

# Regionalisierung von Klimadaten und Klimaprojektionen für Analysen zum regionalen Boden- und Grundwasserhaushalt

Ralf Kunkel und Frank Wendland

Forschungszentrum Jülich GmbH  
Institut für Bio und Geowissenschaften – Agrosphäre (IBG-3)  
52425 Jülich

Tagung "Klimawandel in Niedersachsen – Auswirkungen auf Wasser und Boden", Hannover, 5.5.2011

# Aktuell bearbeitete Vorhaben zu Klimawandel und Wasserhaushalt

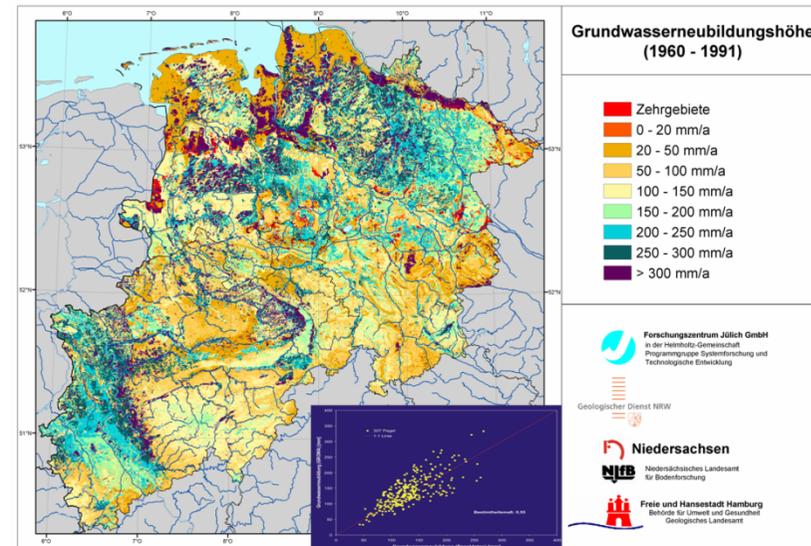
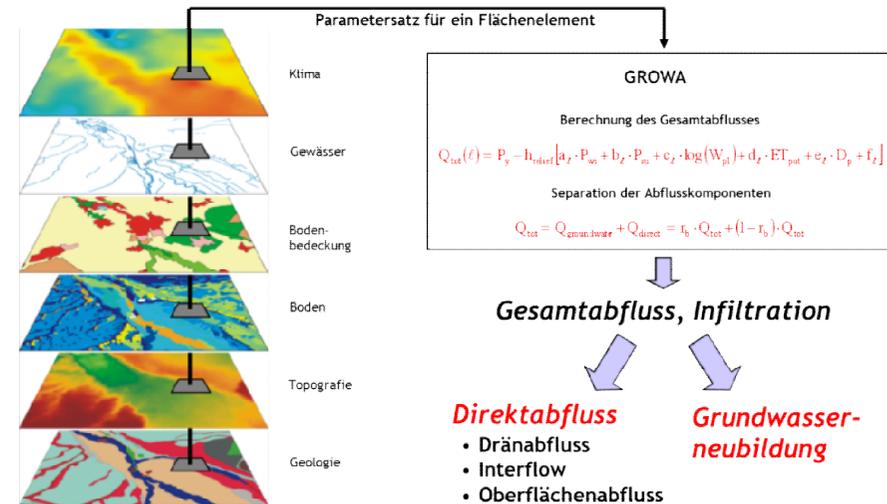
Zeitraum	Auftraggeber	Forschungsthema
2010-2012	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV)	Auswirkungen von Klimaänderungen auf das nachhaltig bewirtschaftbare Grundwasserdargebot und den Bodenwasserhaushalt in NRW
2009-2012	Ministerium für Umwelt Niedersachsen, Geologischer Dienst Bremen	Quantifizierung und Bewertung des innerjährlichen Abflussgeschehens und der Auswirkungen von Klimaänderungen auf den Wasserhaushalt in Niedersachsen und Bremen
2009-2013	Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)	Auswirkungen von Klimaänderungen auf das nachhaltig bewirtschaftbare Grundwasserdargebot und den Bodenwasserhaushalt in der Metropolregion Hamburg (KLIMZUG Nord)
2010-2014	EU - 7th Framework Programme	Climate Induced Changes on the Hydrology of Mediterranean Basins (CLIMB)

- **Abschätzung des möglichen Einflusses von Klimaänderungen auf**
  - **Nachhaltig nutzbares Grundwasserdargebot**
  - **Bodenwasserhaushalt**
  - **Berechnungsbedürftigkeit einzelner Regionen**
- **Erstellung (Regionalisierung) der für die Modellierung benötigten Klimadaten in höher Auflösung**
  - **Aktuelle (DWD) Daten:**
  - **Ergebnisse von Klimaszenarien**

# Wasserhaushaltsmodellierung mit GROWA

- empirischer Ansatz
- Meso- bis Makroskala (ca. 100 bis einige 100.000 km<sup>2</sup>)
- Räumliche Diskretisierung in Rasterzellen beliebiger Größe
- Zeitliche Diskretisierung in Jahre
- Abflussseparation in Gesamtabfluss, Direktabfluss, Zwischenabfluss, Dränabfluss, Grundwasserneubildung
- Modellvalidierung an Gewässerabflüssen
- Historie:

- Entwicklung 1996-1998 im Rahmen der „Elke-Ökologie“
- Seit 1999 Kooperation mit LBEG zur Übertragung des Verfahrens auf Niedersachsen, Implementierung des Verfahrens („GROWA98“) im NIBIS
- Weiterentwicklungen / Anwendungen für die „Metropolregion Hamburg“, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Weser, Mecklenburg-Vorpommern, Saarland, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein

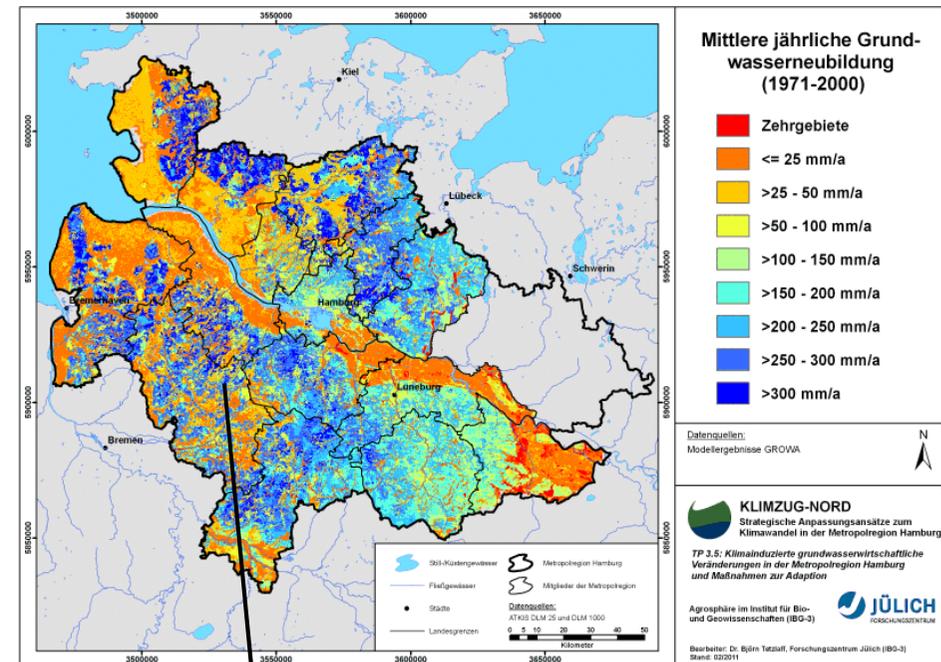


# Fragestellungen zum Klimawandel mit Bezug zum Wasserhaushalt

Beispiel: FZJ-Teilprojekt im BMBF-  
Verbundvorhaben

KLIMZUG - NORD (2009 – 2013)

- Wird sich durch den Klimawandel das Grundwasserdargebot ändern?
  - In welchen Teilräumen?
  - In welche Richtung?
  - In welchem Umfang?
  - In welchem Zeitraum?
  - Mit welcher Zuverlässigkeit?
- Ist durch den Klimawandel die Wasserbedarfsdeckung aus Grundwasserressourcen für die landwirtschaftliche Bewässerung, die öffentliche Wasserversorgung sowie für grundwasserabhängige Landökosysteme gefährdet?
- Mit welchen Bewirtschaftungsstrategien (z.B. für die Landbewirtschaftung), kann das Grundwasserdargebot langfristig gesichert werden?

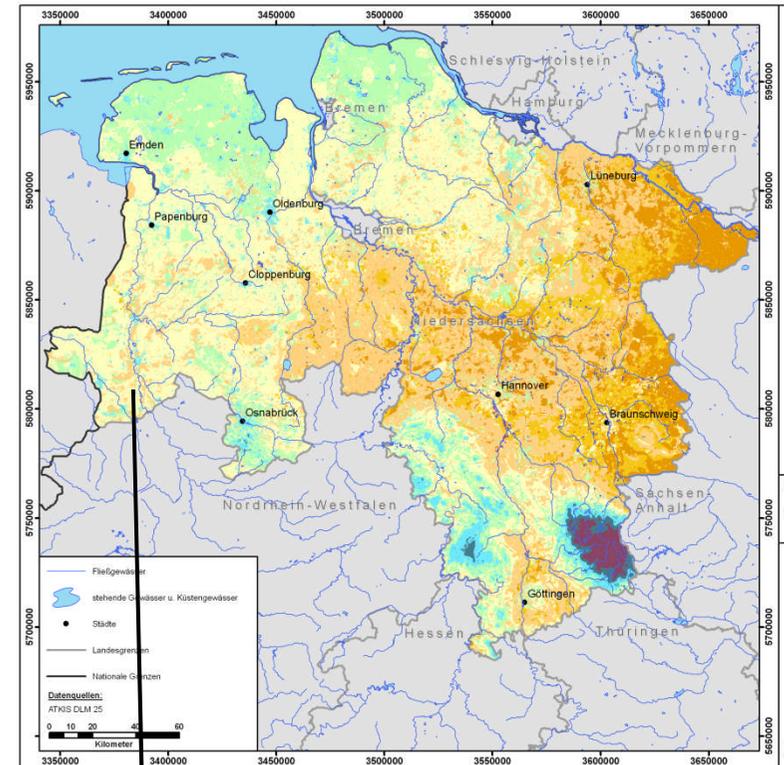


Räumliche Auflösung  
20-100 m

# Auswirkungen von Klimaänderungen auf den Wasserhaushalt in Niedersachsen und Bremen

FE-Vorhaben gefördert durch das  
MU Niedersachsen 2009-2012

- Weiterentwicklung des GROWA-Modells zur Quantifizierung des innerjährlichen Abflussgeschehens
- Interpolation von Niederschlag, Temperatur und potenzieller Verdunstung
  - DWD-Daten 1961 – 2005
  - Wetterg-Daten 1961-2100
  - Zeitliche Auflösung 10 Tage
  - Räumliche Auflösung 100x100 m<sup>2</sup>
- **Insgesamt 17100 Interpolationen**

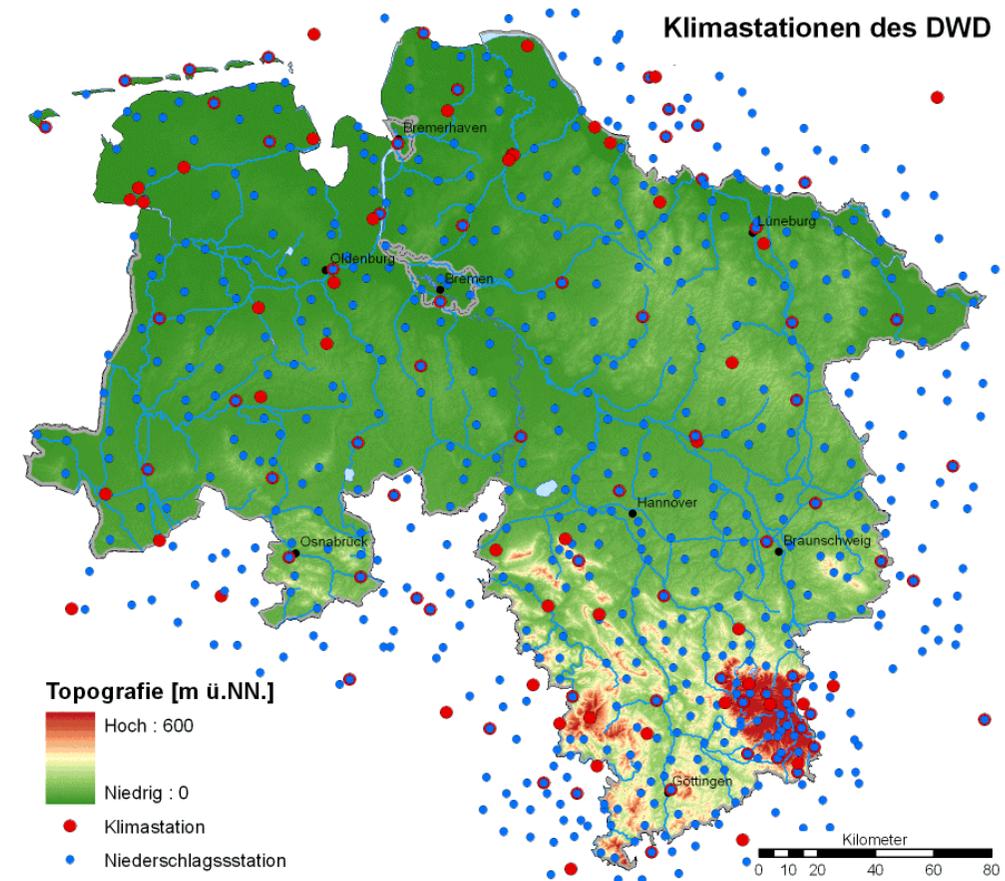


**Räumliche Auflösung  
100 m**

# Verfügbare DWD Klimadaten für Niedersachsen und Bremen

## ➤ Verfügbar:

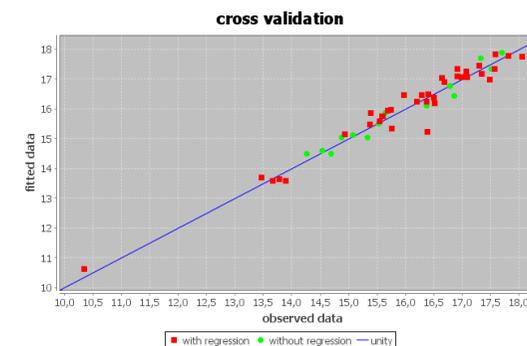
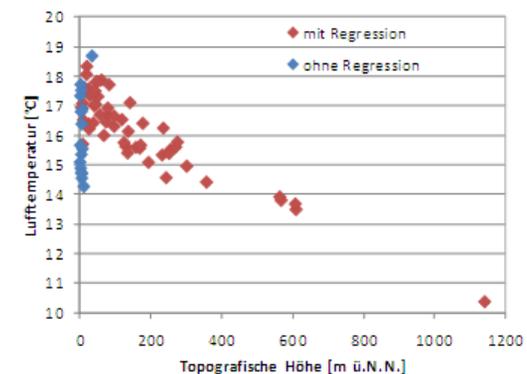
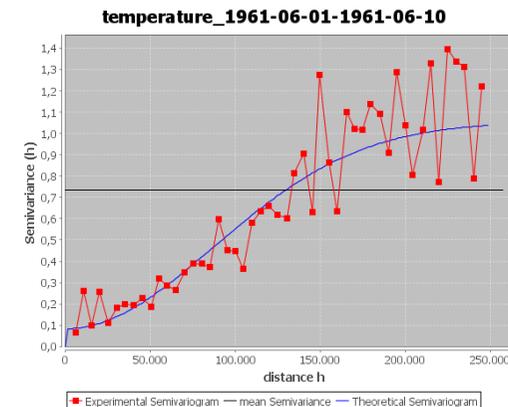
- 729 Stationen mit Tageswerten der Niederschläge
- 120 Klimastationen mit Tageswerten für:
  - *Lufttemperatur*
  - *Dampfdruck*
  - *Relative Luftfeuchtigkeit*
  - *Windgeschwindigkeit*
  - *Windrichtung*
  - *Sonnenscheindauer*
  - *Globalstrahlung*



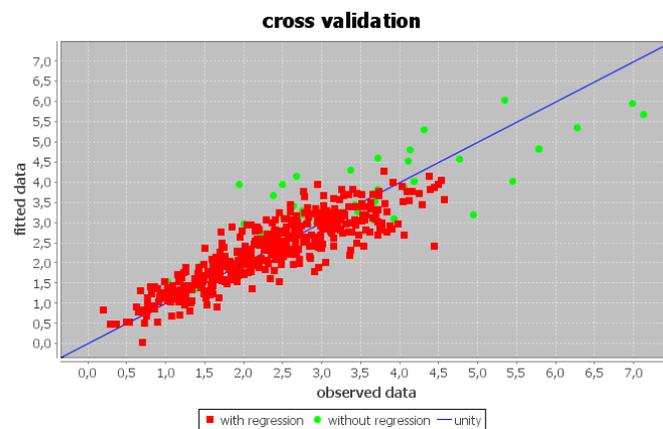
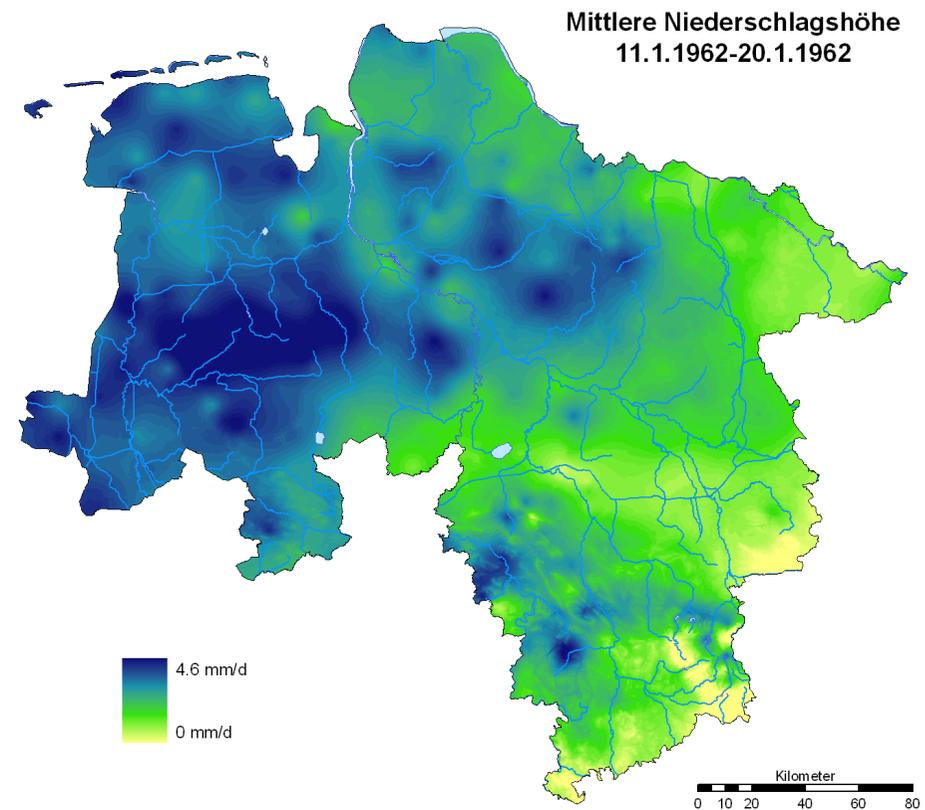
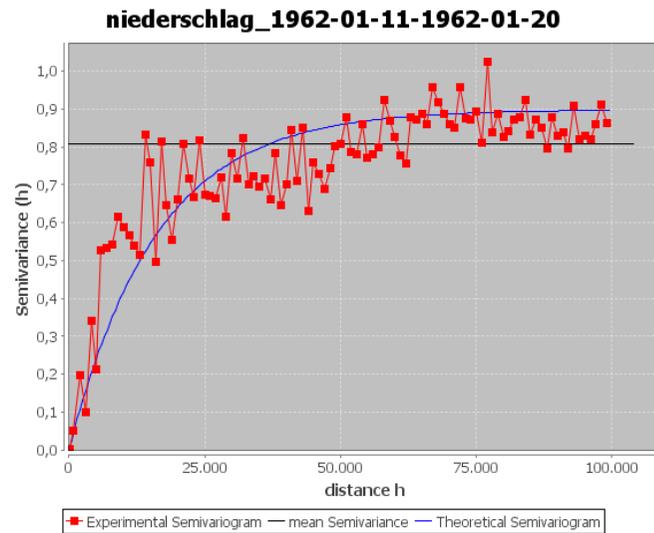
# Modelltool CLINT zur Regionalisierung von Klimadaten

- (Universal) Kriging oder IDW
- GUI zur Anpassung von Semivariogrammen
- Optionale multidimensionale Vorabkorrektur der Werte, z.B. nach der topografischen Höhe oder der Windgeschwindigkeit
- Kreuzvalidierung der interpolierten Werte zur Qualitätskontrolle
- Rasterinterpolation und -export
- Datenbankverbindung für Daten und Interpolationsparameter
- Optionale Parallelverarbeitung (Raster Interpolation und Kreuzvalidierung)

Reduzierung der Rechenzeit von 3 Std. auf 10 Minuten pro Interpolation (Niederschlag)

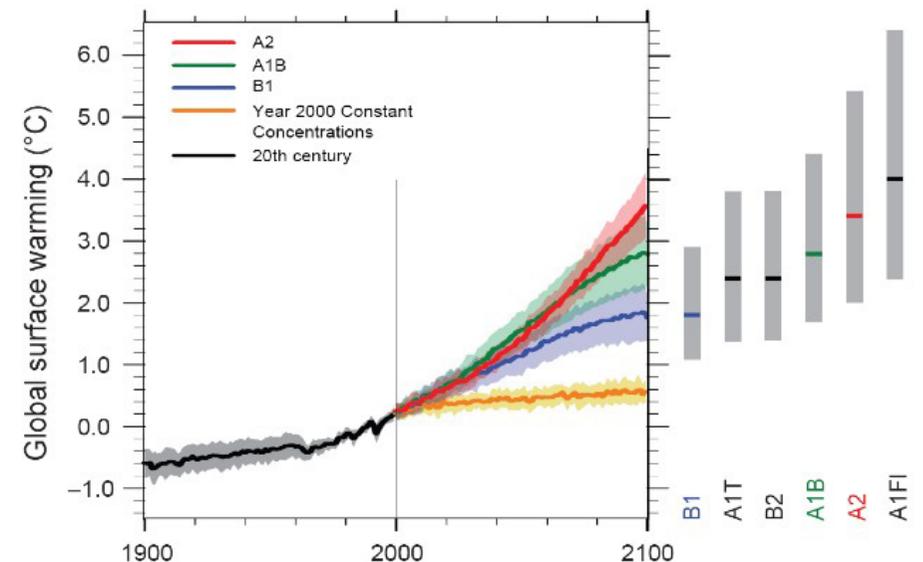


# Beispiel: Kriging-Interpolation von Niederschlagshöhen

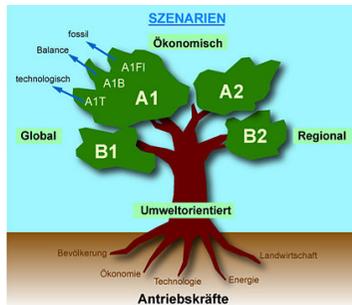


# IPCC Emissions (SRES) Szenarien als Grundlage für Klimaprognosen

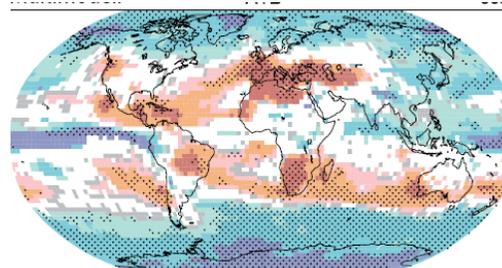
- A1: sehr rasches Wirtschaftswachstum und schnelle Einführung neuer und effizienterer Technologien.
- A2: heterogene Welt, gekennzeichnet durch Autarkie und Bewahrung lokaler Identitäten.
- B1: globale Lösungen für eine wirtschaftliche, soziale und umweltgerechte Nachhaltigkeit.
- B2: lokale Lösungen für eine wirtschaftliche, soziale und umweltgerechte Nachhaltigkeit.



# Von Emissionsszenarien zu regionalen Klimaprognosen

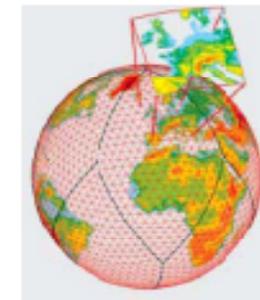
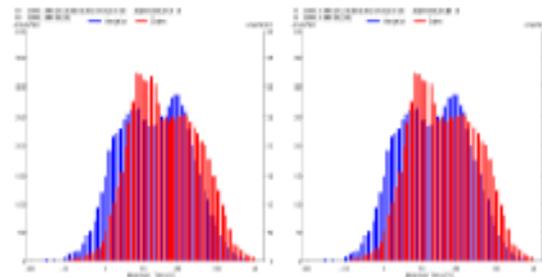
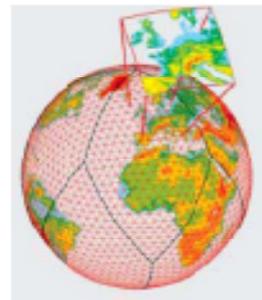


IPCC Emissionsszenario



Globales Klimamodel  
(ECHAM5-MPI A1B)  
Auflösung 240x240 km<sup>2</sup>

„Downscaling“

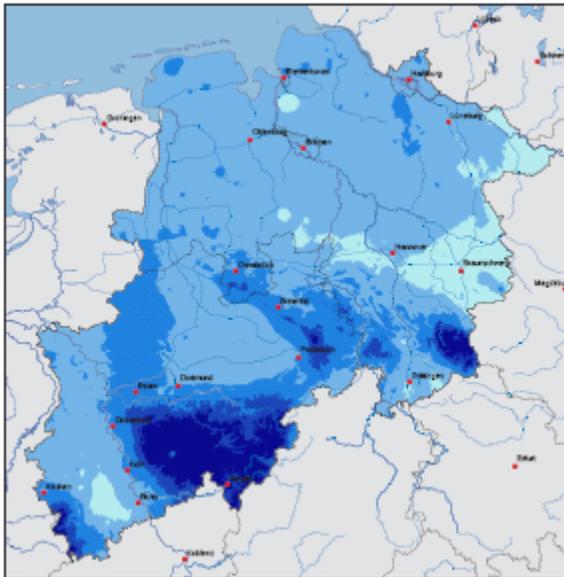


REMO	WETTREG		STAR	CLM
<b>Numerisch</b>	<b>Statistisch</b>		<b>Numerisch</b>	
10 km, 50 km	Stationen		20 km	
MPI-M Hamburg	CEC Potsdam	PIK Potsdam	CLM-Konsortium BTU Cottbus	

# Numerisches Regionalmodell

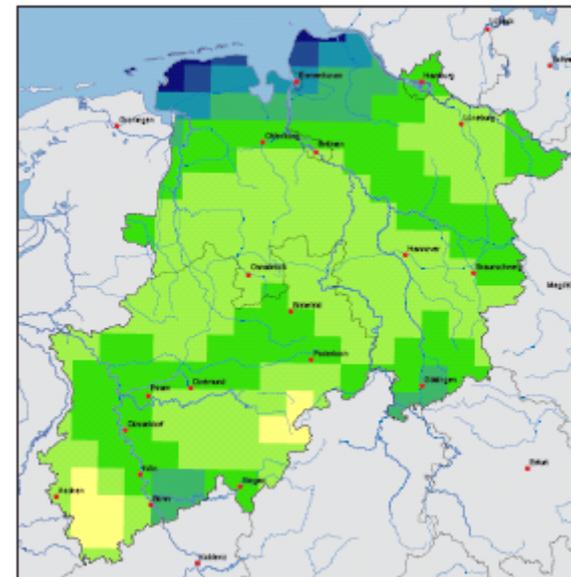
## Räumliche Auflösung

**Interpolierte DWD-Stationsdaten  
100 m - Raster**



***Interpolation aus Stationsdaten***

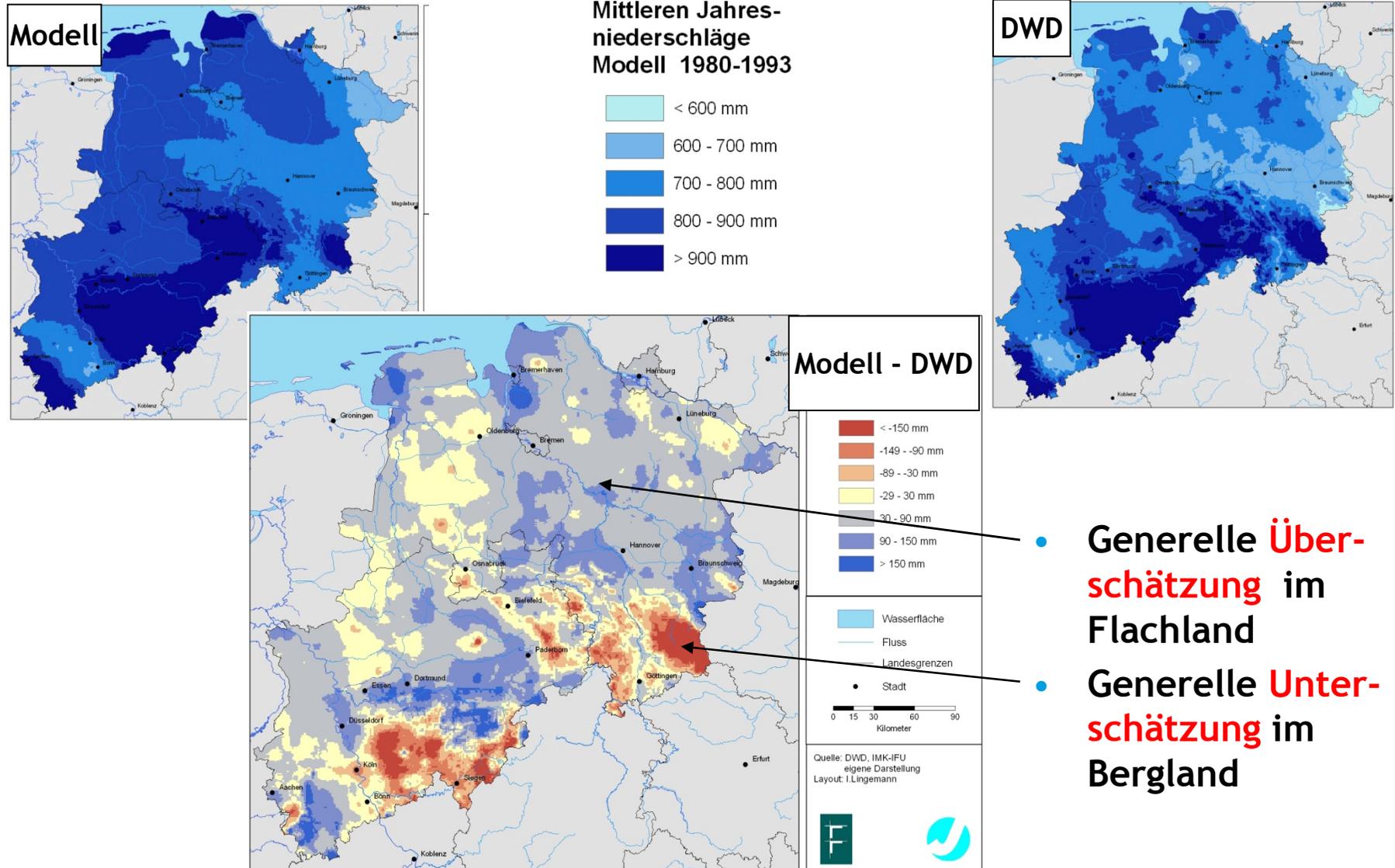
**Ergebnisse eines Regionalmodells  
19,2 km - Raster**



***Regionale Heterogenitäten (z.B.  
Topographie) nur sehr grob abgebildet***

***Disaggregation erforderlich***

# Numerisches Regionalmodell Niederschlagswerte

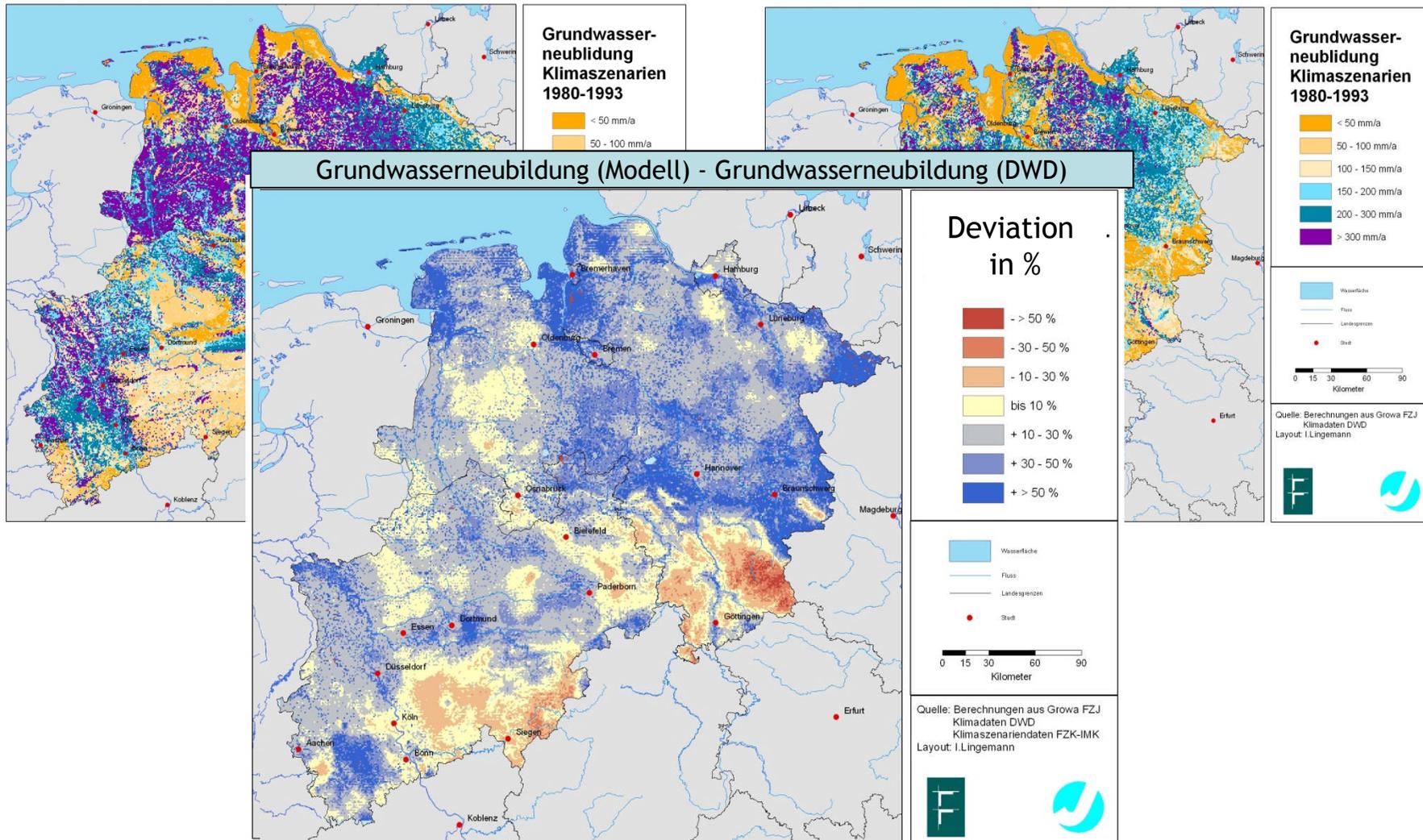


- Generelle **Über-schätzung** im Flachland
- Generelle **Unter-schätzung** im Bergland

# Vergleich der simulierten Grundwasserneubildungshöhen

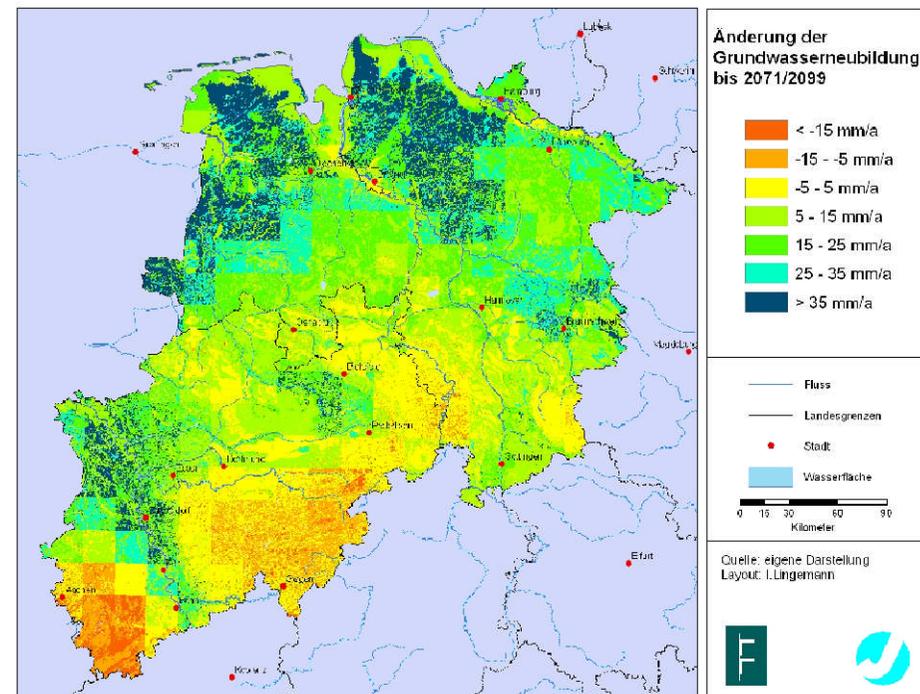
Grundwasserneubildung 1980 - 1993  
basiert auf **Klimadaten des Regionalmodells**

Grundwasserneubildung 1980 - 1993  
basiert auf **Klimadaten des DWD**



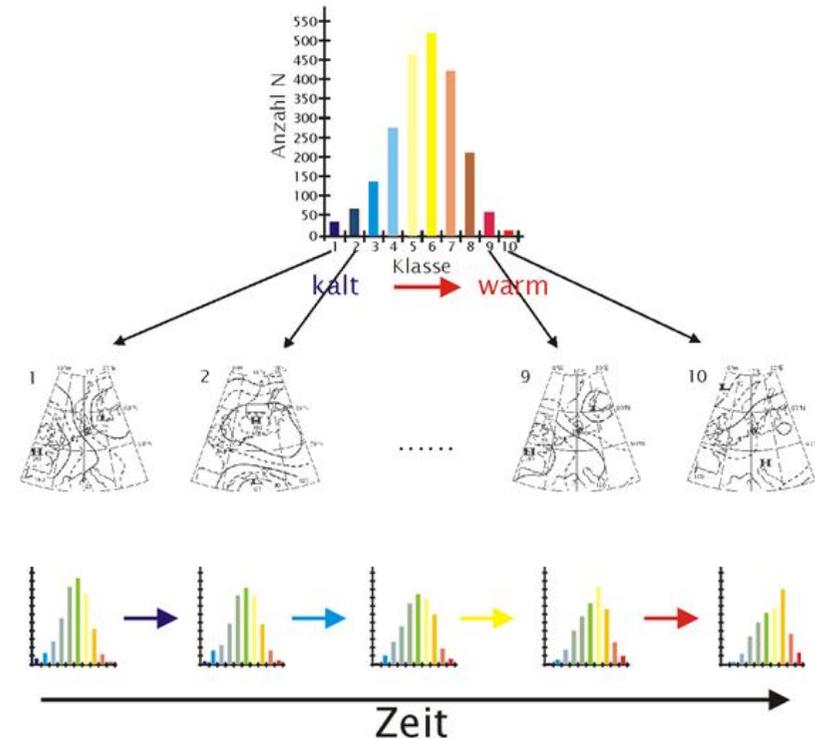
# Numerisches Regionalmodell Grundwasserneubildungshöhen

- Signifikante Abweichungen in den berechneten Grundwasserneubildungshöhen (bis zu +/- 50%)
- Differenzen sind nicht auf Effekte des Klimawandels zurückzuführen sondern auf systematische Fehler des Regionalmodells (Bias)
- Direkter Vergleich der Grundwasserneubildungshöhen aus Klimaszenarien (z.B. 2071-2100) und Realdaten (z.B. 1961-1990) wenig sinnvoll
- Bias-Korrektur durch Berücksichtigung der aktuellen Niederschlagsmusters und der zu erwartenden Differenz der Niederschlagshöhen



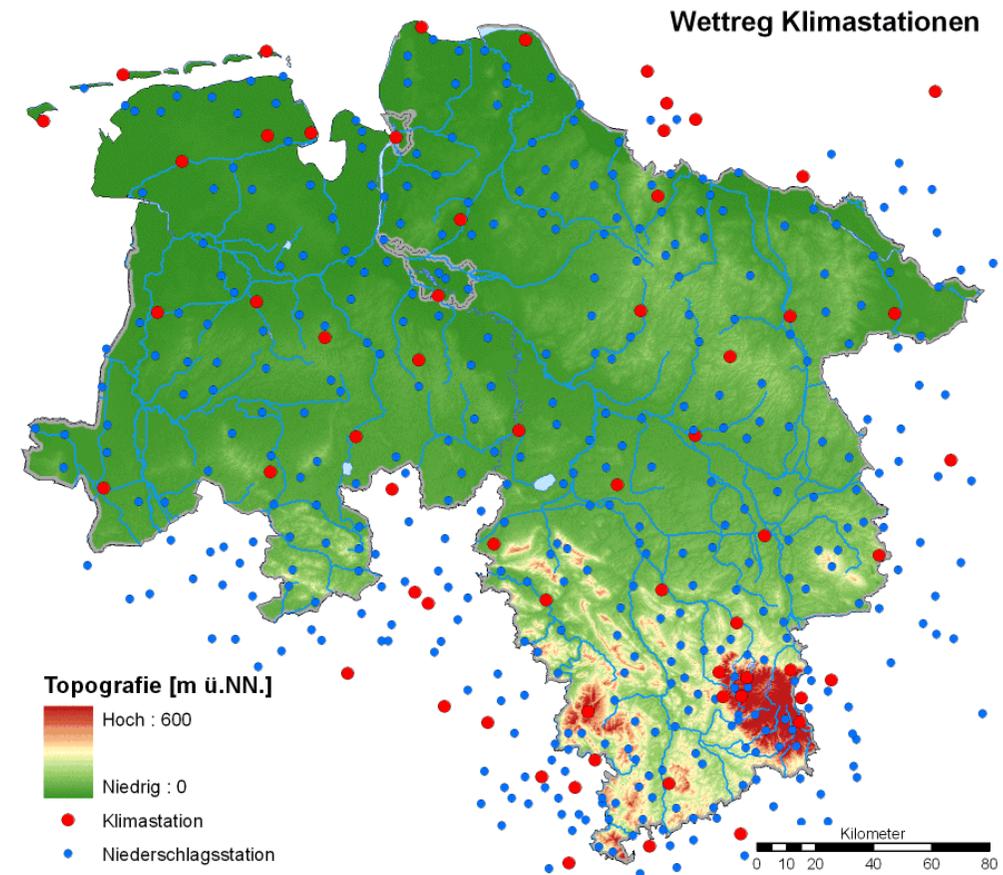
# WETTREG: Statistische wetterlagen-orientierte Regionalisierungsmethode

- Statistisches Downscaling-Verfahren für die Ergebnisse von globalen Zirkulationsmodellen (CEC Potsdam)
  - 40 Klima- und 32 Niederschlagsklassen
  - Jeweils 10 saisonale Zirkulationsmuster
- Bildung von mittleren Zirkulationsmustern für jede Größenklasse
- Identifizierung der Wahrscheinlichkeit der Zirkulationsmuster in den globalen Klimaszenarien A1B, A2, B1 (ECHAM5/MPI-OM)
- Resampling der Stationsdaten unter Berücksichtigung geänderter Zirkulationsmuster für einzelne Regionen
- Erzeugung von 10 Zeitreihen, Unterscheidung in normale, trockene und feuchte Ausprägung
- **Ergebnis: Zeitreihen für Klimastationen in täglicher Auflösung (1961-2100)**

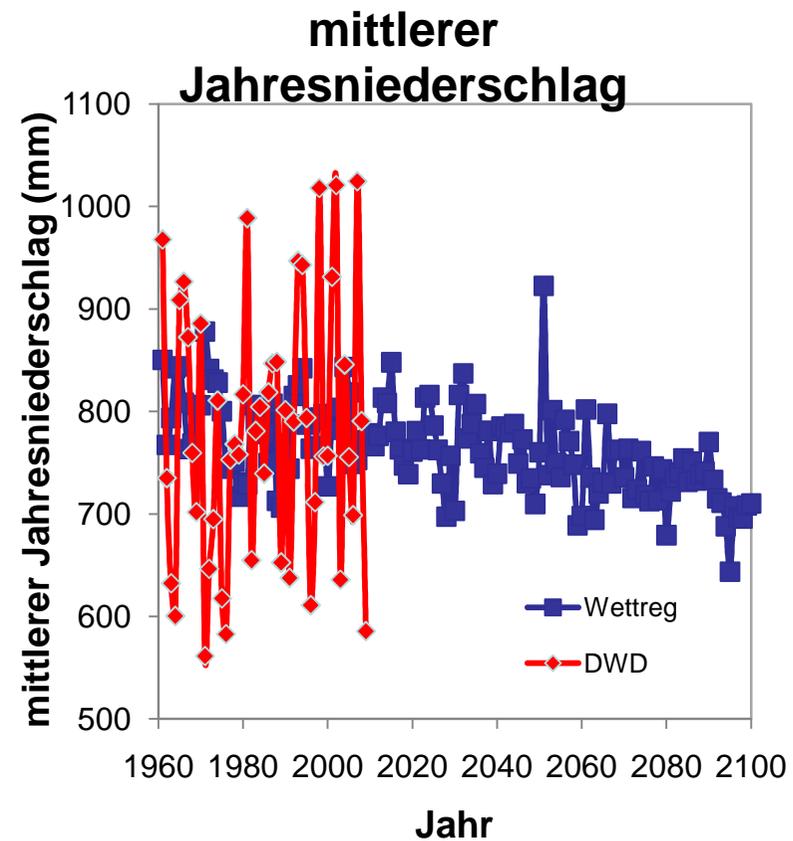
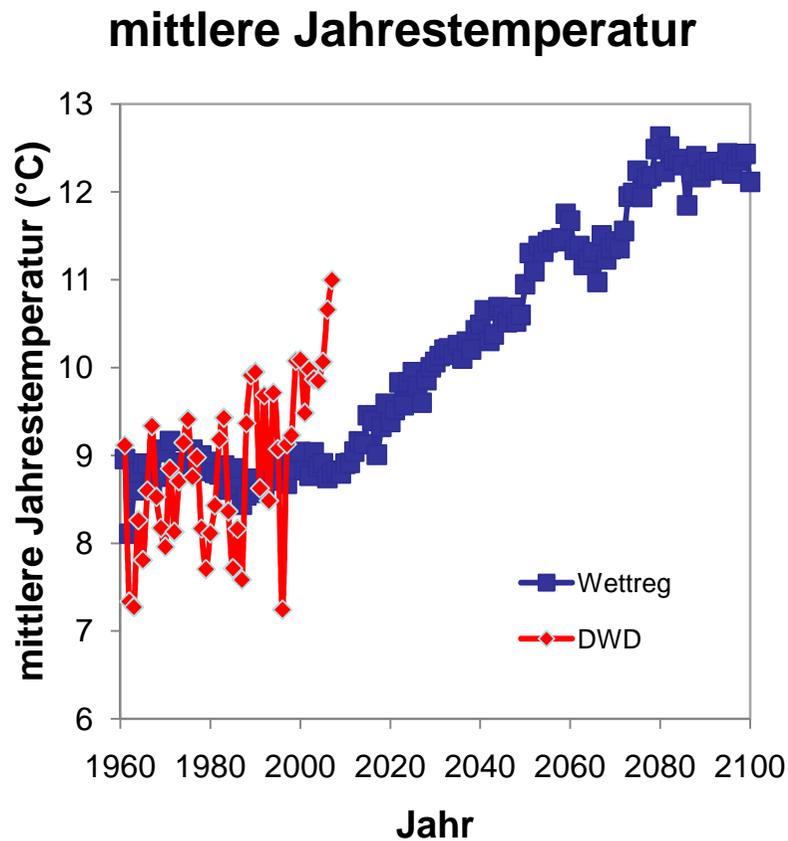


# Verfügbare Wetter Klimadaten (Beispiel Niedersachsen und Bremen)

- Neuberechnung 2010
- Zeitreihe: 1.1.1961 - 31.12.2100
- 468 Stationen mit Tageswerten der Niederschläge
- 66 Klimastationen mit Tageswerten für:
  - Lufttemperatur
  - Dampfdruck
  - Relative Luftfeuchtigkeit
  - Windgeschwindigkeit
  - Sonnenscheindauer
- **Interpolation analog zu den DWD-Daten möglich**

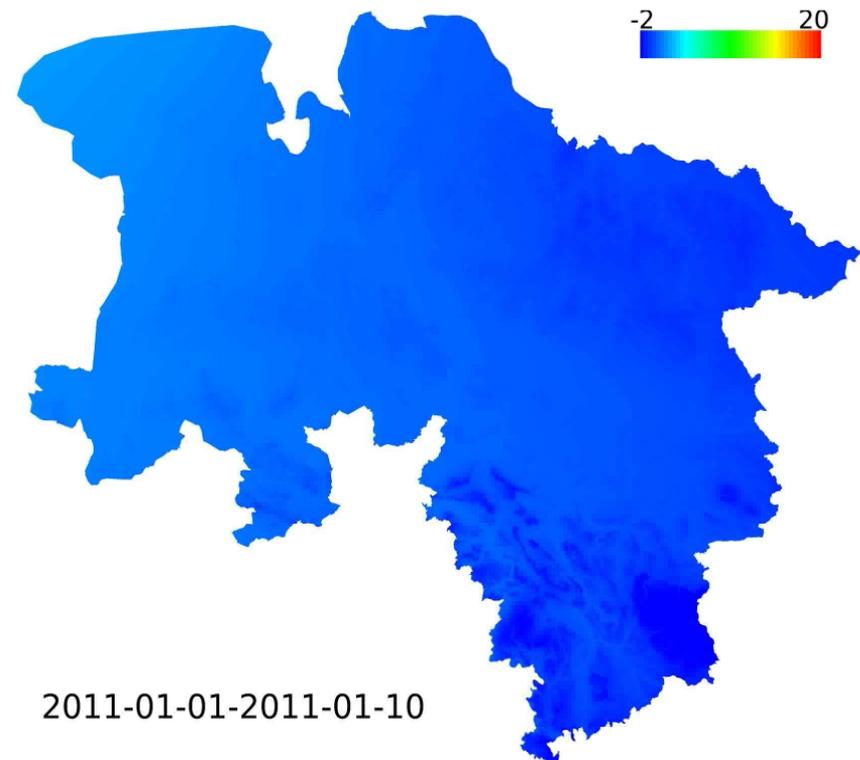


# Durch Wetterg prognostizierter Klimawandel (Mittel über alle Stationen in Nds+HB)



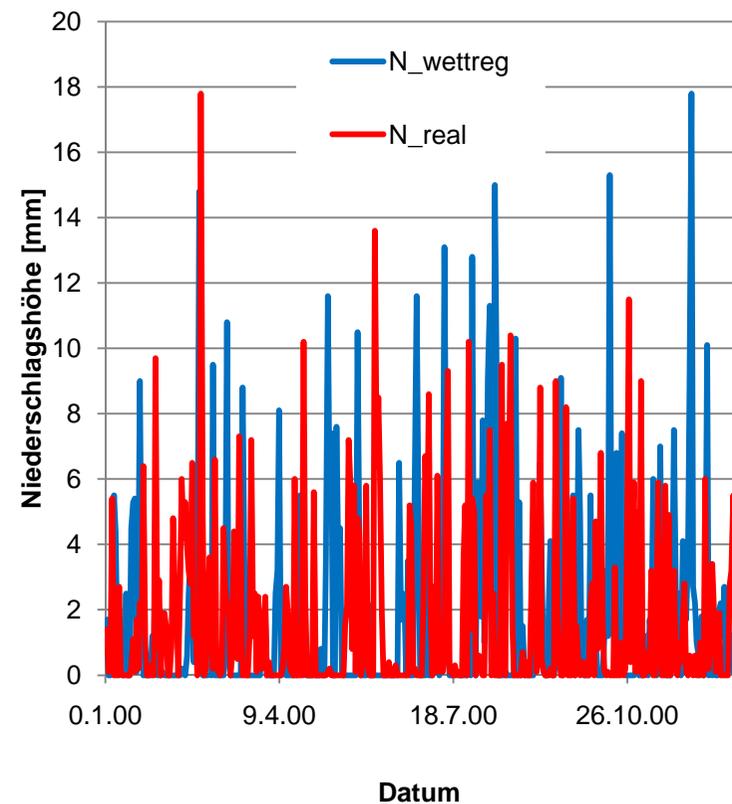
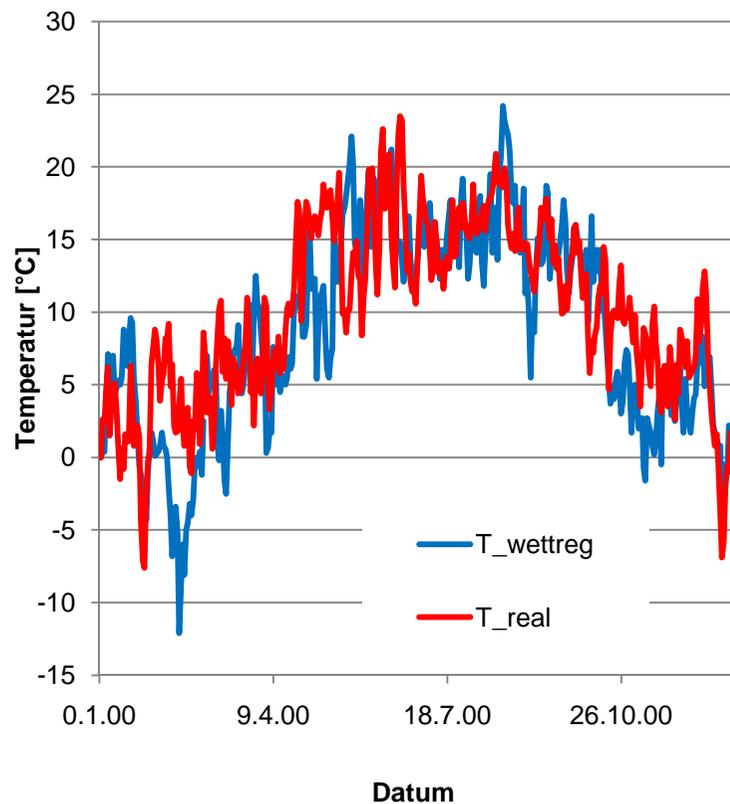
# Interpolationsergebnisse für die Wettreg-Daten

- Flächendeckende Rasterdatensätze der
  - Mittlere Tagesniederschläge
  - Mittlere Tagestemperaturen
  - Mittlere täglichen potenziellen Verdunstungshöhen
- Auflösung
  - Räumlich: 100x100 m
  - Zeitlich 1/3 Monat (1961-2100)
- Interpolation mittels Universal Kriging
- Überprüfung der Interpolationsgüte durch Kreuzvalidierung
- Insgesamt ca. 15000 Einzelraster
- Direkter Input für GROWA



**Mittlere Tagestemperaturen  
Wettreg, 2011-2100**

# Vergleich der Wettreg- und DWD Daten

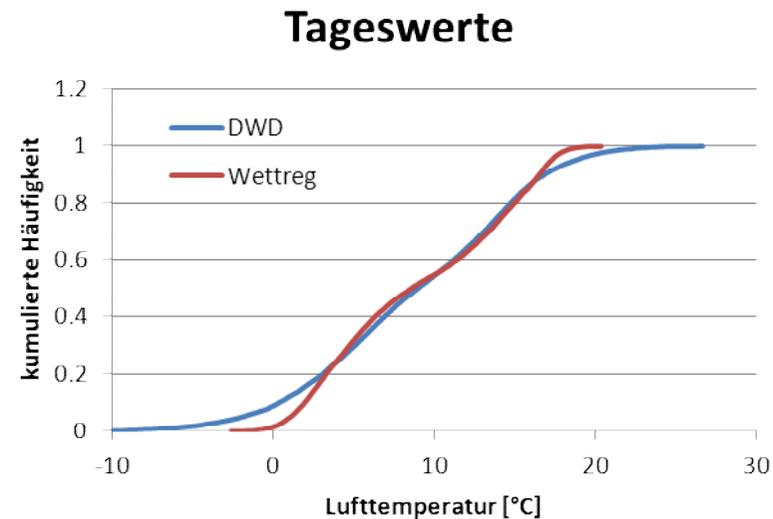


z.T. große Differenzen von Niederschlägen und Temperaturen an einer Station

**Regionale Klimamodelle sind keine Wettervorhersagemodelle**

# Vergleich der Wettreg- und DWD-Daten Temperaturen

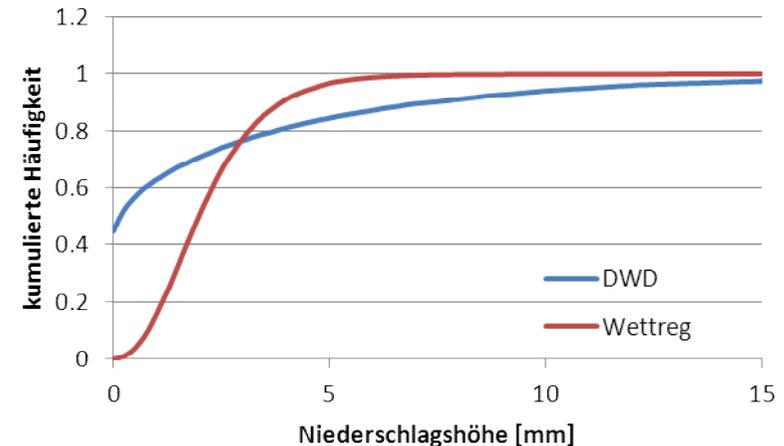
- Kumulierte Häufigkeiten der Tageswerte der Lufttemperaturen für eine Station
- Sehr gute Übereinstimmung der Lufttemperaturen zwischen dem P20 und P90 Perzentil
- Größere Abweichungen bei Extremwerten (Einfluss der Mittelung der Wettreg-Daten)
- Korrekturen (praktisch) nicht erforderlich



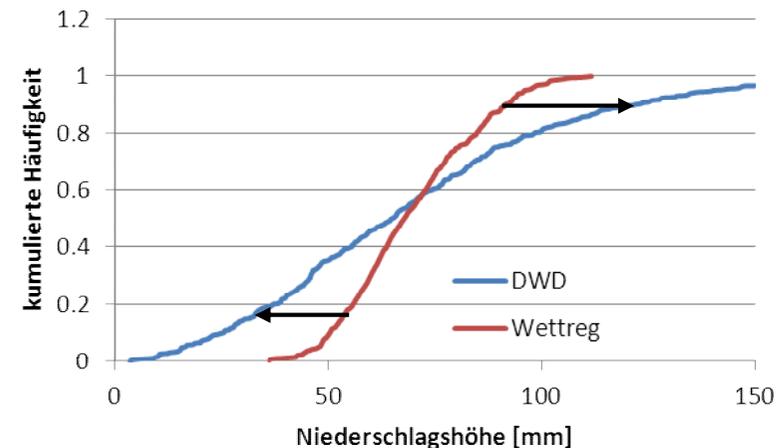
# Vergleich der Wettreg- und DWD-Daten Niederschlagshöhen

- Große Abweichungen zwischen DWD- und Wettreg-Daten
  - Messunsicherheiten der DWD-Daten („0 mm“)
  - Mittelungseffekte
- Abweichungen der Werte abhängig von zeitlicher Aggregation
- Realistische Modellierung auf der Basis von Wettreg-Daten nur möglich durch Korrektur der Werte

## Tageswerte



## Monatssummen



# Zusammenfassung und Ausblick

- Methodik zur Interpolation von DWD und Wetterg-Klimadaten und Implementierung in einem parallelfähigem JAVA-Programm
- Nutzung von Klimaszenarien erfordert weitere Bearbeitungsschritte:
  - Regionalmodelle (MM5, REMO, CCLM): Disaggregation, Bias-Korrektur
  - Statistische Modelle (Star, Wetterg): Korrektur des statistischen Verhaltens
- Mit keinem Modell ist es möglich, Klimaparameter mit zeitlich hoher Auflösung realistisch abzubilden!
- Anwendbarkeit hydrologischer Modelle mit hoher Zeitauflösung (Tage) eingeschränkt
- Modellierung in Monatsauflösung (GROWA Weiterentwicklung)

# Aktuell bearbeitete Vorhaben zu Klimawandel und Wasserhaushalt

Zeitraum	Auftraggeber	Forschungsthema	zu verwendendes Klimamodell
2010-2012	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV)	Auswirkungen von Klimaänderungen auf das nachhaltig bewirtschaftbare Grundwasserdargebot und den Bodenwasserhaushalt in NRW	CCLM, Wettreg
2009-2012	Ministerium für Umwelt Niedersachsen, Geologischer Dienst Bremen	Quantifizierung und Bewertung des innerjährlichen Abflussgeschehens und der Auswirkungen von Klimaänderungen auf den Wasserhaushalt in Niedersachsen und Bremen	Wettreg
2009-2013	Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)	Auswirkungen von Klimaänderungen auf das nachhaltig bewirtschaftbare Grundwasserdargebot und den Bodenwasserhaushalt in der Metropolregion Hamburg (KLIMZUG Nord)	Remo
2010-2014	EU - 7th Framework Programme	Climate Induced Changes on the Hydrology of Mediterranean Basins (CLIMB)	FP5/6 model

- Klimamodell hat entscheidenden Einfluss auf prognostizierte Effekte
- Nutzung verschiedener Szenarien sinnvoll, aber methodische Probleme und hoher Aufwand
- Derzeit keine einheitliche Strategie bei der Auswahl der Modelle

**Vielen Dank für  
ihre  
Aufmerksamkeit**

