



# Leitfragen

---

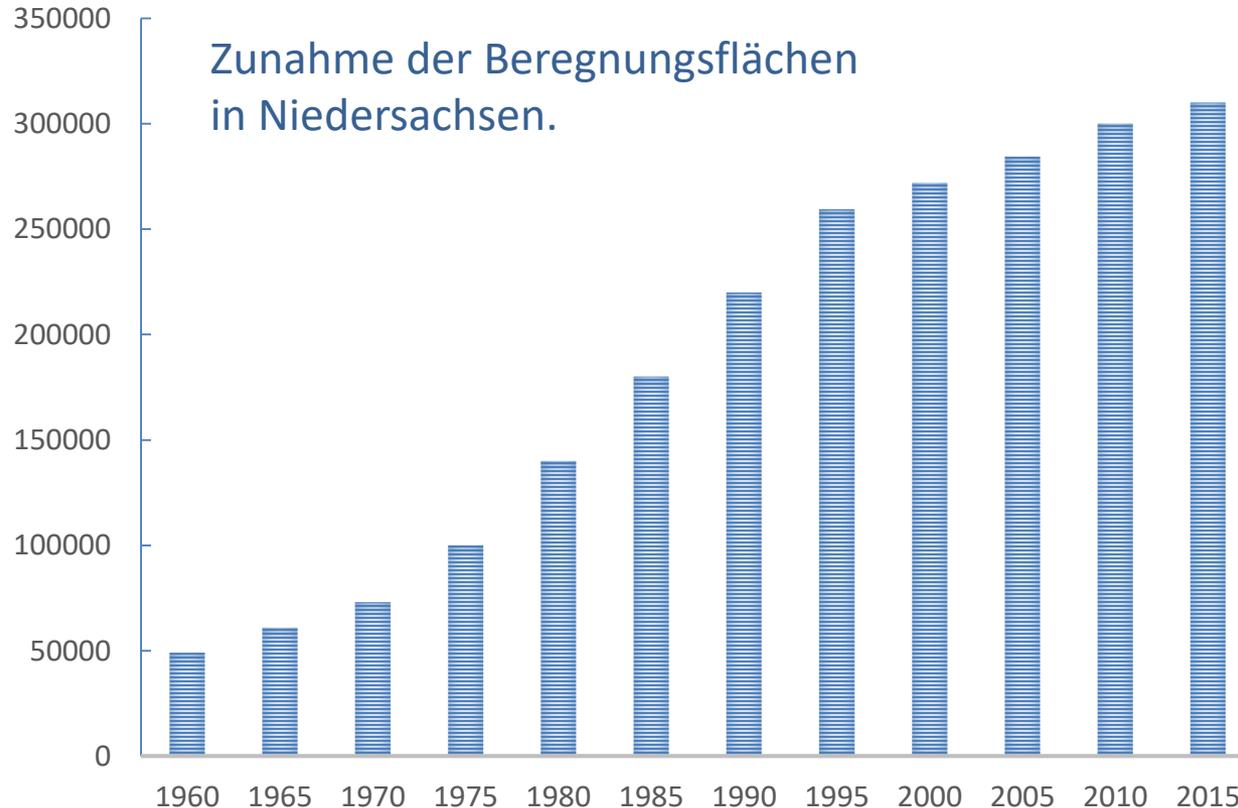
- Nach welcher Methodik und mit welchen Daten wurden die Berechnungsbedarfsprognosen beim LBEG erstellt?
- Welche Entwicklungen des potenziellen Berechnungsbedarfs sind in den Netzwerkregionen zu erwarten?
- Was sind Möglichkeiten und Grenzen der Ergebnisse?



# Feldberegnung in Niedersachsen

Fläche in Hektar

Zunahme der Beregnungsflächen  
in Niedersachsen.



- Klimatische Veränderungen belegt,
  - Anstieg der mittleren Jahrestemperatur in Niedersachsen,
  - +1,3°C von 1951-2005.
- Abnahme der Niederschläge im Sommer,
- Weitere Verringerung der klimatischen Wasserbilanz im Sommer wird erwartet,
  - erhöhtes Defizit.

Datengrundlagen: 1959 – 1979 nach BUCHHOLZ, zit. in RENGER & STREBEL 1982; LBEG 1995 (BRF25);  
BUNDESFACHVERBAND FELDBEREGNUNG 2008, LWK 2015, LBEG 2015

HABERLANDT et al. 2010  
DWD 2018

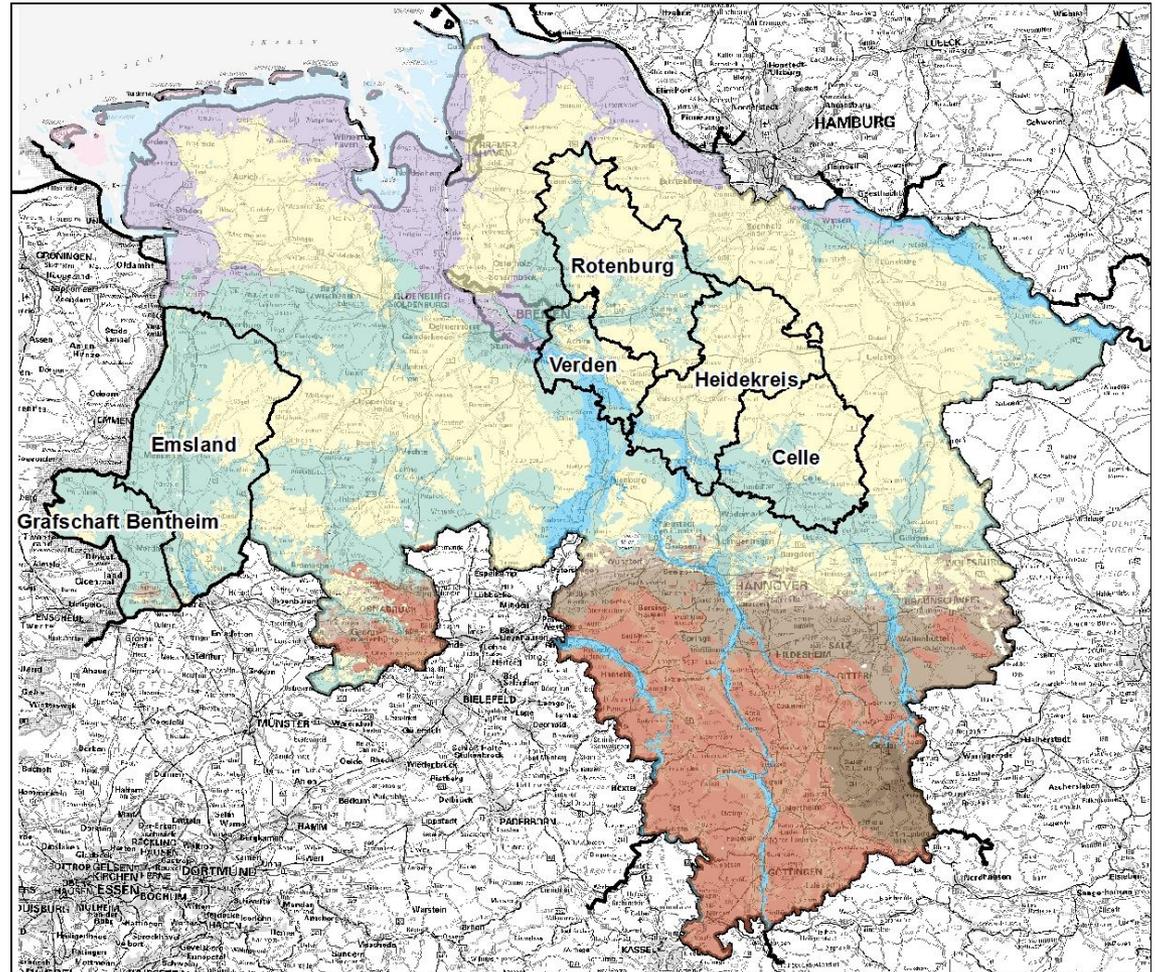
3



# Naturräumliche Lage der Netzwerkregionen

## Legende

-  Netzwerkregionen
-  Nordseeinseln
-  Watten
-  Küstenmarschen
-  Auen und Niederterrassen
-  Talsandniederungen und Urstromtäler
-  Geestplatten und Endmoränen
-  Bördenvorland
-  Lössbörde
-  Becken
-  Höhenzüge
-  Sedimentgestein-Mittelgebirge (vorwiegend Oberharz)
-  Mittelgebirge mit Magmatiten und Metamorphiten (vorwiegend Hochharz)



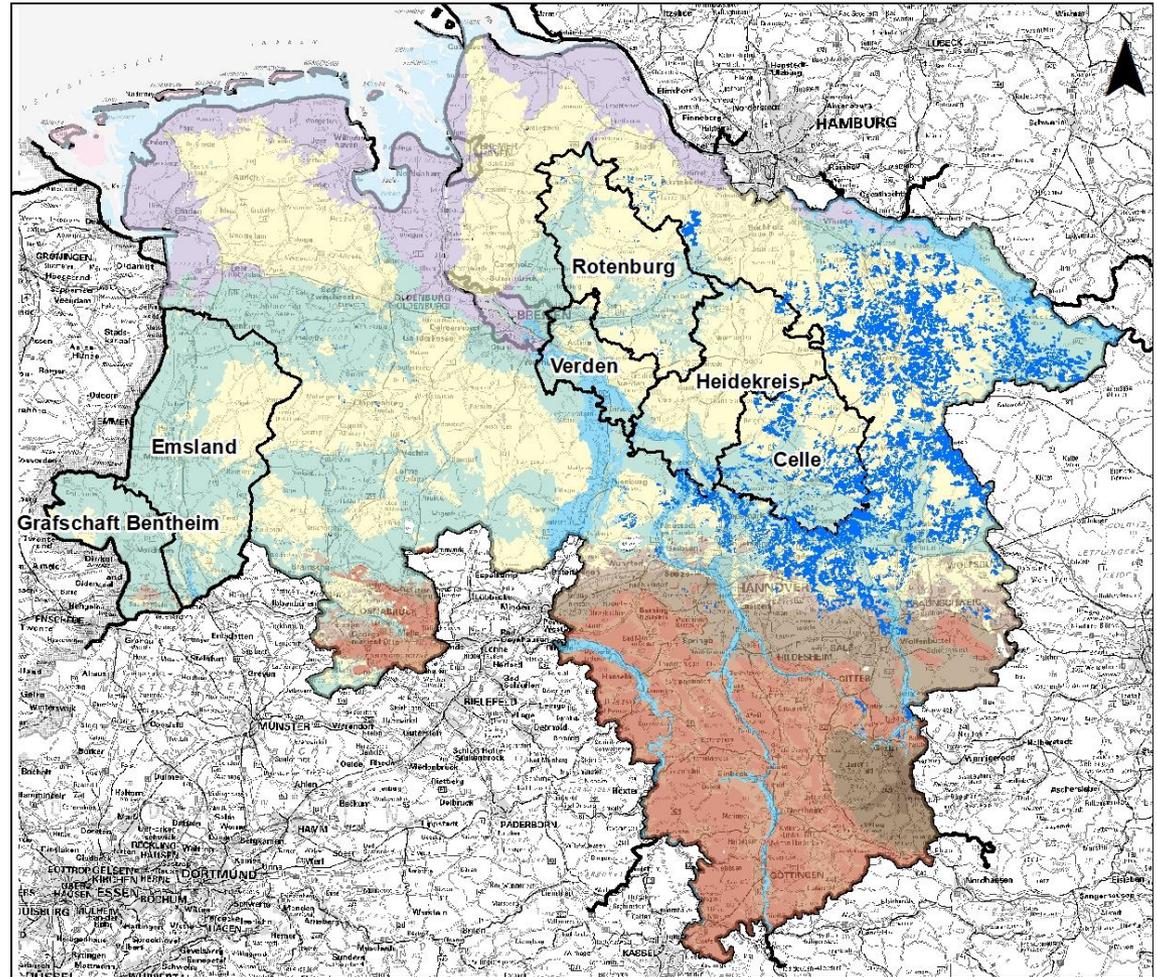
0 50 100 Kilometer  
**Bodengrosslandschaften 1:500.000**



# Naturräumliche Lage der Netzwerkregionen

## Legende

-  Netzwerkregionen
-  Nordseeinseln
-  Watten
-  Küstenmarschen
-  Auen und Niederterrassen
-  Talsandniederungen und Urstromtäler
-  Geestplatten und Endmoränen
-  Bördenvorland
-  Lössbörde
-  Becken
-  Höhenzüge
-  Sedimentgestein-Mittelgebirge (vorwiegend Oberharz)
-  Mittelgebirge mit Magmatiten und Metamorphiten (vorwiegend Hochharz)



## Legende

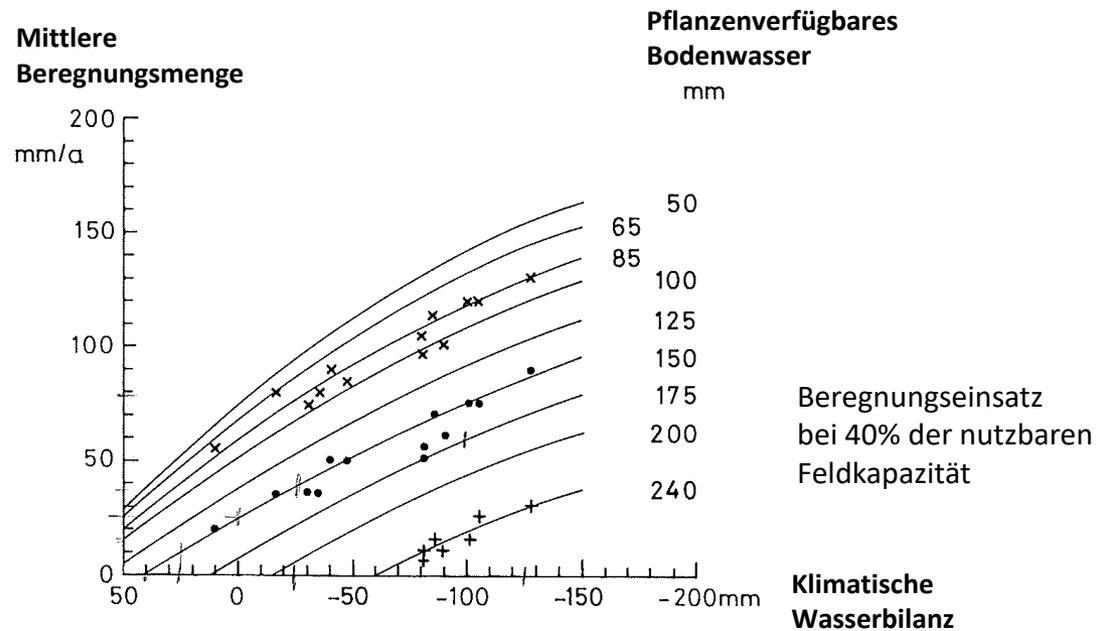
 Berechnungsflächen (Stand: 1995)

0 50 100 Kilometer

**Bodengrosslandschaften 1:500.000**



# Potenzielle Beregnungsbedürftigkeit – Modellbeschreibung



Empirisch ermittelte Daten zum Beregnungsbedarf sind die Grundlage des Modells von RINGER & STREBEL (1982)



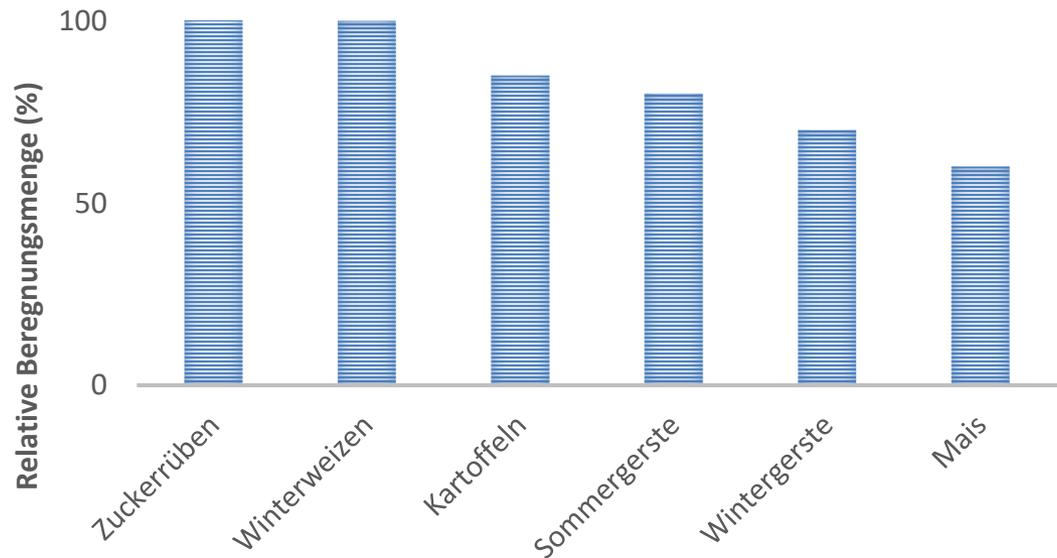
# Potenzielle Berechnungsbedürftigkeit – Fruchtarten

## Getreide

- Wintergerste mit Zwischenfrucht
- Winterweizen
- Wintergerste
- Sommergerste
- Triticale
- Roggen

## Hackfrüchte

- Zuckerrüben
- Kartoffeln
- Mais



Relativer Vergleich ausgewählter Fruchtarten nach  
RENGER & STREBEL (1982), wobei Winterweizen = 100%.

Fruchtarten

7

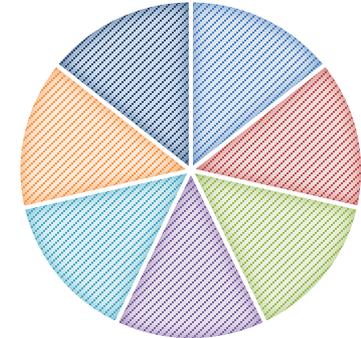


# Potenzielle Beregnungsbedürftigkeit – Methoden

■ WW ■ WG ■ WGZ ■ SG ■ MA ■ KA ■ ZR

- **mBm = mittlere Beregnungsmenge**

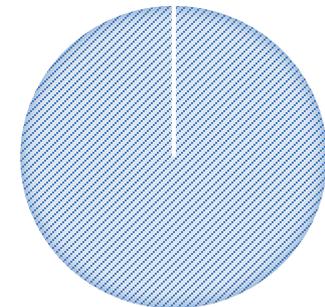
- Der potenzielle mittlere Beregnungsbedarf wird mit Hilfe des Mittelwerts der Fruchtarten Winterweizen, Wintergerste, Wintergerste mit Zwischenfrucht, Sommergerste, Mais, Kartoffeln und Zuckerrüben errechnet.



- **fBm = fruchtspezifische Beregnungsmenge**

- Der potenzielle fruchtspezifische Beregnungsbedarf wird flächenhaft für eine der oben genannten Fruchtarten errechnet.

■ Winterweizen



# Potenzielle Berechnungsbedürftigkeit – Methoden

- rBm = regionsspezifische Berechnungsmenge
  - Der potenzielle regionsspezifische Berechnungsbedarf wird mittels fBm und Agrarstatistik regionsbezogen errechnet.

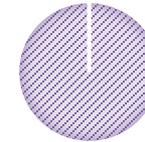
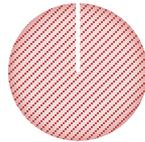
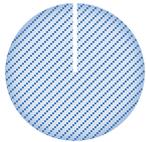
## 1) Separate Berechnung der gesamten Region mit je einer Fruchtart

■ Winterweizen

■ Mais

■ Sommergerste

■ Kartoffel



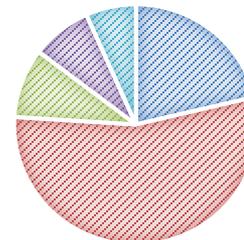
weitere.....

## 2) Auswertung der realen Anteile der Fruchtarten im Berechnungsgebiet.



■ WW ■ MA ■ SG ■ KA ■ Andere

## 3) Berechnung der **regionsspezifischen Berechnungsbedürftigkeit** über die prozentualen Anteile der Fruchtarten.



**Bodendaten**

NIBIS®

**Klimadaten**

EURO-CORDEX  
ReKliEs-De

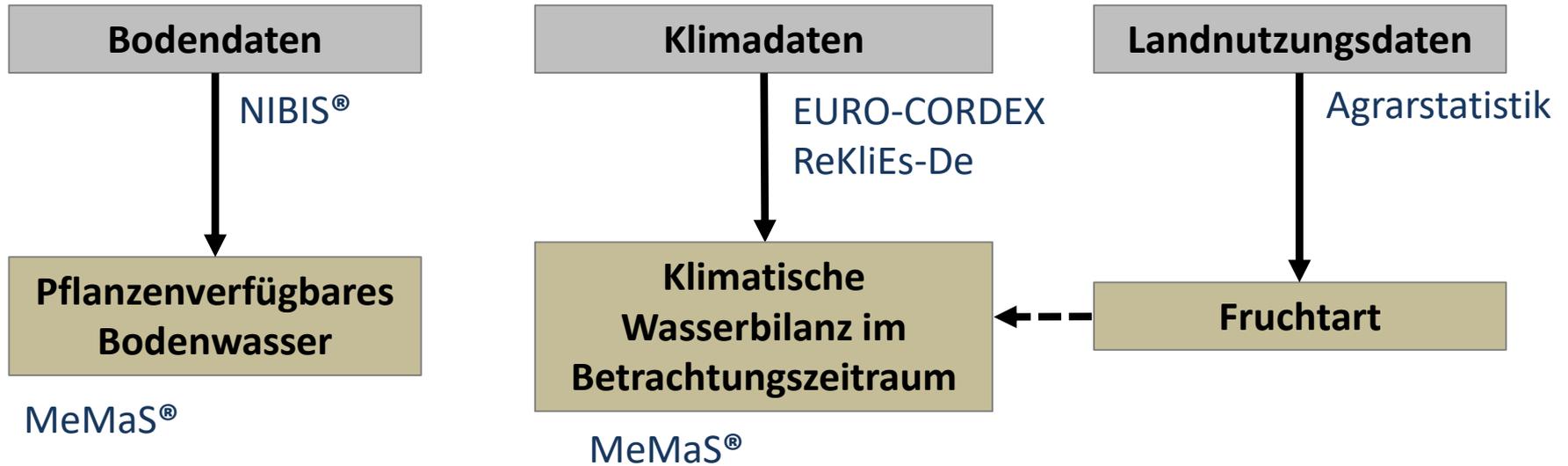
**Landnutzungsdaten**

Agrarstatistik

MÜLLER & WALDECK 2011, MÜLLER et al. 2012, ENGEL et al. 2017

10



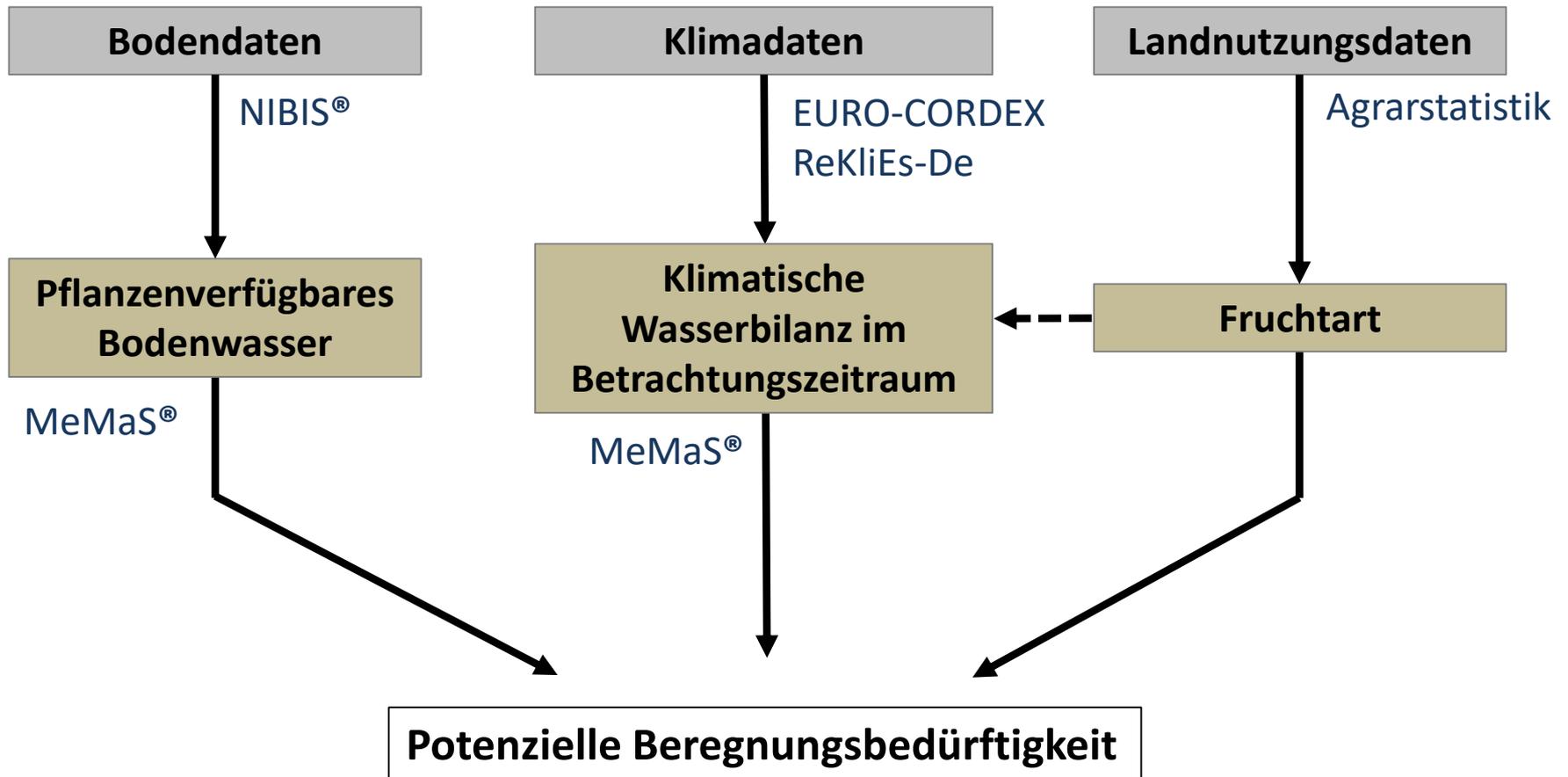


MÜLLER & WALDECK 2011, MÜLLER et al. 2012, ENGEL et al. 2017

11



# Methodik



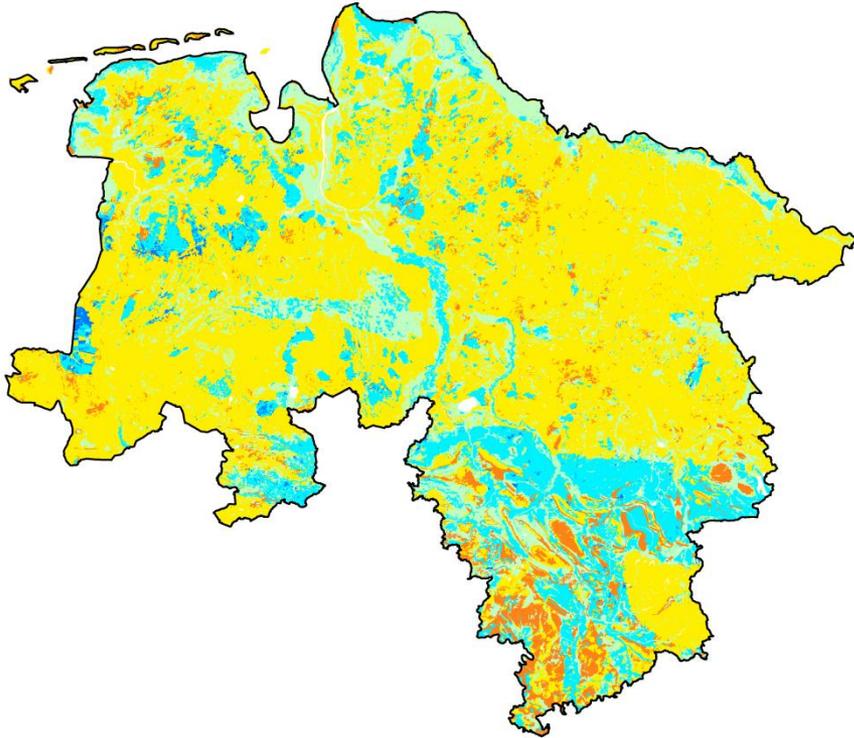
MÜLLER & WALDECK 2011, MÜLLER et al. 2012, ENGEL et al. 2017

12



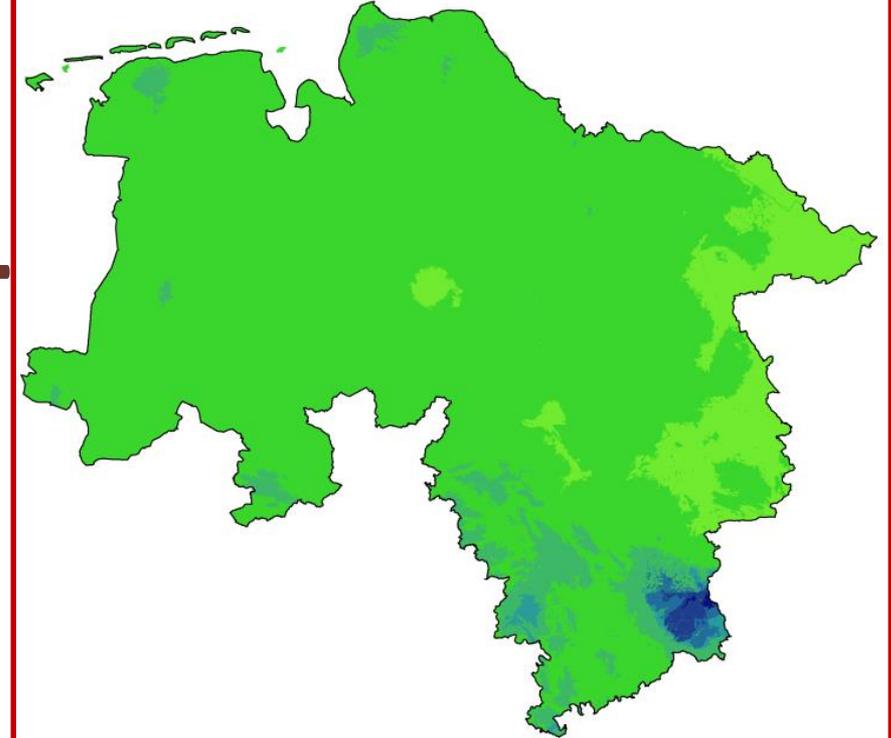
# Potenzielle Beregnungsbedürftigkeit – Eingangsdaten

Bodendaten



Pflanzenverfügbares Bodenwasser

Klimadaten



Klimatische Wasserbilanz in der Vegetationsperiode



# Klimamodelle



Globales Klimamodell  
1,875°

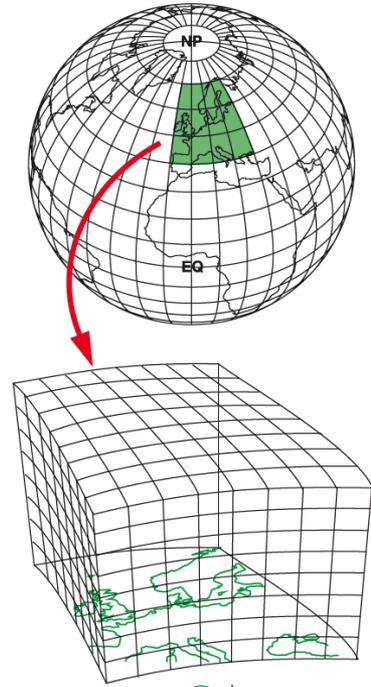


Regionales Klimamodell  
(grob)  
0,44° (ca. 50 km)



Regionales Klimamodell  
(fein)  
0,11° (ca. 12,5 km)

Unterschiedliche Modellgitterauflösungen (Quelle: Max-Planck-Institut für Meteorologie)

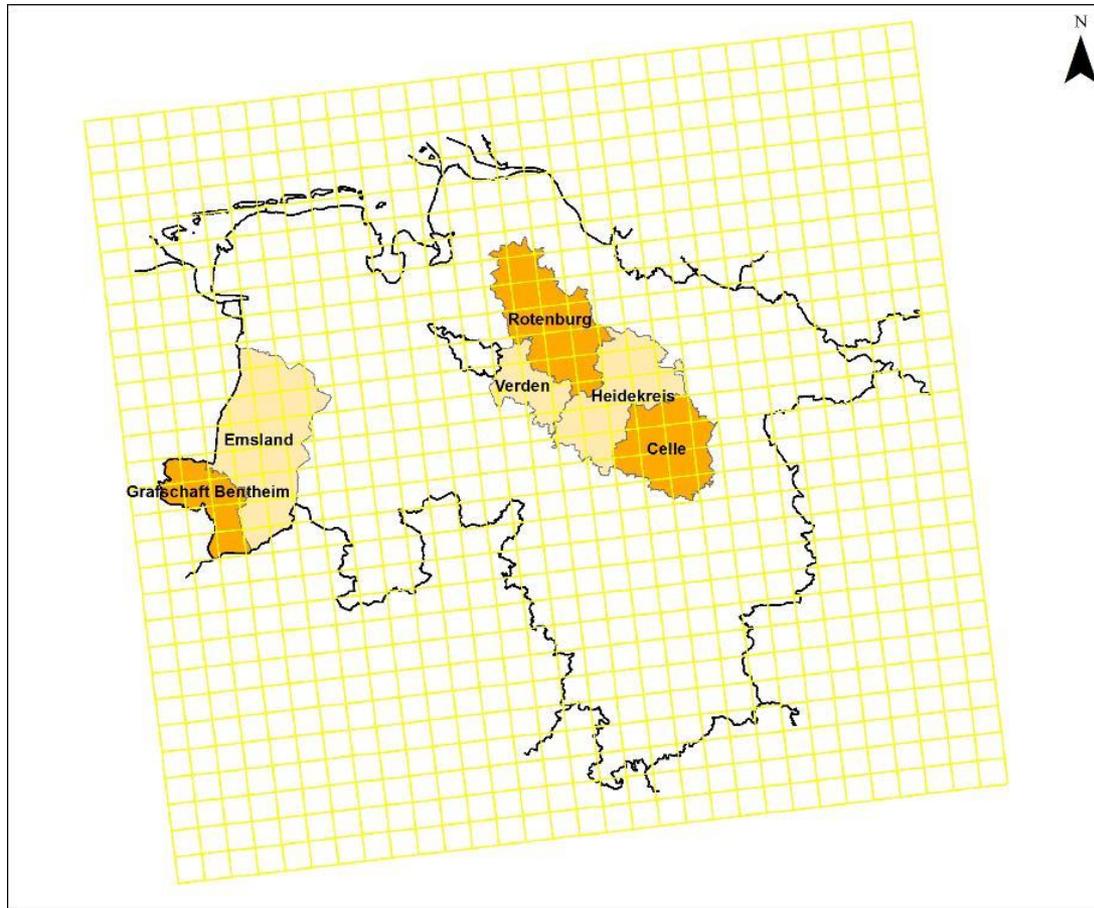


Max-Planck-Institut  
für Meteorologie

- Klimamodelle simulieren das Klima,
- Regionale Klimamodelle (RCM) verfeinern Globale Klimamodelle (GCM),
- Globale Klimamodelle treiben die Regionalen Klimamodelle an,
- daraus resultieren GCM-RCM-Kombinationen.



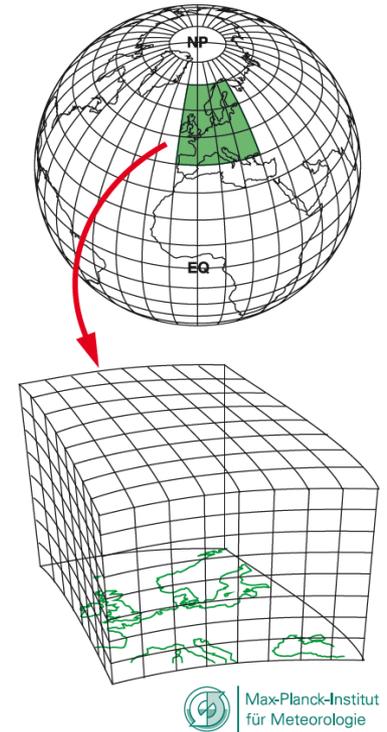
# Klimamodelle



0 62,5 125 Kilometer

## Legende

- |   |                    |  |
|---|--------------------|--|
|  | Euro Cordex Raster | <b>Projektgebiete Netzwerke Wasser</b>   |
|  | Landesgrenze       |  Projektpartner   |
|   |                    |  Partnerlandkreis |



# Klimaszenarien und Klimaprojektionen

Klimaszenarien basieren auf Annahmen



Bildquelle: DWD 2018

Hier ausgewählt:

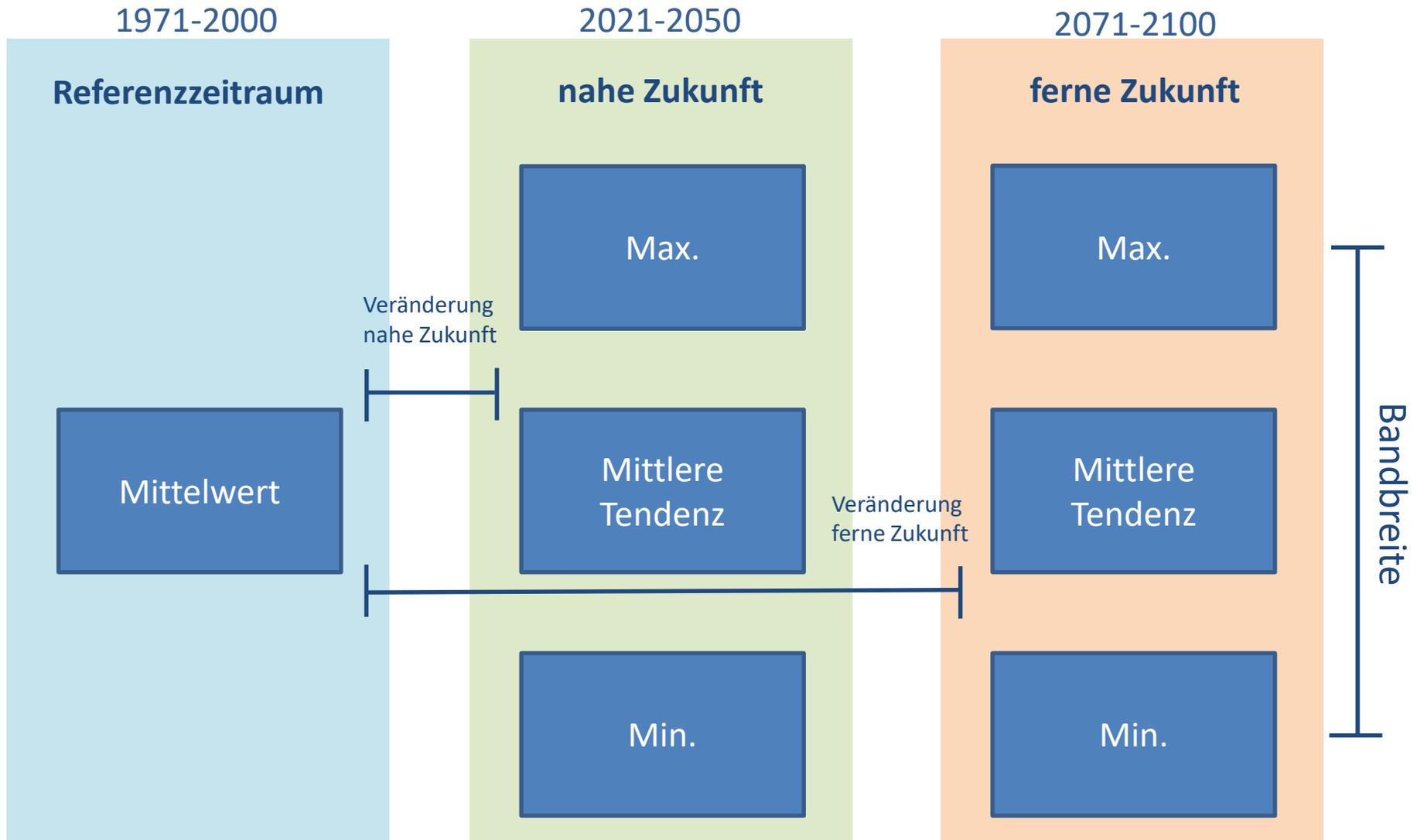
- „Weiter-wie-bisher-Szenario“ (RCP 8.5).

- Modelle können genutzt werden, um basierend auf den Szenarioannahmen einen möglichen Klimawandel zu berechnen (= **Projektion**).
- Eine Klimaprojektion ist **keine Vorhersage**, sondern eine „**was-wäre-wenn**“-**Rechnung** basierend auf den Annahmen der Szenarien.
- Eine Gruppe von Klimaprojektionen wird als **Klimamodellensemble** bezeichnet.

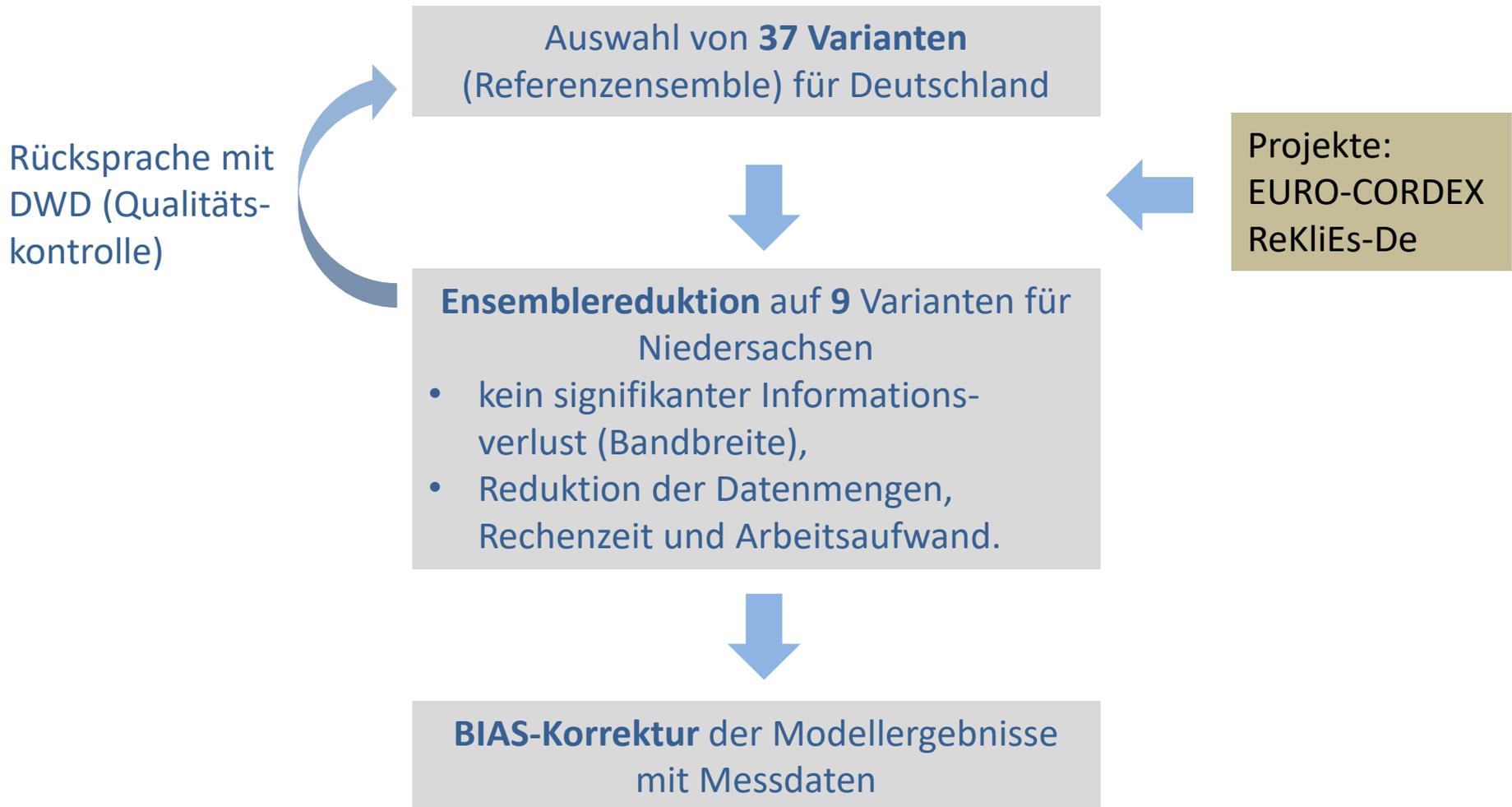
IPCC 2014, DWD 2018



# Klimamodellensemble



# Klimamodellensemble Netzwerke Wasser

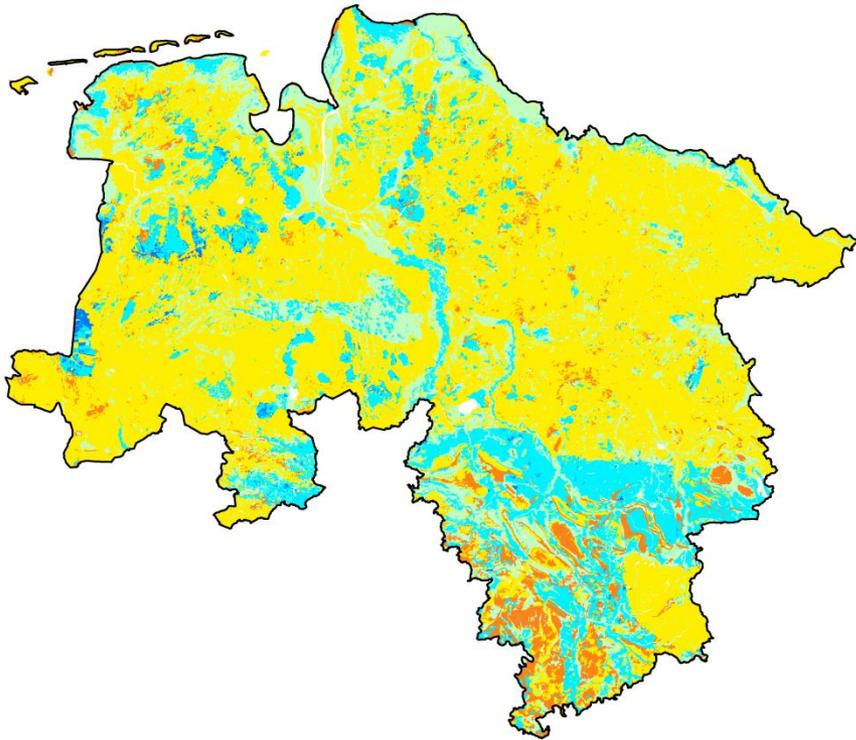


18



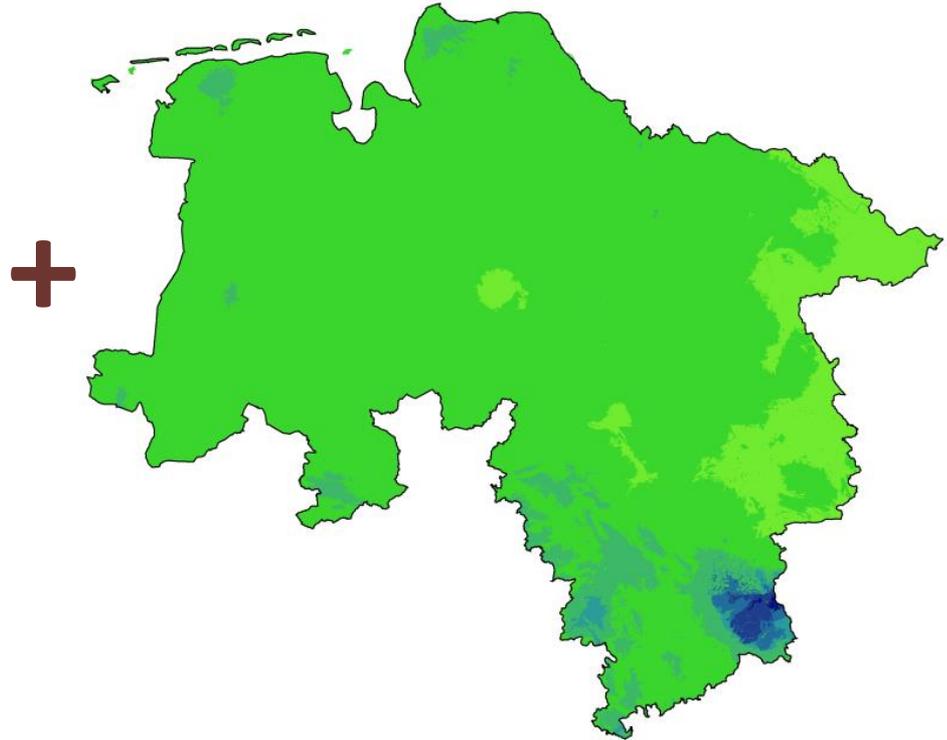
# Potenzielle Beregnungsbedürftigkeit – Eingangsdaten

Bodendaten



Pflanzenverfügbares Bodenwasser

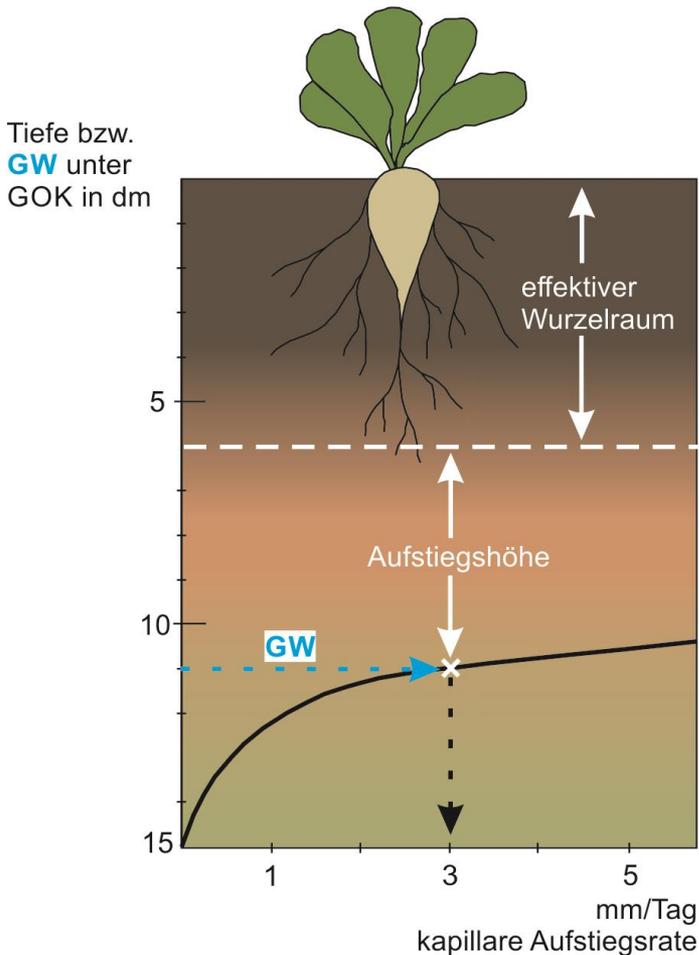
Klimadaten



Klimatische Wasserbilanz der Vegetationsperiode



# Kennwerte des Bodenwasserhaushaltes



- Nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (nFKWe),
- Grundwassereinfluss kann Wasserversorgung der Pflanze verbessern oder sicherstellen,
- Beregnungsbedarf wird dadurch gemindert,
- Berechnung von kapillarem Aufstieg (KA) während der Vegetationsperiode.
- nFKWe und KA (falls vorhanden) bilden das pflanzenverfügbare Bodenwasser ( $W_{pfl}$ ) ab.

Beispielhafte Darstellung der kapillaren Aufstiegsrate in Abhängigkeit vom Grundwasserflurabstand (GW) bei einem feinsandigen Mittelsand unter Zuckerrüben.

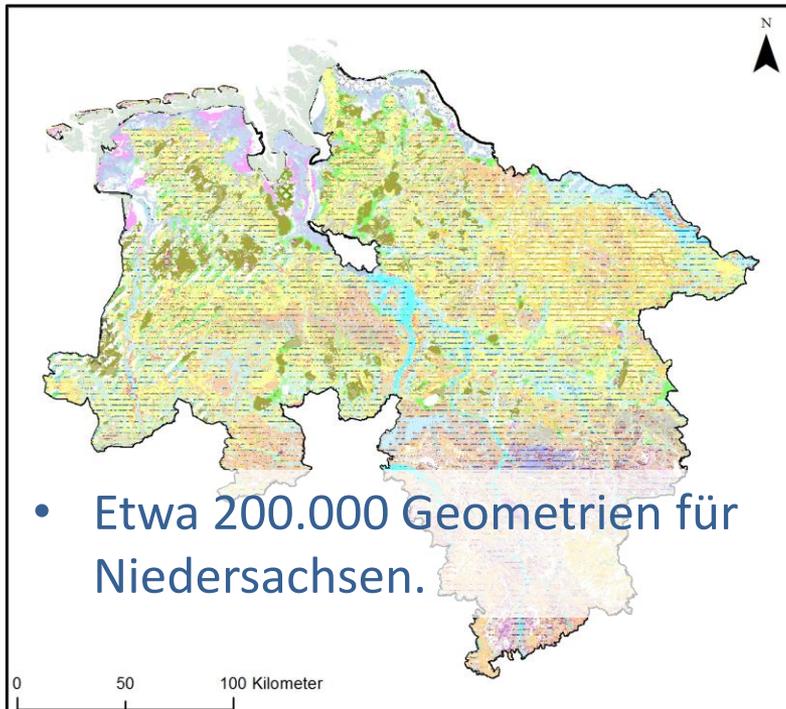
Abbildung verändert nach: RENGER & STREBEL 1982

20

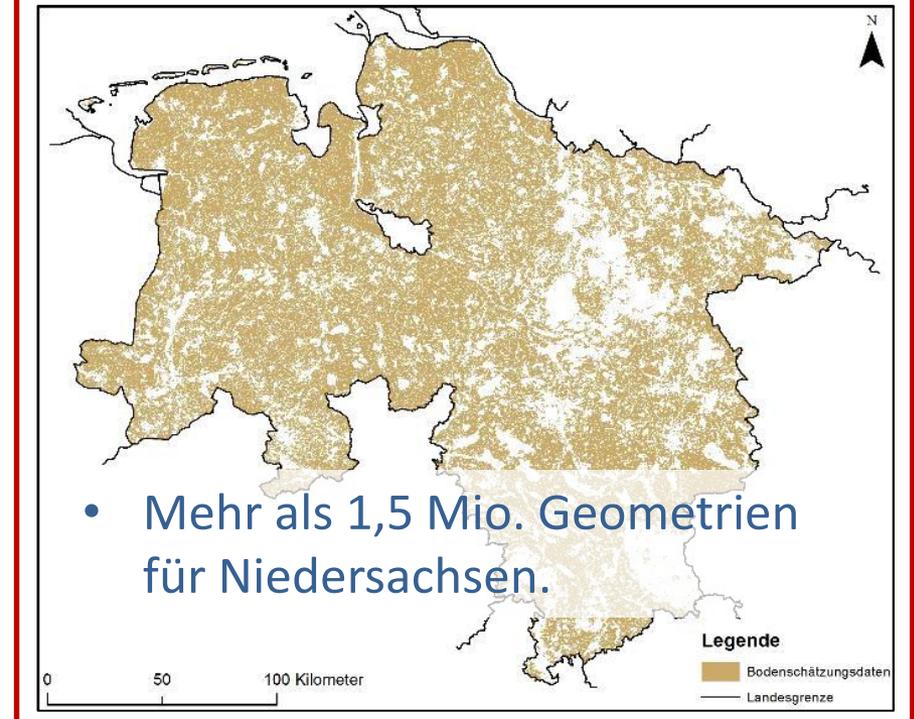
# Bodendaten

- Höhere Auflösung der bodenkundlichen Datengrundlage.

## Bodenkarte 1:50.000



## Bodenschätzung (1:5000)



# Bodenschätzungsdaten

Profilsäule NIBIS®

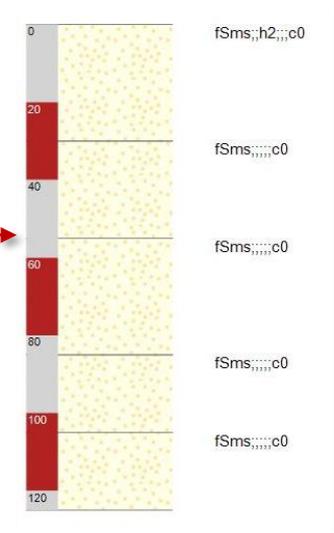
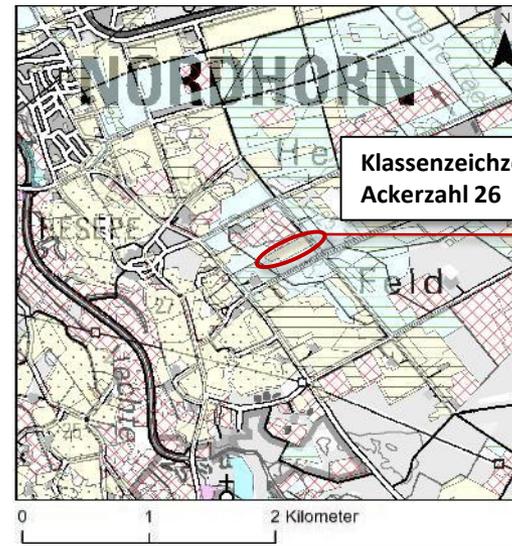
Übersetzung und Prüfung  
der Bodenschätzungsdaten



Ergänzung des zweiten  
Profilmeters und der  
Grundwasserstände



Ableitung der Kennwerte für  
den Bodenwasserhaushalt



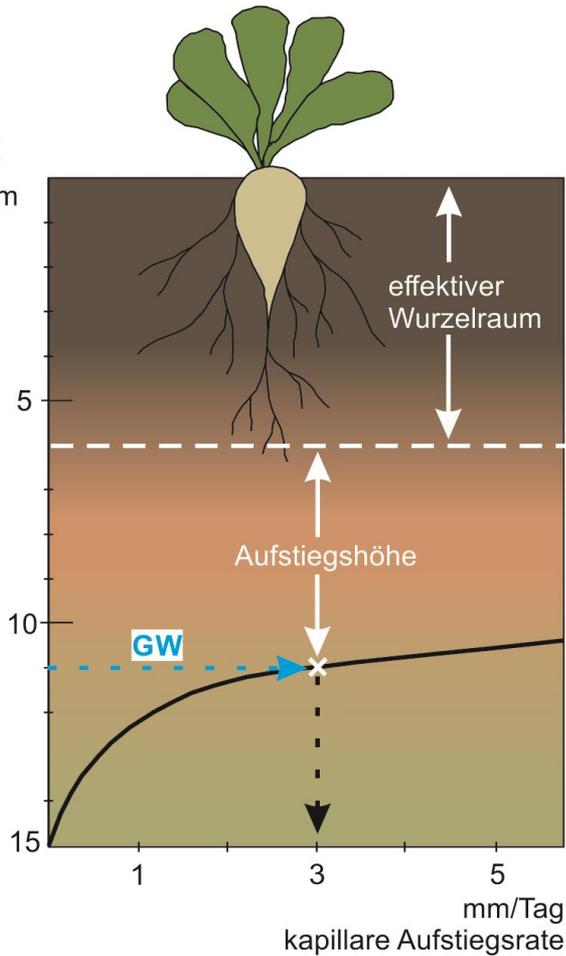
Informationen aus BK50

Korrektur von Kennwerten  
zu Sonderstandorten wie  
Sandmischkulturen

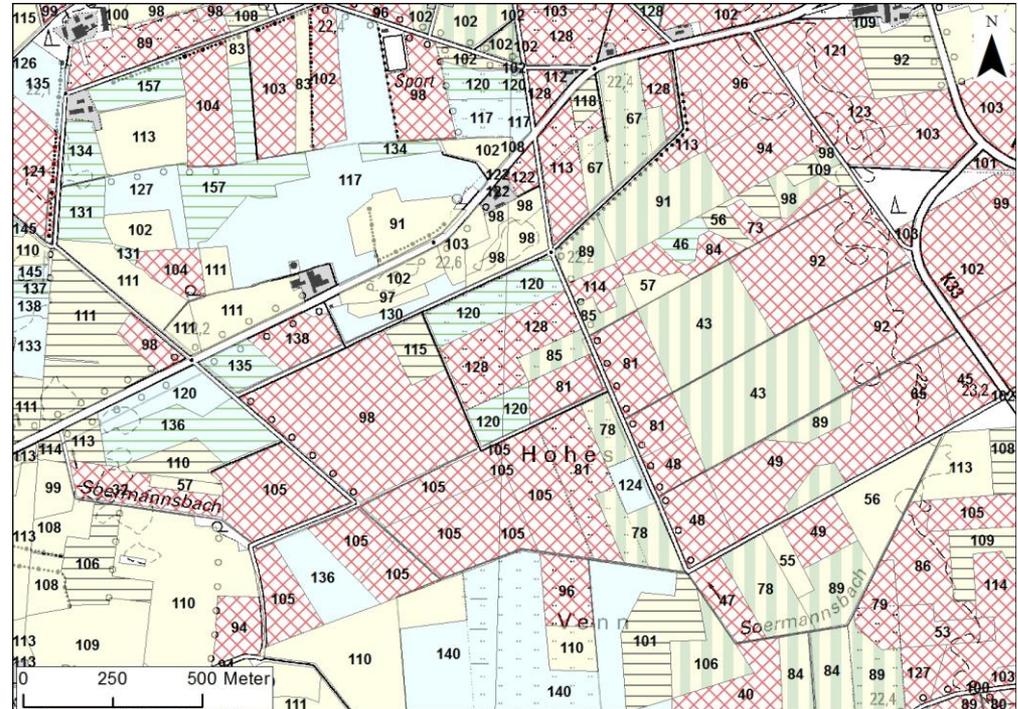


# Kennwerte des Bodenwasserhaushaltes

Tiefe bzw.  
GW  
unter  
GOK in dm



- Zwischen 25000 (LK Verden) und 88000 (LK Emsland) Profile für Kennwertableitung,
- jeder landwirtschaftlich genutzten Fläche kann so ein individueller potenzieller Berechnungsbedarfswert zugewiesen werden.

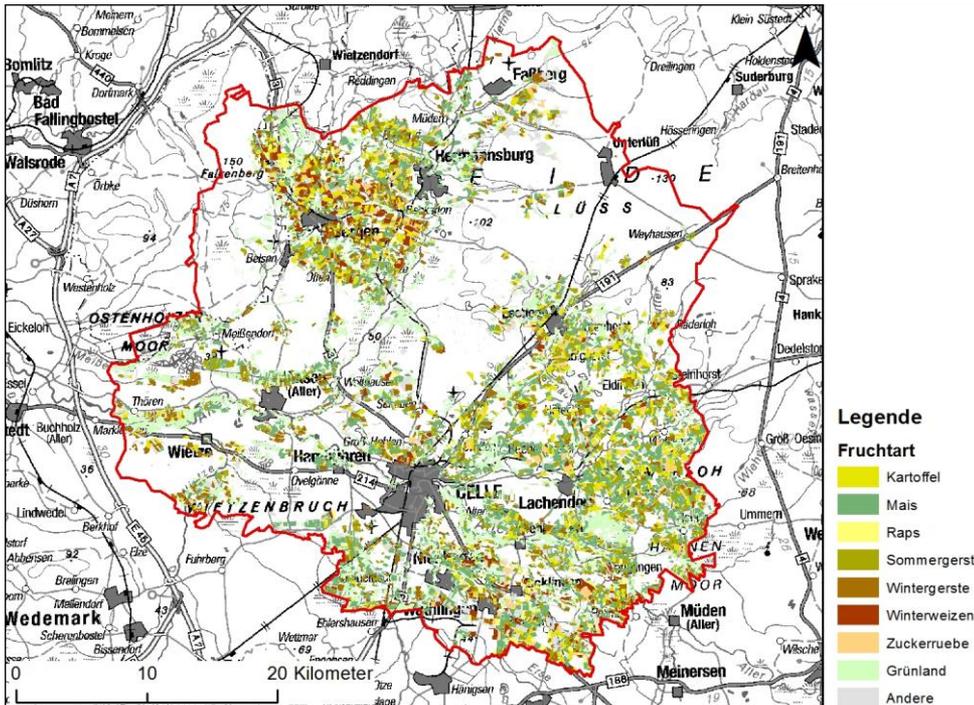


Rechts: Beispiel des errechneten Berechnungsbedarfs (in mm) für Winterweizen basierend auf Bodenschätzungsdaten.



# Ermittlung der Fruchtartenverteilung

- Landwirtschaftszählung (2010) mit landkreisbezogenen Auswertungen zur Fruchtartenverteilung,
- InVeKoS Daten (2015 – 2018) zur Überprüfung.



- Hoher Abdeckungsgrad durch im Modell enthaltene Fruchtarten,
- zwischen 82 und 92%.

## Beispiel:

Für die Hauptfruchtarten ausgewertete InVeKoS-Daten für den Landkreis Celle.



# Berechnung regionsspezifischer Berechnungsbedarf

---

Reduziertes Klimamodellensemble aus 9 Modellen

(Globale Modelle+Regionale Modelle )

X

8 Fruchtarten

(Winterweizen, Sommergerste, Wintergerste, Kartoffel, Mais, Zuckerrübe, Roggen, Triticale)

X

3 Zeiträume

(1971-2000, 2021-2050, 2071-2100)

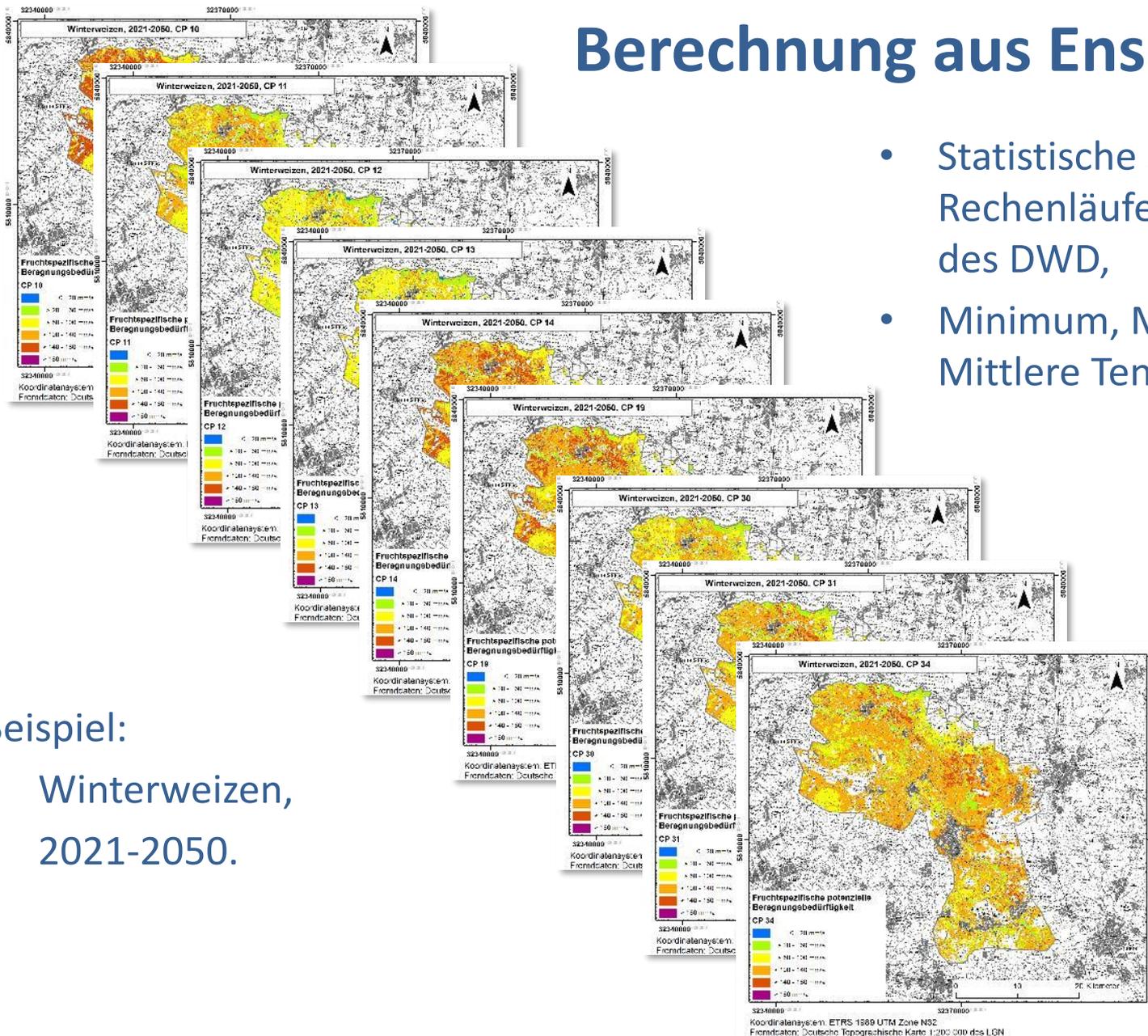
=

Über 200 Rechenläufe pro Landkreis



# Berechnung aus Ensemble

- Statistische Auswertung der Rechenläufe nach Vorgaben des DWD,
- Minimum, Maximum, Mittlere Tendenz.

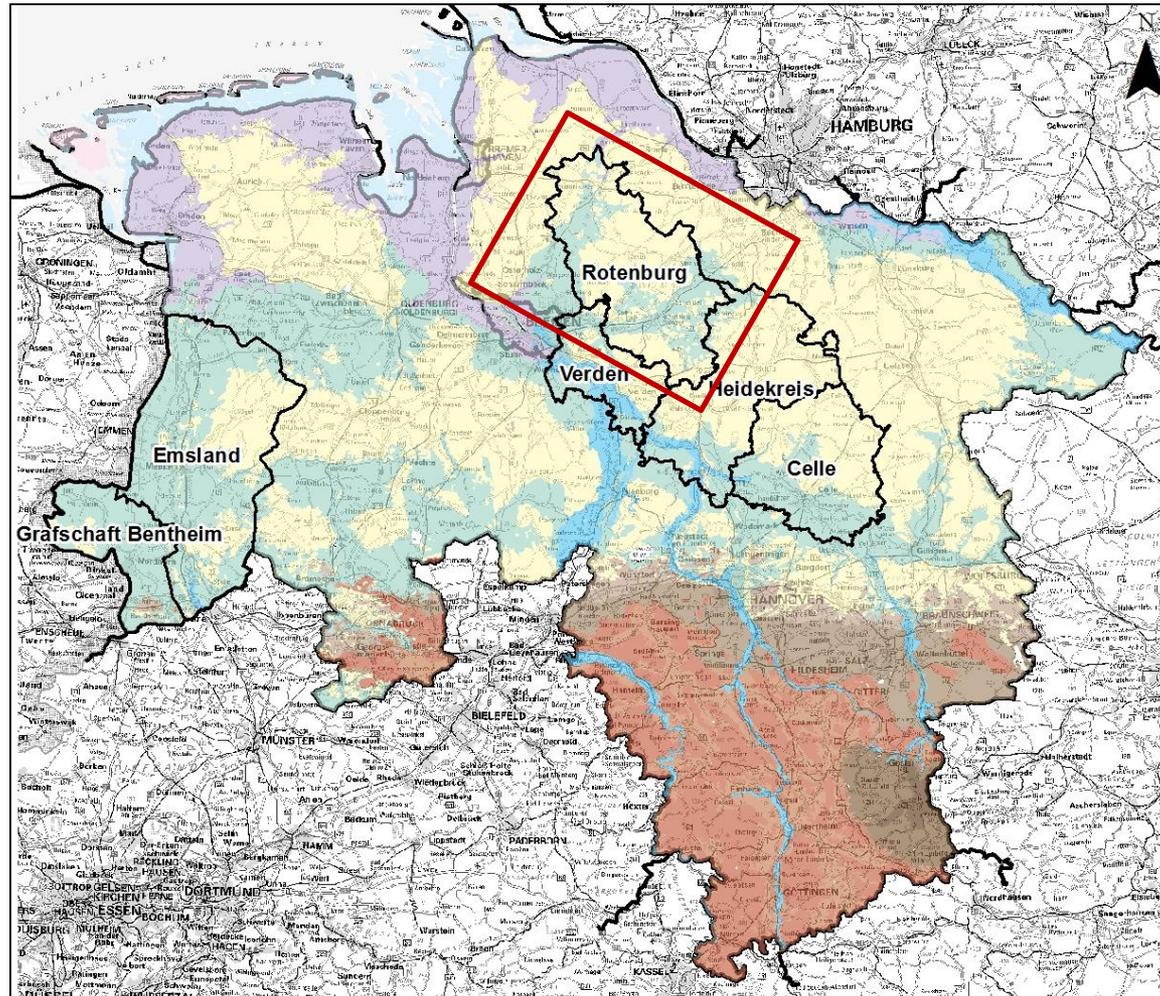


Beispiel:

- Winterweizen,
- 2021-2050.



# Beispielhafte Ergebnisse aus den Netzwerkregionen



Legende

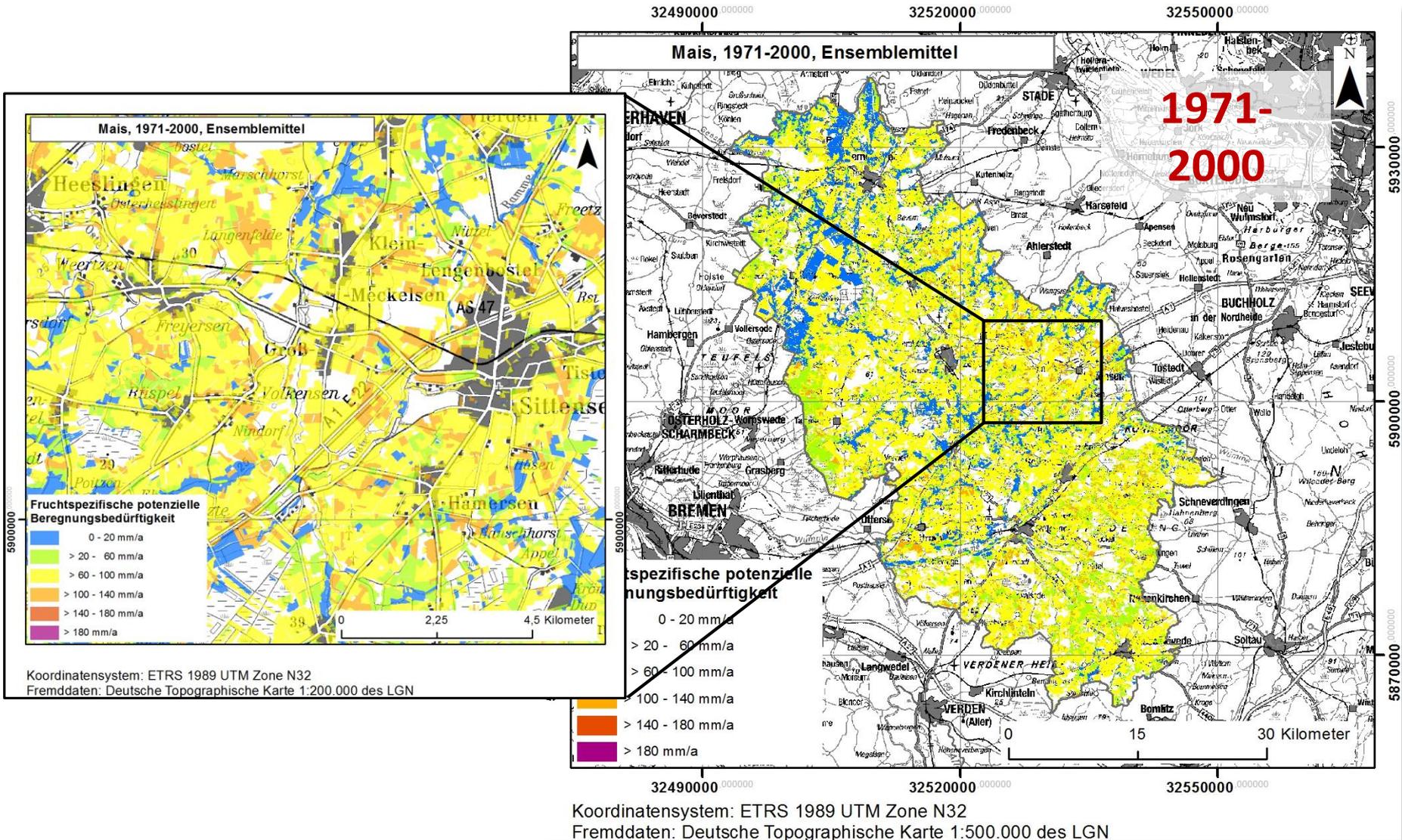
Netzwerkregionen

0 50 100 Kilometer

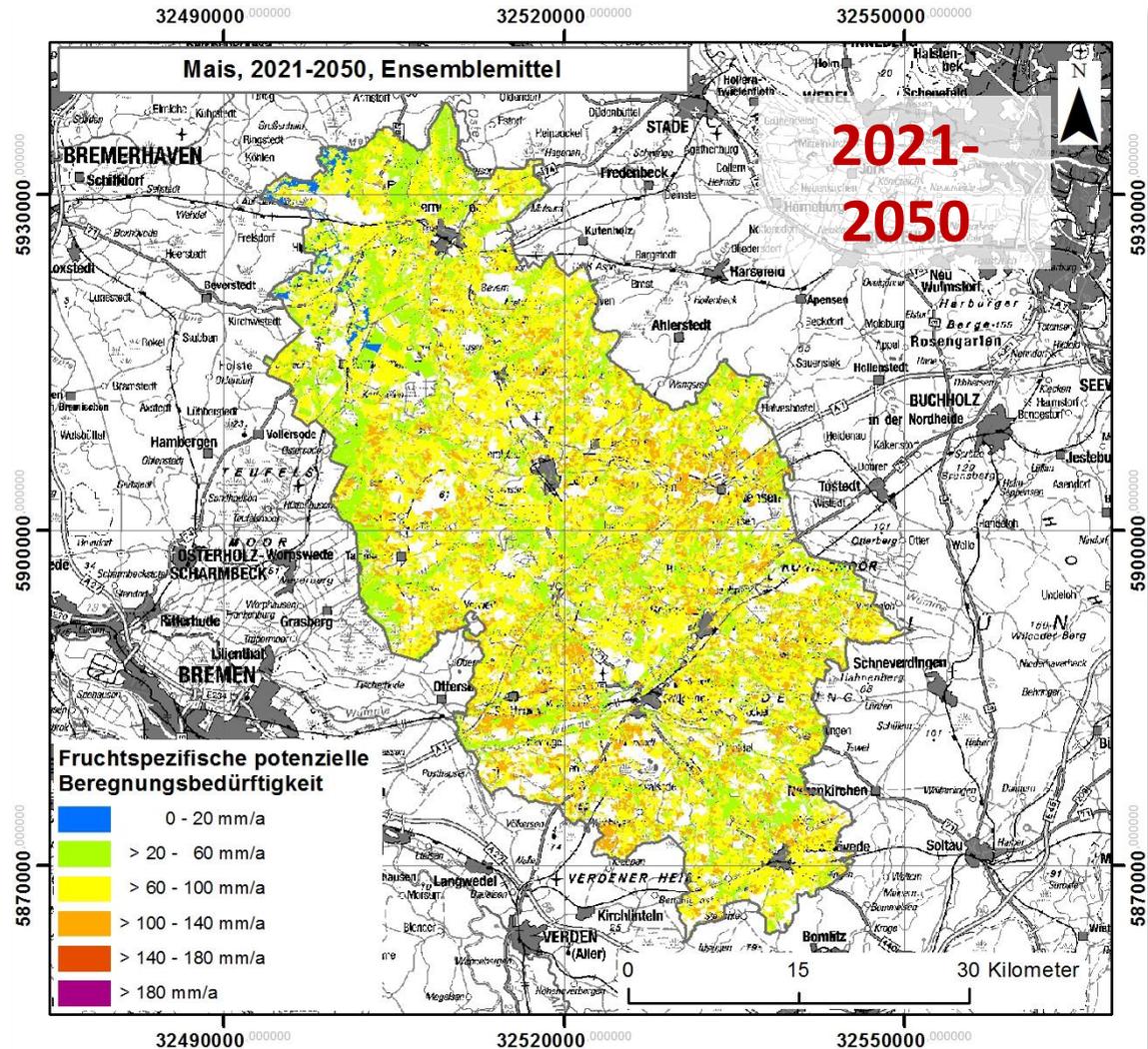
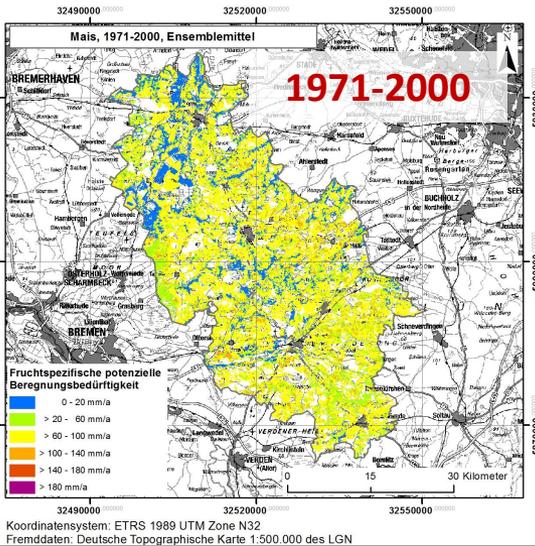
27



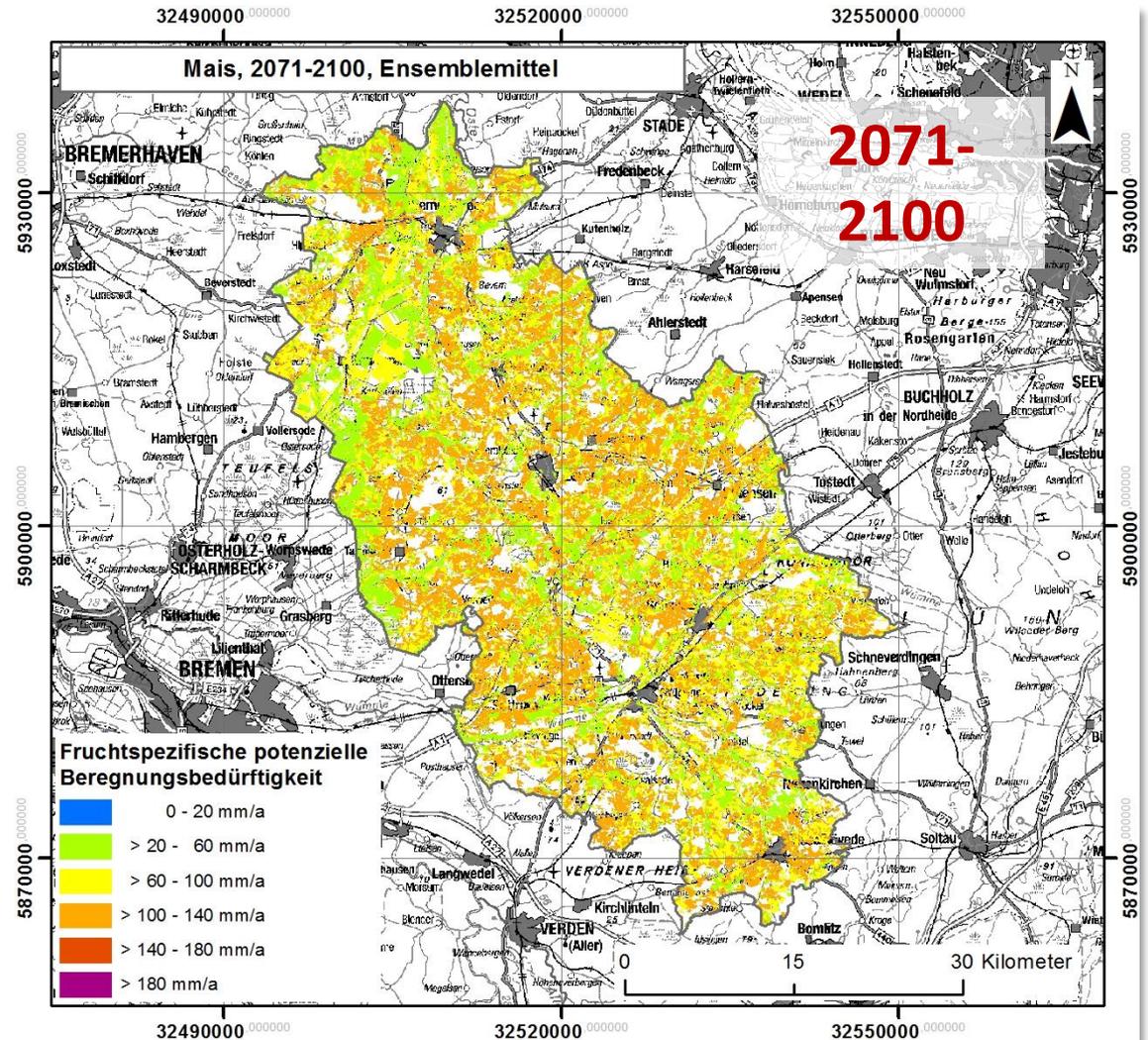
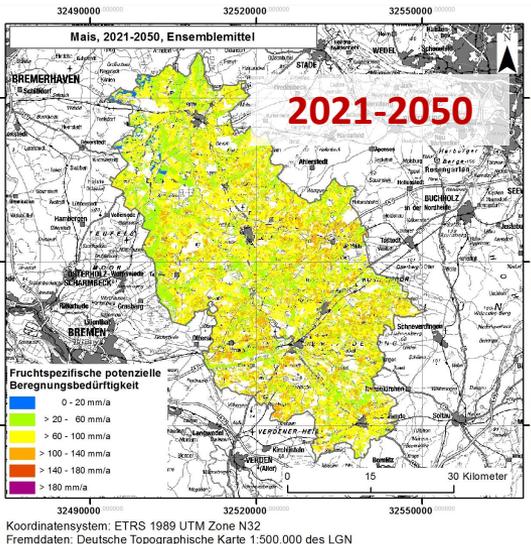
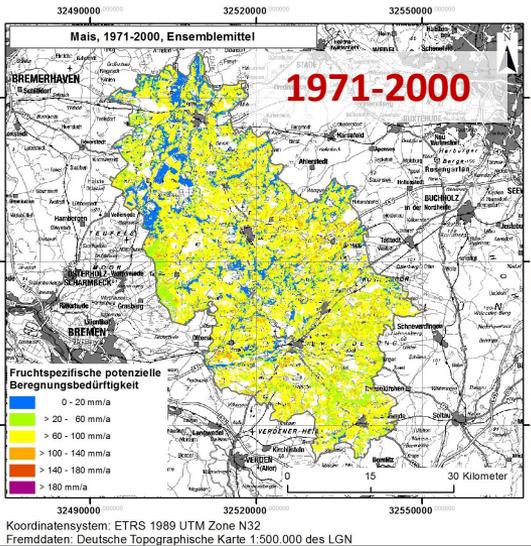
# Entwicklung des potenziellen Beregnungsbedarfs: Mais



# Entwicklung des potenziellen Beregnungsbedarfs: Mais



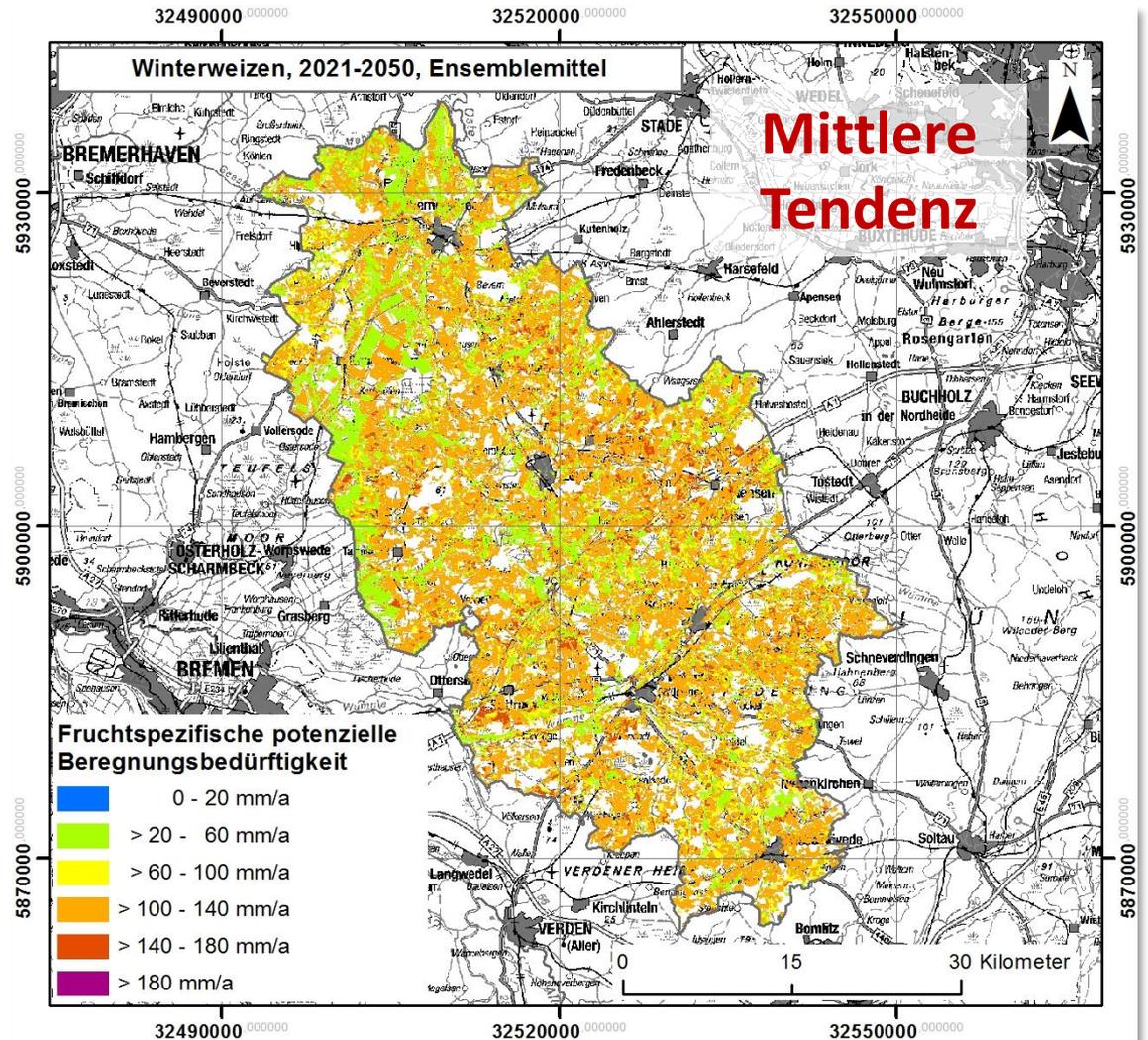
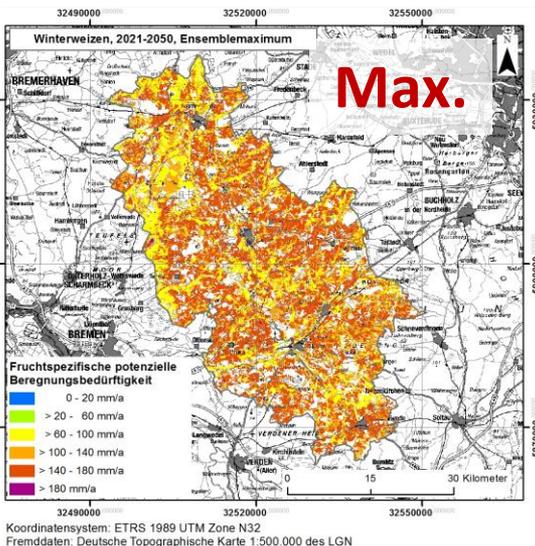
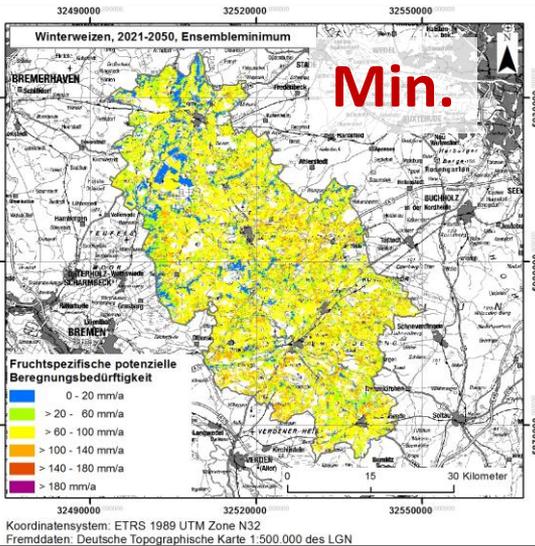
# Entwicklung des potenziellen Beregnungsbedarfs: Mais



Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone N32  
 Fremddaten: Deutsche Topographische Karte 1:500.000 des LGN



# Bandbreite am Beispiel Winterweizen, 2021-2050



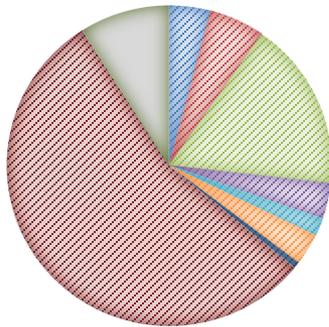
Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone N32  
 Fremddaten: Deutsche Topographische Karte 1:500.000 des LGN



# Regionsspezifische potenzielle Berechnungsbedürftigkeit

- Landkreis Rotenburg:

- Winterweizen    ■ Wintergerste    ■ Roggen
- Triticale        ■ Sommergerste    ■ Kartoffel
- Zuckerrübe (<1%) ■ Mais                ■ Andere



## Auswertung des potenziellen Berechnungsbedarfs: Ø Mittlere Tendenz (Min. – Max.)

Zeitraum	mm
1971-2000	Ø 72
2021-2050	Ø 80 (47-110)
2071-2100	Ø 94 (57-112)

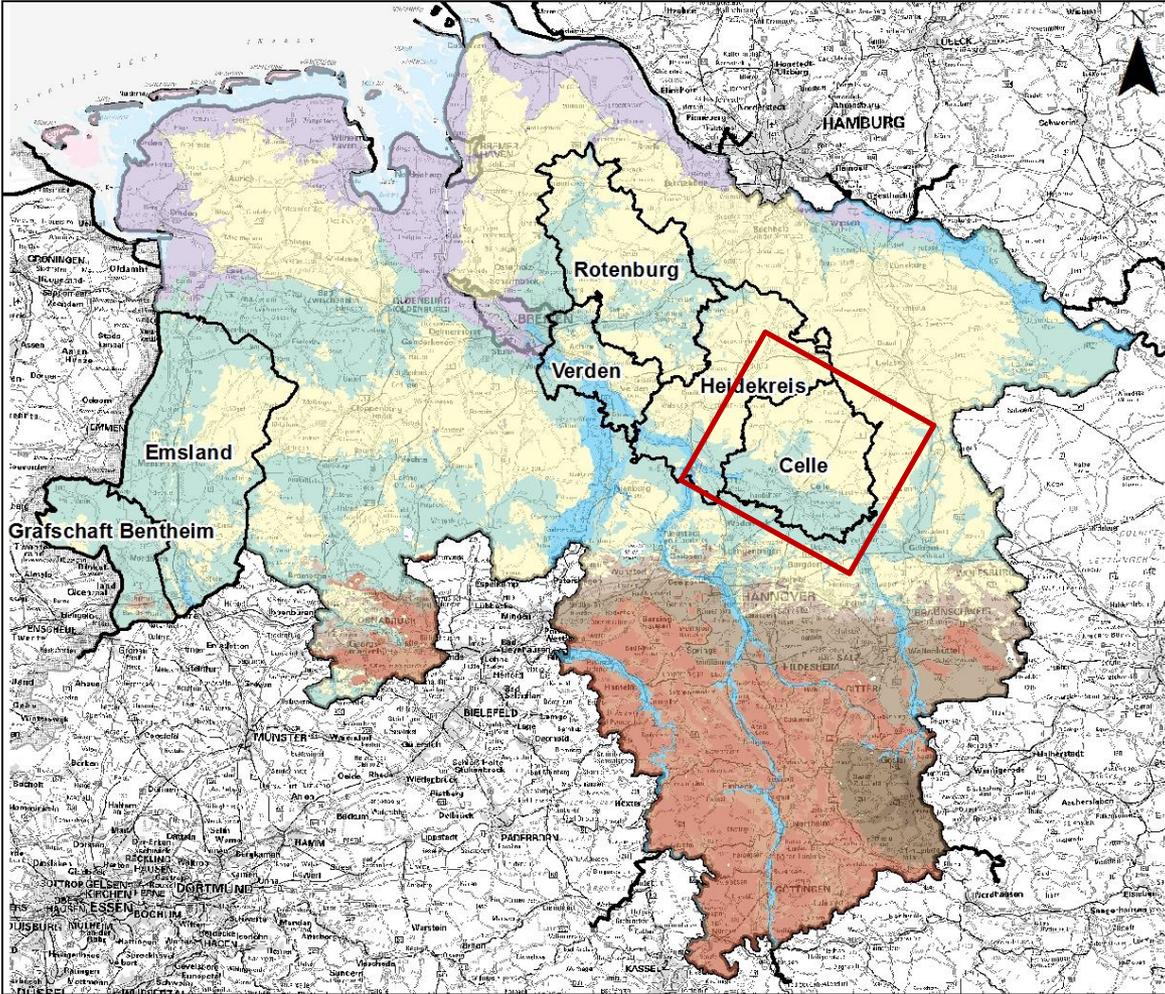
Ø + 30 % von Referenzperiode zur fernen Zukunft.

## Was zeigt dieses Ergebnis?

- Zunahme des potenziellen Berechnungsbedarfswertes im Mittel,
- deutliche Zunahme der Flächen, die einen hohen Berechnungsbedarf aufweisen.



# Beispielhafte Ergebnisse aus den Netzwerkregionen



Legende

Netzwerkregionen

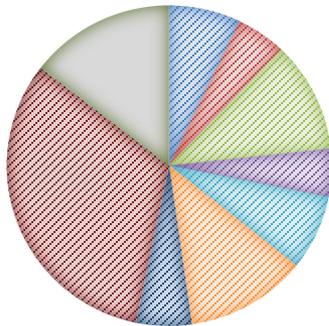
0 50 100 Kilometer



# Regionsspezifische potenzielle Berechnungsbedürftigkeit

- Landkreis Celle:

- Winterweizen
  Wintergerste
  Roggen
- Triticale
  Sommergerste
  Kartoffel
- Zuckerrübe
  Mais
  Andere



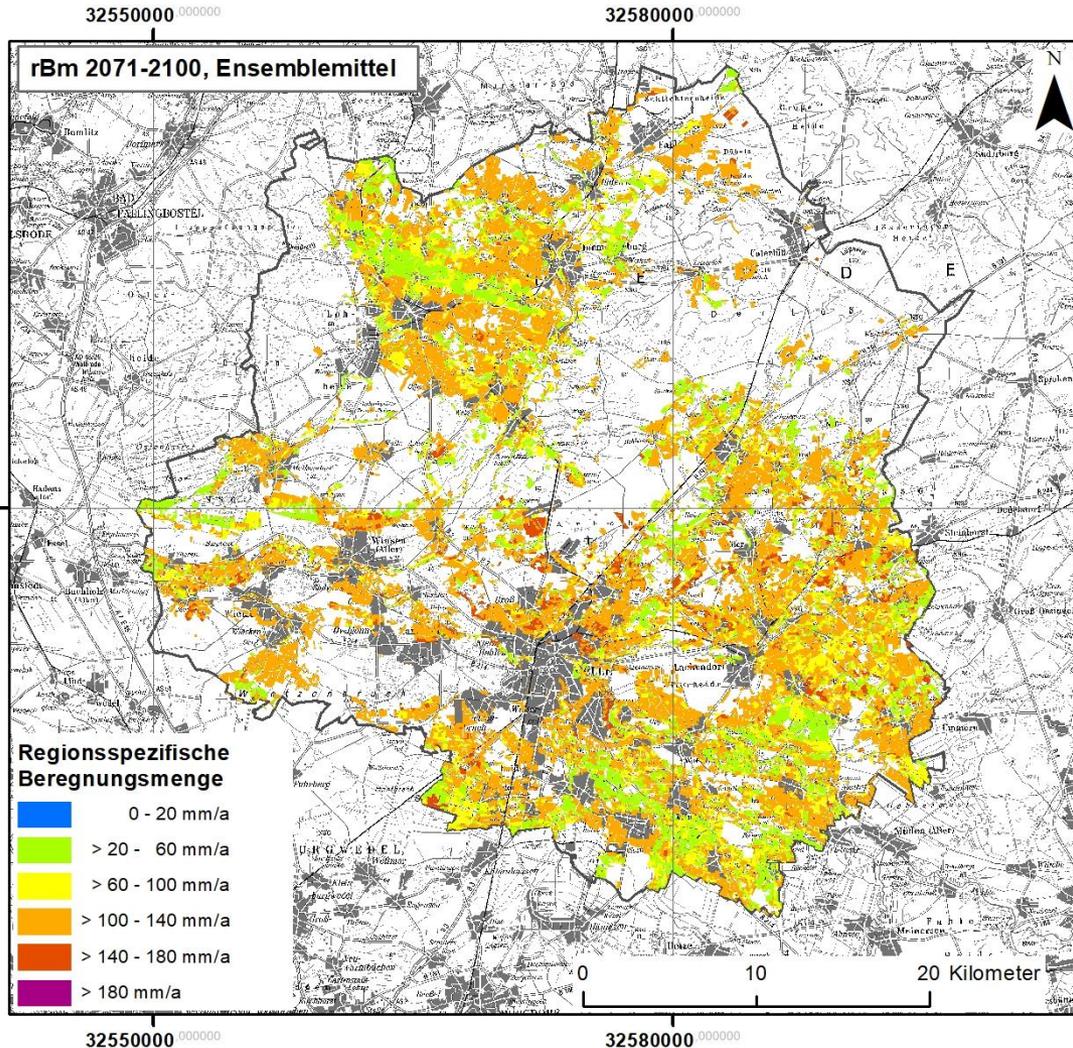
## Auswertung des potenziellen Berechnungsbedarfs: Ø Mittlere Tendenz (Min. – Max.)

Zeitraum	mm
1971-2000	Ø 84
2021-2050	Ø 92 (64-113)
2071-2100	Ø 100 (69-114)

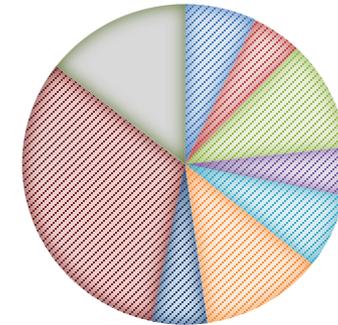
Ø + 19 % von Referenzperiode zur fernen Zukunft.



# Regionsspezifische Beregnungsbedürftigkeit



- Winterweizen
- Wintergerste
- Roggen
- Triticale
- Sommergerste
- Kartoffel
- Zuckerrübe
- Mais
- Andere

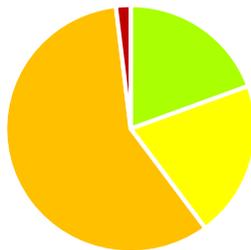


Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone N32  
 Fremddaten: Deutsche Topographische Karte 1:200.000 des LGN



# Anstieg der berechnungsbedürftigen Flächen: Ensemblemittel, Kartoffel

Verteilung der Klassen  
1971-2000

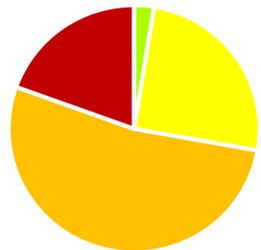


Berechnungsbedarf

0 - 20 mm/a	kein
> 20 - 60 mm/a	gering
> 60 - 100 mm/a	mittel
> 100 - 140 mm/a	hoch
> 140 - 180 mm/a	sehr hoch
> 180 mm/a	extrem hoch

- keine
- gering
- mittel
- hoch
- sehr hoch
- extrem hoch  
(hier nicht vergeben)

Verteilung der Klassen  
2071- 2100



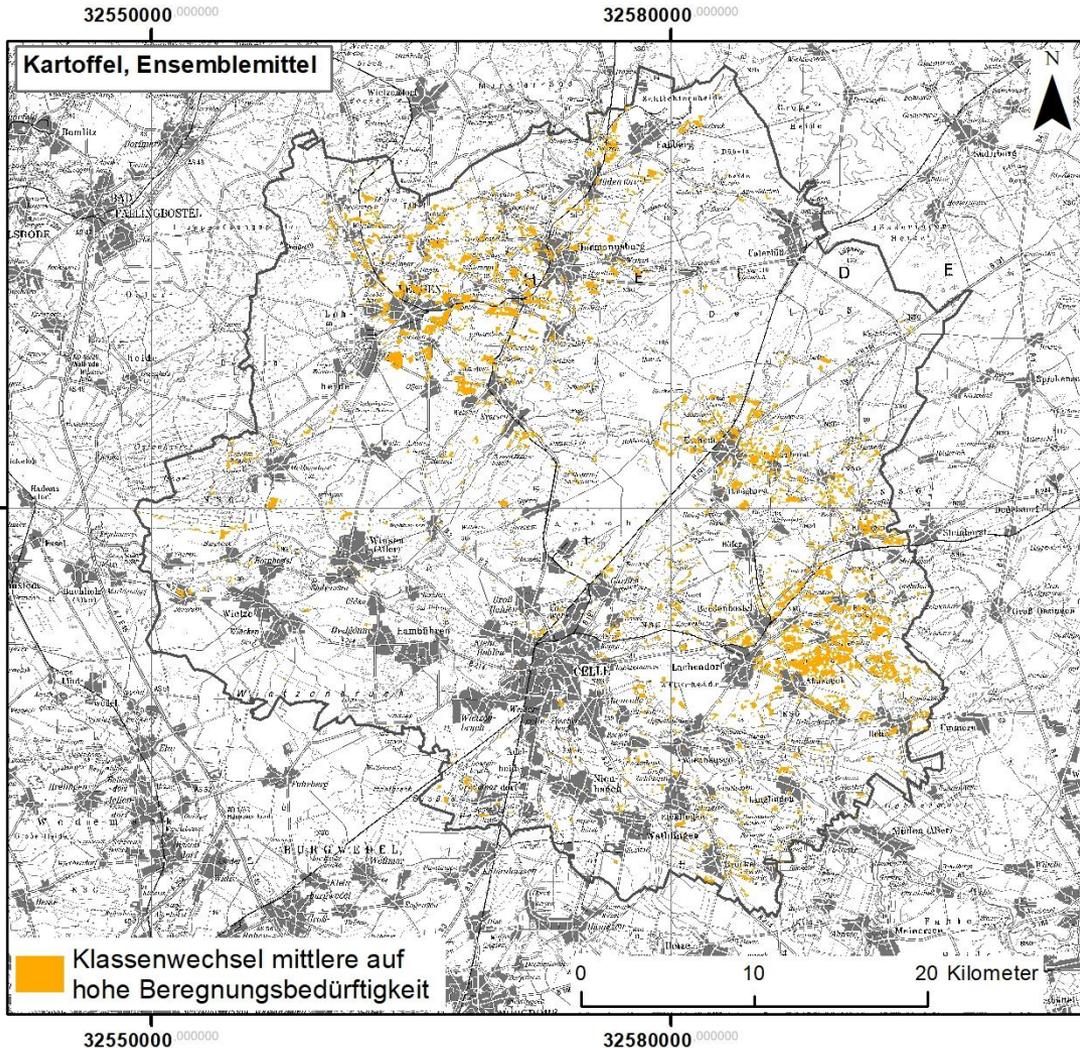
- keine
- gering
- mittel
- hoch
- sehr hoch
- extrem hoch  
(hier nicht vergeben)

- Deutliche Abnahme der Flächen mit geringer Berechnungsbedürftigkeit.

- Deutliche Zunahme der Flächenanteile mit sehr hoher Berechnungsbedürftigkeit.



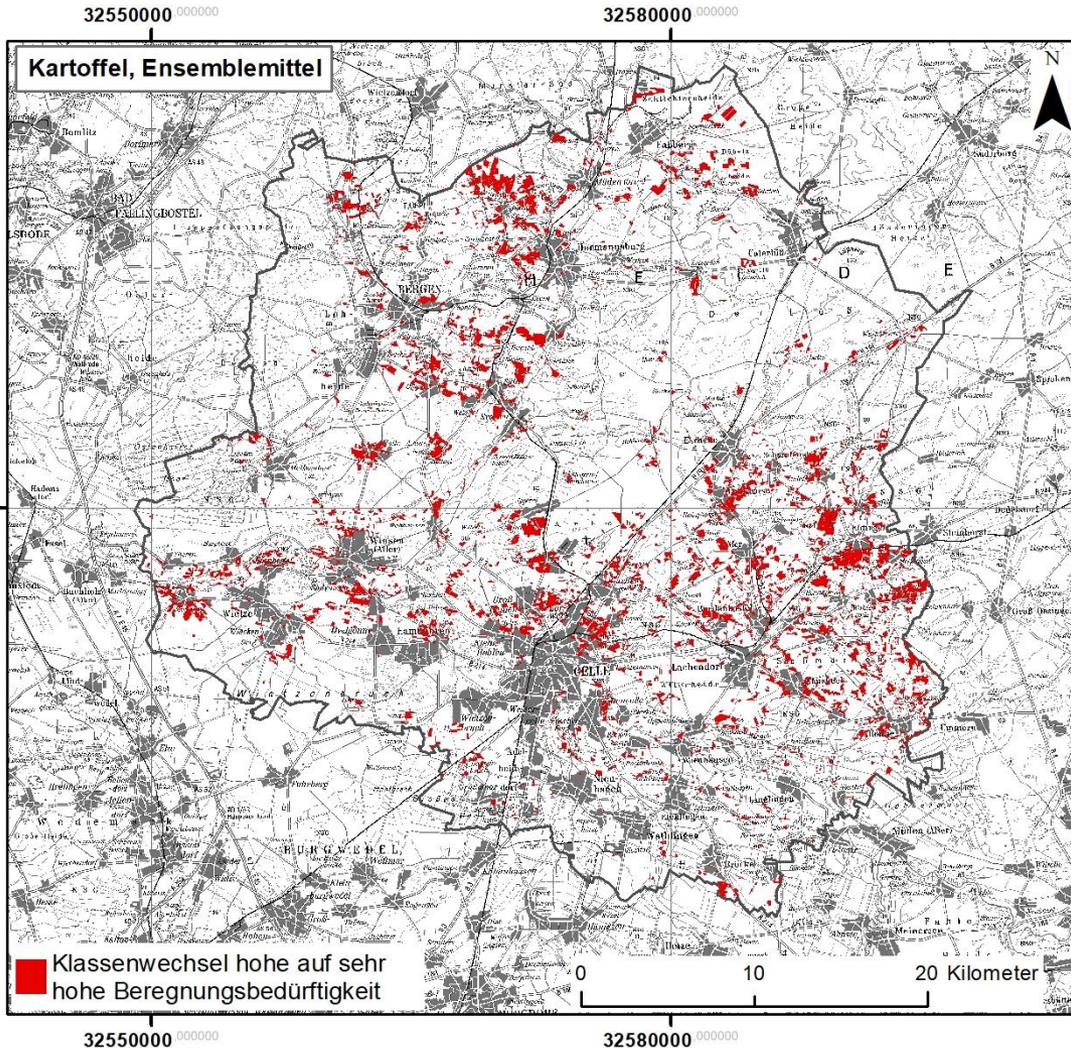
# Anstieg der berechnungsbedürftigen Flächen



- Veränderung von Flächen mit mittlerem Berechnungsbedarf hin zu hohem Berechnungsbedarf.
- Referenzperiode zu 2071-2100.

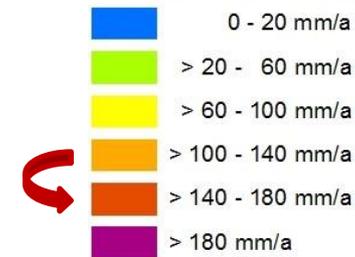


# Anstieg der berechnungsbedürftigen Flächen



- Veränderung von Flächen mit hohem Beregnungsbedarf hin zu sehr hohem Beregnungsbedarf.
- Referenzperiode zu 2071-2100.

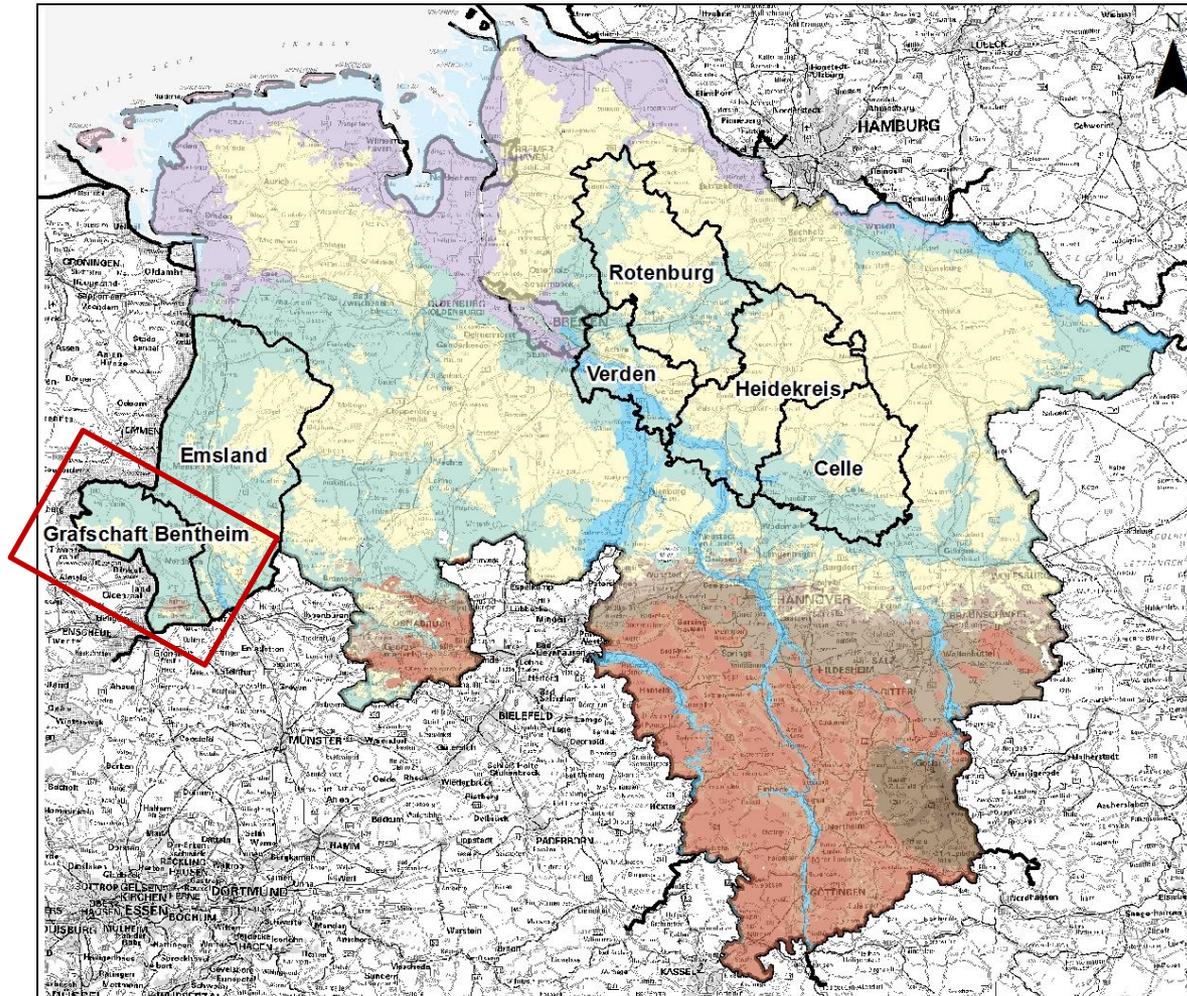
## Fruchtspezifische potenzielle Beregnungsbedürftigkeit



Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone N32  
 Fremddaten: Deutsche Topographische Karte 1:200.000 des LGN



# Auswertungsmöglichkeiten



Legende

 Netzwerkregionen

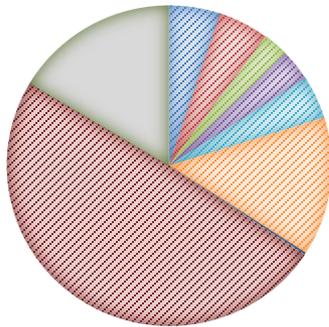
0 50 100 Kilometer



# Regionsspezifische potenzielle Beregnungsbedürftigkeit

- Landkreis Graftschaft Bentheim:

- Winterweizen    ■ Wintergerste    ■ Roggen
- Triticale        ■ Sommergerste    ■ Kartoffel
- Zuckerrübe (<1%) ■ Mais                ■ Andere



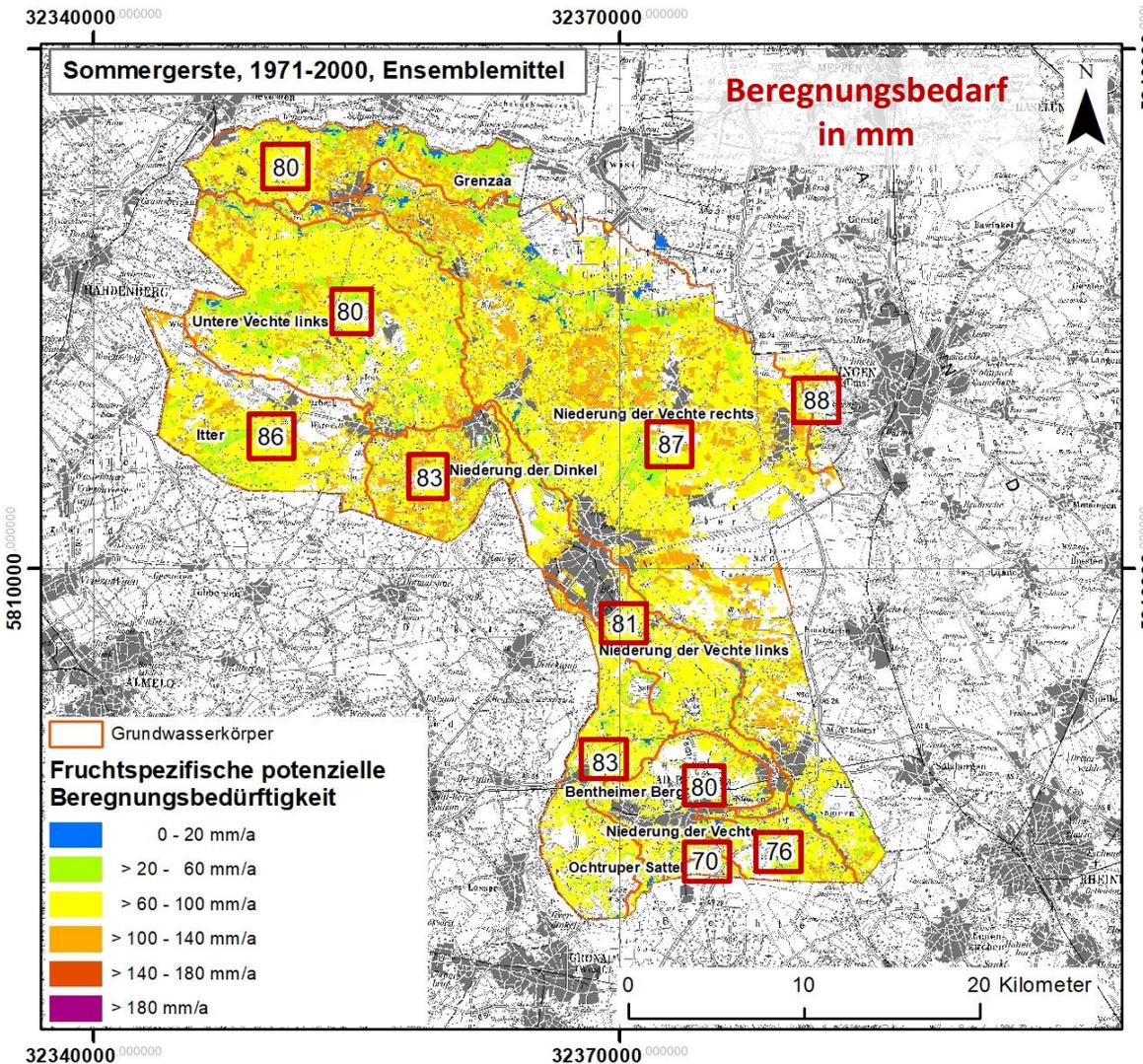
## Auswertung des potenziellen Beregnungsbedarfs: (Ø Mittlere Tendenz (Min. – Max.))

Zeitraum	mm
1971-2000	Ø 79
2021-2050	Ø 85 (56-117)
2071-2100	Ø 99 (68-118)

Ø + 25 % von Referenzperiode zur fernen Zukunft.



# Fragestellungbezogene Auswertungsmöglichkeiten



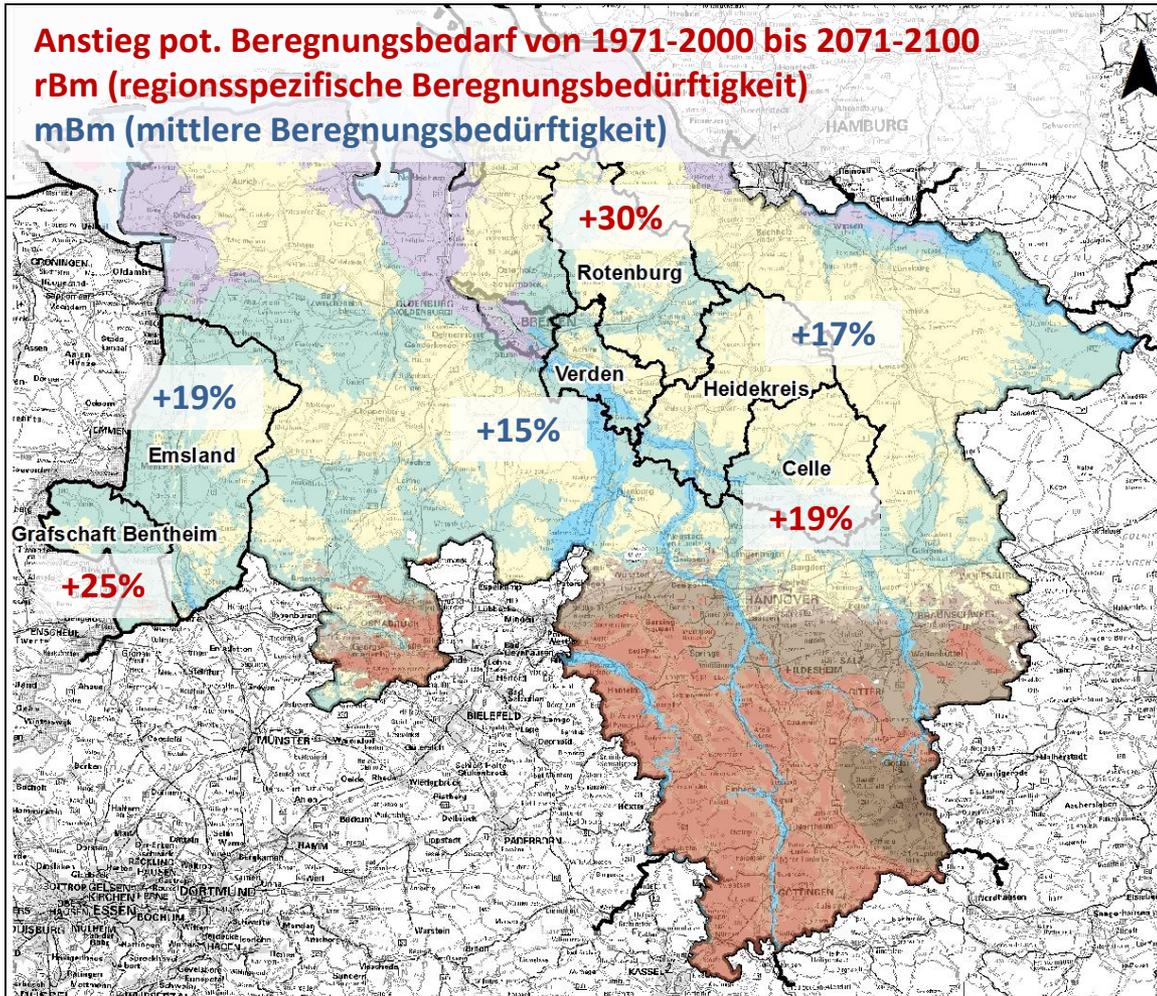
- Auswertung des Berechnungsbedarfs für Einzelprojekte,
- Detailbetrachtung von „Hot-Spots“,
- Beispiel hier: Betrachtung des Bedarfs in Grenzen von Grundwasserkörpern.

## Beispiel:

Auswertung der Teilflächen innerhalb der Grenzen eines Grundwasserkörpers.



# Zusammenfassung der Ergebnisse



- Mittlere Tendenz zeigt zunehmenden Beregnungsbedarf von Referenzperiode bis 2071-2100,
- Differenzierung aufgrund von Klima- und Bodenverhältnissen sowie Fruchtarten,
- Bandbreite des Ensembles ist zu berücksichtigen.

Legende

Netzwerkregionen

0 50 100 Kilometer



# Grenzen des Modells

---

- Berechnung der Ergebnisse für durchschnittliche Jahre,
  - Extreme Jahre treten zukünftig wahrscheinlich häufiger auf.
- Zunahme von Starkniederschlägen.
- Mittel- und langfristige Änderungen im Grundwasserspiegel werden durch das Modell nicht abgedeckt.



# Resümee

---

- Anpassung der Methodik an den aktuellen Stand der Forschung (Klimawandel).
- Die Berechnungen basieren nun auf der hochauflösendsten flächendeckend verfügbaren bodenkundlichen Datengrundlage.
- Für alle Netzwerkregionen wurde im Mittel ein Trend der Zunahme des potenziellen Beregnungsbedarfs ermittelt (im „Weiter-wie-bisher-Szenario“ RCP 8.5).
- Regionsspezifische Berechnung des Beregnungsbedarfs verbessert die Genauigkeit,
  - Aufwand wird allerdings erheblich erhöht,
  - mBm liefert gute Ergebnisse, v.a. in Landkreisen mit breiter Fruchtartenverteilung.



# Resümee

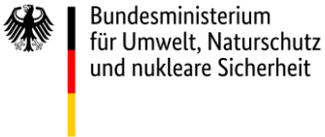
---

- Wozu diese Ergebnisse verwendet werden können:
  - Planungsgrundlage, wie sich der Beregnungsbedarf entwickeln könnte.
  - Flächenbezogen den potenziellen Beregnungsbedarf für bestimmte Fruchtarten bzw. eine bestimmte Fruchtartenverteilung anzeigen.
  - Flächen und Gebiete („Hot-Spots“) hervorheben, die aufgrund ihrer naturräumlichen Eigenschaften einen erhöhten pot. Beregnungsbedarf aufweisen.
  - Falls die tatsächlich beregneten Flächen bekannt sind, kann eine Prognose des Wasserbedarfs erstellt werden.
- Was diese Ergebnisse nicht aussagen können:
  - Die aktuell tatsächliche Beregnungsmenge abbilden,
  - die zukünftig tatsächlich genutzte Wassermenge vorhersagen.



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Gefördert durch:



## Fragen?



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

*Herzlichen Dank an Referat L2.5 und insbesondere Anja Waldeck für die  
Unterstützung zur Bewältigung der Datenmengen.*

Robin Stadtmann

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie  
Referat Landwirtschaft und Bodenschutz, Landesplanung  
[robin.stadtmann@lbeg.niedersachsen.de](mailto:robin.stadtmann@lbeg.niedersachsen.de)  
Tel.: 0511-643-3901

46



# Literatur

---

DEUTSCHER WETTERDIENST - DWD (2018): Klimareport Niedersachsen. Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main, Deutschland.

ENGEL, N., HÜBSCH, L. & MÜLLER, U. (2017): Beregnungsbedarfsermittlung und Beregnungssteuerung als Anpassungsmaßnahme an den Klimawandel. In: PORTH, M. & SCHÜTTRUMPF, H. (Hrsg.): Wasser, Energie und Umwelt. Aktuelle Beiträge aus der Zeitschrift Wasser und Abfall I. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 508–516.

HABERLANDT, U., BELLI, A. & HÖLSCHER, J. (2010): Trends in beobachteten Zeitreihen von Temperatur und Niederschlag in Niedersachsen. – Hydrologie und Wasserwirtschaft 54, 1, 28–36.

IPCC (2014): Climate Change 2014 Synthesis Report. Summary for Policymakers. IPCC, Geneva, Switzerland.

KEUP-THIEL, E., HENNEMUTH, B., PFEIFER, S. (2012): Besonderheiten und Merkmale regionaler Klimamodelle im Hinblick auf die weitere Kopplung mit Impaktmodellen, CSC Report 9, Climate Service Center, Germany

LANDESBETRIEB FÜR STATISTIK UND KOMMUNIKATIONSTECHNOLOGIE NIEDERSACHSEN (LSKN) (2012): Landwirtschaftszählung 2010, C IV 9.1 – j / 10, Heft 1 Teil A – Gemeindeergebnisse. Hannover.

MÜLLER, U. & WALDECK, A. (2011): Auswertungsmethoden im Bodenschutz. Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS®). – GeoBerichte 19.

MÜLLER, U., ENGEL, N. & HEIDT, L. (2012): Ableiten der potenziellen Beregnungswassermenge aus verfügbaren Boden- und Klimadaten. In: MÜLLER, U., ENGEL, N., HEIDT, L., SCHÄFER, W., KUNKEL, R., WENDLAND, F., RÖHM, H. & ELBRACHT, J.: Klimawandel und Bodenwasserhaushalt. – GeoBerichte 20, 32-48.

RENGER, M. & STREBEL, O. (1982): Beregnungsbedürftigkeit der landwirtschaftlichen Nutzflächen in Niedersachsen. – Geol. Jb. F 13, 1-66.

