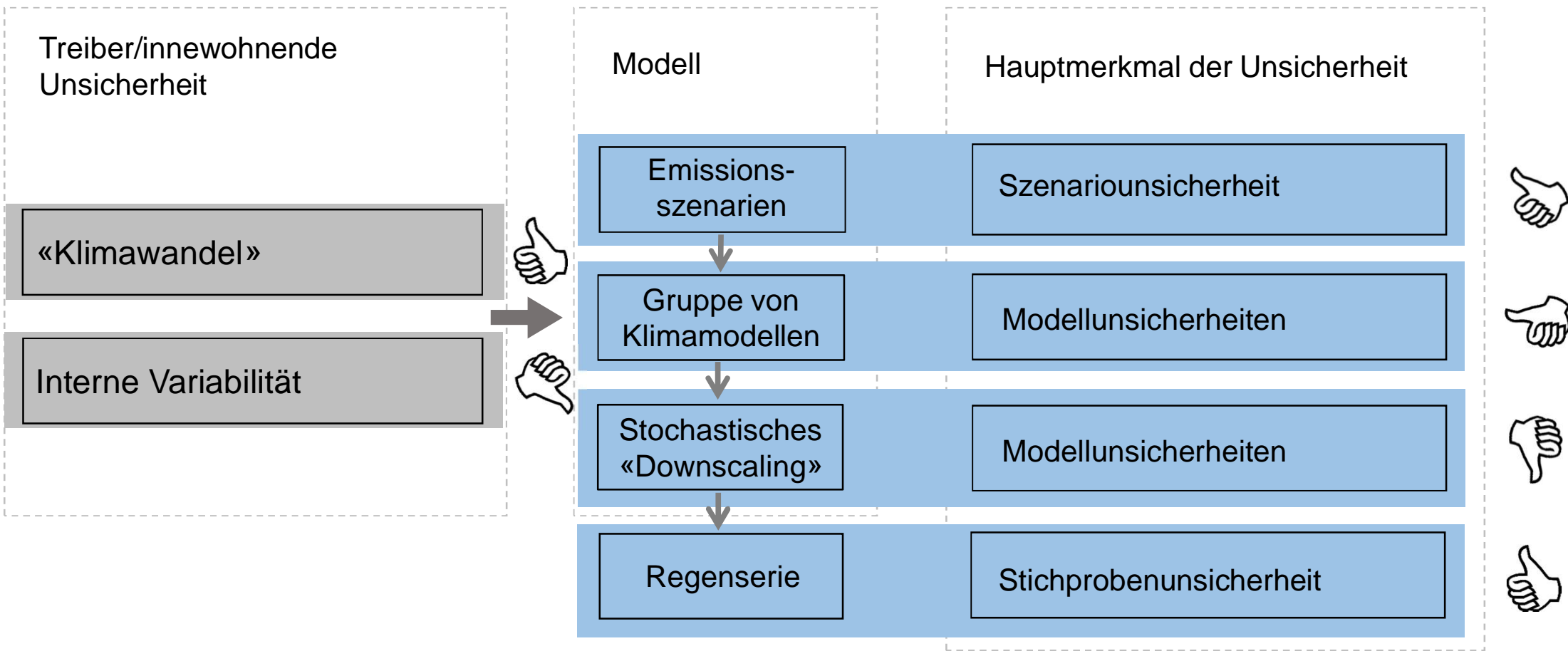
Was sind die Unsicherheiten?



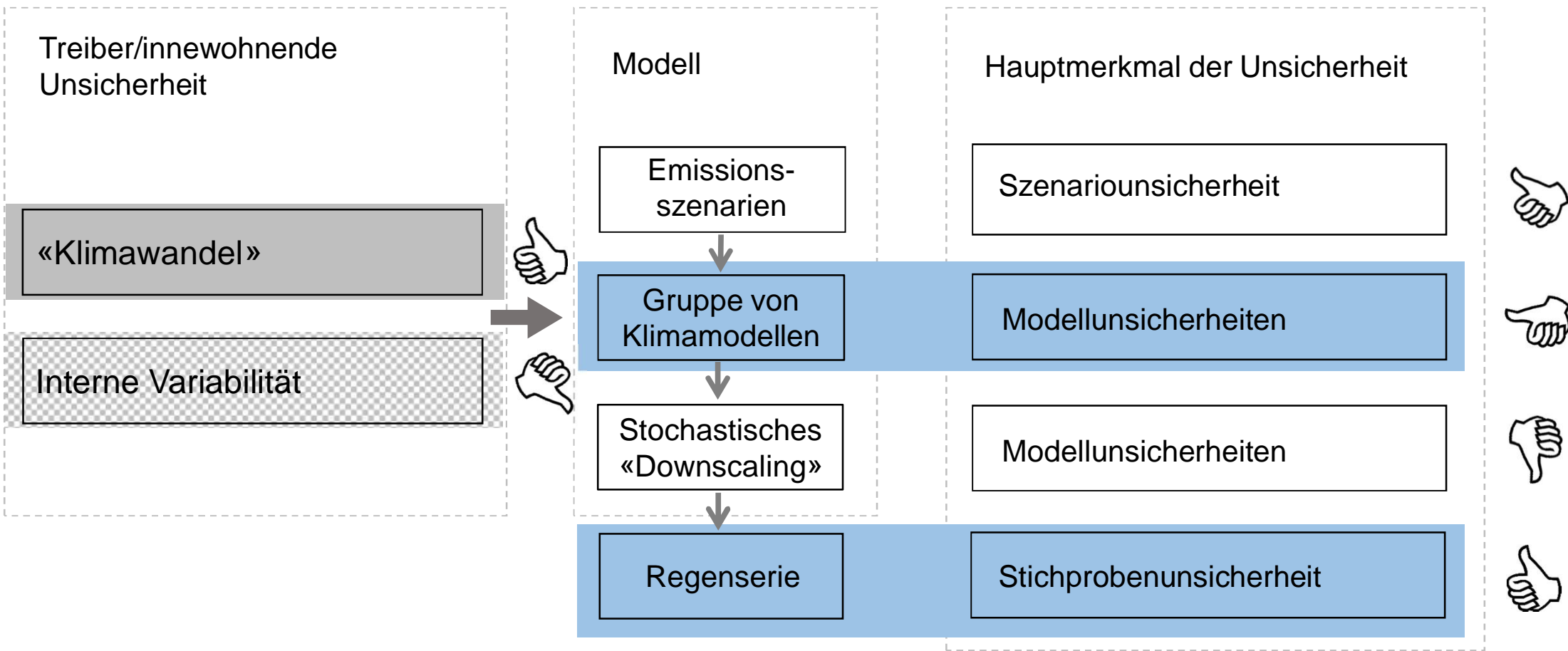
Was sind die Unsicherheiten?



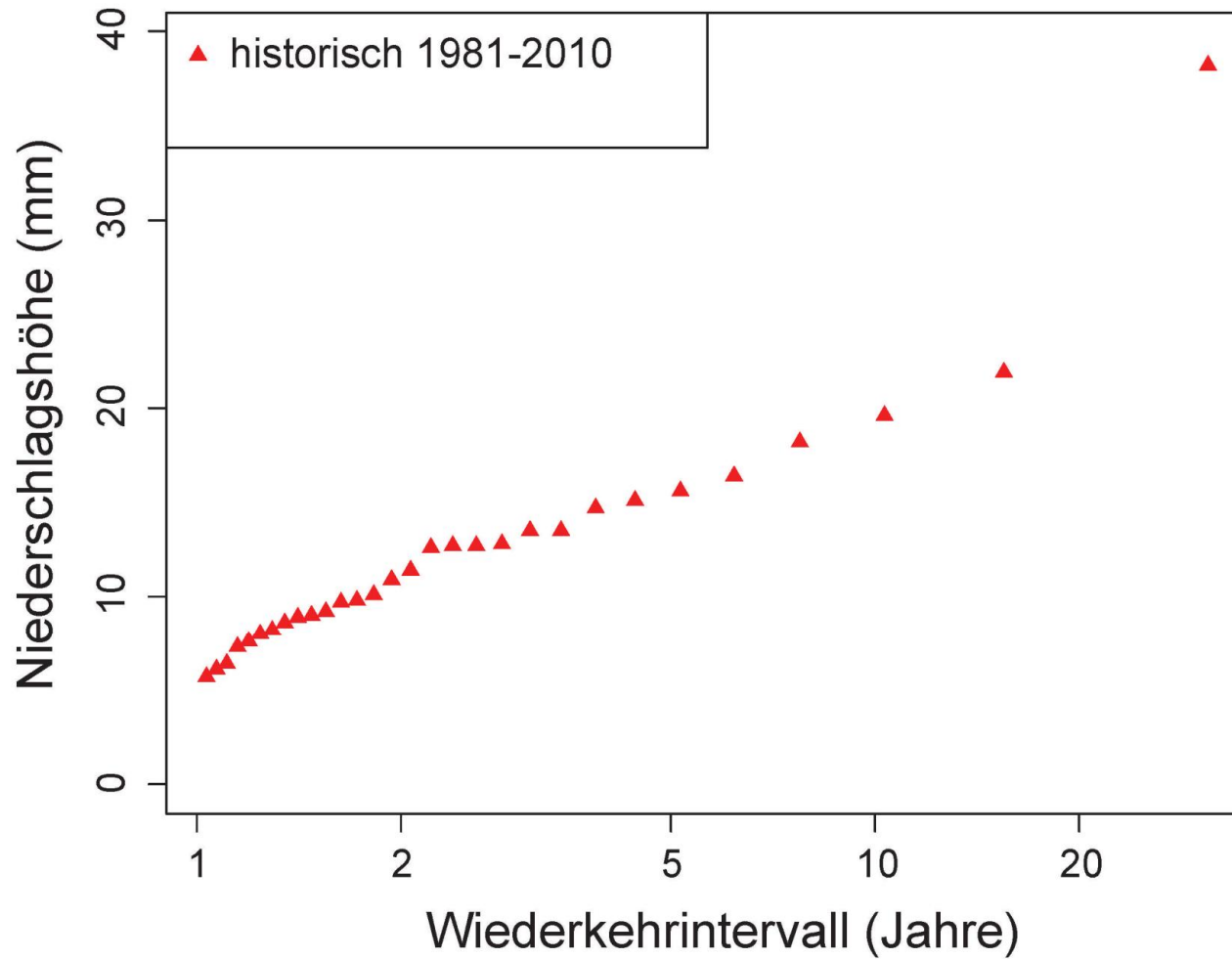
Was sind die Unsicherheiten?



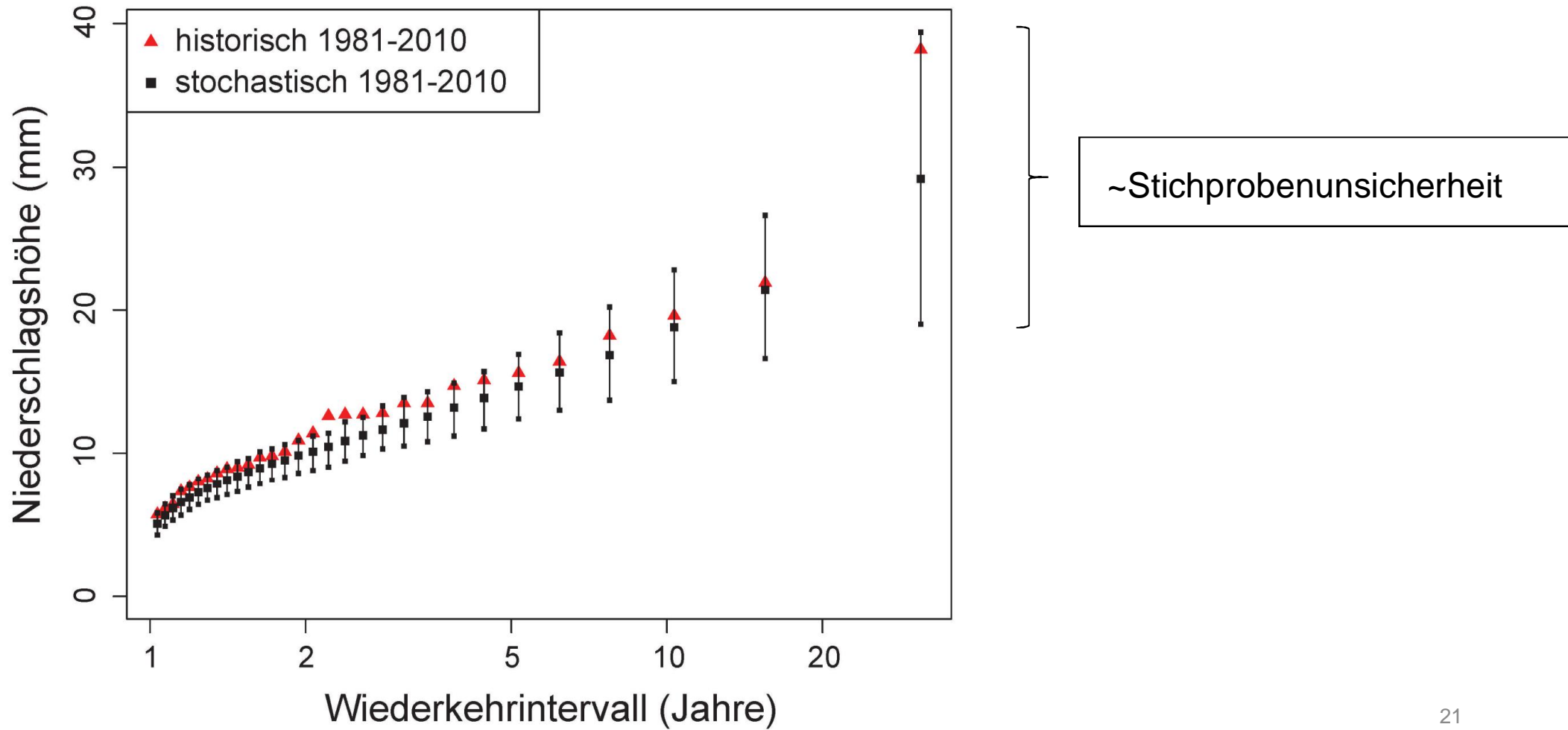
Was sind die Unsicherheiten?



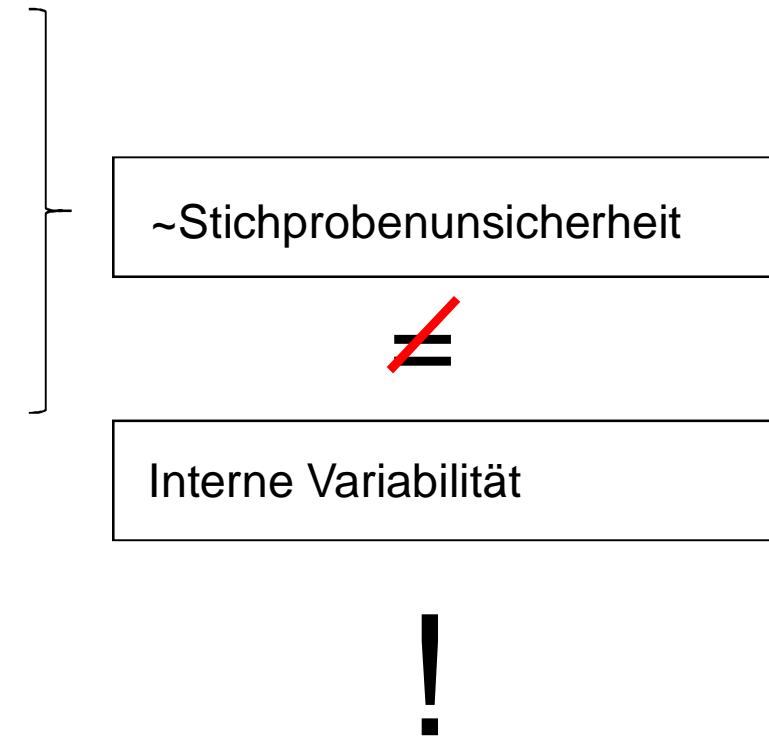
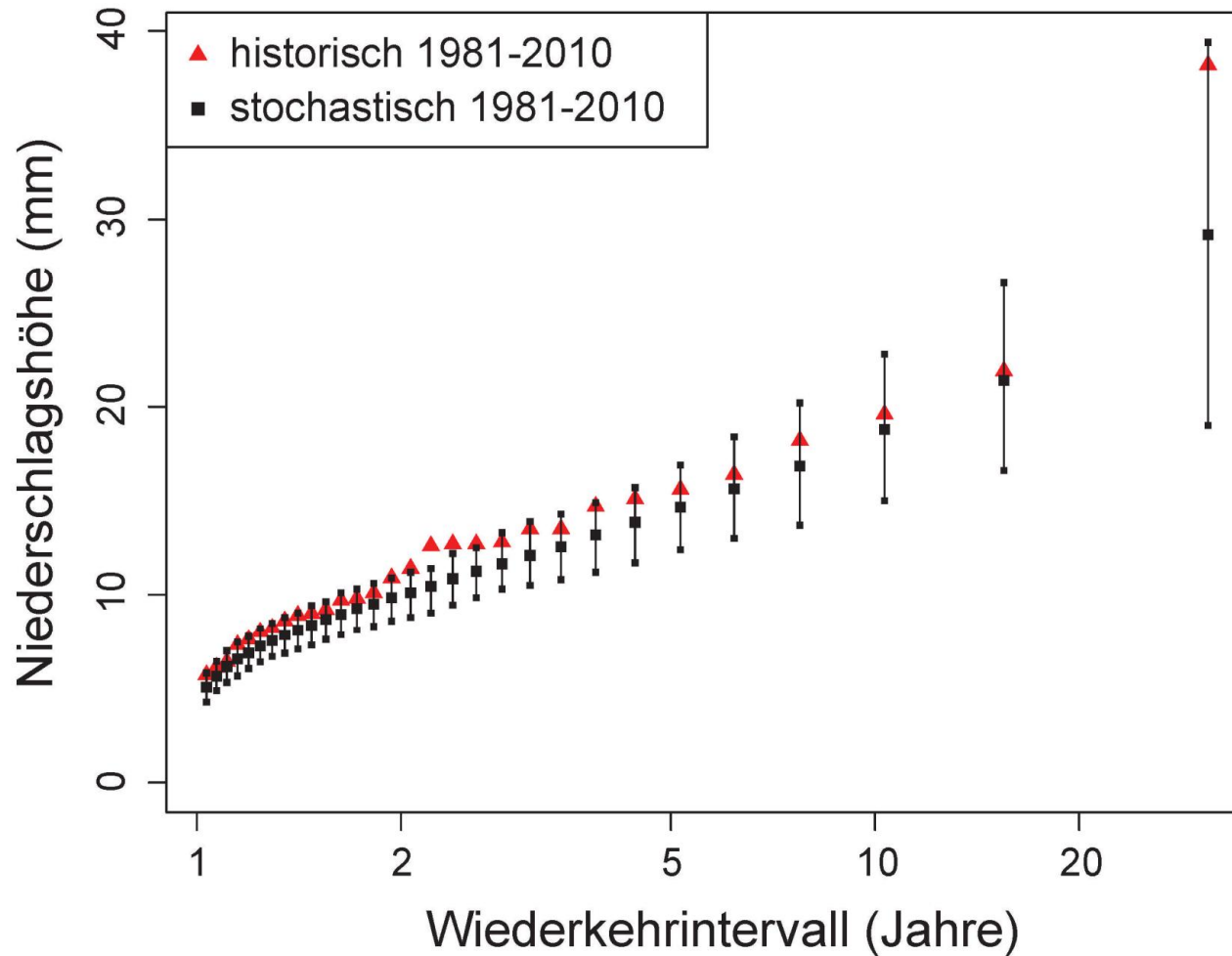
Jährliche Niederschlagsmaxima mit einer Dauer von 10 min



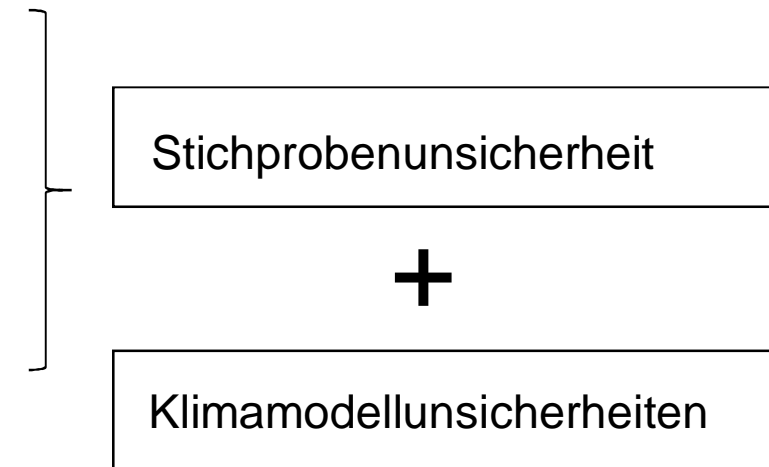
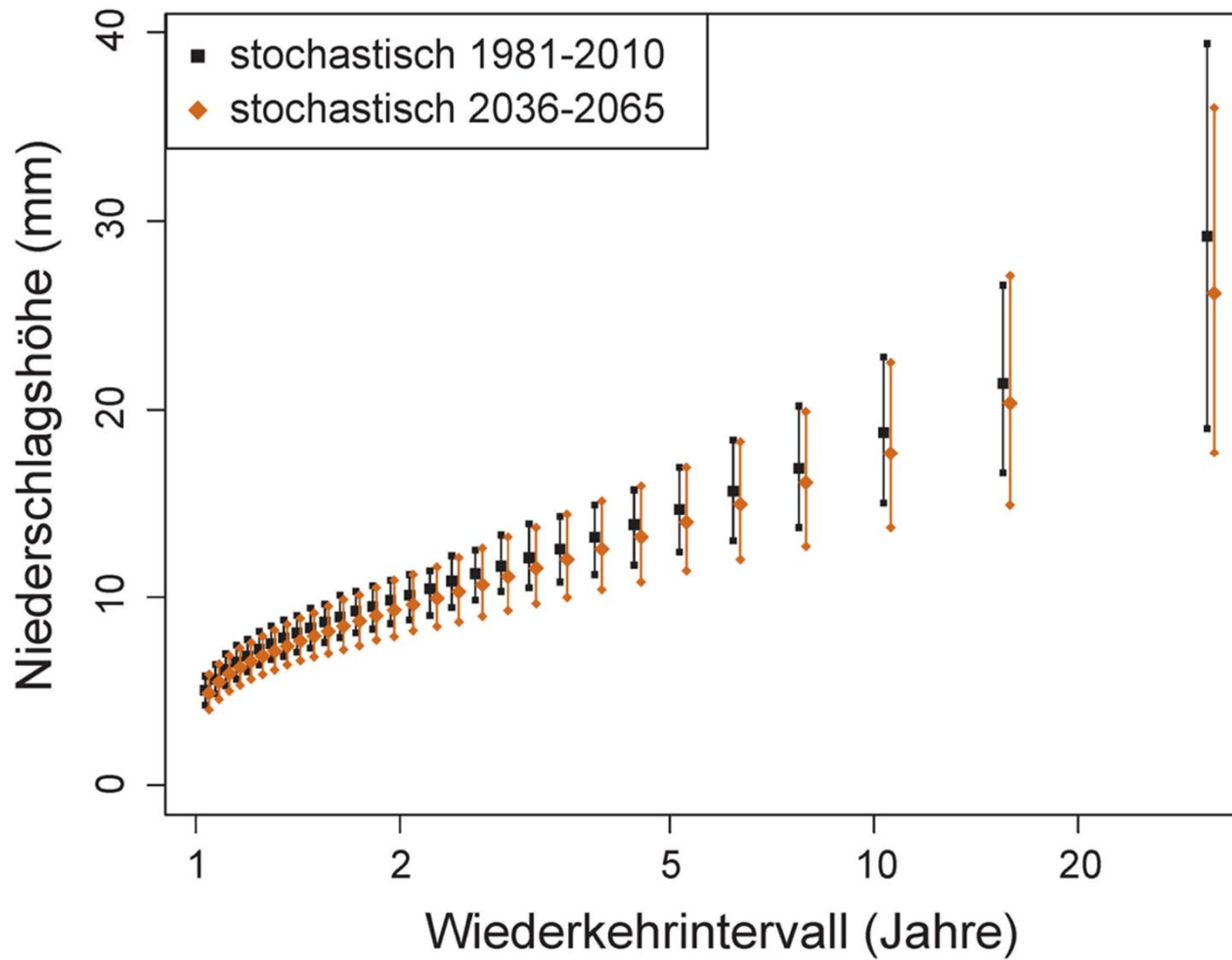
Jährliche Niederschlagsmaxima mit einer Dauer von 10 min



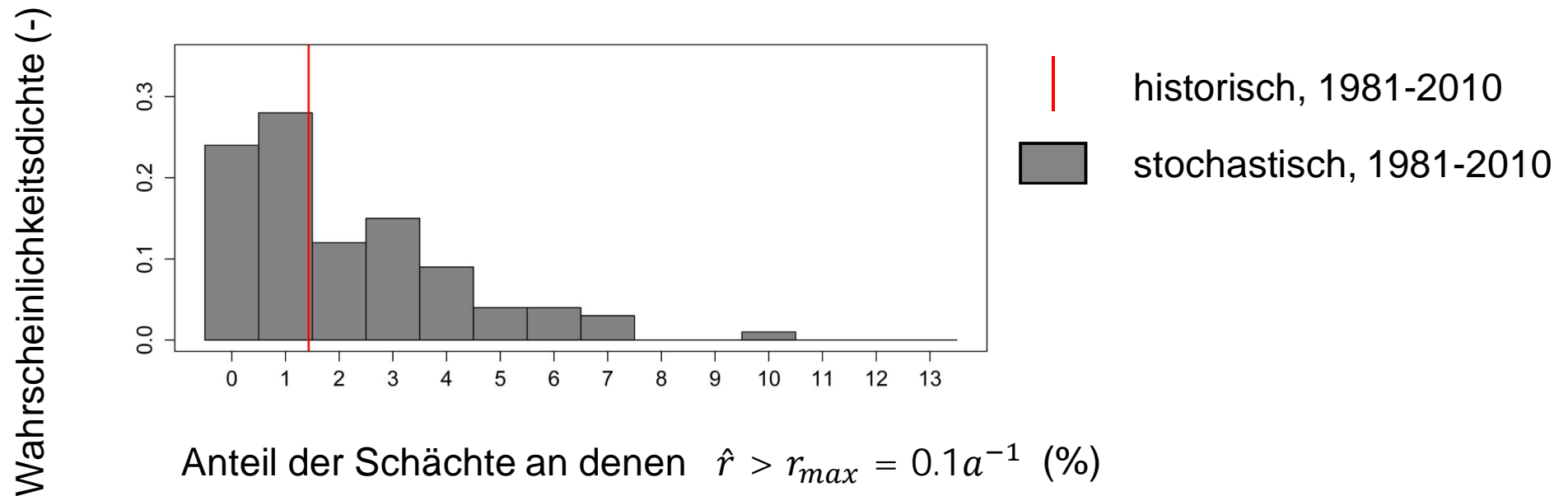
Jährliche Niederschlagsmaxima mit einer Dauer von 10 min



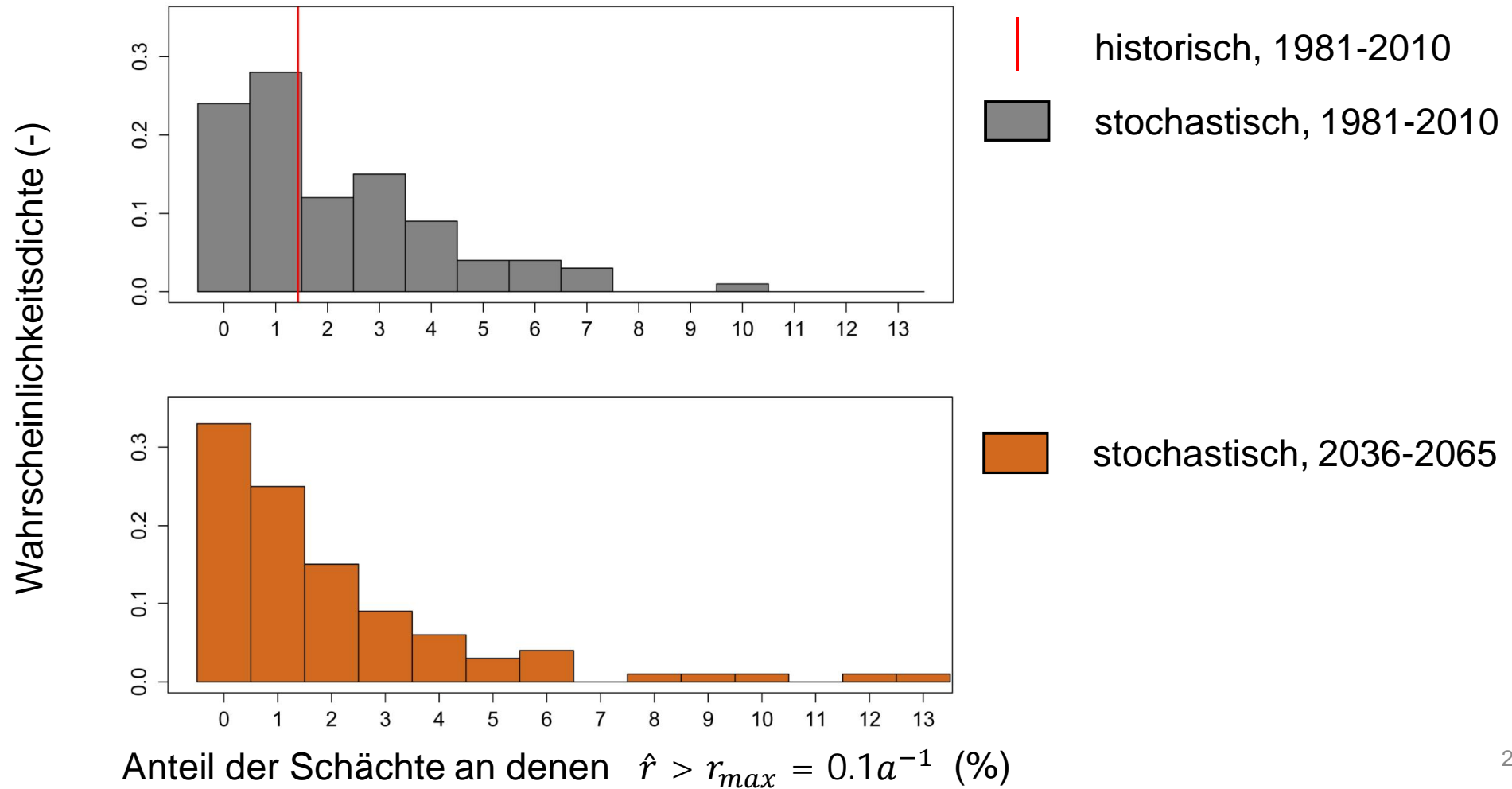
Jährliche Niederschlagsmaxima mit einer Dauer von 10 min



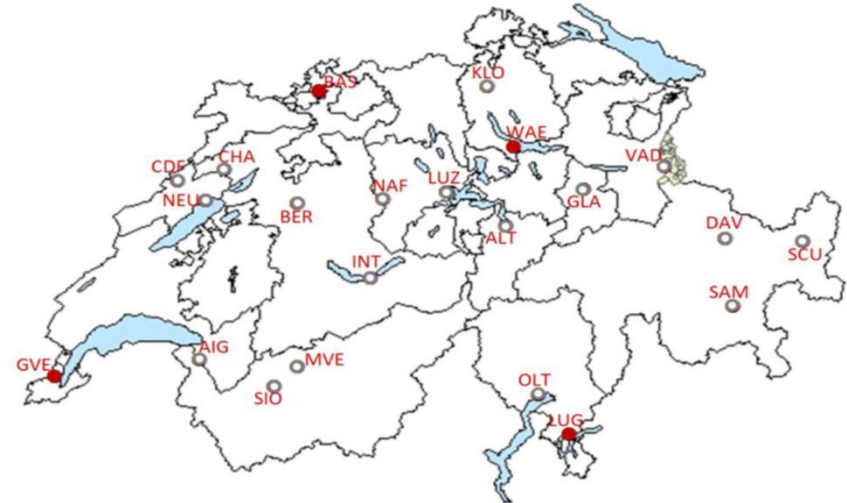
Anteil der Schächte mit unzulässig häufigem Überstau



Anteil der Schächte mit unzulässig häufigem Überstau



Prognosen für 22 Stationen durch 10 Klimamodelle für 2036-2065 & 2070-2099

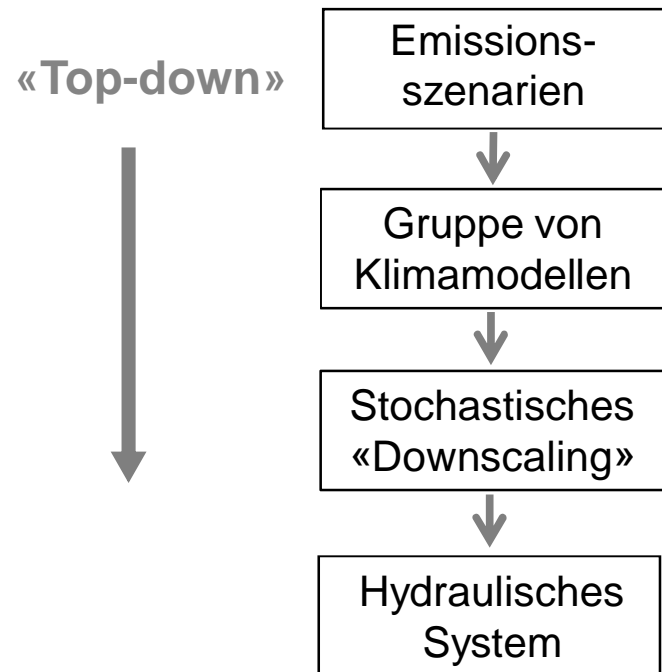


- An keiner der Stationen einheitliche Änderungstendenz bezüglich Stark-/Extremregenereignissen
- Nur an manchen Stationen: im Mittel leicht zu- oder abnehmend
- Grössere Modellunsicherheit für 2070-2099

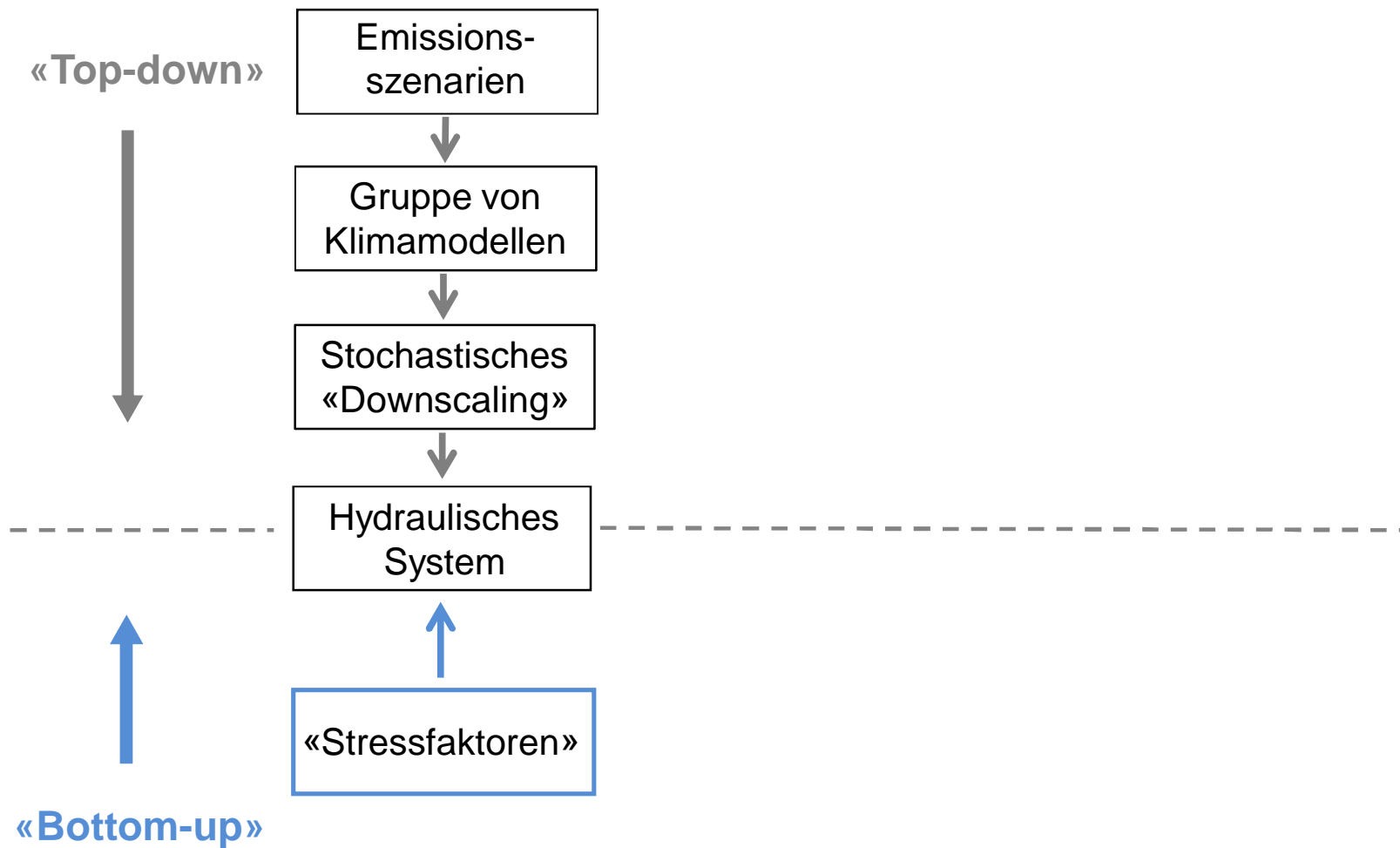
Vorläufige Schlussfolgerungen

- Zahlreiche, ganz verschiedenartige Quellen von Unsicherheiten
- Manche Unsicherheiten werden unterschätzt oder bleiben unberücksichtigt.
- Stichprobenunsicherheit überschattet die Effekte von Klimawandel und dessen Prognoseunsicherheit.
- Stochastische Regenmodelle haben Potential → Geben uns Möglichkeit potentielle Ereignisse zu berücksichtigen, die wir bisher nicht beobachtet haben.

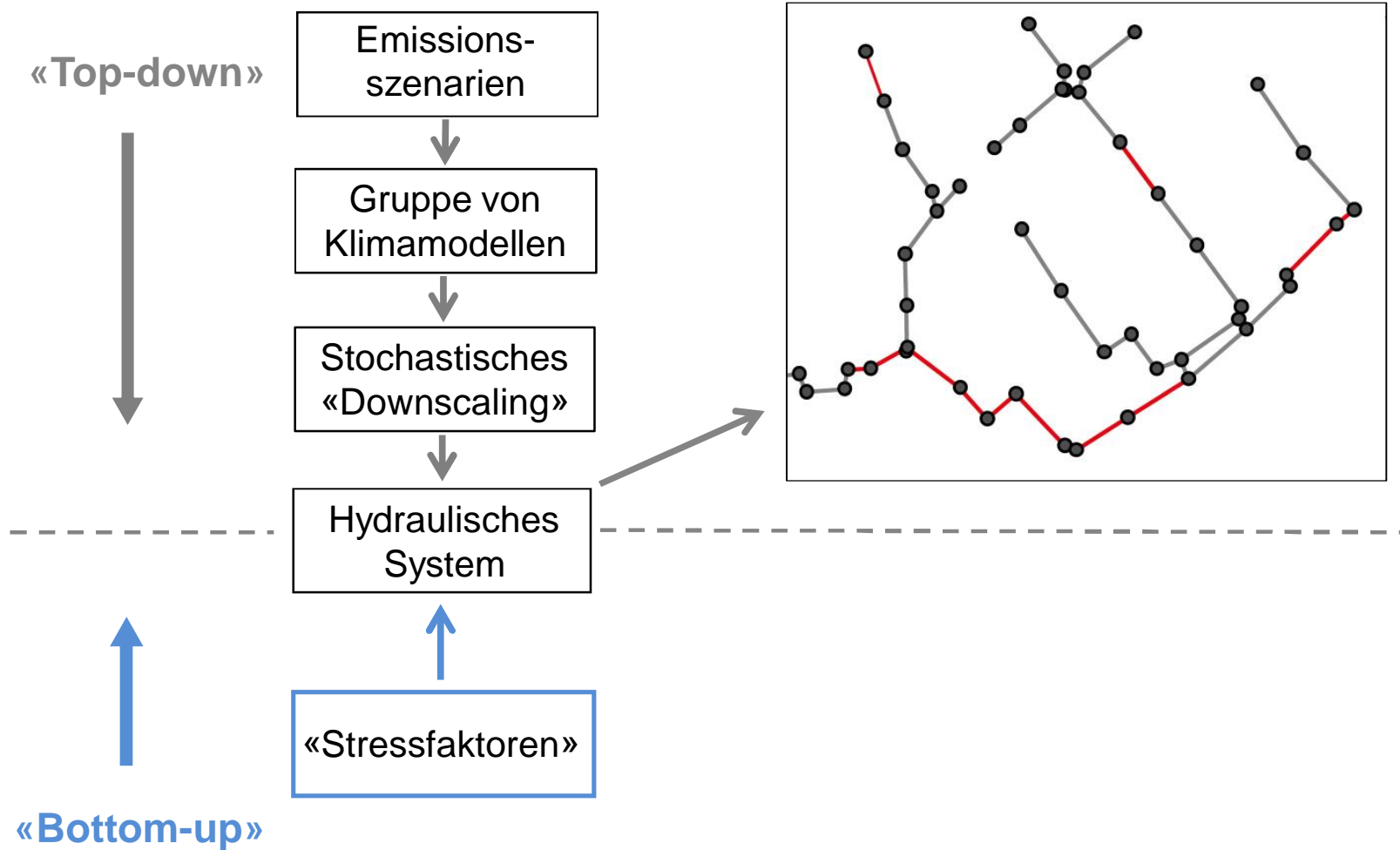
Komplementäre Bemessungsstrategie



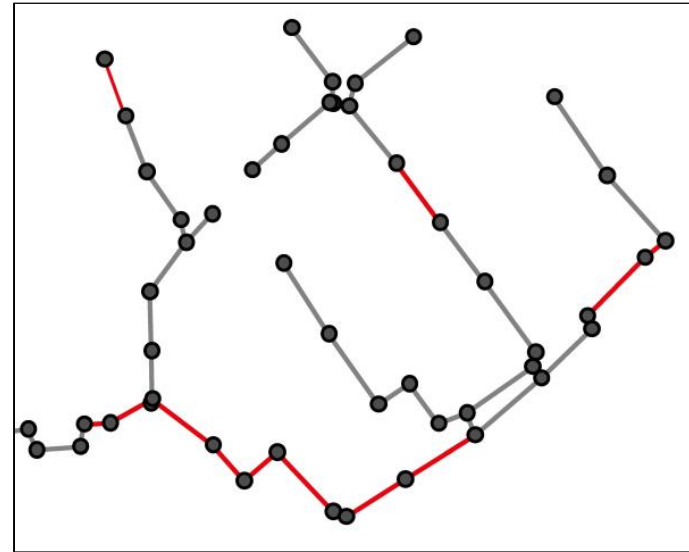
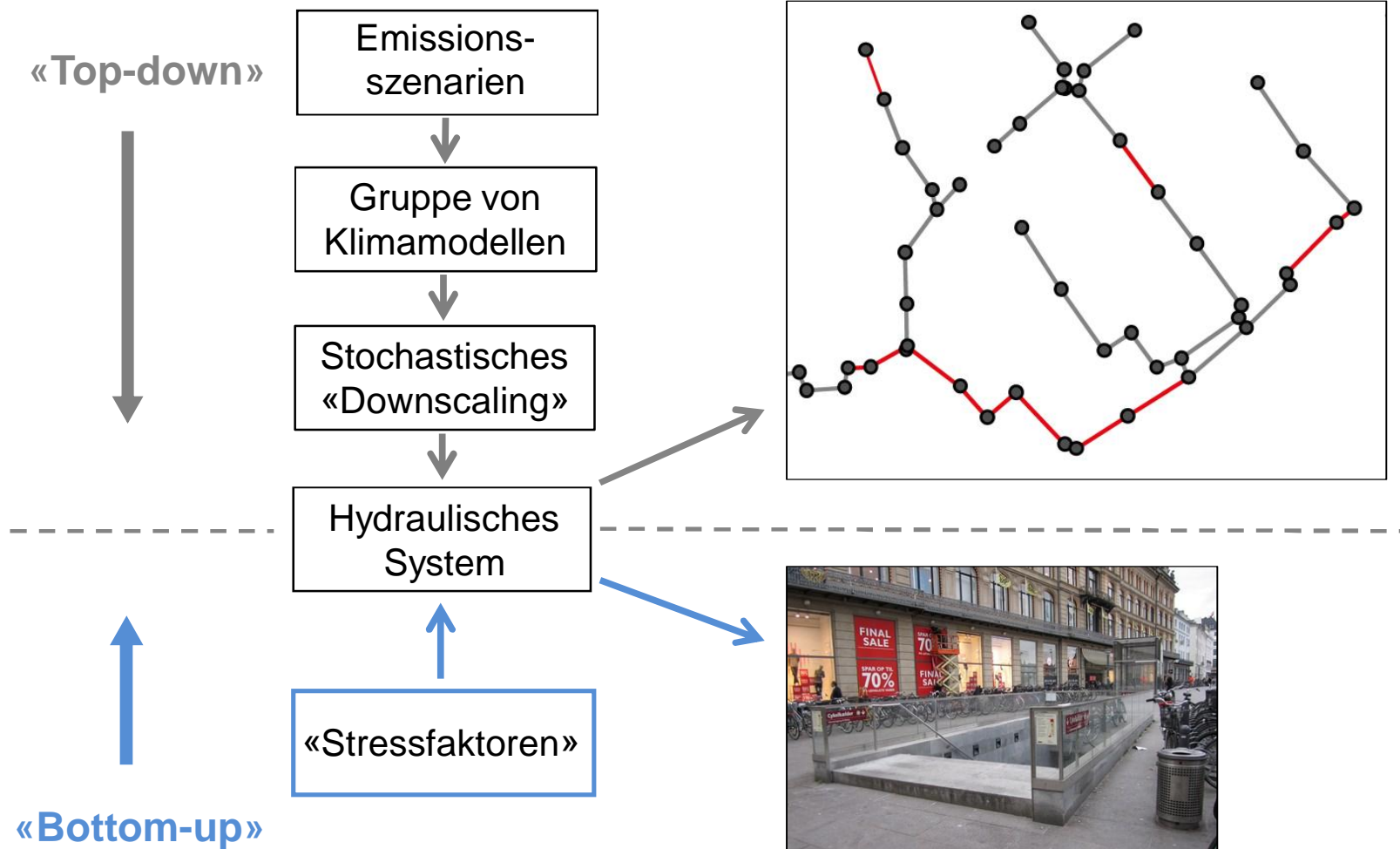
Komplementäre Bemessungsstrategie



Komplementäre Bemessungsstrategie



Komplementäre Bemessungsstrategie



(Klimatilpasning.dk, 2015)

Schlussfolgerungen

- Zahlreiche, ganz verschiedenartige Quellen von Unsicherheiten
- Manche Unsicherheiten werden unterschätzt oder bleiben unberücksichtigt.
- Stichprobenunsicherheit überschattet die Effekte von Klimawandel und dessen Prognoseunsicherheit.
- Stochastische Regenmodelle haben Potential.
- Bisherige Bemessungsstrategien sollten erweitert werden.
- «Low-regret»-Massnahmen sind naheliegend.