

Untersuchung zu den Folgen des Klimawandels in Sachsen-Anhalt

Teilprojekt Wasser

Vorstellung der Ergebnisse am 12.09.2013 im LHW Halle

Bearbeitung durch: Büro für Angewandte Hydrologie

B. Pfützner, A. Schumann (BAH Berlin)

B. Klöcking (BAH München)

Fachliche Begleitung: LHW

Herr Weiland, Frau Mühlner, Frau Prüß



Gliederung

1. Gesamtprojekt „Wasser“
 - Bearbeitungsansatz
 - Grundlagen und Randbedingungen
2. TP 1 „Bodenwasserhaushalt & Vegetation“
Betrachtung von Einzelstandorten
3. TP 2 „Extremereignisse (NW, HW)“
Analysen für Flussgebiete
4. TP 3 „Regionale Unterschiede im
mittl. Wasserdargebot“
landesweite Analysen
5. Abschätzung der Unsicherheiten

Gliederung

1. Gesamtprojekt „Wasser“
 - **Bearbeitungsansatz**
 - Grundlagen und Randbedingungen
2. TP 1 „Bodenwasserhaushalt & Vegetation“
Betrachtung von Einzelstandorten
3. TP 2 „Extremereignisse (NW, HW)“
Analysen für Flussgebiete
4. TP 3 „Regionale Unterschiede im mittl. Wasserdargebot“
landesweite Analysen
5. Abschätzung der Unsicherheiten

Zielstellung

Abbildung des natürlichen Wasserdargebots und der zu erwartenden klimabedingten Veränderungen in Sachsen-Anhalt bis 2100

mittels öko-hydrologischer Modellanalysen

Anpassungsstrategien nicht berücksichtigt

- Landnutzung als konstante Randbedingung
- mit derzeit typischen Fruchtfolgen und Bestandeszusammensetzungen
- Saat- und Erntetermine entsprechend heutiger Sorten

Klimafolgenabschätzung - Anforderungen an das hydrologische Modell

Abbildung der **Wechselbeziehungen**

zwischen Vegetationsdynamik (Pflanzenverdunstung maßgebliche WH-Größe in ST)

Wasserhaushalt

(Stoffhaushalt)

**in ihrer räumlichen und zeitlichen Variabilität in
Abhängigkeit von**

Klima

(Bewirtschaftung und Störungen)



DAS HYDROLOGISCHE MODELLIERUNGSSYSTEM



über ArcEGMO

Modelle

Datenfluss

Anwendungen

Dokumentation

Service

Kontakt

ArcEGMO ist ein öko-hydrologisches Modellierungssystem zur räumlich und zeitlich hoch aufgelösten, physikalisch fundierten Simulation aller maßgeblichen Prozesse des Gebietswasserhaushaltes und des Abflussregimes

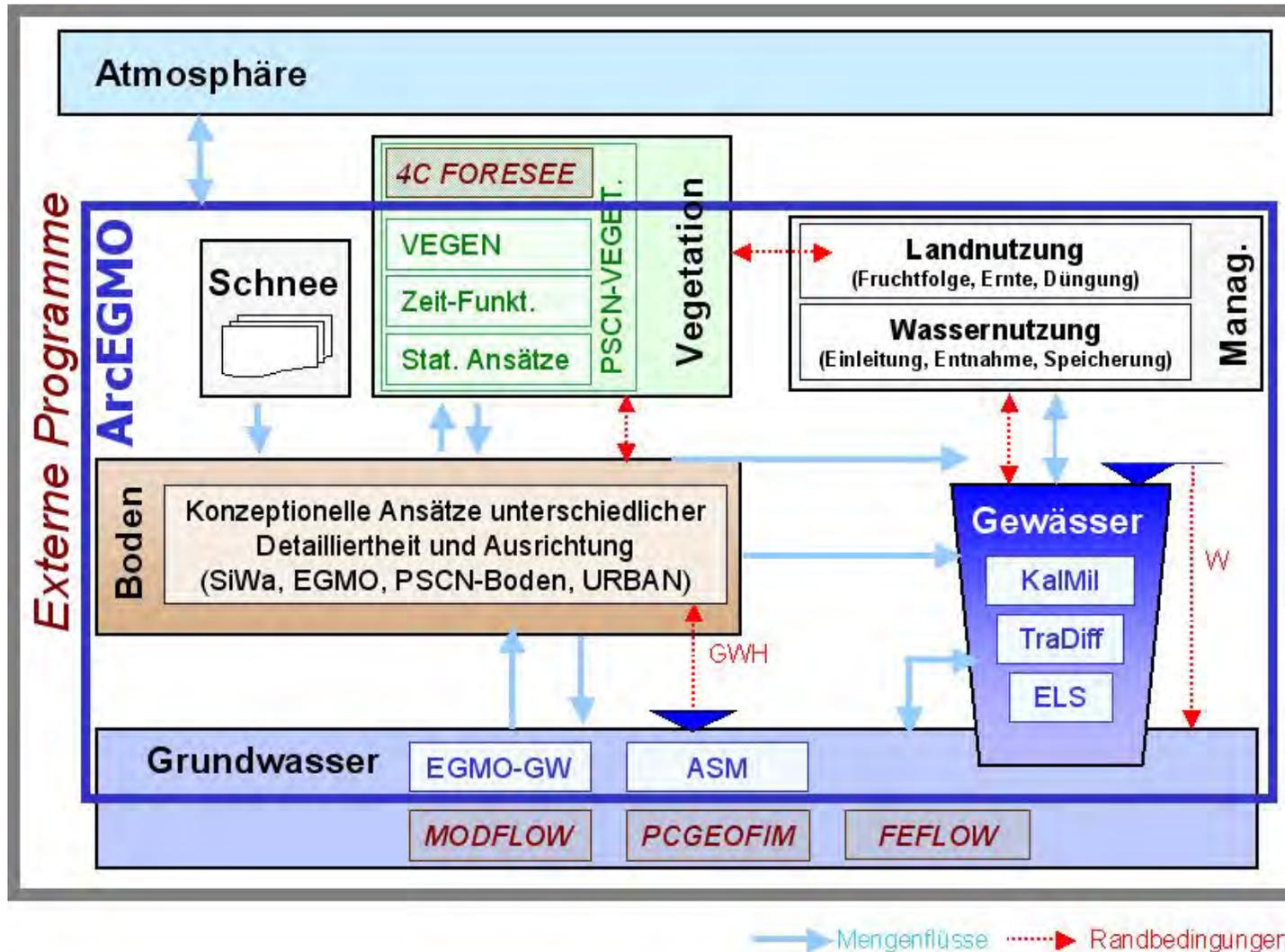
- in unterschiedlichen Maßstabsbereichen vom Einzelstandort (Lysimeter) über Kleinst Einzugsgebiete von wenigen km² bis hin zu großen Flussgebieten (wie z.B. dem Elbeeinzugsgebiet),
- in unterschiedlichen Regionen vom Tiefland über das Mittel- bis hin zum Hochgebirge und
- für unterschiedliche Zielstellungen mit verschiedenen Modellen.

ArcEGMO hat daher ein sehr breites Anwendungsspektrum mit vielseitigen Einsatzmöglichkeiten für verschiedene wasserwirtschaftliche, aber auch landesplanerische Fragestellungen gefunden.



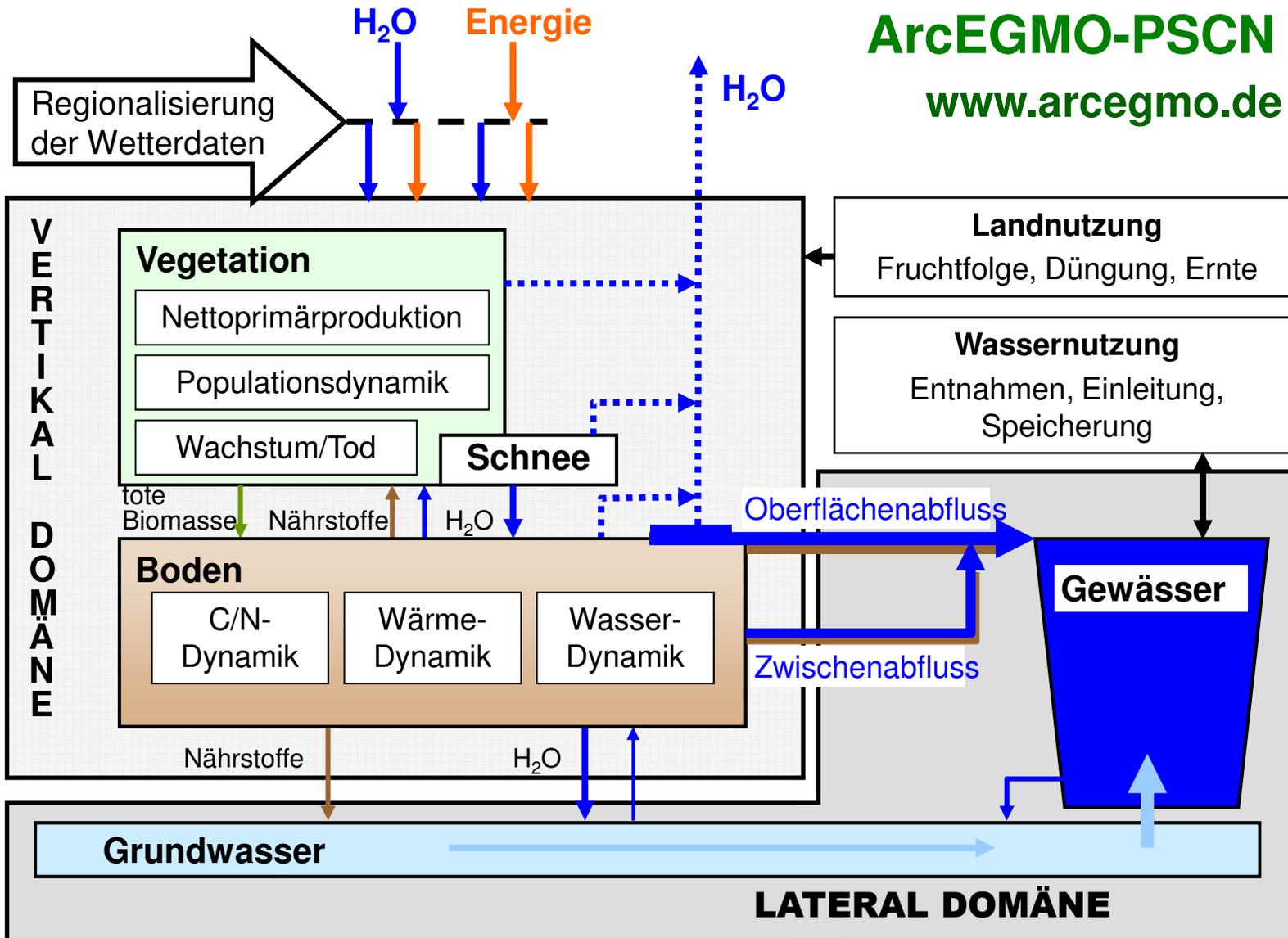
Baukasten ArcEGMO

(s. auch www.arcegmo.de)

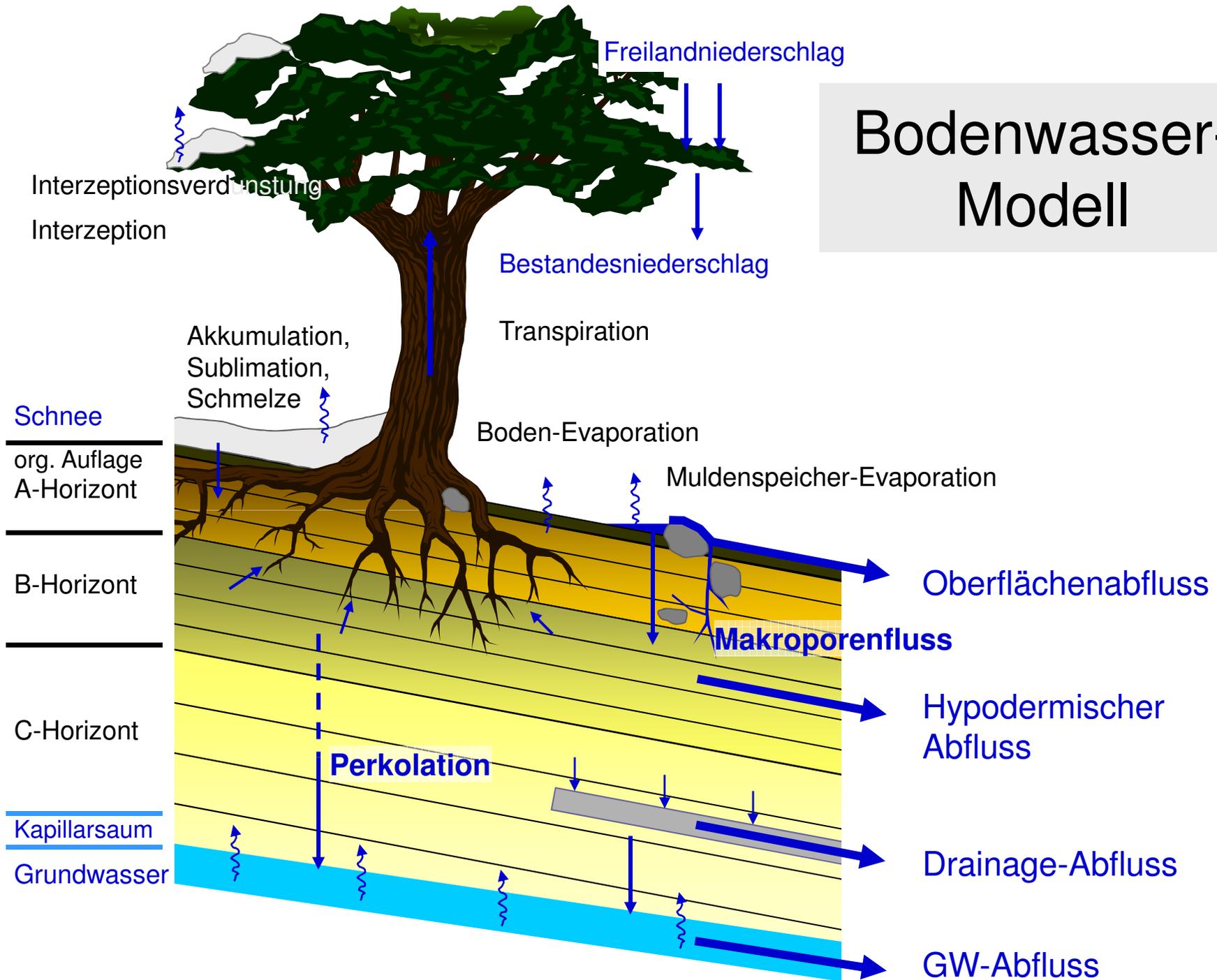


Raumgliederung:

- Hydrotop (Einzelfläche)
- Gebiet, Teilgebiet
- Gewässerabschnitt
- Gewässerpunkt



Bodenwasser-Modell

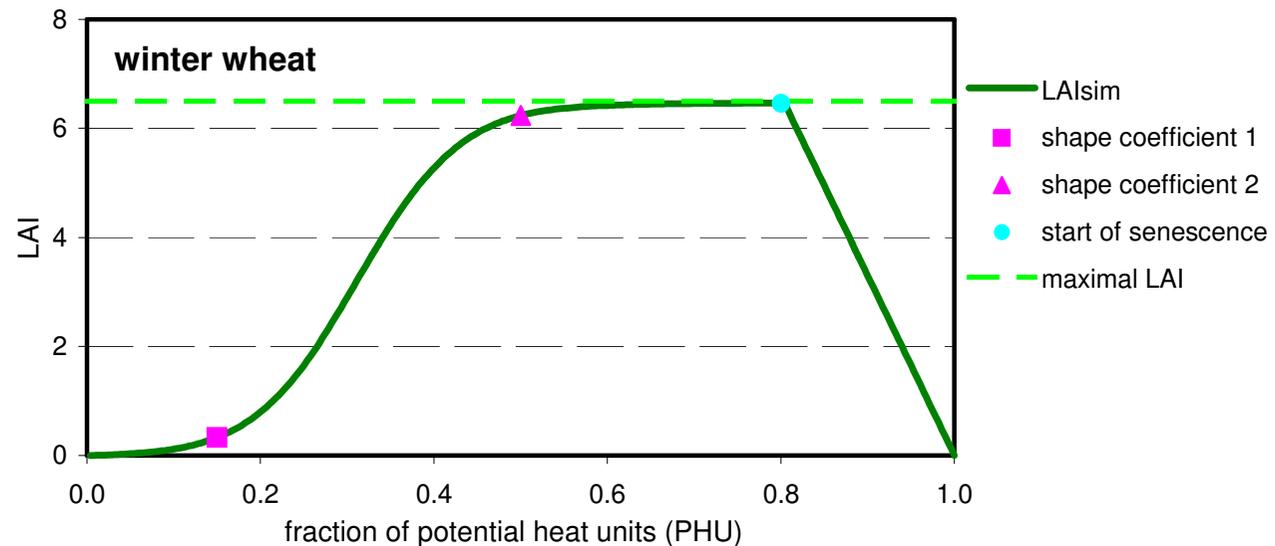


Generisches Wachstumsmodell (Acker und Forst)

Einschichtmodell adaptiert nach Williams (EPIC, SWAT)

Phänologie = f (täglich akkumulierte Wärmeeinheiten HU)

Basis: $LAI(t) = f(\text{HU}, \text{Pflanzenparameter}, \text{Stresskoeffizienten})$



photosynthetisch aktive Strahlung, Biomasseproduktion, Wurzelentwicklung, ...,
Pflanzenhöhe, Ertrag, Nährstoff- und Wasseraufnahme, Evapotranspiration, ...

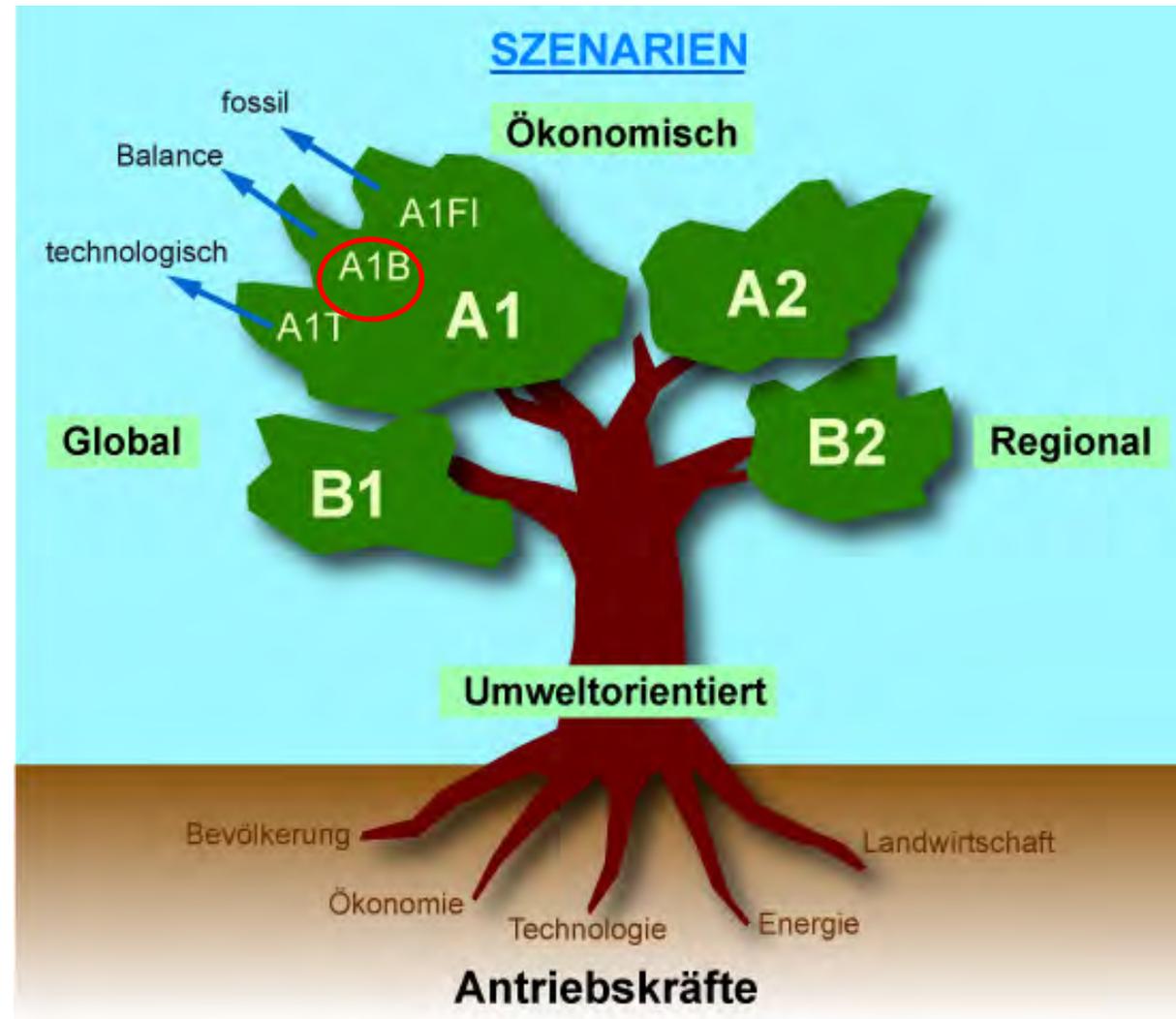
Stress: Lufttemperatur, Trockenheit, ~~Nährstoffmangel~~

Gliederung

1. Gesamtprojekt „Wasser“
 - Bearbeitungsansatz
 - Grundlagen und Randbedingungen
2. TP 1 „Bodenwasserhaushalt & Vegetation“
Betrachtung von Einzelstandorten
3. TP 2 „Extremereignisse (NW, HW)“
Analysen für Flussgebiete
4. TP 3 „Regionale Unterschiede im mittl. Wasserdargebot“
landesweite Analysen
5. Abschätzung der Unsicherheiten

Grundlagen Modellsimulationen

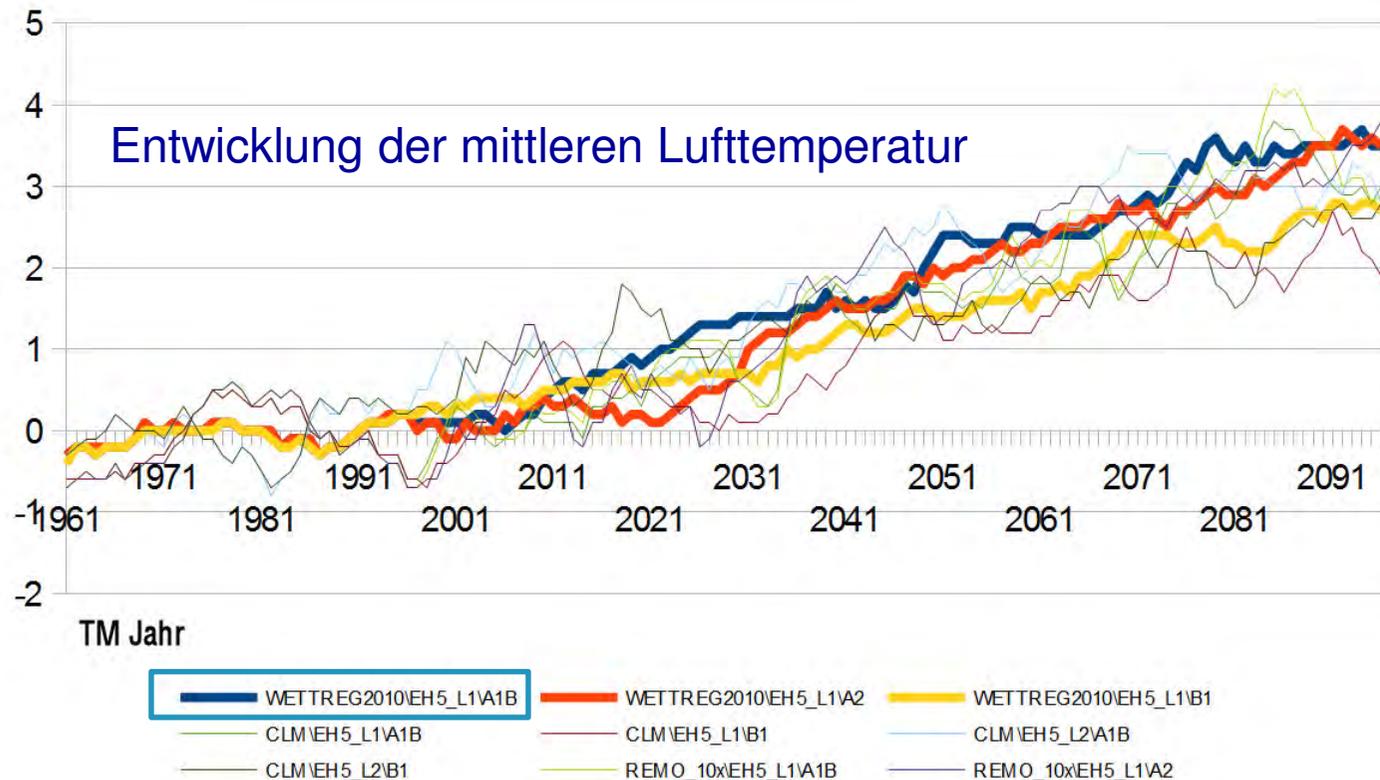
- klimatische Eingangsgrößen basieren auf dem Emissions-Szenario A1B (intermediate)



<http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/>

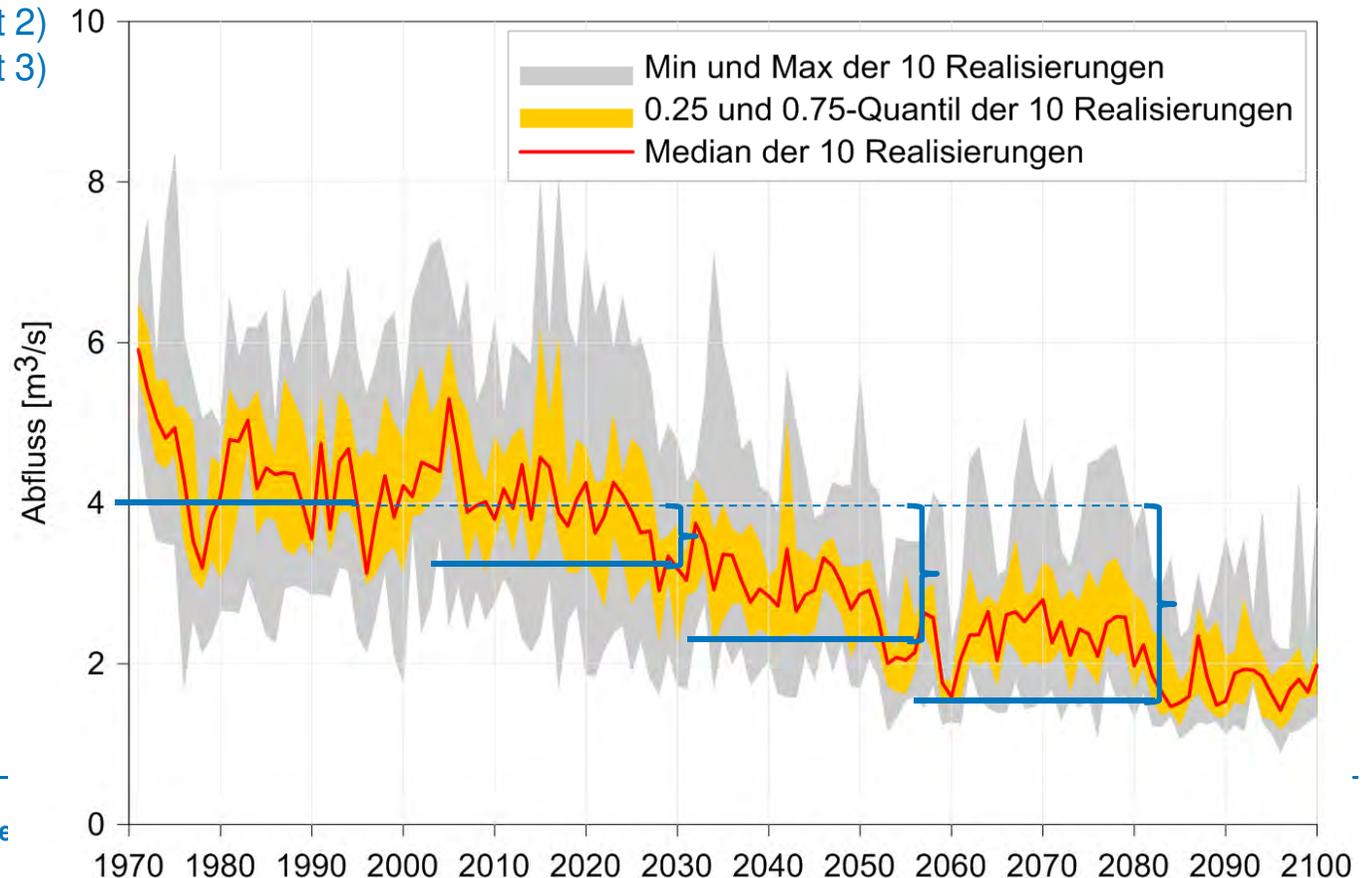
Grundlagen Modellsimulationen

- klimatische Eingangsgrößen sind das Ergebnis des gekoppelten großräumigen Atmosphären-Ozean-Modells ECHAM5 (MPI Hamburg)
 - Regionalisierung auf die lokale Skala mit WETTREG2010,
 - insgesamt 10 Realisierungen (mit Zufallstermen erzeugt)



Grundlagen Modellsimulationen

- hydrologische Simulation der Reihe 1961 bis 2100, d.h. 140 Jahre im Tageszeitschritt
- Ergebnisanalyse → Betrachtung von jeweils vier 30-jährigen Zeiträumen
 - 1971-2000 (Referenzzustand)
 - 2011-2040 (Zukunft 1)
 - 2041-2070 (Zukunft 2)
 - 2071-2100 (Zukunft 3)
- Analyse der Veränderungen von Wasserhaushalts- und Abflussgrößen → keine Aussagen zu künftigen „Absolutwerten“



Datengrundlagen

Verwendung eines vorhandenen, 2007 für landesweite Wasserhaushaltsuntersuchungen im Auftrag des LHW erstellten hydrologischen Modells (ArcEGMO-ST = GIS- und Parametermodell)

Vorteil: Nutzung der auf Landesebene für Sachsen-Anhalt verfügbaren, räumlich und inhaltlich sehr fundierten Daten

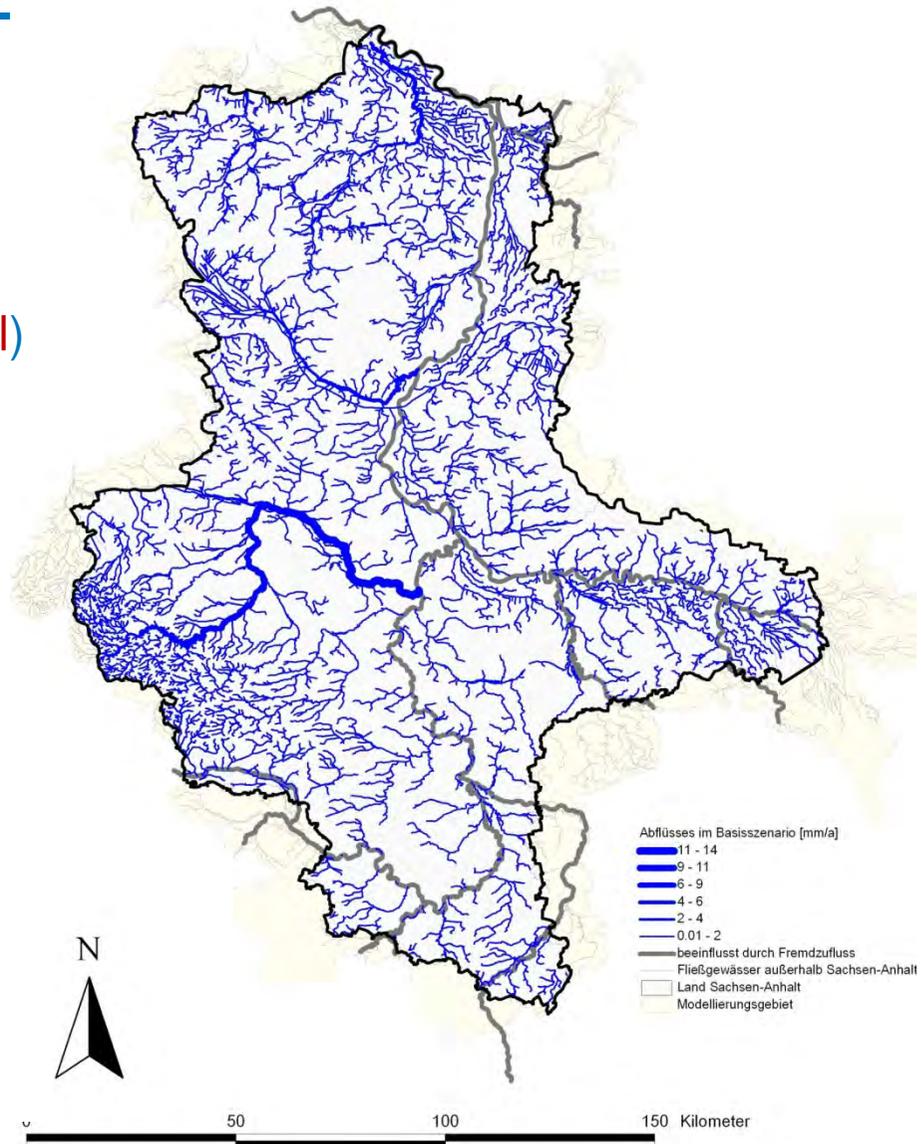
→ Minderung der Unsicherheiten

Problem: sehr hohe Modellauflösung

- 1,35 Mio. Einzelflächen mit einer mittleren Größe von 2 ha
- 23.500 Fließgewässerabschnitte
- 9.530 Teileinzugsgebiete

Keine Analysen in hoher Zeitauflösung und flächendeckend, d. h. landesweit möglich!

Darstellung des Modellierungsgebietes



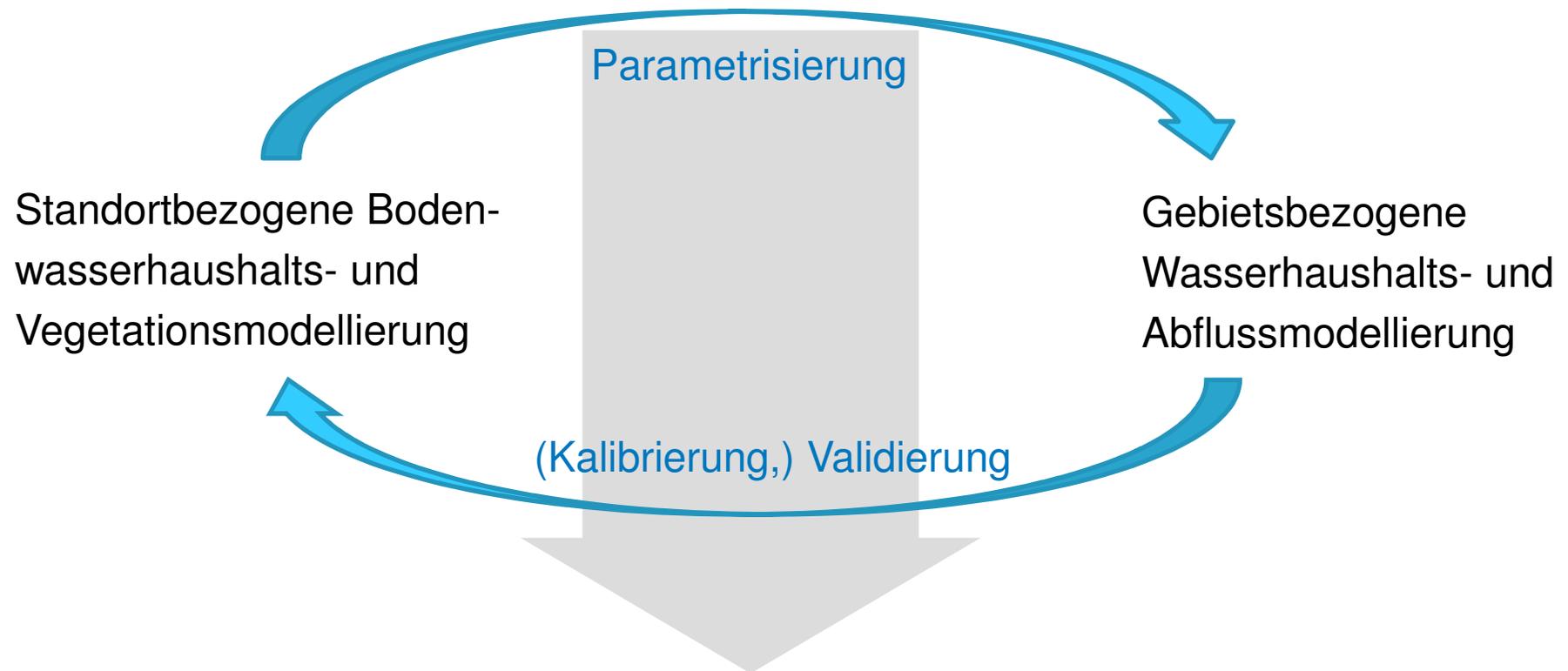
Lösungsansatz

Modelluntersuchungen räumlich und inhaltlich genestet in verschiedenen Maßstabsebenen:

- Detaillierte Bodenwasserhaushalts- und Vegetationsmodellierungen für repräsentative **Standorttypen** (Klima, Boden, Landnutzung)
- Modellanalysen für Einzugsgebiete, die **charakteristische Landschaftsräume** in Sachsen-Anhalt repräsentieren
detaillierte Analyse der **zeitlichen Dynamik** (NW- und HW-Kennwerte, innerjähriger Gang usw.)
- **landesweite** Wasserhaushalts- und Abflusssimulation zur Darstellung **regionaler Unterschiede** im mittleren Wasserdargebot für Grund- und Oberflächenwasser und der zu erwartenden Veränderung

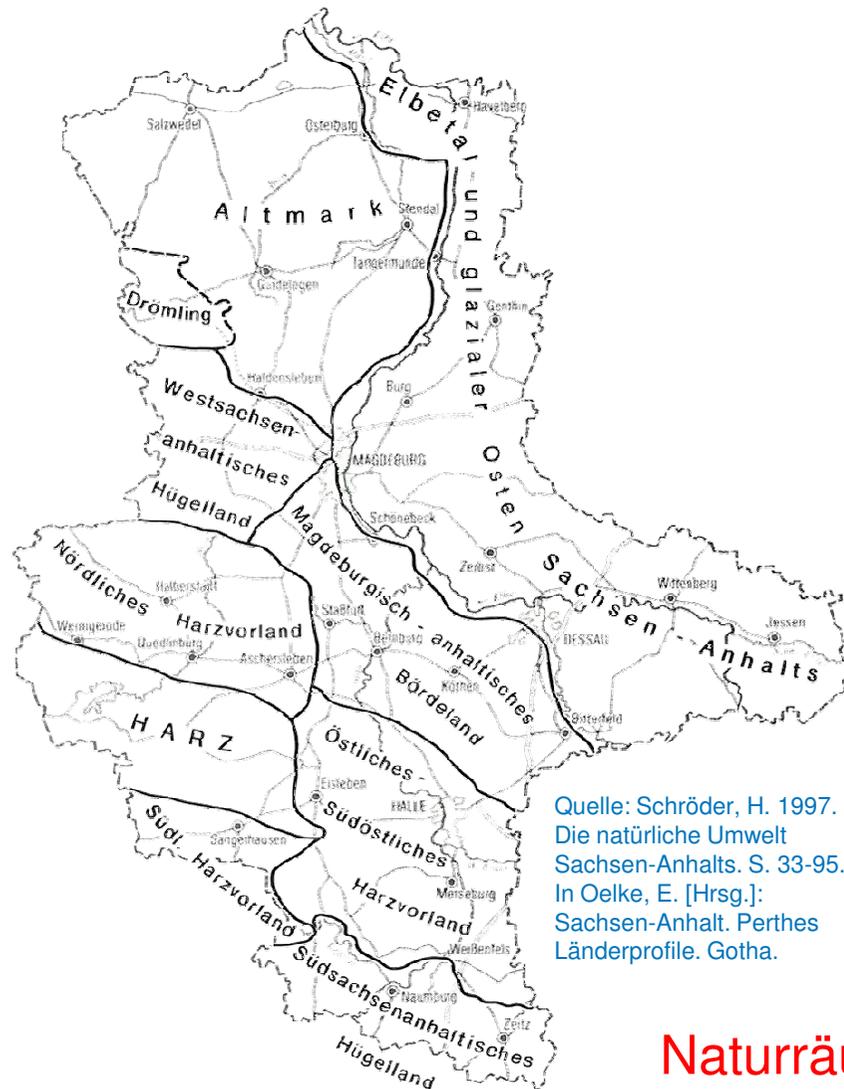
Bearbeitungsmethodik

Ableitung von Aussagen für Sachsen-Anhalt über die Untersuchung **repräsentativer Standorte** und **repräsentativer Flussgebiete**



Landesweite Modellanalysen zur Charakterisierung regionaler Unterschiede in den Auswirkungen des Klimawandels

Festlegung repräsentativer Standorte und Flussgebiete



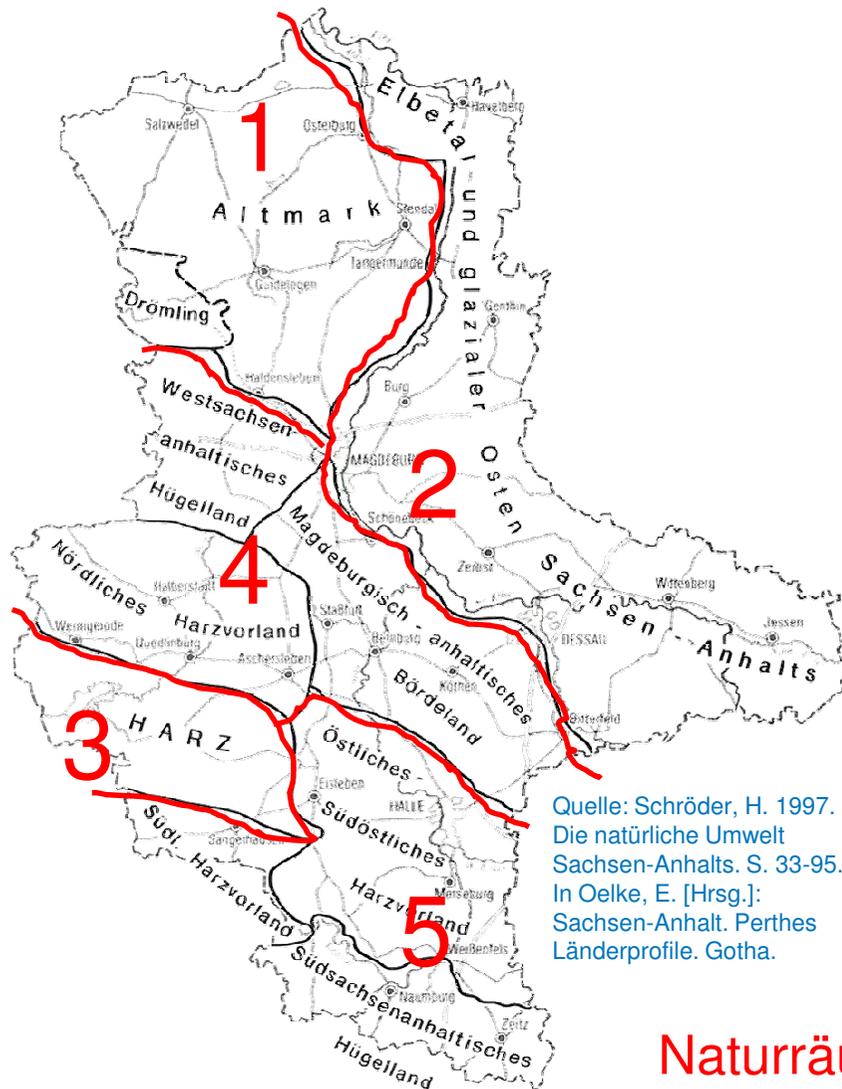
Quelle: Schröder, H. 1997.
Die natürliche Umwelt
Sachsen-Anhalts. S. 33-95.
In Oelke, E. [Hrsg.]:
Sachsen-Anhalt. Perthes
Länderprofile. Gotha.

Kriterien für die Festlegung der Referenzflächen

1. angemessene **Berücksichtigung der hydrologischen Vielfalt** (Festgestein, Tiefland mit Grundwasserprägung etc.),
2. ...

Naturräumliche Gliederung Sachsen-Anhalts

Festlegung repräsentativer Standorte und Flussgebiete



Quelle: Schröder, H. 1997. Die natürliche Umwelt Sachsen-Anhalts. S. 33-95. In Oelke, E. [Hrsg.]: Sachsen-Anhalt. Perthes Länderprofile. Gotha.

Landschaftsräume	Naturräume (Schröder, 1997)
1	Altmark und Drömling
2	Elbetal und glazialer Osten (Elbeniederung, Dübener Heide, Fläming, Unteres Havelland)
3	Harz (Ober- und Unterharz und östlicher Harzabdachung)
4	Schwarzerdegebiet Westsachsenanhaltisches Hügelland, Magdeburgisch-anhaltisches Bördeland, Nördliches Harzvorland
5	Schwarzerdere region im Regenschatten des Harzes Östliches, Südöstliches und Südliches Harzvorland, Südsachsenanhaltinisches Hügelland

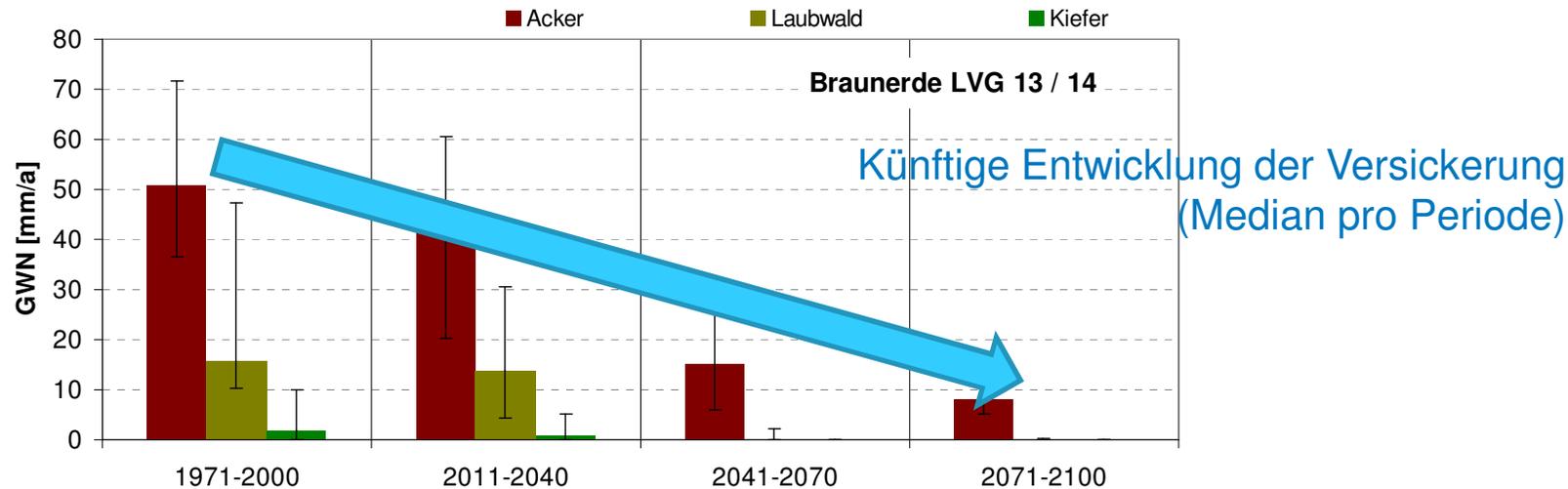
Naturräumliche Gliederung Sachsen-Anhalts

Gliederung

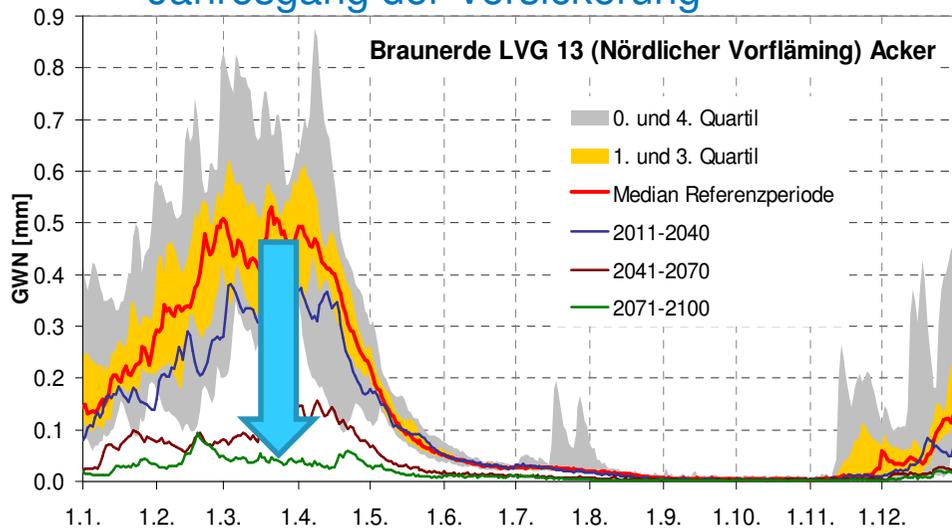
1. Gesamtprojekt „Wasser“
 - Bearbeitungsansatz
 - Grundlagen und Randbedingungen
2. TP 1 „Bodenwasserhaushalt & Vegetation“
Betrachtung von Einzelstandorten
3. TP 2 „Extremereignisse (NW, HW)“
Analysen für Flussgebiete
4. TP 3 „Regionale Unterschiede im mittl. Wasserdargebot“
landesweite Analysen
5. Abschätzung der Unsicherheiten

Braunerde – Einfluss der Landnutzung

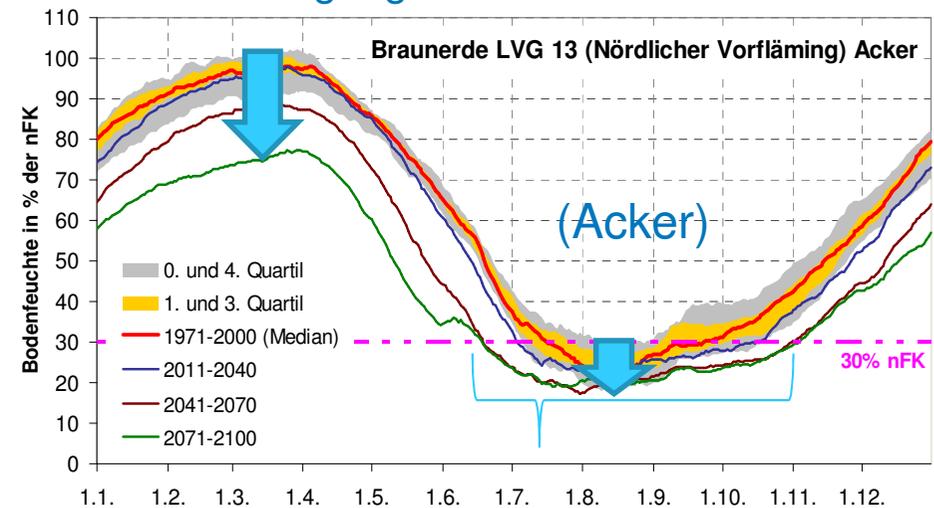
Grundwasserferner Standort



Jahresgang der Versickerung

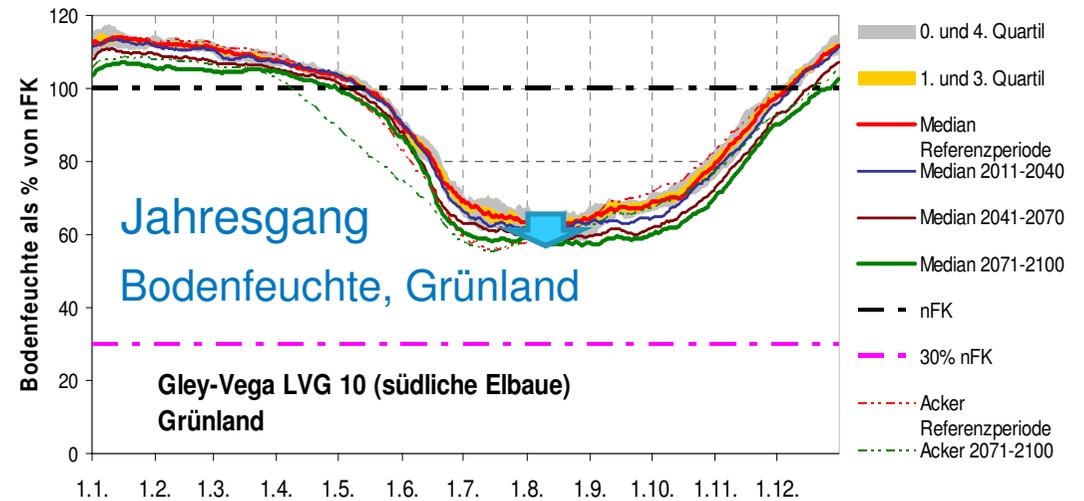
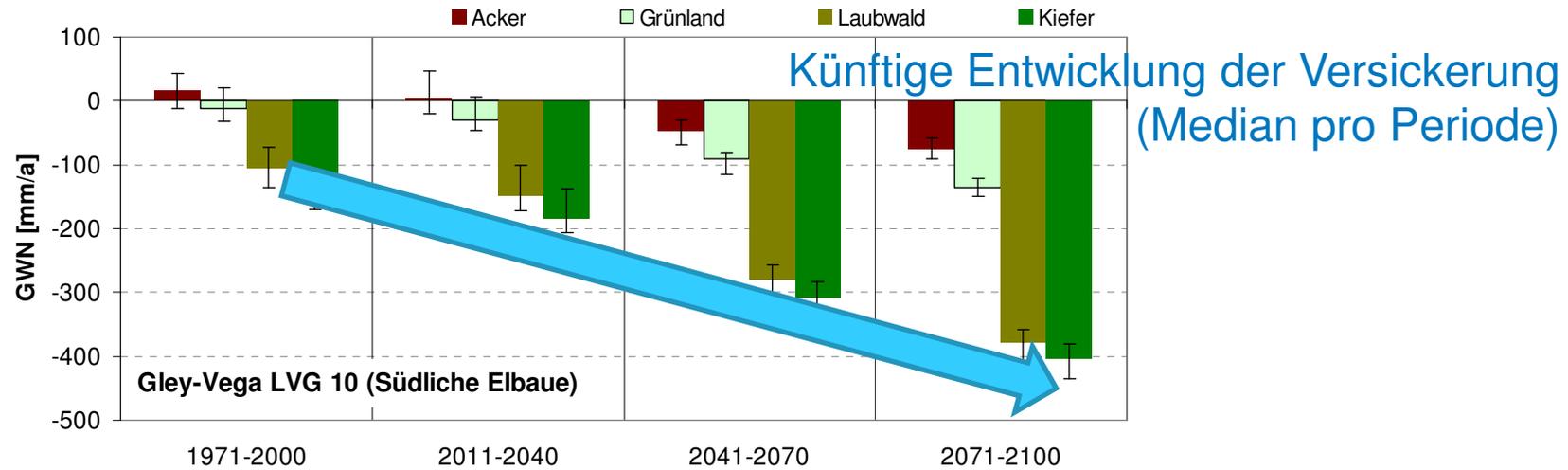


Jahresgang der Bodenfeuchte



Gley-Vega – Einfluss der Landnutzung

Grundwassergeprägter Standort



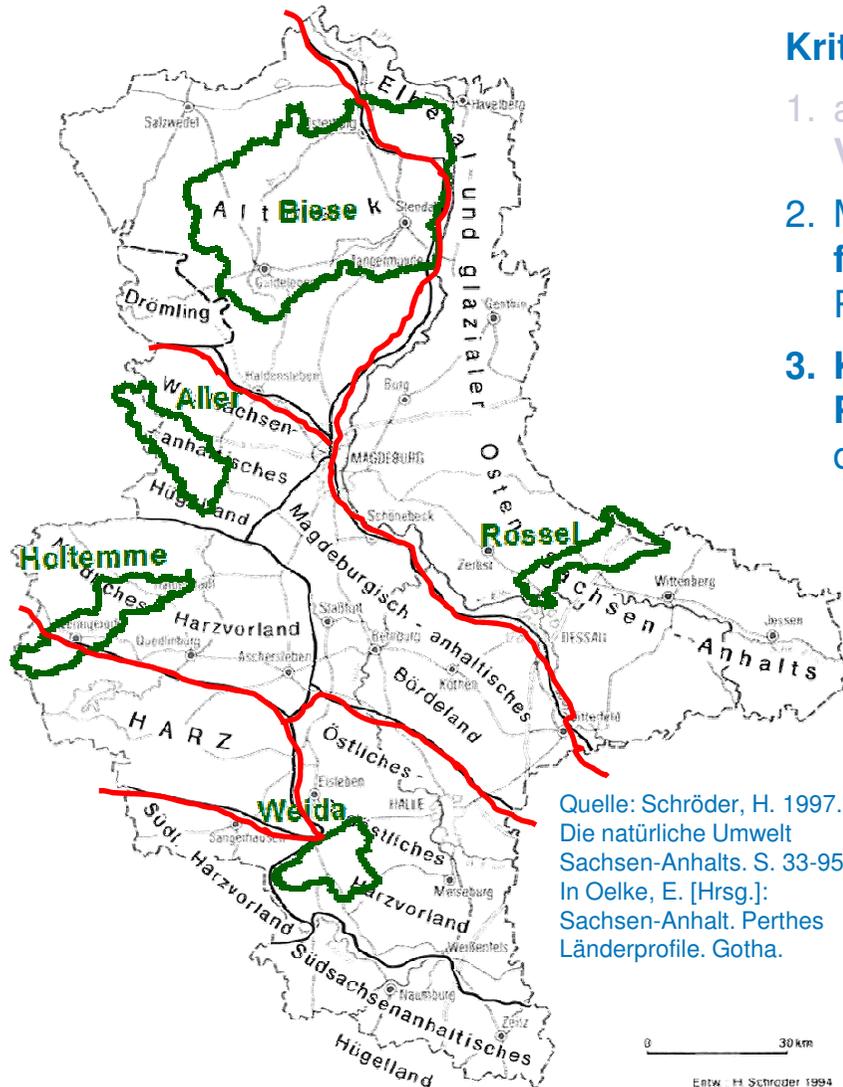
Zusammenfassung – Bodenwasser & Vegetation

- Die schon heute geringen **Grundwasserneubildungsraten** werden in Zukunft noch **geringer**.
- **Dürrerisiko steigt weiter an**. 2071-2100 sind z.B. die Böden der Ackerstandorte im nördlichen Harzvorland/Harzrandmulde quasi ganzjährig trocken. Bewässerungsbedarf besteht insbesondere bei den Sommerfrüchten.
- Aufgrund der vegetationsfreien Zeiten ist die zukünftige Situation auf **ackerbaulich genutzten** Standorten etwas besser als unter anderen Nutzungsbedingungen. Hier kann durch eine **angepasste Fruchtfolge** auf die veränderten Rahmenbedingungen reagiert werden.
- Kritisch wird die Lage bei den **Forststandorten** bewertet. Die Simulationsergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit der derzeit laufenden Bemühungen einer **klimaangepassten Bewirtschaftung** bis hin zum **Umbau** von nicht standortangepassten Nadelreinbeständen.

Gliederung

1. Gesamtprojekt „Wasser“
 - Bearbeitungsansatz
 - Grundlagen und Randbedingungen
2. TP 1 „Bodenwasserhaushalt & Vegetation“
Betrachtung von Einzelstandorten
3. TP 2 „Extremereignisse (NW, HW)“
Analysen für Flussgebiete
4. TP 3 „Regionale Unterschiede im mittl. Wasserdargebot“
landesweite Analysen
5. Abschätzung der Unsicherheiten

Repräsentative Landschaftsräume - Referenzgebiete



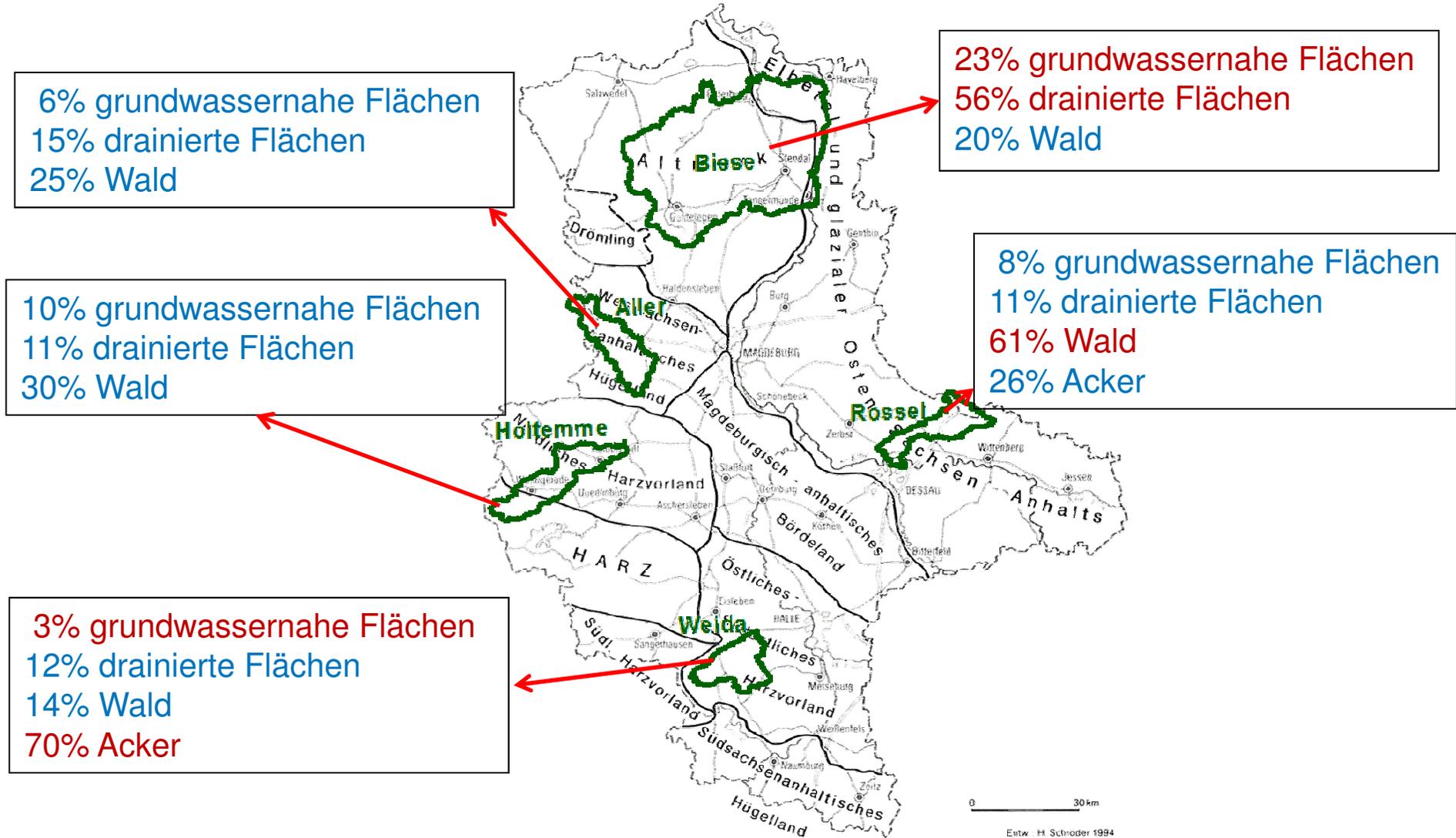
Quelle: Schröder, H. 1997. Die natürliche Umwelt Sachsen-Anhalts. S. 33-95. In Oelke, E. [Hrsg.]: Sachsen-Anhalt. Perthes Länderprofile. Gotha.

Kriterien für die Festlegung der Referenzeinzugsgebiete

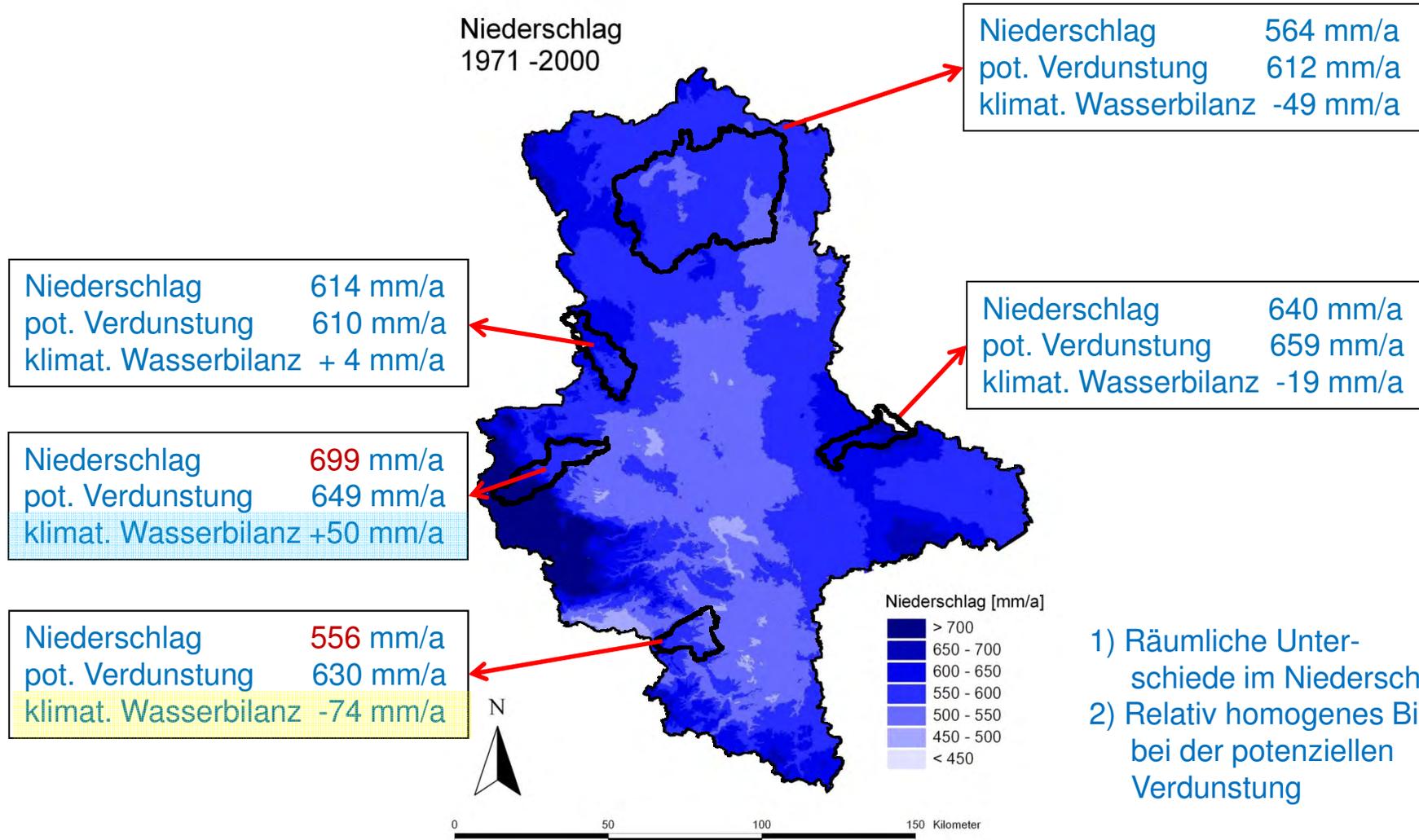
1. angemessene **Berücksichtigung der hydrologischen Vielfalt** (Festgestein, Tiefland mit Grundwasserprägung etc.),
2. Möglichkeit zur Modellkalibrierung/-validierung anhand **fundierter Abflussbeobachtungen** (zeitliche Auflösung, Reihenlänge, Qualität der Messstelle (Rückstau?))
3. **Keine** (oder geringe bzw. quantifizierbare) **anthropogene Prägung** des hydrologischen Regimes (wir betrachten nur! das natürliche Dargebot und seine Entwicklung)

Landschaftsräume	Referenzgebiet
Altmark und Drömling	Biese
Elbtal und glazialer Osten	Rossel
Harz	Holtemme
Schwarzerdegebiet	Aller
Schwarzerderegion im Regenschatten des Harzes	Weida

Referenzeinzugsgebiete

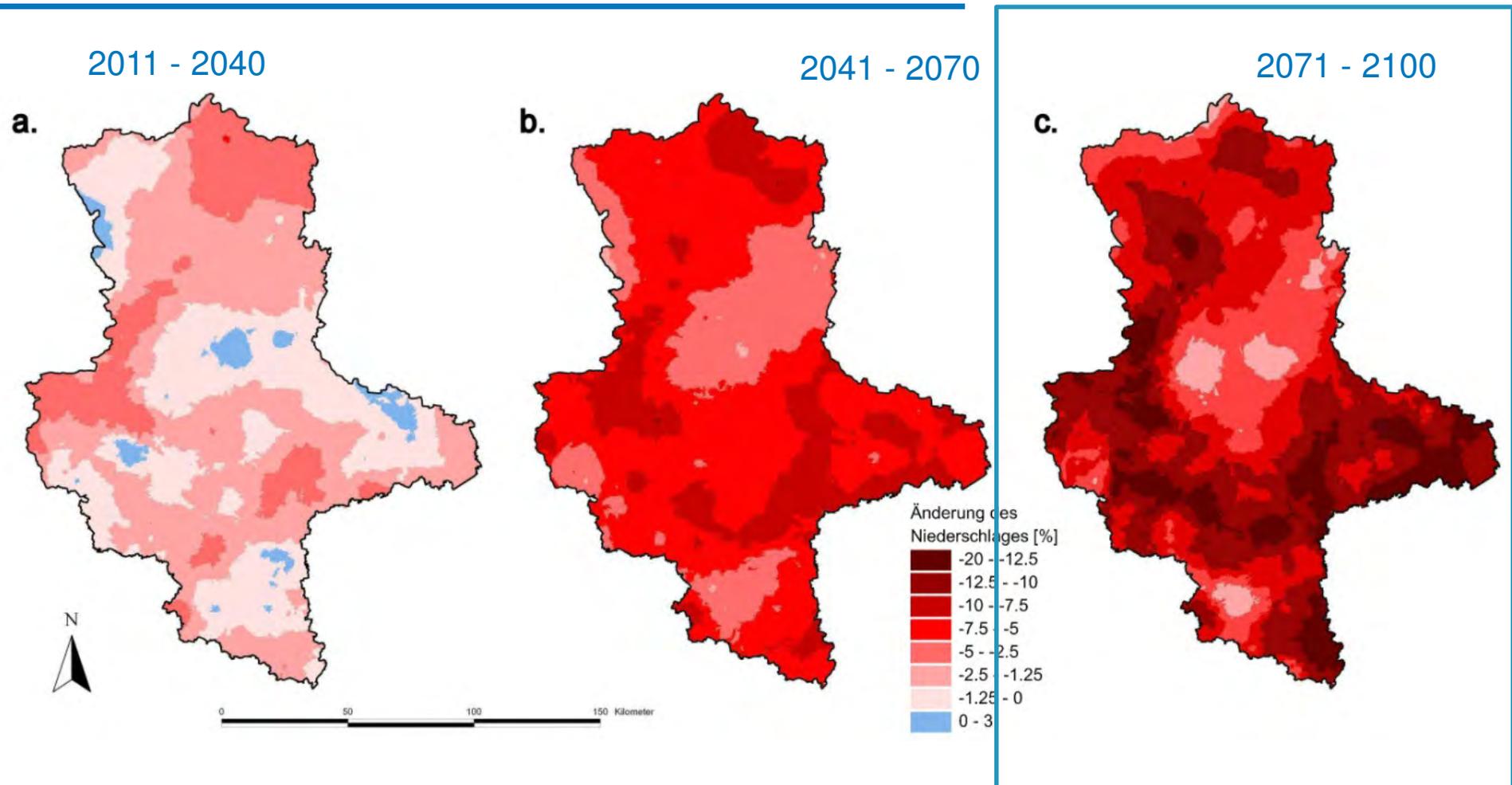


Hydrometeorologische Situation 1971 - 2000



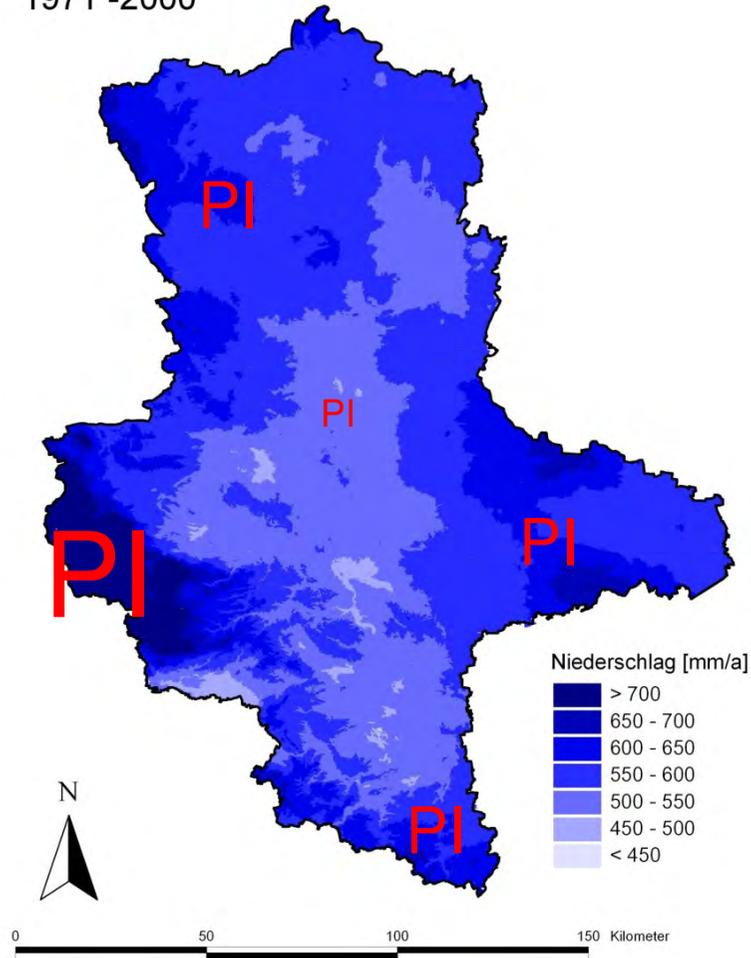
- 1) Räumliche Unterschiede im Niederschlag,
- 2) Relativ homogenes Bild bei der potenziellen Verdunstung

Änderung des Niederschlages gegenüber dem Referenzzeitraum 1971 - 2000

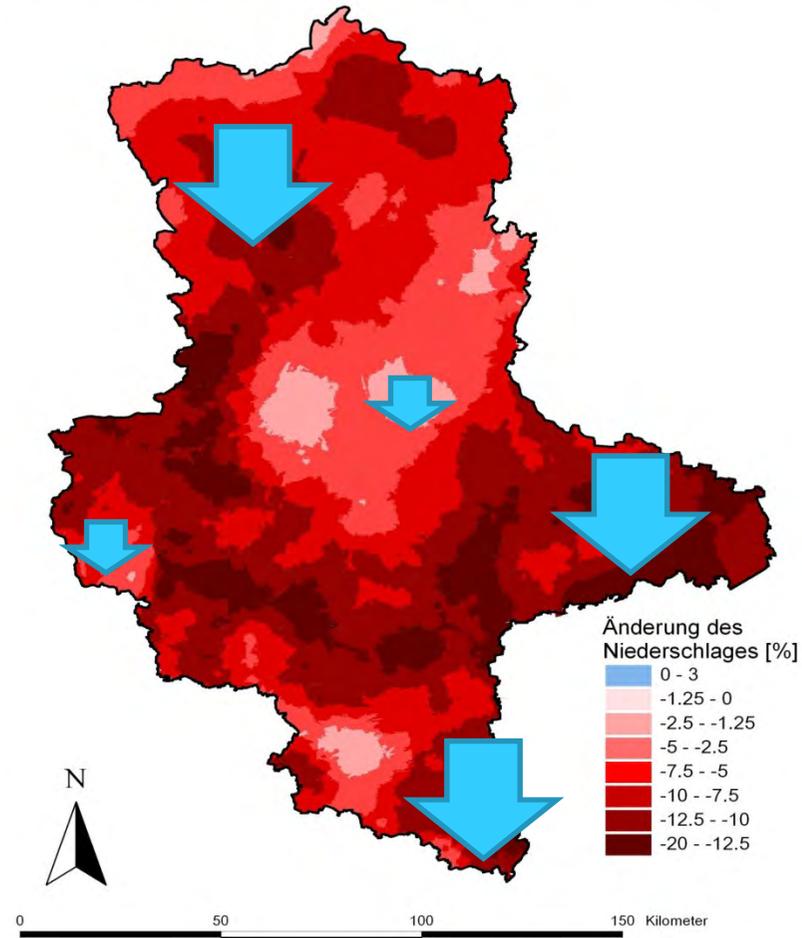


Änderung des Niederschlages gegenüber dem Referenzzeitraum

Niederschlag
1971 -2000

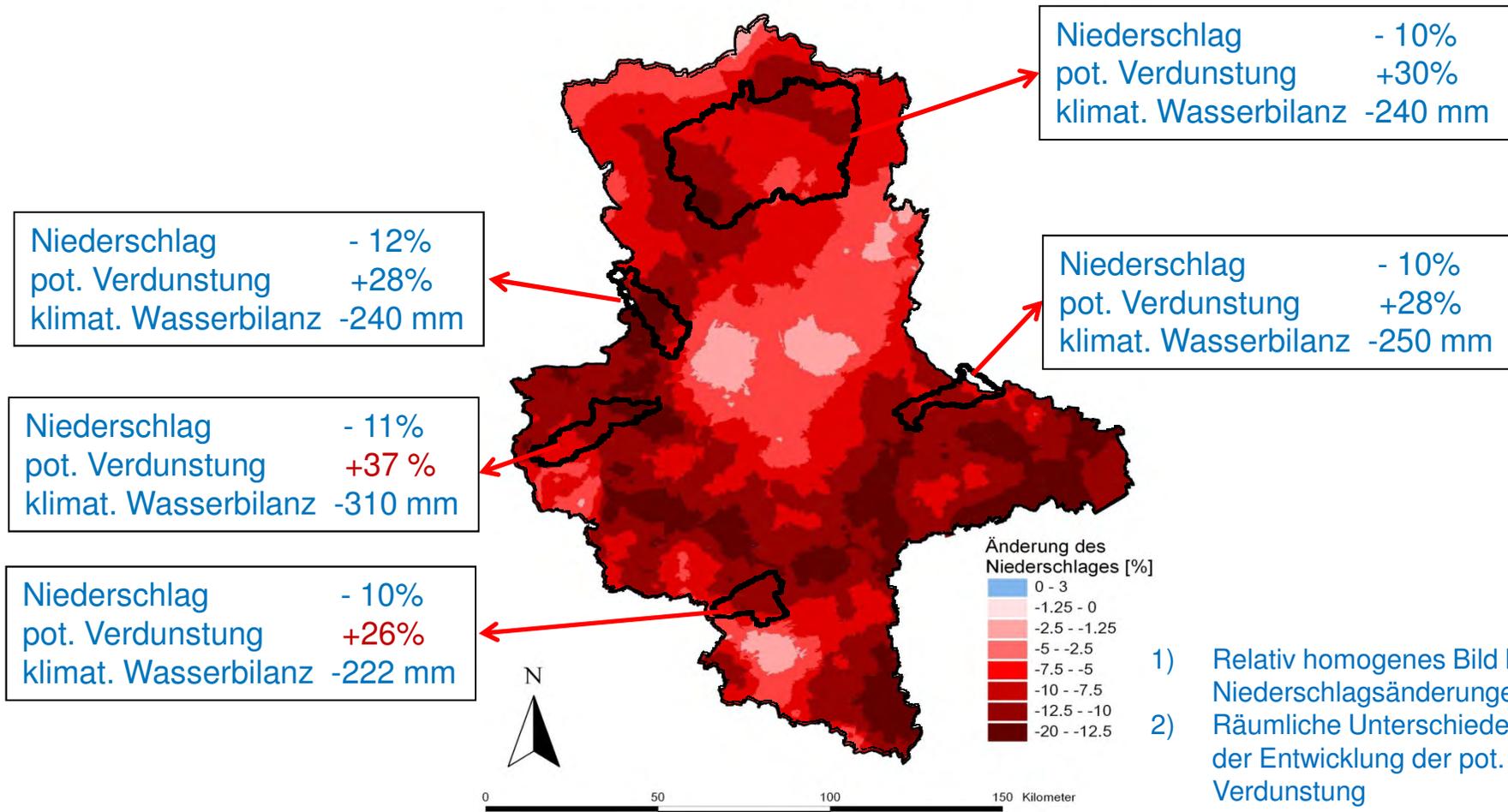


Änderung des Niederschlages
2071 -2100 zum Referenzzeitraum 1971-2000



Änderungen der hydrometeorologischen Situation

Änderung des Niederschlages
2071 -2100 zum Referenzzeitraum 1971-2000



- 1) Relativ homogenes Bild bei den Niederschlagsänderungen
- 2) Räumliche Unterschiede bei der Entwicklung der pot. Verdunstung

Änderungen in der hydrometeorologischen Situation

Abweichungen der aus WETTREG2010-Ergebnissen abgeleiteten hydrometeorologischen Größen gegenüber dem Referenzzeitraum (Mittelwert aller 10 Realisierungen)

			Biese	Rossel	Holtemme	Aller	Weida
Niederschlag	[mm/a]	1971-2000	564	640	699	614	556
% - Abweichung	%	2011-2040	-2.6	-0.3	-2.3	-2.5	-2.4
	%	2041-2070	-6.9	-6.3	-7.1	-7.2	-6.3
	%	2071-2100	-9.7	-10.1	-10.6	-11.8	-10.3
Potenzielle Verdunstung	[mm/a]	1971-2000	612	659	649	610	630
% - Abweichung	%	2011-2040	6.4	6.1	8.9	6.4	5.4
	%	2041-2070	18.9	18.3	23.0	17.4	17.3
	%	2071-2100	30.0	28.3	36.6	27.9	26.2
Klimatische Wasserbilanz	[mm/a]	1971-2000	-49	-19	50	4	-74
Absolute Abweichung	[mm/a]	2011-2040	-51.7	-41.7	-33.9	-51.1	-57.3
	[mm/a]	2041-2070	-154.4	-161.4	-198.6	-150.3	-143.7
	[mm/a]	2071-2100	-237.9	-231.2	-312.0	-242.2	-222.3
	[mm/a]	2071-2100	-237.9	-231.2	-312.0	-242.2	-222.3

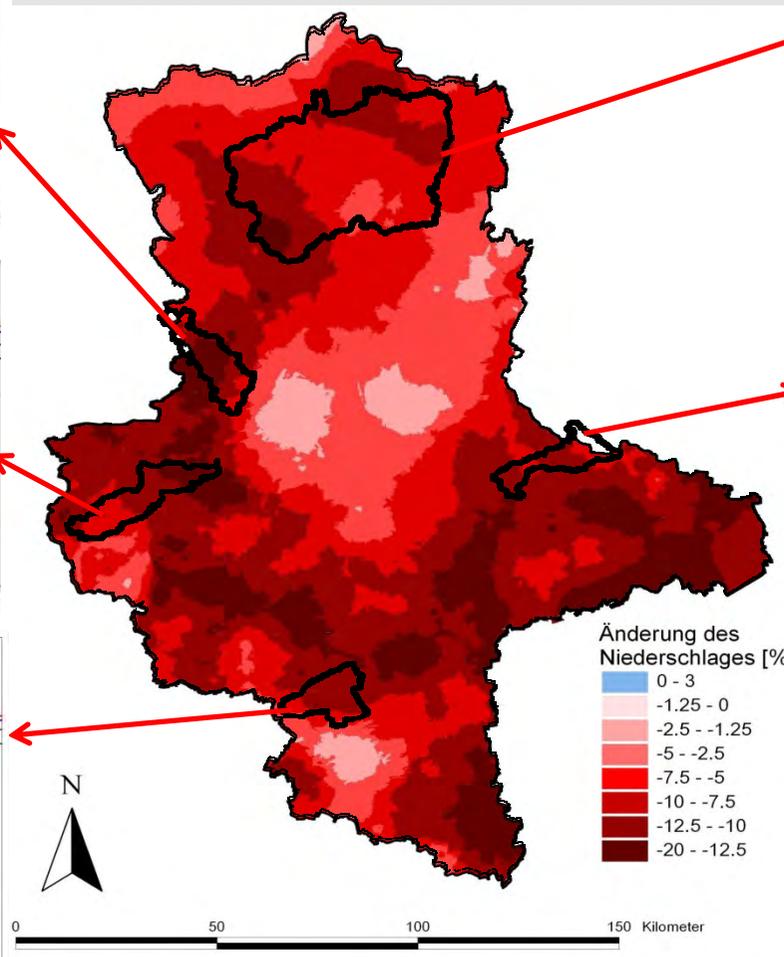
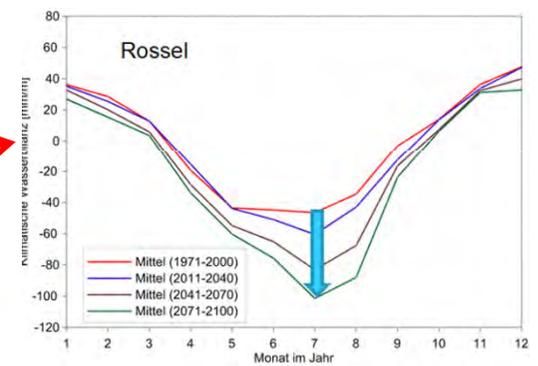
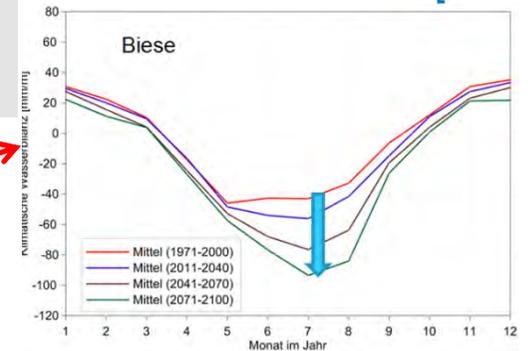
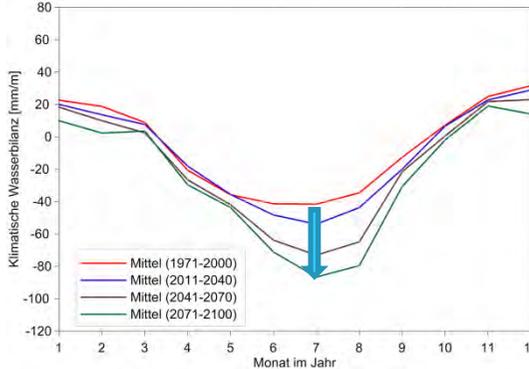
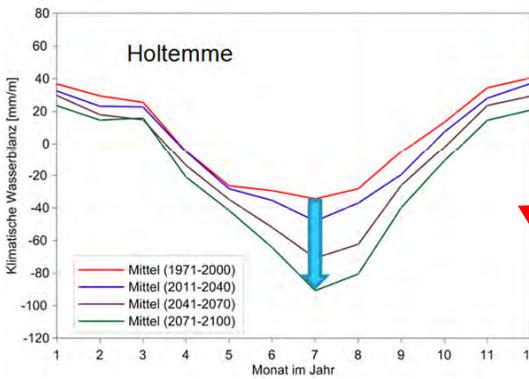
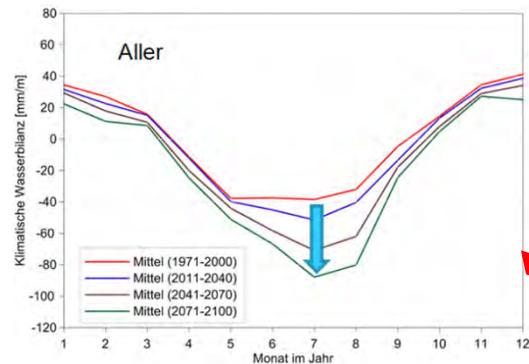
-10%

+30%

starke Änderungen der klimatischen Wasserbilanz

Änderungen der hydrometeorologischen Situation

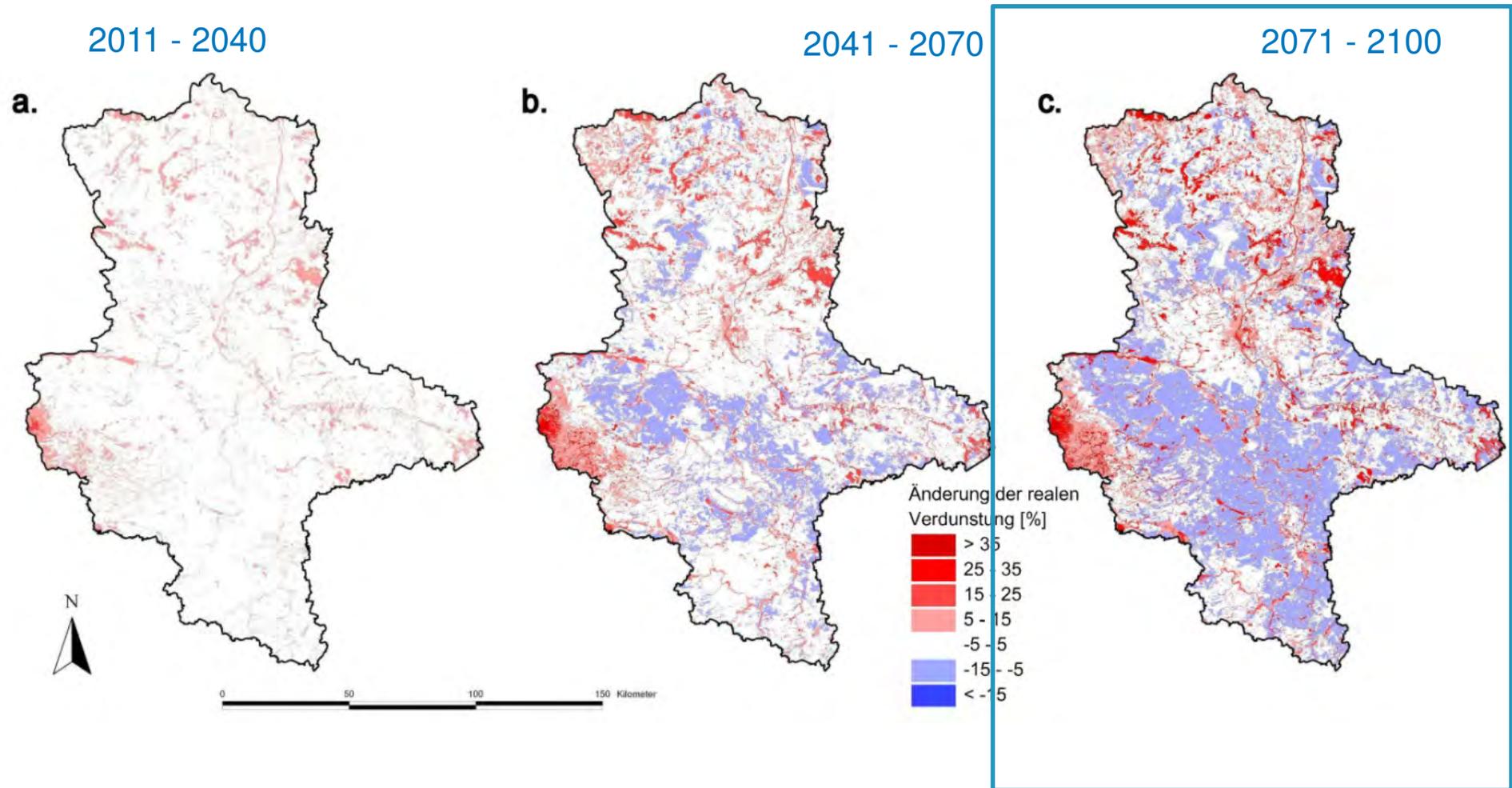
Entwicklung des Jahresganges der klimatischen Wasserbilanz



Beträchtliche Abnahme vor allem im Sommer (max. 60 mm/mon)

Entwicklung des Wasserhaushaltes (ER)

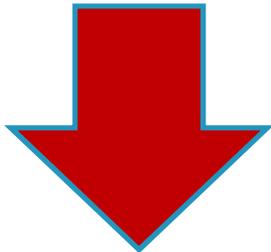
Änderung der realen Verdunstung gegenüber dem Referenzzeitraum



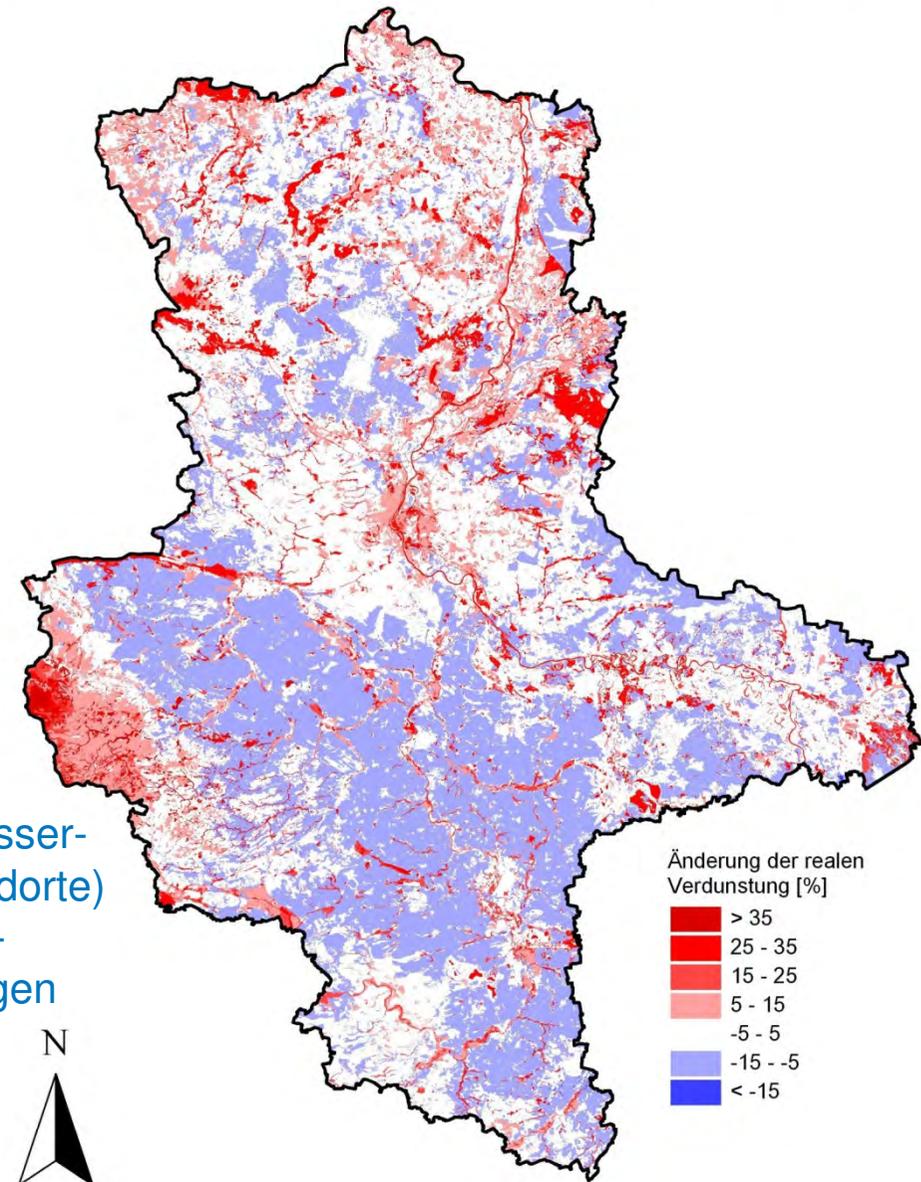
Wasserhaushalt

Änderung der realen Verdunstung
2071 -2100 zum Referenzzeitraum 1971-2000

**Landesweit beträchtliche Zunahme
der potenziellen Verdunstung,
Regional differenzierte Abnahme der
Niederschläge**

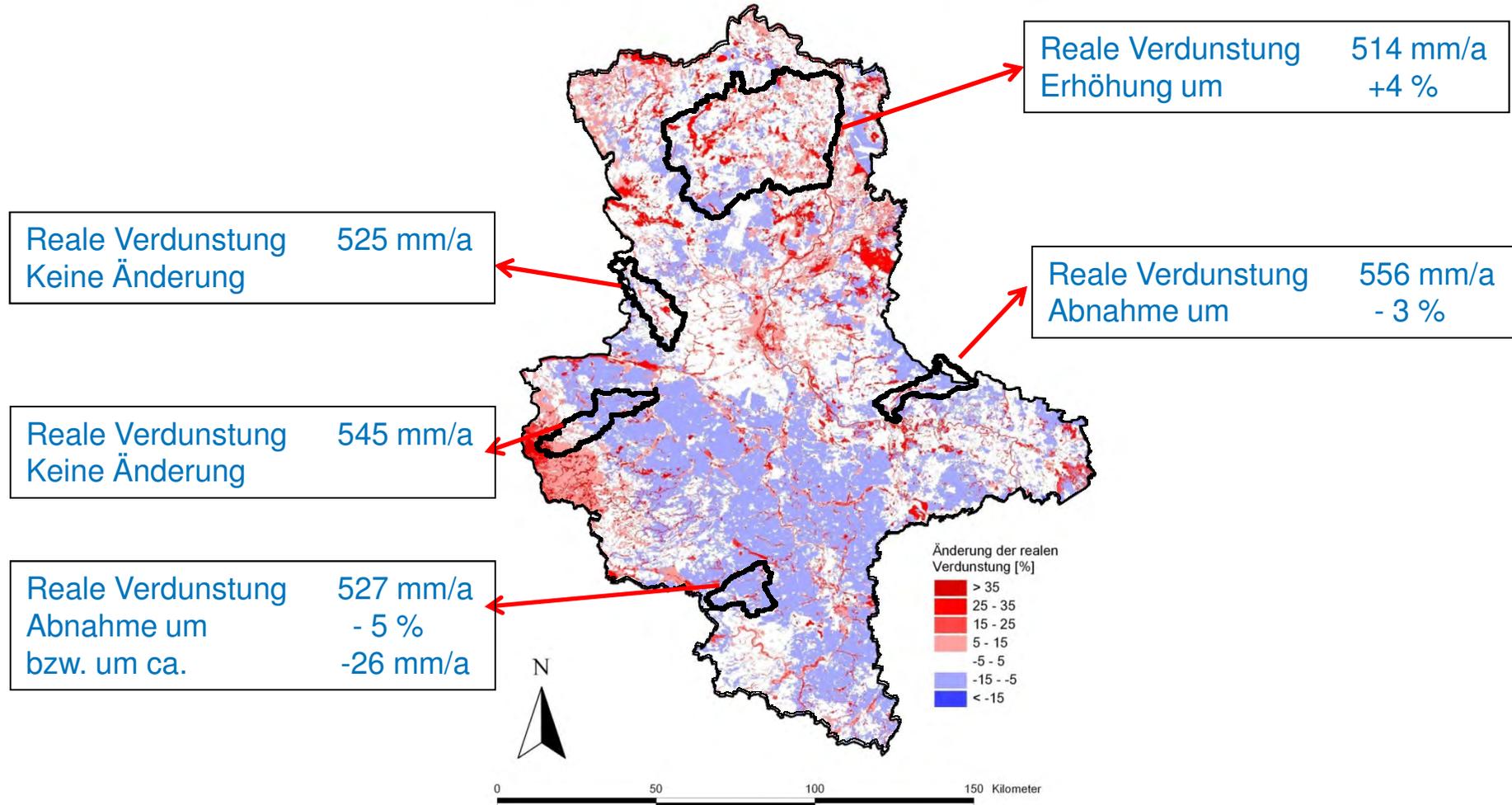


- 1) **Beträchtliche Zunahme** der Verdunstung auf Standorten mit ausreichendem Niederschlagsangebot (Harz)
- 2) **Beträchtliche Zunahme** auf Standorten mit einem als ausreichend angenommenem Wasserangebot (grundwassergeprägte Tieflandstandorte)
- 3) **Feuchtelimitierte Abnahme** auf grundwasserfernen Standorten mit geringen Niederschlägen (mitteldeutsches Trockengebiet, Lößgebiete, grundwasserferne Standorte im Tiefland)



Entwicklung des Gebietswasserhaushaltes

Änderung der realen Verdunstung
2071 -2100 zum Referenzzeitraum 1971-2000



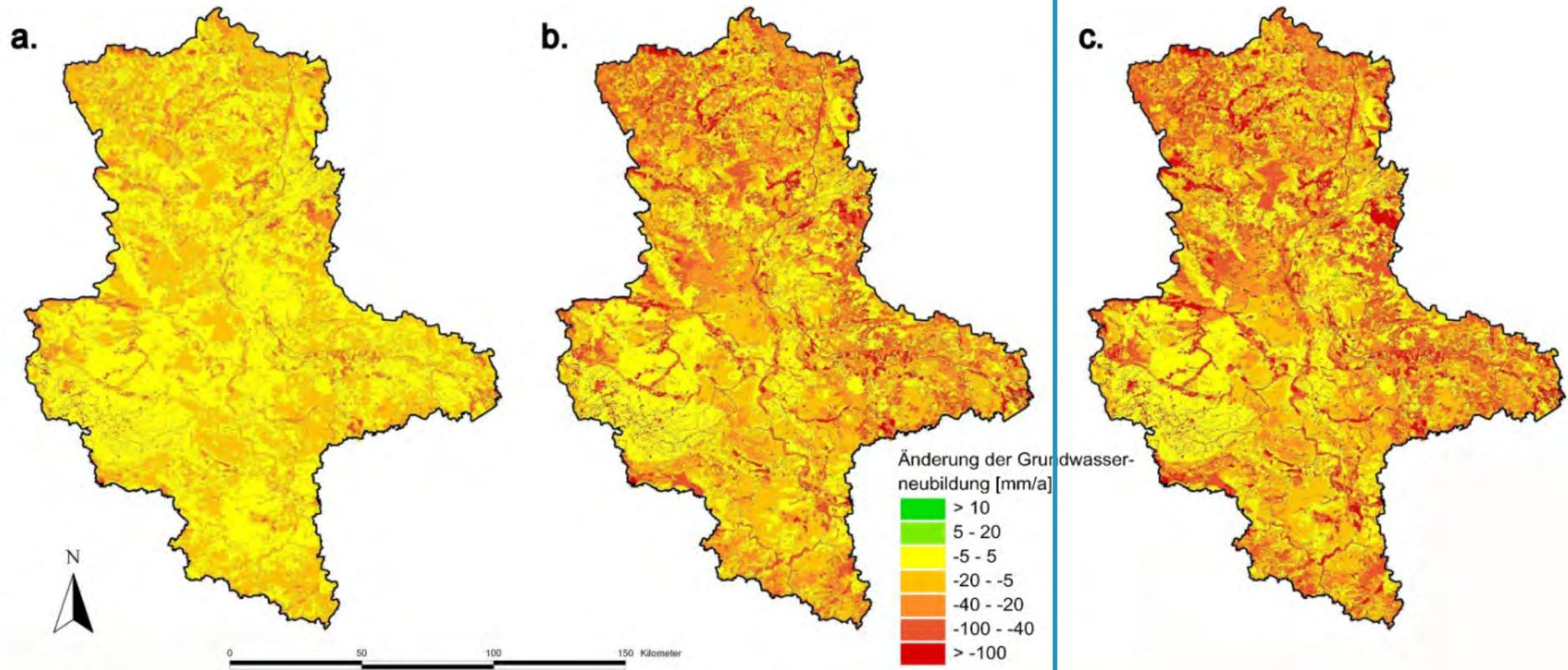
Entwicklung des Wasserhaushaltes (GWN)

Änderung der Grundwasserneubildung¹⁾ gegenüber dem Referenzzeitraum

2011 - 2040

2041 - 2070

2071 - 2100

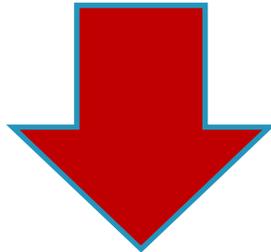


1) Die Grundwasserneubildung ist das langfristig stabil zur Verfügung stehende Dargebot.
Sie entspricht dem langsamen Grundwasserabfluss und ist somit nur ein Teil des Grundwasserabflusses

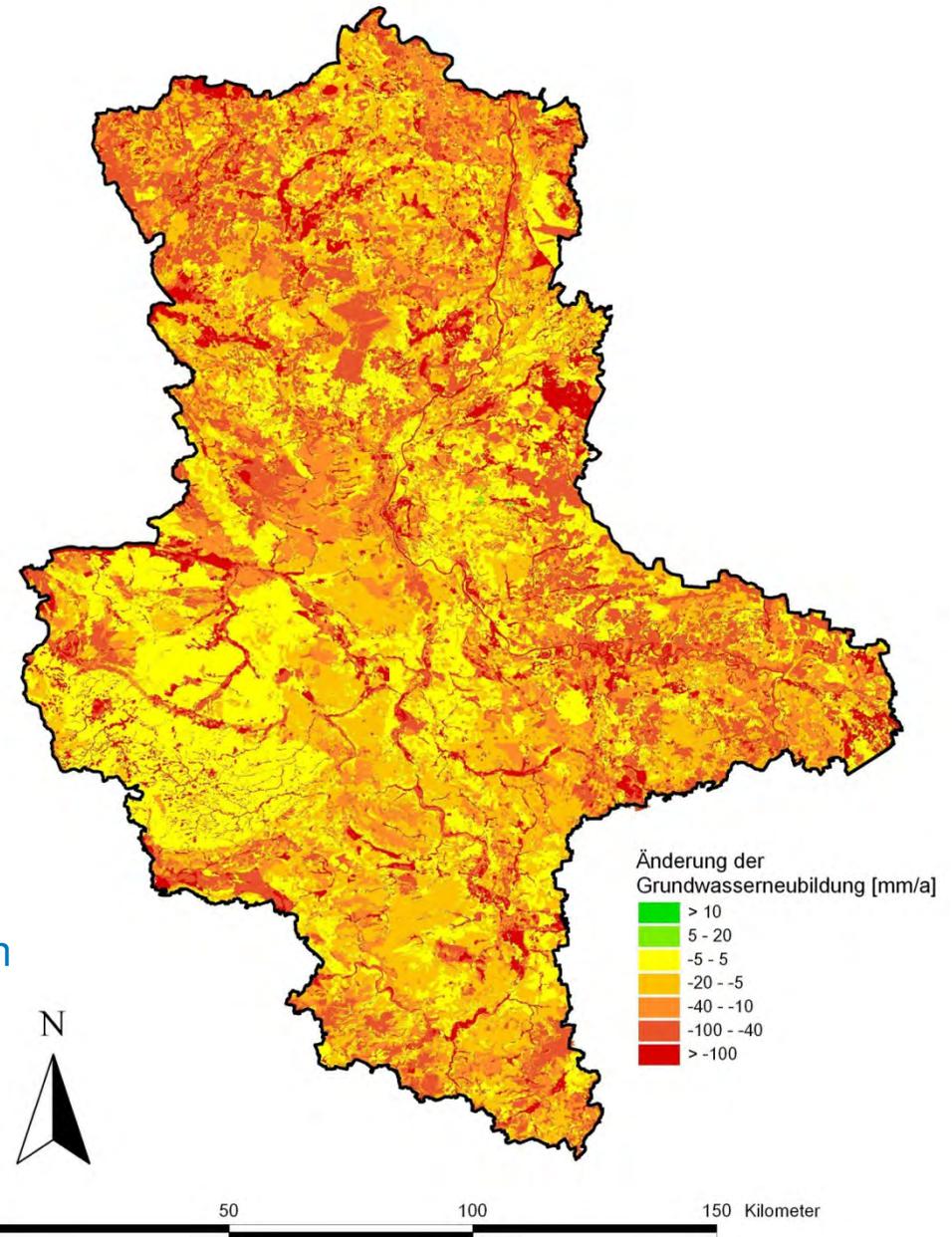
Ergebnisse - GWN

Änderung der Grundwasserneubildung
2071 -2100 zum Referenzzeitraum 1971-2000

Beträchtliche Zunahme der potenziellen Verdunstung, Abnahme der Niederschläge

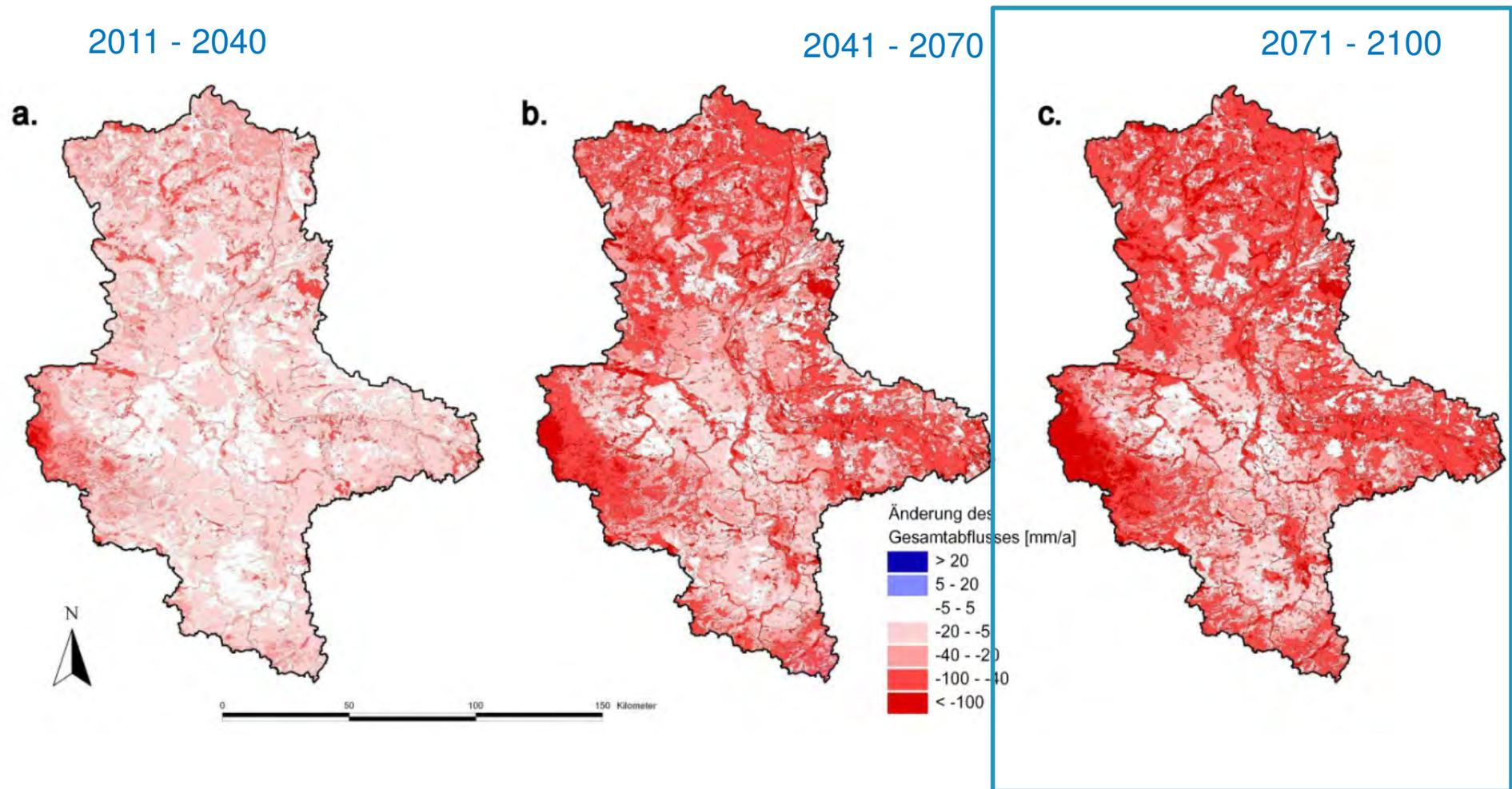


- 1) Flächen ohne nennenswerte Neubildung
 - im Festgesteinbereich (Harz)
 - auf tiefgründigen Böden mit hoher Wasserspeicherkapazität (Löß)
 - auf stark versiegelten Flächen→ keine signifikante Änderungen
- 2) Alle anderen Flächen zeigen eine massive Verringerung der Grundwasserneubildung.
- 3) Größte Änderungen auf grundwassergeprägten Standorten im Tiefland (Überschätzung, da mangels Grundwassermodell immer von ausreichender Nachlieferung ausgegangen wurde)



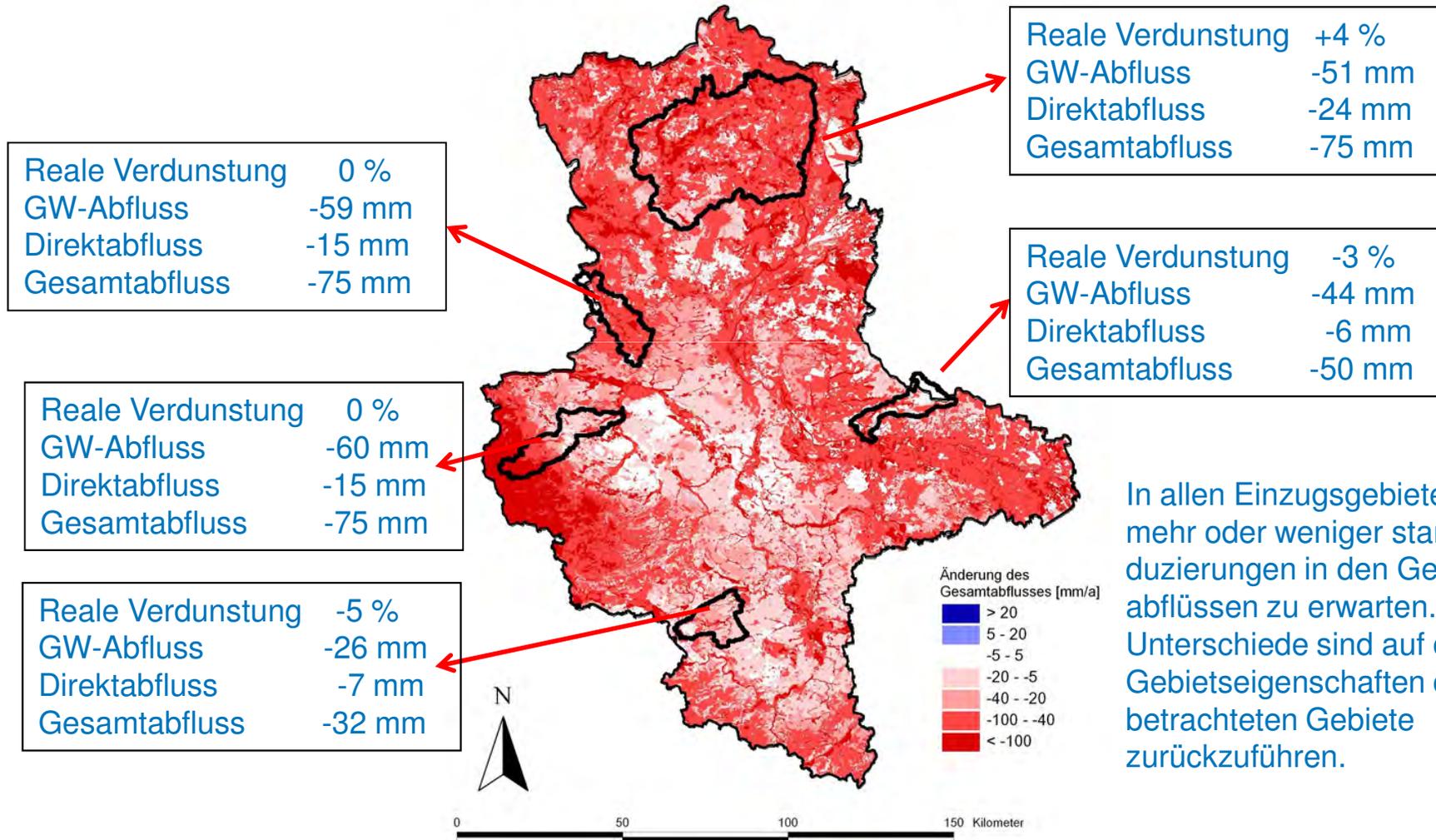
Entwicklung des Wasserhaushaltes (R)

Änderung des Gesamtabflusses (R=P-ER) gegenüber dem Referenzzeitraum



Entwicklung des Gebietswasserhaushalt

Änderung des Gesamtabflusses
2071 - 2100 zum Referenzzeitraum 1971-2000



In allen Einzugsgebieten sind mehr oder weniger starke Reduzierungen in den Gebietsabflüssen zu erwarten. Unterschiede sind auf die Gebietseigenschaften der betrachteten Gebiete zurückzuführen.

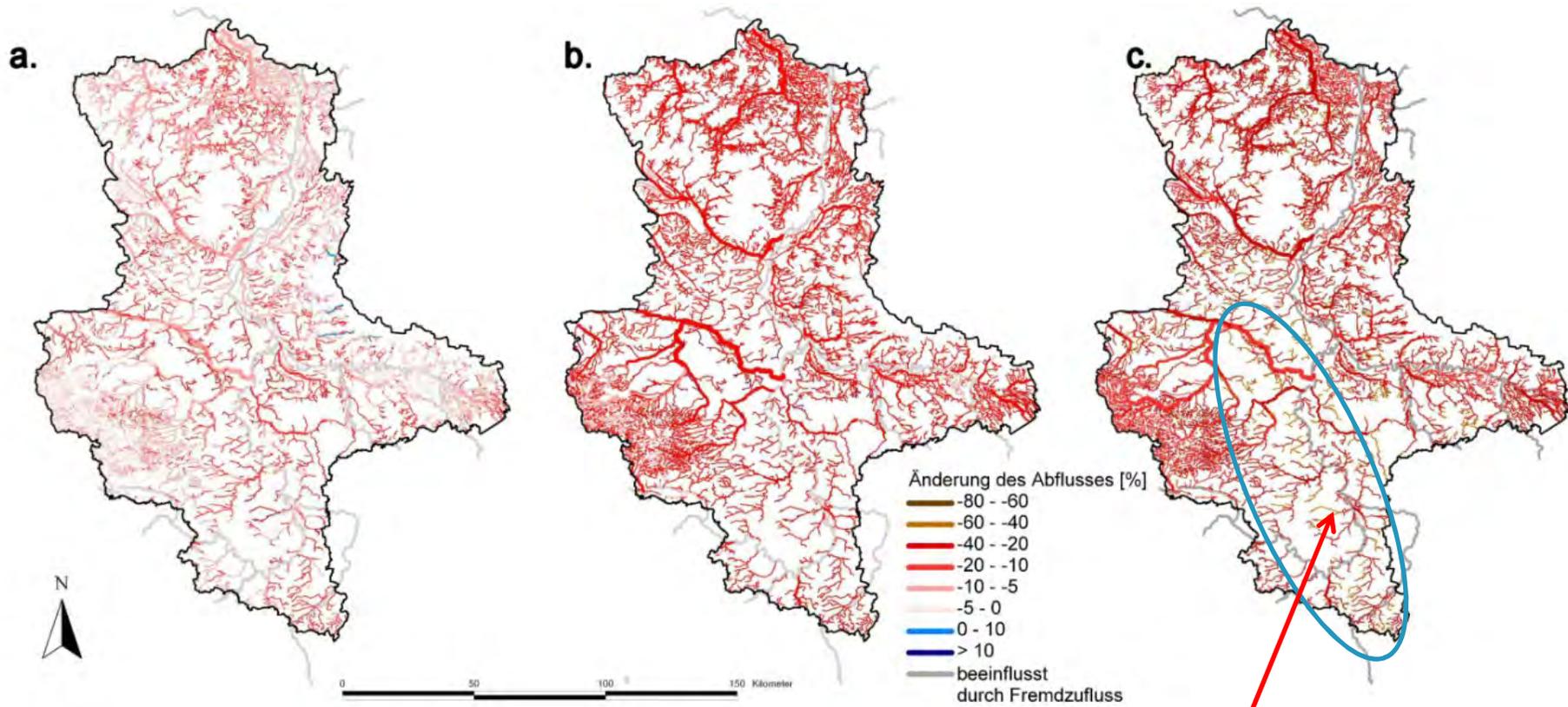
Entwicklung der Gewässerabflüsse

Änderung des mittleren Abflusses (MQ) gegenüber dem Referenzzeitraum

2011 - 2040

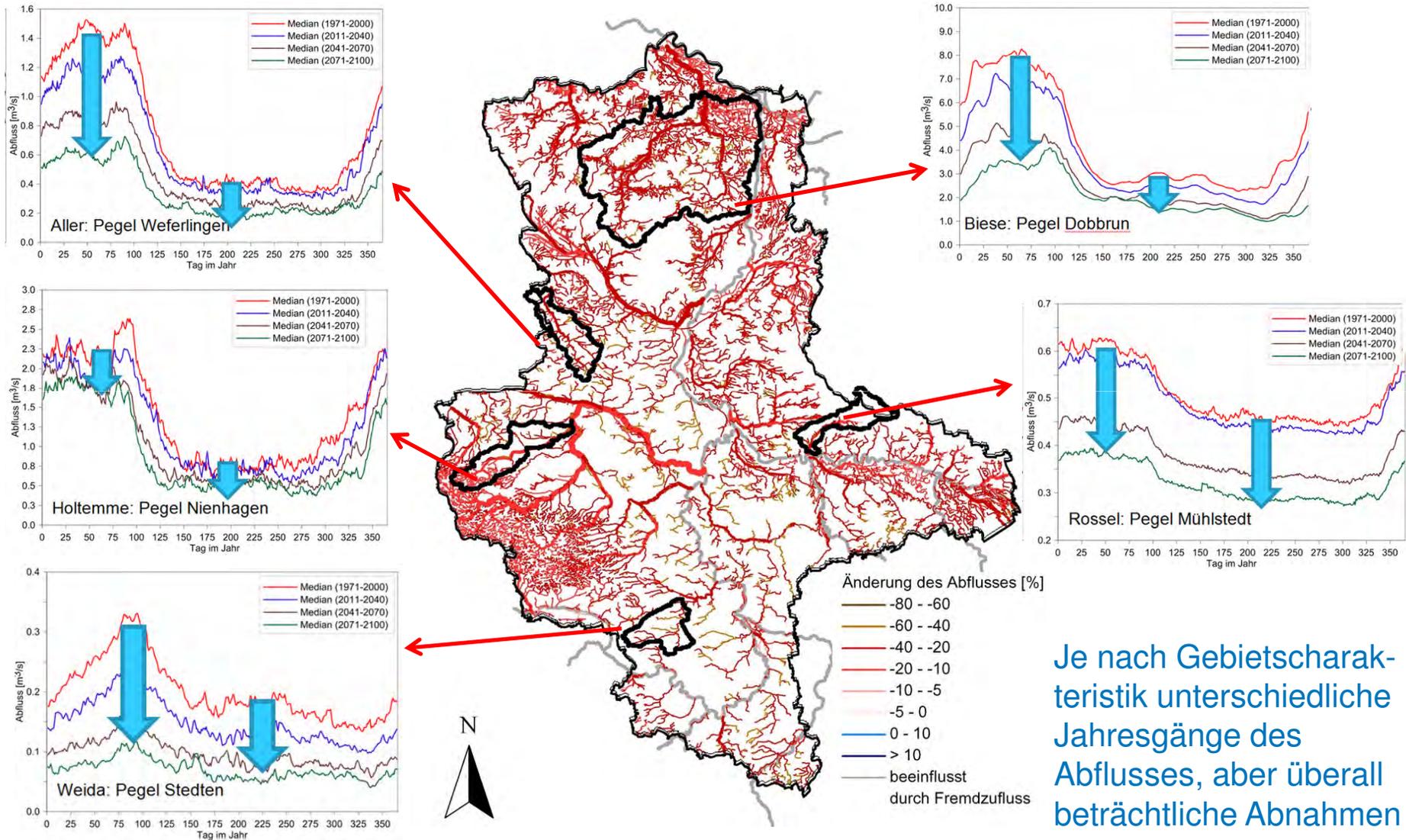
2041 - 2070

2071 - 2100



Größte (relative) Änderungen in den Gewässern, die schon im Referenzzeitraum sehr geringe Abflüsse haben

Entwicklung der mittleren Gewässerabflüsse



Je nach Gebietscharakteristik unterschiedliche Jahresgänge des Abflusses, aber überall beträchtliche Abnahmen

Entwicklung der Niedrigwasserabflüsse

Charakterisierung der Niedrigwasserverhältnisse über

1. 10%-Perzentil der Abflussdauerlinie
2. NM7Q als kleinstes arithmetisches Mittel des Abflusses an 7 aufeinanderfolgenden Tagen
3. maxD als maximale zusammenhängende Unterschreitungsdauer eines Abflusswertes Q_s (als Schwellenwert Q_s wurde der NMQ des Referenzzeitraums 1971-2000 der jeweiligen Realisierung verwendet)

→ Starke Abnahme der Niedrigwasserabflüsse,
→ beträchtliche Zunahme des Andauerns von Niedrigwasserperioden.

Entwicklung der Hochwasserabflüsse

Charakterisierung der Hochwasserverhältnisse über

1. Das HQ100 (100-jährige Hochwasser)

Prozentuale Abweichungen der aus Tagesmittelwerten abgeleiteten HQ100 (Median über alle 10 Realisierungen) vom Referenzzeitraum

Gebiet	Pegel		2011-2040	2041-2070	2071-2100
Biese	Dobbrun		-6	-27	-25
Rossel	Mühlstedt		-4	-30	-35
Holtemme	Nienhagen	[%]	28	-13	-40
Aller	Weferlingen		57	-6	-58
Weida	Stedten		-36	-51	-51

Die Abnahme der HQ-Werte steht im Widerspruch zu einigen anderen Studien!

Ursachen:

- 1) Analysen basieren auf Tageswerten → keine Erfassung extremer Niederschlagsintensitäten → unzureichende Abbildung der maßgebenden HW-Genese-Prozesse in kleineren Einzugsgebieten
- 2) Starke Verringerung der klimatischen Wasserbilanz führt dazu, dass Hochwassergenese sehr oft in sehr trockenen Gebieten stattfindet → hohe Anfangsverluste → geringere Scheitel

Ergebnisse - Zusammenfassung

Landesweit Zunahme der potenziellen Verdunstung,
regionale differenzierte Abnahme des Niederschlages

1) Harz, Festgesteinsbereich, Hochlagen

Ausgehend von derzeit hohen Niederschlägen ist künftig mit einer moderaten Abnahme des Niederschlages, aber einer beträchtlichen Zunahme der realen Verdunstung zu rechnen. Dies führt zu einer starken Reduktion der Abflüsse.

2) Harzvorland, Lößregion, mitteldeutsches Trockengebiet

Die ohnehin geringen Niederschläge sinken weiter ab. Die Zunahme der Verdunstung wird durch die zur Verfügung stehende Feuchte limitiert. Die schon derzeit sehr geringen Abflüsse sinken weiter.

Ergebnisse - Zusammenfassung

3) Tiefland

In den Gebieten, die schon derzeit sehr geringe Niederschläge aufweisen, sinken diese moderat weiter. In den Gebieten mit derzeit mittleren Niederschlägen kommt es zu einer starken Abnahme des Niederschlages bei gleichzeitiger Zunahme der potenziellen Verdunstung. Hier ergeben sich beträchtliche Verschlechterungen der klimatischen Wasserbilanz.

Auf grundwassergeprägten Standorten steigt die reale Verdunstung sehr stark an. Es ergeben sich negative Grundwasserneubildungen (Zehrungen), was langfristig zu einem großräumigen Absinken der Grundwasserstände führen muss. Dadurch ergäbe sich dann eine gewisse Dämpfung der beschriebenen Effekte, die allerdings mit der gewählten Modellkonstellation nicht erfasst wurde (gekoppelte Grundwasser-Oberflächenwasser-Modellierung wäre notwendig).

Auf grundwasserfernen Standorten steigt die reale Verdunstung feuchtelimitiert an. Grundwasserneubildung und Abfluss verringern sich in Abhängigkeit von den lokalen Bodeneigenschaften (Speicherkapazität).

Gliederung

1. Gesamtprojekt „Wasser“
 - Bearbeitungsansatz
 - Grundlagen und Randbedingungen
2. TP 1 „Bodenwasserhaushalt & Vegetation“
Betrachtung von Einzelstandorten
3. TP 2 „Extremereignisse (NW, HW)“
Analysen für Flussgebiete
4. TP 3 „Regionale Unterschiede im mittl. Wasserdargebot“
landesweite Analysen
5. **Abschätzung der Unsicherheiten**

Wie belastbar bzw.
wie sicher sind
die Ergebnisse?

Szenarios basieren auf unsicheren Annahmen zu einer Vielzahl von Faktoren, wie Ökonomie, Technologieentwicklung, Bevölkerungswachstum oder Globalisierung.

Globale Klimamodelle nutzen diese Information als Antriebsgröße und fügen spezifische raumzeitliche Unsicherheiten hinzu.

- Das SRES-Szenario A1B stellt ein Ergebnis des gekoppelten großräumigen Atmosphären-Ozean-Modells ECHAM5/MPI-OM dar.
- Auch die WETTREG2010-Regionalisierung stellt nur einen Teil der *möglichen* Bandbreite eines zukünftigen Klimas dar.
- Innerhalb der 10 Realisierungen ergibt sich teilweise bereits eine beträchtliche Bandbreite.

- Anpassungsstrategien nicht berücksichtigt
 - Landnutzung als konstante Randbedingung
 - mit derzeit typischer Fruchtfolgen und Bestandeszusammensetzungen
 - Saat- und Erntetermine entsprechend heutiger Sorten
- Unsicherheit bei der Abbildung der **Wechselwirkungen zwischen Oberflächen- und Grundwasser**
→ Überschätzung der Grundwasserzehrung → Unterschätzung der Niedrigwasserabflüsse in Tieflandeinzugsgebieten

Auswirkungen des Klimawandels werden über Änderungen gegenüber dem Referenzzustand charakterisiert

→ Einige Modellunsicherheiten heben sich auf.

VIELEN DANK

