

Klimafolgenstudie 2012

Wasser (Band 2)



Untersuchungen zu den Folgen des Klimawandels
in Sachsen-Anhalt



SACHSEN-ANHALT

Landesamt für Umweltschutz

Klimafolgenstudie 2012

Wasser (Band 2)
Folgeuntersuchungen

Bericht zur Untersuchung der Folgen des Klimawandels in Sachsen-Anhalt

im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt
unter fachlicher Begleitung des
Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt

Berichte des
Landesamtes für Umweltschutz
Sachsen-Anhalt

2013 – Heft 5 (Band 2)

In dieser Schriftenreihe erscheinen folgende Bände mit den Ergebnissen der beiden Untersuchungen zu den Folgen des Klimawandels in Sachsen-Anhalt:


Die Folgen des Klimawandels in Sachsen-Anhalt Kurzfassungen der Studien 2009 und 2012	Heft 2/ 2013
Vulnerabilitätsstudie 2009 Bericht	Heft 3/ 2013 (Band 1)
Vulnerabilitätsstudie 2009 Anhang	Heft 3/ 2013 (Band 2)
Klimafolgenstudie 2012: Klimadiagnose und Klimaprojektion, Extremereignisse	Heft 4/ 2013
Klimafolgenstudie 2012: Wasser Bericht	Heft 5/ 2013 (Band 1)
Klimafolgenstudie 2012: Wasser Folgeuntersuchungen	Heft 5/ 2013 (Band 2)
Klimafolgenstudie 2012: Naturschutz	Heft 6/ 2013
Klimafolgenstudie 2012: Landwirtschaft	Heft 7/ 2013
Klimafolgenstudie 2012: Forstwirtschaft	Heft 8/ 2013
Klimafolgenstudie 2012: Anpassungsmaßnahmen	Heft 9/ 2013



Vorwort

Die Anpassung an den Klimawandel ist neben dem Klimaschutz die zweite Säule der Klimapolitik in Sachsen-Anhalt. Nach Einschätzung der großen Mehrheit von Wissenschaft und Politik ist der Klimawandel trotz aller Bemühungen um den Klimaschutz nicht aufzuhalten. Das belegen auch die in zwei Studien erhobenen Daten und Szenarien für Sachsen-Anhalt. Das Klima in unserem Bundesland wird sich voraussichtlich regional in unterschiedlicher Weise ändern. Folglich müssen auch die Auswirkungen auf verschiedene Landesteile und Sektoren differenziert betrachtet werden. Nur ein überlegtes Handeln in Gegenwart und Zukunft erspart vermeidbare, durch den Klimawandel verursachte Kosten. Deshalb wurde im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt vom Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt 2009 eine Studie zum Klimawandel in Sachsen-Anhalt und der Verletzlichkeit gegenüber den Folgen des Klimawandels (**Vulnerabilitätsstudie**) durchgeführt. 2012 wurden in einer weiteren Studie (**Klimafolgenstudie 2012**) die Untersuchungen zu den Folgen des Klimawandels in Sachsen-Anhalt unter Berücksichtigung neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse, mit einem besonderen Fokus auf Extremereignisse, fortgeschrieben. Die Ergebnisse beider Studien sollen nun für die breite Öffentlichkeit zugänglich gemacht und deshalb in dieser Schriftenreihe publiziert werden.

Halle, 01.03.2013



Klaus Rehda
Präsident

Inhaltsverzeichnis

Teil 1: Darstellung der Veränderung regionaler Unterschiede im Wasserdargebot für Grund- und Oberflächenwasser

Teil 2: Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt der Fließgewässer und Seen Sachsen-Anhalts

Teil 1

Darstellung der Veränderung regionaler Unterschiede im Wasserdargebot für Grund- und Oberflächenwasser

Autoren:

Büro für Angewandte Hydrologie

B. Pfützner, M. Mährlein, A. Schumann, P. Hesse

Dr. Bernd Pfützner - Dipl.-Hydrologe
Büro für Angewandte Hydrologie
Köberlesteig 6
D-13156 BERLIN



Ergänzung zum Endbericht
Los 1.3 (Wasser)

Durchführung einer Untersuchung zu den Folgen
des Klimawandels in Sachsen-Anhalt

Vergabe-Nr. 1.2-44761-02-2011

Bearbeiter:

Dr. B. Pfützner, M. Mährlein, M. Sc. A. Schumann, Dipl. Geogr. P. Hesse

Berlin, Oktober 2012

INHALT

1	Einleitung	3
2	Klimafolgen für den Wasserhaushalt Sachsen-Anhalts	4
2.1	Hydrometeorologische Situation	4
2.2	Reale Verdunstung	6
2.3	Grundwasserneubildung	7
2.4	Gesamtabfluss	8
2.5	Mittlerer Abfluss im Gewässersystem	9
3	Zusammenfassung	11
4	Ergebnisübergabe	12
5	Anhang	13

Abbildungen

Abbildung 2.1-1: Änderung des Niederschlages zum Referenzzeitraum	5
Abbildung 2.2-1: Änderung der realen Verdunstung zum Referenzzeitraum	6
Abbildung 2.3-1: Änderung der Grundwasserneubildung zum Referenzzeitraum	7
Abbildung 2.4-1 Änderung des Gesamtabflusses zum Referenzzeitraum	8
Abbildung 2.5-1: Prozentuale Änderung des Abflusses in den Gewässersystemen zum Referenzzeitraum	9

Anhang

Anhang 1: Darstellung des Modellgebietes und der Landesgrenze Sachsen-Anhalt	13
Anhang 2: Niederschlag 1971 - 2000	14
Anhang 3: Niederschlag 2011 - 2040	15
Anhang 4: Niederschlag 2041- 2070	16
Anhang 5: Niederschlag 2071 – 2100.....	17
Anhang 6: Reale Verdunstung 1971 - 2000.....	18
Anhang 7: Reale Verdunstung 2011 - 2040.....	19
Anhang 8: Reale Verdunstung 2041 - 2070.....	20
Anhang 9: Reale Verdunstung 2071 - 2100.....	21
Anhang 10: Grundwasserneubildung 1971 – 2000	22
Anhang 11: Grundwasserneubildung 2011 - 2040.....	23
Anhang 12: Grundwasserneubildung 2041 - 2070.....	24
Anhang 13: Grundwasserneubildung 2071 - 210.....	25
Anhang 14: Gesamtabfluss 1971 - 2000	26
Anhang 15: Gesamtabfluss 2011 - 2040	27
Anhang 16: Gesamtabfluss 2041 - 2070	28
Anhang 17: Gesamtabfluss 2071 – 2100.....	29
Änderungen	
Anhang 18: Änderung des Niederschlages 2011 – 2040	30
Anhang 19: Änderung des Niederschlages 2041 – 2070	31
Anhang 20: Änderung des Niederschlages 2071 – 2100.....	32
Anhang 21: Änderung der realen Verdunstung 2011 – 2040	33
Anhang 22: Änderung der realen Verdunstung 2041 – 2070	34
Anhang 23: Änderung der realen Verdunstung 2071 – 2100	35
Anhang 24: Änderung der Grundwasserneubildung 2011 – 2040	36
Anhang 25: Änderung der Grundwasserneubildung 2041 – 2070	37
Anhang 26: Änderung der Grundwasserneubildung 2071 – 2100	38
Anhang 27: Änderung des Gesamtabflusses 2011 – 2040	39
Anhang 28: Änderung des Gesamtabflusses 2041 – 2070	40
Anhang 29: Änderung des Gesamtabflusses 2071 – 2100	41
Anhang 30: Änderung des Abflusses in Gewässersystemen 2011 – 2040	42
Anhang 31: Änderung des Abflusses in Gewässersystemen 2041 – 2070	43
Anhang 32: Änderung des Abflusses in Gewässersystemen 2071 – 2100	44

1 Einleitung

Dieser Bericht ist als Ergänzung zum Teil II des Hauptberichts „Durchführung einer Untersuchung zu den Folgen des Klimawandels in Sachsen-Anhalt“ zu betrachten.

Die im Hauptbericht beschriebenen Modelluntersuchungen wurden räumlich und inhaltlich genestet in zwei verschiedenen Maßstabsebenen (Flussgebiete und Einzelstandorte) durchgeführt:

1. Detaillierte Bodenwasserhaushalts- und Vegetationsmodellierungen für repräsentative Standorttypen (Klima, Boden, Landnutzung)
2. Abflusssimulationen für repräsentative Einzugsgebiete für Landschaftsräume in Sachsen-Anhalt zur Modellkalibrierung und -validierung und zur detaillierten Analyse der Niedrig- und Hochwasserkennwerte, des innerjährlichen Ganges usw.

Bei der hier vorliegenden Bearbeitung wurde als Ergänzung eine weitere Maßstabsebene betrachtet:

3. Flächendeckende Wasserhaushalts- und Abflusssimulationen zur Analyse der regionalen Unterschiede im Wasserdargebot für Grund- und Oberflächenwasser.

Mit dem im Hauptbericht validierten Modell wurde in der aktuellen Bearbeitung der Wasserhaushalt flächendeckend für das Land Sachsen-Anhalt simuliert. Für die Abflussverhältnisse wurden alle komplett über das landesweite Modell ArcEGMO-ST abgebildeten Einzugsgebiete modelliert. Die Auswertungen zu den Wasserhaushaltsgrößen reale Verdunstung, Gesamtabfluss und Versickerung/Grundwasserneubildung wie auch zu den Abflüssen im Gewässersystem erfolgten für die vier im Hauptbericht genannten 30-Jahreszeiträume, wobei der Schwerpunkt auf den Änderungen gegenüber dem Referenzzustand (1971-2000) lag.

Die Gewässerabflüsse dienen als Indikator für die Oberflächenwasserverhältnisse und Versickerung/Grundwasserneubildung als Indikator für die Grundwasserverhältnisse. Über räumliche Analysen wurde der Grad der Änderungen gegenüber dem Referenzzustand ermittelt.

Die Daten- und Modellgrundlagen sowie die Methodik für das verwendete Modell wurden im Hauptbericht bereits im zweiten Kapitel beschrieben. Die Vorgehensweise und die Ergebnisse der Bodenwasserhaushaltssimulation sind dort im dritten Kapitel zu finden. Die Beschreibung der Vorgehensweise für die Simulation des Gebietswasserhaushalts und der Abflussverhältnisse für ausgewählte Referenzgebiete sowie deren Ergebnisse steht in Kapitel 4 des Hauptberichts.

Die in diesem Bericht dargestellten Karten basieren auf Mittelwerten der 10 WETTREG2010-Realisierungen des Klimaentwicklungsszenarios A1B, die wiederum als Jahresmittelwerte der vier Simulationszeiträume dargestellt sind.

2 Klimafolgen für den Wasserhaushalt Sachsen-Anhalts

2.1 Hydrometeorologische Verhältnisse

Die hydrometeorologischen Verhältnisse werden durch den Niederschlag als wesentlichen Feuchteeintrag in den Gebietswasserhaushalt und die potenzielle Verdunstung als den energetisch möglichen Feuchteentzug charakterisiert.

Verursacht durch den prognostizierten Temperaturanstieg ist mit einem, vor allem in der Zeitraum 2071 bis 2100 beträchtlichen Anstieg der potenziellen Verdunstung zu rechnen. Im Gegensatz zum Niederschlag sind die räumlichen Unterschiede der Zunahme der potenziellen Verdunstung gering. Deshalb wurden als Grundlage für die Interpretation der Änderungen, die sich für die Wasserhaushaltsgrößen und die Abflussverhältnisse in Sachsen-Anhalt zeigen, die Änderungen im Niederschlag analysiert.

Die Karten in Abbildung 2.1-1 zeigen die prozentuale Änderung des Niederschlages innerhalb der drei modellierten Zeiträume im Vergleich zum Referenzzeitraum von 1971 bis 2000. Beim Vergleich der Karten wird deutlich, dass die Niederschläge im zeitlichen Verlauf immer stärker abnehmen. Die Niederschläge im Zeitraum 2011 bis 2040 nehmen nur leicht ab. In einzelnen Regionen ist sogar eine geringfügige Zunahme des Niederschlages von maximal 3 % erkennbar. Innerhalb des Zeitraums 2041 bis 2070 liegt die Verringerung des Niederschlages zwischen -2,5 und -10 %.

Zu beachten ist allerdings bei diesen Analysen und den darauf aufbauenden weiteren Auswertungen, dass aus Sicht der Messtechnik und der Klimamodellierung Änderungen im Bereich $\pm 10\%$ in der Größenordnung des Messfehlers und der natürlichen und Modell-internen Variabilität liegen und demzufolge wenig belastbar sind.

Im Zeitraum 2071 bis 2100 nimmt der Niederschlag gegenüber dem Referenzzustand um bis zu 20 % ab.

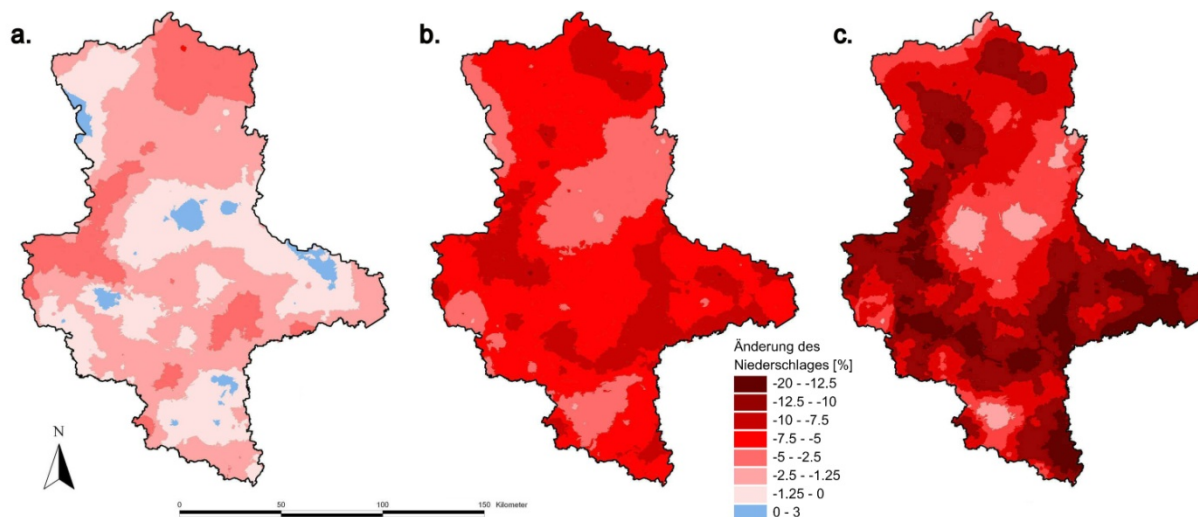


Abbildung 2.1-2: Änderung des Niederschlages zum Referenzzeitraum (a. 2011 - 2040, b. 2041 - 2070, c. 2071 - 2100)

Im Anhang 2 ist die derzeitige räumliche Verteilung des Niederschlages in Sachsen-Anhalt dargestellt. Dort ist erkennbar, dass die höchsten Niederschläge im Harz fallen, die geringsten im Harzvorland und Teilen des Tieflandes, also in Gebieten, die im Regenschatten des Harzes liegen. Die geringsten Änderungen der mittleren Niederschlagshöhen sind im Harz und in Teilen des mitteldeutschen Trockengebietes erkennbar. Die größten Abnahmen des Niederschlages konzentrieren sich auf die derzeit noch gut versorgten Bereiche im Nordwesten, Osten und Süden des Landes.

2.2 Reale Verdunstung

In großen Teilen Sachsen-Anhalts sind für die reale Verdunstung im Zeitraum 2011 bis 2040 nur leichte Änderungen im Bereich von +/- 5 % erkennbar. In Gebieten mit ausreichendem Wasserdargebot, beispielsweise in höheren Lagen des Harzes oder allgemein auf Wasserflächen und grundwassergeprägten Standorten, steigt die reale Verdunstung. Erhöhte Lufttemperaturen können eine Änderung der potentiellen Verdunstung von bis zu 25 % hervorrufen. In den Jahren 2041 bis 2070 steigt die Änderung der realen Verdunstung auf diesen Flächen auf teilweise über 35 % an. In den mittleren und tieferen Höhenlagen, vor allem auf grundwasserfernen Flächen im Schwarzerdegürtel, nimmt die reale Verdunstung zwischen 5 und 15 % ab, weil das für die Verdunstung zur Verfügung stehende Wasser limitierend wirkt. Im Zeitraum 2071 bis 2100 wird dieser Trend noch deutlicher. Die Verdunstung nimmt in Städten, auf Wasserflächen und in größten Höhenlagen weiter zu, während großräumig, vor allem für grundwasserferne Flächen, eine Abnahme der realen Verdunstung zu verzeichnen ist.

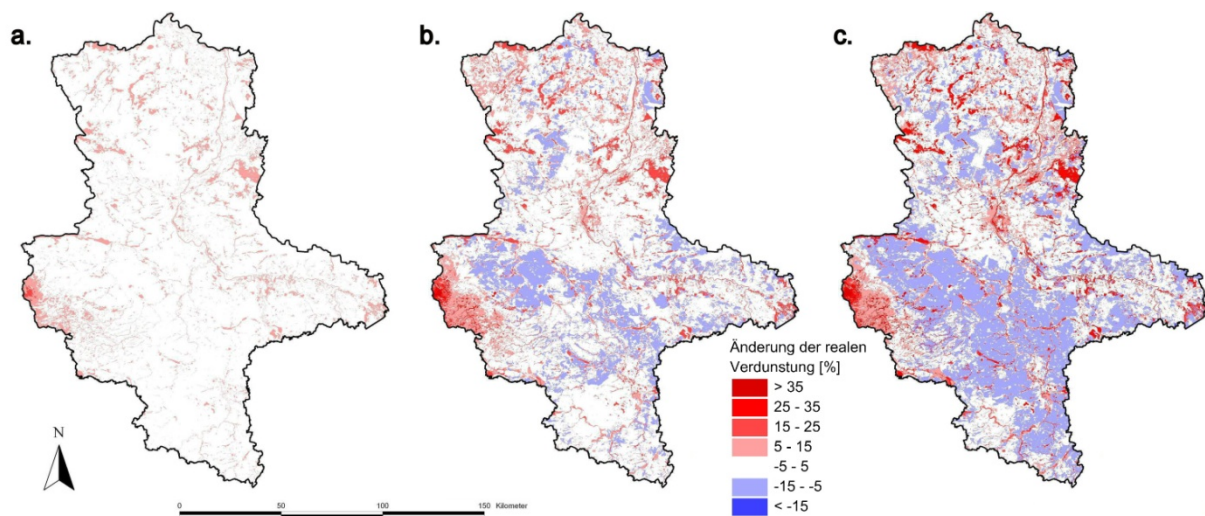


Abbildung 2.2-1: Änderung der realen Verdunstung zum Referenzzeitraum (a. 2011 - 2040, b. 2041 - 2070, c. 2071 - 2100)

2.3 Grundwasserneubildung

Während im Rahmen der regionalen Untersuchungen, die im Hauptbericht beschrieben werden, der Grundwasserabfluss im Vordergrund steht, wird hier die Grundwasserneubildung analysiert. Im Grundwasserabfluss werden die beiden Komponenten schneller und langsamer Grundwasserabfluss zusammengefasst. Der Grundwasserabfluss ist somit eine integrale Größe und gemeinsam mit dem Direktfluss als Summe verschiedener schneller Abflusskomponenten geeignet, den Gebietswasserhaushalt zu charakterisieren.

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

Bei Betrachtung der Grundwasserneubildung ist schon für die derzeitigen Verhältnisse (s. Anhang 10) erkennbar, dass Flächen mit einer Grundwasserneubildung nahe Null existieren. Dazu zählen komplett versiegelte Flächen, bei denen die Versickerung von Niederschlag nicht möglich ist und die Festgesteinsbereiche im Harz, auf denen nahezu das gesamte Sickerwasser in Form von schnellem Grundwasserabfluss den Vorfluter erreicht. Weiter gehören tiefgründige Lößboden dazu, die eine sehr hohe Wasserhaltekapazität aufweisen. Das infiltrierende Wasser wird in der Bodenzone gespeichert und über die Verdunstung wieder ausgeschöpft. In den Gebieten Harz und Teilen des Harzvorland sind deshalb nur geringe Veränderungen der Grundwasserneubildung festzustellen.

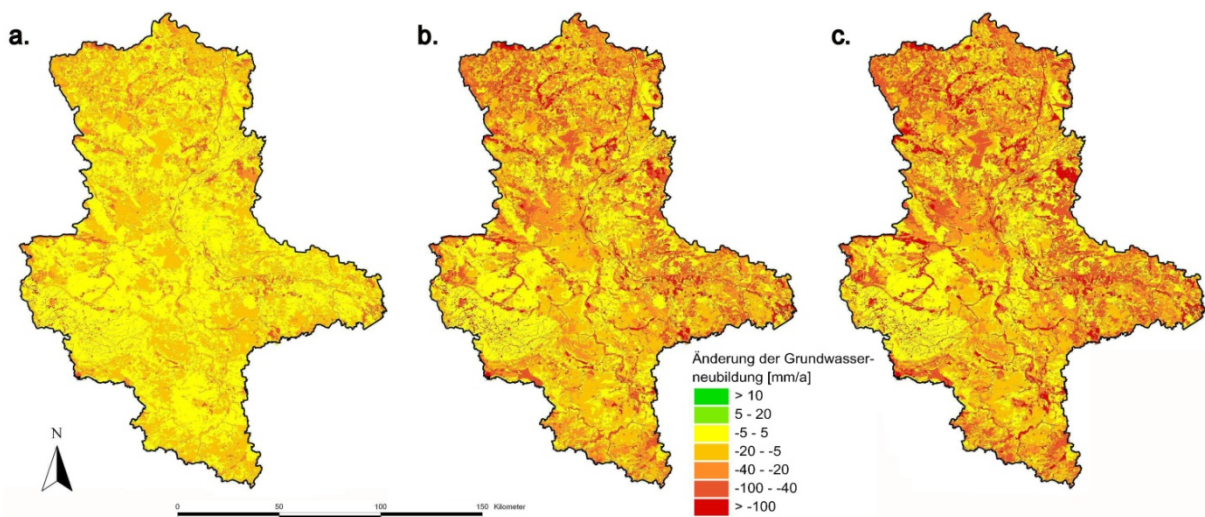


Abbildung 2.3-1: Änderung der Grundwasserneubildung zum Referenzzeitraum (a. 2011 - 2040, b. 2041 - 2070, c. 2071 - 2100)

Die durchschnittliche Abnahme der Grundwasserneubildung beträgt im Zeitraum 2011 bis 2040 10 mm/a. Auf Wasserflächen und in grundwassernahen Auenbereichen sind deutliche Veränderung der Grundwasserneubildung um bis zu -100 mm/a erkennbar. Hingegen weisen bewaldeten Flächen mit gut durchlässigen Böden eine Zunahme der Grundwasserneubildung von bis zu 5 mm/a auf. Zu erklären ist dies mit häufiger auftretenden Starkniederschlagsereignissen.

Ab dem Zeitraum 2041 bis 2070 ist auf allen Flächen eine deutliche Verringerung der Grundwasserneubildung sichtbar, die auch im Zeitraum 2071 bis 2100 weiter an steigt.

2.4 Gesamtabfluss

Bei Betrachtung des Gesamtabflusses weisen die Zeiträume 2041 bis 2070 und 2071 bis 2100 eine deutliche Änderung auf. Während die Änderung im Zeitraum 2011 bis 2040 überwiegend -5 bis -40 mm/a beträgt, nimmt der Flächenanteil mit einer Verringerung des Abflusses von mehr als 40 mm/a in den Zeiträumen 2041 bis 2070 und 2071 bis 2100 deutlich zu. Besonders ausgeprägt ist diese Entwicklung im Harz sowie in den Gebieten Altmark und Elbtal, während in den mittleren Höhen die Verringerung des Abflusses weniger deutlich ausfällt.

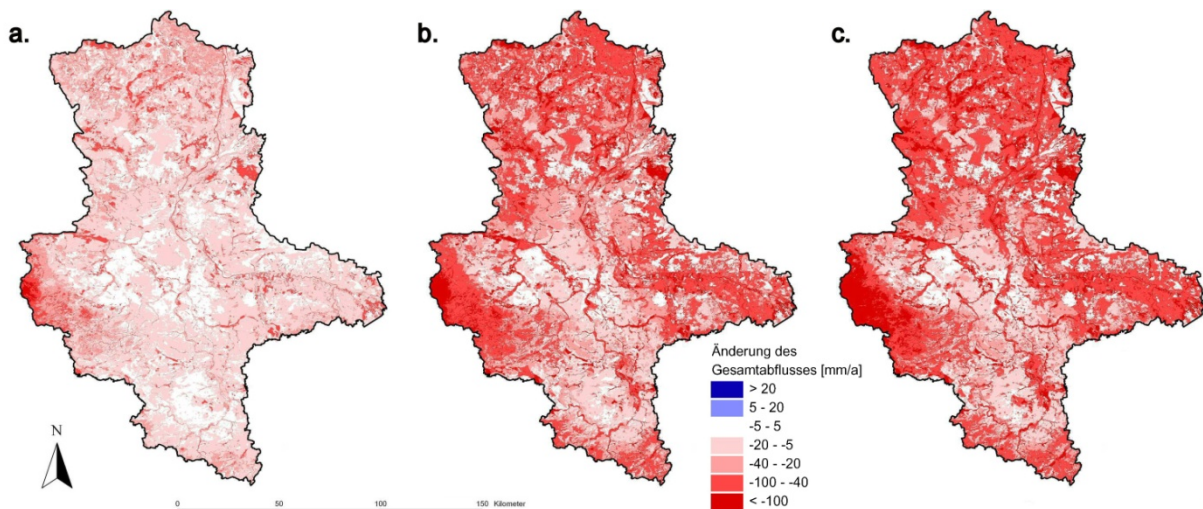


Abbildung 2.4-1 Änderung des Gesamtabflusses zum Referenzzeitraum (a. 2011 - 2040, b. 2041 - 2070, c. 2071 - 2100)

2.5 Mittlerer Abfluss im Gewässersystem

Im Kapitel 2.4 war bei der flächenhaften Darstellung der Wasserhaushaltsgröße „Gesamtabfluss“ eine deutliche Abnahme im zeitlichen Verlauf zu beobachten. Dies ist auch beim Abfluss in den Fließgewässern festzustellen. Der Zeitraum 2011 bis 2040 ist geprägt von einer moderaten Veränderung. Etwa die Hälfte der Gewässer zeigen eine Verringerung der Abflüsse um lediglich 5 bis 10 %. Im Zeitraum 2041 bis 2070 gehen die Abflüsse deutlicher zurück. Der Großteil der Abflüsse verringert sich um 10 bis 20%. Im Zeitraum 2071 bis 2100 weicht der Abfluss bei den meisten Gewässern um mehr als 40 % vom Referenzzeitraum ab. Im Harz ist die Abnahme nicht so ausgeprägt wie im Tiefland. Auch hier ist der Unterschied zwischen Zeitraum 2041 bis 2070 und 2071 bis 2100 größer als der zwischen 2011 bis 2040 und 2041 bis 2070.

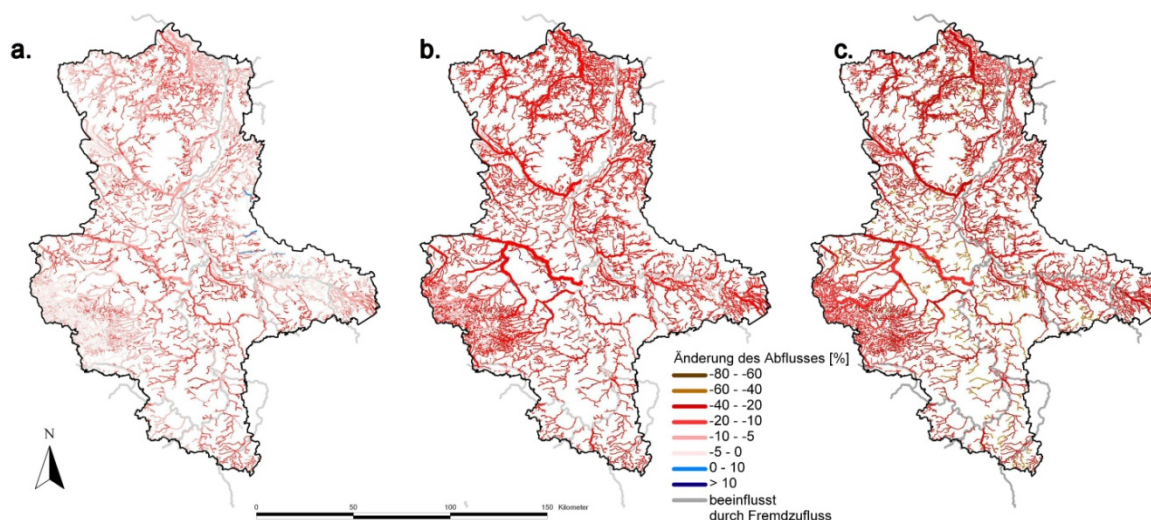


Abbildung 2.5-1: Prozentuale Änderung des Abflusses in den Gewässersystemen zum Referenzzeitraum (a. 2011 - 2040, b. 2041 - 2070, c. 2071 - 2100)

Die größten relativen Abnahmen der Gewässerabflüsse zeigen sich in den Lößgebieten im Regenschatten des Harzes, also in den Gebieten, die schon im derzeitigen Zustand sehr geringe Abflüsse aufweisen.

In Tabelle 1 sind für obige Darstellungen mit den räumlichen Verteilungen der zu erwartenden Abflussänderungen die Fließgewässerslängen in den einzelnen Klassen der Legende aufgelistet. Hier wird deutlich, mit welchen gravierenden Änderungen für die mittleren Abflüssen gerechnet werden muss.

So verringern sich im Zeitraum 2011 bis 2040 für mehr als 70% des Fließgewässernetzes die Abflüsse um weniger als 10% gegenüber dem Referenzzeitraum, für weitere 25% sind Abflussreduzierungen um bis 20% zu erwarten.

Im Zeitraum 2041 bis 2070 umfasst die Klasse mit Änderungen um 10 bis 20% schon 50% aller Gewässer und über 30% der Gewässer befinden sich in der Klasse mit Abflussreduzierungen um 20 bis 40%.

Im Zeitraum 2071 bis 2100 befinden sich 60% aller betrachteten Gewässer in der Änderungsklasse 20 bis 40%. Für einige Gewässer (6,5%) werden sogar Abflussreduktionen um bis zu 80% gegenüber dem Referenzzeitraum ausgewiesen.

Tabelle 1: Verteilung der Fließgewässerslängen in den Abflussänderungsklassen pro Zeitraum

Änderung gegenüber dem Referenzzeitraum	Zeitraum 2011 - 2040		Zeitraum 2041 - 2070		Zeitraum 2071 - 2100	
	[km]	[%]	[km]	[%]	[km]	[%]
-80 - -60	0	0.0	2	0.0	15	0.1
-60 - -40	9	0.1	140	0.9	1045	6.5
-40 - -20	451	2.8	5179	32.5	9615	60.3
-20 - -10	4066	25.5	8323	52.2	4909	30.8
-10 - -5	7114	44.6	2132	13.4	304	1.9
-5 - 0	4255	26.7	163	1.0	49	0.3
0 - 10	57	0.4	14	0.1	15	0.1
10- 20	0	0.0	0	0.0	1	0.0

3 Zusammenfassung

Die prognostizierten Klimaänderungen gehen von einer landesweit einheitlichen Zunahme der potenziellen Verdunstung und einer regional differenzierten Abnahme des Niederschlages aus.

Die Auswirkungen auf die hydrologischen Verhältnisse lassen sich wie folgt charakterisieren:

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.

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.

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. Zur fundierten Abbildung dieser Effekte wäre eine gekoppelte Grundwasser-Oberflächenwasser-Modellierung notwendig.

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

4 Ergebnisübergabe

Die Ergebnisse werden grafisch aufbereitet im Anhang dieses Berichtes und der beiliegenden Powerpointpräsentation übergeben.

Als Grundlage für weiterführende Analysen werden die Ergebnisse zusätzlich in digitaler Form mit den verwendeten Modellgeometrien übergeben.

Als Anmerkung zur weiteren Verwendung wird hiermit darauf hingewiesen, dass die Simulation auf Eingangsdaten mit einem Maßstab von 1:50 000 basieren. Somit ist die Belastbarkeit der Ergebnisse auf diesen Maßstab beschränkt.

Eine Diskussion der Unsicherheiten, die bei der Bewertung und Nutzung dieser Modellergebnisse zu beachten sind, ist im Hauptbericht zu finden.

Auf beiliegender DVD befinden sich neben diesem Bericht alle den Karten zu Grunde liegenden GIS-Daten:

- ArcView 3.3 Projekt
- alle verwendeten Legenden
- Template der erstellten Karten
- Shapedateien der Fließgewässer und der Ergebnisse auf den Elementarflächen

Die GIS Daten bestehen aus einem Projekt, mit dem alle Daten bearbeitet und gesichtet werden können. Im Projekt sind die Landesgrenzen Sachsen-Anhalts, die Ergebnisse der Elementarflächen, mit allen Wasserhaushaltsgrößen und deren Änderungen und die Fließgewässer eingezeichnet. Das Fließgewässershape ist dreimal mit unterschiedlicher Selektion dargestellt: Fließgewässer ohne Fremdzuffluss, mit Fremdzuffluss und Gewässer, die außerhalb von Sachsen-Anhalt fließen.

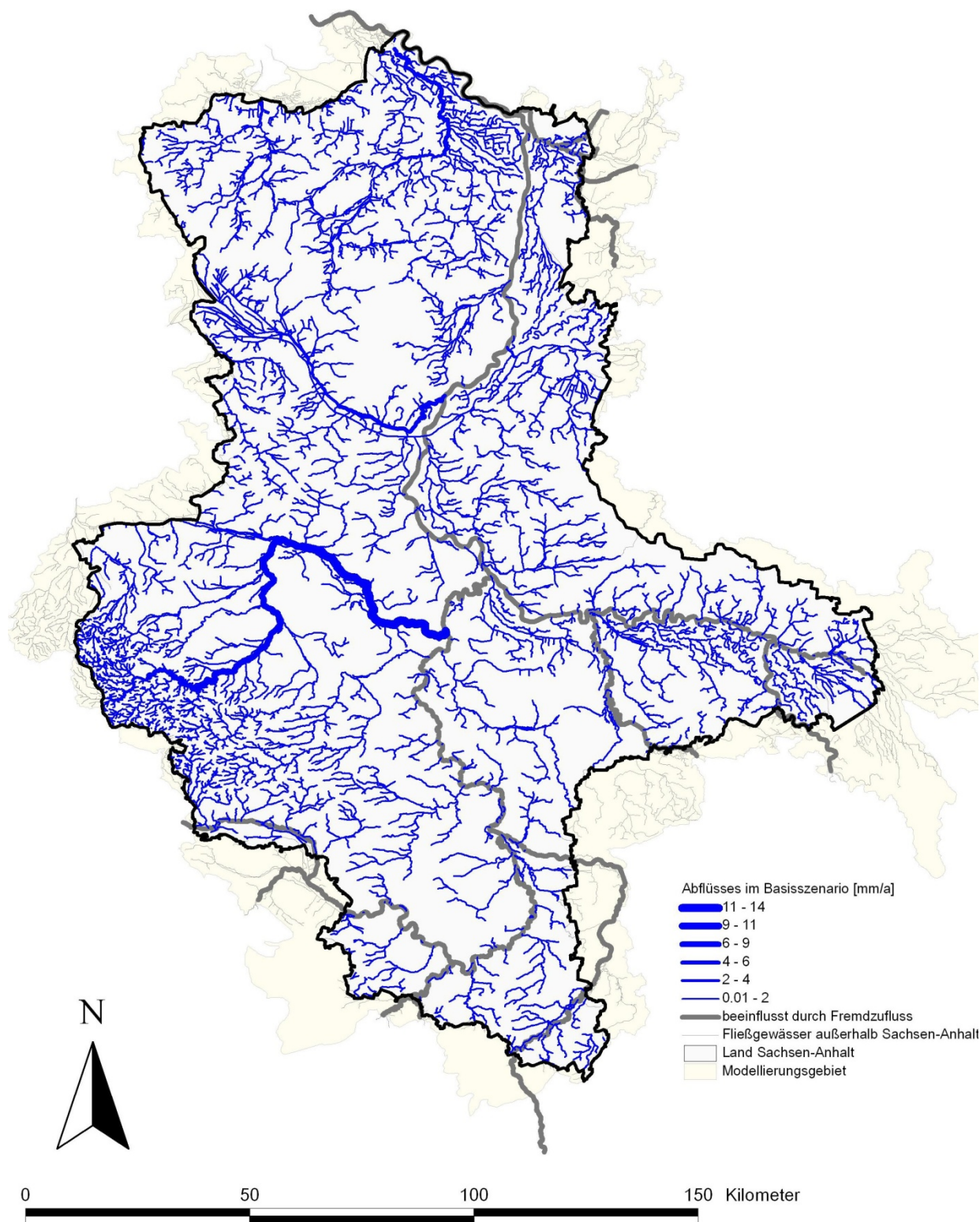
Für jede Klimagröße/Wasserhaushaltsgröße wurden zwei Legenden erstellt. Je eine zur absoluten Darstellung innerhalb der vier Zeiträume und eine für die prozentuale oder absolute Abweichungen zum Referenzzeitraum. Die Templatedatei beinhaltet das für die im Bericht dargestellten Karten verwendete Layout.

Des Weiteren ist eine Tabelle zur Erläuterung der Attribute und Legenden auf der DVD zu finden.

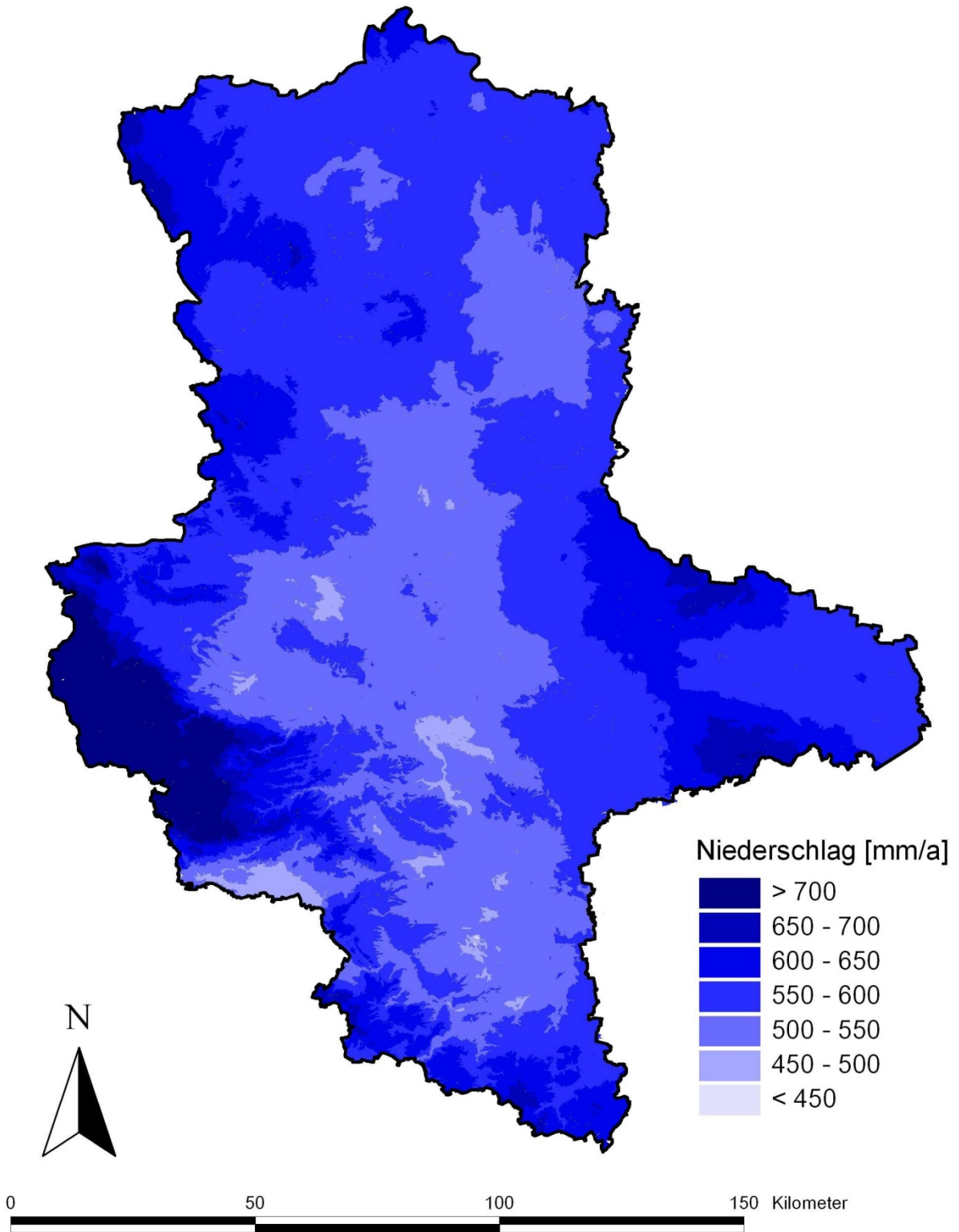
Für die weitere Verwendung wird hiermit darauf hingewiesen, dass die Simulation auf Eingangsdaten im Maßstab 1:50 000 basieren. Somit ist die Belastbarkeit der Ergebnisse auf diesen Maßstab beschränkt.

Eine Powerpoint-Präsentation mit allen im Bericht dargestellten Karten ist zusätzlich hinterlegt.

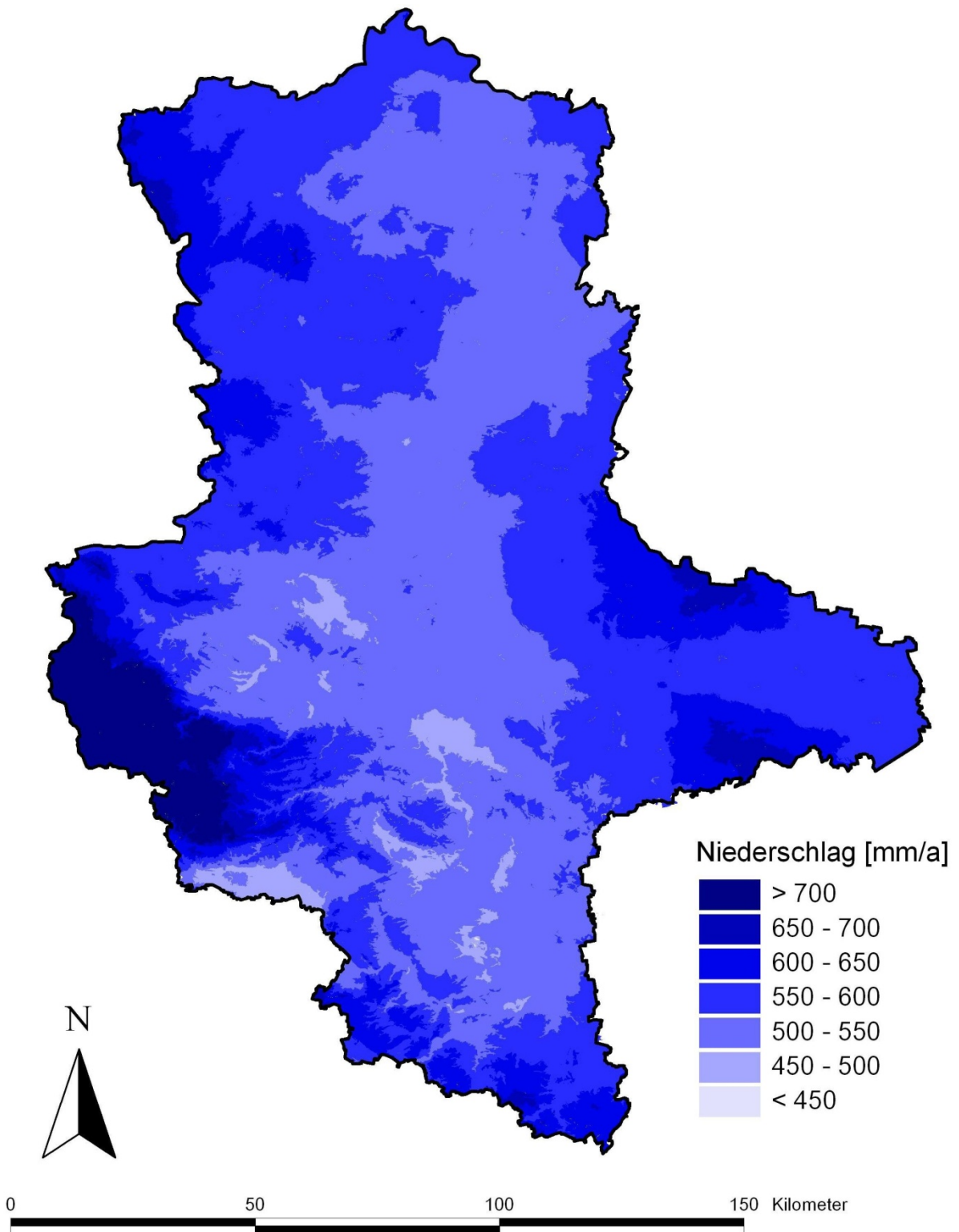
5 Anhang



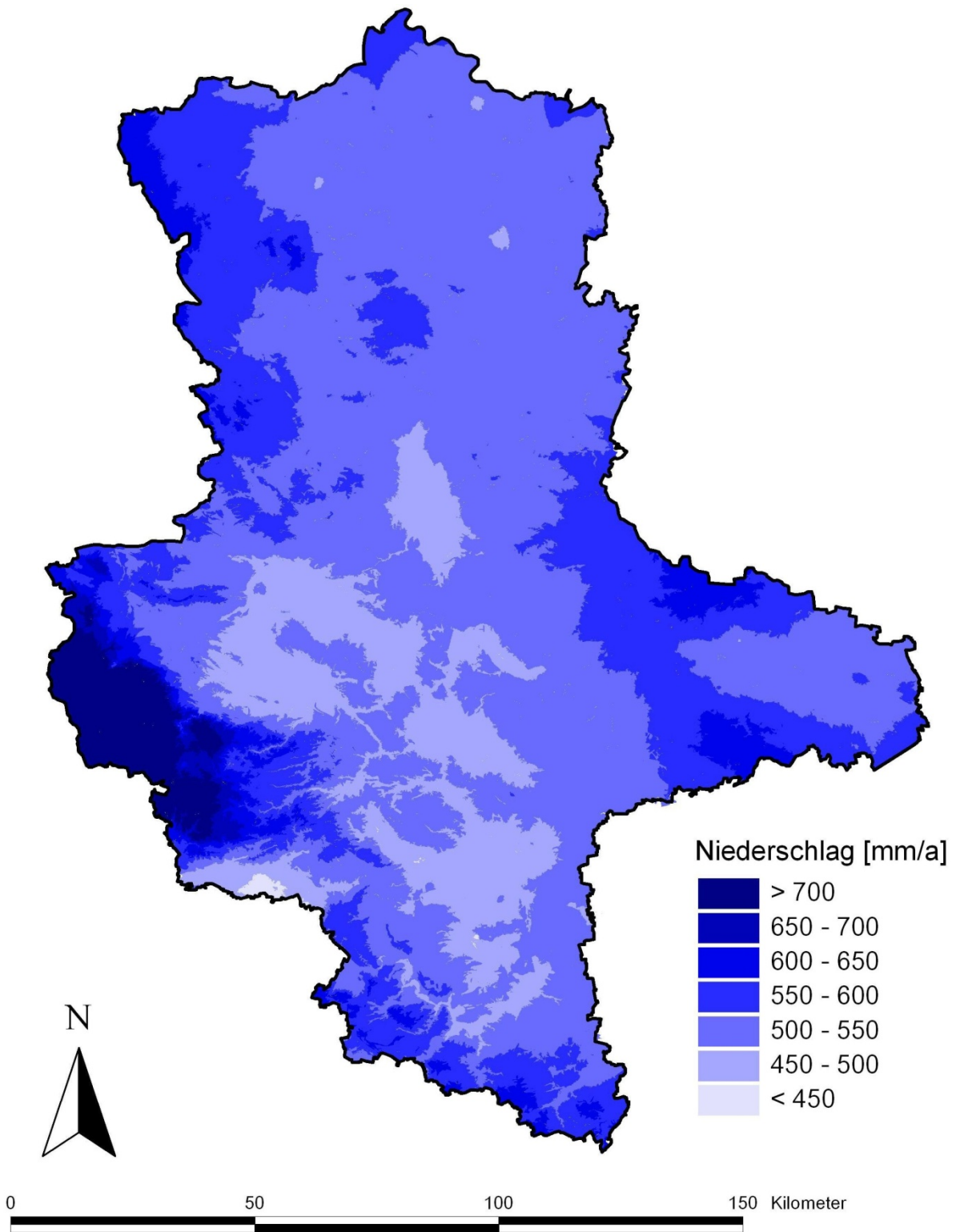
Anhang 1: Darstellung des Modellgebietes und der Landesgrenze Sachsen-Anhalt



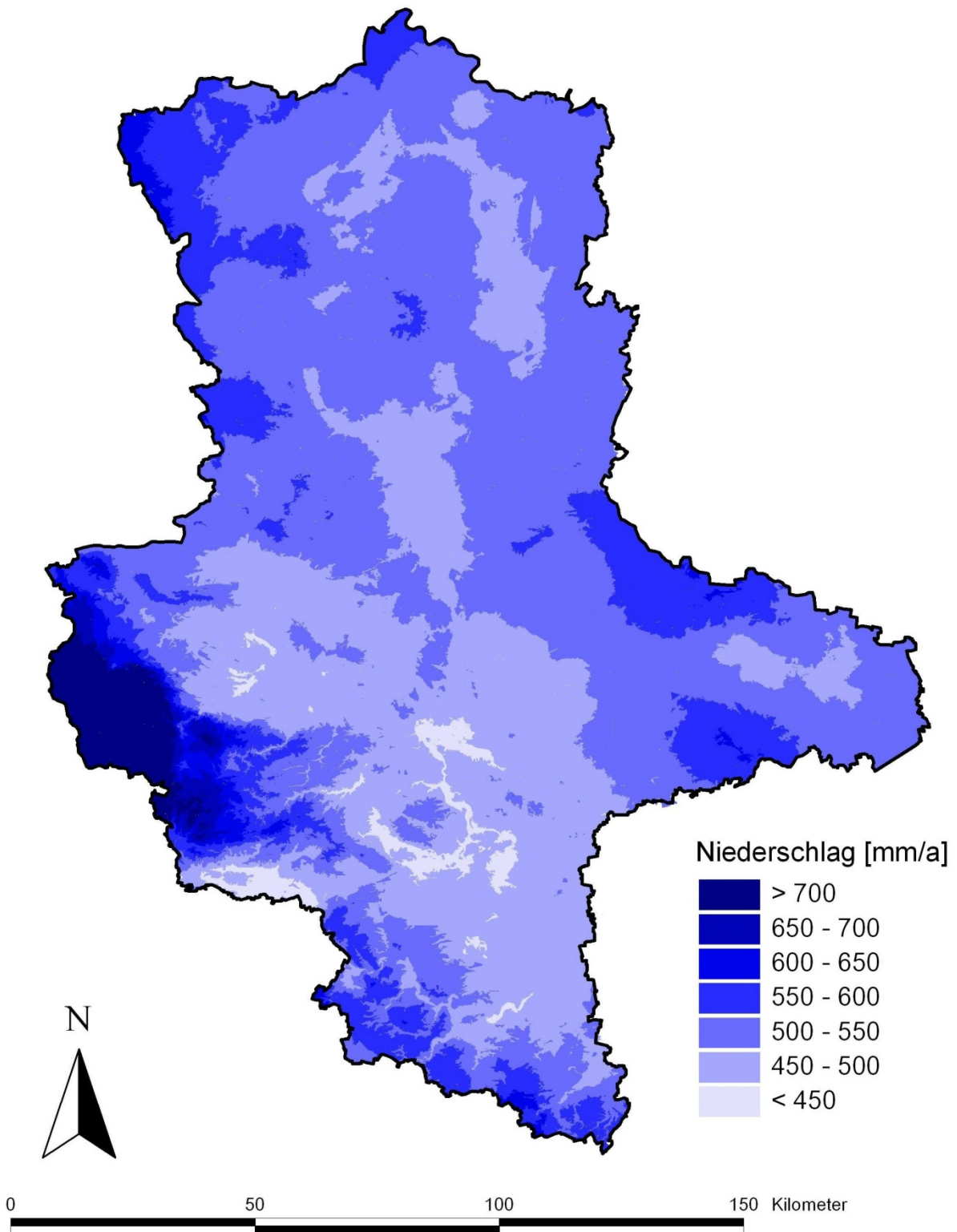
Anhang 2: Niederschlag 1971 - 2000



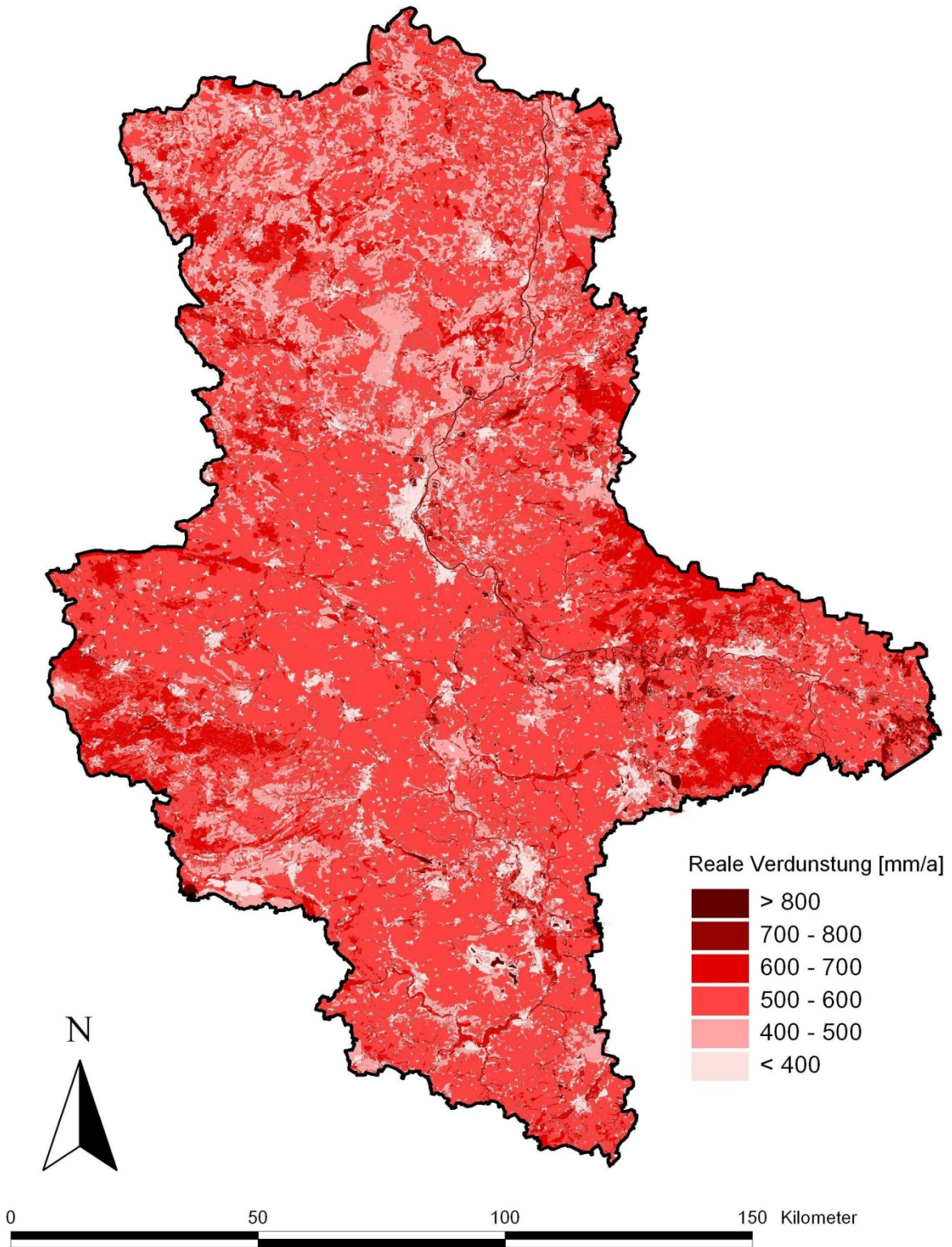
Anhang 3: Niederschlag 2011 - 2040



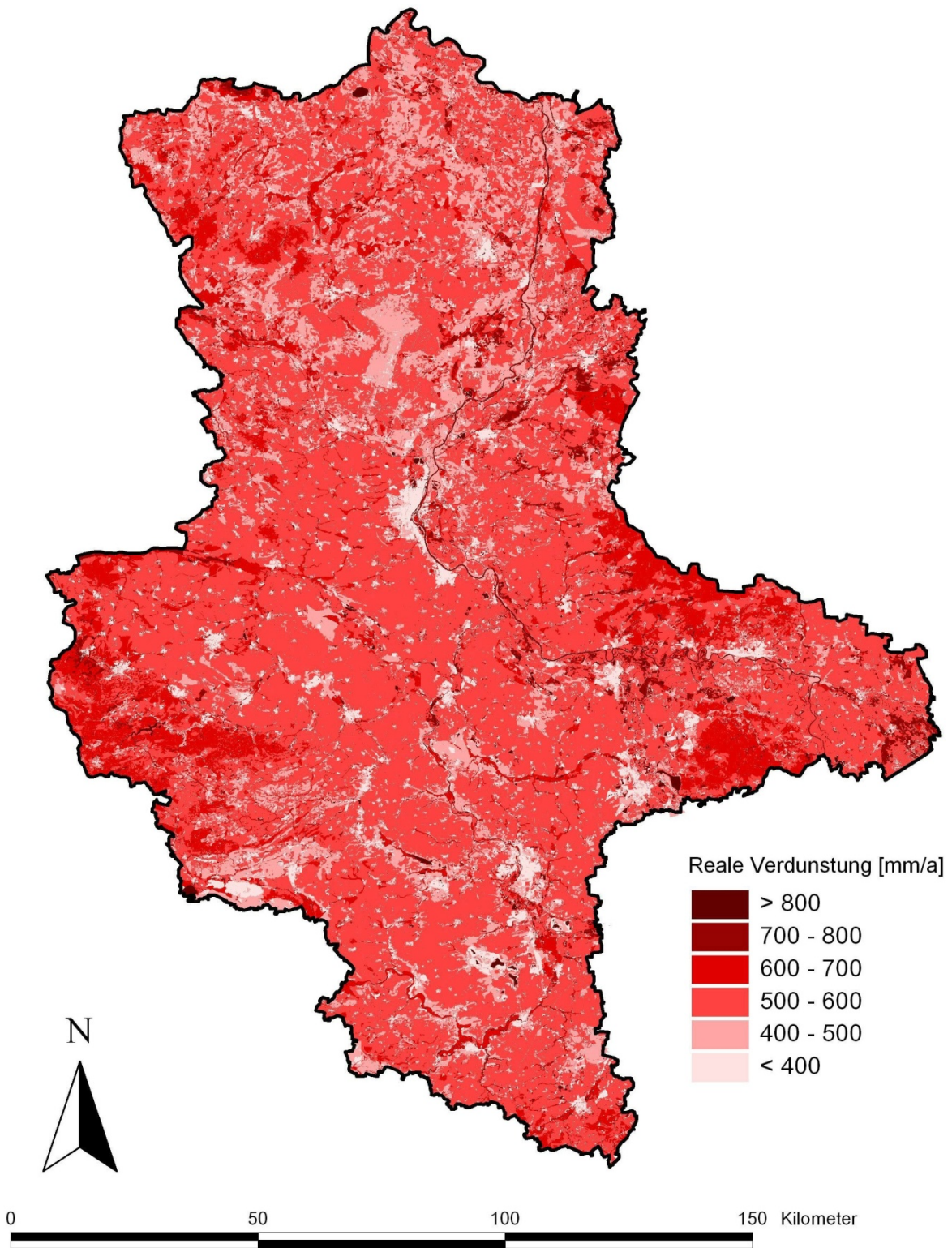
Anhang 4: Niederschlag 2041- 2070



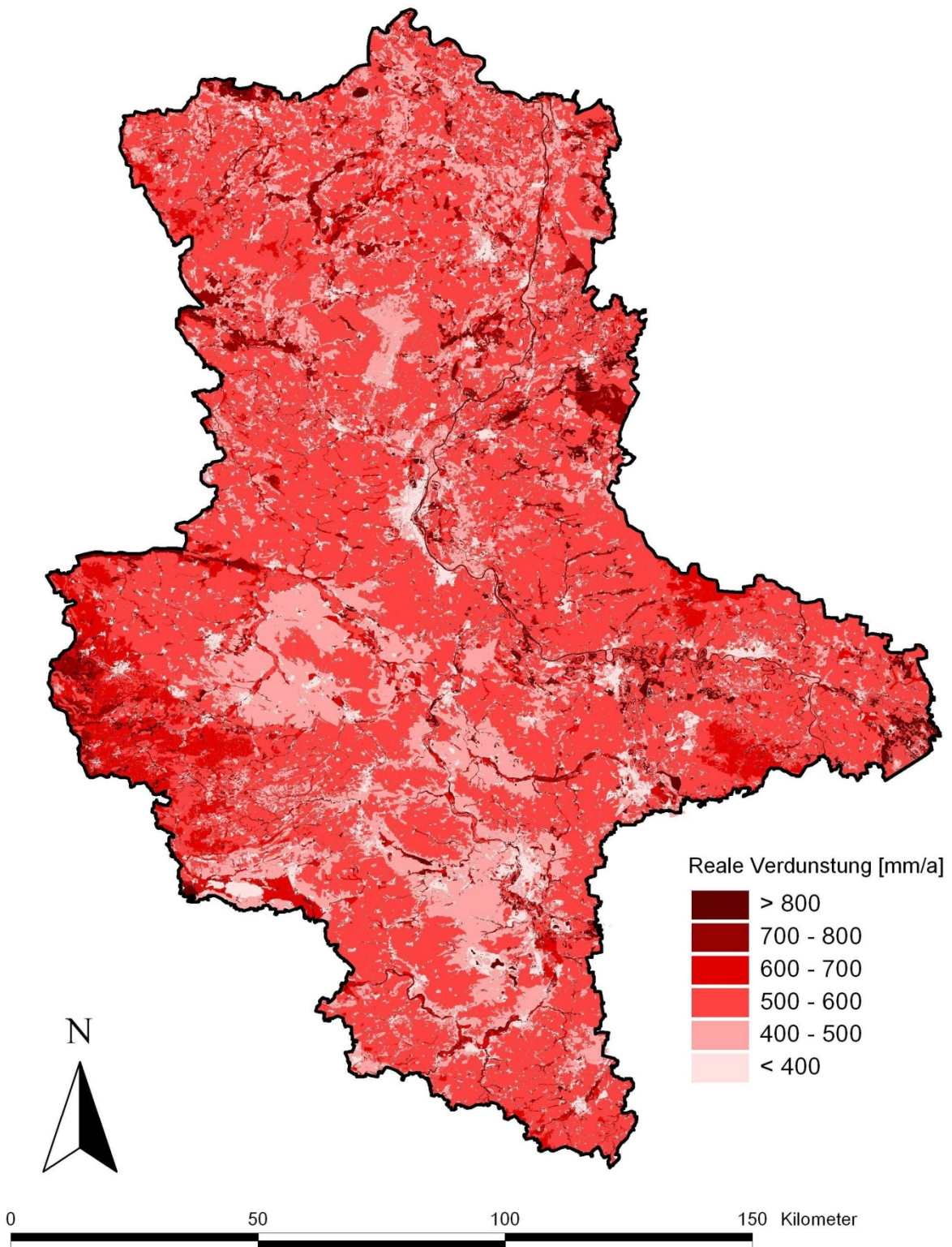
Anhang 5: Niederschlag 2071 - 2100



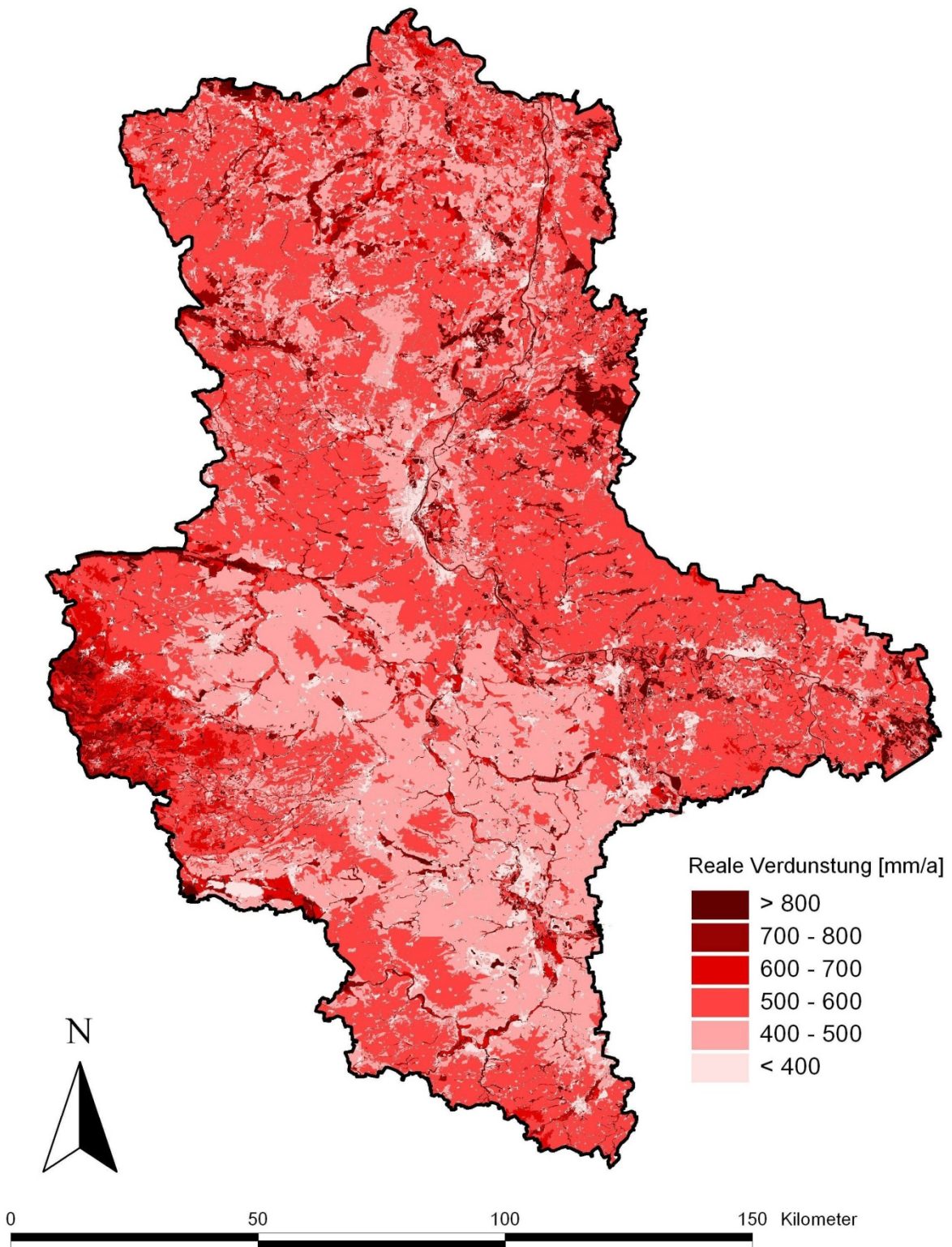
Anhang 6: Reale Verdunstung 1971 - 2000



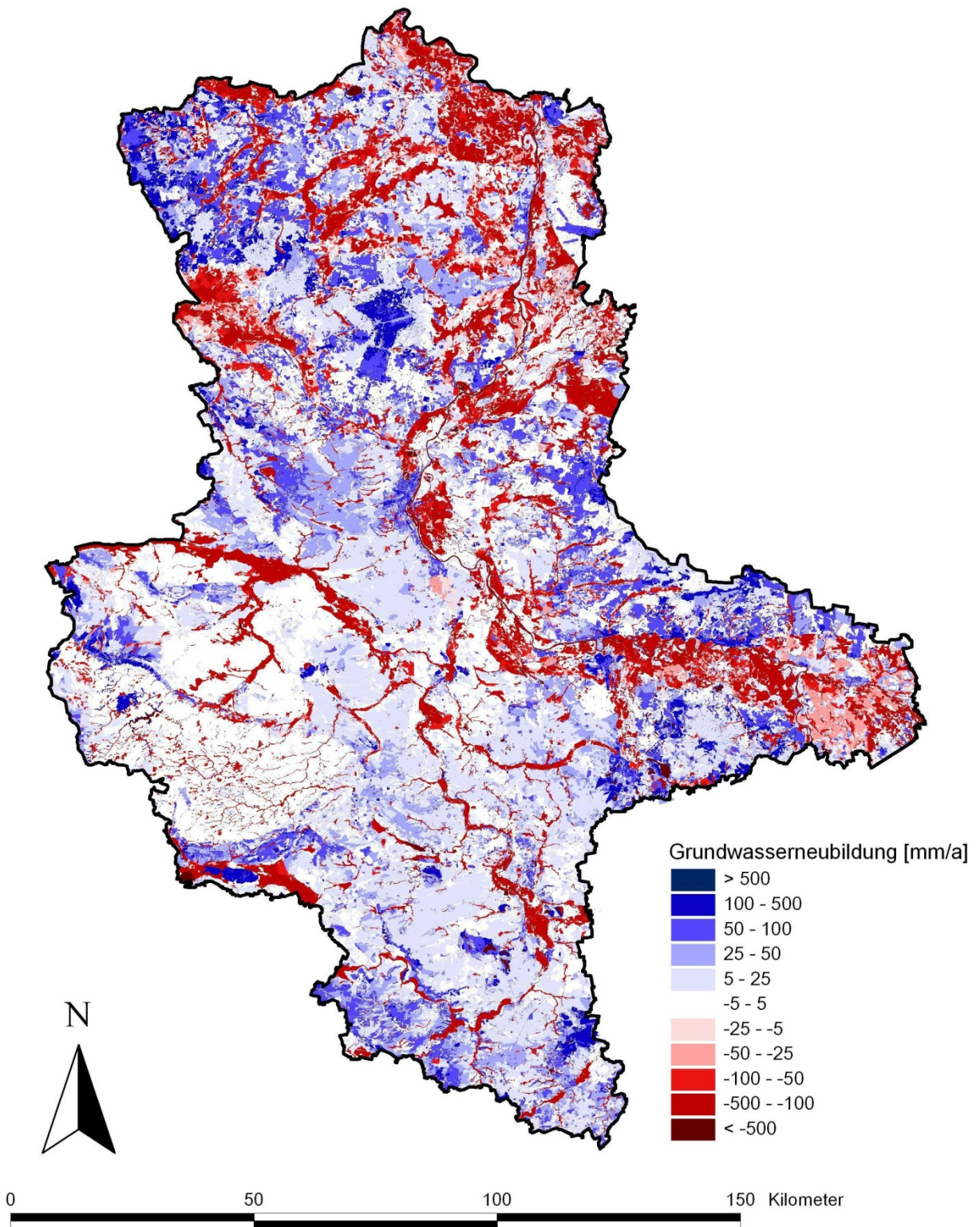
Anhang 7: Reale Verdunstung 2011 - 2040



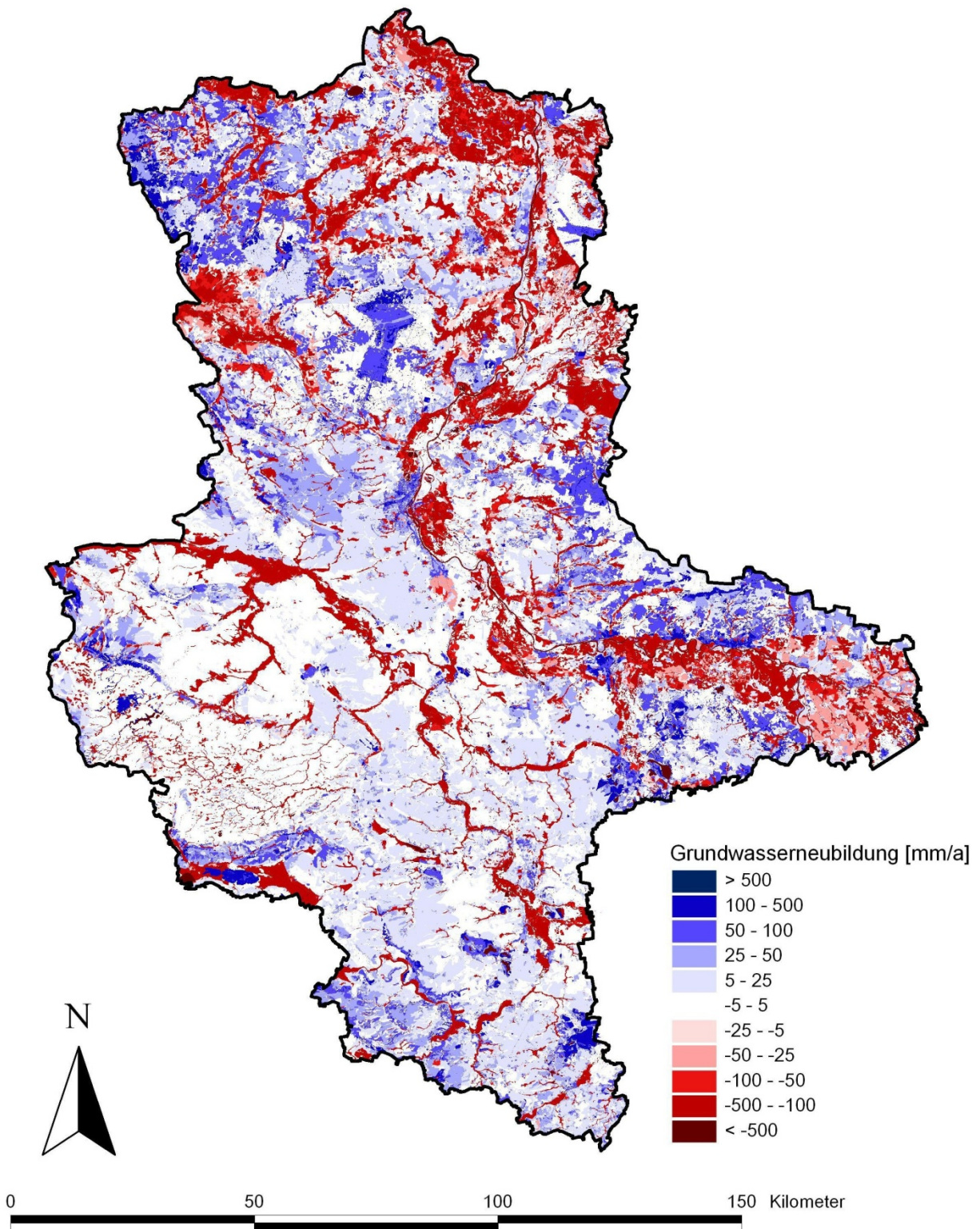
Anhang 8: Reale Verdunstung 2041 - 2070



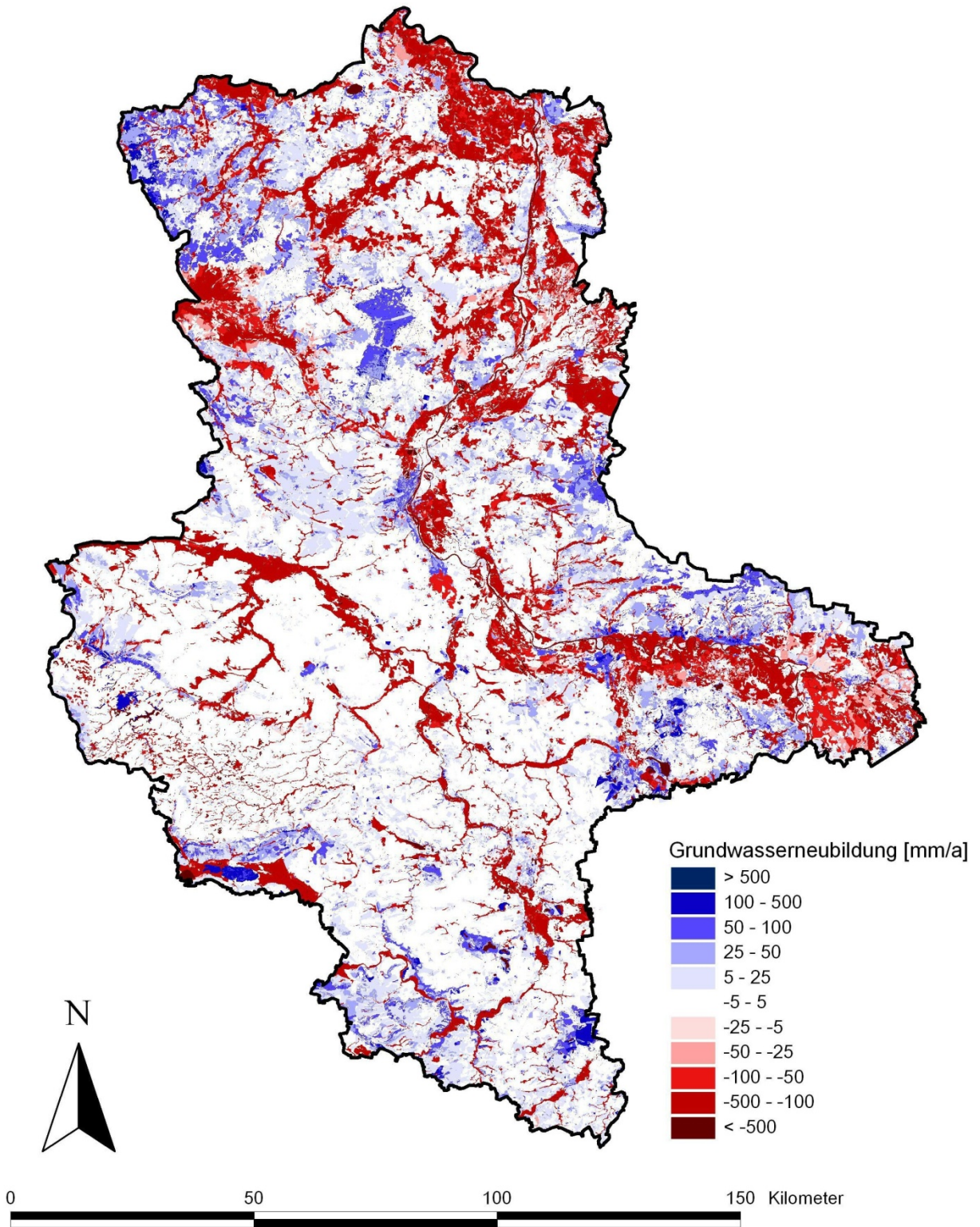
Anhang 9: Reale Verdunstung 2071 - 2100



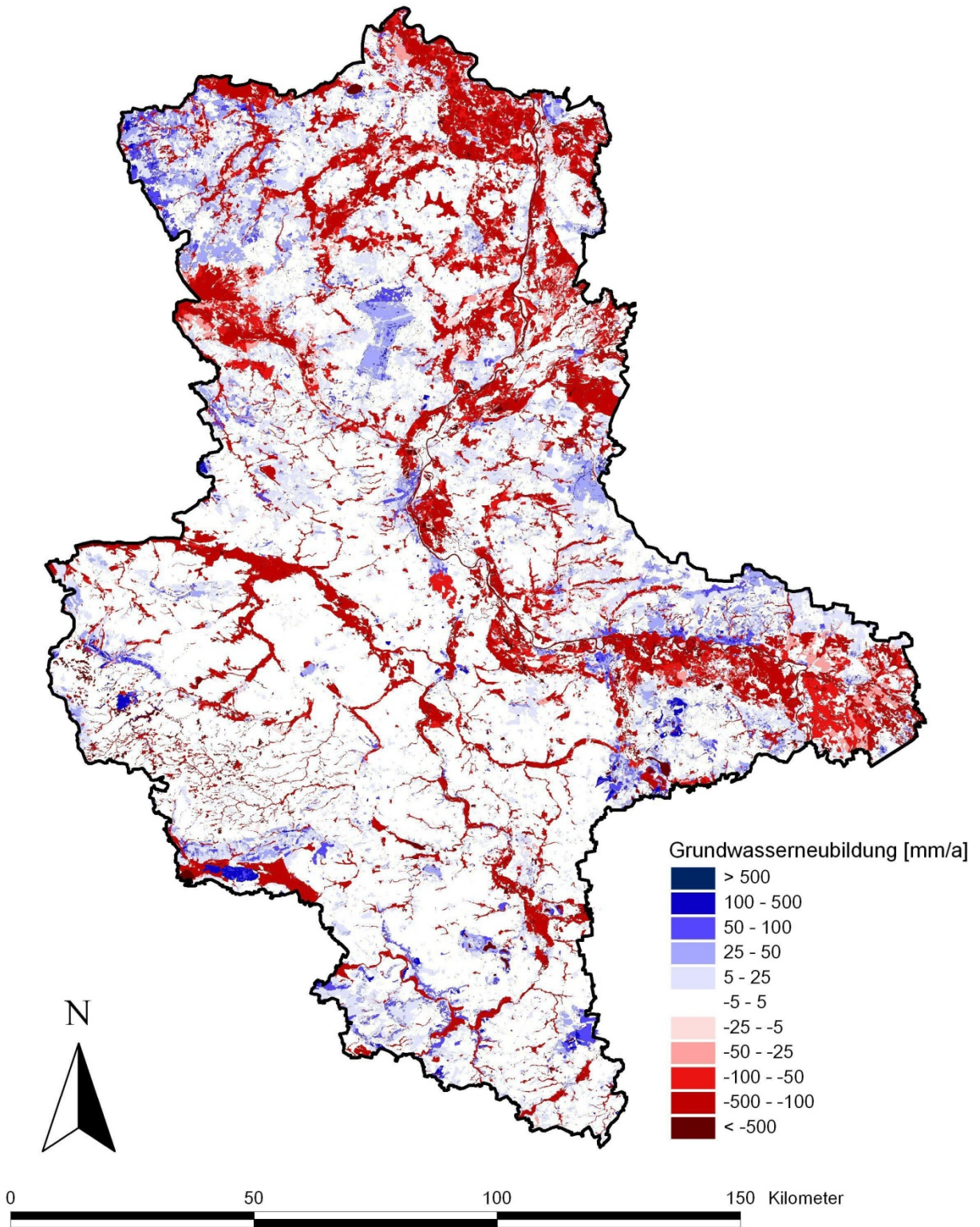
Anhang 10: Grundwasserneubildung 1971 - 2000



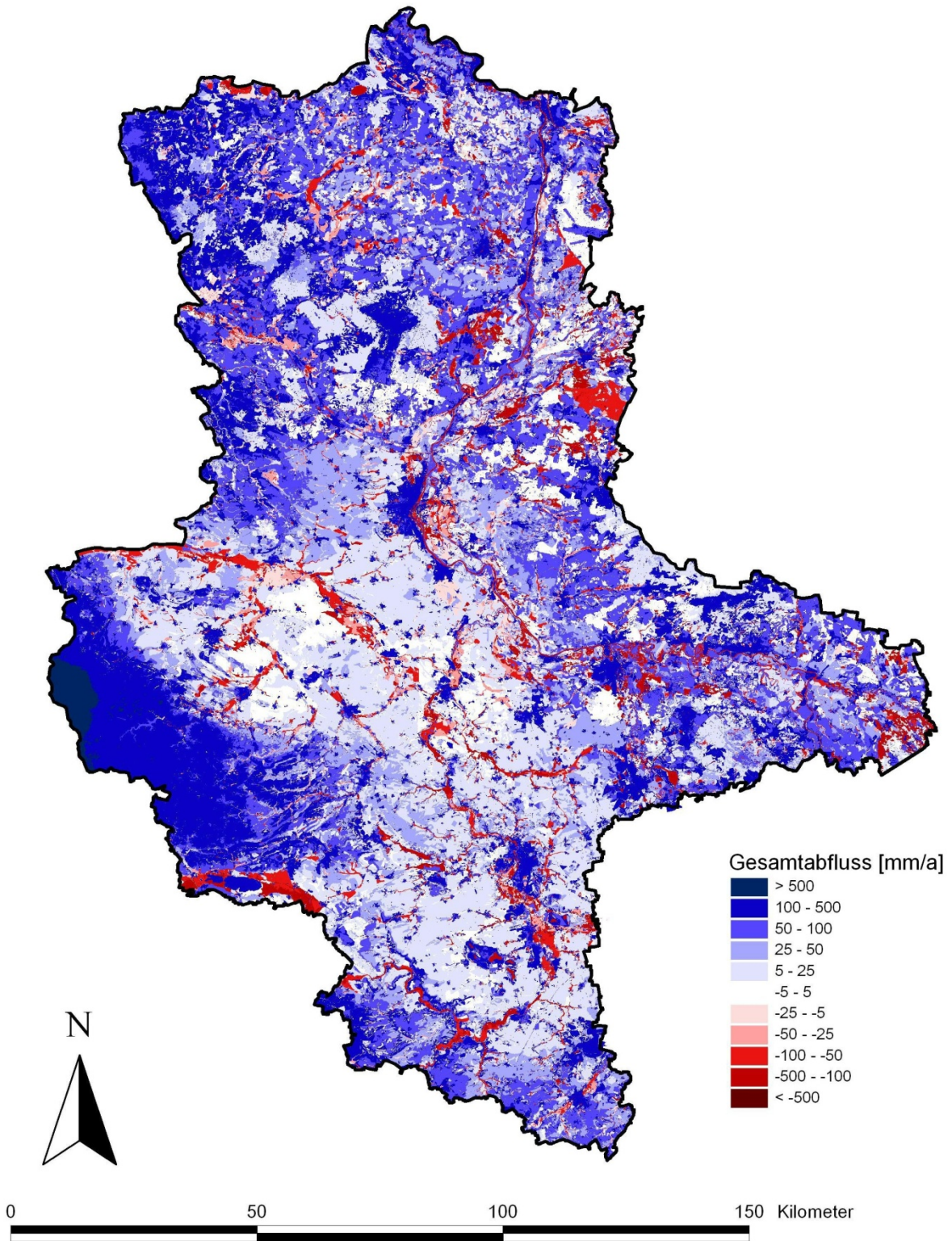
Anhang 11: Grundwasserneubildung 2011 - 2040



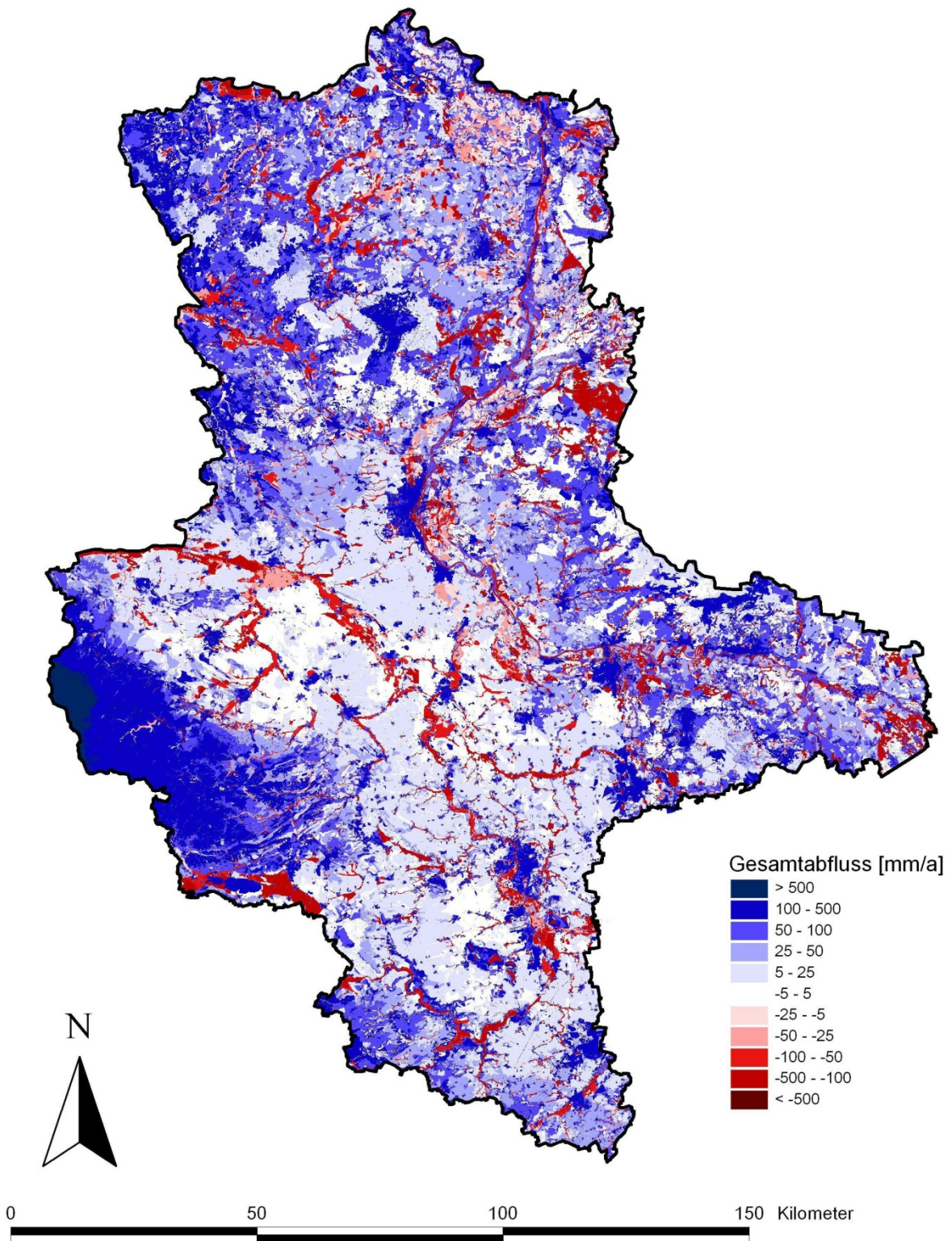
Anhang 12: Grundwasserneubildung 2041 - 2070



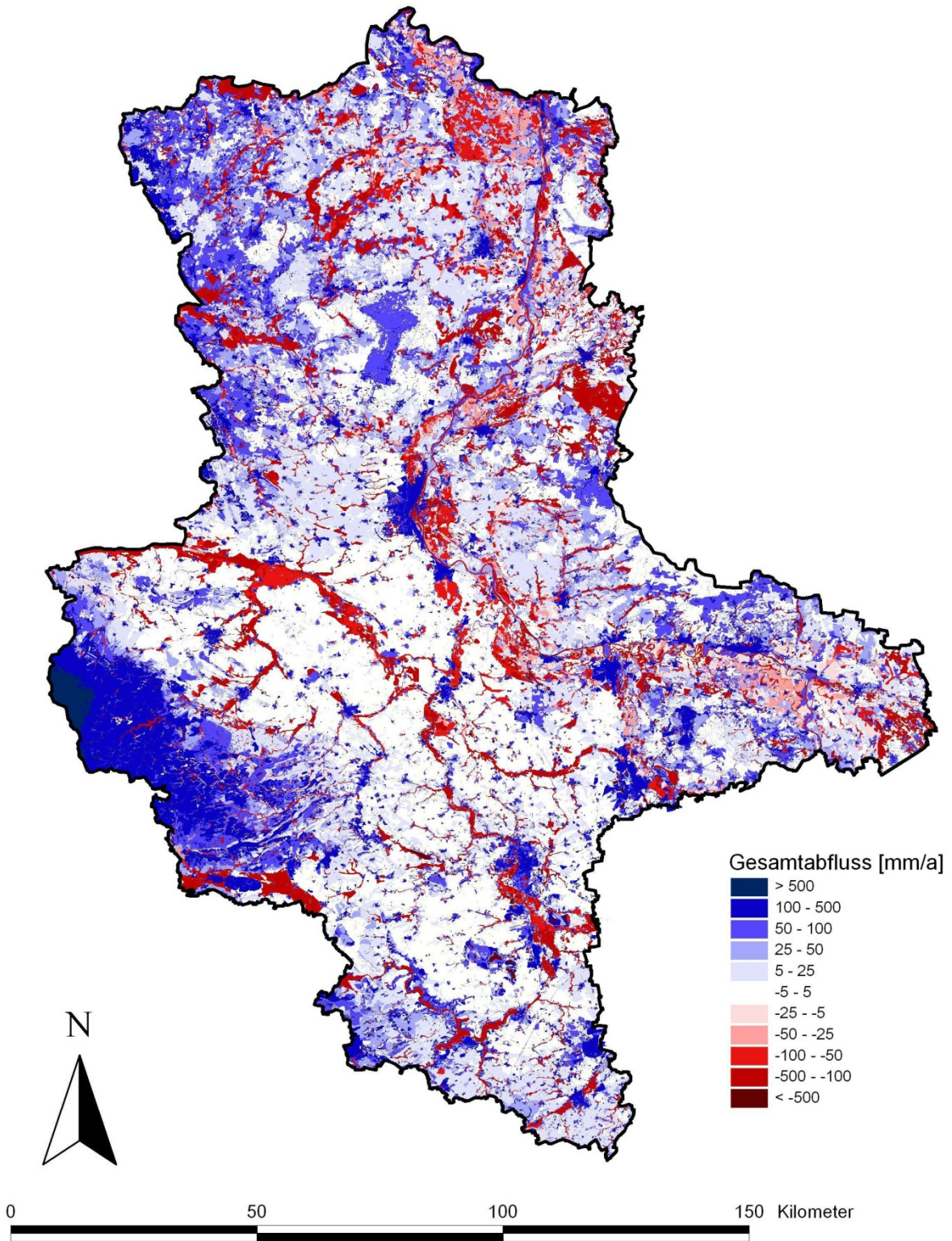
Anhang 13: Grundwasserneubildung 2071 - 210



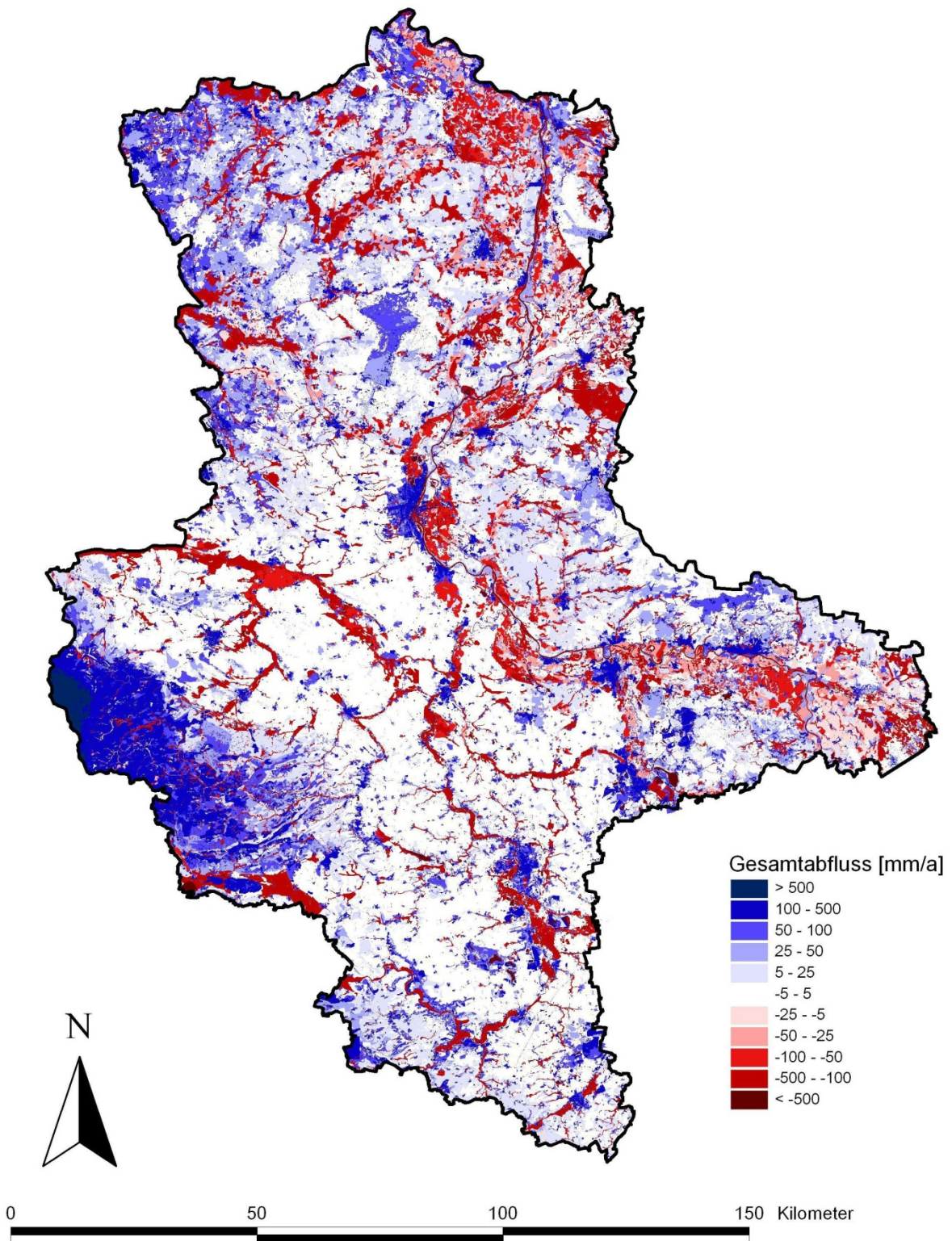
Anhang 14: Gesamtabfluss 1971 - 2000



Anhang 15: Gesamtabfluss 2011 - 2040

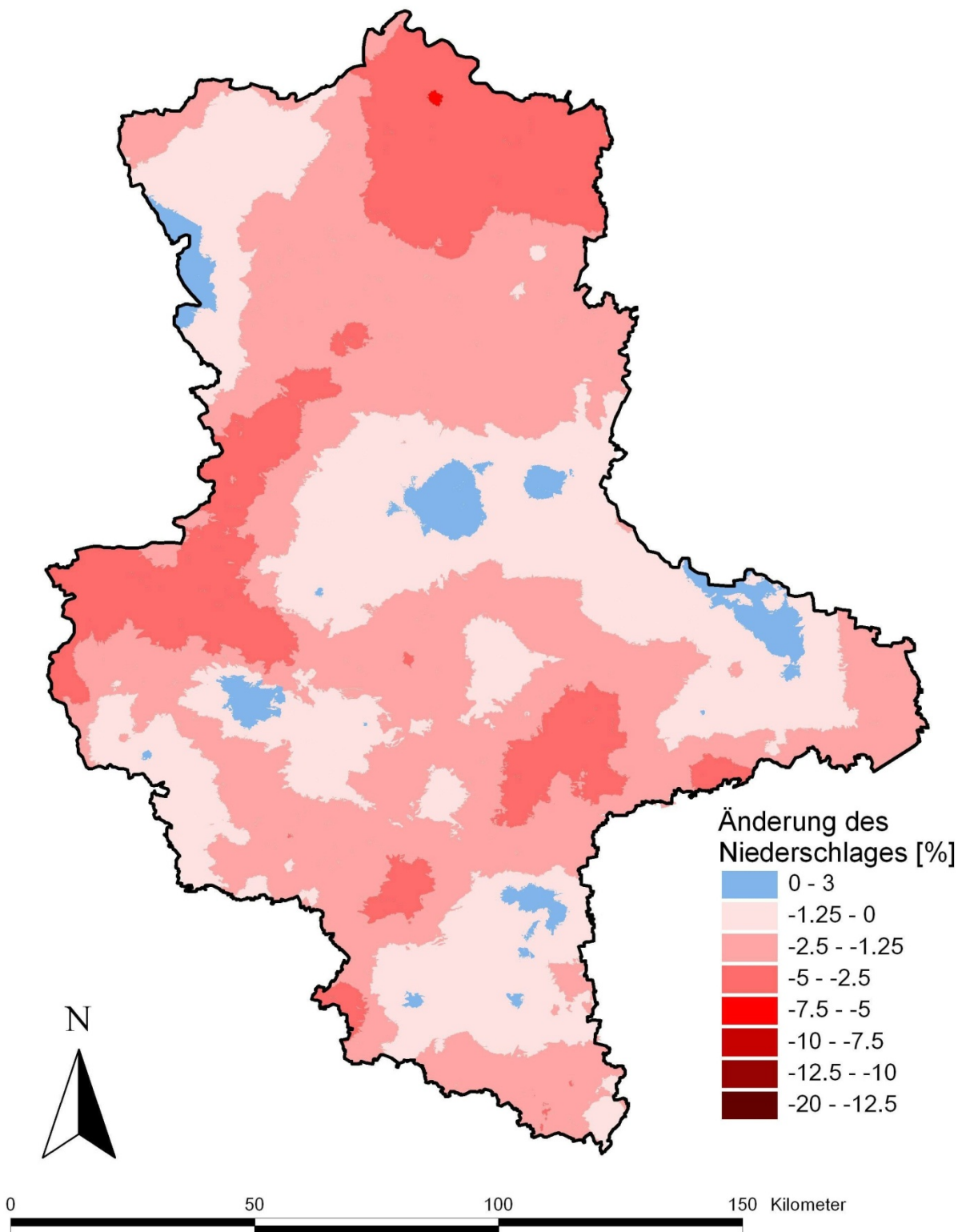


Anhang 16: Gesamtabfluss 2041 - 2070

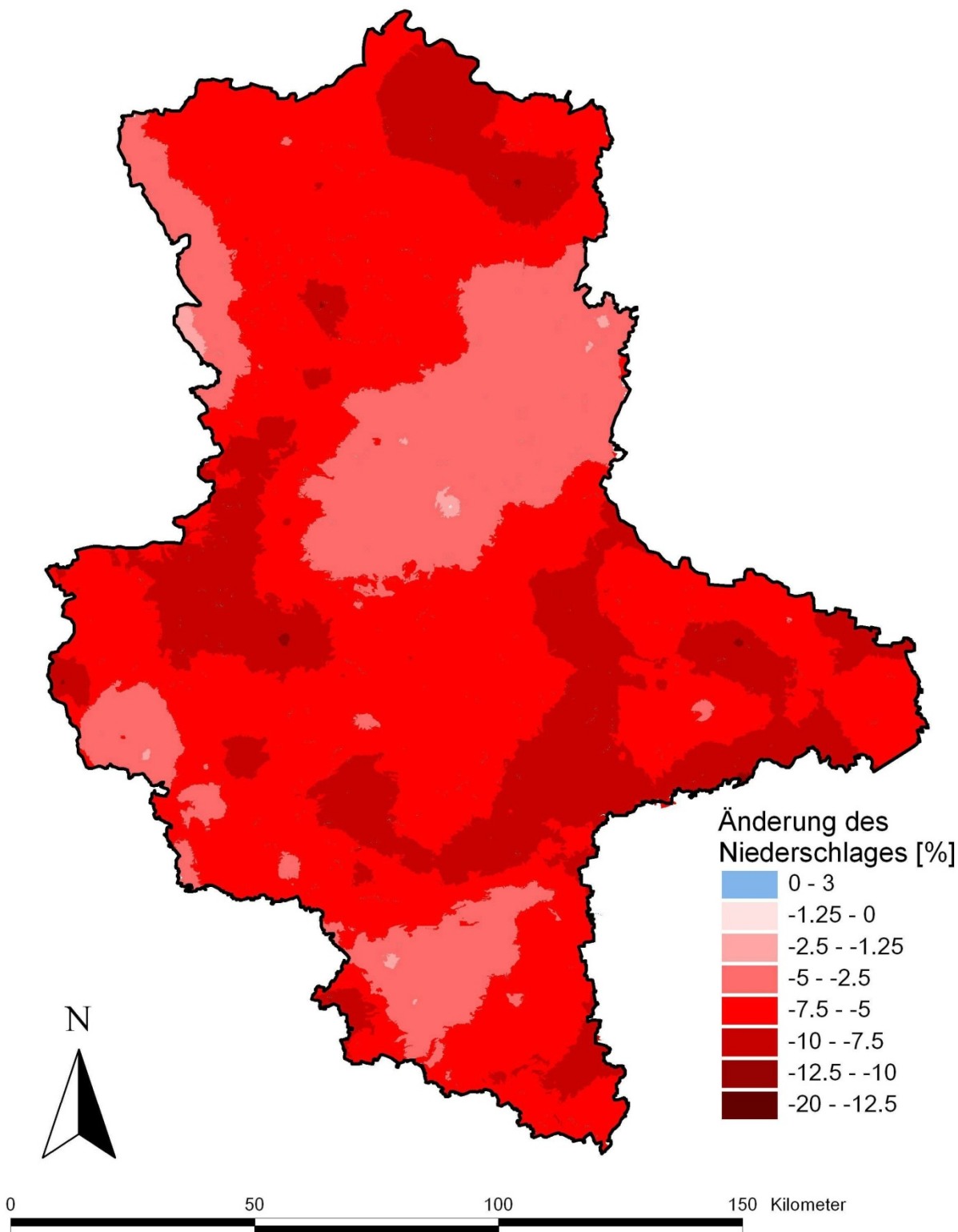


Anhang 17: Gesamtabfluss 2071 - 2100

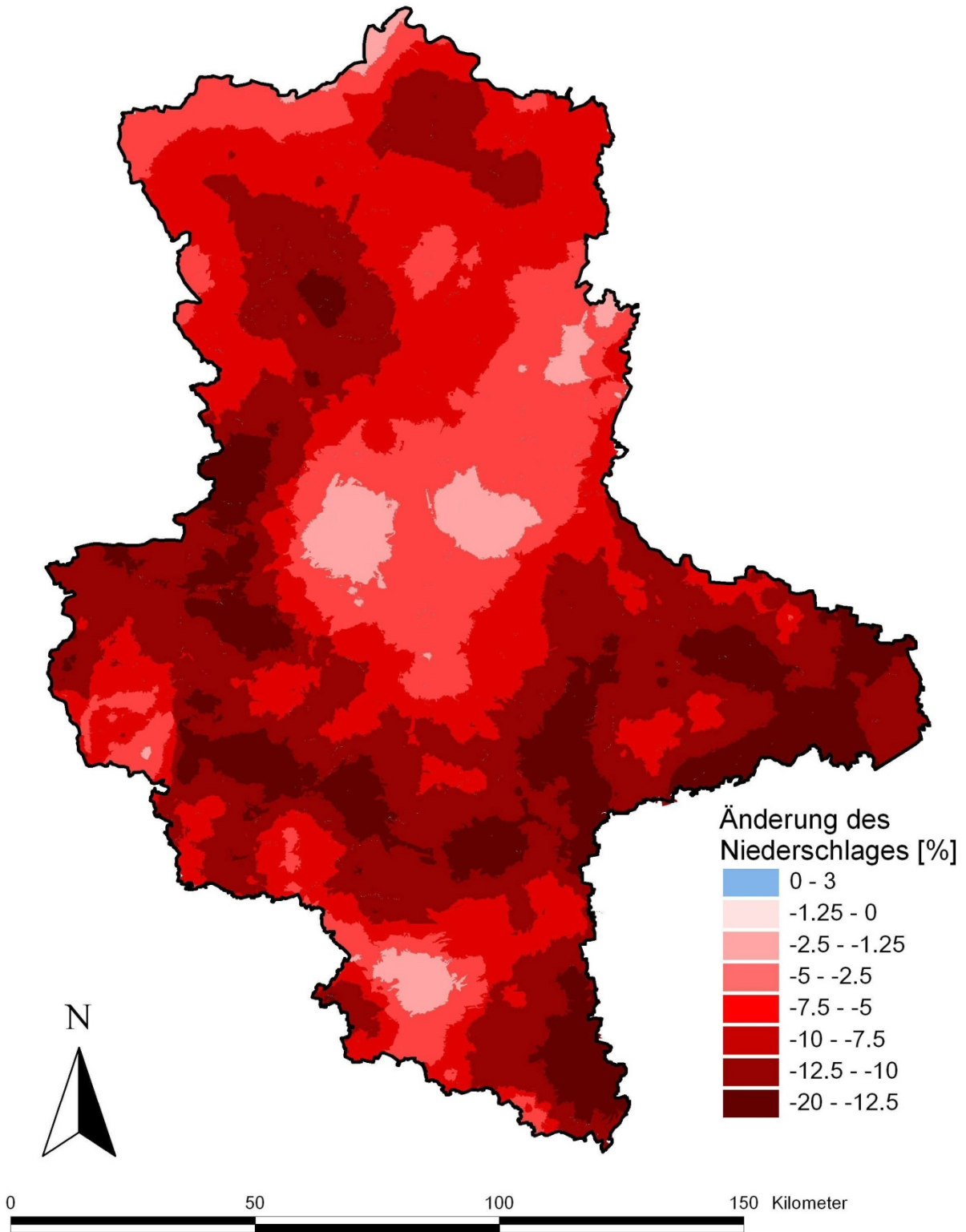
Änderungen



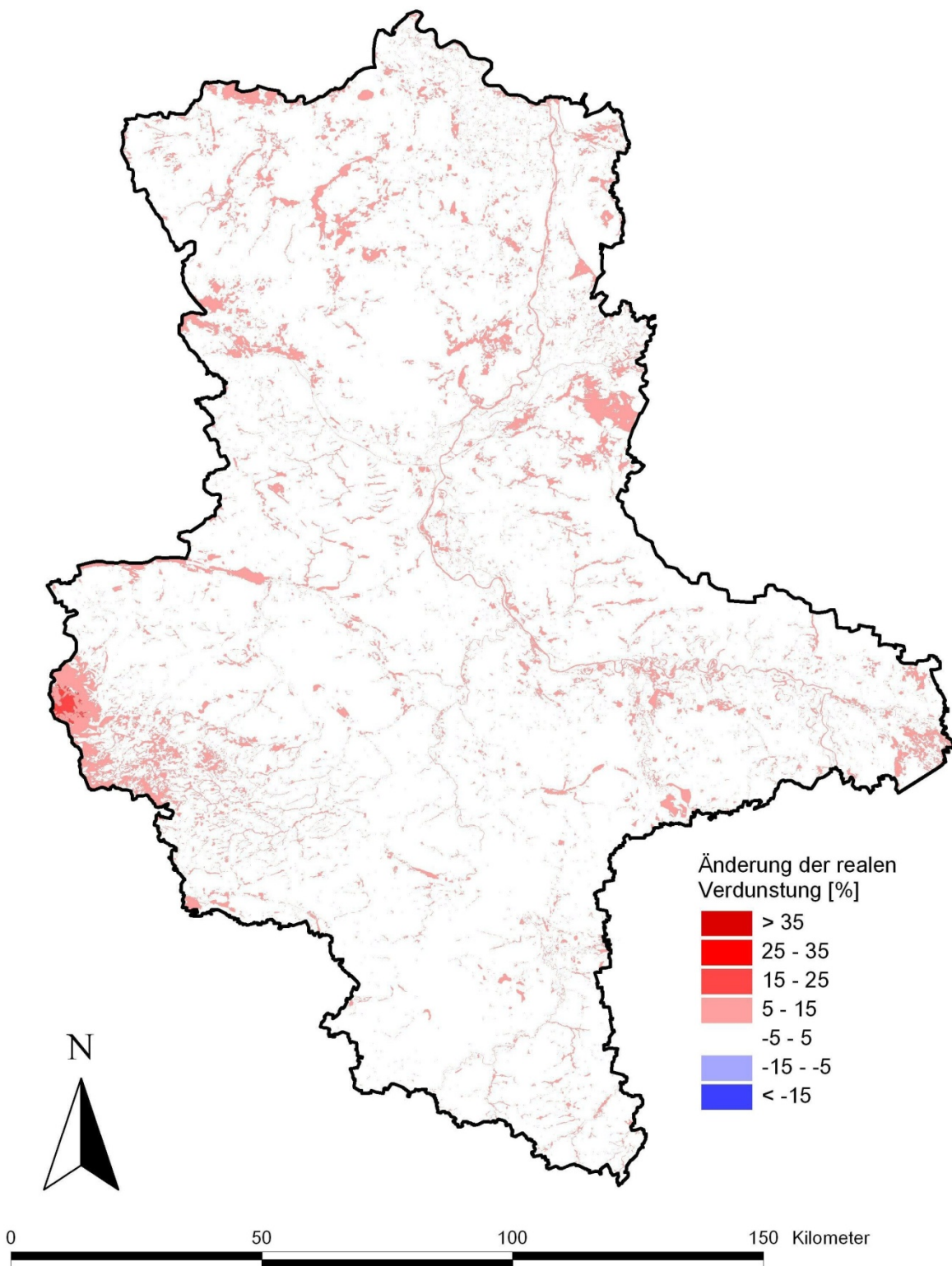
Anhang 18: Änderung des Niederschlages 2011 - 2040 gegenüber dem Referenzzeitraum 1971 - 2000



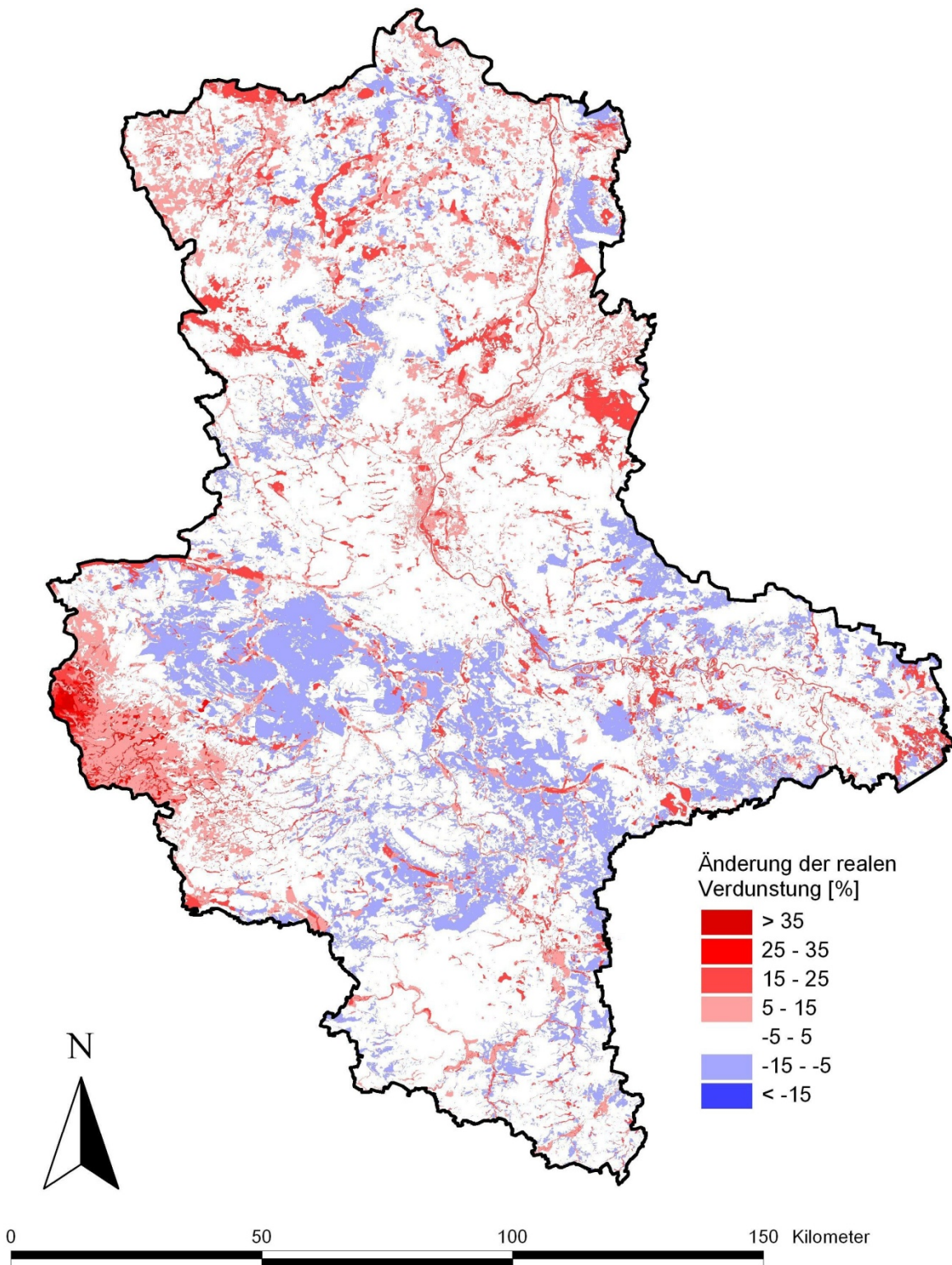
Anhang 19: Änderung des Niederschlages 2041 - 2070 gegenüber dem Referenzzeitraum 1971 - 2000



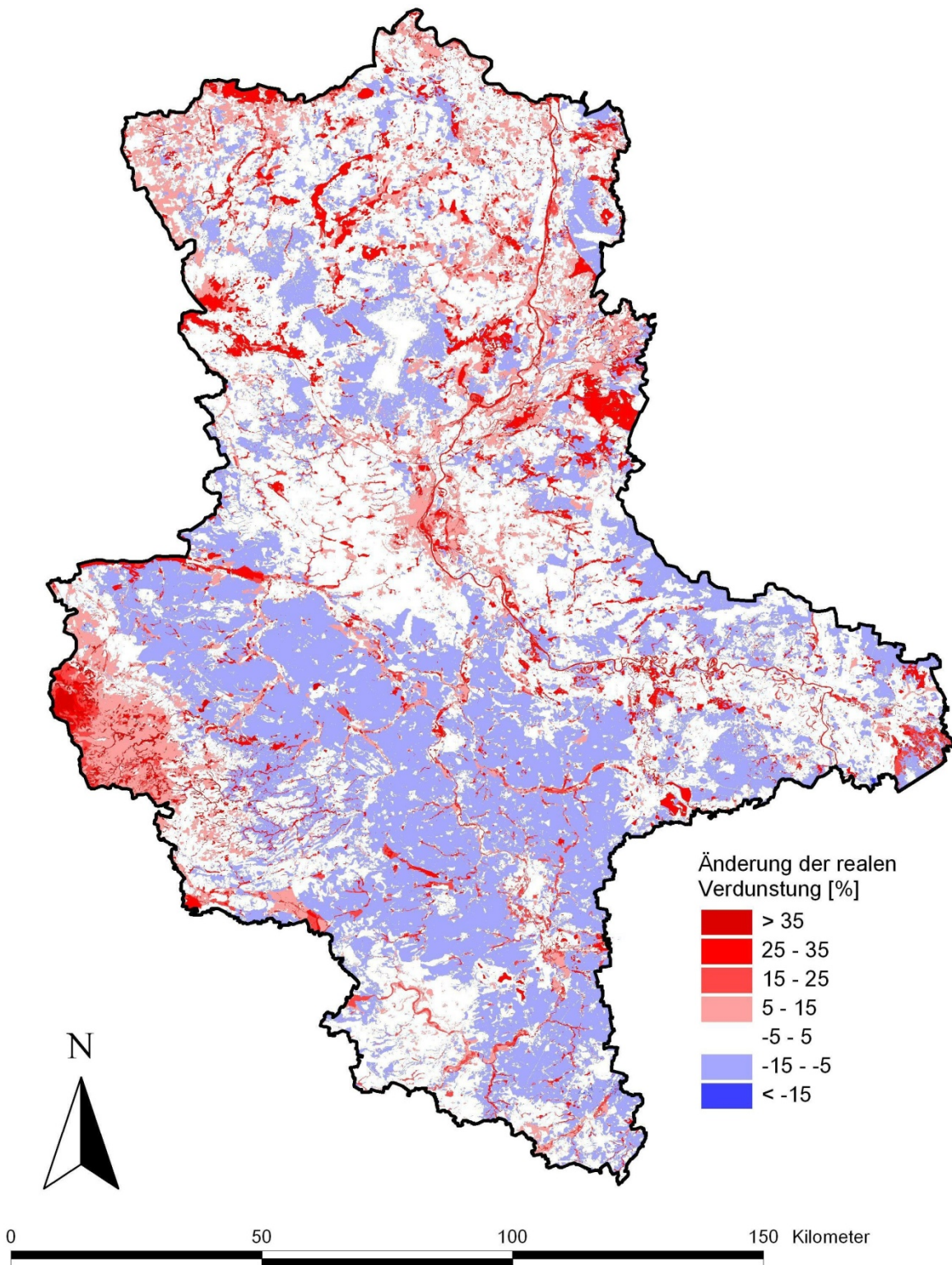
Anhang 20: Änderung des Niederschlages 2071 - 2100 gegenüber dem Referenzzeitraum 1971 - 2000



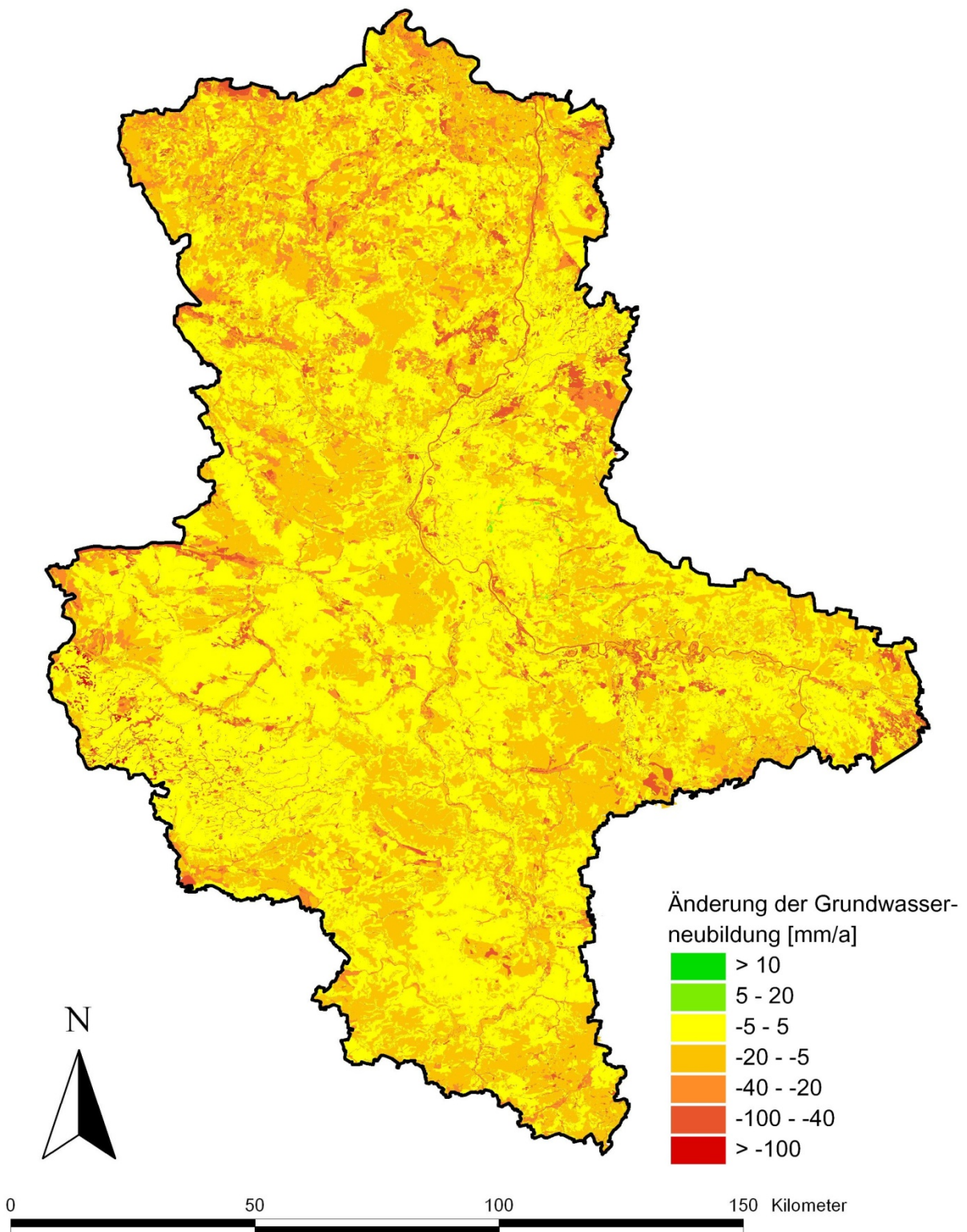
Anhang 21: Änderung der realen Verdunstung 2011 - 2040 gegenüber dem Zeitraum 1971 - 2000



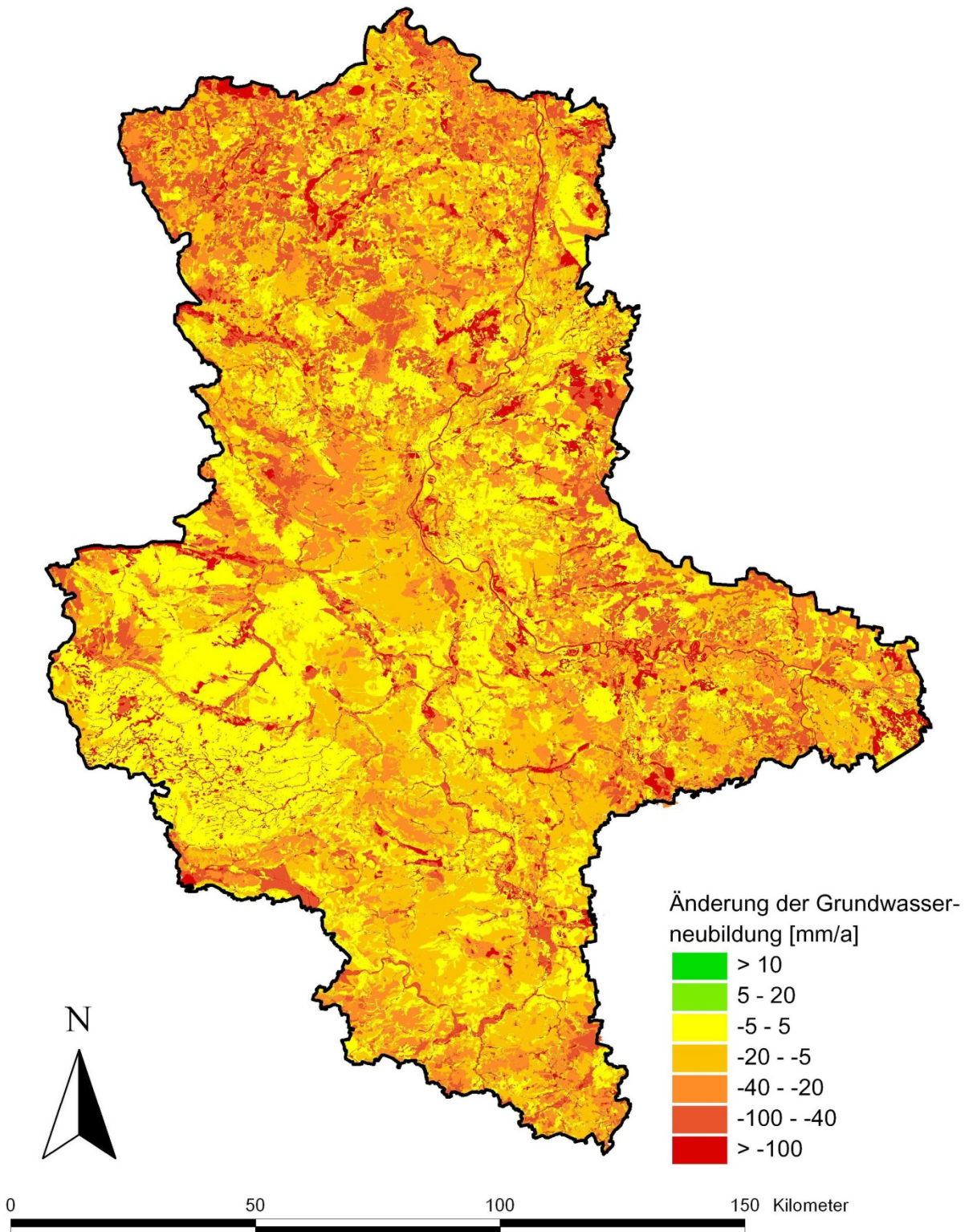
Anhang 22: Änderung der realen Verdunstung 2041 - 2070 gegenüber dem Zeitraum 1971 - 2000



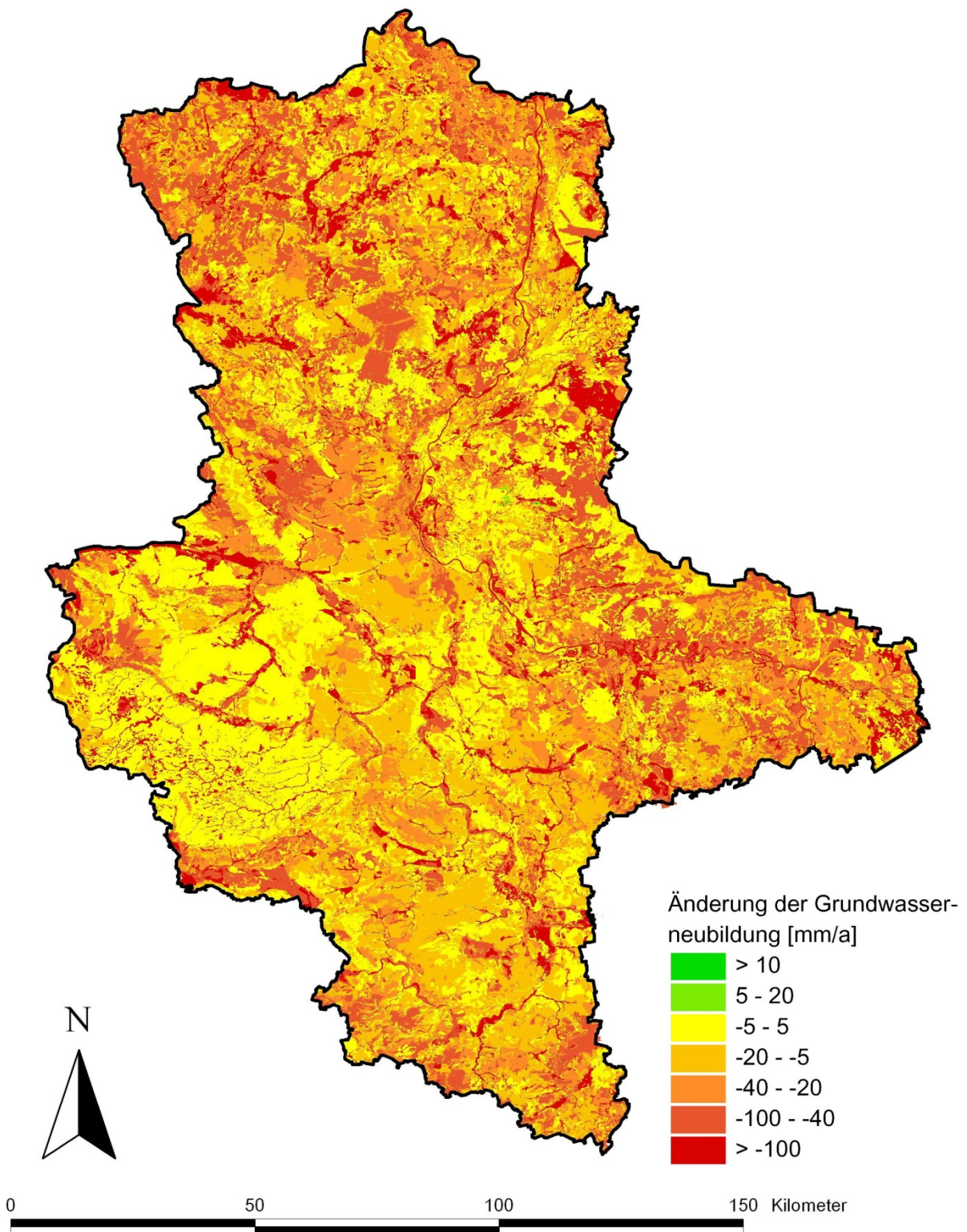
Anhang 23: Änderung der realen Verdunstung 2071 - 2100 gegenüber dem Zeitraum 1971 - 2000



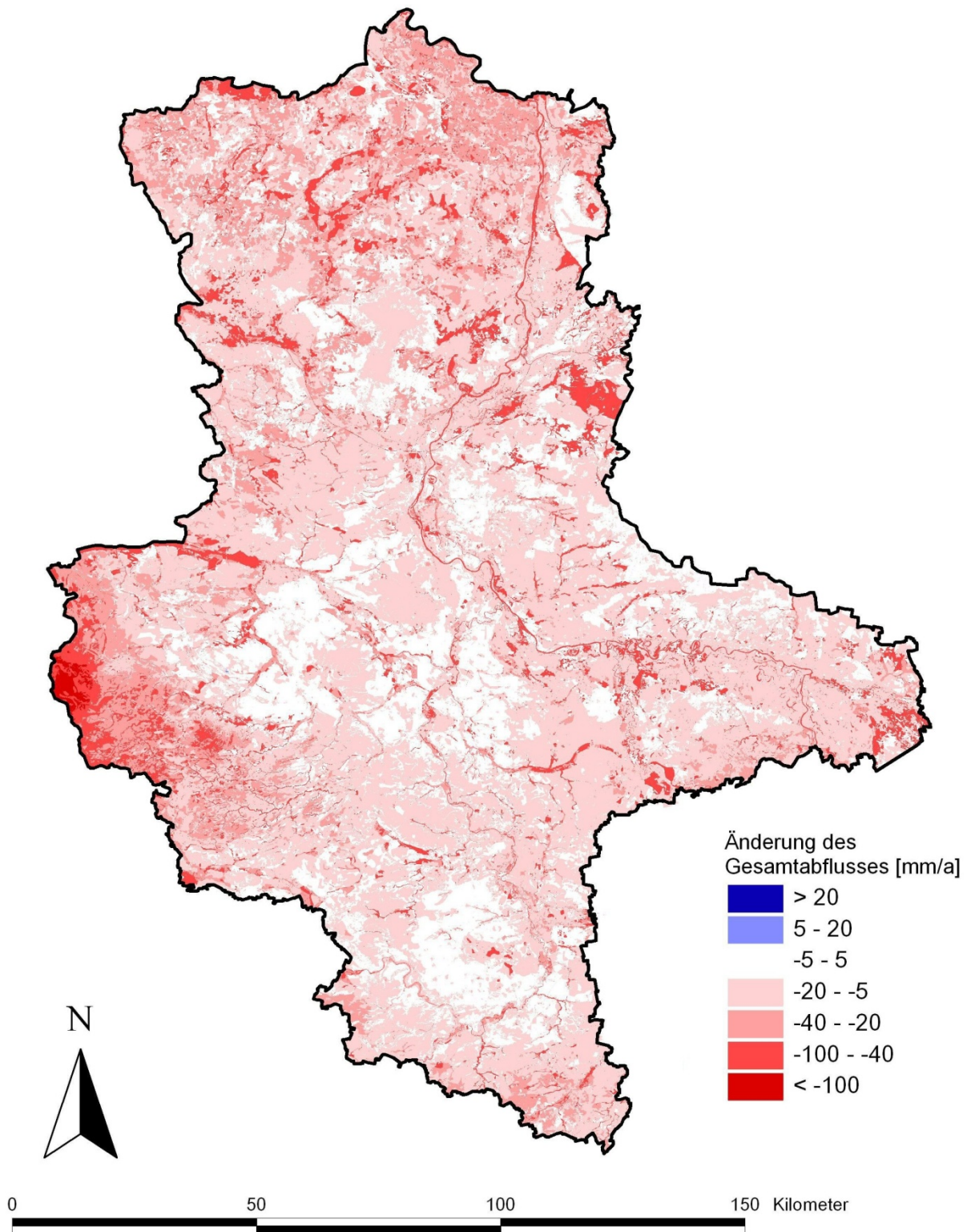
Anhang 24: Änderung der Grundwasserneubildung 2011 - 2040 gegenüber dem Referenzzeitraum 1971 - 2000



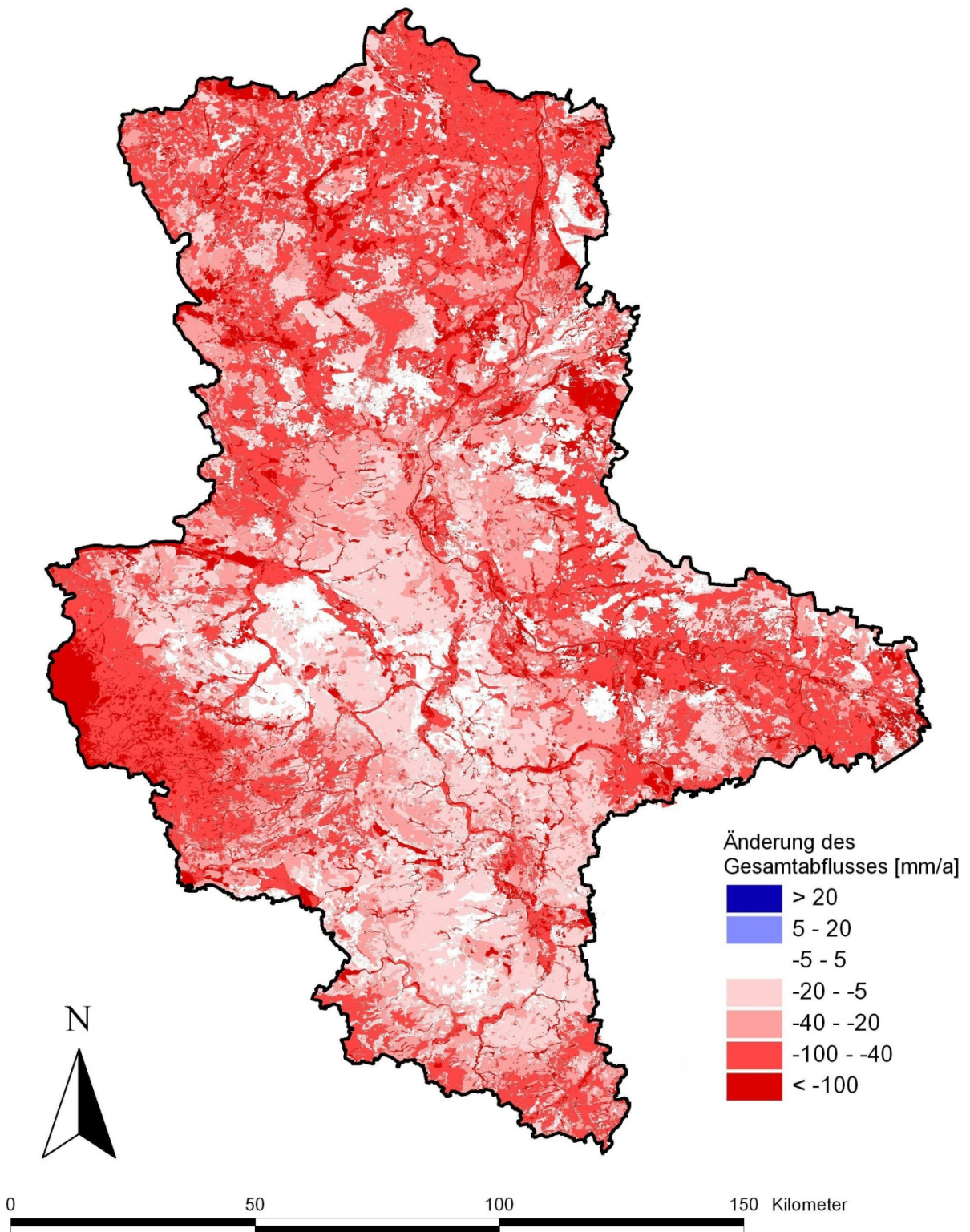
Anhang 25: Änderung der Grundwasserneubildung 2041 - 2070 gegenüber dem Referenzzeitraum 1971 - 2000



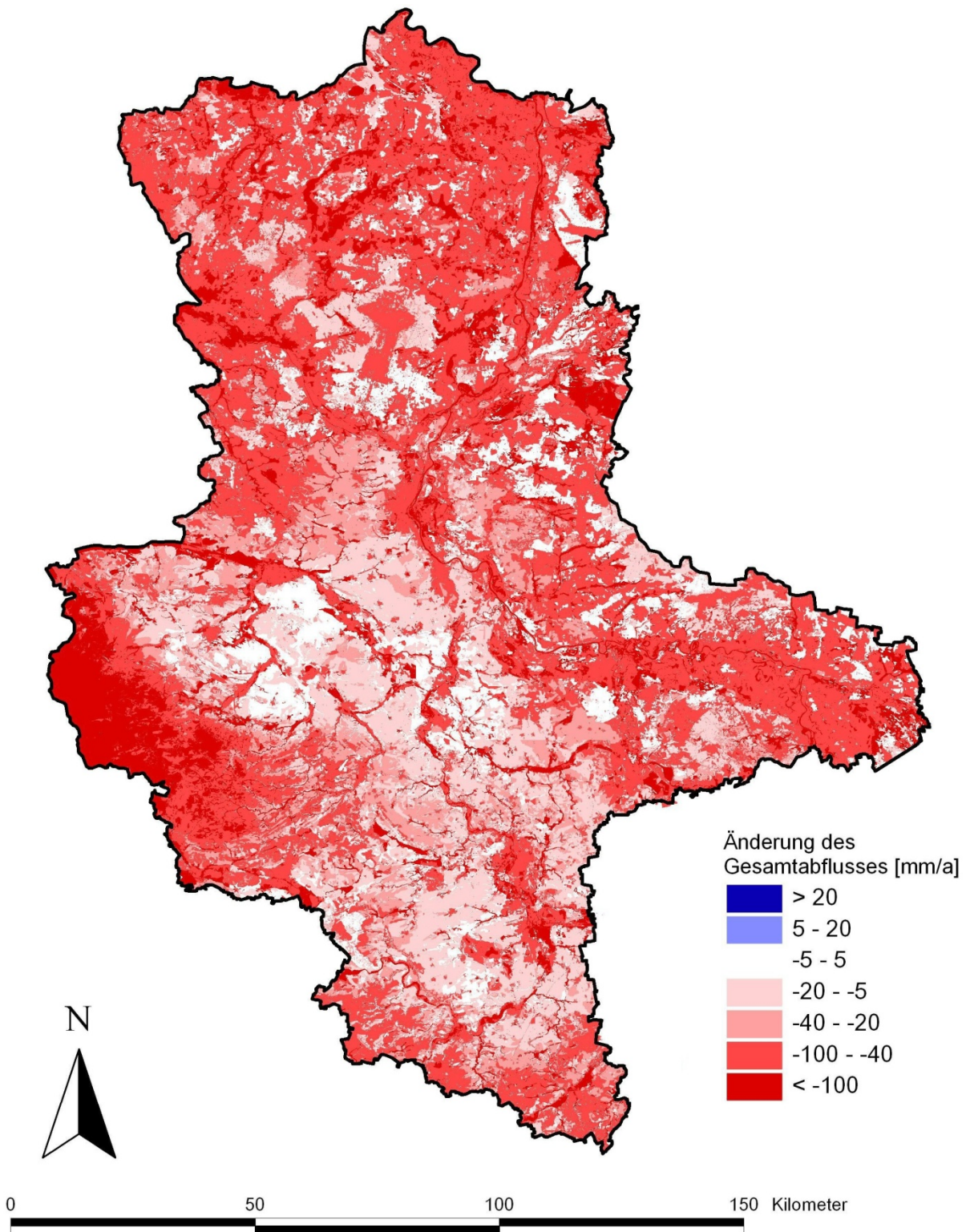
Anhang 26: Änderung der Grundwasserneubildung 2071 - 2100 gegenüber dem Referenzzeitraum 1971 - 2000



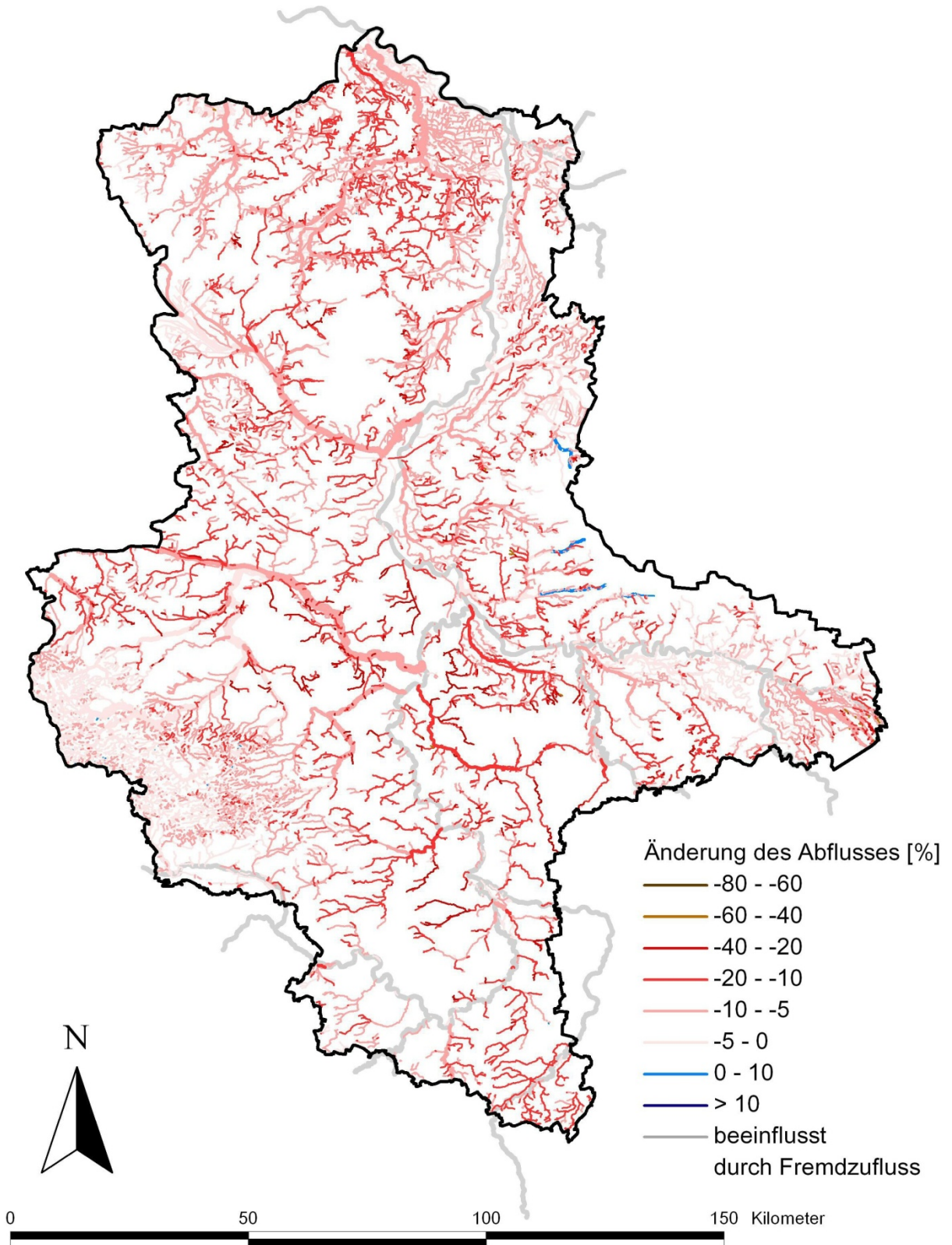
Anhang 27: Änderung des Gesamtabflusses 2011 - 2040 gegenüber dem Referenzzeitraum 1971 - 2000



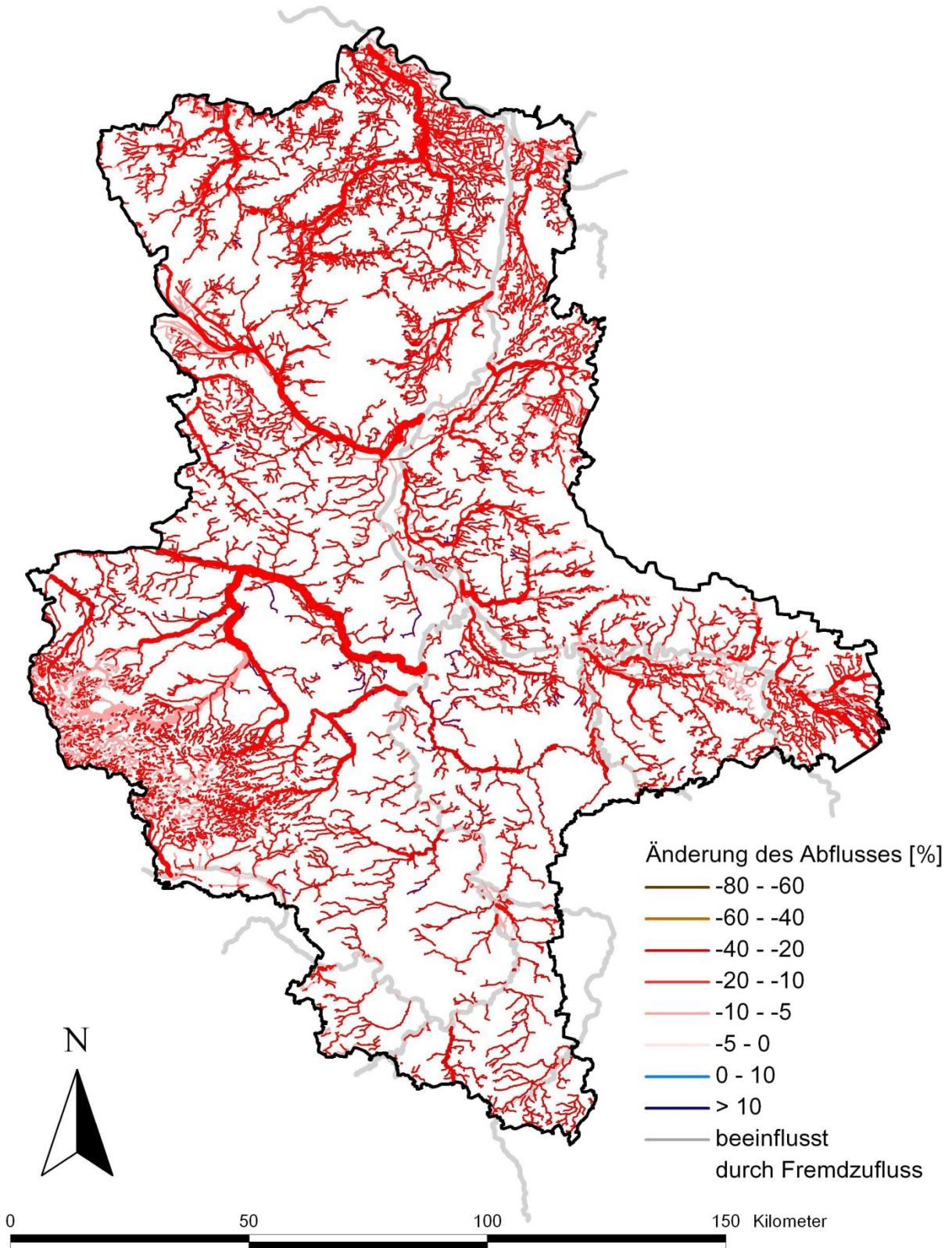
Anhang 28: Änderung des Gesamtabflusses 2041 - 2070 gegenüber dem Referenzzeitraum 1971 - 2000



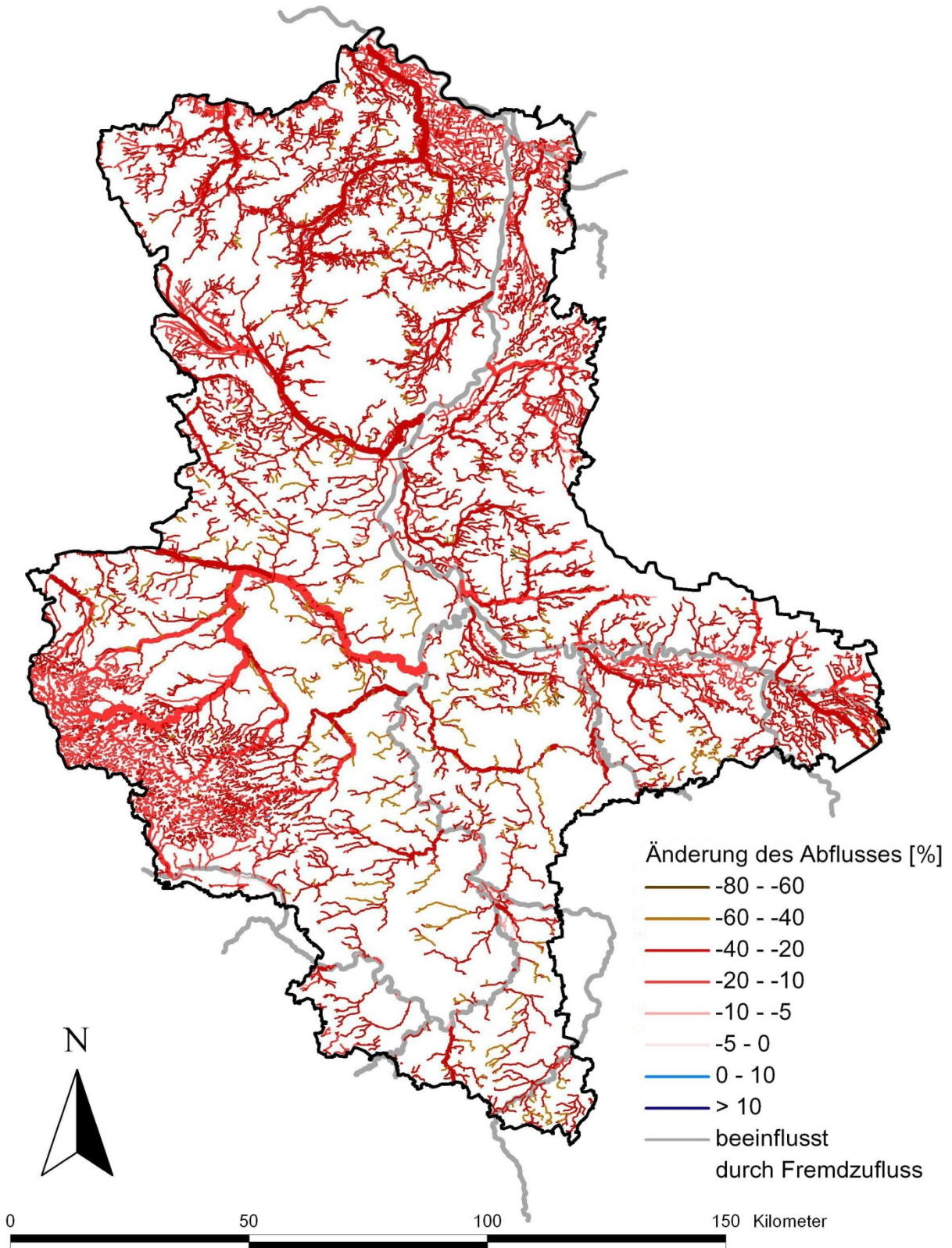
Anhang 29: Änderung des Gesamtabflusses 2071 - 2100 gegenüber dem Referenzzeitraum 1971 - 2000



Anhang 30: Änderung des Abflusses in Gewässersystemen 2011 - 2040 gegenüber dem Referenzzeitraum 1971 - 2000



Anhang 31: Änderung des Abflusses in Gewässersystemen 2041 - 2070 gegenüber dem Referenzzeitraum 1971 - 2000



Anhang 32: Änderung des Abflusses in Gewässersystemen 2071 - 2100 gegenüber dem Referenzzeitraum 1971 - 2000

