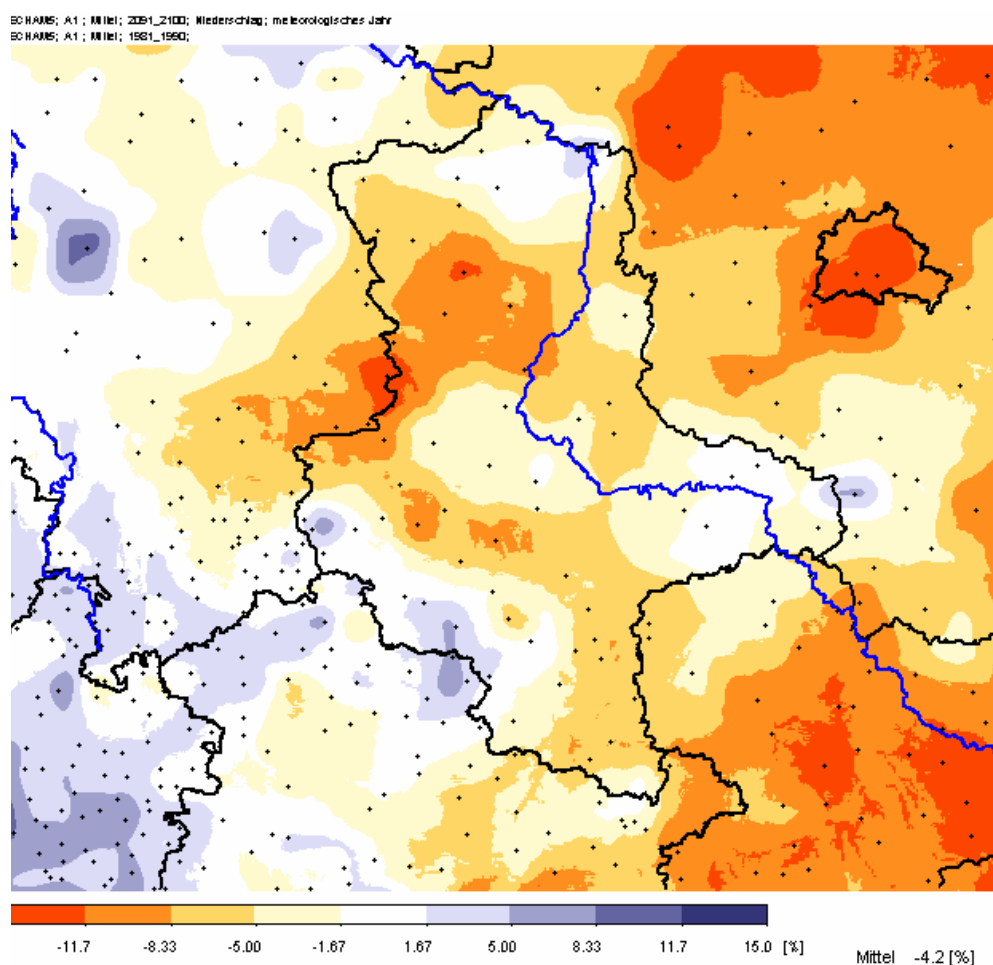


Regionale Klimaänderungen auf der Basis des statistischen Regionalisierungsmodells

WETTREG

- Analysen und Trends für Sachsen-Anhalt -



SACHSEN-ANHALT

Landesamt für Umweltschutz

Regionale Klimaänderungen auf der Basis des statistischen Regionalisierungsmodells WETTREG

- Analysen und Trends für Sachsen-Anhalt -

Berichte des
Landesamtes für Umweltschutz
Sachsen-Anhalt

2008 – Sonderheft 3

Inhaltsverzeichnis

1	Klimadaten für Sachsen-Anhalt	4
2	Einführung zu Klimamodellrechnungen	5
3	Grundlagen des Regionalisierungsmodells WETTREG	5
4	Emissionsszenarien	6
5	Interpretation von Klimaprojektionen.....	8
6	Nutzungsbedingungen für Klimadaten	10
7	Ergebnisse des Modells WETTREG für Sachsen-Anhalt.....	11
7.1	Interaktives Diagnose- und Präsentationstool (IDP)	11
7.2	Darstellung der Ergebnisse	12
7.2.1	Regionale Auswertungen.....	12
7.3	Auswertungen zum Klimasignal Temperatur.....	14
7.3.1	Zeitliche Analyse des Klimasignals zu Temperaturveränderungen	14
7.3.2	Regionale Auswertung zum Klimasignal Temperatur.....	16
7.4	Auswertungen zum Klimasignal Niederschlag	37
7.4.1	Zeitliche Analyse des Klimaänderungssignals für den Niederschlag	37
7.4.2	Regionale Analyse des Klimasignals Niederschlag.....	43
7.4.2.1	Regionale Besonderheiten des Klimasignals Niederschlag- Auswertung von WETTREG-Gitterpunktwerten.....	54
7.4.2.2	Regionale Besonderheiten des Klimasignals Niederschlag – Auswertung von Klimastationsdaten	66
7.4.3	Niederschlag in den Vegetationsperioden	69
7.4.4	Niederschlag in den Hydrologischen Halbjahren	73
7.5	Auswertung von Kenntagen und Extremwerten.....	76
7.5.1	Kenntage	76
7.5.2	Hitzewellen	81
7.5.3	Trockenperioden.....	83
8	Schlussfolgerungen und Ausblick für Sachsen-Anhalt	85
9	Anlagen	88
10	Tabellenverzeichnis	93
11	Abbildungsverzeichnis	94

1 Klimadaten für Sachsen-Anhalt

Im April 2008 wurden durch den Deutschen Wetterdienst Klimadaten sowie Trends zu Klimaveränderungen im Zeitraum 1901 bis 2007 für Deutschland und die Bundesländer vorgestellt.¹

Aus diesem Datenmaterial sind im Folgenden Auszüge angeführt:

Die Jahresschwankungen der Temperatur sind in Sachsen-Anhalt recht groß.

Am trockensten in Deutschland ist es in Sachsen-Anhalt mit 547 l/m²; vor allem im Lee des Harzes, so dass die klimatische Wasserbilanz teilweise negativ wird (mehr potentielle Verdunstung als Niederschlag). Nur in den Höhenlagen des Harzes findet man sehr große Niederschlagsmengen bei recht niedrigen Temperaturen.

So ist es auf dem Brocken im Mittel kälter als auf dem über 300 Meter höheren Feldberg im Schwarzwald.

Tabelle 1-1 Trends der Temperatur in ausgewählten Bundesländern von 1901 bis 2007 nach Monaten und Jahreszeiten in Grad Celcius

Land	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
Niedersachsen	0,94	1,06	1,25	0,91	1,04
Mecklenburg-Vorpommern	-0,06	0,27	0,99	0,73	0,504
Brandenburg	0,58	0,81	0,98	0,78	0,788
Sachsen-Anhalt	0,64	0,93	1,13	0,79	0,876
Sachsen	0,68	0,99	0,97	0,54	0,813
Thüringen	0,82	1,23	1,16	0,75	0,998
Deutschland	0,75	1,04	1,08	0,78	0,927

Tabelle 1-2 Trends des Niederschlags in ausgewählten Bundesländern von 1901 bis 2007 nach Monaten und Jahreszeiten in Prozent

Land	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
Niedersachsen	12,7	1,2	14,4	22,6	11,7
Mecklenburg-Vorpommern	8,4	-4,1	3	12,1	3,6
Brandenburg	9,9	-9,8	-4,6	13,3	0,7
Sachsen-Anhalt	12,2	-4,7	-4	16,4	3,9
Sachsen	-0,2	-13,9	-5,4	8,3	-4,9
Thüringen	14,4	-3	7,8	18	5,9
Deutschland	14,1	-1,4	11,1	20,8	10

Diese Klimadiagnose des DWD wird für Sachsen-Anhalt auf Basis der Klimadatenbank weiter spezifiziert.²

¹ Pressemitteilung des Deutschen Wetterdienstes vom 15.04.2008

Neue Fakten zum Klimawandel in Deutschland

Klimawandel erzwingt intensive internationale Zusammenarbeit

² Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben des Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt
REKLI – Sachsen-Anhalt II / Regionale Klimadiagnose für Sachsen-Anhalt; TU Dresden, Juli 2008

2 Einführung zu Klimamodellrechnungen

Zur Bewertung künftiger möglicher Klimaentwicklungen und damit als Grundlage für die Bewertung der Risiken und Chancen künftiger Klimaänderungen sowie notwendiger Anpassungsmaßnahmen in verschiedenen Sektoren benutzen Wissenschaft und Politik Klimamodelle.

Klimamodelle dienen als theoretische Werkzeuge zur Erforschung der Zusammenhänge im Klimasystem. Mit den Modellen sollen die komplexen Prozesse im Klimasystem qualitativ und quantitativ abgebildet werden.

Auf globaler Ebene werden die verschiedenen Aktivitäten zum Klimawandel im Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) gebündelt, dessen Gründung im Jahr 1988 auf Initiative der Welt Meteorologie Organisation (WMO) und des UN-Umweltprogramms (UNEP) zurückzuführen ist.

Der „Zwischenstaatliche Ausschuss zum Klimawandel“ (IPCC) erstellt regelmäßig Zusammenfassungen der aktuellen Forschungsergebnisse, um die Politik in der Begrenzung des künftigen Klimawandels zu unterstützen. Dazu gehören auch die Projektionen von möglichen zukünftigen Klimaentwicklungen mit Hilfe detaillierter Klimamodelle, gestützt auf vorgegebene Szenarien zum Ausstoß von CO₂ und anderen Treibhausgasen.

Zum Jahresende 2003 wurden Klimamodellierungs-Teams in aller Welt vom IPCC aufgefordert, jeweils drei Zukunftsszenarien durchzurechnen und die Ergebnisse dieser Klimaprojektionen anderen Forschergruppen zur weiteren Auswertung verfügbar zu machen. Die deutschen IPCC-Rechnungen wurden mit globalen Klimamodellen des Max-Planck-Instituts für Meteorologie durchgeführt. Das Basismodell (kurz: IPCC-Modell) besteht aus zwei Hauptkomponenten, dem Atmosphären- und Landoberflächenmodell ECHAM5 und dem Ozeanmodell MPI-OM.³

Erste Ergebnisse des aktuellen 4. Sachstandsberichtes wurden im Februar 2007 vorgestellt.⁴

Die Auflösung der globalen Modelle, die das Klima der gesamten Erdoberfläche simulieren, beträgt i.a. 100x100 bis 200x200 km², für Europa ca. 50x50 km². Da diese, für globale Modelle bereits sehr hohe Auflösung für Zwecke regionaler Klimaprojektionen jedoch nicht ausreicht, wurden Regionalisierungsverfahren entwickelt.

Grundsätzlich gibt es dabei zwei verschiedenen Methoden: dynamische und statistische Verfahren. Beispiele dafür sind die vom Umweltbundesamt (UBA) genutzten Modelle REMO und WETTREG: REMO ist ein dynamisches und WETTREG ein statistisches Verfahren.

3 Grundlagen des Regionalisierungsmodells WETTREG⁵

Statistische Verfahren für regionale Klimaprojektionen gehen davon aus, dass die globalen Modelle im großräumigen Maßstab in der Lage sind, die Muster der atmosphärischen Zirkulation treffend zu beschreiben. Bei den meisten dieser Verfahren werden statistische Beziehungen zwischen den großräumigen Mustern/Wetterlagen und den lokalen

³ Klimaprojektionen für das 21. Jahrhundert; Max-Planck-Institut für Meteorologie Hamburg, Januar 2006; www.mpimet.mpg.de

⁴ Climate Change 2007: The Physical Science Basis – Summary for Policymakers - Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, February 2007 ; www.ipcc.ch

⁵ Neuentwicklung von regional hoch aufgelösten Wetterlagen für Deutschland und Bereitstellung regionaler Klimaszenarios auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit dem Regionalisierungsmodell WETTREG auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit ECHAM5/MPI-OM T63L31 2010 bis 2100 für die SRES-Szenarios B1, A1B und A2
Forschungsprojekt im Auftrag des Umweltbundesamtes; FuE-Vorhaben Förderkennzeichen 204 41 138
Ausführung: Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH , Januar 2007

Auswirkungen identifiziert, wobei die aus der Vergangenheit oder Gegenwart gewonnenen Beziehungen auf die Projektionen der globalen Modelle angewendet werden.

Das vom UBA genutzte statistische Modell WETTREG - Wetterlagen-basierte Regionalisierungsmethode der Firma Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH (CEC) - bestimmt das Klimasignal nicht direkt aus den Szenariorechnungen des globalen Klimamodells, sondern über die Kausalkette von sich ändernden Häufigkeiten der Wetterlagen in den täglichen Realisierungen des Klimamodells, die hohe oder tiefe Temperaturwerte und geringen oder starken Niederschlag verursachen.

WETTREG arbeitet mit Stationsdaten und liefert für diejenigen Stationen Ergebnisse, an denen auch Messreihen zur Verfügung stehen. Eingangsdaten des Modells sind meteorologische Daten von 282 Klimastationen und 1695 Niederschlagsstationen in ganz Deutschland.

Die globalen Klimasimulationen, auf denen WETTREG aufbaut, wurden mit dem am Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg vorhandenen Globalmodell ECHAM5/MPI-OM gerechnet. Konkret wurden die Simulationen für den Zeitraum 2010 bis 2100 durchgeführt.

Mit den regionalen Klimaprojektionen lässt sich besser einschätzen, wie sich der Klimawandel in Deutschland regional auswirken kann und welche Regionen besonders betroffen sein könnten.

4 Emissionsszenarien

Entscheidende Ausgangsbasis für die Klimamodellierung und -projektion bildet die zukünftige Entwicklung der Treibhausgasemissionen. Dabei sind unterschiedliche Annahmen über den demographischen, gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und technologischen Wandel bis zum Jahr 2100 zu treffen. Die daraus abgeleiteten Zukunftsszenarien B1, A1B und A2 wurden vom Zwischenstaatlichen Ausschuss für Klimaänderungen (IPCC) definiert und beschreiben sich unterschiedlich entwickelnde Welten.

Szenario A2

A2 beschreibt eine sehr heterogene Welt. Die Geburtenraten der verschiedenen Regionen nähern sich nur langsam an, was zu einem kontinuierlichen Anstieg der Weltbevölkerung führt. Wirtschaftliches Wachstum ist vor allem regional orientiert, und das wirtschaftliche Pro-Kopf-Wachstum sowie der technologische Wandel verändern sich fragmentierter und langsamer als in anderen Szenarien.

Szenario A1B

A1B beschreibt eine künftige Welt mit sehr raschem wirtschaftlichem Wachstum, mit einer Weltbevölkerung, deren Zahl bis Mitte des 21. Jahrhunderts zunimmt und danach abnimmt, und mit einer raschen Einführung von neuen und effizienteren Technologien. Die drei A1B-Gruppen unterscheiden sich durch ihren jeweiligen technologischen Schwerpunkt: intensive Nutzung fossiler Brennstoffe (A1BFI), nicht-fossiler Energiequellen (A1BT) oder Ausgeglichenheit über alle Energieträger hinweg (A1B).

Szenario B1

B1 beschreibt eine Welt mit der gleichen globalen Bevölkerung wie im Szenario A1B, aber mit raschen Veränderungen in den wirtschaftlichen Strukturen hin zu einer Dienstleistungs- und Informationswirtschaft, mit deutlich geringerer Materialintensität sowie der Einführung von emissionsarmen und ressourcenschonenden Technologien. Der Schwerpunkt liegt auf globalen Lösungen in Richtung wirtschaftlicher, sozialer und ökologischer Nachhaltigkeit, einschließlich verbesserter Gerechtigkeit, aber ohne zusätzliche Klimaschutzinitiativen.

Tabelle 4-1 Emissionen von Kohlendioxid (CO₂) und Schwefeldioxid (SO₂) aus fossilen Brennstoffen , industriellen Aktivitäten und Landnutzungsänderungen in den IPCC-Szenarien A2, A1B und B1 ⁶

1 Petagramm Kohlenstoff (PgC) = 1 Milliarde Tonnen Kohlenstoff,

1 Teragramm Schwefel (TgS) = 1 Million Tonnen Schwefel

	CO ₂ - Emission (Pg C/a)			SO ₂ - Emission Tg S/a		
Jahr / Szenario	A2	A1B	B1	A2	A1B	B1
2000	8	8	8	69	69	69
2020	12	13	11	100	100	75
2040	16	15	12	109	69	79
2060	19	16	10	90	47	56
2080	23	15	7	65	31	36
2100	29	13	4	60	28	25

Eine Übersicht zu den Emissionsabschätzungen der Szenarien ist im Anhang 1 enthalten. Auswertungen der Auswirkungen der verschiedenen Szenarien auf das Klimasystem zeigen, dass das Szenario A2 für die extremen und das Szenario B1 für die moderaten Antworten des Klimasystems steht.

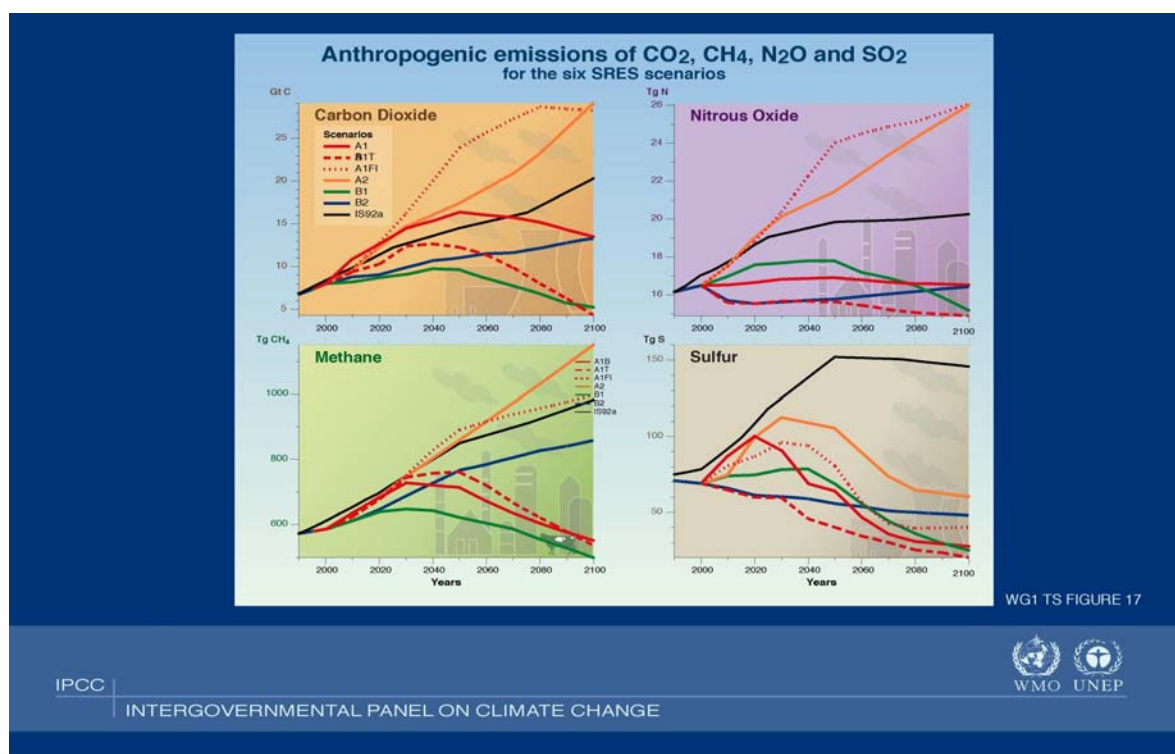


Abbildung 4-1 Emissionen klimarelevanter Gase nach den Emissionsszenarien des IPCC

⁶ IPCC- Special Report on Emission Scenarios, 2001
Klimaprojektionen für das 21. Jahrhundert; Max-Planck-Institut für Meteorologie Hamburg,
Januar 2006; www.mpimet.mpg.de

5 Interpretation von Klimaprojektionen

Für die Interpretation wurden in einem Bund/Länder-Arbeitskreis Leitlinien zur Interpretation regionaler Klimamodelldaten (REMO, WETTREG) entwickelt, die ein möglichst einheitliches Vorgehen in den Bundesländern absichern sollen und die im Folgenden vorgestellt werden.⁷

„Allgemeines zur Interpretation der Klimamodelldaten

Die Ergebnisse des ECHAM5-Globalmodells vom Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg und damit auch alle darauf basierenden Regionalisierungen (wie WETTREG, REMO, CLM) können **nicht** als Vorhersagen interpretiert werden, sondern als Klimaszenarien oder Klimaprojektionen. Klimaszenarien und -projektionen sind im Unterschied zu Vorhersagen nur in der Lage, mögliche Klimaentwicklungen zu simulieren. Sie sind nicht in der Lage, das Klima für einen bestimmten Zeitpunkt in der Zukunft vorherzusagen. Klimaszenarien liefern zudem keinesfalls unerschütterliche Wahrheiten.

Die Gründe dafür sind unter anderem, dass Klimamodelle bei ihren Berechnungen Informationen über die künftige Entwicklung von Faktoren benötigen, die nicht umfassend genug bekannt sind. Zu diesen – das Klima entscheidend beeinflussenden Faktoren – zählen zum Beispiel die Sonneneinstrahlung, die Stellung der Erde zur Sonne, künftige Treibhausgasemissionen (stark abhängig von der wirtschaftlichen Entwicklung und dem Wachstum der Weltbevölkerung) und die daraus resultierenden Konzentrationen in der Atmosphäre, der Vulkanismus oder die Beschaffenheit der Erdoberfläche. Diese Faktoren sind für längere Zeiträume nicht ausreichend genug im Voraus bekannt. Deshalb sind die Klimaprojektionen keine Prognosen (Vorhersagen) des künftigen Klimas, sondern dienen der Simulation verschiedener möglicher, plausibler Klimaentwicklungen (Klimatrends) in der Zukunft.

1. Möglichst alle drei derzeit zur Verfügung stehenden Emissionsszenarien (A1B, A2, B1) sollten bei einer Auswertung künftiger Klimaentwicklungen betrachtet werden, um die mögliche Bandbreite der Projektionen abzubilden. Ist dies (z.B. aus finanziellen Gründen) nicht möglich, wird empfohlen, dass die Betrachtung auf dem Szenario A1B basiert. Diesem „mittleren“ Szenario liegt ein Anstieg der globalen Treibhausgaskonzentrationen zugrunde, der größer als im B1 und kleiner als im extremeren A2 Szenario ist (was jedoch nicht bedeutet, dass das A1B Szenario als wahrscheinlicher erachtet wird als B1 oder A2).

2. Eine Auswertung für ein bestimmtes Jahr in der Zukunft ist nicht möglich.

Die Betrachtungszeiträume für die Klimaänderung in Bezug auf Temperatur und Niederschlag sollten mindestens 30 Jahre umfassen. Für die meisten Betrachtungen stehen die Mittelwerte der Klimaparameter im Vordergrund. Zusätzlich ist auch die Variabilität des Klimas auf verschiedenen Zeitskalen (stündlich bis dekadisch) sowie die Betrachtung von Extremereignisse von Bedeutung. Letztere erfordern, insbesondere beim Niederschlag, gegebenenfalls auch längere Betrachtungszeiträume.

3. Die Betrachtung der Ergebnisse für eine einzelne meteorologische Station ist nicht immer sinnvoll. Die Auswertung sollte wegen der Repräsentativität der Ergebnisse vornehmlich gebietsweise erfolgen. Für gitterpunktsbasierte Auswertungen (beispielsweise bei den REMO-Daten) sollten insbesondere im Falle des Niederschlags nicht einzelne Gitterpunkte herangezogen werden. Bei Gitterpunkten sollten für räumliche Interpretationen mindestens 4, besser 9 Punkte genutzt werden. Für stationsbasierte Auswertungen ist eine Auswertung über mehrere, räumlich eng korrelierte und in ihren Spezifika ähnlichen Stationen anzustreben. Um sich von Stationsnamen bzw. Gitterpunktskoordinaten zu trennen, sind als Benennung Regionennamen empfehlenswert.

4. Bei der Aufbereitung von Klimaszenariendaten sollten für öffentliche Darstellungen alle

⁷ Leitlinien des Fachgesprächs „Interpretation regionaler Klimaprojektionen“ ;
Arbeitsstand November 2007

Beteiligten (Bund, Länder, Dritte) grundsätzlich:

- den Vergleichszeitraum 1961 – 1990 (Klimanormalperiode der WMO) zugrunde legen;
Hinweis: Zu diesem Punkt bestehen unterschiedliche Auffassungen.
Vom DWD wird wegen besserer Datenlage eher der Zeitraum 1971-200 vorgeschlagen.
- als Projektionszeitraum sind 30-jährige Zeiträume zu betrachten, um jeweils die Zeiträume bis Mitte des Jahrhunderts und bis Ende des Jahrhunderts abzubilden. Dabei sollten jeweils die absoluten Werte **und** das Änderungssignal abgebildet werden;
- bei der Jahreseinteilung die klassischen „meteorologischen“ Jahreszeiten Winter (DJF), Frühjahr (MAM), Sommer (JJA) und Herbst (SON) verwenden, um die Vergleichbarkeit zu anderen Studien zu garantieren und die Variation klimatologischer Parameter im Jahresverlauf optimal zu erfassen.

5. Berechnete Klimaänderungssignale (d.h. die Differenz zwischen projizierten Szenariendaten und den Ergebnissen des Modellkontrolllaufs) sind nur dann als signifikant anzusehen, wenn der Betrag ihrer Änderung größer ist als der Betrag der modellspezifischen Variabilität des betrachteten Klimaparameters auf dekadischen Zeitskalen. Hierzu dienen statistische Tests, wie sie in der Fachliteratur regelmäßig angewendet werden (z. B. Student-t-Test für normalverteilte Parameter wie Temperatur).

6. Bei der Interpretation der Modellergebnisse – insbesondere wenn Absolutwerte und nicht Änderungssignale analysiert werden - sollte auch berücksichtigt werden, mit welcher Güte die Modellkette (ECHAM+Regionalmodell) Beobachtungsdaten reproduziert.

Das geschieht durch einen Vergleich von Modell- und Beobachtungsdaten für die Vergangenheit vorzugsweise für die Klimanormalperiode 1961-90.

7. Werden Ergebnisse von Klimaszenarios visualisiert, so sollte ein starkes Augenmerk auf die genutzte Farbskala sowie auf die gewählten Werteintervalle gelegt werden. Mit einer ungünstigen Wahl der Werteintervalle (z.B. zu große Temperaturschritte) sind sehr fragwürdige Ergebnisse möglich.

- Unsicherheit der Werte (Klassen müssen größer als der Modellfehler sein)
- im Zuge der Vergleichbarkeit muss auf Skalen mit gemeinsamen Werteintervall geachtet werden
- bei der Farbwahl sollte auf Farbpsychologische Aspekte geachtet werden (z.B. wärmer Rot – kälter Blau)

8. Auch auf die Form der Aggregation meteorologischer Größen ist zu achten. Je nach Modell beziehen sich die Werte auf eine Stunde oder einen Tag. Somit sind bei Tageswerten Interpretationen über kürzere Zeiteinheiten weder sinnvoll noch möglich.

9. Für einige Bundesländer liegen neben den aktuellen Simulationen auf der Basis von ECHAM5 auch ältere auf der Basis von ECHAM4 vor. Es besteht die Frage, wie mit beiden Datensätzen umgegangen werden soll. Hier sollte, insbesondere da die Ergebnisse sich im Detail unterscheiden, das Vorsorgeprinzip herangezogen werden: Beide Modelle werden als gleichwertig angesehen werden, da beide eine mögliche, plausible Zukunft beschreiben. Die gesamte Ergebnisspannweite sollte kommuniziert und für Abschätzungen der Auswirkungen herangezogen werden.“

(Arbeitsstand November 2007)

Bei der Interpretation von Klimaänderungssignalen für die Änderung des Niederschlages ist die Unsicherheit zu beachten. So zeigt die Validierung zwischen den Klimabeobachtungen und dem Modell-Kontrolllauf Unterschiede von +/- 10 %, auch als „Grundrauschen“ bezeichnet.

Damit gewinnen Aussagen und Interpretationen zu Niederschlagsänderungen erst an Gewicht, wenn die Klimaänderungssignale etwa das 1,5-fache dieses „Grundrauschens“ aufweisen.⁸

6 Nutzungsbedingungen für Klimadaten

Über das Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung des UBA (KomPass) werden die Rohdaten der Klimamodellläufe interessierten Anwendern zur Verfügung gestellt. Die Klimaszenarien stehen in der Klimadatenbank (CERA) des World Data Center for Climate (WDCC) zur Verfügung. Informationen über die zur Verfügung stehenden Daten (Metadaten) sind frei abrufbar. So kann ein erster Eindruck zu Struktur und Umfang der Klimaszenariendaten gewonnen werden. Die Daten selber sind ebenfalls frei verfügbar und werden nach Registrierung und Unterzeichnung einer Nutzervereinbarung zugänglich gemacht.

Durch das Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt wurde eine entsprechende Nutzervereinbarung mit dem UBA abgeschlossen, sodass der Zugang zu den Daten sichergestellt ist.

Tabelle 6-1 Informationen zu den regionalen Klimamodellen REMO und WETTREG

Basisinformationen der Modelle REMO und WETTREG⁹		
	REMO	WETTREG
Modelltyp	Dynamisches Modell, Antrieb: Globalmodell ECHAM5/MPI-OM	Statistisches Regionalisierungsverfahren Basierend auf dem Globalmodell ECHAM5/MPI-OM
Entwicklung	MPI für Meteorologie, Hamburg	CEC Potsdam GmbH
Projektleitung	Dr. Daniela Jacob	Dr. Wolfgang Enke
Modellgebiet	Deutschland plus Alpenraum	Deutschland
Zeitraum	1950 bis 2100	1961 bis 2100
IPCC-Emissionsszenarien	A1B, B1, A2	A1B, B1, A2
Räumliche Auflösung	0,088° (ca. 10 x 10 km)	Bezogen auf meteorologische Stationen
Zeitliche Auflösung	Stundenwerte	Tageswerte
Struktur	Gitterpunkte: Rotiertes Modellgitter sowie Reguläres lat/lon-Gitter	Diskrete Stationswerte, ergänzt um Metadaten für die Station wie geographische Koordinaten und Höhe über NN

Auf den Internet-Seiten des Umweltbundesamtes; Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung KomPass finden sich weitere Nutzerinformationen zu den Modellen REMO und WETTREG.

⁸ siehe auch Fußnote 3

⁹ KomPass im Umweltbundesamt Dessau 2007

7 Ergebnisse des Modells WETTREG für Sachsen-Anhalt

7.1 Interaktives Diagnose- und Präsentationstool (IDP)

Zur Auswertung der WETTREG-Daten steht das von der CEC Potsdam GmbH entwickelte interaktive Diagnose- und Präsentationstool (IDP) zur Verfügung. IDP wurde im Auftrag der Bundesländer BW, BY, HE, RP, SN und TH entwickelt.¹⁰

Das Programm kann zur Auswertung folgender meteorologischer Größen genutzt werden:

Maximum der Temperatur	[°C]
Tagesmittel der Temperatur	[°C]
Minimum der Temperatur	[°C]
Tagessumme des Niederschlages	[mm]
Tagesmittel der relativen Feuchte	[%]
Tagesmittel des Luftdrucks	[hPa]
Tagesmittel des Dampfdrucks	[hPa]
Tagessumme der Sonnenscheindauer	[h]
Tagesmittel des Bedeckungsgrades	[octas]
Tagesmittel der Windstärke	[m/s]

Die Auswertungen erfolgen nach Tageswerten von Stationswerten, Monatsmittelwerten oder Stationszeitreihen.

Für die Auswertungen können unterschiedliche Zeiträume gewählt werden:

Meteorologisches Jahr	(Januar bis Dezember)
Meteorologisches Frühjahr	(März–April–Mai)
Meteorologischer Sommer	(Juni–Juli–August)
Meteorologischer Herbst	(September–Oktober–November)
Meteorologischer Winter	(Dezember–Januar–Februar)
Kalendarisches Sommerhalbjahr	(März–August)
Kalendarisches Winterhalbjahr	(September–Februar)
Hydrologisches Jahr	(November–Oktober)
Hydrologisches Winterhalbjahr	(November–April)
Hydrologisches Sommerhalbjahr	(Mai–Oktober)
Zwölf Einzelmonate	
Vegetationsperiode I	(April–Mai–Juni)
Vegetationsperiode II	(Juli–August–September).

Bei temperaturbezogenen Auswertungen bzgl. Über-/Unterschreitungshäufigkeiten ist die Definition der Kenntage zu beachten:

Kenntage sind Tage, an denen relevante Schwellenwerte unter- bzw. überschritten werden. In Form von Häufigkeitsverteilungen kann man feststellen, wie oft dies an der gewählten Station auftritt. Dazu sind fünf Kenntage festgelegt:

meteorologische, temperaturbedingte Kenntage

• Eistag:	T_{\max}	$< 0^{\circ}\text{C}$
• Frosttag:	T_{\min}	$< 0^{\circ}\text{C}$
• Sommertag:	T_{\max}	$\geq 25^{\circ}\text{C}$
• Heißer Tag:	T_{\max}	$\geq 30^{\circ}\text{C}$
• Tropennacht:	T_{\min}	$\geq 20^{\circ}\text{C}$

Die Darstellung erfolgt als Häufigkeit je Jahr.

¹⁰ IDP 2006 – Ein Werkzeug zur explorativen Datenanalyse; CEC GmbH, Potsdam 2006

Bei der stationsbezogenen Auswertung ist auch eine Auswertung hinsichtlich des Andauerverhaltens von Schwellenwertüberschreitungen (z.B. Periodenlängen von Hitzewellen mit Temperaturen von über 30°C oder Kälteperioden) möglich. Ebenso können absolute Temperaturmaxima ausgewertet werden.

Hinsichtlich Extremniederschlagsereignissen sind weitergehende Untersuchungen erforderlich.

7.2 Darstellung der Ergebnisse

Die Darstellung der Auswertung erfolgt hauptsächlich als Kartendarstellung, bei der eine Interpolation von Stationsinformationen in die Fläche erfolgt.

Flächendarstellungen für Sachsen-Anhalt umfassen zusätzlich immer Teilgebiete der benachbarten Bundesländer. Die Einbeziehung benachbarter Stationen erhöht die Aussagesicherheit der Auswertungen. Der in der Kartendarstellung ausgewiesene Mittelwert ist somit der Mittelwert für die gesamte Fläche. Die Karten dienen zunächst einer ersten qualitativen und regionalen Bewertung der Klimasignale.

Die in diesem Bericht dargestellten Karten beruhen auf einer Auswertung mit IDP-Version 2.1.0.0 vom November 2006. Die neueste Version 3.0.2.2 liefert geringfügig abweichende Ergebnisse, deshalb wurde auf eine Korrektur verzichtet.

Die aus den Flächendarstellungen mit Hilfe der abstandsgewichteten Interpolation gewonnenen Ergebnisse hängen stark von der Anzahl der hinterlegten Stationen ab.

So werden für Sachsen-Anhalt die Daten von 9 Klimastationen und 54 Niederschlagsstationen (45 Stationen aus dem RR-Netz plus 9 Klimastationen) berücksichtigt.

Klimastationen in ST

Seehausen, Gardelegen, Magdeburg, Brocken, Schierke, Bad Lauchstädt, Eisleben, Wittenberg, Halle

Niederschlagsstationen in ST (von Nord nach Süd)

Osterfeld, Gröben, Bad Bibra, Lützen, Mücheln, Ziegelroda, Merseburg, Schraplau, Halle-Ammendorf, Sangerhausen, Wippra, Hayn/Harz, Klostermansfeld, Neutz, Harzgerode, Stangerode, Mehringen, Rübeland, Quedlinburg, Blankenburg/Harz, Radis Annaburg, Gatersleben, Bernburg/Saale, Oranienbaum, Halberstadt, Brumby, Zahna, Wilmsleben, Aderstedt, Oschersleben, Lindau, Ladeburg, Loburg, Calvörde, Dolle, Genthin, Klötze, Mellin, Güssefeld, Kietz, Gladigau, Fleetmark, Dähre, Arendsee

Für einzelne Stationsauswertungen erfolgen keine Darstellungen in der Fläche. Es werden von IDP unterschiedlichste Möglichkeiten von Diagrammdarstellungen angeboten.

Stationsdaten können auch über Dekade-Zeitreihen ausgewertet werden. Zur Auswertung der Rohdaten kommen die Mittelwerte eines Klimaelementes in den einzelnen Dekaden.

7.2.1 Regionale Auswertungen

Um regionale Unterschiede in Sachsen-Anhalt stärker herauszuarbeiten, wurde das Land in drei Regionen unterteilt.

Bei der Auswertung wurden zwei unterschiedliche methodische Ansätze gewählt.

Auswertung von Stationsdaten

Für eine Auswertung sollten nicht einzelne Stationen herangezogen werden. Bei Stationen ist eine Auswertung über mehrere räumlich eng korrelierte und in ihrer Spezifik ähnliche Stationen anzustreben.

Hierbei werden aus den Einzelwerten der Stationen Mittelwerte für die zugehörige Region gebildet.

Region Nord mit den Stationen: Gardelegen, Lüchow, Magdeburg, Seehausen

Region Harz mit den Stationen: Bad Harzburg Braunlage Schierke

Region Mitte/Süd mit den Stationen: Artern, Bad Lauchstädt, Eisleben, Halle, Leipzig, Wittenberg

Die Auswertung von Stationsdaten erfolgt für die Bestimmung von Kenntagen, Extremwerten und dekadischen Niederschlagsreihen in den verschiedenen Regionen. Die Ergebnisse stützen sich dabei auf relativ wenige Stationsdaten.

Auswertung von WETTREG-Gitterpunktsdaten

Um die Aussagesicherheit für die Regionen zu erhöhen, wurde folgende Vorgehensweise für die Auswertung gewählt:

Für die Regionen sind die in der WETTREG-Interpolation errechneten Gitterpunktswerte als Flächenmittelwerte auszuwerten.

Hiefür wird für jede Region ein umschließendes Rechteck festgelegt (siehe Anlage).

Region Nord:	linke obere Ecke :	Länge 10,5°, Breite 53,125°
	rechte untere Ecke:	Länge 12,75°, Breite 52°

Region Harz:	linke obere Ecke :	Länge 10,25°, Breite 52°
	rechte untere Ecke:	Länge 10,75°, Breite 51,5°

Region Mitte/Süd:	linke obere Ecke :	Länge 10,75°, Breite 52°
	rechte untere Ecke:	Länge 13,5°, Breite 50,75°

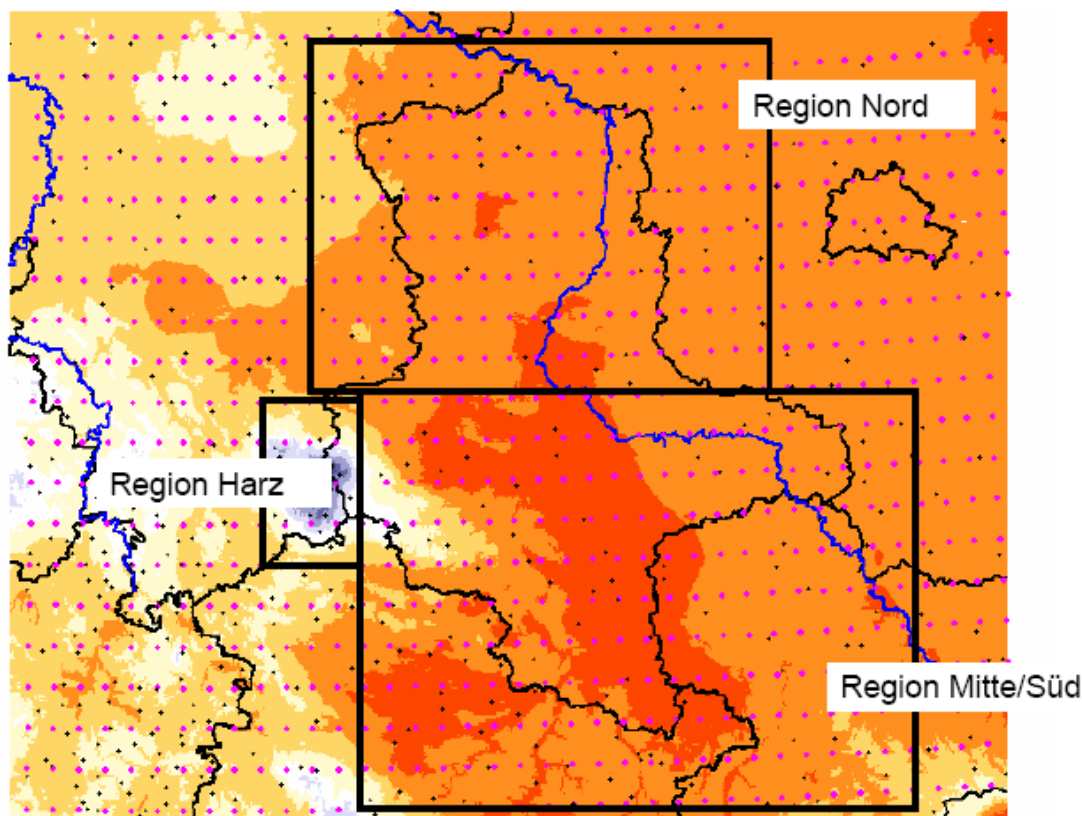


Abbildung 7-1 Regionen in Sachsen-Anhalt

Aus den innerhalb der Fläche (Region) liegenden Gitterpunktswerten, die bei der abstandsgewichteten Interpolation errechnet werden, ist das arithmetische Mittel als Mittelwert für die Region zu bestimmen.

Diese Methodik wurde gewählt, um Aussagen zum Niederschlag und zur Temperatur in den einzelnen Regionen abzuleiten.

Im Vergleich zur Stationsauswertung führt die Methode für die Harzregion zu geringeren Niederschlägen, was in diesem Fall bei einem stark gegliederten Gelände deutlich von der Größe des gewählten Gebietes abhängt.

Über die Auswertung von Gitterpunktdaten ist keine Bestimmung von Kenntagen, Extremwerten und dekadischen Niederschlagsreihen möglich.

Für einige Auswertung wurde ein Vergleich der beiden Auswertemethoden durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Anlage 1 dargestellt.

Die hier getroffene Auswahl der drei Regionen für Sachsen-Anhalt stellt einen ersten Ansatz dar. Weiterer Untersuchungsbedarf besteht, um noch kleinräumigere Bereiche (z.B. mitteldeutsches Trockengebiet) detaillierter zu analysieren.

7.3 Auswertungen zum Klimasignal Temperatur

Die Temperatur ist für Aussagen über die Klimaentwicklung und mögliche Änderungen wegen ihrer Robustheit eine sehr wichtige Größe. Im Vordergrund steht bei den Auswertungen die Tagesmitteltemperatur.

7.3.1 Zeitliche Analyse des Klimasignals zu Temperaturveränderungen

Mit Hilfe von Ringdiagrammen kann orientierend die Feinstruktur der Temperaturänderung nach Monaten und Jahreszeiten untersucht werden. Dabei können allerdings nur einzelne Dekaden und nicht 30-jährige Perioden verglichen werden. Um das Grundmuster des Temperatursignals zu untersuchen, ist diese Vorgehensweise ausreichend.

Mit dem Ringdiagramm werden die Änderungen der Tagesmitteltemperatur zwischen den Vergleichsdekaden (1981-1990 zu 2091-2100) bezogen auf die einzelnen Monate bzw. die meteorologischen Jahreszeiten ausgewertet.

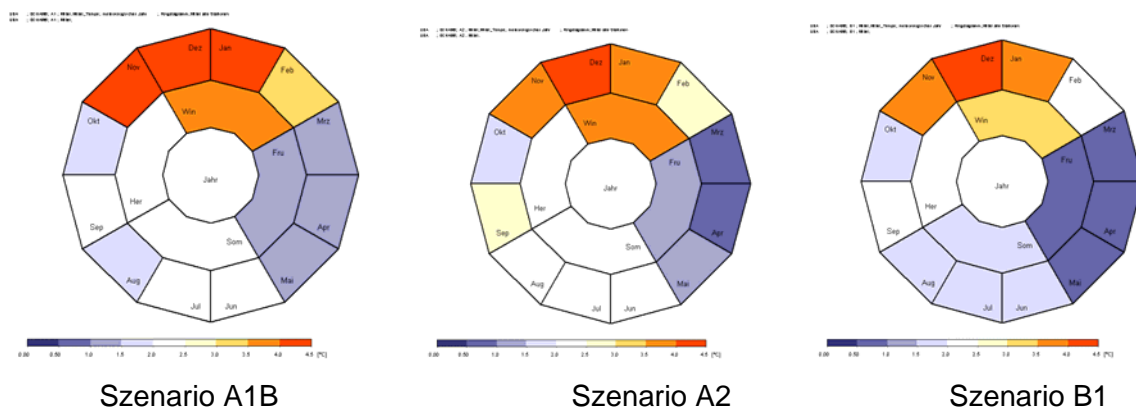


Abbildung 7-2 *Änderungen der Tagesmitteltemperatur als Differenz zwischen den Zeiträumen 2091 bis 2100 und 1981 bis 1990 in Abhängigkeit von den Szenarien A1B, A2 und B1 (Auswertung über alle Messstationen in Deutschland)*

Das Klimasignal zu den Änderungen der Tagesmitteltemperatur zeigt einen deutlichen Jahresgang. So ist der Temperaturanstieg in den Wintermonaten relativ stark und in den Frühjahrsmonaten besonders niedrig. Im Szenario A1B tritt die stärkste Erwärmung auf.

Im Vergleich zu der deutschlandweiten Auswertung erfolgt eine Darstellung ausgewählter Stationen in Sachsen-Anhalt.

Station Seehausen für den Norden Sachsen-Anhalts

Station Schierke für die Harzregion
 Station Halle für die mittlere und südliche Region Sachsen-Anhalts

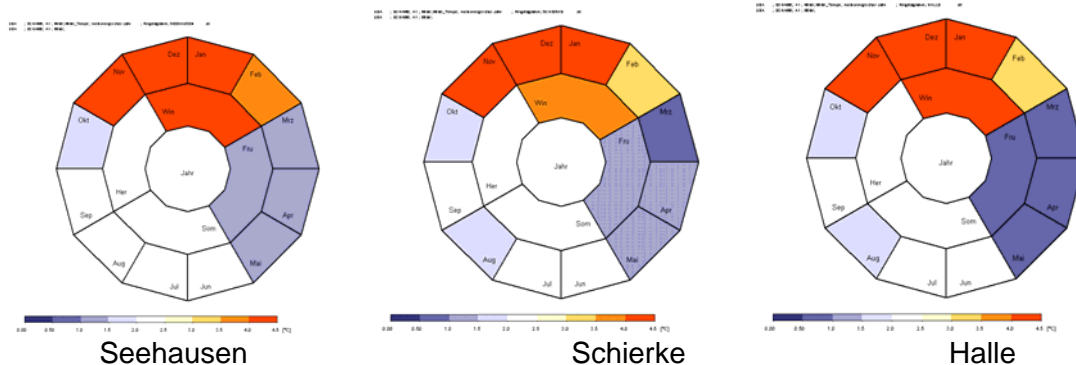


Abbildung 7-3 *Änderungen der Tagesmitteltemperatur als Differenz zwischen den Zeiträumen 2091 bis 2100 und 1981 bis 1990 für ausgewählte Messstationen und das Szenario A1B*

Auffällig ist die etwas höhere Erwärmung in den Wintermonaten für die Station Seehausen, die den Norden von Sachsen-Anhalt repräsentiert.

Änderung des Klimasignals Temperatur bis zum Ende des 21. Jahrhunderts

Die Änderung der Temperaturdifferenz zwischen 30-jährigen Zeiträumen und dem Kontrollzeitraum zeigt bis zum Ende des 21. Jahrhunderts in allen Szenarien einen steten Anstieg. Die Szenarien A1B und A2 liegen dicht beieinander. Erst ab Mitte des Jahrhunderts treten die deutlichen Unterschiede zwischen den A-Szenarien und dem B1-Szenario auf.

Für Sachsen-Anhalt fällt die Erwärmung zum Ende des Jahrhunderts in den Szenarien A2 und B1 etwas höher aus als im deutschlandweiten Mittel.

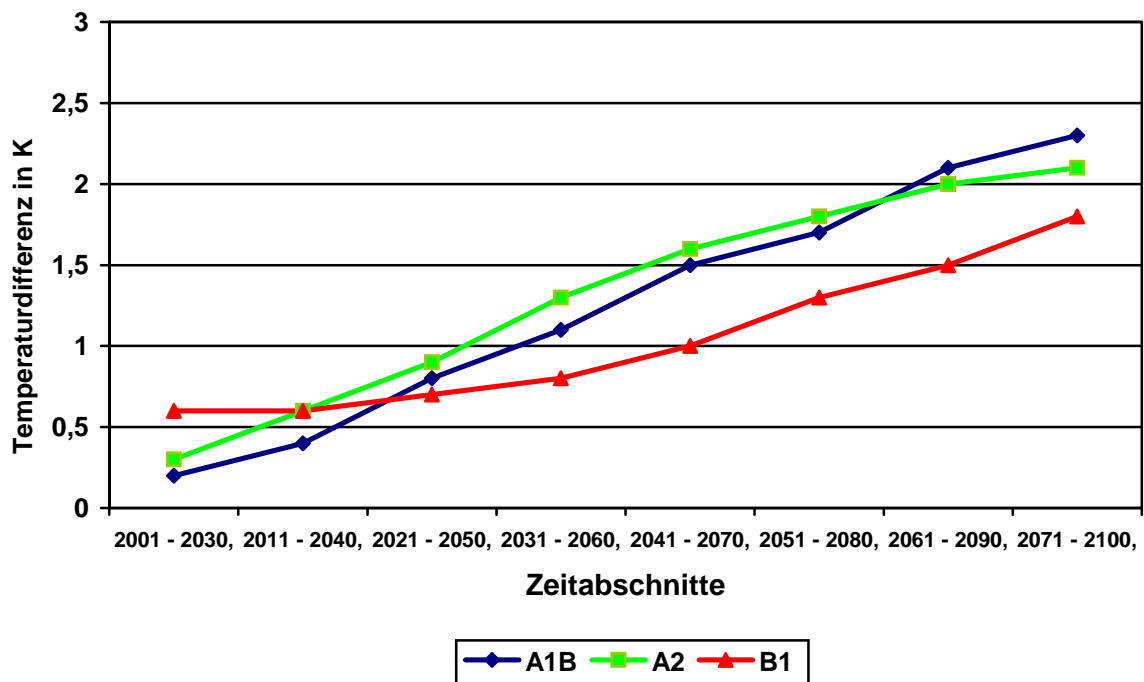


Abbildung 7-4 Änderung des 30-Jährigen Jahresmittelwertes der Tagesmitteltemperatur für Deutschland (Flächenmittel gleitend in 10-Jahresschritten)

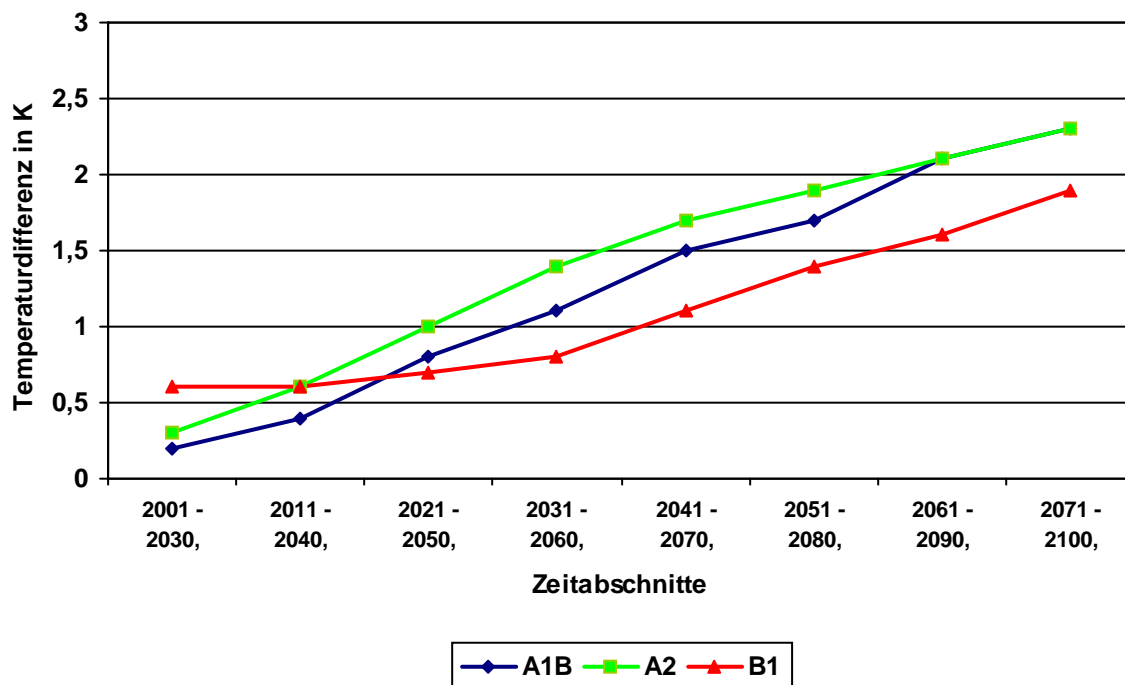


Abbildung 7-5 Änderung des 30-Jährigen Jahresmittelwertes der Tagesmitteltemperatur für Sachsen-Anhalt und angrenzende Gebiete (Flächenmittel gleitend in 10-Jahresschritten)

Tabelle 7-1 Abweichungen der Tagesmitteltemperatur in ausgewählten 30-jährigen Zeiträumen im Vergleich zum Kontrollzeitraum 1961-1990 (Flächenmittelpunkte für Deutschland sowie Sachsen-Anhalt mit angrenzenden Gebieten)

	Region Szenario	2011 - 2040		2041 - 2070		2071 - 2100	
		D	ST	D	ST	D	ST
ΔT_{mit} in K	A1B	+ 0,4	+ 0,4	+ 1,5	+ 1,5	+ 2,3	+ 2,3
ΔT_{mit} in K	A2	+ 0,6	+ 0,6	+ 1,6	+ 1,7	+ 2,1	+ 2,3
ΔT_{mit} in K	B1	+ 0,6	+ 0,6	+ 1,0	+ 1,1	+ 1,8	+ 1,9

7.3.2 Regionale Auswertung zum Klimasignal Temperatur

Zur Darstellung der regionalen Unterschiede des Klimasignals Temperatur werden für die Emissionsszenarien Mittelungen über Zeiträume von zusammenhängenden Dekaden vorgenommen. In den Karten erfolgt eine Differenzdarstellung zwischen den Szenarien und dem Kontrolllaufzeitraum.

Der angezeigte Mittelwert ist das Flächenmittel aus den im Kartenausschnitt erfassten Stationswerten.

Im Weiteren wird ein Vergleich des ausgewählten Zeitraumes 2071-2100 mit dem Kontrolllauf 1961-1990 in Form von Karten ausgewertet. Dargestellt werden Temperaturdifferenzen.

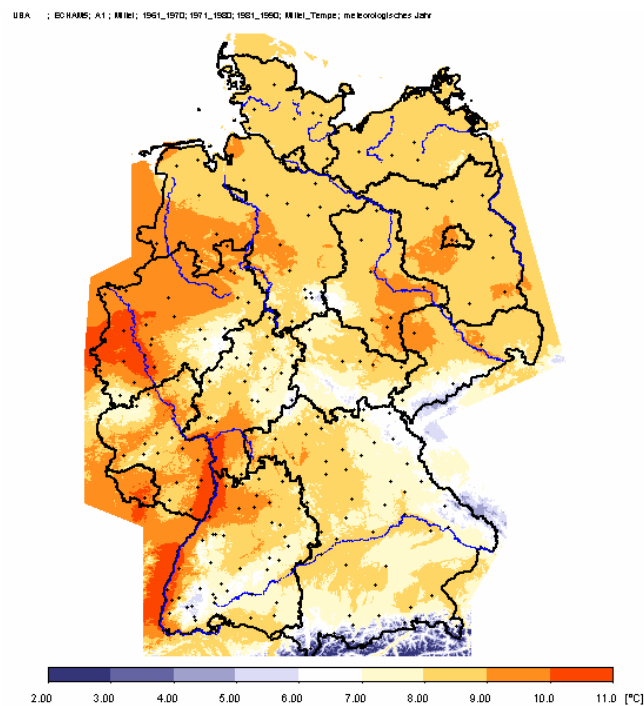
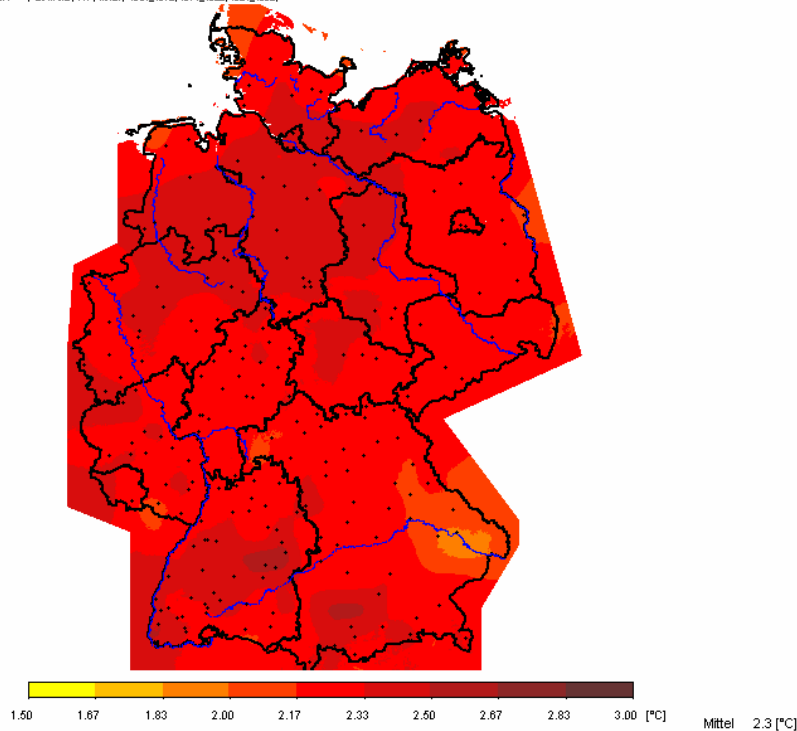


Abbildung 7-6

Jahresmittelwerte der Tagesmitteltemperatur im Zeitraum 1961 bis 1990, Emissionsszenario A1B

Emissionsszenario A1B

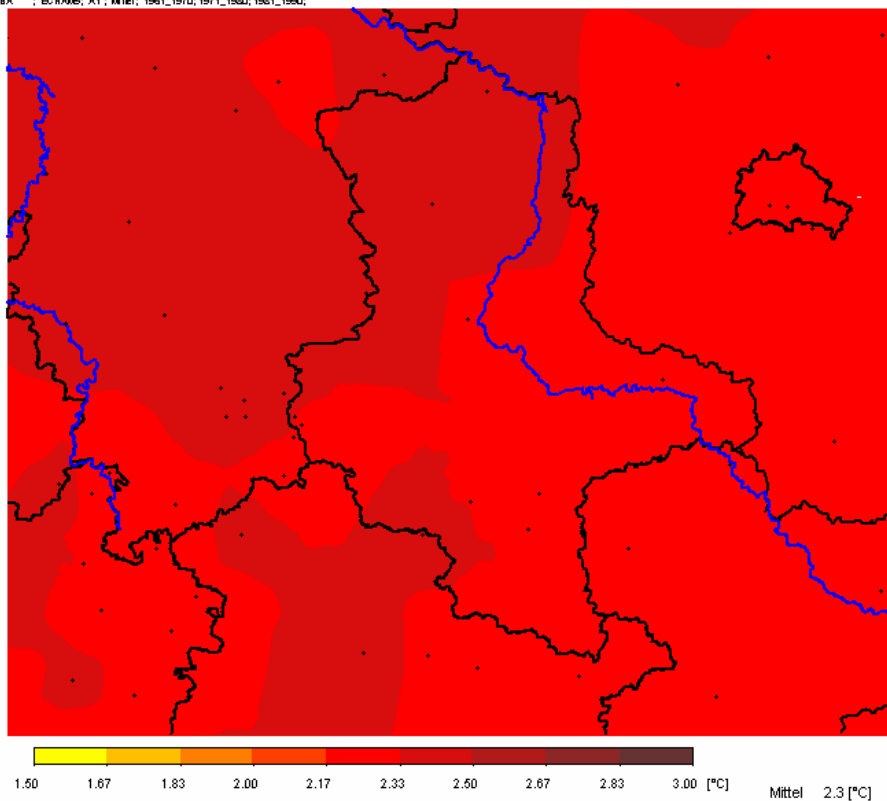
UBA : EO HAMS; A1 ; MI (el); 2071_2080; 2081_2090; 2091_2100; MI (el)_Tempe; meteorologisches Jahr
 UBA : EO HAMS; A1 ; MI (el); 1961_1970; 1971_1980; 1981_1990;



Deutschland:

Differenzen für das Jahresmittelwert der Tagesmitteltemperatur $\Delta T_{\text{mit}} : + 2,3 \text{ K}$

UBA : EO HAMS; A1 ; MI (el); 2071_2080; 2081_2090; 2091_2100; MI (el)_Tempe; meteorologisches Jahr
 UBA : EO HAMS; A1 ; MI (el); 1961_1970; 1971_1980; 1981_1990;



Sachsen-Anhalt mit angrenzenden Gebieten:

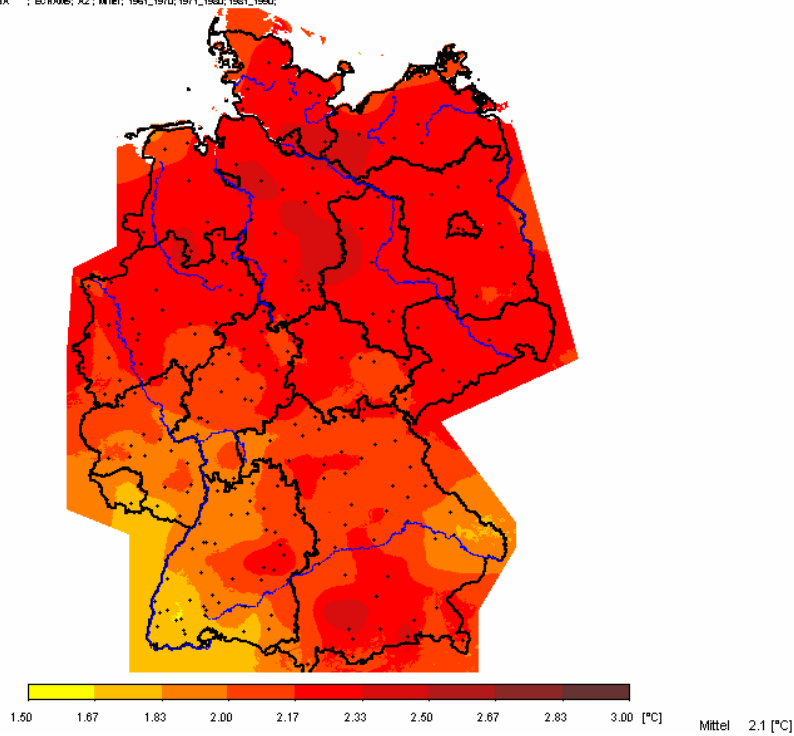
Differenzen für das Jahresmittelwert der Tagesmitteltemperatur $\Delta T_{\text{mit}} : + 2,3 \text{ K}$

Abbildung 7-7

Differenzen für das Jahresmittel der Tagesmitteltemperatur , A1B
 Zeitraum 2071-2100 im Vergleich zu 1961-1990

Emissionsszenario A2

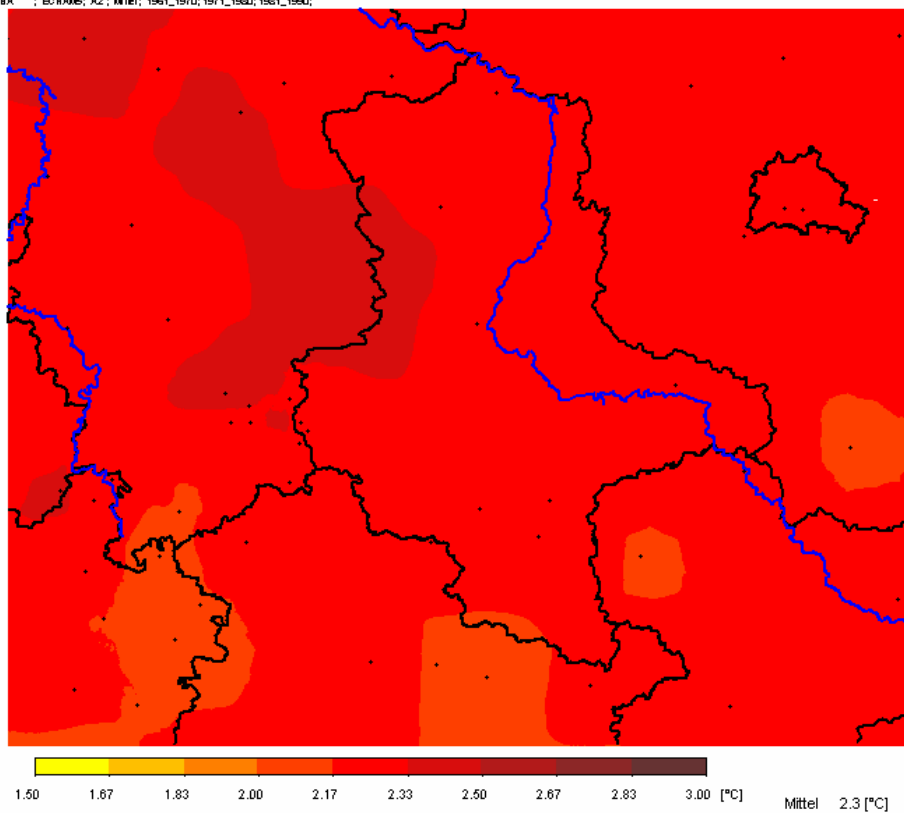
UBA : EC HAMS; A2; MIH; 2071_2099; 2051_2099; 2051_2100; MIH; Tempe; meteorologisches Jahr
UBA : EC HAMS; A2; MIH; 1961_1970; 1971_1980; 1981_1990;



Deutschland:

Differenzen für das Jahresmittelwert der Tagesmitteltemperatur $\Delta T_{\text{mit}} : + 2,3 \text{ K}$

UBA : EC HAMS; A2; MIH; 2071_2099; 2051_2099; 2051_2100; MIH; Tempe; meteorologisches Jahr
UBA : EC HAMS; A2; MIH; 1961_1970; 1971_1980; 1981_1990;



Sachsen-Anhalt mit angrenzenden Gebieten:

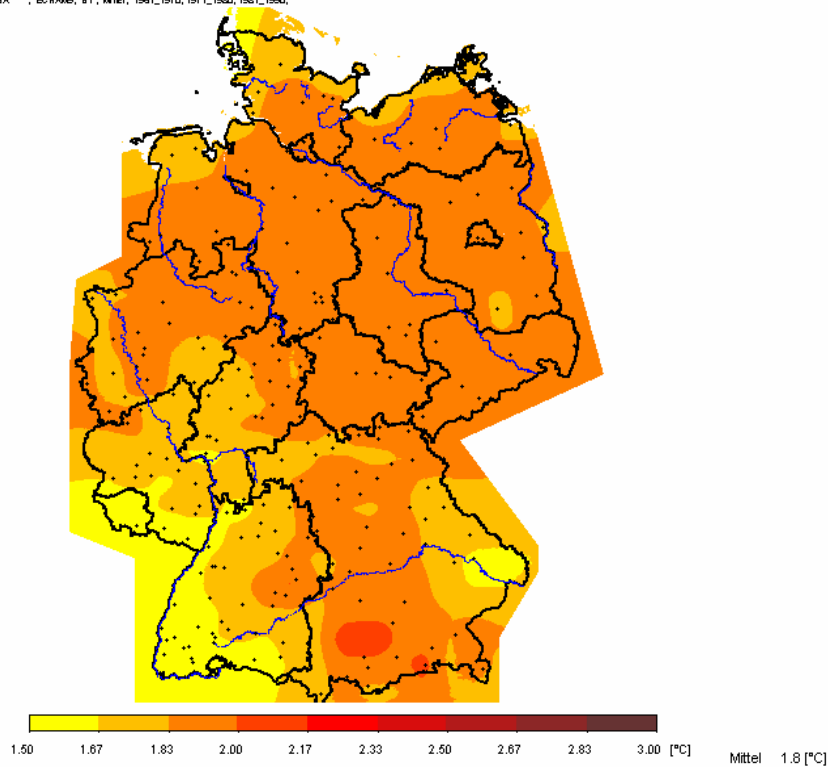
Differenzen für das Jahresmittelwert der Tagesmitteltemperatur $\Delta T_{\text{mit}} : + 2,3 \text{ K}$

Abbildung 7-8

Differenzen für das Jahresmittel der Tagesmitteltemperatur , A2
Zeitraum 2071-2100 im Vergleich zu 1961-1990

Emissionsszenario B1

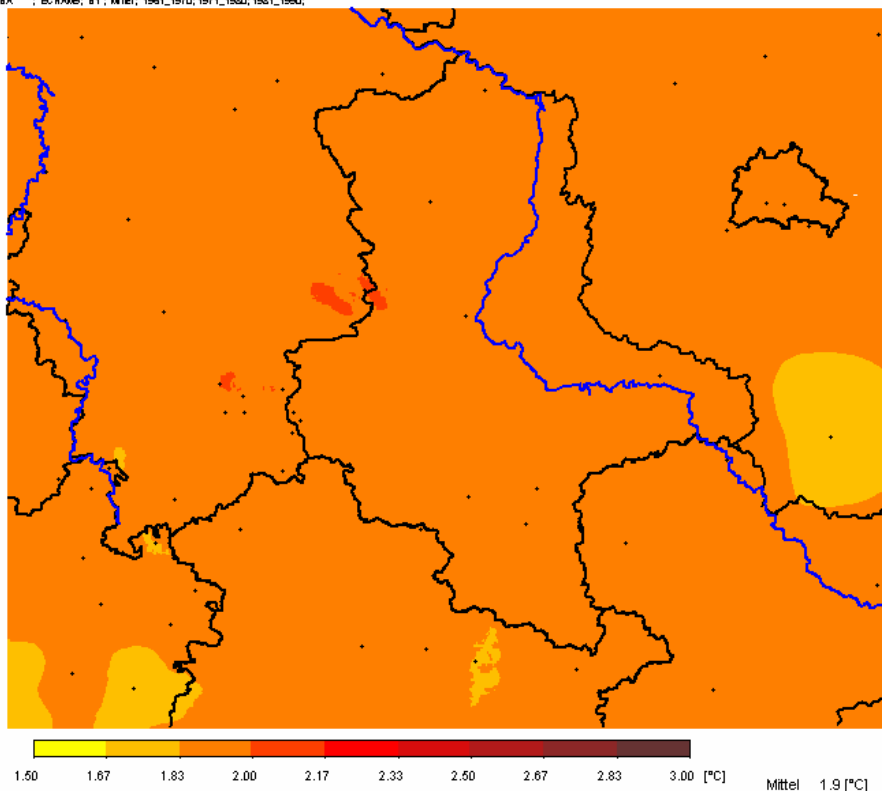
UBA ; EC HAMS; B1 ; MI (el); 2071_2080; 2081_2090; 2091_2100; MI (el)_Tempe; meteorologisches Jahr
UBA ; EC HAMS; B1 ; MI (el); 1961_1970; 1971_1980; 1981_1990;



Deutschland:

Differenzen für das Jahresmittelwert der Tagesmitteltemperatur ΔT_{mit} : + 1,8 K

UBA ; EC HAMS; B1 ; MI (el); 2071_2080; 2081_2090; 2091_2100; MI (el)_Tempe; meteorologisches Jahr
UBA ; EC HAMS; B1 ; MI (el); 1961_1970; 1971_1980; 1981_1990;



Sachsen-Anhalt mit angrenzenden Gebieten:

Differenzen für das Jahresmittelwert der Tagesmitteltemperatur ΔT_{mit} : + 1,9 K

Abbildung 7-9

Differenzen für das Jahresmittel der Tagesmitteltemperatur , B1
Zeitraum 2071-2100 im Vergleich zu 1961-1990

Grundsätzlich zeigen nach den Flächenauswertungen alle Szenarien für Sachsen-Anhalt bis zum Ende des 21. Jahrhunderts eine Erwärmung um 1,8 bis 2,3 K an, wobei im Szenario A1B das Gesamtniveau der Erwärmung am höchsten ist. Regionale Unterschiede innerhalb des Landes werden nur im Szenario A1B deutlich, bei dem der Nordteil Sachsen-Anhalts insgesamt eine etwas höhere Erwärmung aufweist.

Die folgenden Abbildungen stellen einen Vergleich für die Entwicklungen des Temperatursignals über verschiedene Zeitabschnitte in Deutschland und Sachsen-Anhalt dar.¹¹

A1B-Szenario

Der im A1B-Szenario am Beginn des 21. Jahrhundert zu beobachtende Ost-West-Gradient mit etwas geringerer Erwärmung in Teilen Ostdeutschlands wird auch für Sachsen-Anhalt erwartet. Zum Ende des Jahrhunderts ist in diesem Szenario ein ausgeprägtes Nord-Süd-Gefälle zu erwarten. Das macht sich auch im Norden von Sachsen-Anhalt bemerkbar, wo eine höhere Erwärmung sichtbar wird.

A2-Szenario

Dieses Szenario zeigt ebenfalls bis zum Ende des Jahrhunderts den Trend steigender Erwärmung, wobei in Sachsen-Anhalt kaum regionale Unterschiede zu verzeichnen sind. Für Deutschland wird die nicht so starke Erwärmung im Südwesten erkennbar.

B1-Szenario

Der Trend zur Erwärmung gestaltet sich in diesem Szenario über Deutschland und auch Sachsen-Anhalt verteilt recht gleichmäßig.

¹¹ Beim Vergleich dieser Abbildungen mit den vorangestellten Karten sind die unterschiedlichen Skalierungen zu beachten.

Emissionsszenario A1B

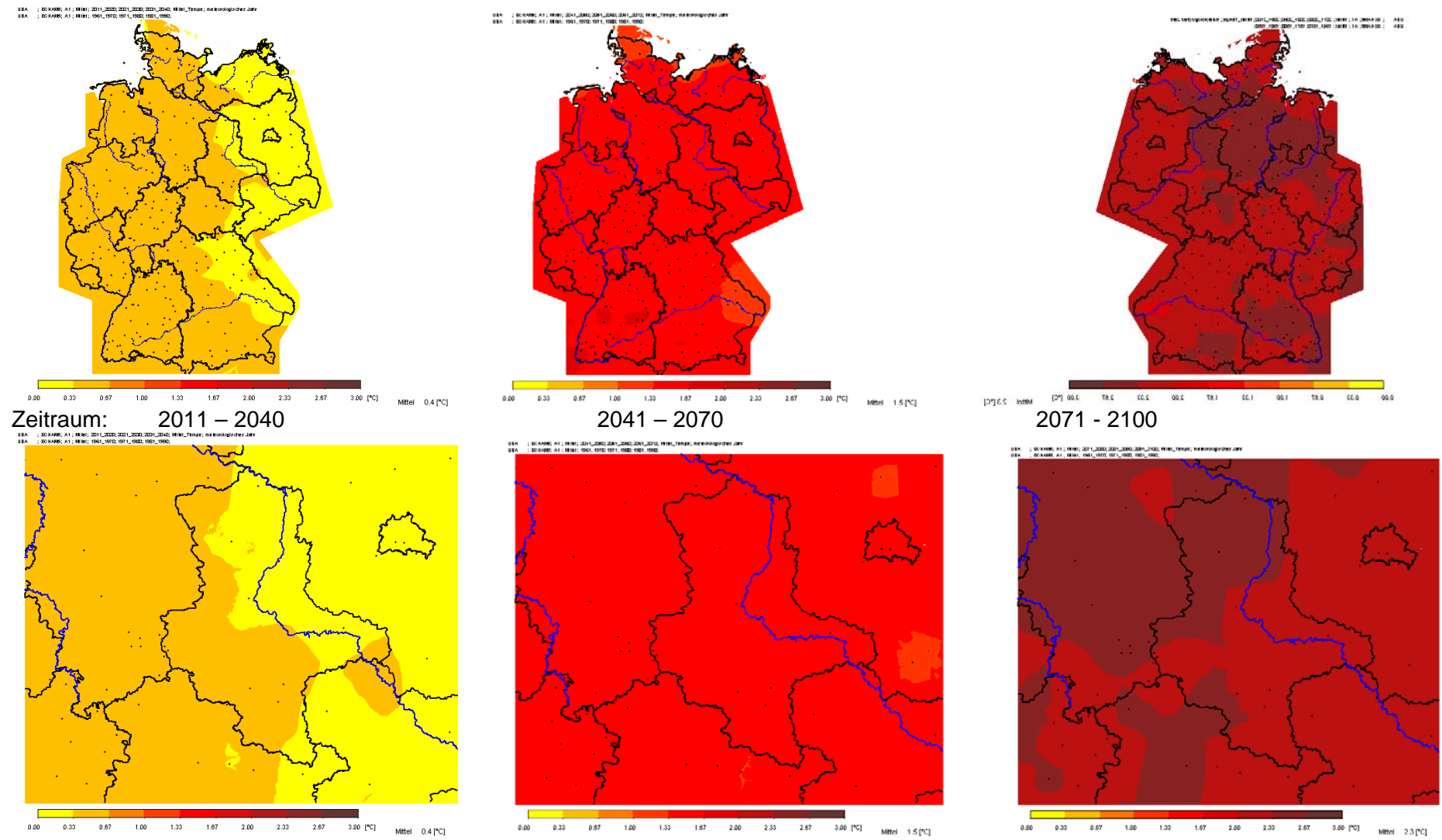
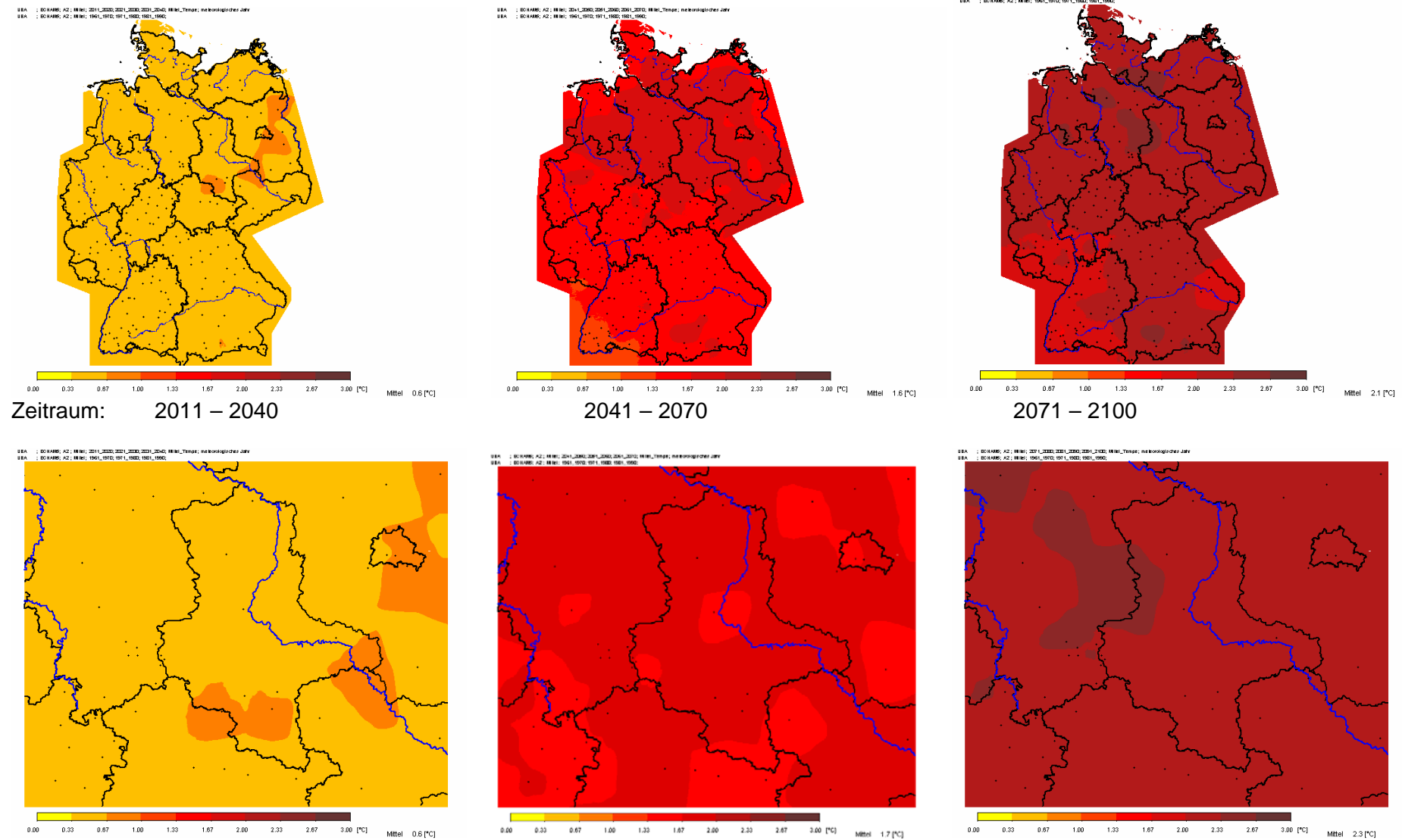


Abbildung 7-10

Veränderung des Jahresmittels der Tagesmitteltemperatur in verschiedenen Zeiträumen im Szenario A1B

Emissionsszenario A2



Emissionsszenario B1

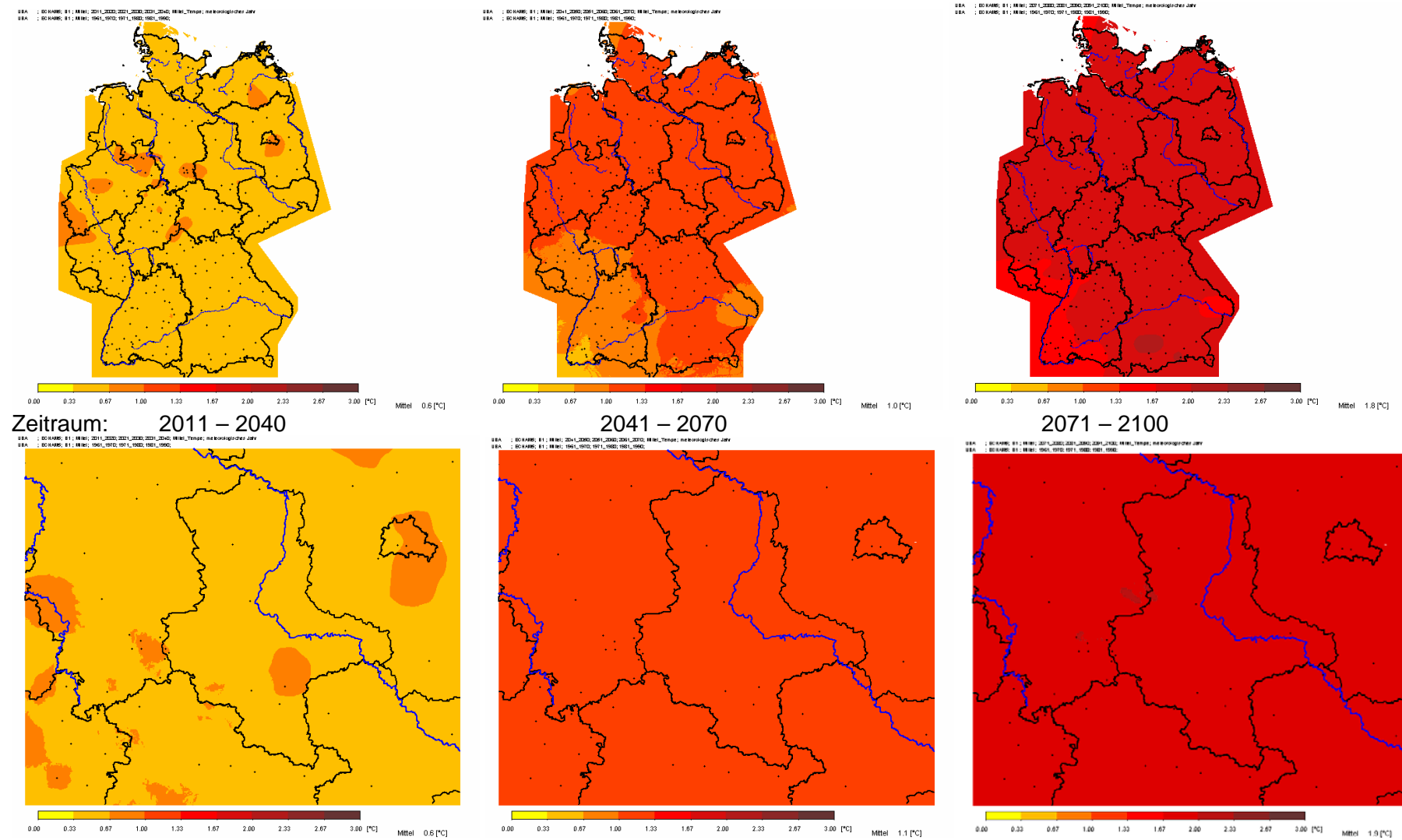


Abbildung 7-12 Veränderung des Jahresmittels der Tagesmitteltemperatur in verschiedenen Zeiträumen im Szenario B1

Um die regionalen Unterschiede darzustellen, wurden entsprechend Abschnitt 6.2 für die Regionen die Gitterpunktswerte aus der WETTREG-Interpolation ausgewertet. Dabei erfolgte eine Auswertung der Jahresmitteltemperatur als auch eine Differenzierung nach den meteorologischen Jahreszeiten. Es werden Absoluttemperaturen (Tabelle 6-2) sowie Temperaturänderungen (Tabelle 6-3) dargestellt.

Folgende Schlussfolgerungen sind zu ziehen:

Die Änderung des Jahresmittels der Tagesmitteltemperatur fällt in den Regionen und Emissionsszenarien unterschiedlich aus.

Bis zum Zeitraum 2071-2100 ist mit Änderungen um 1,9 bis 2,3 K zu rechnen; die geringeren Änderungen treten im Szenario B1 auf. Regional sind hinsichtlich der relativen Änderungen kaum Unterschied zu verzeichnen.

Hinsichtlich der Analyse der meteorologischen Jahreszeiten ist auffällig, dass sich die Änderungssignale im Winter für den Zeitraum 2071-2100 mit $\Delta T = 3$ bis 4 K deutlich gegenüber den anderen Jahreszeiten abheben (Tab. 6-3; Abb. 6-19).

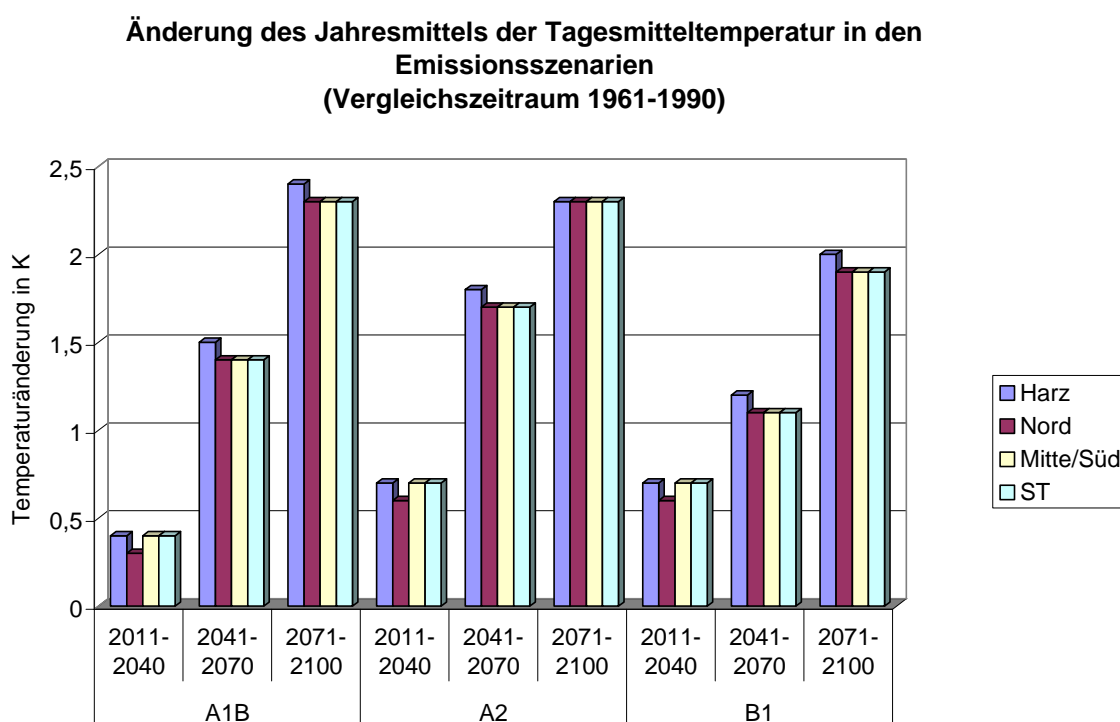


Abbildung 7-13 Änderung des Jahresmittels der Tagesmitteltemperatur in den Emissionsszenarien

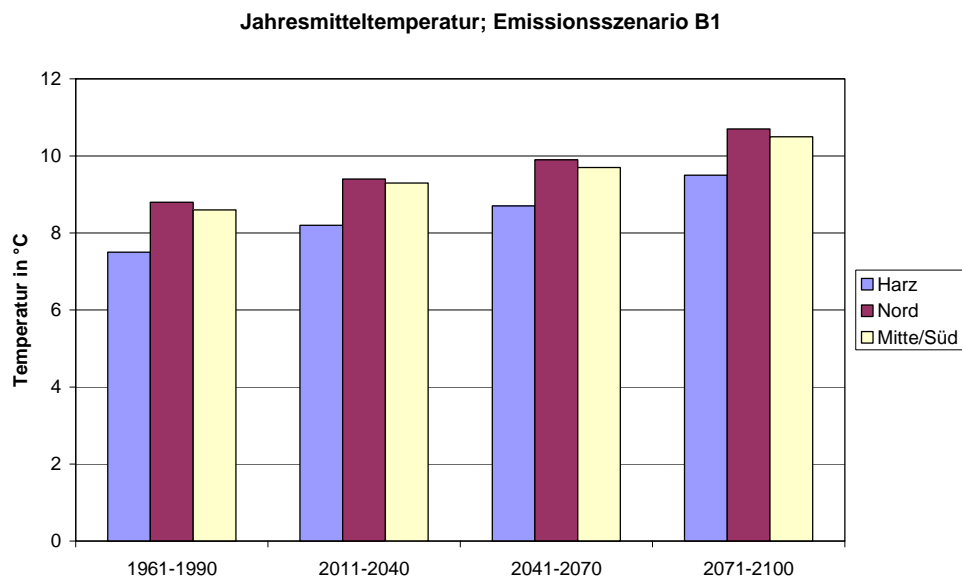
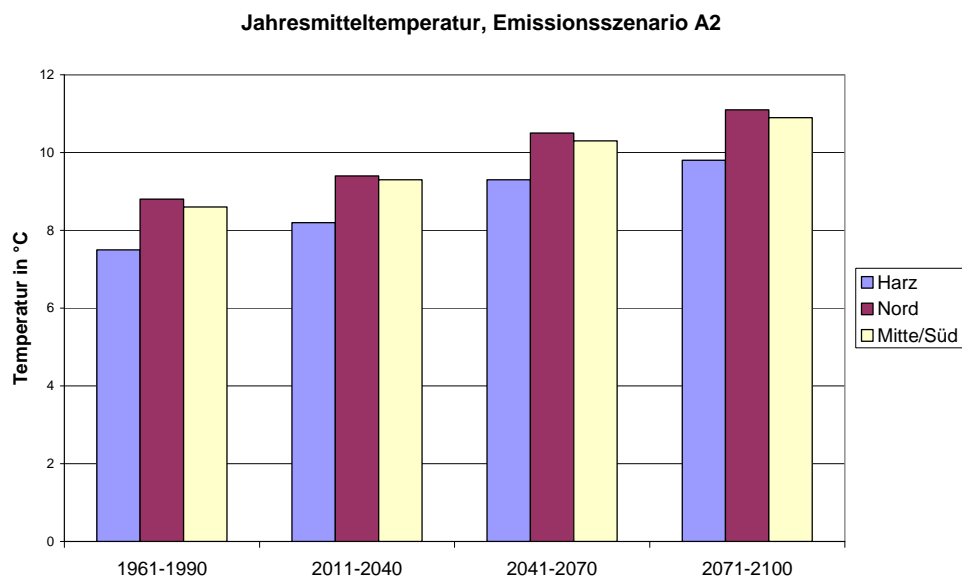
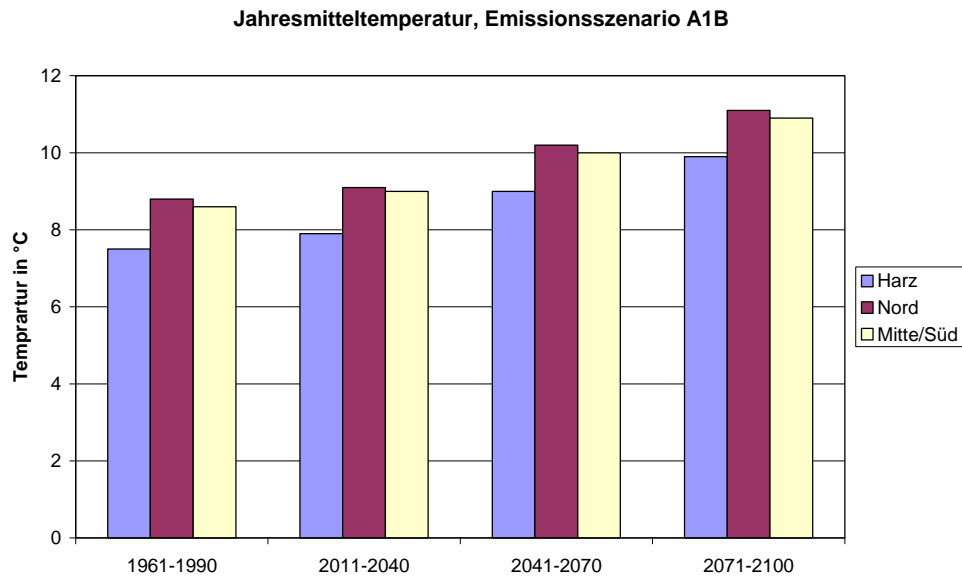
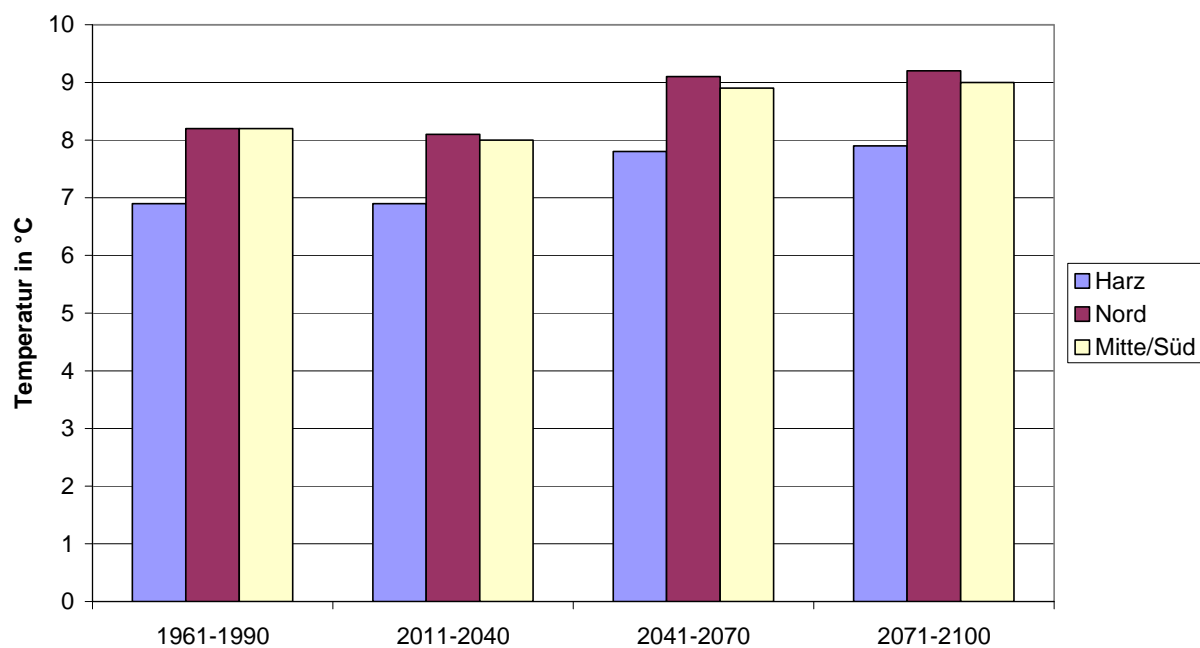


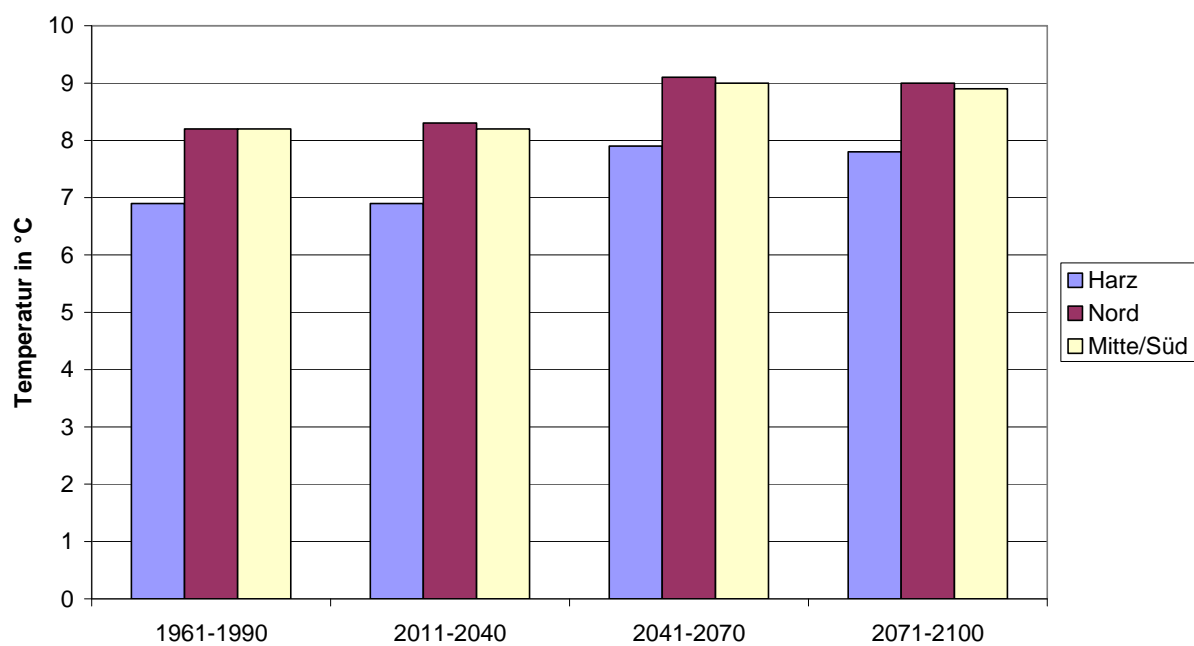
Abbildung 7-14

Entwicklung der Jahresmitteltemperatur in den Emissionsszenarien

Frühjahrsmitteltemperatur; Emissionsszenario A1B



Frühjahrsmitteltemperatur; Emissionsszenario A2



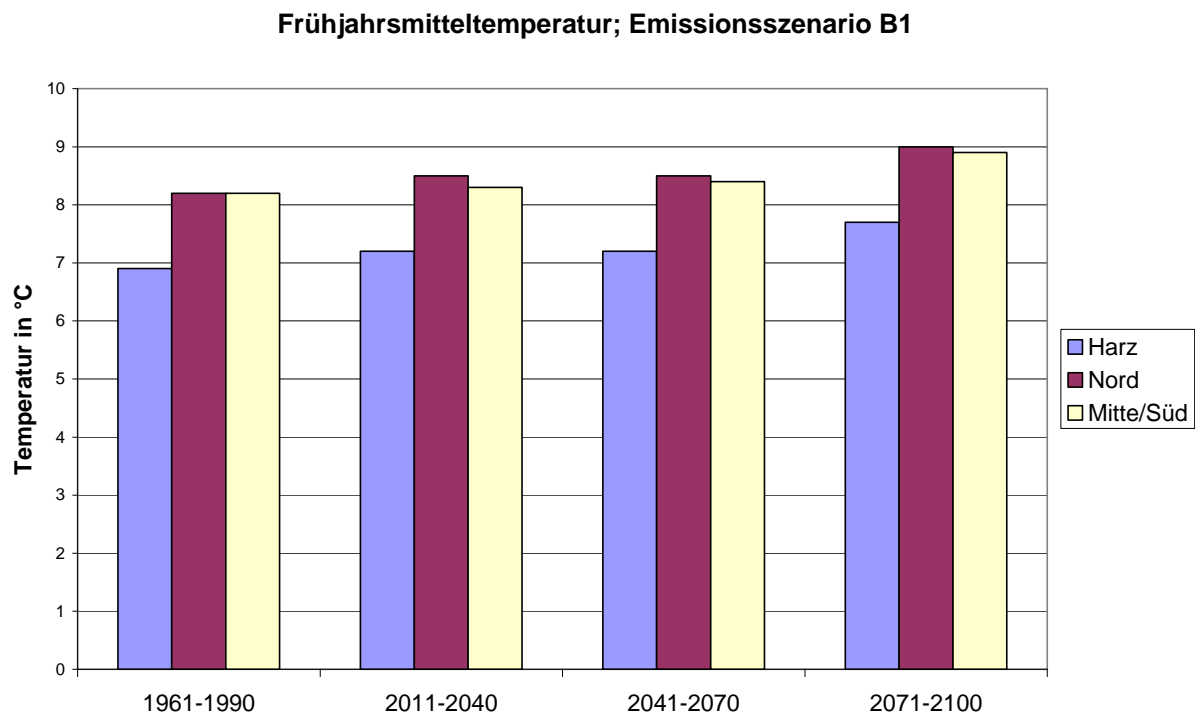


Abbildung 7-15 Entwicklung der Frühjahrsmitteltemperatur in den Emissionsszenarien

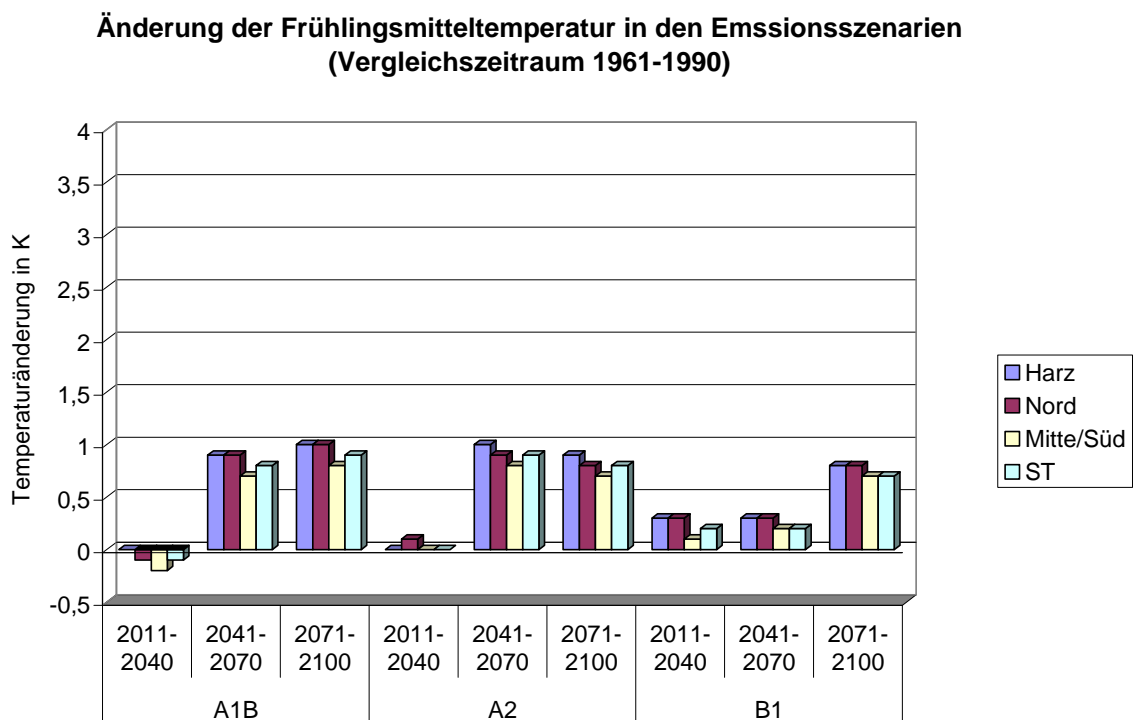
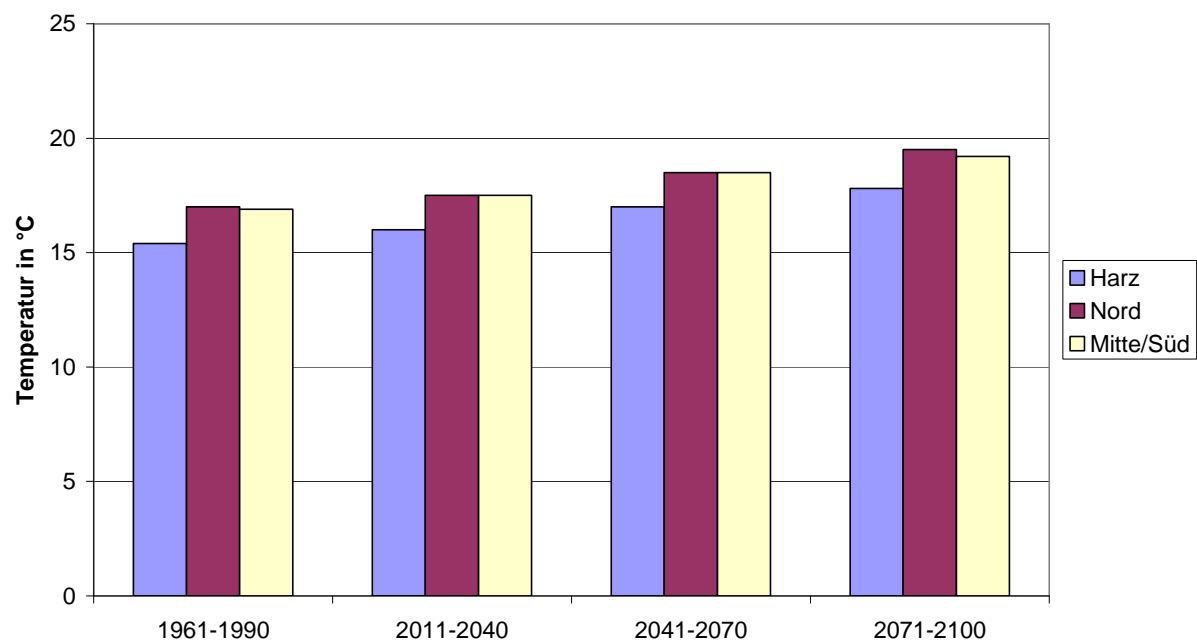
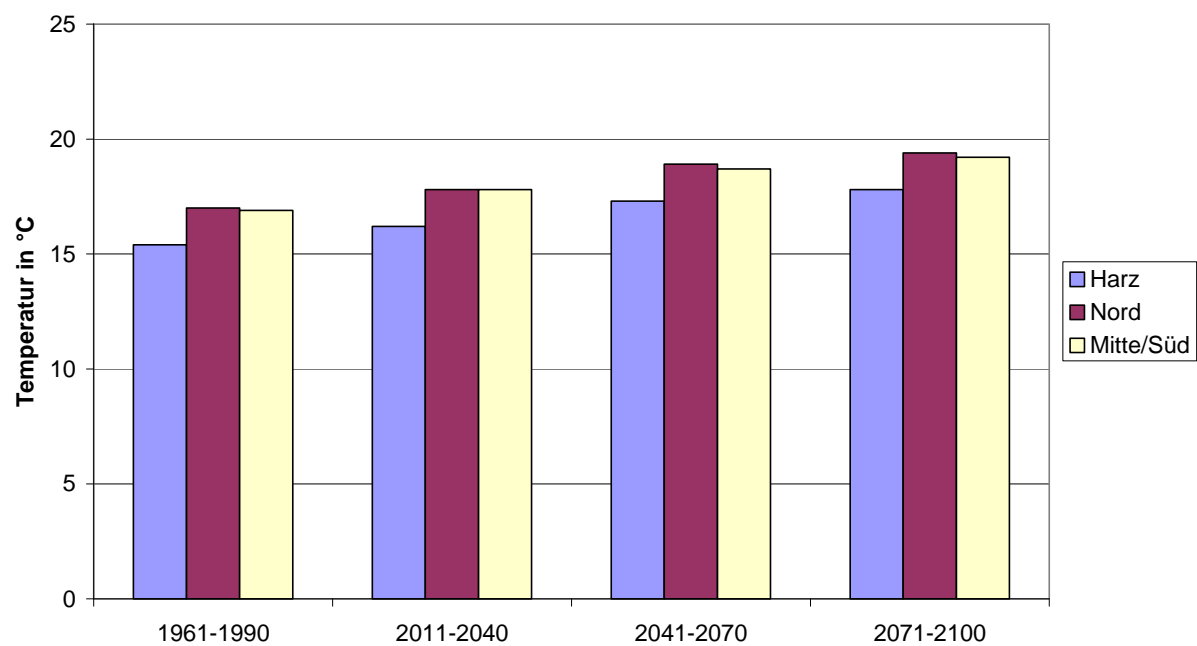


Abbildung 7-16 Änderung der Temperatur im Frühling in den verschiedenen 30-jährigen Zeiträumen und Emissionsszenarien

Sommertemperatur; Emissionsszenario A1B



Sommertemperatur; Emissionsszenario A2



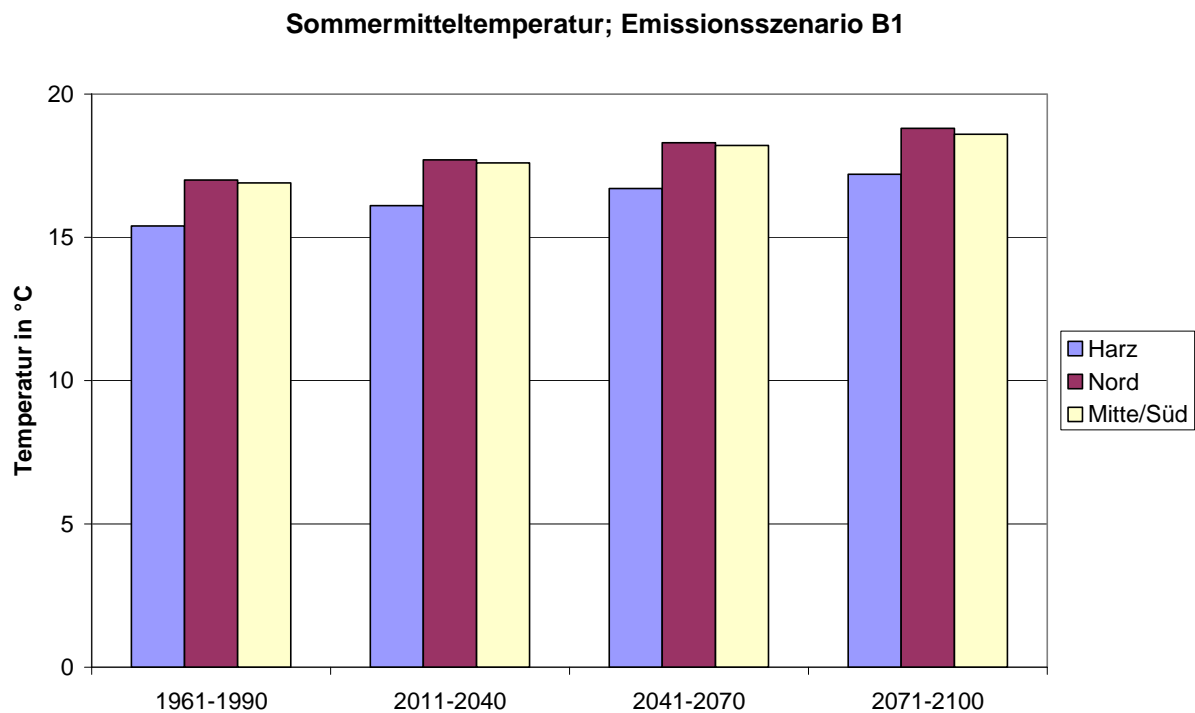


Abbildung 7-17 Entwicklung der Sommertemperatur in den Emissionsszenarien

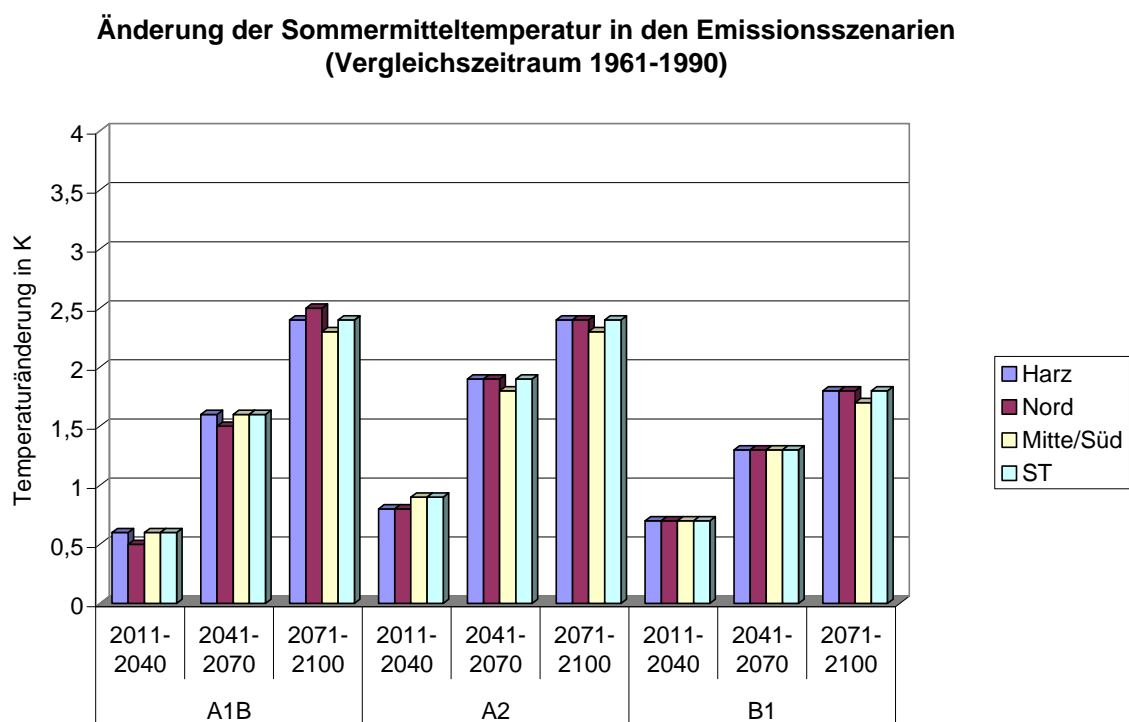
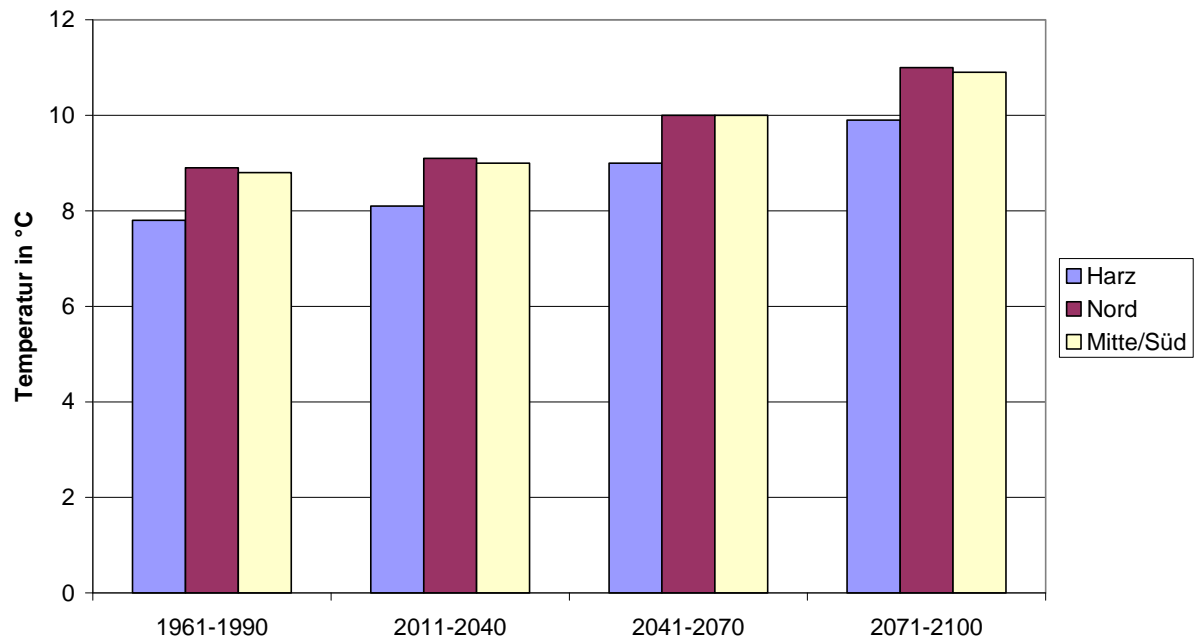
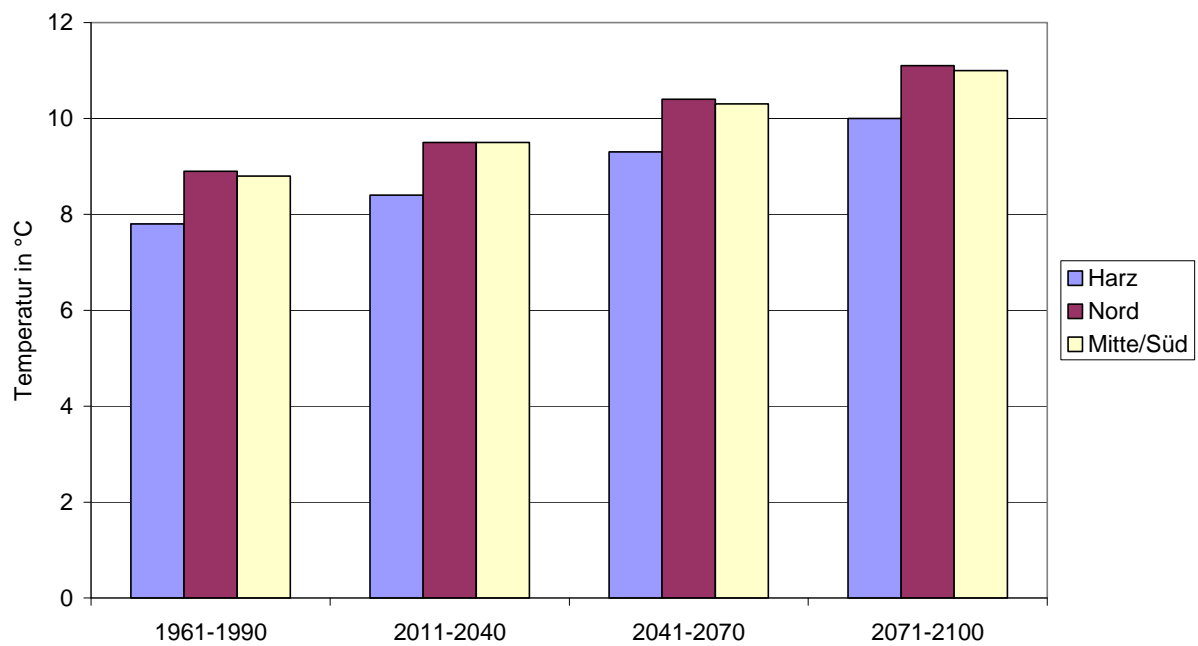


Abbildung 7-18 Änderung der Temperatur im Sommer in den verschiedenen 30-jährigen Zeiträumen und Emissionsszenarien

Herbstmitteltemperatur; Emissionszenario A1B



Herbstmitteltemperatur; Emissionsszenario A2



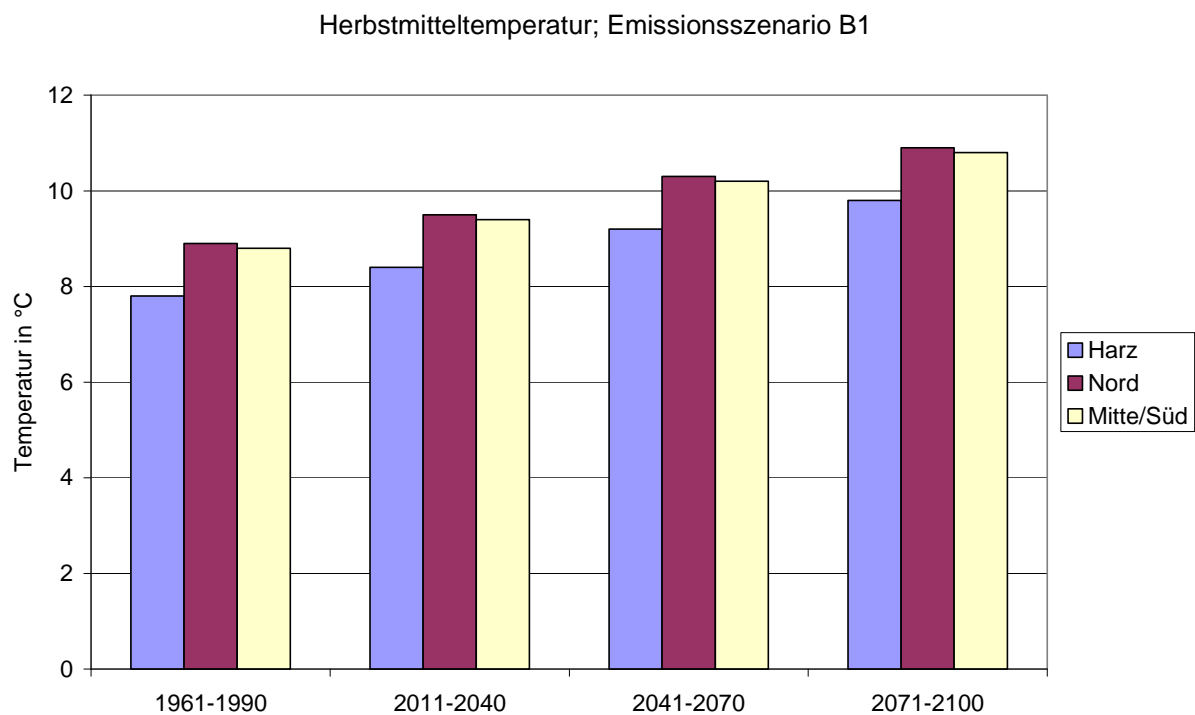


Abbildung 7-19 Entwicklung der Herbstmittelltemperatur in den Emissionsszenarien

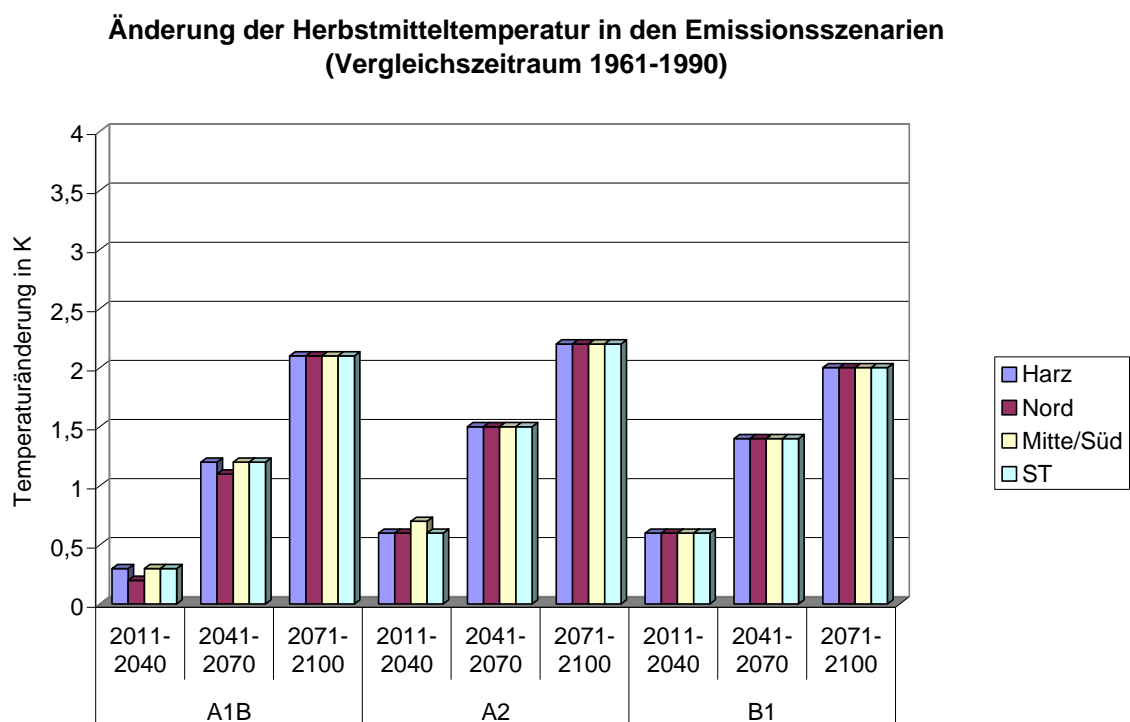
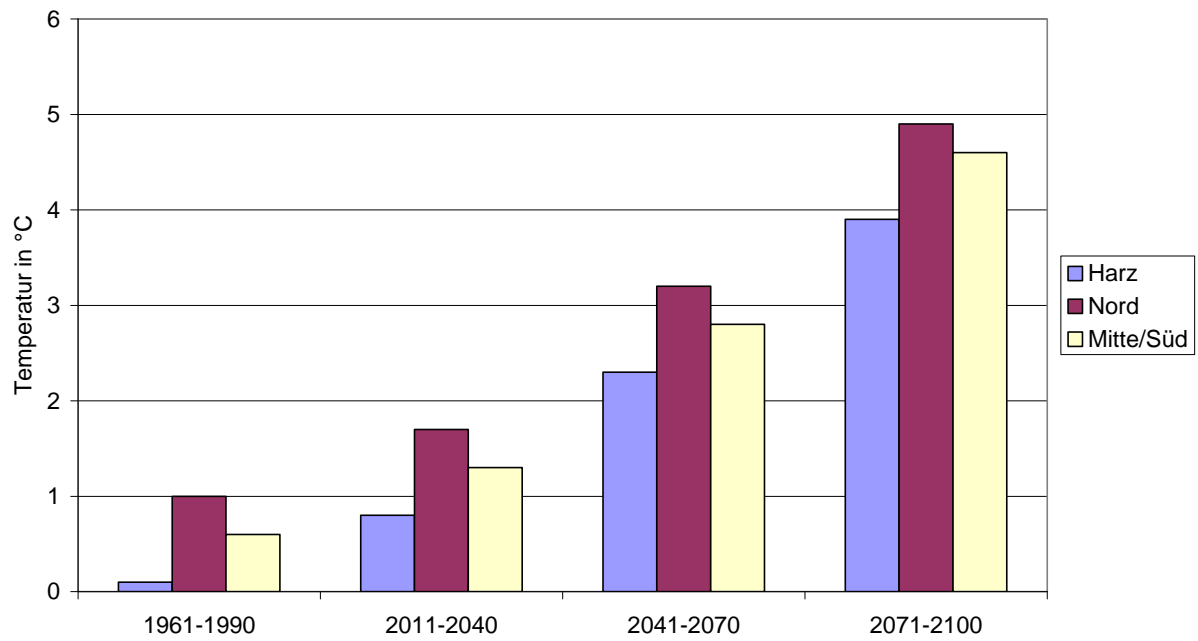
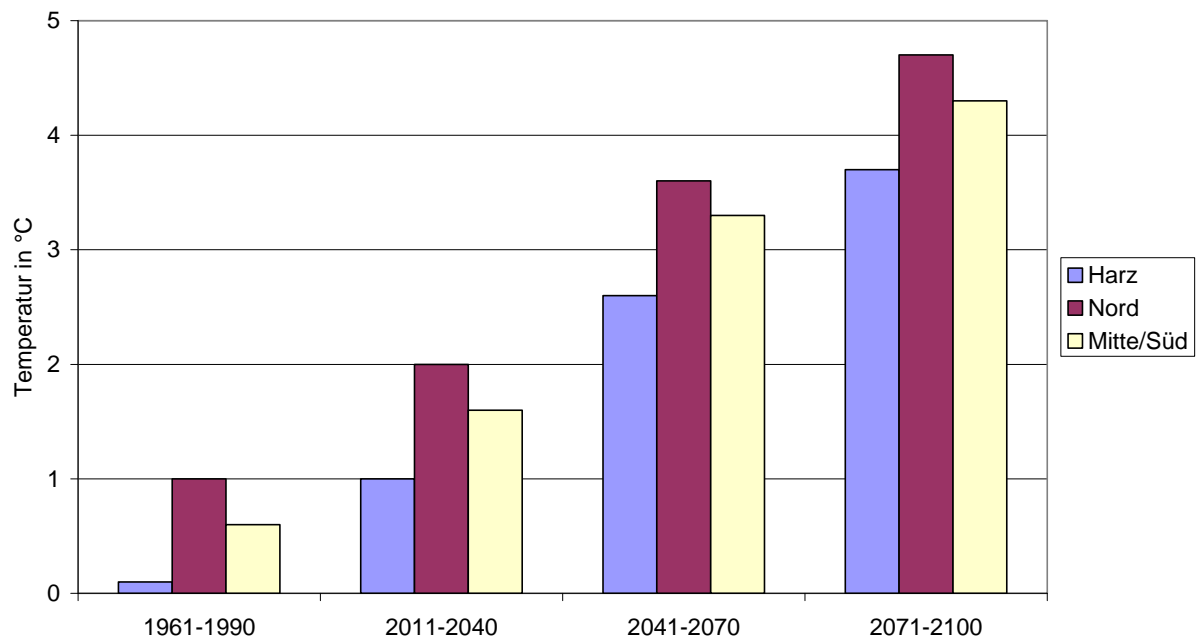


Abbildung 7-20 Änderung der Temperatur im Sommer in den verschiedenen 30-jährigen Zeiträumen und Emissionsszenarien

Wintermitteltemperatur; Emissionsszenario A1B



Wintermitteltemperatur; Emissionsszenario A2



Wintermitteltemperatur; Emissionsszenario B1

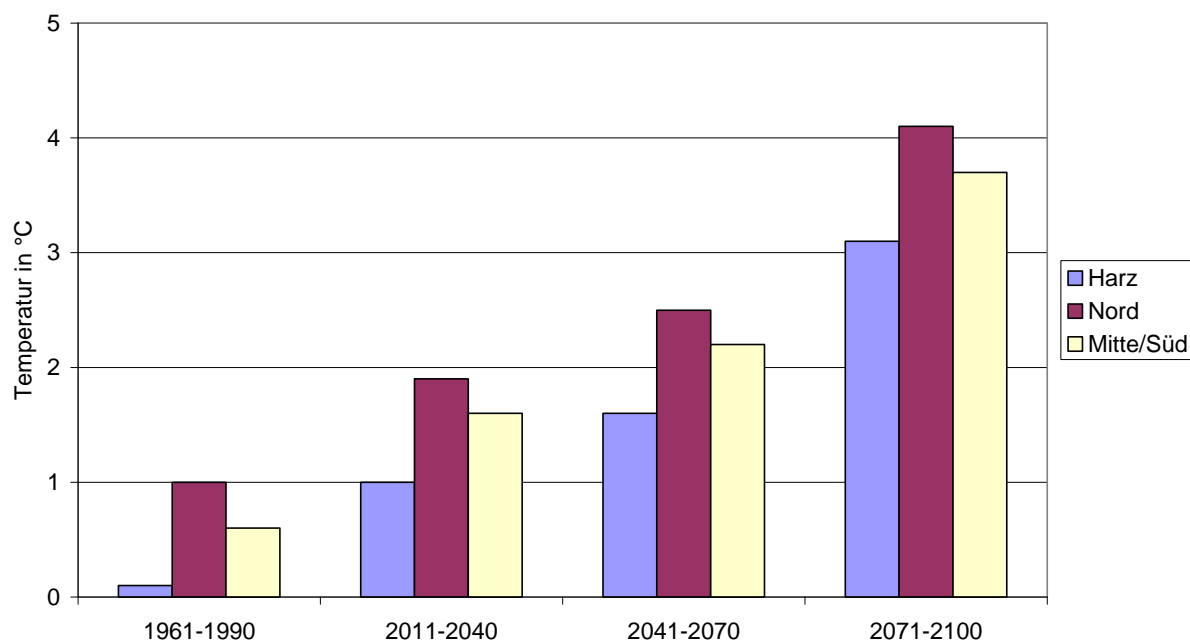


Abbildung 7-21 Entwicklung der Wintermitteltemperatur in den Emissionsszenarien

Änderung der Wintermitteltemperatur in den Emissionsszenarien (Vergleichszeitraum 1961-1990)

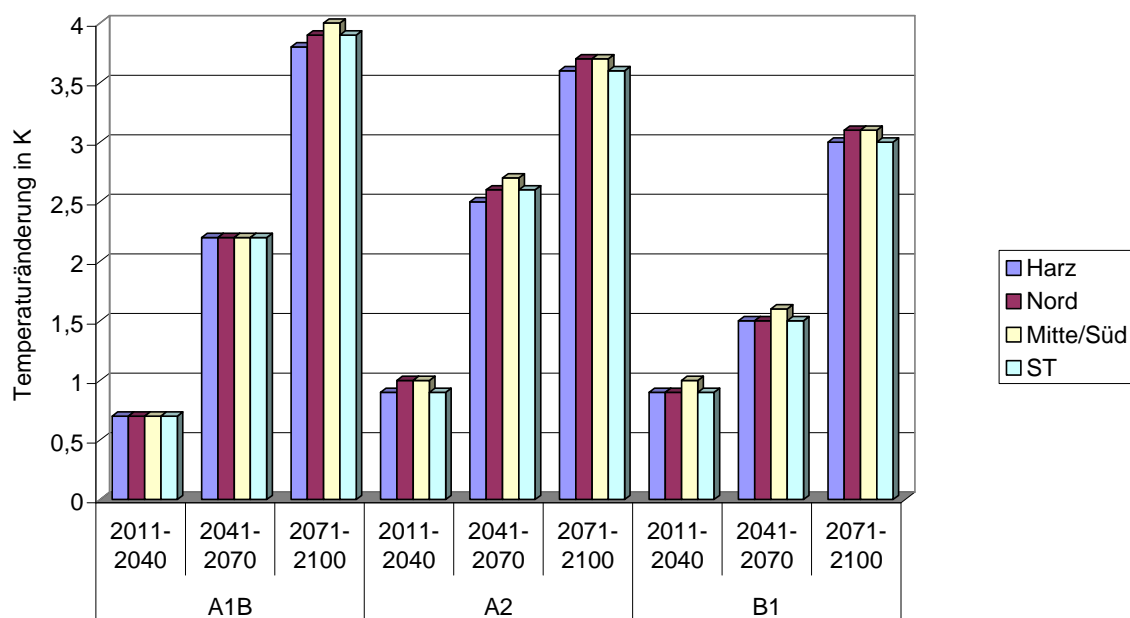


Abbildung 7-22 Änderung der Temperatur im Winter in den verschiedenen 30-jährigen Zeiträumen und Emissionsszenarien

Tabelle 7-2 Temperaturwerte (°C) in den meteorologischen Jahreszeiten sowie im Jahresdurchschnitt

Grundlage : WETTREG-Gitterpunktswerte in den Regionen

		1961- 1990					2011- 2040					2041- 2070					2071- 2100				
		Fr	So	He	Wi	Jahr	Fr	So	He	Wi	Jahr	Fr	So	He	Wi	Jahr	Fr	So	He	Wi	Jahr
	Harz	6,9	15,4	7,8	0,1	7,5															
	Nord	8,2	17,0	8,9	1,0	8,8															
	Mitte/Süd	8,2	16,9	8,8	0,6	8,6															
	ST	7,8	16,4	8,5	0,6	8,3															
A 1B	Harz						6,9	16,0	8,1	0,8	7,9	7,8	17,0	9	2,3	9,0	7,9	17,8	9,9	3,9	9,9
	Nord						8,1	17,5	9,1	1,7	9,1	9,1	18,5	10	3,2	10,2	9,2	19,5	11	4,9	11,1
	Mitte/Süd						8	17,5	9,1	1,3	9,0	8,9	18,5	10	2,8	10,0	9	19,2	10,9	4,6	10,9
	ST						7,7	17,0	8,8	1,3	8,7	8,6	18,0	9,7	2,8	9,7	8,7	18,8	10,6	4,5	10,6
A 2	Harz						6,9	16,2	8,4	1,0	8,2	7,9	17,3	9,3	2,6	9,3	7,8	17,8	10	3,7	9,8
	Nord						8,3	17,8	9,5	2,0	9,4	9,1	18,9	10,4	3,6	10,5	9	19,4	11,1	4,7	11,1
	Mitte/Süd						8,2	17,8	9,5	1,6	9,3	9	18,7	10,3	3,3	10,3	8,9	19,2	11	4,3	10,9
	ST						7,8	17,3	9,1	1,5	9,0	8,7	18,3	10	3,2	10,0	8,6	18,8	10,7	4,2	10,6
B 1	Harz						7,2	16,1	8,4	1,0	8,2	7,2	16,7	9,2	1,6	8,7	7,7	17,2	9,8	3,1	9,5
	Nord						8,5	17,7	9,5	1,9	9,4	8,5	18,3	10,3	2,5	9,9	9	18,8	10,9	4,1	10,7
	Mitte/Süd						8,3	17,6	9,4	1,6	9,3	8,4	18,2	10,2	2,2	9,7	8,9	18,6	10,8	3,7	10,5
	ST						8	17,1	9,1	1,5	9,0	8	17,7	9,9	2,1	9,4	8,5	18,2	10,5	3,6	10,2

Fr=Frühjahr (MAM); So=Sommer (JJA); He=Herbst (SON); Wi=Winter (DJF)

Tabelle 7-3 Temperaturdifferenzen in K in den Projektionszeiträumen im Vergleich zum Zeitraum 1961-1990;
meteorologische Jahreszeiten sowie im Jahresdurchschnitt

Grundlage : WETTREG-Gitterpunktweite in den Regionen

		2011- 2040 / 1961- 1990					2041- 2070 / 1961- 1990					2071- 2100 / 1961- 1990				
		Fr	So	He	Wi	Jahr	Fr	So	He	Wi	Jahr	Fr	So	He	Wi	Jahr
A 1B	Harz	0,0	0,6	0,3	0,7	0,4	0,9	1,6	1,2	2,2	1,5	1	2,4	2,1	3,8	2,4
	Nord	-0,1	0,5	0,2	0,7	0,3	0,9	1,5	1,1	2,2	1,4	1	2,5	2,1	3,9	2,3
	Mitte/Süd	-0,2	0,6	0,3	0,7	0,4	0,7	1,6	1,2	2,2	1,4	0,8	2,3	2,1	4	2,3
	ST	-0,1	0,6	0,3	0,7	0,4	0,8	1,6	1,2	2,2	1,4	0,9	2,4	2,1	3,9	2,3
A 2	Harz	0	0,8	0,6	0,9	0,7	1	1,9	1,5	2,5	1,8	0,9	2,4	2,2	3,6	2,3
	Nord	0,1	0,8	0,6	1	0,6	0,9	1,9	1,5	2,6	1,7	0,8	2,4	2,2	3,7	2,3
	Mitte/Süd	0	0,9	0,7	1	0,7	0,8	1,8	1,5	2,7	1,7	0,7	2,3	2,2	3,7	2,3
	ST	0	0,9	0,6	0,9	0,7	0,9	1,9	1,5	2,6	1,7	0,8	2,4	2,2	3,6	2,3
B 1	Harz	0,3	0,7	0,6	0,9	0,7	0,3	1,3	1,4	1,5	1,2	0,8	1,8	2	3	2
	Nord	0,3	0,7	0,6	0,9	0,6	0,3	1,3	1,4	1,5	1,1	0,8	1,8	2	3,1	1,9
	Mitte/Süd	0,1	0,7	0,6	1	0,7	0,2	1,3	1,4	1,6	1,1	0,7	1,7	2	3,1	1,9
	ST	0,2	0,7	0,6	0,9	0,7	0,2	1,3	1,4	1,5	1,1	0,7	1,8	2	3	1,9

Fr=Frühjahr (MAM); So=Sommer (JJA); He=Herbst (SON); Wi=Winter (DJF)

7.4 Auswertungen zum Klimasignal Niederschlag

Der Niederschlag besitzt eine sehr hohe zeitliche und räumliche Variabilität.

Aus der Modellvalidierung von WETTREG hat sich gezeigt, dass zwischen den beobachteten und modellierten Daten Unterschiede von $\pm 10\%$ (Grundrauschen) auftreten. Diese sind bei der Ergebnisinterpretation gebührend zu berücksichtigen. Aussagen über Änderungen des Niederschlagssignals gewinnen an Bedeutung, wenn sie etwa das 1,5-fache dieses Grundrauschens betragen.

Bei einem jährlichen Niederschlag von 550 l/m^2 bedeutet das z.B. um eine Änderung von mehr als $\pm 80 \text{ l/m}^2$.

7.4.1 Zeitliche Analyse des Klimaänderungssignals für den Niederschlag

In einem ersten Schritt wird die Entwicklung des mittleren Jahresniederschlages in den unterschiedlichen Emissionsszenarien für Deutschland und Sachsen-Anhalt untersucht.

Die Niederschlagsmengen ergeben sich aus dem Flächenmittel für das ausgewählte Gebiet; für Sachsen-Anhalt mit angrenzenden Stationen in den benachbarten Bundesländern. Dabei werden 30-jährige Zeiträume ausgewertet.

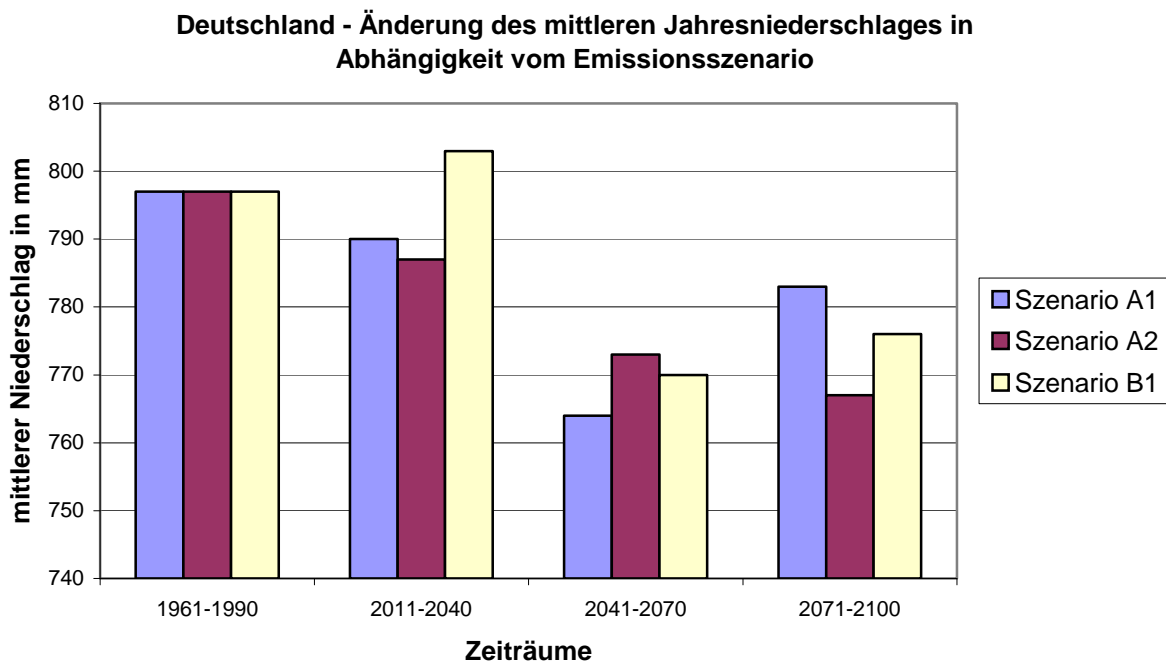


Abbildung 7-23 Änderung des mittleren Jahresniederschlages für Deutschland in Abhängigkeit von den Emissionsszenarien

Aufgrund der geringen Änderungen kann man unter Beachtung der Unsicherheit von einer nahezu gleich bleibenden jährlichen Niederschlagsmenge in Deutschland ausgehen.

Ähnlich ist die Situation für Sachsen-Anhalt (Abbildung 6.2.1.2) zu bewerten. Allerdings ist zu beachten, dass die Gesamtniederschlagsmenge in Sachsen-Anhalt um ca. 20% geringer als in Deutschland ist.

Sachsen-Anhalt - Änderung des mittleren Jahresniederschlages in Abhängigkeit vom Emissionsszenario

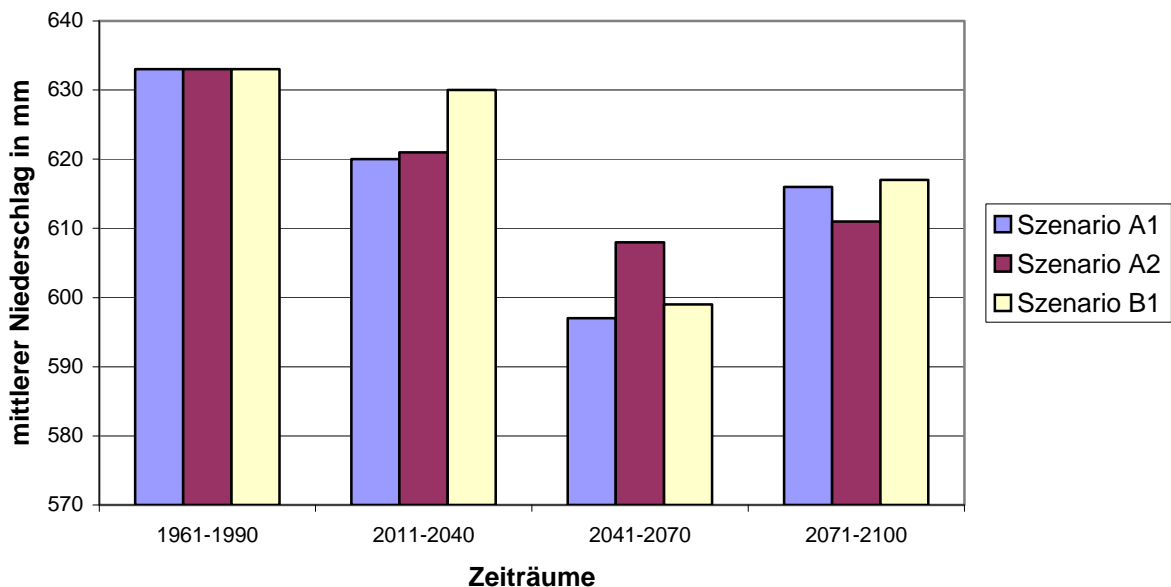


Abbildung 7-24 Änderung des mittleren Jahresniederschlages für Sachsen-Anhalt in Abhängigkeit von den Emissionsszenarien

Zur weiteren zeitabhängigen Analyse des Klimaänderungssignals für den Niederschlag wird der Jahresgang des Änderungssignals mit Hilfe eines Ringdiagramms untersucht. Die Auswertung erfolgte als Mittelwert über alle Stationen in Deutschland

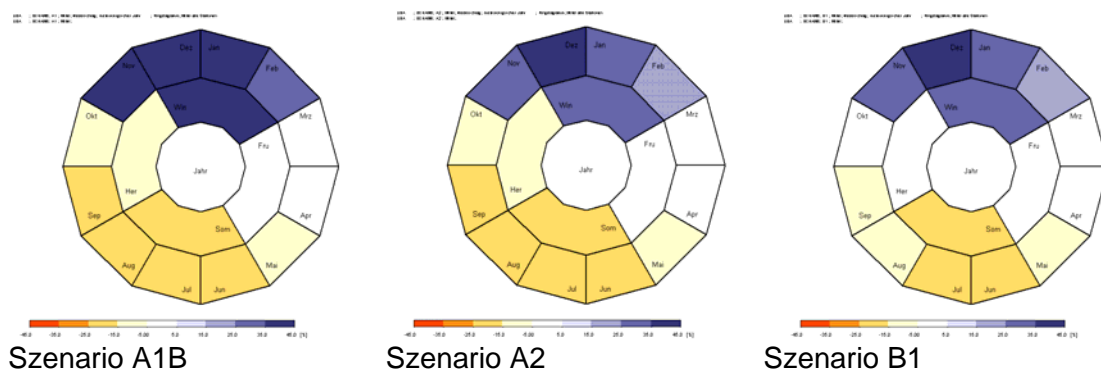


Abbildung 7-25 Niederschlagsänderungen als Differenz zwischen den Zeiträumen 2091 bis 2100 und 1981 bis 1990 in Abhängigkeit von den Szenarien A1B, A2 und B1 (Auswertung über alle Messstationen in Deutschland)

Die Änderungen im Niederschlag zeigen eine starke saisonale Abhängigkeit und erfordern daher eine zeitliche detaillierte Betrachtung. Schwankungen, gemittelt über alle Stationen von -25 bis $+45\%$ treten in den Monatswerte auf. Die Trendentwicklungen für Winter und Sommer sind gegenläufig. Für den Winter (Dezember, Januar, Februar) und auch für den November ist von deutlichen Niederschlagszunahmen auszugehen. Dagegen werden die Sommermonate trockener.

Für die ausgewählten Stationen in Sachsen-Anhalt wird deutlich, dass die Schwankungsbreite der Monatswerte von -35 bis $+88\%$ deutlich größer ist als im deutschlandweiten Mittel.

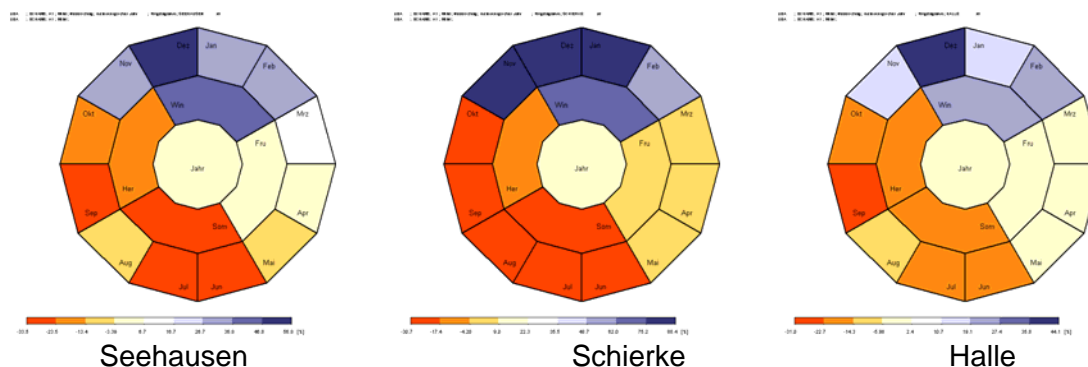


Abbildung 7-26 Niederschlagsänderungen als Differenz zwischen den Zeiträumen 2091 bis 2100 und 1981 bis 1990 für ausgewählte Messstationen und das Szenario A1B (automatische Skalierung)

Für das Niederschlagsänderungssignal ist eine starke räumliche Differenzierung zu verzeichnen; die Höhe der Niederschlagsänderung ist regional sehr verschieden. So treten an der Station Schierke im Vergleich zu Seehausen und Halle deutlich größere Schwankungen auf. Bei einer einheitlichen Skalierung wird das noch anschaulicher.

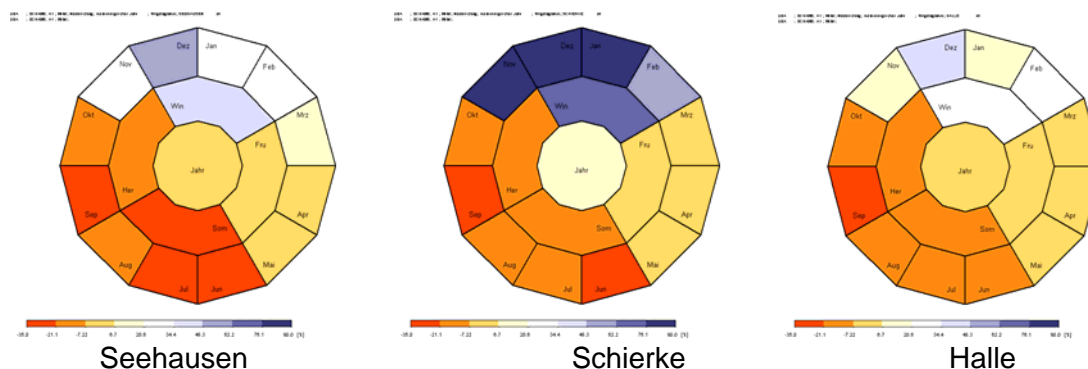


Abbildung 7-27 Niederschlagsänderungen als Differenz zwischen den Zeiträumen 2091 bis 2100 und 1981 bis 1990 für ausgewählte Messstationen und das Szenario A1B (einheitliche Skalierung)

Die Auswertungen für einzelne Stationen können nur orientierenden Charakter haben, d.h. aus Stations-Einzelergebnissen können keine allgemeinen Schlussfolgerungen für die regionale Klimaentwicklung gezogen werden.

Änderung des Klimasignals Niederschlag bis zum Ende des 21. Jahrhunderts

Im Folgenden wird die Änderung des Niederschlagssignals bis zum Ende des 21. Jahrhunderts untersucht. Wegen der sich abzeichnenden jahreszeitlich bedingten Unterschiede erfolgt eine Analyse der Sommer- bzw. Wintermonate. Die Sommermonate umfassen den Juni, Juli und August; die Wintermonate den Dezember, Januar und Februar.

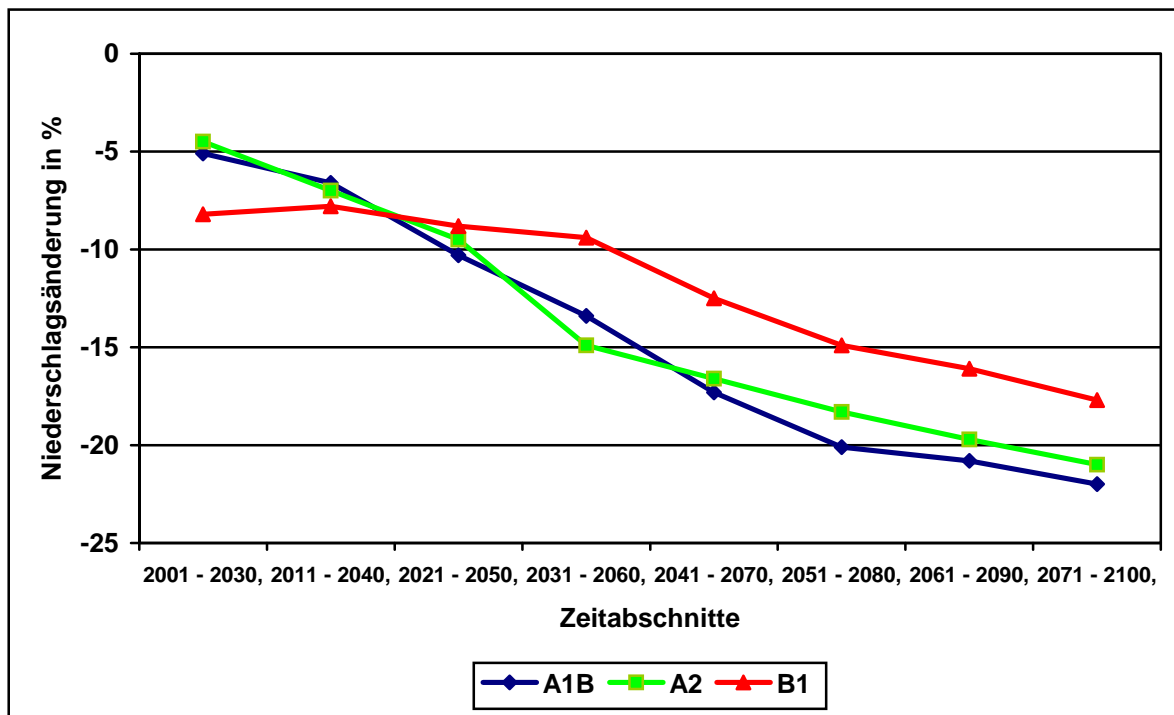


Abbildung 7-28 30-jähriges Mittel der prozentualen Sommer- Niederschlagsänderung für Deutschland (Flächenmittel gleitend in 10-Jahresschritten)

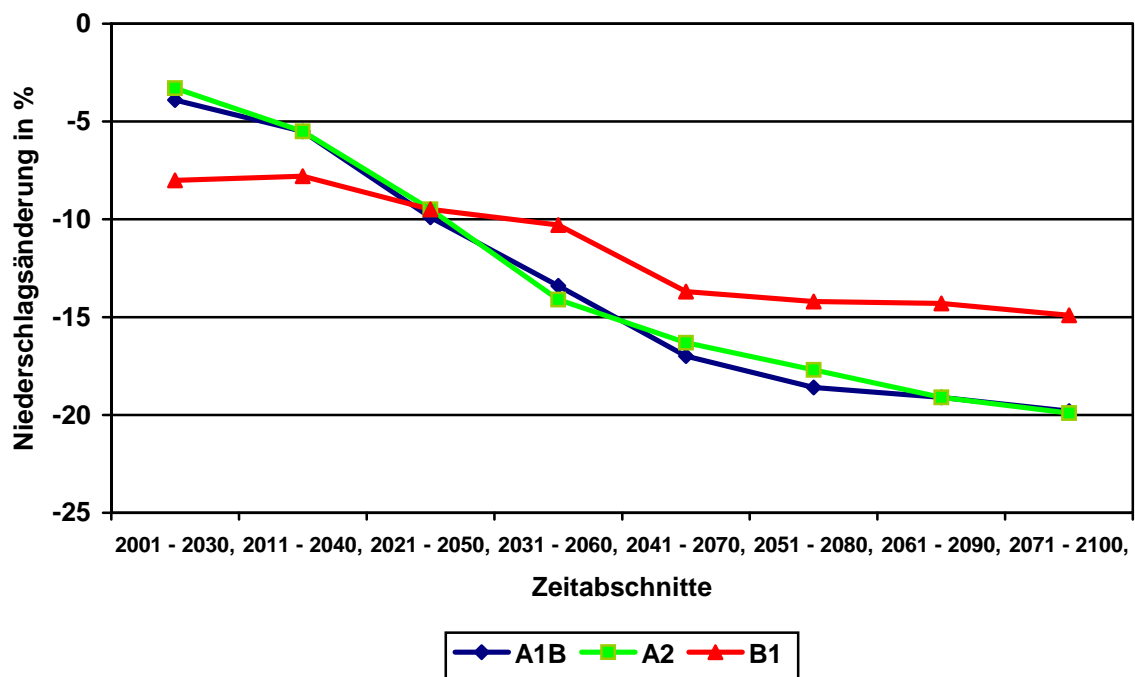


Abbildung 7-29 30-Jähriges Mittel der prozentualen Sommer- Niederschlagsänderung für Sachsen-Anhalt und angrenzende Gebiete (Flächenmittel gleitend in 10-Jahresschritten)

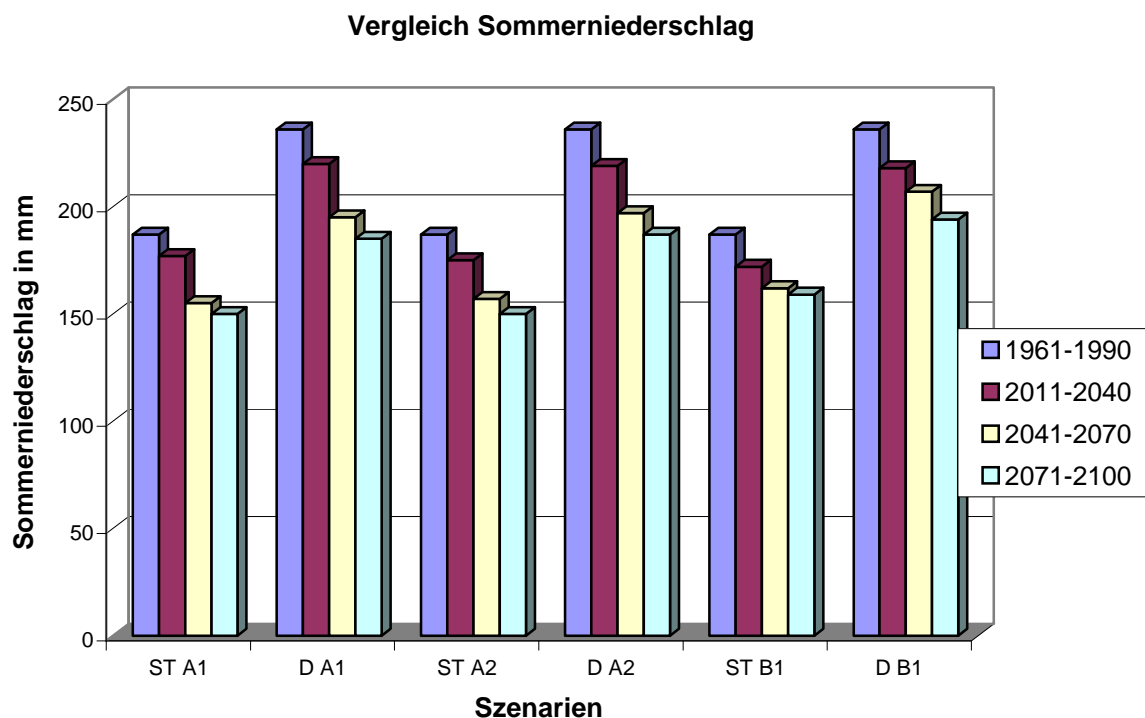


Abbildung 7-30 Vergleich der Sommerniederschläge in Sachsen-Anhalt (ST) und Deutschland (D) für die unterschiedlichen Zeiträume und Emissions-szenarien

Abbildung 7-27 veranschaulicht den übereinstimmenden Trend in der Änderung des Sommerniederschlages für Deutschland und Sachsen-Anhalt.

Tabelle 7-4 Prozentuale Änderung des Sommer-Niederschlages in ausgewählten 30-jährigen Zeiträumen im Vergleich zum Kontrollzeitraum 1961-1990

Sommer	Region Szenario	2011 - 2040		2041 - 2070		2071 - 2100	
		D	ST	D	ST	D	ST
ΔNied in %	A1B	- 6,6	- 5,5	- 17,3	- 17,0	- 22,0	- 19,8
ΔNied in %	A2	- 7,0	- 6,4	- 16,6	- 16,3	- 21,0	- 19,9
ΔNied in %	B1	- 7,8	- 7,8	- 12,5	- 13,7	- 17,7	-14,9

(Flächenmittelwerte für Deutschland sowie Sachsen-Anhalt mit angrenzenden Gebieten)

Grundsätzlich nimmt der Niederschlag in den Sommermonaten tendenziell ab. Dabei zeigen A1B und A2 einen qualitativ und quantitativ ähnlichen Verlauf. Zum Ende des Jahrhunderts erreichen die Niederschlagsänderungen etwa – 20%.

Das B1-Szenario weist dagegen bis zur Periode 2031-2060 kaum Veränderungen auf , danach abnehmenden Niederschlag auf; im Vergleich zu den anderen Szenarien allerdings auf geringerem Niveau bis zu – 15%.

Beim Vergleich der Region Deutschland mit Sachsen-Anhalt (und angrenzenden Gebieten) ist zu beachten, dass die Flächenmittelwerte für Sachsen-Anhalt aus einer deutlich geringeren Anzahl von Messstationen gebildet werden. Der allgemeine Trend für Deutschland bestätigt sich auch für Sachsen-Anhalt.

Zu den prozentualen Abweichungen sei einschränkend darauf hingewiesen, dass Aussagen über nur wenig unterschiedliche Werte (wie etwa 5% beim Sommerniederschlag) keine hohe Belastbarkeit besitzen.

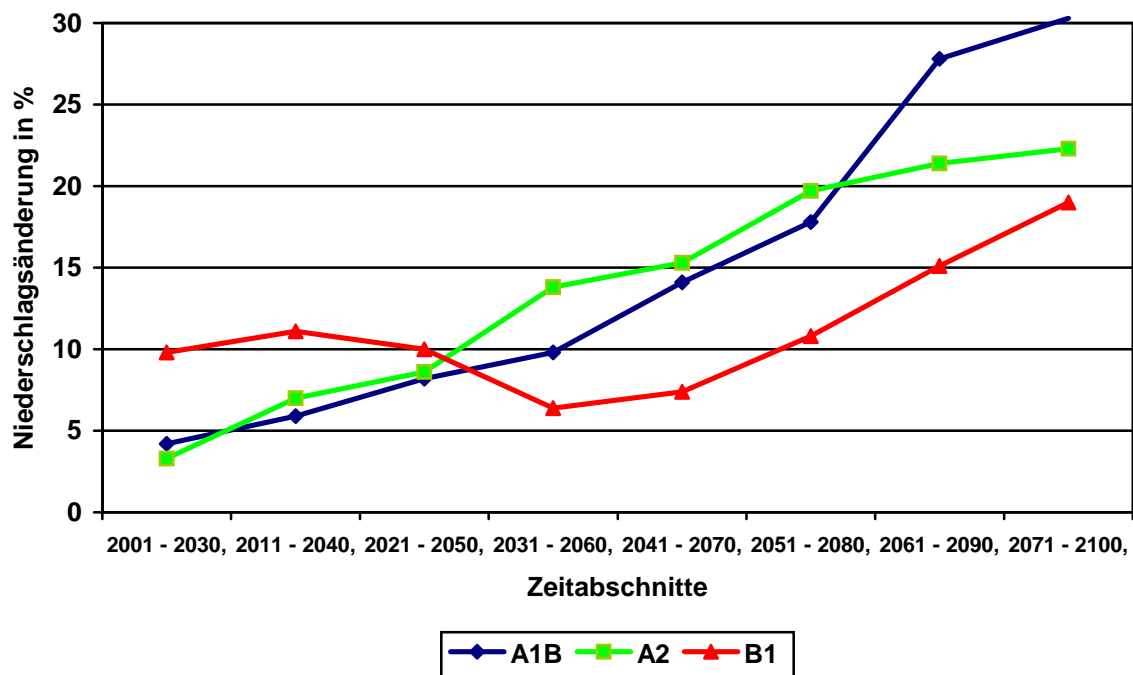


Abbildung 7-31 30-Jähriges Mittel der prozentualen Winterniederschlagsänderung für Deutschland (Flächenmittel gleitend in 10-Jahresschritten)

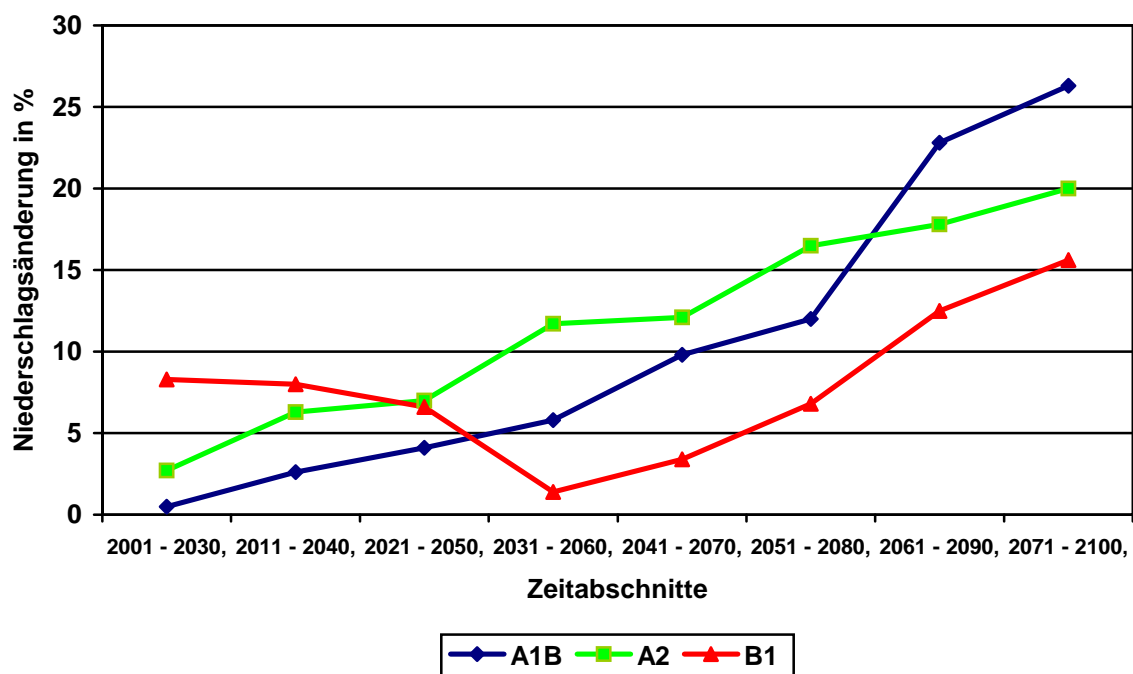


Abbildung 7-32 30-Jähriges Mittel der prozentualen Winterniederschlagsänderung für Sachsen-Anhalt und angrenzende Gebiete (Flächenmittel gleitend in 10-Jahresschritten)

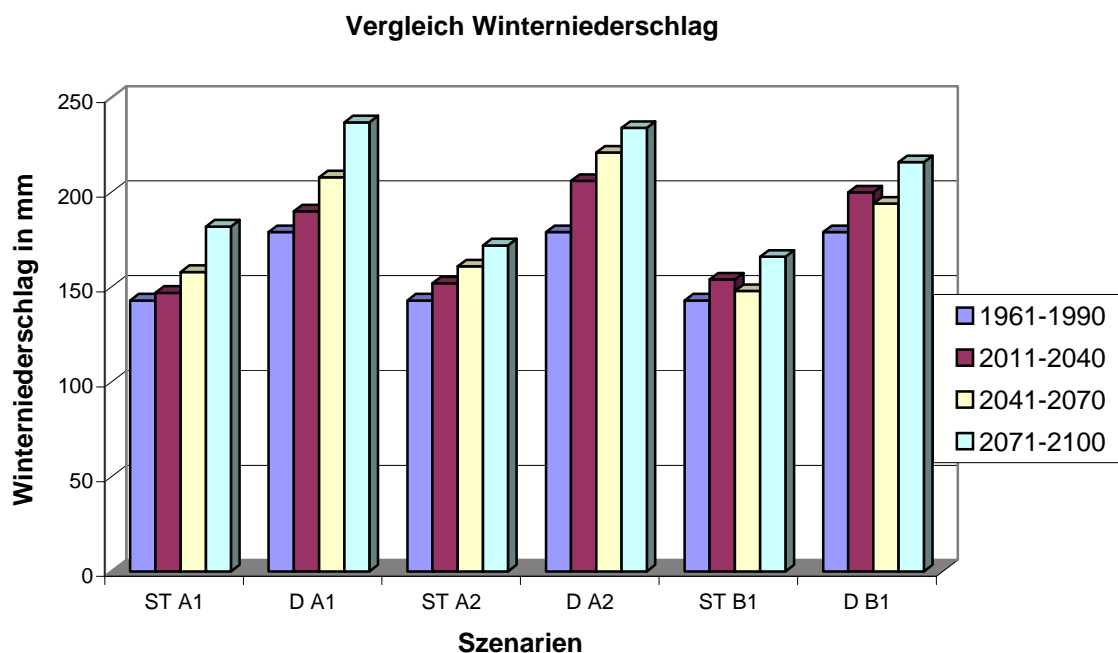


Abbildung 7-33 Vergleich der Winterniederschläge in Sachsen-Anhalt und Deutschland für die unterschiedlichen Zeiträume und Emissionsszenarien

Abbildung 7-30 veranschaulicht den übereinstimmenden Trend in der Änderung des Winterniederschlages für Deutschland und Sachsen-Anhalt.

Tabelle 7-5 Prozentuale Änderung des Winterniederschlages in ausgewählten 30-jährigen Zeiträumen im Vergleich zum Kontrollzeitraum 1961-1990

Winter	Region Szenario	2011 - 2040		2041 - 2070		2071 - 2100	
		D	ST	D	ST	D	ST
ΔNied in %	A1B	+ 5,9	+ 2,6	+ 14,1	+ 9,8	+ 30,3	+ 26,3
ΔNied in %	A2	+ 7,0	+ 6,3	+ 15,3	+ 12,1	+ 22,3	+ 20,0
ΔNied in %	B1	+ 11,1	+ 8,0	+ 7,4	+ 3,4	+ 19,0	+ 15,6

(Flächenmittelwerte für Deutschland sowie Sachsen-Anhalt mit angrenzenden Gebieten)

Auch beim Winterniederschlag zeigen die Szenarien A1B und A2 für die Zunahme des Winter-Niederschlages zunächst einen ähnlichen Verlauf; gegen Ende des Jahrhunderts treten dann größere Unterschiede auf. Die Änderungen nach dem B1-Szenario sind insgesamt schwächer. Für die Region Sachsen-Anhalt bestätigen sich diese Aussagen in der Tendenz.

7.4.2 Regionale Analyse des Klimasignals Niederschlag

Zur Darstellung der regionalen Unterschiede des Klimasignals Niederschlag werden für die Emissionsszenarien Mittelungen über Zeiträume von zusammenhängenden Dekaden vorgenommen. In den Karten erfolgt eine Differenzdarstellung zwischen den Szenarien und dem Kontrolllaufzeitraum.

Der angezeigte Mittelwert ist das Flächenmittel aus den im Kartenausschnitt erfassten Stationswerten.

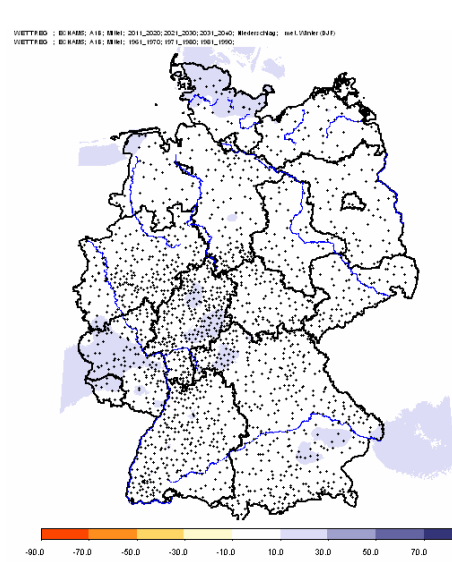
Im Weiteren wird ein Vergleich des ausgewählten Zeitraumes 2071-2100 mit dem Kontrolllauf 1961-1990 in Form von Karten ausgewertet. Dargestellt werden prozentuale Änderungen des Niederschlags für die Szenarien unterschieden nach meteorologischem Sommer und Winter, sowie für die Region Sachsen-Anhalt (mit angrenzenden Gebieten) und Deutschland.

Hierfür wird eine einheitliche Skalierung gewählt, um die große Differenzierung im Gebiet von Deutschland abzubilden.

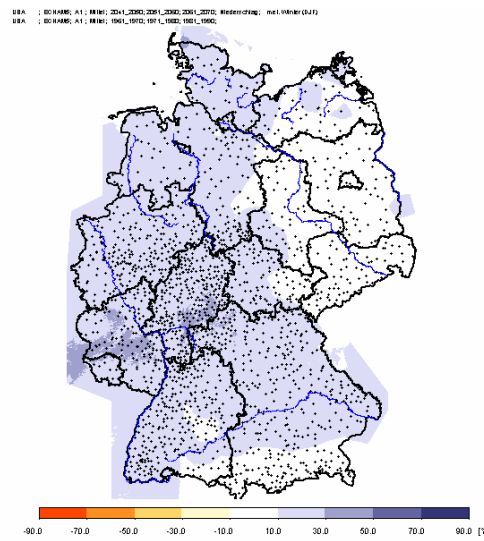
Für Detailanalysen im Gebiet von Sachsen-Anhalt wird die Skalierung angepasst (Abbildungen 7-31 bis 7-36), damit regionale Unterschiede hier besser erkennbar werden. Mit den Karten wird zunächst ein Überblick zum Gebiet von Deutschland und Sachsen-Anhalt vermittelt.

Um genauere regionale Unterschiede herauszuarbeiten, werden unterschiedliche Auswertemethoden angewendet und Ergebnisse hierzu präsentiert.

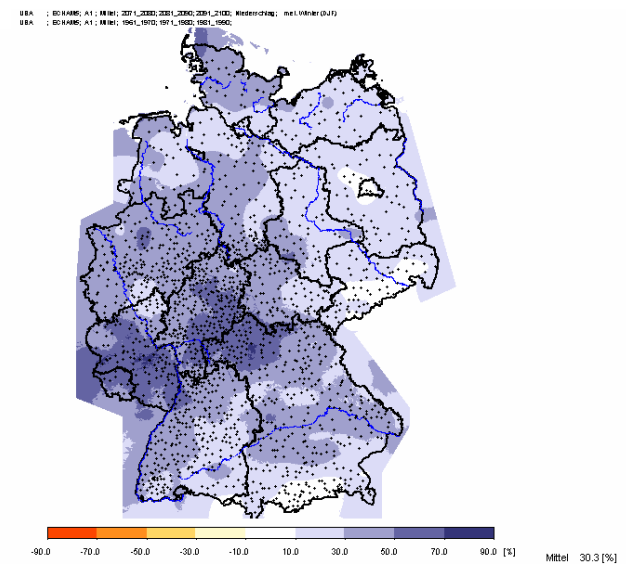
Zum einen wird entsprechend Abschnitt 7.2 eine Auswertung der WETTREG-Gitterpunktsdaten für die Gebiete in Sachsen-Anhalt (Norden, Bereich Mitte/Süd und Harzregion) vorgenommen und zum anderen durch Auswertung einzelner Klimastationen in den genannten Gebieten näher untersucht.



Mittel 6.6 [%]



Mittel 14.1 [%]

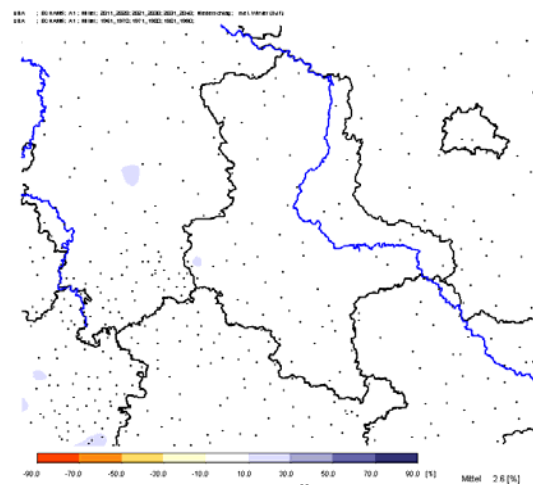


Mittel 30.3 [%]

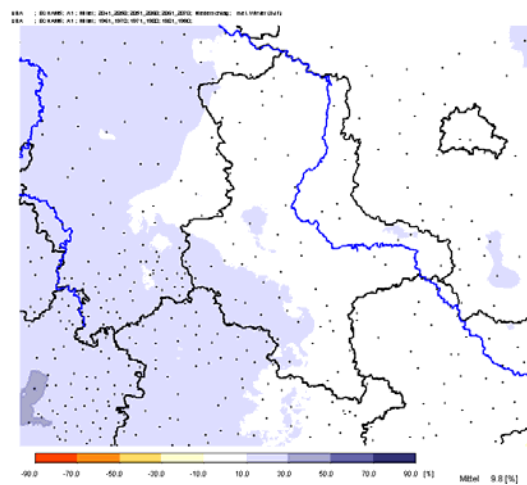
Zeitraum: 2011 – 2040

2041 – 2070

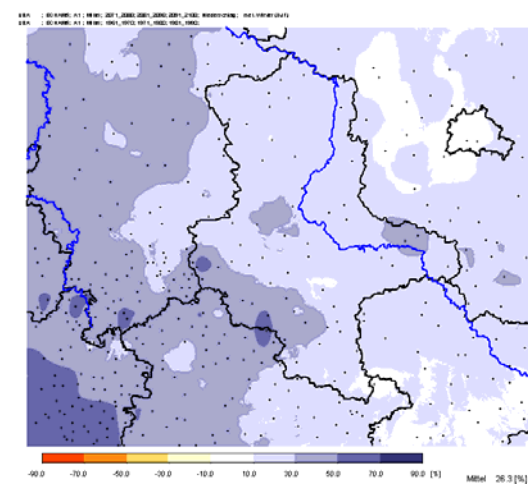
2071 – 2100



Mittel 2,6 [%]



Mittel 9,8 [%]

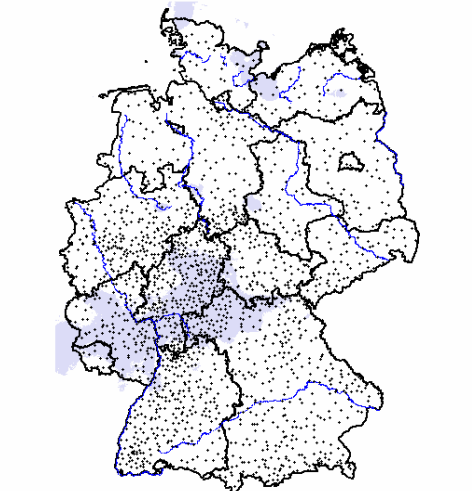


Mittel 26.3 [%]

Abbildung 7-34

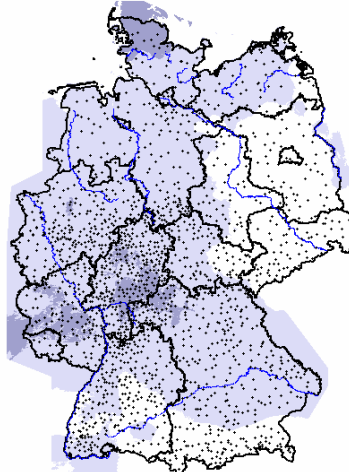
Änderung des Winterniederschlags in den 30-jährigen Prognosezeiträumen gegenüber dem Kontrolllauf 1961-1990
Emissionszenario A1B,

UBA : BGMARS_A2 ; BHM : 2011_2040;2021_2050;2071_2100; Niederschlag; mit Vöhrer (Luf)
UBA : BGMARS_A2 ; BHM : 1961_1970;1971_1980;1981_1990



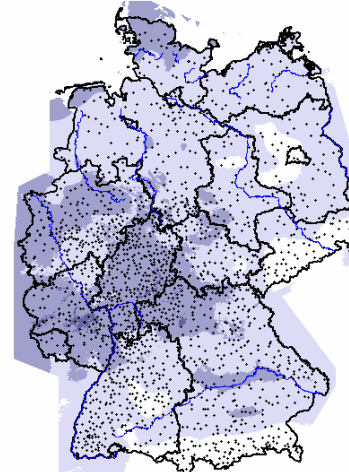
-90.0 -70.0 -50.0 -30.0 -10.0 10.0 30.0 50.0 70.0 90.0 [%]
Mittel 7.0 [%]

UBA : BGMARS_A2 ; BHM : 2041_2070;2081_2110;2091_2120; Niederschlag; mit Vöhrer (Luf)
UBA : BGMARS_A2 ; BHM : 1961_1970;1971_1980;1981_1990



-90.0 -70.0 -50.0 -30.0 -10.0 10.0 30.0 50.0 70.0 90.0 [%]
Mittel 15.3 [%]

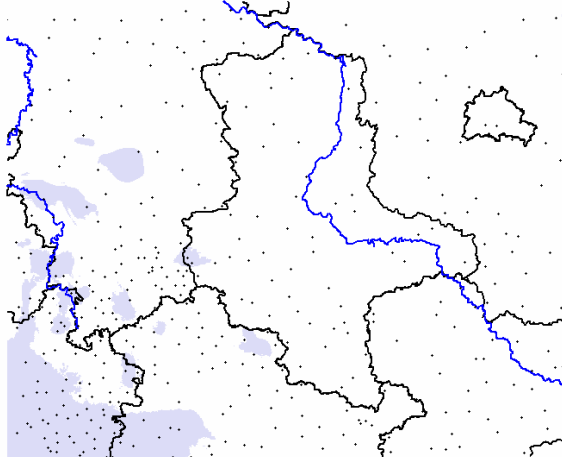
UBA : BGMARS_A2 ; BHM : 2071_2100;2081_2110;2091_2120; Niederschlag; mit Vöhrer (Luf)
UBA : BGMARS_A2 ; BHM : 1961_1970;1971_1980;1981_1990



-90.0 -70.0 -50.0 -30.0 -10.0 10.0 30.0 50.0 70.0 90.0 [%]
Mittel 22.3 [%]

Zeitraum: 2011 – 2040

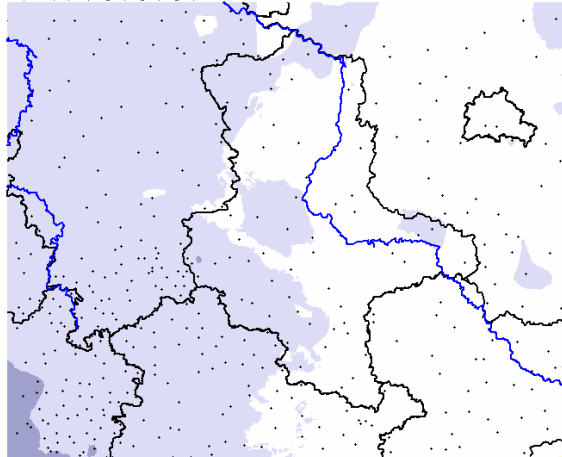
UBA : BGMARS_A2 ; BHM : 2011_2040;2021_2050;2071_2100; Niederschlag; mit Vöhrer (Luf)
UBA : BGMARS_A2 ; BHM : 1961_1970;1971_1980;1981_1990



-90.0 -70.0 -50.0 -30.0 -10.0 10.0 30.0 50.0 70.0 90.0 [%]
Mittel 6.3 [%]

2041 – 2070

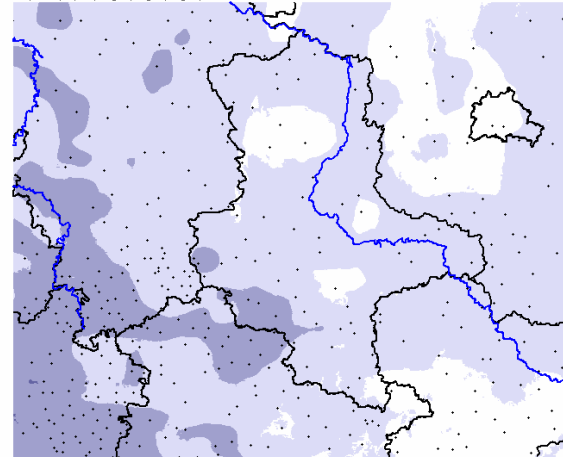
UBA : BGMARS_A2 ; BHM : 2041_2070;2081_2110;2091_2120; Niederschlag; mit Vöhrer (Luf)
UBA : BGMARS_A2 ; BHM : 1961_1970;1971_1980;1981_1990



-90.0 -70.0 -50.0 -30.0 -10.0 10.0 30.0 50.0 70.0 90.0 [%]
Mittel 12.1 [%]

2071 – 2100

UBA : BGMARS_A2 ; BHM : 2071_2100;2081_2110;2091_2120; Niederschlag; mit Vöhrer (Luf)
UBA : BGMARS_A2 ; BHM : 1961_1970;1971_1980;1981_1990

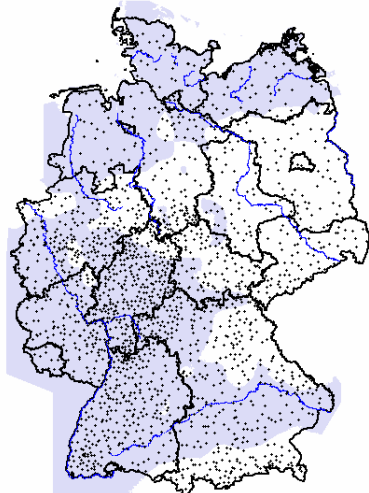


-90.0 -70.0 -50.0 -30.0 -10.0 10.0 30.0 50.0 70.0 90.0 [%]
Mittel 20.0 [%]

Abbildung 7-35

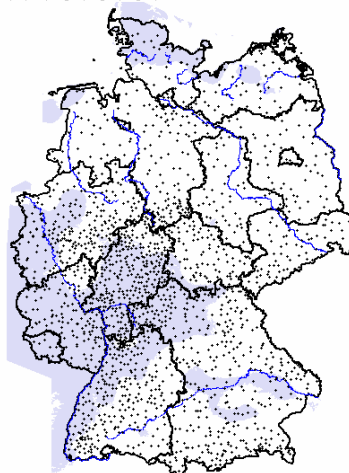
Änderung des Winterniederschlags in den 30-jährigen Prognosezeiträumen gegenüber dem Kontrolllauf 1961-1990
Emissionszenario A2,

UBA : BCHAMRS; B1; B1NH; 2011_2030; 2031_2050; 2051_2070; Niederschlag; mit Völkern (Jah)
 UBA : BCHAMRS; B1; B1NH; 1961_1970; 1971_1980; 1981_1990



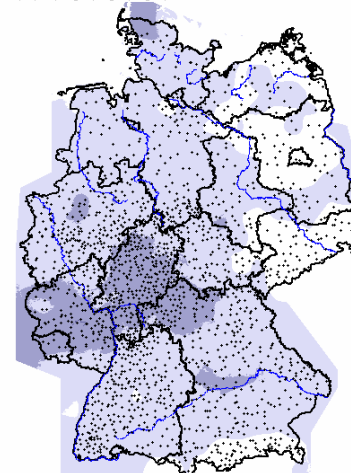
-90.0 -70.0 -50.0 -30.0 -10.0 10.0 30.0 50.0 70.0 90.0 [%]
 Mittel 11.1 [%]

UBA : BCHAMRS; B1; B1NH; 2041_2060; 2061_2080; 2081_2100; Niederschlag; mit Völkern (Jah)
 UBA : BCHAMRS; B1; B1NH; 1961_1970; 1971_1980; 1981_1990



-90.0 -70.0 -50.0 -30.0 -10.0 10.0 30.0 50.0 70.0 90.0 [%]
 Mittel 7.4 [%]

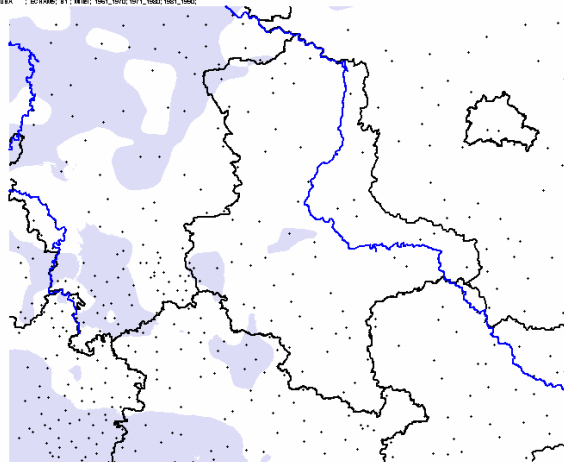
UBA : BCHAMRS; B1; B1NH; 2071_2090; 2091_2100; Niederschlag; mit Völkern (Jah)
 UBA : BCHAMRS; B1; B1NH; 1961_1970; 1971_1980; 1981_1990



-90.0 -70.0 -50.0 -30.0 -10.0 10.0 30.0 50.0 70.0 90.0 [%]
 Mittel 19.0 [%]

Zeitraum: 2011 – 2040

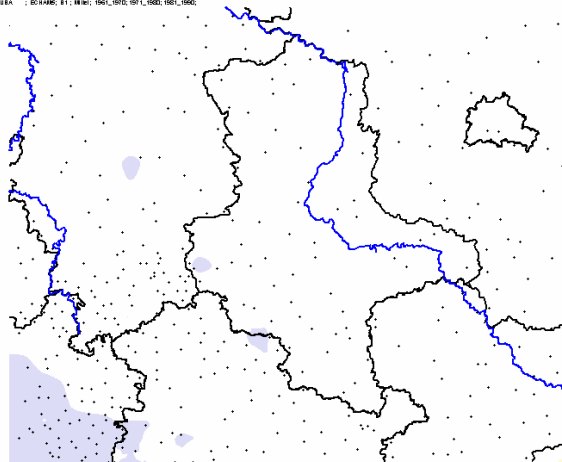
UBA : BCHAMRS; B1; B1NH; 2011_2030; 2031_2050; 2051_2070; Niederschlag; mit Völkern (Jah)
 UBA : BCHAMRS; B1; B1NH; 1961_1970; 1971_1980; 1981_1990



-90.0 -70.0 -50.0 -30.0 -10.0 10.0 30.0 50.0 70.0 90.0 [%]
 Mittel 8.0 [%]

2041 – 2070

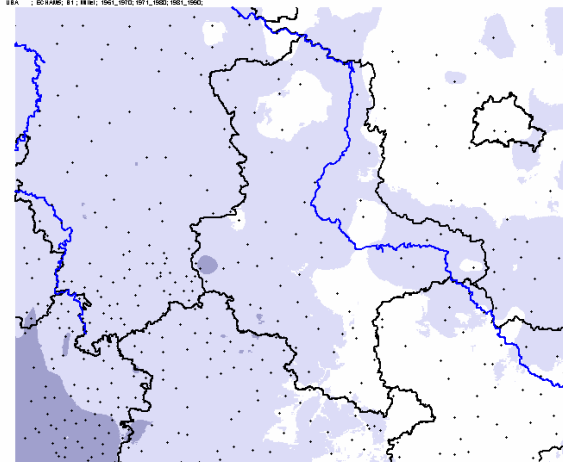
UBA : BCHAMRS; B1; B1NH; 2041_2060; 2061_2080; 2081_2100; Niederschlag; mit Völkern (Jah)
 UBA : BCHAMRS; B1; B1NH; 1961_1970; 1971_1980; 1981_1990



-90.0 -70.0 -50.0 -30.0 -10.0 10.0 30.0 50.0 70.0 90.0 [%]
 Mittel 3.4 [%]

2071 – 2100

UBA : BCHAMRS; B1; B1NH; 2071_2090; 2091_2100; Niederschlag; mit Völkern (Jah)
 UBA : BCHAMRS; B1; B1NH; 1961_1970; 1971_1980; 1981_1990

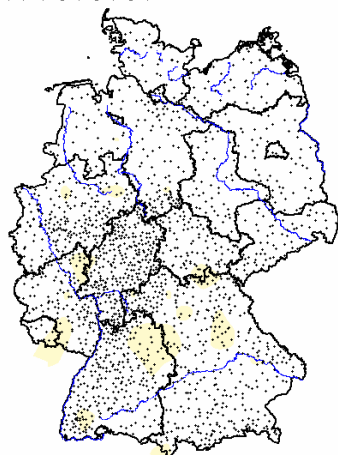


-90.0 -70.0 -50.0 -30.0 -10.0 10.0 30.0 50.0 70.0 90.0 [%]
 Mittel 15.6 [%]

Abbildung 7-36

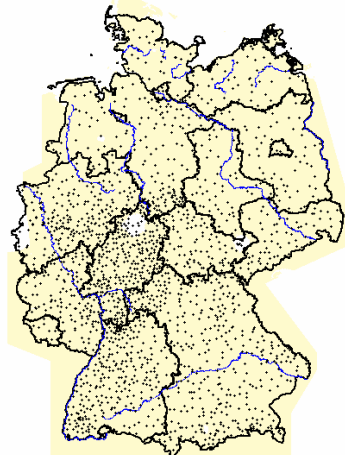
Änderung des Winterniederschlags in den 30-jährigen Prognosezeiträumen gegenüber dem Kontrolllauf 1961-1990
 Emissionszenario B1

UBA : EC-HARMO, A1 : HARMO, 2011_2030, 2031_2040, Niederschlag, Mittel Sommer (JJA)
 UBA : EC-HARMO, A1 : HARMO, 1961_1970, 1971_1980, 1981_1990



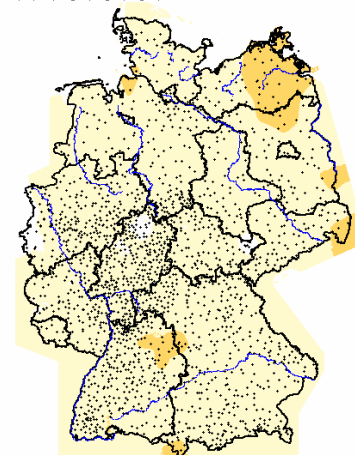
-90.0 -70.0 -50.0 -30.0 -10.0 10.0 30.0 50.0 70.0 90.0 [%]
 Mittel -6.6 [%]

UBA : EC-HARMO, A1 : HARMO, 2041_2060, 2061_2070, Niederschlag, Mittel Sommer (JJA)
 UBA : EC-HARMO, A1 : HARMO, 1961_1970, 1971_1980, 1981_1990



-90.0 -70.0 -50.0 -30.0 -10.0 10.0 30.0 50.0 70.0 90.0 [%]
 Mittel -17.3 [%]

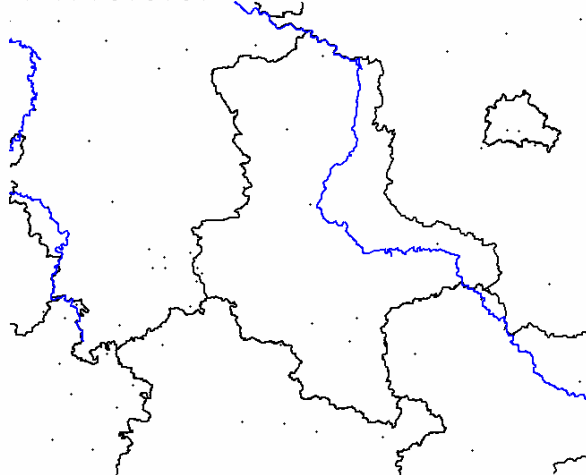
UBA : EC-HARMO, A1 : HARMO, 2071_2080, 2081_2100, Niederschlag, Mittel Sommer (JJA)
 UBA : EC-HARMO, A1 : HARMO, 1961_1970, 1971_1980, 1981_1990



-90.0 -70.0 -50.0 -30.0 -10.0 10.0 30.0 50.0 70.0 90.0 [%]
 Mittel -22.0 [%]

Zeitraum: 2011 – 2040

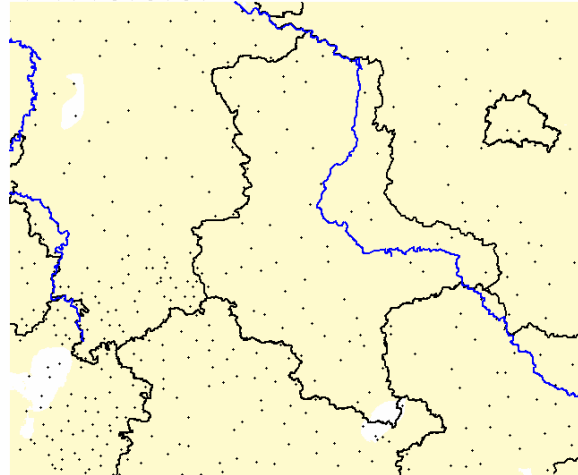
UBA : EC-HARMO, A1 : HARMO, 2011_2030, 2031_2040, Temperatur, Jahresmittel (JJA)
 UBA : EC-HARMO, A1 : HARMO, 1961_1970, 1971_1980, 1981_1990



-90.0 -70.0 -50.0 -30.0 -10.0 10.0 30.0 50.0 70.0 90.0 [°C]
 Mittel 0.6 [°C]

2041 – 2070

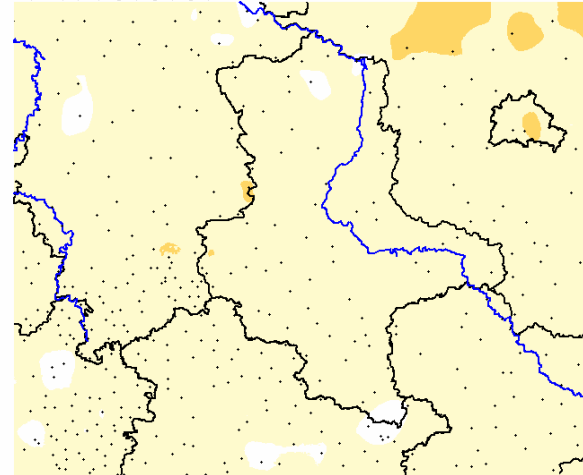
UBA : EC-HARMO, A1 : HARMO, 2041_2060, 2061_2070, Temperatur, Mittel Sommer (JJA)
 UBA : EC-HARMO, A1 : HARMO, 1961_1970, 1971_1980, 1981_1990



-90.0 -70.0 -50.0 -30.0 -10.0 10.0 30.0 50.0 70.0 90.0 [°C]
 Mittel -17.0 [%]

2071 – 2100

UBA : EC-HARMO, A1 : HARMO, 2071_2080, 2081_2100, Temperatur, Mittel Sommer (JJA)
 UBA : EC-HARMO, A1 : HARMO, 1961_1970, 1971_1980, 1981_1990

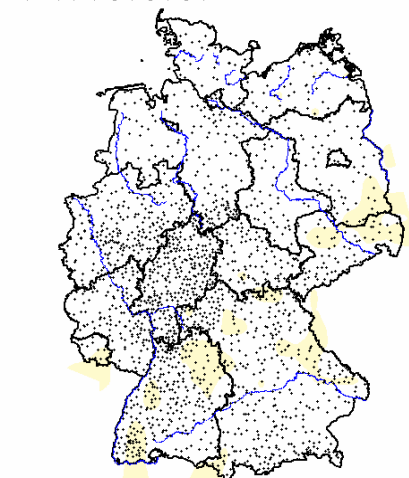


-90.0 -70.0 -50.0 -30.0 -10.0 10.0 30.0 50.0 70.0 90.0 [°C]
 Mittel -19.8 [%]

Abbildung 7-37

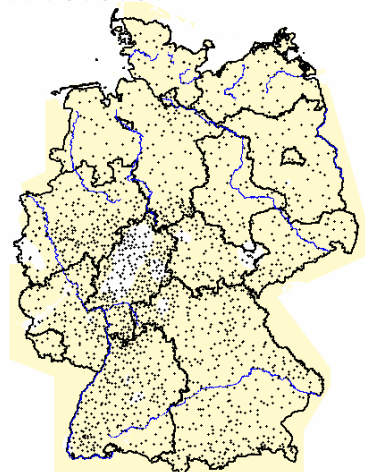
Änderung des Sommerniederschlags in den 30-jährigen Prognosezeiträumen gegenüber dem Kontrolllauf 1961-1990
 Emissionszenario A1B

ERA : EC-HARM; A2; RRM1; 2011_2030; 2031_2040; Wiederholung; mit Sommer GJAJ
 ERA : EC-HARM; A2; RRM1; 1961_1970; 1971_1980; 1981_1990;



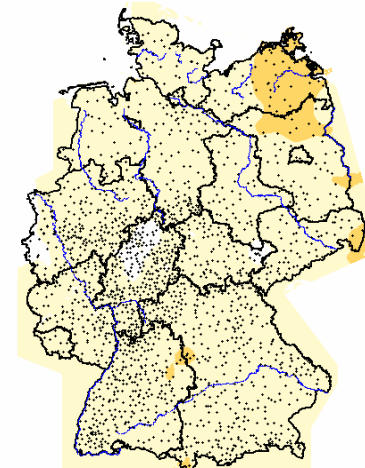
-90.0 -70.0 -50.0 -30.0 -10.0 10.0 30.0 50.0 70.0 90.0 [%]
 Mittel -7.0 [%]

ERA : EC-HARM; A2; RRM1; 2041_2060; 2061_2070; Wiederholung; mit Sommer GJAJ
 ERA : EC-HARM; A2; RRM1; 1961_1970; 1971_1980; 1981_1990;



-90.0 -70.0 -50.0 -30.0 -10.0 10.0 30.0 50.0 70.0 90.0 [%]
 Mittel -16.6 [%]

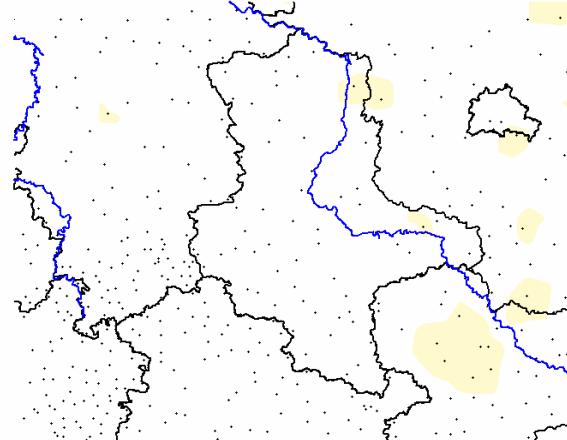
ERA : EC-HARM; A2; RRM1; 2071_2090; 2091_2100; Wiederholung; mit Sommer GJAJ
 ERA : EC-HARM; A2; RRM1; 1961_1970; 1971_1980; 1981_1990;



-90.0 -70.0 -50.0 -30.0 -10.0 10.0 30.0 50.0 70.0 90.0 [%]
 Mittel -21.0 [%]

Zeitraum: 2011 – 2040

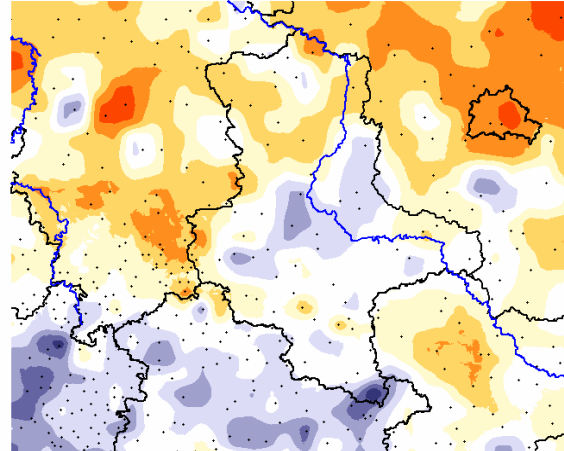
ERA : EC-HARM; A2; RRM1; 2011_2030; 2031_2040; Wiederholung; mit Sommer GJAJ
 ERA : EC-HARM; A2; RRM1; 1961_1970; 1971_1980; 1981_1990;



-90.0 -70.0 -50.0 -30.0 -10.0 10.0 30.0 50.0 70.0 90.0 [%]
 Mittel -6.4 [%]

2041 – 2070

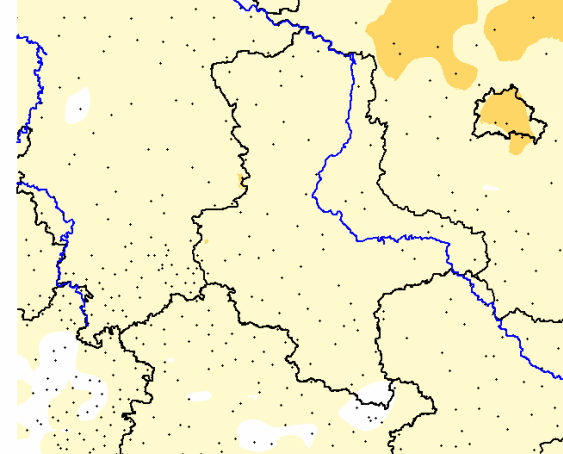
ERA : EC-HARM; A2; RRM1; 2041_2060; 2061_2070; Wiederholung; mit Sommer GJAJ
 ERA : EC-HARM; A2; RRM1; 1961_1970; 1971_1980; 1981_1990;



-28.2 -25.0 -21.8 -18.7 -15.6 -12.4 -9.26 -6.11 -2.96 0.20 [%]
 Mittel -16.3 [%]

2071 – 2100

ERA : EC-HARM; A2; RRM1; 2071_2090; 2091_2100; Wiederholung; mit Sommer GJAJ
 ERA : EC-HARM; A2; RRM1; 1961_1970; 1971_1980; 1981_1990;

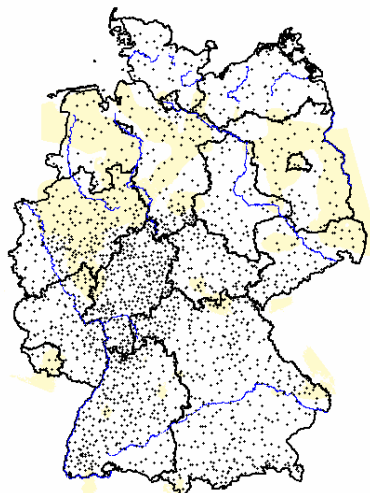


-90.0 -70.0 -50.0 -30.0 -10.0 10.0 30.0 50.0 70.0 90.0 [%]
 Mittel -19.9 [%]

Abbildung 7-38

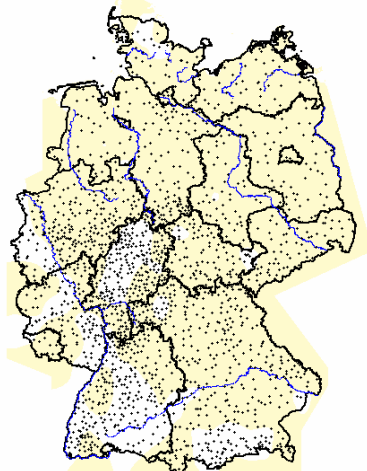
Änderung des Sommerniederschlags in den Prognosezeiträumen gegenüber dem Kontrolllauf; Emissionszenario A2

UBA : EC-HARMO, B1 ; R8 (n): 2011_2030; 2031_2050; 2051_2070; 2071_2100; Niederschlag; mit Sommer GJFJ
 UBA : EC-HARMO, B1 ; R8 (n): 1961_1970; 1971_1980; 1981_1990



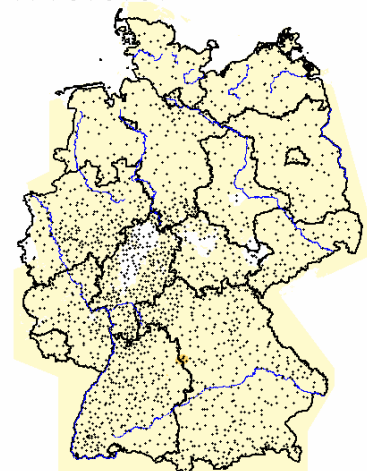
-90.0 -70.0 -50.0 -30.0 -10.0 10.0 30.0 50.0 70.0 90.0 [%]
 Mittel -7.8 [%]

UBA : EC-HARMO, B1 ; R8 (n): 2041_2060; 2061_2080; 2081_2100; Niederschlag; mit Sommer GJFJ
 UBA : EC-HARMO, B1 ; R8 (n): 1961_1970; 1971_1980; 1981_1990



-90.0 -70.0 -50.0 -30.0 -10.0 10.0 30.0 50.0 70.0 90.0 [%]
 Mittel -12.5 [%]

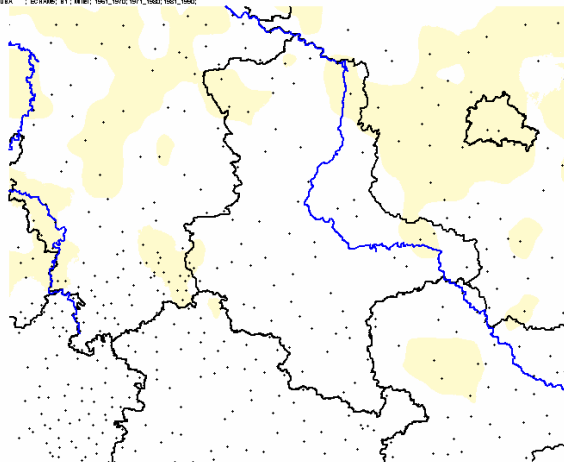
UBA : EC-HARMO, B1 ; R8 (n): 2071_2090; 2091_2100; Niederschlag; mit Sommer GJFJ
 UBA : EC-HARMO, B1 ; R8 (n): 1961_1970; 1971_1980; 1981_1990



-90.0 -70.0 -50.0 -30.0 -10.0 10.0 30.0 50.0 70.0 90.0 [%]
 Mittel -17.7 [%]

Zeitraum: 2011 – 2040

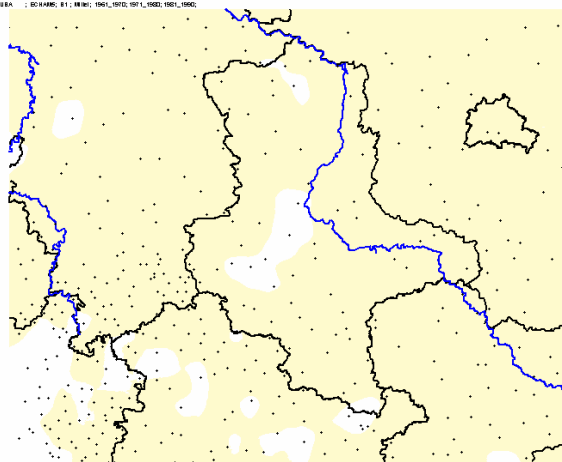
UBA : EC-HARMO, B1 ; R8 (n): 2011_2030; 2031_2040; Niederschlag; mit Sommer GJFJ
 UBA : EC-HARMO, B1 ; R8 (n): 1961_1970; 1971_1980; 1981_1990



-90.0 -70.0 -50.0 -30.0 -10.0 10.0 30.0 50.0 70.0 90.0 [%]
 Mittel -7.8 [%]

2041 – 2070

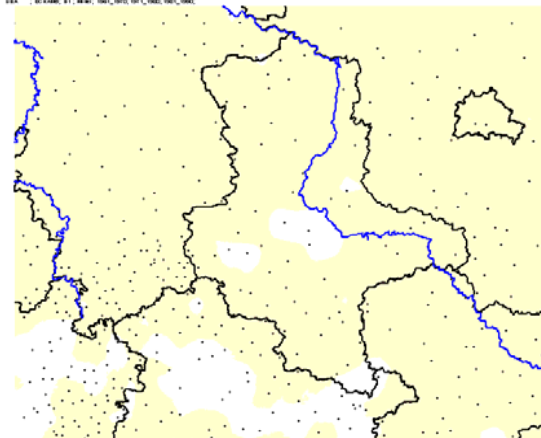
UBA : EC-HARMO, B1 ; R8 (n): 2041_2060; 2061_2070; Niederschlag; mit Sommer GJFJ
 UBA : EC-HARMO, B1 ; R8 (n): 1961_1970; 1971_1980; 1981_1990



-90.0 -70.0 -50.0 -30.0 -10.0 10.0 30.0 50.0 70.0 90.0 [%]
 Mittel -13.7 [%]

2071 – 2100

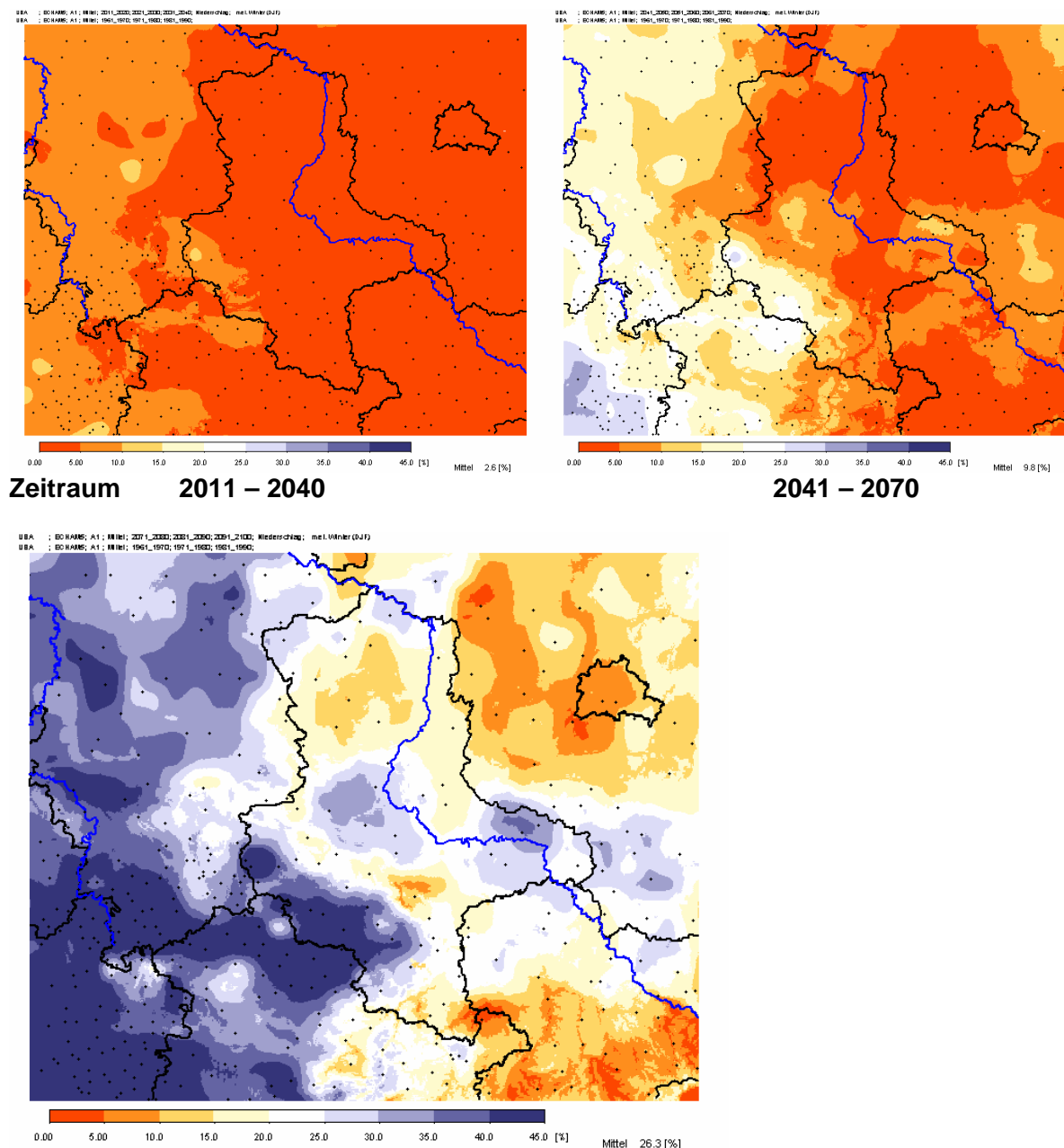
UBA : EC-HARMO, B1 ; R8 (n): 2071_2090; 2091_2100; Niederschlag; mit Sommer GJFJ
 UBA : EC-HARMO, B1 ; R8 (n): 1961_1970; 1971_1980; 1981_1990



-90.0 -70.0 -50.0 -30.0 -10.0 10.0 30.0 50.0 70.0 90.0 [%]
 Mittel -14.9 [%]

Abbildung 7-39

Änderung des Sommerniederschlags in den Prognosezeiträumen gegenüber dem Kontrolllauf; Emissionszenario B1



Zeitraum 2071 – 2100

Abbildung 7-40

*Veränderung des Winterniederschlages in Sachsen-Anhalt
Szenario A1B*

Das Änderungssignal für den Winterniederschlag ist bis zur Periode 2040 recht schwach ausgeprägt. Im Zeitraum 2041 bis 2070 ist mit einer deutlicheren Ausprägung regionaler Unterschiede zu rechnen, die sich zum Ende des Jahrhunderts weiter verstärken. Insbesondere in der Harzregion und in den südwestlich davon angrenzenden Gebieten sind deutliche Zunahmen des Niederschlages in einer Größenordnung von +30 bis +50% zu erwarten. Dagegen betragen zum Ende des Jahrhunderts in den Regionen im Nordosten Sachsens-Anhalts, in denen die Sommerniederschläge bereits deutliche Abnahmen erwarten lassen, die Zunahmen des Winter-Niederschlags etwa nur +10 bis +25%.

Im Kontrollzeitraum 1961-1990, Szenario A1B fallen in den Wintermonaten im Nordosten im Mittel ca. 120mm Niederschlag, in der Harzregion zwischen 150 und 400mm.

Im Zeitraum 2071-2100 liegen die Winter-Niederschläge in der Harzregion in einer Größenordnung von 200 bis 600mm und im Nordosten zwischen 100 und 200mm.

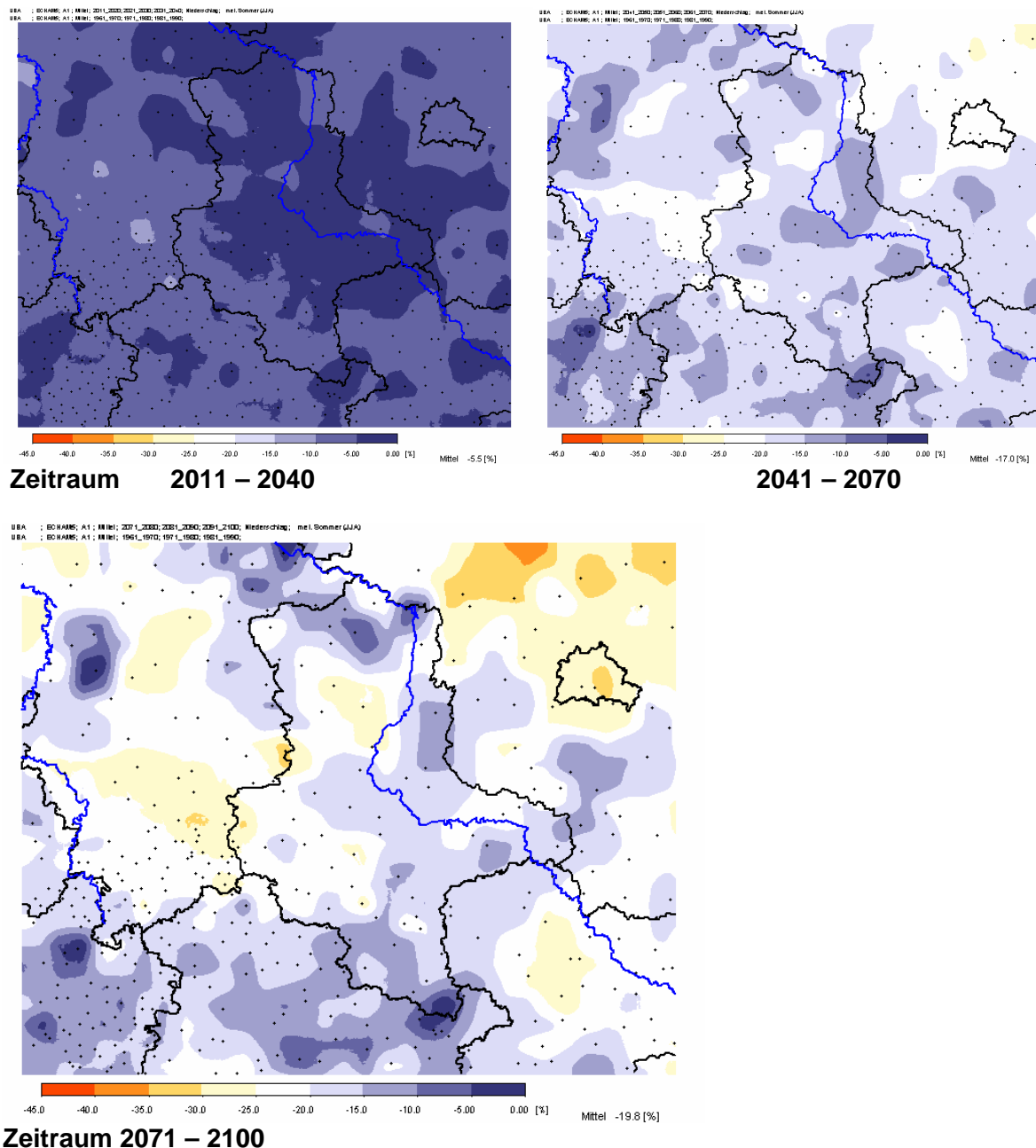
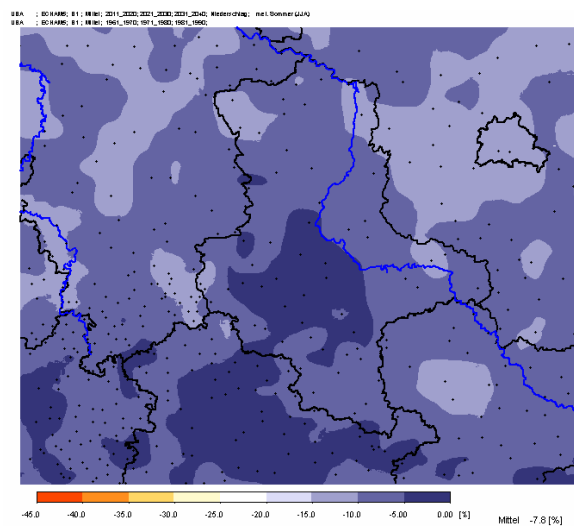


Abbildung 7-41 *Veränderung des Sommerniederschlages in Sachsen-Anhalt
Szenario A1B*

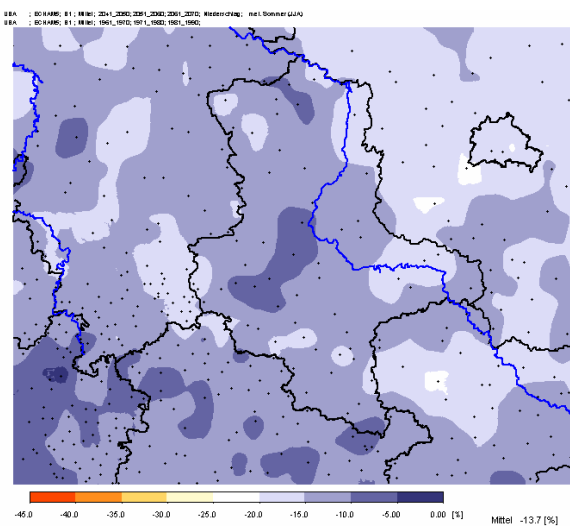
Der Sommerniederschlag bleibt beim Szenario A1B bis zur Mitte des Jahrhunderts nahezu unverändert (das Änderungssignal ist sehr schwach und für eine weitere Interpretation nicht belastbar), zum Ende des Jahrhunderts treten deutliche regionale Unterschiede in der Abnahme des Sommer-Niederschlages hervor. Mit dem höchsten Niederschlagsdefizit in einer Größenordnung von -20 bis -30% ist im Regenschatten des Harzes und in der Altmark zu rechnen.

Die im Vergleich zum gesamtdeutschen Durchschnitt bereits niederschlagsarmen Gebiete in Sachsen-Anhalt werden voraussichtlich noch trockener.

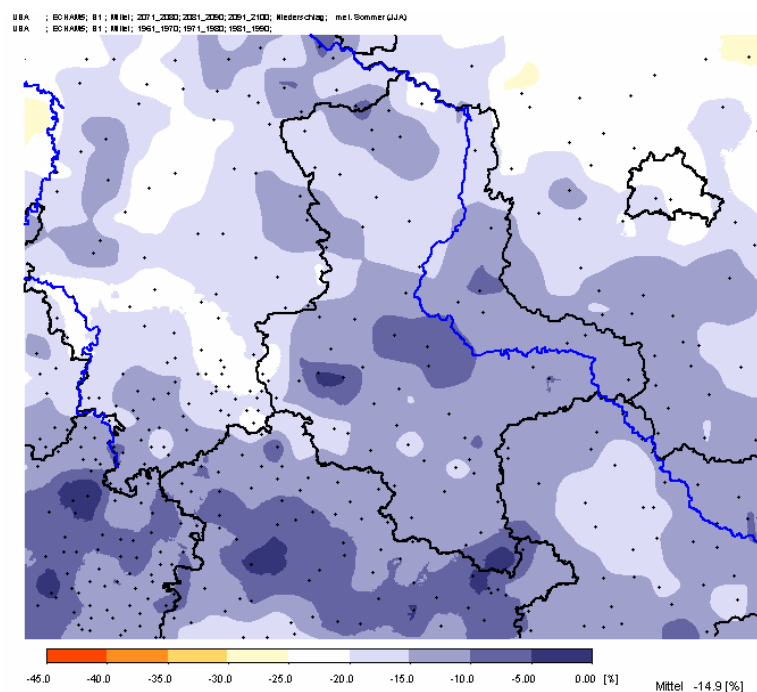
Die Ergebnisse zum A2-Szenario sind ebenfalls in dieser Größenordnung zu erwarten. Um die Spannweite der verschiedenen Klimaprojektionen zu verdeutlichen, werden die Ergebnisse zum B1-Szenario dargestellt.



Zeitraum 2011 – 2040



2041 – 2070



Zeitraum 2071 – 2100

Abbildung 7-42

*Veränderung des Sommerniederschlages in Sachsen-Anhalt
Szenario B1*

Insgesamt fallen die Niederschlagsänderungen im B1-Szenario deutlich geringer aus.

7.4.2.1 Regionale Besonderheiten des Klimasignals Niederschlag- Auswertung von WETTREG-Gitterpunktwerten

Das Niederschlagssignal wurde für die verschiedenen Regionen in Sachsen-Anhalt durch Auswertung der WETTREG-Gitterpunktdaten unterschieden nach den Emissionsszenarien, den 30-Jahreszeiträumen im Vergleich zum Zeitraum 1961-1990 sowie nach den meteorologischen Jahreszeiten analysiert.

Die Harzregion hebt sich mit sehr hohen jährlichen Niederschlägen gegenüber den anderen Regionen ab. Der Norden Sachsen-Anhalts ist danach am trockensten.

Tendenziell ist eine leichte Abnahme der Jahresniederschläge bis zum Jahr 2100 zu verzeichnen. Die Änderung liegen ca. zwischen -10 und -40mm, entsprechend < -10%, und somit eher im Bereich der Unsicherheit der Modellierung.

Analysiert man auf die Niederschläge in den meteorologischen Jahreszeiten, so zeichnen sich deutlichere Differenzen ab.

Die Niederschläge in den Frühjahrsmonaten bleiben unabhängig vom Emissionsszenario nahezu gleich.

Die Sommerniederschläge nehmen in allen Szenarien bis zum Zeitraum 2010-2100 um ca. -40mm bzw. um ca. -20% tendenziell ab.

Für die Wintermonate stehen dem überproportionale Zunahmen um + 20 bis +90mm bzw. um ca. 20 bis 30 % gegenüber.

In der Harzregionen treten die beschriebenen Veränderungen etwas stärker hervor als in den anderen Regionen.

Tabelle 7-6 Niederschlagssummen (mm) in den meteorologischen Jahreszeiten sowie im Jahresdurchschnitt

Grundlage WETTREG-Gitterpunktdaten

		1961-1990					2011-2040					2041-2070					2071-2100				
		Fr	So	He	Wi	Jahr	Fr	So	He	Wi	Jahr	Fr	So	He	Wi	Jahr	Fr	So	He	Wi	Jahr
	Harz	217	235	210	233	895															
	Nord	132	171	126	132	561															
	Mitte/Süd	145	194	135	122	594															
	ST	165	200	157	162	683															
A 1B	Harz						219	215	196	248	878	204	185	194	271	855	209	174	186	320	889
	Nord						134	164	117	134	549	129	141	112	139	520	132	137	107	162	538
	Mitte/Süd						148	184	122	123	577	141	162	115	132	550	141	159	111	155	566
	ST						167	188	145	168	668	158	163	140	181	642	161	157	135	212	664
A 2	Harz						223	216	198	253	890	212	188	197	276	872	220	177	187	294	877
	Nord						133	160	116	137	546	128	141	115	147	532	135	134	106	153	528
	Mitte/Süd						148	181	123	127	579	144	167	119	132	562	147	160	110	146	563
	ST						168	185	146	173	672	161	165	144	185	656	167	157	134	198	656
B 1	Harz						224	212	207	251	894	216	196	194	246	851	216	189	194	285	884
	Nord						134	156	125	141	556	134	146	114	134	527	134	144	113	149	539
	Mitte/Süd						151	181	132	128	592	149	167	118	123	556	146	169	118	138	570
	ST						170	183	154	173	681	166	170	142	167	645	165	167	142	190	665

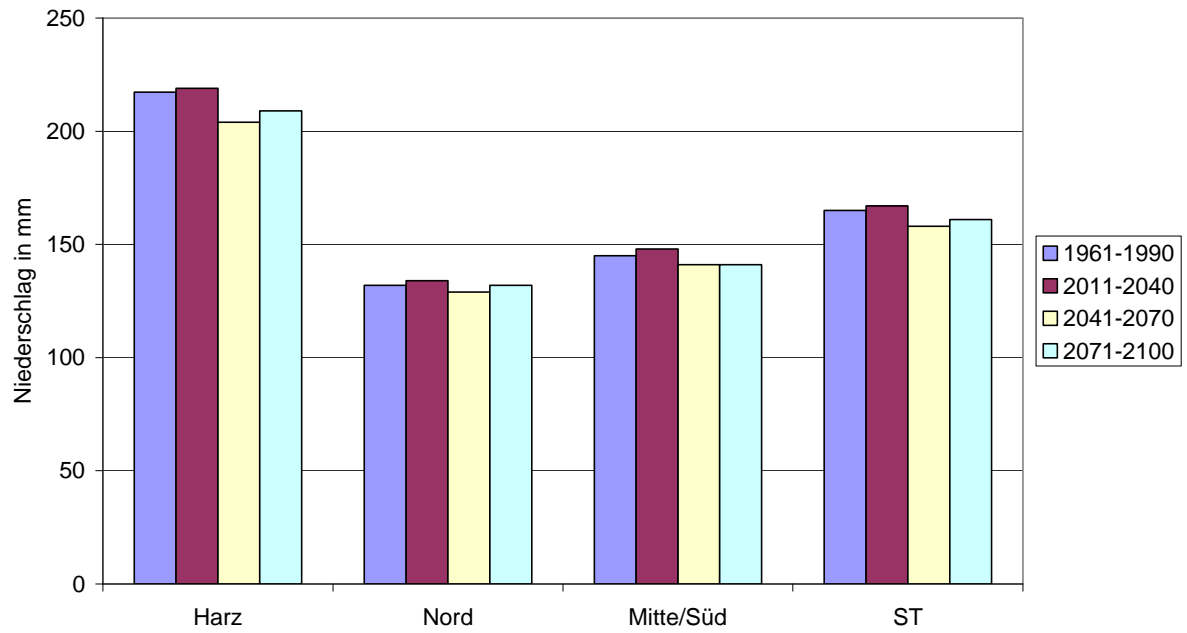
Tabelle 7-7 Änderung des Niederschlages(in mm) in den Projektionszeiträumen im Vergleich zu 1961-1990

		2011-2040 / 1961-1990					2041-2070 / 1961-1990					2071-2100 / 1961-1990				
		Fr	So	He	Wi	Jahr	Fr	So	He	Wi	Jahr	Fr	So	He	Wi	Jahr
A 1B	Harz	2	-19	-14	14	-17	-13	-49	-15	38	-40	-9	-60	-24	87	-6
	Nord	2	-7	-9	2	-12	-3	-31	-14	7	-40	0	-34	-19	30	-23
	Mitte/Süd	3	-10	-13	2	-18	-4	-31	-20	10	-44	-3	-35	-24	33	-29
	ST	2	-12	-12	6	-16	-6	-37	-16	18	-42	-4	-43	-22	50	-19
A 2	Harz	6	-19	-12	19	-5	-5	-47	-13	43	-23	2	-58	-23	60	-18
	Nord	1	-11	-9	5	-14	-4	-30	-10	15	-29	4	-37	-20	21	-32
	Mitte/Süd	4	-13	-12	6	-15	0	-27	-16	11	-32	2	-34	-25	24	-32
	ST	4	-14	-11	10	-12	-3	-35	-13	23	-28	3	-43	-22	35	-27
B 1	Harz	7	-22	-3	18	-1	-1	-39	-16	12	-44	-1	-46	-15	51	-11
	Nord	2	-15	-1	9	-5	2	-25	-12	2	-33	2	-28	-13	17	-22
	Mitte/Süd	6	-13	-3	7	-3	5	-27	-17	1	-38	2	-25	-17	16	-24
	ST	5	-17	-2	11	-3	2	-30	-15	5	-38	1	-33	-15	28	-19

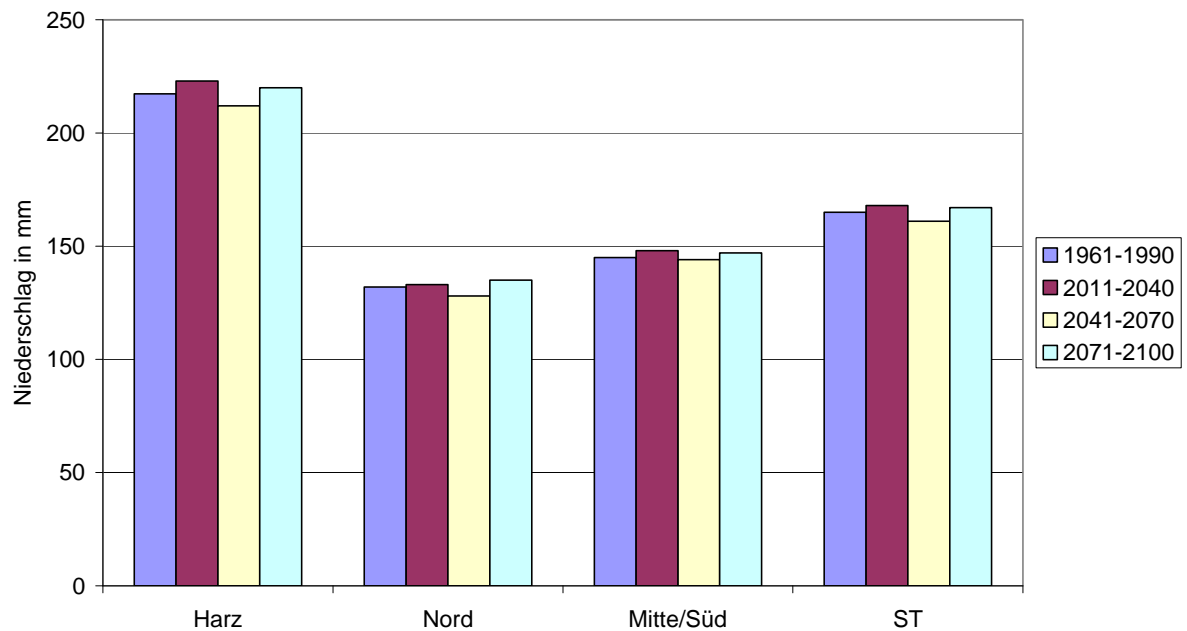
Tabelle 7-8: prozentuale Änderung des Niederschlages in den Projektionszeiträumen im Vergleich zu 1961-1990

		2011-2040 / 1961-1990					2041-2070 / 1961-1990					2071-2100 / 1961-1990				
		Fr	So	He	Wi	Jahr	Fr	So	He	Wi	Jahr	Fr	So	He	Wi	Jahr
A 1B	Harz	1	-8	-7	6	-2	-6	-21	-7	16	-4	-4	-26	-11	37	-1
	Nord	1	-4	-7	2	-2	-2	-18	-11	5	-7	0	-20	-15	23	-4
	Mitte/Süd	2	-5	-10	1	-3	-3	-16	-15	9	-7	-2	-18	-18	27	-5
	ST	1	-6	-8	4	-2	-4	-19	-10	11	-6	-2	-22	-15	31	-3
A 2	Harz	3	-8	-6	8	-1	-2	-20	-6	18	-3	1	-25	-11	26	-2
	Nord	1	-7	-7	4	-3	-3	-17	-8	11	-5	3	-22	-16	16	-6
	Mitte/Süd	3	-7	-9	5	-3	0	-14	-12	9	-5	2	-17	-18	20	-5
	ST	2	-7	-7	6	-2	-2	-17	-8	14	-4	2	-21	-14	22	-4
B 1	Harz	3	-10	-1	8	0	-1	-17	-8	5	-5	-1	-19	-7	22	-1
	Nord	2	-9	-1	7	-1	2	-14	-10	1	-6	1	-16	-10	13	-4
	Mitte/Süd	4	-7	-2	5	0	3	-14	-13	1	-6	1	-13	-13	13	-4
	ST	3	-8	-1	7	0	1	-15	-10	3	-6	0	-16	-10	17	-3

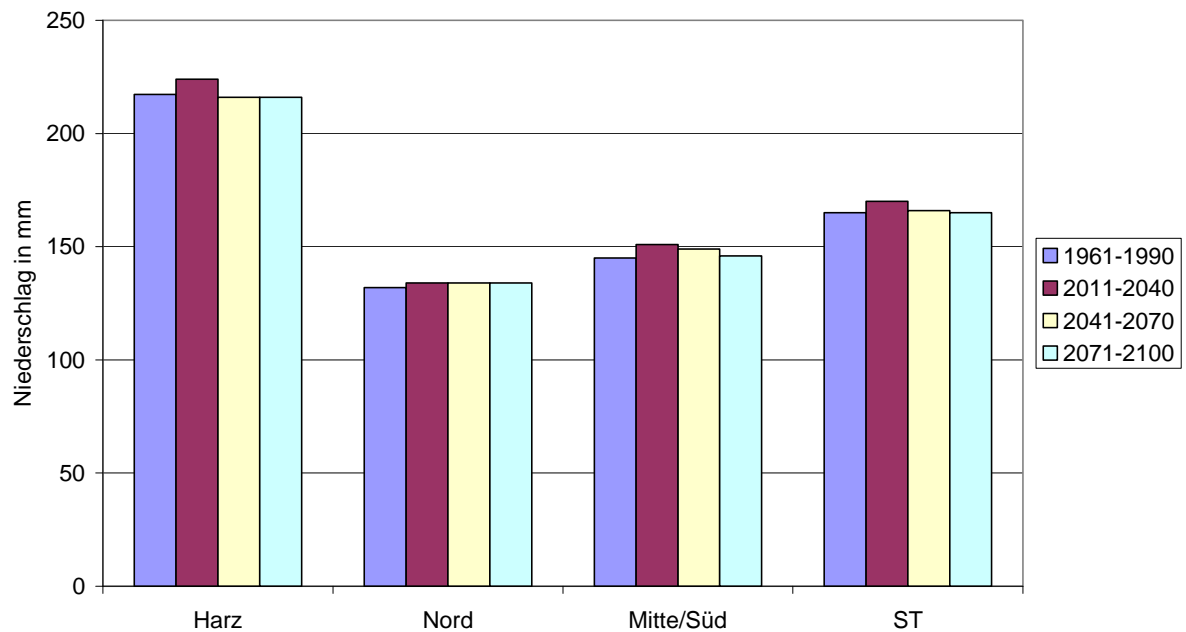
Frühjahrsniederschlag, Emissionsszenario A1B



Frühjahrsniederschlag, Emissionsszenario A2



Frühjahrsniederschlag, Emissionsszenario B1



prozentuale Änderung des Frühjahrsniederschlages (Vergleichszeitraum 1961-1990)

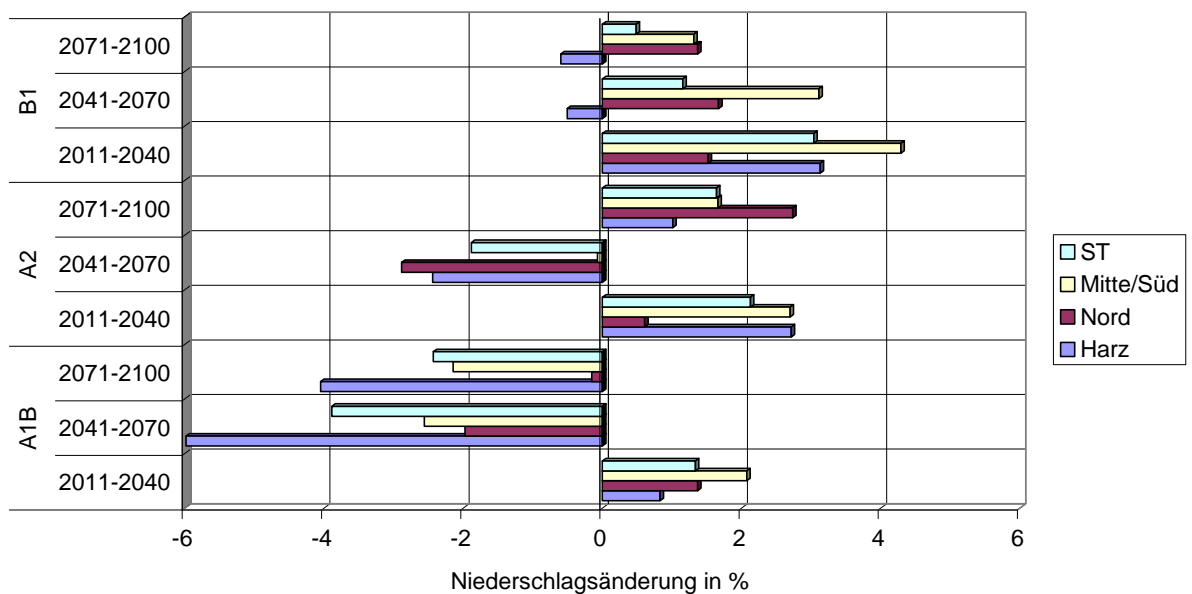
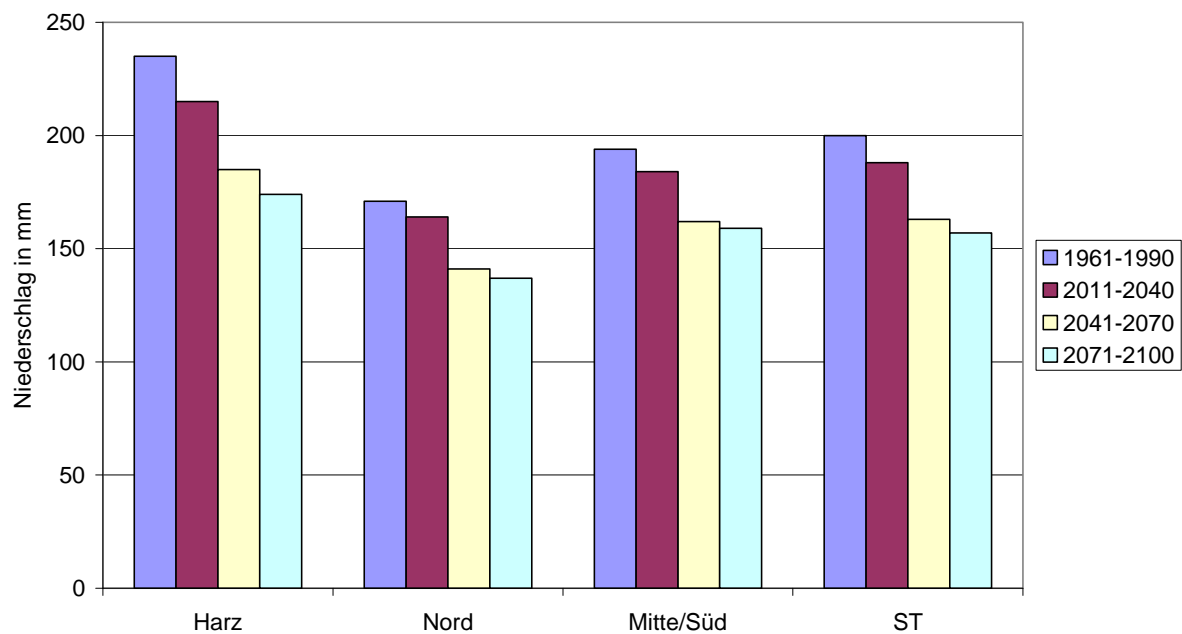


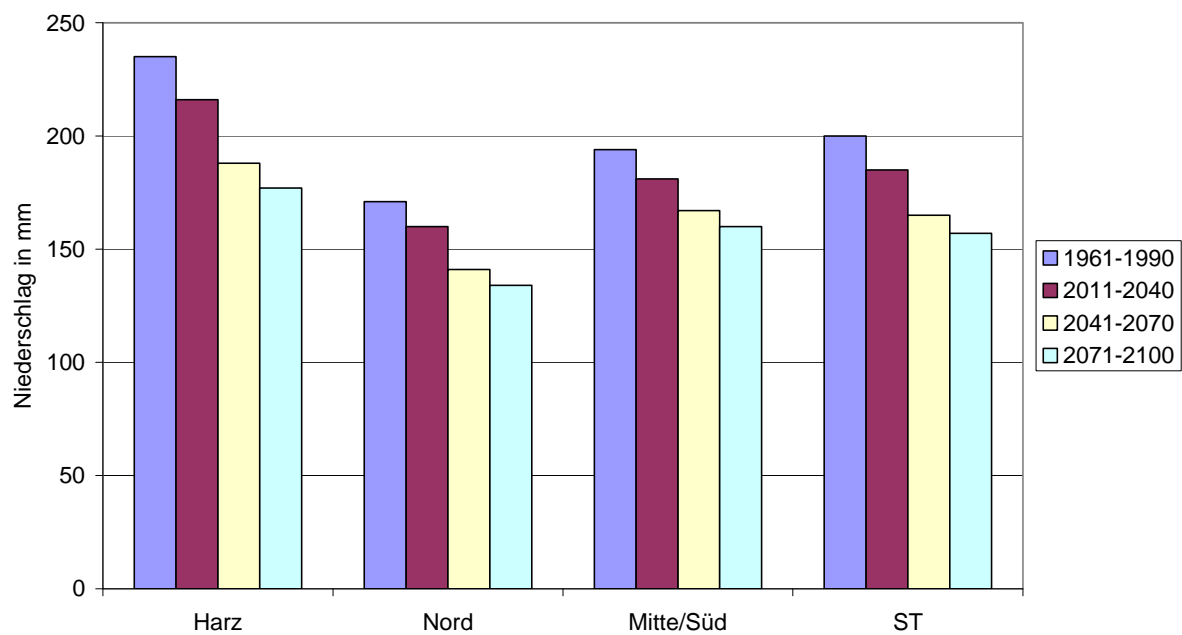
Abbildung 7-43

Änderungen des Frühjahrsniederschlages
(Auswertung WETTREG-Gitterpunktdaten)

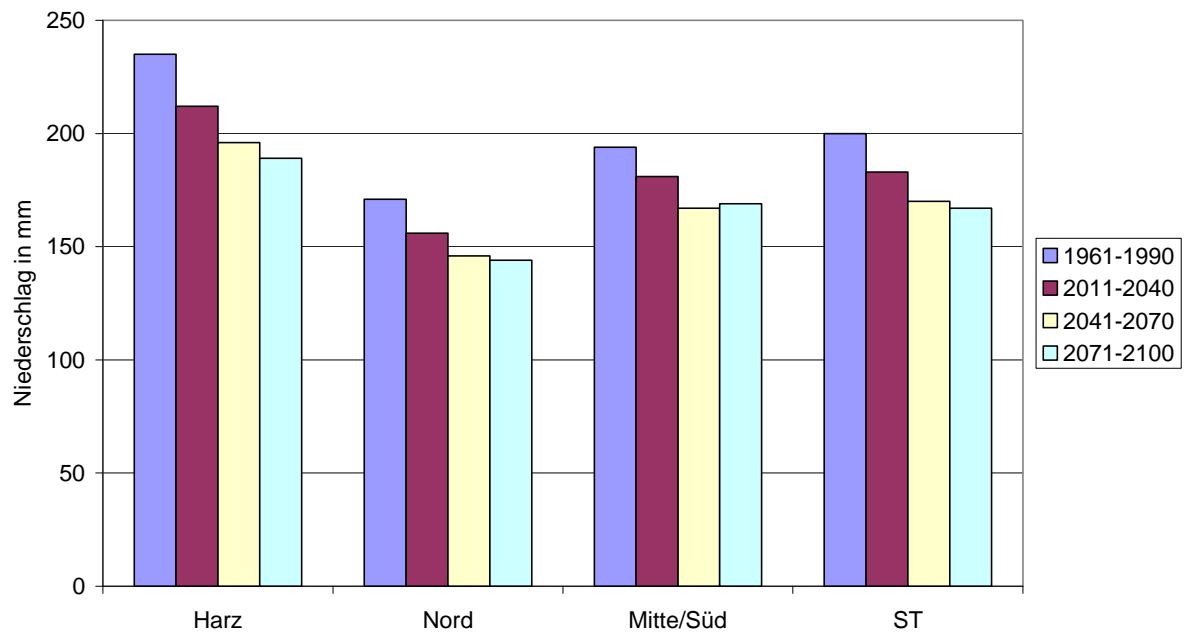
Sommerniederschlag; Emissionsszenario A1B



Sommerniederschlag; Emissionsszenario A2



Sommerniederschlag; Emissionsszenario B1



prozentuale Änderung des Sommerniederschlags (Vergleichszeitraum 1961-1990)

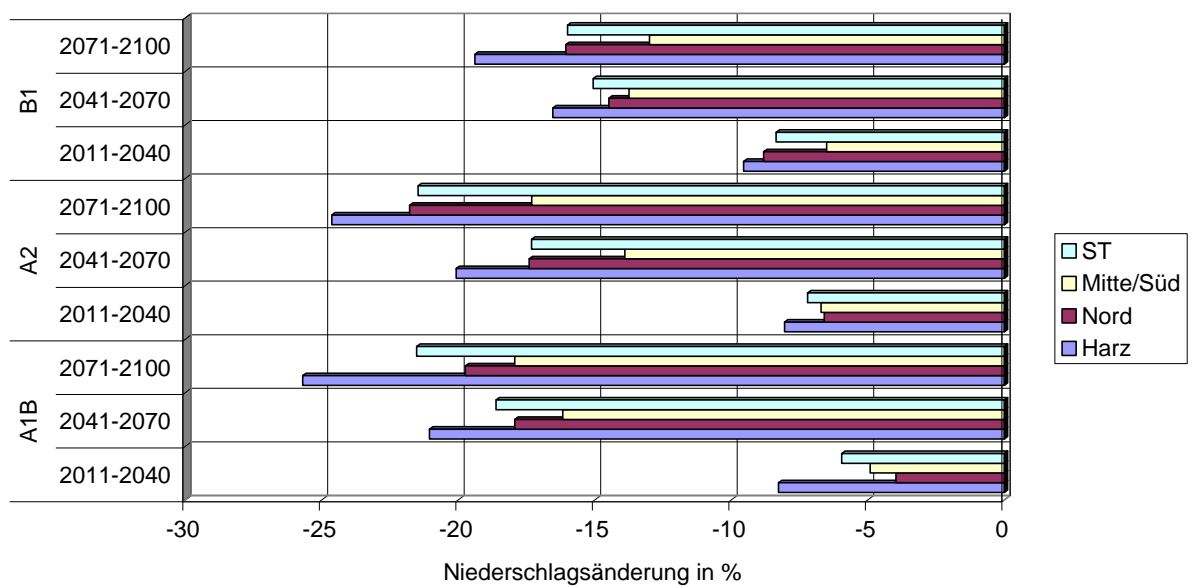
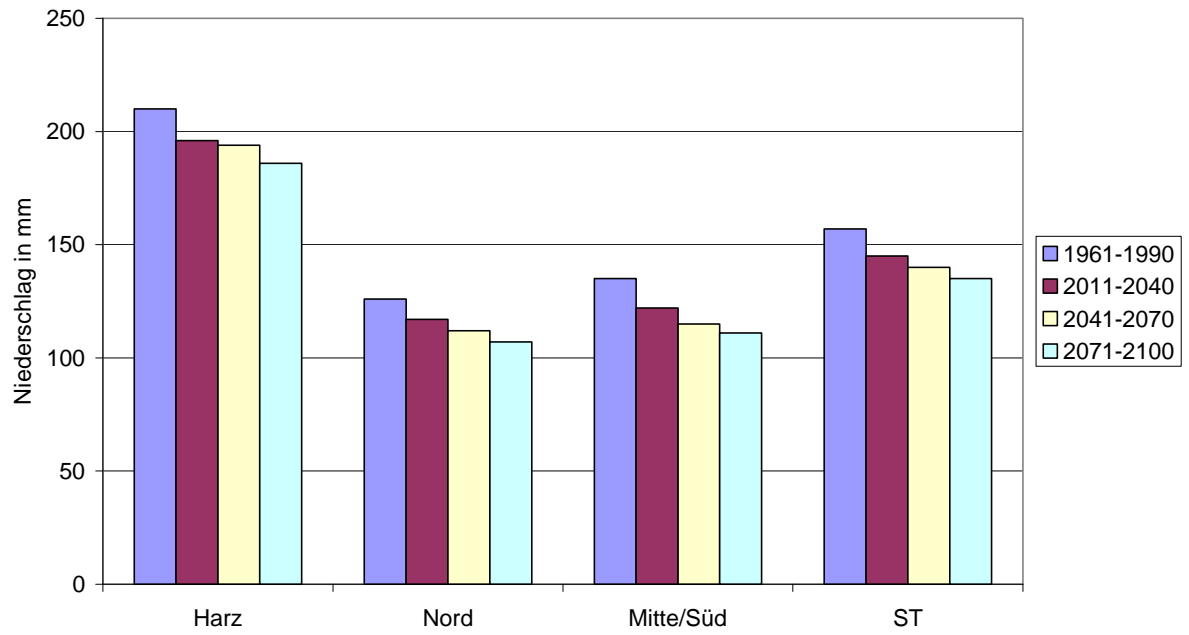


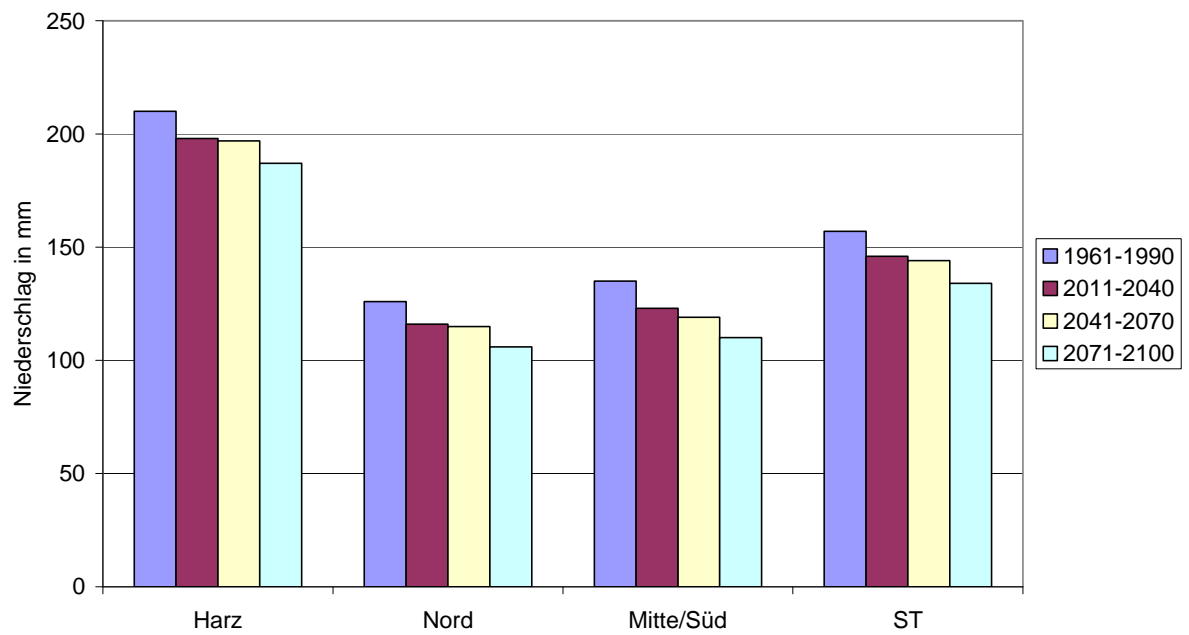
Abbildung 7-44

Änderung des Sommerniederschlags
(Auswertung WETTREG-Gitterpunktdaten)

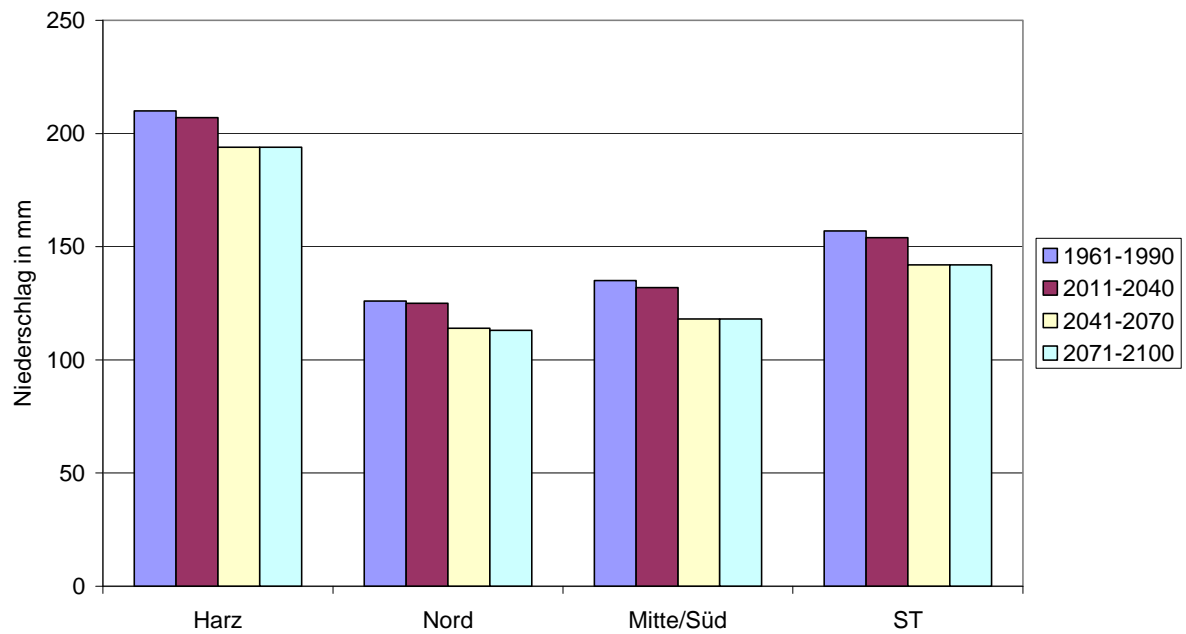
Herbstniederschlag; Emissionsszenario A1B



Herbstniederschlag; Emissionsszenario A2



Herbstniederschlag; Emissionsszenario B1



prozentuale Änderung des Herbstniederschlages (Vergleichszeitraum 1961-1990)

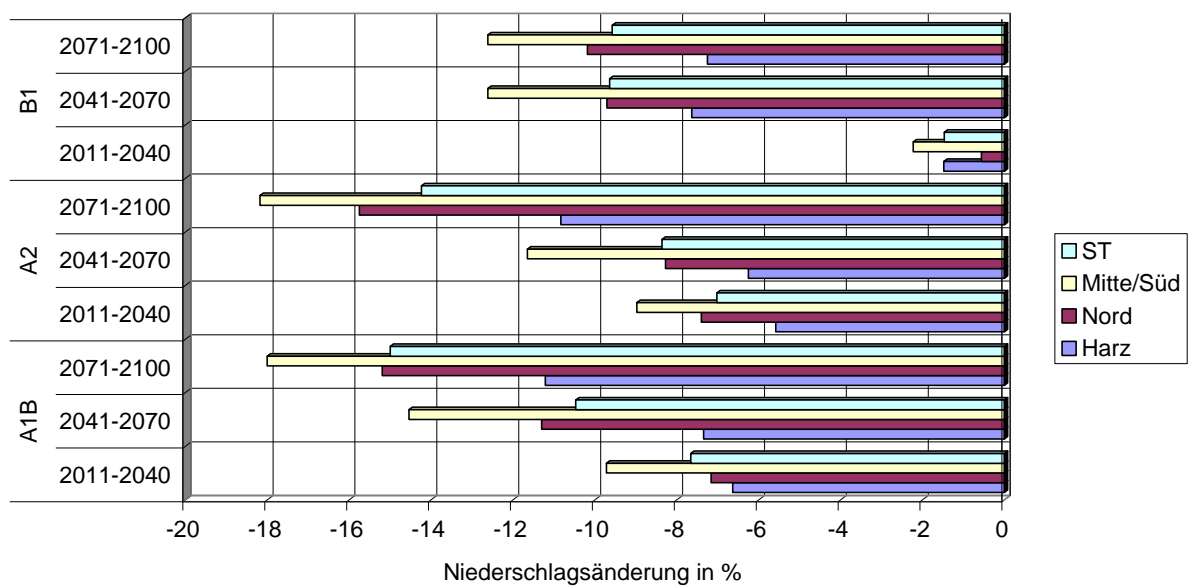
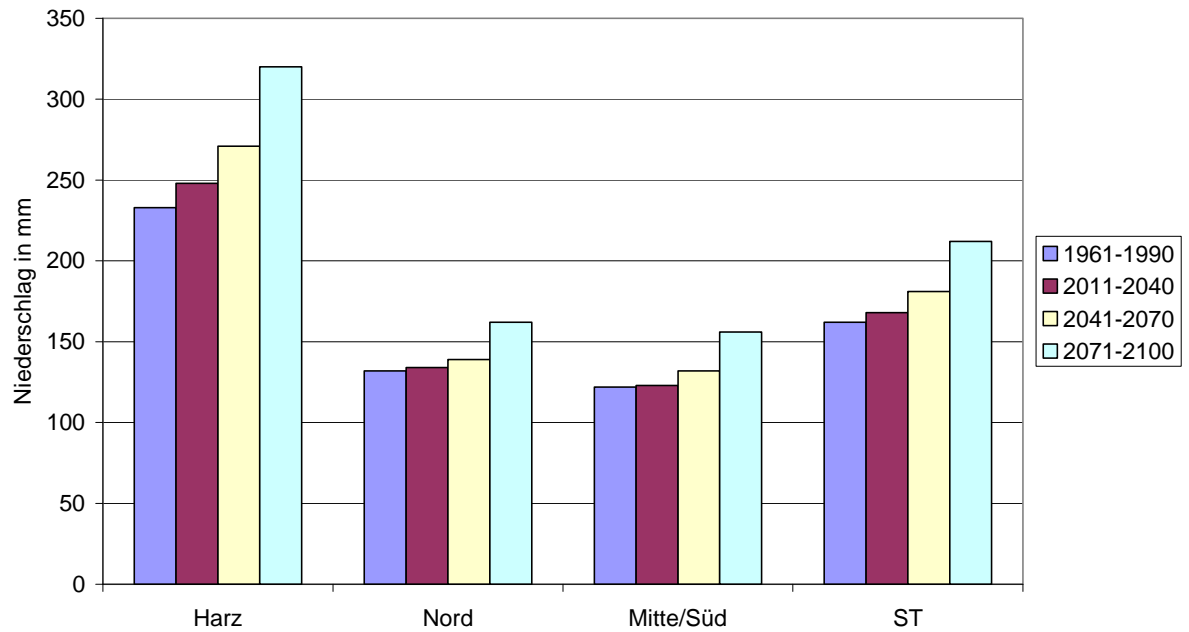


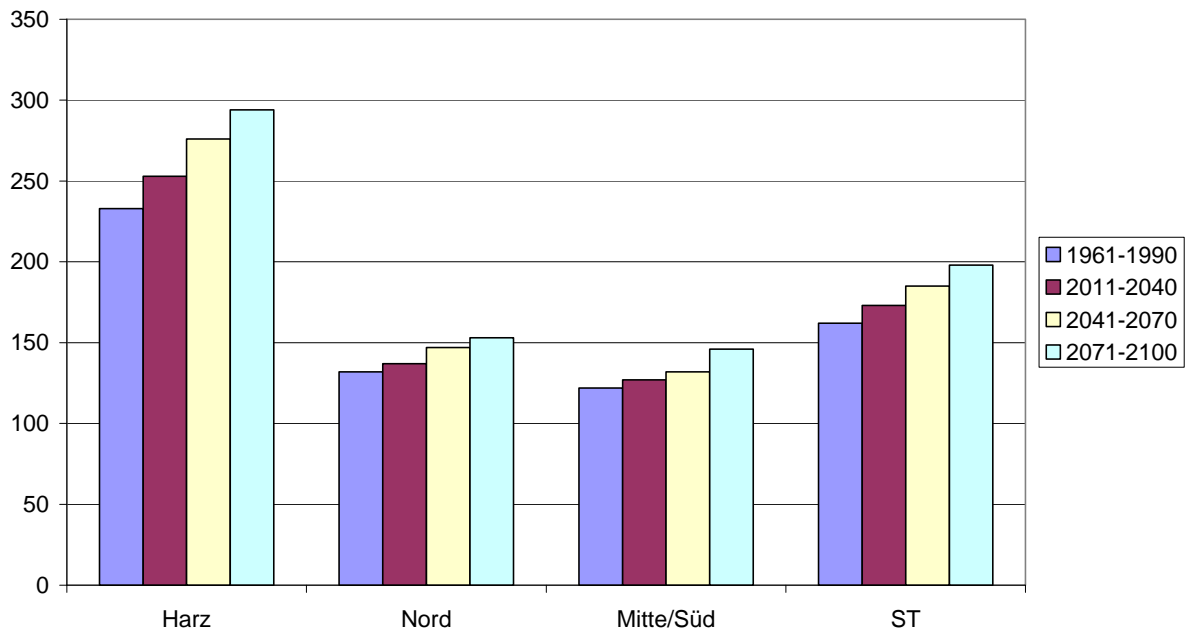
Abbildung 7-45

Änderung des Herbstniederschlages
(Auswertung WETTREG-Gitterpunktdaten)

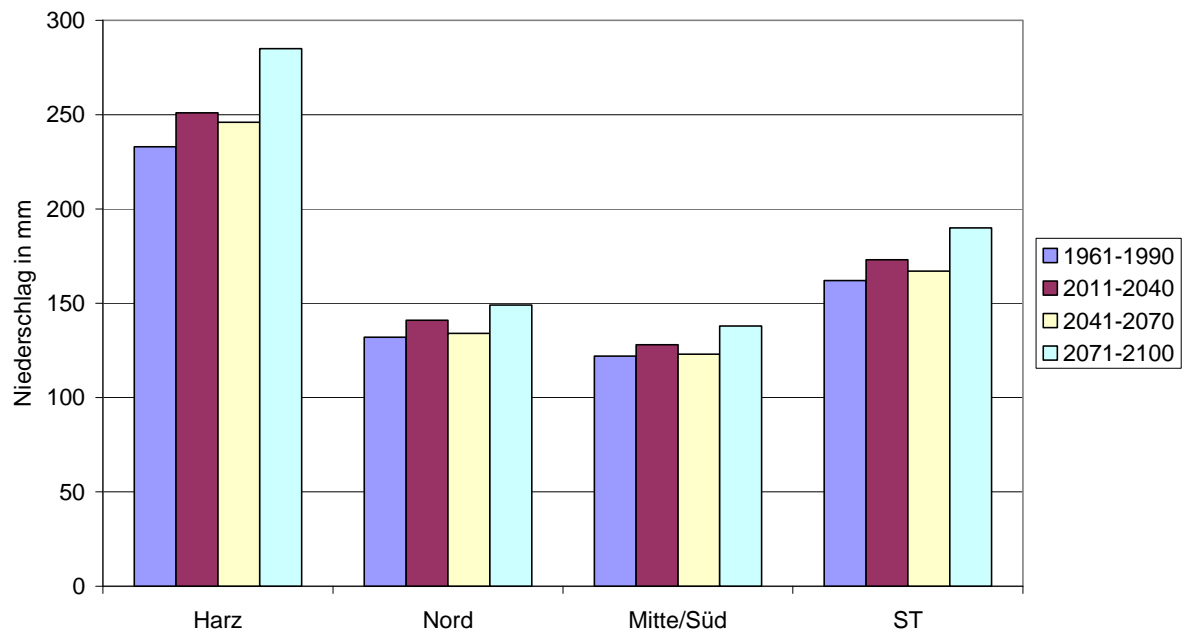
Winterniederschlag; Emissionsszenario A1B



Winterniederschlag; Emissionsszenario A2



Winterniederschlag; Emissionsszenario B1



prozentuale Änderung des Winterniederschlags (Vergleichszeitraum 1961-1990)

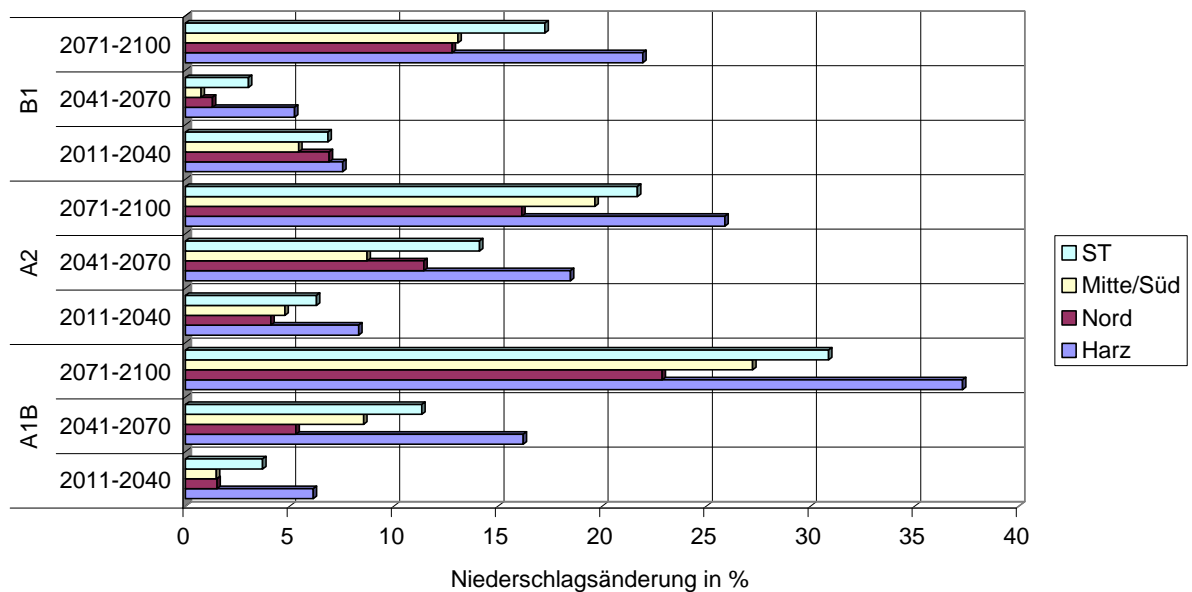


Abbildung 7-46

Änderung des Winterniederschlags
(Auswertung WETTREG-Gitterpunktdaten)

7.4.2.2 Regionale Besonderheiten des Klimasignals Niederschlag – Auswertung von Klimastationsdaten

Zur Untersuchung regionaler Besonderheiten wurden der Norden (Klimastationen Gardelegen, Lüchow und Seehausen), der Bereich Mitte/Süd (Klimastationen Artern, Bad Lauchstädt, Eisleben, Halle, Leipzig, Wittenberg) und die Harzregion von Sachsen-Anhalt (Klimastationen Bad Harzburg, Braunlage, Schierke) näher betrachtet.

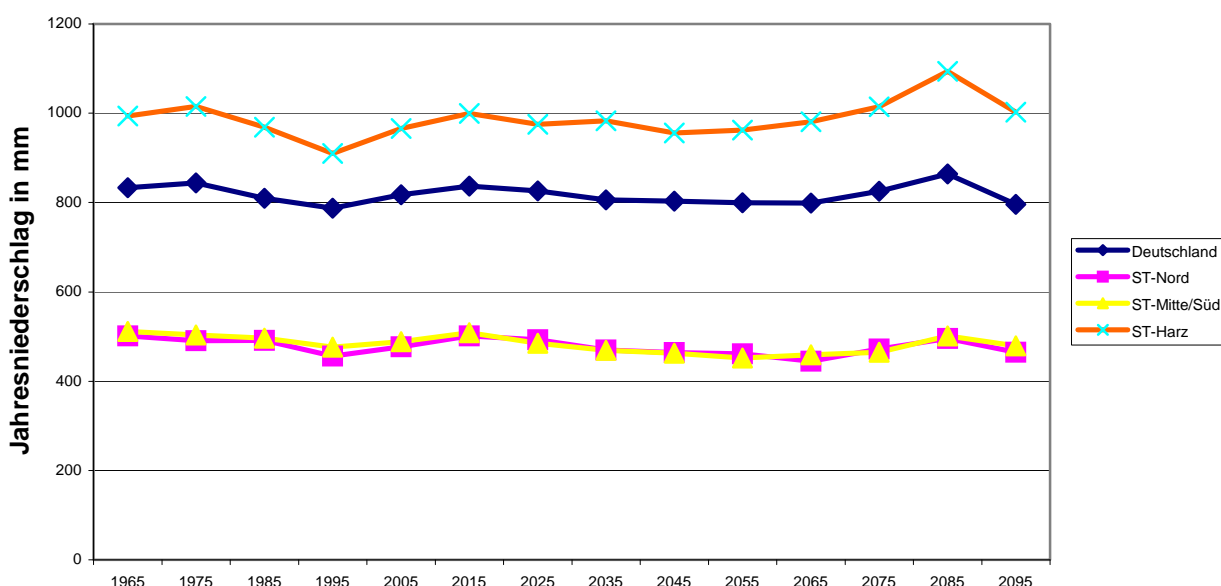
Die Auswertung der Regionen auf Basis einzelner Klimastationen ist wegen der relativ geringen Zahl der Stützstellen und der hohen Varianz des Niederschlagssignals recht unsicher.

So stellen insbesondere die Auswertungen für die Harzregion mit den ausgewählten Stationen eher Extremwerte dar.

Infolge der unter 7.4.2.1 festgestellten relativ geringen Änderungen im Frühjahr und im Herbst werden in diesem Kapitel nur die Niederschläge im meteorologischen Sommer und Winter dargestellt.

Hierfür wurden die Mittelwerte der Dekaden des Zeitraumes 1961 bis 2100 für den Jahresniederschlag, meteorologischen Sommer- und Winterniederschlag ausgewertet.

Mittlerer Jahresniederschlag ; Emissionszenario A1B



(die Mittelwerte für das Gebiet von Sachsen-Anhalt wurden aus den Flächenmittelwerten gewonnen, die einzelnen Regionen durch Auswertung der Klimastationen)

Abbildung 7-47 10-jähriger mittlerer Jahresniederschlag, Emissionszenario A1B

Der mittlere Jahresniederschlag bleibt in dem betrachteten Zeitraum nahezu konstant. Im Vergleich zum Deutschlandmittel fallen in der Harzregion höhere Niederschläge und in den übrigen Gebieten Sachsen-Anhalts deutlich geringere Niederschläge.

Für den Sommer (Monate Juni, Juli, August) bzw. Winter (Monate Dezember, Januar, Februar) stellt sich die Situation folgendermaßen dar.

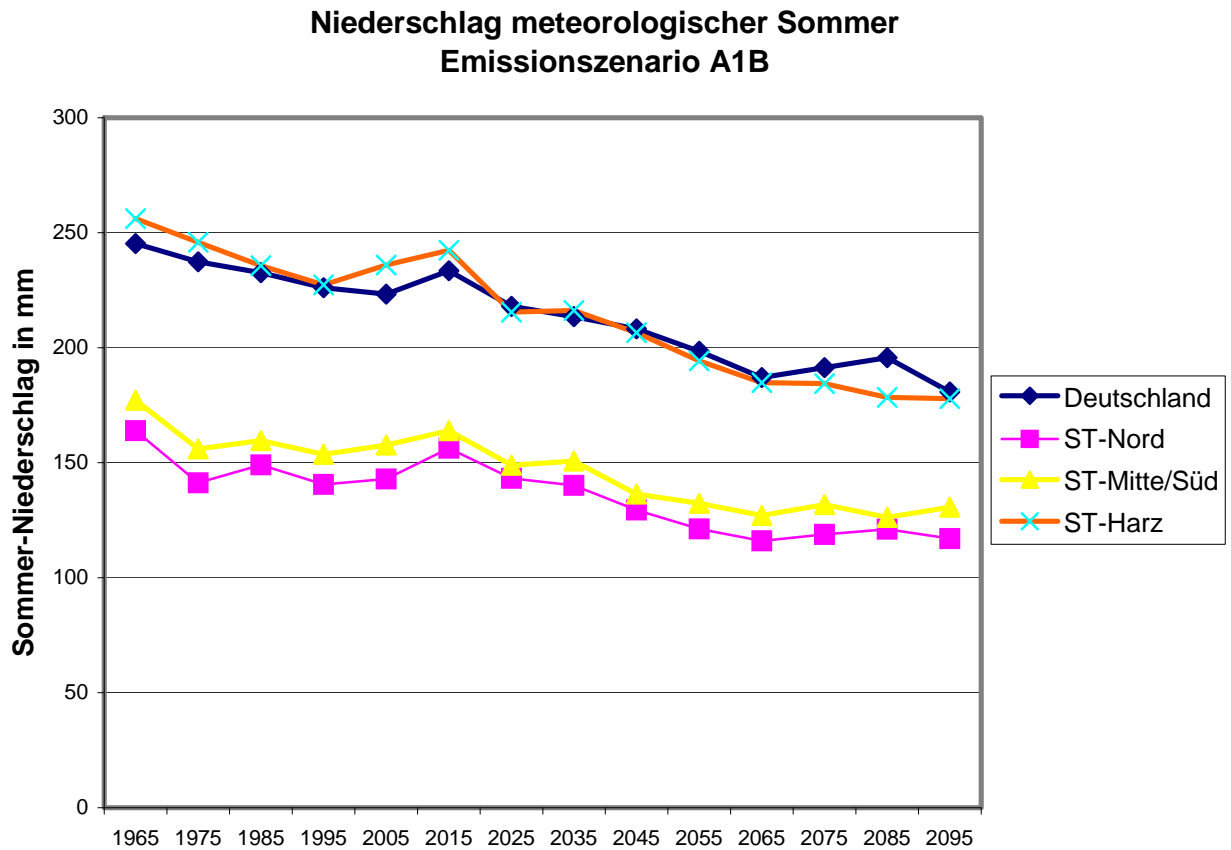


Abbildung 7-48 10-jähriger mittlerer Sommerniederschlag, Emissionsszenario A1B

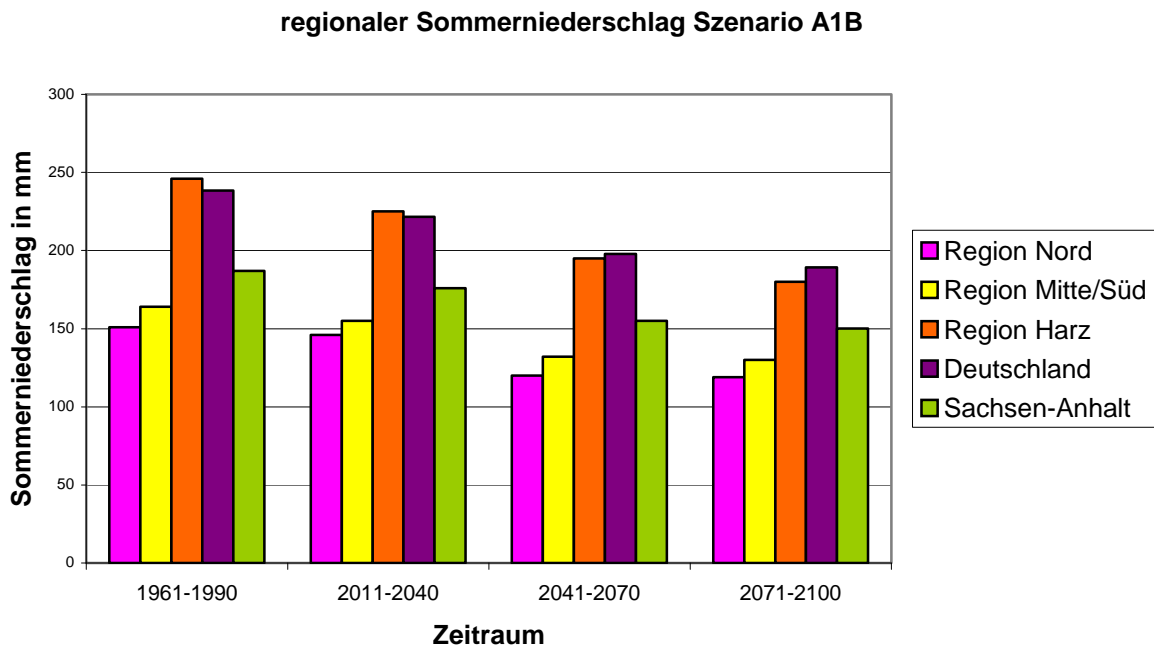


Abbildung 7-49 regionaler Sommerniederschlag, Emissionszenario A1B

Der Niederschlag in den Sommermonaten nimmt tendenziell ab. Die Harzregion liegt in ähnlicher Größenordnung wie Gesamtdeutschland; in den übrigen Bereichen Sachsen-Anhalts, die sich bereits durch besondere Trockenheit auszeichnen, werden die Niederschläge im Sommer ebenfalls weiter abnehmen.

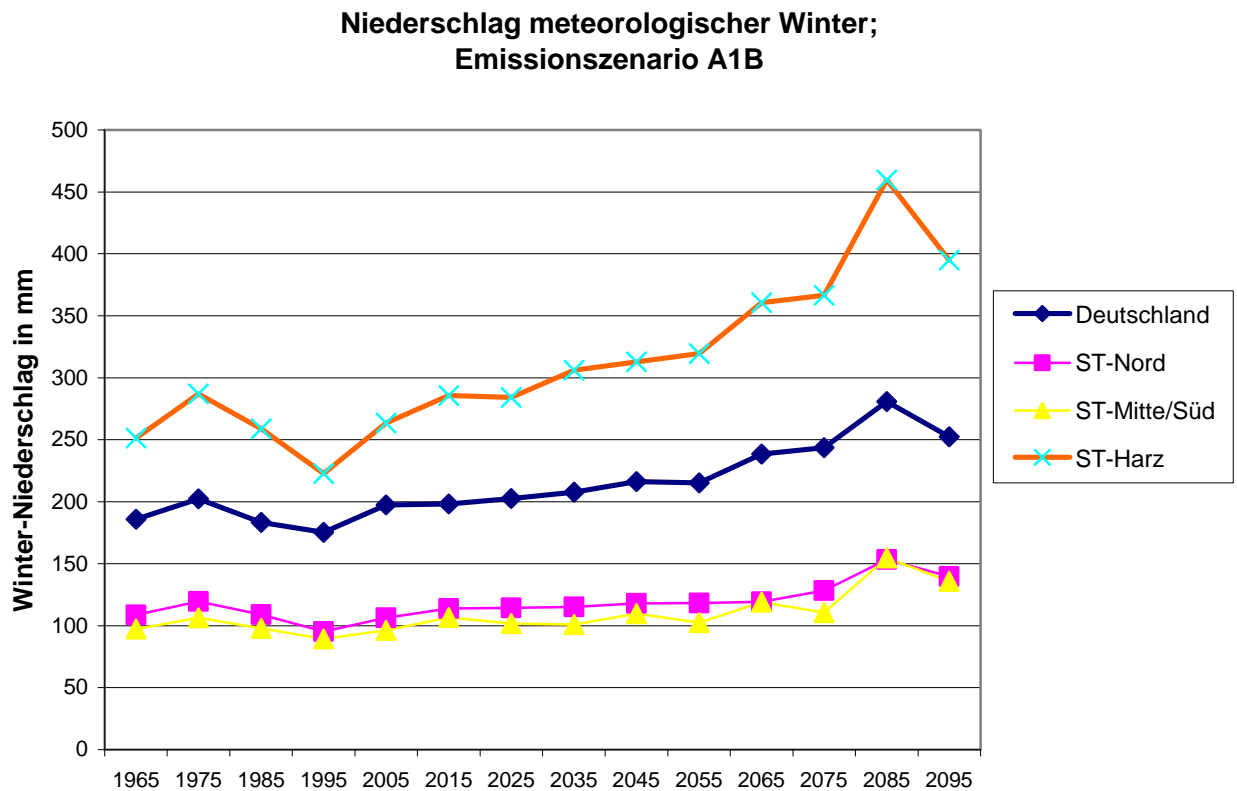


Abbildung 7-50 10-jähriger mittlerer Winterniederschlag, Emissionszenario A1B

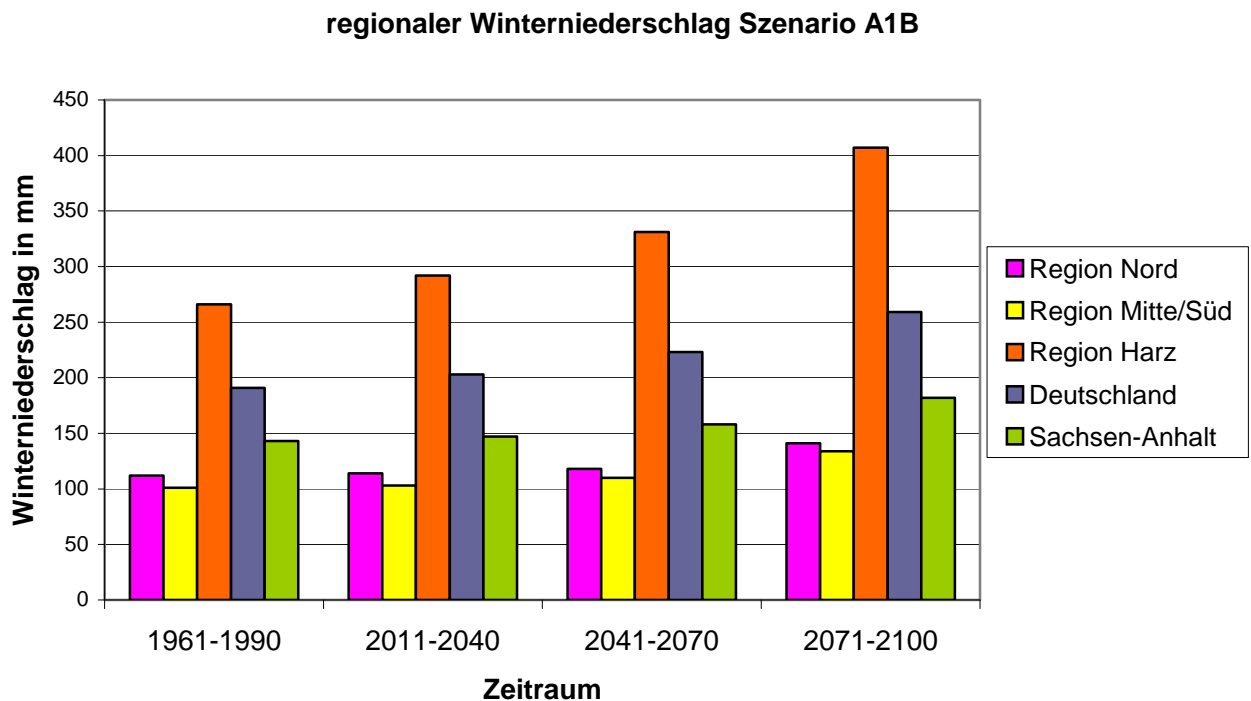


Abbildung 7-51 regionaler Winterniederschlag, Emissionsszenario A1B

7.4.3 Niederschlag in den Vegetationsperioden

Für spezielle Sektoren sind die Niederschläge in den Vegetationsperioden von besonderer Bedeutung.

Als Vegetationsperiode I werden die Monate April–Mai–Juni und als Vegetationsperiode II die Monate Juli–August–September betrachtet.

Die Änderungen der Niederschlagssummen in den Vegetationsperioden fallen relativ moderat aus; der Rückgang des Niederschlages liegt zwischen 5 und 20 % im Zeitraum 2071-2100 gegenüber 1961-1990.

Dabei sind die Abnahmen des Niederschlages bis zum Zeitraum 2071-2100 um knapp 40mm in der Vegetationsperiode II generell höher als in der Vegetationsperiode I.

Tabelle 7-9 Durchschnittliche Niederschlagssummen (mm) in den Vegetationsperioden

Grundlage: WETTREG-Gitterpunkte

		1961-1990		2011-2040		2041-2070		2071-2100	
		Veg I	Veg II	Veg I	Veg II	Veg I	Veg II	Veg I	Veg II
	Harz	224	222						
	Nord	149	155						
	Mitte/Süd	165	173						
	ST	179	183						
A 1 B	Harz			219	204	198	184	197	175
	Nord			147	148	136	130	137	127
	Mitte/Süd			163	165	151	147	151	144
	ST			176	172	162	154	162	149
A 2	Harz			220	205	206	182	208	175
	Nord			144	144	138	128	140	123
	Mitte/Süd			162	162	157	147	157	143
	ST			175	170	167	152	168	147
B 1	Harz			222	202	211	191	206	185
	Nord			146	142	142	134	139	132
	Mitte/Süd			164	163	160	151	156	152
	ST			177	169	171	159	167	156

Tabelle 7-10 Änderung des Niederschlages (in mm) in den Vegetationsperioden
 Grundlage: WETTREG-Gitterpunkte

		1961-1990		2011-2040		2041-2070		2071-2100	
		Veg I	Veg II	Veg I	Veg II	Veg I	Veg II	Veg I	Veg II
	Harz	224	222						
	Nord	149	155						
	Mitte/Süd	165	173						
	ST	179	183						
A 1B	Harz			219	204	198	184	197	175
	Nord			147	148	136	130	137	127
	Mitte/Süd			163	165	151	147	151	144
	ST			176	172	162	154	162	149
A 2	Harz			220	205	206	182	208	175
	Nord			144	144	138	128	140	123
	Mitte/Süd			162	162	157	147	157	143
	ST			175	170	167	152	168	147
B 1	Harz			222	202	211	191	206	185
	Nord			146	142	142	134	139	132
	Mitte/Süd			164	163	160	151	156	152
	ST			177	169	171	159	167	156

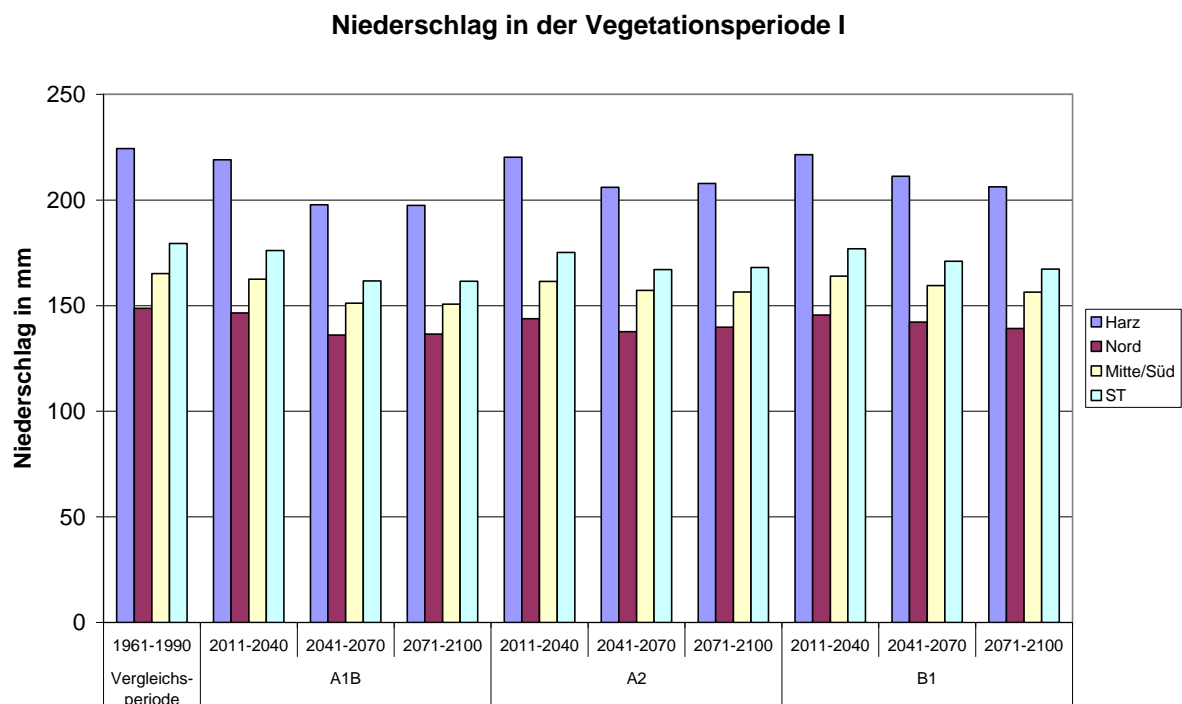


Abbildung 7-52 Niederschlag (in mm) in der Vegetationsperiode I

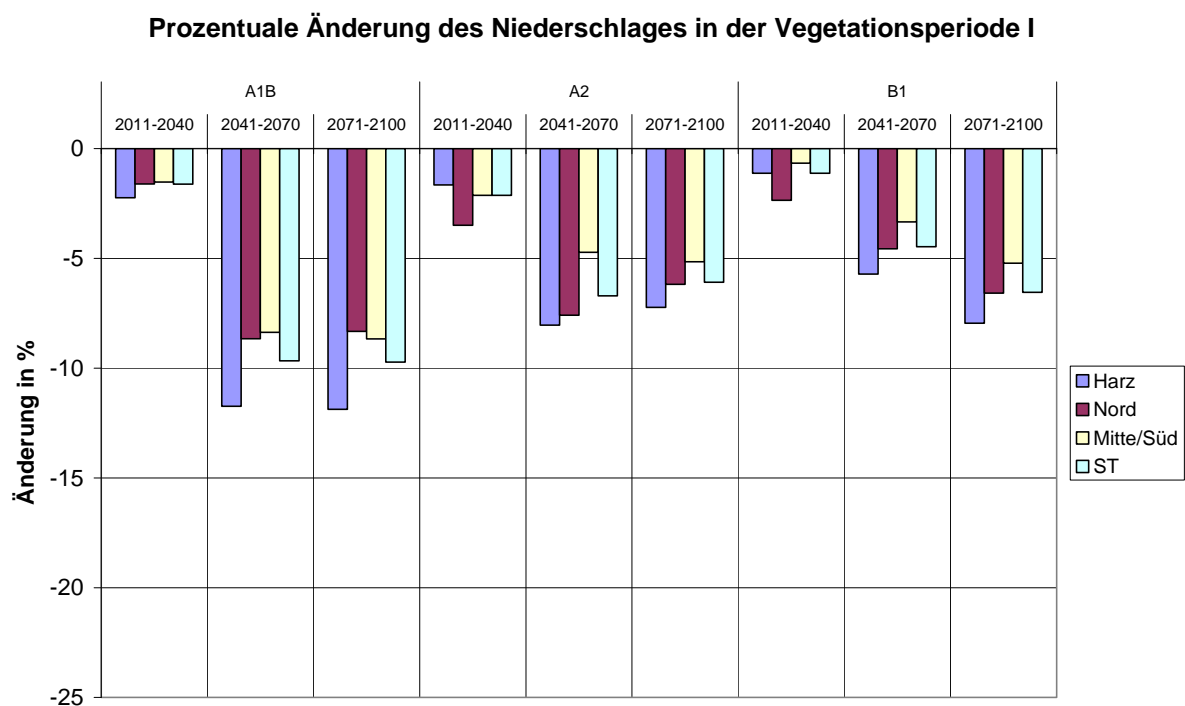


Abbildung 7-53 Prozentuale Niederschlagsänderung in der Vegetationsperiode I gegenüber dem Vergleichszeitraum 1961-1990

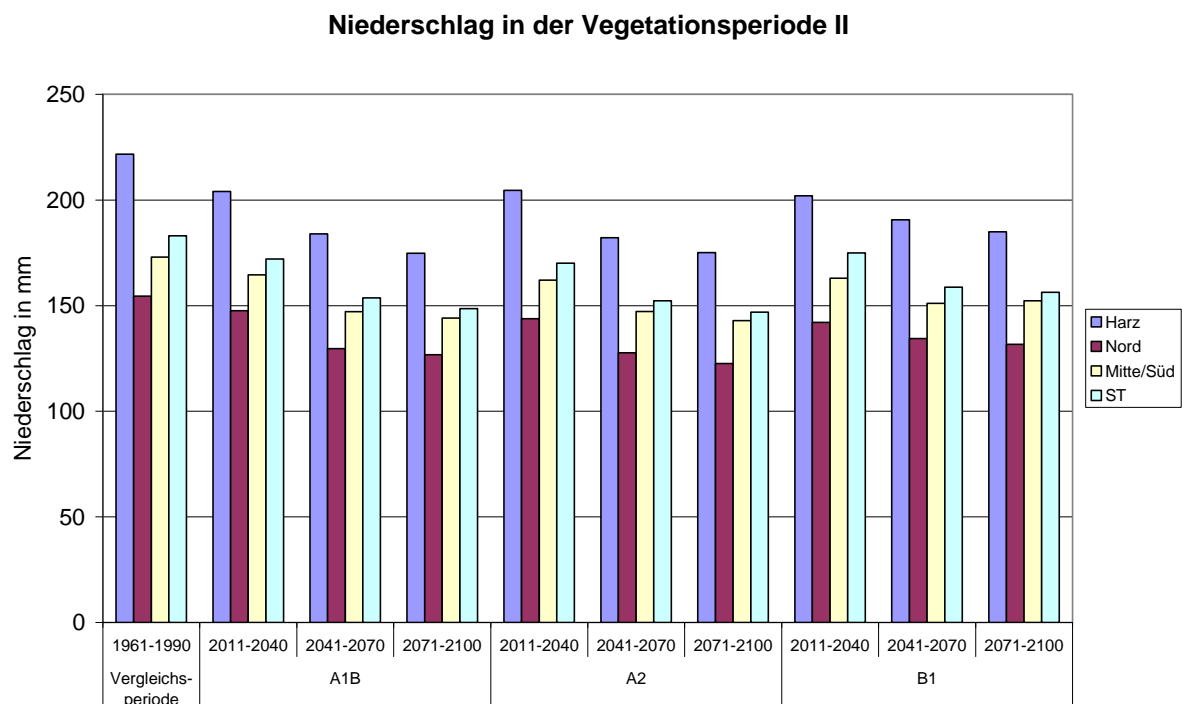


Abbildung 7-54 Niederschlag (in mm) in der Vegetationsperiode II

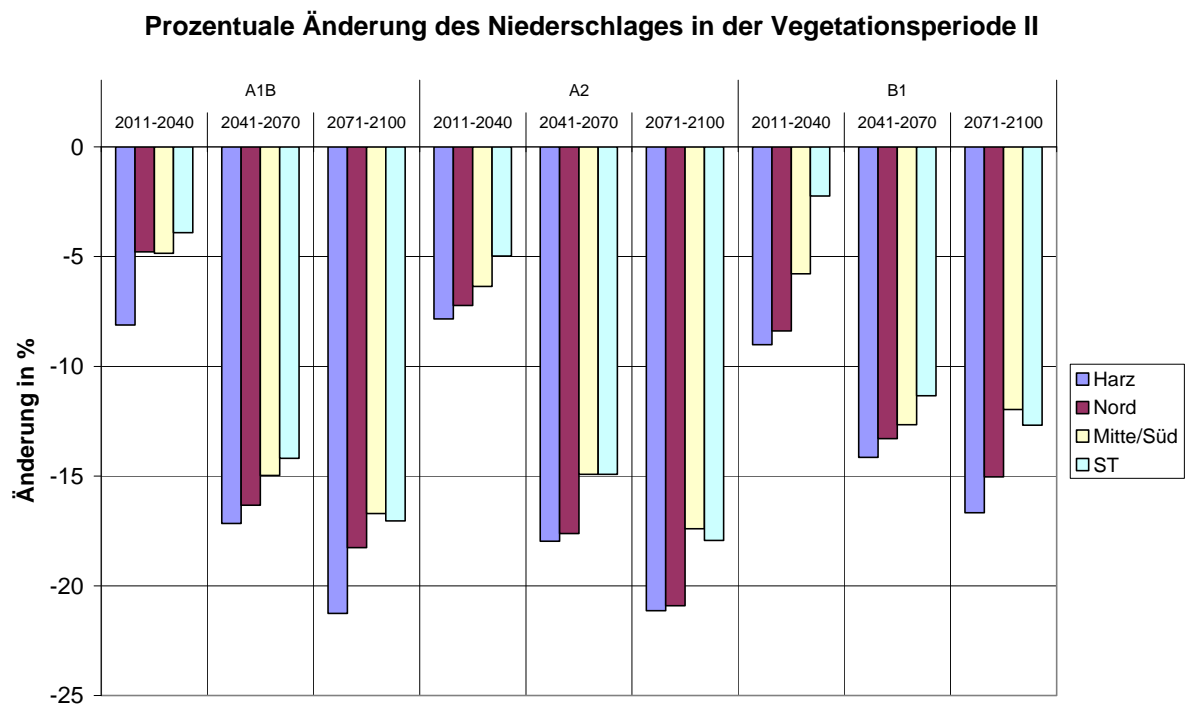


Abbildung 7-55 Prozentuale Niederschlagsänderung in der Vegetationsperiode II gegenüber dem Vergleichszeitraum 1961-1990

7.4.4 Niederschlag in den Hydrologischen Halbjahren

Das Hydrologische Winterhalbjahr umfasst die Monate November–April und das Hydrologische Sommerhalbjahr die Monate Mai–Oktober.

Entsprechend den jahreszeitlichen Trends steht der Abnahme der Niederschlagsmengen im hydrologischen Sommerhalbjahr eine Zunahme der Niederschläge im hydrologischen Winterhalbjahr gegenüber. Die Zu- bzw. Abnahmen bewegen sich zwischen ± 10 und ± 20 %.

Tabelle 7-11 Niederschlagssummen (in mm) im hydrologischen Sommer- und Winterhalbjahr

Grundlage: WETTREG-Gitterpunkte

		1961-1990		2011-2040		2041-2070		2071-2100	
		hydr. So	hydr. Wi	hydr. So	hydr. Wi	hydr. So	hydr. Wi	hydr. So	hydr. Wi
	Harz	445	450						
	Nord	302	259						
	Mitte/Süd	334	260						
	ST	360	323						
A 1B	Harz			417	460	380	475	365	525
	Nord			289	259	260	260	255	283
	Mitte/Süd			319	277	290	261	284	282
	ST			333	335	310	332	301	363
A 2	Harz			417	472	383	489	371	506
	Nord			283	264	262	270	252	276
	Mitte/Süd			315	264	296	267	287	276
	ST			338	333	314	342	304	353
B 1	Harz			421	473	396	456	387	497
	Nord			286	271	270	258	265	274
	Mitte/Süd			323	269	299	257	299	271
	ST			343	337	321	324	317	347

Niederschlag im hydrologischen Sommer

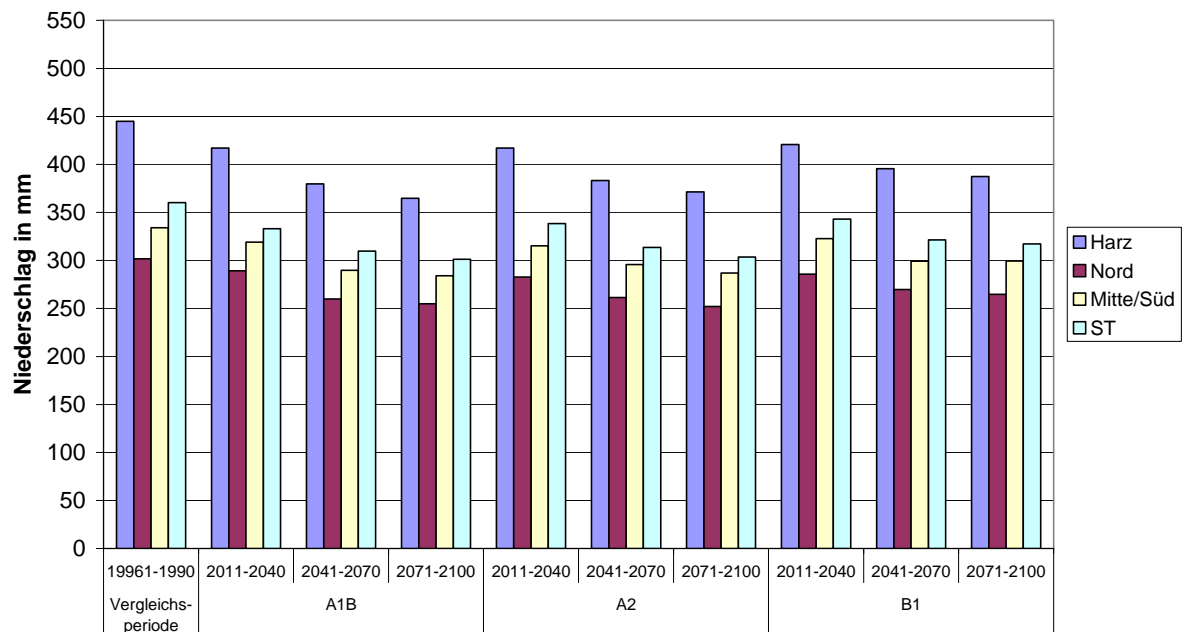


Abbildung 7-56 Niederschlag im hydrologischen Sommer

Prozentuale Niederschlagsänderung im hydrologischen Sommer

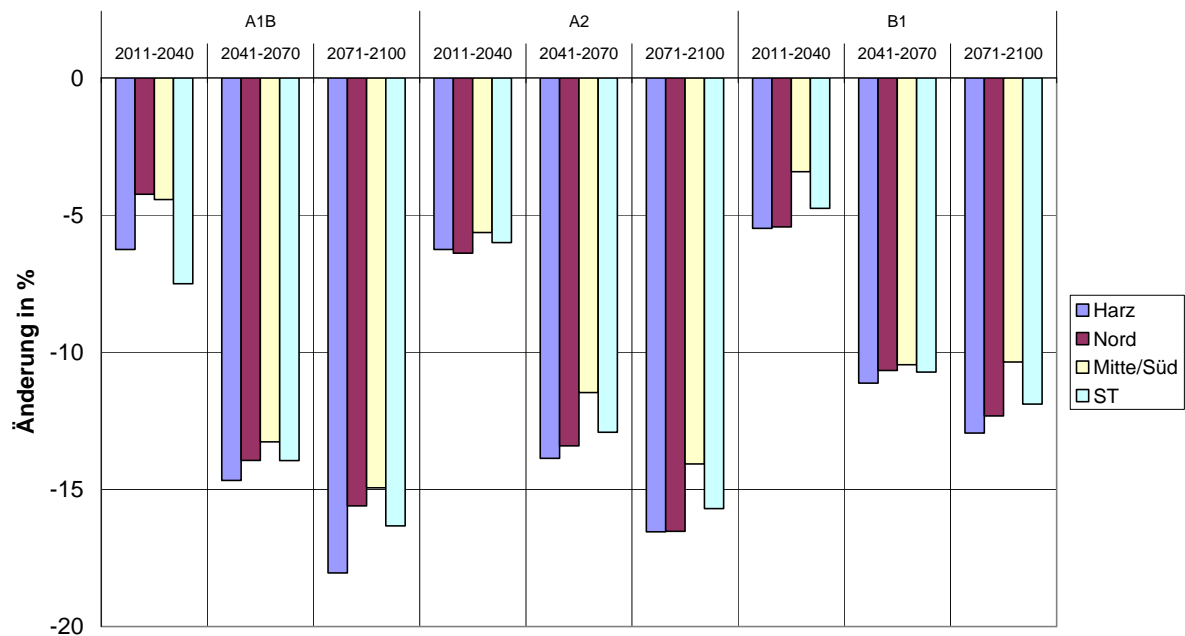


Abbildung 7-57 Prozentuale Niederschlagsänderung im hydrologischen Sommer gegenüber dem Vergleichszeitraum 1961-1990

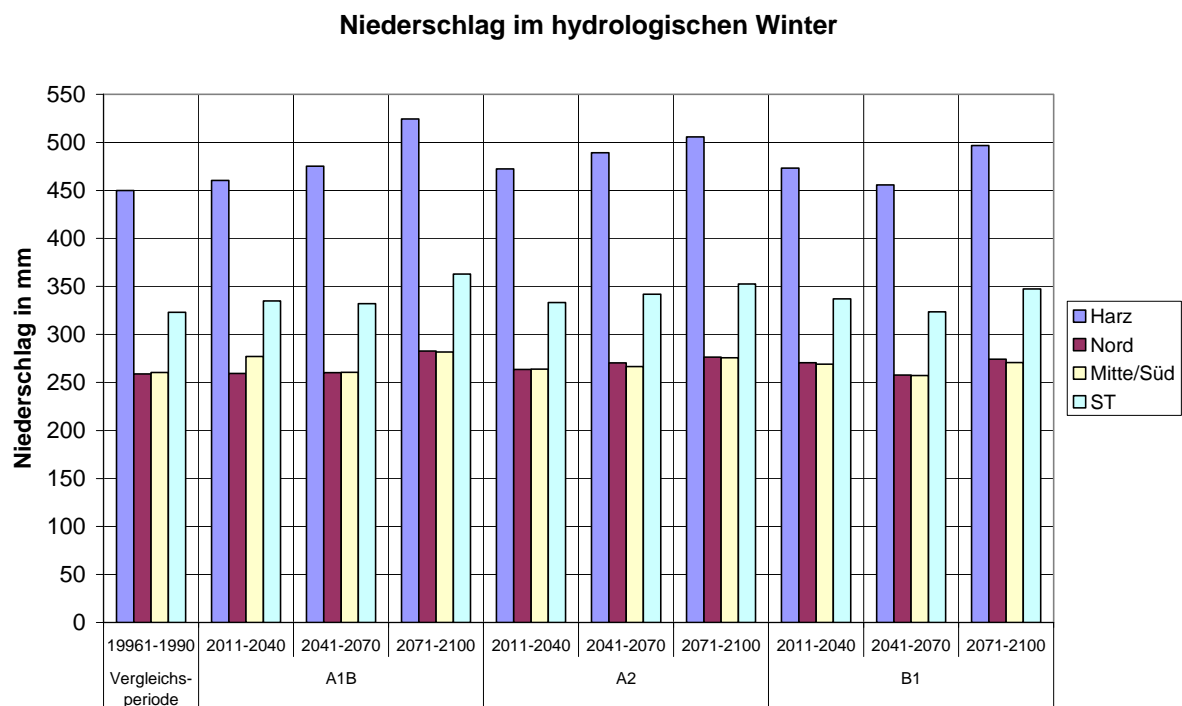


Abbildung 7-58 Niederschlag im hydrologischen Winter

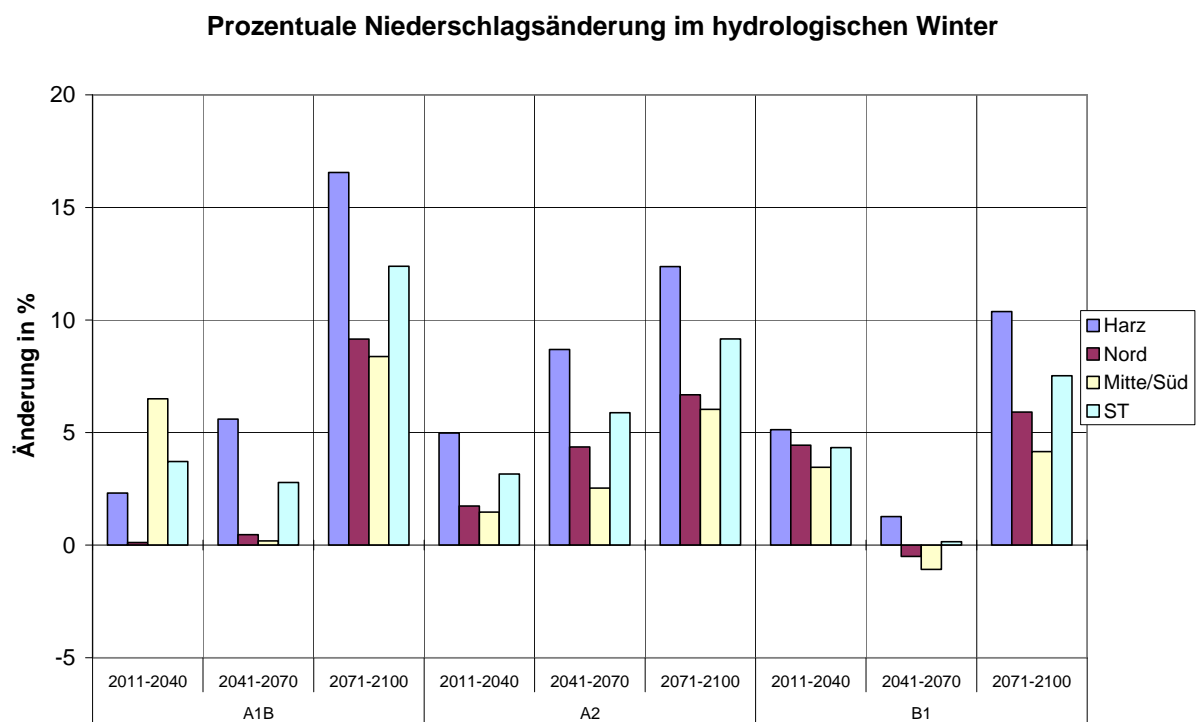


Abbildung 7-59 Prozentuale Niederschlagsänderung im hydrologischen Winter gegenüber dem Vergleichszeitraum 1961-1990

7.5 Auswertung von Kenntagen und Extremwerten

7.5.1 Kenntage

Kenntage sind Tage, an denen relevante Schwellenwerte für eine Temperatur unter- bzw. überschritten werden. In Form von Häufigkeitsverteilungen kann man feststellen, wie oft dies an einer gewählten Station auftritt. Dazu sind fünf Kenntage festgelegt:

• Eistag:	T_{\max}	$< 0^{\circ}\text{C}$
• Frosttag:	T_{\min}	$< 0^{\circ}\text{C}$
• Sommertag:	T_{\max}	$\geq 25^{\circ}\text{C}$
• Heißer Tag:	T_{\max}	$\geq 30^{\circ}\text{C}$
• Tropennacht:	T_{\min}	$\geq 20^{\circ}\text{C}$

Die Darstellung erfolgt als Häufigkeit je Jahr.

Für diese Auswertung wurden mehrere räumlich eng korrelierte und in ihrer Spezifik ähnliche Stationen für verschiedene Regionen Sachsen-Anhalts zusammengefasst. Im Ergebnis wurden Mittelwerte der Kenntage mehrerer Stationen über jeweils 30-jährige Zeiträume gebildet. Zum Vergleich wurden die Kenntage des Kontrolllaufes 1961-1990 angeführt.

Folgende Regionen wurden näher untersucht:

- Region Sachsen-Anhalt Mitte/Süd mit den Klimastationen Artern, Bad Lauchstädt, Eisleben, Halle, Leipzig, Wittenberg
- Region Harz mit den Klimastationen Braunlage, Bad Harzburg, Schierke
- Region Sachsen-Anhalt Nord mit den Klimastationen Gardelegen, Lüchow, Magdeburg, Seehausen.

Kenntage für die Region Sachsen-Anhalt Nord

Die Veränderung in der Zahl der unterschiedlichen Kenntage ist zunächst relativ gering; bis zum Ende des Projektionszeitraumes halbiert sich die Zahl von Eis- bzw. Frosttagen, die Anzahl von Sommertagen, heißen Tagen und Tropennächten nimmt deutlich zu.

Im Szenario B1 sind die Veränderungen weniger stark ausgeprägt als in den beiden anderen Szenarien.

Kenntage der Region Nord Szenario A1B

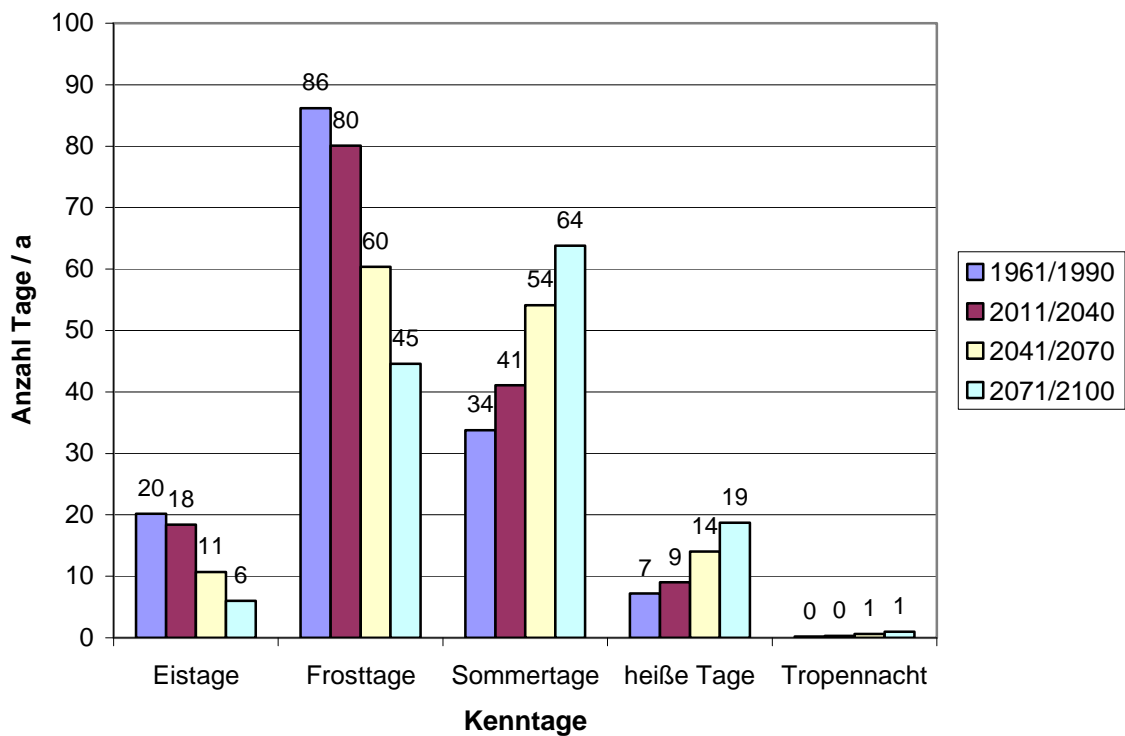


Abbildung 7-60

Kenntage der Region Nord ; Emissionsszenario A1B

Kenntage der Region Nord Szenario A 2

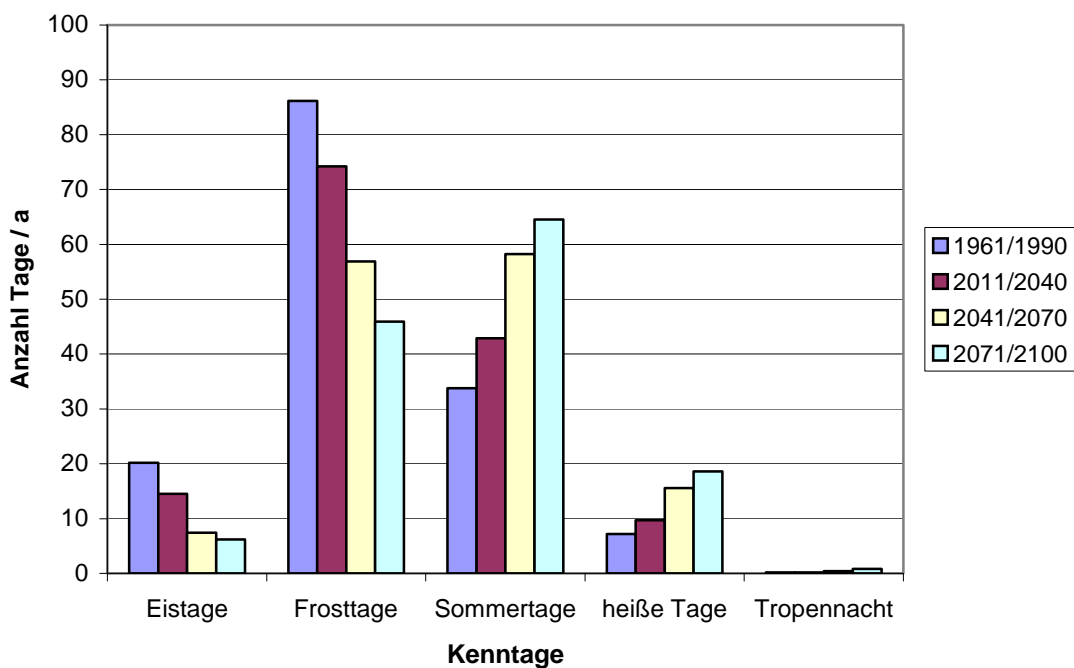


Abbildung 7-61

Kenntage der Region Nord ; Emissionsszenario A2

Kenntage der Region Nord Szenario B1

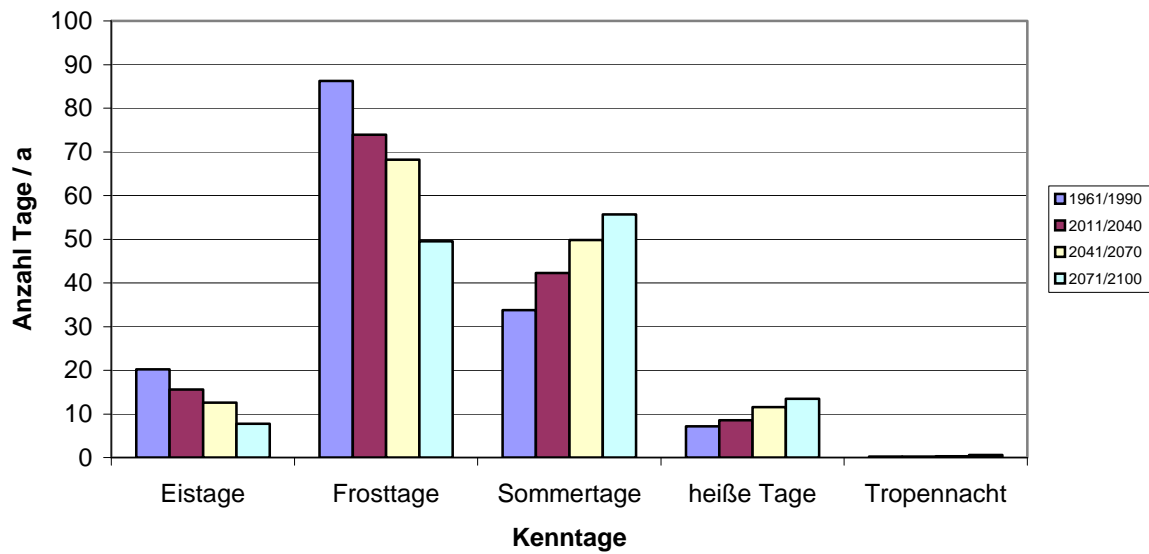


Abbildung 7-62 Kenntage der Region Nord ; Emissionsszenario B1

Kenntage der Region Mitte/Süd

Kenntage der Region Mitte/Süd Szenario A1B

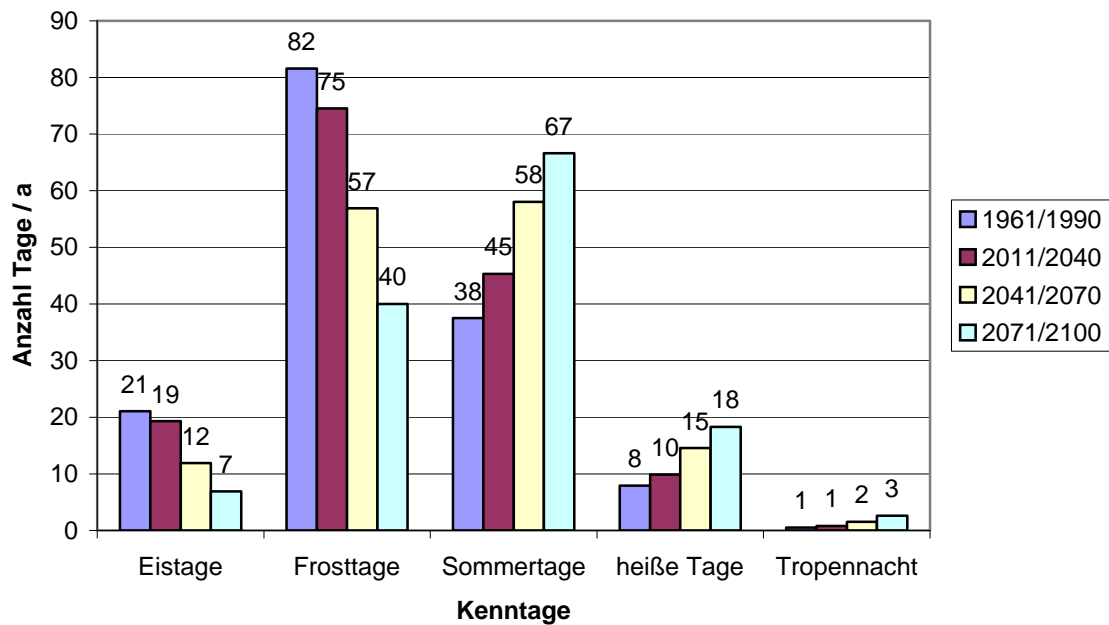


Abbildung 7-63 Kenntage der Region Mitte/Süd ; Emissionsszenario A1B

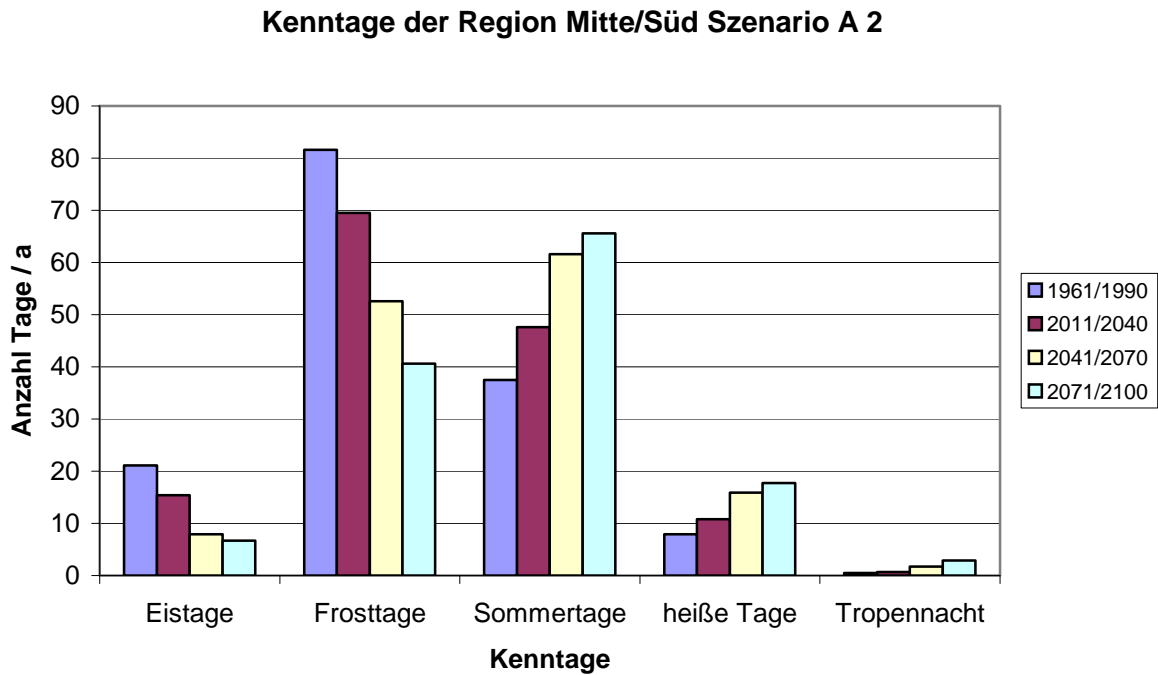


Abbildung 7-64 Kenntage der Region Mitte/Süd ; Emissionsszenario A2

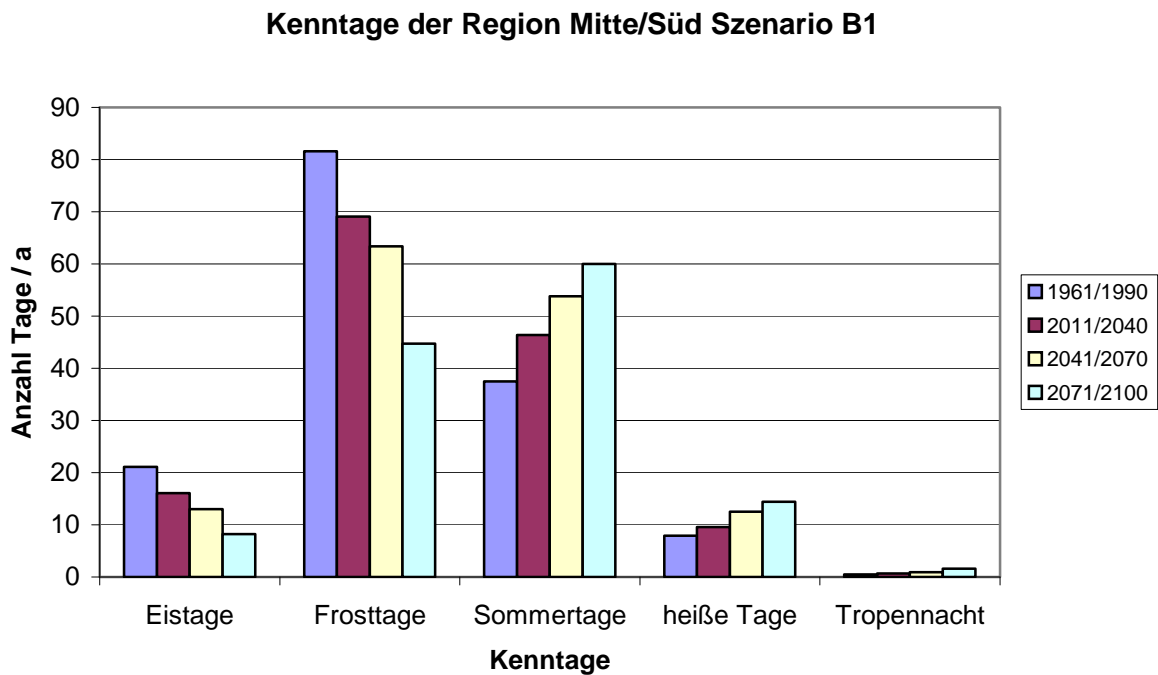


Abbildung 7-65 Kenntage der Region Mitte/Süd ; Emissionsszenario B1

Kenntage der Region Harz

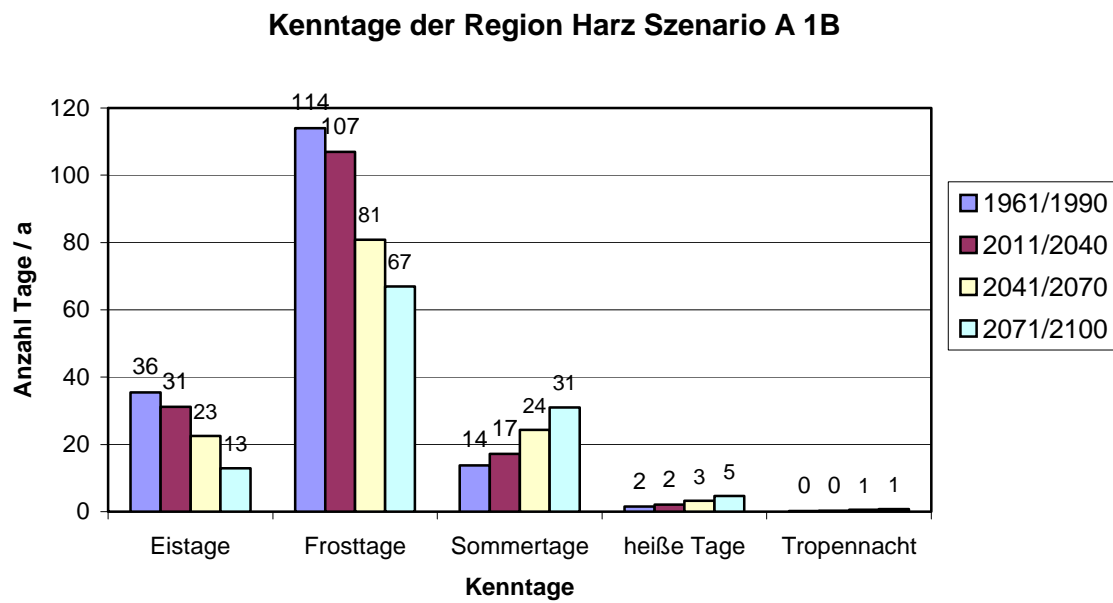


Abbildung 7-66 Kenntage der Region Harz ; Emissionsszenario A1B

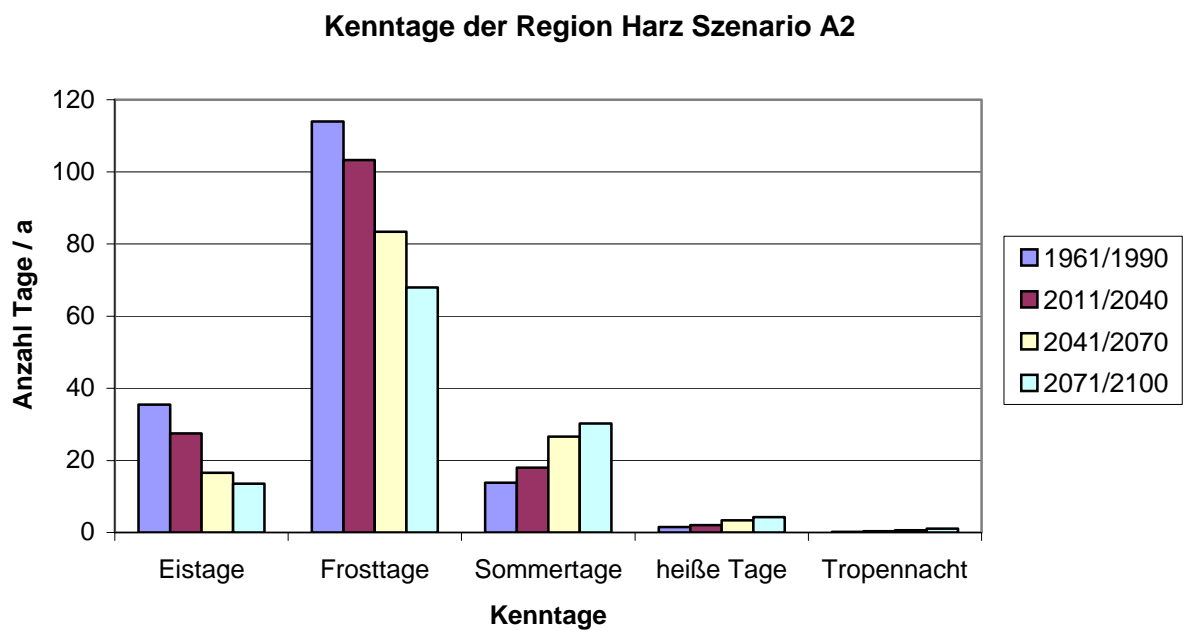


Abbildung 7-67 Kenntage der Region Harz ; Emissionsszenario A2

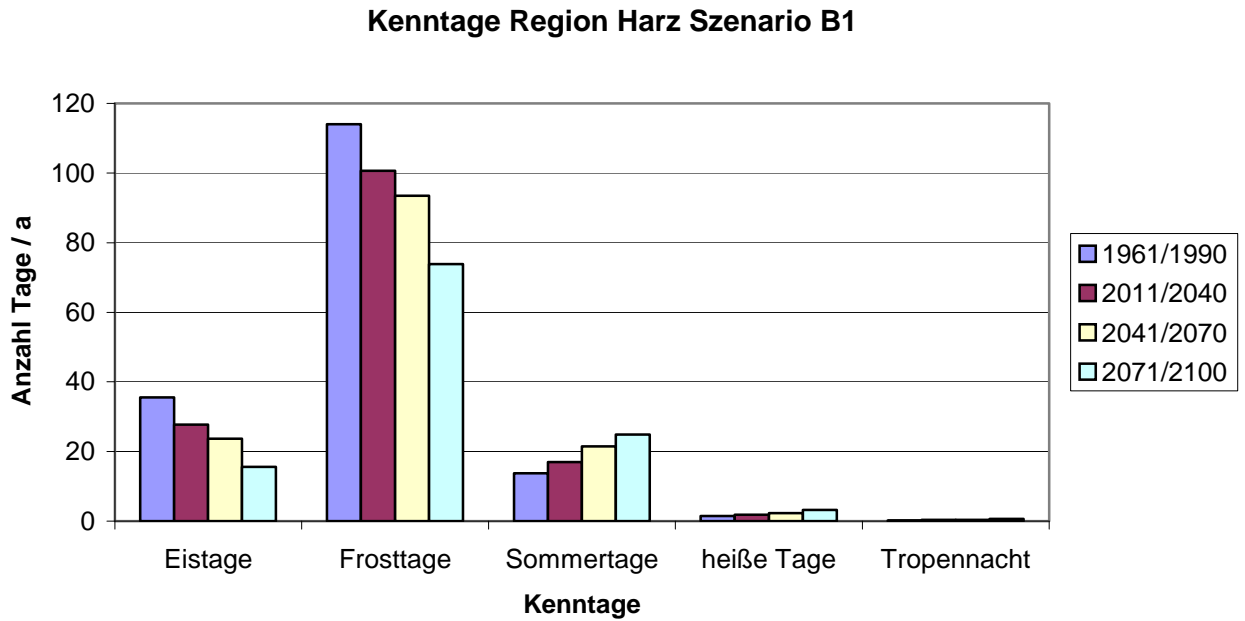


Abbildung 7-68 Kenntage der Region Harz ; Emissionsszenario B1

7.5.2 Hitzewellen

Im Folgenden wurde die Häufigkeit von Perioden mit Schwellenwertüberschreitungen einer Temperatur von 30°C untersucht, wodurch Hitzeperioden mit einer Dauer von 2 und mehr Tagen gekennzeichnet sind.

Dabei werden für das Emissionsszenario A1B die Zeiträume 1961-1990 und 2071-2100 verglichen.

Die Häufigkeit länger andauernder Perioden mit Tageshöchsttemperaturen von > 30°C wird im Zeitraum 2071-2100 gegenüber dem Vergleichszeitraum 1961-1990 in allen Regionen deutlich zunehmen.

Naturgemäß treten in der Harzregion seltener heiße Tage auf.

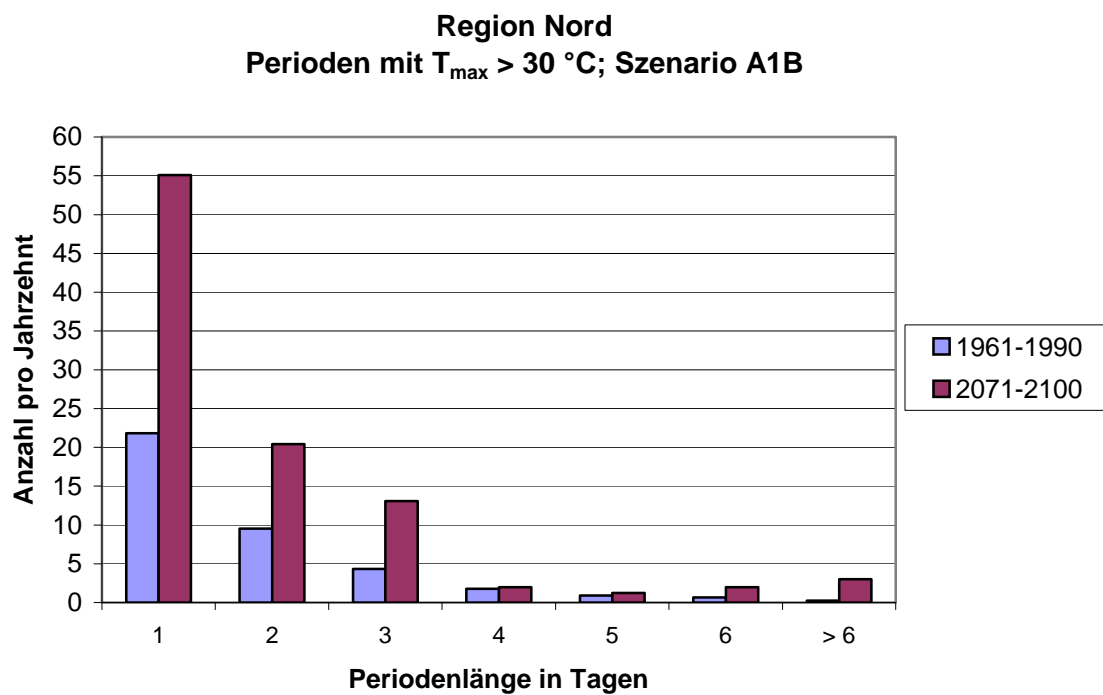


Abbildung 7-69

Hitzewellen in der Region Nord ; Emissionsszenario A1B

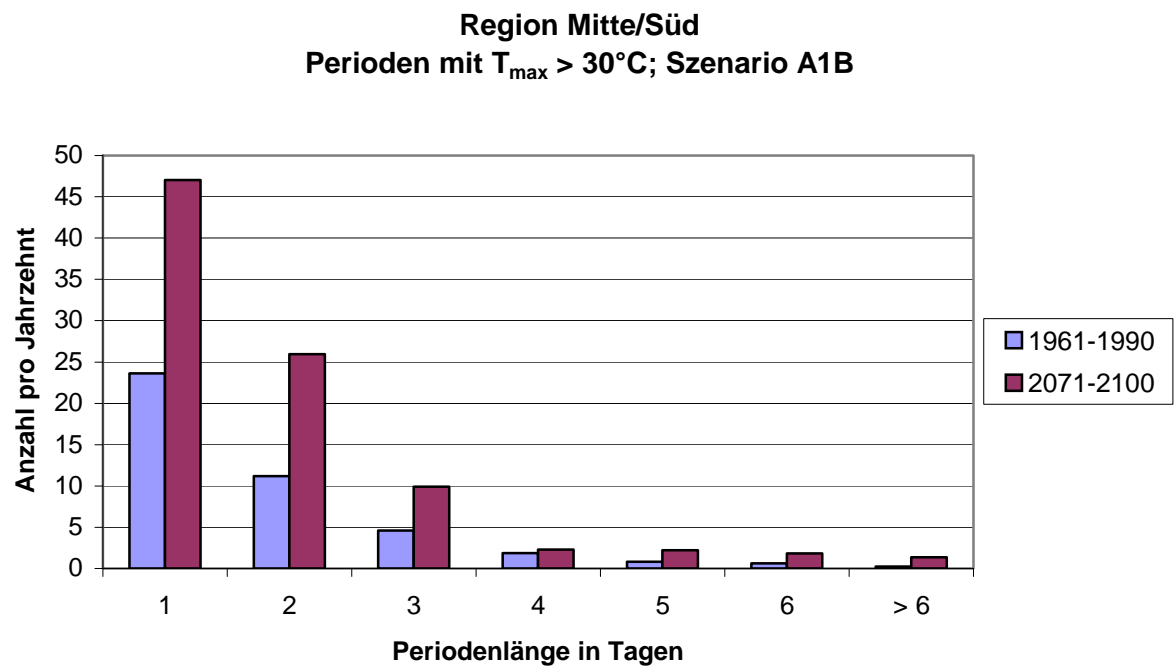


Abbildung 7-70

Hitzewellen in der Region Mitte/Süd ; Emissionsszenario A1B

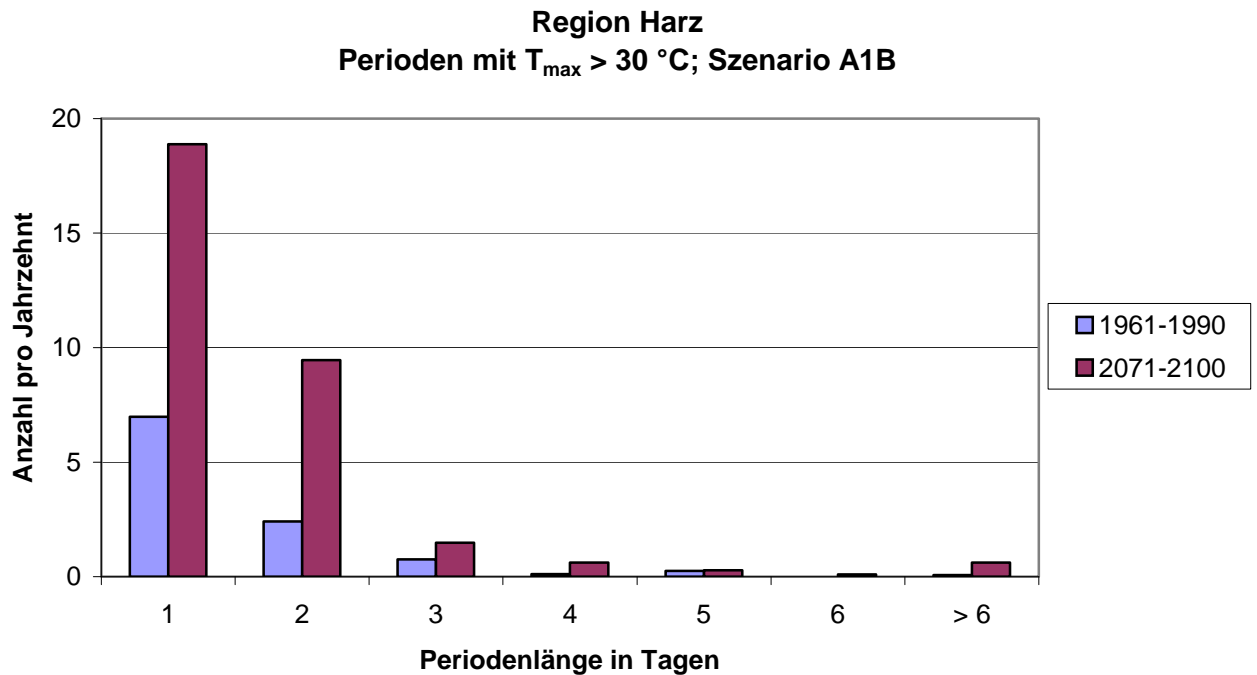


Abbildung 7-71 Hitzewellen in der Region Harz ; Emissionsszenario A1B

7.5.3 Trockenperioden

Als Trockenperiode wurde die Anzahl zusammenhängender Tage ohne Niederschlag für die Regionen in Sachsen-Anhalt und die verschiedenen Emissionsszenarien ausgewertet (Andauer von Perioden ohne Niederschlag). Beispielhaft wird die Region Nord dargestellt.

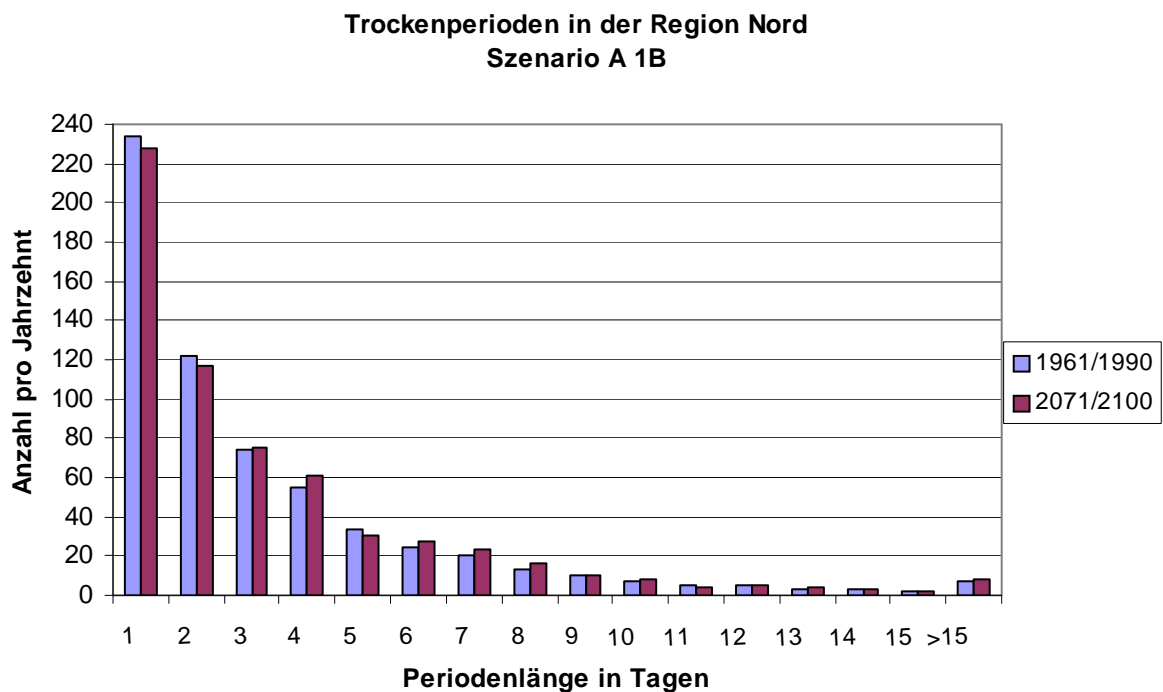


Abbildung 7-72 Trockenperioden in der Region Nord ; Emissionsszenario A1B

Trockenperioden in der Region Nord Szenario A 2

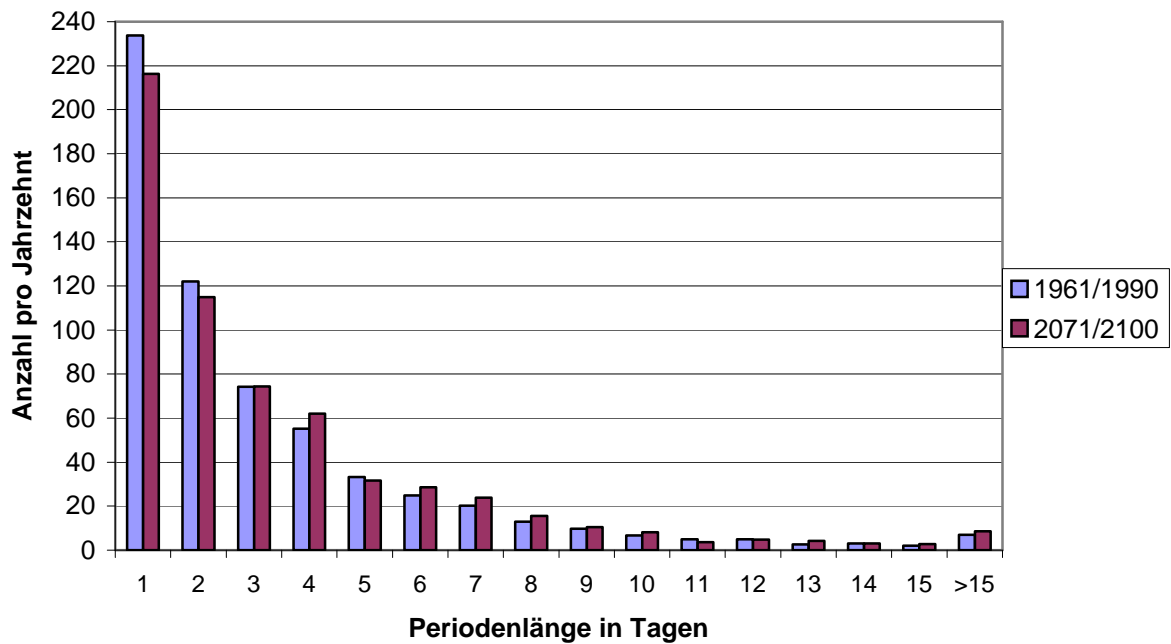


Abbildung 7-73

Trockenperioden in der Region Nord ; Emissionsszenario A2

Trockenperioden in der Region Nord Szenario B 1

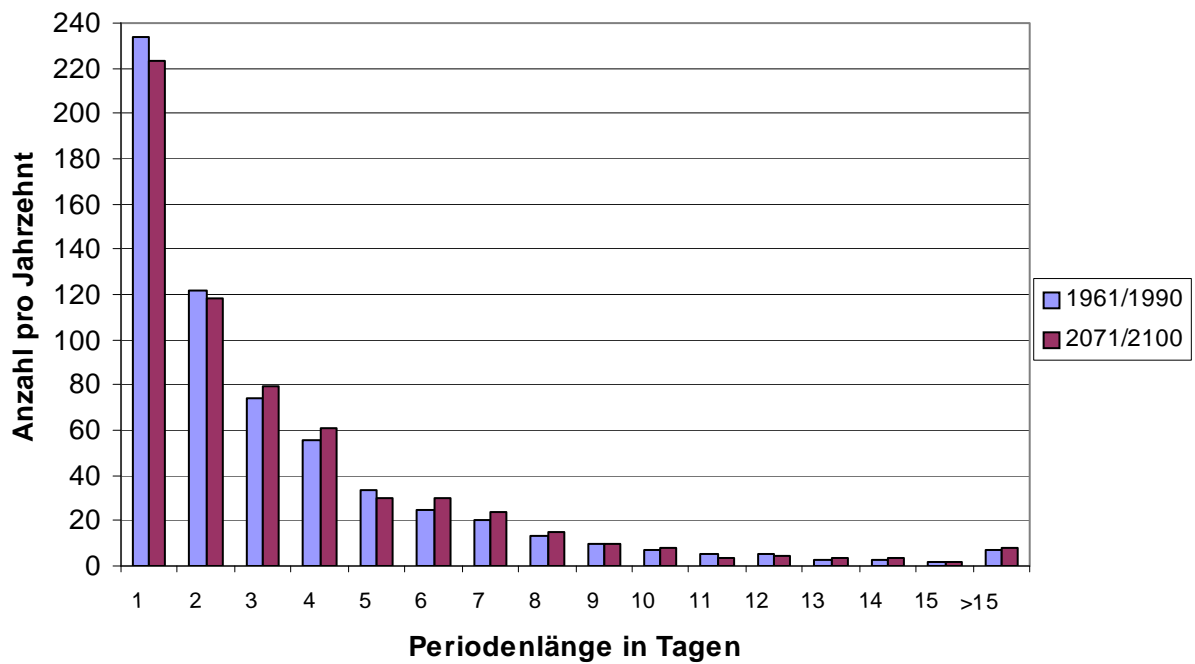


Abbildung 7-74

Trockenperioden in der Region Nord ; Emissionsszenario B1

Die Andauer von Trockenperioden verändert sich bis zum Ende des 21. Jahrhunderts überraschenderweise nur wenig.

Es war zu erwarten, dass mit zurückgehenden Sommerniederschlägen (siehe Kapitel 6.2) auch länger andauernde Trockenperioden auftreten würden.

8 Schlussfolgerungen und Ausblick für Sachsen-Anhalt

Im vorliegenden Bericht erfolgt eine Auswertung der regionalen Klimaszenarien auf der Basis des statistischen Regionalisierungsmodells WETTREG.

Die Daten aus den Klimaszenarien des Modells WETTREG sind sehr komplex. Hinsichtlich der zeitlichen Auflösung handelt es sich um Tagesmittelwerte mit einer räumlichen Auflösung von $10 \times 10 \text{ km}^2$.

Grundlage für die Auswertung und Präsentation der Ergebnisse sind die im Bund/Länder-Fachgespräch entwickelten Leitlinien zur Interpretation von Klimaprojektionen.

Mit diesem ersten Bericht sollen Trends für Sachsen-Anhalt aus den Klimaprojektionen abgeleitet werden.

Für die verschiedenen Auswertungen wurden unterschiedliche Auswertemethoden gewählt. Zum einen wurden mehrere räumlich eng korrelierte und in ihrer Spezifik ähnliche Stationen für verschiedene Regionen Sachsen-Anhalts zusammengefasst und zum anderen wurden nach Unterteilung der Landesfläche in drei Regionen die zugehörigen WETTREG-Gitterpunktsdaten ausgewertet.

Aus einem Vergleich der Methoden ist die flächenhafte Auswertung von WETTREG-Gitterpunkten der Auswertung einzelner Klimastationen vorzuziehen. Im Bericht werden zunächst Ergebnisse aus beiden Methoden dargestellt.

Aussagen zu Kenntagen und Extremwerten sind nur auf Basis von Stationsauswertungen möglich.

Den Ergebnissen für Sachsen-Anhalt werden die Trends für Deutschland gegenüber gestellt.

Eine Auswertung von Veränderungen der i.a. über 30-jährige Zeiträume gemittelten meteorologischen Parametern Temperatur und Niederschlag können Anzeichen für Klimaveränderungen aufzeigen.

Im Ergebnis sind folgende Schlussfolgerungen möglich:

Temperatur:

Die Änderung der Temperaturdifferenz zwischen 30-jährigen Zeiträumen und dem Kontrollzeitraum zeigt bis zum Ende des 21. Jahrhunderts in allen Szenarien einen steten Anstieg

ΔT_{mit} in K : +1,9 bis + 2,3 K (2071-2100 im Vgl. zu 1961-1990).

Die Anzahl von Eis- und Frosttagen verringert sich; im Gegenzug steigt die Anzahl von Sommertagen und heißen Tagen deutlich an; es ist nahezu von einer Verdoppelung der Anzahl der Sommertage ($\geq 25^\circ\text{C}$) bzw. der heißen Tage ($\geq 30^\circ\text{C}$) auszugehen.

Die Häufigkeit von Hitzewellen mit einer Andauer von mehr als 2 Tagen nimmt ebenfalls zu.

Niederschlag:

Der mittlere Jahresniederschlag bleibt annähernd gleich.

Sachsen-Anhalt weist im Vergleich zum Deutschlandmittel deutlich geringere jährliche Niederschlagsmengen auf. (-250 bis -300mm)

Analysiert man die Niederschläge in den meteorologischen Jahreszeiten, so zeichnen sich deutlichere Differenzen ab.

Die Niederschläge in den Frühjahrsmonaten bleiben unabhängig vom Emissionsszenario nahezu gleich.

Die Sommerniederschläge nehmen in allen Szenarien bis zum Zeitraum 2010-2100 um ca. -40mm bzw. um ca. -20% tendenziell ab.

Für die Wintermonate stehen dem überproportionale Zunahmen um +20 bis +90mm bzw. um ca. 20 bis 30 % gegenüber.

In der Harzregion treten die beschriebenen Veränderungen etwas stärker hervor als in den anderen Regionen.

Die Niederschlagssummen in den Vegetationsperioden nehmen ab; der Rückgang des Niederschlages liegt zwischen 5 und 20 % im Zeitraum 2071-2100 gegenüber 1961-1990.

Dabei sind die Änderungen in der Vegetationsperiode II generell höher.

Entsprechend den jahreszeitlichen Trends steht der Abnahme der Niederschlagsmengen im hydrologischen Sommerhalbjahr eine Zunahme der Niederschläge im hydrologischen Winterhalbjahr gegenüber. Die Änderungen bewegen sich zwischen ± 10 und ± 20 %.

Eine Zunahme der Häufigkeit von Trockenperioden ist in den Szenarien nicht erkennbar.

Den vorliegenden Ergebnissen der WETTREG-Auswertung für Sachsen-Anhalt seien die Ergebnisse des DWD aus der Auswertung verschiedener regionaler Klimamodelle (WETTREG, REMO, STAR und CLM) gegenübergestellt.¹²

In der Pressemitteilung des DWD heißt es:

„Für das - bezüglich zukünftiger CO₂-Konzentrationen - moderate IPCC-Szenario „A1B“ berechnen die vier Regionalmodelle bis zum Jahre 2050 eine Zunahme der Jahresmitteltemperatur zwischen 0,5 und 2,0 Grad Celsius (°C). Bis zum Jahr 2100 müssen wir für Deutschland von einer Erwärmung von etwa 2,0 bis 4,0 °C ausgehen.

Für die Gesundheit und das Wohlbefinden des Menschen ist insbesondere die Zunahme der mittleren jährlichen Anzahl der Sommertage und der heißen Tage von Bedeutung.

Bis zum Jahr 2050 muss nach unseren Analysen - abhängig vom genutzten Modell - mit etwa 3 bis 15 zusätzlichen Sommertagen in küstennahen Regionen und in den Mittelgebirgslagen gerechnet werden. Die stärkste Zunahme mit etwa 15 bis 27 zusätzlichen Sommertagen ist für Teile Süddeutschlands, aber auch für **die Region Sachsen-Anhalt** und Brandenburg zu erwarten.

Bei den heißen Tagen zeigen unsere (DWD) Analysen bis zum Jahr 2050 starke Zunahmen für Südwestdeutschland, für das Rheinland und teilweise auch für **Sachsen-Anhalt** und Brandenburg.

Je nach Modell werden hier zwischen 3 und 15 zusätzliche heiße Tage erwartet.“

Die für Sachsen-Anhalt durchgeführten WETTREG-Analysen bestätigen die Trendaussagen des DWD.

¹² Pressekonferenz des Deutschen Wetterdienstes (DWD) am 15. April 2008 in Berlin
DWD vergleicht unterschiedliche Regionalklimamodelle zur Verbesserung der Klimaberatung

Ausblick

In nächsten Arbeitsschritten sind weitere regionale Klimamodelle für Sachsen-Anhalt (REMO, CLM, STAR...) auszuwerten, um die Spannbreite von zu erwartenden Klimaveränderungen besser abzubilden und die Grundlage für mögliche Anpassungsstrategien zu verbessern.

Dazu gehört auch die Einbeziehung der Ergebnisse der Klimadiagnose¹³ für den Zeitraum 1951 bis 2007 auf der Basis der Klimadatenbank Sachsen-Anhalt.

Hinsichtlich regionaler Besonderheiten, wie z.B. das mitteldeutsche Trockengebiet oder das „Regenschattengebiet“ des Harzes besteht Bedarf an weiterführenden kleinräumigen Untersuchungen.

Für die Untersuchung möglicher Extremwetterereignisse (Starkregen, Sturm) sind Auswertungen mit hoher zeitlicher Auflösung auf Basis von Stundenwerten erforderlich.

¹³ Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben des Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt
REKLI – Sachsen-Anhalt II / Regionale Klimadiagnose für Sachsen-Anhalt; TU Dresden, Juli 2008

9 Anlagen

Anlage 1

Nachfolgend werden für die regionale Auswertung der Klimaszenarien die im Kapitel 6.2 beschriebenen Methoden der Auswertung von WETTREG-Gitterpunktsdaten (Fläche) sowie einzelner Klimastationen in den Regionen miteinander verglichen.

Tabelle 9-1 Vergleich der Flächen und Stationsauswertung für Temperatúrauswertungen

Durchschnittliche Temperatur (°C) im meteorologischen Sommer									
		1961-1990		2011-2040		2041-2070		2071-2100	
		Fläche	Station	Fläche	Station	Fläche	Station	Fläche	Station
	Harz	15,4	14,4						
	Nord	17,0	16,9						
	Mitte/Süd	16,9	17,4						
	ST	16,4	16,2						
A 1B	Harz			16,0	15,0	17,0	16,0	17,8	16,8
	Nord			17,5	17,5	18,5	18,4	19,5	19,4
	Mitte/Süd			17,5	18,0	18,5	19,0	19,2	19,7
	ST			17,0	16,8	18,0	17,8	18,8	18,6
A 2	Harz			16,2	15,3	17,3	14,6	17,8	16,3
	Nord			17,8	17,7	18,9	18,8	19,4	19,3
	Mitte/Süd			17,8	18,3	18,7	19,3	19,2	19,6
	ST			17,3	17,1	18,3	17,6	18,8	18,4
B 1	Harz			16,1	15,1	16,7	15,7	17,2	16,2
	Nord			17,7	17,6	18,3	18,2	18,8	18,7
	Mitte/Süd			17,6	18,2	18,2	18,7	18,6	19,1
	ST			17,1	17,0	17,7	17,5	18,2	18,0

Durchschnittliche Temperatur (°C) im meteorologischen Winter									
		1961-1990		2011-2040		2041-2070		2071-2100	
		Fläche	Station	Fläche	Station	Fläche	Station	Fläche	Station
	Harz	0,1	-0,5						
	Nord	1,0	1,3						
	Mitte/Süd	0,6	0,9						
	ST	0,6	0,6						
A 1B	Harz			0,8	0,2	2,3	1,6	3,9	3,3
	Nord			1,7	1,7	3,2	3,3	4,9	4,9
	Mitte/Süd			1,3	1,7	2,8	3,2	4,6	4,9
	ST			1,3	1,2	2,8	2,7	4,5	4,4
A 2	Harz			1,0	0,4	2,6	1,2	3,7	2,8
	Nord			2,0	2,0	3,6	3,6	4,7	4,7
	Mitte/Süd			1,6	2,0	3,3	3,6	4,3	4,7
	ST			1,5	1,5	3,2	2,8	4,2	4,1
B 1	Harz			1,0	0,5	1,6	1,1	3,1	2,5
	Nord			1,9	2,0	2,5	2,5	4,1	4,1
	Mitte/Süd			1,6	2,0	2,2	2,5	3,7	4,1
	ST			1,5	1,5	2,1	2,0	3,6	3,6

Insbesondere für die Harzregion liegen deutliche Unterschiede vor.

Das ist bei der Stationsauswertung auf die geringe Anzahl der Stationen und des daraus gebildeten Mittelwertes, der als Zahlenwert für die gesamte Region steht, zurückzuführen. Die gewählten Stationen befinden sich in den höher gelegenen Gebieten des Harzes. Erwartungsgemäß werden entsprechend niedrigere Temperaturen ausgewiesen.

Bei der Flächenauswertung ist letztendlich in dem stark gegliederten Gelände des Harzes die Größe des gewählten Kartenausschnittes für das Ergebnis entscheidend.

Für die anderen Regionen sind die Unterschiede deutlich geringer.

Tabelle 9-2 Vergleich der Flächen und Stationsauswertung für Niederschlagsauswertungen

Durchschnittliche Niederschlagssummen (mm) im hydrologischen Sommer									
		1961-1990		2011-2040		2041-2070		2071-2100	
		Fläche	Station	Fläche	Station	Fläche	Station	Fläche	Station
	Harz	445	495						
	Nord	302	274						
	Mitte/Süd	334	292						
	ST	360	354						
A 1B	Harz			417	463	380	414	365	396
	Nord			289	266	260	233	255	212
	Mitte/Süd			319	276	290	244	284	241
	ST			342	335	310	297	301	283
A 2	Harz			417	460	383	421	371	397
	Nord			283	259	262	241	252	227
	Mitte/Süd			315	271	296	251	287	243
	ST			338	330	314	304	304	289
B 1	Harz			421	461	396	431	387	420
	Nord			286	259	270	247	265	236
	Mitte/Süd			323	275	299	254	299	256
	ST			343	332	321	311	317	304

Durchschnittliche Niederschlagssummen (mm) im hydrologischen Winter									
		1961-1990		2011-2040		2041-2070		2071-2100	
		Fläche	Station	Fläche	Station	Fläche	Station	Fläche	Station
	Harz	450	511						
	Nord	259	227						
	Mitte/Süd	260	220						
	ST	323	319						
A 1B	Harz			460	536	475	564	525	653
	Nord			259	229	260	230	283	236
	Mitte/Süd			277	219	261	221	282	247
	ST			332	328	332	338	363	379
A 2	Harz			472	541	489	585	506	614
	Nord			264	233	270	241	276	247
	Mitte/Süd			264	223	267	229	276	238
	ST			333	332	342	352	353	366
B 1	Harz			473	541	456	529	497	598
	Nord			271	235	258	229	274	243
	Mitte/Süd			314	225	257	218	271	230
	ST			353	334	324	325	347	357

Durchschnittliche Niederschlagssummen (mm) in der Vegetationsperiode I									
		1961-1990		2011-2040		2041-2070		2071-2100	
		Fläche	Station	Fläche	Station	Fläche	Station	Fläche	Station
	Harz	224	245						
	Nord	149	131						
	Mitte/Süd	165	140						
	ST	179	172						
A 1B	Harz			219	241	198	214	197	215
	Nord			147	130	136	120	137	120
	Mitte/Süd			163	134	151	122	151	124
	ST			176	168	162	152	162	153
A 2	Harz			220	240	206	224	208	226
	Nord			144	127	138	124	140	124
	Mitte/Süd			162	133	157	130	157	130
	ST			175	167	167	159	168	160
B 1	Harz			222	241	211	230	206	223
	Nord			146	129	142	127	139	121
	Mitte/Süd			164	135	160	132	156	129
	ST			177	169	171	163	167	157

Durchschnittliche Niederschlagssummen (mm) in der Vegetationsperiode II									
		1961-1990		2011-2040		2041-2070		2071-2100	
		Fläche	Station	Fläche	Station	Fläche	Station	Fläche	Station
	Harz	222	249						
	Nord	155	145						
	Mitte/Süd	173	154						
	ST	183	183						
A 1B	Harz			204	228	184	204	175	191
	Nord			148	140	130	120	127	117
	Mitte/Süd			165	147	147	127	144	125
	ST			172	172	154	150	149	144
A 2	Harz			205	227	182	201	175	188
	Nord			144	136	128	120	123	113
	Mitte/Süd			162	143	147	127	143	122
	ST			170	169	152	150	147	141
B 1	Harz			202	223	191	210	185	201
	Nord			142	133	134	127	132	121
	Mitte/Süd			163	143	151	130	152	133
	ST			169	166	159	156	156	152

Für das Niederschlagssignal zeigt der Methodenvergleich infolge der hohen Variabilität des Signals kein eindeutiges Ergebnis in den Abweichungen. Für die Auswertung der WETTREG-Szenarien einzelner Regionen ist die Flächenauswertung einer Auswertung einzelner Stationen vorzuziehen. Damit wird auch die Vergleichbarkeit zu REMO-Auswertungen, deren Ergebnisse nur gitterpunktbezogen vorliegen, hergestellt. Eine Auswertung von Kenntagen ist immer nur punktbezogen (stations- oder gitterpunktbezogen) möglich.

10 Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1-1</i>	<i>Trends der Temperatur in ausgewählten Bundesländern von 1901 bis 2007</i>
<i>Tabelle 1-2</i>	<i>Trends des Niederschlags in ausgewählten Bundesländern von 1901 bis 2007</i>
<i>Tabelle 4-1</i>	<i>Emissionen von Kohlendioxid (CO₂) und Schwefeldioxid (SO₂) aus fossilen Brennstoffen , industriellen Aktivitäten und Landnutzungsänderungen in den IPCC-Szenarien A2, A1B und B1</i>
<i>Tabelle 6-1</i>	<i>Informationen zu den regionalen Klimamodellen REMO und WETTREG</i>
<i>Tabelle 7-1</i>	<i>Abweichungen der Tagesmitteltemperatur in ausgewählten</i>
<i>Tabelle 7-2</i>	<i>Temperaturwerte (°C) in den meteorologischen Jahreszeiten sowie im Jahresdurchschnitt</i>
<i>Tabelle 7-3</i>	<i>Temperaturdifferenzen in K in den Projektionszeiträumen im Vergleich zum Zeitraum 1961-1990;</i>
<i>Tabelle 7-4</i>	<i>Prozentuale Änderung des Sommer-Niederschlags in ausgewählten 30-jährigen Zeiträumen im Vergleich zum Kontrollzeitraum 1961-1990</i>
<i>Tabelle 7-5</i>	<i>Prozentuale Änderung des Winterniederschlags in ausgewählten 30-jährigen Zeiträumen im Vergleich zum Kontrollzeitraum 1961-1990</i>
<i>Tabelle 7-6</i>	<i>Niederschlagssummen (mm) in den meteorologischen Jahreszeiten sowie im Jahresdurchschnitt</i>
<i>Tabelle 7-7</i>	<i>Änderung des Niederschlags(in mm) in den Projektionszeiträumen im Vergleich zu 1961-1990</i>
<i>Tabelle 7-8:</i>	<i>prozentuale Änderung des Niederschlags in den Projektionszeiträumen im Vergleich zu 1961-1990</i>
<i>Tabelle 7-9</i>	<i>Durchschnittliche Niederschlagssummen (mm) in den Vegetationsperioden</i>
<i>Tabelle 7-10</i>	<i>Änderung des Niederschlags (in mm) in den Vegetationsperioden</i>
<i>Tabelle 7-11</i>	<i>Niederschlagssummen (in mm) im hydrologischen Sommer- und</i>
<i>Tabelle 9-1</i>	<i>Vergleich der Flächen und Stationsauswertung für Temperatúrauswertungen</i>
<i>Tabelle 9-2</i>	<i>Vergleich der Flächen und Stationsauswertung für Niederschlagsauswertungen</i>

11 Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 4-1 Emissionen klimarelevanter Gase nach den Emissionsszenarien des IPCC
- Abbildung 7-1 Regionen in Sachsen-Anhalt
- Abbildung 7-2 Änderungen der Tagesmitteltemperatur als Differenz zwischen den Zeiträumen 2091 bis 2100 und 1981 bis 1990 in Abhängigkeit von den Szenarien A1B, A2 und B1 (Auswertung über alle Messstationen in Deutschland)
- Abbildung 7-3 Änderungen der Tagesmitteltemperatur als Differenz zwischen den Zeiträumen 2091 bis 2100 und 1981 bis 1990 für ausgewählte Messstationen und das Szenario A1B
- Abbildung 7-4 Änderung des 30-Jährigen Jahresmittelwertes der Tagesmitteltemperatur für Deutschland (Flächenmittel gleitend in 10-Jahresschritten)
- Abbildung 7-5 Änderung des 30-Jährigen Jahresmittelwertes der Tagesmitteltemperatur für Sachsen-Anhalt und angrenzende Gebiete (Flächenmittel gleitend in 10-Jahresschritten)
- Abbildung 7-6 Jahresmittelwerte der Tagesmitteltemperatur im Zeitraum 1961 bis 1990, Emissionsszenario A1B
- Abbildung 7-7 Differenzen für das Jahresmittel der Tagesmitteltemperatur , A1B
- Abbildung 7-8 Differenzen für das Jahresmittel der Tagesmitteltemperatur , A2
- Abbildung 7-9 Differenzen für das Jahresmittel der Tagesmitteltemperatur , B1
- Abbildung 7-10 Veränderung des Jahresmittels der Tagesmitteltemperatur in verschiedenen Zeiträumen im Szenario A1B
- Abbildung 7-11 Veränderung des Jahresmittels der Tagesmitteltemperatur in verschiedenen Zeiträumen im Szenario A2
- Abbildung 7-12 Veränderung des Jahresmittels der Tagesmitteltemperatur in verschiedenen Zeiträumen im Szenario B1
- Abbildung 7-13 Änderung des Jahresmittels der Tagesmitteltemperatur in den Emissionsszenarien
- Abbildung 7-14 Entwicklung der Jahresmitteltemperatur in den Emissionsszenarien
- Abbildung 7-15 Entwicklung der Frühlingsmitteltemperatur in den Emissionsszenarien
- Abbildung 7-16 Änderung der Temperatur im Frühling in den verschiedenen
- Abbildung 7-17 Entwicklung der Sommermitteltemperatur in den Emissionsszenarien
- Abbildung 7-18 Änderung der Temperatur im Sommer in den verschiedenen
- Abbildung 7-19 Entwicklung der Herbstmitteltemperatur in den Emissionsszenarien
- Abbildung 7-20 Änderung der Temperatur im Sommer in den verschiedenen
- Abbildung 7-21 Entwicklung der Wintermitteltemperatur in den Emissionsszenarien
- Abbildung 7-22 Änderung der Temperatur im Winter in den verschiedenen 30-jährigen Zeiträumen und Emissionsszenarien
- Abbildung 7-23 Änderung des mittleren Jahresniederschlages für Deutschland in Abhängigkeit von den Emissionsszenarien
- Abbildung 7-24 Änderung des mittleren Jahresniederschlages
- Abbildung 7-25 Niederschlagsänderungen als Differenz zwischen den Zeiträumen 2091 bis 2100 und 1981 bis 1990 in Abhängigkeit von den Szenarien A1B, A2 und B1 (Auswertung über alle Messstationen in Deutschland)
- Abbildung 7-26 Niederschlagsänderungen als Differenz zwischen den Zeiträumen 2091 bis 2100 und 1981 bis 1990 für ausgewählte Messstationen und das Szenario A1B (automatische Skalierung)
- Abbildung 7-27 Niederschlagsänderungen als Differenz zwischen den Zeiträumen 2091 bis 2100 und 1981 bis 1990 für ausgewählte Messstationen und das Szenario A1B (einheitliche Skalierung)
- Abbildung 7-28 30-jähriges Mittel der prozentualen Sommer- Niederschlagsänderung für Deutschland (Flächenmittel gleitend in 10-Jahresschritten)

- Abbildung 7-29 30-Jähriges Mittel der prozentualen Sommer- Niederschlagsänderung für Sachsen-Anhalt und angrenzende Gebiete (Flächenmittel gleitend in 10-Jahresschritten)
- Abbildung 7-30 Vergleich der Sommerniederschläge in Sachsen-Anhalt (ST) und Deutschland (D) für die unterschiedlichen Zeiträume und Emissions-szenarien
- Abbildung 7-31 30-Jähriges Mittel der prozentualen Winterniederschlagsänderung für Deutschland (Flächenmittel gleitend in 10-Jahresschritten)
- Abbildung 7-32 30-Jähriges Mittel der prozentualen Winterniederschlagsänderung für Sachsen-Anhalt und angrenzende Gebiete
- Abbildung 7-33 Vergleich der Winterniederschläge in Sachsen-Anhalt und Deutschland für die unterschiedlichen Zeiträume und Emissionsszenarien
- Abbildung 7-34 Änderung des Winterniederschlags in den 30-jährigen Prognosezeiträumen gegenüber dem Kontrolllauf 1961-1990
- Abbildung 7-35 Änderung des Winterniederschlags in den 30-jährigen Prognosezeiträumen gegenüber dem Kontrolllauf 1961-1990
- Abbildung 7-36 Änderung des Winterniederschlags in den 30-jährigen Prognosezeiträumen gegenüber dem Kontrolllauf 1961-1990
- Abbildung 7-37 Änderung des Sommerniederschlags in den 30-jährigen Prognosezeiträumen gegenüber dem Kontrolllauf 1961-1990
- Abbildung 7-38 Änderung des Sommerniederschlags in den Prognosezeiträumen gegenüber dem Kontrolllauf; Emissionszenario A2
- Abbildung 7-39 Änderung des Sommerniederschlags in den Prognosezeiträumen gegenüber dem Kontrolllauf; Emissionszenario B1
- Abbildung 7-40 Veränderung des Winterniederschlags in Sachsen-Anhalt
- Abbildung 7-41 Veränderung des Sommerniederschlags in Sachsen-Anhalt
- Abbildung 7-42 Veränderung des Sommerniederschlags in Sachsen-Anhalt
- Abbildung 7-43 Änderungen des Frühjahrsniederschlags
- Abbildung 7-44 Änderung des Sommerniederschlags
- Abbildung 7-45 Änderung des Herbstniederschlags
- Abbildung 7-46 Änderung des Winterniederschlags
- Abbildung 7-47 10-jähriger mittlerer Jahresniederschlag, Emissionszenario A1B
- Abbildung 7-48 10-jähriger mittlerer Sommerniederschlag, Emissionsszenario A1B
- Abbildung 7-49 regionaler Sommerniederschlag, Emissionszenario A1B
- Abbildung 7-50 10-jähriger mittlerer Winterniederschlag, Emissionszenario A1B
- Abbildung 7-51 regionaler Winterniederschlag, Emissionsszenario A1B
- Abbildung 7-52 Niederschlag (in mm) in der Vegetationsperiode I
- Abbildung 7-53 Prozentuale Niederschlagsänderung in der Vegetationsperiode I gegenüber dem Vergleichszeitraum 1961-1990
- Abbildung 7-54 Niederschlag (in mm) in der Vegetationsperiode II
- Abbildung 7-55 Prozentuale Niederschlagsänderung in der Vegetationsperiode II
- Abbildung 7-56 Niederschlag im hydrologischen Sommer
- Abbildung 7-57 Prozentuale Niederschlagsänderung im hydrologischen Sommer
- Abbildung 7-58 Niederschlag im hydrologischen Winter
- Abbildung 7-59 Prozentuale Niederschlagsänderung im hydrologischen Winter
- Abbildung 7-60 Kenntage der Region Nord ; Emissionsszenario A1B
- Abbildung 7-61 Kenntage der Region Nord ; Emissionsszenario A2
- Abbildung 7-62 Kenntage der Region Nord ; Emissionsszenario B1
- Abbildung 7-63 Kenntage der Region Mitte/Süd ; Emissionsszenario A1B
- Abbildung 7-64 Kenntage der Region Mitte/Süd ; Emissionsszenario A2
- Abbildung 7-65 Kenntage der Region Mitte/Süd ; Emissionsszenario B1
- Abbildung 7-66 Kenntage der Region Harz ; Emissionsszenario A1B
- Abbildung 7-67 Kenntage der Region Harz ; Emissionsszenario A2
- Abbildung 7-68 Kenntage der Region Harz ; Emissionsszenario B1
- Abbildung 7-69 Hitzewellen in der Region Nord ; Emissionsszenario A1B
- Abbildung 7-70 Hitzewellen in der Region Mitte/Süd ; Emissionsszenario A1B

Abbildung 7-71 Hitzewellen in der Region Harz ; Emissionsszenario A1B
Abbildung 7-72 Trockenperioden in der Region Nord ; Emissionsszenario A1B
Abbildung 7-73 Trockenperioden in der Region Nord ; Emissionsszenario A2
Abbildung 7-74 Trockenperioden in der Region Nord ; Emissionsszenario B1

Impressum

ISSN 1619-4071

Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt. - Halle (2008) Sonderheft 3:

Regionale Klimaänderungen auf der Basis des statistischen Regionalisierungsmodells WETTREG - ANALYSEN und Trends für Sachsen-Anhalt -

Herausgeber und Bezug: Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, PSF 200 841,
06009 Halle, Sitz: Reideburger Str. 47, 06116 Halle, Telefon (0345) 5704 0
E-mail: daniela.kopitziok@lau.mlu.sachsen-anhalt.de

Diese Schriftenreihe wird kostenlos abgegeben und darf nicht verkauft werden. Der Nachdruck bedarf der Genehmigung.

Die Autoren sind für den fachlichen Inhalt ihrer Beiträge selbst verantwortlich. Die von ihnen vertretenen Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

September 2008

Diese Schrift darf weder von Parteien noch von Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben politischer Informationen oder Werbemittel. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Schrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner Gruppen verstanden werden könnte.