

Klima



Fachbeiträge des Landesumweltamtes

Heft Nr. 113

## **Auswertung regionaler Klimamodelle für das Land Brandenburg**

Darstellung klimatologischer Parameter  
mit Hilfe vier regionaler Klimamodelle  
(CLM, REMO, WettReg und STAR)  
für das 21. Jahrhundert



**Fachbeiträge des Landesumweltamtes, Titelreihe Heft-Nr. 113**

**Auswertung regionaler Klimamodelle für das Land Brandenburg**

Darstellung klimatologischer Parameter mit Hilfe vier regionaler Klimamodelle (CLM, REMO10, WettReg, STAR2) für das 21. Jahrhundert

**Herausgeber:**

Landesumweltamt Brandenburg (LUA)  
Seeburger Chaussee 2  
OT Groß Glienicke  
14476 Potsdam  
Tel.: 033201 - 442 171  
Fax: 033201 - 43678

**Internet:** <http://www.mugv.brandenburg.de/info/lua-publikationen>

**Bestelladresse:** [infoline@lua.brandenburg.de](mailto:infoline@lua.brandenburg.de)

**Autoren:**

LUA, Referat T2 - Klimaschutz, Umweltbeobachtung und -toxikologie, Carsten Linke, Siegfried Grimmert, in Zusammenarbeit mit Studentinnen des Geographischen Instituts der Humboldt Universität zu Berlin (HU Berlin), Ina Hartmann und Katja Reinhardt  
E-Mail: [carsten.linke@lua.brandenburg.de](mailto:carsten.linke@lua.brandenburg.de),  
Tel.: 033201 – 442 322  
Fax: 033201 – 442 399

**Redaktionelle, technische Umsetzung:**

LUA, Ref. Umweltinformation/Öffentlichkeitsarbeit S5

Potsdam, im Februar 2010

Die Veröffentlichung als Print und Internetpräsentation erfolgt im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Ministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Dritten zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Aufgaben- und Zielstellung</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>SRES-Szenarien (IPCC Special Report on Emission Scenarios)</b>	<b>9</b>
2.1	Erläuterung der SRES-Szenarien	9
2.2	Möglichkeiten und Grenzen der SRES-Szenarien	11
<b>3</b>	<b>Beschreibung der Regionalmodelle</b>	<b>13</b>
3.1	Möglichkeiten der Regionalisierung	13
3.2	CLM (Climate Local Modell)	15
3.3	REMO (Regional-Modell)	15
3.4	WettReg (Wetterlagenbasiertes Regionalisierungsverfahren)	17
3.5	STAR2 (Statistisches Regionalisierungsverfahren, Generation 2)	18
<b>4</b>	<b>Methodische Hinweise</b>	<b>20</b>
4.1	Betrachtungszeiträume	20
4.2	Erläuterungen der Klimaparameter	21
4.3	Skalierung und Darstellung	23
4.4	Die Software IDP	25
4.5	Rechtlicher Hinweis	26
<b>5</b>	<b>Beobachtete Entwicklung von Klimaparametern im 20. Jahrhundert</b>	<b>27</b>
5.1	Langfristige Trends von Temperatur und Niederschlag	27
5.2	Basiszeitraum (1971 – 2000)	31
5.2.1	Tagesmitteltemperatur	32
5.2.2	Niederschlag	34
5.2.3	Relative Feuchte	36
5.2.4	Sonnenscheindauer	38
5.2.5	Windgeschwindigkeit	40
5.2.6	Kenntage	42
<b>6</b>	<b>Projektionszeitraum 2031 – 2060</b>	<b>43</b>
6.1	Tagesmitteltemperatur der Luft	44
6.1.1	Tagesmitteltemperatur - meteorologisches Jahr	44
6.1.2	Tagesmitteltemperatur - meteorologisches Frühjahr	46
6.1.3	Tagesmitteltemperatur - meteorologischer Sommer	48
6.1.4	Tagesmitteltemperatur - meteorologischer Herbst	50
6.1.5	Tagesmitteltemperatur - meteorologischer Winter	52
6.1.6	Tagesmitteltemperatur - Vegetationsperiode I	54
6.1.7	Tagesmitteltemperatur - Vegetationsperiode II	56
6.2	Tagesmaximumtemperatur der Luft	58
6.2.1	Tagesmaximumtemperatur - meteorologisches Jahr	58
6.2.2	Tagesmaximumtemperatur - meteorologisches Frühjahr	60
6.2.3	Tagesmaximumtemperatur - meteorologischer Sommer	62
6.2.4	Tagesmaximumtemperatur - meteorologischer Herbst	64
6.2.5	Tagesmaximumtemperatur - meteorologischer Winter	66
6.2.6	Tagesmaximumtemperatur - Vegetationsperiode I	68
6.2.7	Tagesmaximumtemperatur - Vegetationsperiode II	70
6.3	Tagesminimumtemperatur der Luft	72
6.3.1	Tagesminimumtemperatur - meteorologisches Jahr	72
6.3.2	Tagesminimumtemperatur - meteorologisches Frühjahr	74
6.3.3	Tagesminimumtemperatur - meteorologischer Sommer	76
6.3.4	Tagesminimumtemperatur - meteorologischer Herbst	78
6.3.5	Tagesminimumtemperatur - meteorologischer Winter	80
6.3.6	Tagesminimumtemperatur - Vegetationsperiode I	82
6.3.7	Tagesminimumtemperatur - Vegetationsperiode II	84
6.4	Anzahl der Eistage	86

6.5	Anzahl der Frosttage	88
6.6	Anzahl der Sommertage	90
6.7	Anzahl der heißen Tage	92
6.8	Anzahl der Tropennächte	94
6.9	Mittlerer thermischer Vegetationsbeginn	96
6.10	Mittleres thermisches Vegetationsende	98
6.11	Niederschlag	100
6.11.1	Niederschlag - meteorologisches Jahr	100
6.11.2	Niederschlag - meteorologisches Frühjahr	102
6.11.3	Niederschlag - meteorologischer Sommer	104
6.11.4	Niederschlag - meteorologischer Herbst	106
6.11.5	Niederschlag - meteorologischer Winter	108
6.11.6	Niederschlag - Vegetationsperiode I	110
6.11.7	Niederschlag - Vegetationsperiode II	112
6.12	Relative Feuchte	114
6.12.1	Relative Feuchte - meteorologisches Jahr	114
6.12.2	Relative Feuchte - meteorologisches Frühjahr	116
6.12.3	Relative Feuchte - meteorologischer Sommer	118
6.12.4	Relative Feuchte - meteorologischer Herbst	120
6.12.5	Relative Feuchte - meteorologischer Winter	122
6.13	Wasserdampfdruck	124
6.13.1	Wasserdampfdruck - meteorologisches Jahr	124
6.13.2	Wasserdampfdruck - meteorologisches Frühjahr	126
6.13.3	Wasserdampfdruck - meteorologischer Sommer	128
6.13.4	Wasserdampfdruck - meteorologischer Herbst	130
6.13.5	Wasserdampfdruck - meteorologischer Winter	132
6.14	Anzahl der Tage mit Schwüle	134
6.15	Sonnenscheindauer	136
6.15.1	Sonnenscheindauer - meteorologisches Jahr	136
6.15.2	Sonnenscheindauer - meteorologisches Frühjahr	138
6.15.3	Sonnenscheindauer - meteorologischer Sommer	140
6.15.4	Sonnenscheindauer - meteorologischer Herbst	142
6.15.5	Sonnenscheindauer - meteorologischer Winter	144
6.16	Bedeckungsgrad	146
6.16.1	Bedeckungsgrad - meteorologisches Jahr	146
6.16.2	Bedeckungsgrad - meteorologisches Frühjahr	148
6.16.3	Bedeckungsgrad - meteorologischer Sommer	150
6.16.4	Bedeckungsgrad - meteorologischer Herbst	152
6.16.5	Bedeckungsgrad - meteorologischer Winter	154
6.17	Windgeschwindigkeit	156
6.17.1	Windgeschwindigkeit - meteorologisches Jahr	156
6.17.2	Windgeschwindigkeit - meteorologisches Frühjahr	158
6.17.3	Windgeschwindigkeit - meteorologischer Sommer	160
6.17.4	Windgeschwindigkeit - meteorologischer Herbst	162
6.17.5	Windgeschwindigkeit - meteorologischer Winter	164
6.18	Anzahl der Tage mit Starkwind	166

<b>7.</b>	<b>Projektionszeitraum 2071 - 2100</b>	<b>169</b>
7.1	Tagesmitteltemperaturen der Luft	170
7.1.1	Tagesmitteltemperatur - meteorologisches Jahr	170
7.1.2	Tagesmitteltemperatur - meteorologisches Frühjahr	172
7.1.3	Tagesmitteltemperatur - meteorologischer Sommer	174
7.1.4	Tagesmitteltemperatur - meteorologischer Herbst	176
7.1.5	Tagesmitteltemperatur - meteorologischer Winter	178
7.1.6	Tagesmitteltemperatur - Vegetationsperiode I	180
7.1.7	Tagesmitteltemperatur - Vegetationsperiode II	182
7.2	Tagesmaximumtemperaturen der Luft	184
7.2.1	Tagesmaximumtemperatur - meteorologisches Jahr	184
7.2.2	Tagesmaximumtemperatur - meteorologisches Frühjahr	186
7.2.3	Tagesmaximumtemperatur - meteorologischer Sommer	188
7.2.4	Tagesmaximumtemperatur - meteorologischer Herbst	190
7.2.5	Tagesmaximumtemperatur - meteorologischer Winter	192
7.2.6	Tagesmaximumtemperatur - Vegetationsperiode I	194
7.2.7	Tagesmaximumtemperatur - Vegetationsperiode II	196
7.3	Tagesminimumtemperaturen der Luft	198
7.3.1	Tagesminimumtemperatur - meteorologisches Jahr	198
7.3.2	Tagesminimumtemperatur - meteorologisches Frühjahr	200
7.3.3	Tagesminimumtemperatur - meteorologischer Sommer	202
7.3.4	Tagesminimumtemperatur - meteorologischer Herbst	204
7.3.5	Tagesminimumtemperatur - meteorologischer Winter	206
7.3.6	Tagesminimumtemperatur - Vegetationsperiode I	208
7.3.7	Tagesminimumtemperatur - Vegetationsperiode II	210
7.4	Anzahl der Eistage	212
7.5	Anzahl der Frosttage	214
7.6	Anzahl der Sommertage	216
7.7	Anzahl der heißen Tage	218
7.8	Anzahl der Tropennächte	220
7.9	Mittlerer thermischer Vegetationsbeginn	222
7.10	Mittleres thermisches Vegetationsende	224
7.11	Niederschlag	226
7.11.1	Niederschlag - meteorologisches Jahr	226
7.11.2	Niederschlag - meteorologisches Frühjahr	228
7.11.3	Niederschlag - meteorologischer Sommer	230
7.11.4	Niederschlag - meteorologischer Herbst	232
7.11.5	Niederschlag - meteorologischer Winter	234
7.11.6	Niederschlag - Vegetationsperiode I	236
7.11.7	Niederschlag - Vegetationsperiode II	238
7.12	Relative Feuchte	240
7.12.1	Relative Feuchte - meteorologisches Jahr	240
7.12.2	Relative Feuchte - meteorologisches Frühjahr	242
7.12.3	Relative Feuchte - meteorologischer Sommer	244
7.12.4	Relative Feuchte - meteorologischer Herbst	246
7.12.5	Relative Feuchte - meteorologischer Winter	248
7.13	Wasserdampfdruck	250
7.13.1	Wasserdampfdruck - meteorologisches Jahr	250
7.13.2	Wasserdampfdruck - meteorologisches Frühjahr	252
7.13.3	Wasserdampfdruck - meteorologischer Sommer	254

7.13.4	Wasserdampfdruck - meteorologischer Herbst	256
7.13.5	Wasserdampfdruck - meteorologischer Winter	258
7.14	Anzahl der Tage mit Schwüle	260
7.15	Sonnenscheindauer	262
7.15.1	Sonnenscheindauer - meteorologisches Jahr	262
7.15.2	Sonnenscheindauer - meteorologisches Frühjahr	264
7.15.3	Sonnenscheindauer - meteorologischer Sommer	266
7.15.4	Sonnenscheindauer - meteorologischer Herbst	268
7.15.5	Sonnenscheindauer - meteorologischer Winter	270
7.16	Bedeckungsgrad	272
7.16.1	Bedeckungsgrad - meteorologisches Jahr	272
7.16.2	Bedeckungsgrad - meteorologisches Frühjahr	274
7.16.3	Bedeckungsgrad - meteorologischer Sommer	276
7.16.4	Bedeckungsgrad - meteorologischer Herbst	278
7.16.5	Bedeckungsgrad - meteorologischer Winter	280
7.17	Windgeschwindigkeit	282
7.17.1	Windgeschwindigkeit - meteorologisches Jahr	282
7.17.2	Windgeschwindigkeit - meteorologisches Frühjahr	284
7.17.3	Windgeschwindigkeit - meteorologischer Sommer	286
7.17.4	Windgeschwindigkeit - meteorologischer Herbst	288
7.17.5	Windgeschwindigkeit - meteorologischer Winter	290
7.18	Anzahl der Tage mit Starkwind	292
<b>8.</b>	<b>Auswertungen und Zusammenfassung</b>	<b>294</b>
8.1	Summarische Auswertungen	294
8.2	Zusammenfassung	300
8.3	Empfehlungen und Hinweise	301
	Quellen- und Literaturverzeichnis	303
	Anhang:	304
	Leitlinien zur Interpretation regionaler Klimamodelldaten	

# 1 Aufgaben- und Zielstellung

Im Ergebnis des Landtagsbeschlusses vom 07. Juni 2007 (Beschluss 4/4639-B) wurde der „Maßnahmenkatalog zum Klimaschutz und zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ erstellt und im Juni 2008 von Kabinett und Landtag als weitere Handlungsgrundlage beschlossen. Das Aufgabenfeld Klimawandel und Anpassung übernahm hinsichtlich der politischen Steuerung die interministerielle Arbeitsgruppe (IMAG) „Anpassung an den Klimawandel“. Im Ergebnis der konstituierenden Sitzung am 26. Februar 2009 wurde das Landesumweltamt Brandenburg beauftragt, eine Auswertung der vorhandenen Klimamodelldaten mittels des interaktiven Diagnose- und Präsentationstools (IDP) bis Jahresende 2009 vorzunehmen.

Die globale und regionale Klimamodellierung hat in der Bundesrepublik Deutschland in den letzten Jahren deutliche Fortschritte gemacht. Aktuell werden auf der regionalen Ebene verschiedene Modellansätze eingesetzt und weiterentwickelt. Für vier Modelle (CLM, REMO, STAR, WettReg) sind die Daten deutschlandweit vorhanden und frei verfügbar. Deutschland befindet sich damit im Hinblick auf die Verfügbarkeit regionaler Klimasimulationen in einer komfortablen Situation. In anderen europäischen Staaten ist diese Vielfalt nicht gegeben. Die Vielfalt der verschiedenen Modelle ermöglicht, die möglichen Entwicklungstrends zuverlässiger zu erkennen und die Spannweite der möglichen Klimaänderung abzuschätzen.

Darüber hinaus können Modellierer und Wissenschaftler die Validität der Szenariendaten, die wegen der unterschiedlichen Regionalisierungsmethoden gestärkt wird, besser interpretieren. Voraussetzung ist eine Zusammenstellung der grundsätzlichen Entwicklungstrends, die die Simulationen der Modelle zum Ausdruck bringen. Neben der Einführung in die Nomenklatur wurden Ausführungen zu den vom IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) festgelegten Szenarien und deren Einordnung für die vorliegende Arbeit integriert. Des Weiteren werden einige Grundlagen zur Klimamodellierung erläutert und die verwendeten Modelle (CLM, REMO, STAR, WettReg), ihre Bezugsgrößen, Vor- und Nachteile beschrieben.

Im Rahmen des Vorhabens wurden klimatologische Kenngrößen für das Jahr und in jahreszeitlicher Differenzierung für jedes der vier Regionalmodelle berechnet und in geeigneter Weise visualisiert. Eine kurze Erstbewertung findet ebenfalls statt. Die erwartungsgemäß auftretenden Differenzen zwischen den Modelltypen, Modellen oder Modellläufen und/oder deren Ursachen sind in einem separaten Schritt zu diskutieren und zu beurteilen. Dies stellt ein sehr komplexes und schwieriges Unterfangen dar und erfordert die Einbindung der Fachkenntnisse der Modellentwickler, Meteorologen und Klimatologen.

Im Vordergrund des Modellvergleichs steht die Herausarbeitung von Trends und der Intensität der Veränderung einzelner klimatologischer Parameter in Bezug auf die Länder Berlin und Brandenburg. Um die Ergebnisse des Modellvergleichs und die Interpretation der Ergebnisse besser einordnen zu können, werden in einem ersten Schritt für den Basiszeitraum (1971 – 2000) die Beobachtungsdaten einzelner Klimaparameter sowie die 110-jährige Entwicklung von Temperatur und Niederschlag an der Station Potsdam dargestellt. Im zweiten Schritt werden modellspezifische Werte des Basiszeitraumes den modelleigenen Ergebnissen zweier verschiedener Projektionszeiträume gegenübergestellt und als Differenzgrößen ausgegeben. Diese zwei Projektionszeiträume wurden so gewählt, um mittelfristige und langfristige Trendaussagen zu erhalten. Unter Beachtung aller Rahmenbedingungen (Kapitel 2 u. 3) und methodischen Hinweise (Kapitel 4) ist davon auszugehen, dass es sich bei den dargestellten Trends um Mindestgrößen der Veränderungen innerhalb der verschiedenen klimatologischen Parameter handelt. Es ist zu prüfen, ob und wann die Zwei-Grad-Grenze erreicht ist und wie sich die anderen Klimaparameter dabei verändern.

Im Expertenbericht „The Copenhagen Diagnosis“ vom 25. November 2009 weisen die Autoren darauf hin, dass die Zwei-Grad-Leitplanke bereits im Jahr 2040 überschritten wird, wenn nicht umgehend Maßnahmen zur Reduzierung des Treibhausgasausstoßes ergriffen werden. Gleichzeitig zeigen die Wissenschaftler auf, wie sich die Emissionsminderung vollziehen muss, damit mit einer 75-prozentigen Wahrscheinlichkeit die Zwei-Grad-Grenze noch eingehalten werden kann. Die Abb. 1.1 zeigt deutlich, dass sich die Minderungsraten und somit auch die volkswirtschaftlichen Anstrengungen erhöhen müssen, je später in die absolute Emissionsminderung eingestiegen wird.

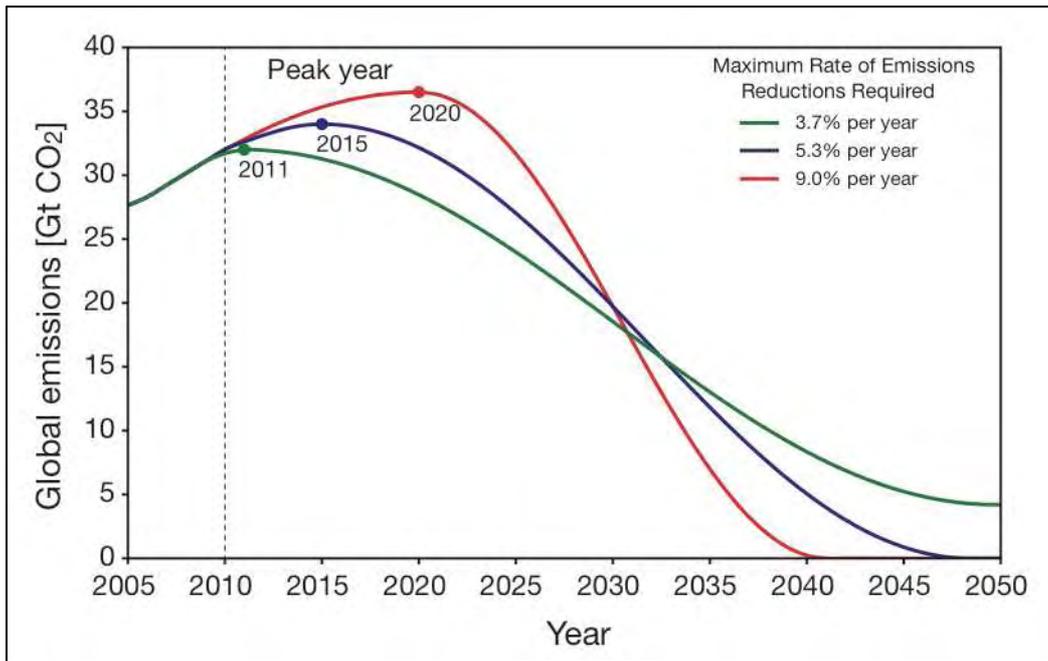


Abb. 1.1 mögliche Emissionsminderungsfade zur Einhaltung der Zwei-Grad-Grenze  
 Quelle: The Copenhagen Diagnoses ([www.copenhagendiagnosis.com](http://www.copenhagendiagnosis.com)) 2009

Die vorliegende Auswertung und Darstellung klimatologischer Parameter für das 21. Jahrhundert im Land Brandenburg ist eine wichtige Basisinformation für die Entwicklung und Fortführung von Klimaschutz- und Anpassungsstrategien sowie zielgerichteter Maßnahmen. Gleichzeitig reflektiert der Modellvergleich der vier regionalen Klimamodelle (CLM, REMO, WettReg, STAR) den Stand der Klimamodellierung. Die Untersuchung ist auch Grundlage für weiterführende fachliche und wissenschaftliche Detailbetrachtungen, die Weiterentwicklung von Auswertesoftware sowie der Klimamodelle.

## 2 SRES-Szenarien (IPCC Special Report on Emission Scenarios)

### 2.1 Erläuterung der SRES-Szenarien

Die globale wie regionale Klimamodellierung basiert auf Szenarien der Entwicklung der Weltbevölkerung, der Wirtschaft - besonders der Energiewirtschaft - und anderen Globalisierungsfaktoren. Die Annahmen zu den externen Faktoren entsprechen dem jeweils aktuellen Stand der Wissenschaft.

Externe Faktoren sind Einflussgrößen, die nicht aus dem Klimasystem selbst, beispielsweise durch Rückkopplungen, zu erklären sind. Zu den externen Faktoren zählen auch natürliche Faktoren, wie beispielsweise Vulkanausbrüche. Mittel- und langfristig sind Vulkanausbrüche nicht vorhersagbar, weder in ihrem Auftreten noch in ihrer Stärke. Somit bleibt auch die Menge an Stäuben und Gasen, die durch einen Vulkanausbruch in die Atmosphäre gelangen, eine unbekannte Größe. Diese externen Faktoren können in der Modellierung des Klimasystems nicht oder nur unzureichend berücksichtigt werden.

Zu externen Faktoren gehört aber auch die zukünftige Entwicklung der anthropogenen Emissionen von klimawirksamen Gasen, insbesondere Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O). Abhängig von ökonomischen, sozialen und technologischen Entwicklungen sowie von politischen Entscheidungen sind verschiedene Szenarien vorstellbar, aber nicht vorhersagbar. Die Klimaforschung geht daher von einer breiten Varianz an vorstellbaren Entwicklungspfaden aus, die sie als Grundlage für die Projektionen heranziehen.

Die Ergebnisse globaler Modelle (z.B. ECHAM5-MPI-OM) und damit auch alle darauf basierenden Regionalisierungen (z.B. 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 genaue Kenntnis der Klimasensitivität ist für die künftige Entwicklung des Klimas von elementarer Bedeutung, da mit ihrer Hilfe die aus einer bestimmten Treibhausgaskonzentration resultierende Erwärmung errechnet werden kann.

Die Klimasensitivität ist eine Maßzahl, die die Erwärmung der Erdatmosphäre durch die Wirkung von Treibhausgasen ins Verhältnis zu einer Strahlungseinheit setzt. Man kann sie in °C/(Watt/m<sup>2</sup>) angeben. Geläufiger ist jedoch die Angabe der Klimaerwärmung bei Verdoppelung der CO<sub>2</sub>-Konzentration. Das heißt, dass die Durchschnittstemperatur der Erde um diesen Betrag ansteigt, wenn sich die CO<sub>2</sub>-Konzentration von den vorindustriellen 280 ppm auf dann 560 ppm erhöht. Die National Academy of Sciences warnte als weltweit erste große Wissenschaftsorganisation vor einer globalen Erwärmung und gab im Jahr 1979 für die Klimasensitivität einen wahrscheinlichen Wert zwischen 2 und 3,5 °C an. Das IPCC gibt in seinem 2007 erschienenen 4. Sachstandsbericht Werte zwischen 2 und 4,5 °C als 'wahrscheinlich' an. Der beste mittlere Schätzwert liege bei 3 °C, und eine Sensitivität von unter 1,5 °C sei 'sehr unwahrscheinlich'. Neben Kohlendioxid tragen auch noch weitere Gase zum Treibhauseffekt bei, so dass auch für diese jeweils eigene Klimasensitivitäten ermittelt werden können. Der Einfachheit halber wird deren Beitrag meist mittels der so genannten CO<sub>2</sub>-Äquivalente berechnet [1]. Aus dieser wissenschaftlichen Debatte leitet sich die Zwei-Grad-Grenze als höchstzulässige Veränderung gegenüber der vorindustriellen Entwicklung ab.

#### Szenario-Familien

Erstmals 2000 hat das IPCC der UN (auch UN-Weltklimarat bzw. Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimafragen) die auf verschiedenen Entwicklungspfaden basierenden Zukunftsszenarien in vier Hauptgruppen unterteilt. Es ist von vier Szenarien-Familien die Rede, die als A1, A2, B1 und B2 bezeichnet werden.

Die charakteristische Größe für alle SRES-Szenarien ist das Niveau an klimawirksamen Gasen in der Atmosphäre (in ppm), bei dem es zu einer Stabilisierung des Gehaltes kommt. Es wird von der Stabilisierungskonzentration gesprochen.

Im Folgenden sollen diese vier grundsätzlich verschiedenen Szenarien-Familien kurz erläutert werden, um die in dieser Broschüre ausgewerteten statistischen Daten besser einordnen zu können.

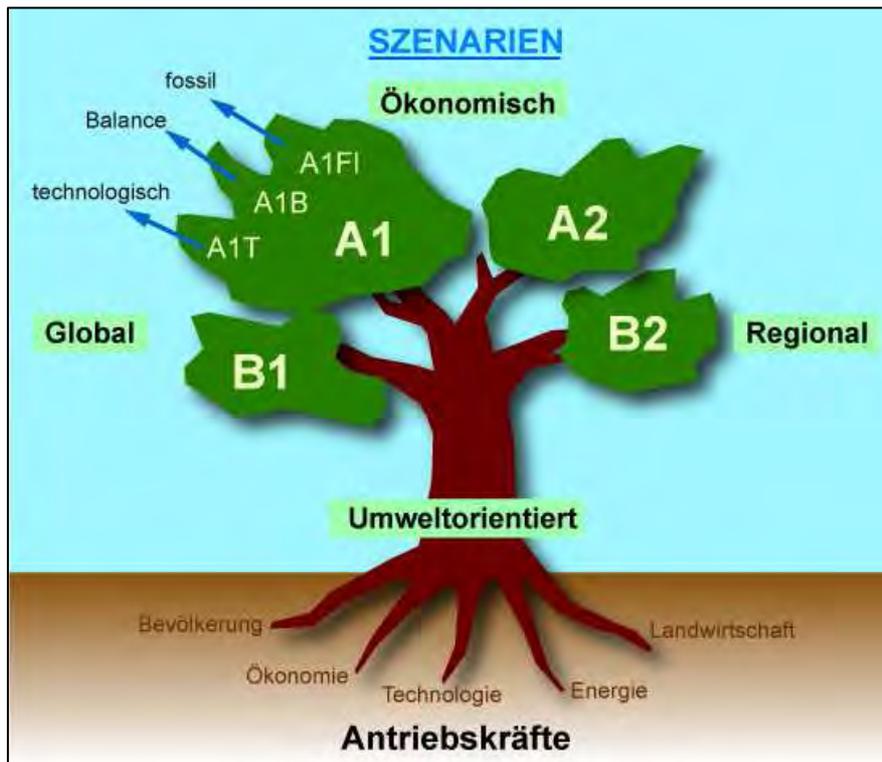


Abb. 2.1 Baum zu den SRES-Szenarien des IPCC  
Quelle: Bildungsserver Hamburg

### Die Szenarien-Familie A1

In der Szenarien-Familie A1 werden solche Szenarien zusammengefasst, die von einer durch Globalisierung homogenisierten und auf ökonomisch ausgerichtete Interessen basierenden Welt ausgehen. Dabei werden beispielsweise ein sehr schnelles Wirtschaftswachstum, eine zügige Einführung neuer (energie-)effizienter Technologien, ein ab Mitte des 21. Jahrhundert rückläufiges Bevölkerungswachstum sowie eine Verringerung regionaler Unterschiede im Pro-Kopf-Einkommen angenommen.

Abhängig von der technologischen Entwicklung der Energiegewinnung werden in der A1-Familie drei weitere Untergruppen unterschieden. Das Szenario A1FI basiert auf einer Emissionsentwicklung, die durch intensiv genutzte fossile Rohstoffe zur Energiegewinnung bestimmt ist. Bei dem Szenario A1T würden dagegen ausschließlich nicht-fossile Energiequellen genutzt. Das Szenario A1B stellt einen Zwischenweg zwischen den beiden Extremen von A1FI und A1T dar, dabei würden alle vorhandenen Energiequellen ausgewogen genutzt. Ausgewogenheit bedeutet in diesem Zusammenhang, dass es keine einseitige Abhängigkeit von einem Energieträger gibt.

### Die Szenarien-Familie A2

In der Szenarien-Familie A2 werden solche Szenarien zusammengefasst, die wie die Szenarien der A1-Familie von einer Wirtschaftsorientierung ausgehen. Aber im Gegensatz zu A1 wird eine heterogene Welt auf Basis unterschiedlicher Regionen angenommen. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Weltbevölkerung auch weiterhin wächst, die Wirtschaft vor allem regional ausgerichtet ist, sich das Pro-Kopf-Einkommen zwischen den Regionen nur sehr langsam angleicht und sich technologische Veränderungen nur langsam durchsetzen.

### Die Szenarien-Familie B1

In der Szenarien-Familie B1 werden solche Szenarien zusammengefasst, die von einer durch Globalisierung homogenen Welt ausgehen, die aber im Unterschied zur Szenarien-Familie A1 auf nachhaltiges Wirtschaften und Leben ausgerichtet ist. Dabei wird von einem Bevölkerungsrückgang ab Mitte des 21. Jahrhunderts, einem schnellen Strukturwandel hin zur Informations- und Dienstleistungsgesellschaft bei gleichzeitigem Rückgang des Materialverbrauchs sowie der Einführung von ressourceneffizienten und emissionsarmen Technologien ausgegangen.

### Die Szenarien-Familie B2

In der Szenarien-Familie B2 werden solche Szenarien zusammengefasst, bei der eine heterogene Welt auf Grundlage unterschiedlicher Regionen angenommen wird. Auf der Ebene der Regionen wird aber, wie in der Szenarien-Familie B1, wirtschaftliche, soziale und umweltgerechte Nachhaltigkeit umgesetzt. Dabei wird von einem weiteren Anstieg der Bevölkerung, einer wirtschaftlichen Entwicklung auf mittlerem Niveau, aber auch vielfältigen technologischen Fortschritt ausgegangen.

Alle Szenarien-Familien beinhalten keine zusätzlichen Klimainitiativen, wie die Begrenzung der Emission von CO<sub>2</sub>, wie sie im Kyoto-Protokoll vereinbart wurde. Laut der IPCC sind alle Szenarien der genannten Familien als gleichsam wahrscheinlich zu betrachten. Daher sollten bei einer Betrachtung des zukünftigen Klimas möglichst verschiedene Szenarien berücksichtigt werden.

## 2.2 Möglichkeiten und Grenzen der SRES-Szenarien

Neben den Projektionen in die Zukunft unter Berücksichtigung der verschiedenen SRES-Szenarien, ist die Klimaforschung auch weiterhin damit beschäftigt, Erkenntnisse über das Klimasystem und dessen Wirkungsweise zu gewinnen, Daten zu sammeln und diese in die Modelle zu integrieren. Das Global Carbon Project, eine interdisziplinäre Gruppe internationaler Wissenschaftler, betrachtet beispielsweise jährlich die Entwicklung des Gehalts an klimawirksamen Gasen im Verhältnis zu den Werten, die anhand der Szenarien errechnet wurden.

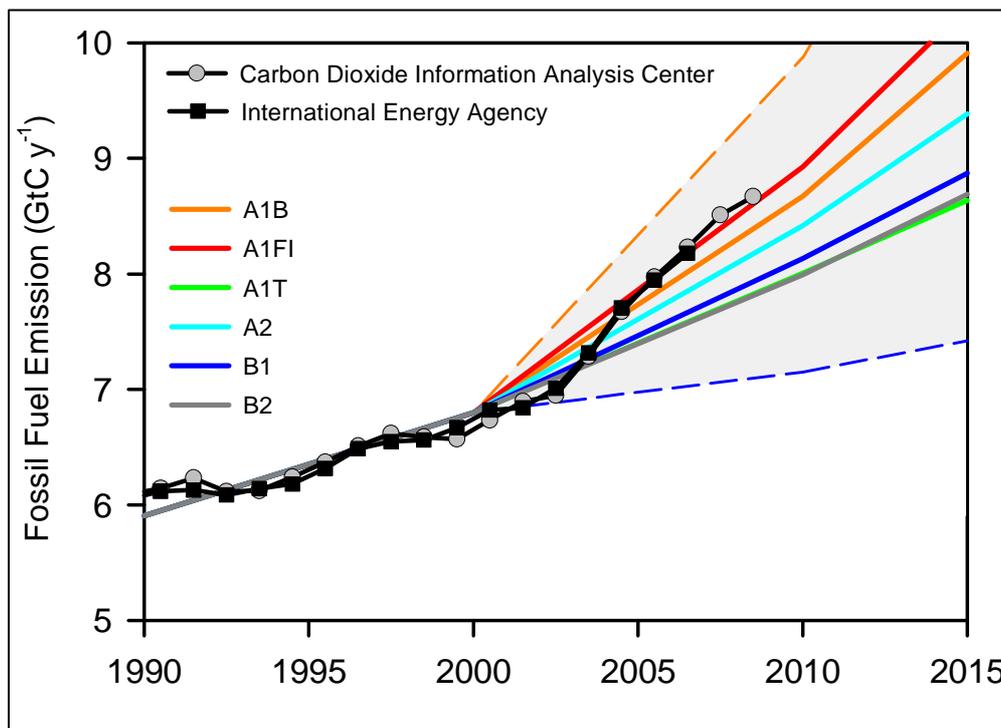


Abb.2.2 Entwicklung der gemessenen CO<sub>2</sub>-Emissionen im Vergleich zu den SRES-Szenarien  
Quelle: [www.globalcarbonproject.org](http://www.globalcarbonproject.org), Nov. 2009

Wie in Abb. 2.2 erkennbar, lagen die CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Jahren 2005 bis 2007 bereits über denen des Szenarios A1FI, bei denen im Vergleich zu allen anderen SRES-Szenarien von den höchsten Emissionen ausgegangen wird. Den verschiedenen SRES-Szenarien liegen unterschiedliche Anstiegsraten für CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Jahr zu Grunde. Diese reichen für den Zeitraum 2000 - 2010 von 1,6 (B2) bis 2,7 Prozent pro Jahr (A1FI). Die beobachtete Entwicklung weist in der Zeit 2000 - 2007 eine jährliche Steigerungsrate von 3,5 Prozent aus [2]. Für das Jahr 2009 wird auf Grund der Wirtschaftskrise eine deutlich geringere Steigerungsrate erwartet.

Auf Grund dieser Beobachtungen sowie unter Berücksichtigung weiterer Erkenntnisse, müssen auch die SRES-Szenarien unter einem neuen Blickwinkel betrachtet werden. Klimaforscher gehen

inzwischen davon aus, dass das Szenario mit den höchsten Emissionen an klimawirksamen Gasen (A1FI) und in deren Folge mit dem höchsten Temperaturanstieg nicht mehr als Extrem-Szenario angesehen werden kann, sondern immer wahrscheinlicher wird.

Vor diesem Hintergrund arbeiten die Wissenschaftler des IPCC an neuen Szenarien, die voraussichtlich aber erst im 5. Sachstandsbericht angewandt werden.

#### Auswahl eines Szenarios

Für die vorliegende Auswertung regionaler Klimamodelle lagen für alle Klimaparameter und beide Projektionszeiträume (2031 - 2060 und 2071 - 2100) Daten auf Grundlage der Szenario-Gruppe A1B vor. Weitere allerdings unvollständige Daten waren für die Szenario-Familien A2 und B1 vorhanden. Nicht von jedem Modell liegen die notwendigen Regionalisierungen für A2 oder B1 vor. So wurden für das Szenario A2 beispielsweise keine Berechnungen mit dem Modell CLM erstellt.

Für das Szenario A1FI, welches der realen Entwicklung zurzeit am nächsten kommt, liegen in Deutschland keine Regionalisierungen vor. Da ein vorrangiges Ziel dieser Auswertung ist, einen Trend des zukünftigen Klimas mittels verschiedener Modelle herauszuarbeiten, sind die Betrachtungen nur auf ein Szenario beschränkt worden. Unter Berücksichtigung der zuvor getroffenen Einschätzungen und den vorhandenen Daten wurde der Modellvergleich anhand des Szenarios A1B durchgeführt. Einen etwaigen Verlauf der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Szenario A1B im Vergleich zu anderen zeigt die nachstehende Abbildung 2.3. Die regionalen Auswirkungen der drei SRES-Szenarien sind im Kapitel 8.1 ansatzweise dargestellt.

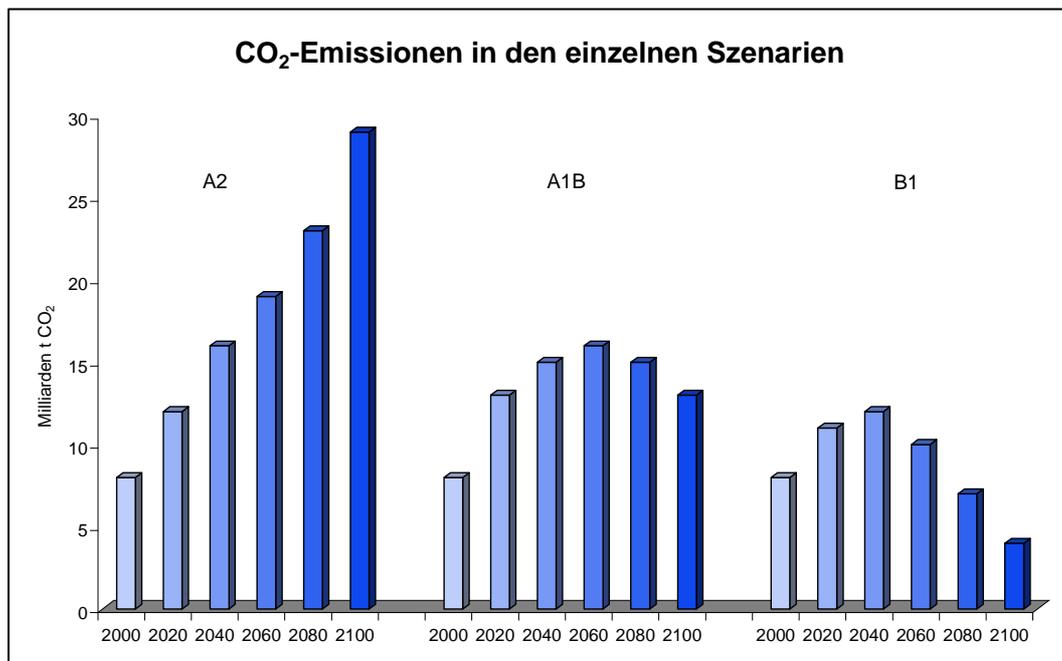


Abb. 2.3 Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in ausgewählten SRES-Szenarien  
Quelle: MPI-Hamburg, 2006

## 3 Beschreibung der Regionalmodelle

### 3.1 Möglichkeiten der Regionalisierung

Um Aussagen das zukünftige Klima betreffend zu erhalten, wird in der Klimaforschung mit Modellen gearbeitet. Dabei werden komplexe physikalische Zusammenhänge mathematisch bzw. statistisch abgebildet.

Grundsätzlich werden zwei verschiedene Strategien unterschieden, wie die komplexen Zusammenhänge des Klimasystems in Modellen abgebildet werden. Man spricht von dynamischen und statistischen Modellen.

#### Dynamische Modelle

In dynamischen Modellen (z. B. ECHAM 5, REMO und CLM) werden die einzelnen, beispielsweise in der Atmosphäre stattfindenden physikalischen Prozesse in mehrere Teilprozesse unterteilt und mathematisch ausgedrückt.

Wenn man sich beispielsweise ein Luftpaket in der Atmosphäre vorstellt, das durch thermische Konvektion aufsteigt, sind in einem dynamischen Modell (vereinfacht) drei Schritte erforderlich. Zunächst müssen die physikalischen Eigenschaften des Luftpakets am Ausgangspunkt bekannt sein. Diese werden mit einer Formel für den zu beschreibenden Prozess berechnet, so dass am Ende der neue Zustand des Luftpakets nach der thermischen Konvektion mathematisch vorliegt. Dieser wiederum ist Ausgang für weitere Berechnungen weiterer Prozesse im Klimasystem.

Beim Klimasystem handelt es sich um ein zirkulierendes System. Das bedeutet, dass sich jeder Luftpartikel nicht nur physikalisch ändert, beispielsweise in seinen Massen- oder Energieeigenschaften, sondern auch räumlich, beispielsweise durch Strömungen seine Lage verändert. Dabei geht keine Energie verloren. Außerdem ist das bisher isoliert betrachtete System Atmosphäre auch an die Systeme Ozean, Biosphäre, Kohlenstoffkreislauf und weitere gekoppelt. Ein solches komplexes System ist modellhaft in Abb. 3.1 dargestellt.

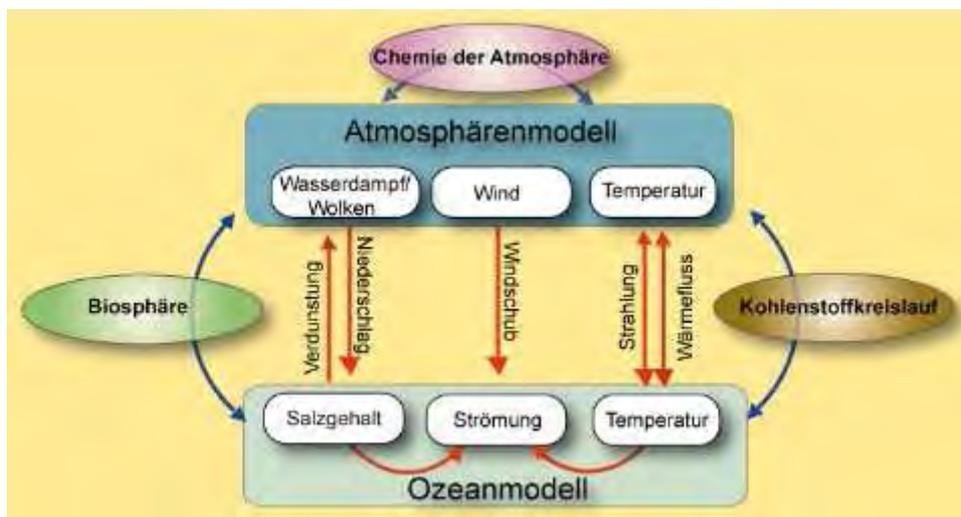


Abb. 3.1 Beispiel eines gekoppelten Ozean-Atmosphären-Modells; Quelle [wiki.bildungsserver.de](http://wiki.bildungsserver.de)

In einer Modellierung des Klimasystems kann jedoch nicht jeder Wasser-, Luft- oder Kohlenstoffpartikel an jedem Punkt der Erde berücksichtigt und in seinen Veränderungen nachvollzogen werden. Hinsichtlich einzelner Prozesse besteht nach wie vor wissenschaftlicher Forschungsbedarf. Die Grenzen werden aber insbesondere dadurch gesetzt, dass auch leistungsstarke Großrechner nur mit einem bestimmten Datensatz in akzeptablen Zeiträumen Ergebnisse errechnen können. Um diesem Problem zu begegnen, sind den Klimamodellen dreidimensionale Gitternetze hinterlegt. Das bedeutet, dass beispielsweise die Atmosphäre in Luftpakete unterteilt wird, die in dreidimensionalen Gitterboxen ihren Ausdruck finden. Berechnungen von beispielsweise Temperaturveränderungen in der Atmosphäre werden nur an den Gitternetzpunkten durchgeführt. Abhängig davon, welcher Betrachtungsraum untersucht werden soll, wird in globale oder regionale dynamischen Modellen unterschieden.

In der Klimaforschung werden globale Klimamodelle (Global Climatic Model, GCM) und regionale Klimamodelle unterschieden. Der wesentliche Unterschied ist, dass nur dynamische Modelle in der Lage sind Feedback-Prozesse zu simulieren, die aus physikalischen Gründen entstehen. Dies kann eventuell erst in wärmeren Klimaten passieren, da bestimmte Schwellenwerte überschritten werden müssen [3].

Ein weiterer Unterschied zwischen regionalen und globalen Modellen besteht im Abstand zwischen den Gitternetzpunkten. Bei einem globalen Klimamodell betragen die horizontalen Gitternetzpunktabstände etwa 200 bis 250 km. Wie in Abb. 3.2 zu sehen, sind seit dem ersten Bericht des IPCC die Auflösungen der Globalmodelle immer höher und somit die Gitternetzpunktabstände immer kleiner geworden. In einem regionalen Klimamodell können die Gitternetzpunktabstände in günstigen Fällen unter 10 km betragen.

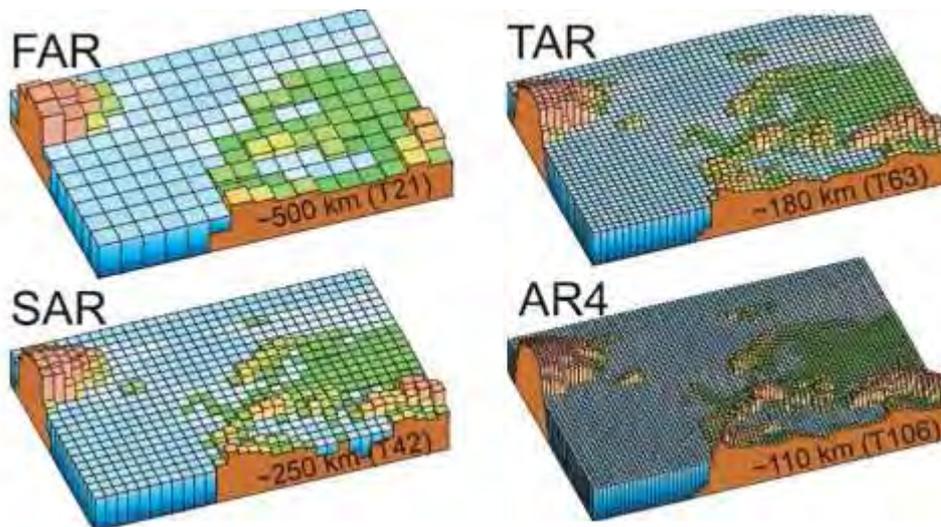


Abb. 3.2 Veränderung der Gitterpunktauflösung globaler Modelle. (FAR) Laut erstem IPCC-Sachstandsbericht [IPCC 1990]; (SAR) laut zweitem IPCC-Sachstandsbericht [IPCC 1996]; (TAR) laut drittem IPCC-Sachstandsbericht [IPCC 2001a] und (AR4) laut viertem IPCC-Sachstandsbericht [IPCC 2007].  
Quelle: [Somerville u. a. 2007]

Damit geht einher, dass in einem regionalen Klimamodell auch Einflüsse auf das Klimasystem berücksichtigt werden können, die in einem globalen Klimamodell aufgrund der räumlichen Ausdehnung einer Gitterbox zu klein sind, gemeint sind beispielsweise kleinräumige Reliefunterschiede, die Vegetationsbedeckung und hydrologische Bedingungen. Prozesse, die bedeutsam für das Klimasystem, aber zu kleinräumig sind, als dass sie zwischen den Gitterboxen verfolgt werden können, werden als subskalige Prozesse bezeichnet. Ein sehr wichtiger subskaliger Prozess ist die Wolken- und Niederschlagsbildung, die an kleinsten Partikeln innerhalb der Atmosphäre stattfindet. Auch für einige Regionalmodelle sind diese als subskalig anzunehmen. Um die Einflüsse dieser Prozesse trotzdem innerhalb eines Klimamodells berücksichtigen zu können, werden sie parametrisiert. Unter einer Parametrisierung versteht man eine statistische Beschreibung aufgrund von Beobachtungsdaten für die relevanten Klimaparameter. Problematisch sind solche Parametrisierungen insbesondere für solche Regionen, in denen es keine kontinuierliche Aufzeichnung von Klimaparametern gibt.

In einem Regionalmodell spielen nicht nur kleinräumige Prozesse eine Rolle, sondern auch die atmosphärische Zirkulation mit ihren Windsystemen sowie den Hoch- und Tiefdruckgebieten sind bedeutsam für das regionale Klima. Deswegen müssen in einem regionalen Klimamodell auch Zusammenhänge aus globalen Klimamodellen berücksichtigt werden. In der Klimaforschung spricht man davon, dass das regionale Klimamodell von einem globalen Klimamodell angetrieben wird. Um den Rechenprozess möglichst gering zu halten, werden hochaufgelöste regionale Klimamodelle in globale eingebettet, es ist von einem dynamischen Downscaling die Rede. In Abb. 3.3 ist ein solcher Prozess vereinfacht dargestellt.

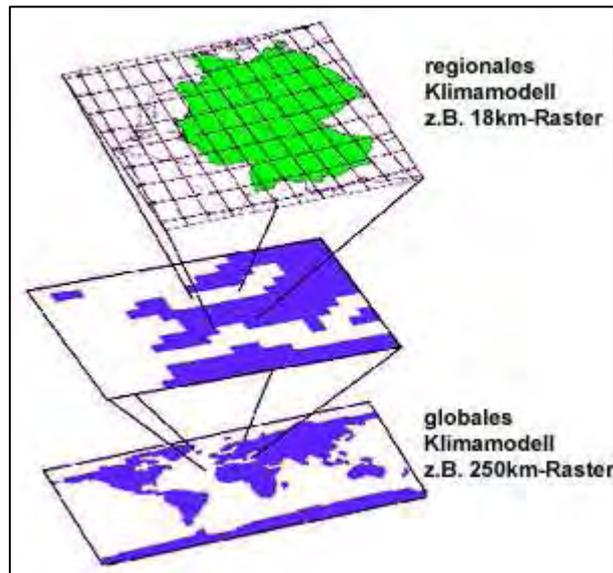


Abb.3.3 vereinfachte Darstellung des Downscaling in einem regionalen Modell;  
Quelle: Bösch, Bernhard (2008):

#### Statistische Modelle

In statistischen Modellen (z.B. STAR und WettReg) wird im Gegensatz zu den dynamischen Modellen das Klimasystem nicht in einzelne Prozesse und Sphären unterteilt und diese berechnet. Vielmehr werden die an Stationen gemessenen Klimaparameter als Resultat der Wirkungsweisen des Klimasystems angenommen. Aus den gewonnenen Beobachtungsdaten werden statistische Zusammenhänge ermittelt, die während einer so genannten Lernphase weiter entwickelt und verbessert werden. Für die Projektionen in die Zukunft werden die statistischen Zusammenhänge fortgeschrieben.

Dieses Vorgehen wäre theoretisch auch für den globalen Maßstab denkbar. Problematisch ist jedoch, dass es im globalen Maßstab kein ausreichend dichtes, kontinuierlich betriebenes Messnetz gibt, erinnert sei dabei an die großen Ozeanflächen, Extremregionen, aber auch an politisch unsichere Regionen auf der Erde. Somit ist das statistische Herangehen an die Modellierung nur für bestimmte Regionen sinnvoll.

Auch die statistischen Regionalmodelle werden durch die Randbedingungen der Globalmodelle angetrieben, nur so ist eine Berücksichtigung der sich global vollziehenden Klimaveränderungen möglich.

Für die Klimafolgenabschätzung stehen in Deutschland vier regionale Klimamodelle, die von verschiedenen Forschungseinrichtungen entwickelt wurden und unterschiedliche Spezifika aufweisen, zur Verfügung (CLM, REMO, WettReg, STAR). Während es sich bei WettReg und STAR um statistische Klimamodelle handelt, sind CLM und REMO dynamische Klimamodelle. Die Projektionen, die mit den verschiedenen Modelltypen errechnet werden, sind demnach nicht immer direkt miteinander vergleichbar (siehe Kap. 4.6 Niederschlagskorrektur).

Alle in dieser Zusammenstellung verwendeten Regionalmodelle werden durch das vom Max-Planck-Institut Hamburg entwickelte Globalmodell ECHAM5-MPI-OM (ECHAM5) angetrieben, so dass die Randbedingungen als gleichwertig anzusehen sind.

### 3.2 CLM (Climate Local Modell)

Das Regionalmodell CLM wurde vom Deutschen Wetterdienst in Offenbach (DWD) entwickelt und durch ein europäisches Konsortium (Consortium for Small Scale Modeling) weiterentwickelt (Cosmo-LM). Es handelt sich dabei um ein dynamisches Regionalmodell, das heißt, wie eingangs beschrieben, dass die Regionalisierungen durch dynamisches Downscaling erreicht werden. Sowohl die Anfangsbedingungen als auch die Randbedingungen werden aus einem globalen Modell (ECHAM5) übernommen.

CLM basiert auf einem aktuellen Wettervorhersagemodell, das für Langzeitsimulationen so modifiziert wurde, dass auch variable bodennahe Kenngrößen zeitabhängig berücksichtigt werden können. Zudem fließen Trends von Treibhausgaskonzentrationen sowie Energie- und Wassergehalte in tieferen Bodenschichten ein. Bei CLM handelt es sich um ein nicht-hydrostatisches Modell. Das bedeutet, dass auch hohe vertikale Bewegungen in der Atmosphäre im Modell berücksichtigt werden. Somit liefert das Modell Zeitreihen bodennaher und atmosphärischer Elemente. Da das Modell einige Zufallsvariablen enthält, weisen die Ergebnisse der einzelnen Rechenläufe Unterschiede auf. Um möglichst genaue Projektionen zu erhalten, müssten viele tausend Rechenläufe mit dem Modell vollzogen werden. Da aufgrund der Komplexität des Modells die Rechenläufe jedoch sehr aufwändig sind, liegen bisher nur Ergebnisse aus zwei Rechenläufen vor. In dieser Untersuchung wurden die Ergebnisse beider Läufe visualisiert (CLM\_L1 und CLM\_L2).

Die Resultate werden mit einer Gitterauflösung von ca. 18 km x 18 km ausgegeben. Die monatlichen Zeitreihen stehen für den Zeitraum 1961 bis 2100 zur Verfügung. Die für diese Untersuchung relevanten Zeiträume sind vollständig abgedeckt.

Eine umfangreiche englischsprachige Dokumentation des Basismodells Cosmo-LM ist unter <http://www.cosmo-model.org/content/model/documentation/core/default.htm> vorhanden.

<b>CLM</b>	<b>Vorteile des Modells</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- physikalische Beschreibung der Atmosphäre durch Verwendung der dritten Bewegungsgleichung in nicht-hydrostatischer Form,</li> <li>- für kleine Gitterweiten besonders geeignet,</li> <li>- atmosphärische Parameter liegen in guter räumlicher und zeitlicher Auflösung vor,</li> <li>- Portierbarkeit in beliebige Regionen</li> </ul>
	<b>Nachteile des Modells</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hoher Rechenaufwand bei der Erstellung von Szenarien,</li> <li>- nur zwei Realisierungen für A1B verfügbar,</li> <li>- hohe Abweichung zu Beobachtungsdaten (wesentlich feuchter und kühler)</li> </ul>
	<b>Genutzter Datenstrom</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ergebnisse der Ensemble-Klimasimulationen mit einer ursprünglich räumlichen Auflösung von 0,165 Grad in geographischer Länge und Breite,</li> <li>- Daten aus dem Datenstrom 3 der CERA-Datenbank mit einer räumlichen Auflösung von 0,2 Grad in geographischer Länge und Breite</li> </ul>

Tab. 3.2 Übersicht CLM; Quelle: CEC-Potsdam, LUA Brandenburg

### 3.3 REMO (REgional-MOdel)

Das Regionalmodell REMO wurde vom Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg (MPI-M) entwickelt. Es handelt sich dabei um ein dynamisches Regionalmodell, das heißt, dass die Regionalisierungen durch dynamisches Downscaling erreicht werden. Sowohl die Anfangsbedingungen als auch die Randbedingungen werden aus einem globalen Modell übernommen.

Die Besonderheit an REMO ist die Strategie des so genannten doppelten Nesting, das bedeutet, dass der Prozess des dynamischen Downscaling zweimal hintereinander durchgeführt wird. Zunächst wird in einem Fenster, das etwa von Südgrönland bis zum Nahen Osten reicht, eine 50-km-Auflösung erreicht. Dies stellt gegenüber dem antreibenden Globalmodell eine sehr starke Erhöhung der Auflösung dar. In einem weiteren Schritt, dem zweiten Downscaling wird eine weitere Erhöhung der Auflösung auf 10 km erreicht. Diese Auflösung (REMO10 oder REMO\_10) liegt für die Bundesrepublik Deutschland und den Alpenraum vor und wurde für diesen Modellvergleich verwendet.

Bei REMO handelt es sich um ein hydrostatisches Regionalmodell. Das heißt, es wird angenommen, dass es keine hohen vertikalen Bewegungen in der Atmosphäre gibt. Eine solche Vereinfachung ist relevant für die Modellauflösungen von 10 km. Damit wird der auch so schon sehr hohe Rechneraufwand reduziert. Die von REMO erzeugten Ergebnisse liegen als stündliche Werte für zahlreiche Klimaparameter von 1961 - 2100 vor. Damit sind alle für diese Untersuchung relevanten Zeiträume (Basiszeitraum und Projektionszeitraum) vollständig abgedeckt.

<b>REMO10</b>	<b>Vorteile des Modells</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- physikalische Beschreibung der Atmosphäre mittels hydrostatischer Approximation,</li> <li>- gute Reaktionsfähigkeit auf Änderungen im Klimasystem,</li> <li>- viele atmosphärische Parameter liegen in hoher vertikaler Auflösung vor,</li> <li>- Portierbarkeit in beliebige Regionen,</li> <li>- Modellergebnisse (z.B. Temperatur und Niederschlag) sind zueinander konsistent,</li> <li>- alle Zeitskalen (von Stunden bis Jahrhundert) als konsistente Reihe ohne Brüche Modelliert</li> </ul>
	<b>Nachteile des Modells</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einschränkungen bei der effektiv nutzbaren feinsten Auflösung,</li> <li>- hoher Rechenaufwand bei der Szenarienerstellung (Kosten-Nutzen-Verhältnis),</li> <li>- nur ein A1B-Lauf verfügbar,</li> <li>- deutliche Abweichung zu Beobachtungsdaten (feuchter und wärmer),</li> <li>- Probleme beim Niederschlag in topographisch stark geprägten Räumen</li> </ul>
	<b>Genutzter Datenstrom</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ergebnisse der für das UBA durchgeführten 10 km Läufe,</li> <li>- aus den auf dem Modellgitter liegenden stündlichen Daten wurden Tageswerte berechnet</li> </ul>

Tab. 3.3 Übersicht REMO10; Quelle: CEC-Potsdam, LUA Brandenburg

### 3.4 WettReg (Wetterlagenbasiertes Regionalisierungsverfahren)

Das Regionalmodell WettReg ist ein statistisches Klimamodell, welches von der Firma Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH (CEC-Potsdam) auf Grundlage der Stationsdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) entwickelt wurde.

Grundlage des Modells ist eine objektive Wetterklassifikation. Dabei wurden für jede Jahreszeit zehn Wetterlagen für das Temperaturregime und acht für das Feuchteregime unterschieden. Diese weisen eine gute Übereinstimmung mit empirisch ermittelten Klassen auf.

Um anhand von Klimaparametern eine Klimaprojektion zu errechnen, wird ein mehrstufiger Ablauf vollzogen, der von der Firma CEC auch als Wettergenerator bezeichnet wird. In einem ersten Schritt werden die Zeitreihen der Stationsdaten des DWD anhand des Leitparameters Temperatur in überdurchschnittlich warme und unterdurchschnittlich kalte Abschnitte gegliedert. Verwendet wird die über alle Stationen gemittelte jahreszeitenbereinigte Tagesmitteltemperatur. Diese Aufgliederung des Temperaturverlaufs wird zu einem späteren Zeitpunkt erneut wichtig.

In einem weiteren (zweiten) Schritt werden die Witterungsabschnitte per Zufallsgenerator zu einer simulierten Zeitreihe neu kombiniert. Dabei muss erstens die Bedingung erfüllt sein, dass die Häufigkeitsverteilung der Wetterlagen des Temperaturregimes einer bestmöglichen Häufigkeitsverteilung entspricht, wie sie aus dem Globalmodell abgeleitet wird. Als zweite Bedingung muss die Wahrscheinlichkeit für die simulierten aufeinanderfolgenden Wetterlagen mehr als 10% betragen. Als Ergebnis dieses zweiten Schrittes des Wettergenerators kann nun für jeden Tag der simulierten Zeitreihe eine Zuordnung zu den eingangs beschriebenen Wetterklassifikationen erfolgen. In einem dritten Schritt wird der simulierten Zeitreihe der Jahresgang der meteorologischen Parameter aufgeprägt.

Weiterhin ermöglicht der Wettergenerator in einem vierten Schritt eine Rekombination von Zeitreihenabschnitten, entsprechend der im ersten Schritt gewonnenen überdurchschnittlich warmen und kalten Abschnitte. Primärer Faktor bei dieser Rekombination ist die zukünftige Häufigkeitsverteilung von Wetterlagen, wie sie im Schritt zwei ermittelt wurde. Ohne eine weitere Modulation der simulierten Zeitreihen würden die neu rekombinierten Zeitreihen jedoch nur einer Kombinationsvielfalt des heutigen Klimas entsprechen. Zeitlich andere Variationen oder Abweichungen in den Extremen könnten nicht generiert werden. Um diese Schwäche auszuräumen, wird der simulierten Zeitreihe für alle meteorologischen Parameter bis auf den Niederschlag eine wetterlagenspezifische Änderung aufgeprägt. Diese wetterlagenspezifische Änderung wird über Regression der Werte einer repräsentativen Gitternetzbox des globalen Modells errechnet. Dabei wird

die entsprechende Dekade des Projektionszeitraumes zur Dekade 2001 bis 2010 in Relation gesetzt. Für den Niederschlag erfolgt eine Anpassung der mittleren Verteilung der Niederschlagsklassen an die Häufigkeitsverteilung des Feuchteregimes, gemittelt über alle Stationen im Untersuchungsgebiet. Für jede Niederschlagsklasse erfolgt beginnend mit der trockensten Klasse die Zufallsauswahl eines Tages, eine Niederschlagserhöhung um 10% an allen Stationen und eine erneute Bestimmung der Häufigkeitsverteilung. Dieser Vorgang wird solange wiederholt bis die vorgegebene Häufigkeitsverteilung des Feuchteregimes erreicht ist.

Auch wenn aus dieser Anpassung der Klimaparameter an die Globalmodelle eine Verbesserung der Projektionen resultiert, beinhalten Projektionen ab Mitte des Jahrhunderts mit WettReg, wie auch die mit einem anderen statistischen Modell große Unsicherheiten. Eventuell neu auftretende Wetterlagen aufgrund von großräumigen Änderungen in der Zirkulation oder Varianzen in den Zeitreihen der einzelnen Klimaparameter können nicht adäquat berücksichtigt werden. Parallel zum dargestellten Modellvergleich wurde die Firma CEC-Potsdam durch die Landesämter/-anstalten beauftragt, das Modell dahingehend weiter zu entwickeln, dass es die sich neu entwickelnden Transwetterlagen stärker berücksichtigt und somit die Zahl der Wetterlagen erweitert wird (s. Schritt 2 und 4).

<b>WettReg</b>	<b>Vorteile des Modells</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- statistisch konsistente Beschreibung des gegenwärtigen und zukünftigen Klimas in Raum und Zeit,</li> <li>- Ausnutzung von dynamischen Eigenschaften des Globalmodells,</li> <li>- Rechnerressourcen schonende Herstellungsweise der Modelldaten,</li> </ul>
	<b>Nachteile des Modells</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bindung an das Vorhandensein von Stationsdaten in hoher räumlicher Dichte,</li> <li>- berücksichtigt nicht neue Wetterlagen oder dynamische Prozesse aus der Klimaänderung</li> </ul>
	<b>Genutzter Datenstrom</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ergebnisse der für das UBA durchgeführten Läufe,</li> <li>- jeweils 10 Realisierungen zu 20 Jahren</li> </ul>

Tab. 3.4 Übersicht WettReg; Quelle: CEC-Potsdam, LUA Brandenburg

### 3.5 STAR2 (STATistisches Regionalisierungsverfahren; Generation 2)

Das Regionalmodell STAR2 wurde durch das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung in Potsdam (PIK) entwickelt. Auch hierbei handelt es sich um ein statistisches Klimamodell. Grundlage für die Prognosen sind langjährige Messreihen der Tagesmittelwerte an Stationen innerhalb des Untersuchungsgebietes, die die Bedingungen des Untersuchungsgebietes bestmöglich widerspiegeln.

Wie auch bei anderen Modellen sind zur Simulation eines zukünftigen Klimaszenarios verschiedene Schritte erforderlich: Zunächst wird per Zufallsgenerator anhand der stationsbezogenen Beobachtungsdaten eine neue Zeitreihe simuliert. Dabei werden jahresweise Abschnitte so rekombiniert, dass der aus einem globalen Modell übernommene Temperaturtrend einerseits sowie der Jahresgang andererseits bestmöglich berücksichtigt sind. Auch die neu gewonnene simulierte Zeitreihe bezieht sich auf eine Messstation.

In einem zweiten Schritt werden für die gemessenen Tagesmitteltemperaturen eines jeden Jahres die Abweichungen vom Jahresmittelwert ermittelt. Diese Abweichungen werden zufällig ausgewählten Jahren der simulierten Zeitreihe der Jahresmittel zugeordnet. Dabei muss die vorhandene Rangfolge der per Zufallsgenerator ausgewählten Jahre berücksichtigt werden. Die Tageswerte dieser simulierten Zeitreihe ergeben sich also aus der Summe von Jahresmittel, Änderungswert im Jahrestrend und Tageswerteabweichung. Die simulierte Zeitreihe wird korrigiert, um den Erhalt statistischer Charakteristika zu gewährleisten. Zwischenergebnis ist eine simulierte Zeitreihe von Tageswerten der Temperatur.

In einem dritten Schritt werden die Daten der gemessenen Temperaturreihe einer Clusteranalyse unterzogen, die anhand von temperaturbezogenen Klimaparametern durchgeführt wird. Hierbei sind beispielsweise die Tagesmitteltemperatur, die Amplitude der Tagestemperatur, die astronomisch mögliche Sonnenscheindauer und das Temperaturverhalten der vorangegangenen Tage relevant. Ergebnis sind ähnliche Tage innerhalb der gemessenen Zeitreihe hinsichtlich der verschiedenen Temperaturparameter. Nach dem gleichen Verfahren werden auch die Tage der simulierten Zeitreihe geclustert. Über ein Distanzmaß werden nun in ihrer Temperaturparameterkombination ähnliche beobachtete Tage Tagen aus der simulierten Zeitreihe zugeordnet. Somit können die kompletten meteorologischen Informationen, also auch solche zu Niederschlag, Relativer Feuchte oder

Wasserdampfdruck auf die simulierte Zeitreihe übertragen werden. Es handelt sich dabei um realistische Annahmen, da sie den beobachteten Daten zu einer bestimmten Temperaturkonstellation entsprechen. Man spricht auch von physikalischer Konsistenz.

In einem vierten Schritt wird das Auftreten von im Beobachtungszeitraum nicht aufgetretenen Extremwerten durch eine adaptive Varianzkorrektur ermöglicht.

Die bislang beschriebenen Schritte 1 bis 4 bezogen sich auf beobachtete und simulierte Zeitreihen, die Stationspunkten zugeordnet waren. In einem fünften Schritt werden die Daten auf alle Stationen übertragen und somit eine räumliche Konsistenz bewahrt.

Durch erneute Rekombinationen der Jahresmittelwerte der Temperatur und Durchführung der angegebenen Arbeitsschritte können beliebig viele Szenarienrealisationen erstellt werden. Dadurch ist es möglich, ein statistisch bewertbares Stichprobenkollektiv zu erstellen, um so die Spannweite möglicher Klimaänderungen absichern zu können.

Laut der Entwickler dient das Regionalmodell STAR2 vor allem der Prognose des in naher Zukunft liegenden Klimas. Aufgrund zu erwartender Veränderungen in der großräumigen Zirkulation wären Projektionen über bis zu 100 Jahren mit dem beschriebenen Modell als sehr unsicher einzustufen. Daher wurden mit dem Regionalmodell STAR2 nur Daten für die Zeiträume 1981 bis 2060 berechnet. Daraus resultierte für diese Untersuchung, dass sich der Basiszeitraum in den Betrachtungen mit STAR2 auf zwei Dekaden nämlich 1981 – 2000 reduzierte. Vergleiche zwischen den verschiedenen Modellen und STAR2 sind deshalb nur für den ersten Projektionszeitraum zum Basiszeitraum möglich.

<b>STAR2</b>	<b>Vorteile des Modells</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- physikalische Konsistenz der verschiedenen meteorologischen Beobachtungsgrößen durch rekombinatorischen Ansatz,</li> <li>- von den Defiziten globaler Modelle unabhängiger Antrieb,</li> <li>- gute Wiedergabe der Beobachtungsdaten,</li> <li>- Rechnerressourcen schonende Herstellungsweise der Modelldaten, auch bei sehr großen Ensembles (Umfang &gt; 1000)</li> </ul>
	<b>Nachteile des Modells</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bindung an das Vorhandensein von Stationsdaten in hoher räumlicher Dichte,</li> <li>- ausschließliche Kopplung aller Wetterelemente auf statistischem Wege an die Temperaturänderungen,</li> <li>- Daten stehen nur bis 2065 zur Verfügung</li> </ul>
<b>Genutzter Datenstrom</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- an den ECHAM5/OM1-Lauf 1 SRES A1B angelehnte Entwicklung der Jahresmitteltemperatur,</li> <li>- aus den 1000 Realisierungen wurde der Medianlauf ausgewählt</li> </ul>

Tab. 3.5 Übersicht STAR2; Quelle: CEC-Potsdam, LUA Brandenburg

## 4 Methodische Hinweise

### 4.1 Betrachtungszeiträume

Um einen Vergleich zwischen dem Klima der Vergangenheit und der Projektion in die Zukunft anhand einzelner Parameter zu gewährleisten, wurden für diese Untersuchung drei Betrachtungszeiträume gewählt. Es handelt sich um einen Basiszeitraum in der Vergangenheit und zwei Projektionszeiträume in der Zukunft. Damit liegt der Fokus auf zeitlichen Ausschnitten. Es wird keine chronologische Entwicklung nachgezeichnet.

Sowohl der Basiszeitraum, als auch die beiden Projektionszeiträume umfassen jeweils drei Dekaden. Ein solch langer Zeitraum ist bei der Auswertung regionaler Klimamodelle deshalb notwendig, um eine möglichst hohe Wahrscheinlichkeit in der Datengenauigkeit zu erreichen. Durch die Mittelung der Werte über drei Dekaden wird eine Glättung der Werte erreicht. Die Wahrscheinlichkeit, einen relativ aussagekräftigen Wert zu erhalten, wird erhöht. Daraus resultiert einerseits, dass Aussagen zu einzelnen Tagen, Monaten oder Jahren in der Zukunft nicht getroffen werden können. Andererseits ist festzuhalten, dass es sich bei den errechneten Werten um keine Vorhersagen des zukünftigen Klimas handelt. Deshalb wird in dieser Auswertung von Projektionen gesprochen.

Als Basiszeitraum für diese Auswertung wurde der Zeitraum 1971 – 2000 gewählt. Grundlage für die Karten im Kapitel 5, die die einzelnen Parameter für den Basiszeitraum abbilden, sind Beobachtungsdaten an den Klima- und Niederschlagsstationen der Länder Brandenburg und Berlin. In den Karten werden die absoluten Werte gemittelt über den dreißigjährigen Zeitraum dargestellt. Durch die Modelle (WettReg, STAR2, CLM, REMO10) könnten ebenfalls Werte für den Basiszeitraum errechnet werden. Diese werden nicht im Kap. 5 dargestellt, da es nicht vordringlich darum geht, die Qualität der Reproduktion des Basiszeitraums zu bewerten. Die errechneten Werte können von den beobachteten Daten aufgrund von Modellunsicherheiten in einzelnen Parametern abweichen. Die Tatsache, dass ein Modell im Basiszeitraum 1971 - 2000 die Klimamessungen zutreffend abbildet, ist nur ein notwendiges, jedoch kein ausreichendes Kriterium dafür, dass auch das Szenario in seinem Verlauf den zukünftigen Zustand wiedergibt. Die Güte der berechneten Klimasignale hängt entscheidend von der Klimasensitivität der Modelle ab.

In diesem Modellvergleich wurden die modellspezifischen Werte des Basiszeitraumes den modelleigenen Ergebnissen zweier verschiedener Projektionszeiträume gegenübergestellt. Da sowohl im Basiszeitraum als auch in den Projektionszeiträumen dieselben Modellunsicherheiten zum Tragen kommen, sind die Werte dieser Zeiträume statistisch miteinander vergleichbar. Der erste Projektionszeitraum reicht von 2031 - 2060, der zweite Projektionszeitraum von 2071 - 2100. Diese Projektionszeiträume wurden so gewählt, um mittelfristige und langfristige Trends zu erhalten. In den Karten und Abbildungen werden die Differenzwerte zwischen den Projektionszeiträumen gegenüber dem Basiszeitraum dargestellt, um die gegebenenfalls eintretenden Veränderungen zu visualisieren.

Die verschiedenen Klimaparameter werden in der folgenden Auswertung für verschiedene Zeiträume innerhalb eines Jahres betrachtet. Dadurch wird eine genauere Abbildung der Veränderungen gewährleistet. So wird beispielsweise die Tagesmaximumtemperatur einerseits für das meteorologische Jahr betrachtet, aber auch für die einzelnen meteorologischen Jahreszeiten und Vegetationsperioden. Dies ist insbesondere daher notwendig, weil sich die Veränderungen der Tagesmaximumtemperaturen in den verschiedenen Jahreszeiten deutlich unterscheiden können. Dagegen sind die Veränderungen der Tagesmaximumtemperaturen für das meteorologische Jahr voraussichtlich vergleichsweise gering, weil die Werte über das Jahr gemittelt werden.

Im Folgenden werden die Betrachtungszeiträume kurz erläutert.

#### meteorologisches Jahr

Das meteorologische Jahr umfasst zwölf Monate und reicht von Dezember des Vorjahres bis einschließlich November eines Jahres.

#### meteorologisches Frühjahr

Das meteorologische Frühjahr umfasst drei Monate und reicht von März bis einschließlich Mai eines Jahres (MAM).

#### meteorologischer Sommer

Der meteorologische Sommer umfasst drei Monate und reicht von Juni bis einschließlich August eines Jahres (JJA).

#### meteorologischer Herbst

Der meteorologische Herbst umfasst drei Monate und reicht von September bis einschließlich November eines Jahres (SON).

#### meteorologischer Winter

Der meteorologische Winter umfasst drei Monate und reicht von Dezember des Vorjahres bis einschließlich Februar eines Jahres (DJF).

#### Vegetationsperiode I

Die erste Vegetationsperiode umfasst drei Monate und reicht von April bis Juni eines Jahres (AMJ).

#### Vegetationsperiode II

Die zweite Vegetationsperiode umfasst drei Monate und reicht von Juli bis September eines Jahres (JAS).

## **4.2 Erläuterungen der Klimaparameter**

Die Auswertung der vorhandenen Klimamodelldaten erfolgt mittels des interaktiven Diagnose- und Präsentationstools (IDP). Dieses ermöglicht flächenbezogene Auswertungen und einzelne Stationsauswertungen. Der Modellvergleich wertet nur die klimatologischen Parameter aus, die in Form einer Flächendarstellung (Länder Brandenburg und Berlin) möglich sind.

In dieser Auswertung sind alle Klimaparameter als dreißigjähriges Mittel des jeweils dargestellten Zeitraumes (Jahr, Jahreszeit oder Vegetationszeitraum) abgebildet.

Wird einer dieser Klimaparameter in einem bestimmten Zeitraum, wie zum Beispiel dem meteorologischen Jahr, betrachtet, dienen als Grundlage die errechneten mittleren Werte jedes einzelnen Tages innerhalb eines meteorologischen Jahres. Lediglich bei der Temperatur werden zusätzlich die Tagesmaximal- und –minimalwerte des einzelnen Tages gesondert ausgewiesen.

Die Darstellung der Kenntageentwicklung erfolgt als absolute Differenz der Mittelwerte (Anzahl der Tage) und bezieht sich grundsätzlich auf das meteorologische Jahr.

#### Tagesmitteltemperatur der Luft ( $T_{\text{mittel}}$ )

Bei der Tagesmitteltemperatur handelt es sich um den errechneten Mittelwert aus allen im Laufe eines Tages gemessenen Temperaturen in °C. Temperaturen der Luft werden in 2 m über dem Boden gemessen.

Wird die Tagesmitteltemperatur in einem bestimmten Zeitraum, wie zum Beispiel dem meteorologischen Jahr, betrachtet, dienen als Grundlage die mittleren Temperaturwerte jedes einzelnen Tages innerhalb eines meteorologischen Jahres.

#### Tagesmaximumtemperatur der Luft ( $T_{\text{max}}$ )

Bei der Tagesmaximumtemperatur handelt es sich um den höchsten gemessenen Wert in °C, der im Laufe des Tages gemessen wird.

Wird die Tagesmaximumtemperatur in einem bestimmten Zeitraum, wie zum Beispiel dem meteorologischen Jahr, betrachtet, dienen als Grundlage die maximalen Temperaturwerte jedes einzelnen Tages innerhalb eines meteorologischen Jahres.

#### Tagesminimumtemperatur der Luft ( $T_{\text{min}}$ )

Bei der Tagesminimumtemperatur handelt es sich um den geringsten gemessenen Wert in °C, der im Laufe des Tages gemessen wird. Die Betrachtung erfolgt analog den anderen Temperaturparametern.

#### Niederschlag

Niederschlag ist aus der Atmosphäre ausfallendes und auf den Boden treffendes Wasser in flüssigem und festem Zustand, insbesondere als Regen und Schnee. Aber auch Hagel, Reif, Tau gehören zum Niederschlag.

Im Basiszeitraum wird die Niederschlagssumme in mm/a angegeben. Ein Millimeter Niederschlag entspricht einem Liter pro Quadratmeter. In dieser Auswertung ist die Niederschlagssumme über einen Zeitraum von drei Dekaden gemittelt, abgebildet wird daher ein mittlerer Niederschlag.

#### Relative Feuchte

Als Relative Feuchte wird das Verhältnis von aktuellem Gehalt an Wasserdampf in der Luft (Luftfeuchtigkeit) zum potenziell möglichen bezeichnet, sie wird in Prozent angegeben. Die relative Feuchte ist direkt von der Temperatur abhängig, wärmere Luft kann mehr Wasserdampf aufnehmen als kühlere. Bei gleichem aktuellem Wasserdampfgehalt ist die relative Feuchte wärmerer Luft somit geringer als von kühlerer Luft. Entspricht der aktuelle Wasserdampfgehalt der Luft dem potenziell möglichen, ist die Luft wasserdampfgesättigt, die relative Feuchte beträgt 100 %.

Die relative Feuchte ist eine berechnete Größe. Gemessen werden dazu der aktuelle Wasserdampfgehalt (Luftfeuchtigkeit) und die aktuelle Temperatur.

#### Wasserdampfdruck

Unter Wasserdampfdruck wird derjenige Druck in hPa verstanden, der von dem in der Luft enthaltenen Wasserdampf ausgeübt wird. Da der potenzielle Gehalt an Wasserdampf in wärmerer Luft höher ist, als in kühlerer, ist auch der potenzielle Wasserdampfdruck in wärmerer Luft höher.

#### Sonnenscheindauer

Die Sonnenscheindauer gibt die Summe der Zeit in Stunden an einem Tag an, an dem der Strahlungsgrenzwert von 120 W/m<sup>2</sup> überschritten wird.

Im Modell Remo wird nicht die Sonnenscheindauer betrachtet. Als Strahlungsparameter wurde die Strahlungsbilanz gewählt. Unter Strahlungsbilanz wird die Sonneneinstrahlung in W/m<sup>2</sup> verstanden, die horizontal auf eine Fläche trifft. Sie setzt sich aus direkter, diffuser und reflektierter Solarstrahlung zusammen.

Daraus resultiert, dass die Sonnenscheindauer nicht für alle Modelle gegenübergestellt werden kann.

#### Bedeckungsgrad bzw. Bewölkungsgrad

Der Bedeckungsgrad gibt den Grad der Bedeckung bzw. Bewölkung in Achtel an. Dabei wird der Anteil der Bedeckung am Himmel innerhalb eines Sichtfeldes abgeschätzt. Bei null Achtel ist der Himmel wolkenlos und bei acht Achtel bewölkt.

#### Windgeschwindigkeit

Unter Windgeschwindigkeit versteht man die Geschwindigkeit bewegter Luft in m/s. (i.d.R. 10m Höhe über Grund)

#### Anzahl der Tage mit Starkwind ( $FF \geq 8$ m/s)

Als Tage mit Starkwind werden solche Tage bezeichnet, an denen die mittlere Windgeschwindigkeit 8 m/s und größer ist.

#### Anzahl der Tage mit Schwachwind ( $FF < 2$ m/s)

Als Tage mit Schwachwind werden solche Tage bezeichnet, an denen die mittlere Windgeschwindigkeit kleiner 2 m/s ist.

#### Anzahl der Eistage ( $T_{max} < 0$ °C)

Als Eistage werden solche Tage bezeichnet, an denen die Tagesmaximumtemperatur der Luft unter 0 °C bleibt.

#### Anzahl der Frosttage ( $T_{min} < 0$ °C)

Als Frosttage werden solche Tage bezeichnet, an denen eine Tagesminimumtemperatur der Luft kleiner 0 °C auftritt.

#### Anzahl der Sommertage ( $T_{max} \geq 25$ °C)

Als Sommertage werden solche Tage bezeichnet, an denen die Tagesmaximumtemperatur der Luft 25 °C oder größer ist.

#### Anzahl der heißen Tage ( $T_{max} \geq 30$ °C)

Als heiße Tage werden solche Tage bezeichnet, an denen die Tagesmaximumtemperatur der Luft 30 °C oder größer ist.

#### Anzahl der Tropennächte ( $T_{\min} \geq 20 \text{ }^\circ\text{C}$ )

Als Tropennächte werden solche Nächte bezeichnet, in denen das Minimum der Lufttemperatur  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  und größer ist.

#### Anzahl der Tage mit Schwüle ( $DD \geq 18,8 \text{ hPa}$ )

Als Tage mit Schwüle werden solche Tage bezeichnet, an denen der mittlere Wasserdampfdruck  $18,8 \text{ hPa}$  oder größer ist.

#### Mittlerer thermischer Vegetationsbeginn

Vom thermischen Vegetationsbeginn ist dann zu sprechen, wenn die Tagesmitteltemperatur  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  überschreitet und die Summe der Abweichungen von  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  der dreißig Folgetage positiv ist. Die Betrachtungen zum thermischen Vegetationsbeginn und -ende beziehen sich auf das meteorologische Jahr.

#### Mittleres thermisches Vegetationsende

Vom thermischen Vegetationsende ist dann zu sprechen, wenn die Tagesmitteltemperatur  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  unterschreitet und die Summe der Abweichungen von  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  der dreißig Folgetage negativ ist.

### 4.3 Skalierung und Darstellung

Um für die einzelnen Betrachtungszeiträume gut les- und interpretierbare Karten zu erhalten, wurden im Rahmen dieser Untersuchung verschiedene Überlegungen zu der Gestaltung der Farbskalen, der Klassenbildung und deren Interpretation angestellt.

Allen Skalenbetrachtungen gingen Auswertungen der mittleren Extremwerte voraus, um die Bandbreite der in den Karten darzustellenden Werte zu ermitteln. Dieser Wertebereich bildete den Rahmen für die Klassenbildung. Bei der Bildung der Skalenklassen wurde darauf geachtet, möglichst verständliche Abstufungen zu erhalten.

Parameter	Basiszeitraum	Projektionszeiträume
Temperatur	6 (0 bis $18 \text{ }^\circ\text{C}$ )	11 ( $-0,5$ bis $5 \text{ }^\circ\text{C}$ )
Niederschlag	Jahr: 6 (450 bis $750 \text{ mm}$ )	10 ( $\leq -37,5$ bis $\geq 37,5 \%$ )
	Jahreszeiten: 7 (90 bis $230 \text{ mm}$ )	
Relative Feuchte	5 (65 bis $90 \%$ )	8 ( $-7,5$ bis $4,5\%$ )
Dampfdruck	-	8 ( $-1$ bis $3 \text{ hPa}$ )
Sonnenscheindauer	7 (1 bis $8 \text{ h}$ )	7 ( $-1,5$ bis $2 \text{ h}$ )
Bewölkungsgrad	-	3 ( $-1$ bis $0,5$ Achtel)
Windgeschwindigkeit	9 ( $0,5$ bis $5 \text{ m/s}$ )	7 ( $-2$ bis $1,5 \text{ m/s}$ )

Tab. 4.1 Gegenüberstellung der Anzahl der Skalenklassen für die Abbildungen für den Basiszeitraum und beide Projektionszeiträume sowie der entsprechenden Wertebereiche mit ihren Einheiten.

Wie der Tab. 4.1 zu entnehmen ist, wurden für den gleichen klimatologischen Parameter verschiedene Skalen einerseits für den Basiszeitraum und andererseits für die Projektionszeiträume erarbeitet. Hintergrund dafür sind die unterschiedlichen Wertebereiche. Während im Basiszeitraum die Parameter mit ihren beobachteten absoluten Werten dargestellt sind, sind es in den Projektionszeiträumen die Differenzen zwischen dem Projektionszeitraum zum Basiszeitraum. So ergibt sich beispielsweise für die Temperatur im Basiszeitraum ein Wertebereich zwischen  $0$  und  $18 \text{ }^\circ\text{C}$  und für den Projektionszeitraum in der Differenz ein Wertebereich zwischen  $-0,5$  und  $5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Die unterschiedlichen Skalen sollen zusätzlich verdeutlichen, dass die Karten, die für den Basiszeitraum entwickelt wurden, mit den Karten der Projektionszeiträume nicht vergleichbar sind. In der

Interpretation sollte daher auch darauf verzichtet werden, die Veränderungen der Parameter in den Projektionszeiträumen mit den Werten des Basiszeitraumes in ein mathematisches Verhältnis zu setzen.

Für die Projektionszeiträume wurden verschiedene Temperaturparameter ausgewertet. Als relevant wurden die Tagesminimumtemperatur, die Tagesmitteltemperatur sowie die Tagesmaximumtemperatur ausgewählt. Für alle drei Temperaturparameter in den Projektionszeiträumen wurde nur eine Farbskala erarbeitet. Somit sind Veränderungen in der Tagesmaximumtemperatur beispielsweise mit Veränderungen in der Tagesmitteltemperatur vergleichbar. In der Tab. 4.1 ist daher nur von Temperatur die Rede.

Eine weitere Besonderheit stellt der Niederschlag dar. Wie in Tab. 4.1 zu sehen, wurden für den Basiszeitraum zwei verschiedenen Farbskalen entwickelt. Hintergrund ist, dass es sich bei den Niederschlagsdaten um Summen handelt. Da die Niederschlagssumme in einem Jahr bedeutend höher ist als die Niederschlagssumme in nur einem dreimonatigen Betrachtungszeitraum, sind sinnvolle Vergleiche nur zwischen den einzelnen saisonalen Betrachtungszeiträumen möglich, nicht aber zwischen Saison und Jahr. Verschiedene Farbskalen sind Ausdruck dessen.

Für die Projektionszeiträume lagen darüber hinaus auch Daten zu aus den Klimaparametern abgeleiteten Kenntagen vor. Auch bei diesen wurden über die Auswertung der Extremwerte und Überlegungen zur Sinnhaftigkeit der Klassengrenzen Klassen gebildet. Einen Überblick über die Klassenanzahl und die Wertebereiche bietet Tab. 4.2.

<b>Kenntage</b>	<b>Klassenzahl (Wertebereich)</b>
<b>Eistage</b>	8 (-30 bis 6 Tage)
<b>Sommertage</b>	9 (2 bis 38 Tage)
<b>Heiße Tage</b>	9 (0 bis 18 Tage)
<b>Mittlerer thermischer Vegetationsbeginn</b>	9 (-49 bis 14 Tage)
<b>Mittleres thermisches Vegetationsende</b>	7 (0 bis 28 Tage)
<b>Frosttage</b>	9 (-60 bis -6 Tage)
<b>Tropennächte</b>	9 (0 bis 13,5 Tage)
<b>Tage mit Schwüle</b>	8 (0 bis 28)
<b>Tage mit Starkwind</b>	9 (-6 bis 7,5)

Tab. 4.2 Darstellung der Anzahl der Klassen für aus den Klimaparametern abgeleiteten Kenntagen sowie ihrer Wertebereiche für die Projektionszeiträume

Nicht jede der auf den Karten dargestellte farbcodierte Information ist ein belastbares signifikantes Signal. Mit den Grafiken, die für jeden Parameter erstellt wurden, werden auch Teilinformation zur Variabilität gegeben. Um zwischen Signal und Rauschen unterscheiden zu können, muss das Änderungssignal mindestens so groß sein wie die dekadische Variabilität. Ein Änderungssignal beim Niederschlag sollte beispielsweise mindestens 10 % überschreiten, um als Signal signifikant zu sein. Idealerweise müssten zur Identifizierung dieser Mindestwerte/-signale mit jedem Modell eine größere Anzahl von Realisierungen gerechnet werden. Dieses ist für dynamische Modelle ein wesentlicher Kostenfaktor. Auf Basis der zahlreichen Realisierungen könnte dann das jeweilige dekadische Rauschen bestimmt werden. Liegen nur eine oder wenige Realisierungen vor (REMO, CLM), kann nur auf der Basis der Variabilität der Jahres- bzw. Dekadenwerte eine Grobabschätzung erfolgen. Da dies sehr aufwändig ist und personellen Möglichkeiten und vorhandene Rechnerkapazitäten übersteigt, wurde lediglich für den Parameter Niederschlag ein Schwell- bzw. Mindestsignal in die Skalierung

eingearbeitet. Hierbei wurde ein Kompromiss gewählt und das Mindestsignal entgegen der obigen Aussage auf 7,5 % gesetzt.

Für alle anderen Parameter fehlen solche Berechnungen und/oder Grobabschätzungen. Grundsätzlich ist aber bei sehr geringen Änderungssignalen die Signifikanz in Frage zu stellen. Aus diesem Grunde wurde auf eine Darstellung des Luftdrucks in dieser Untersuchung verzichtet. Die Änderungen dieses Klimaparameters sind für beide Projektionszeiträume als nicht signifikant zu betrachten.

Da es sich bei den Daten des Basiszeitraums und der Projektionsräume um unterschiedliche Daten handelt, deren Aussagefähigkeit demnach eine andere ist, sind auch die Darstellungen in den entsprechenden Abschnitten verschieden.

Für den Basiszeitraum wurde für jeden Klimaparameter eine Doppelseite mit Karten und Schlussfolgerungen zusammengestellt. Dabei lassen sich Karten eines Klimaparameters im meteorologischen Jahr sowie der saisonalen Betrachtungszeiträume auf einer Doppelseite finden. Ergänzt werden die Karten durch eine textliche Beschreibung der Beobachtungsdaten.

Für die Projektionszeiträume wurde für jeden Klimaparameter, jeden saisonalen Betrachtungszeitraum sowie für die einzelnen Projektionszeiträume je eine Doppelseite mit Informationen, Grafiken, Karten und Zusammenfassungen zusammengestellt. Zum einen lassen sich fünf (im Kap. 7 nur vier) kartographische Abbildungen zu den mit den für Brandenburg und Berlin vorhandenen Regionalmodellen (WettReg, STAR2, CLM, REMO10) errechneten Projektionen finden. Darüber hinaus bietet eine Grafik einen Überblick über die Mittelwerte und die Spannweiten der mit den vier (im Kap. 7 nur drei) Regionalmodellen errechneten Daten. Diese visuellen Darstellungen der Ergebnisse werden durch textliche Ausführungen unterstützt. Jeder Klimaparameter wird erneut kurz erläutert. Abschließend werden die Projektionen der vier Regionalmodelle hinsichtlich ihrer Gemeinsamkeiten hin untersucht und gegebenenfalls ein gemeinsamer Trend formuliert.

#### **4.4 Die Software IDP**

Das interaktive Diagnose- und Präsentationstool (IDP) wurde von der Firma Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH (CEC-Potsdam) im Auftrag der Umweltverwaltungen der Bundesländer/Freistaaten Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Rheinland-Pfalz, Sachsen und Thüringen 2006 entwickelt. Der Modellvergleich wurde mit der Version 3.2.5.4 durchgeführt. Die Leitlinien zur Interpretation regionaler Klimamodelldaten (siehe Anhang) des Bund-Länder-Fachgespräches bilden die methodische Grundlage des Modellvergleiches und der IDP-Nutzung.

Für die Darstellung der Differenzen zwischen den Projektionszeiträumen gegenüber dem Basiszeitraum wurde eine flächenhafte Darstellung in Karten gewählt, da sie gegenüber Tabellen oder Grafen den Vorteil des schnellen und einfachen Erfassens besitzt.

Für die dynamischen Modelle CLM und REMO liegen die Werte durch die Methode des Downscaling automatisch flächenhaft, als Mittelwert für eine Gitterbox vor (siehe Kapitel 3). Bei den statistischen Modellen, die auf Stationswerten basieren, ist ein Umrechnen auf die Fläche erforderlich.

Um bei den statistischen Modellen aus den Stationspunkten eine flächenhafte Darstellung zu erzeugen, werden diese auf eine Fläche interpoliert. Das bedeutet, dass Werte für die Bereiche zwischen den Stationspunkten errechnet werden. Diese werden als Interpolationswerte bezeichnet. Mit Hilfe der Software IDP wird eine höhen- und abstandsabhängige Interpolation vorgenommen.

Bei einer abstandsabhängigen Interpolation werden die Interpolationswerte in Abhängigkeit der Entfernung der Stationswerte voneinander berechnet. Das bedeutet, je größer der Abstand zu den Stationspunkten wird, desto geringer ist die Belastbarkeit des Interpolationswertes.

Bei der höhenabhängigen Interpolation wird ein Modell des Reliefs der Karte hinterlegt und bei der Interpolation berücksichtigt. Insbesondere höhenabhängige Parameter wie die Temperatur werden dadurch ausgeglichen. Das bedeutet, befände sich auf der Strecke zwischen zwei Stationspunkten ein Berg, würde die Temperatur gegenüber dem nur abstandsabhängigen Interpolationswert geringer ausfallen. Da die Bundesländer Brandenburg und Berlin kein starkes Relief aufweisen, ist der Einfluss der höhenabhängigen Interpolation in dieser Auswertung als gering einzuschätzen.

Beim Vergleich von Karten, die mit statistischen und dynamischen Modellen erstellt wurden, scheinen die mit WettReg und STAR2 erstellten Karten eine feinere Auflösung zu haben. Dieser Eindruck entsteht aufgrund der Interpolation der Stationswerte in die Fläche und ist deshalb methodenbedingt.

Aus den hier verwendeten Modellen lassen sich keine kleinräumigen Informationen ableiten, auch wenn einzelne Karten dies vermuten lassen.

Für den Parameter Niederschlag ist die Gegenüberstellung von Ergebnissen aus der Beobachtung und der statistischen Modellierung mit den Ergebnissen der dynamischen Regionalmodelle problematisch. Das kommt daher, dass bei den Modellgruppen unterschiedliche Teilaspekte des Transportes von Flüssigkeit aus der Atmosphäre zum Boden dargestellt sind. Idealerweise (wie in CLM und REMO) zählt jeder „Tropfen“ der aus der Atmosphäre auf dem Boden auftrifft. Eine Messung ist aber nicht fehlerfrei. Von einem Niederschlagsmessgerät wird prinzipiell immer zu wenig Niederschlag gemessen. Dieser Fehler ist in der Fachliteratur (z.B. Richter 1995) beschrieben. Für die Region Berlin-Brandenburg ist durch die geringe Reliefgliederung ein Fehler beim Jahreswert von kleiner 10 Prozent als Unterschätzung anzunehmen. Um einen realitätsnäheren Vergleich durchführen zu können, müssten die Werte der Beobachtung und der beiden Modelle WettReg und STAR entsprechend korrigiert werden. Dieses ist hier nicht erfolgt.

#### **4.5 Rechtlicher Hinweis**

Die in diesem Bericht gezeigten Darstellungen beruhen auf Basisdaten, die von Dritten als Beobachtungsdaten, Reanalysen bzw. globale Klimamodell-Szenarienrechnungen erstellt wurden.

Das Landesumweltamt Brandenburg übernimmt keine Verantwortung oder Haftung für deren Qualitätskontrolle und geht bei der Anwendung und der Interpretation der Resultate von einer höchstmöglichen Qualität der Basisdaten und der verwendeten Software aus.

Die mit den globalen Klimamodellen errechneten Szenarien basieren ihrerseits auf Szenarien der Entwicklung der Weltbevölkerung, der Wirtschaft und anderer Globalisierungsfaktoren, für deren Richtigkeit oder Eintreffen keine Garantie übernommen werden kann. Somit gilt auch für die dargestellten Daten, dass deren Aussagekraft in Relation mit der Qualität der Basisdaten zu sehen ist. Die Grundlagen des Modellvergleichs entsprechen dem aktuellen Stand der Wissenschaft.

## 5 Beobachtete Entwicklung von Klimaparametern im 20. Jh.

### 5.1 Langfristige Trends von Temperatur und Niederschlag

Das Klima ändert sich seit dem Bestehen der Erde aufgrund natürlicher Veränderungen, beispielsweise in den Orbitalparametern. Seit spätestens Mitte des 19. Jahrhunderts kommen zu den natürlichen Einflüssen anthropogene. Wenn in Politik und Wissenschaft über die Folgen des Klimawandels diskutiert wird, müssen auch die Veränderungen der Klimaparameter innerhalb der letzten Hundert Jahre Berücksichtigung finden.

Um die Dynamik des Klimawandels als auch die Ergebnisse der Projektionszeiträume in den Kapiteln 6-8 dieses Untersuchungsberichtes besser einschätzen zu können, werden zunächst die meteorologischen Parameter Tagesminimumtemperatur, Tagesmitteltemperatur und Tagesmaximumtemperatur sowie der Niederschlag für die Vergangenheit (01/1900 bis 10/2009) in ihrem zeitlichen Verlauf dargestellt. Zusätzlich sind den Grafen ein 110jähriger Trend, sowie vier 30jährige Trends hinterlegt.

Die Betrachtung basiert auf Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) für die Station Potsdam. Für die Station Potsdam auf dem Telegraphenberg besteht die einzigartige Situation, dass es eine lückenlose Aufzeichnung von Klimaparametern seit über 100 Jahren gibt. Außerdem kann diese Station als repräsentatives Beispiel für das Land Brandenburg angesehen werden [4].

Wie die 110jährigen Trends in Abb. 5.1 verdeutlichen, haben sich seit Anfang des letzten Jahrhunderts die Temperaturen für alle drei Parameter im Durchschnitt um ca. 1 °C erhöht. Anhand der 30jährigen Trendlinien ist zudem erkennbar, dass sich die Temperaturerhöhung von Dekade zu Dekade verstärkt. Somit wird der größte Temperaturanstieg für den Zeitraum 1981 – 10/2009 in allen drei Temperaturgraphen sichtbar. Die Spannweiten der drei Temperaturparameter gestalten sich wie folgt: Die Tagesminimumtemperatur variiert zwischen 2,5 und 6,6 °C, die Tagesmitteltemperatur zwischen 6,6 und 11 °C und die Tagesmaximumtemperatur zwischen 11,2 und 15,9 °C. Zu beachten ist, dass es sich hierbei um über das Jahr gemittelte Werte handelt.

Bei einer weiteren genauen Betrachtung der einzelnen Temperaturgraphen in Abb. 5.1 fällt auf, dass im Jahr 1940 alle Temperaturparameter außergewöhnlich hohe negative Werte im Vergleich zum Durchschnitt aufweisen.

Bei der weiteren Untersuchung der Tagesmitteltemperatur wurden die Werte für den meteorologischen Sommer, das meteorologische Jahr und den meteorologischen Winter gegenübergestellt (s. Abb. 5.2). Eine Erläuterung, was unter diesen Betrachtungszeiträumen zu verstehen ist, lässt sich im Kapitel 4.2 nachlesen.

Die größte Spannbreite zeigen die Tagesmitteltemperaturen im meteorologischen Winter mit Werten von -6,3 bis 4,7 °C. Im meteorologischen Sommer liegt die Tagesmitteltemperatur zwischen 15,2 und 20,1 °C. Die geringste Variabilität weisen die Jahreswerte der Tagesmitteltemperatur auf (6,6 und 11 °C). Alle 30jährigen Trendlinien zeigen, dass die Temperaturen im meteorologischen Sommer wie Winter ansteigen, wobei die Steigungsintensität im Winter deutlicher ausgeprägt ist. Besonders stark ist der Anstieg im Zeitraum 1981 - 10/2009 für den meteorologischen Winter erkennbar.

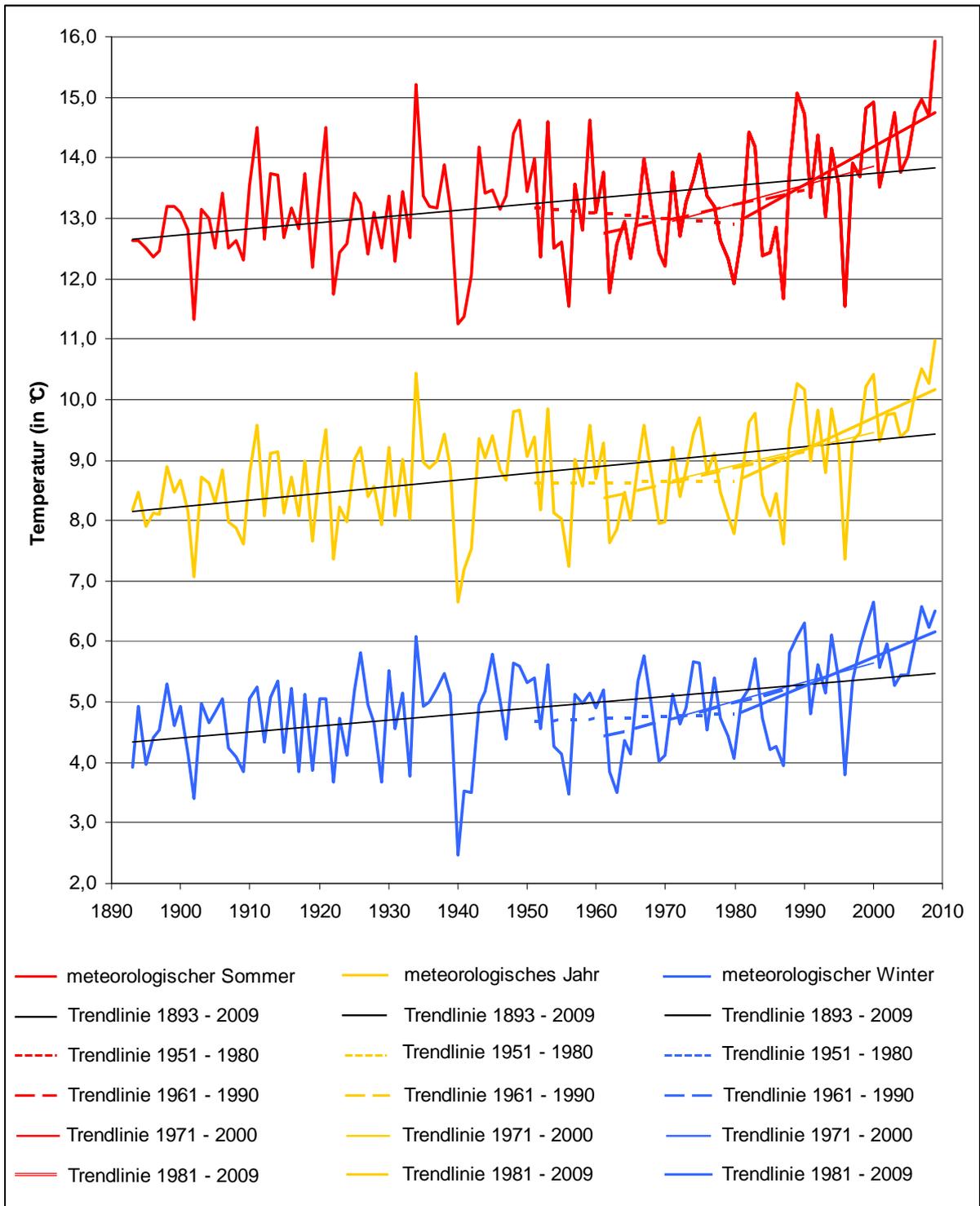


Abb.5.1: Veränderungen in der Tagesmimumtemperatur (rot), der Tagesmitteltemperatur (gelb) sowie der Tagesmaximumtemperatur (blau) für die Jahre 1893 bis Okt. 2009 in ihrem zeitlichen Verlauf, ergänzt durch einen 116jährigen Trend und vier 30jährige Trends

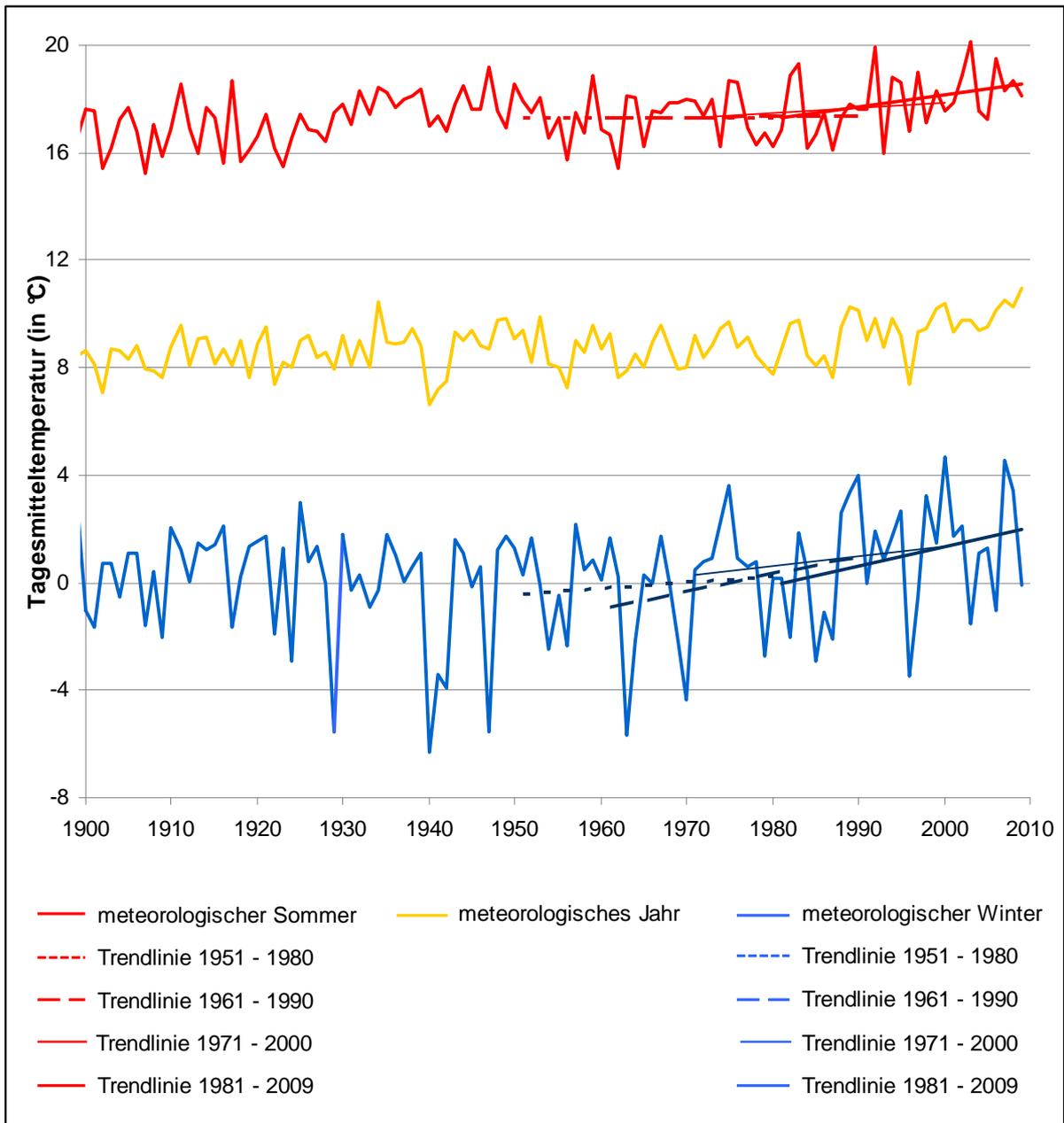


Abb. 5.2: Veränderung der Tagesmitteltemperatur für das meteorologische Jahr, den meteorologischen Sommer und meteorologischen Winter im zeitlichen Verlauf von 1900 bis Okt. 2009, ergänzt durch vier 30jährige Trends

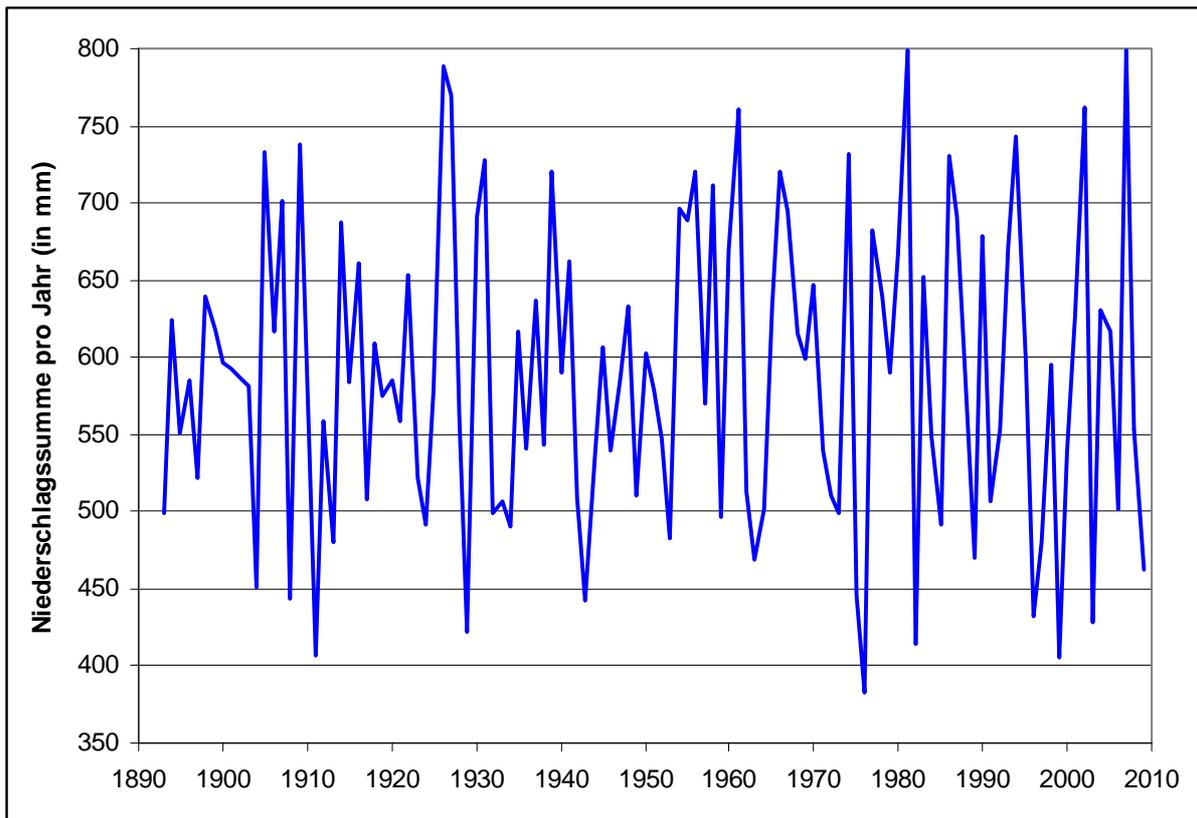


Abb. 5.3: Jährliche Niederschlagssummen für die Jahre 1893 bis Okt. 2009 im zeitlichen Verlauf

In Abb. 5.3 ist der zeitliche Verlauf der Jahresniederschlagssumme dargestellt. Dieser zeigt keinen signifikanten Trend. Die Werte schwanken zwischen 383 und 798 mm pro Jahr

Bei der Betrachtung der Niederschlagssummen für den meteorologischen Winter und meteorologischen Sommer in Abb. 5.4 haben die Graphen ein sehr unterschiedlichen Verlauf. Die Daten für den meteorologischen Sommer haben eine größere Spannweite als die des meteorologischen Winters. Sie variieren zwischen 60 und 400 mm, während die Spannweite im meteorologischen Winter zwischen 55 und 247 mm liegt. Allgemein lässt sich demnach sagen, dass im meteorologischen Sommer des vergangenen Jahrhunderts mehr Niederschlag gefallen ist als im meteorologischen Winter. Dabei war der Sommerniederschlag in einigen Jahren doppelt so hoch wie der Niederschlag im Winter. Aussagen zum Trendverhalten sind stark abhängig von der zugrunde liegenden Zeitreihe. So ist für den 30jährigen Trend von 1951 - 1980 eine deutliche Abnahme der Sommer- und eine leichte Zunahme der Winterniederschläge zu erkennen. Im 30jährigen Trend von 1981 - 10/2009 ist eine geringe Zunahme der Sommer- als auch eine ebenso deutliche Abnahme der Winterniederschläge erkennbar.

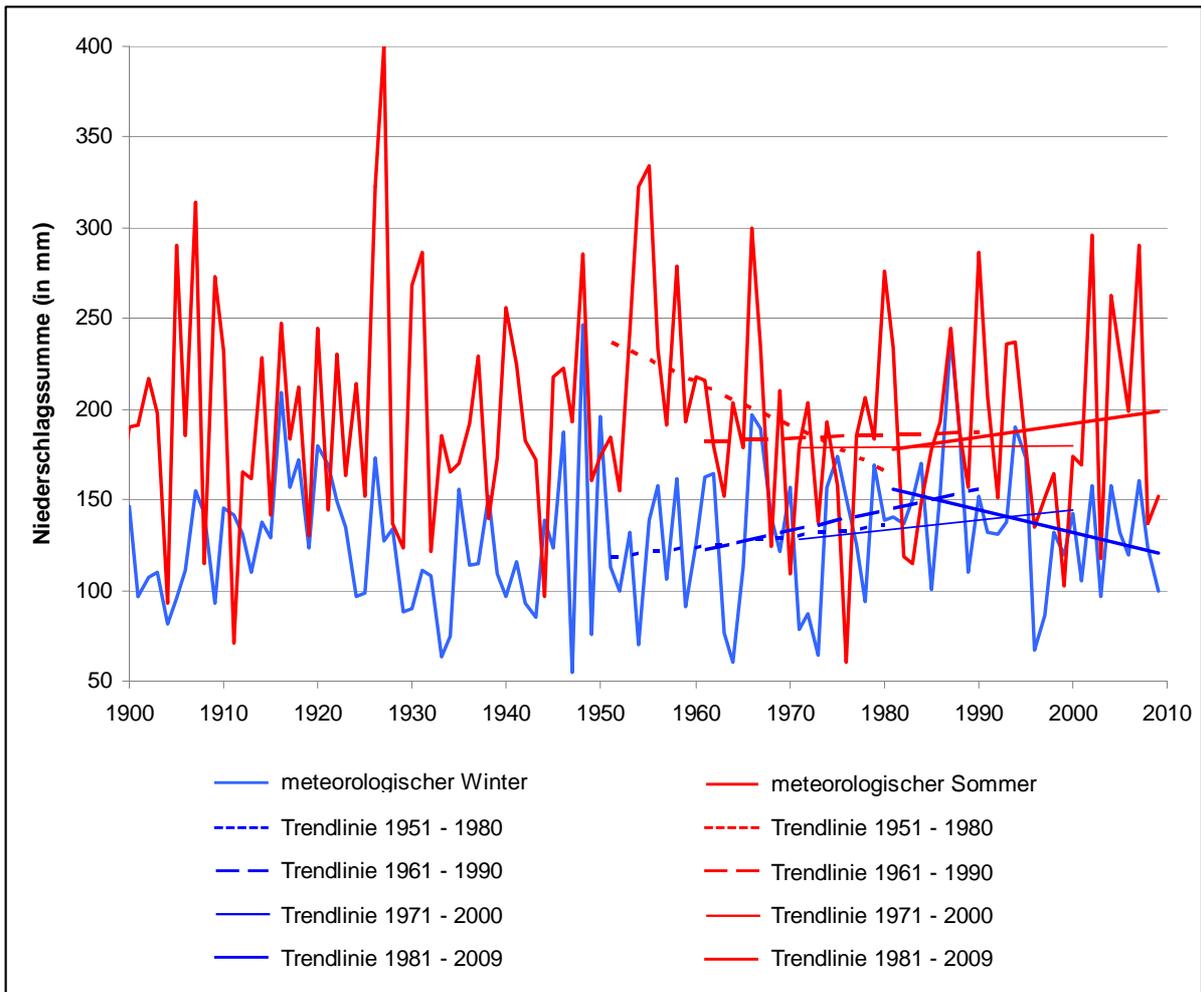


Abb. 5.4 Niederschlagssummen im meteorologischen Winter und im meteorologischen Sommer im zeitlichen Verlauf, ergänzt durch vier 30jährige Trendlinien

## 5.2 Basiszeitraum (1971 - 2000)

Als Basiszeitraum für diese Auswertung wurde der Zeitraum 1971 – 2000 gewählt. Auf Grund der besseren Datenlage für diesen Zeitraum wurde der Empfehlung des DWD gefolgt und nicht der Vergleichszeitraum 1961 – 1990 (die Klimanormalperiode der WMO) als Basiszeitraum gewählt.

Grundlage dieser Auswertung sind Beobachtungsdaten der Klima- und Niederschlagsstationen der Länder Brandenburg und Berlin. Die DWD-Daten wurden vom PIK überarbeitet und zur Verfügung gestellt. In den Karten werden die absoluten Werte gemittelt über den dreißigjährigen Zeitraum dargestellt.

Die Darstellungen erfolgen für folgende Parameter:

- Tagesmitteltemperatur
- Niederschlag
- Relative Feuchte
- Sonnenscheindauer
- Windgeschwindigkeit.

Darüber hinaus werden die Kenntage in geeigneter Form analysiert.

### 5.2.1 Tagesmitteltemperatur

Zur Darstellung des Klimaparameters Temperatur in einem bestimmten Zeitraum dienen die beobachteten mittleren Werte jedes einzelnen Tages innerhalb des Betrachtungszeitraumes. Nachstehend werden die Tagesmitteltemperaturen für ausgewählte Zeiträume als Mittelwerte des Basiszeitraums 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.

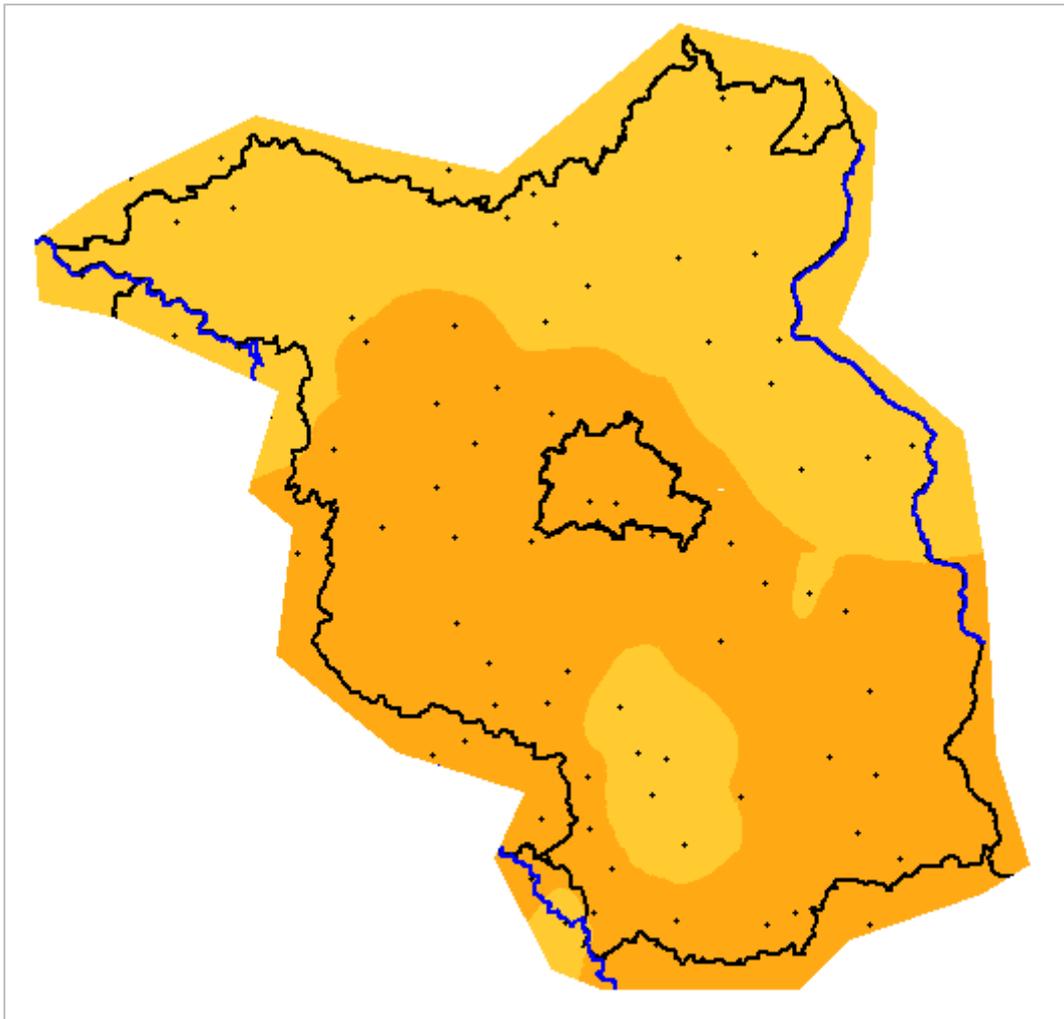
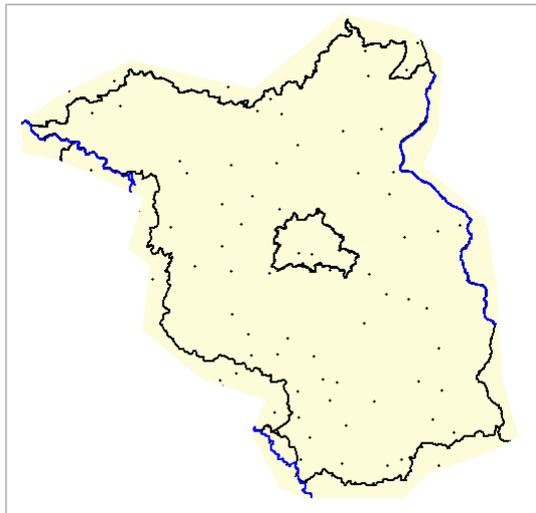


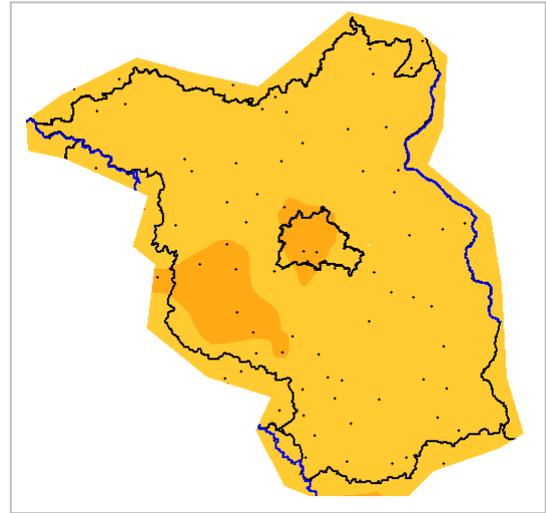
Abb. 5.2.1.1 Mitteltemperatur 1971 - 2000; meteorologisches Jahr



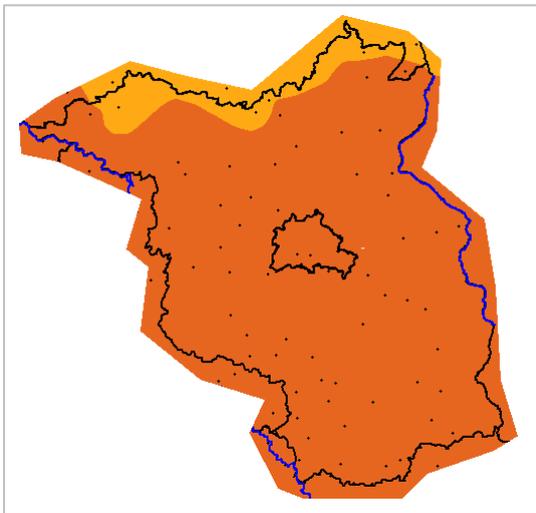
Die beobachteten Tagesmitteltemperaturen betragen im Betrachtungsraum für den Basiszeitraum 1971 - 2000 zwischen 8,2 und 9,6 °C. Der Mittelwert beträgt 9,0 °C.



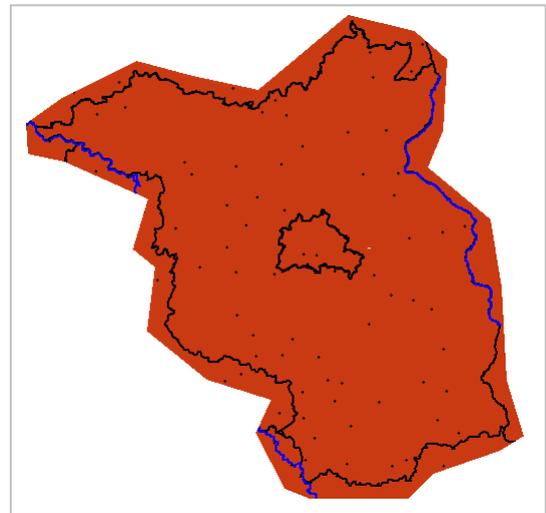
met. Winter (DJF)



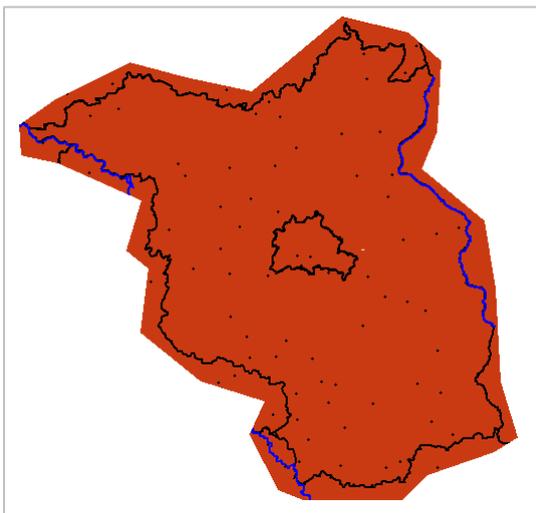
met. Frühjahr (MAM)



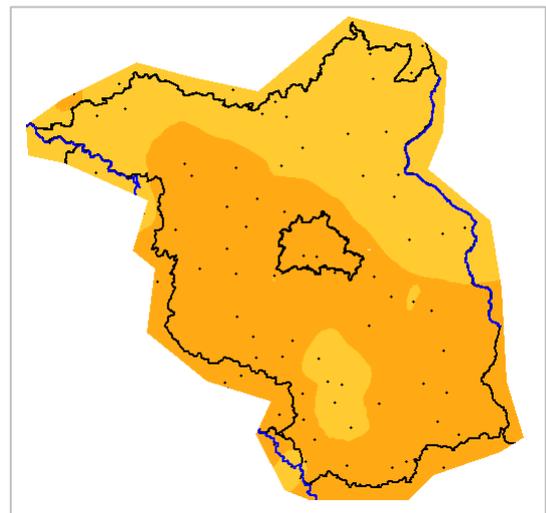
Vegetationsperiode I (AMJ)



Vegetationsperiode II (JAS)



met. Sommer (JJA)



met. Herbst (SON)



Abb. 5.2.1.2 – 5.2.1.7 Mitteltemperatur 1971 - 2000; dreimonatige Zeiträume

## 5.2.2 Niederschlag

Zur Darstellung des Klimaparameters Niederschlag in einem bestimmten Zeitraum dienen die beobachteten mittleren Werte jedes einzelnen Tages innerhalb des Betrachtungszeitraumes. Nachstehend werden die Niederschlagssummen für ausgewählte Zeiträume als Mittelwerte des Basiszeitraums 1971 - 2000 (in mm) dargestellt.

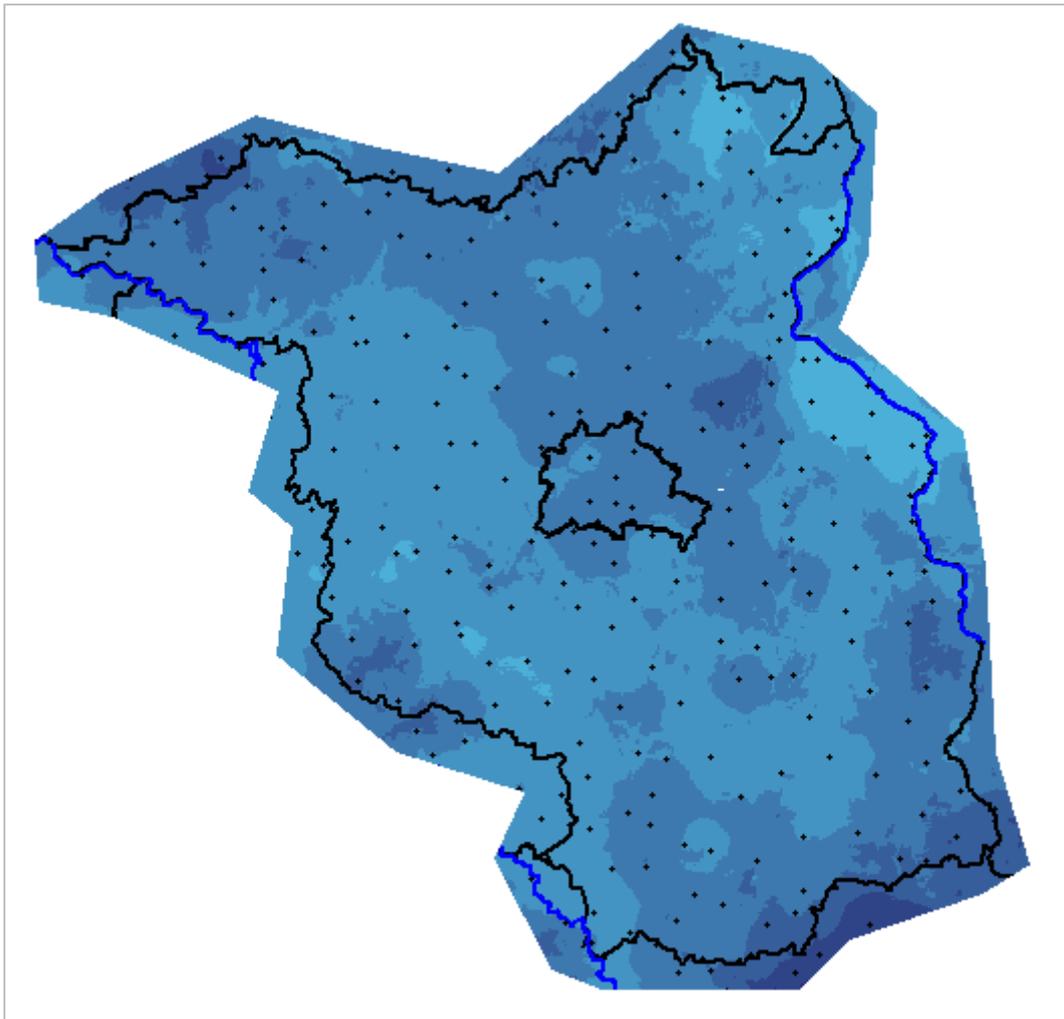
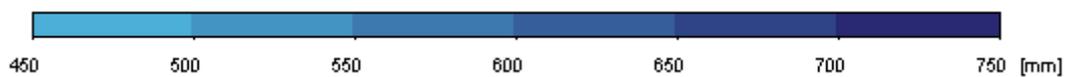
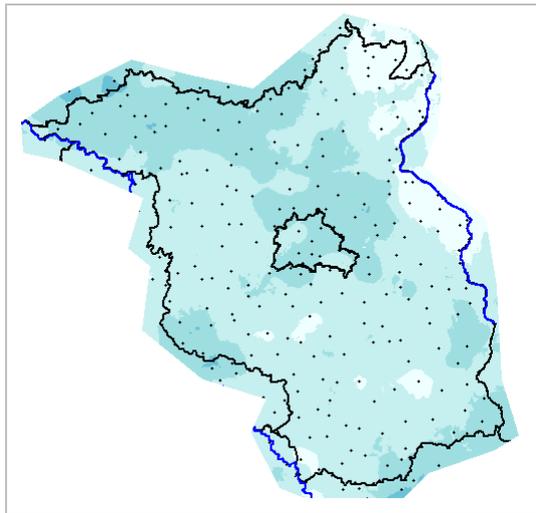


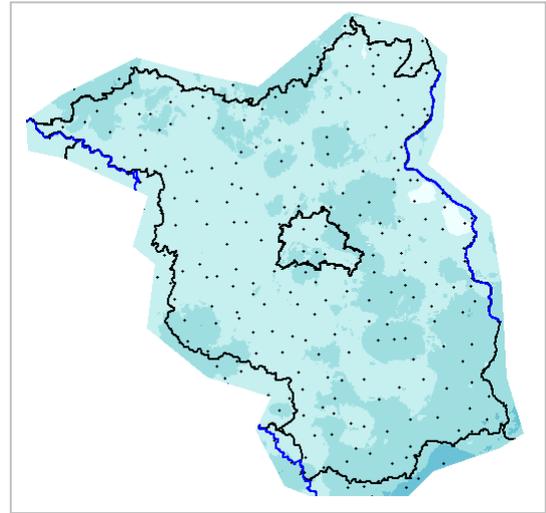
Abb. 5.2.2.1 Niederschlagssumme 1971 - 2000; meteorologisches Jahr



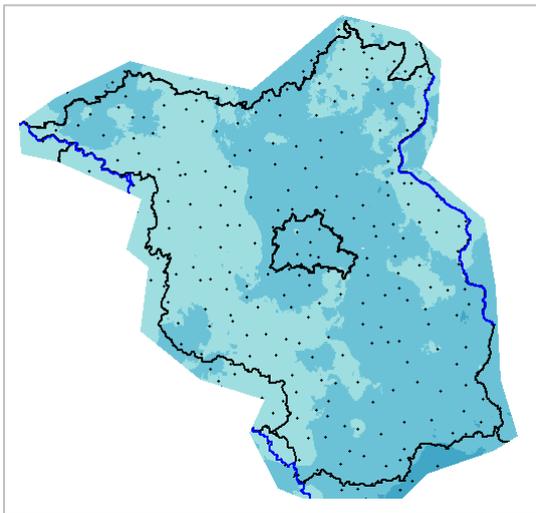
Die beobachteten Niederschlagssummen im Betrachtungsraum für den Basiszeitraum 1971 - 2000 zwischen 455 und 717 mm. Der Mittelwert beträgt 552 mm.



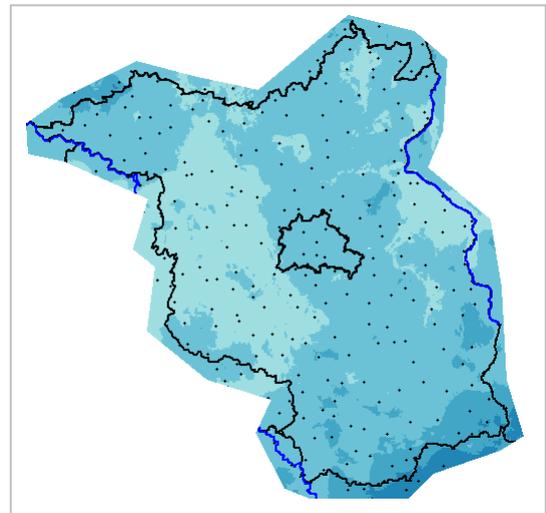
met. Winter (DJF)



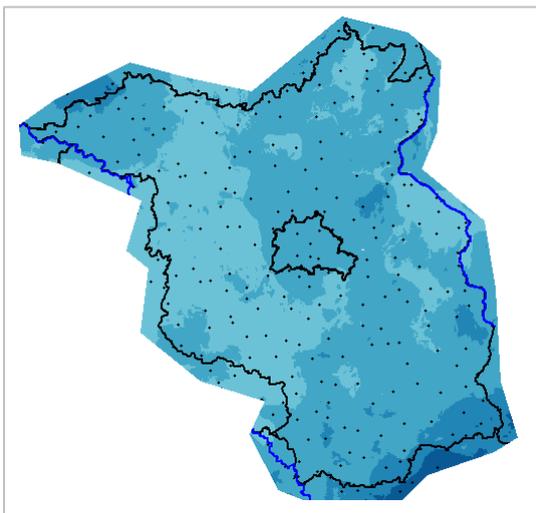
met. Frühjahr (MAM)



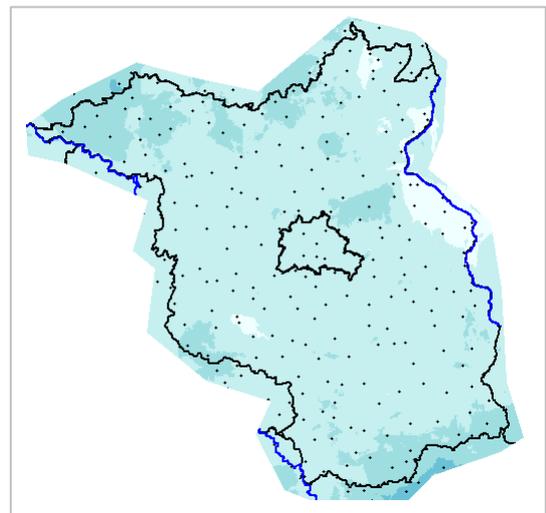
Vegetationsperiode I (AMJ)



Vegetationsperiode II (JAS)



met. Sommer (JJA)



met. Herbst (SON)

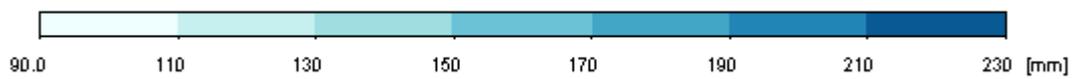


Abb. 5.2.2.2 – 5.2.2.7 Niederschlag 1971 - 2000; dreimonatige Zeiträume

### 5.2.3 Relative Feuchte

Zur Darstellung des Klimaparameters Relative Feuchte in einem bestimmten Zeitraum dienen die errechneten mittleren Werte jedes einzelnen Tages innerhalb des Betrachtungszeitraumes. Nachstehend werden die Niederschlagssummen für ausgewählte Zeiträume als Mittelwerte des Basiszeitraums 1971 - 2000 (in %) dargestellt.

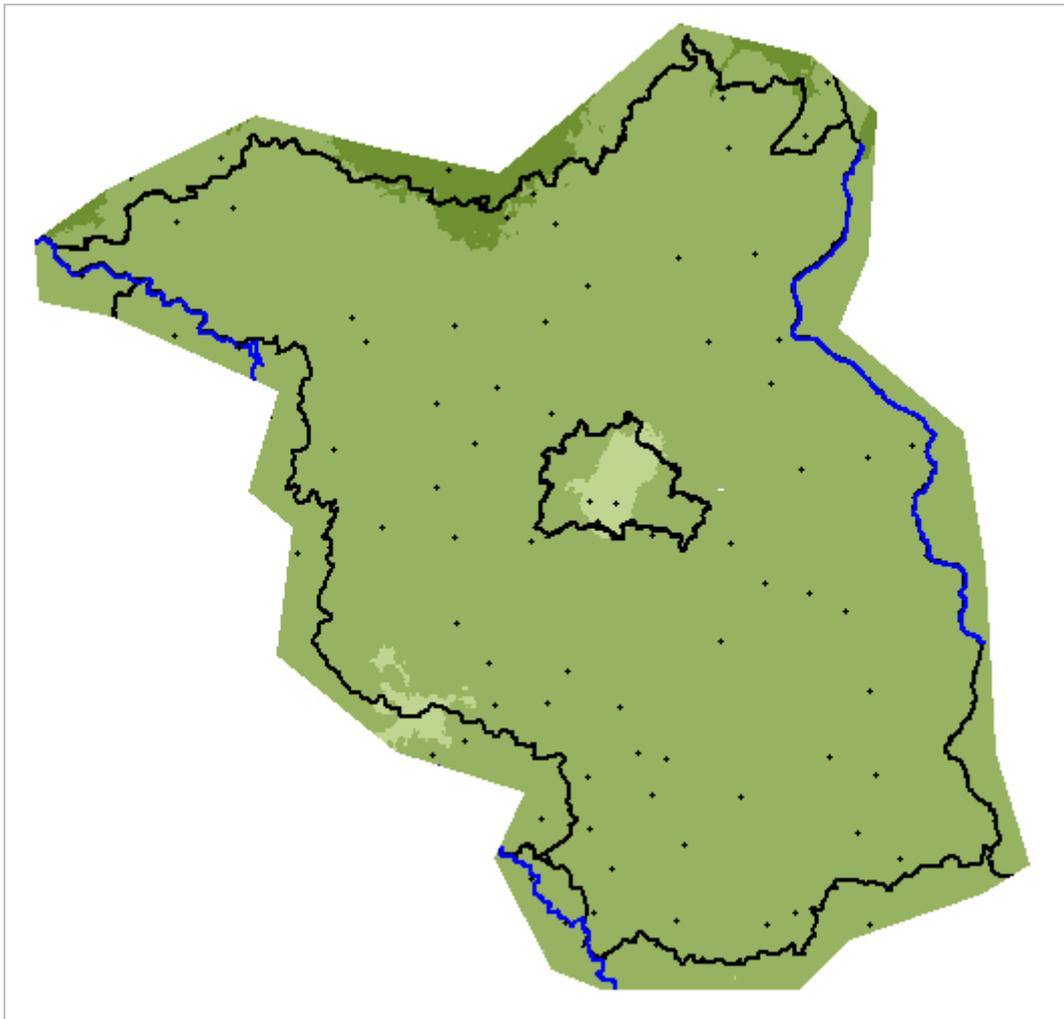
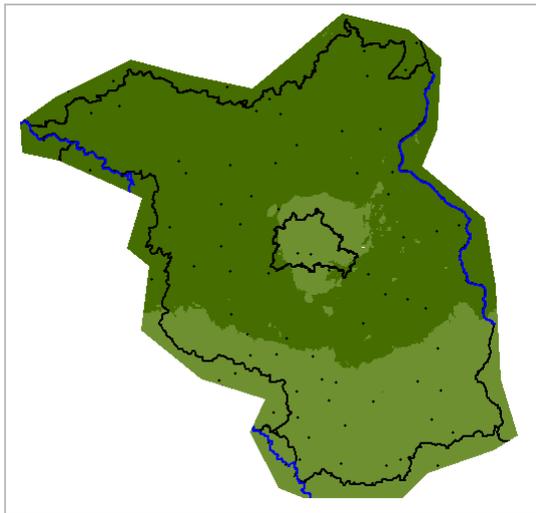


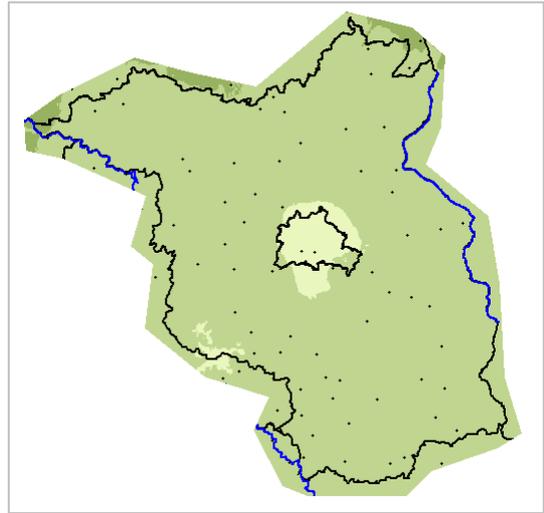
Abb. 5.2.3.1 Relative Feuchte 1971 - 2000; meteorologisches Jahr



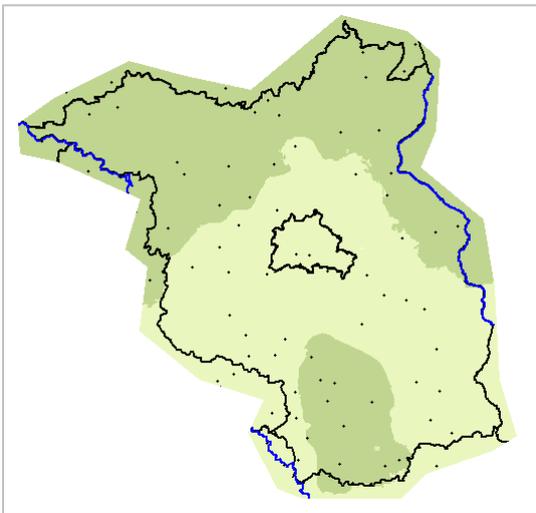
Die auf Basis von Beobachtungswerten errechnete Relative Feuchte im Betrachtungsraum beträgt für den Basiszeitraum 1971 - 2000 zwischen 74 und 81 %. Der Mittelwert der Relative Feuchte beträgt 78 %.



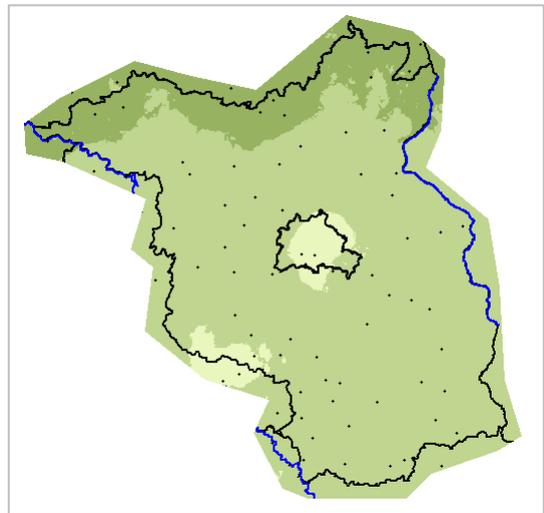
met. Winter (DJF)



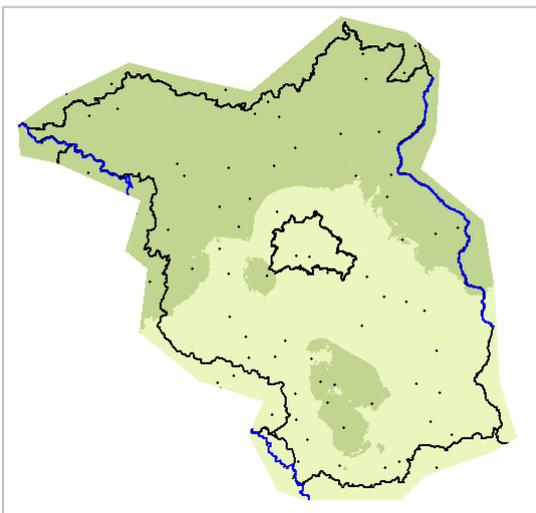
met. Frühjahr (MAM)



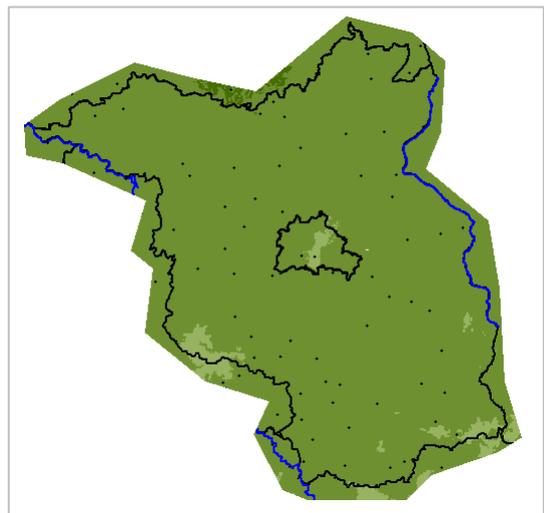
Vegetationsperiode I (AMJ)



Vegetationsperiode II (JAS)



met. Sommer (JJA)



met. Herbst (SON)



Abb. 5.2.3.2 – 5.2.3.7 Relative Feuchte 1971 - 2000; dreimonatige Zeiträume

## 5.2.4 Sonnenscheindauer

Zur Darstellung des Klimaparameters Sonnenscheindauer in einem bestimmten Zeitraum dienen die errechneten mittleren Summen jedes einzelnen Tages innerhalb des Betrachtungszeitraumes. Nachstehend wird die Sonnenscheindauer für ausgewählte Zeiträume als Mittelwerte des Basiszeitraums 1971 - 2000 (in h) dargestellt.

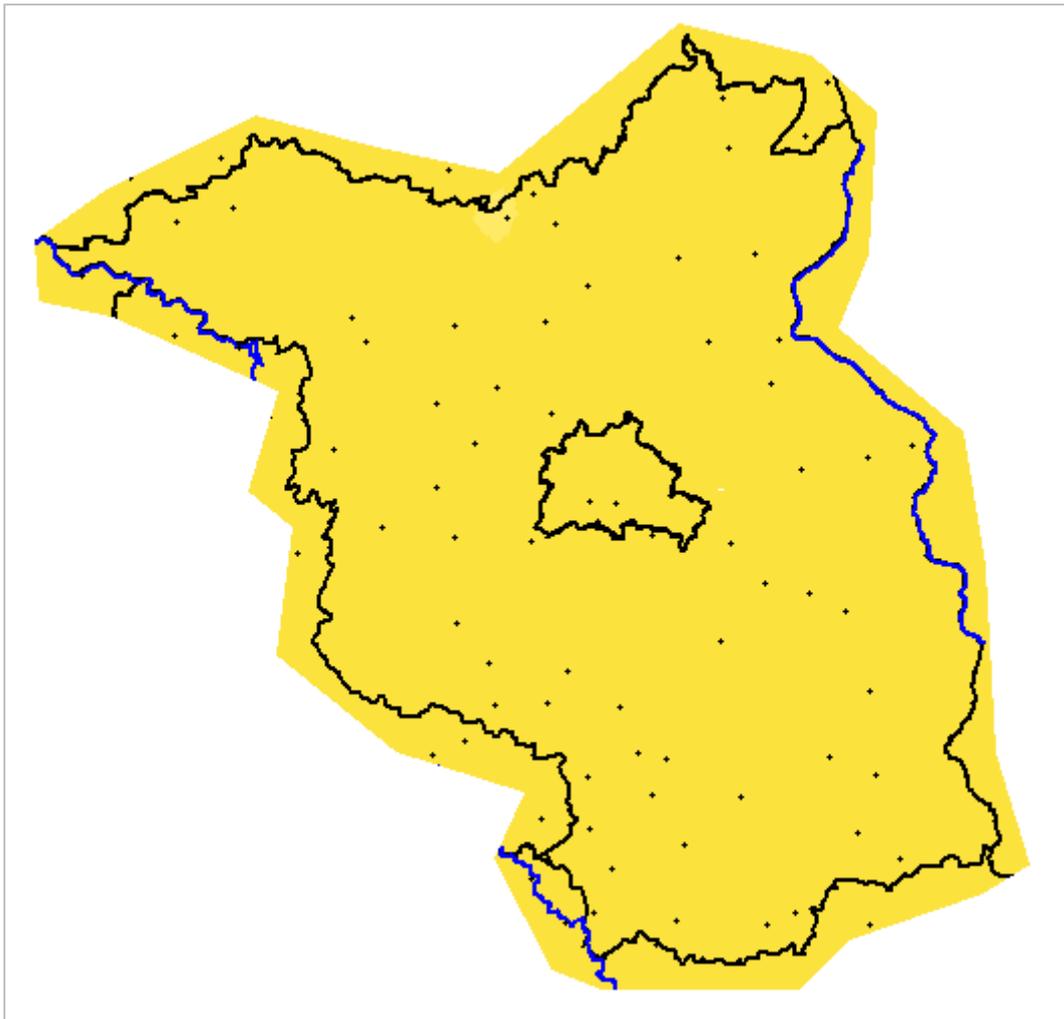
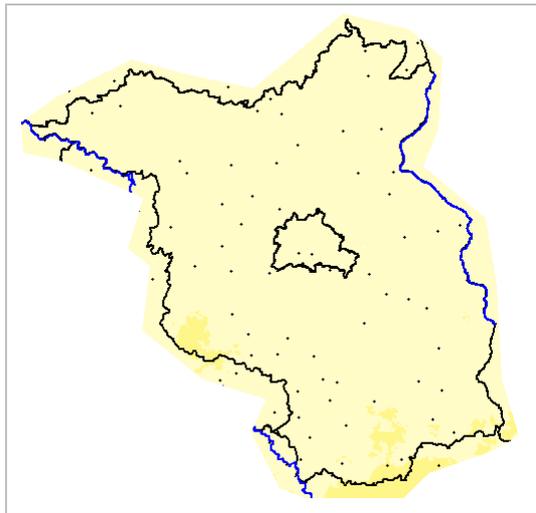


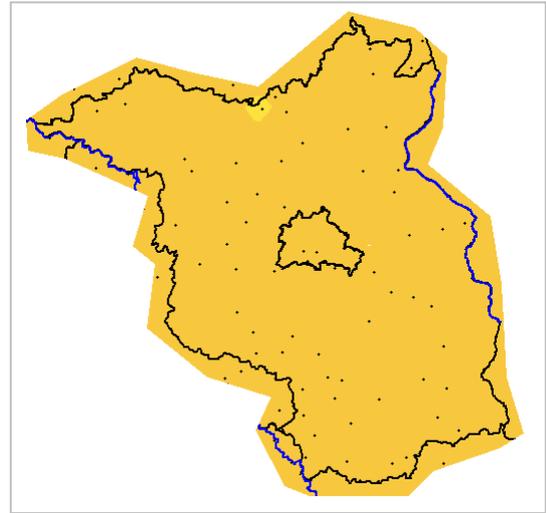
Abb. 5.2.4.1 Sonnenscheindauer 1971 - 2000; meteorologisches Jahr



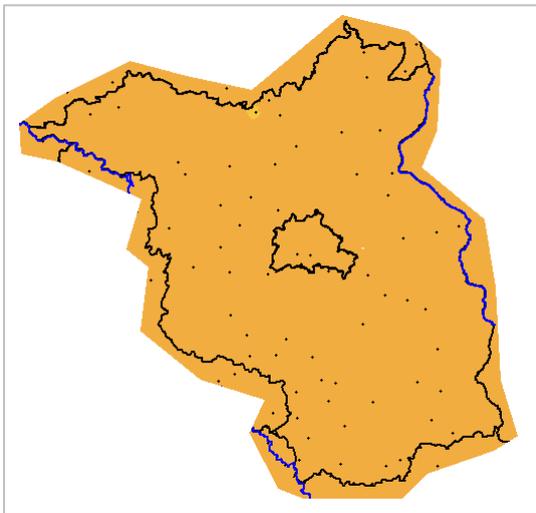
Die auf Basis von Beobachtungswerten errechnete Sonnenscheindauer im Betrachtungsraum beträgt für den Basiszeitraum 1971 - 2000 zwischen 3,9 und 4,7 h. Der Mittelwert der Sonnenscheindauer beträgt 4,5 h.



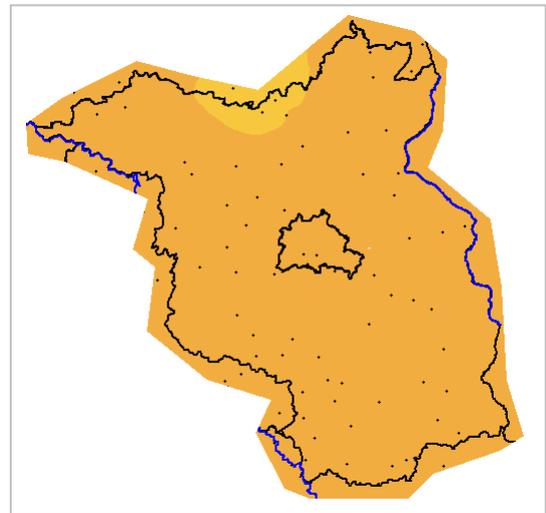
met. Winter (DJF)



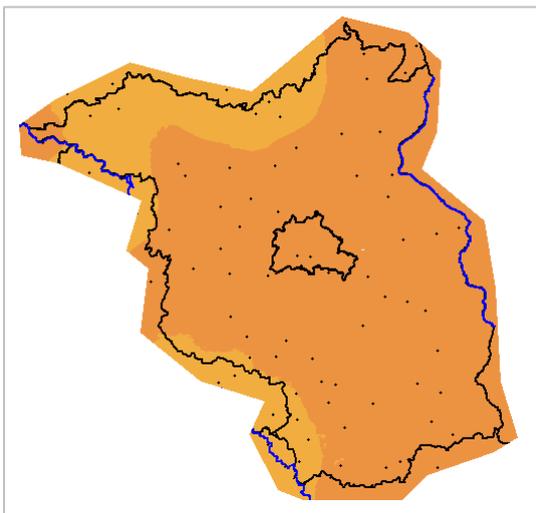
met. Frühjahr (MAM)



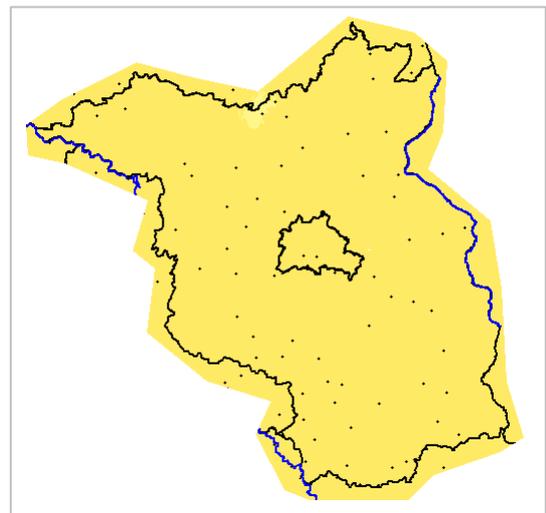
Vegetationsperiode I (AMJ)



Vegetationsperiode II (JAS)



met. Sommer (JJA)



met. Herbst (SON)



Abb. 5.2.4.2 – 5.2.4.7 Sonnenscheindauer 1971 - 2000; dreimonatige Zeiträume

### 5.2.5 Windgeschwindigkeit

Zur Darstellung des Klimaparameters Windgeschwindigkeit in einem bestimmten Zeitraum dienen die errechneten mittleren Werte jedes einzelnen Tages innerhalb des Betrachtungszeitraumes. Nachstehend wird die Windgeschwindigkeit für ausgewählte Zeiträume als Mittelwerte des Basiszeitraums 1971 - 2000 (in m/s) dargestellt.

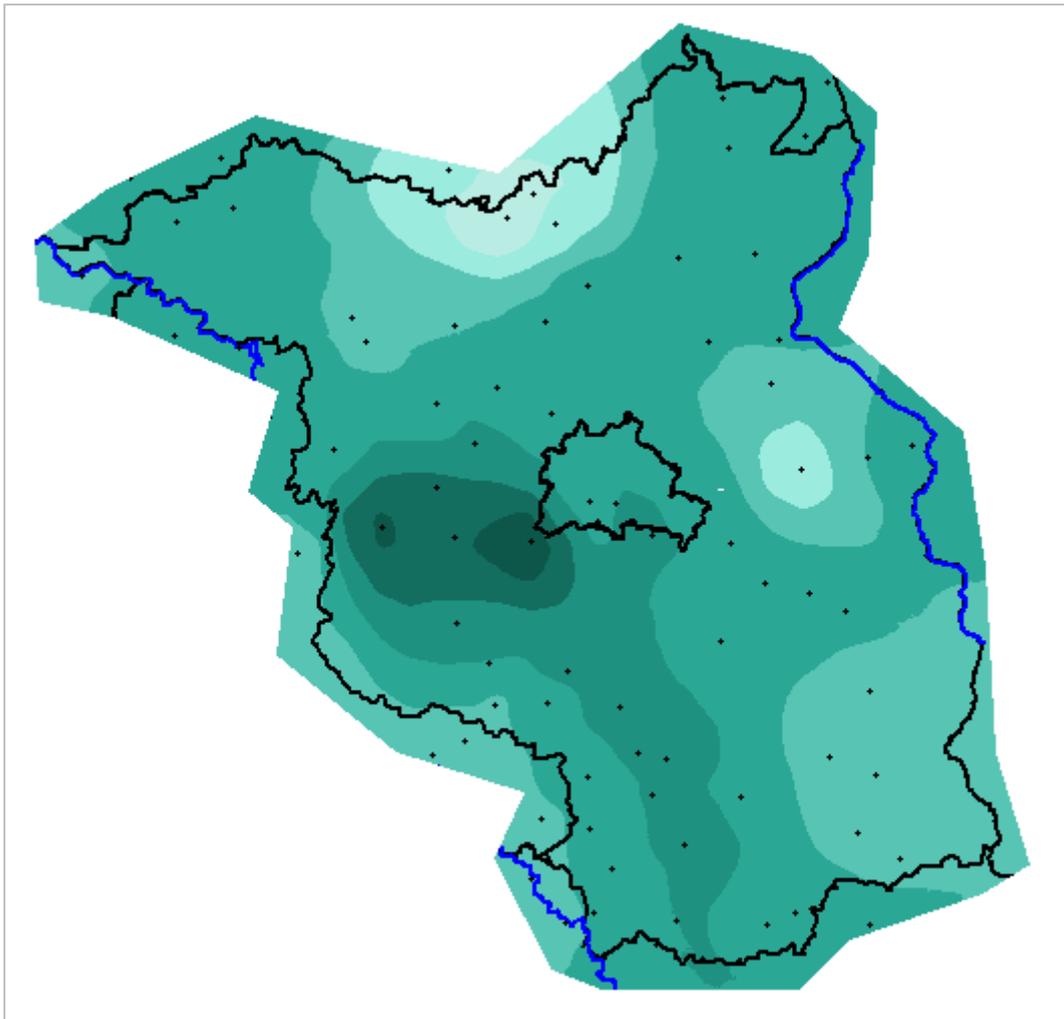
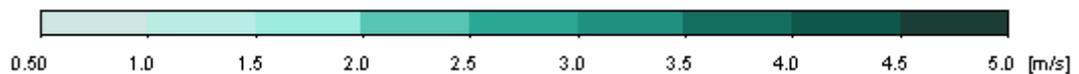
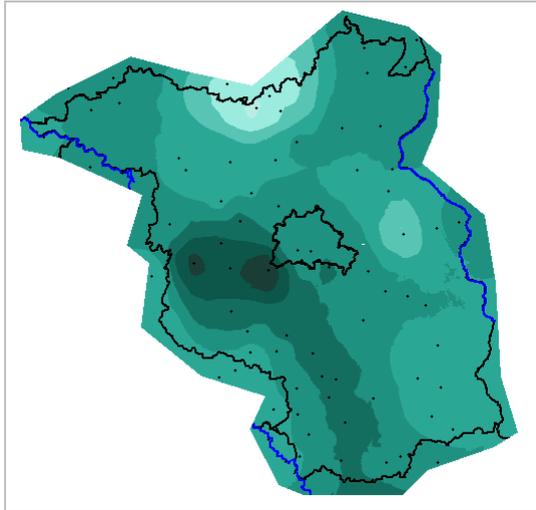


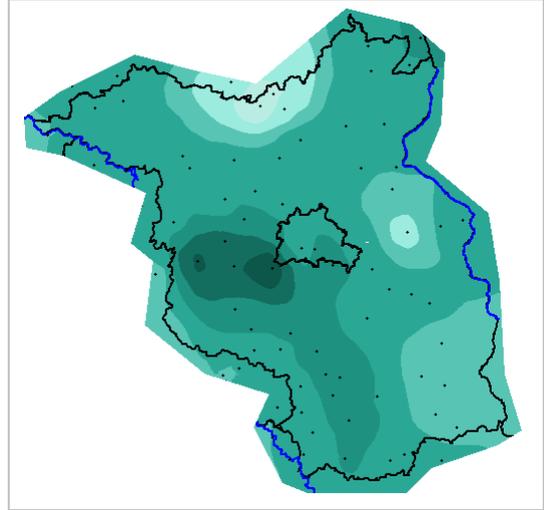
Abb. 5.2.5.1 Windgeschwindigkeit 1971 - 2000; meteorologisches Jahr



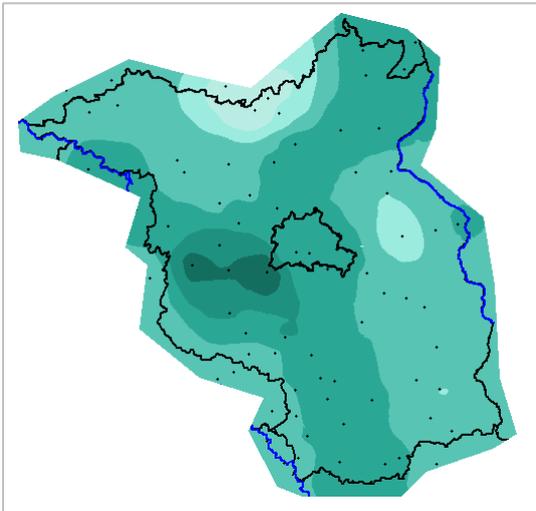
Die auf Basis von Beobachtungswerten errechnete mittlere Windgeschwindigkeit im Betrachtungsraum beträgt für den Basiszeitraum 1971 - 2000 zwischen 1,1 und 4,3 m/s. Der Mittelwert der Windgeschwindigkeit beträgt 2,7 m/s.



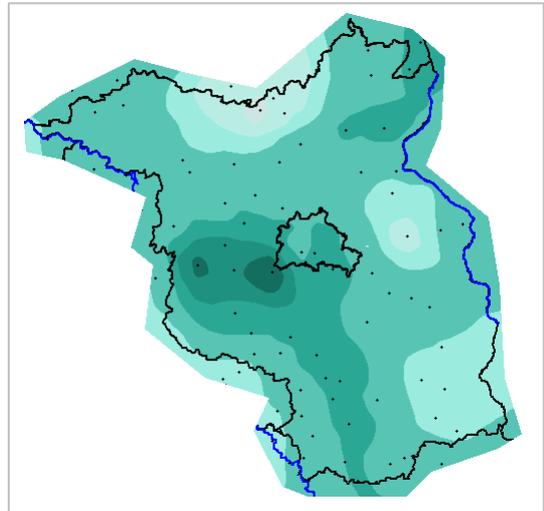
met. Winter (DJF)



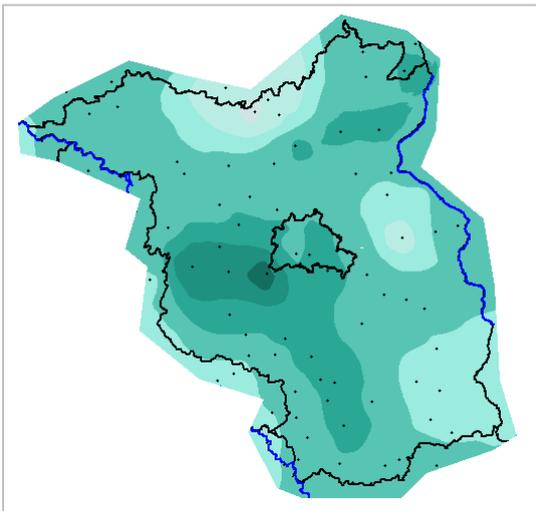
met. Frühjahr (MAM)



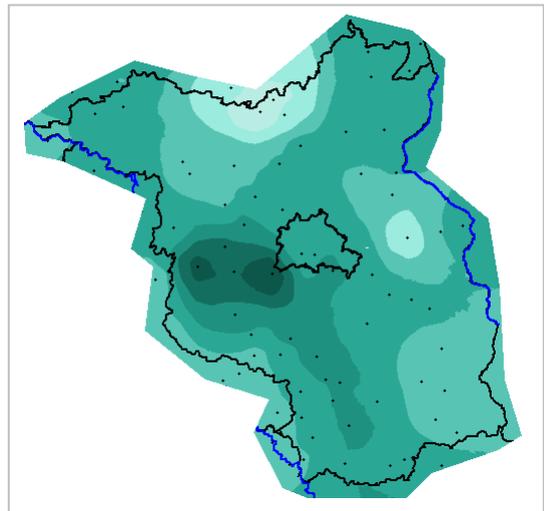
Vegetationsperiode I (AMJ)



Vegetationsperiode II (JAS)



met. Sommer (JJA)



met. Herbst (SON)



Abb. 5.2.5.2 – 5.2.5.7 Windgeschwindigkeit 1971 - 2000; dreimonatige Zeiträume

## 5.2.6 Kenntage

Die Darstellung der Kenntage kann nicht in der gleichen Form erfolgen wie die anderen klimatologischen Parameter, da der verwendete Satz der Beobachtungsdaten keine Angaben für Tagesminimumtemperatur oder –maximumtemperatur enthält. Aber genau diese Werte charakterisieren zahlreiche Kenntage. Lediglich Schwach- und Starkwind sind aus dem Datensatz ableitbar. Die Ermittlung der Ausgangsgrößen erscheint aber notwendig, damit die in Kap. 6 und 7 dargestellten Differenzgrößen besser eingeordnet werden können.

Im Mittel von 64 ausgewählten Stationen in Brandenburg und Berlin ergeben sich aus den vom PIK überarbeiteten Beobachtungsdaten für den Zeitraum 1971 - 2000 gemittelt 132,4 Schwachwindtage und 3,0 Starkwindtage.

Um den anderen Kenngrößen (Anzahl der Sommertage, Eistage, Frosttage, heiße Tage, Tropennächte und Tage mit Schwüle) ebenfalls eine Basisgröße zuzuordnen, wurden die modellspezifischen Werte für den Zeitraum 1971 - 2000 ermittelt und ein gewichteter Mittelwert errechnet. Die Gewichtung berücksichtigt die bessere Reproduktion des Beobachtungszeitraums durch statische Modelle.

Im Ergebnis ergeben sich für den Zeitraum 1971 - 2000 im gewichteten Mittel:

24,4 Eistage,  
81,3 Frosttage,  
34,3 Sommertage,  
7,0 heiße Tage  
0,6 Tropennächte,  
6,0 Tage mit Schwüle.

Die einzelnen Modellergebnisse für die Kenntage sind in der Tabelle 5.1 ersichtlich.

<b>Kenngröße</b>		<b>WettReg</b>	<b>STAR2*</b>	<b>REMO10</b>	<b>CLM_L1</b>	<b>CLM_L2</b>
<b>Eistage</b>	Min	21,6	19,3	16,3	24,1	27,2
	Max	32,6	31,6	27,1	37,0	38,2
	Mittel	25,5	22,8	19,9	29,2	32,0
<b>Frosttage</b>	Min	81,7	72,4	45,0	66,4	70,6
	Max	98,5	104,0	60,9	89,2	93,8
	Mittel	88,5	82,0	51,7	77,3	81,6
<b>Sommertage</b>	Min	32,1	28,5	7,9	11,2	12,0
	Max	48,0	45,1	40,8	38,5	37,6
	Mittel	39,0	35,2	24,5	21,7	21,6
<b>heiße Tage</b>	Min	6,6	4,5	0,2	1,3	1,5
	Max	11,8	9,6	9,6	14,0	14,2
	Mittel	8,8	6,5	3,6	4,8	4,6
<b>Tropennacht</b>	Min	0,6	0,1	0,2	0,2	0,1
	Max	1,8	0,9	2,6	1,5	0,9
	Mittel	0,8	0,2	1,1	0,6	0,3
<b>Tage m. Schwüle</b>	Min	4,0	3,6	5,4	5,6	4,8
	Max	6,9	8,0	14,2	13,7	12,2
	Mittel	5,0	5,2	10,2	9,5	8,4

Tab. 5.1 Kenntagsberechnung für die Periode 1971 - 2000 (\* nur 1981 - 2000)

## 6 Projektionszeitraum 2031 - 2060

Für den Projektionszeitraum werden folgende Parameter betrachtet:

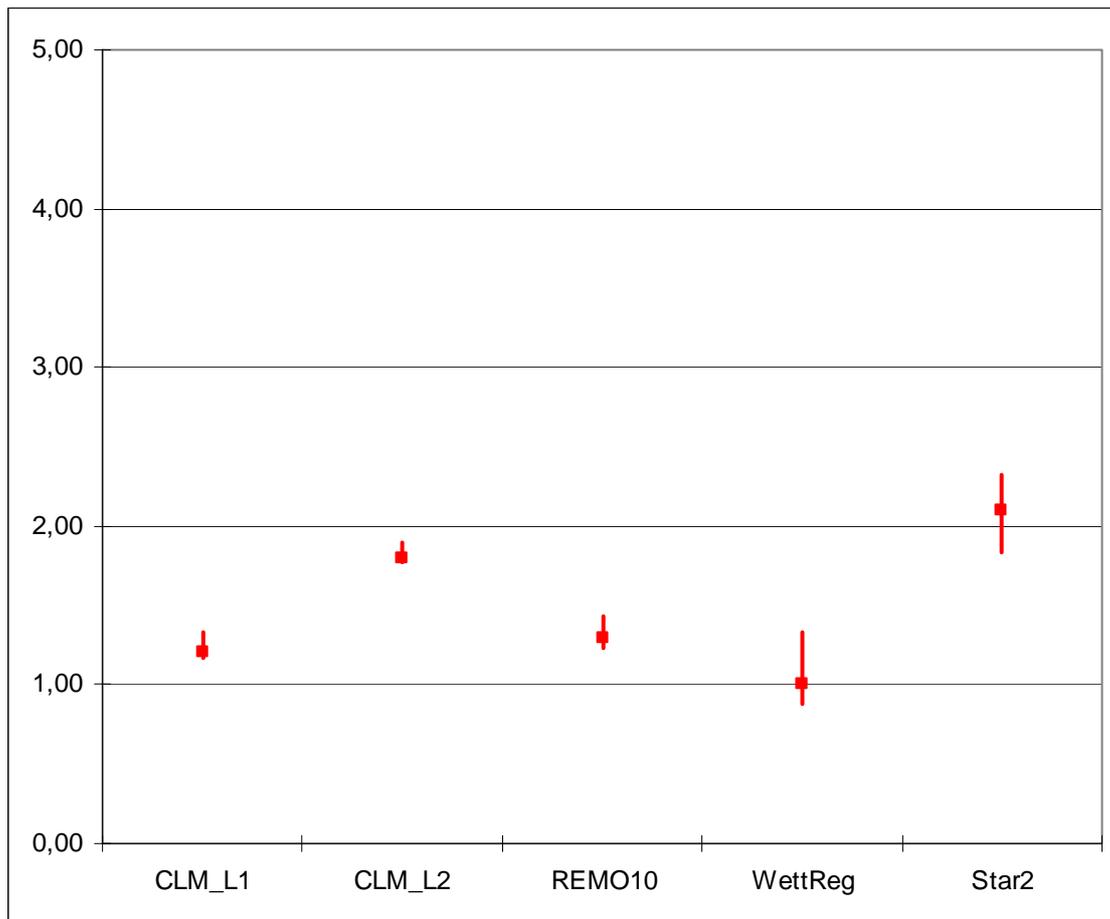
- 6.1 Tagesmitteltemperaturen der Luft
- 6.2 Tagesmaximumtemperaturen der Luft
- 6.3 Tagesminimumtemperaturen der Luft
- 6.4 Anzahl der Eistage
- 6.5 Anzahl der Frosttage
- 6.6 Anzahl der Sommertage
- 6.7 Anzahl der heißen Tage
- 6.8 Anzahl der Tropennächte
- 6.9 Mittlerer thermischer Vegetationsbeginn
- 6.10 Mittleres thermisches Vegetationsende
- 6.11 Niederschlag
- 6.12 Relative Feuchte
- 6.13 Wasserdampfdruck
- 6.14 Anzahl der Tage mit Schwüle
- 6.15 Sonnenscheindauer
- 6.16 Bedeckungsgrad
- 6.17 Windgeschwindigkeit
- 6.18 Anzahl der Tage mit Starkwind

## 6.1 Tagesmitteltemperaturen der Luft

### 6.1.1 Tagesmitteltemperatur – meteorologisches Jahr

Bei der Tagesmitteltemperatur handelt es sich um den errechneten Mittelwert aus allen im Laufe eines Tages gemessenen Temperaturen in °C. Temperaturen der Luft werden in 2 m über dem Boden gemessen.

Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesmitteltemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Angaben in °C      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.1.1.1 Mitteltemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 0,9 bis 2,3 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 1,0 und 2,1 °C. Es ist für das meteorologische Jahr hinsichtlich der Tagesmitteltemperatur ein deutlicher, homogener Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien von ECHAM5, dem Globalmodell/-antrieb) und A1B (SRES-Szenario) von einer weiteren Erhöhung um mindestens 1 °C auszugehen.

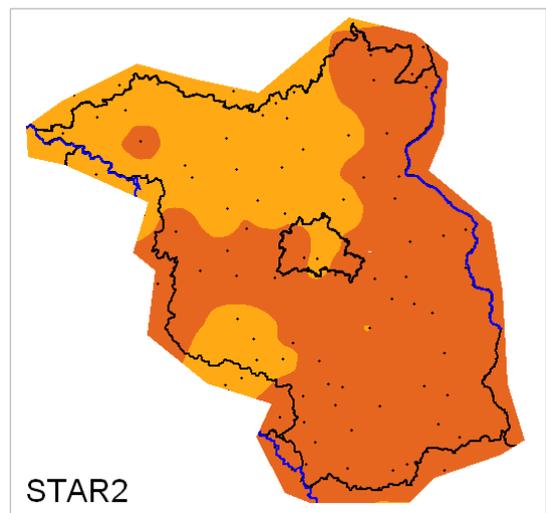
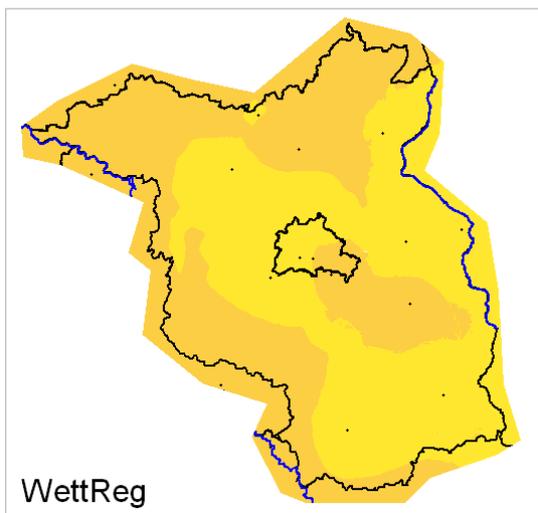
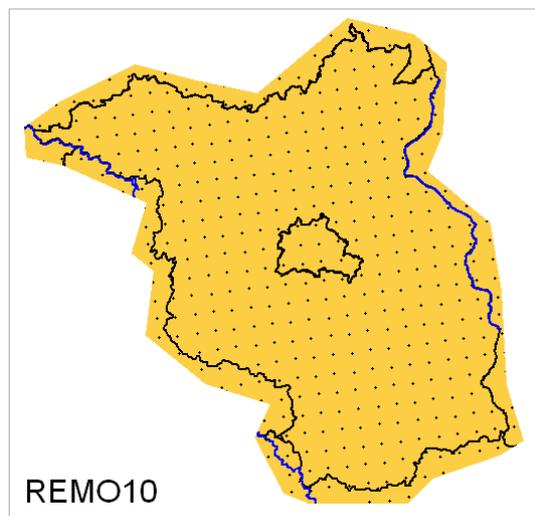
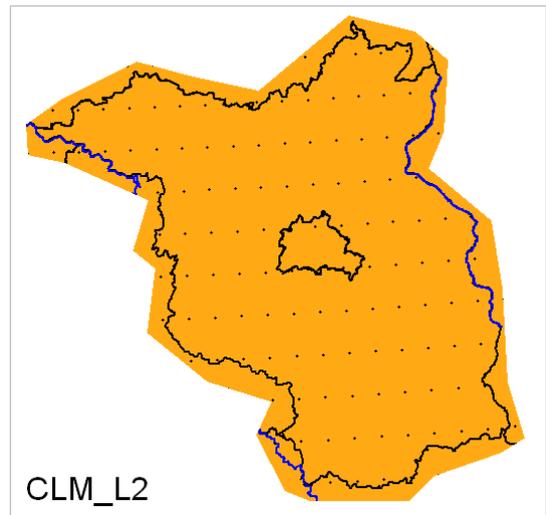
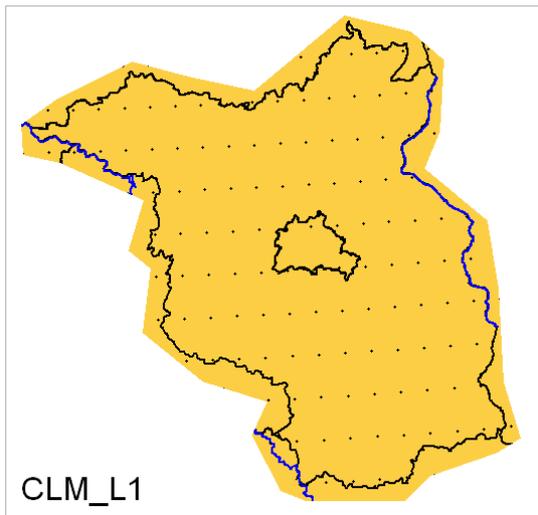
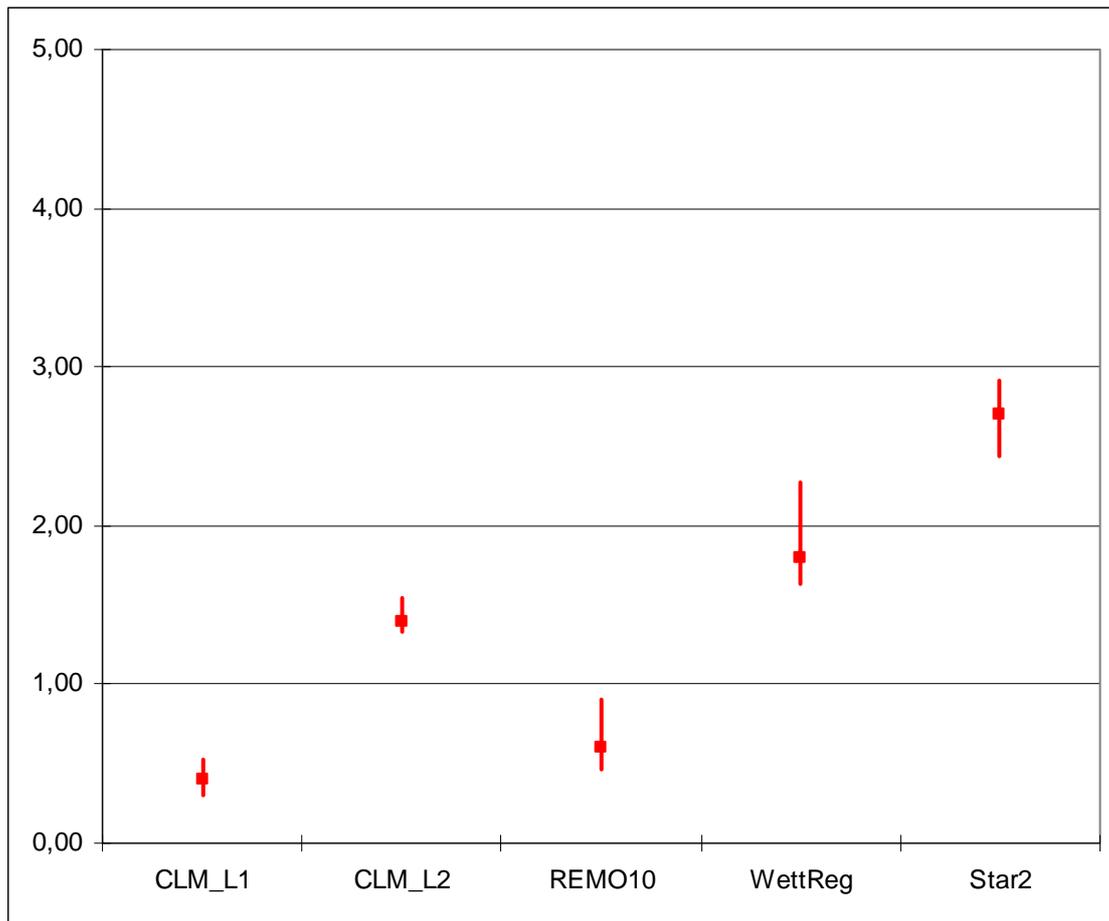


Abb. 6.1.1.2 – 6.1.1.6 Mitteltemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

### 6.1.2 Tagesmitteltemperatur – meteorologisches Frühjahr

Bei der Tagesmitteltemperatur handelt es sich um den errechneten Mittelwert aus allen im Laufe eines Tages gemessenen Temperaturen in °C. Temperaturen der Luft werden in 2 m über dem Boden gemessen.

Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesmitteltemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Angaben in °C      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.1.2.1 Mitteltemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Frühjahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 0,3 bis 2,9 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 0,4 und 2,7 °C. Es ist für das meteorologische Frühjahr hinsichtlich der Tagesmitteltemperatur ein deutlicher Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 0,4°C auszugehen.

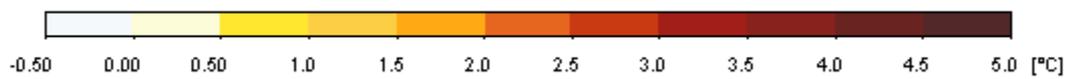
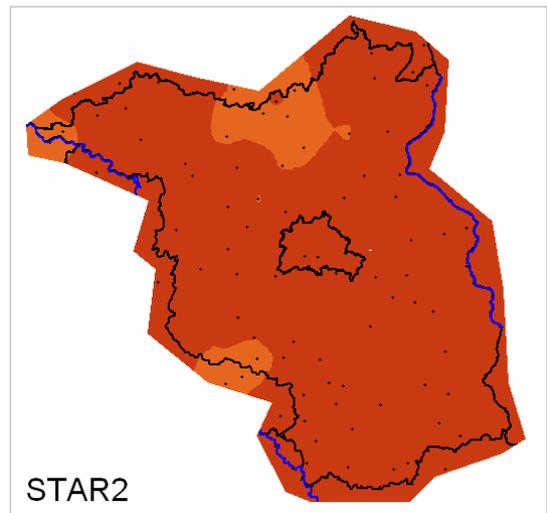
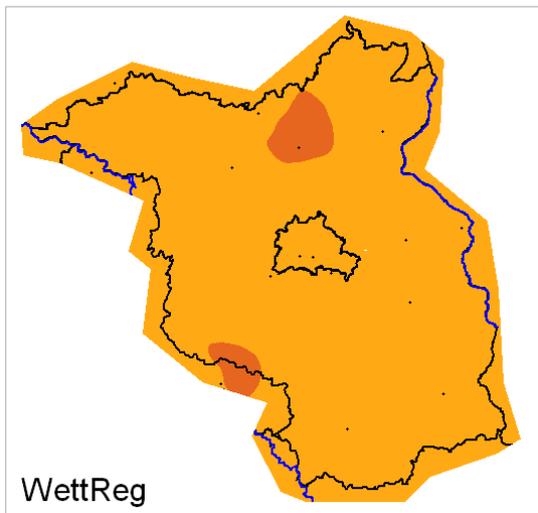
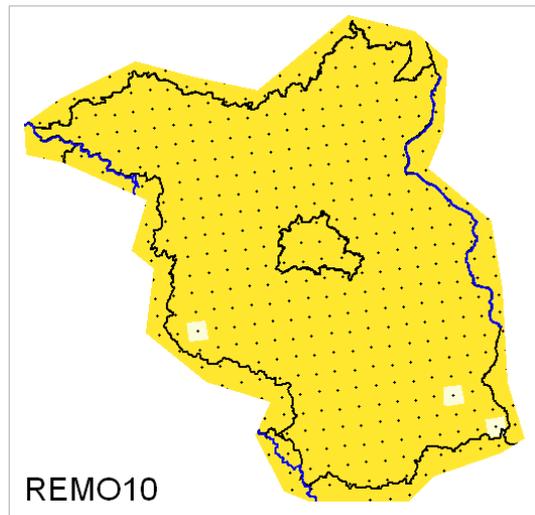
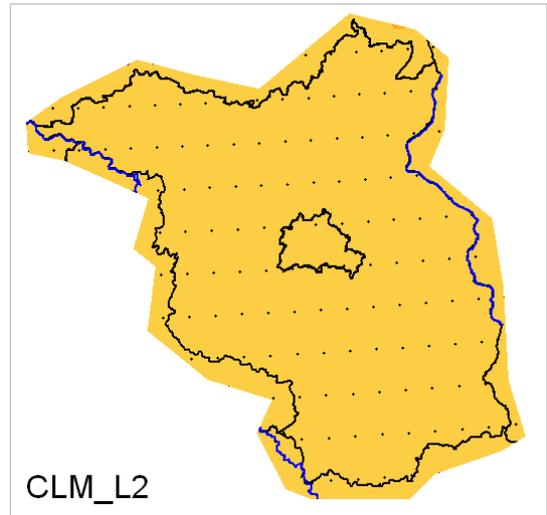
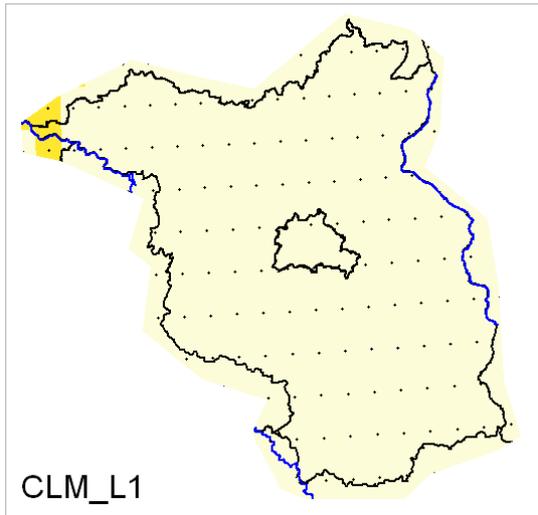
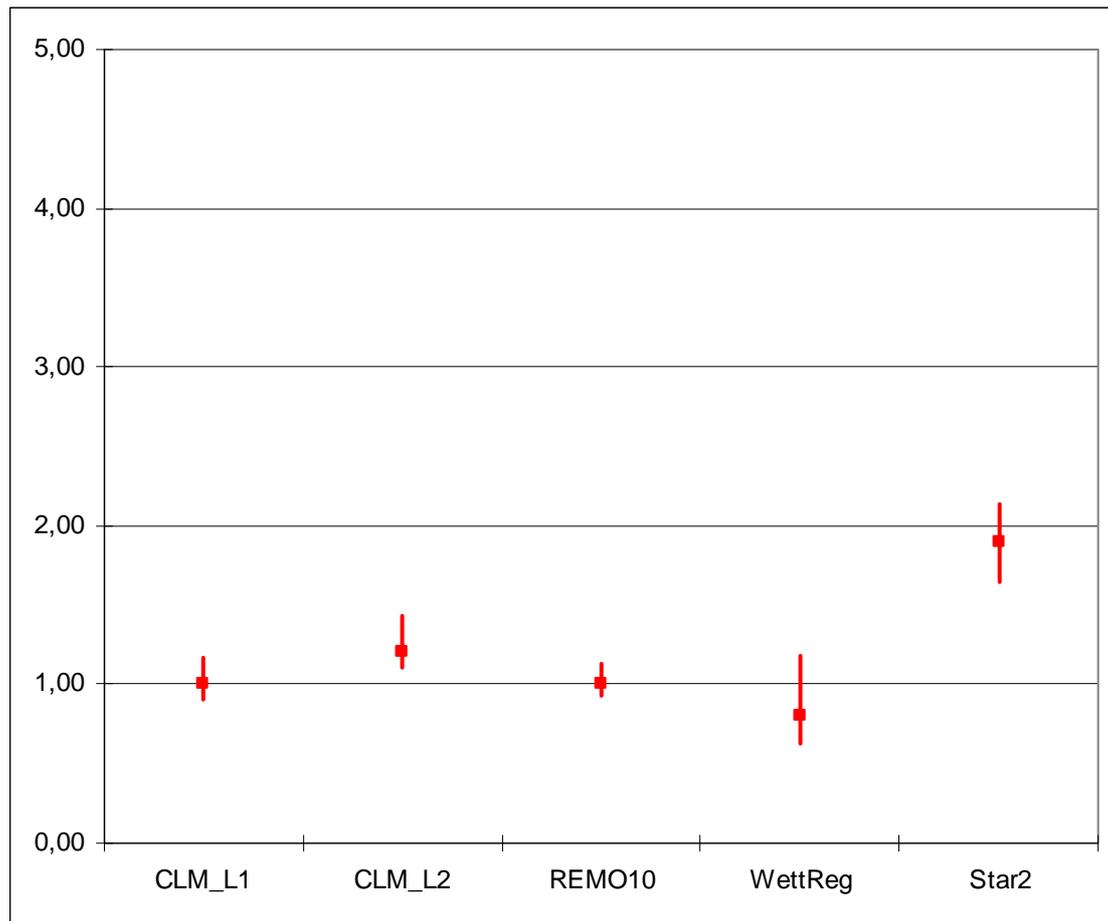


Abb. 6.1.2.2 – 6.1.2.6 Mitteltemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Frühjahr

### 6.1.3 Tagesmitteltemperatur – meteorologischer Sommer

Bei der Tagesmitteltemperatur handelt es sich um den errechneten Mittelwert aus allen im Laufe eines Tages gemessenen Temperaturen in °C. Temperaturen der Luft werden in 2 m über dem Boden gemessen.

Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesmitteltemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Angaben in °C      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.1.3.1 Mitteltemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Sommer

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 0,6 bis 2,1 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 0,8 und 1,9 °C. Es ist für den meteorologischen Sommer hinsichtlich der Tagesmitteltemperatur ein deutlicher, homogener Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 0,8°C auszugehen.

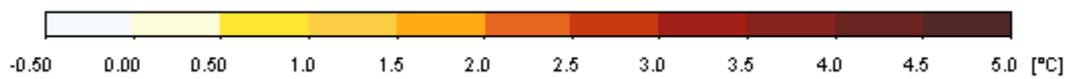
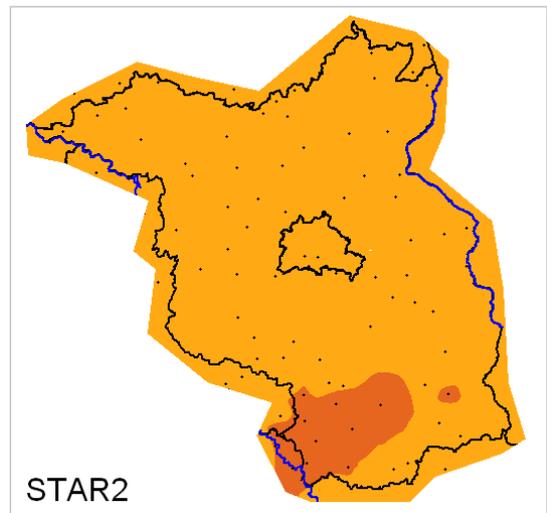
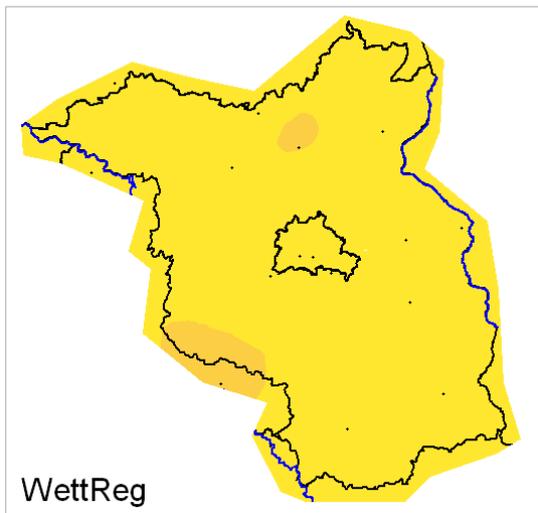
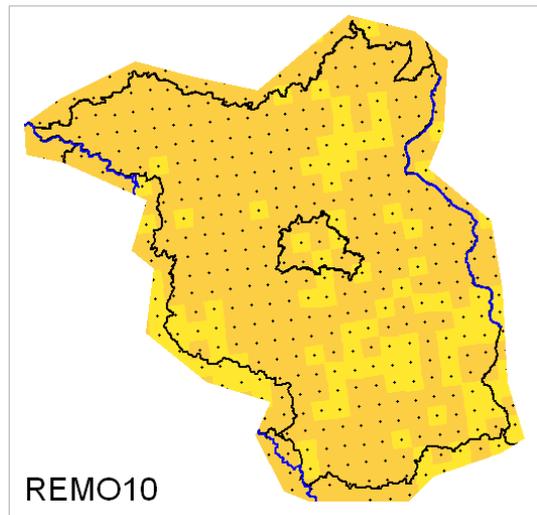
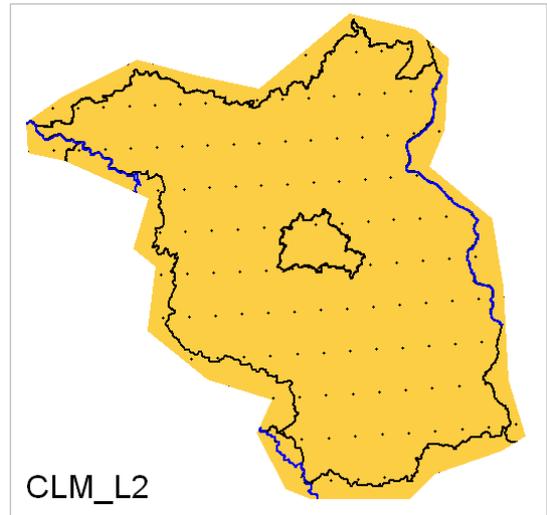
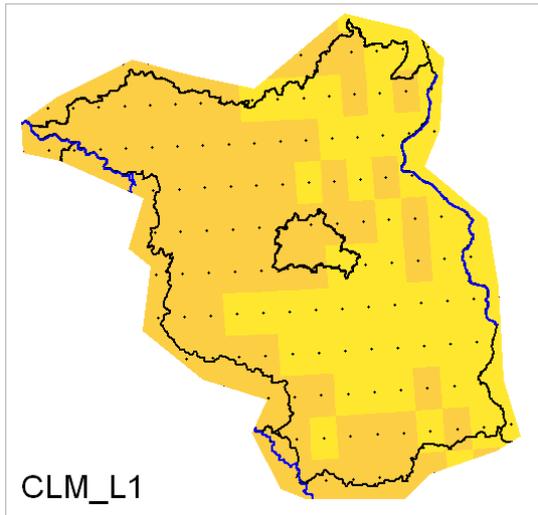
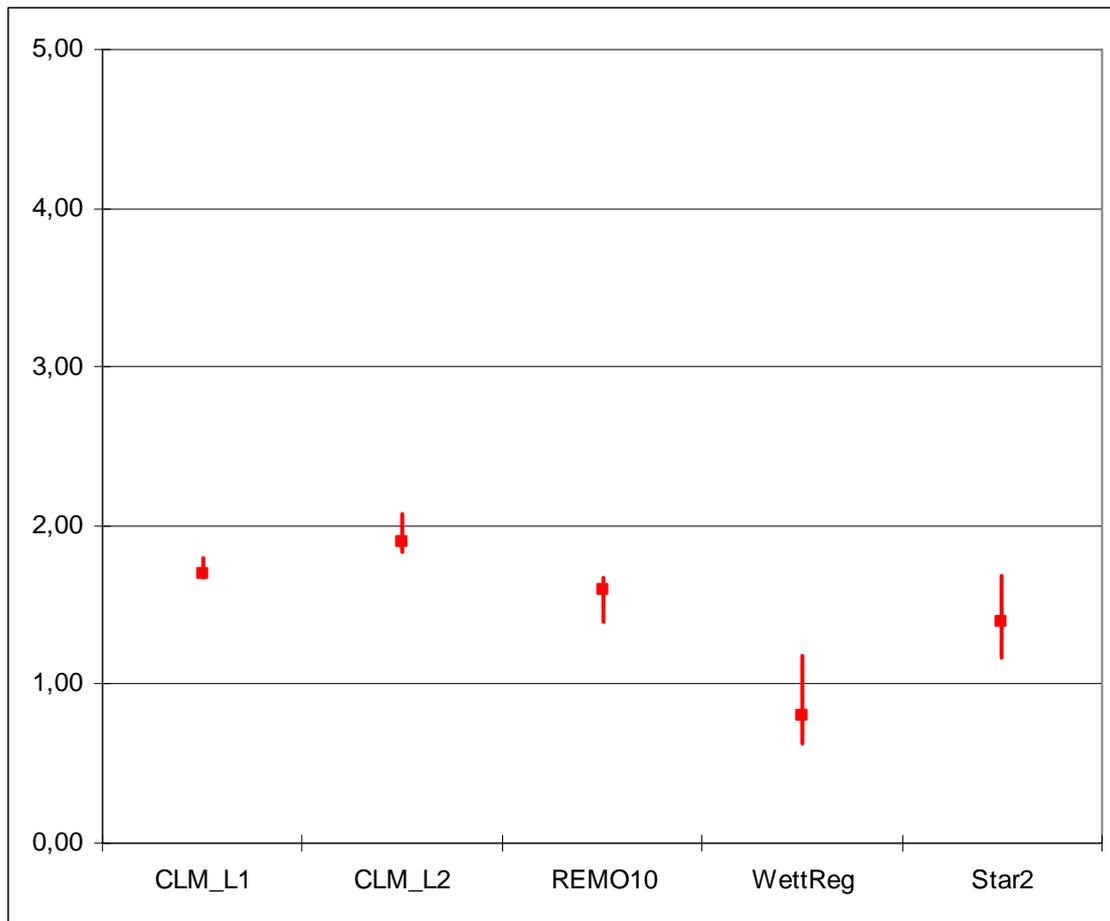


Abb. 6.1.3.2 – 6.1.3.6 Mitteltemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Sommer

### 6.1.4 Tagesmitteltemperatur – meteorologischer Herbst

Bei der Tagesmitteltemperatur handelt es sich um den errechneten Mittelwert aus allen im Laufe eines Tages gemessenen Temperaturen in °C. Temperaturen der Luft werden in 2 m über dem Boden gemessen.

Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesmitteltemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Angaben in °C      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.1.4.1 Mitteltemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Herbst

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 0,6 bis 2,1 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 0,8 und 1,9 °C. Es ist für den meteorologischen Herbst hinsichtlich der Tagesmitteltemperatur ein deutlicher, homogener Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 0,8°C auszugehen.

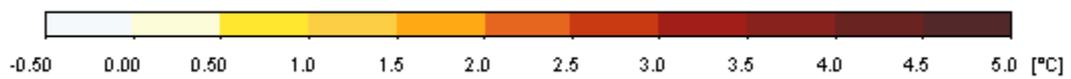
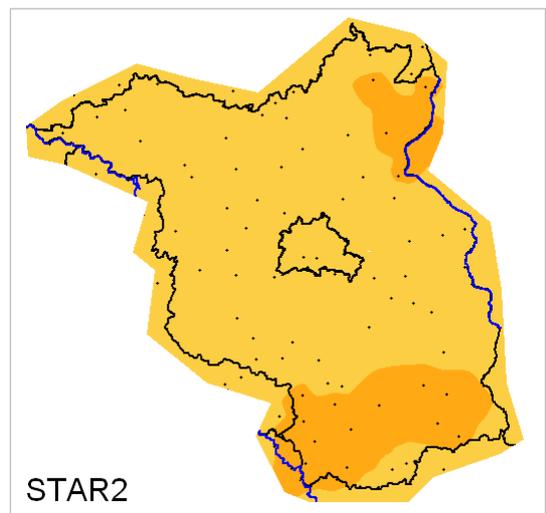
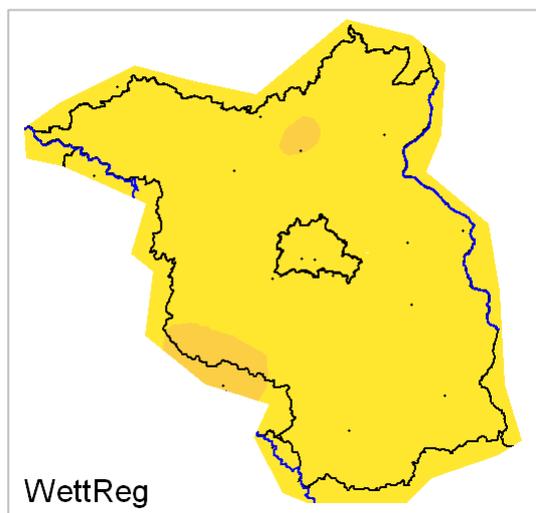
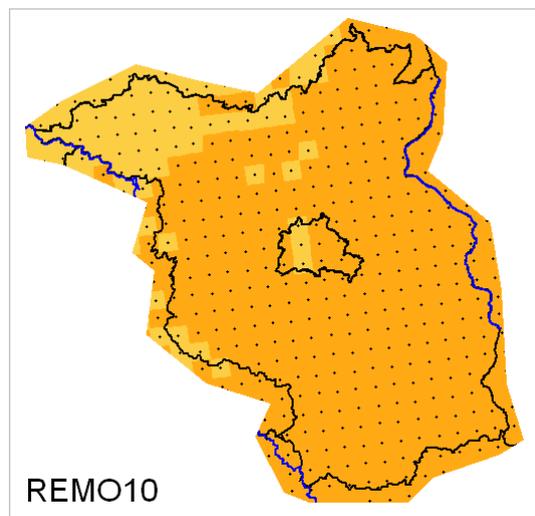
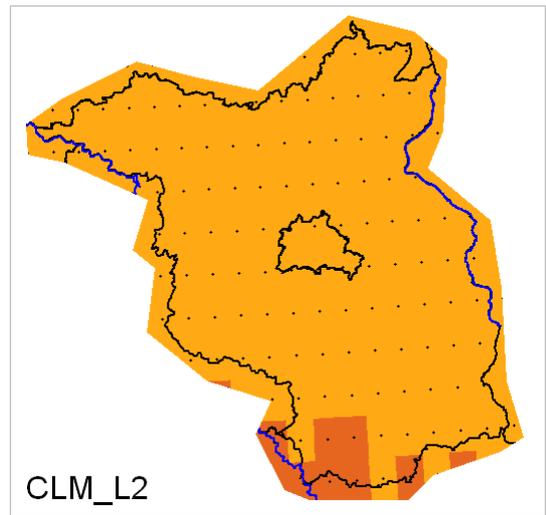
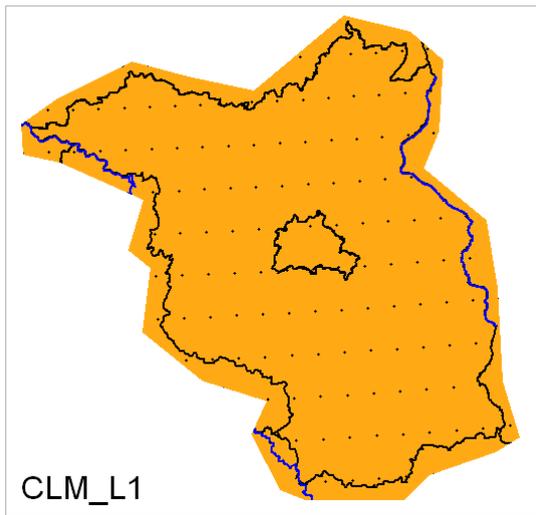
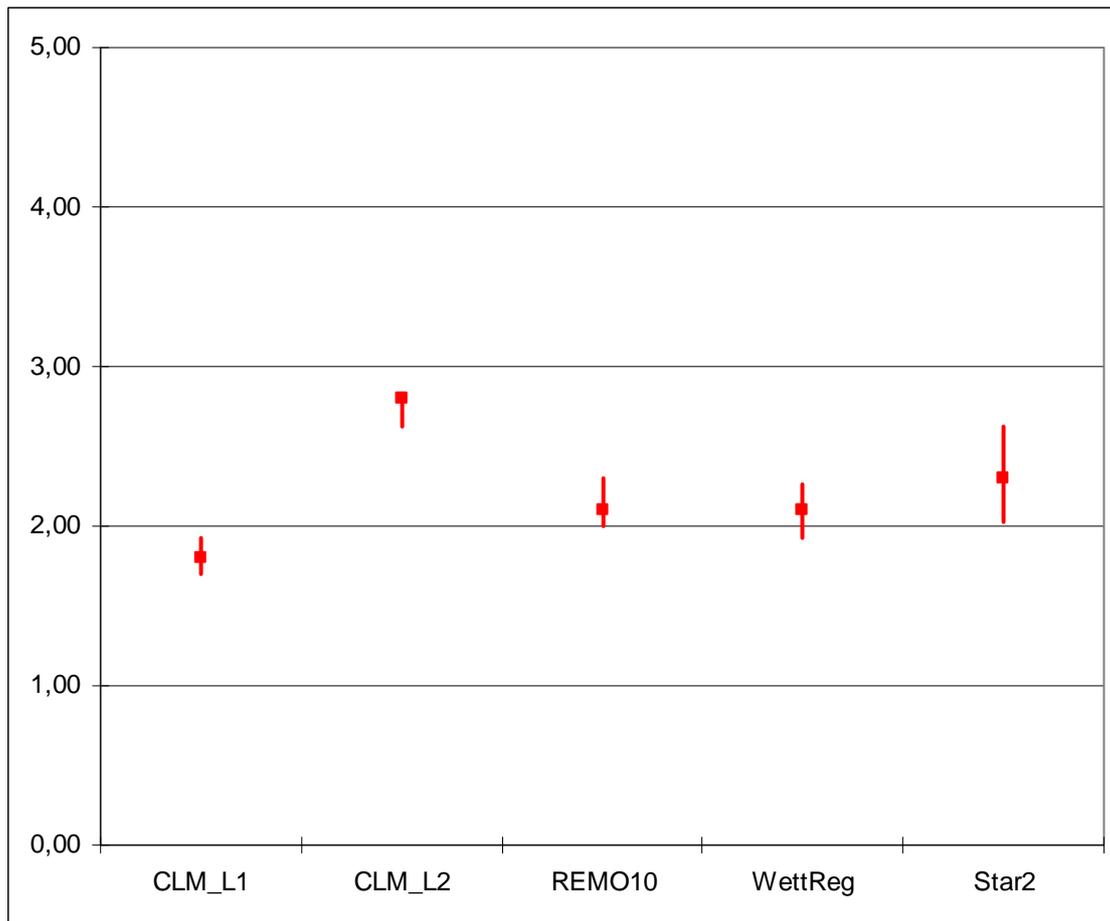


Abb. 6.1.4.2 – 6.1.4.6 Mitteltemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Herbst

### 6.1.5 Tagesmitteltemperatur – meteorologischer Winter

Bei der Tagesmitteltemperatur handelt es sich um den errechneten Mittelwert aus allen im Laufe eines Tages gemessenen Temperaturen in °C. Temperaturen der Luft werden in 2 m über dem Boden gemessen.

Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesmitteltemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Angaben in °C      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.1.5.1 Mitteltemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Winter

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 1,7 bis 2,8 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 1,8 und 2,8 °C. Es ist für den meteorologischen Winter hinsichtlich der Tagesmitteltemperatur ein deutlicher, homogener Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 1,8°C auszugehen.

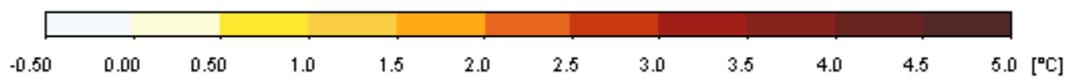
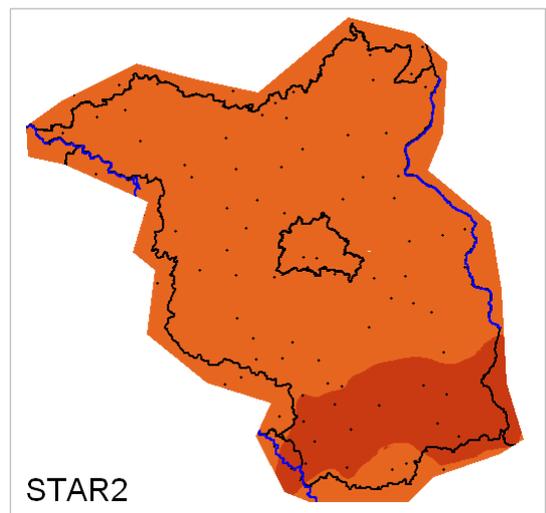
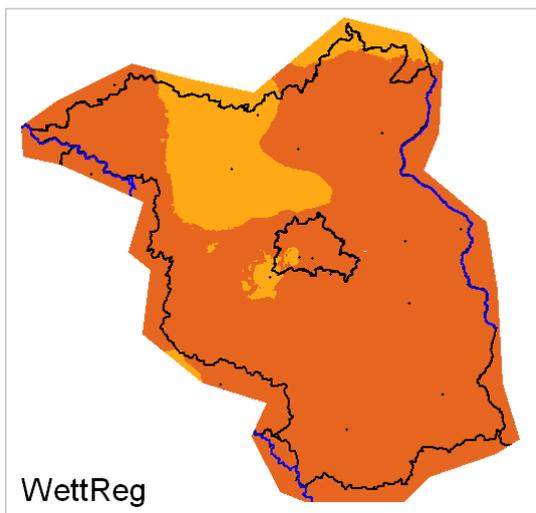
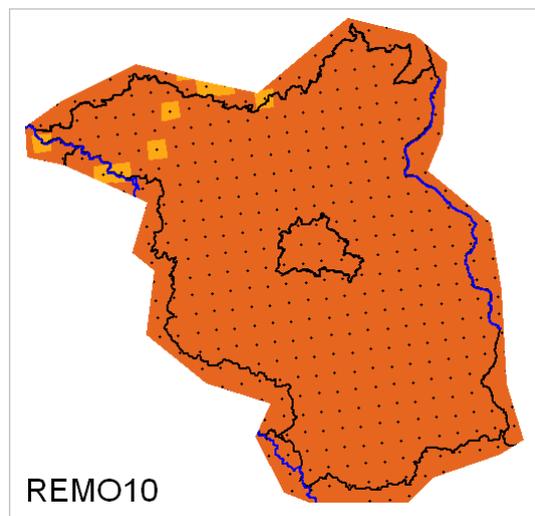
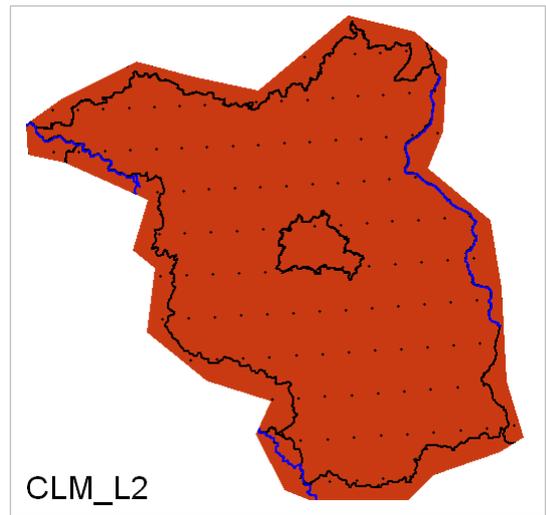
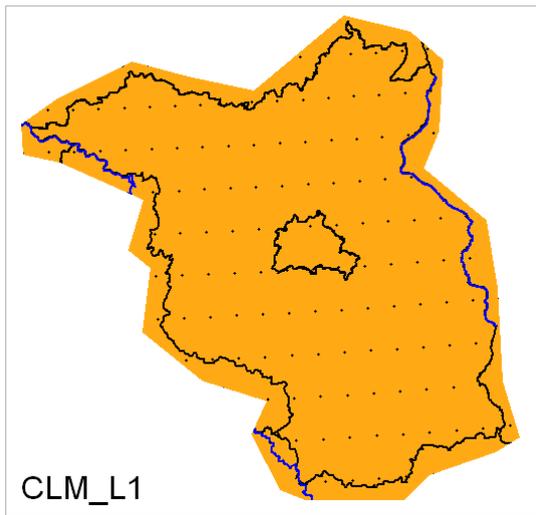
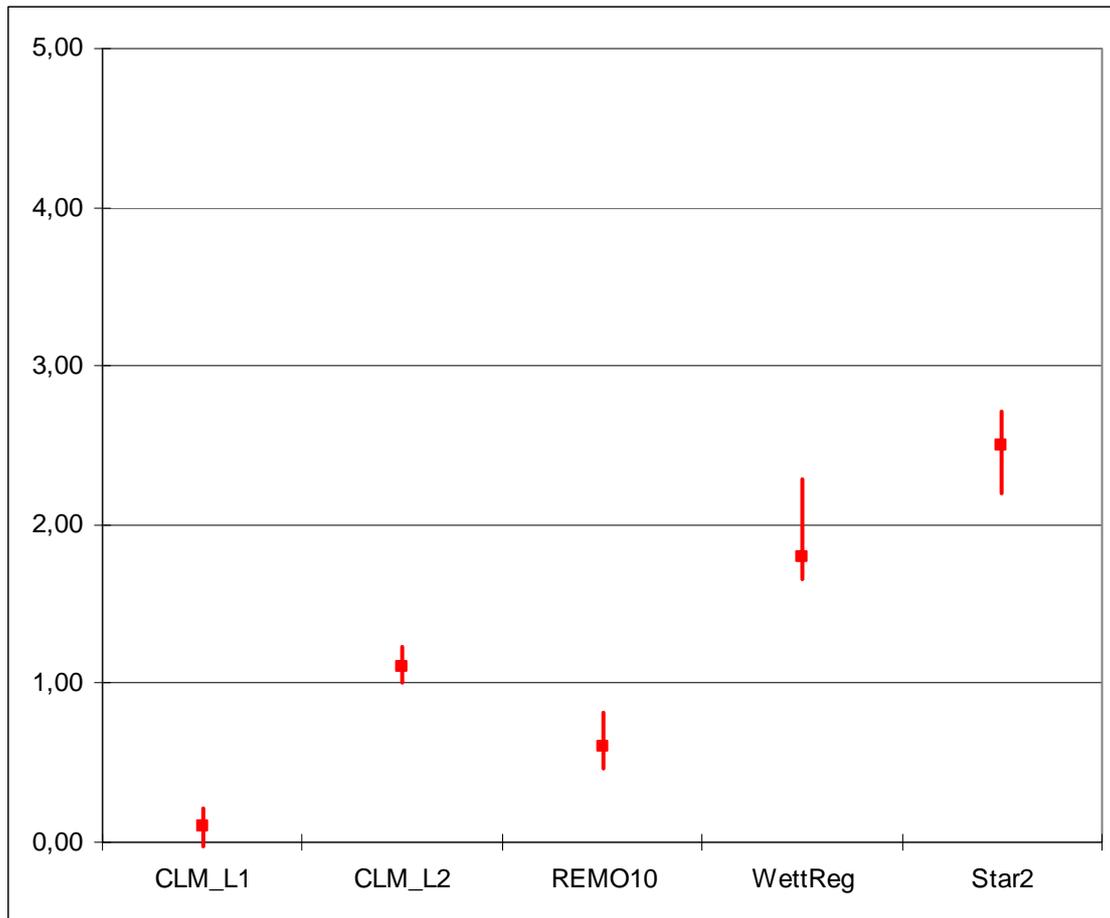


Abb. 6.1.5.2 – 6.1.5.6 Mitteltemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Winter

### 6.1.6 Tagesmitteltemperatur – Vegetationsperiode I

Bei der Tagesmitteltemperatur handelt es sich um den errechneten Mittelwert aus allen im Laufe eines Tages gemessenen Temperaturen in °C. Temperaturen der Luft werden in 2 m über dem Boden gemessen.

Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesmitteltemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in °C dargestellt.



Angaben in °C      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.1.6.1 Mitteltemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; Vegetationsperiode I

#### Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -0,02 bis 2,7 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 0,1 und 2,5 °C. Es ist für die Vegetationsperiode I hinsichtlich der Tagesmitteltemperatur ein Trend in fast allen Modellen mit Ausnahme dem CLM\_L1 erkennbar. Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 0,1°C auszugehen.

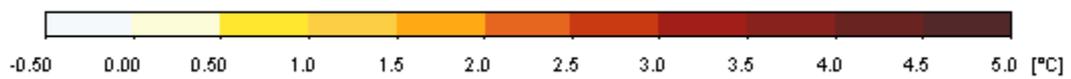
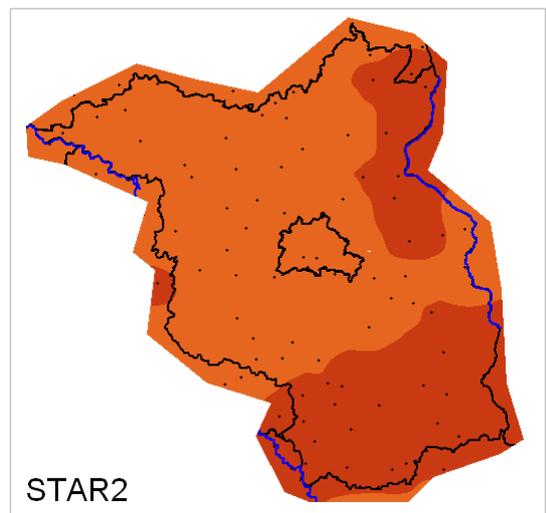
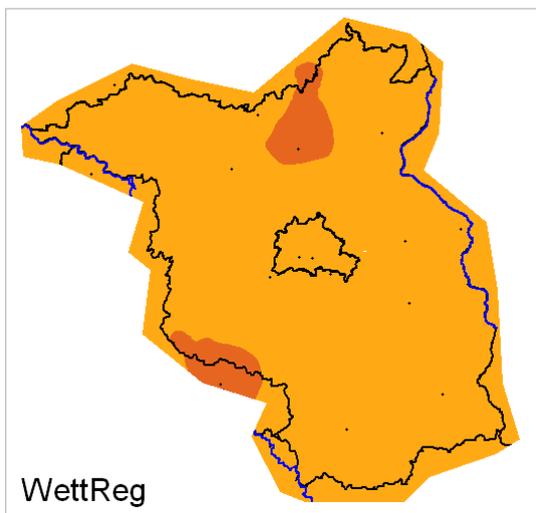
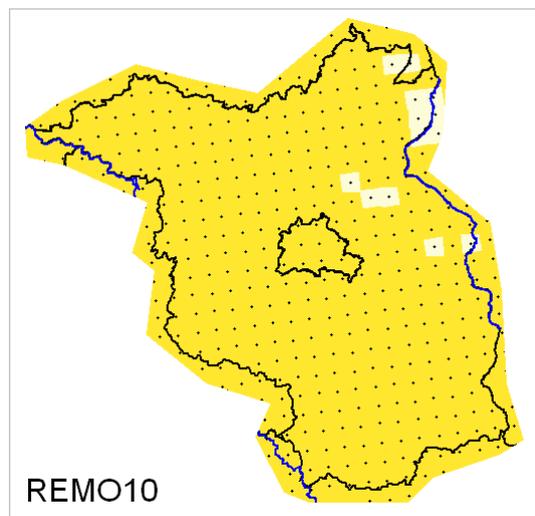
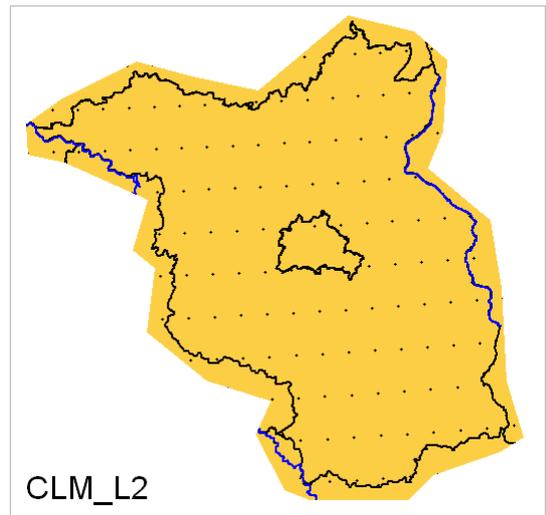
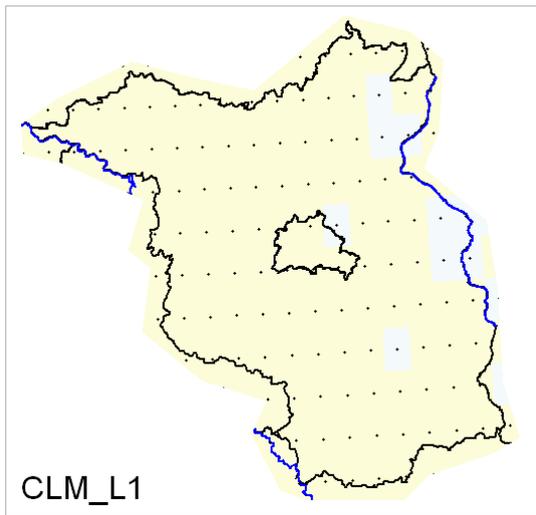
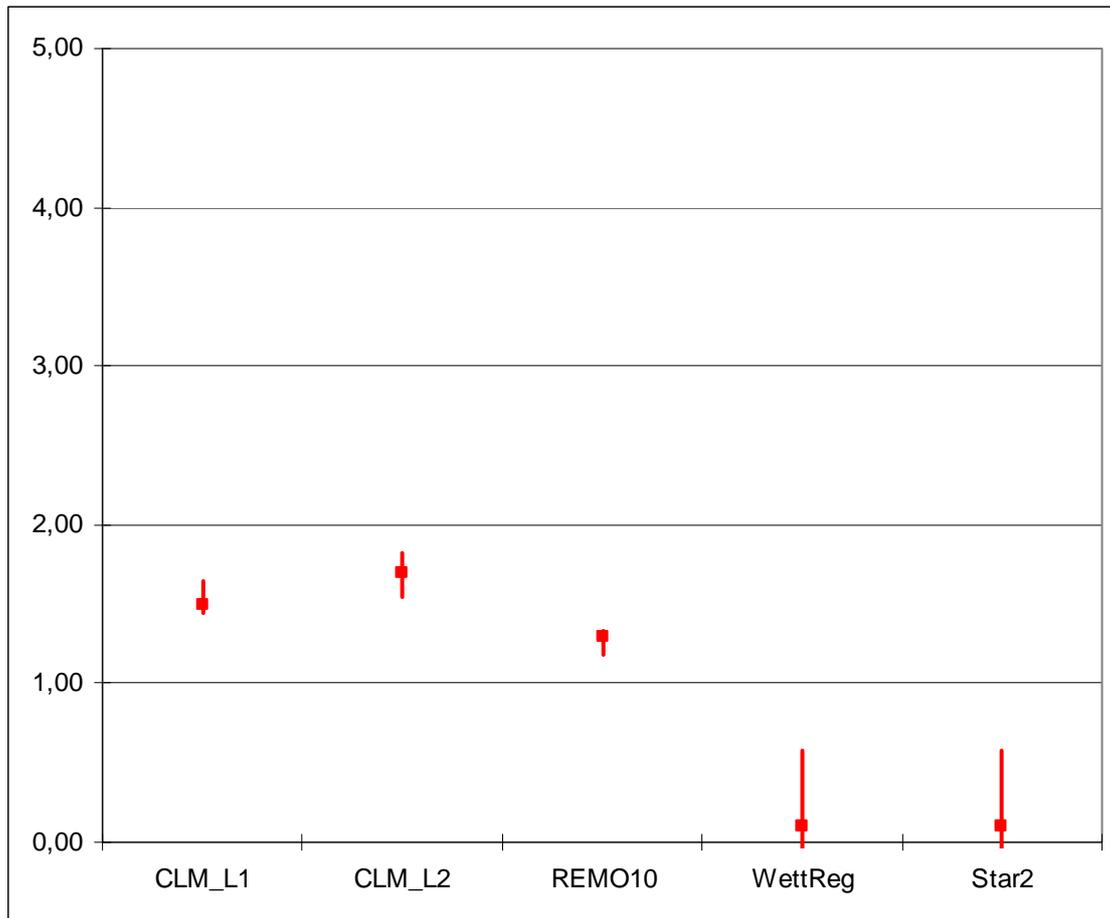


Abb. 6.1.6.2 – 6.1.6.6 Mitteltemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; Vegetationsperiode I

### 6.1.7 Tagesmitteltemperatur – Vegetationsperiode II

Bei der Tagesmitteltemperatur handelt es sich um den errechneten Mittelwert aus allen im Laufe eines Tages gemessenen Temperaturen in °C. Temperaturen der Luft werden in 2 m über dem Boden gemessen.

Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesmitteltemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in °C dargestellt.



Angaben in °C      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.1.7.1 Mitteltemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; Vegetationsperiode II

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -0,04 bis 1,8 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 0,1 und 1,7 °C. Es ist für die Vegetationsperiode II hinsichtlich der Tagesmitteltemperatur ein deutlicher Trend in den dynamischen Modellen erkennbar. Die statistischen Modelle weisen keinen Trend auf. Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 0,1°C auszugehen.

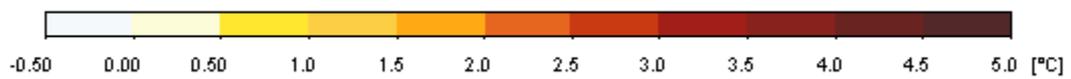
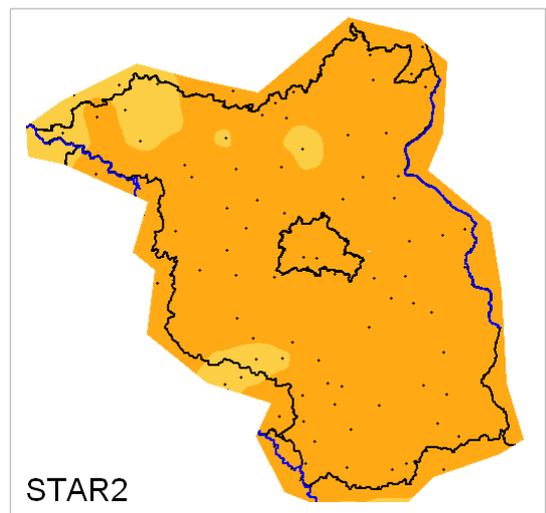
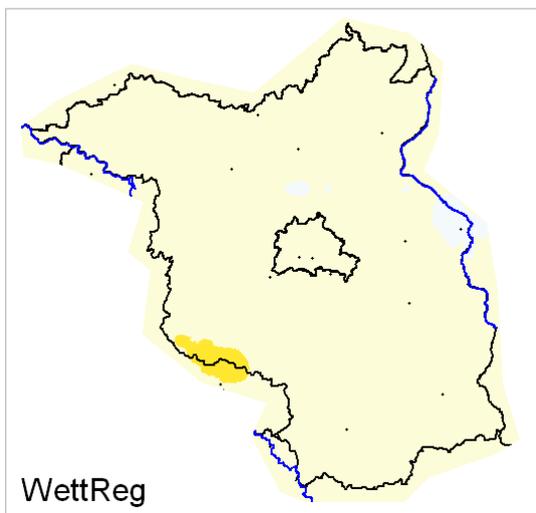
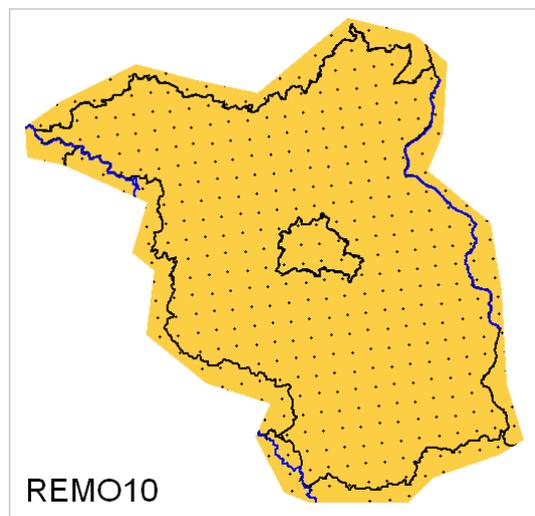
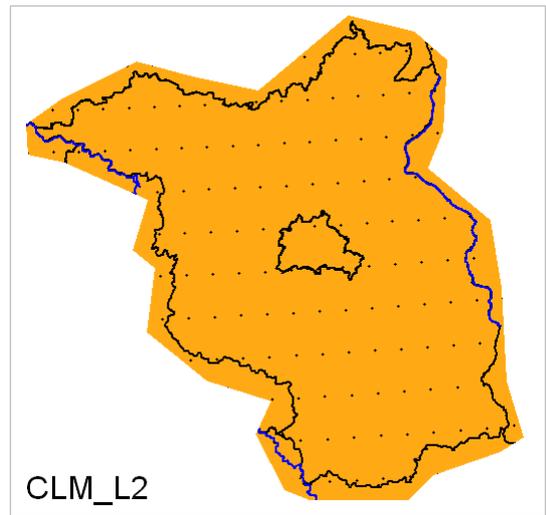
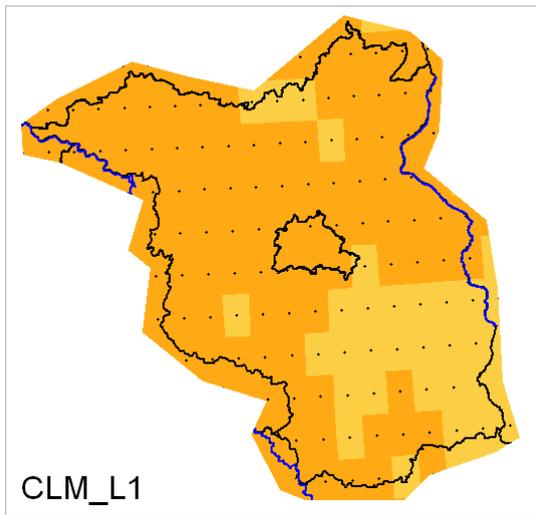
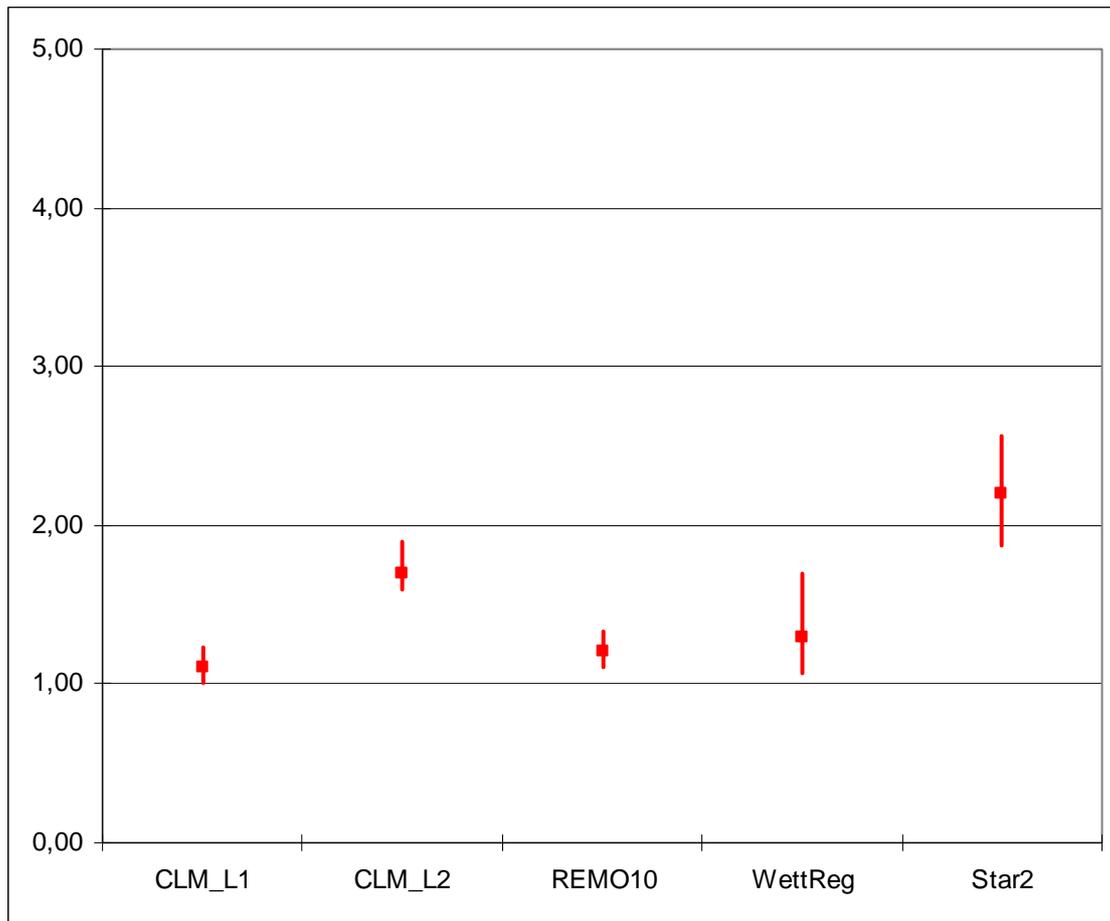


Abb. 6.1.7.2 – 6.1.7.6 Mitteltemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; Vegetationsperiode II

## 6.2 Tagesmaximumtemperatur der Luft

### 6.2.1 Tagesmaximumtemperatur – meteorologisches Jahr

Bei der Tagesmaximumtemperatur handelt es sich um den höchsten gemessenen Wert in °C, der im Laufe des Tages gemessen wird. Temperaturen der Luft werden 2 m über dem Boden gemessen. Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesmaximumtemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Angaben in °C      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.2.1.1 Maximumtemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 1 bis 2,6 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 1,1 und 2,2 °C. Es ist für das meteorologische Jahr hinsichtlich der Tagesmaximumtemperatur ein deutlicher, homogener Trend in allen Modellen Trend erkennbar. Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 1,1°C auszugehen.

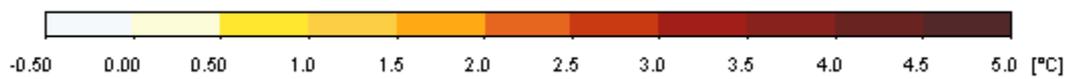
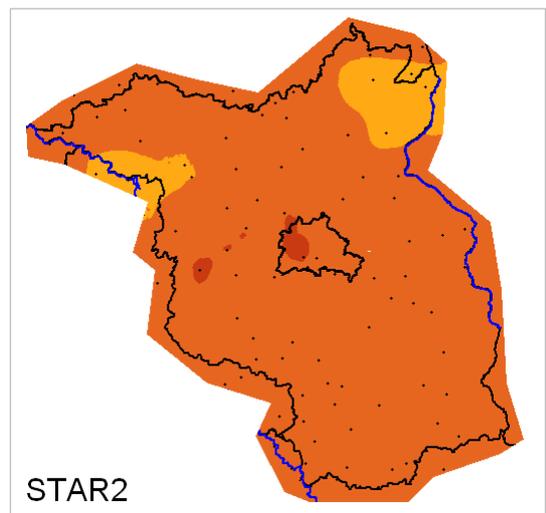
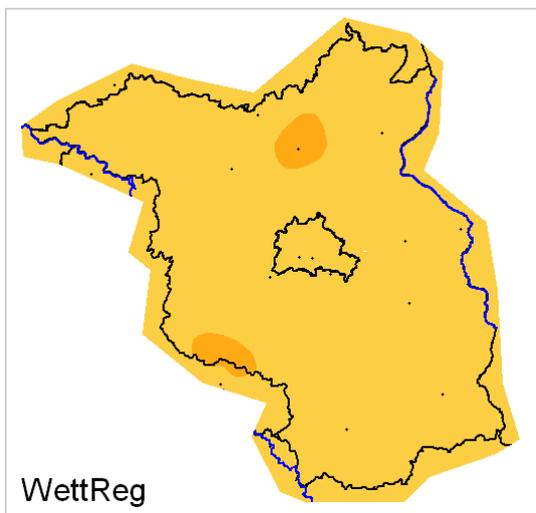
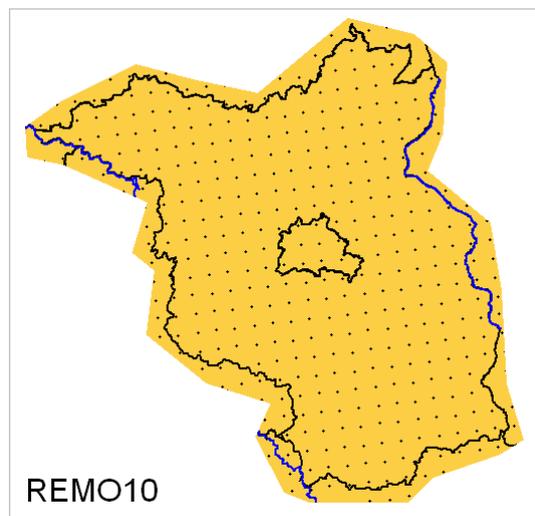
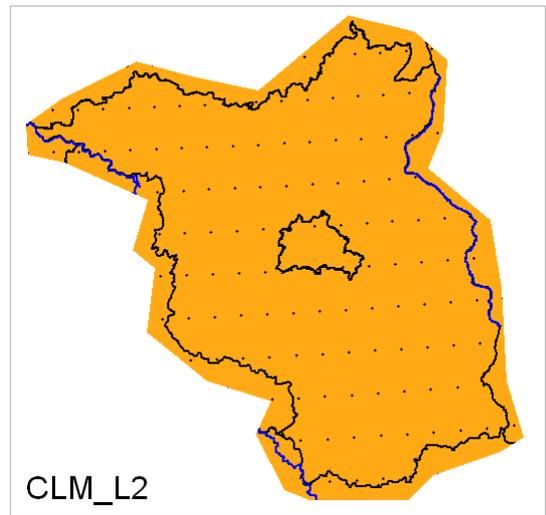
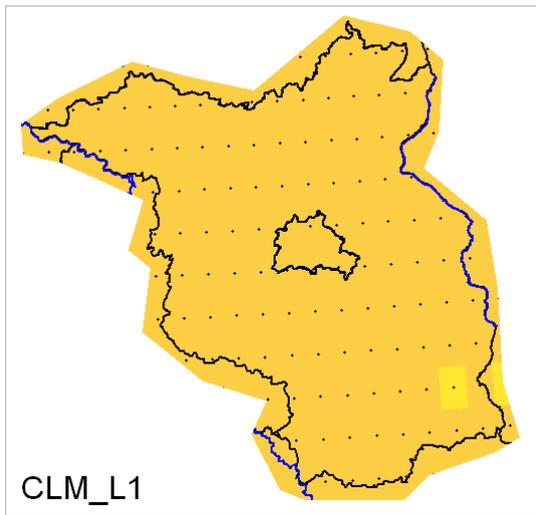
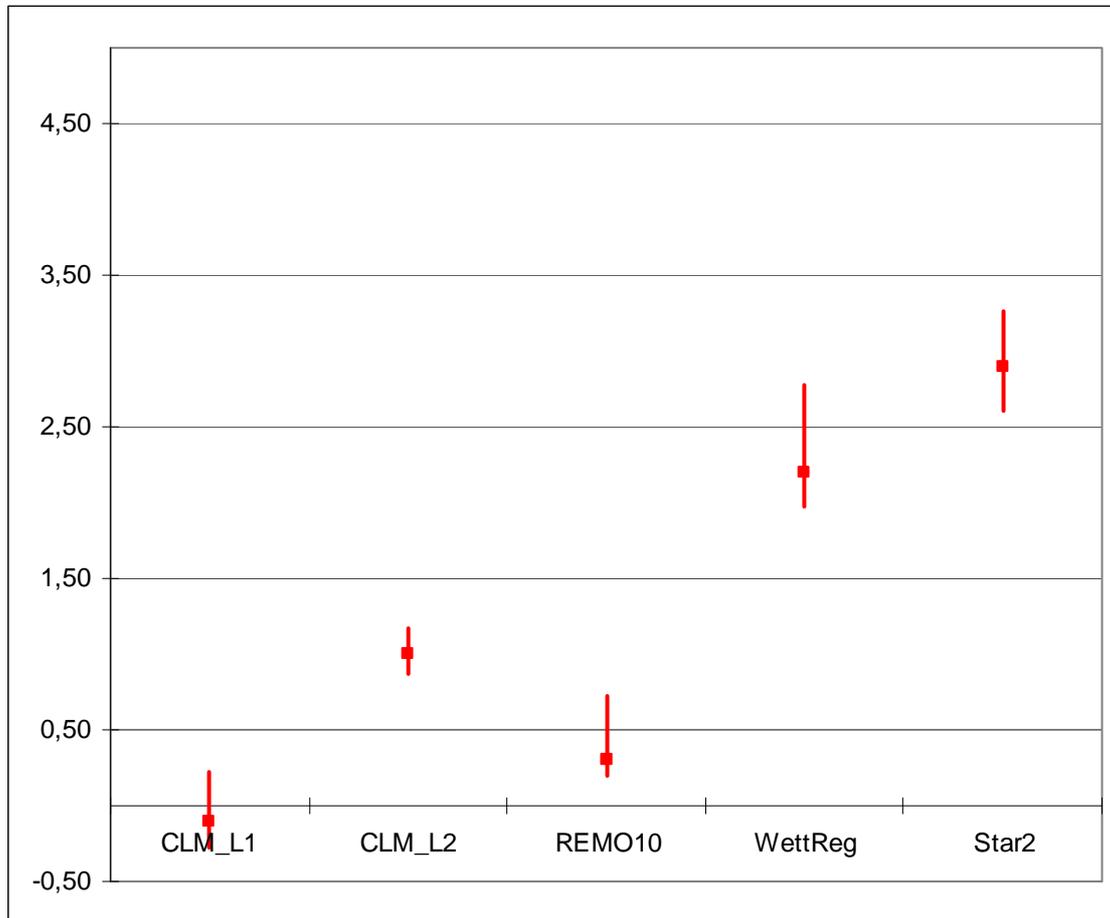


Abb. 6.2.1.2 – 6.2.1.6 Maximumtemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

## 6.2.2 Tagesmaximumtemperatur – meteorologisches Frühjahr

Bei der Tagesmaximumtemperatur handelt es sich um den höchsten gemessenen Wert in °C, der im Laufe des Tages gemessen wird. Temperaturen der Luft werden 2 m über dem Boden gemessen. Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesmaximumtemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Angaben in °C

■ Mittelwert

— Wertebereich/Spannweite

Abb.: 6.2.2.1 Maximumtemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Frühjahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -0,3 bis 3,3 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,1 und 2,9 °C. Es ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B für das meteorologische Frühjahr hinsichtlich der Tagesmaximumtemperatur ein Trend in fast allen Modellen, außer dem CLM\_L1 erkennbar.

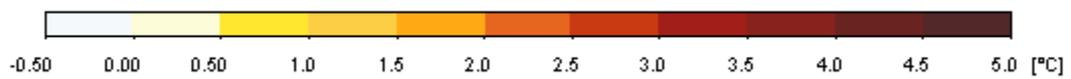
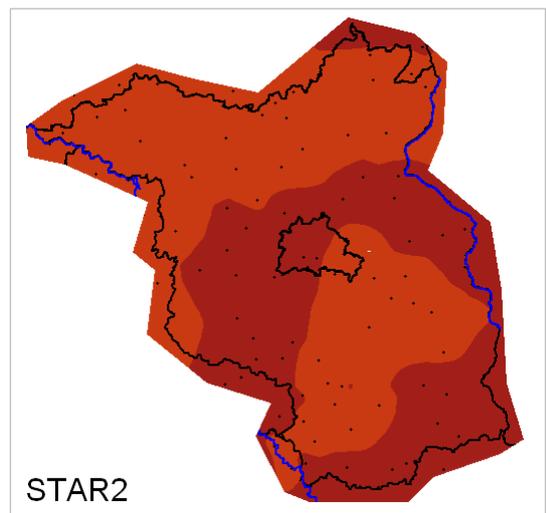
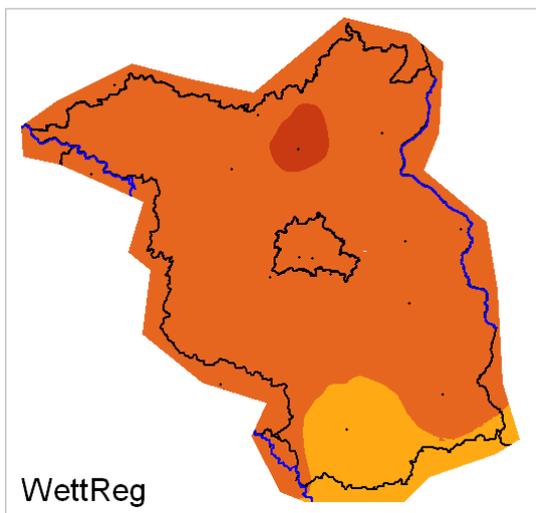
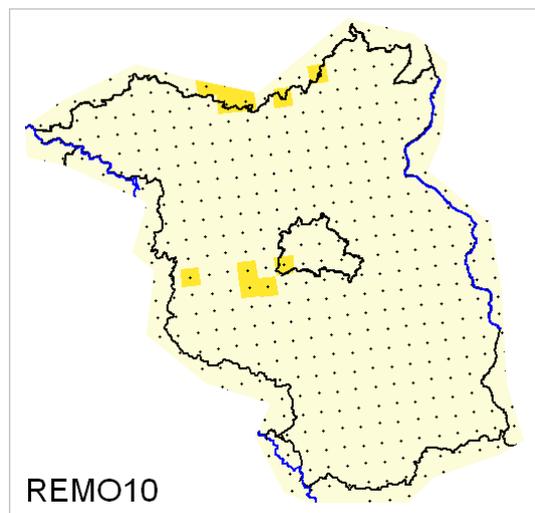
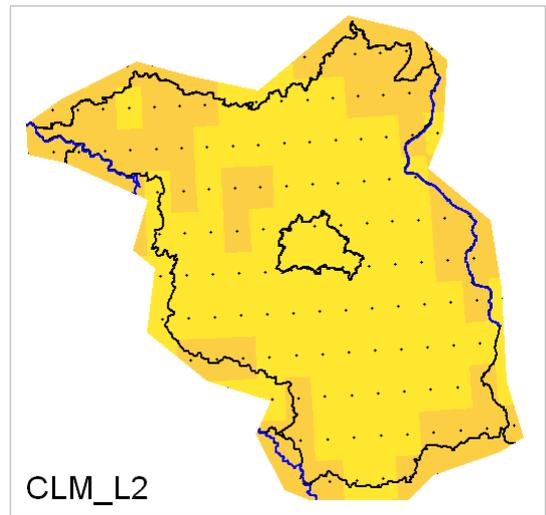
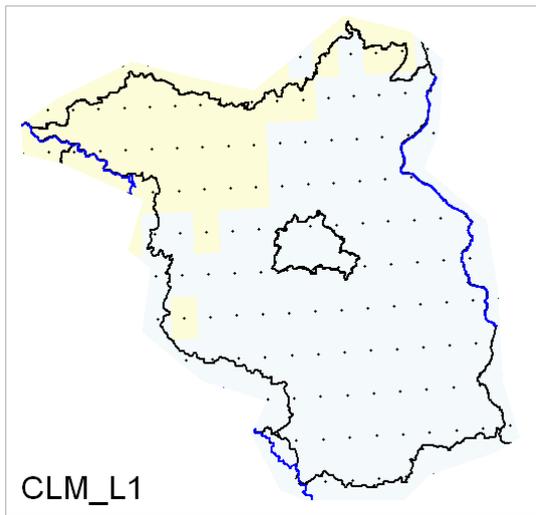
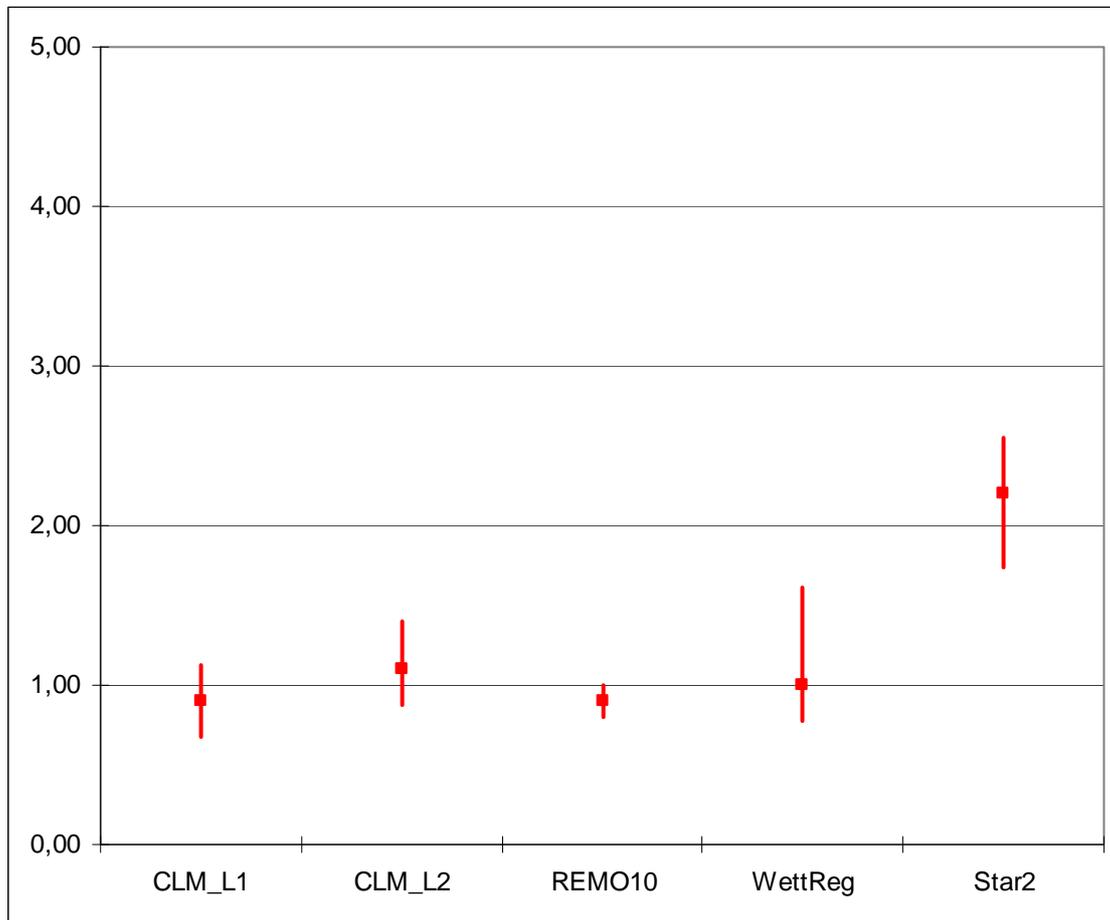


Abb. 6.2.2.2 – 6.2.2.6 Maximumtemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Frühjahr

### 6.2.3 Tagesmaximumtemperatur – meteorologischer Sommer

Bei der Tagesmaximumtemperatur handelt es sich um den höchsten gemessenen Wert in °C, der im Laufe des Tages gemessen wird. Temperaturen der Luft werden 2 m über dem Boden gemessen. Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesmaximumtemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Angaben in °C      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.2.3.1 Maximumtemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Sommer

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 0,7 bis 2,6 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 0,9 und 2,2 °C. Es ist für den meteorologischen Sommer hinsichtlich der Tagesmaximumtemperatur ein deutlicher, homogener Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 0,9°C auszugehen.

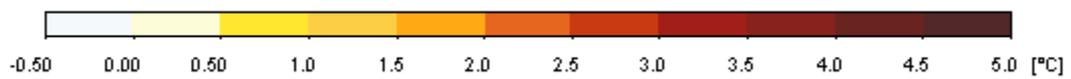
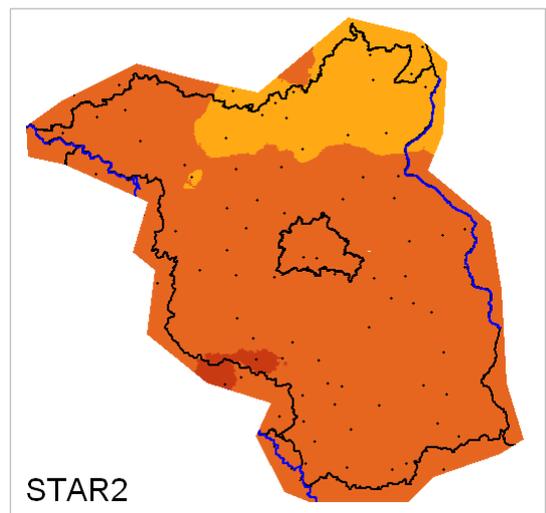
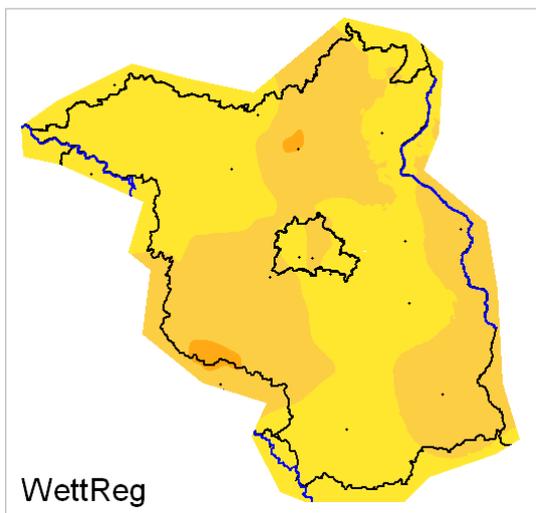
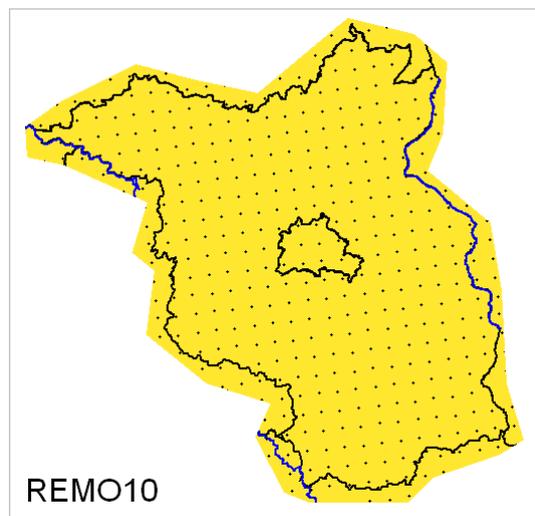
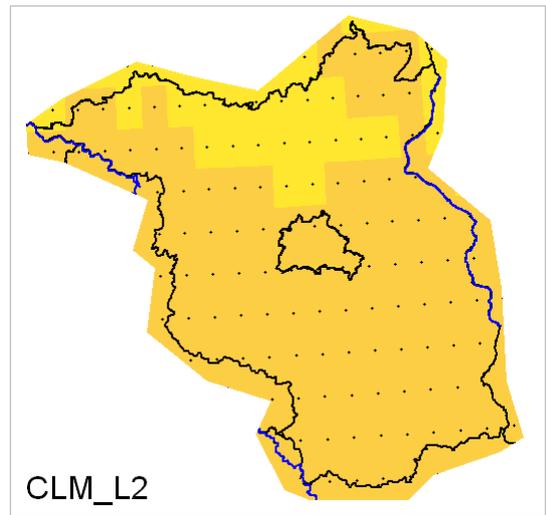
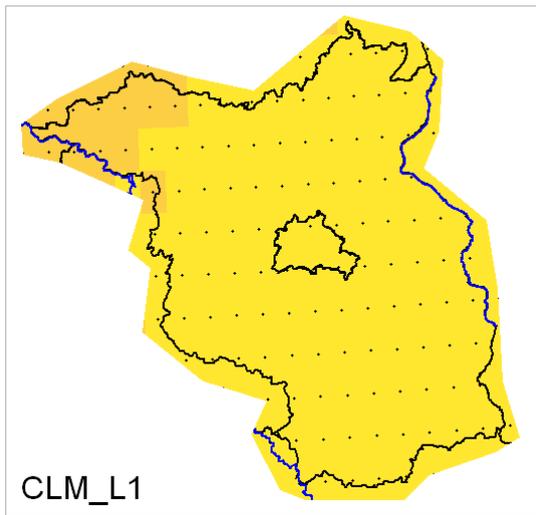
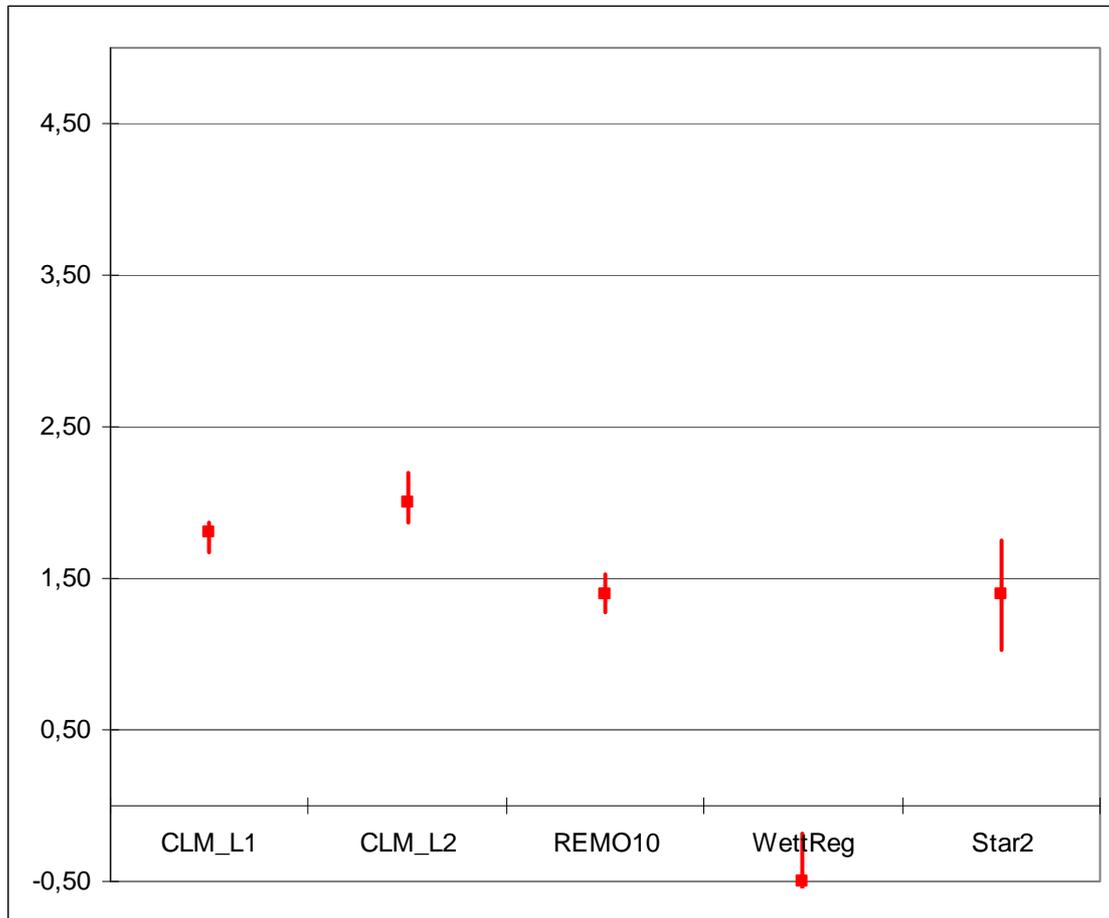


Abb. 6.2.3.2 – 6.2.3.6 Maximumtemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Sommer

## 6.2.4 Tagesmaximumtemperatur – meteorologischer Herbst

Bei der Tagesmaximumtemperatur handelt es sich um den höchsten gemessenen Wert in °C, der im Laufe des Tages gemessen wird. Temperaturen der Luft werden 2 m über dem Boden gemessen. Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesmaximumtemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Angaben in °C

■ Mittelwert

— Wertebereich/Spannweite

Abb.: 6.2.4.1 Maximumtemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Herbst

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -0,6 bis 2,2 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,5 und 2 °C. Es ist für den meteorologischen Herbst hinsichtlich der Tagesmaximumtemperatur kein eindeutiger Trend in den Modellen erkennbar, da WettReg eine leichte Abkühlung projiziert. Alle anderen Modelle gehen auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B bis zur Mitte des Jahrhunderts von einer Temperaturerhöhung um mindestens 1,4°C aus.

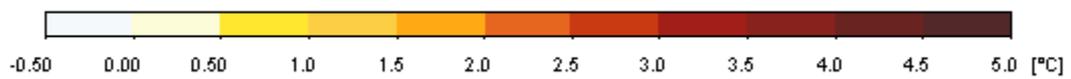
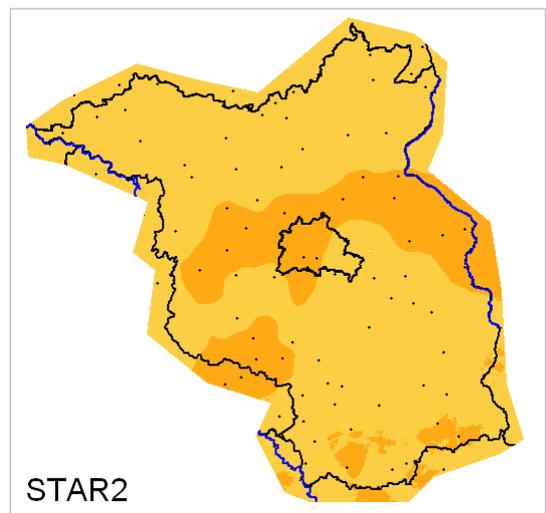
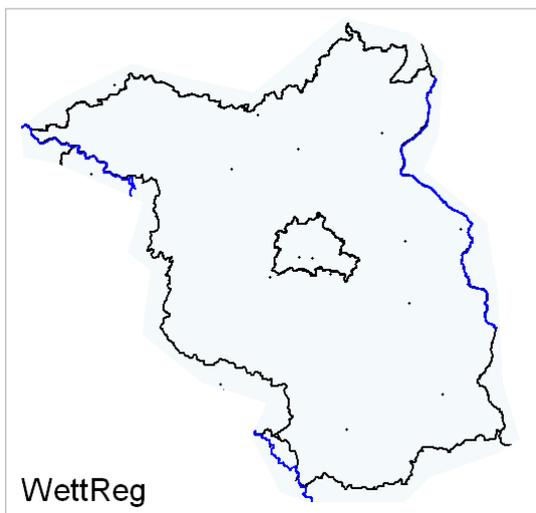
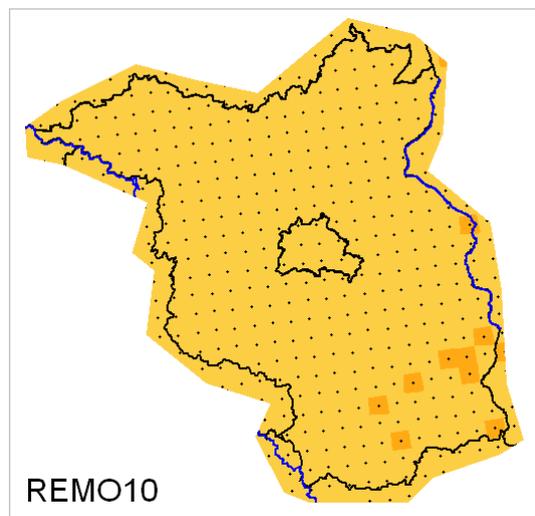
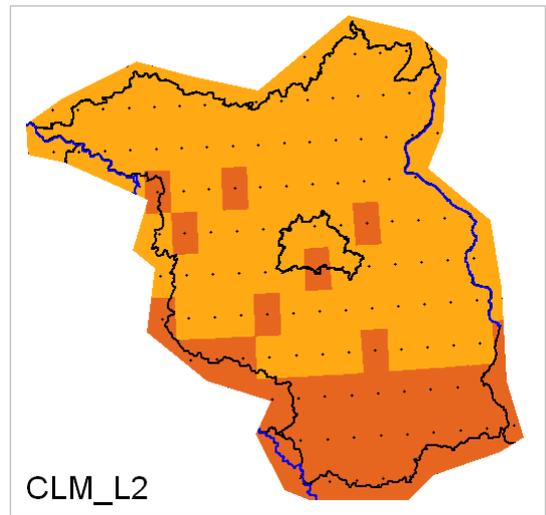
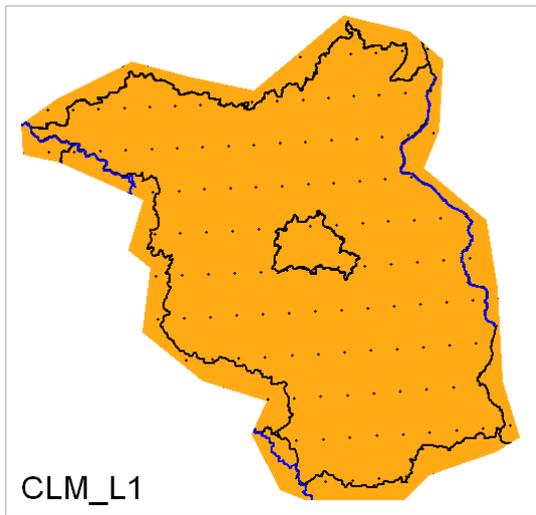
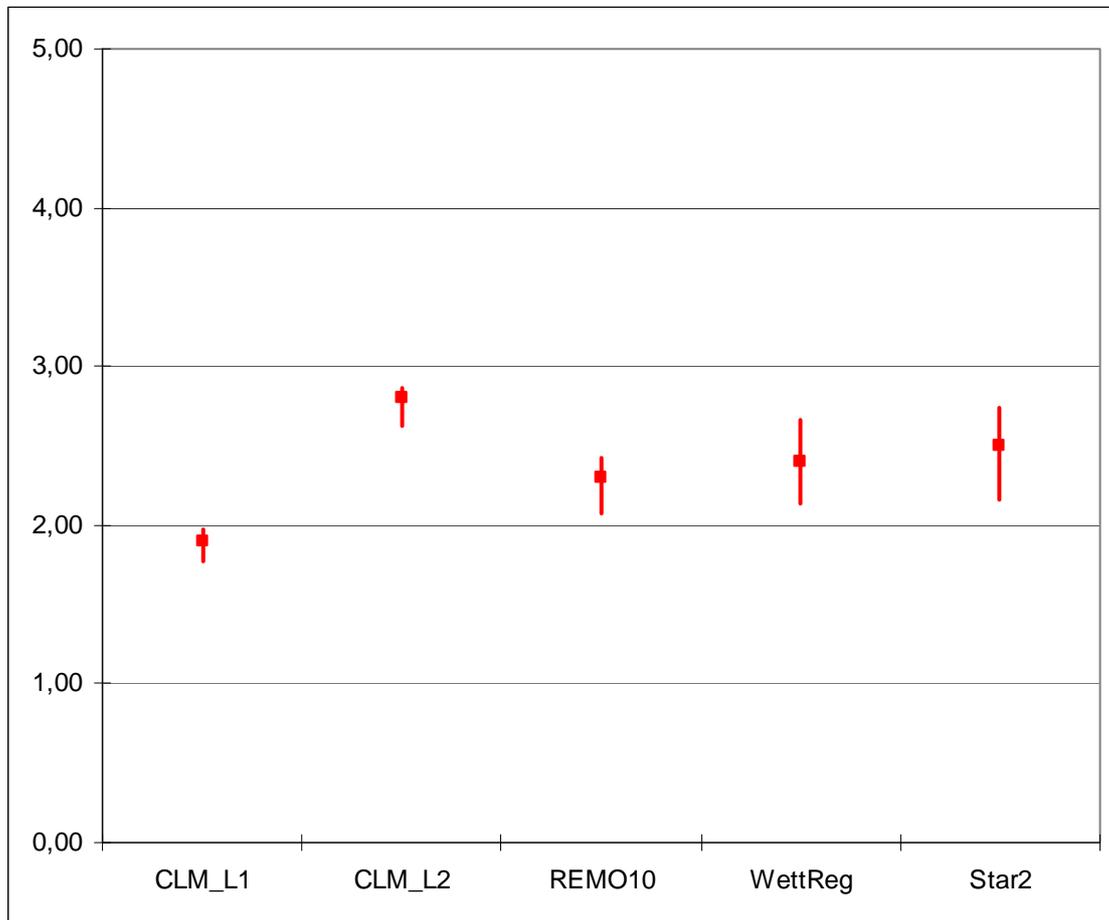


Abb. 6.2.4.2 – 6.2.4.6 Maximumtemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Herbst

## 6.2.5 Tagesmaximumtemperatur – meteorologischer Winter

Bei der Tagesmaximumtemperatur handelt es sich um den höchsten gemessenen Wert in °C, der im Laufe des Tages gemessen wird. Temperaturen der Luft werden 2 m über dem Boden gemessen. Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesmaximumtemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Angaben in °C      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.2.5.1 Maximumtemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Winter

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 1,8 bis 2,9 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 1,9 und 2,8 °C. Es ist für den meteorologischen Winter hinsichtlich der Tagesmaximumtemperatur ein deutlicher, homogener Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 1,9°C auszugehen.

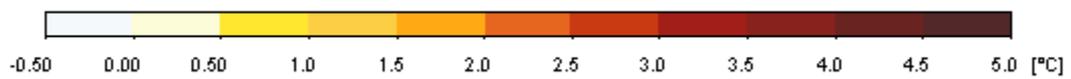
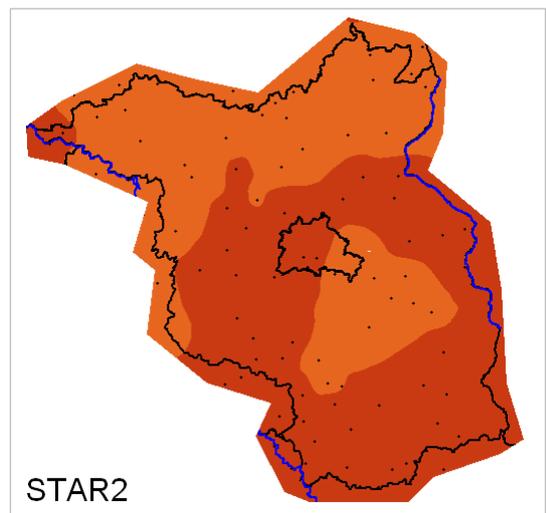
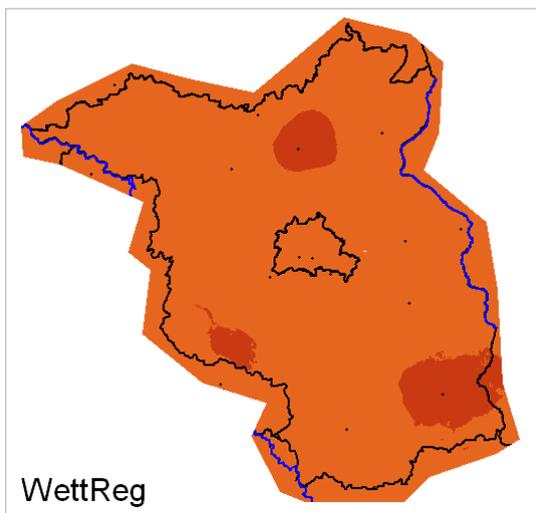
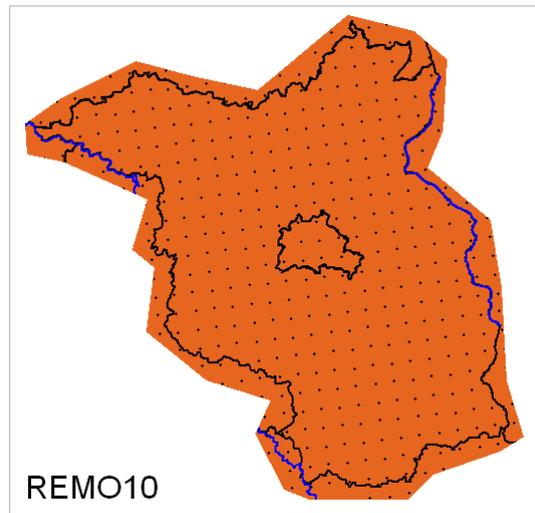
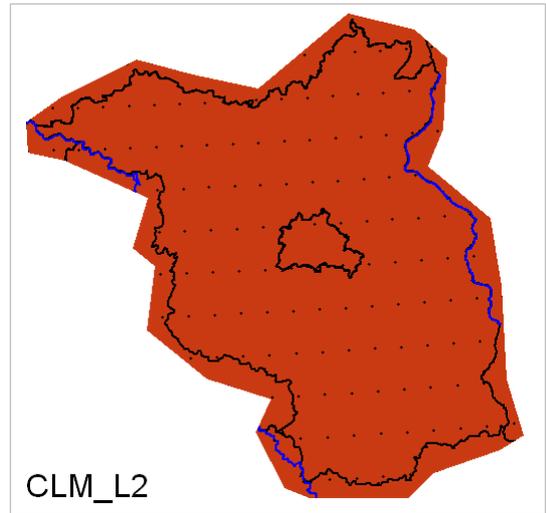
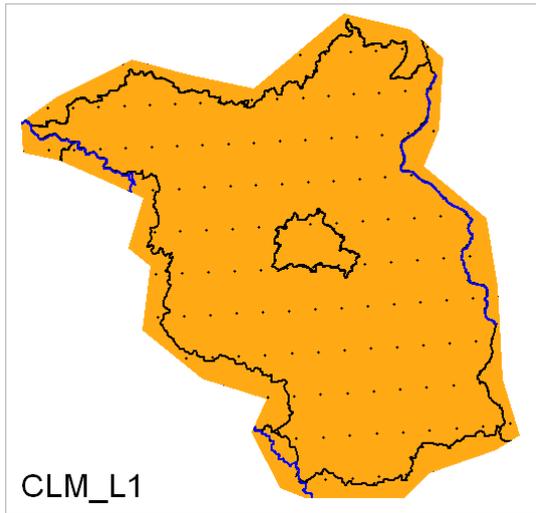
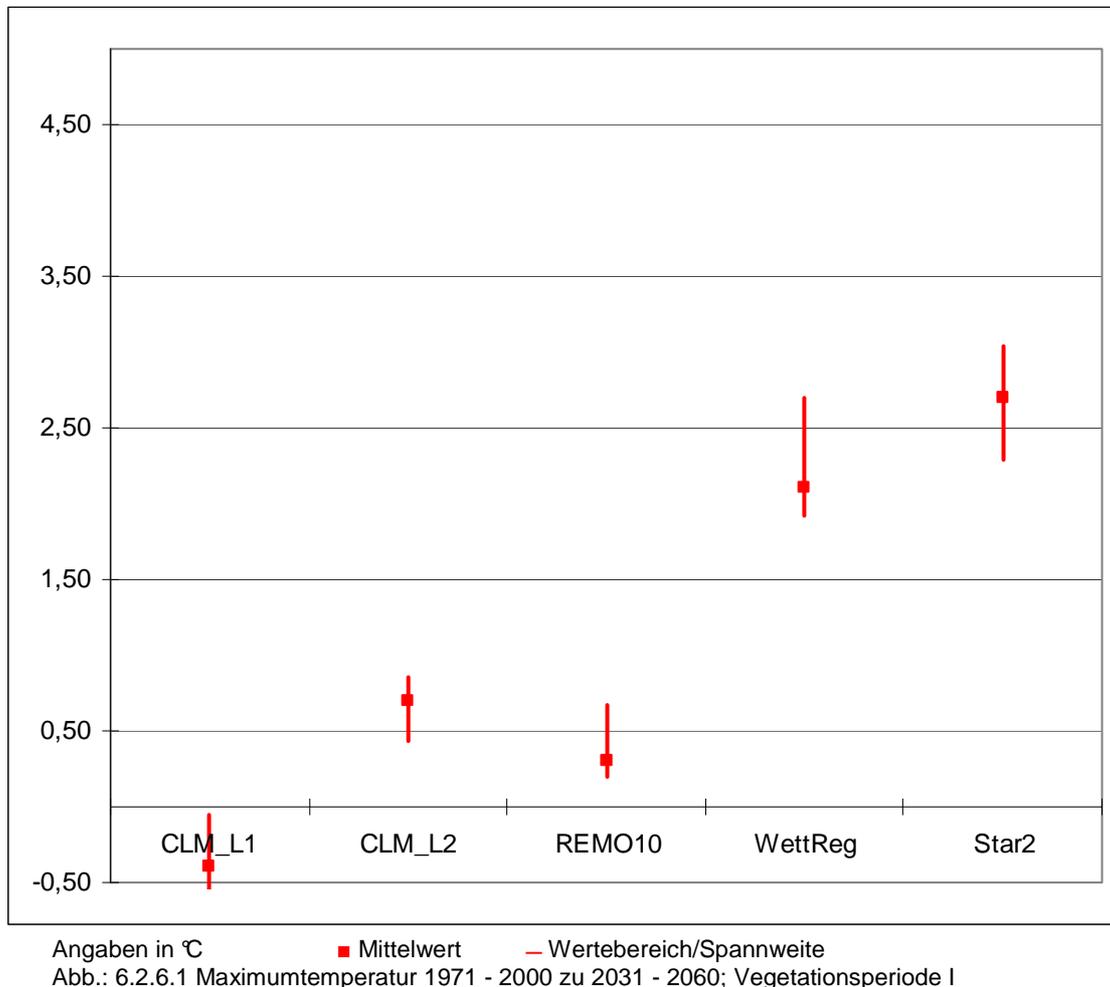


Abb. 6.2.5.2 – 6.2.5.6 Maximumtemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Winter

## 6.2.6 Tagesmaximumtemperatur – Vegetationsperiode I

Bei der Tagesmaximumtemperatur handelt es sich um den höchsten gemessenen Wert in °C, der im Laufe des Tages gemessen wird. Temperaturen der Luft werden 2 m über dem Boden gemessen. Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesmaximumtemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -0,6 bis 3,0 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,4 und 2,7 °C. Es ist für die Vegetationsperiode I auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B hinsichtlich der Tagesmaximumtemperatur kein eindeutiger Trend in den Modellen erkennbar. CLM\_L1 tendiert zur leichten Absenkung wohingegen alle anderen Modelle eine Erhöhung der Tagesmaximumwerte zum Ergebnis haben.

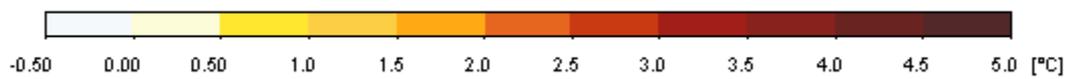
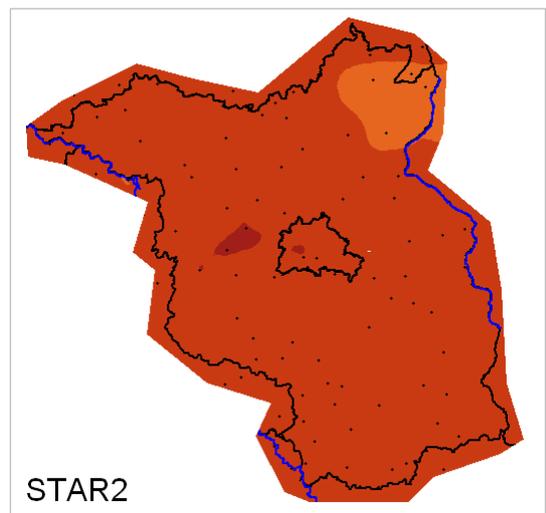
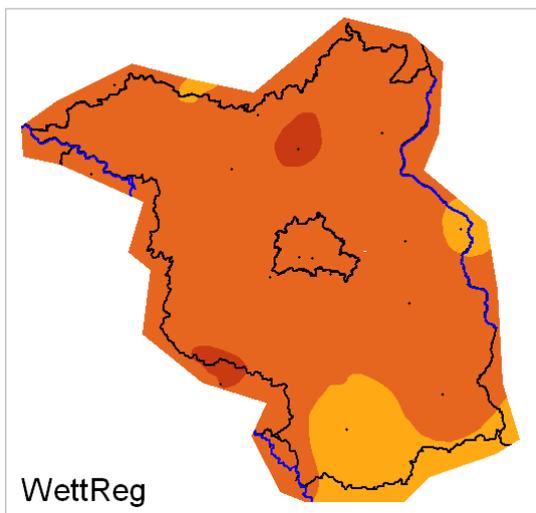
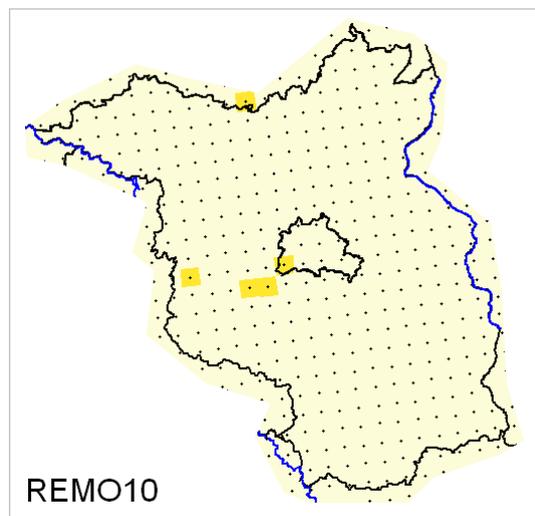
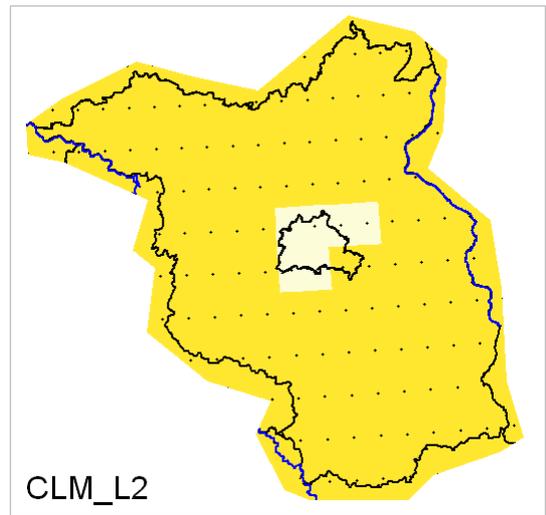
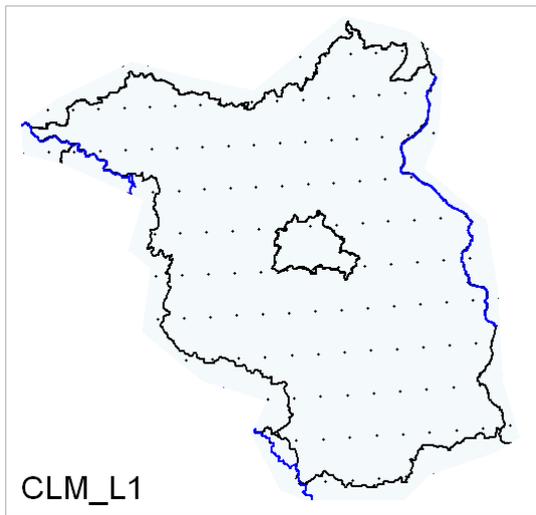
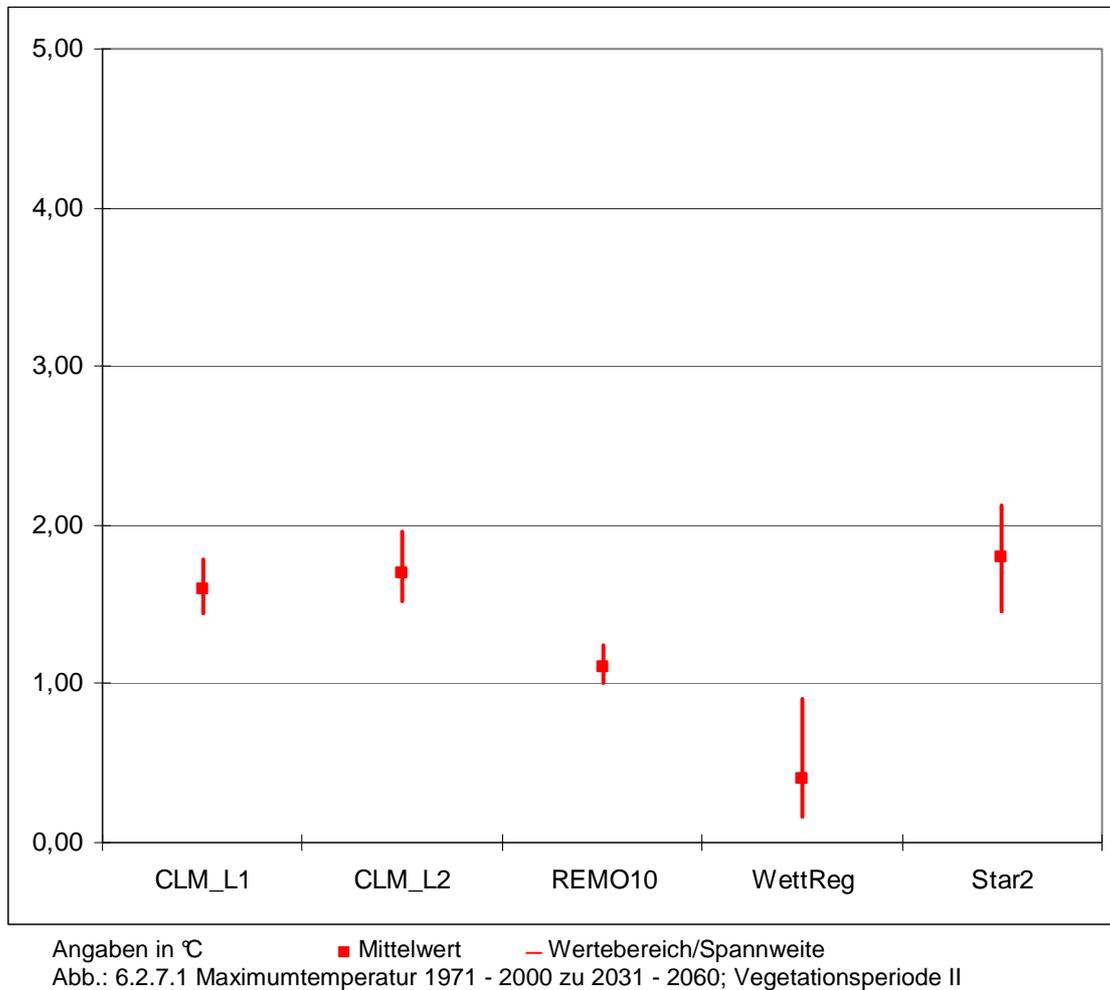


Abb. 6.2.6.2 – 6.2.6.6 Maximumtemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; Vegetationsperiode I

## 6.2.7 Tagesmaximumtemperatur – Vegetationsperiode II

Bei der Tagesmaximumtemperatur handelt es sich um den höchsten gemessenen Wert in °C, der im Laufe des Tages gemessen wird. Temperaturen der Luft werden 2 m über dem Boden gemessen. Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesmaximumtemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 0,2 bis 2,1 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 0,4 und 1,8 °C. Es ist für die Vegetationsperiode II hinsichtlich der Tagesmaximumtemperatur ein deutlicher Trend in fast allen Modellen erkennbar. Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 0,4°C auszugehen.

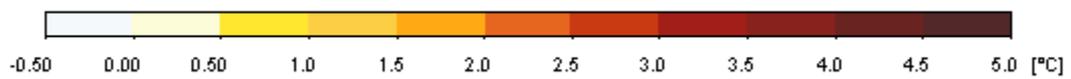
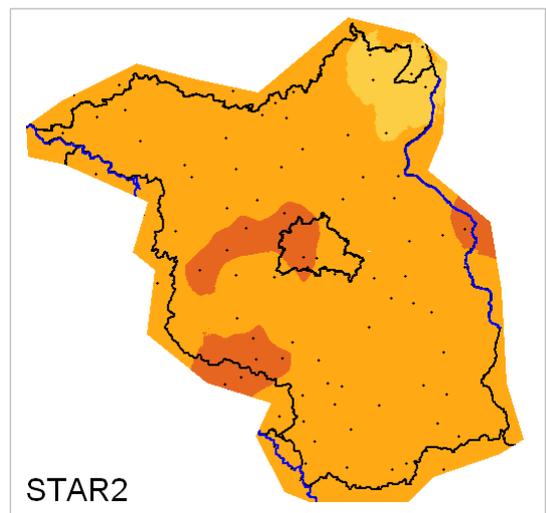
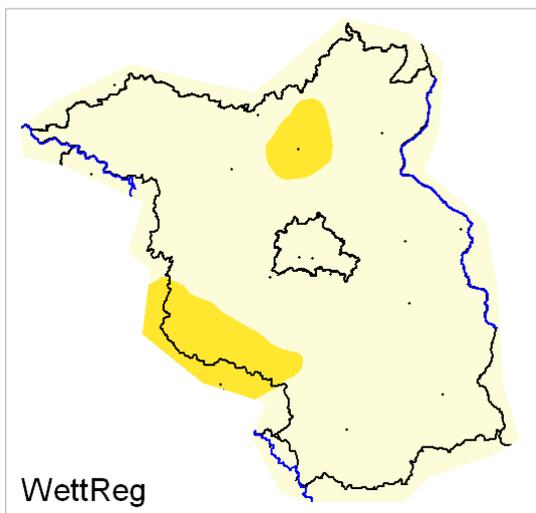
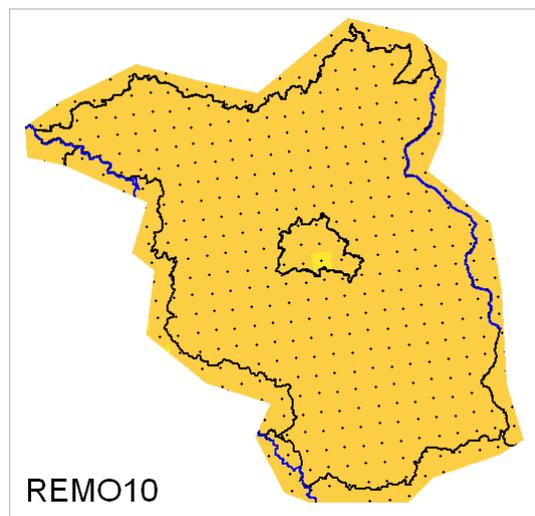
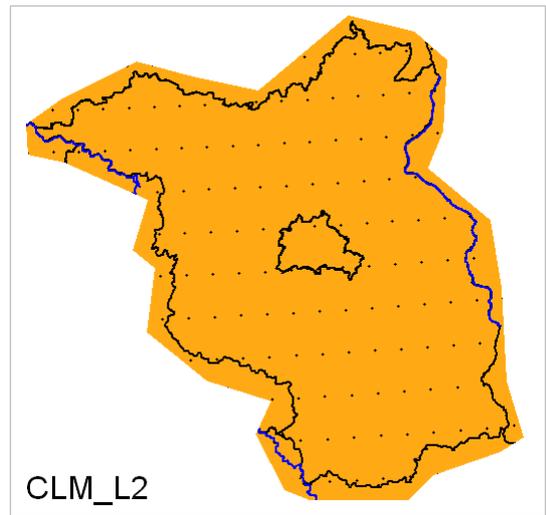
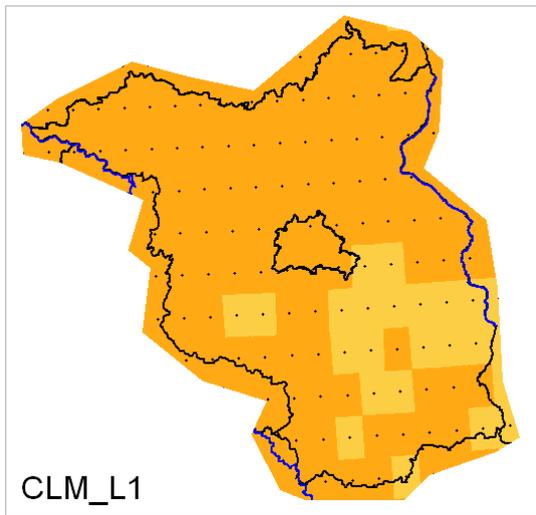
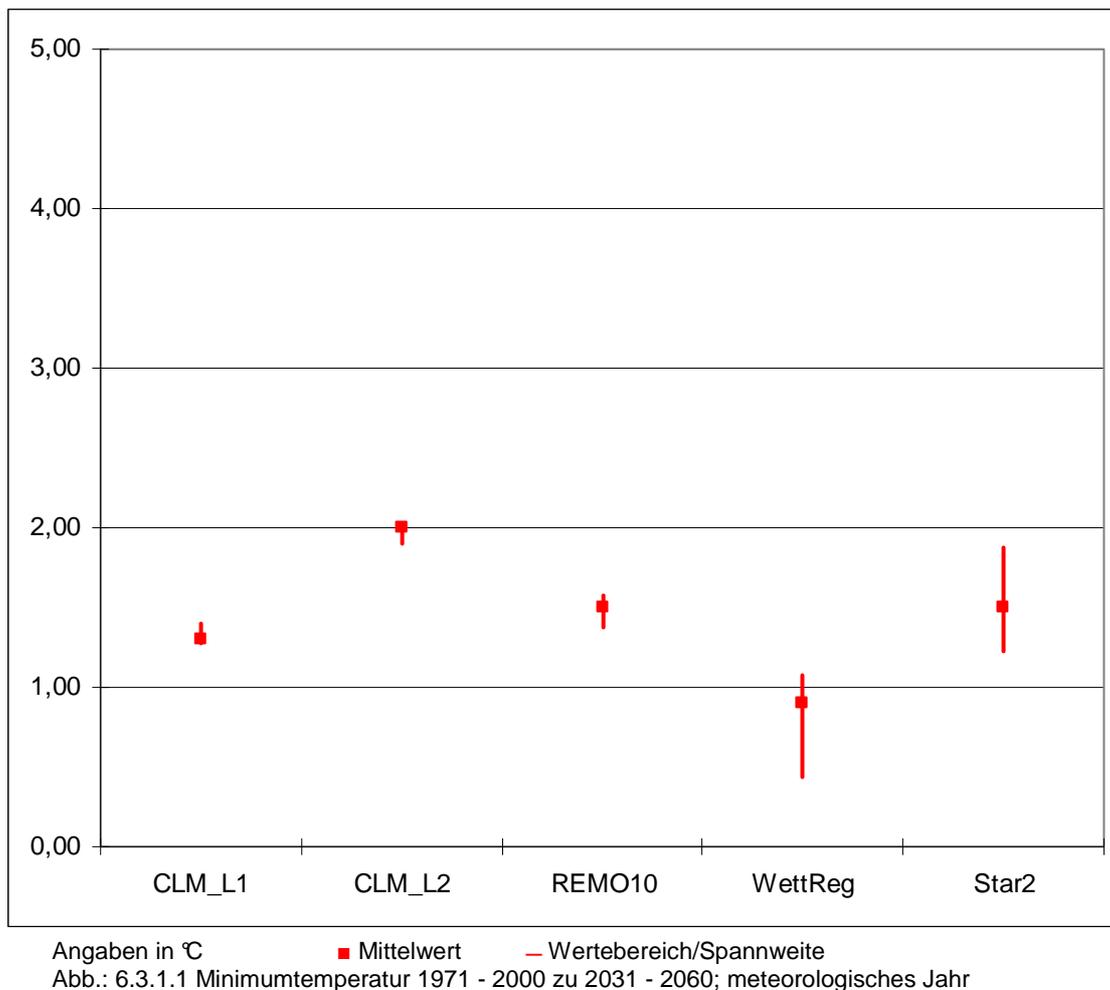


Abb. 6.2.7.2 – 6.2.7.6 Maximumtemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; Vegetationsperiode II

## 6.3 Tagesminimumtemperatur der Luft

### 6.3.1 Tagesminimumtemperatur – meteorologisches Jahr

Bei der Tagesminimumtemperatur handelt es sich um den geringsten gemessenen Wert in °C, der im Laufe des Tages gemessen wird. Temperaturen der Luft werden 2 m über dem Boden gemessen. Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesminimumtemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 0,4 bis 2,0 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 0,9 und 2 °C. Es ist für das meteorologische Jahr hinsichtlich der Tagesminimumtemperatur ein deutlicher, homogener Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 0,9°C auszugehen.

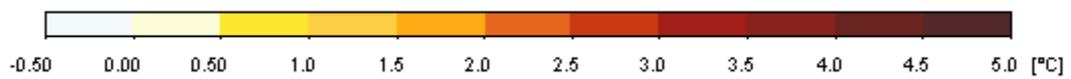
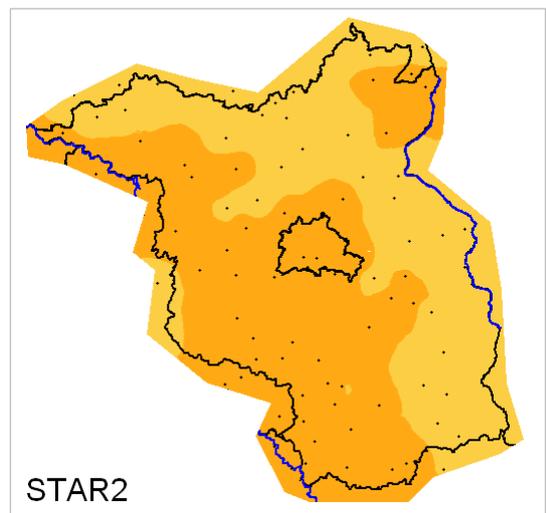
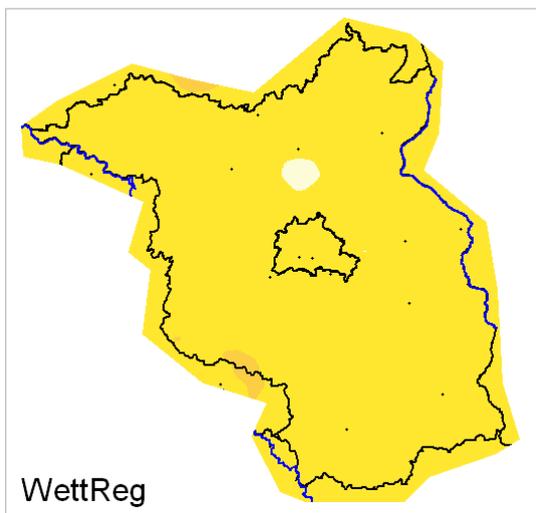
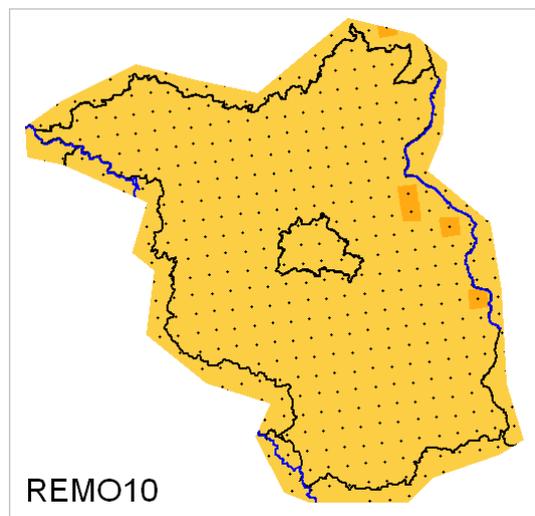
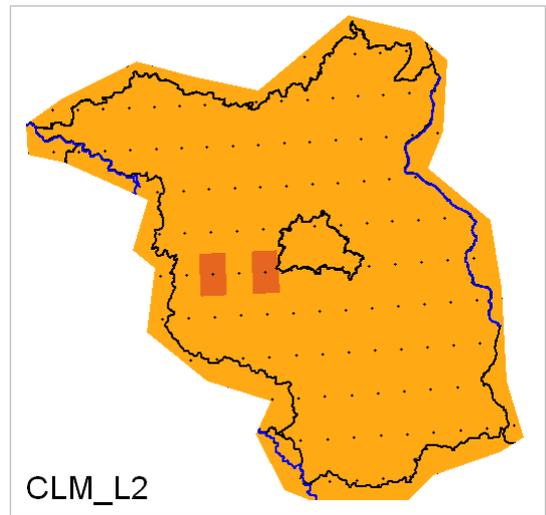
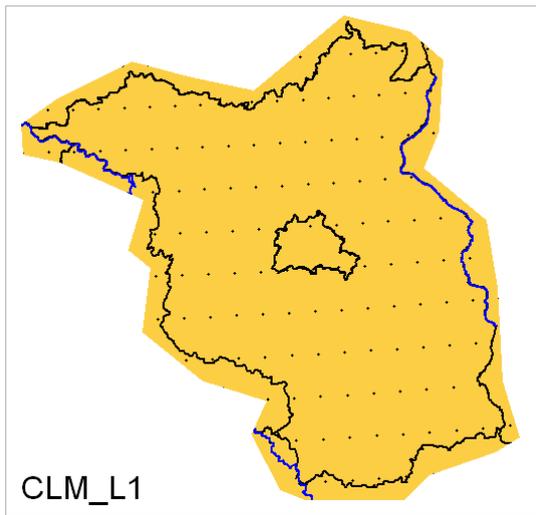
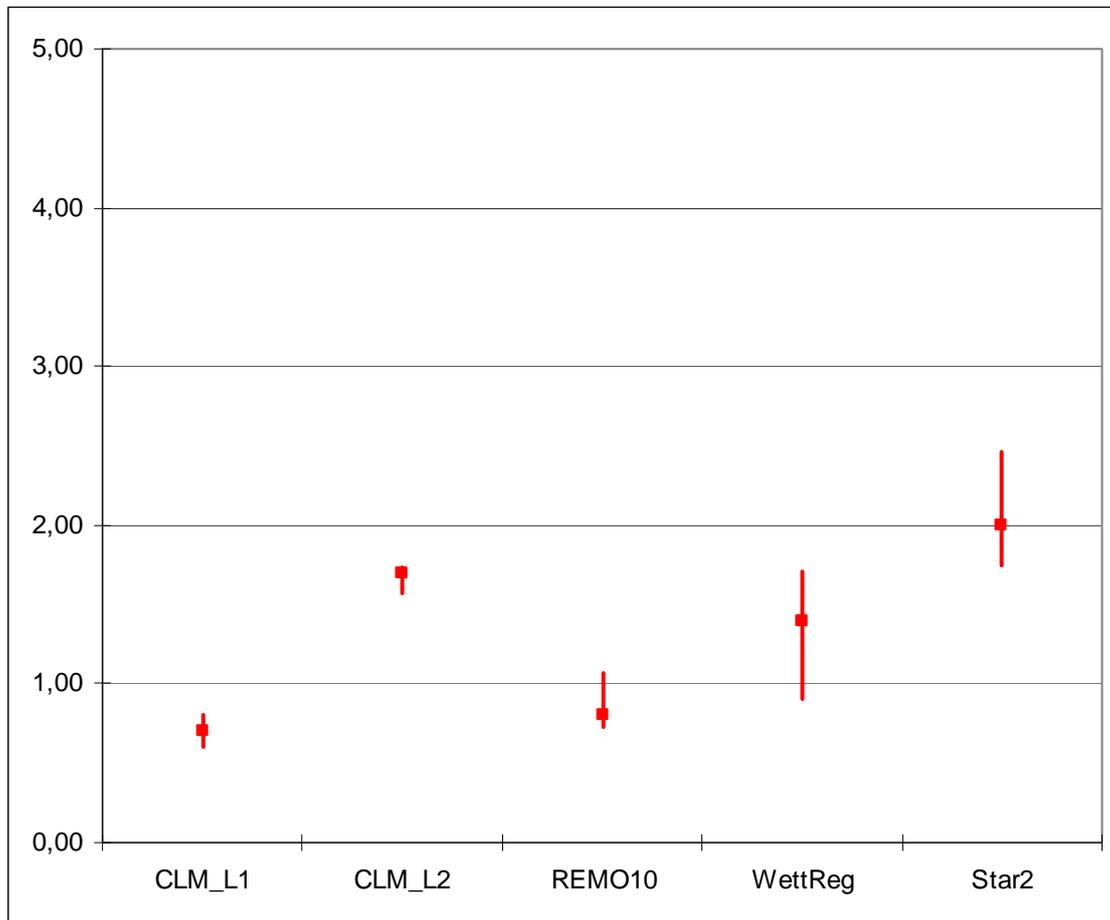


Abb. 6.3.1.2 – 6.3.1.6 Minimumtemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

### 6.3.2 Tagesminimumtemperatur – meteorologisches Frühjahr

Bei der Tagesminimumtemperatur handelt es sich um den geringsten gemessenen Wert in °C, der im Laufe des Tages gemessen wird. Temperaturen der Luft werden 2 m über dem Boden gemessen. Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesminimumtemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Angaben in °C      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.3.2.1 Minimumtemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Frühjahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 0,6 bis 2,5 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 0,7 und 2 °C. Es ist für das meteorologische Frühjahr hinsichtlich der Tagesminimumtemperatur ein homogener Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 0,7°C auszugehen.

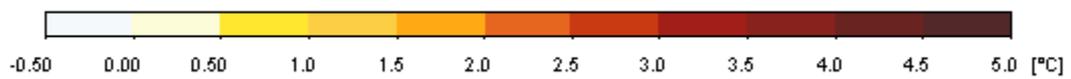
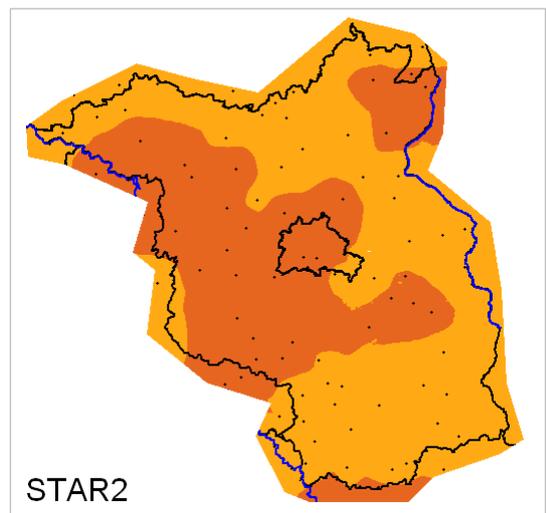
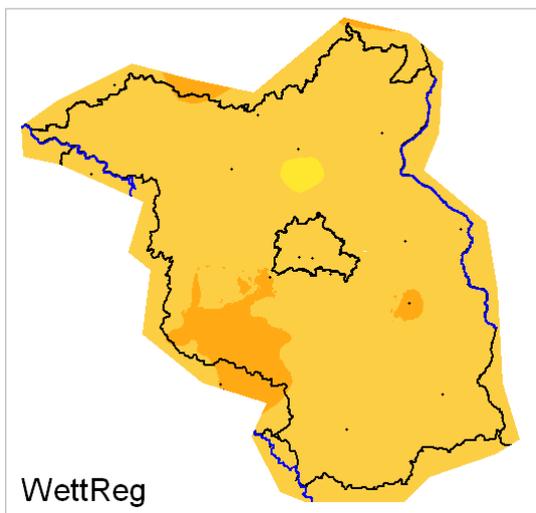
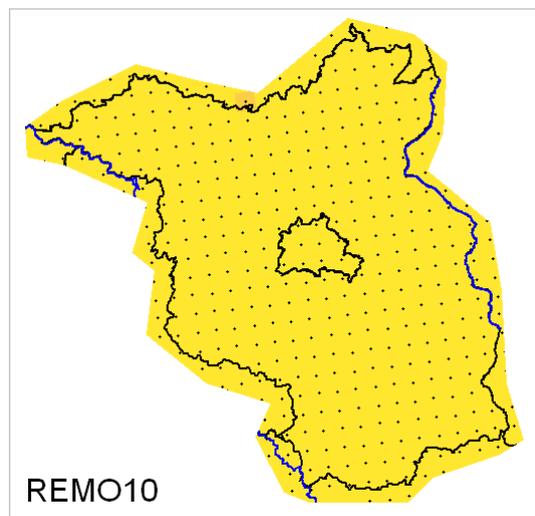
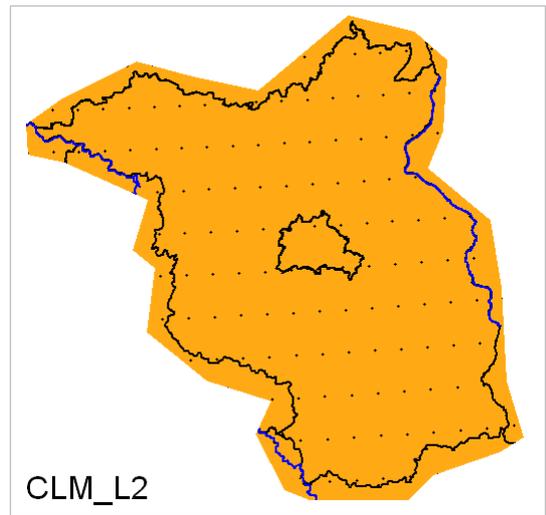
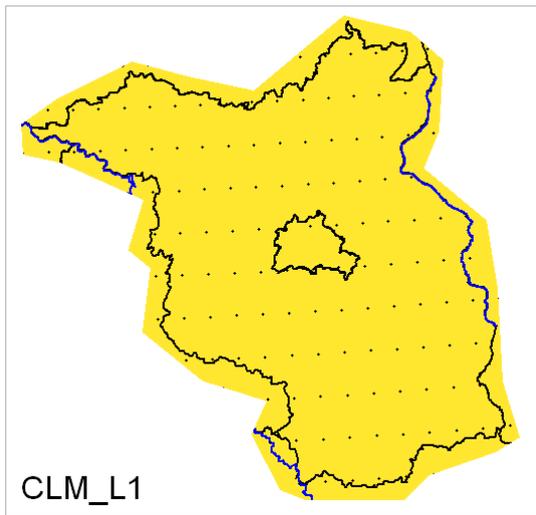
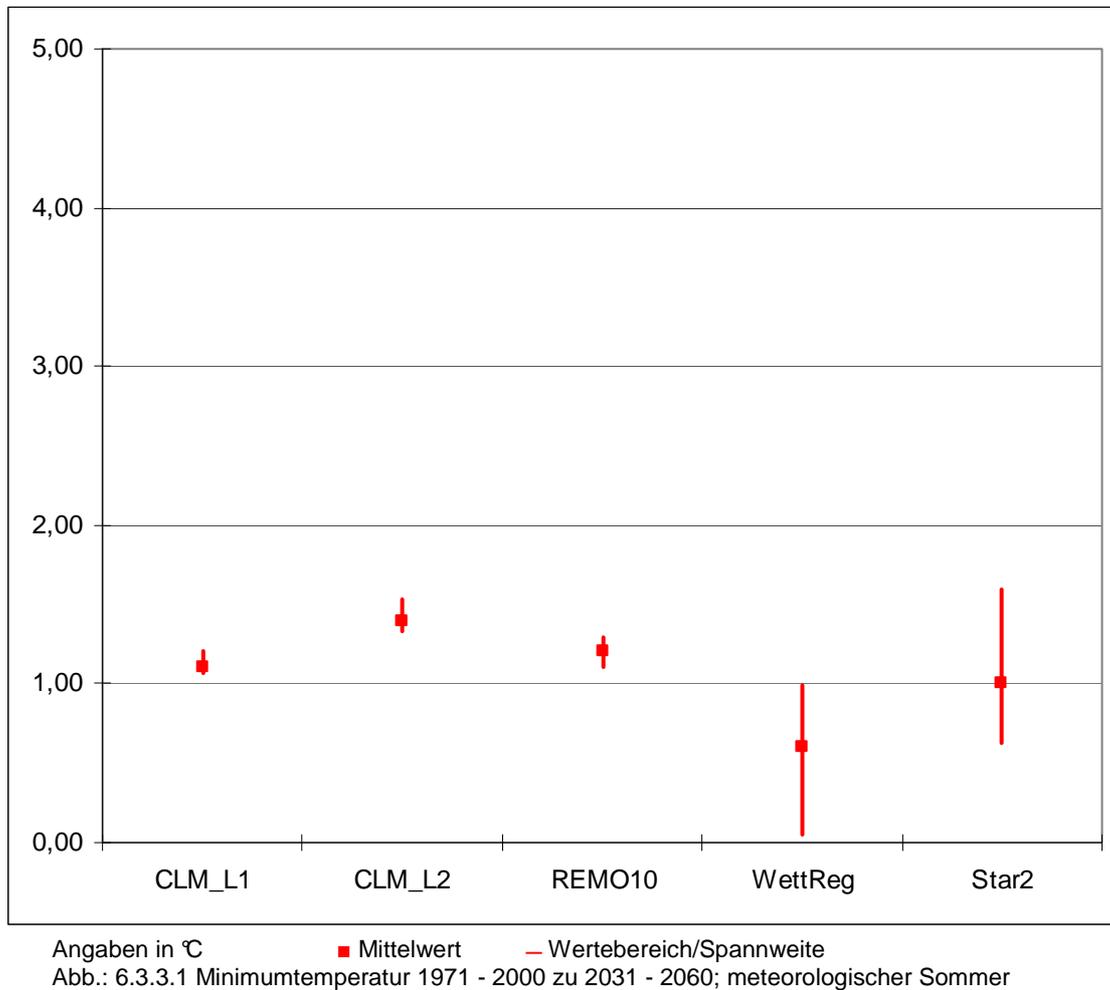


Abb. 6.3.2.2 – 6.3.2.6 Minimumtemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Frühjahr

### 6.3.3 Tagesminimumtemperatur – meteorologischer Sommer

Bei der Tagesminimumtemperatur handelt es sich um den geringsten gemessenen Wert in °C, der im Laufe des Tages gemessen wird. Temperaturen der Luft werden 2 m über dem Boden gemessen. Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesminimumtemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 0,05 bis 1,6 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 0,6 und 1,4 °C. Es ist für den meteorologischen Sommer hinsichtlich der Tagesminimumtemperatur ein homogener Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 0,6°C auszugehen.

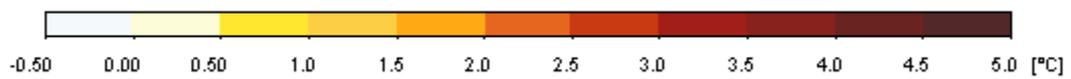
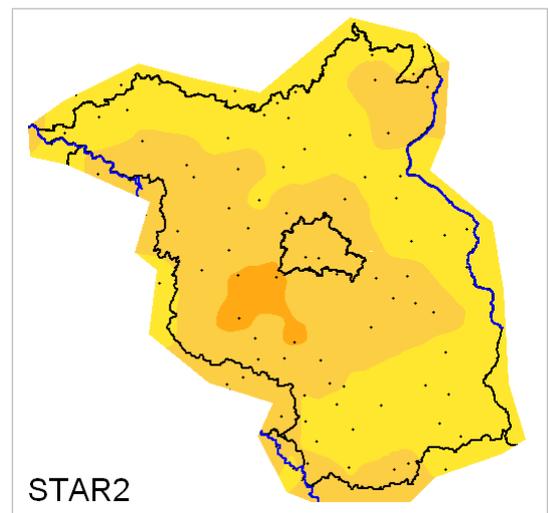
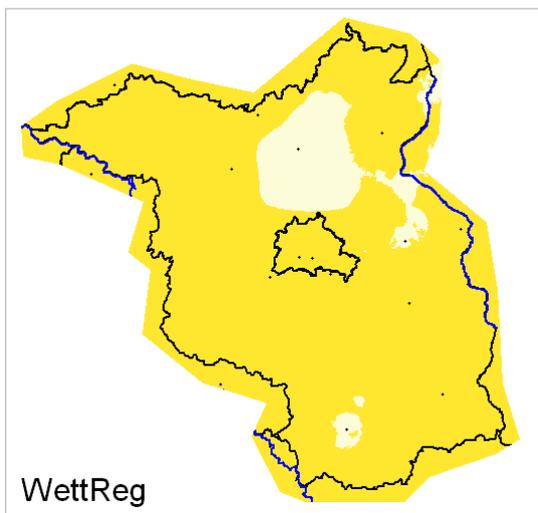
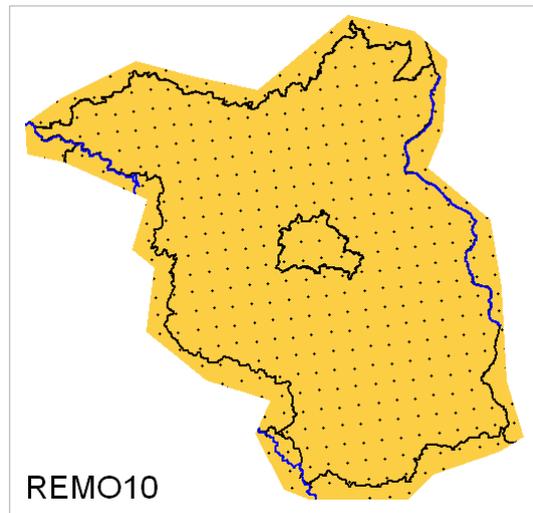
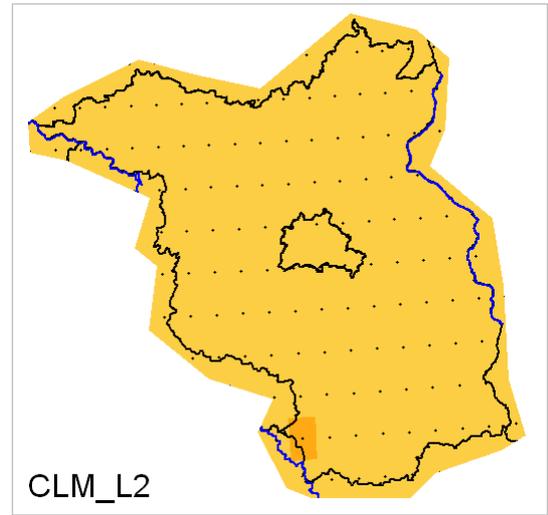
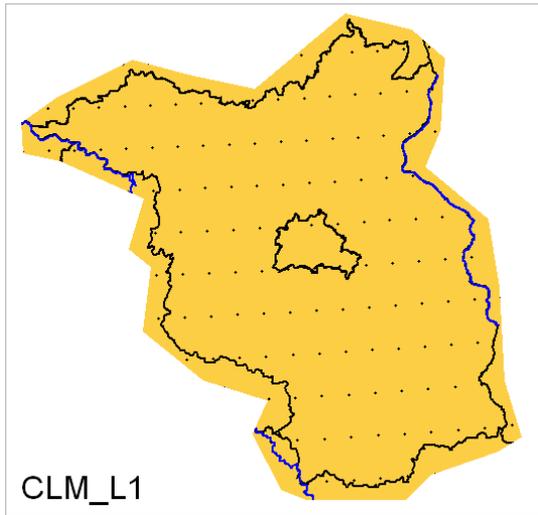
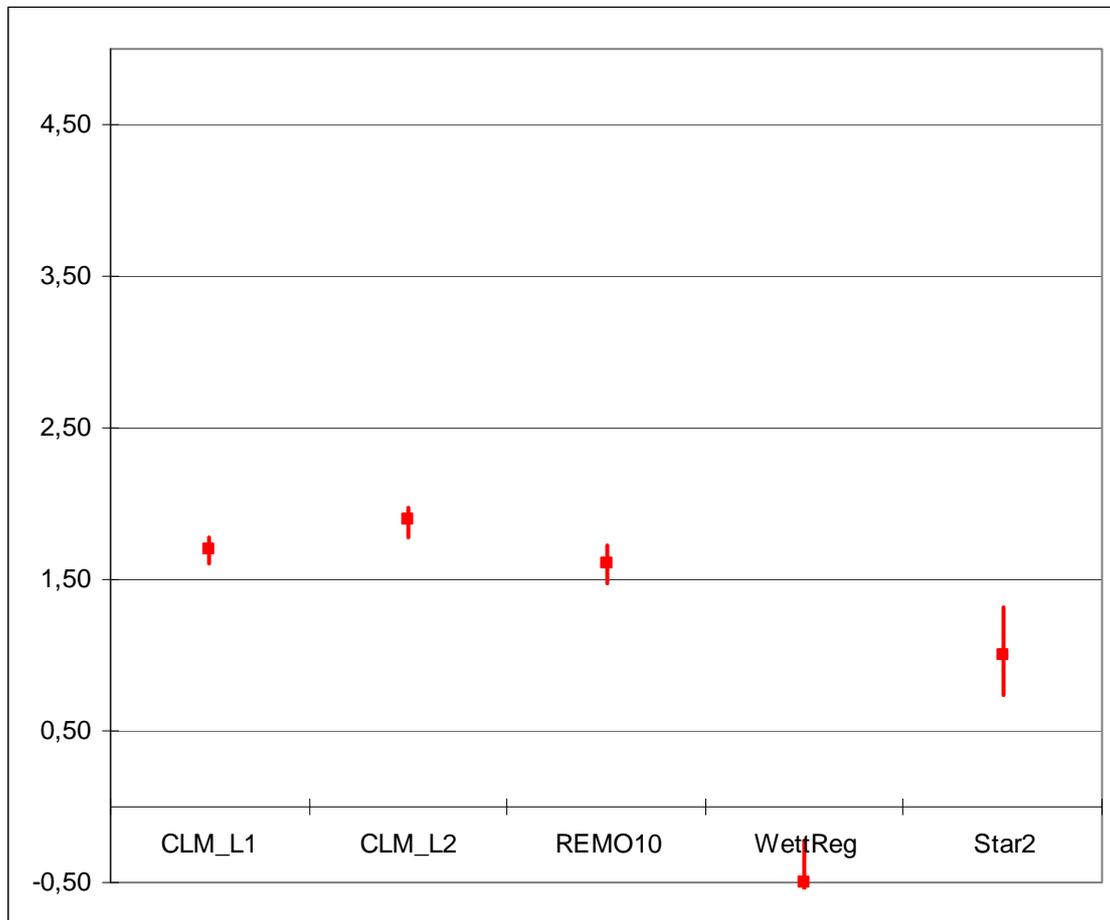


Abb. 6.3.3.2 – 6.3.3.6 Minimumtemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Sommer

### 6.3.4 Tagesminimumtemperatur – meteorologischer Herbst

Bei der Tagesminimumtemperatur handelt es sich um den geringsten gemessenen Wert in °C, der im Laufe des Tages gemessen wird. Temperaturen der Luft werden 2 m über dem Boden gemessen. Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesminimumtemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Angaben in °C      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.3.4.1 Minimumtemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Herbst

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -0,8 bis 2,0 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,5 und 1,9 °C. Es ist für den meteorologischen Herbst auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B hinsichtlich der Tagesminimumtemperatur kein eindeutiger Trend in den Modellen erkennbar, da WettReg eine leichte Abkühlung zum Ergebnis hat. Alle anderen Modelle ergeben bis zur Mitte des Jahrhunderts eine weitere Erhöhung um mindestens 1°C.

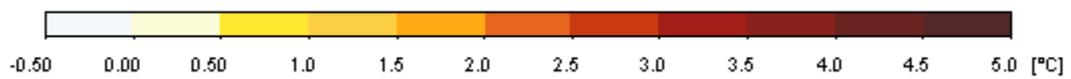
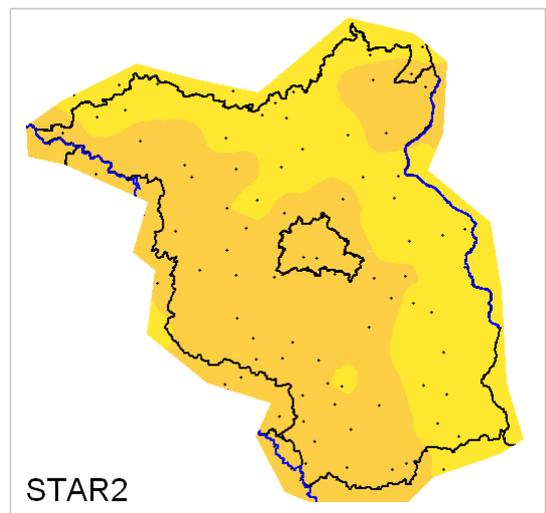
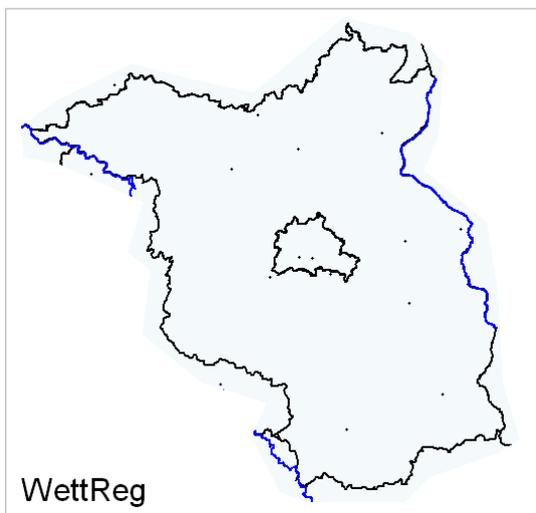
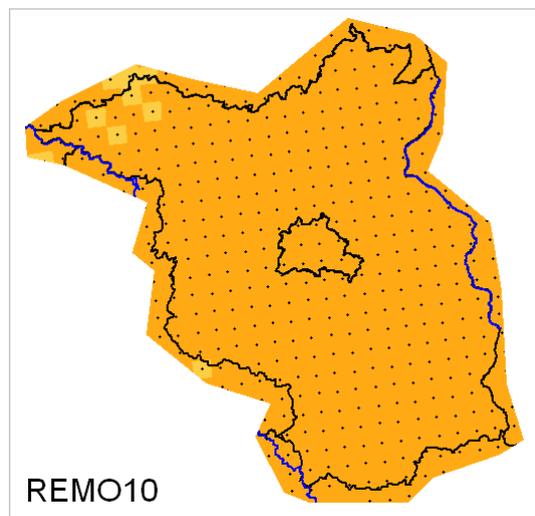
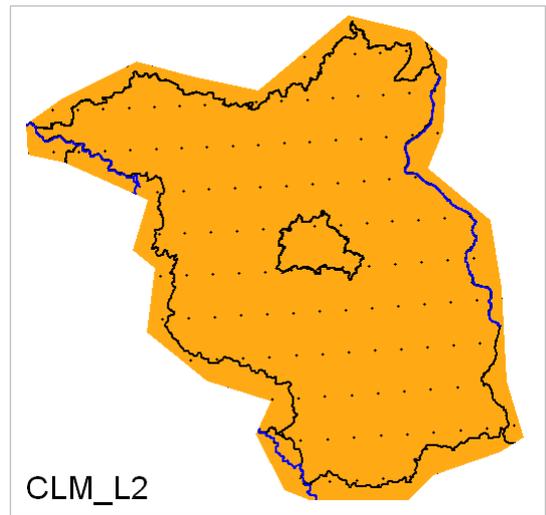
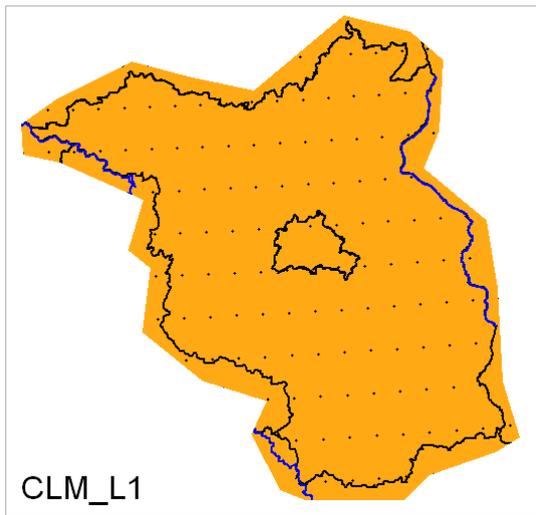
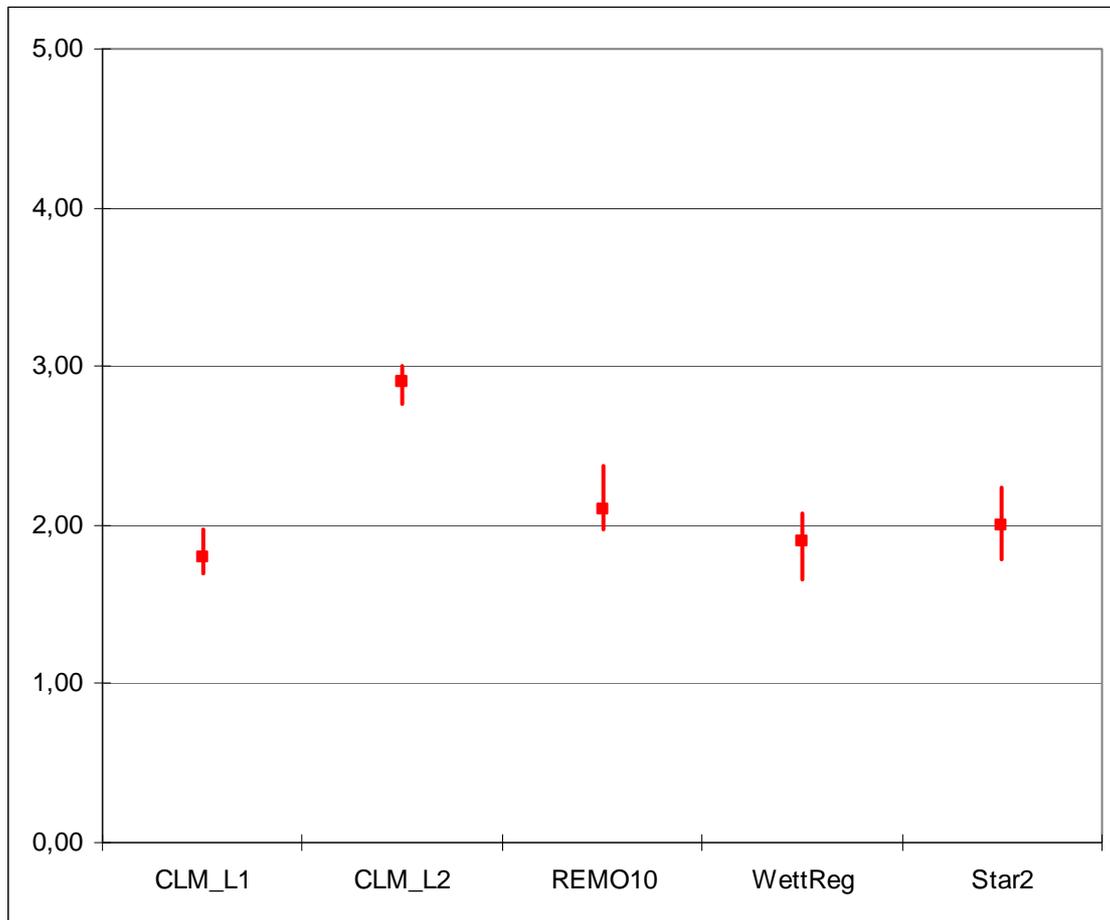


Abb. 6.3.4.2 – 6.3.4.6 Minimumtemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Herbst

### 6.3.5 Tagesminimumtemperatur – meteorologischer Winter

Bei der Tagesminimumtemperatur handelt es sich um den geringsten gemessenen Wert in °C, der im Laufe des Tages gemessen wird. Temperaturen der Luft werden 2 m über dem Boden gemessen. Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesminimumtemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Angaben in °C      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.3.5.1 Minimumtemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Winter

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 1,7 bis 3,0 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 1,8 und 2,9 °C. Es ist für den meteorologischen Winter auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B hinsichtlich der Tagesminimumtemperatur ein deutlicher, homogener Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist von einer weiteren Erhöhung um mindestens 1,8°C auszugehen.

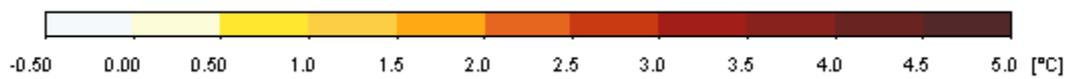
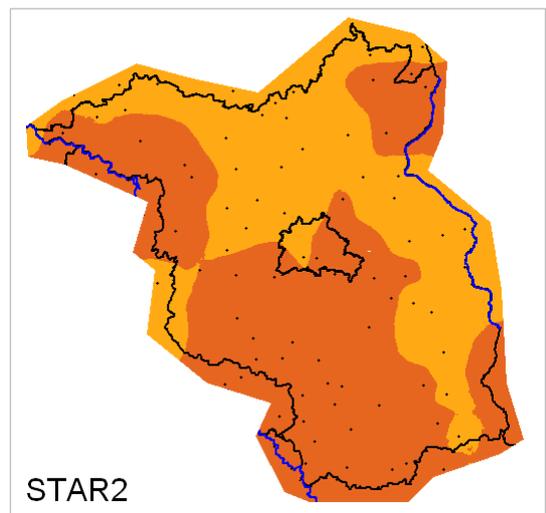
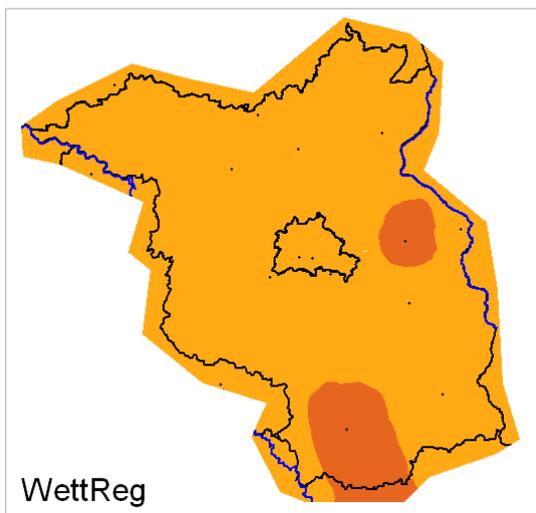
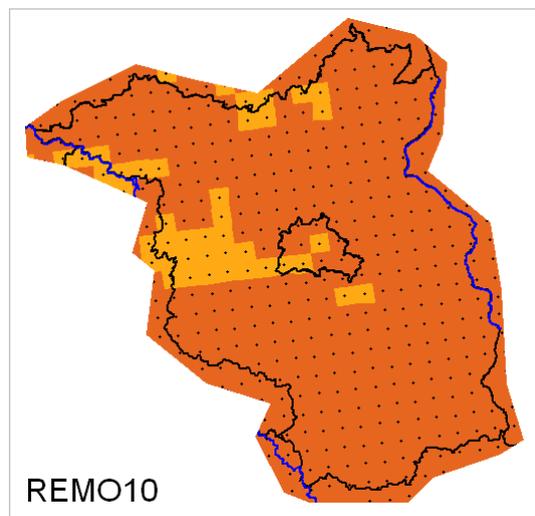
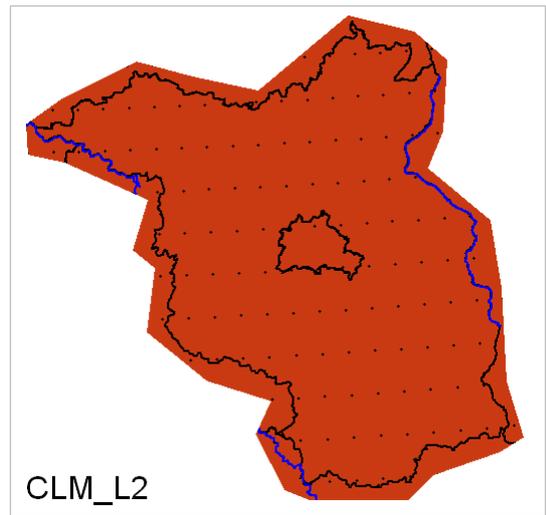
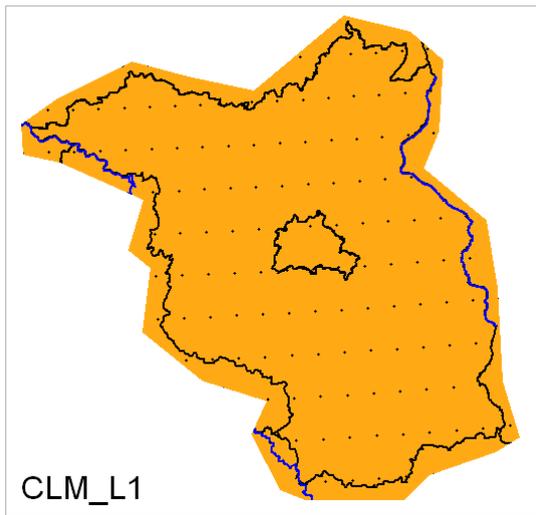
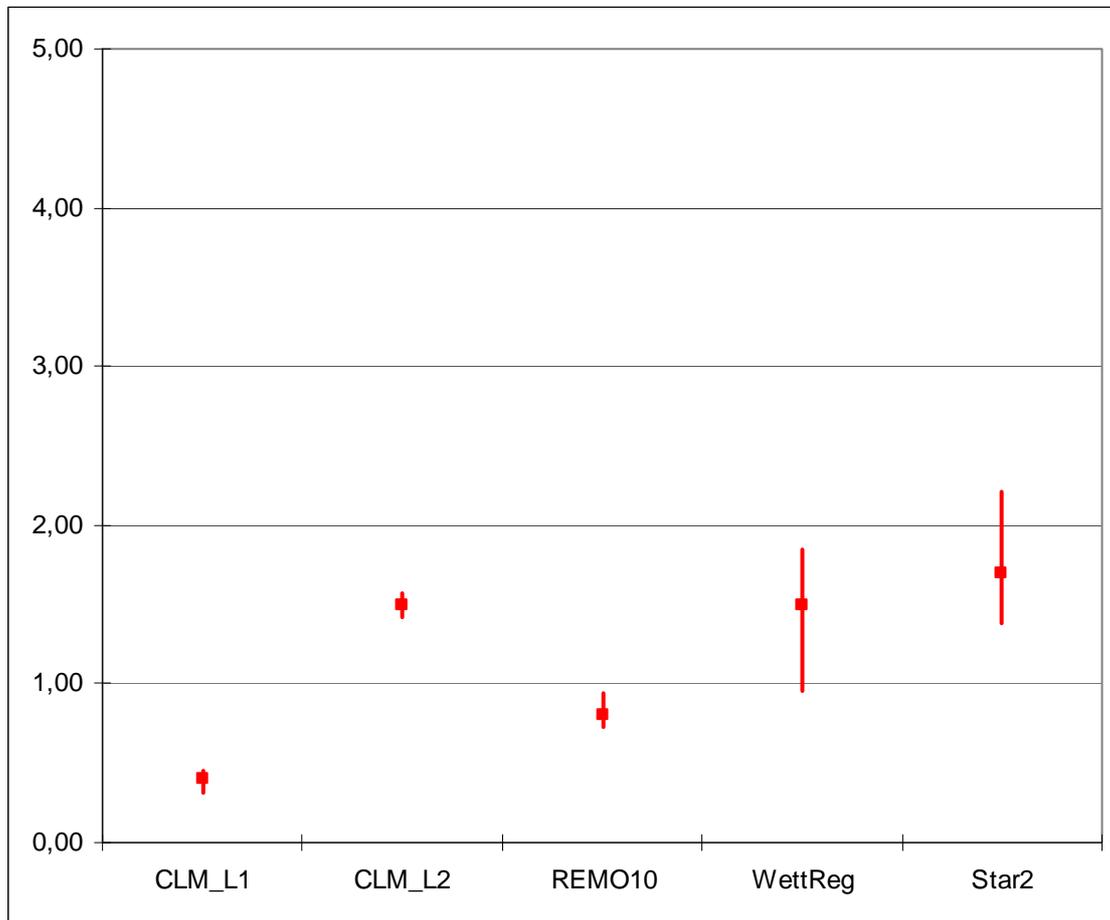


Abb. 6.3.5.2 – 6.3.5.6 Minimumtemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Winter

### 6.3.6 Tagesminimumtemperatur – Vegetationsperiode I

Bei der Tagesminimumtemperatur handelt es sich um den geringsten gemessenen Wert in °C, der im Laufe des Tages gemessen wird. Temperaturen der Luft werden 2 m über dem Boden gemessen. Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesminimumtemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Angaben in °C      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.3.6.1 Minimumtemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; Vegetationsperiode I

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 0,3 bis 2,2 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 0,4 und 1,7 °C. Es ist für die Vegetationsperiode I hinsichtlich der Tagesminimumtemperatur ein Trend in fast allen Modellen erkennbar. Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 0,4°C auszugehen.

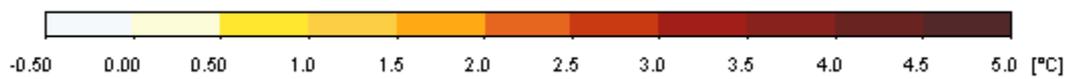
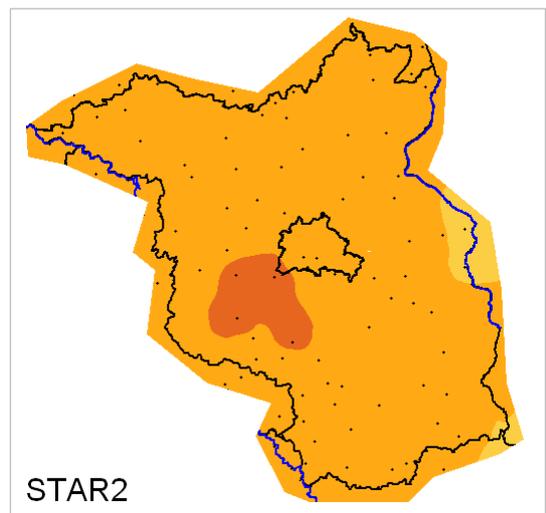
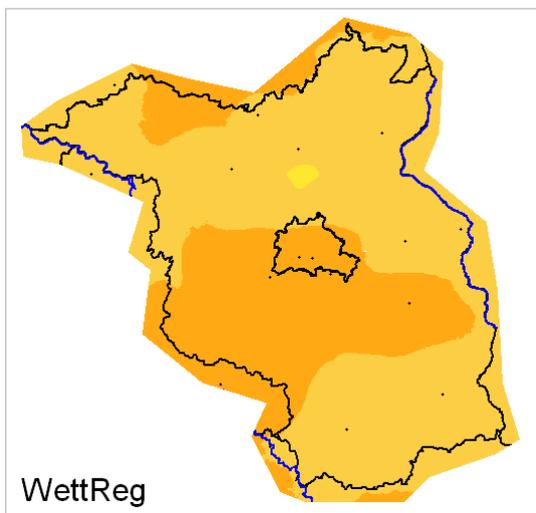
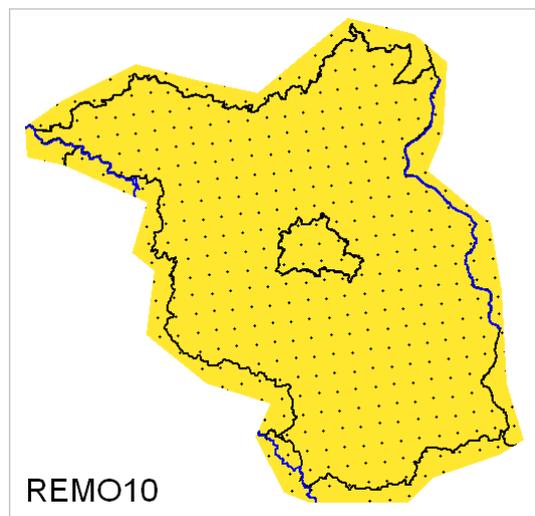
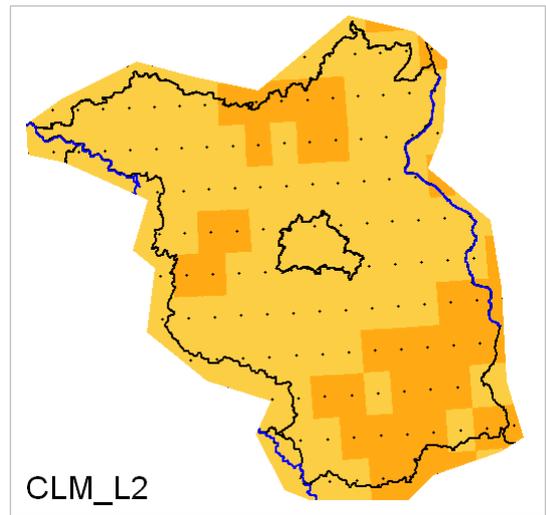
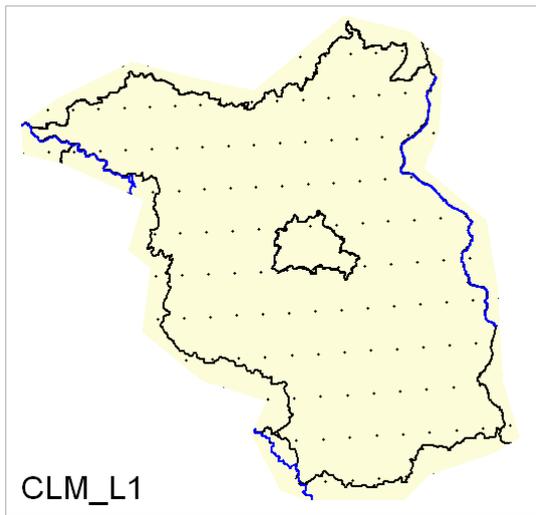
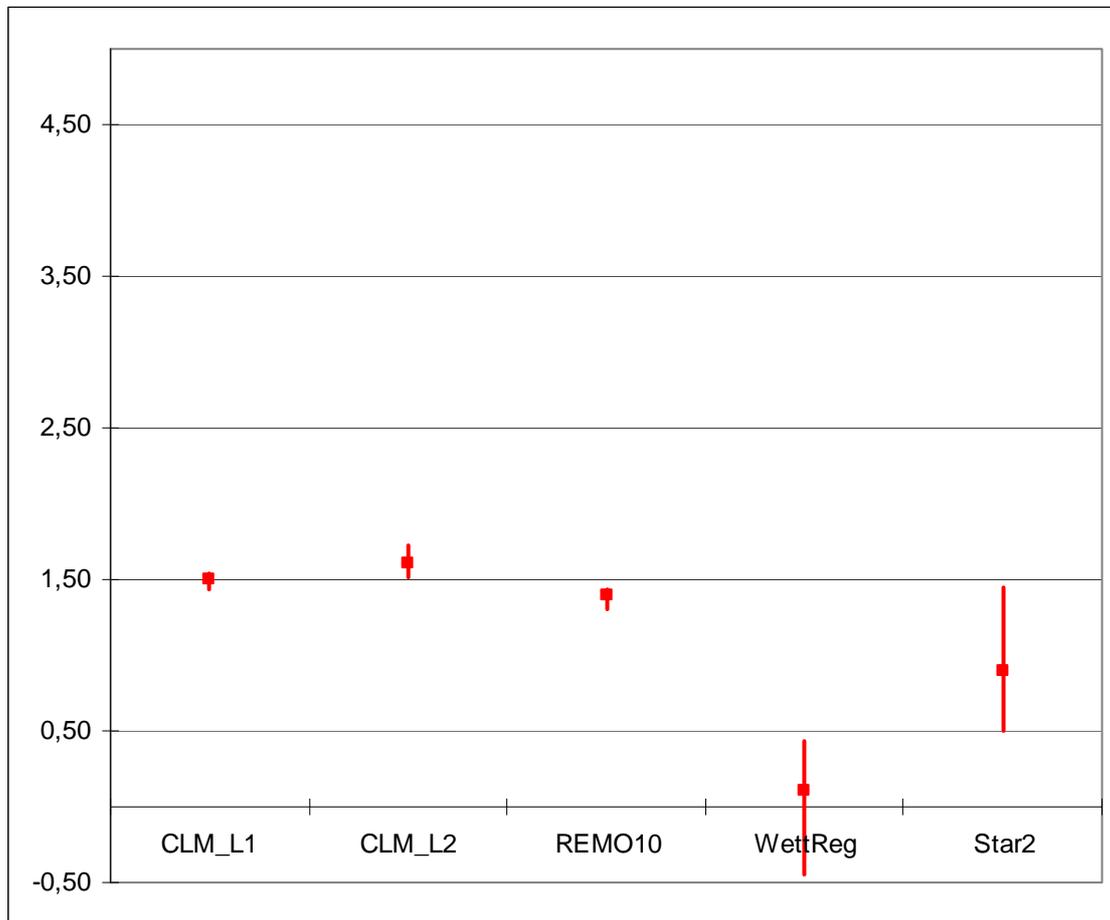


Abb. 6.3.6.2 – 6.3.6.6 Minimumtemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; Vegetationsperiode I

### 6.3.7 Tagesminimumtemperatur – Vegetationsperiode II

Bei der Tagesminimumtemperatur handelt es sich um den geringsten gemessenen Wert in °C, der im Laufe des Tages gemessen wird. Temperaturen der Luft werden 2 m über dem Boden gemessen. Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesminimumtemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Angaben in °C      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.3.7.1 Minimumtemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; Vegetationsperiode II

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -0,4 bis 1,7 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 0,1 und 1,6 °C. Es ist für die Vegetationsperiode II auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B hinsichtlich der Tagesminimumtemperatur ein Trend in fast allen Modellen erkennbar. Lediglich WettReg zeigt keinen eindeutigen Trend zur Veränderung.

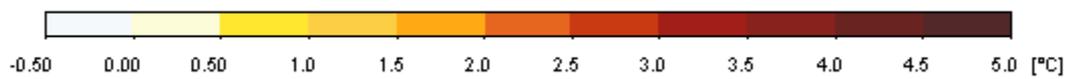
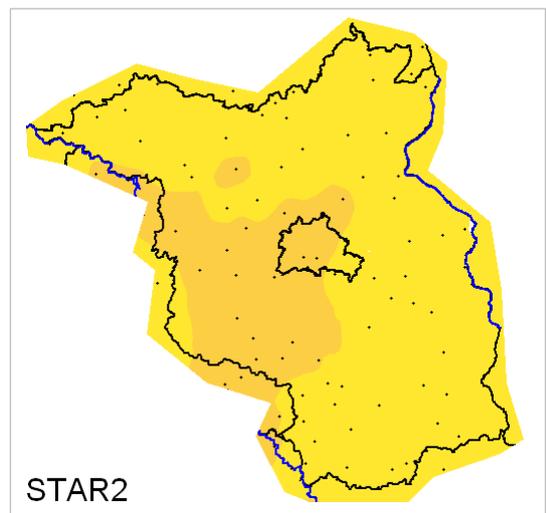
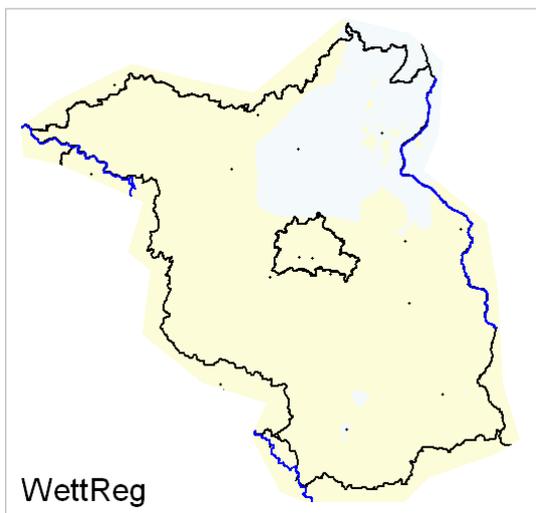
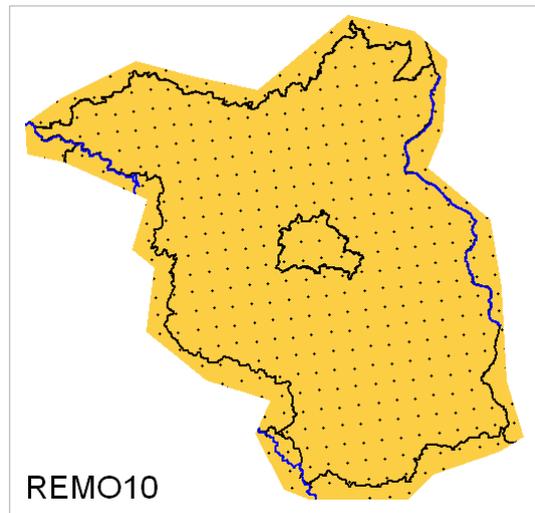
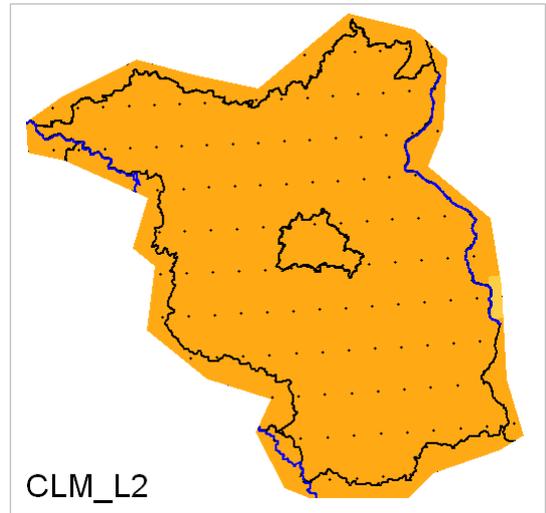
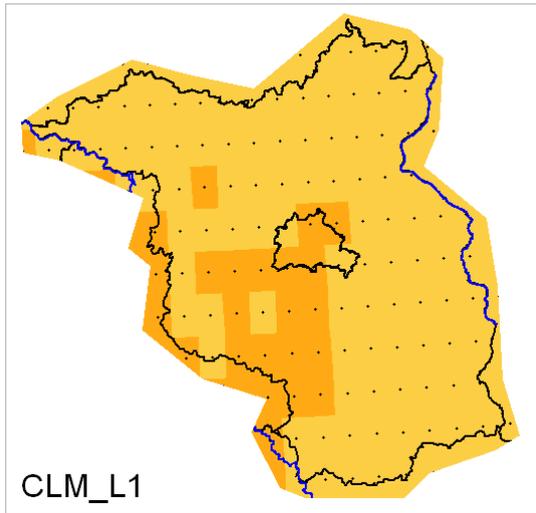
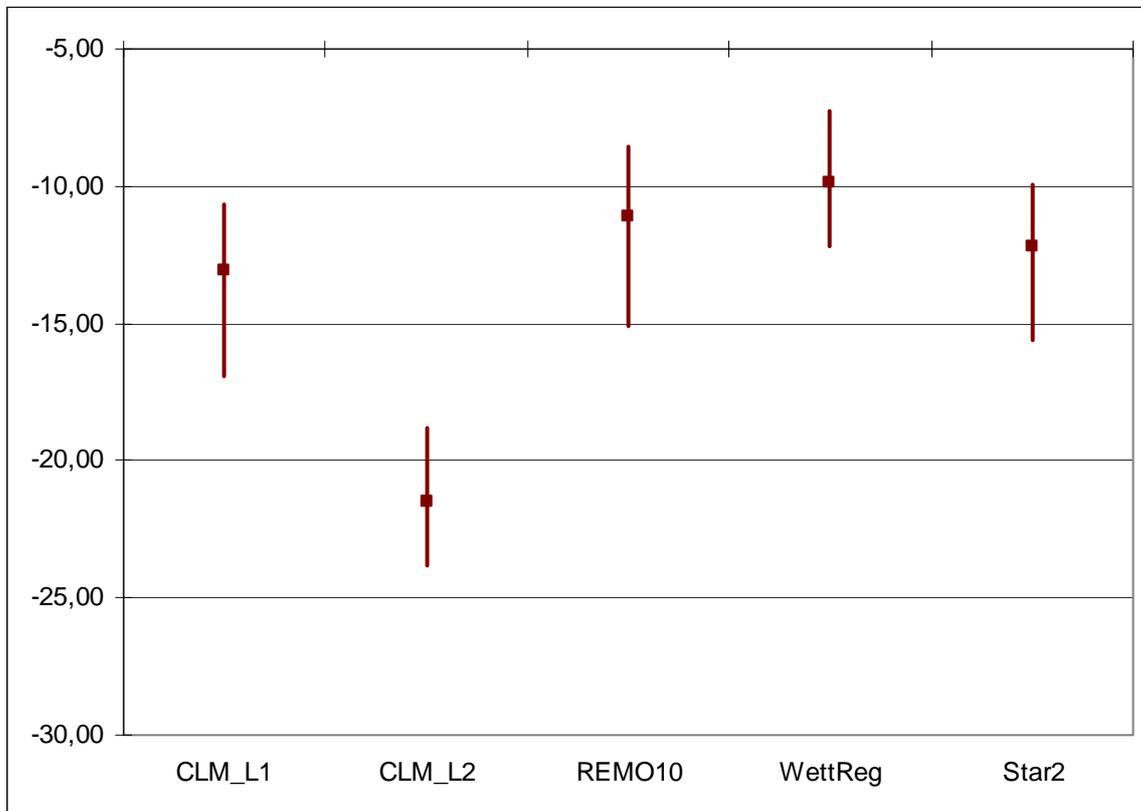


Abb. 6.3.7.2 – 6.3.7.6 Minimumtemperatur 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; Vegetationsperiode II

## 6.4 Anzahl der Eistage

Als Eistage werden solche Tage bezeichnet, an denen die Tagesmaximumtemperatur der Luft unter 0 °C bleibt.

Es wird die modellspezifische Differenz der Anzahl der Eistage des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in Tagen dargestellt.



Angaben in Tage n      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.4.1 Eistage 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -23,8 bis -7,3 Tage. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -21,5 und -9,9 Tage. Es ist für das meteorologische Jahr auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B hinsichtlich der Anzahl der Eistage ein deutlicher Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist von einer Abnahme um mindestens 9,9 Tage auszugehen.

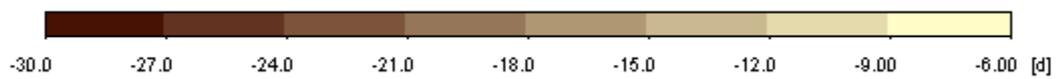
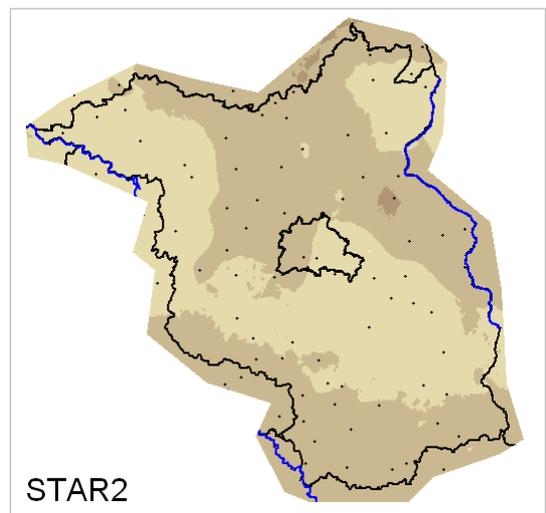
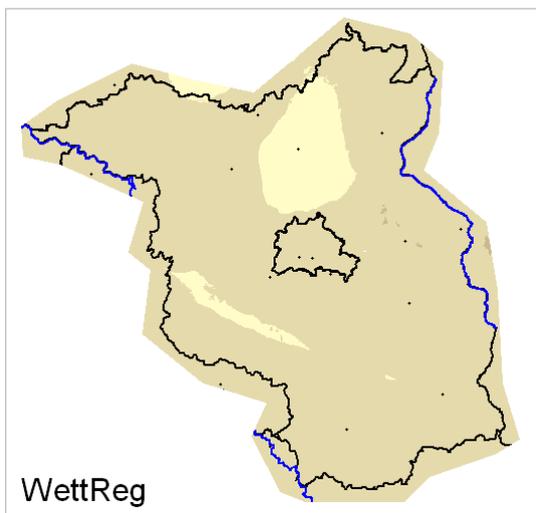
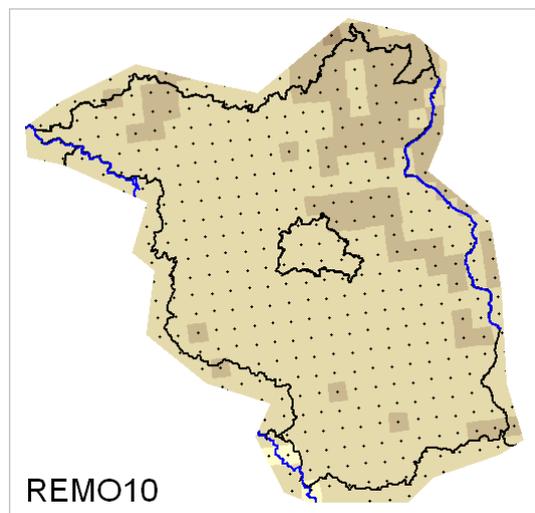
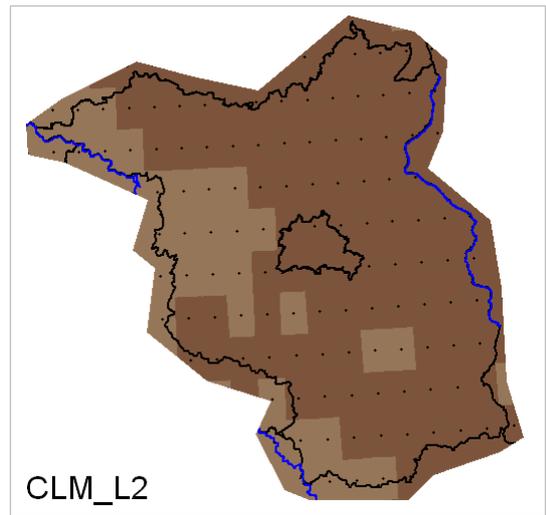
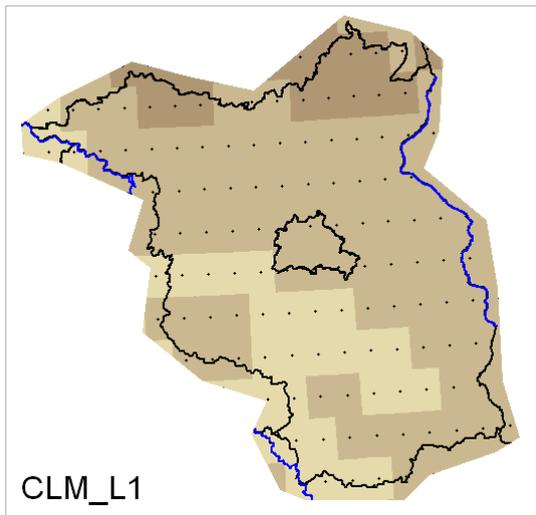
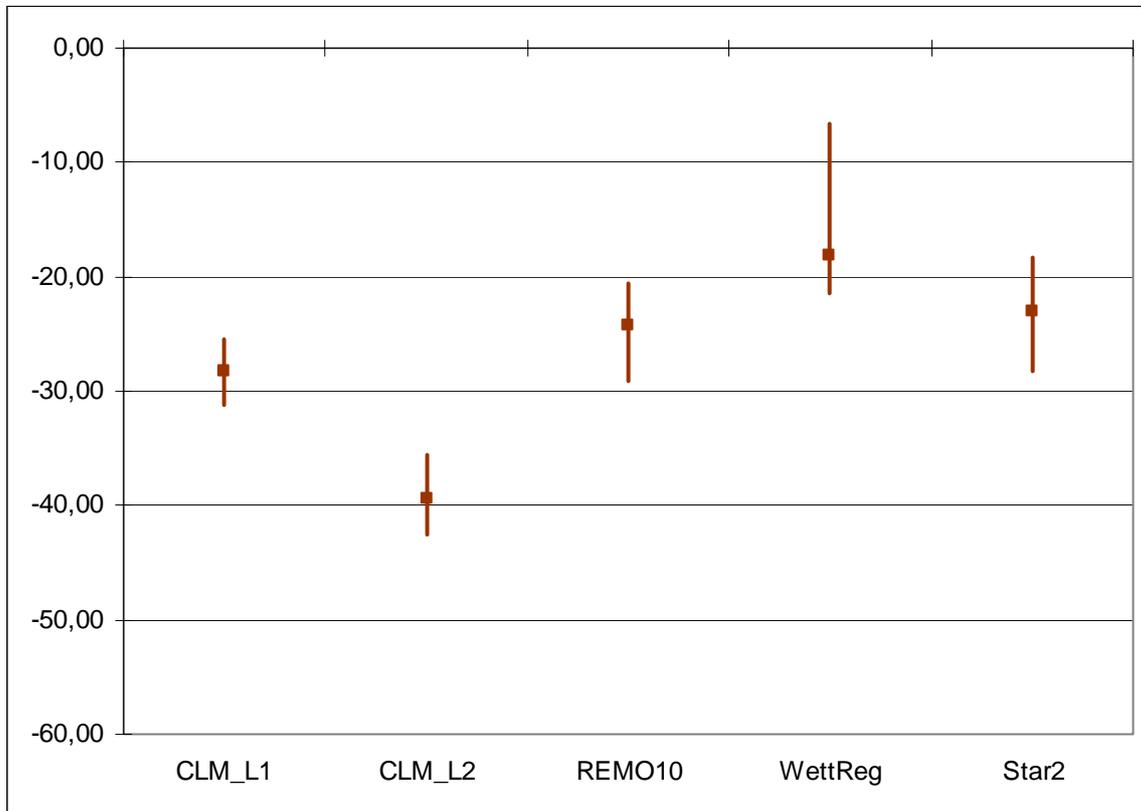


Abb. 6.4.2 – 6.4.6 Eistage 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

## 6.5 Anzahl der Frosttage

Als Frosttage werden solche Tage bezeichnet, an denen die Tagesminimumtemperatur der Luft unter 0 °C bleibt.

Es wird die modellspezifische Differenz der Anzahl der Frosttage des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in Tagen dargestellt.



Angaben in Tagen      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.5.1 Frosttage 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -42,5 bis -6,7 Tage. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -39,5 und -18,2 Tage. Es ist für das meteorologische Jahr hinsichtlich der Anzahl der Frosttage ein deutlicher Trend in allen Modellen Trend erkennbar. Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer Abnahme um mindestens 18,2 Tage auszugehen.

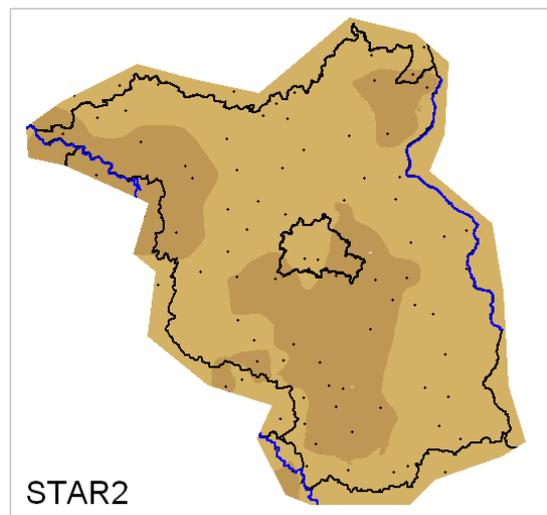
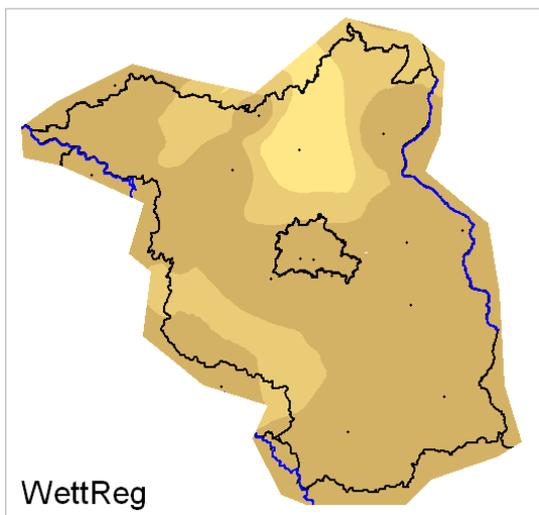
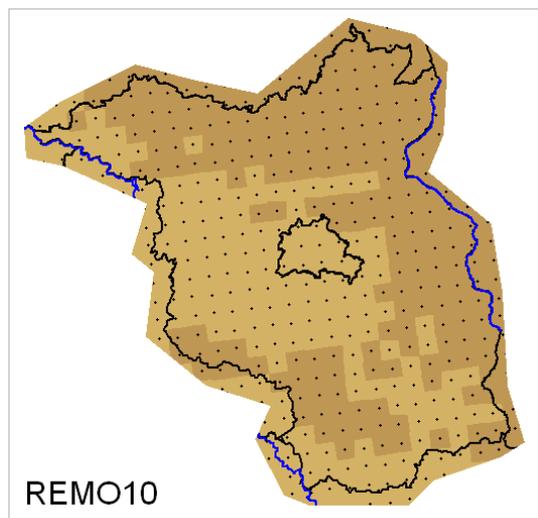
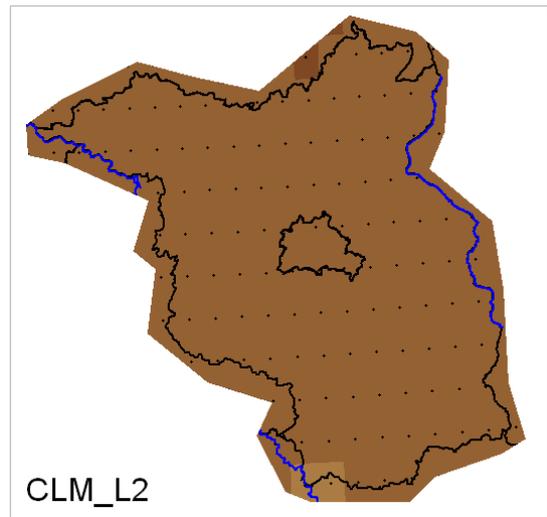
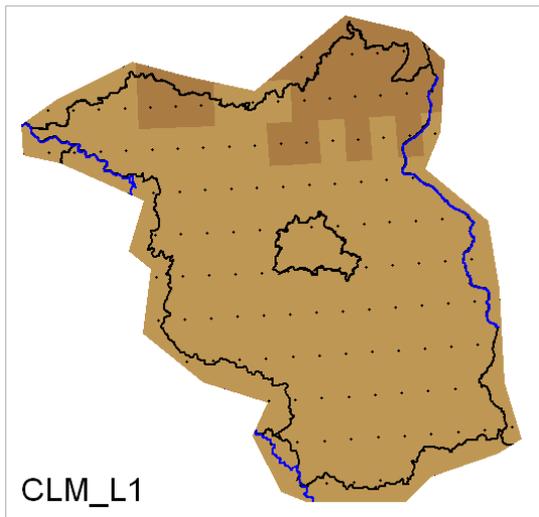
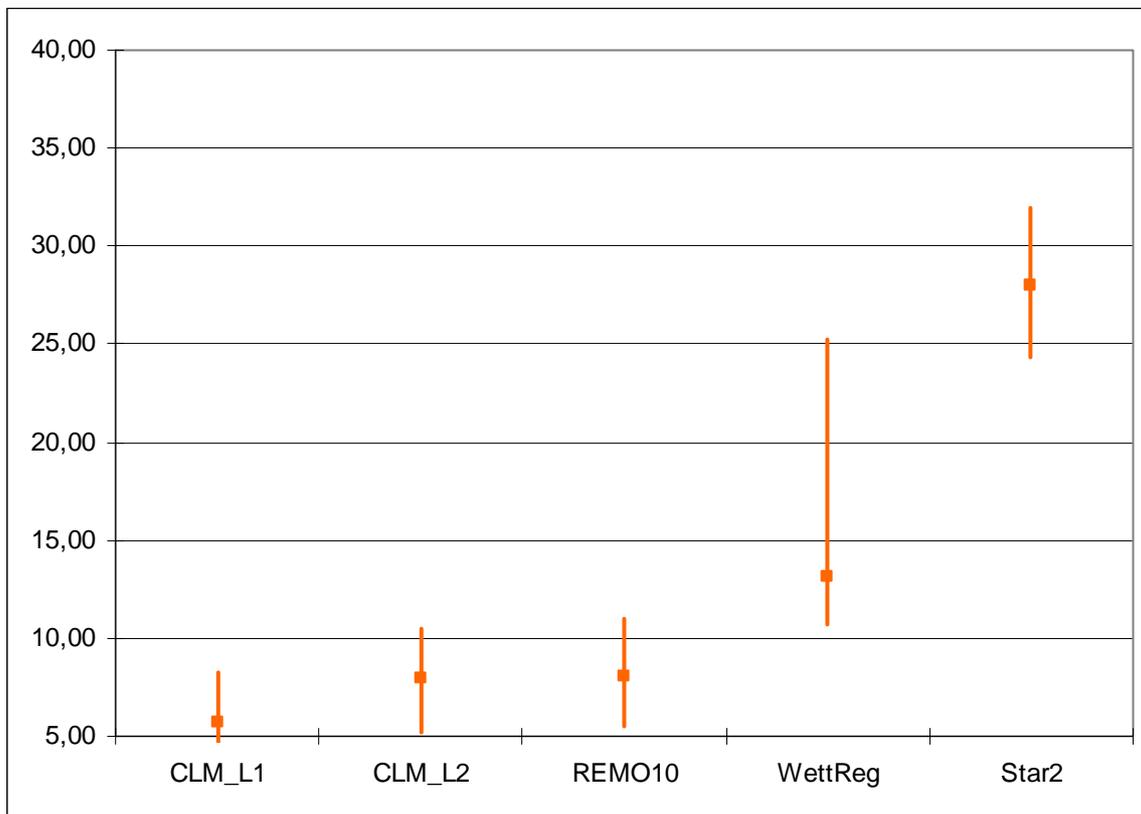


Abb. 6.5.2 – 6.5.6 Frosttage 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

## 6.6 Anzahl der Sommertage

Als Sommertage werden solche Tage bezeichnet, an denen die Tagesmaximumtemperatur der Luft 25 °C oder größer ist.

Es wird die modellspezifische Differenz der Anzahl der Sommertage des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in Tagen dargestellt.



Angaben in Tagen                      ■ Mittelwert                      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.6.1 Sommertage 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 3,5 bis 32 Tage. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 5,7 und 28 Tage. Es ist für das meteorologische Jahr auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B hinsichtlich der Anzahl der Sommertage ein Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist von einer Zunahme um mindestens 5,7 Tage auszugehen.

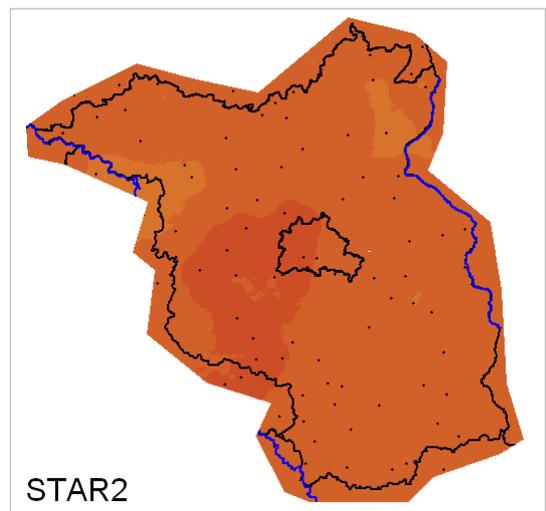
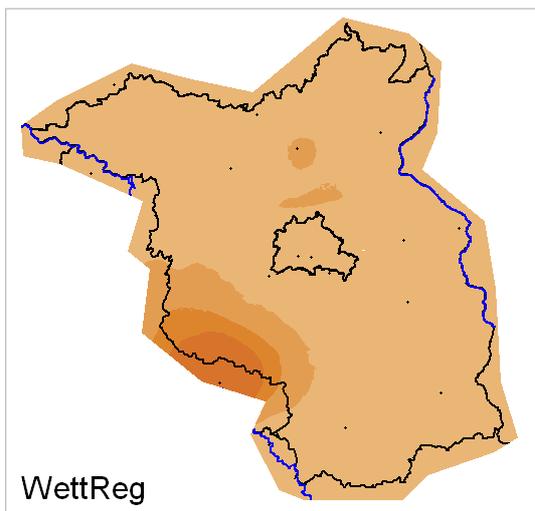
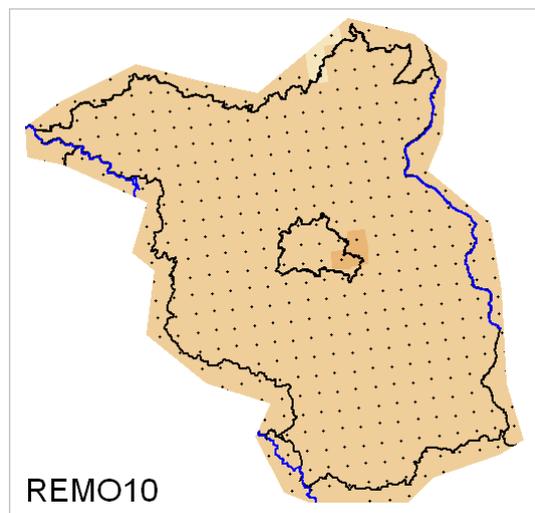
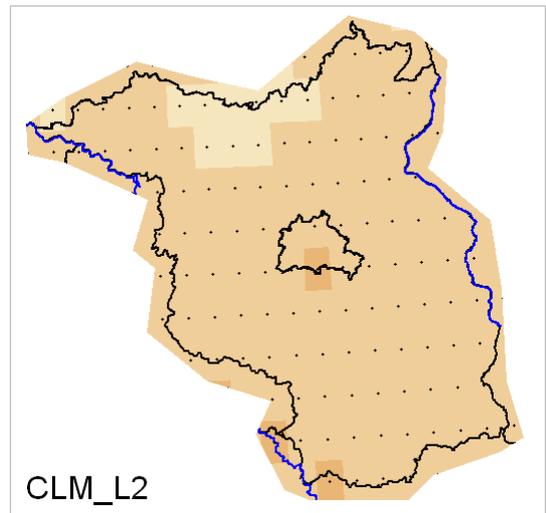
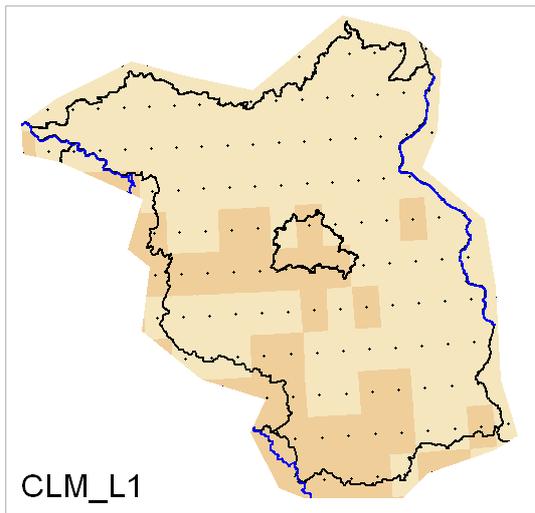
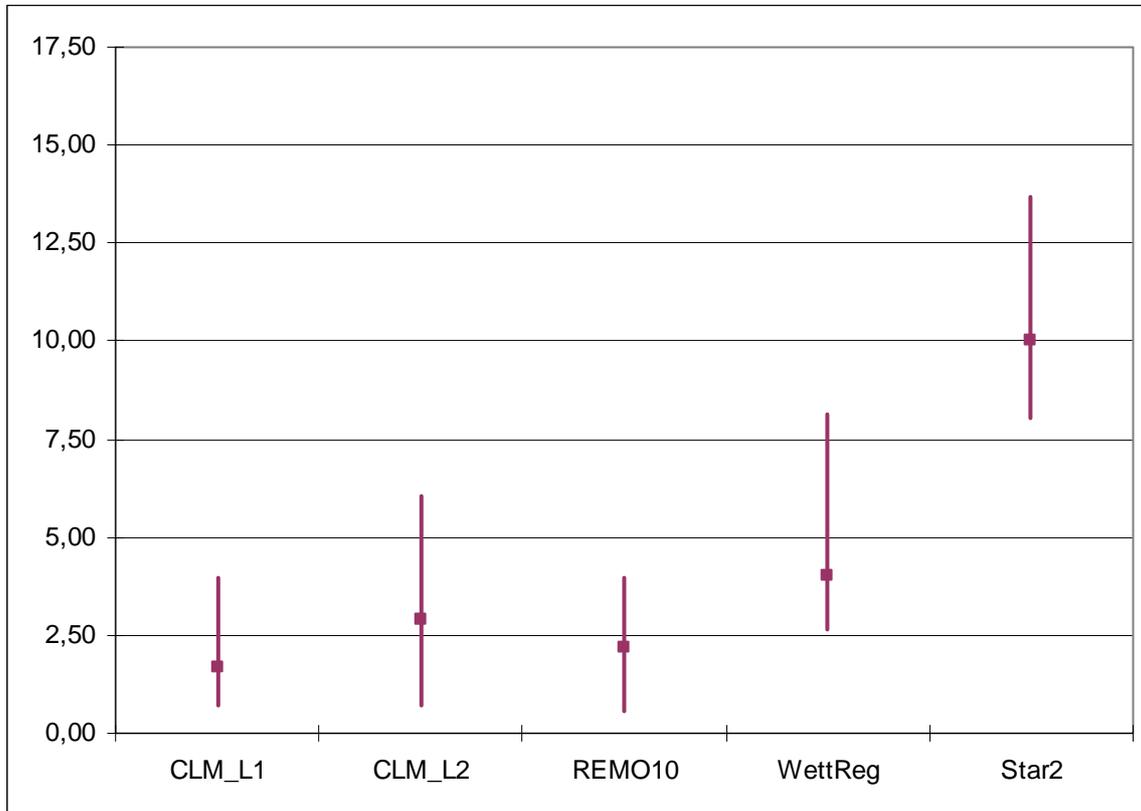


Abb. 6.6.2 – 6.6.6 Sommertage 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

## 6.7 Anzahl der heißen Tage

Als heiße Tage werden solche Tage bezeichnet, an denen die Tagesmaximumtemperatur der Luft 30 °C oder größer ist.

Es wird die modellspezifische Differenz der Anzahl der heißen Tage des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in Tagen dargestellt.



Angaben in Tagen      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.7.1 heiße Tage 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 0,6 bis 13,7 Tage. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 1,7 und 10 Tagen. Es ist für das meteorologische Jahr hinsichtlich der Anzahl der heißen Tage ein Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer Zunahme um mindestens 1,7 Tage auszugehen.

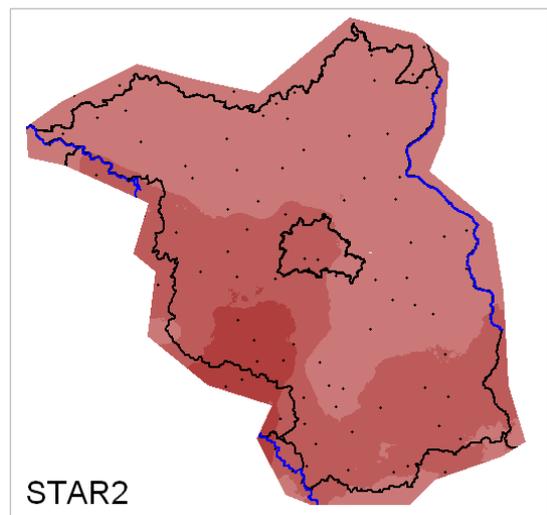
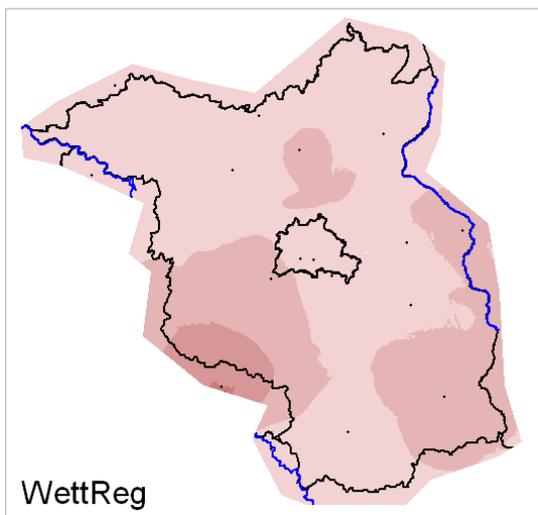
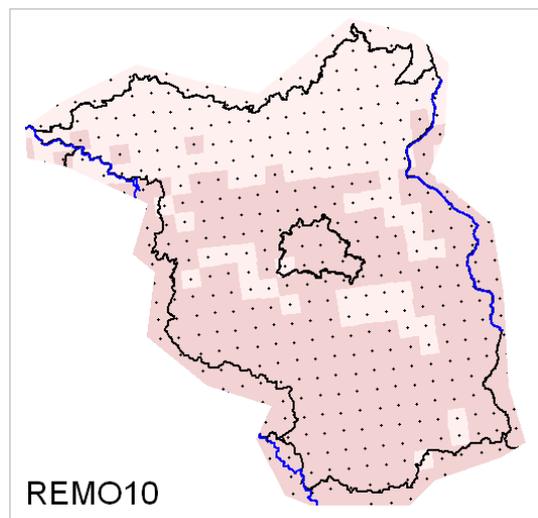
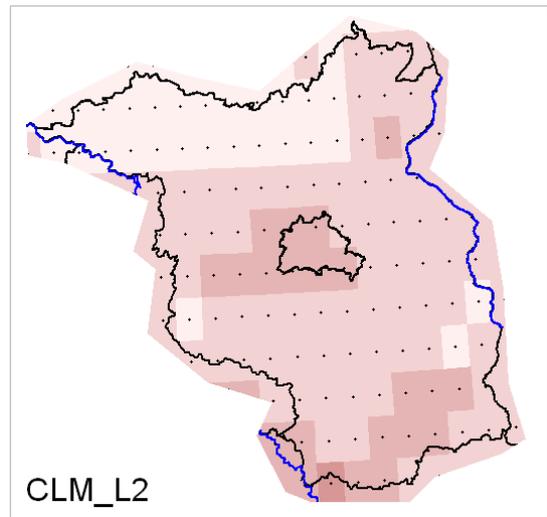
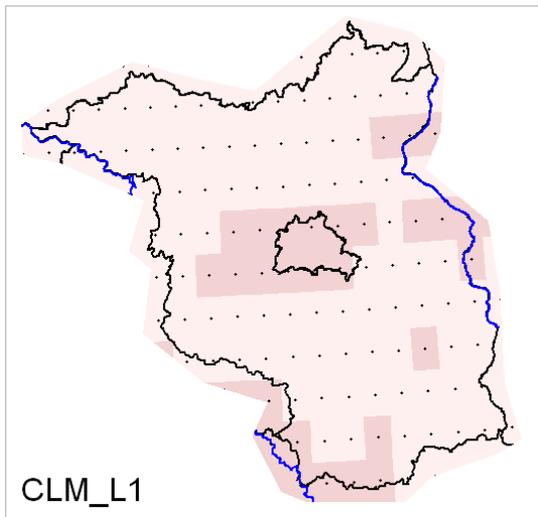
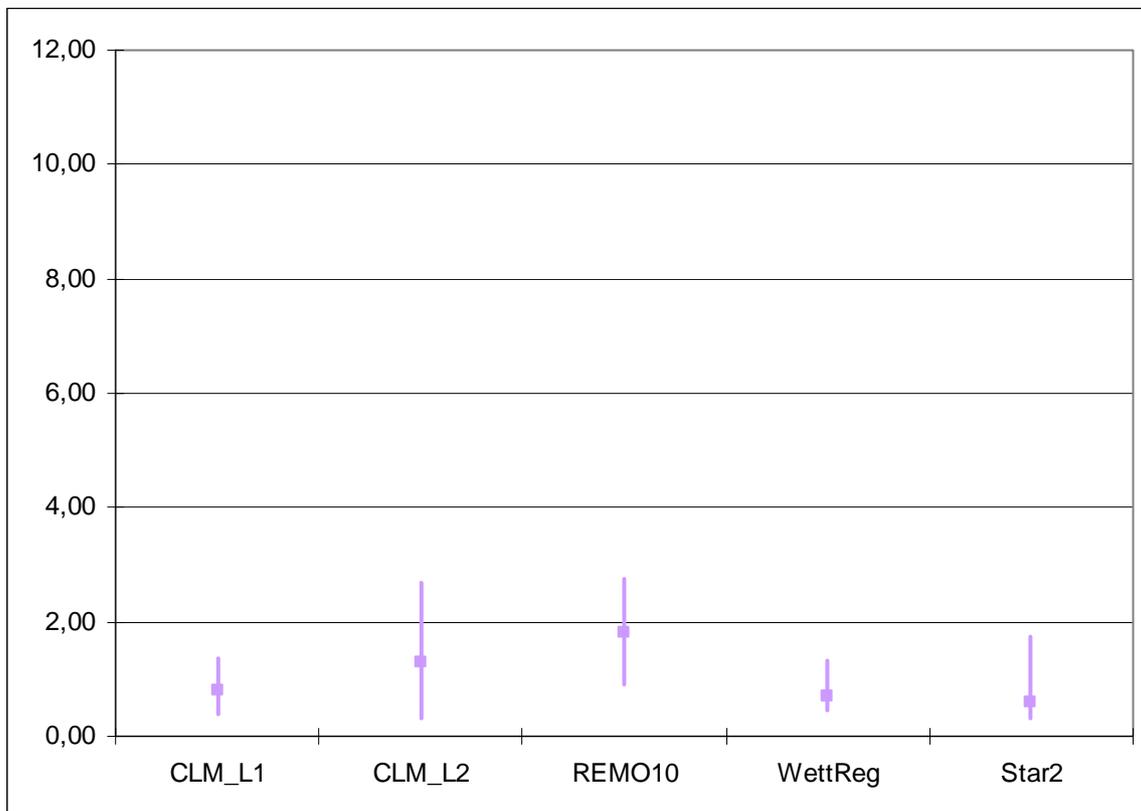


Abb. 6.7.2 – 6.7.6 heiße Tage 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

## 6.8 Anzahl der Tropennächte

Als Tropennächte werden solche Tage bzw. Nächte bezeichnet, an denen die Minimumtemperatur der Luft 20 °C und größer ist.

Es wird die modellspezifische Differenz der Anzahl der Tropennächte des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in Tagen (Nächten) dargestellt.



Angaben in Tagen      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb. 6.8.1 Tropennächte 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 0,3 bis 2,8 Tage. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 0,6 und 1,8 Tage. Es ist für das meteorologische Jahr hinsichtlich der Anzahl der Tropennächte ein Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer Zunahme um mindestens 0,6 Tage mit tropischen Nächten auszugehen.

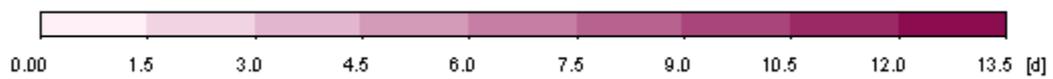
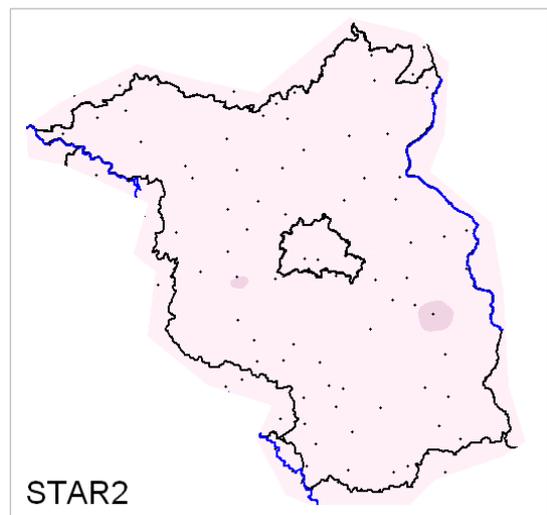
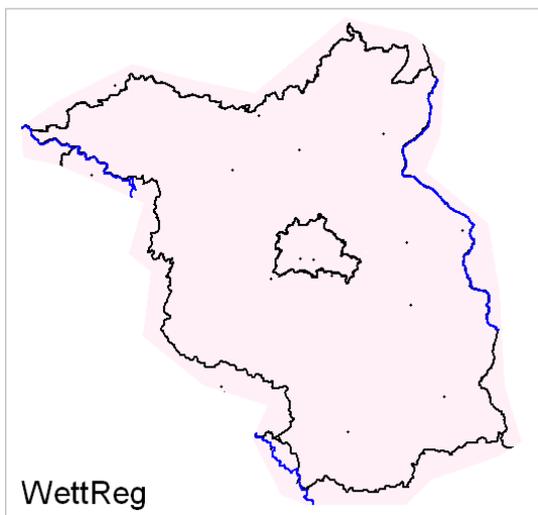
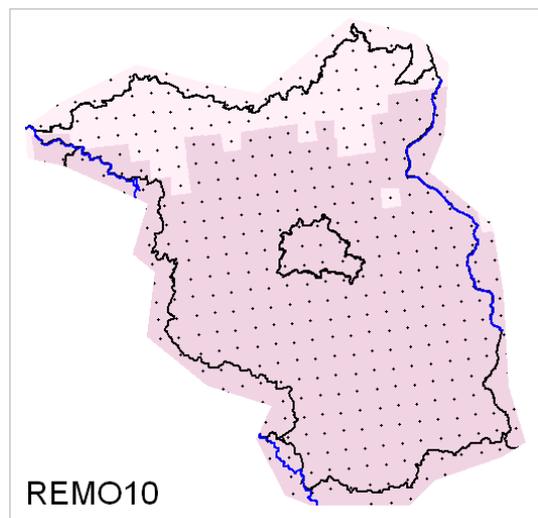
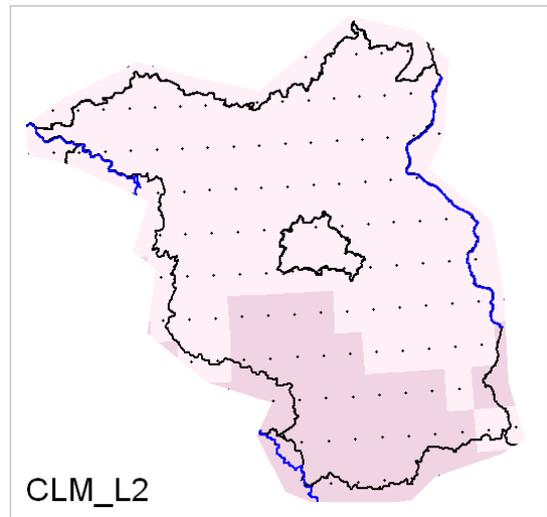
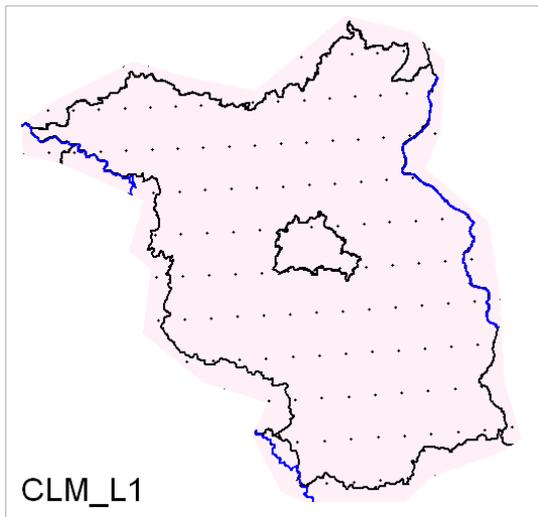
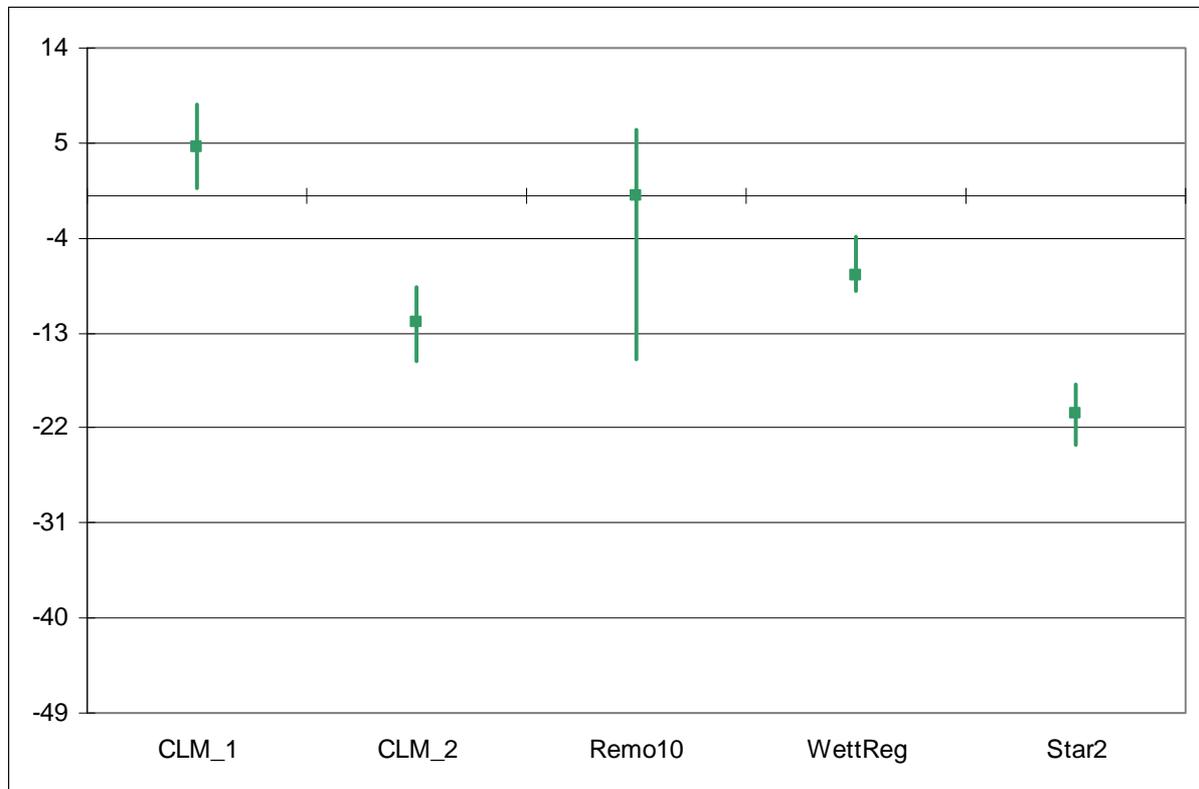


Abb. 6.8.2 – 6.8.6 Tropennächte 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

## 6.9 Mittlerer thermischer Vegetationsbeginn

Vom thermischen Vegetationsbeginn ist dann zu sprechen, wenn die Tagesmitteltemperatur 5 °C überschreitet und die Summe der Abweichungen von 5 °C der dreißig Folgetage positiv ist.

Es wird die modellspezifische Differenz des mittleren thermischen Vegetationsbeginns des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in Tagen dargestellt.



Angaben in °C      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite

Abb.: 6.9.1 mittlerer thermischer Vegetationsbeginn 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -23,5 bis 8,7 Tage. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -20,7 und 4,6 Tage. Es ist für das meteorologische Jahr auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B hinsichtlich des mittleren thermischen Vegetationsbeginns ein Änderungssignal in CLM\_L2, WettReg und Star2, aber kein eindeutiger Trend erkennbar.

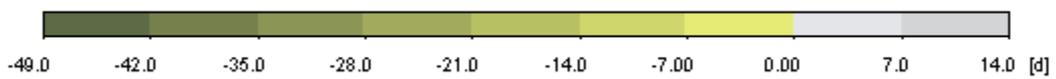
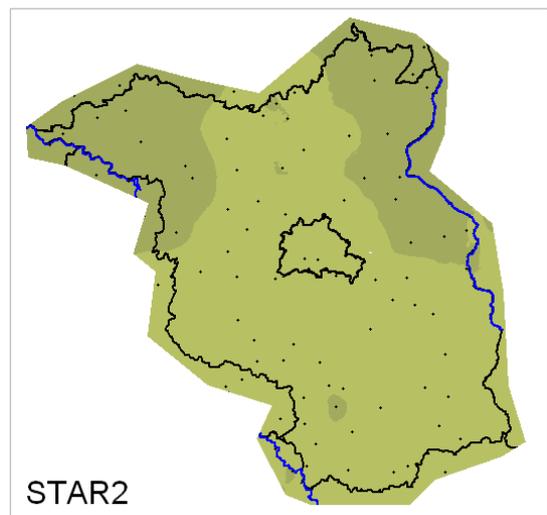
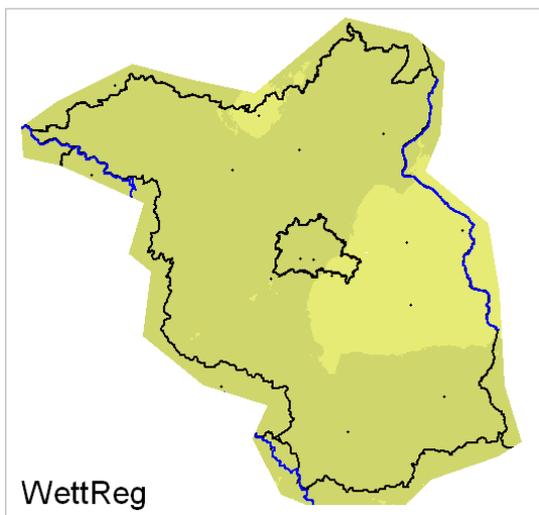
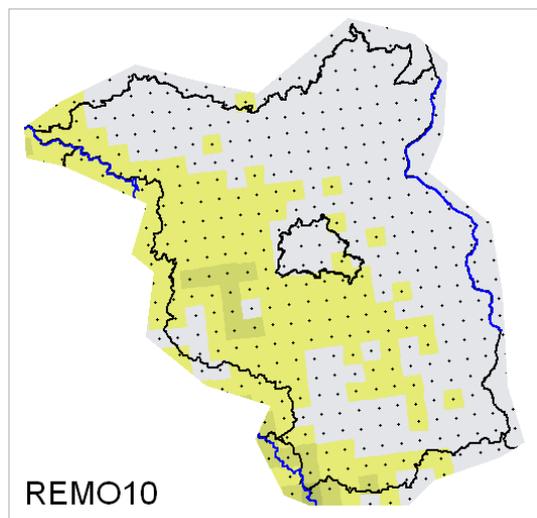
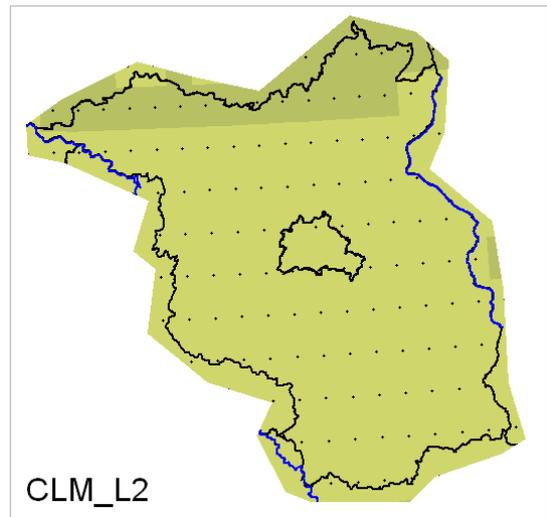
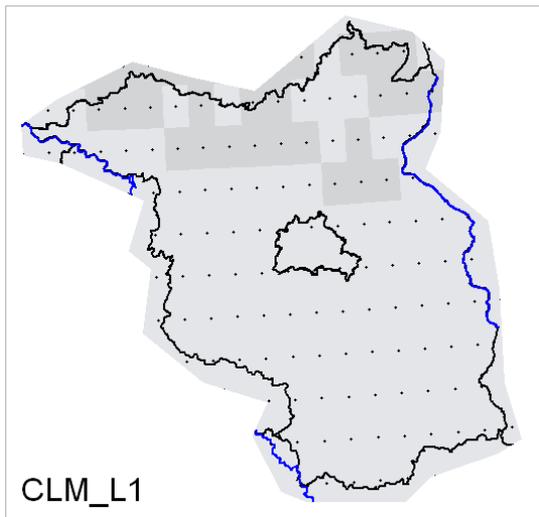
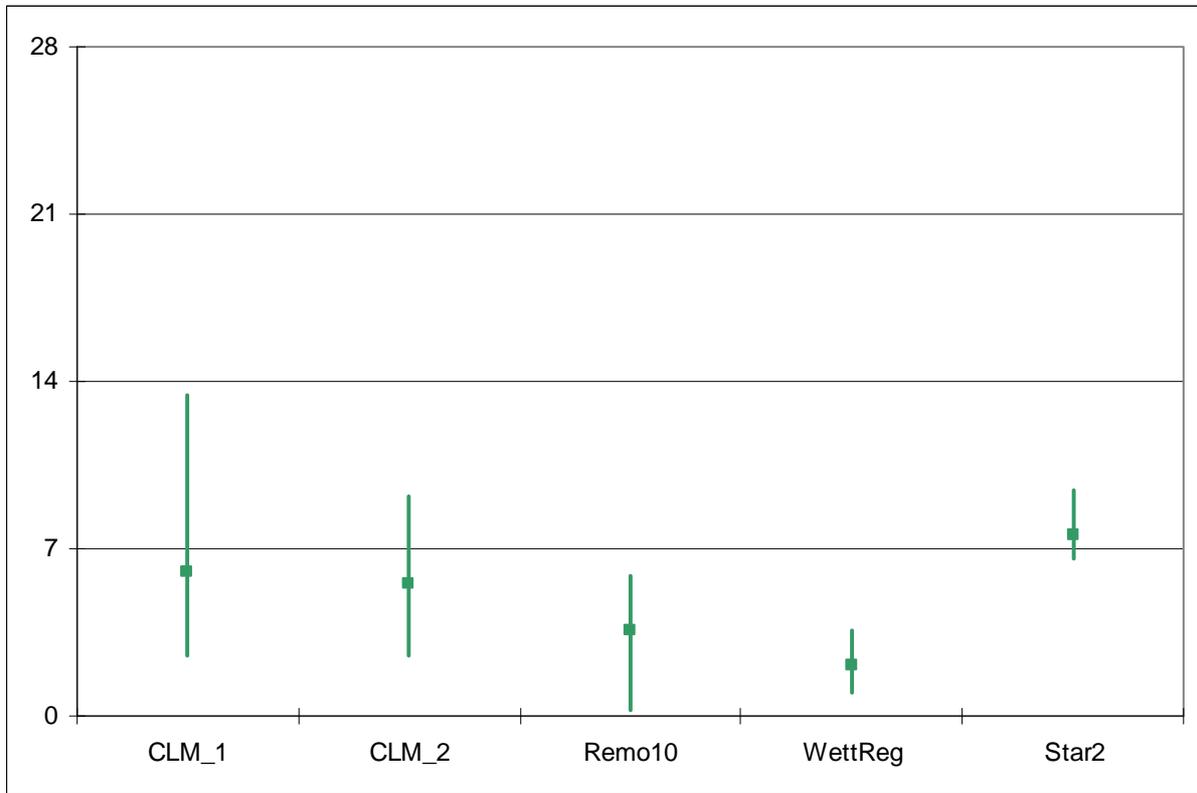


Abb. 6.9.2 – 6.9.6 mittlerer thermischer Vegetationsbeginn 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

## 6.10 Mittleres thermisches Vegetationsende

Vom thermischen Vegetationsende ist dann zu sprechen, wenn die Tagesmitteltemperatur 5 °C unterschreitet und die Summe der Abweichungen von 5 °C der dreißig Folgetage negativ ist. Es wird die modellspezifische Differenz des mittleren thermischen Vegetationsendes des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in Tagen dargestellt.



Angaben in °C ■ Mittelwert — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.10.1 mittleres thermisches Vegetationsende 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

### Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 0,3 bis 13,4 Tage. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 2,1 und 7,6 Tagen. Es ist für das meteorologische Jahr hinsichtlich des mittleren thermischen Vegetationsendes ein deutlicher Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Verspätung um mindestens 2,1 Tage auszugehen.

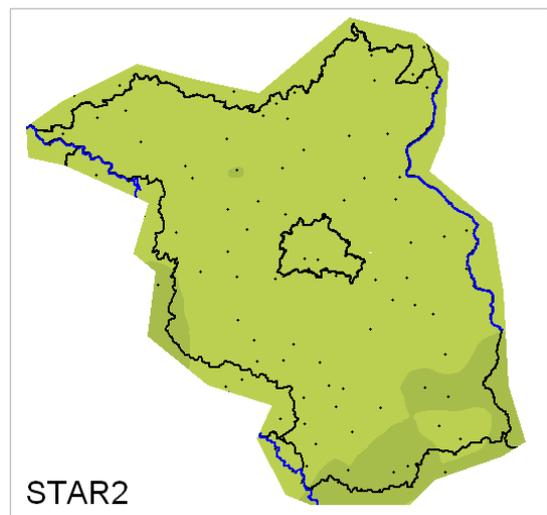
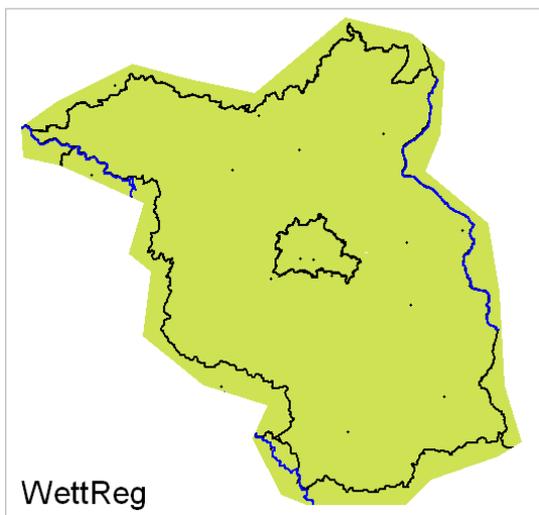
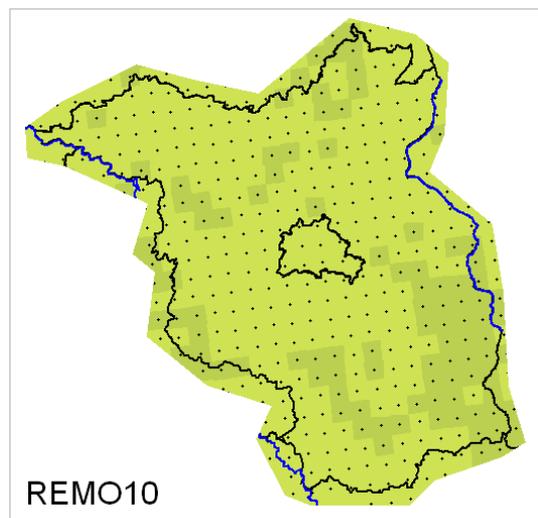
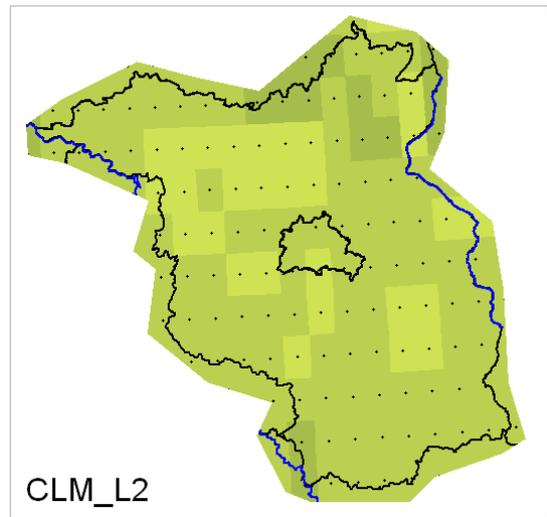
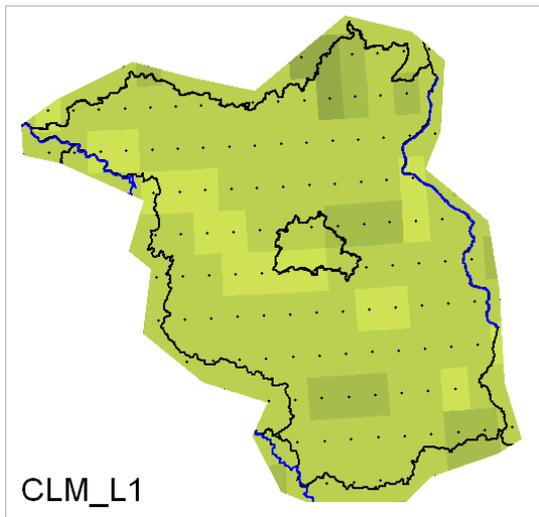


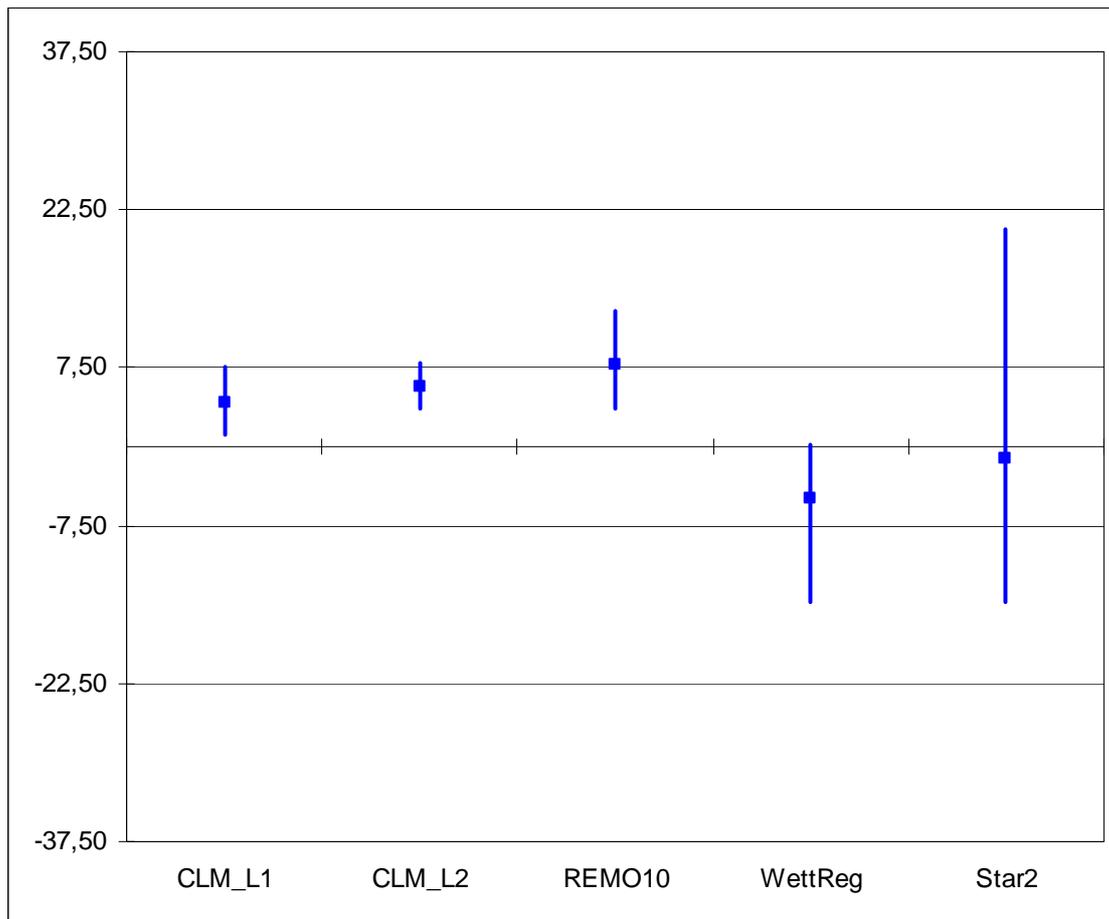
Abb. 6.10.2 – 6.10.6 mittleres thermisches Vegetationsende 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

## 6.11 Niederschlag

### 6.11.1 Niederschlag – meteorologisches Jahr

Niederschlag ist aus der Atmosphäre ausfallendes und auf den Boden treffendes Wasser in flüssigem und festem Zustand, insbesondere als Regen und Schnee. Aber auch Hagel, Reif, Tau gehören zum Niederschlag.

Es wird die modellspezifische Differenz des Niederschlags des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in %) dargestellt.



Angaben in %      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.11.1.1 Niederschlag 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -14,8 bis 20,7 %. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -5 und 7,7 %. Es ist für das meteorologische Jahr hinsichtlich des Niederschlags auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein Änderungstrend in den Modellen erkennbar.

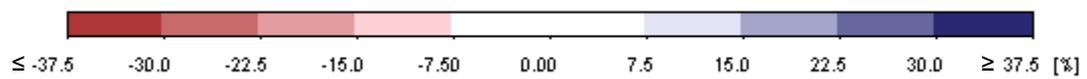
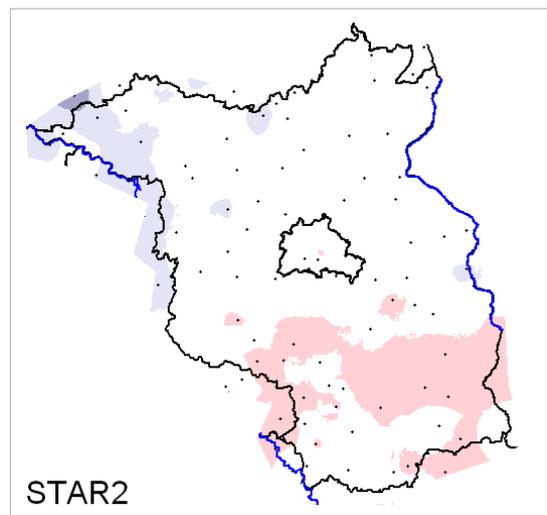
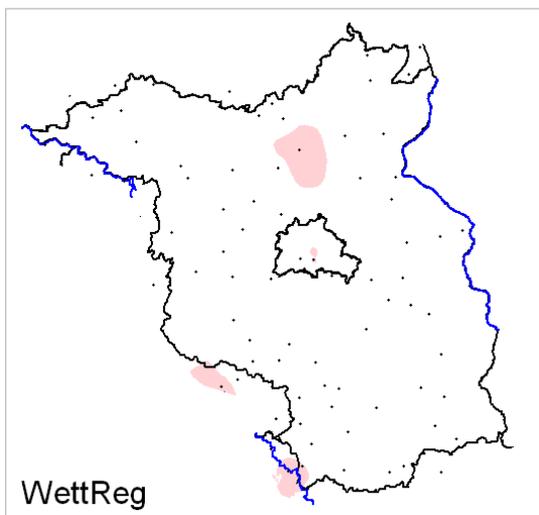
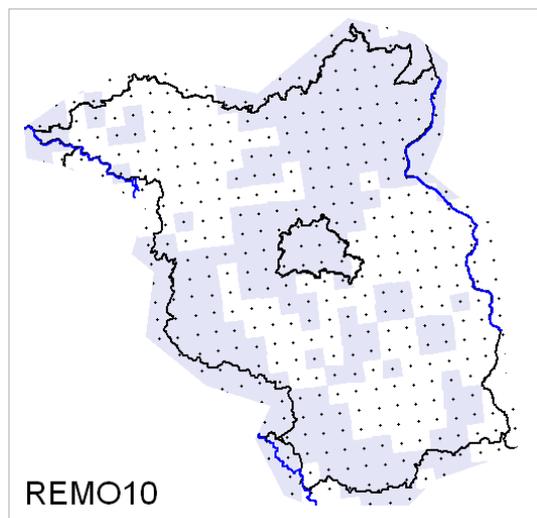
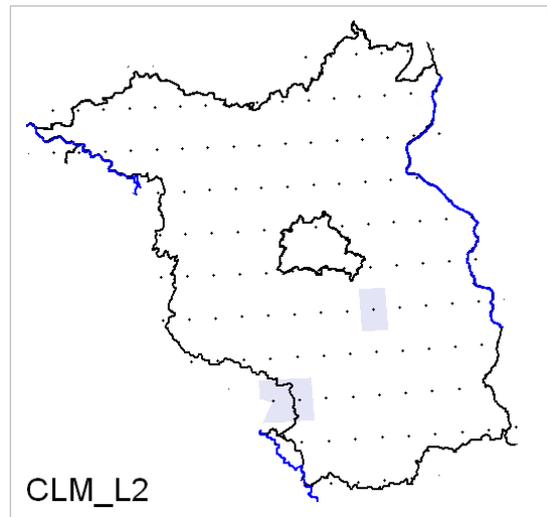
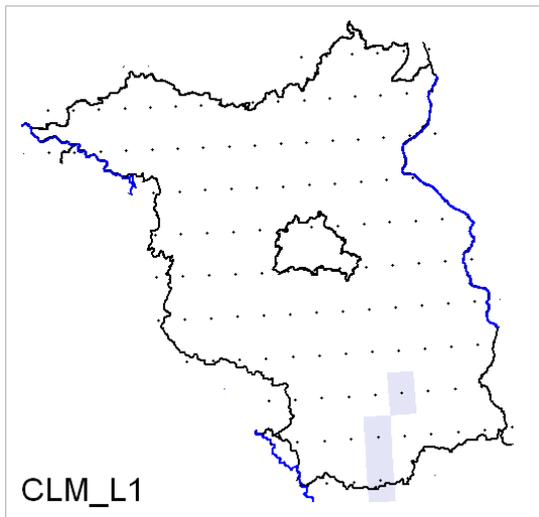
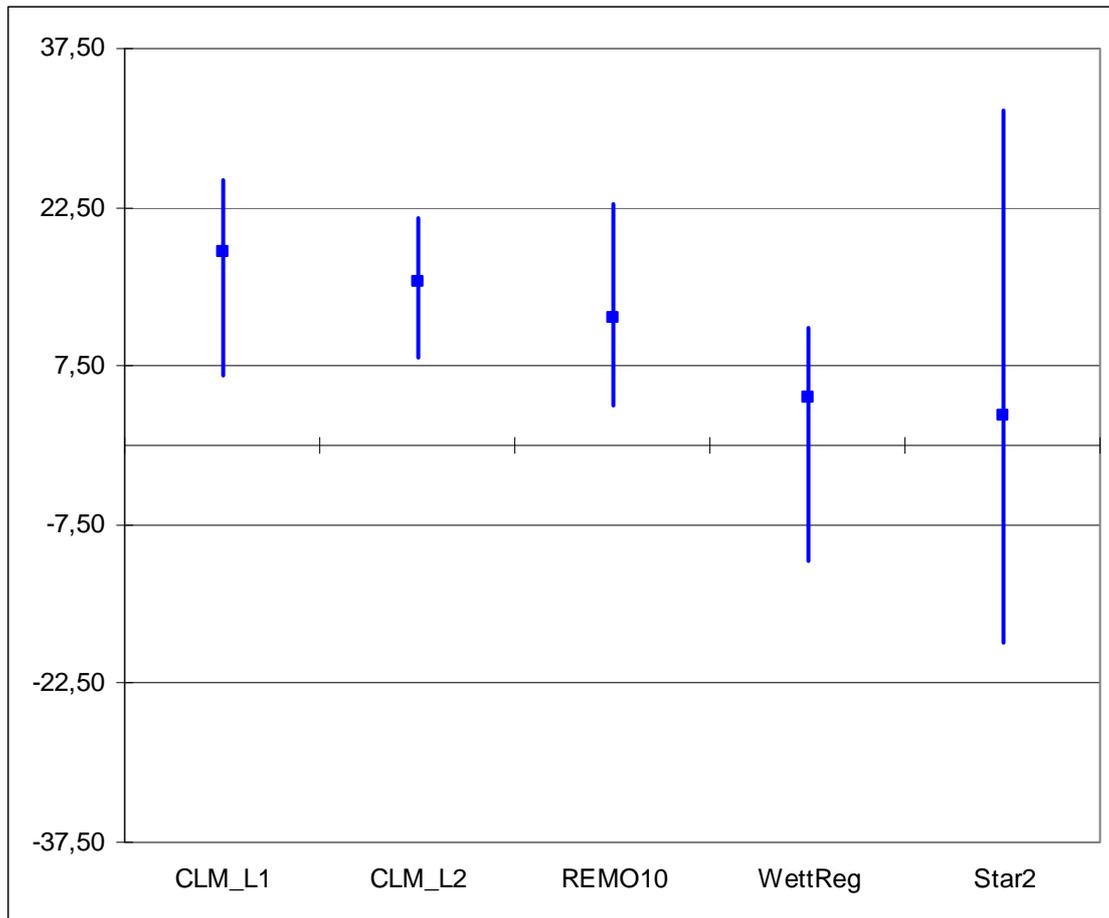


Abb. 6.11.1.2 – 6.11.1.6 Niederschlag 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

### 6.11.2 Niederschlag – meteorologisches Frühjahr

Niederschlag ist aus der Atmosphäre ausfallendes und auf den Boden treffendes Wasser in flüssigem und festem Zustand, insbesondere als Regen und Schnee. Aber auch Hagel, Reif, Tau gehören zum Niederschlag.

Es wird die modellspezifische Differenz des Niederschlags des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in % dargestellt.



Angaben in %      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.11.2.1 Niederschlag 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Frühjahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -18,7 bis 31,7 %. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 2,8 und 18,3 %. Es ist für das meteorologische Frühjahr hinsichtlich des Niederschlags ein leichter Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer Erhöhung auszugehen.

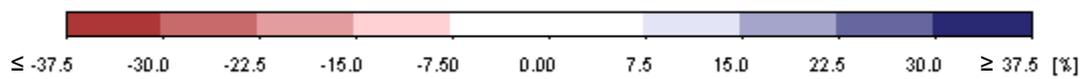
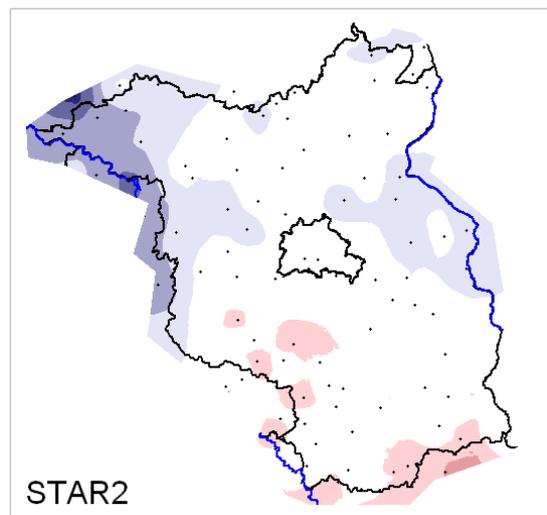
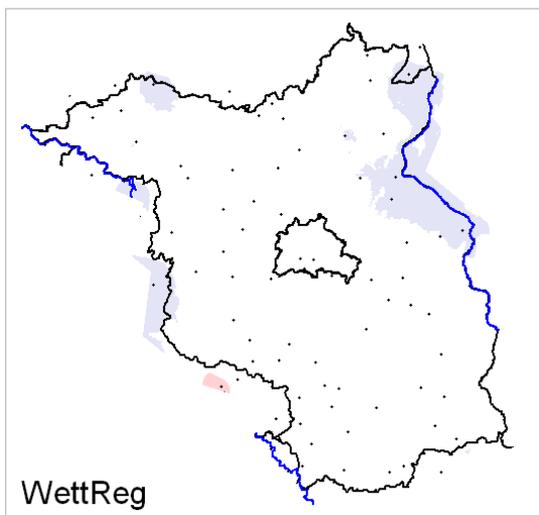
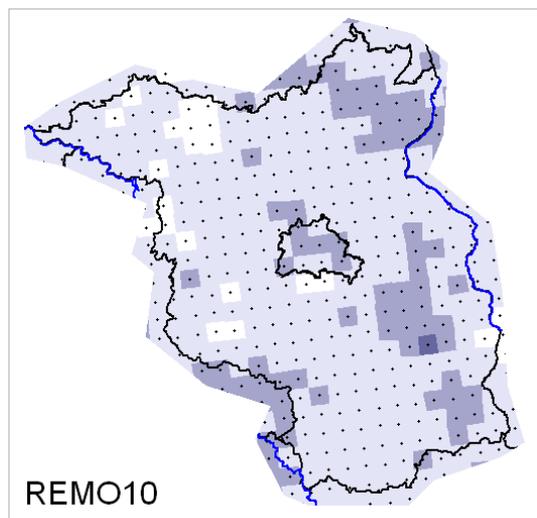
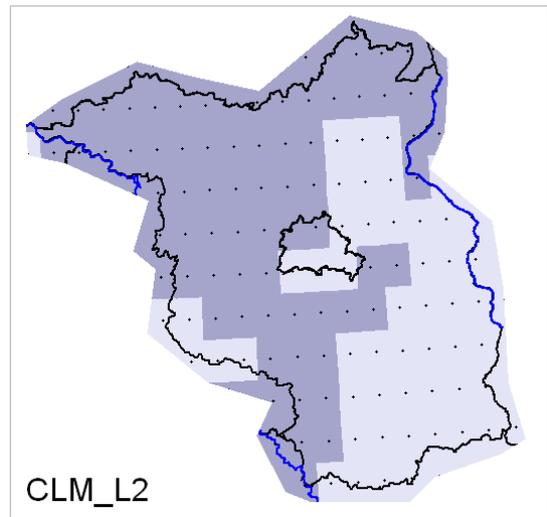
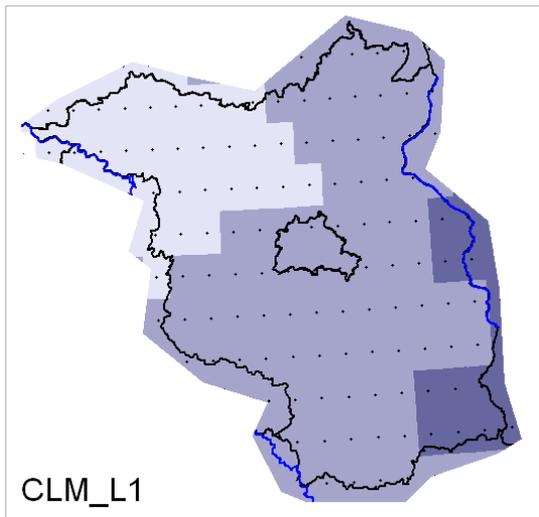
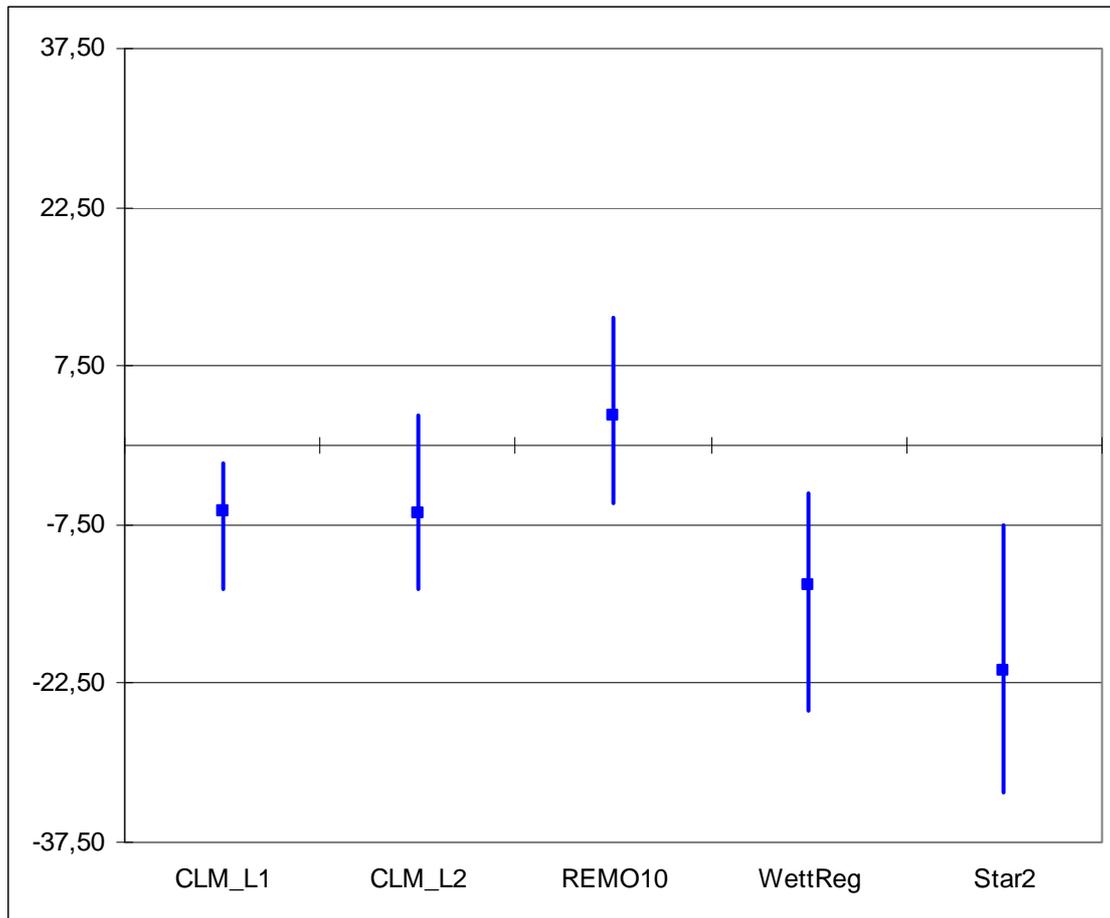


Abb. 6.11.2.2 – 6.11.2.6 Niederschlag 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Frühjahr

### 6.11.3 Niederschlag – meteorologischer Sommer

Niederschlag ist aus der Atmosphäre ausfallendes und auf den Boden treffendes Wasser in flüssigem und festem Zustand, insbesondere als Regen und Schnee. Aber auch Hagel, Reif, Tau gehören zum Niederschlag.

Es wird die modellspezifische Differenz des Niederschlags des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in % dargestellt.



Angaben in % ■ Mittelwert — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.11.3.1 Niederschlag 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Sommer

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -32,7 bis 12,1 %. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -21,2 und 2,9 %. Es ist für den meteorologischen Sommer hinsichtlich des Niederschlags kein eindeutiger Trend in allen Modellen erkennbar. Außer REMO10 ergeben die Modelle eine Abnahme des Niederschlags, insbesondere die statistischen Modelle. Bis zur Mitte des Jahrhunderts kann auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer geringen Absenkung der Sommerniederschläge ausgegangen werden.

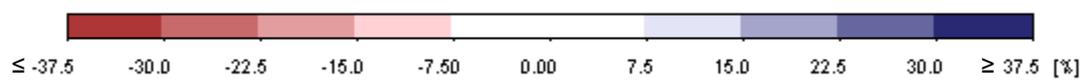
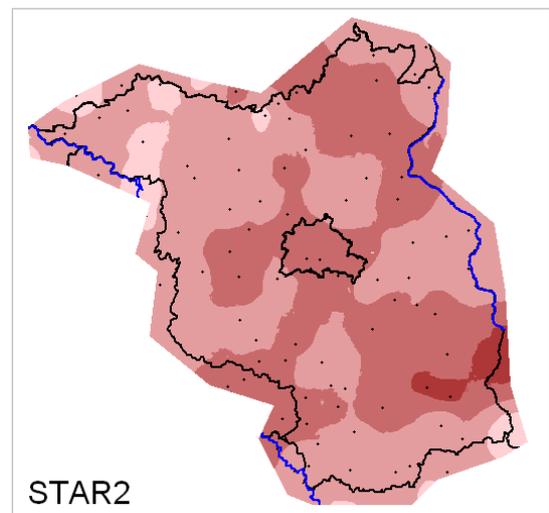
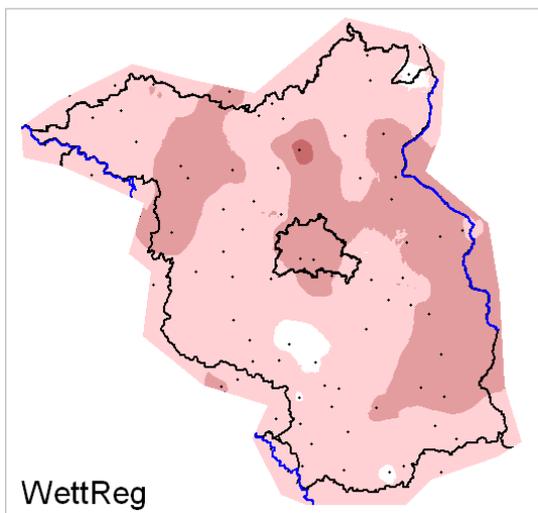
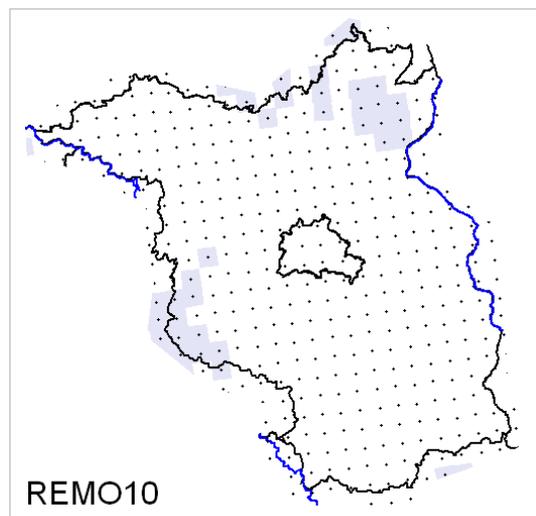
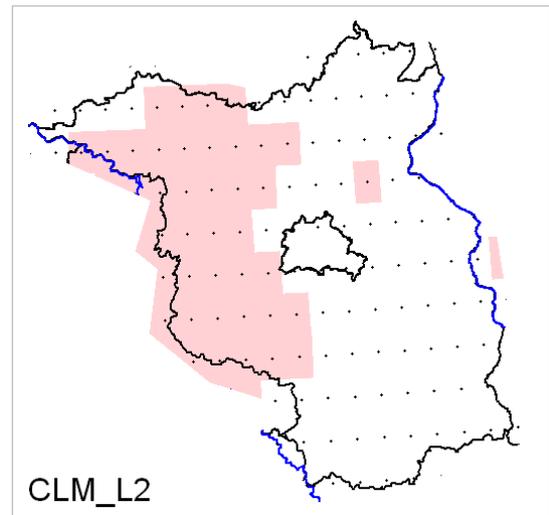
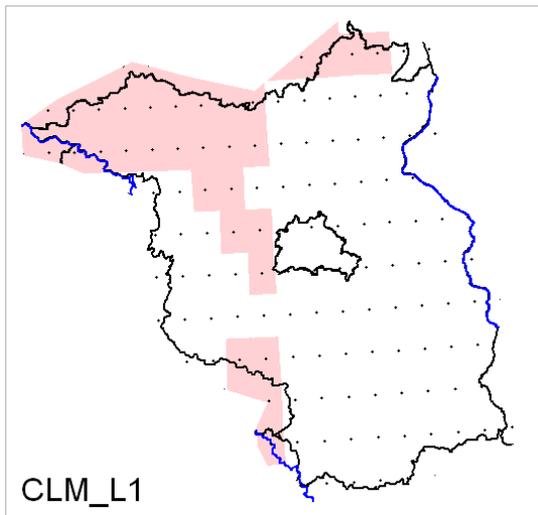
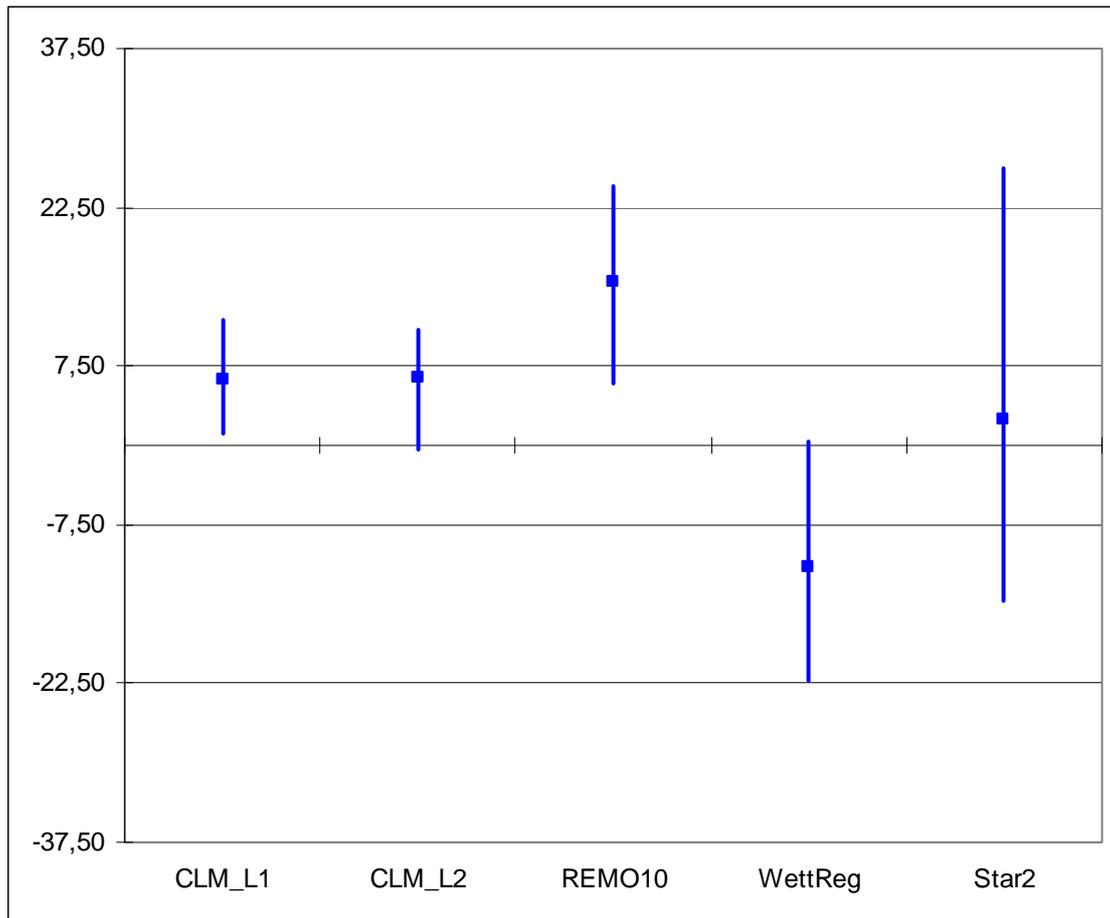


Abb. 6.11.3.2 – 6.11.3.6 Niederschlag 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Sommer

#### 6.11.4 Niederschlag – meteorologischer Herbst

Niederschlag ist aus der Atmosphäre ausfallendes und auf den Boden treffendes Wasser in flüssigem und festem Zustand, insbesondere als Regen und Schnee. Aber auch Hagel, Reif, Tau gehören zum Niederschlag.

Es wird die modellspezifische Differenz des Niederschlags des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in %) dargestellt.



Angaben in %      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.11.4.1 Niederschlag 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Herbst

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -22,2 bis 26,2 %. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -11,5 und 15,4 %. Es ist für den meteorologischen Herbst hinsichtlich des Niederschlags auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein eindeutiger Trend in den Modellen erkennbar.

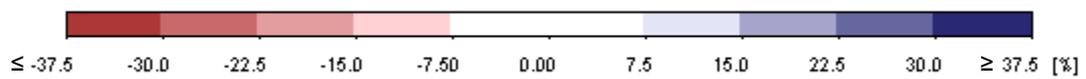
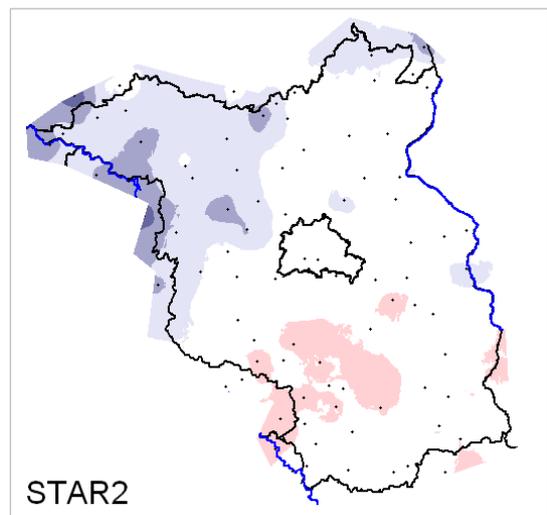
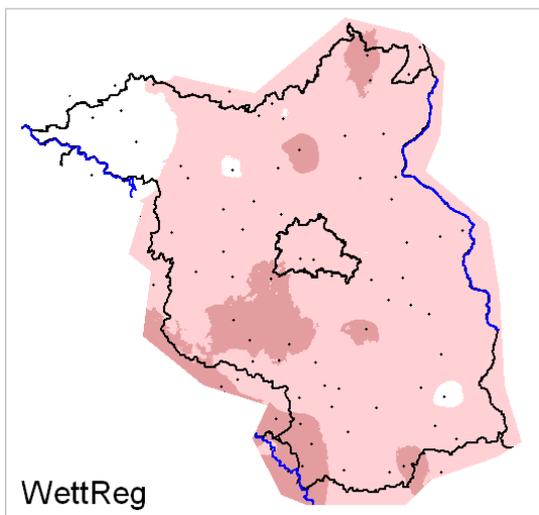
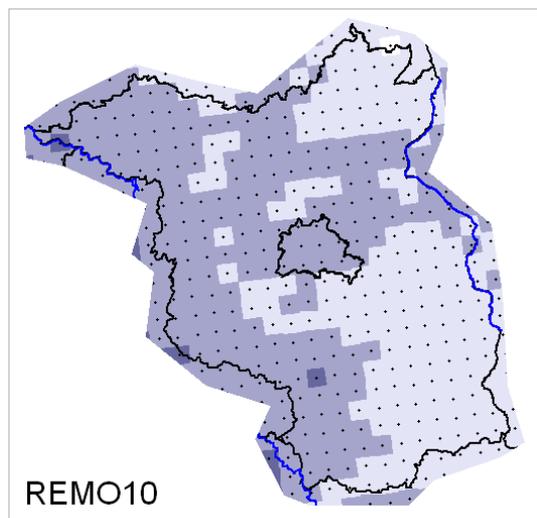
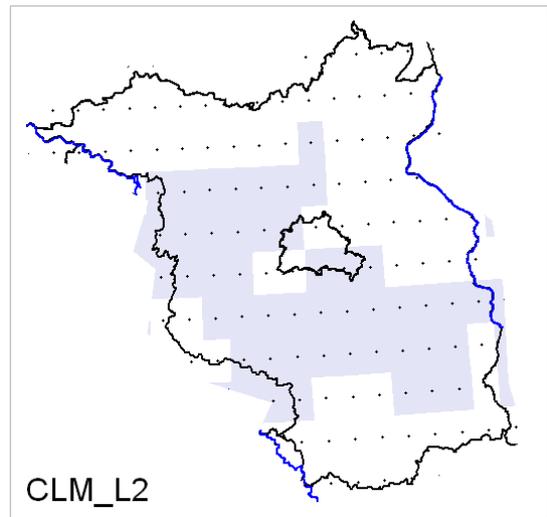
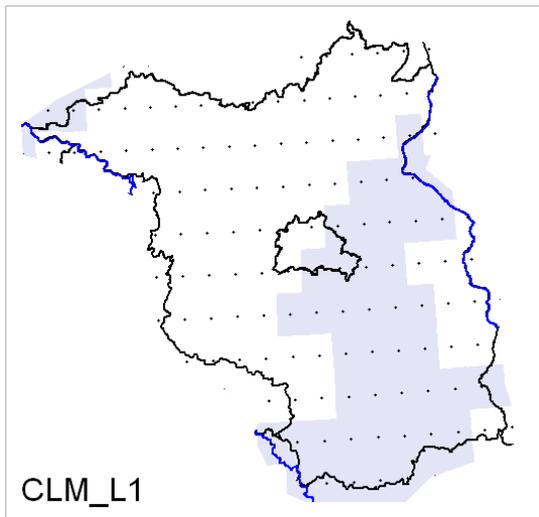
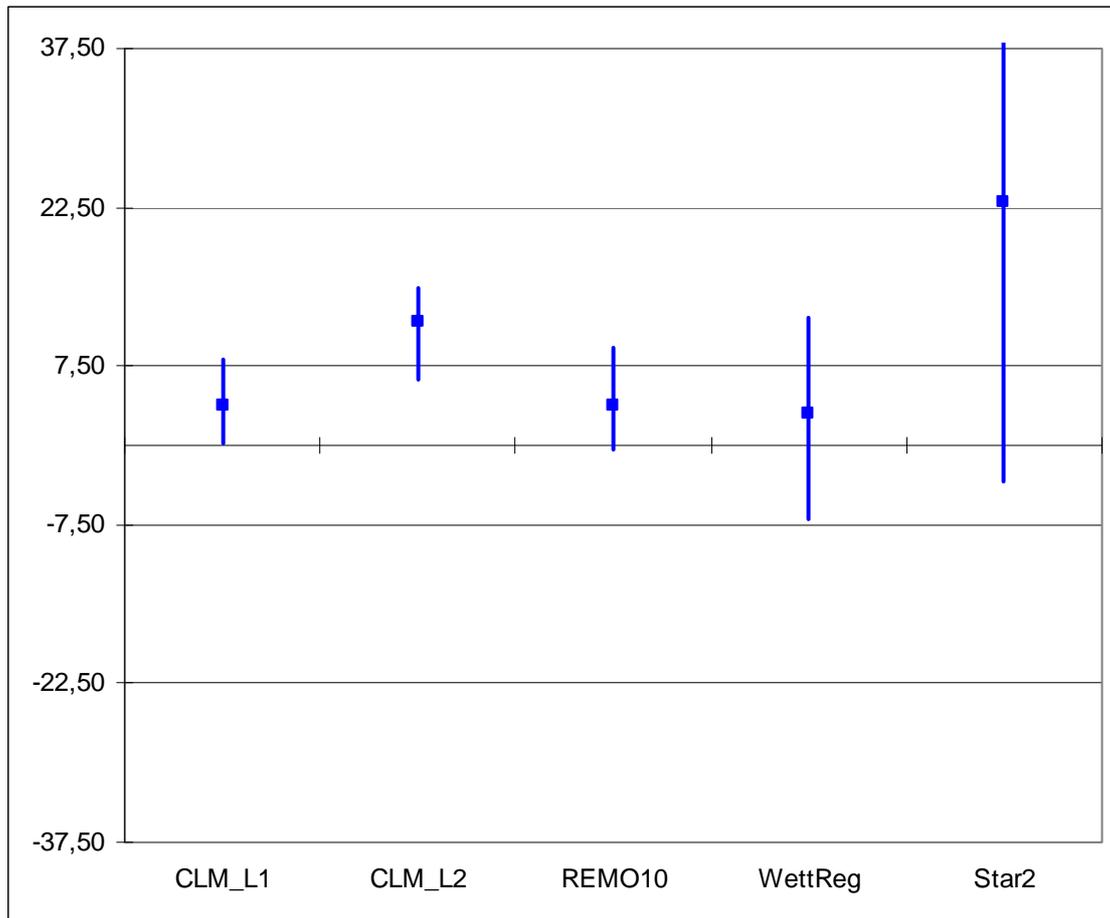


Abb. 6.11.4.2 – 6.11.4.6 Niederschlag 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Herbst

### 6.11.5 Niederschlag – meteorologischer Winter

Niederschlag ist aus der Atmosphäre ausfallendes und auf den Boden treffendes Wasser in flüssigem und festem Zustand, insbesondere als Regen und Schnee. Aber auch Hagel, Reif, Tau gehören zum Niederschlag.

Es wird die modellspezifische Differenz des Niederschlags des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in %) dargestellt.



Angaben in %      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.11.5.1 Niederschlag 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Winter

#### Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -7,0 bis 47,7 %. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 3,0 und 22,9 %. Es ist für den meteorologischen Winter hinsichtlich des Niederschlags ein geringfügiger Trend in allen Modellen, ein besonders starker in STAR2 erkennbar. Bis zur Mitte des Jahrhunderts kann auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer geringen Erhöhung der Winterniederschläge ausgegangen werden.

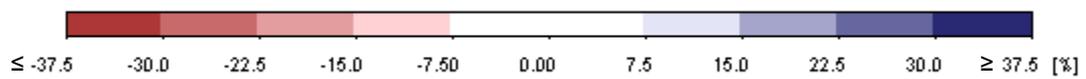
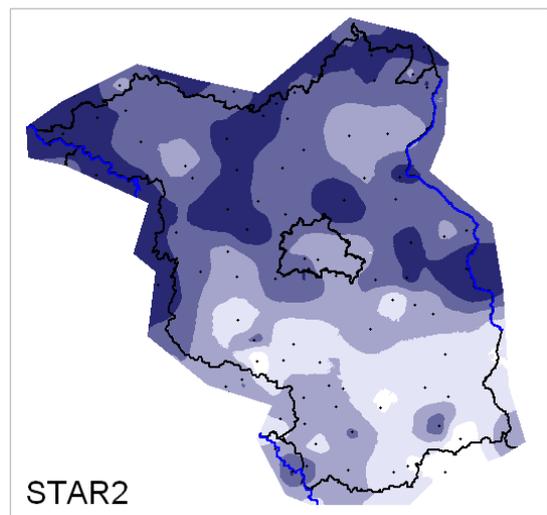
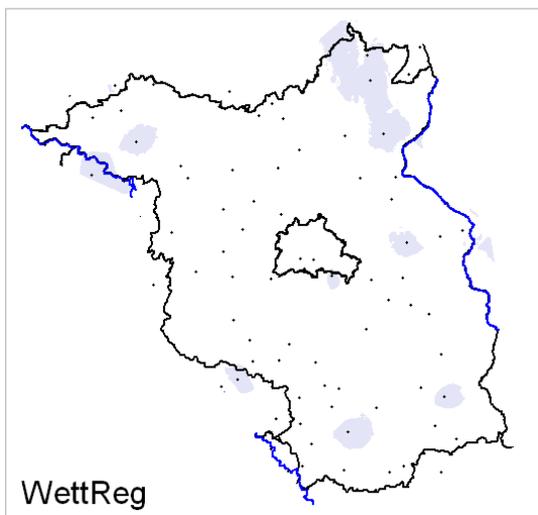
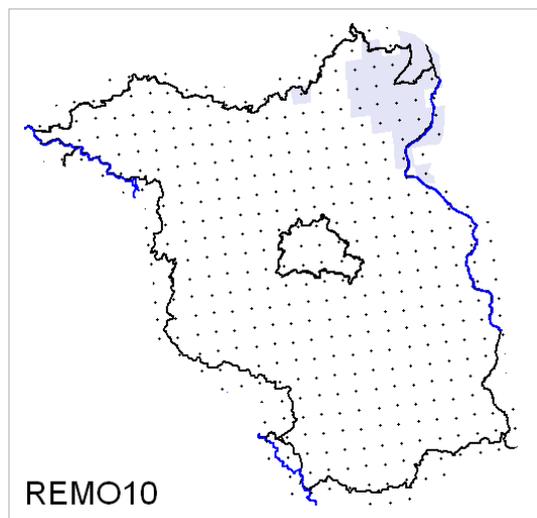
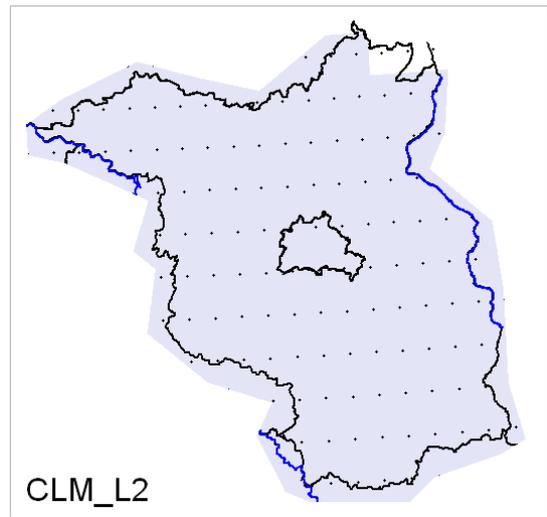
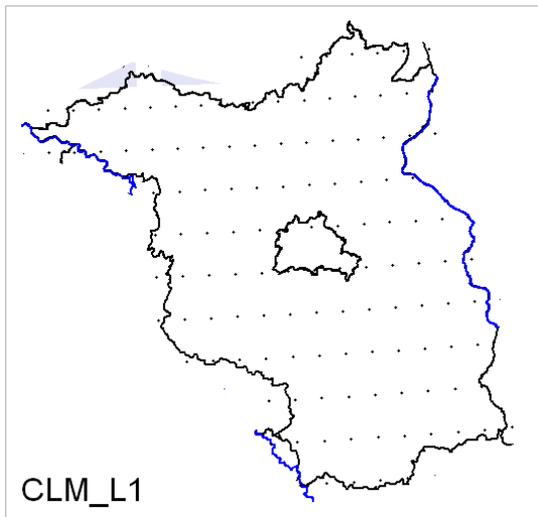
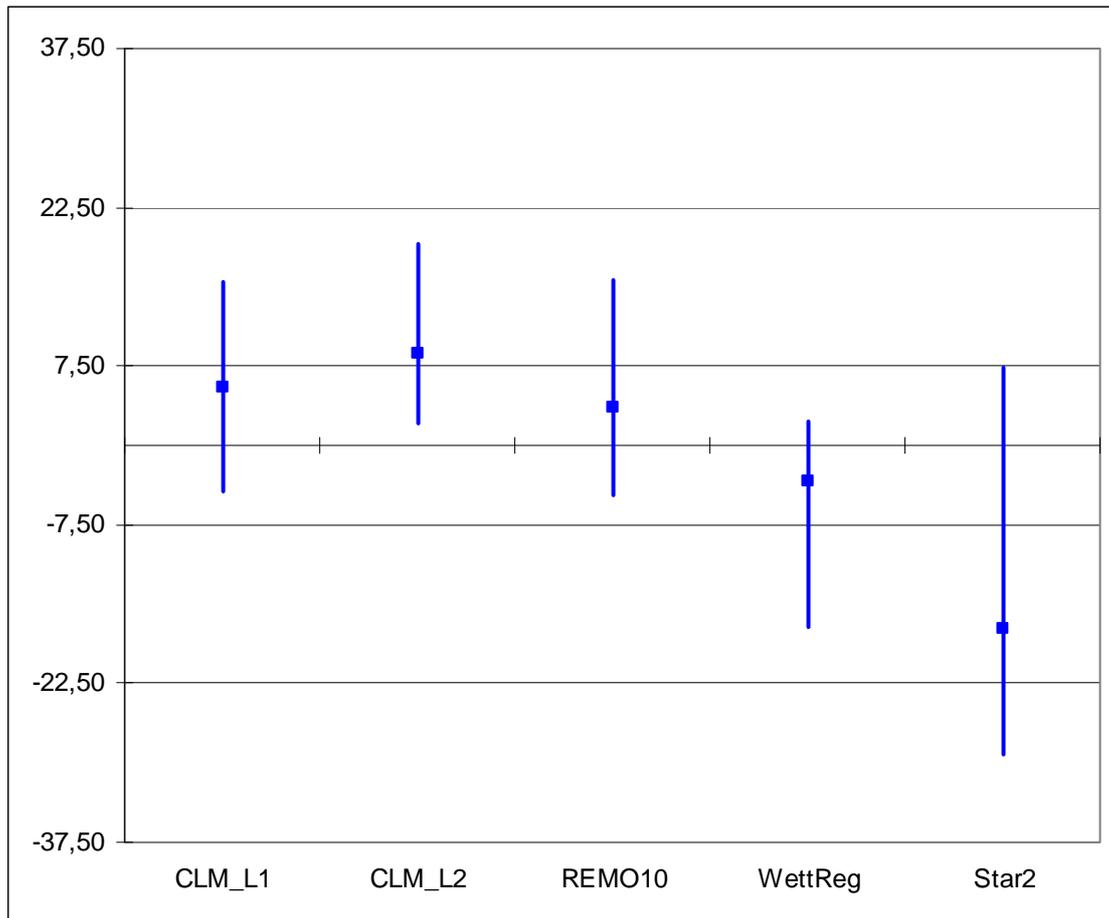


Abb. 6.11.5.2 – 6.11.5.6 Niederschlag 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Winter

### 6.11.6 Niederschlag – Vegetationsperiode I

Niederschlag ist aus der Atmosphäre ausfallendes und auf den Boden treffendes Wasser in flüssigem und festem Zustand, insbesondere als Regen und Schnee. Aber auch Hagel, Reif, Tau gehören zum Niederschlag.

Es wird die modellspezifische Differenz des Niederschlags des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in %) dargestellt.



Angaben in %      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.11.6.1 Niederschlag 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; Vegetationsperiode I

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -29,3 bis 19,0 %. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -17,4 und 8,7 %. Es ist für die Vegetationsperiode I hinsichtlich des Niederschlags auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein Trend in den Modellen erkennbar.

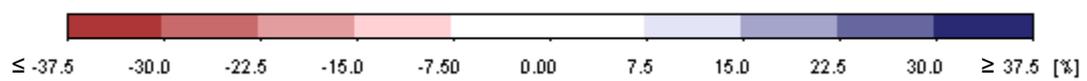
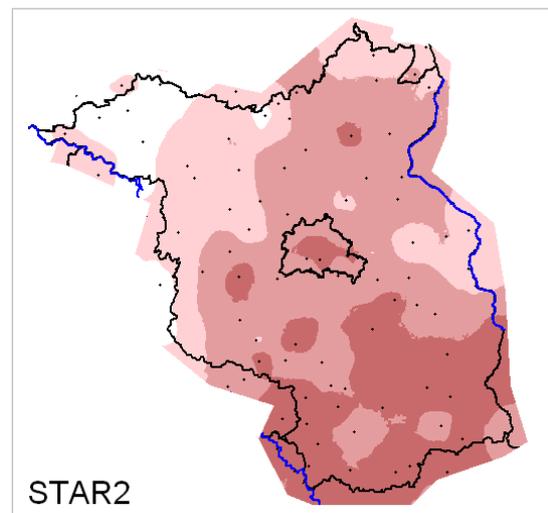
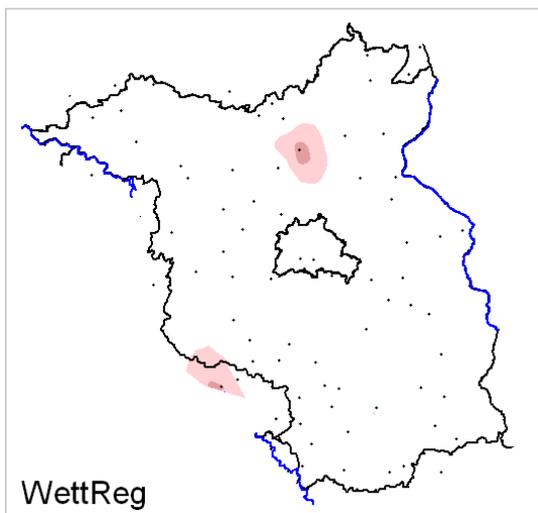
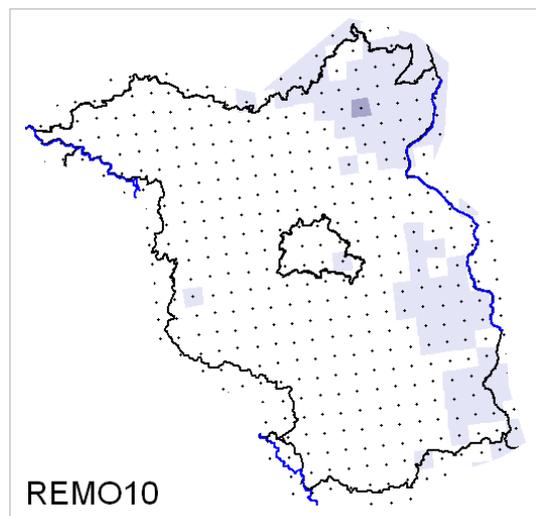
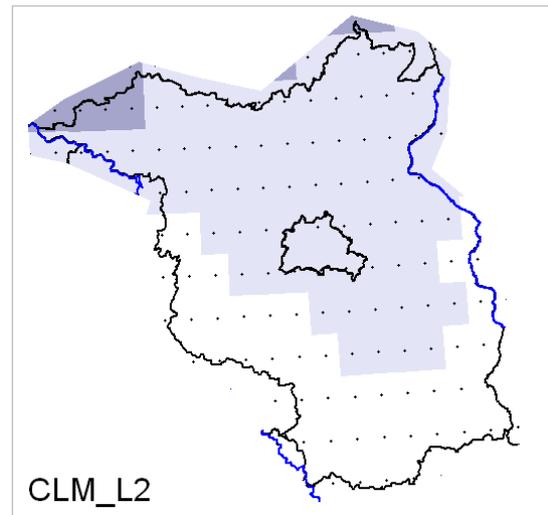
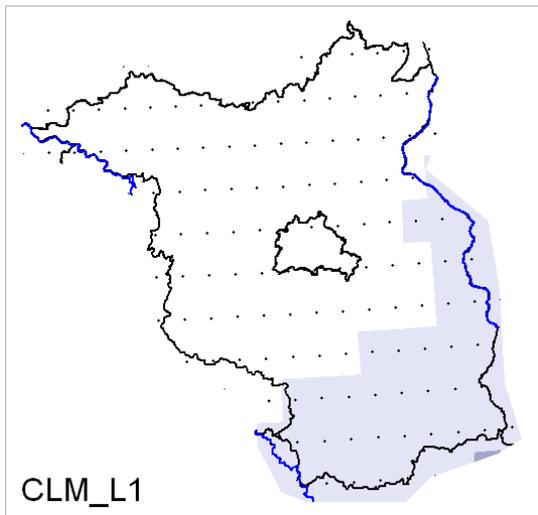
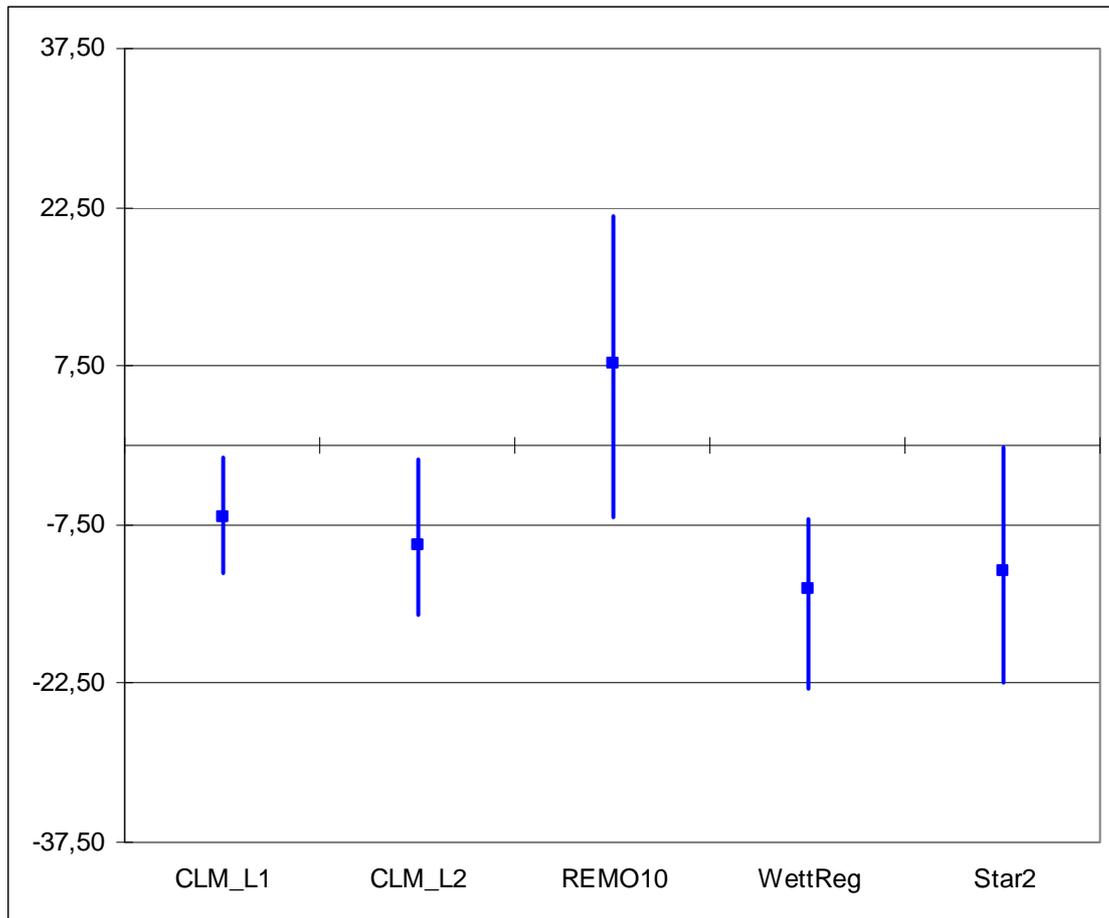


Abb. 6.11.6.2 – 6.11.6.6 Niederschlag 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; Vegetationsperiode I

### 6.11.7 Niederschlag – Vegetationsperiode II

Niederschlag ist aus der Atmosphäre ausfallendes und auf den Boden treffendes Wasser in flüssigem und festem Zustand, insbesondere als Regen und Schnee. Aber auch Hagel, Reif, Tau gehören zum Niederschlag.

Es wird die modellspezifische Differenz des Niederschlags des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in %) dargestellt.



Angaben in %      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.11.7.1 Niederschlag 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; Vegetationsperiode II

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -23,0 bis 21,7 %. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -13,6 und 7,8 %. Es ist für die Vegetationsperiode II hinsichtlich des Niederschlags auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein eindeutiger Trend in den Modellen erkennbar. REMO10 deutet auf eine Zunahme des Niederschlags wohingegen alle anderen Modellergebnisse eine Abnahme des Niederschlags darstellen. Lediglich die statistischen Modelle zeigen eine leichte Änderung (Niederschlagsabnahme) die über das „Modellrauschen“ hinausgehen.

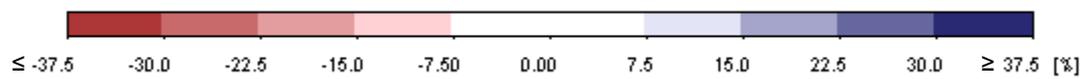
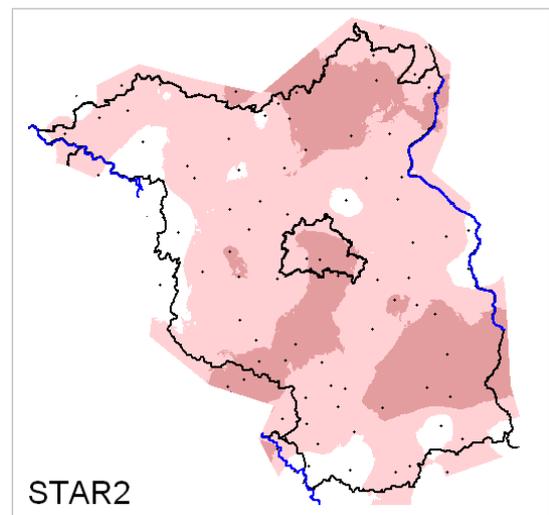
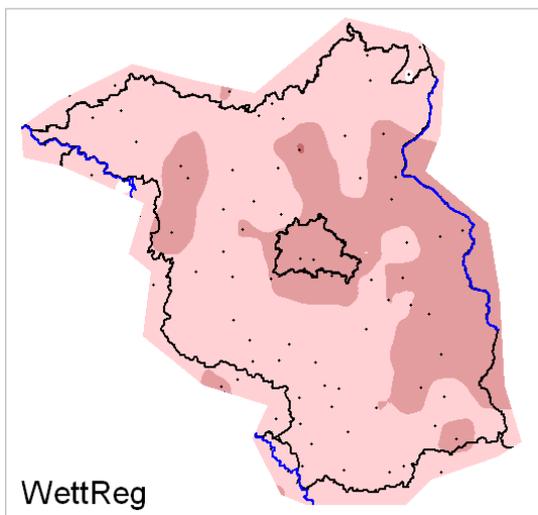
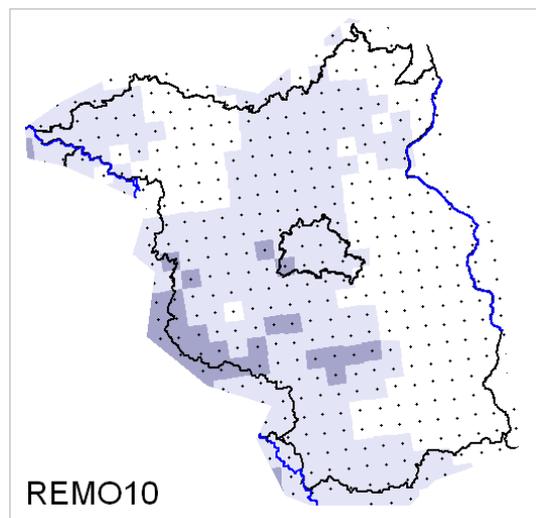
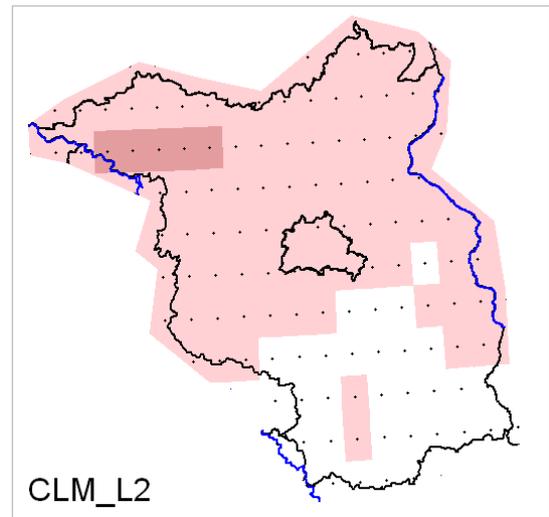
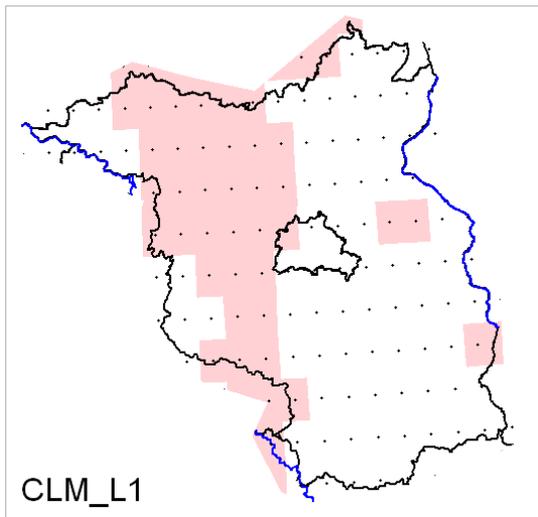


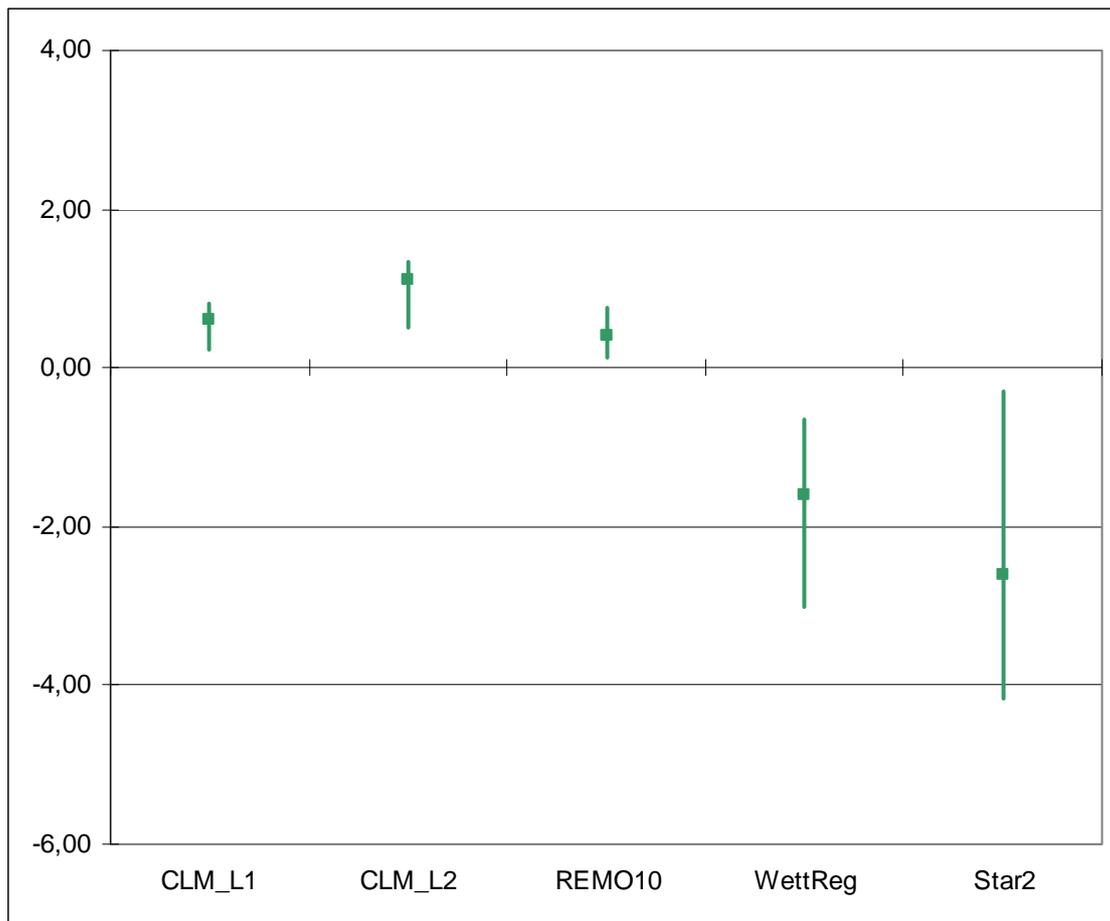
Abb. 6.11.7.2 – 6.11.7.6 Niederschlag 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; Vegetationsperiode II

## 6.12 Relative Feuchte

### 6.12.1 Relative Feuchte – meteorologisches Jahr

Als Relative Feuchte wird das Verhältnis von aktuellem Gehalt an Wasserdampf in der Luft (Luftfeuchtigkeit) zum potentiell möglichen bezeichnet, sie wird in % angegeben.

Es wird die modellspezifische Differenz der Relativen Feuchte des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in %) dargestellt.



Angaben in %      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.12.1.1 Relative Feuchte 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -4,2 bis 1,3 %. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -2,6 und 1,1 %. Es ist für das meteorologische Jahr hinsichtlich der Relativen Feuchte auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein Trend in den Modellen erkennbar.

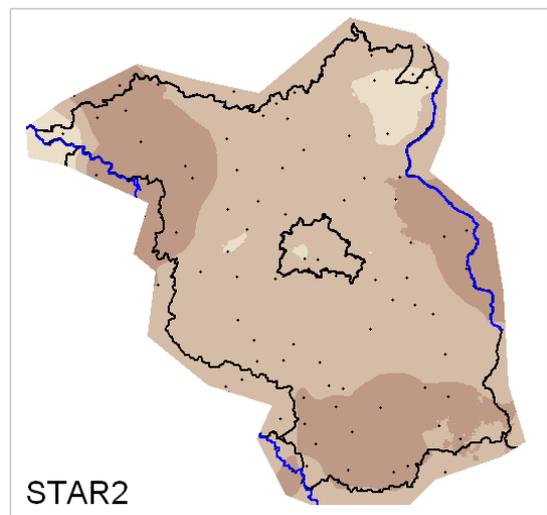
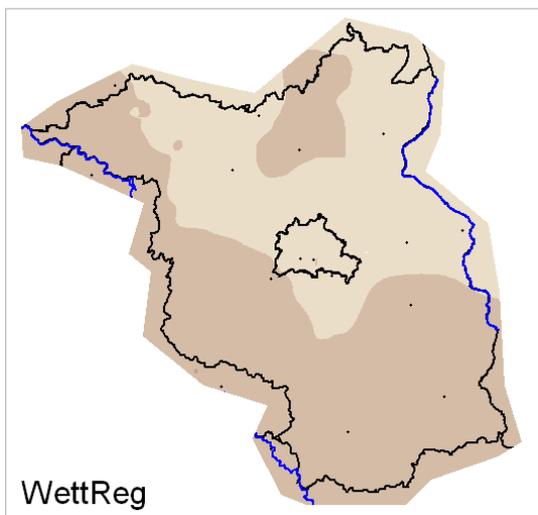
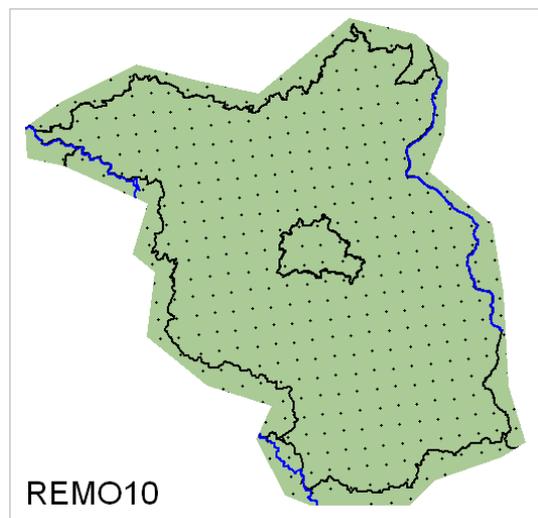
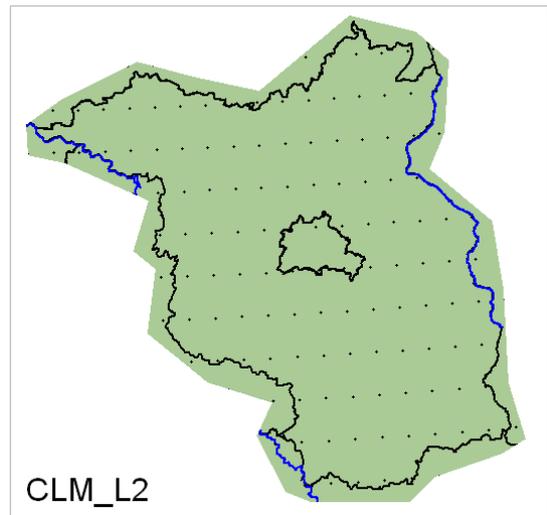
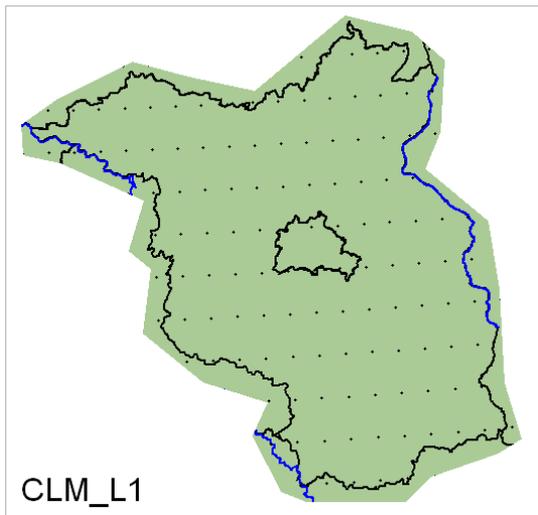
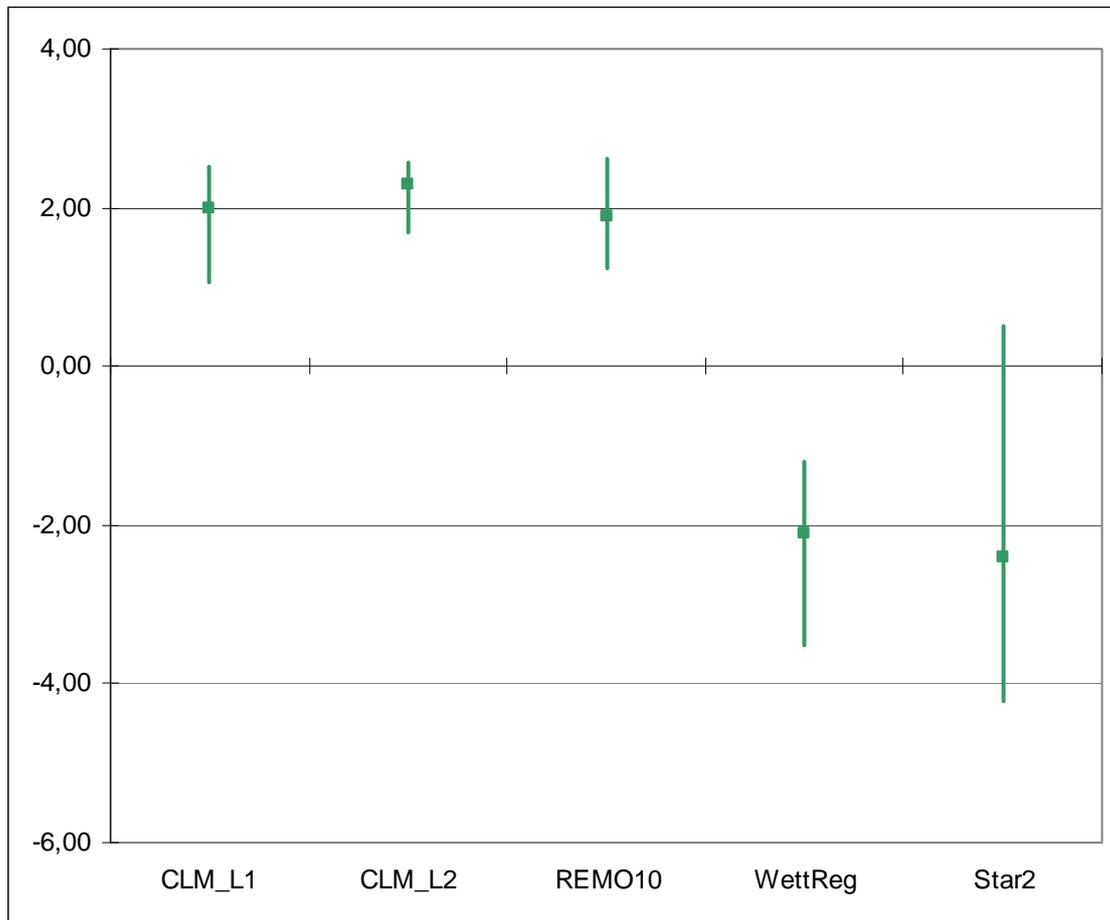


Abb. 6.12.1.2 – 6.12.1.6 Relative Feuchte 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

### 6.12.2 Relative Feuchte – meteorologisches Frühjahr

Als Relative Feuchte wird das Verhältnis von aktuellem Gehalt an Wasserdampf in der Luft (Luftfeuchtigkeit) zum potentiell möglichen bezeichnet, sie wird in % angegeben.

Es wird die modellspezifische Differenz der Relativen Feuchte des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in %) dargestellt.



Angaben in %      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.12.2.1 Relative Feuchte 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Frühjahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -4,2 bis 2,6 %. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -2,4 und 2,3 %. Es ist für das meteorologische Frühjahr hinsichtlich der Relativen Feuchte auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein Trend in den Modellen erkennbar.

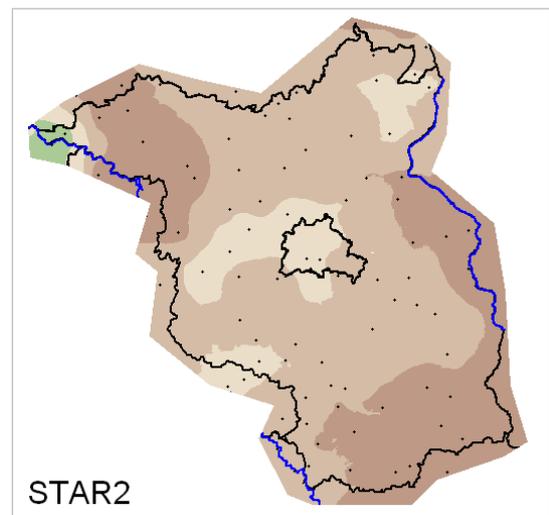
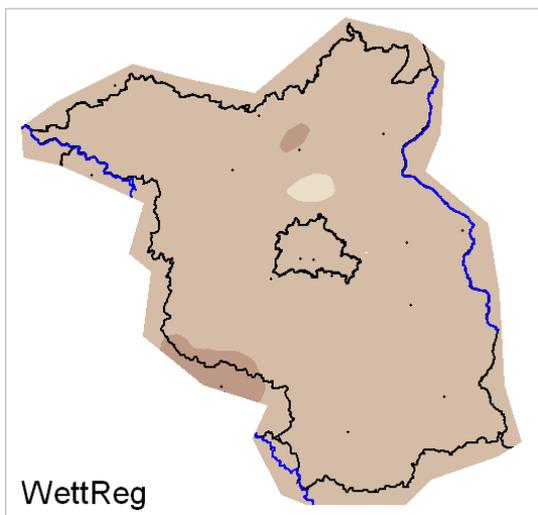
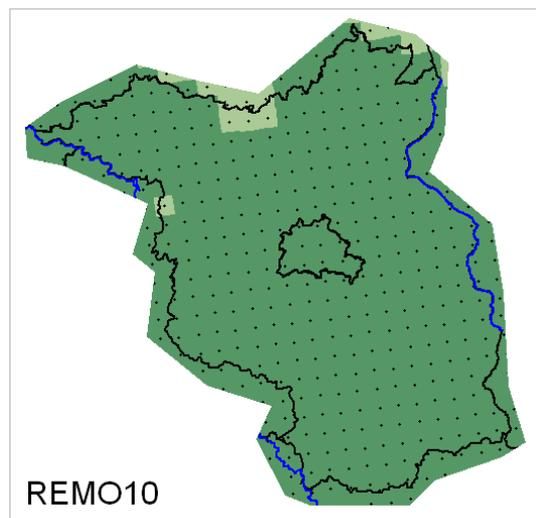
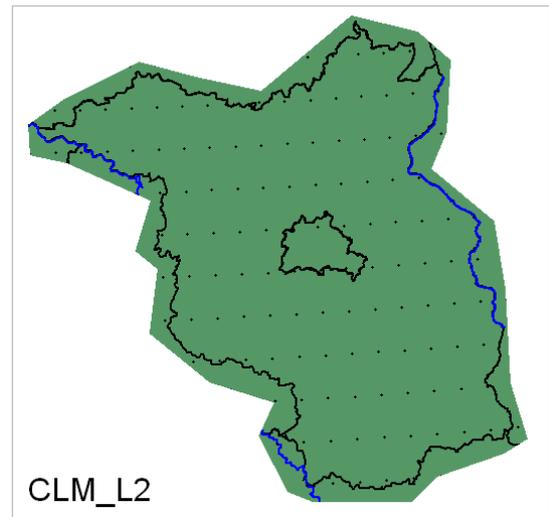
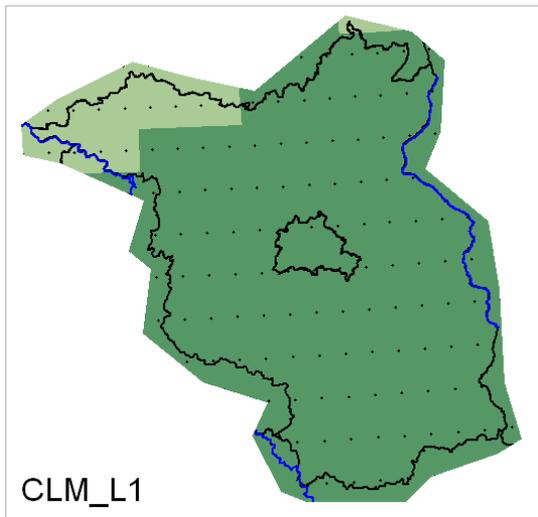
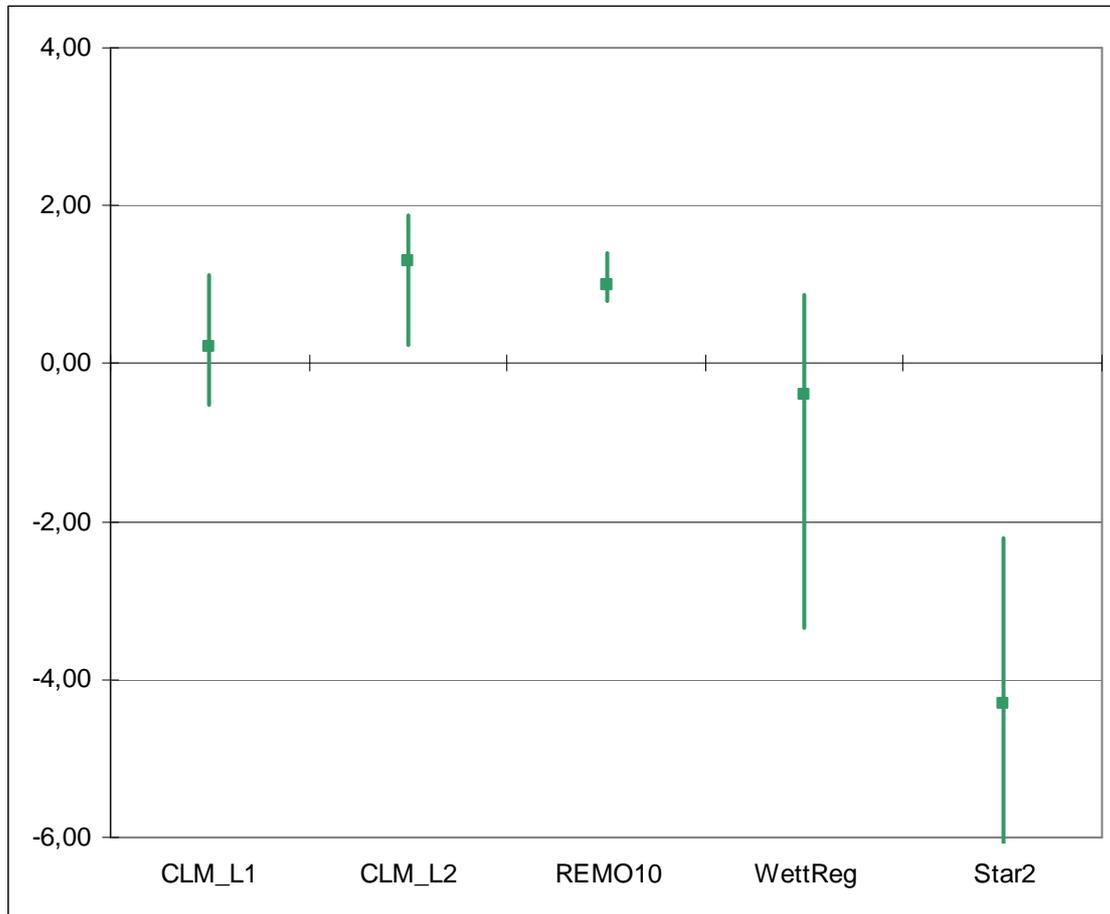


Abb. 6.12.2.2 – 6.12.2.6 Relative Feuchte 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Frühjahr

### 6.12.3 Relative Feuchte – meteorologischer Sommer

Als Relative Feuchte wird das Verhältnis von aktuellem Gehalt an Wasserdampf in der Luft (Luftfeuchtigkeit) zum potentiell möglichen bezeichnet, sie wird in % angegeben.

Es wird die modellspezifische Differenz der Relativen Feuchte des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in %) dargestellt.



Angaben in %      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.12.3.1 Relative Feuchte 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Sommer

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -6,5 bis 1,9 %. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -4,3 und 1,3 %. Es ist für den meteorologischen Sommer hinsichtlich der Relativen Feuchte auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein Trend in den Modellen erkennbar.

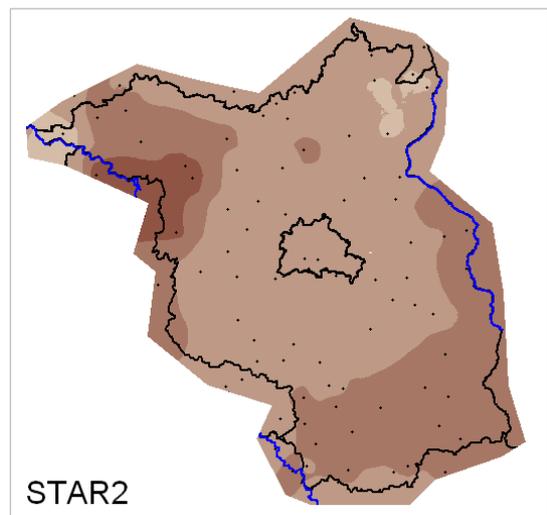
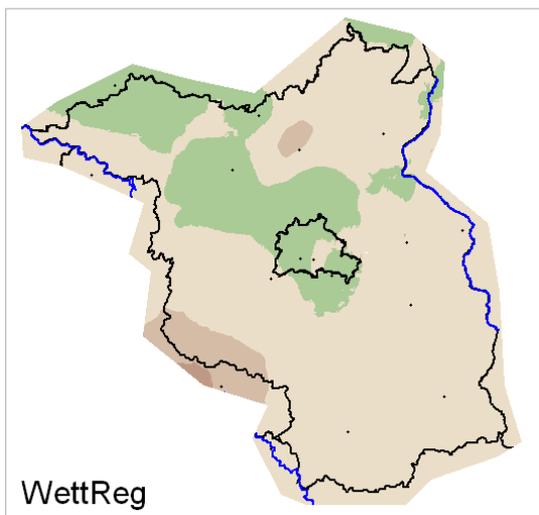
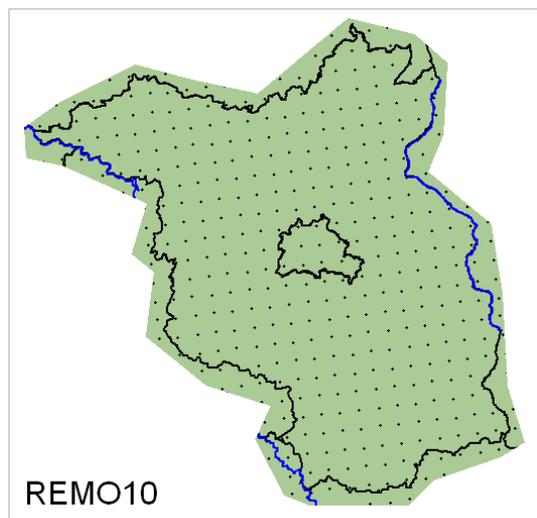
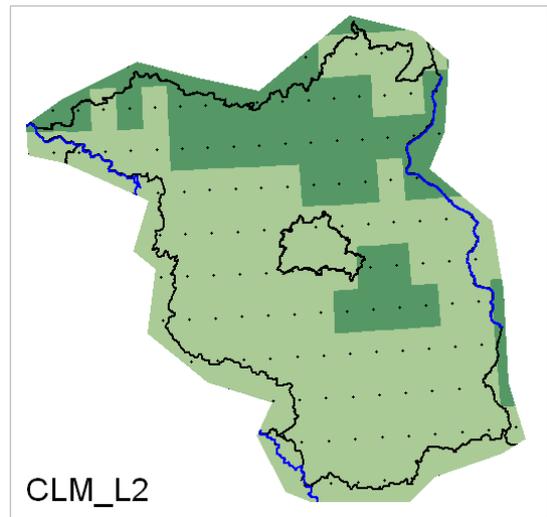
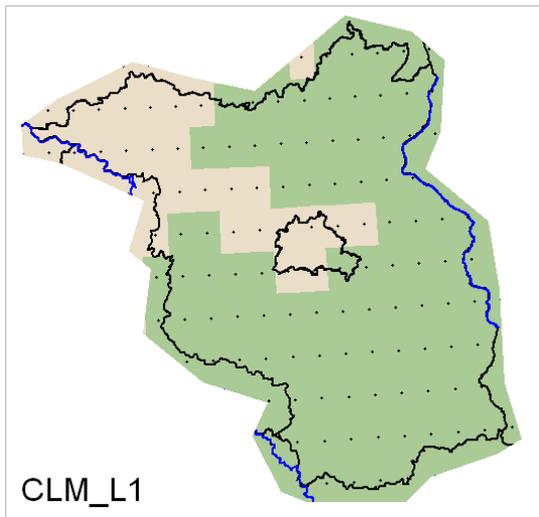
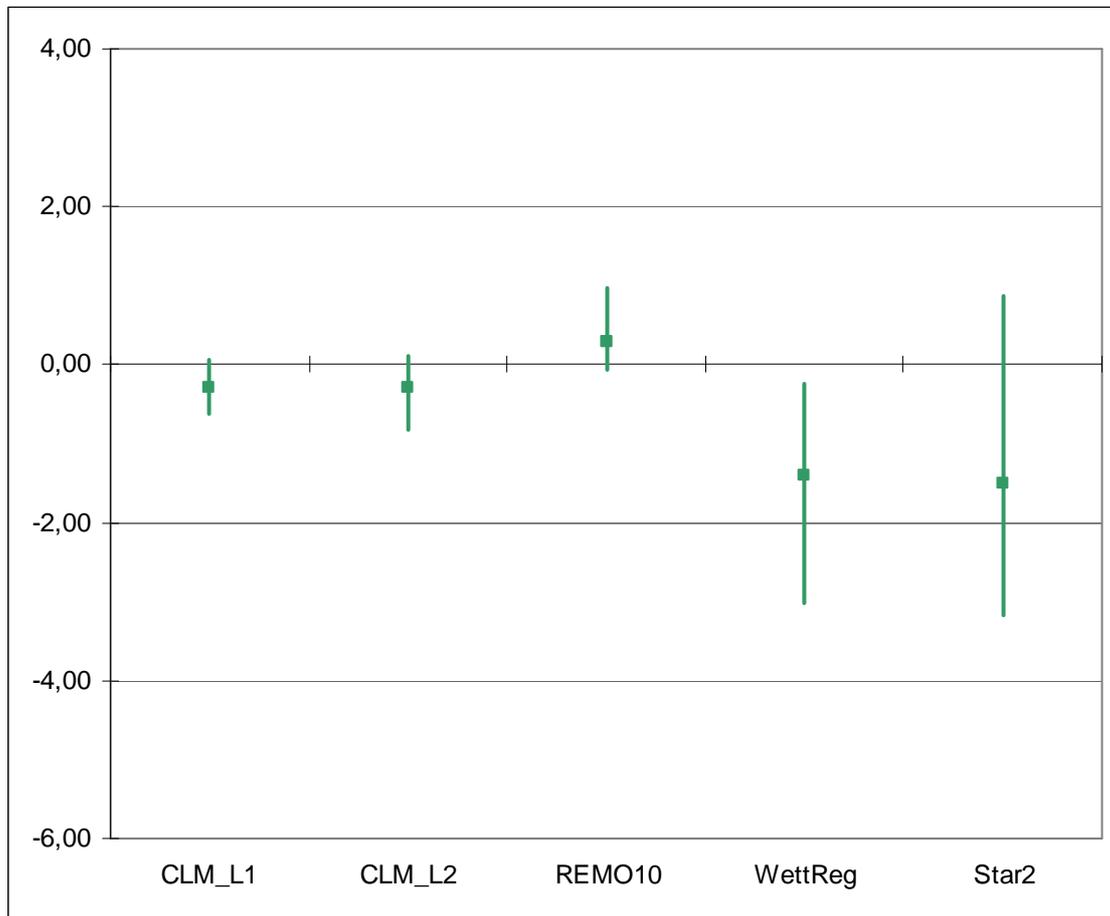


Abb. 6.12.3.2 – 6.12.3.6 Relative Feuchte 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Sommer

#### 6.12.4 Relative Feuchte – meteorologischer Herbst

Als Relative Feuchte wird das Verhältnis von aktuellem Gehalt an Wasserdampf in der Luft (Luftfeuchtigkeit) zum potentiell möglichen bezeichnet, sie wird in % angegeben.

Es wird die modellspezifische Differenz der Relativen Feuchte des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in %) dargestellt.



Angaben in %

■ Mittelwert

— Wertebereich/Spannweite

Abb.: 6.12.4.1 Relative Feuchte 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Herbst

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -3,2 bis 1,0 %. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -1,5 und 0,3 %. Es ist für den meteorologischen Herbst hinsichtlich der Relativen Feuchte auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein eindeutiger Trend in allen Modellen erkennbar. Die statistischen Modelle zeigen einen leichten negativen Trend und die dynamischen Modelle weisen kein Änderungssignal aus.

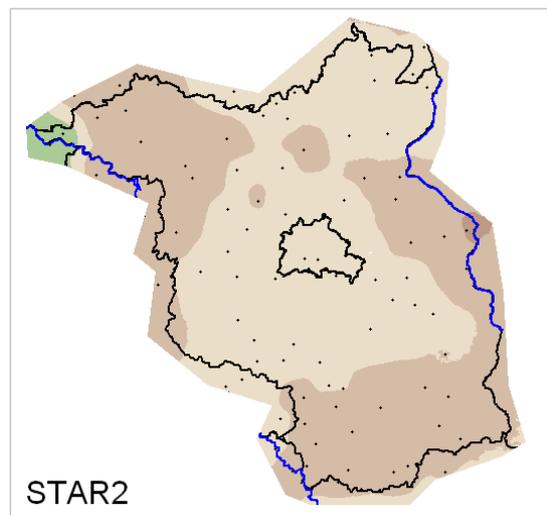
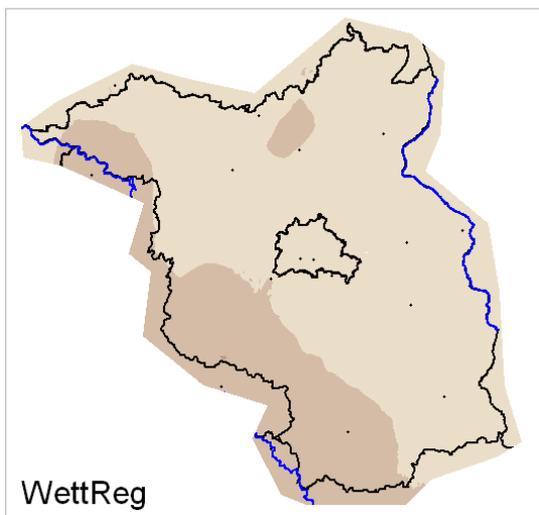
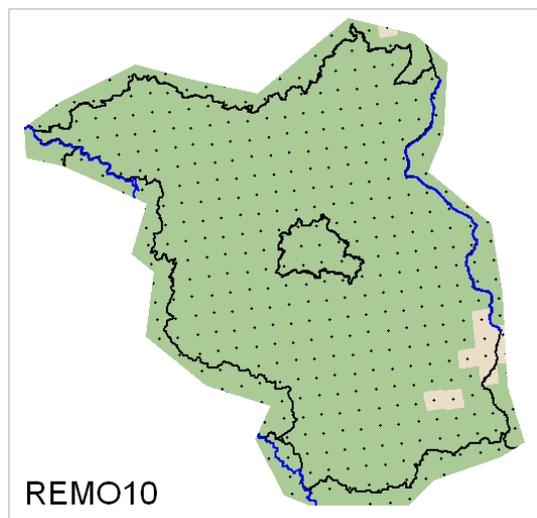
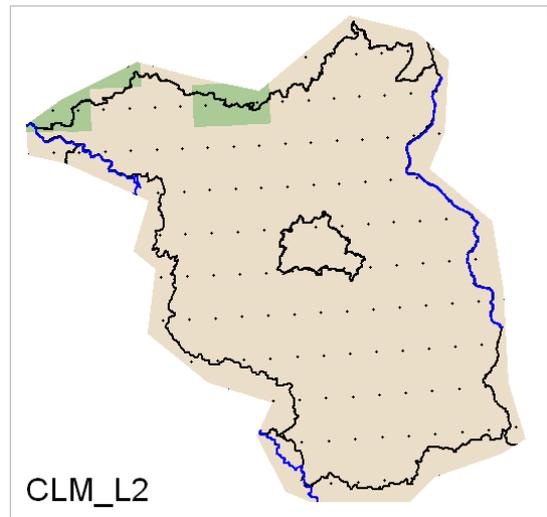
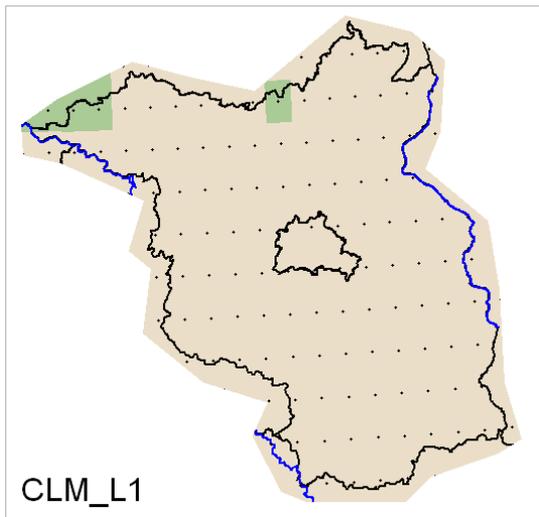
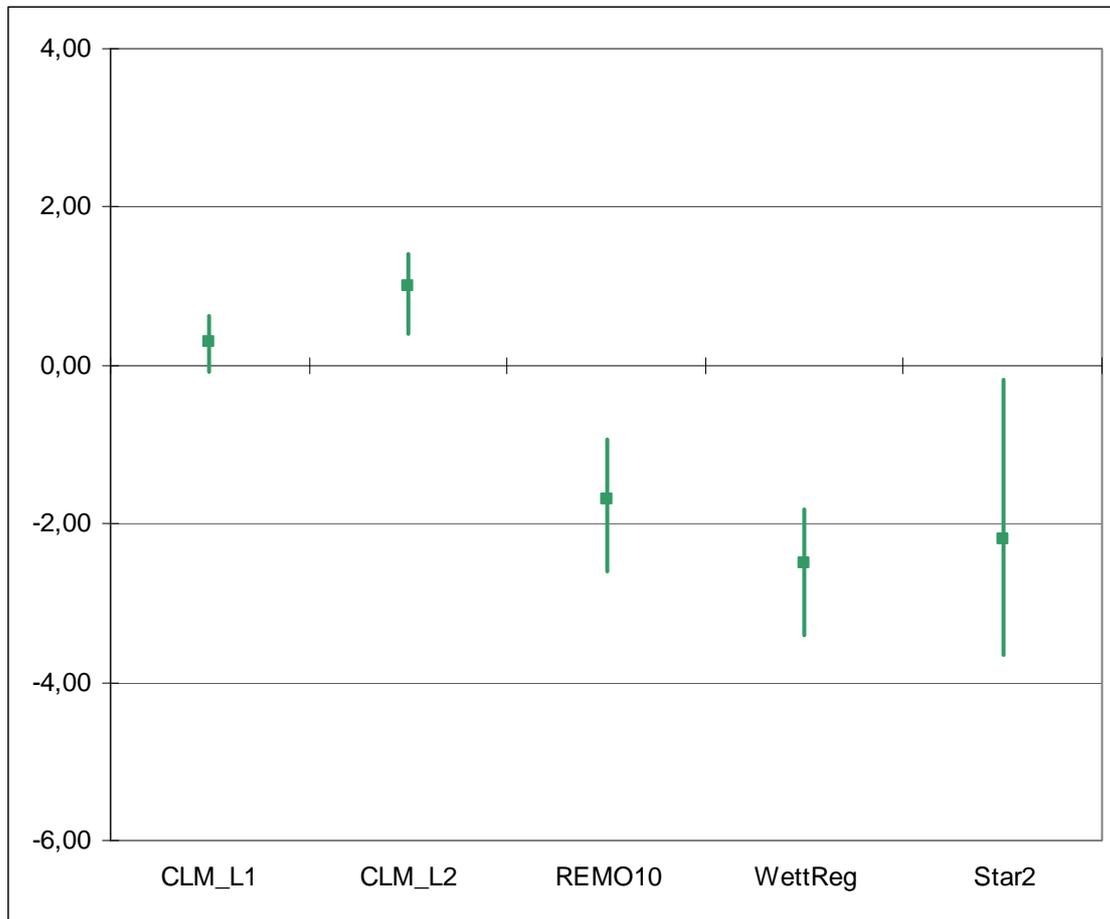


Abb. 6.12.4.2 – 6.12.4.6 Relative Feuchte 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Herbst

### 6.12.5 Relative Feuchte – meteorologischer Winter

Als Relative Feuchte wird das Verhältnis von aktuellem Gehalt an Wasserdampf in der Luft (Luftfeuchtigkeit) zum potentiell möglichen bezeichnet, sie wird in % angegeben.

Es wird die modellspezifische Differenz der Relativen Feuchte des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in %) dargestellt.



Angaben in %      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.12.5.1 Relative Feuchte 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Winter

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -3,7 bis 1,4 %. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -2,5 und 1,0 %. Es ist für den meteorologischen Winter hinsichtlich der Relativen Feuchte auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein eindeutiger Trend in den Modellen erkennbar.

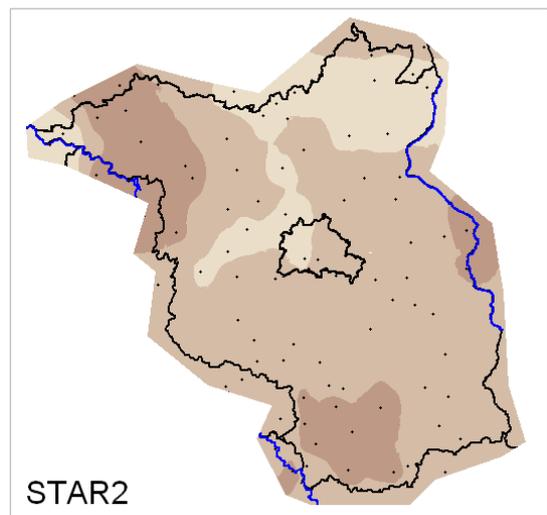
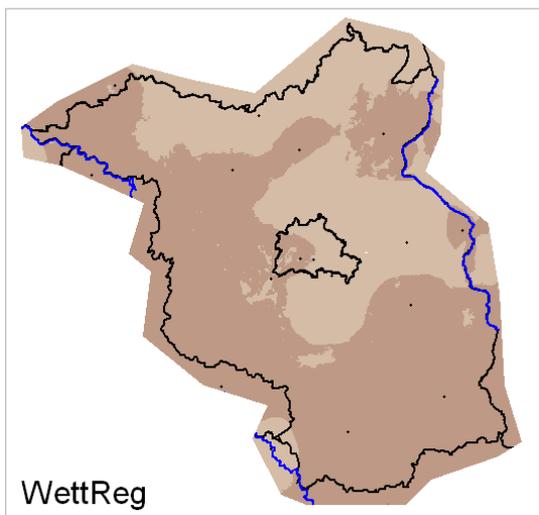
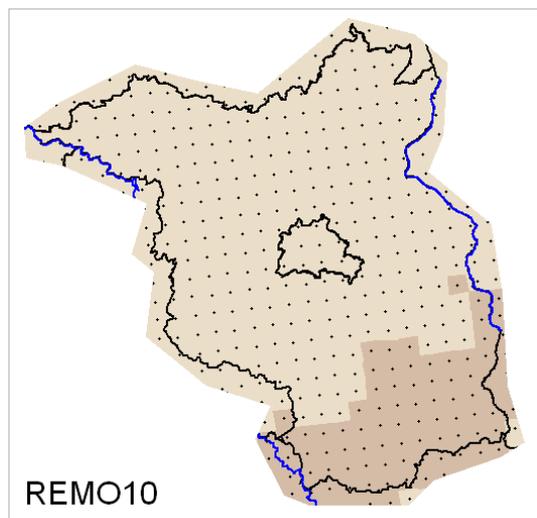
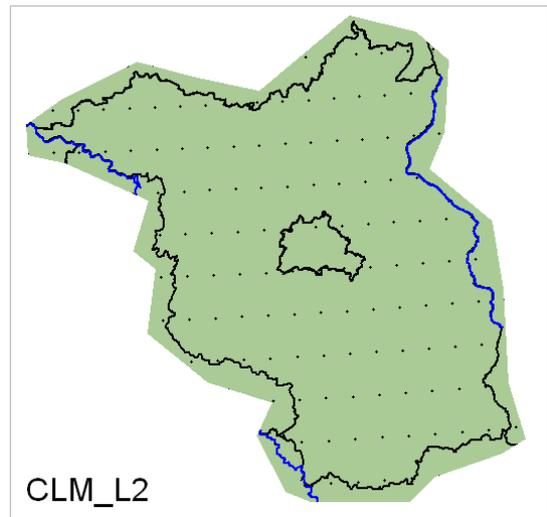
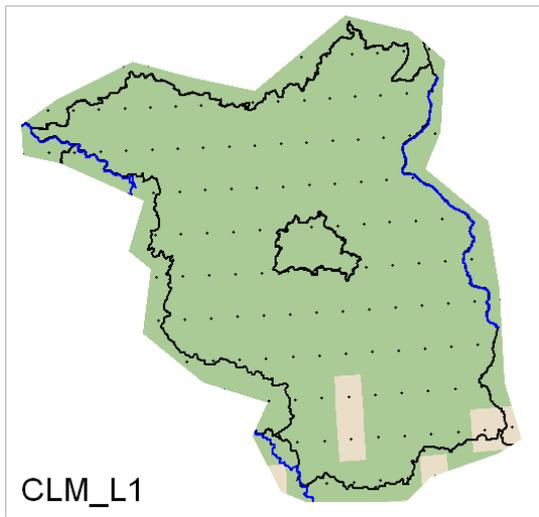


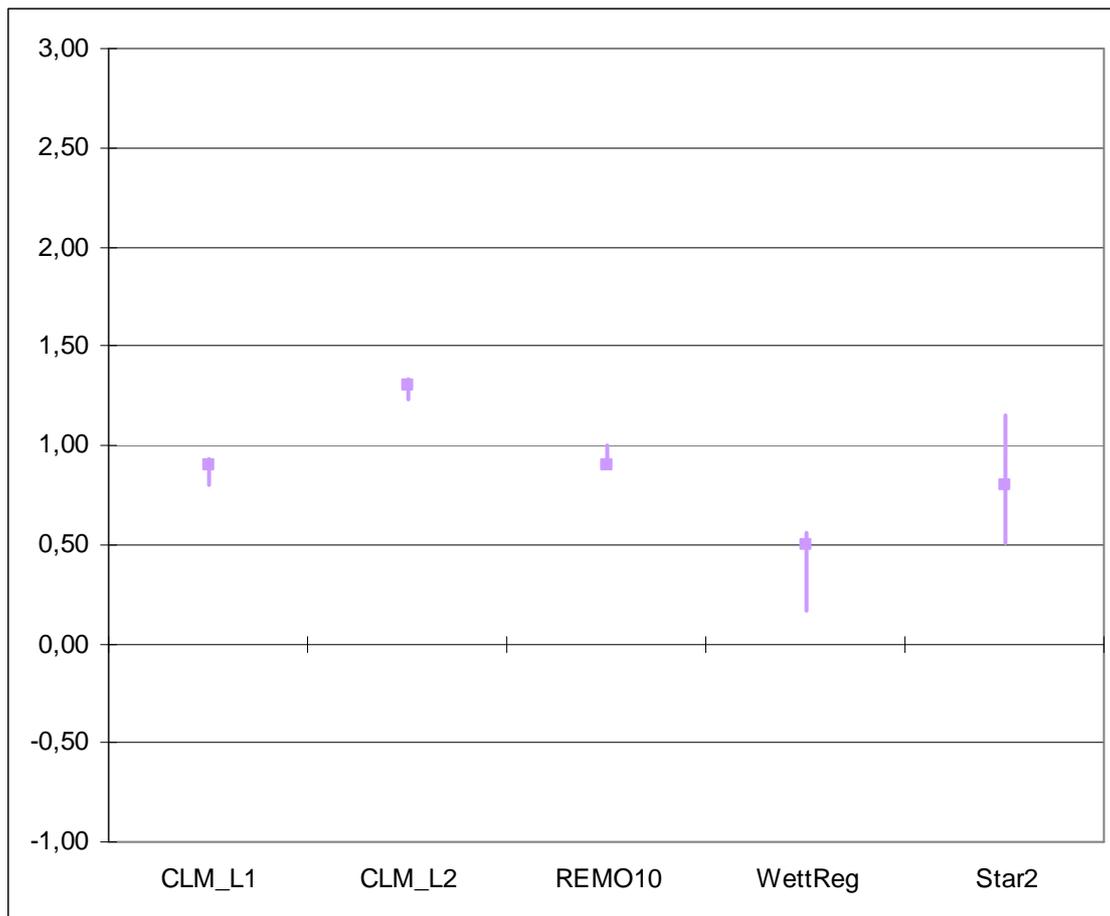
Abb. 6.12.5.2 – 6.12.5.6 Relative Feuchte 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Winter

## 6.13 Wasserdampfdruck

### 6.13.1 Wasserdampfdruck – meteorologisches Jahr

Unter Wasserdampfdruck wird derjenige Druck in hPa verstanden, der von dem in der Luft enthaltenen Wasserdampf ausgeübt wird.

Es wird die modellspezifische Differenz des Wasserdampfdruckes des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in hPa) dargestellt.



Angaben in hPa      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.13.1.1 Wasserdampfdruck 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 0,2 bis 1,3 hPa. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 0,5 und 1,3 hPa. Es ist für das meteorologische Jahr hinsichtlich des Wasserdampfdruckes ein Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 0,5 hPa auszugehen.

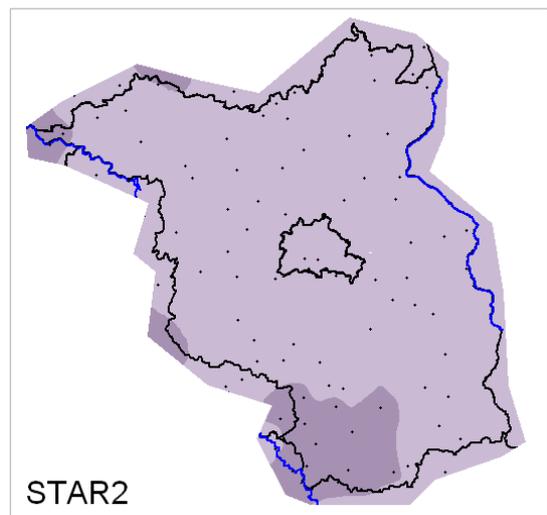
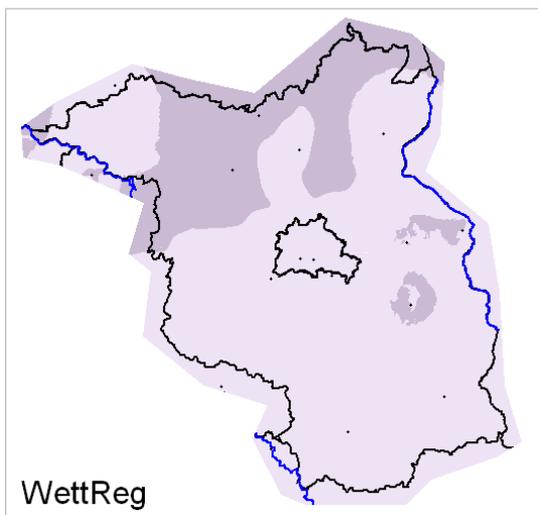
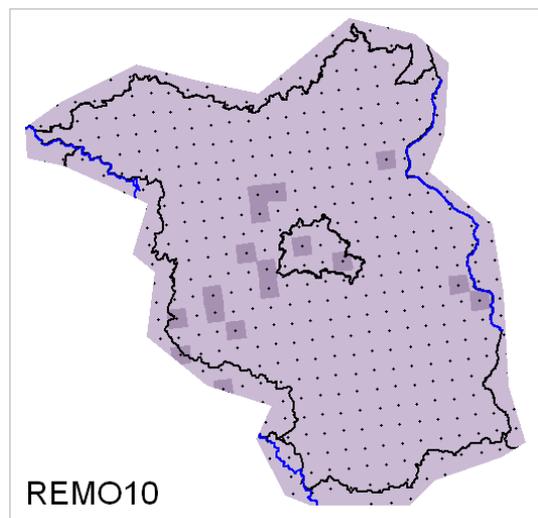
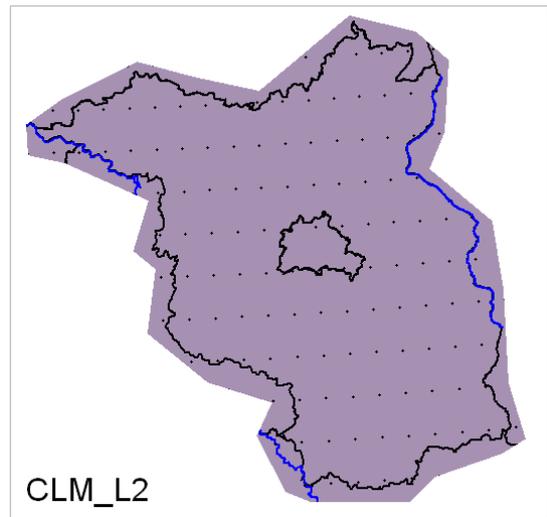
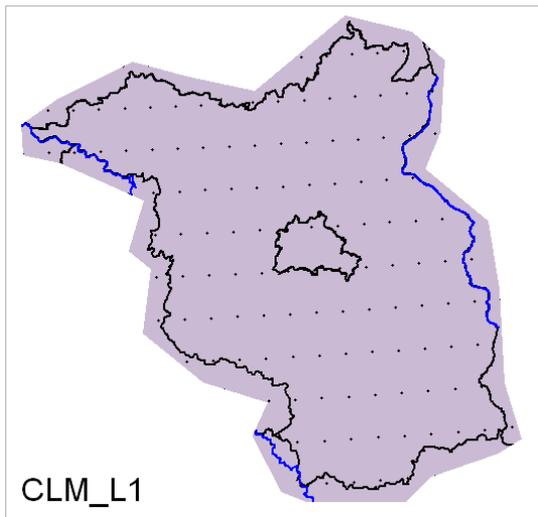
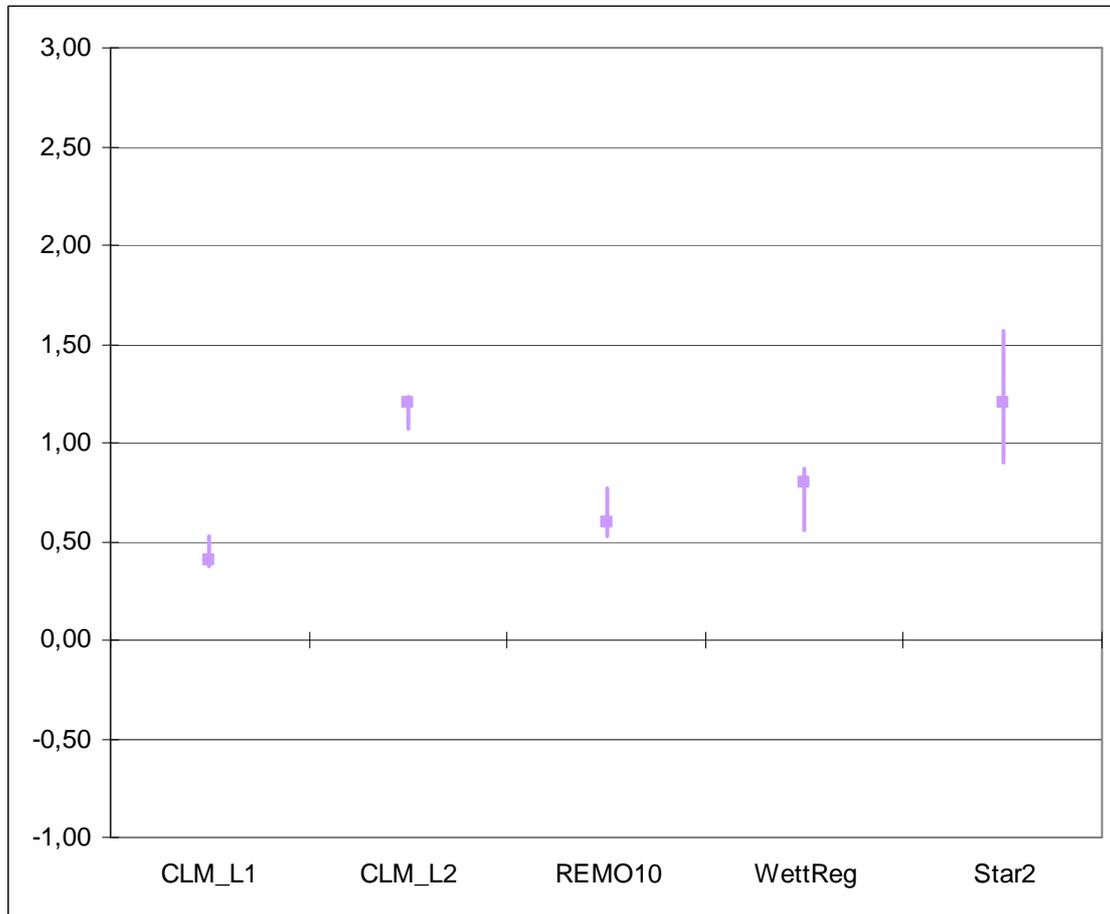


Abb. 6.13.1.2 – 6.13.1.6 Wasserdampfdruck 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

### 6.13.2 Wasserdampfdruck – meteorologisches Frühjahr

Unter Wasserdampfdruck wird derjenige Druck in hPa verstanden, der von dem in der Luft enthaltenen Wasserdampf ausgeübt wird.

Es wird die modellspezifische Differenz des Wasserdampfdruckes des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in hPa) dargestellt.



Angaben in hPa

■ Mittelwert

— Wertebereich/Spannweite

Abb.: 6.13.2.1 Wasserdampfdruck 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Frühjahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 0,4 bis 1,6 hPa. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 0,4 und 1,2 hPa. Es ist für das meteorologische Frühjahr hinsichtlich des Wasserdampfdruckes ein homogener Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 0,4 hPa auszugehen.

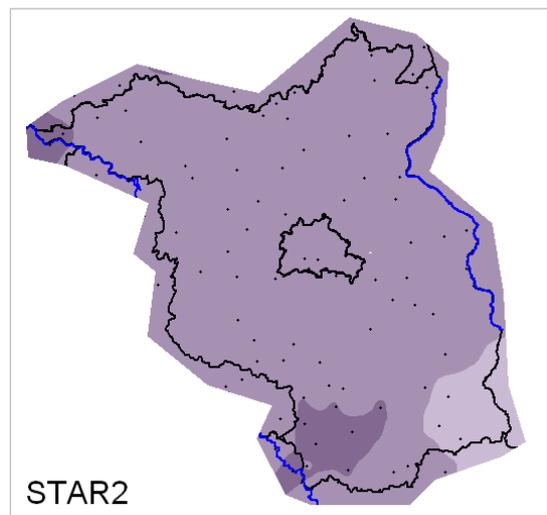
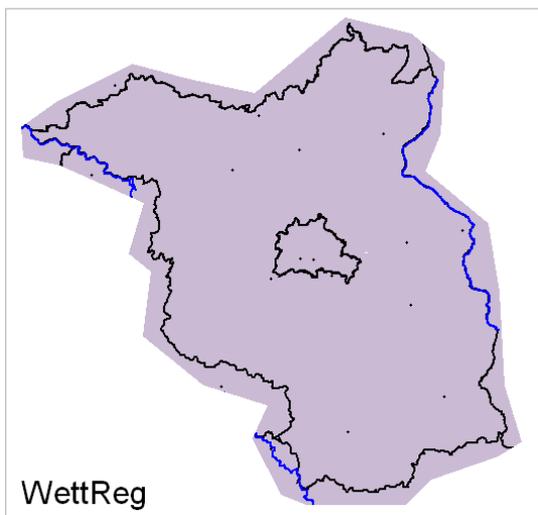
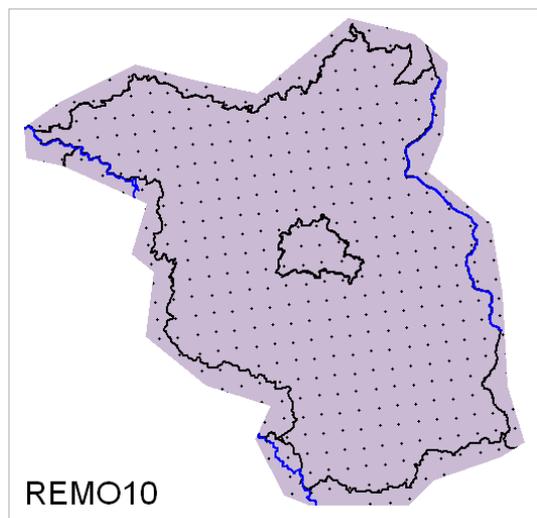
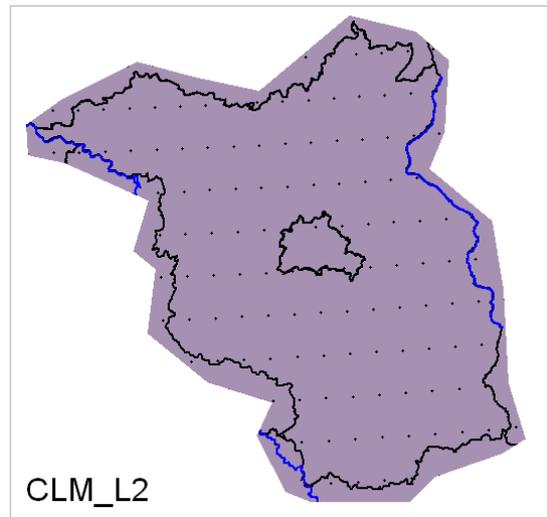
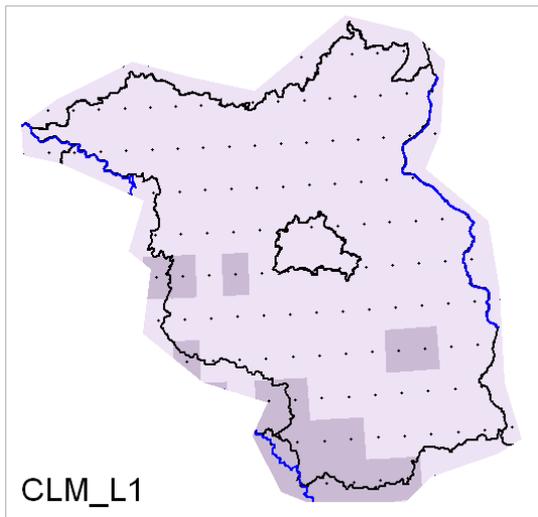
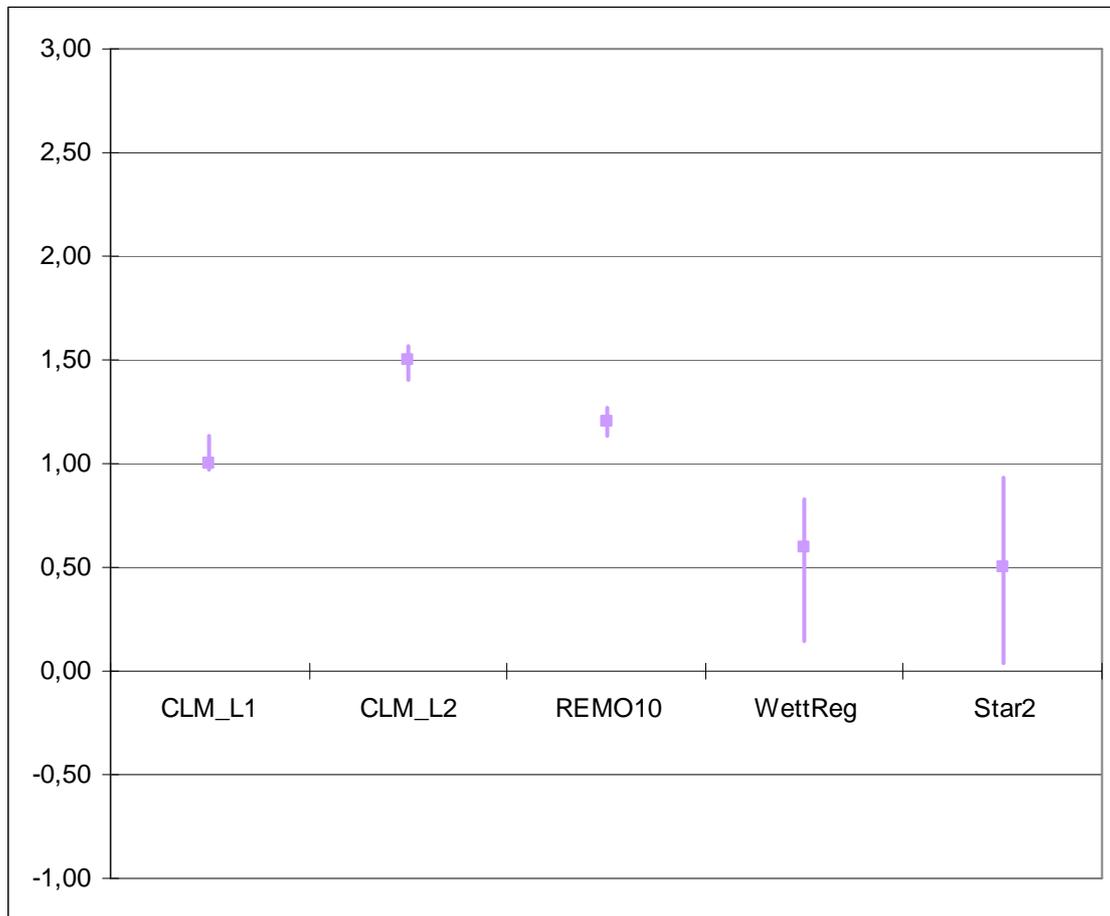


Abb. 6.13.2.2 – 6.13.2.6 Wasserdampfdruck 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Frühjahr

### 6.13.3 Wasserdampfdruck – meteorologischer Sommer

Unter Wasserdampfdruck wird derjenige Druck in hPa verstanden, der von dem in der Luft enthaltenen Wasserdampf ausgeübt wird.

Es wird die modellspezifische Differenz des Wasserdampfdruckes des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in hPa) dargestellt.



Angaben in hPa

■ Mittelwert

— Wertebereich/Spannweite

Abb.: 6.13.3.1 Wasserdampfdruck 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Sommer

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 0,04 bis 1,6 hPa. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 0,5 und 1,5 hPa. Es ist für den meteorologischen Sommer hinsichtlich des Wasserdampfdruckes ein Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 0,5 hPa auszugehen.

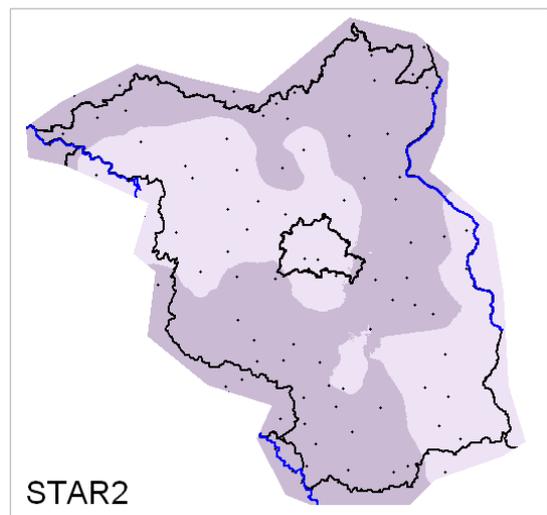
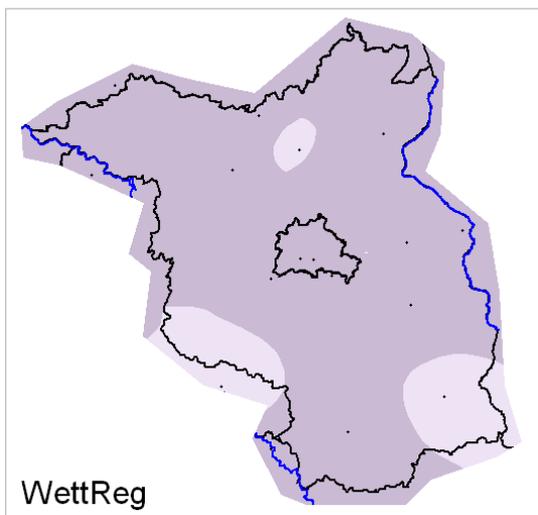
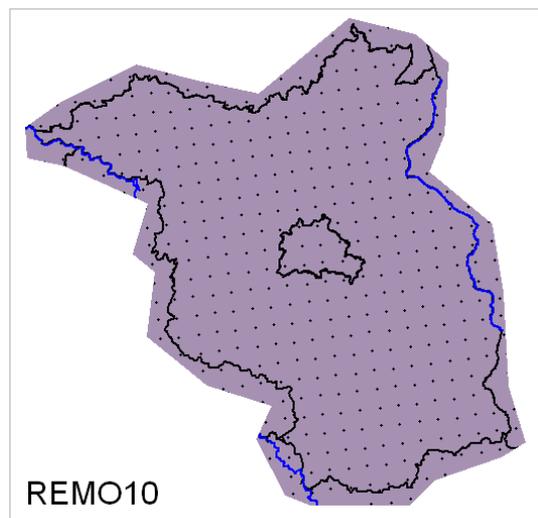
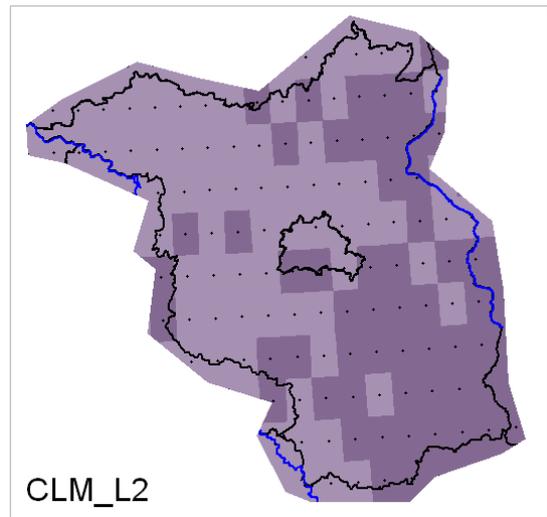
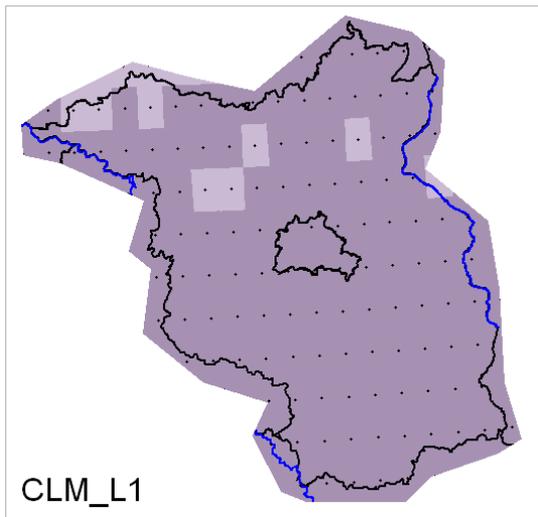
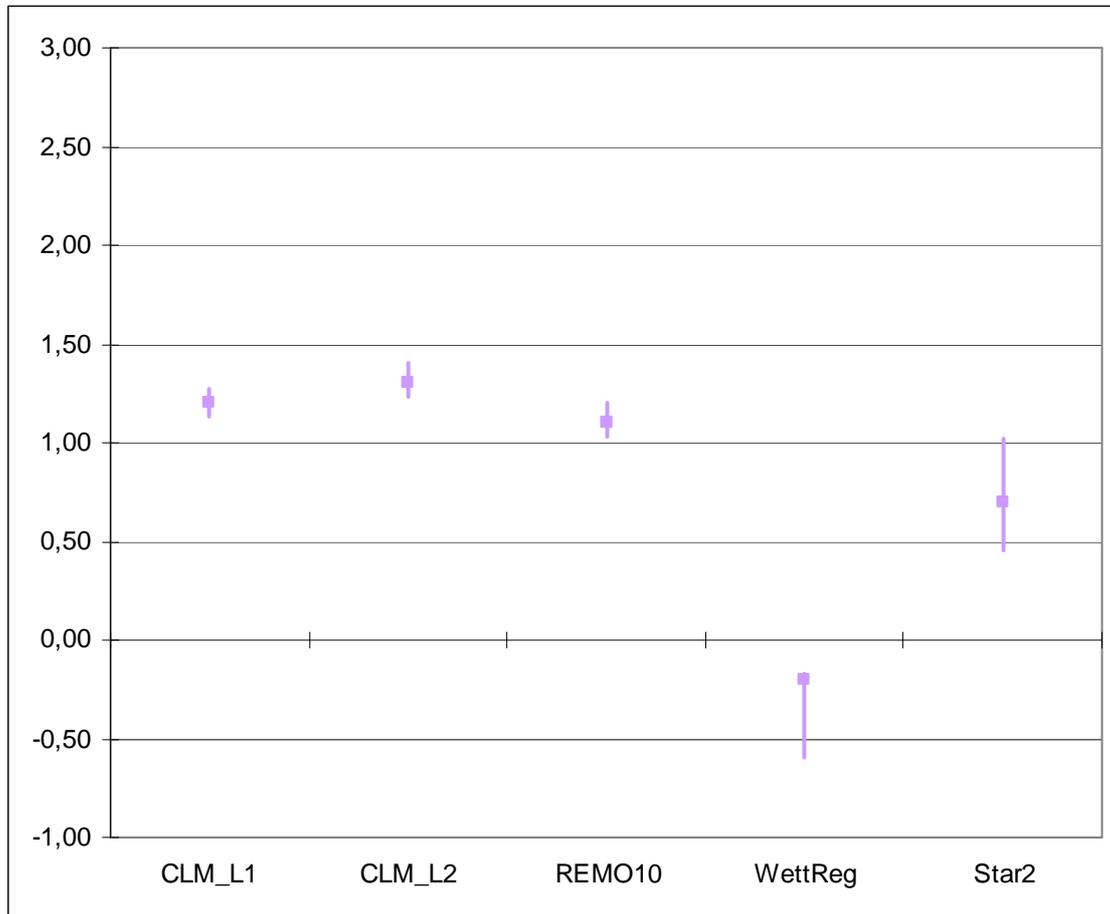


Abb. 6.13.3.2 – 6.13.3.6 Wasserdampfdruck 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Sommer

### 6.13.4 Wasserdampfdruck – meteorologischer Herbst

Unter Wasserdampfdruck wird derjenige Druck in hPa verstanden, der von dem in der Luft enthaltenen Wasserdampf ausgeübt wird.

Es wird die modellspezifische Differenz des Wasserdampfdruckes des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in hPa) dargestellt.



Angaben in hPa

■ Mittelwert

— Wertebereich/Spannweite

Abb.: 6.13.4.1 Wasserdampfdruck 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Herbst

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -0,6 bis 1,4 hPa. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,2 und 1,3 hPa. Es ist für den meteorologischen Herbst hinsichtlich des Wasserdampfdruckes kein eindeutiger Trend in den Modellen erkennbar. Außer WettReg gehen die anderen Modelle von einer Zunahme bis zur Mitte des Jahrhunderts auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B um mindestens 0,7 hPa aus.

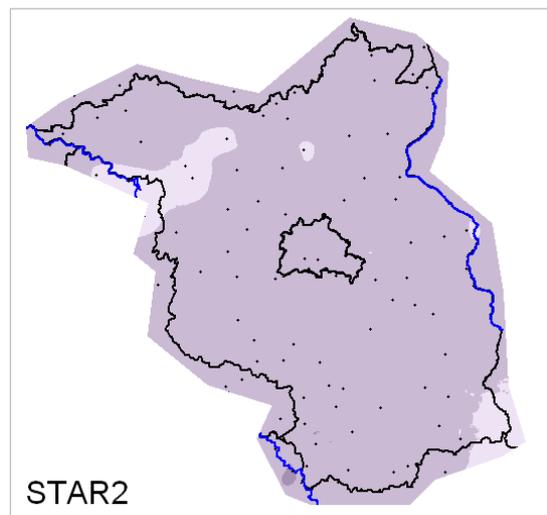
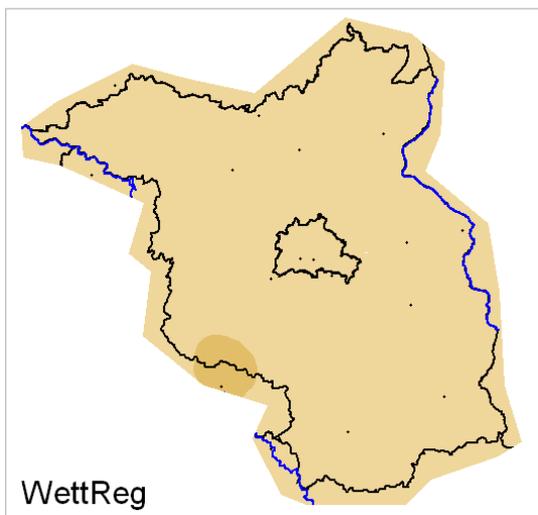
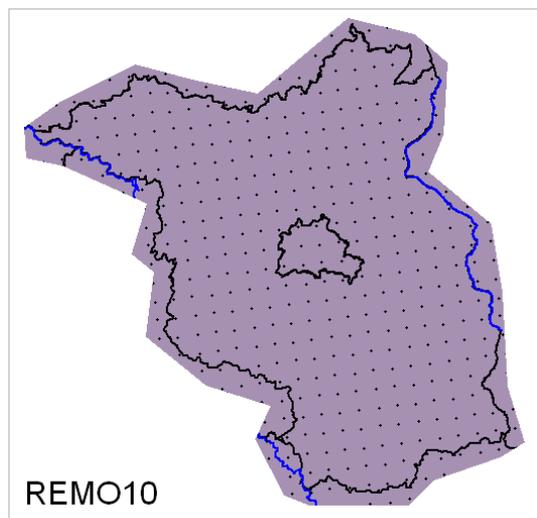
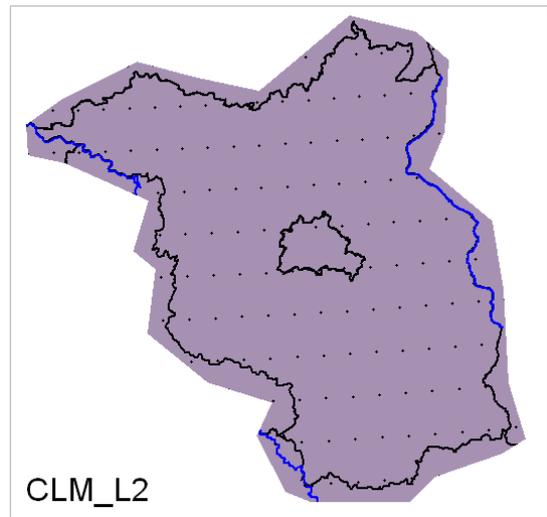
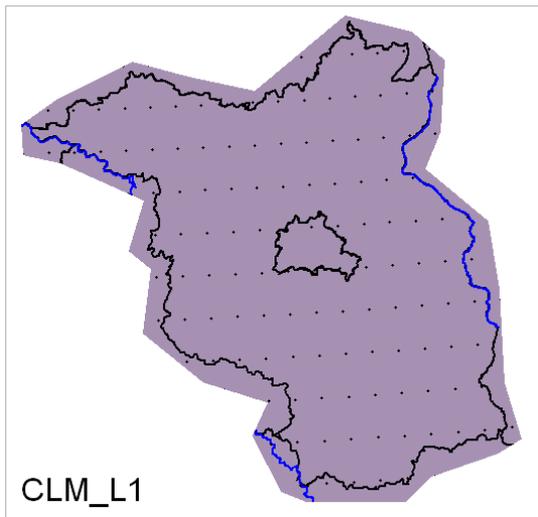
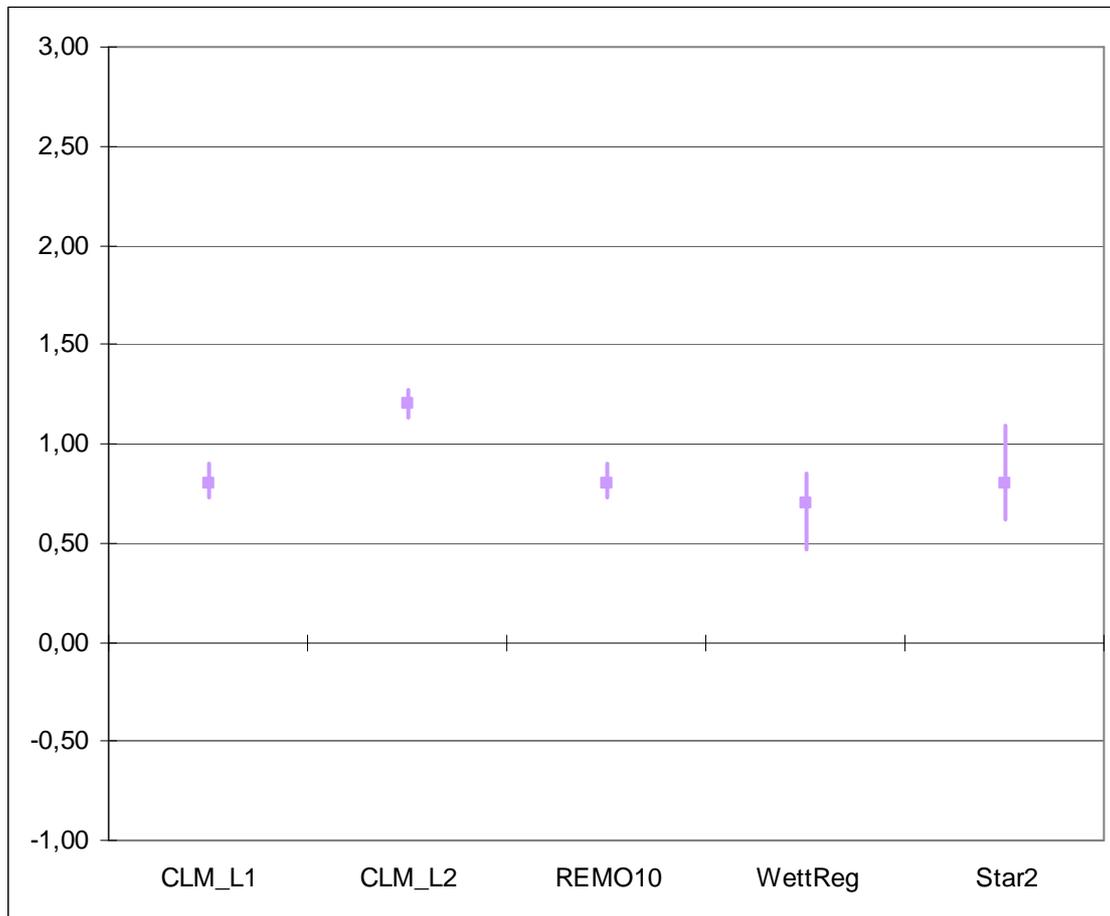


Abb. 6.13.4.2 – 6.13.4.6 Wasserdampfdruck 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Herbst

### 6.13.5 Wasserdampfdruck – meteorologischer Winter

Unter Wasserdampfdruck wird derjenige Druck in hPa verstanden, der von dem in der Luft enthaltenen Wasserdampf ausgeübt wird.

Es wird die modellspezifische Differenz des Wasserdampfdruckes des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in hPa) dargestellt.



Angaben in hPa

■ Mittelwert

— Wertebereich/Spannweite

Abb.: 6.13.5.1 Wasserdampfdruck 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Winter

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 0,5 bis 1,3 hPa. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 0,7 und 1,2 hPa. Es ist für den meteorologischen Winter hinsichtlich des Wasserdampfdruckes ein deutlicher, homogener Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 0,7 hPa auszugehen.

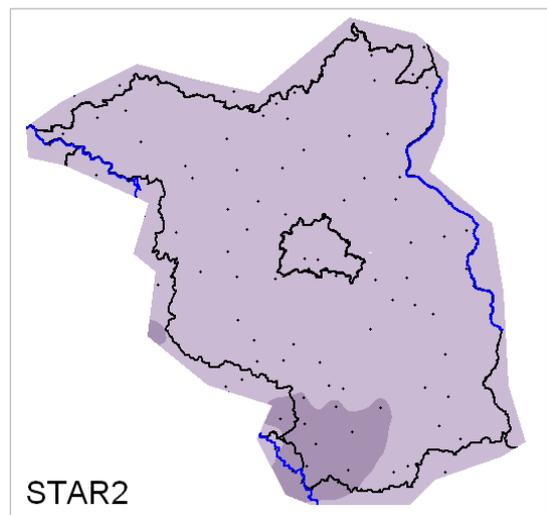
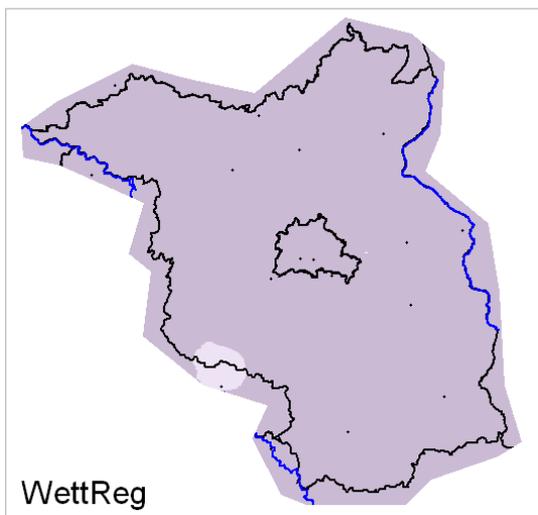
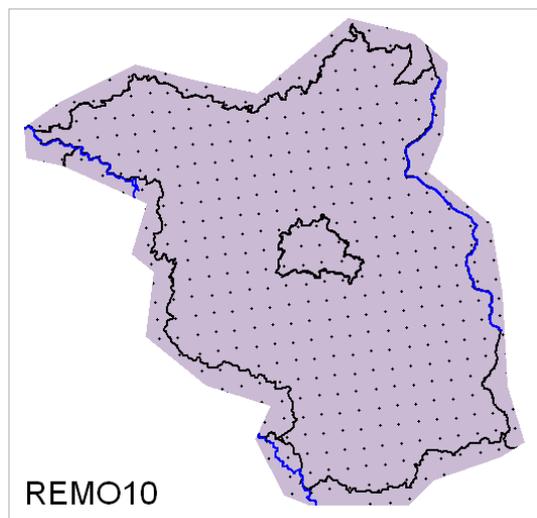
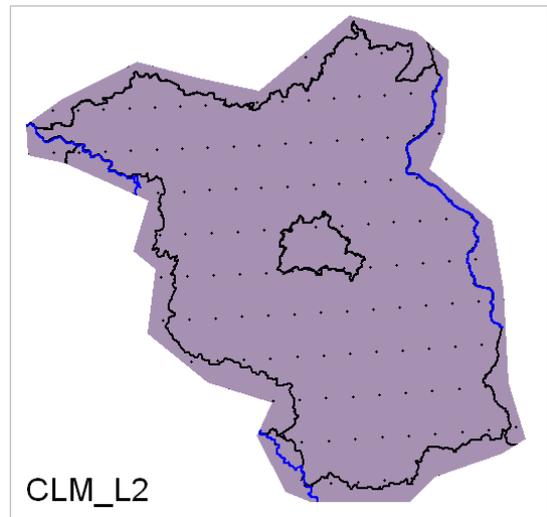
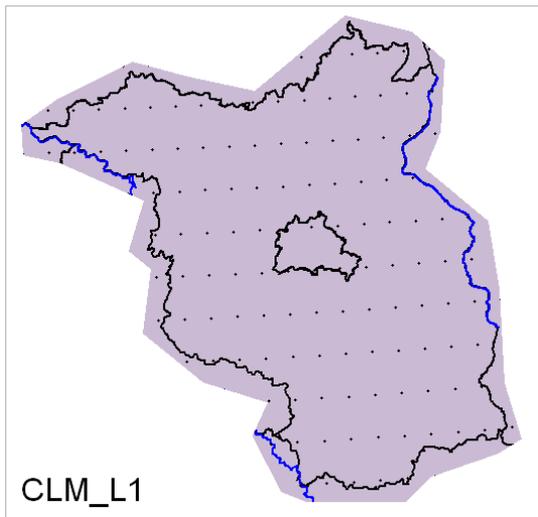
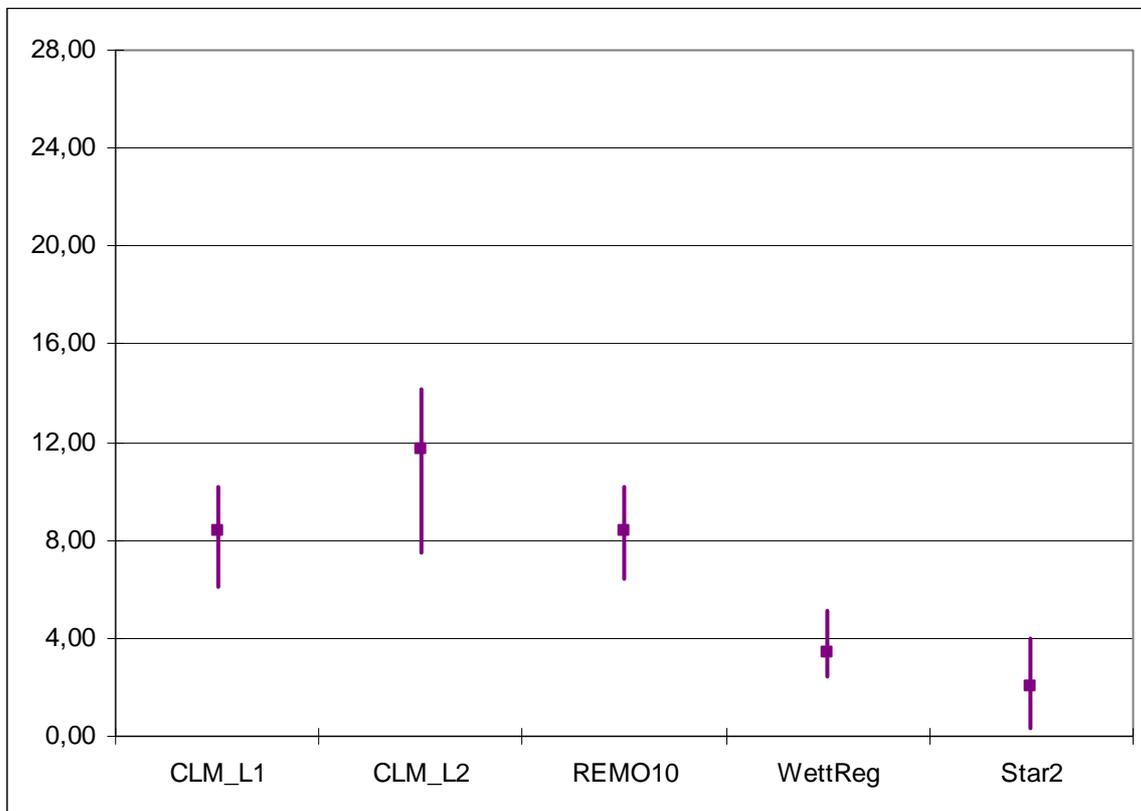


Abb. 6.13.5.2 – 6.13.5.6 Wasserdampf 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Winter

## 6.14 Anzahl der Tage mit Schwüle

Als Tage mit Schwüle werden solche Tage bezeichnet, an denen der mittlere Wasserdampfdruck 18,8 hPa oder größer ist.

Es wird die modellspezifische Differenz der Anzahl der Tage mit Schwüle des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in Tagen dargestellt.



Angaben in Tagen                      ■ Mittelwert                      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.14.1 Tage mit Schwüle 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 0,3 bis 14,2 Tage. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 2 und 11,7 Tagen. Es ist für das meteorologische Jahr hinsichtlich der Anzahl der Tage mit Schwüle ein Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 2 Tage auszugehen.

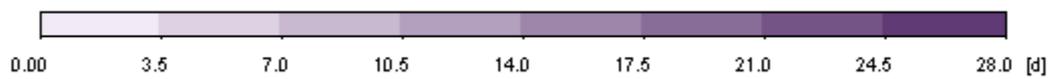
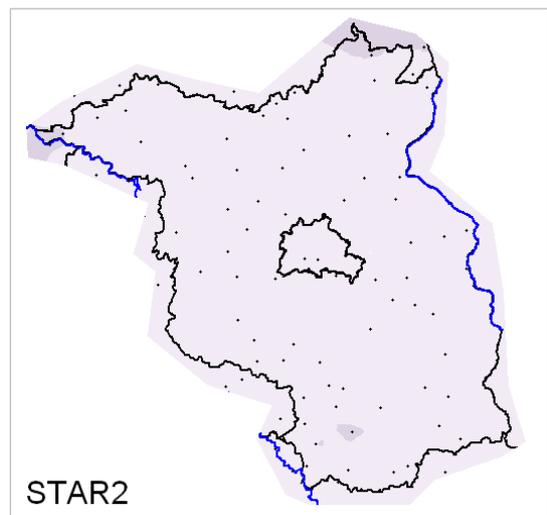
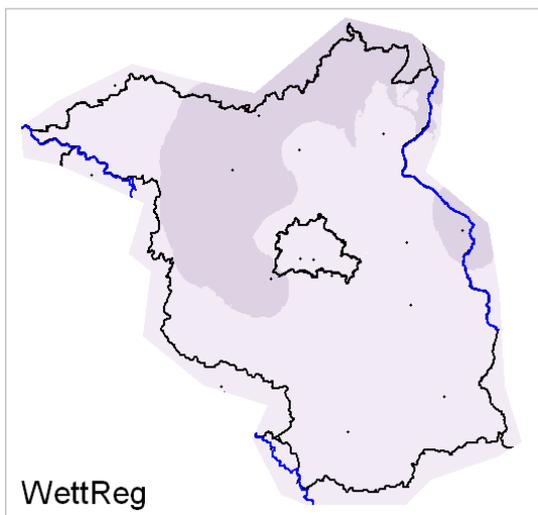
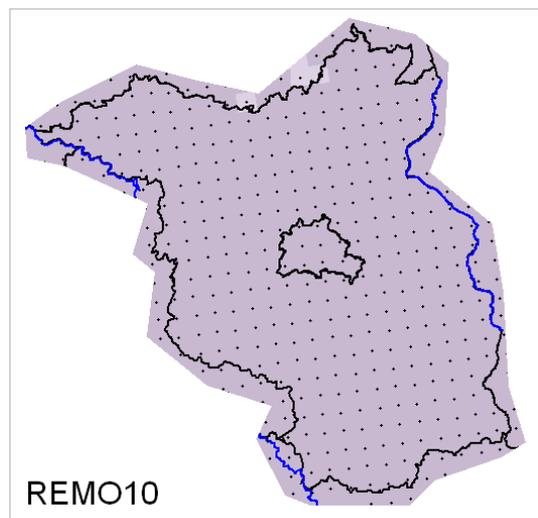
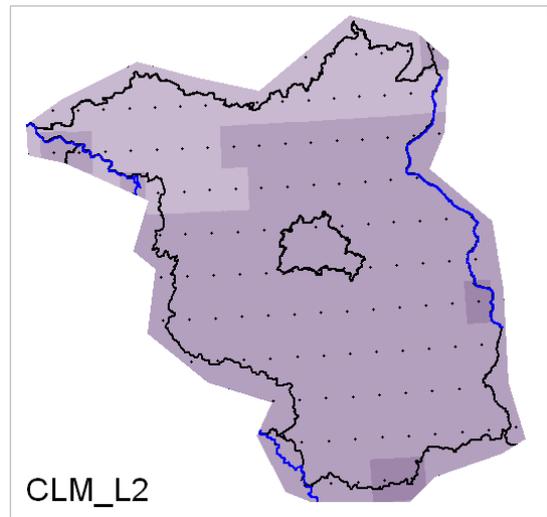
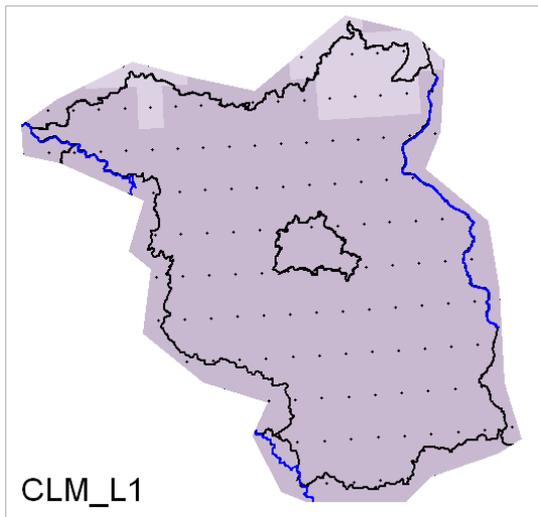


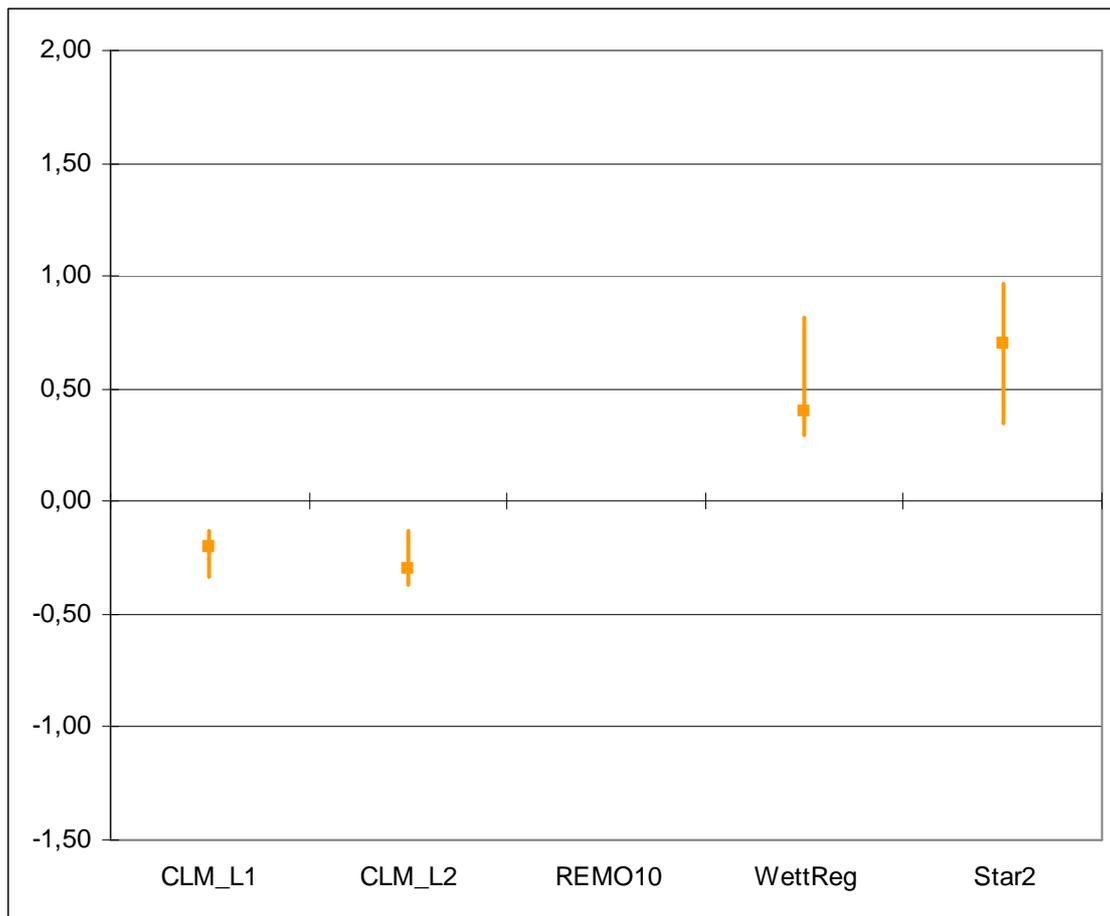
Abb. 6.14.2 – 6.14.6 Tage mit Schwüle 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

## 6.15 Sonnenscheindauer

### 6.15.1 Sonnenscheindauer – meteorologisches Jahr

Die Sonnenscheindauer gibt die Summe der Zeit in Stunden an einem Tag an, an dem der Strahlungsgrenzwert von 120 W/m<sup>2</sup> überschritten wird.

Es wird die modellspezifische Differenz der Sonnenscheindauer des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in h) dargestellt.



Angaben in h      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.15.1.1 Sonnenscheindauer 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

#### Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -0,4 bis 1,0 h. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,3 und 0,7 h. Es ist für das meteorologische Jahr hinsichtlich der Sonnenscheindauer auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein Trend in den Modellen erkennbar.

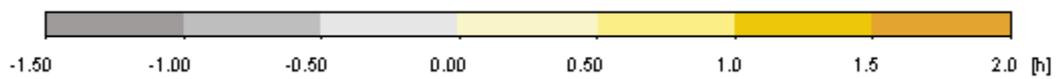
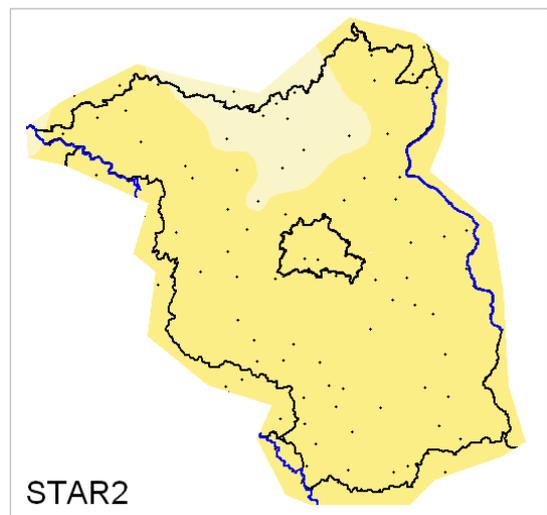
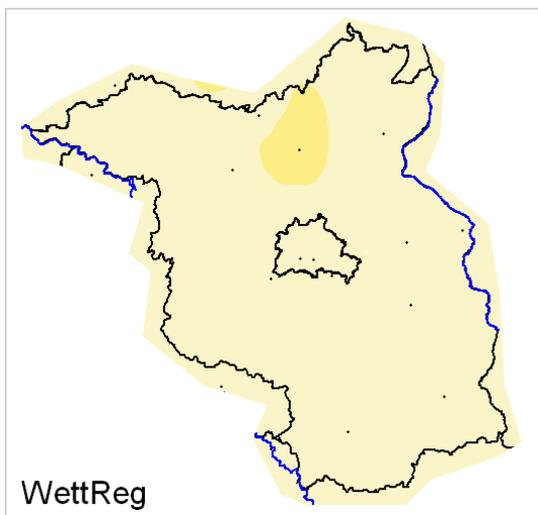
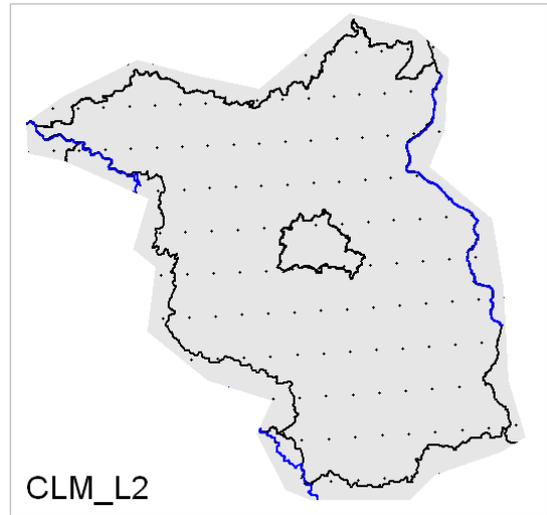
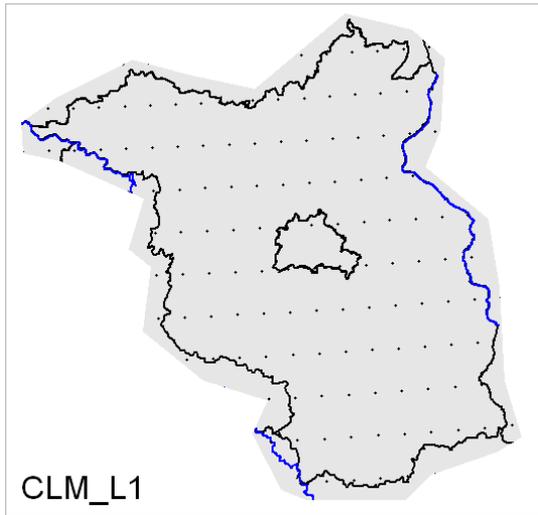
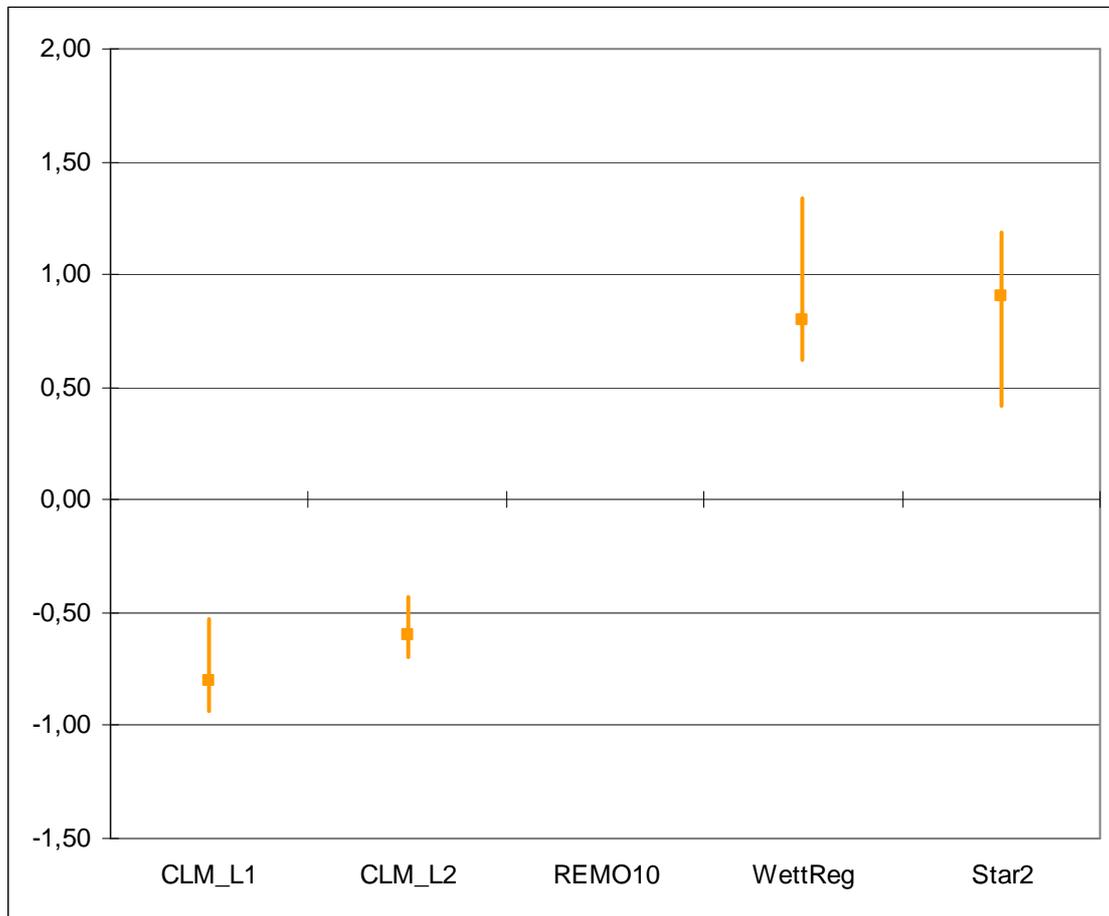


Abb. 6.15.1.2 – 6.15.1.6 Sonnenscheindauer 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

## 6.15.2 Sonnenscheindauer – meteorologisches Frühjahr

Die Sonnenscheindauer gibt die Summe der Zeit in Stunden an einem Tag an, an dem der Strahlungsgrenzwert von 120 W/m<sup>2</sup> überschritten wird.

Es wird die modellspezifische Differenz der Sonnenscheindauer des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in h) dargestellt.



Angaben in h

■ Mittelwert

— Wertebereich/Spannweite

Abb.: 6.15.2.1 Sonnenscheindauer 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Frühjahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -0,9 bis 1,3 h. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,8 und 0,9 h. Es ist für das meteorologische Frühjahr hinsichtlich der Sonnenscheindauer auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein einheitlicher Trend in den Modellen erkennbar.

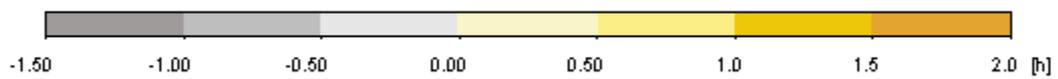
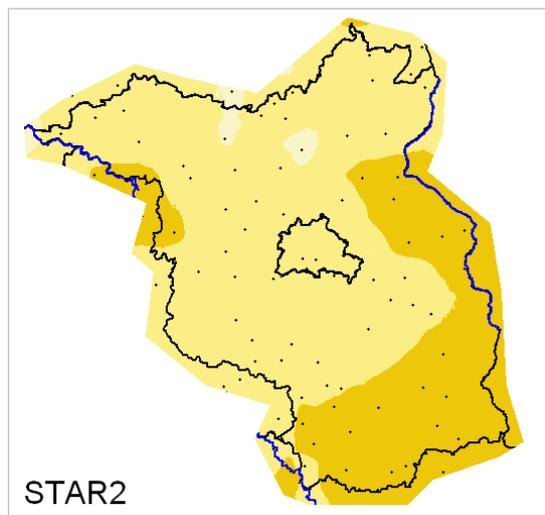
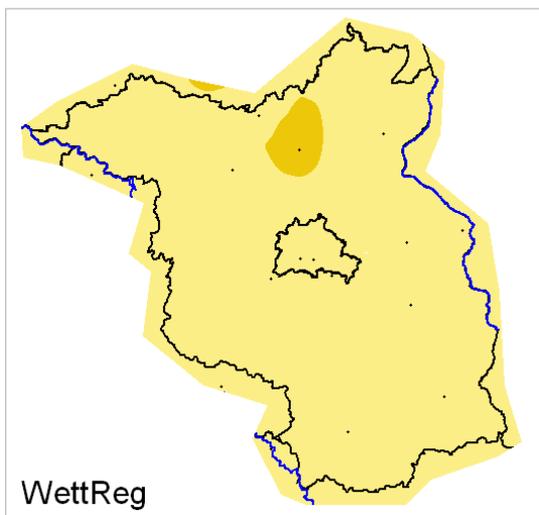
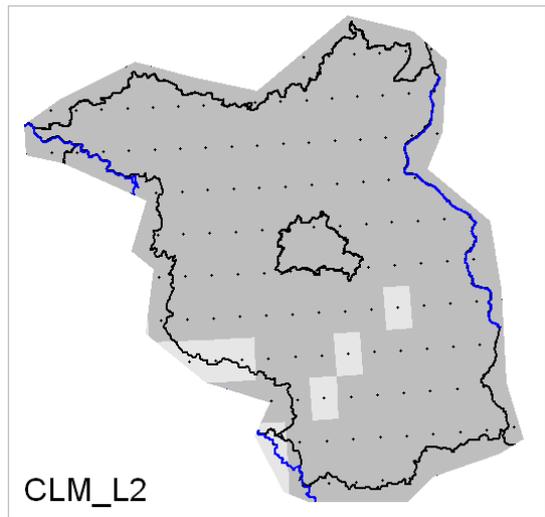
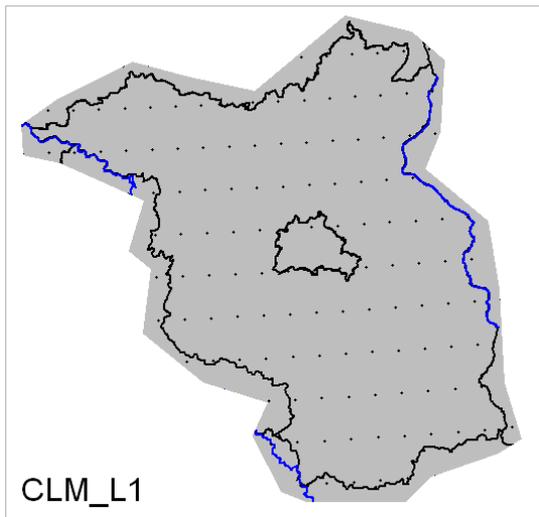
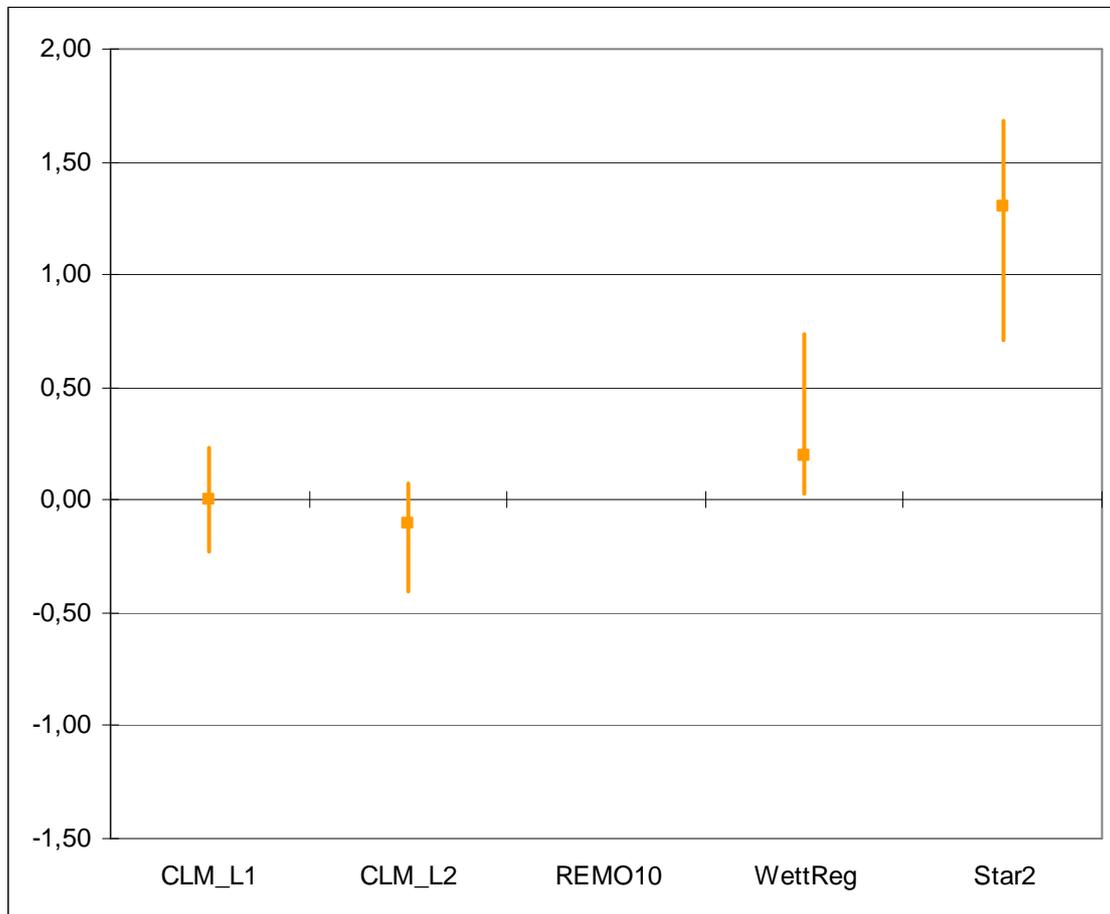


Abb. 6.15.2.2 – 6.15.2.6 Sonnenscheindauer 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Frühjahr

### 6.15.3 Sonnenscheindauer – meteorologischer Sommer

Die Sonnenscheindauer gibt die Summe der Zeit in Stunden an einem Tag an, an dem der Strahlungsgrenzwert von 120 W/m<sup>2</sup> überschritten wird.

Es wird die modellspezifische Differenz der Sonnenscheindauer des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in h) dargestellt.



Angaben in h

■ Mittelwert

— Wertebereich/Spannweite

Abb.: 6.15.3.1 Sonnenscheindauer 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Sommer

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -0,4 bis 1,7 h. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,1 und 1,3 h. Es ist für den meteorologischen Sommer hinsichtlich der Sonnenscheindauer auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein Trend in den Modellen erkennbar. Nur STAR2 zeigt ein deutliches Änderungssignal mit plus 1,3 h.

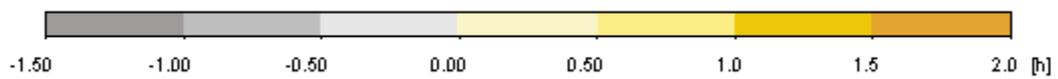
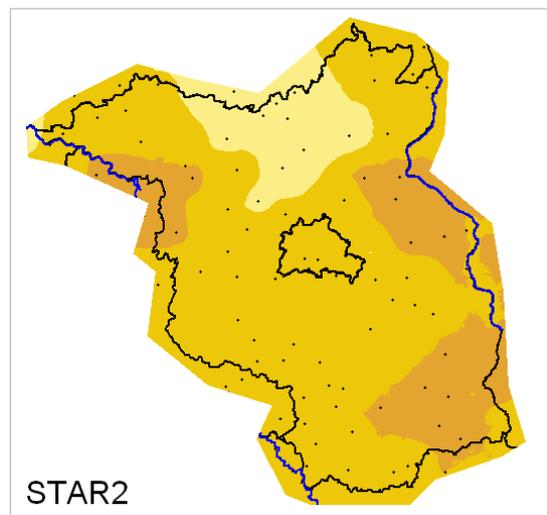
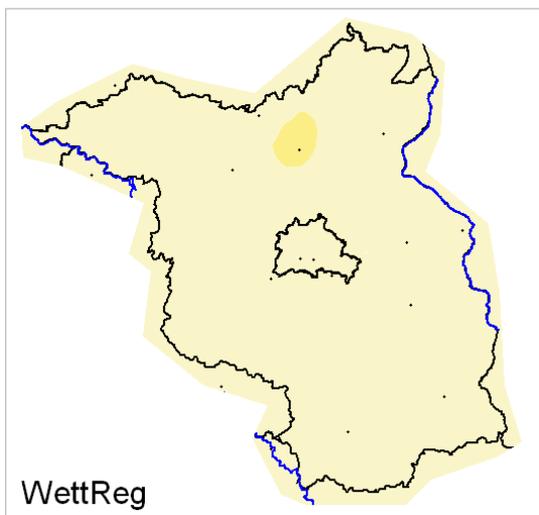
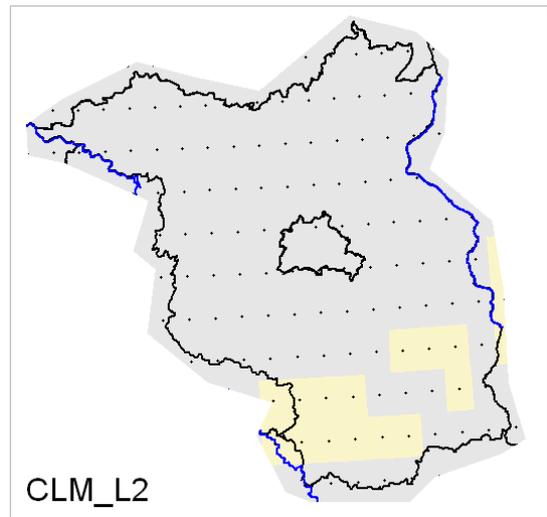
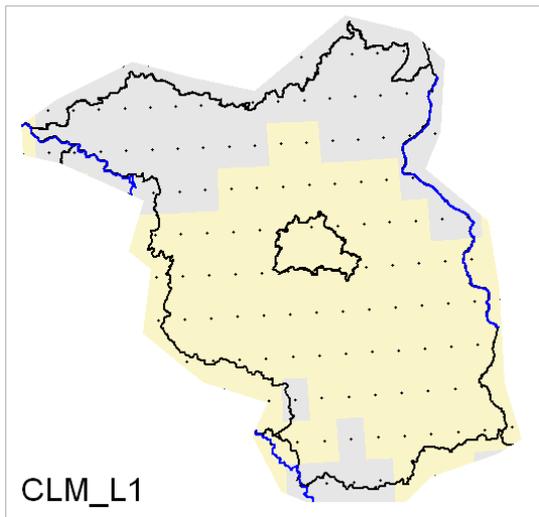
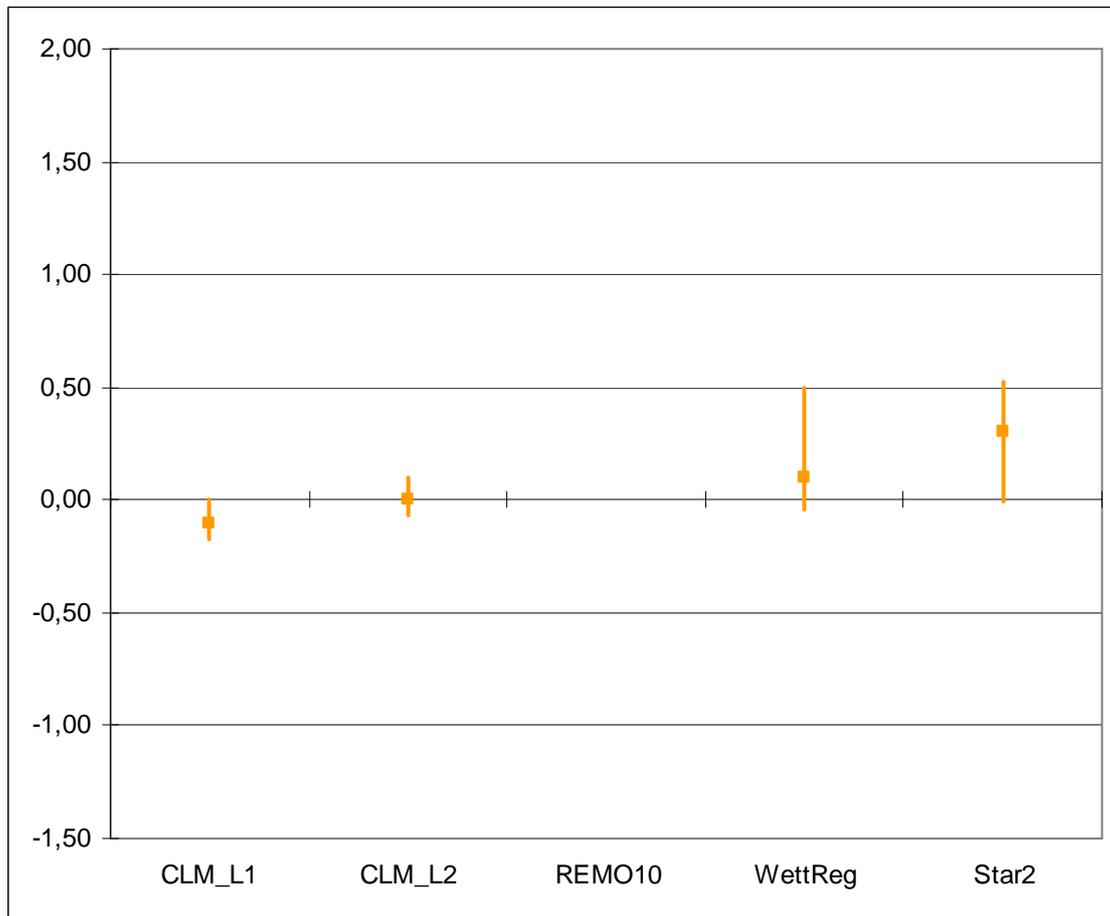


Abb. 6.15.3.2 – 6.15.3.6 Sonnenscheindauer 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Sommer

### 6.15.4 Sonnenscheindauer – meteorologischer Herbst

Die Sonnenscheindauer gibt die Summe der Zeit in Stunden an einem Tag an, an dem der Strahlungsgrenzwert von 120 W/m<sup>2</sup> überschritten wird.

Es wird die modellspezifische Differenz der Sonnenscheindauer des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in h) dargestellt.



Angaben in h

■ Mittelwert

— Wertebereich/Spannweite

Abb.: 6.15.4.1 Sonnenscheindauer 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Herbst

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -0,2 bis 0,5 h. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,1 und 0,3 h. Es ist für den meteorologischen Herbst hinsichtlich der Sonnenscheindauer auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein Trend in den Modellen erkennbar.

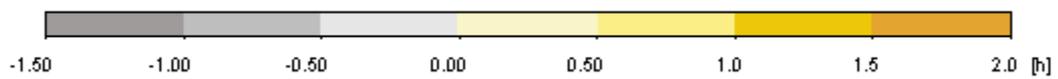
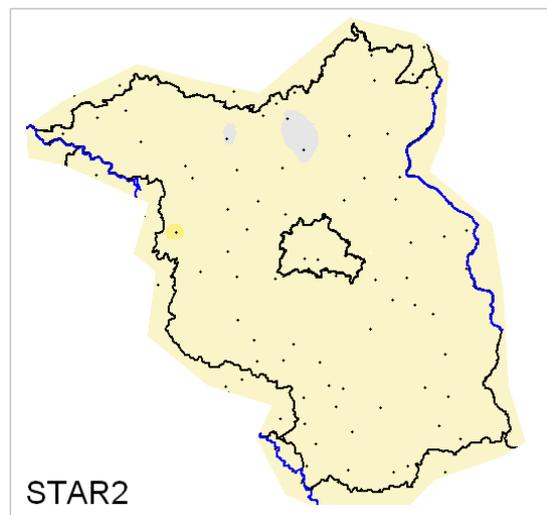
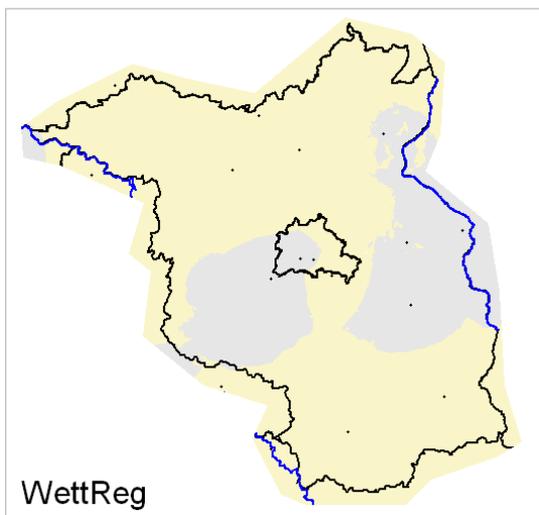
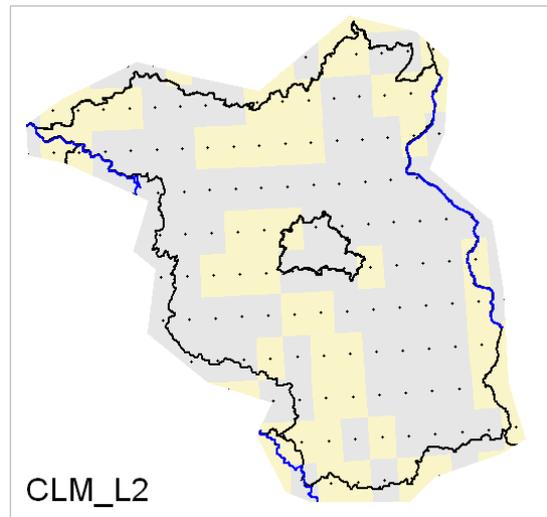
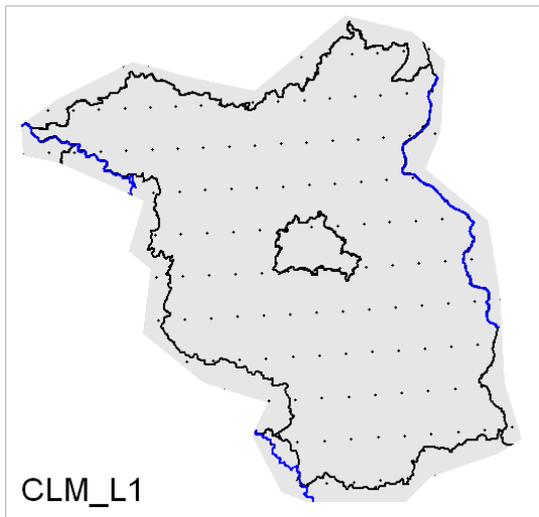
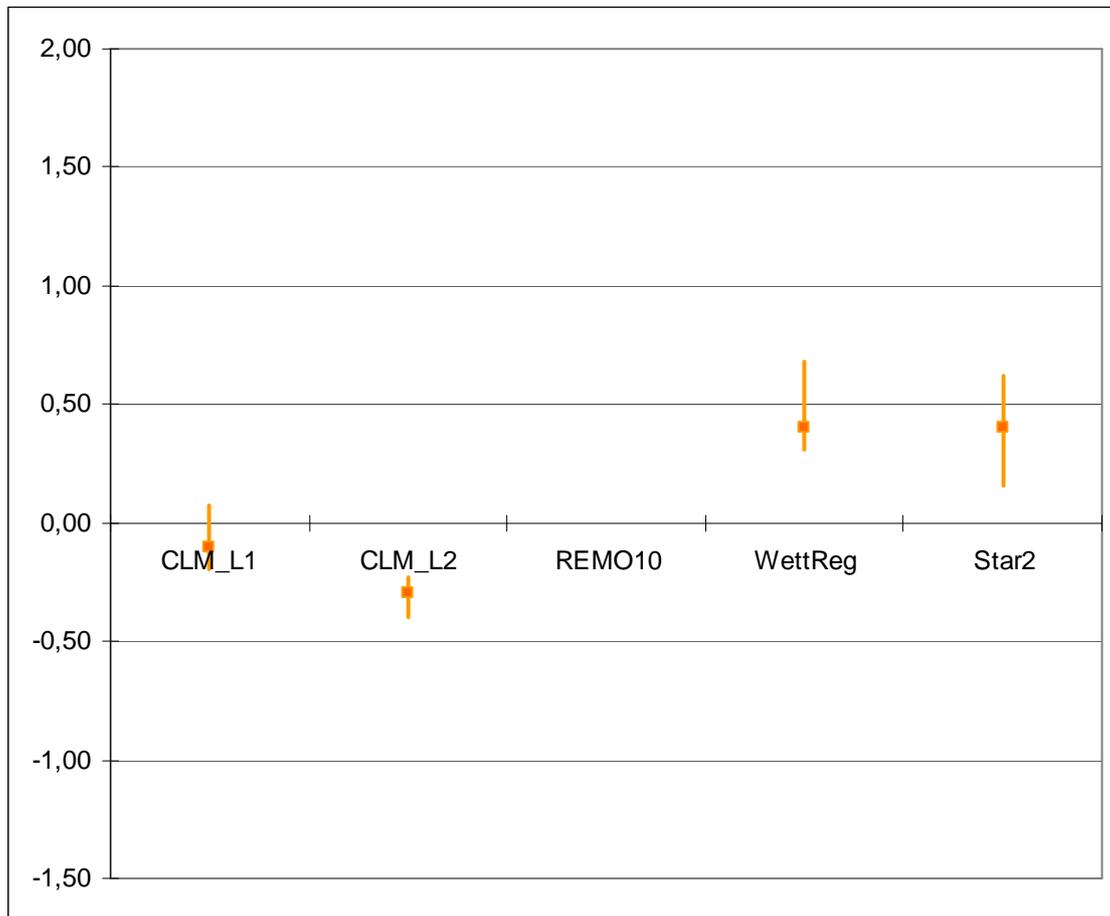


Abb. 6.15.4.2 – 6.15.4.6 Sonnenscheindauer 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Herbst

### 6.15.5 Sonnenscheindauer – meteorologischer Winter

Die Sonnenscheindauer gibt die Summe der Zeit in Stunden an einem Tag an, an dem der Strahlungsgrenzwert von 120 W/m<sup>2</sup> überschritten wird.

Es wird die modellspezifische Differenz der Sonnenscheindauer des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in h) dargestellt.



Angaben in h

■ Mittelwert

— Wertebereich/Spannweite

Abb.: 6.15.5.1 Sonnenscheindauer 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Winter

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -0,4 bis 0,7 h. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,3 und 0,4 h. Es ist für den meteorologischen Winter hinsichtlich der Sonnenscheindauer auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein Trend in den Modellen erkennbar.

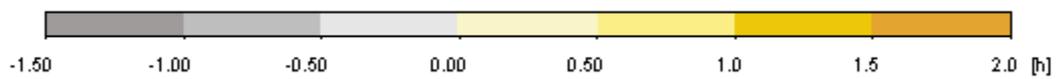
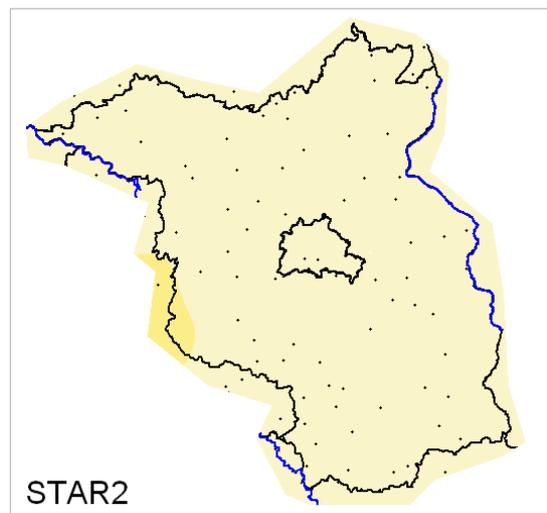
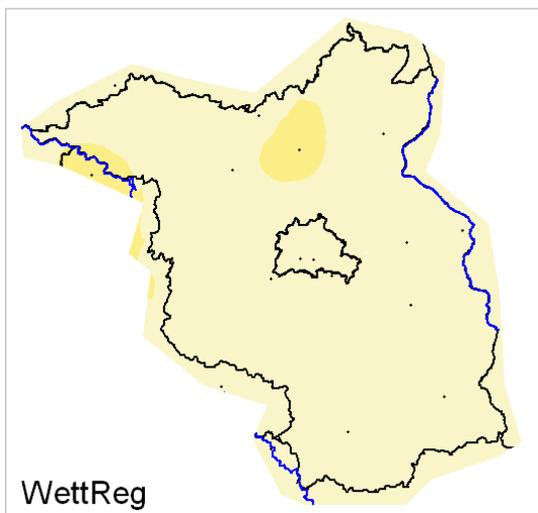
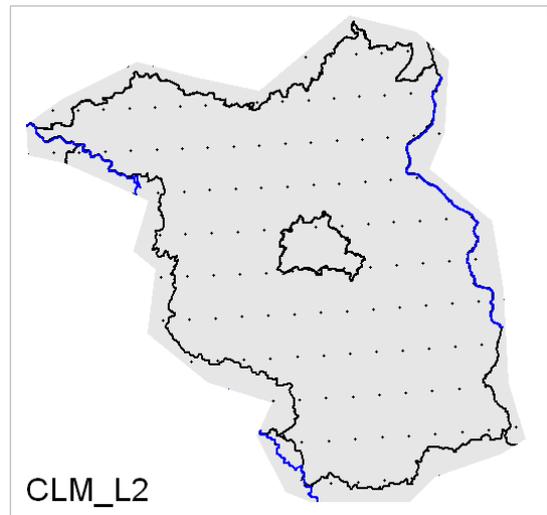
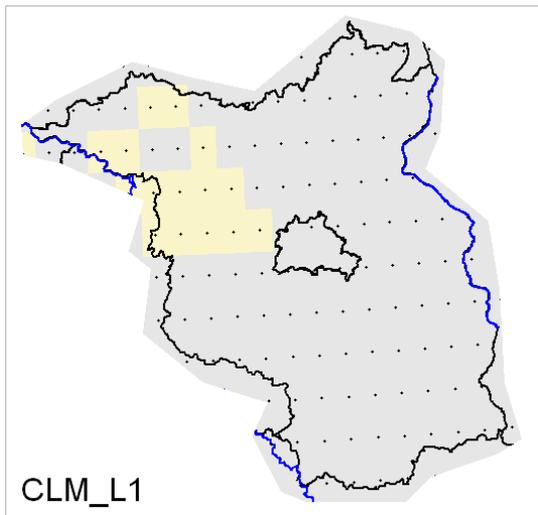


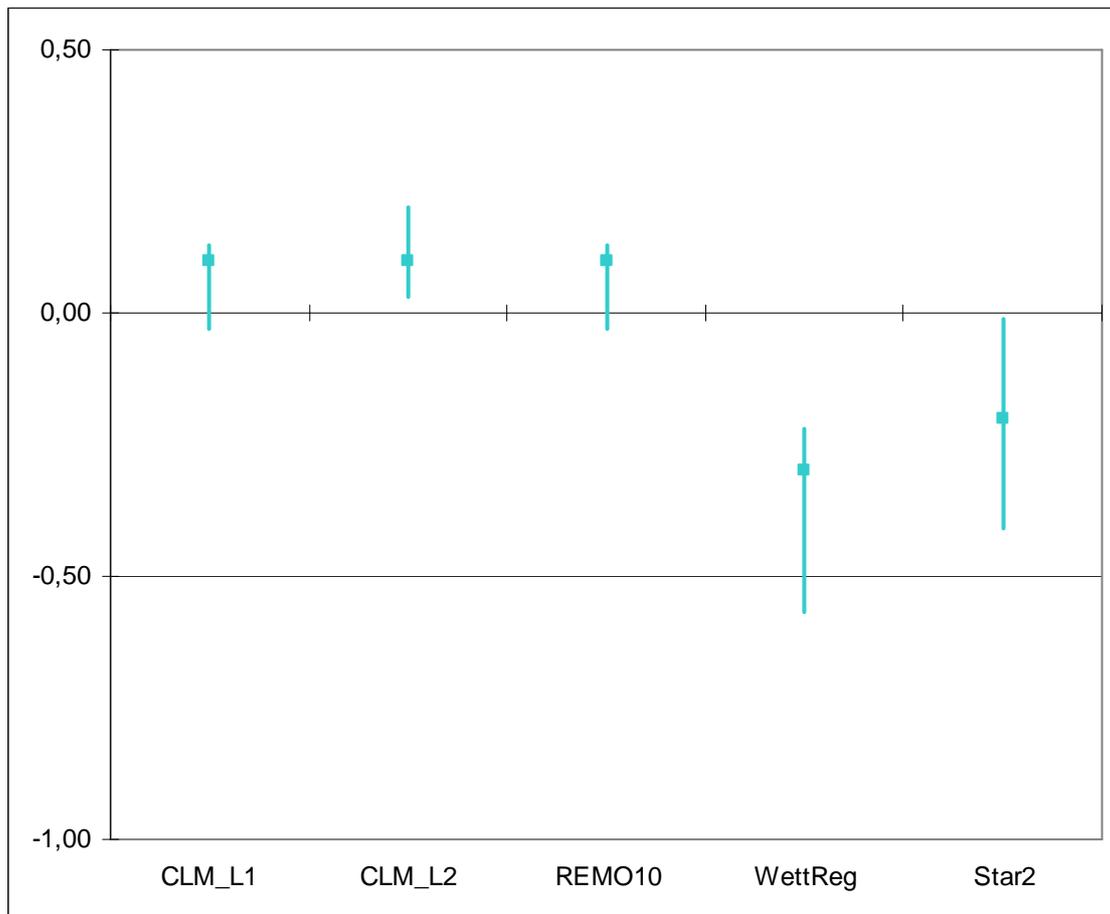
Abb. 6.15.5.2 – 6.15.5.6 Sonnenscheindauer 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Winter

## 6.16 Bedeckungsgrad

### 6.16.1 Bedeckungsgrad – meteorologisches Jahr

Der Bedeckungsgrad gibt den Grad der Bedeckung bzw. Bewölkung in Achtel an. Dabei wird der Anteil der Bedeckung am Himmel innerhalb eines Sichtfeldes abgeschätzt. Bei null Achtel ist der Himmel wolkenlos und bei acht Achtel bewölkt.

Es wird die modellspezifische Differenz des Bedeckungsgrades des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in Achtel (/8) dargestellt.



Angaben in Achtel      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.16.1.1 Bedeckungsgrad 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -0,6 bis 0,2 Achtel. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,3 und 0,1 Achtel. Es ist für das meteorologische Jahr hinsichtlich des Bedeckungsgrades auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein Trend in den Modellen erkennbar.

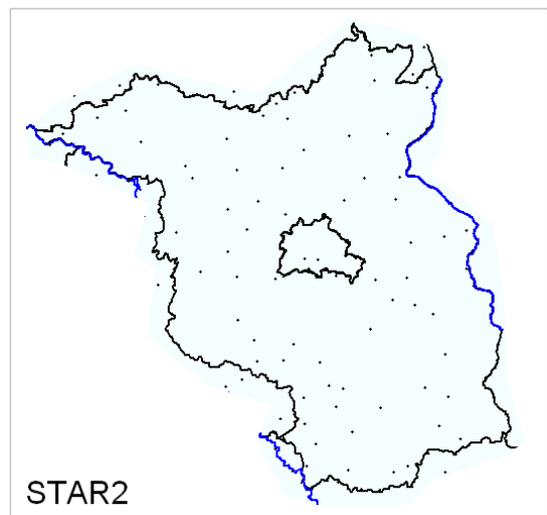
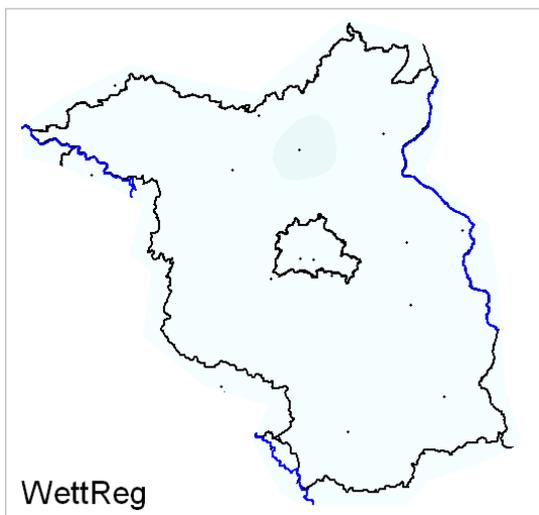
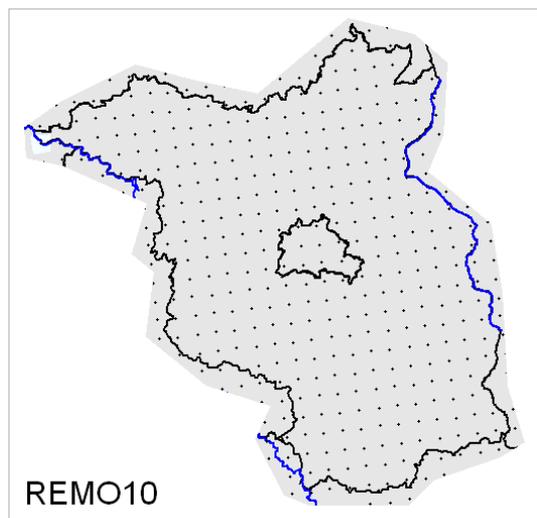
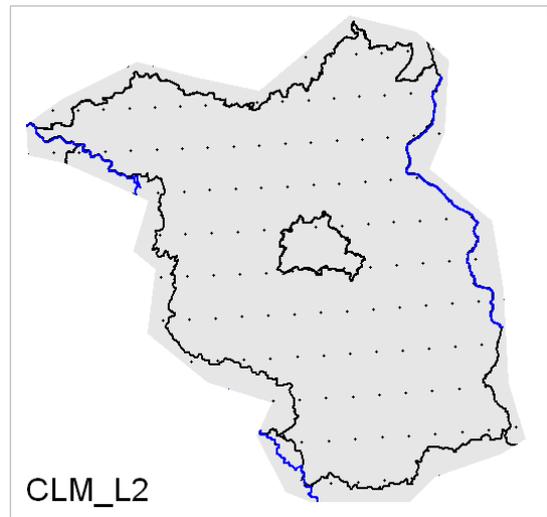
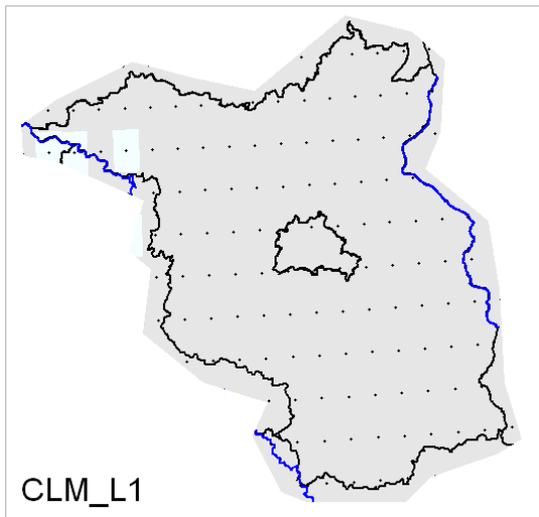
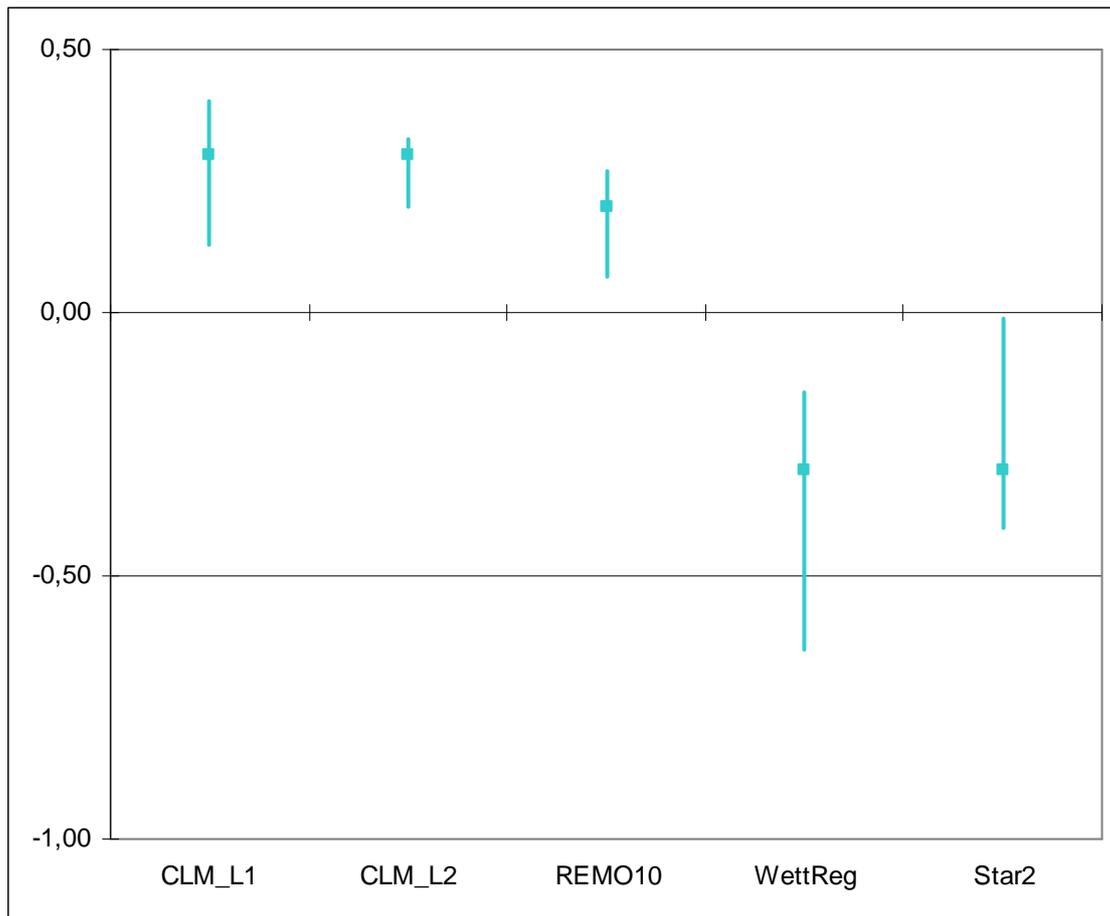


Abb. 6.16.1.2 – 6.16.1.6 Bedeckungsgrad 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

### 6.16.2 Bedeckungsgrad – meteorologisches Frühjahr

Der Bedeckungsgrad gibt den Grad der Bedeckung bzw. Bewölkung in Achtel an. Dabei wird der Anteil der Bedeckung am Himmel innerhalb eines Sichtfeldes abgeschätzt. Bei null Achtel ist der Himmel wolkenlos und bei acht Achtel bewölkt.

Es wird die modellspezifische Differenz des Bedeckungsgrades des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in Achtel (/8) dargestellt.



Angaben in Achtel      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.16.2.1 Bedeckungsgrad 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Frühjahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -0,6 bis 0,4 Achtel. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,3 und 0,3 Achtel. Es ist für das meteorologische Frühjahr hinsichtlich des Bedeckungsgrades auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein einheitlicher Trend in den Modellen erkennbar.

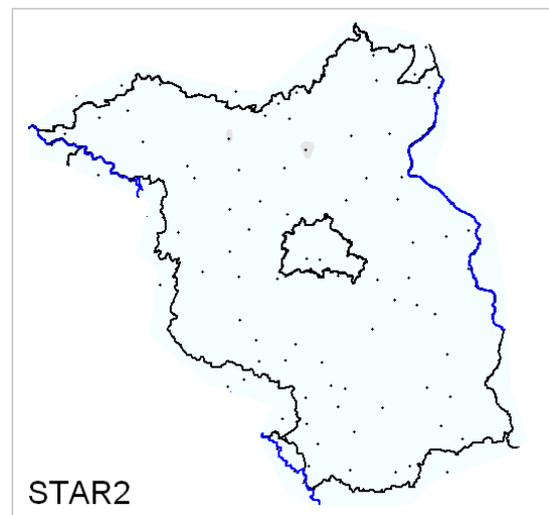
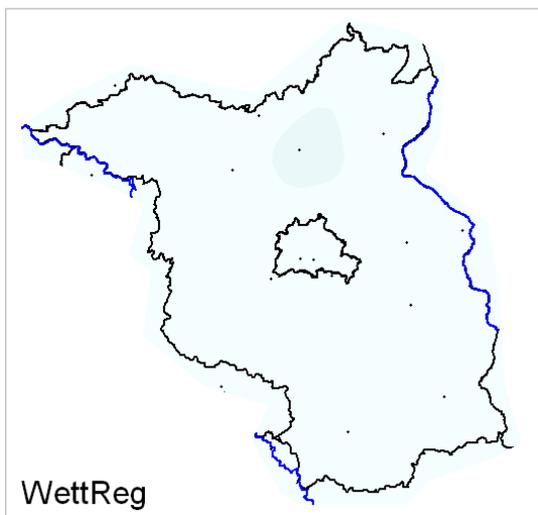
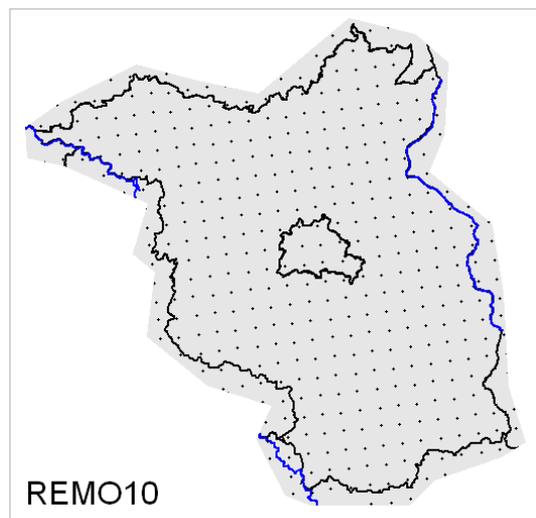
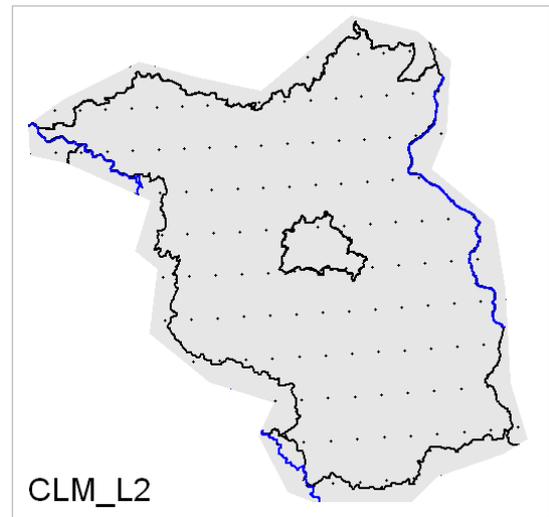
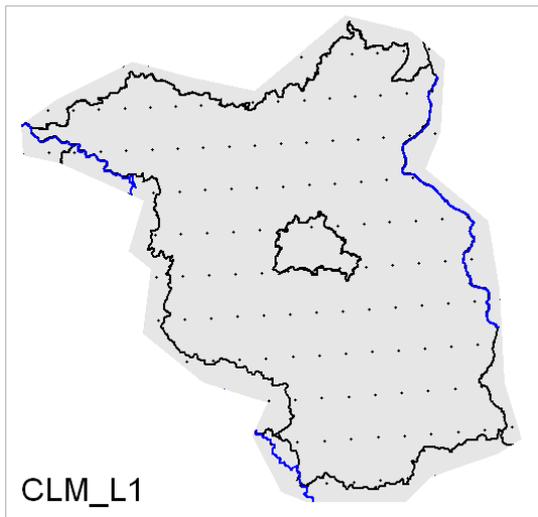
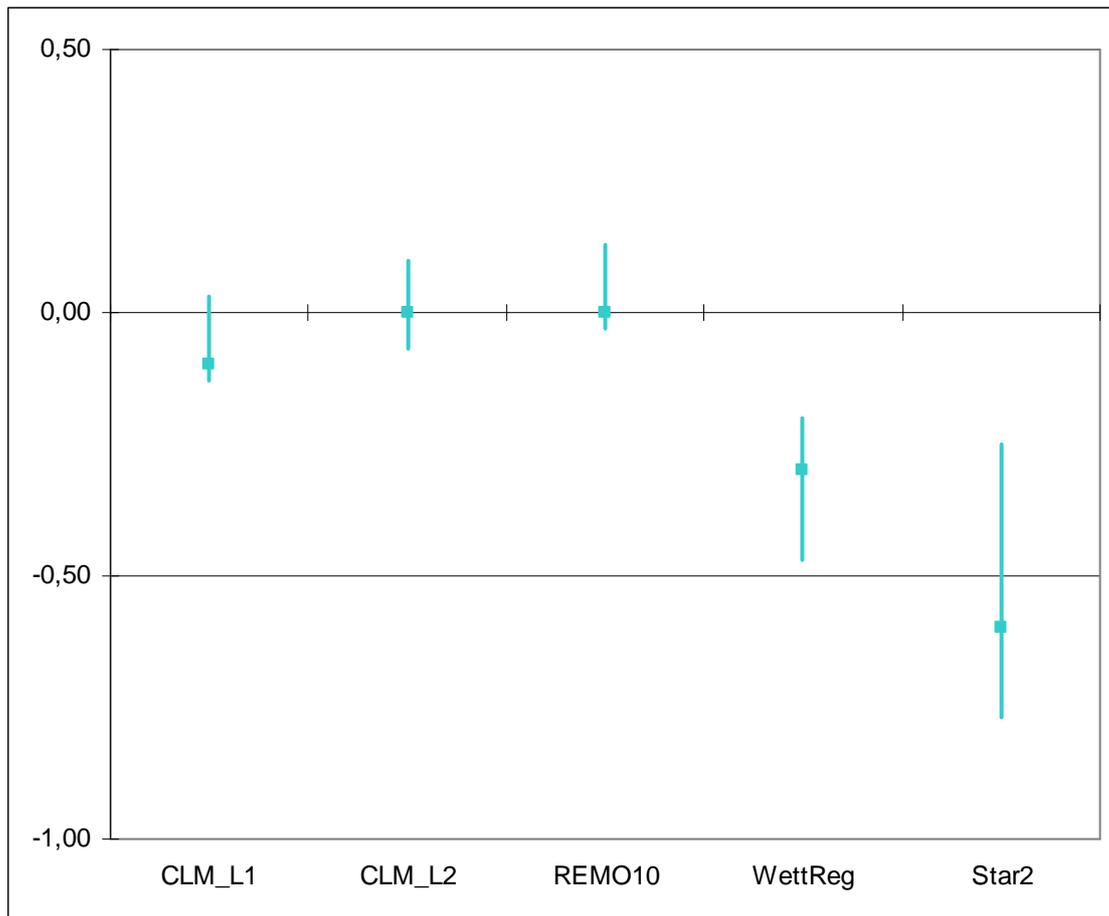


Abb. 6.16.2.2 – 6.16.2.6 Bedeckungsgrad 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Frühjahr

### 6.16.3 Bedeckungsgrad – meteorologischer Sommer

Der Bedeckungsgrad gibt den Grad der Bedeckung bzw. Bewölkung in Achtel an. Dabei wird der Anteil der Bedeckung am Himmel innerhalb eines Sichtfeldes abgeschätzt. Bei null Achtel ist der Himmel wolkenlos und bei acht Achtel bewölkt.

Es wird die modellspezifische Differenz des Bedeckungsgrades des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in Achtel (/8) dargestellt.



Angaben in Achtel      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.16.3.1 Bedeckungsgrad 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Sommer

#### Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -0,8 bis 0,1 Achtel. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,6 und 0 Achtel. Es ist für den meteorologischen Sommer hinsichtlich des Bedeckungsgrades auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B lediglich ein Trend in den statistischen Modellen (WettReg; STAR2) erkennbar. Die dynamischen Modelle weisen kein Änderungssignal aus.

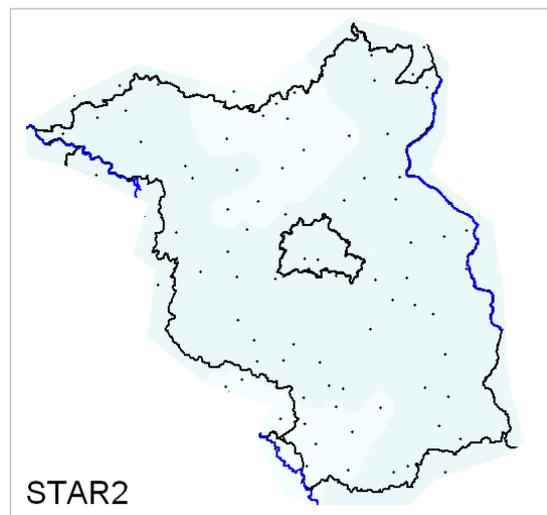
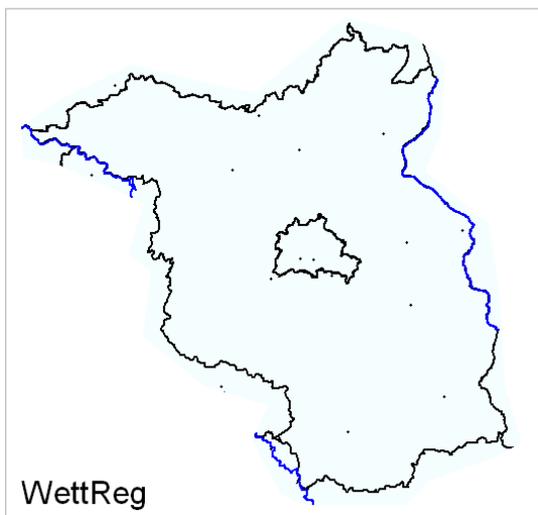
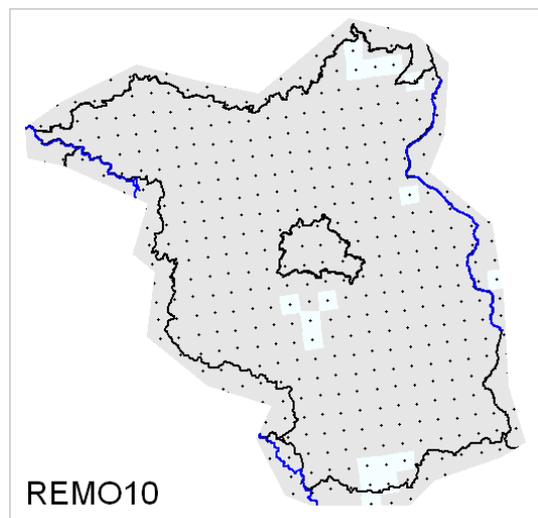
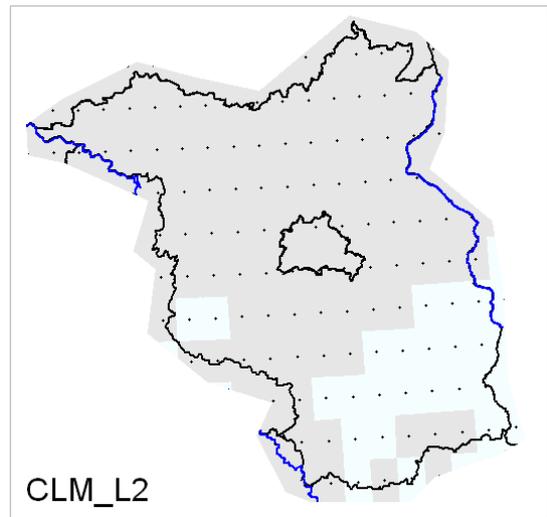
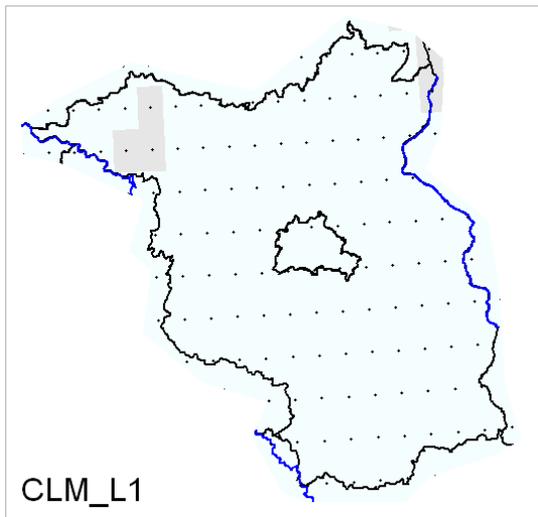
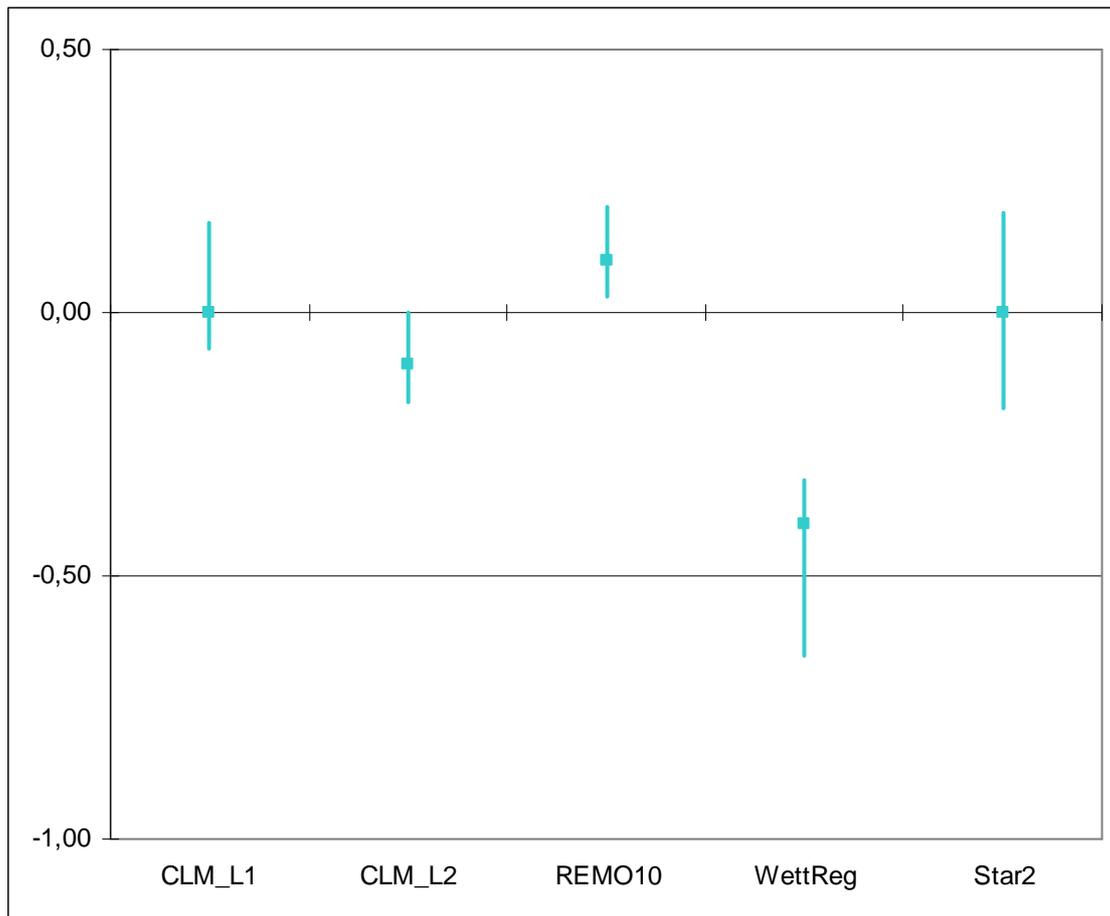


Abb. 6.16.3.2 – 6.16.3.6 Bedeckungsgrad 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Sommer

### 6.16.4 Bedeckungsgrad – meteorologischer Herbst

Der Bedeckungsgrad gibt den Grad der Bedeckung bzw. Bewölkung in Achtel an. Dabei wird der Anteil der Bedeckung am Himmel innerhalb eines Sichtfeldes abgeschätzt. Bei null Achtel ist der Himmel wolkenlos und bei acht Achtel bewölkt.

Es wird die modellspezifische Differenz des Bedeckungsgrades des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in Achtel (/8) dargestellt.



Angaben in Achtel      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.16.4.1 Bedeckungsgrad 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Herbst

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -0,6 bis 0,2 Achtel. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,4 und 0,1 Achtel. Es ist für den meteorologischen Herbst hinsichtlich des Bedeckungsgrades auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein Trend in den Modellen erkennbar.

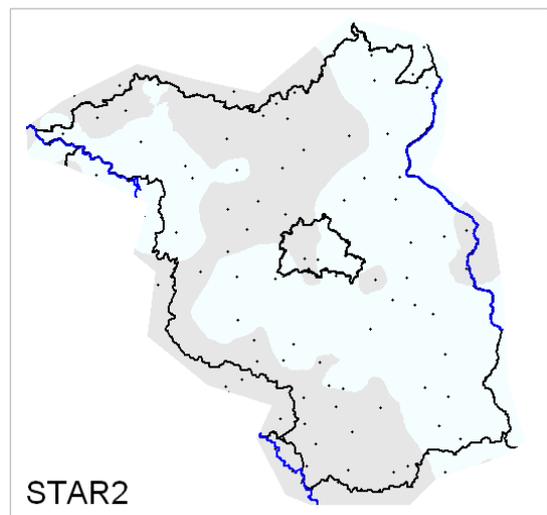
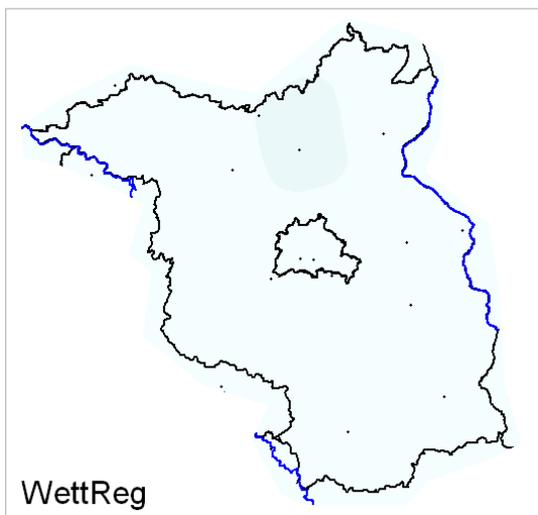
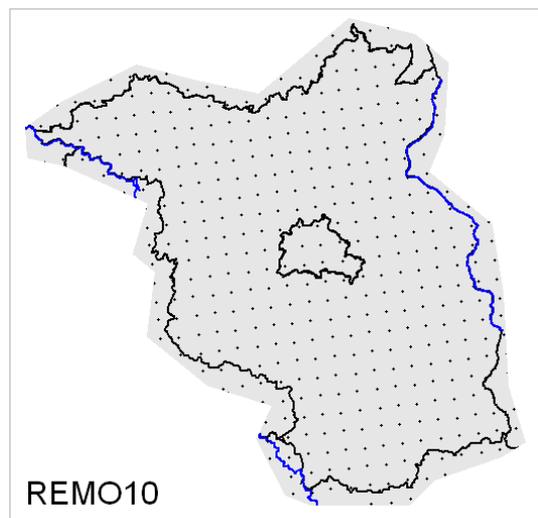
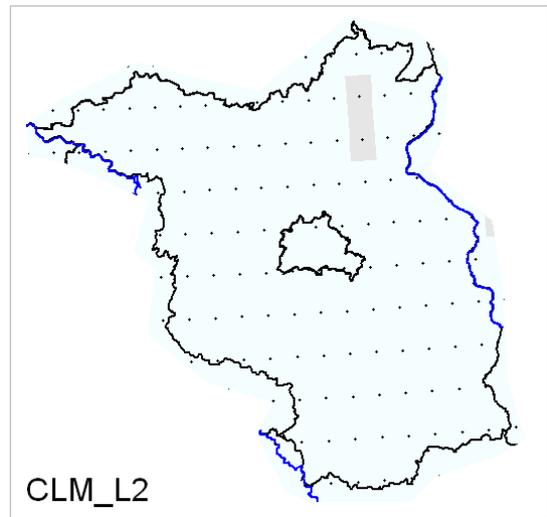
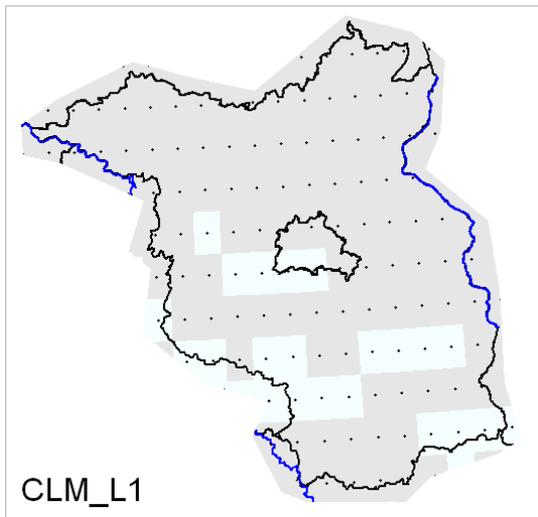
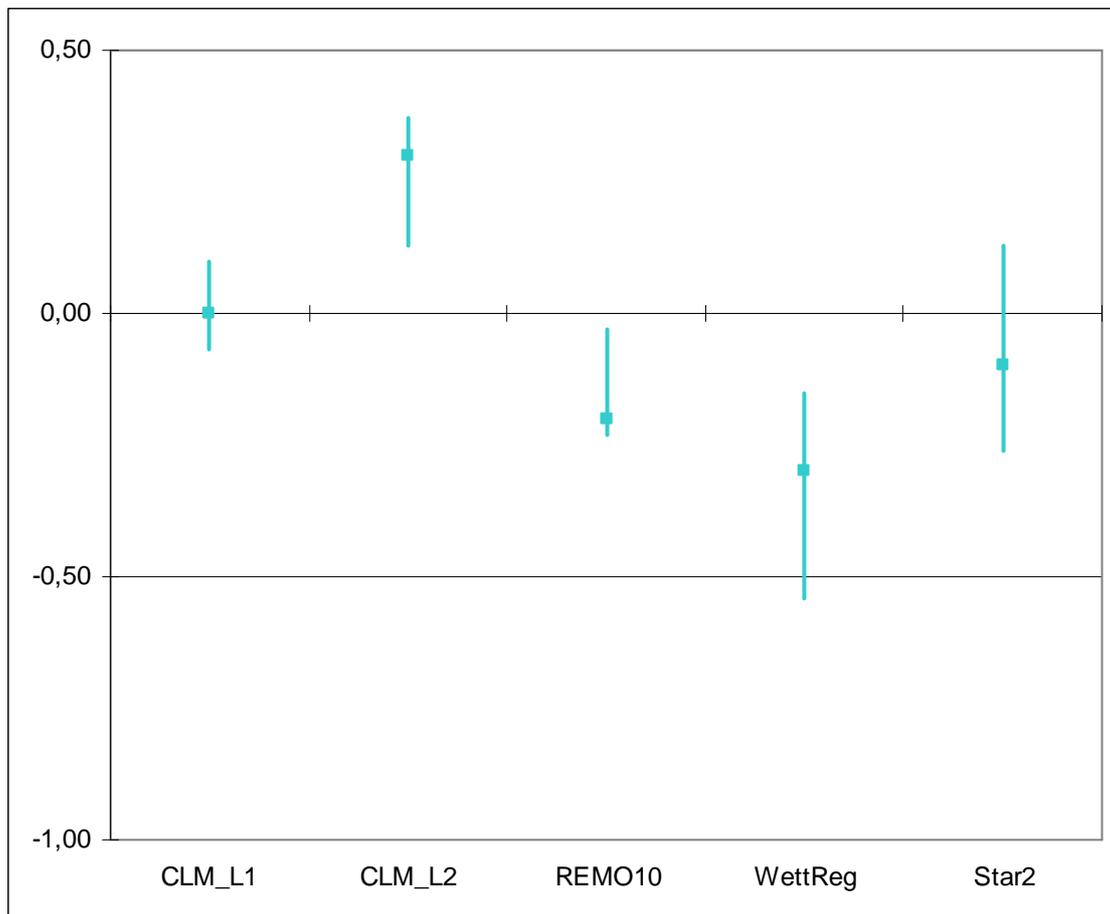


Abb. 6.16.4.2 – 6.16.4.6 Bedeckungsgrad 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Herbst

### 6.16.5 Bedeckungsgrad – meteorologischer Winter

Der Bedeckungsgrad gibt den Grad der Bedeckung bzw. Bewölkung in Achtel an. Dabei wird der Anteil der Bedeckung am Himmel innerhalb eines Sichtfeldes abgeschätzt. Bei null Achtel ist der Himmel wolkenlos und bei acht Achtel bewölkt.

Es wird die modellspezifische Differenz des Bedeckungsgrades des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in Achtel (/8) dargestellt.



Angaben in Achtel      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.16.5.1 Bedeckungsgrad 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Winter

#### Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -0,5 bis 0,4 Achtel. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,3 und 0,3 Achtel. Es ist für den meteorologischen Winter hinsichtlich des Bedeckungsgrades auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein Trend in den Modellen erkennbar.

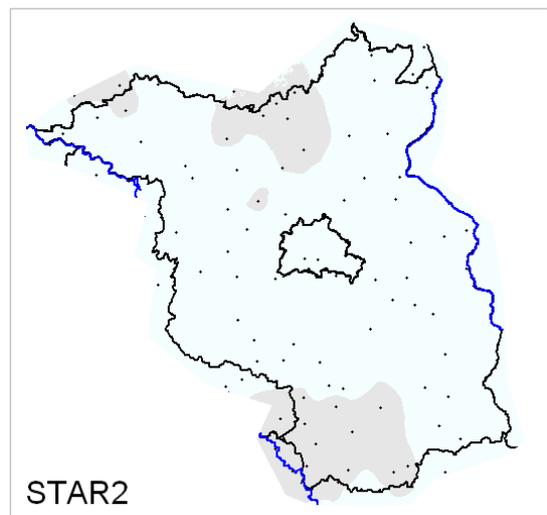
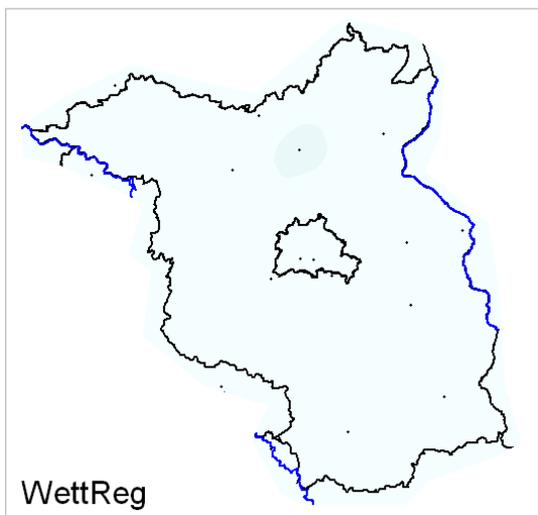
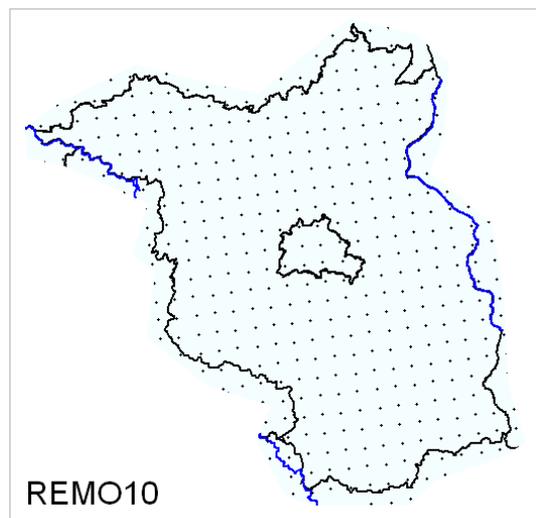
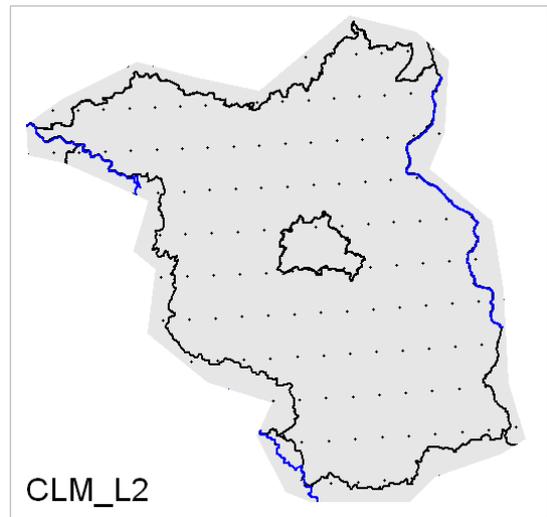
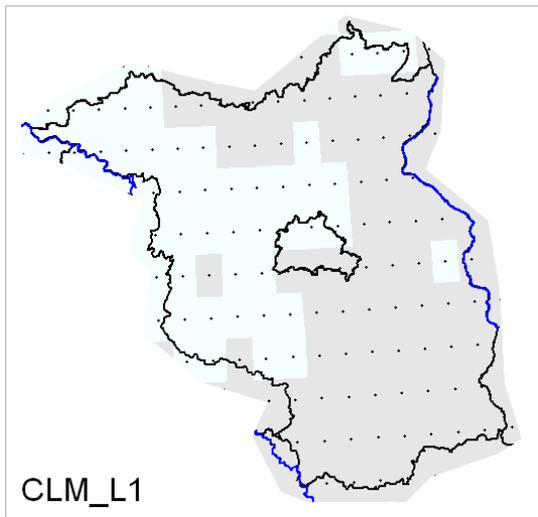


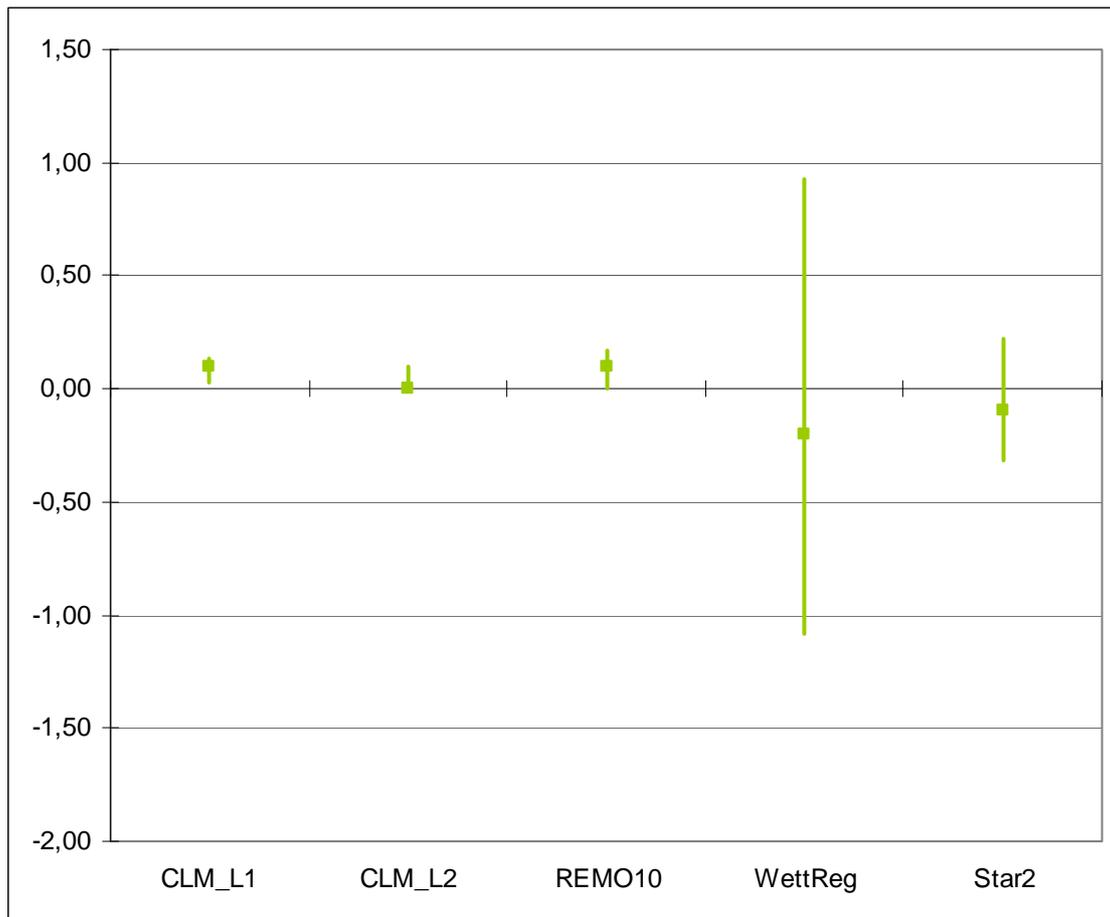
Abb. 6.16.5.2 – 6.16.5.6 Bedeckungsgrad 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Winter

## 6.17 Windgeschwindigkeit

### 6.17.1 Windgeschwindigkeit – meteorologisches Jahr

Unter Windgeschwindigkeit versteht man die Geschwindigkeit bewegter Luft in m/s. In dieser Auswertung ist die Windgeschwindigkeit über den jeweiligen Zeitraum von drei Dekaden gemittelt. Abgebildet wird daher eine mittlere Windgeschwindigkeit.

Es wird die modellspezifische Differenz der Windgeschwindigkeit des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in m/s) dargestellt.



Angaben in m/s

■ Mittelwert

— Wertebereich/Spannweite

Abb.: 6.17.1.1 Windgeschwindigkeit 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -1,1 bis 0,9 m/s. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,2 und 0,1 m/s. Es ist für das meteorologische Jahr hinsichtlich der Windgeschwindigkeit auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein Trend in den Modellen erkennbar.

Die hohe Spannweite der WettReg-Werte beruht voraussichtlich auf stationsbezogenen Datenfehlern [5]. Dies wird auch in allen folgenden WettReg-Abbildungen zur Windgeschwindigkeit sehr deutlich.

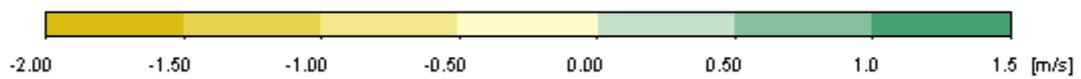
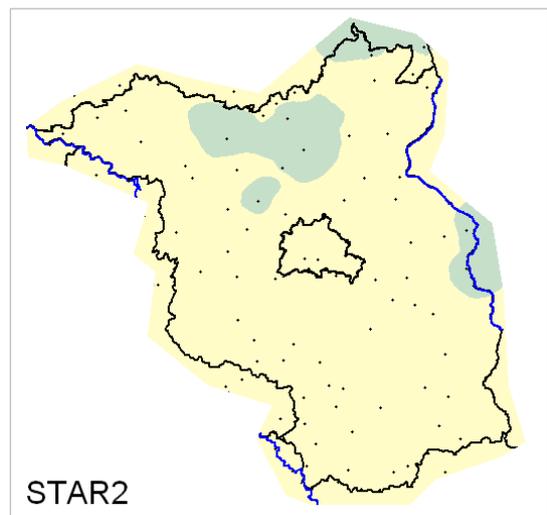
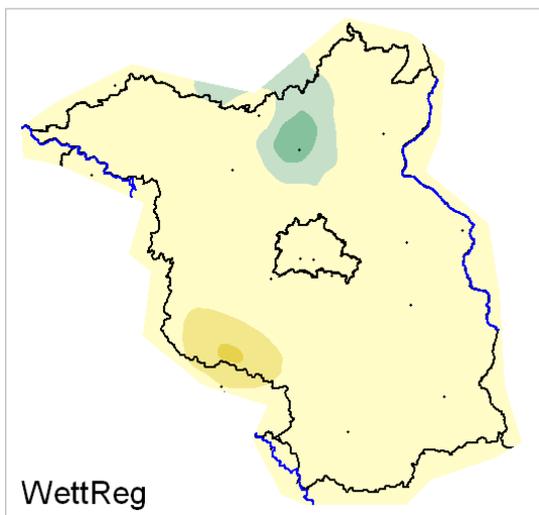
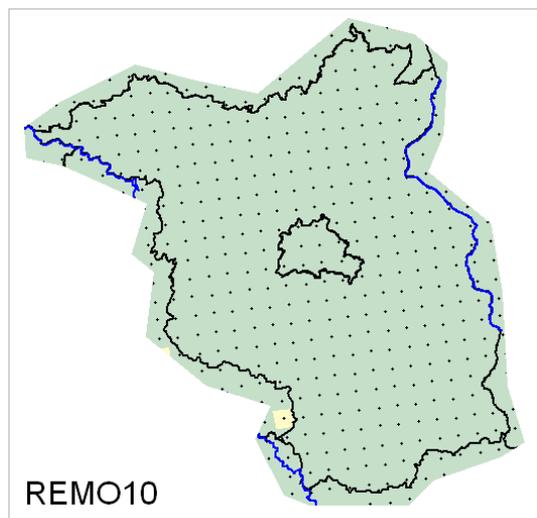
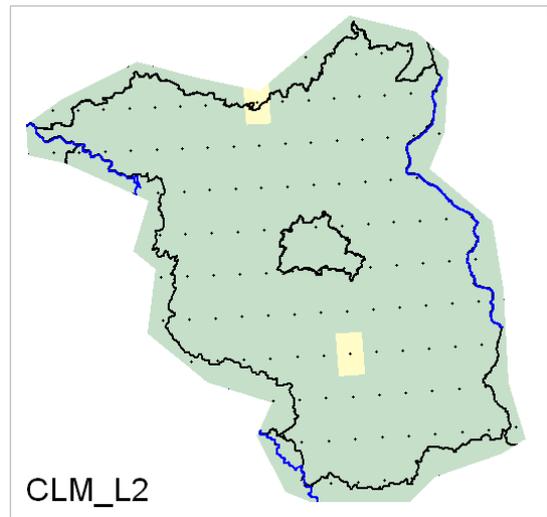
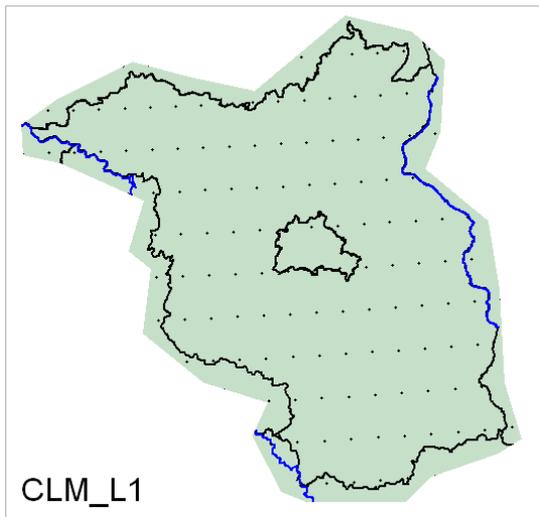
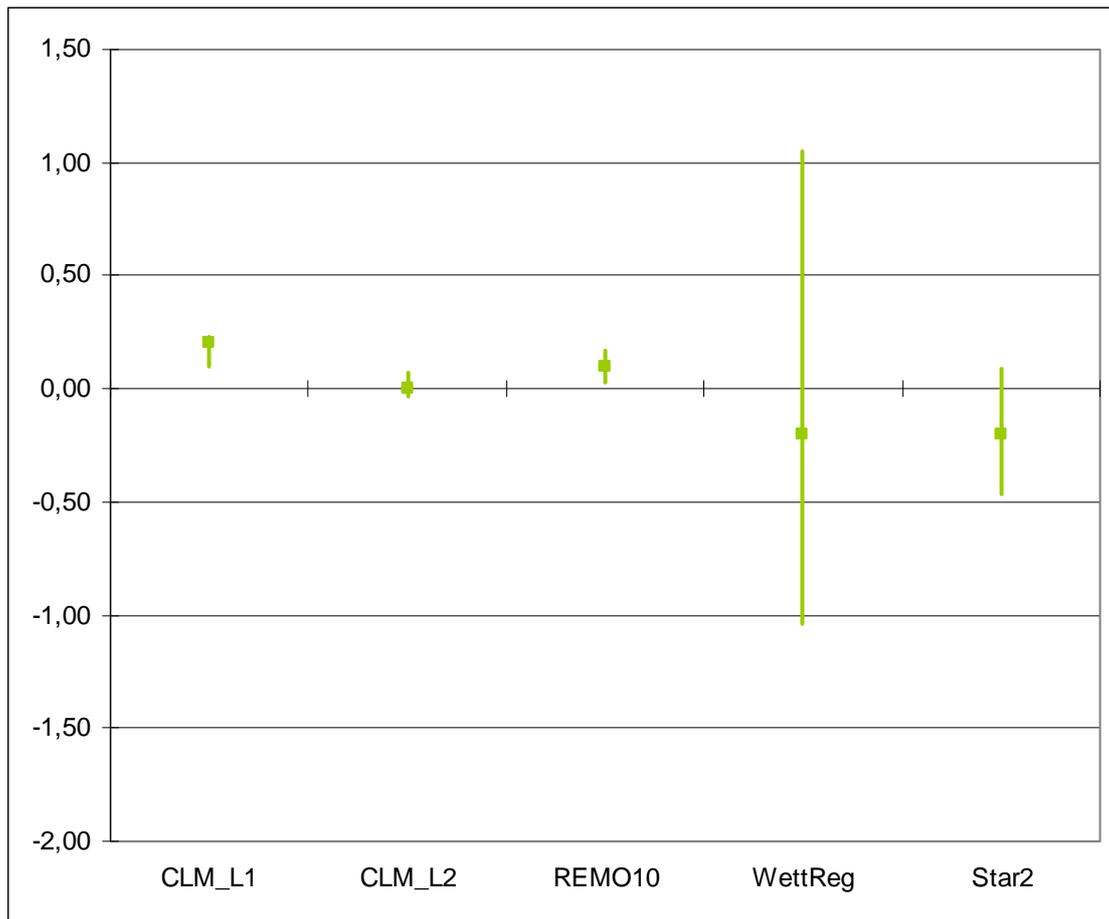


Abb. 6.17.1.2 – 6.17.1.6 Windgeschwindigkeit 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

### 6.17.2 Windgeschwindigkeit – meteorologisches Frühjahr

Unter Windgeschwindigkeit versteht man die Geschwindigkeit bewegter Luft in m/s. In dieser Auswertung ist die Windgeschwindigkeit über den jeweiligen Zeitraum von drei Dekaden gemittelt. Abgebildet wird daher eine mittlere Windgeschwindigkeit.

Es wird die modellspezifische Differenz der Windgeschwindigkeit des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in m/s) dargestellt.



Angaben in m/s

■ Mittelwert

— Wertebereich/Spannweite

Abb.: 6.17.2.1 Windgeschwindigkeit 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Frühjahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -1,0 bis 1,0 m/s. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,2 und 0,2 m/s. Es ist für das meteorologische Frühjahr hinsichtlich der Windgeschwindigkeit auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein Trend in den Modellen erkennbar.

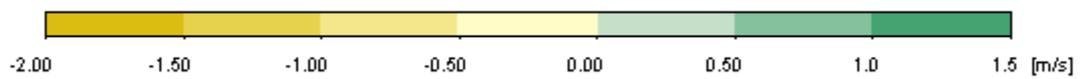
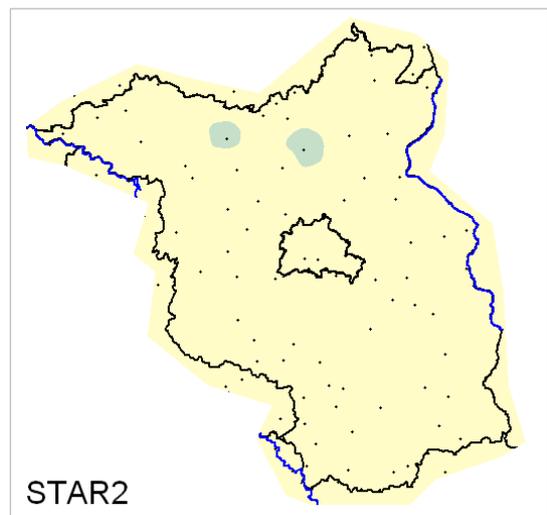
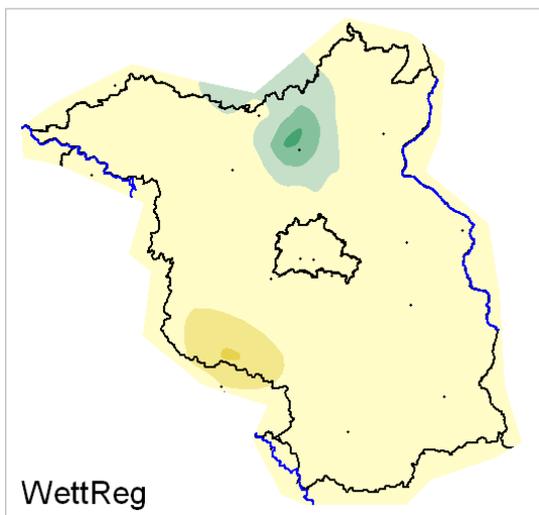
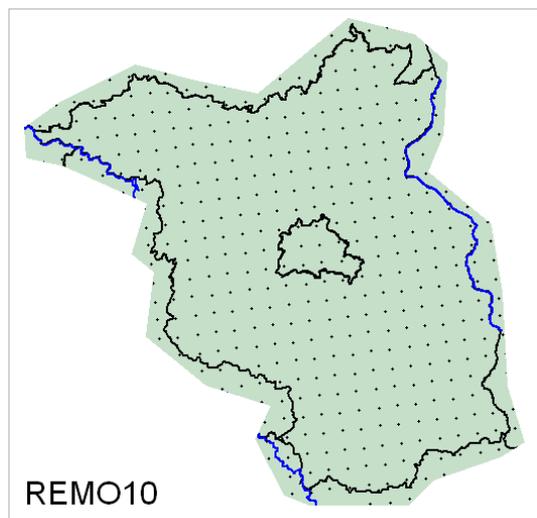
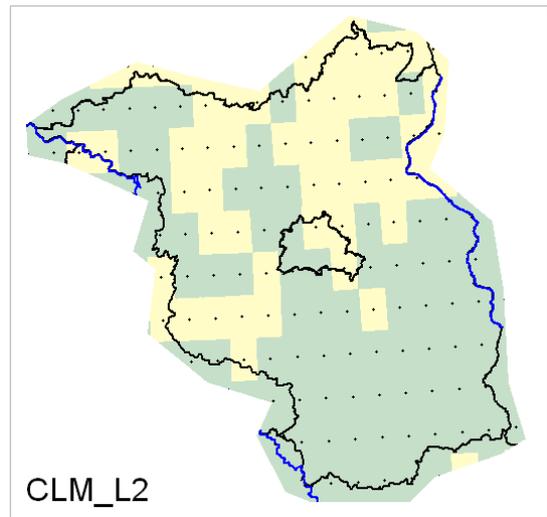
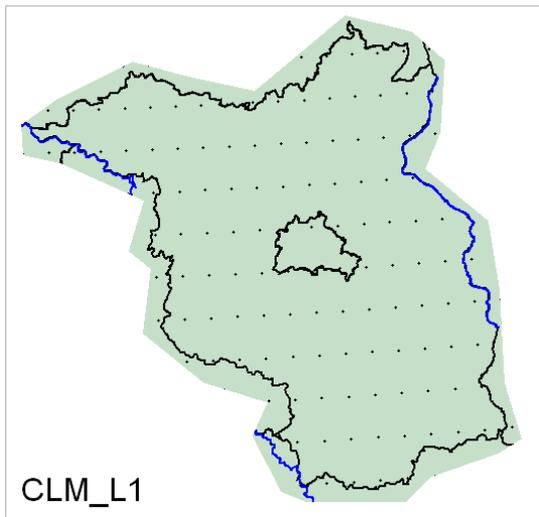
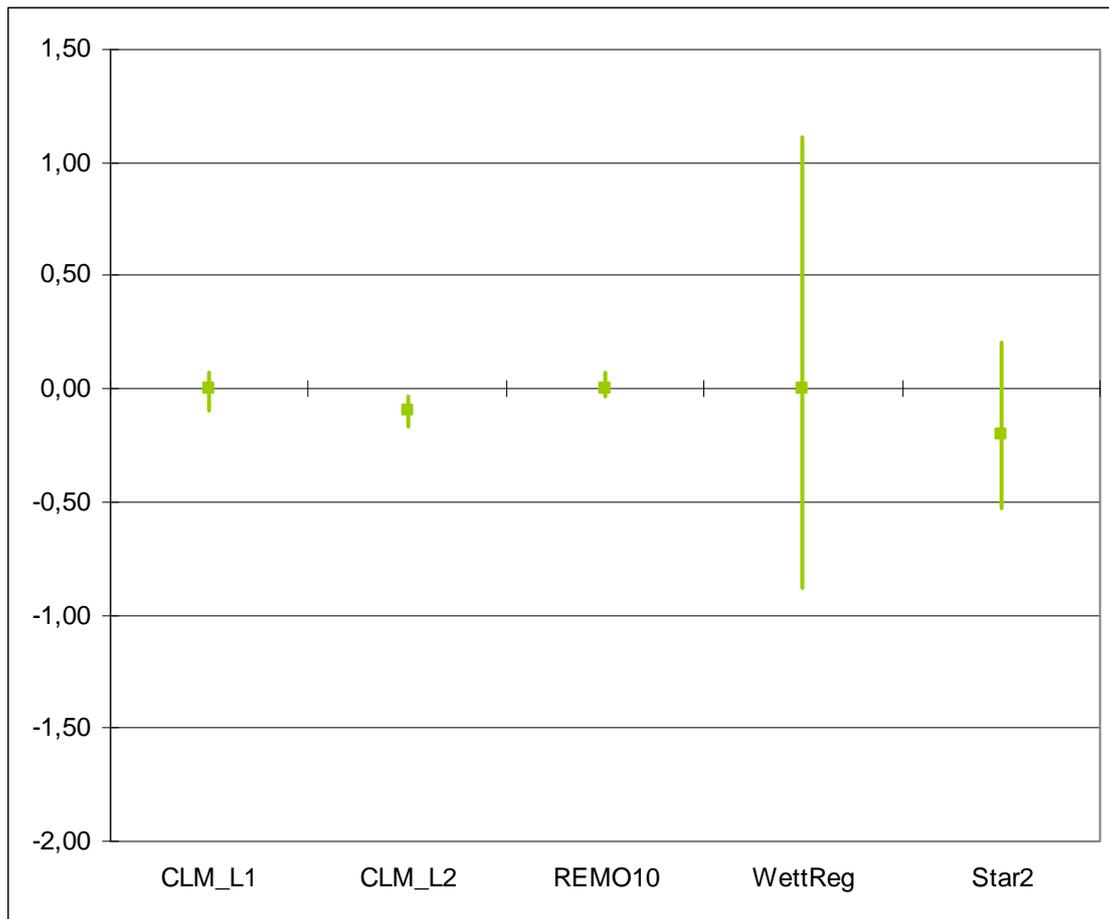


Abb. 6.17.2.2 – 6.17.2.6 Windgeschwindigkeit 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Frühjahr

### 6.17.3 Windgeschwindigkeit – meteorologischer Sommer

Unter Windgeschwindigkeit versteht man die Geschwindigkeit bewegter Luft in m/s. In dieser Auswertung ist die Windgeschwindigkeit über den jeweiligen Zeitraum von drei Dekaden gemittelt. Abgebildet wird daher eine mittlere Windgeschwindigkeit.

Es wird die modellspezifische Differenz der Windgeschwindigkeit des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in m/s) dargestellt.



Angaben in m/s

■ Mittelwert

— Wertebereich/Spannweite

Abb.: 6.17.3.1 Windgeschwindigkeit 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Sommer

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -0,9 bis 1,1 m/s. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,2 und 0 m/s. Es ist für den meteorologischen Sommer hinsichtlich der Windgeschwindigkeit auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein Trend in den Modellen erkennbar.

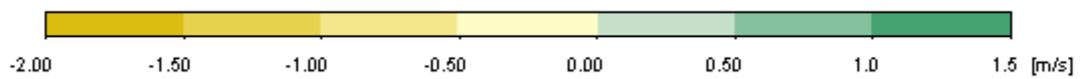
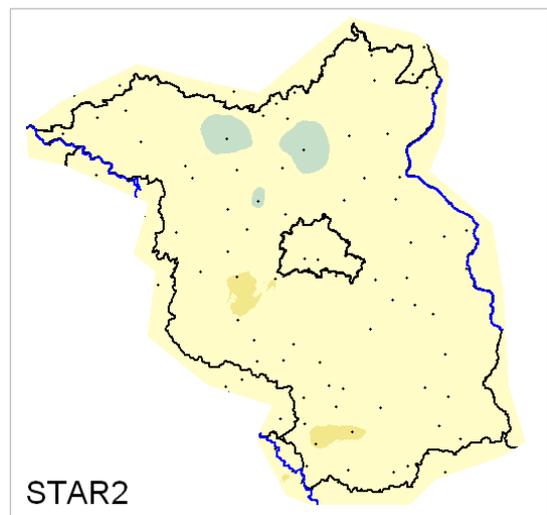
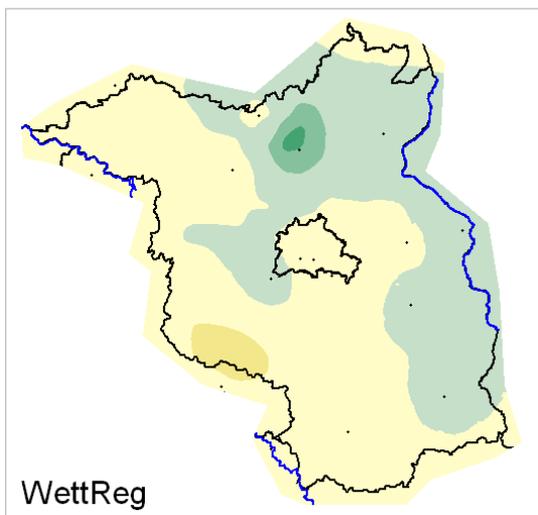
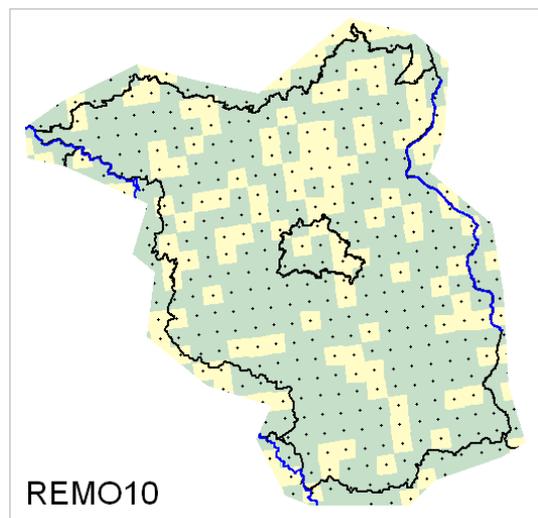
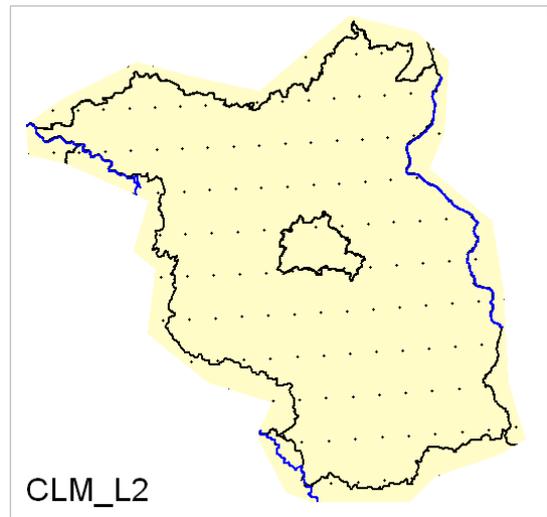
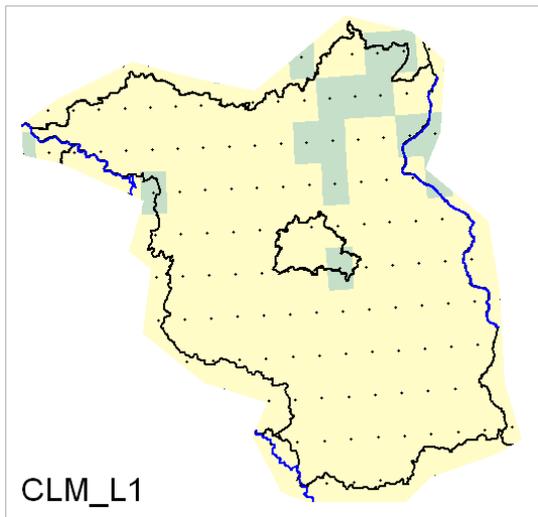
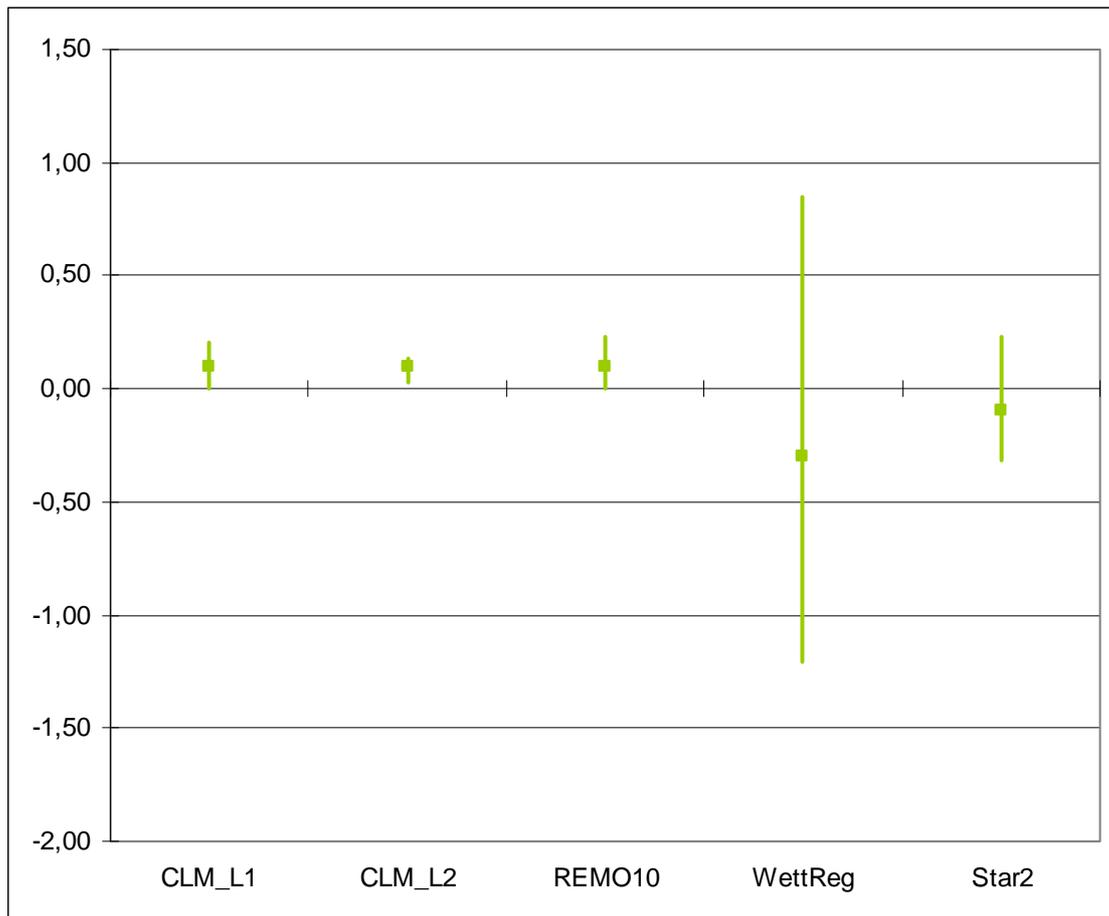


Abb. 6.17.3.2 – 6.17.3.6 Windgeschwindigkeit 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Sommer

### 6.17.4 Windgeschwindigkeit – meteorologischer Herbst

Unter Windgeschwindigkeit versteht man die Geschwindigkeit bewegter Luft in m/s. In dieser Auswertung ist die Windgeschwindigkeit über den jeweiligen Zeitraum von drei Dekaden gemittelt. Abgebildet wird daher eine mittlere Windgeschwindigkeit.

Es wird die modellspezifische Differenz der Windgeschwindigkeit des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in m/s) dargestellt.



Angaben in m/s

■ Mittelwert

— Wertebereich/Spannweite

Abb.: 6.17.4.1 Windgeschwindigkeit 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Herbst

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -1,2 bis 0,9 m/s. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,3 und 0,1 m/s. Es ist für den meteorologischen Herbst hinsichtlich der Windgeschwindigkeit auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein Trend in den Modellen erkennbar.

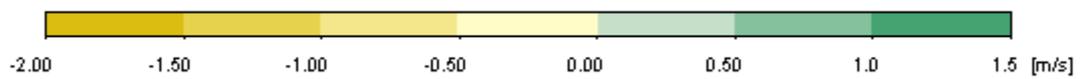
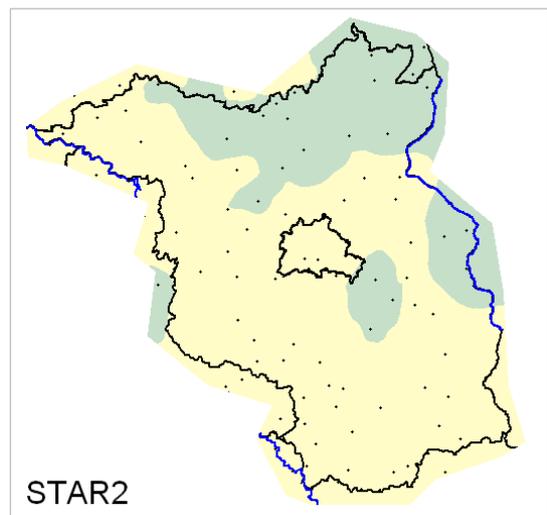
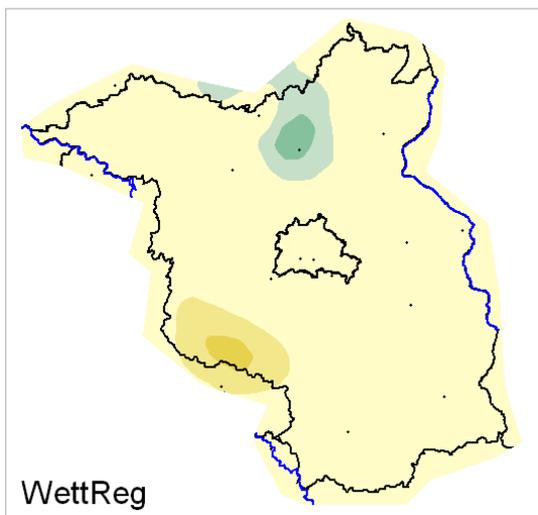
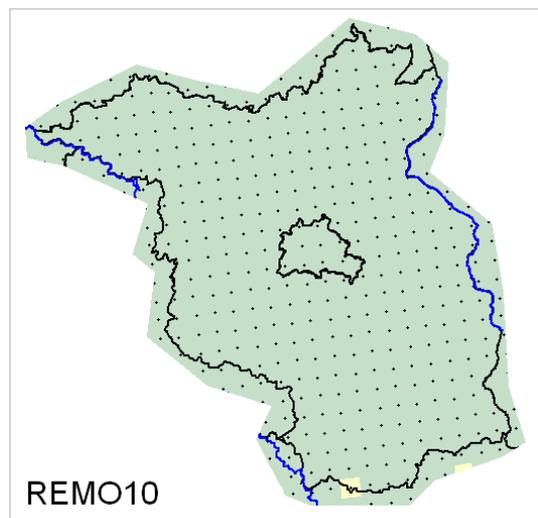
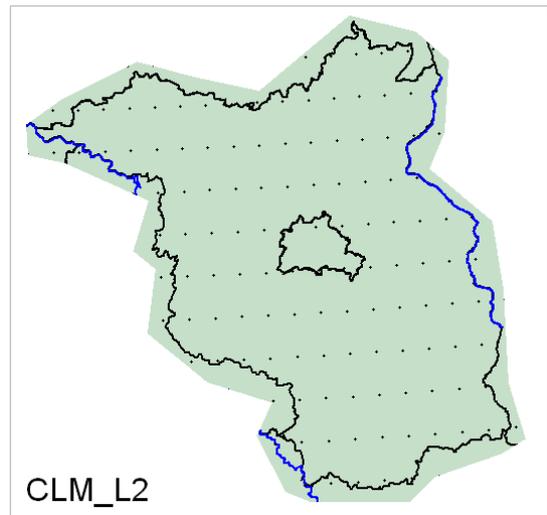
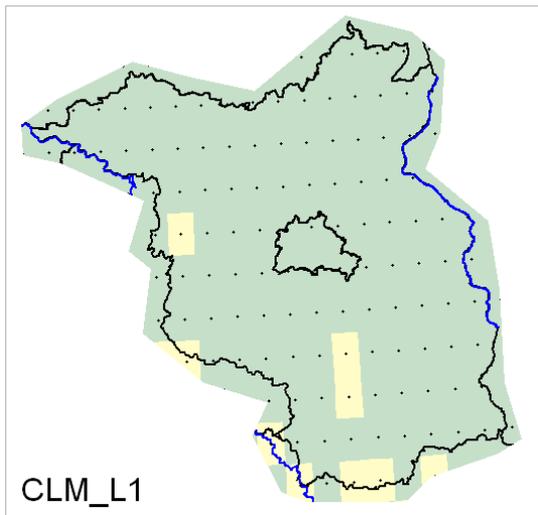
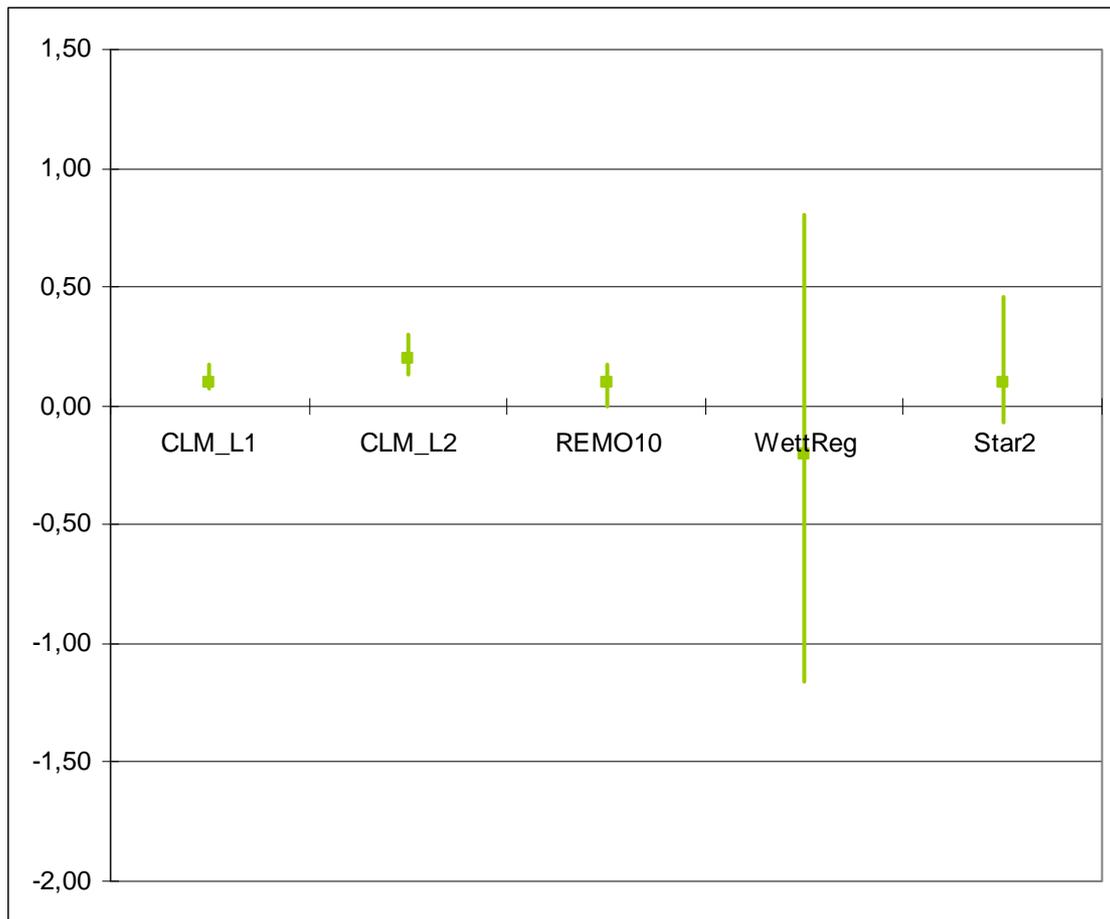


Abb. 6.17.4.2 – 6.17.4.6 Windgeschwindigkeit 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Winter

### 6.17.5 Windgeschwindigkeit – meteorologischer Winter

Unter Windgeschwindigkeit versteht man die Geschwindigkeit bewegter Luft in m/s. In dieser Auswertung ist die Windgeschwindigkeit über den jeweiligen Zeitraum von drei Dekaden gemittelt. Abgebildet wird daher eine mittlere Windgeschwindigkeit.

Es wird die modellspezifische Differenz der Windgeschwindigkeit des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in m/s) dargestellt.



Angaben in m/s      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.17.5.1 Windgeschwindigkeit 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Winter

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -1,1 bis 0,8 m/s. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,2 und 0,2 m/s. Es ist für den meteorologischen Winter hinsichtlich der Windgeschwindigkeit auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein Trend in den Modellen erkennbar.

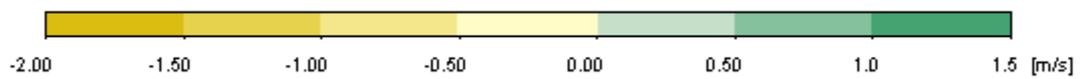
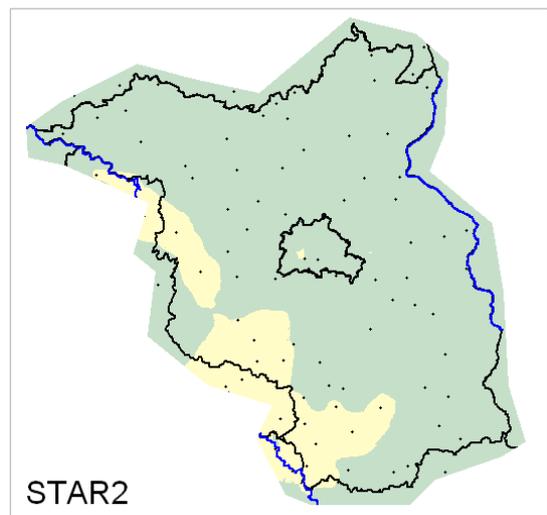
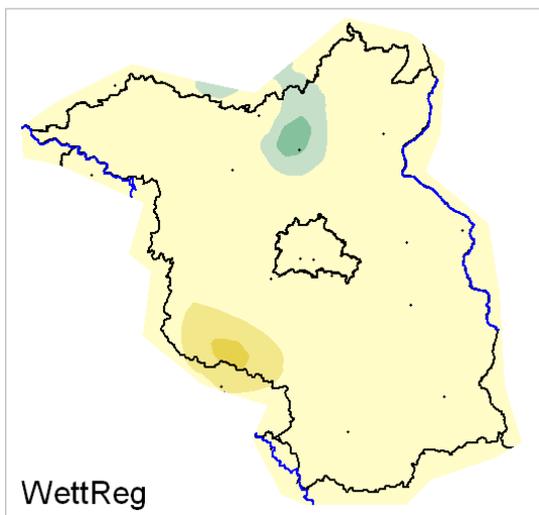
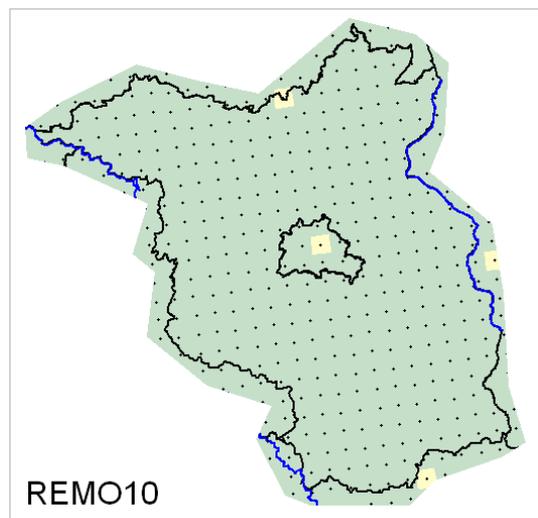
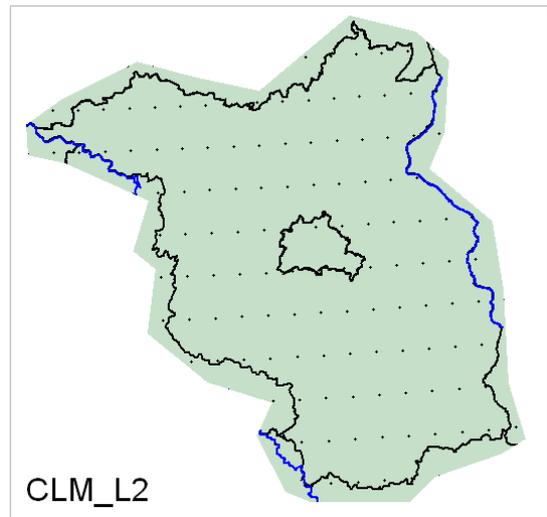
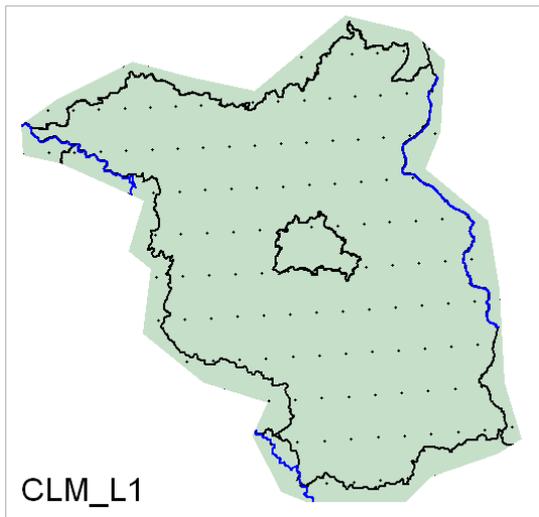
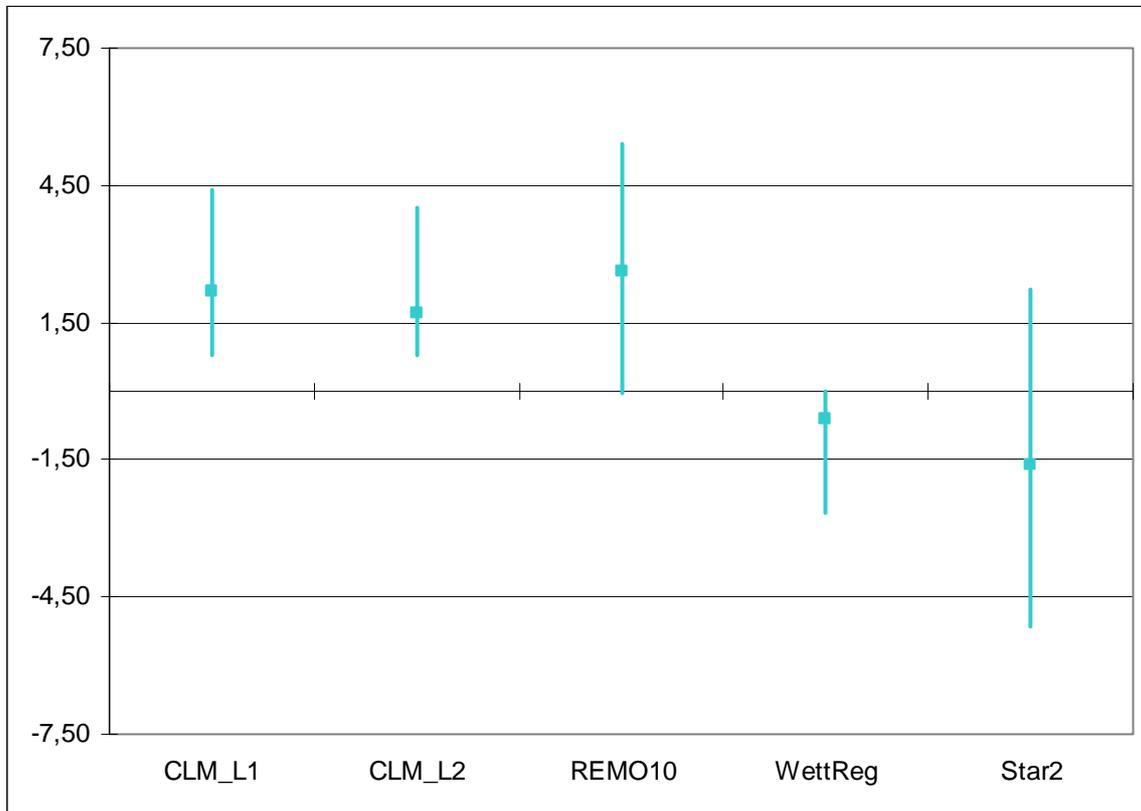


Abb. 6.17.5.2 – 6.17.5.6 Windgeschwindigkeit 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologischer Herbst

## 6.18 Anzahl der Tage mit Starkwind

Als Tage mit Starkwind werden solche Tage bezeichnet, an denen die mittlere Windgeschwindigkeit 8 m/s und größer ist.

Es wird die modellspezifische Differenz der Anzahl der Tage mit Starkwind des Projektionszeitraums 2031 - 2060 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in Tagen dargestellt.



Angaben in Tagen      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.18.1 Starkwindtage 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -5,2 bis 5,4 Tage. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -1,6 und 2,6 Tage. Es ist für das meteorologische Jahr hinsichtlich der Anzahl der Tage mit Starkwind auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein Änderungstrend in den Modellen erkennbar. Die Zahl der Ereignistage sagt nichts über die Intensität einzelner Starkwindereignisse aus.

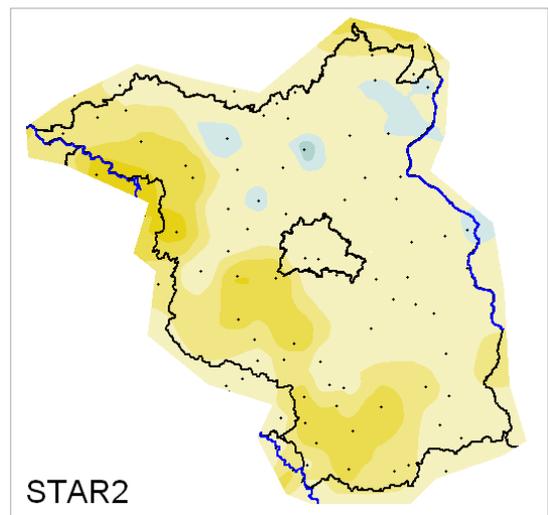
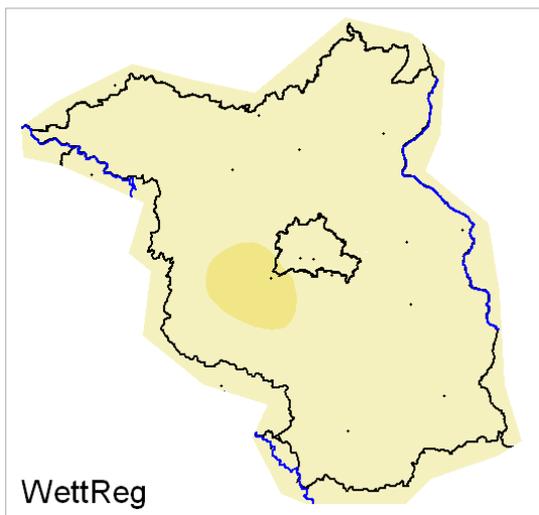
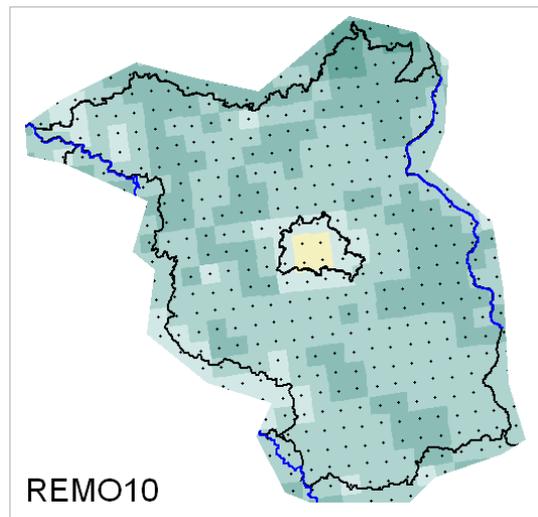
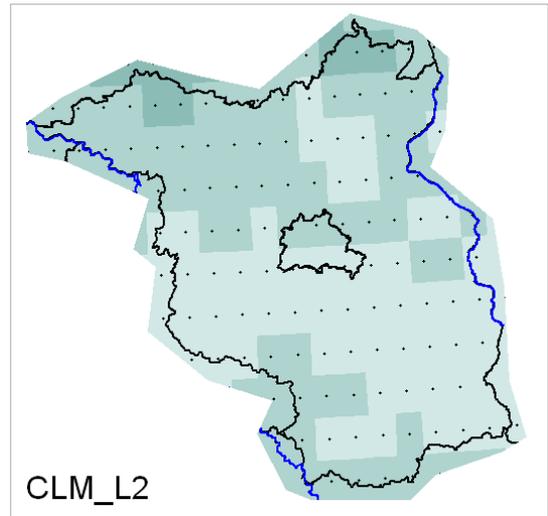
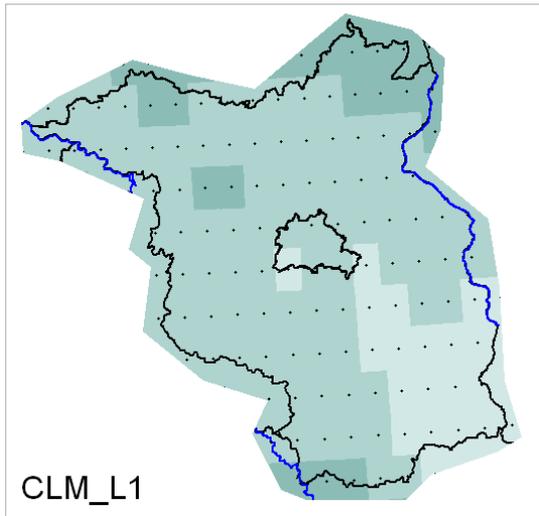


Abb. 6.18.2 – 6.18.6 Starkwindtage 1971 - 2000 zu 2031 - 2060; meteorologisches Jahr



## 7. Projektionszeitraum 2071 - 2100

Für den Projektionszeitraum werden folgende Parameter betrachtet:

- 7.1 Tagesmitteltemperaturen der Luft
- 7.2 Tagesmaximumtemperaturen der Luft
- 7.3 Tagesminimumtemperaturen der Luft
- 7.4 Anzahl der Eistage
- 7.5 Anzahl der Frosttage
- 7.6 Anzahl der Sommertage
- 7.7 Anzahl der heißen Tage
- 7.8 Anzahl der Tropennächte
- 7.9 Mittlerer thermischer Vegetationsbeginn
- 7.10 Mittleres thermisches Vegetationsende
- 7.11 Niederschlag
- 7.12 Relative Feuchte
- 7.13 Wasserdampfdruck
- 7.14 Anzahl der Tage mit Schwüle
- 7.15 Sonnenscheindauer
- 7.16 Bedeckungsgrad
- 7.17 Windgeschwindigkeit
- 7.18 Anzahl der Tage mit Starkwind

Anmerkung zu den Tagestemperaturen der Luft:

Das Modell WettReg wird zurzeit überarbeitet, da sich herausgestellt hat, dass in Zukunft neue atmosphärische Muster und Wetterlagen entstehen könnten, die sich in ihren physikalischen Eigenschaften von den statistisch erfassten Mustern unterscheiden. Da die hier verwendete WettReg-Version noch auf begrenzten Wetterlagenkatalogisierungen basiert, führt dies dazu, dass das Temperatursignal nach 2070 deutlich zu schwach ausgeprägt ist (siehe Kap.8.1) [5].

Aus diesem Grund werden die temperaturbezogenen Ergebnisse dieses Modells nur anteilig beim jeweiligen Fazit berücksichtigt. Dies trifft besonders für die Übergangsperioden (met. Frühjahr, met. Herbst) zu.

## 7.1 Tagesmitteltemperatur der Luft

### 7.1.1 Tagesmitteltemperatur – meteorologisches Jahr

Bei der Tagesmitteltemperatur handelt es sich um den errechneten Mittelwert aus allen im Laufe eines Tages gemessenen Temperaturen in °C. Temperaturen der Luft werden in 2 m über dem Boden gemessen.

Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesmitteltemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.

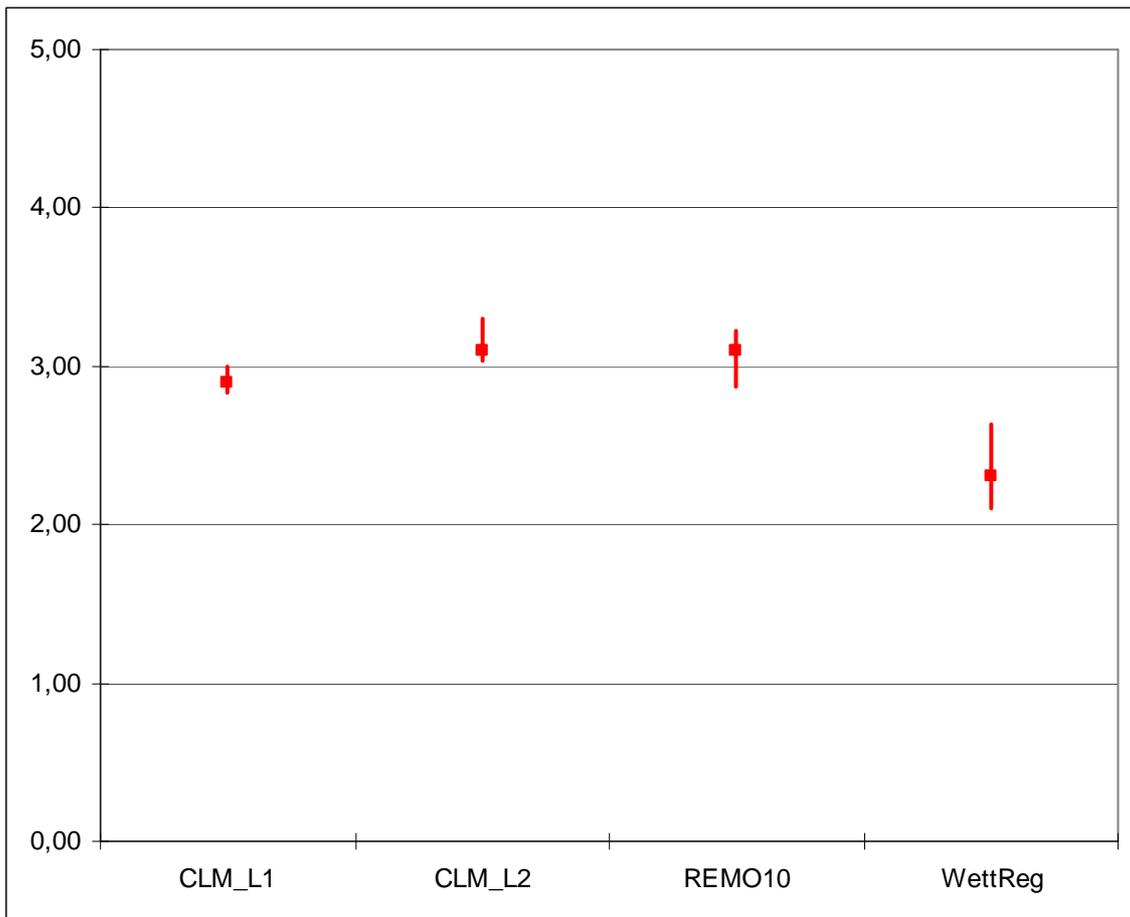


Abb.: 7.1.1.1 Mitteltemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr  
Angaben in °C      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 2,1 bis 3,3 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 2,3 und 3,1 °C. Es ist für das meteorologische Jahr hinsichtlich der Tagesmitteltemperatur ein deutlicher, homogener Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 2,3 °C auszugehen.

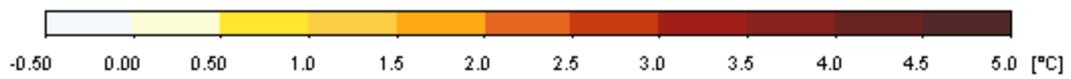
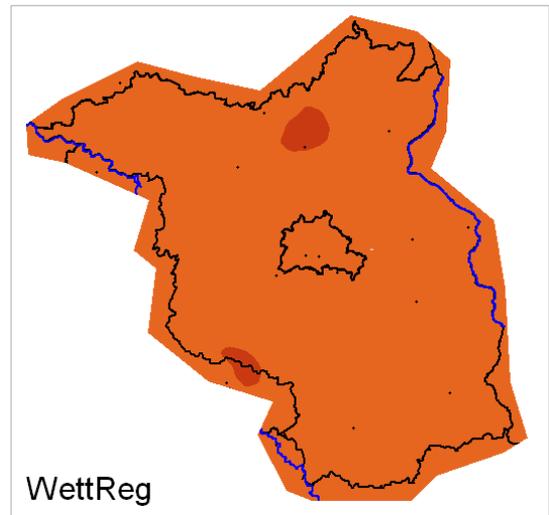
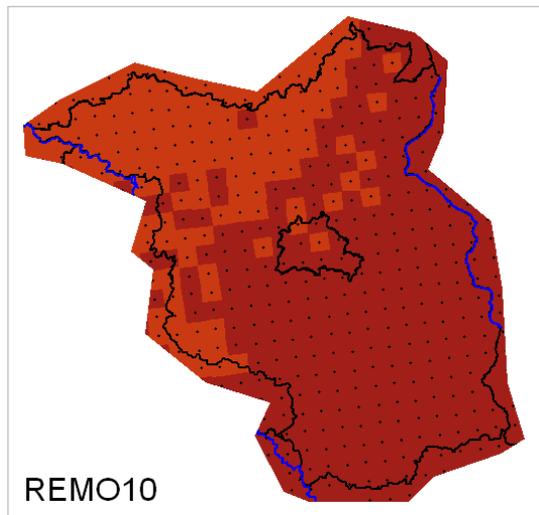
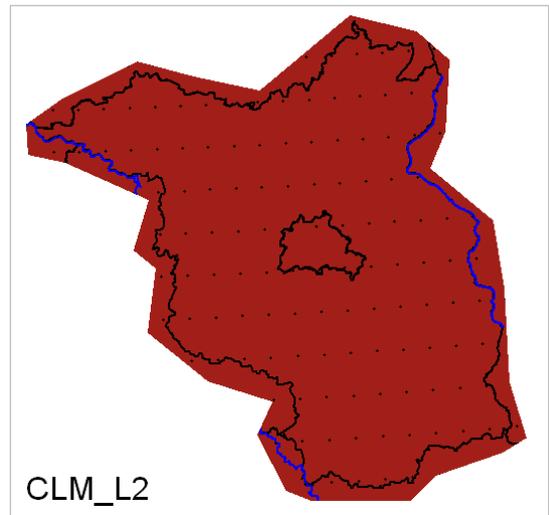
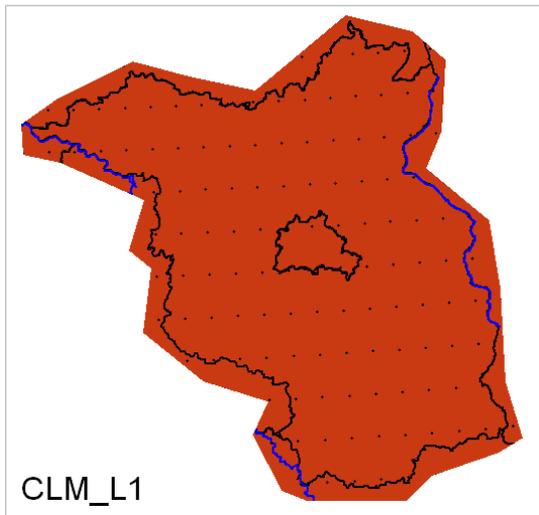
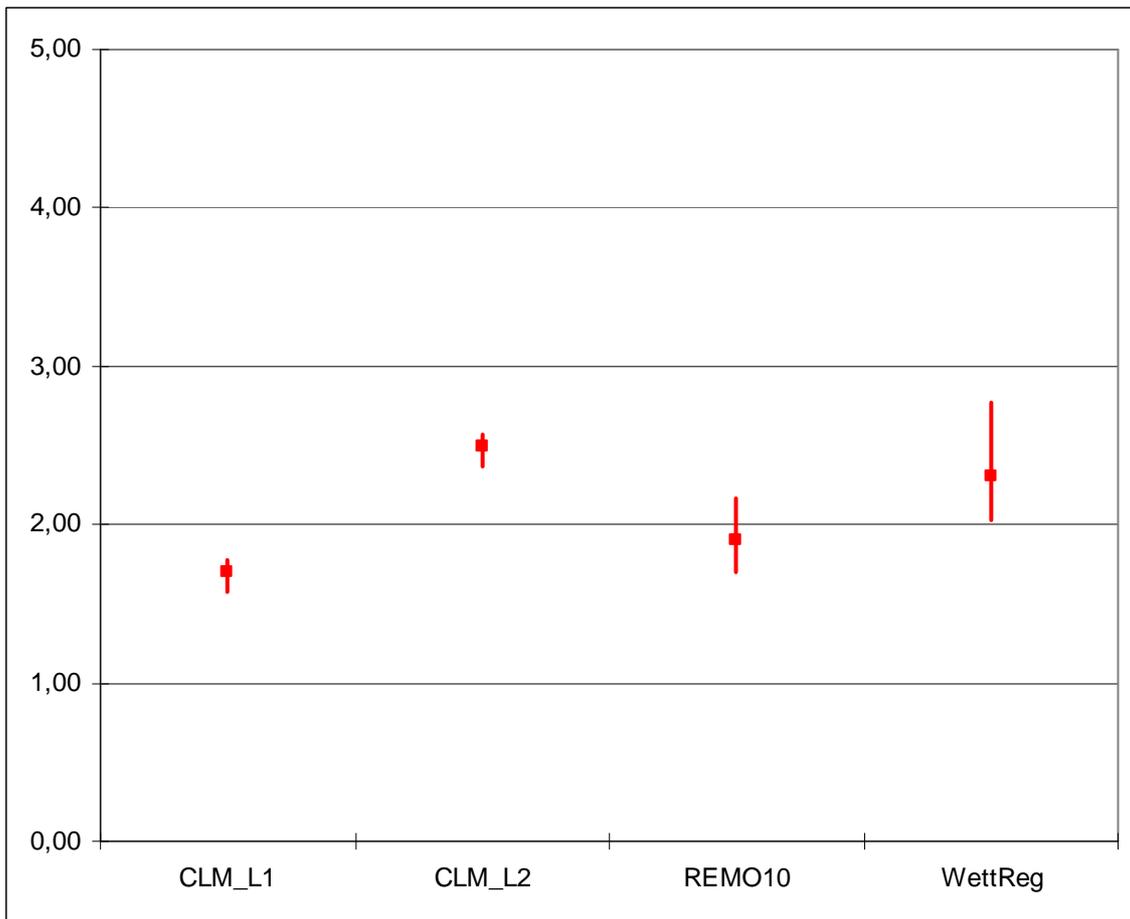


Abb. 7.1.1.2 – 7.1.1.5 Mitteltemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

### 7.1.2 Tagesmitteltemperatur – meteorologisches Frühjahr

Bei der Tagesmitteltemperatur handelt es sich um den errechneten Mittelwert aus allen im Laufe eines Tages gemessenen Temperaturen in °C. Temperaturen der Luft werden in 2 m über dem Boden gemessen.

Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesmitteltemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Angaben in °C      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.1.2.1 Mitteltemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Frühjahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 1,6 bis 2,6 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 1,7 und 2,5 °C. Es ist für den meteorologischen Frühling hinsichtlich der Tagesmitteltemperatur ein deutlicher, homogener Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 1,7 °C auszugehen.

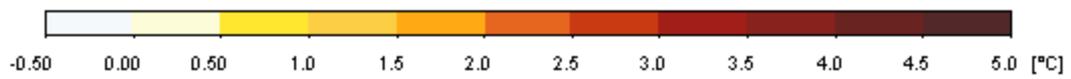
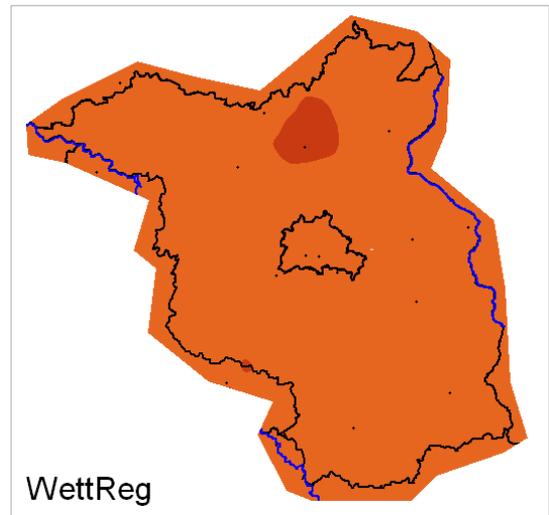
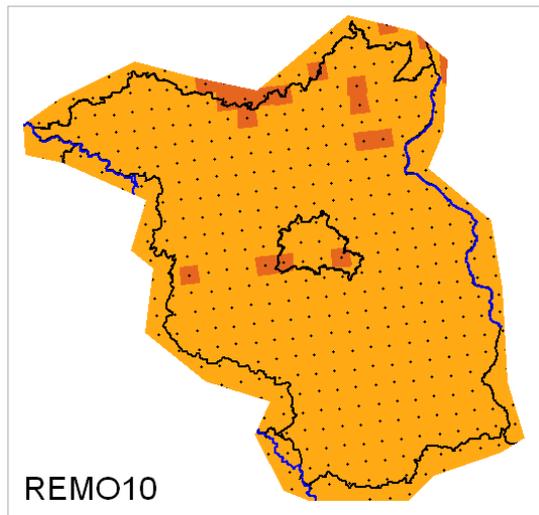
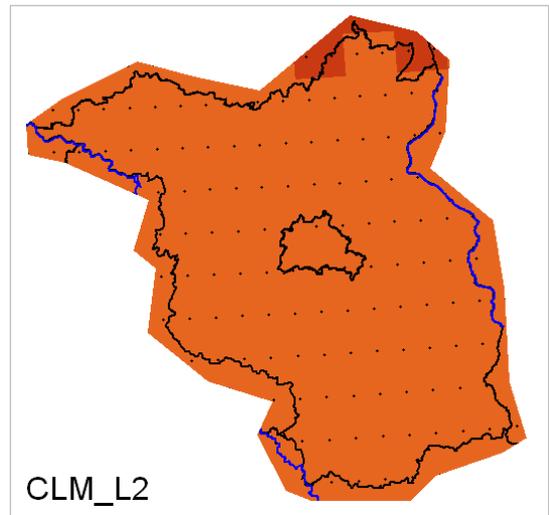
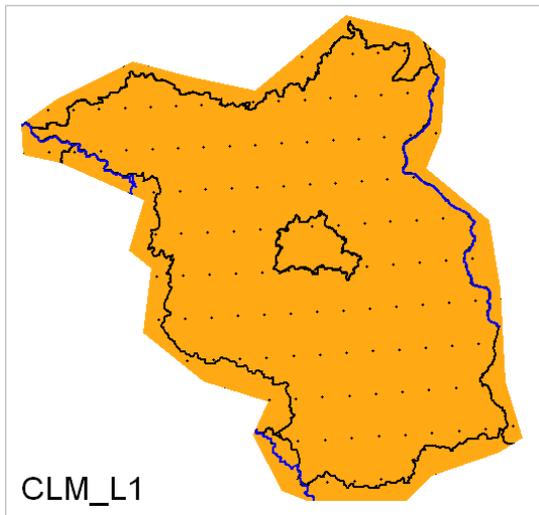
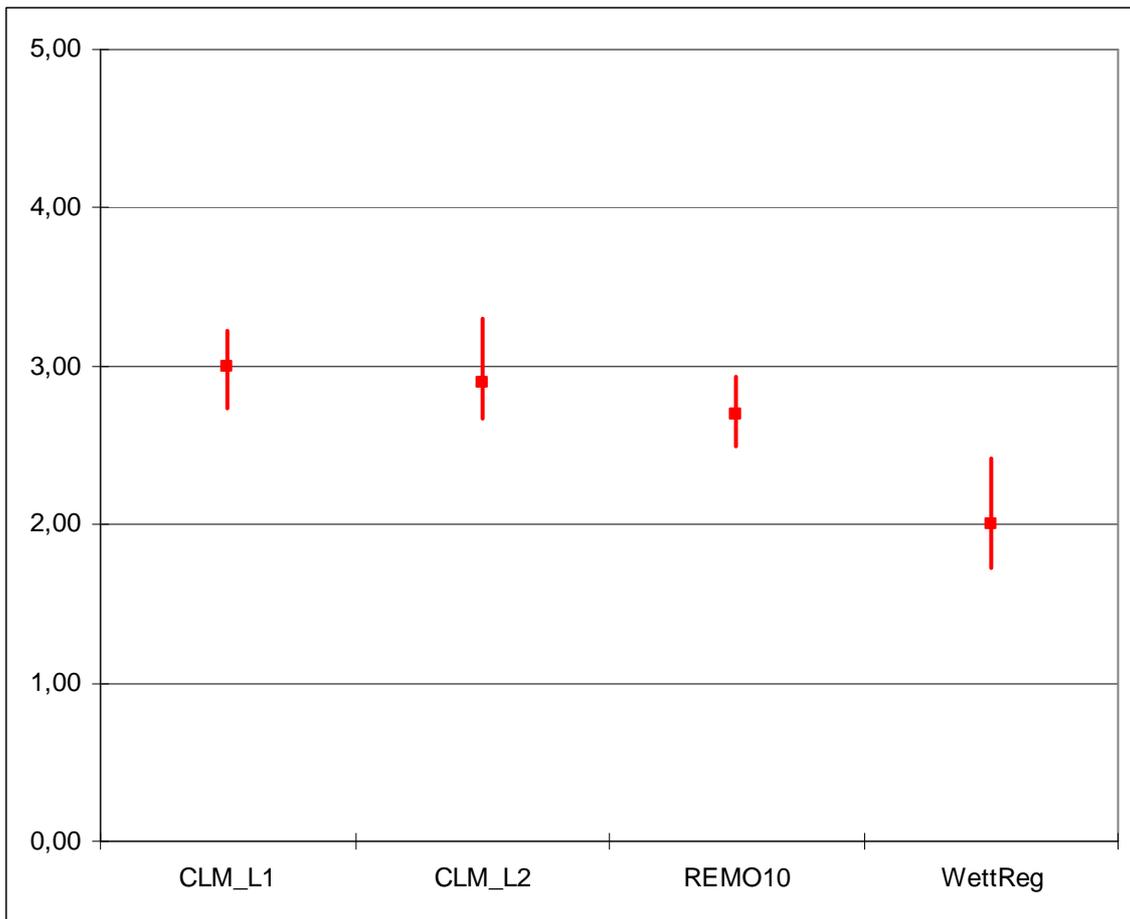


Abb. 7.1.2.2 – 7.1.2.5 Mitteltemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Frühjahr

### 7.1.3 Tagesmitteltemperatur – meteorologischer Sommer

Bei der Tagesmitteltemperatur handelt es sich um den errechneten Mittelwert aus allen im Laufe eines Tages gemessenen Temperaturen in °C. Temperaturen der Luft werden in 2 m über dem Boden gemessen.

Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesmitteltemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Angaben in °C      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.1.3.1 Mitteltemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Sommer

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 1,7 bis 3,3 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 2,0 und 3,0 °C. Es ist für den meteorologischen Sommer hinsichtlich der Tagesmitteltemperatur ein deutlicher, homogener Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 2,7 °C auszugehen.

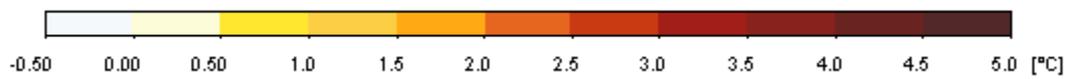
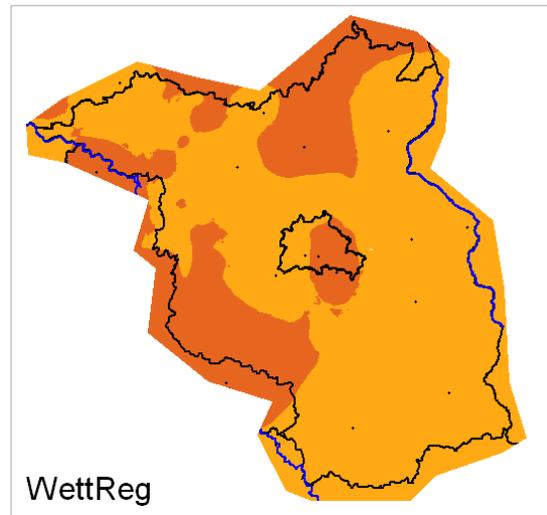
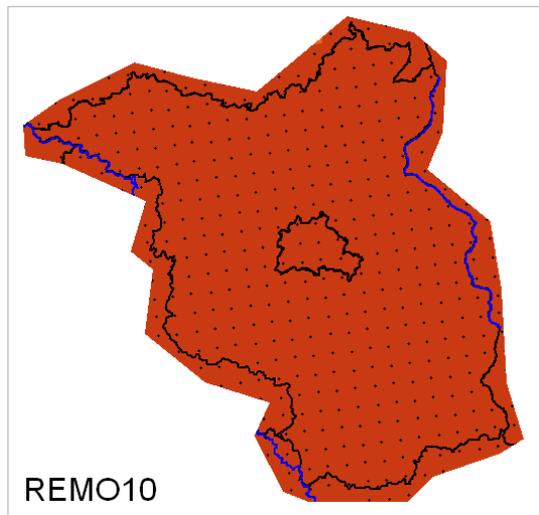
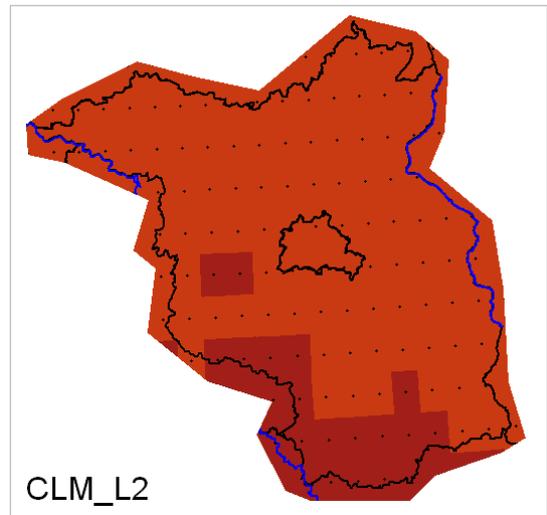
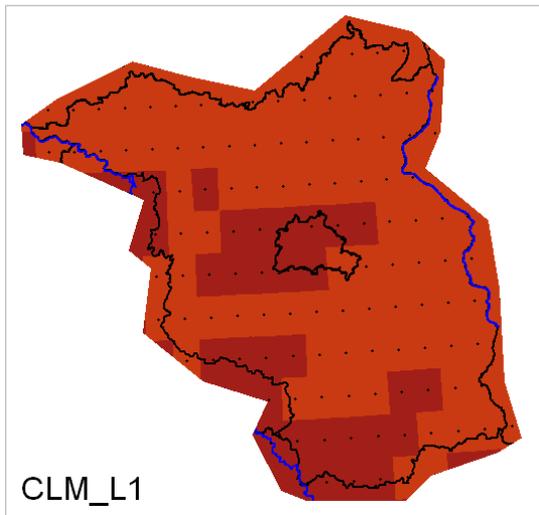
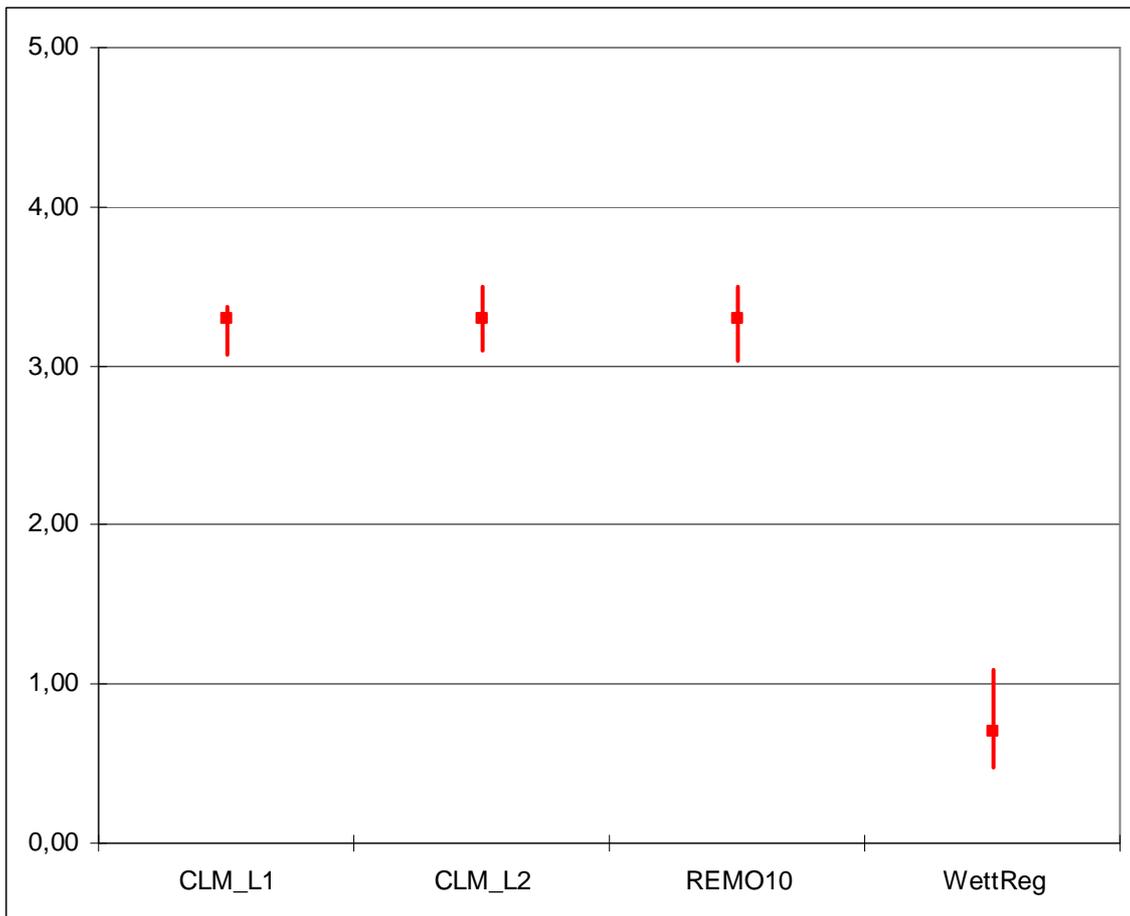


Abb. 7.1.3.2 – 7.1.3.5 Mitteltemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Sommer

### 7.1.4 Tagesmitteltemperatur – meteorologischer Herbst

Bei der Tagesmitteltemperatur handelt es sich um den errechneten Mittelwert aus allen im Laufe eines Tages gemessenen Temperaturen in °C. Temperaturen der Luft werden in 2 m über dem Boden gemessen.

Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesmitteltemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Angaben in °C      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.1.4.1 Mitteltemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Herbst

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 0,5 bis 3,5 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 0,7 und 3,3 °C. Es ist für den meteorologischen Herbst hinsichtlich der Tagesmitteltemperatur auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B ein deutlicher Trend in fast allen Modellen erkennbar. WettReg bildet die Ausnahme. Die dynamischen Modelle gehen bis zum Ende des Jahrhunderts von einer weiteren Erhöhung um mindestens 3,3 °C aus.

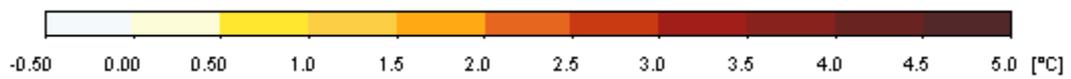
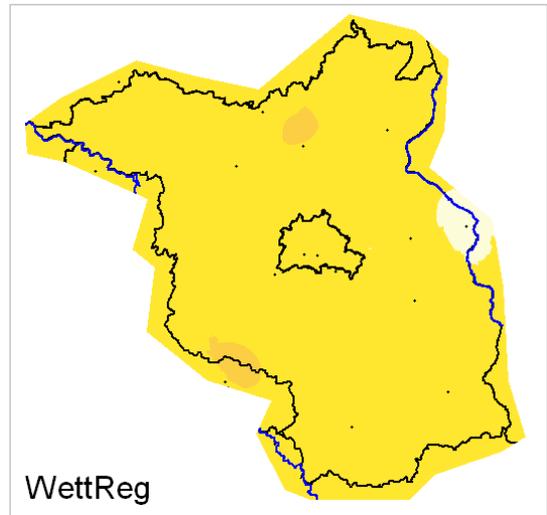
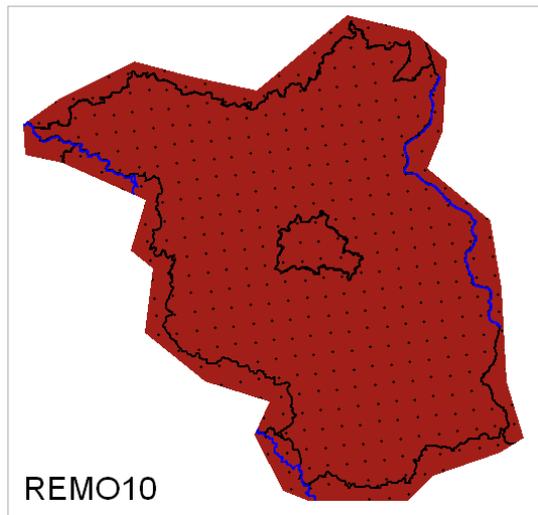
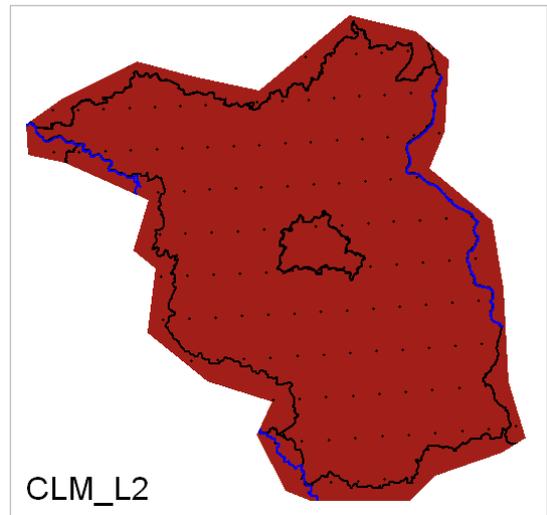
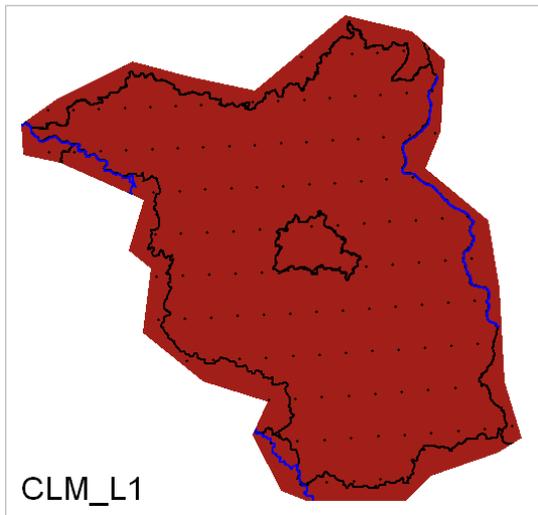
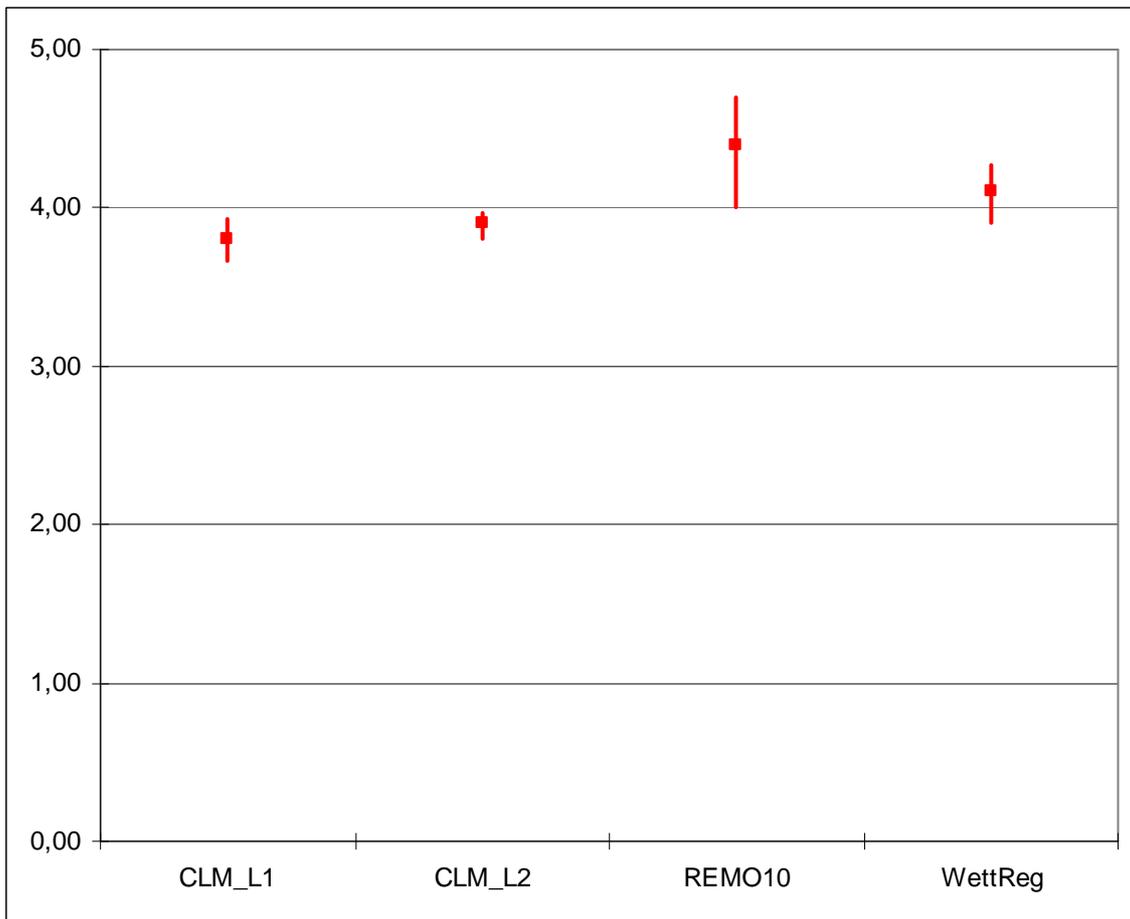


Abb. 7.1.4.2 – 7.1.4.5 Mitteltemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Herbst

### 7.1.5 Tagesmitteltemperatur – meteorologischer Winter

Bei der Tagesmitteltemperatur handelt es sich um den errechneten Mittelwert aus allen im Laufe eines Tages gemessenen Temperaturen in °C. Temperaturen der Luft werden in 2 m über dem Boden gemessen.

Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesmitteltemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Angaben in °C      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.1.5.1 Mitteltemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Winter

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 3,7 bis 4,7 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 3,8 und 4,4 °C. Es ist für den meteorologischen Winter hinsichtlich der Tagesmitteltemperatur ein deutlicher, homogener Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 3,8 °C auszugehen.

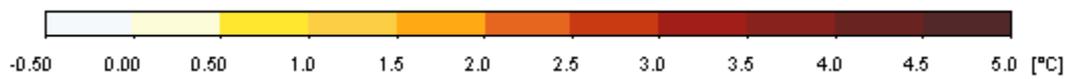
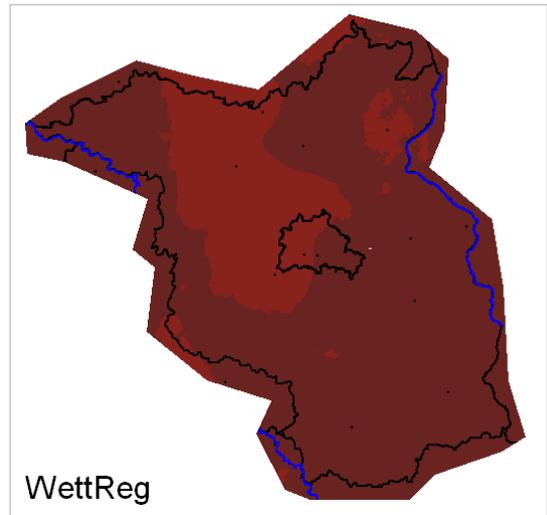
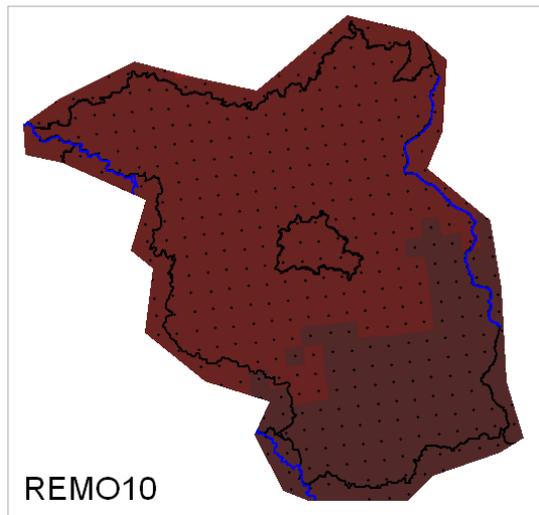
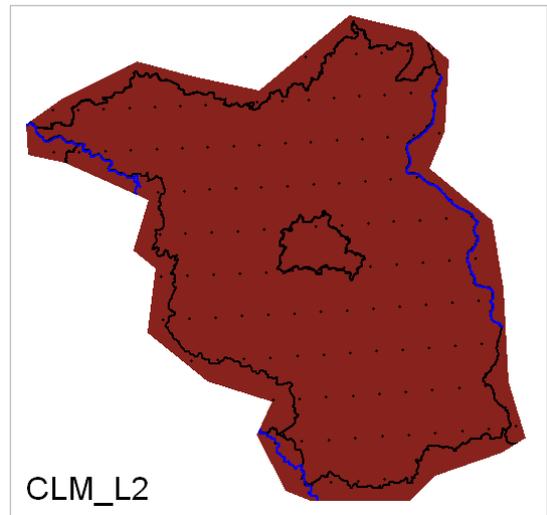
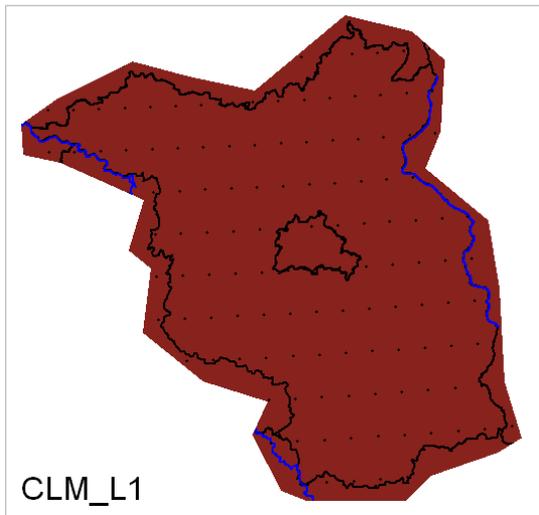
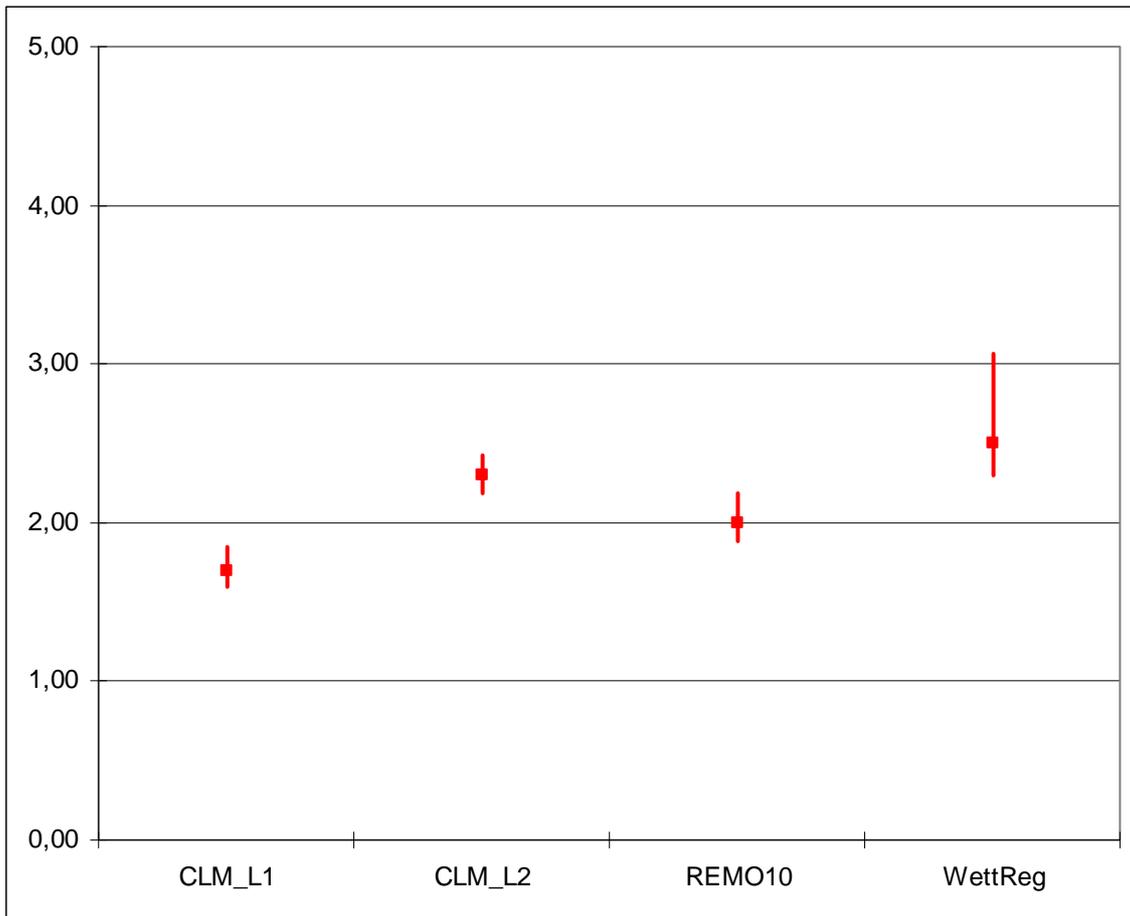


Abb. 7.1.5.2 – 7.1.5.5 Mitteltemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Winter

### 7.1.6 Tagesmitteltemperatur – Vegetationsperiode I

Bei der Tagesmitteltemperatur handelt es sich um den errechneten Mittelwert aus allen im Laufe eines Tages gemessenen Temperaturen in °C. Temperaturen der Luft werden in 2 m über dem Boden gemessen.

Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesmitteltemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Angaben in °C      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.1.6.1 Mitteltemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; Vegetationsperiode I

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 1,6 bis 3,1 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 1,7 und 2,5 °C. Es ist für die Vegetationsperiode I hinsichtlich der Tagesmitteltemperatur ein deutlicher, homogener Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 1,7°C auszugehen.

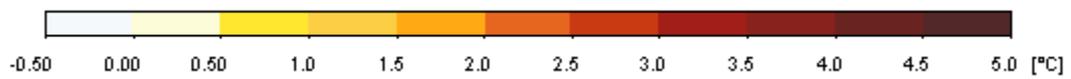
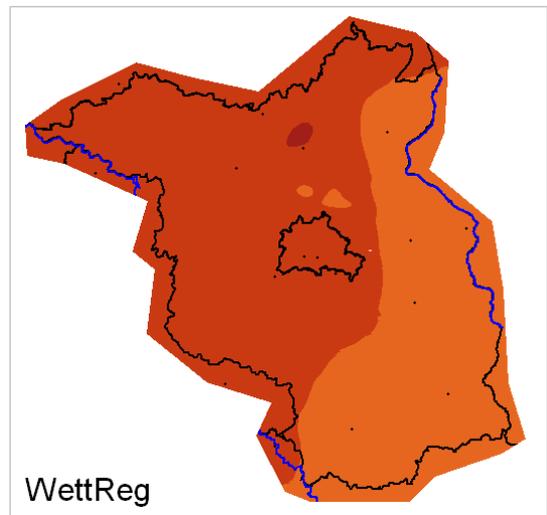
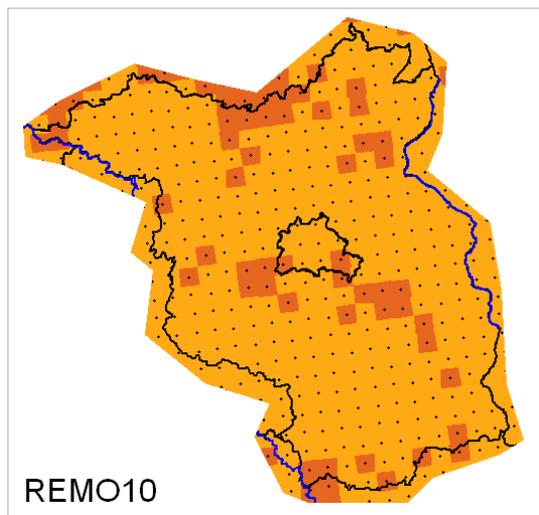
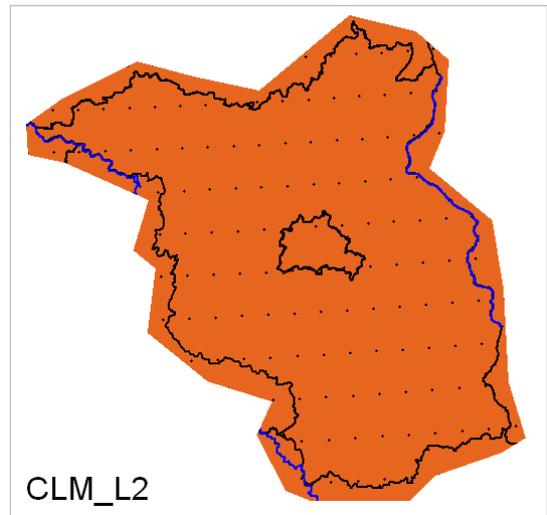
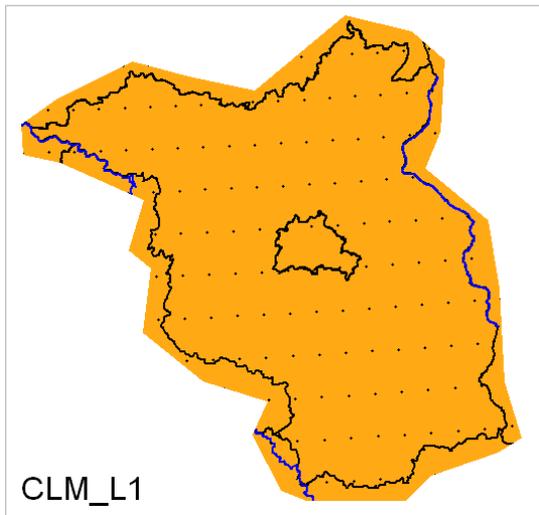
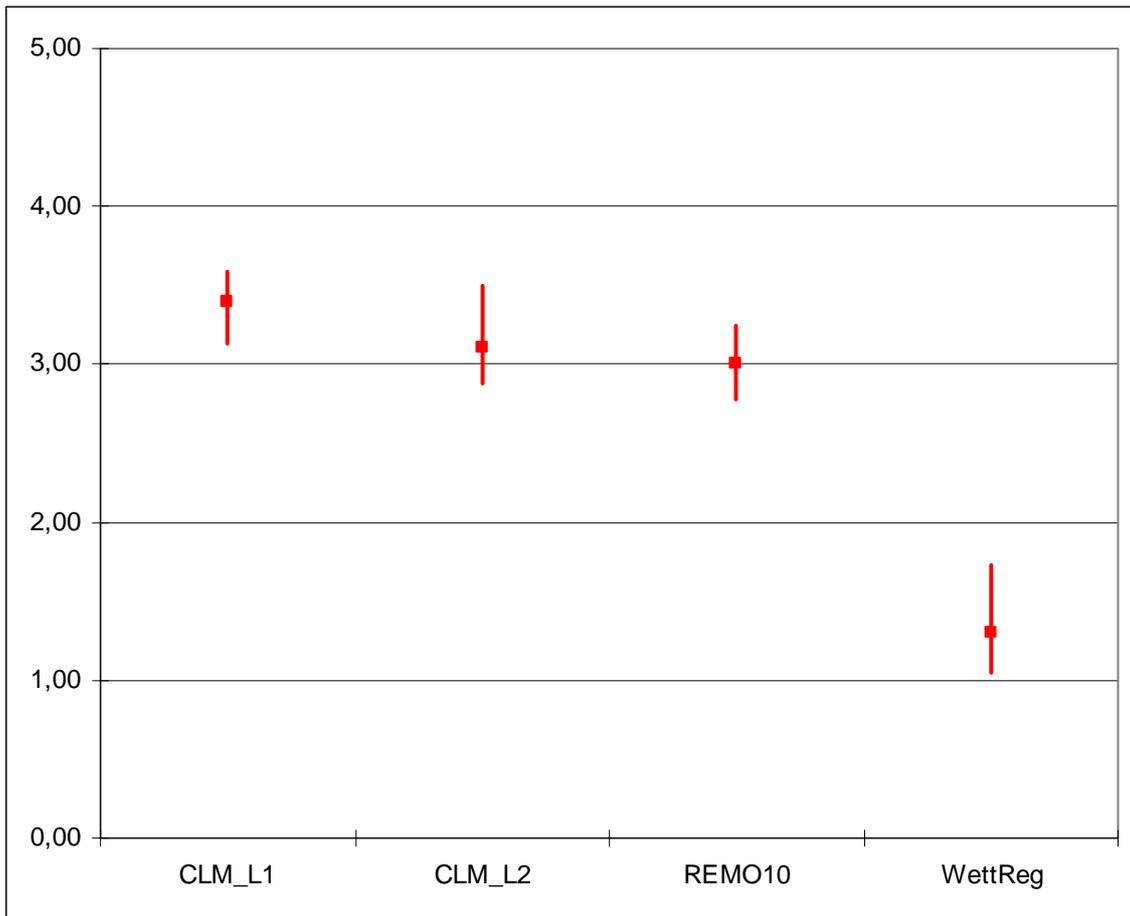


Abb. 7.1.6.2 – 7.1.6.5 Mitteltemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; Vegetationsperiode I

### 7.1.7 Tagesmitteltemperatur – Vegetationsperiode II

Bei der Tagesmitteltemperatur handelt es sich um den errechneten Mittelwert aus allen im Laufe eines Tages gemessenen Temperaturen in °C. Temperaturen der Luft werden in 2 m über dem Boden gemessen.

Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesmitteltemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dar gestellt.



Angaben in °C      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.1.7.1 Mitteltemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; Vegetationsperiode II

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 1,0 bis 3,6 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 1,3 und 3,4 °C. Es ist für die Vegetationsperiode II hinsichtlich der Tagesmitteltemperatur ein deutlicher, homogener Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 3 °C auszugehen.

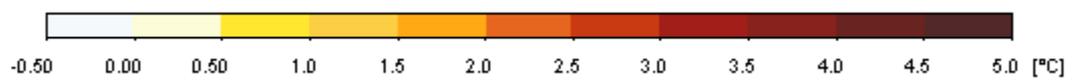
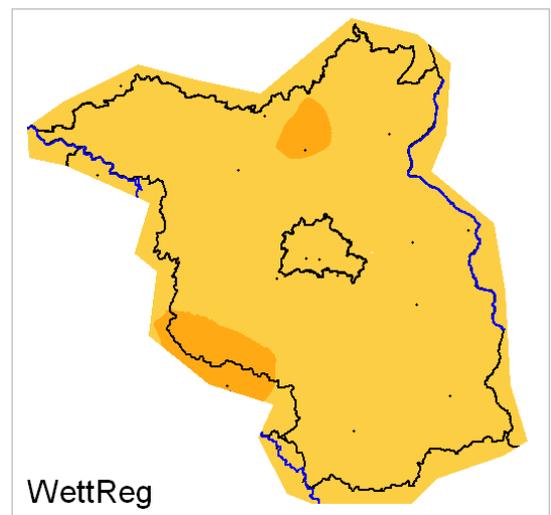
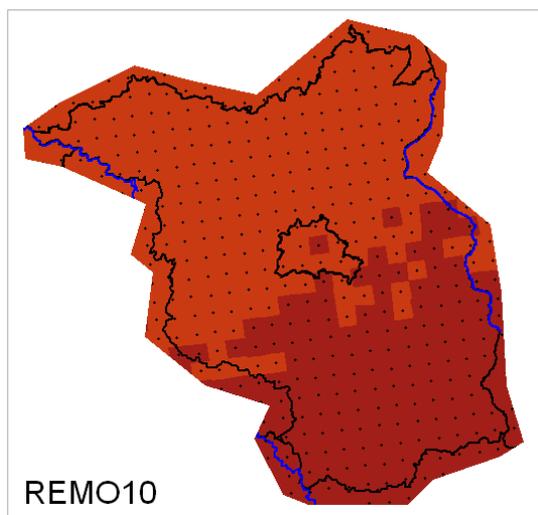
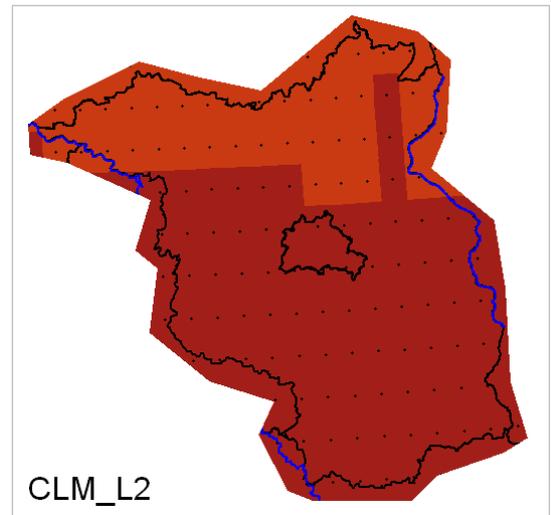
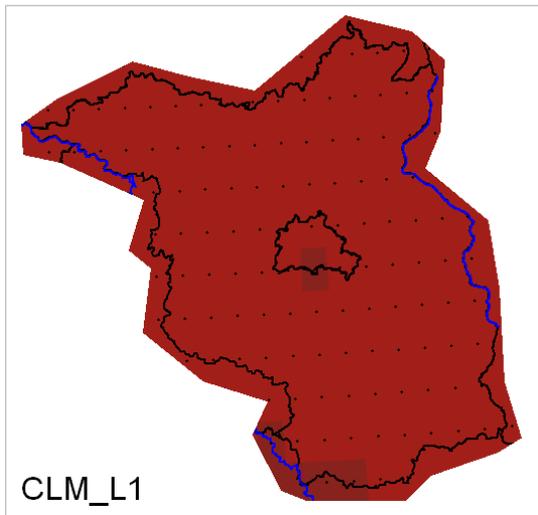
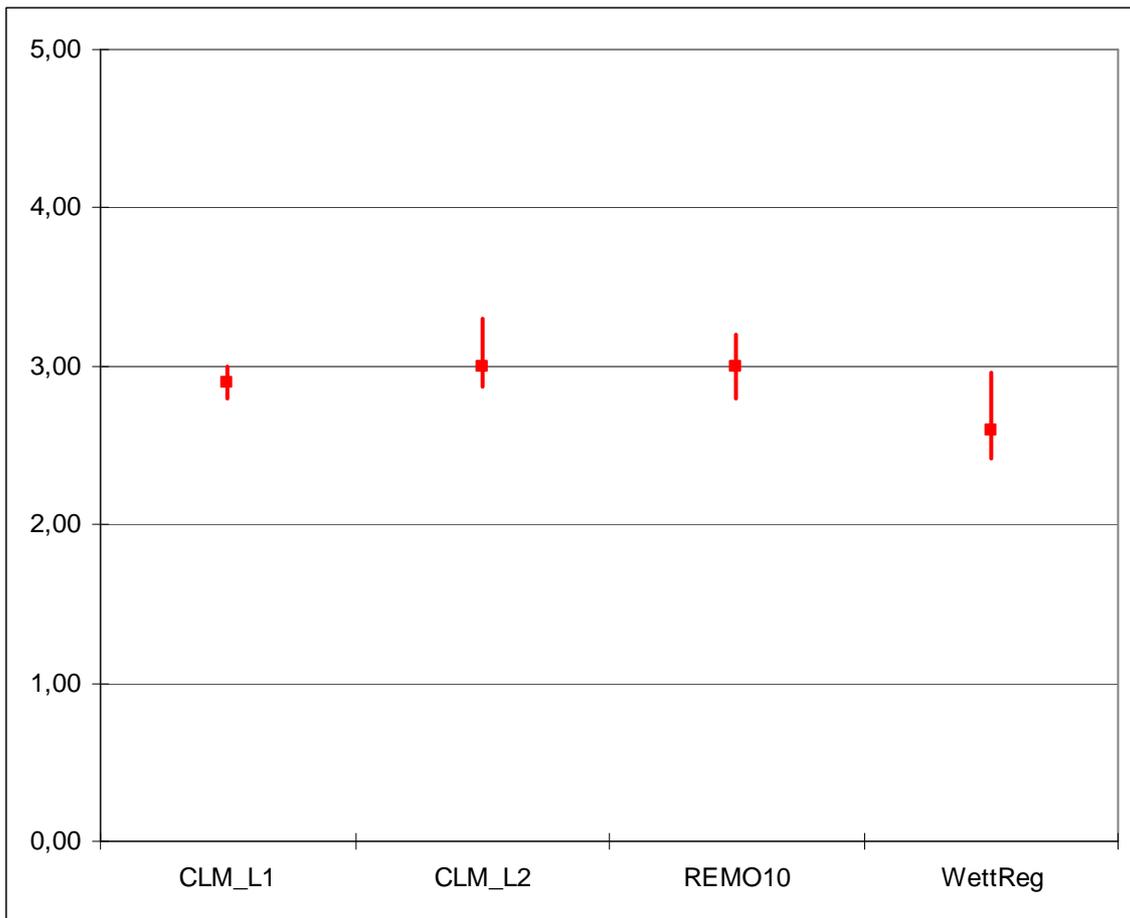


Abb. 7.1.7.2 – 7.1.7.5 Mitteltemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; Vegetationsperiode II

## 7.2 Tagesmaximumtemperatur der Luft

### 7.2.1 Tagesmaximumtemperatur – meteorologisches Jahr

Bei der Tagesmaximumtemperatur handelt es sich um den höchsten gemessenen Wert in °C, der im Laufe des Tages gemessen wird. Temperaturen der Luft werden 2 m über dem Boden gemessen. Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesmaximumtemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Angaben in °C      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.2.1.1 Maximumtemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 2,4 bis 3,3 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 2,6 und 3,0 °C. Es ist für das meteorologische Jahr hinsichtlich der Tagesmaximumtemperatur ein deutlicher, homogener Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 2,6°C auszugehen.

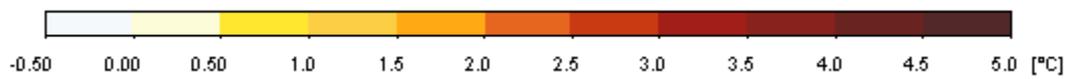
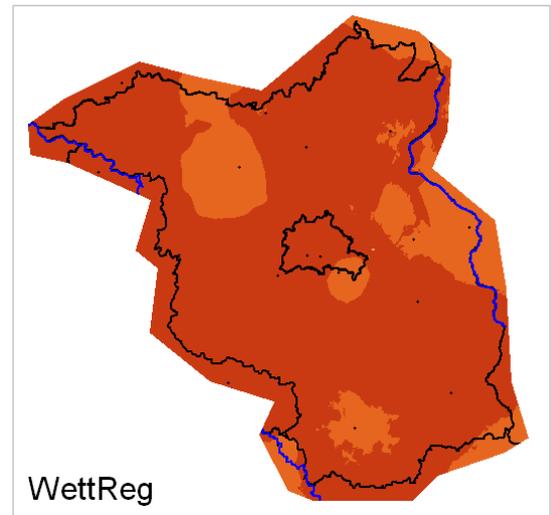
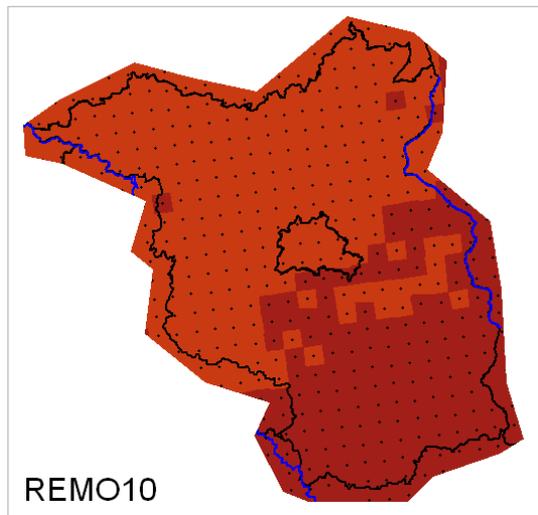
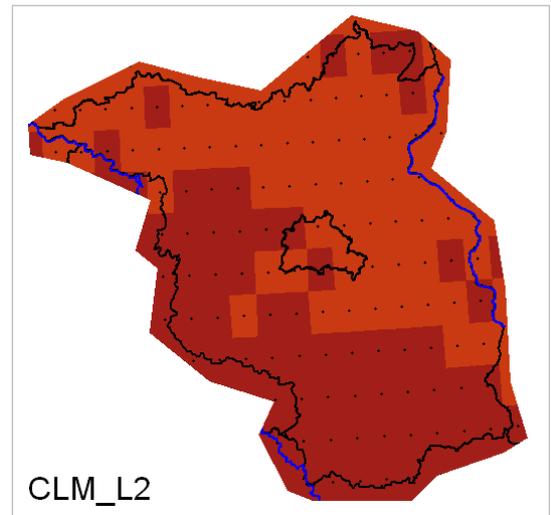
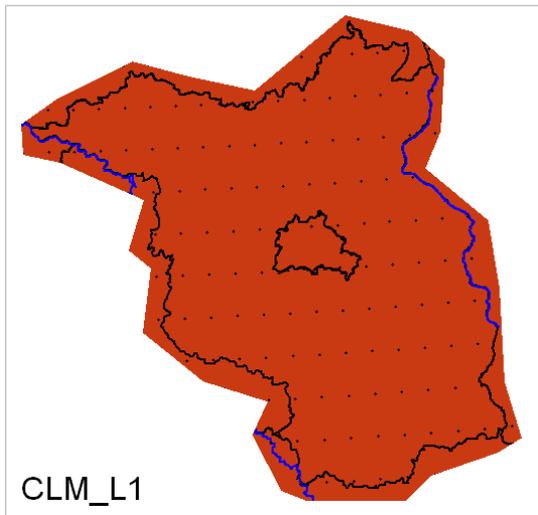
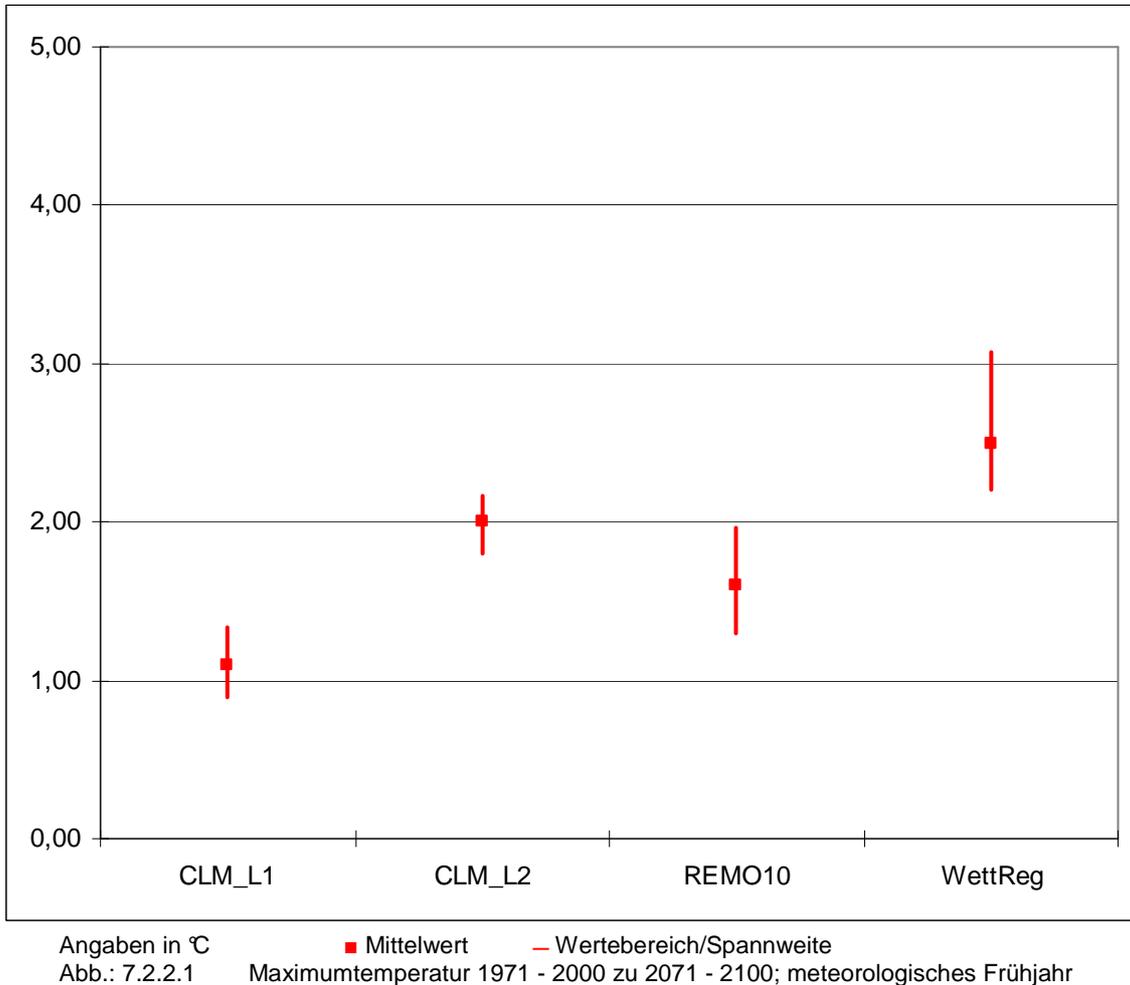


Abb. 7.2.1.2 – 7.2.1.5 Maximumtemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

## 7.2.2 Tagesmaximumtemperatur – meteorologisches Frühjahr

Bei der Tagesmaximumtemperatur handelt es sich um den höchsten gemessenen Wert in °C, der im Laufe des Tages gemessen wird. Temperaturen der Luft werden 2 m über dem Boden gemessen. Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesmaximumtemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



### Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 0,9 bis 3,1 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 1,1 und 2,5 °C. Es ist für den meteorologischen Frühling hinsichtlich der Tagesmaximumtemperatur ein deutlicher Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 1,1°C auszugehen.

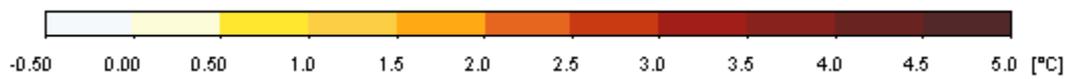
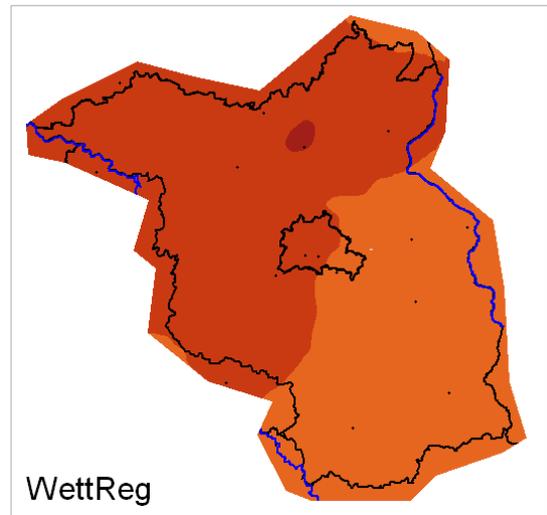
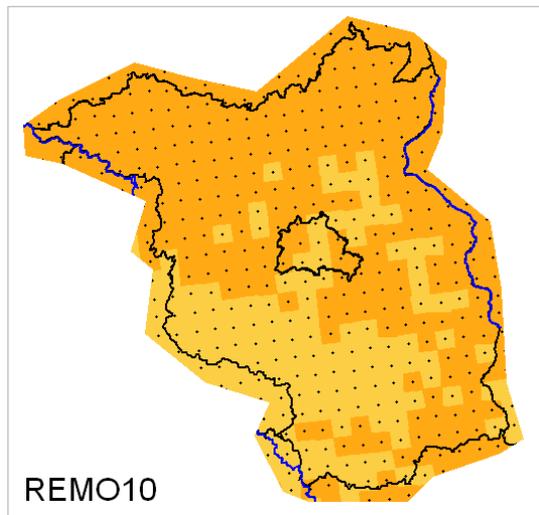
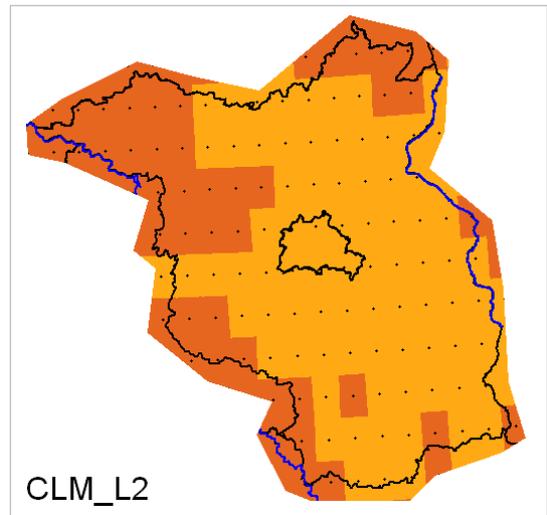
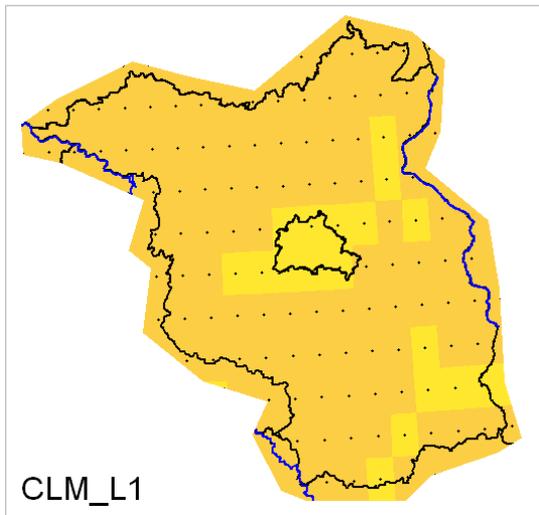
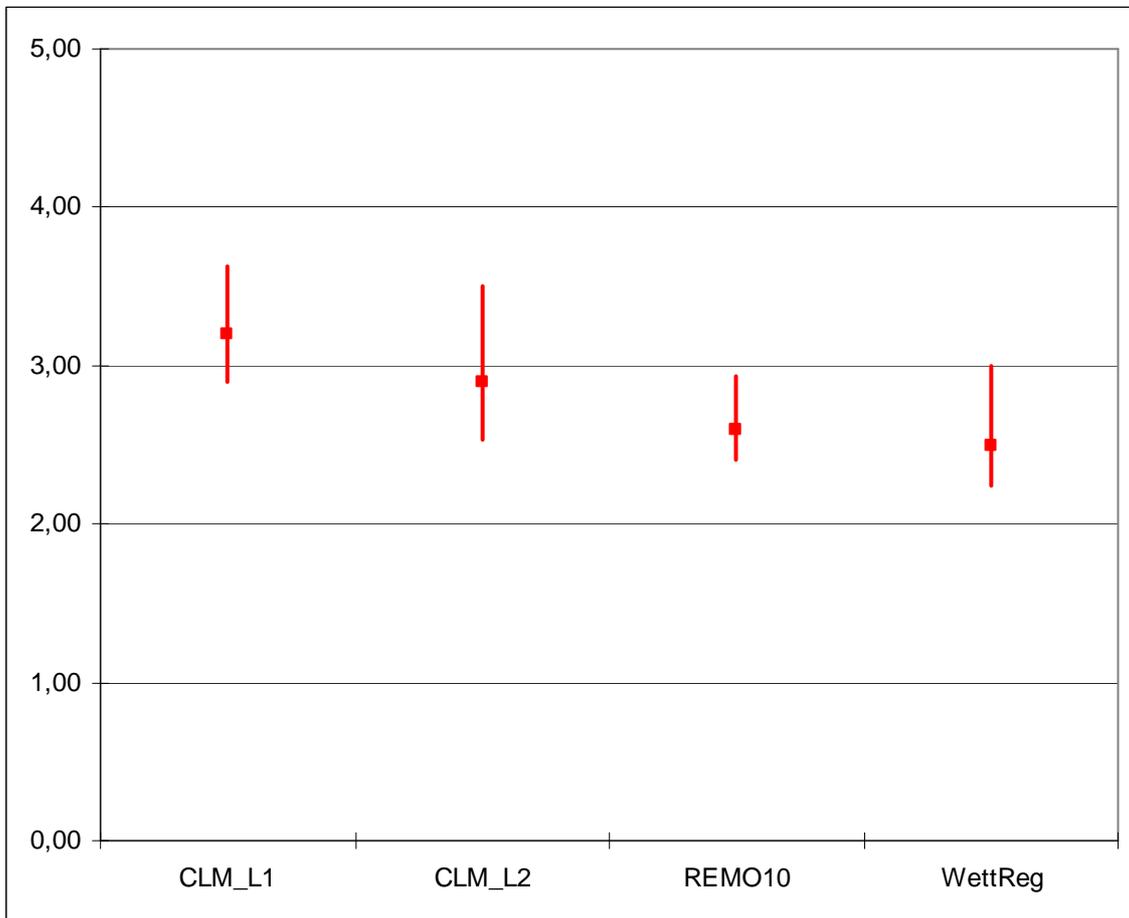


Abb. 7.2.2.2 – 7.2.2.5 Maximumtemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Frühjahr

### 7.2.3 Tagesmaximumtemperatur – meteorologischer Sommer

Bei der Tagesmaximumtemperatur handelt es sich um den höchsten gemessenen Wert in °C, der im Laufe des Tages gemessen wird. Temperaturen der Luft werden 2 m über dem Boden gemessen. Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesmaximumtemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Angaben in °C      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.2.3.1 Maximumtemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Sommer

#### Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 2,2 bis 3,6 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 2,5 und 3,2 °C. Es ist für den meteorologischen Sommer hinsichtlich der Tagesmaximumtemperatur ein deutlicher, homogener Trend in allen Modellen Trend erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 2,5°C auszugehen.

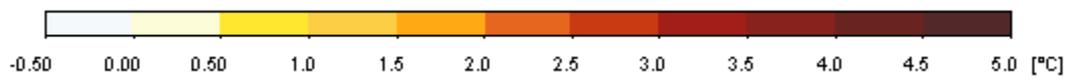
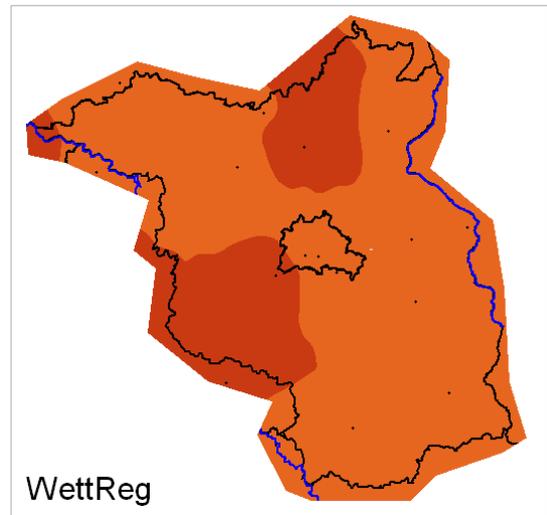
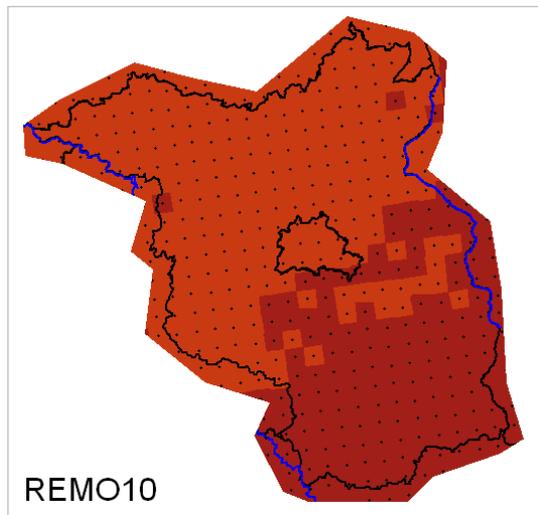
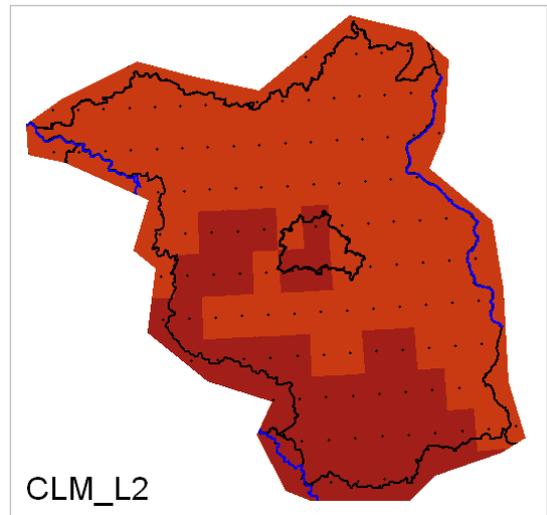
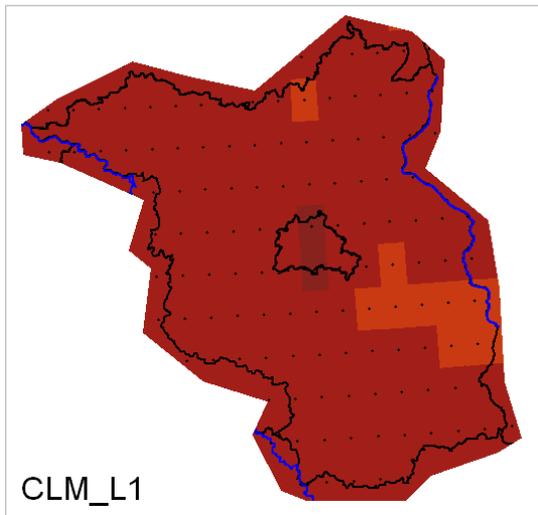
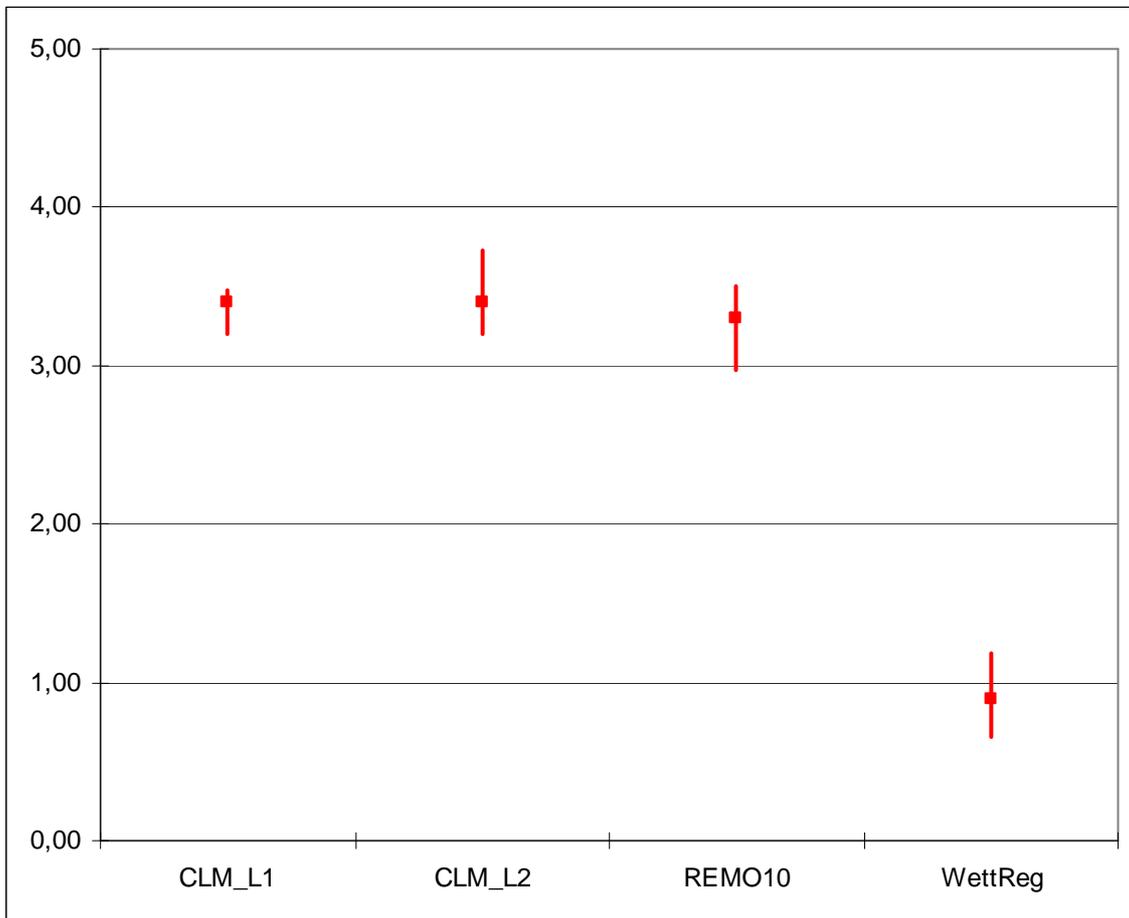


Abb. 7.2.3.2 – 7.2.3.5 Maximumtemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Sommer

## 7.2.4 Tagesmaximumtemperatur – meteorologischer Herbst

Bei der Tagesmaximumtemperatur handelt es sich um den höchsten gemessenen Wert in °C, der im Laufe des Tages gemessen wird. Temperaturen der Luft werden 2 m über dem Boden gemessen. Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesmaximumtemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Angaben in °C      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.2.4.1 Maximumtemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Herbst

### Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 0,6 bis 3,7 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 0,9 und 3,4 °C. Es ist für den meteorologischen Herbst hinsichtlich der Tagesmaximumtemperatur ein deutlicher Trend in fast allen Modellen, außer bei WettReg erkennbar. Die dynamischen Modelle gehen auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B bis zur Ende des Jahrhunderts von einer Erwärmung um mindestens 3,0 °C aus.

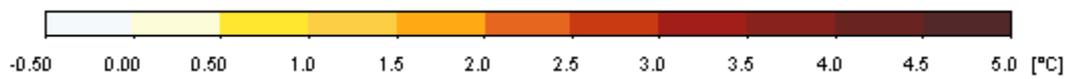
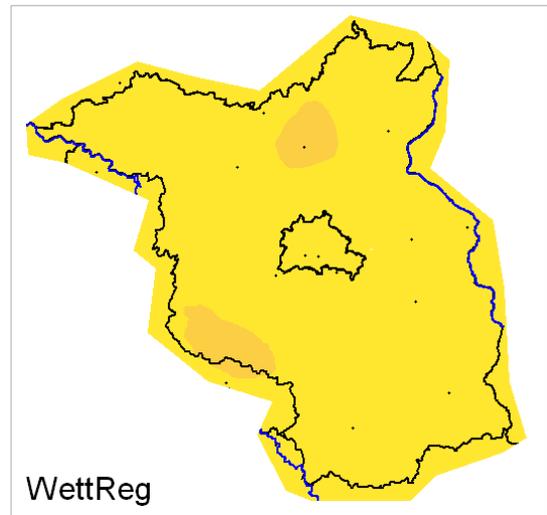
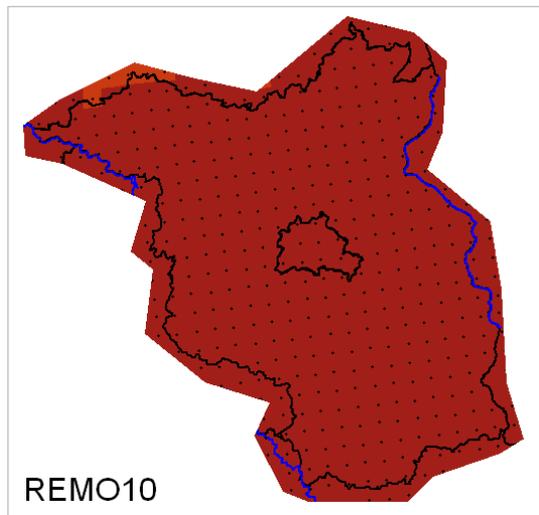
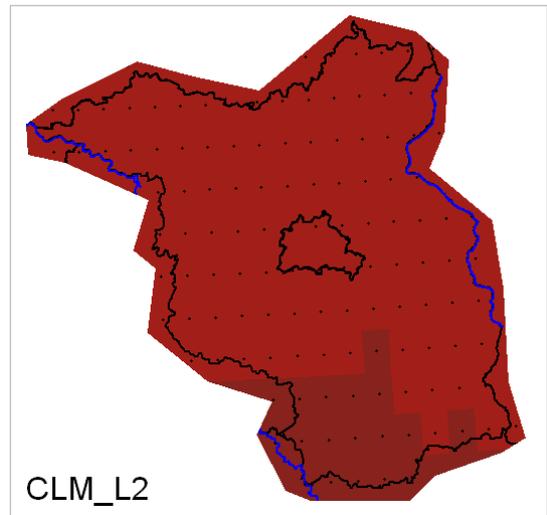
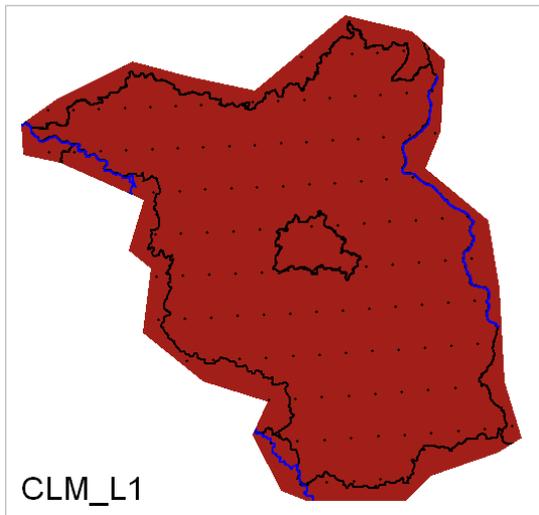
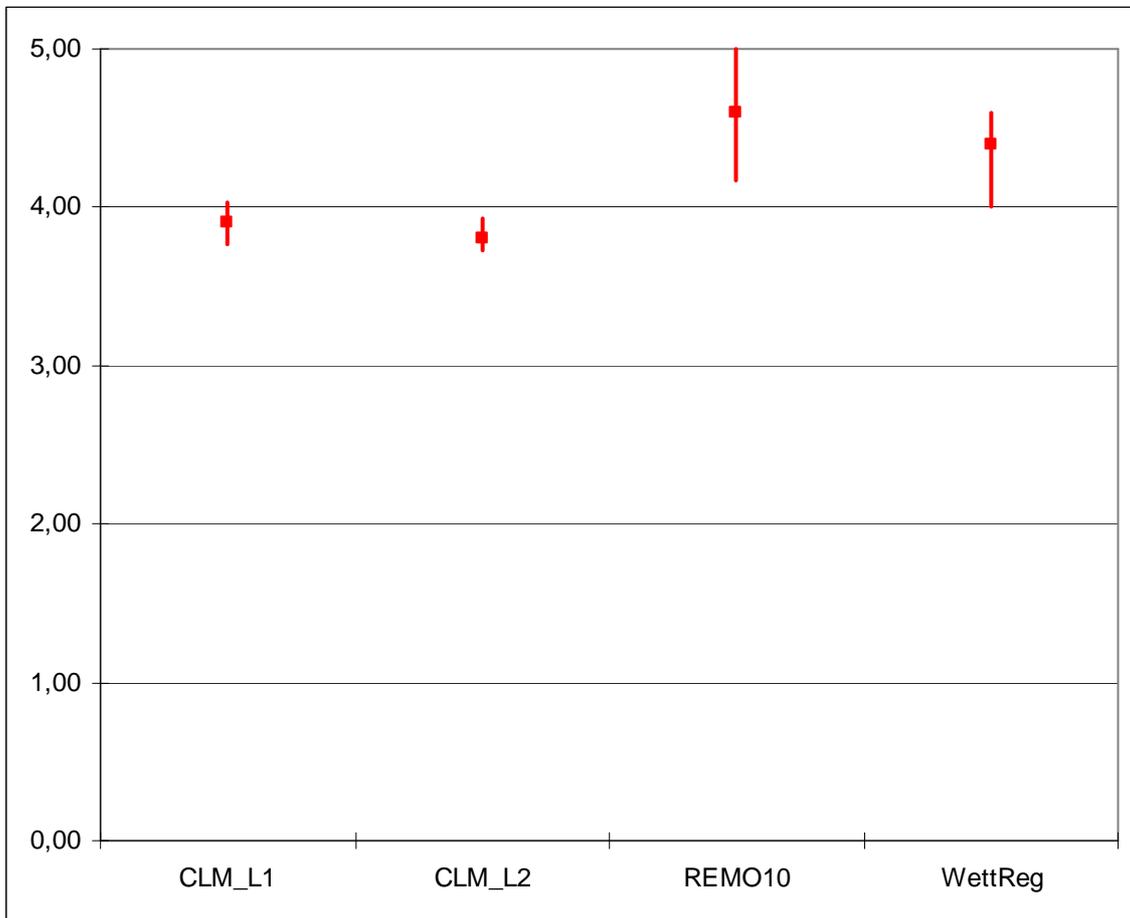


Abb. 7.2.4.2 – 7.2.4.5 Maximumtemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Herbst

### 7.2.5 Tagesmaximumtemperatur – meteorologischer Winter

Bei der Tagesmaximumtemperatur handelt es sich um den höchsten gemessenen Wert in °C, der im Laufe des Tages gemessen wird. Temperaturen der Luft werden 2 m über dem Boden gemessen. Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesmaximumtemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Angaben in °C      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.2.5.1 Maximumtemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Winter

#### Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 3,7 bis 5,0 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 3,8 und 4,6 °C. Es ist für den meteorologischen Winter hinsichtlich der Tagesmaximumtemperatur ein deutlicher, homogener Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 3,8°C auszugehen.

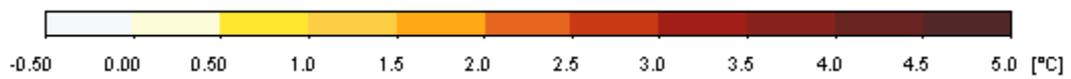
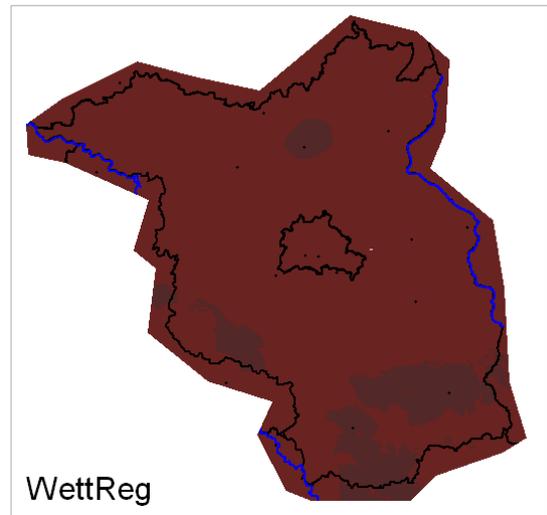
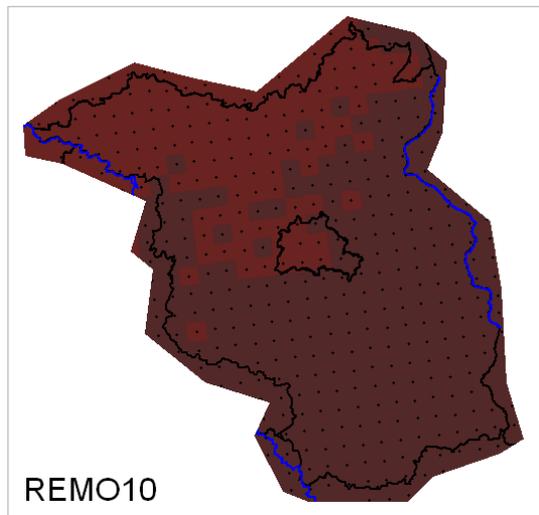
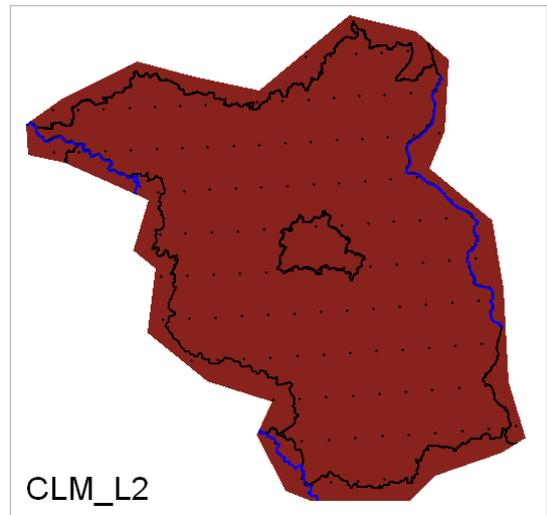
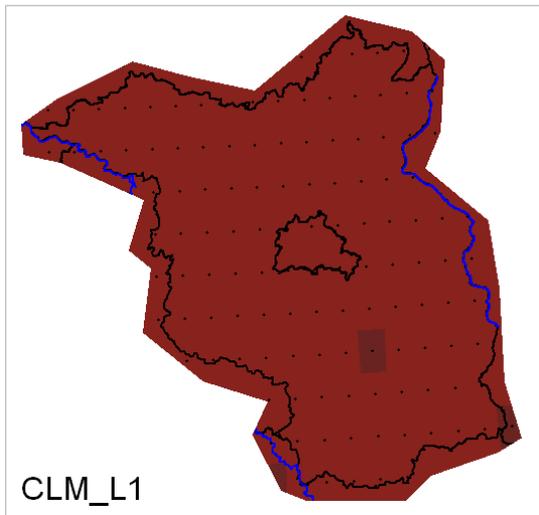
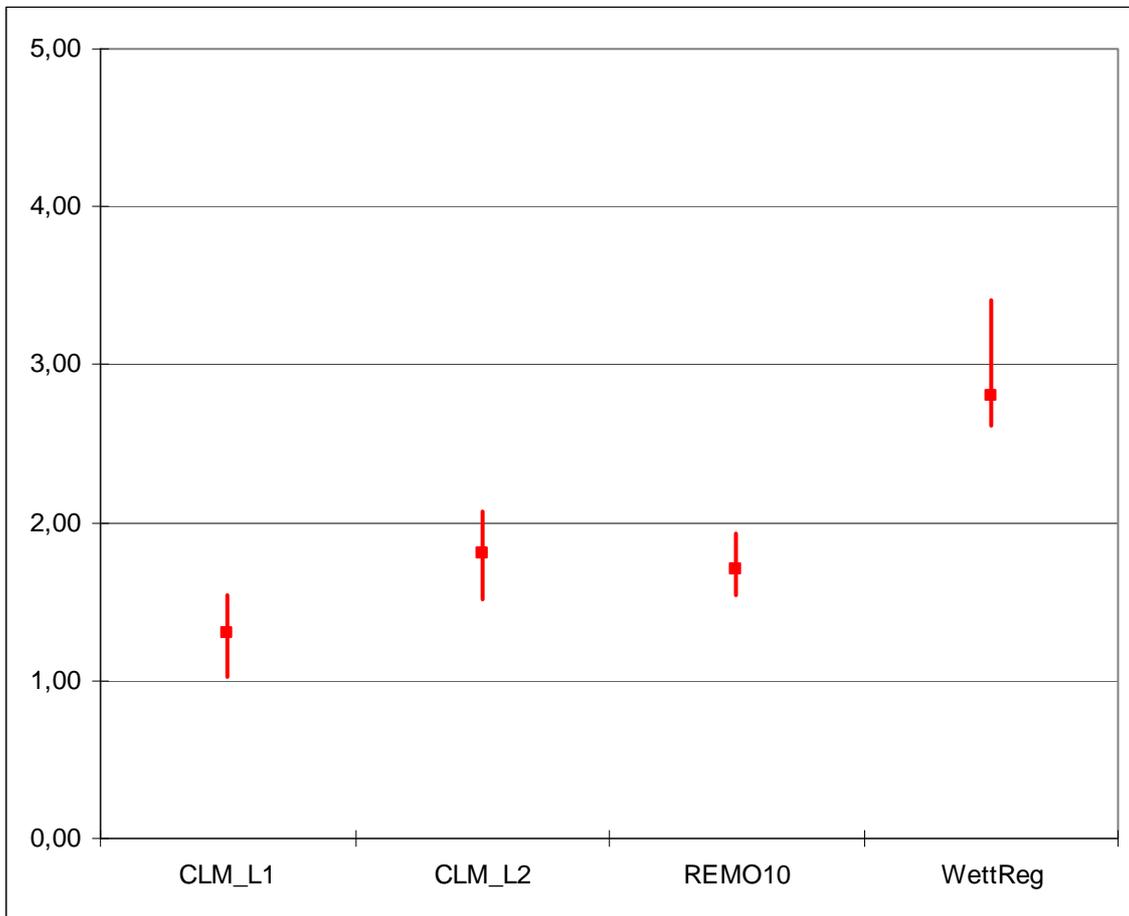


Abb. 7.2.5.2 – 7.2.5.5 Maximumtemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Winter

## 7.2.6 Tagesmaximumtemperatur – Vegetationsperiode I

Bei der Tagesmaximumtemperatur handelt es sich um den höchsten gemessenen Wert in °C, der im Laufe des Tages gemessen wird. Temperaturen der Luft werden 2 m über dem Boden gemessen. Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesmaximumtemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Angaben in °C      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.2.6.1 Maximumtemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; Vegetationsperiode I

### Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 1,0 bis 3,4 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 1,3 und 2,8 °C. Es ist für die Vegetationsperiode I hinsichtlich der Tagesmaximumtemperatur eindeutiger Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 1,3°C auszugehen.

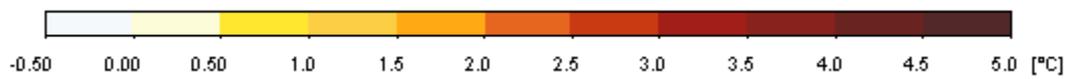
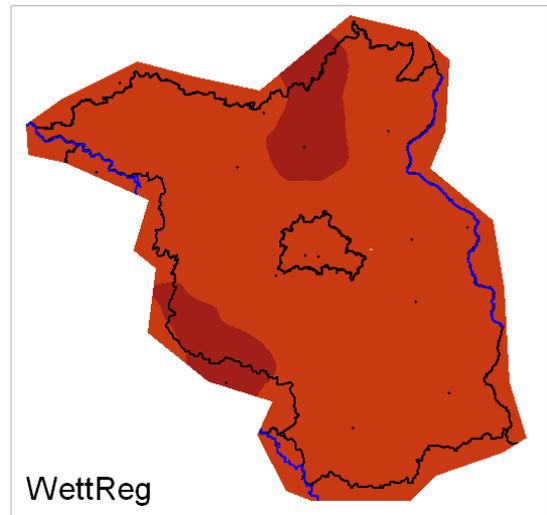
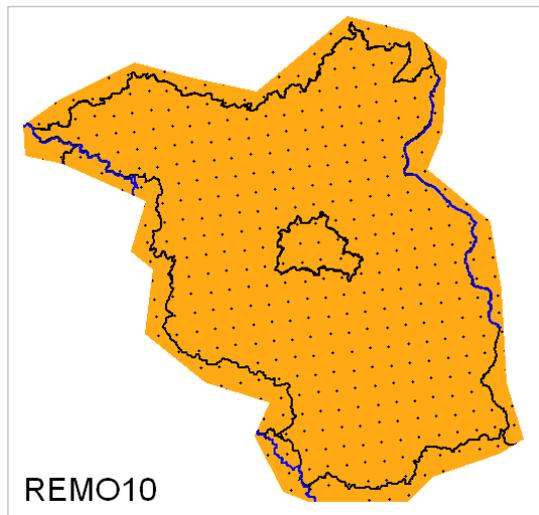
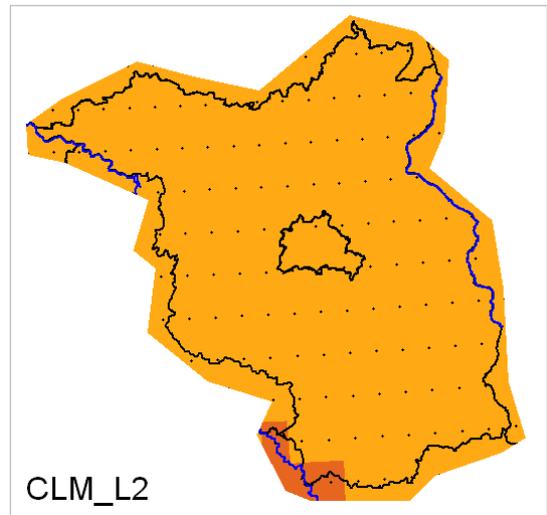
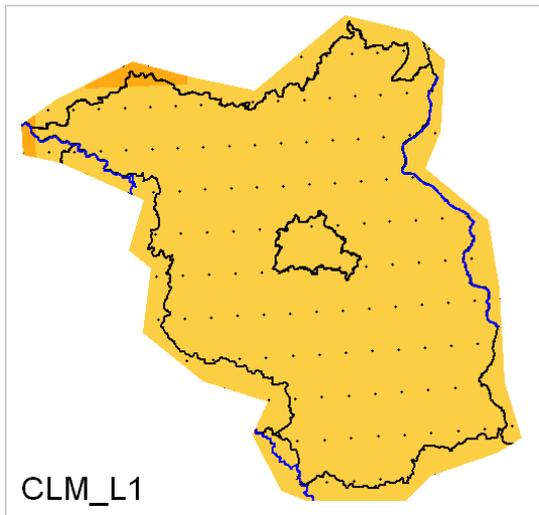
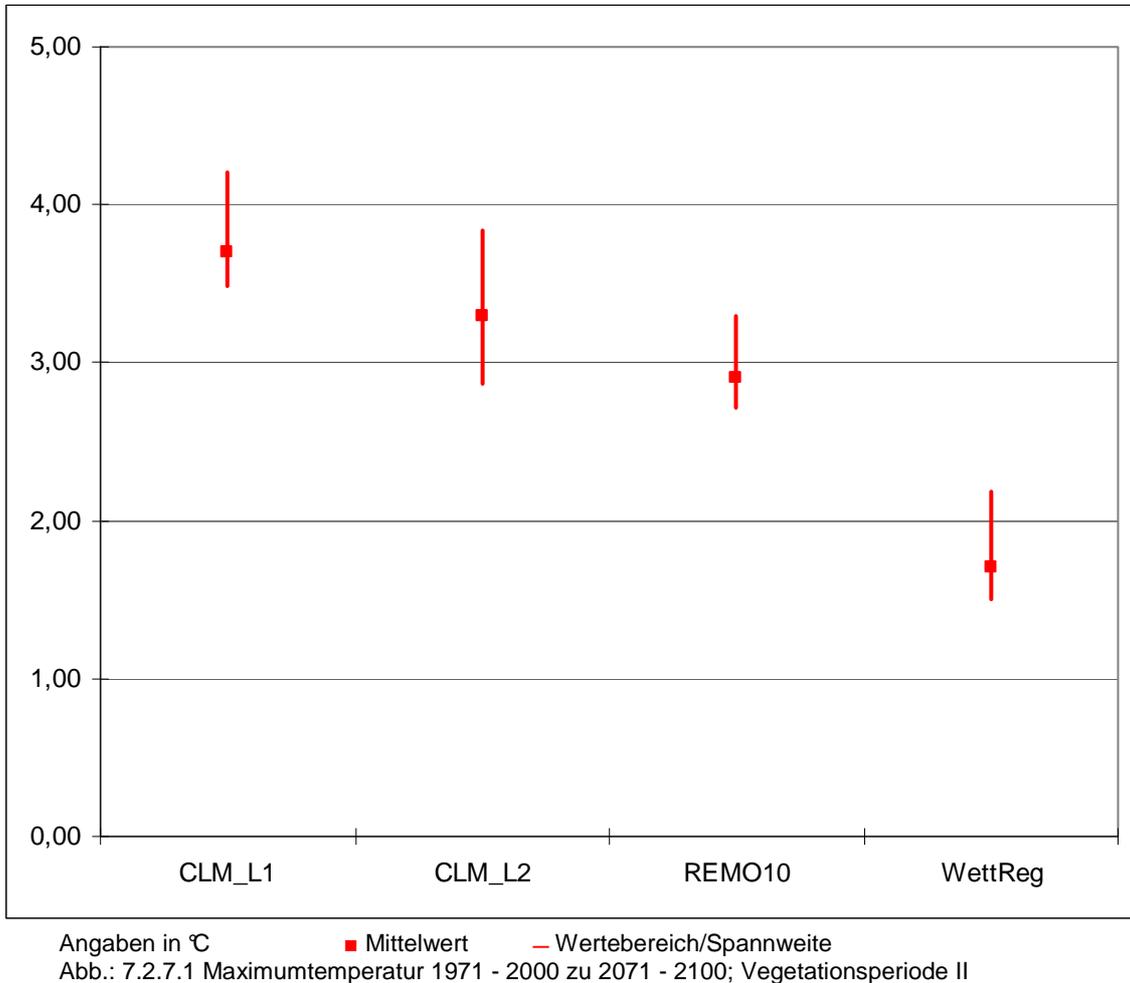


Abb. 7.2.6.2 – 7.2.6.5 Maximumtemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; Vegetationsperiode I

### 7.2.7 Tagesmaximumtemperatur – Vegetationsperiode II

Bei der Tagesmaximumtemperatur handelt es sich um den höchsten gemessenen Wert in °C, der im Laufe des Tages gemessen wird. Temperaturen der Luft werden 2 m über dem Boden gemessen. Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesmaximumtemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



#### Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 1,5 bis 4,2 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 1,7 und 3,7 °C. Es sind für die Vegetationsperiode I hinsichtlich der Tagesmaximumtemperatur ein deutlicher Trend in fast allen Modellen erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 1,7 °C auszugehen.

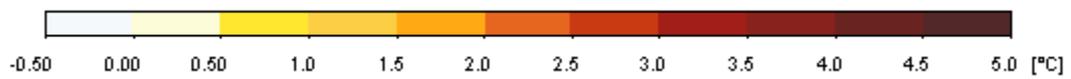
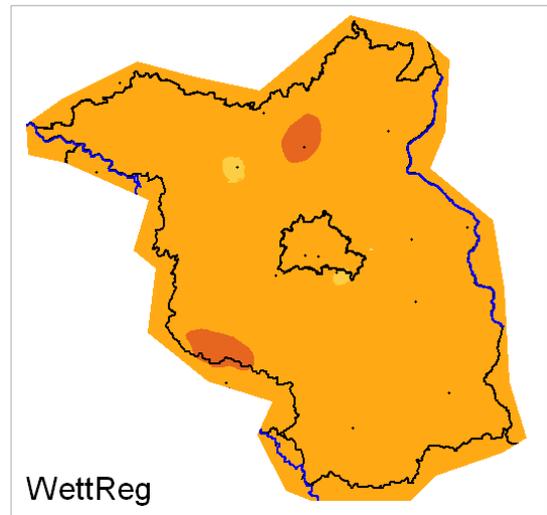
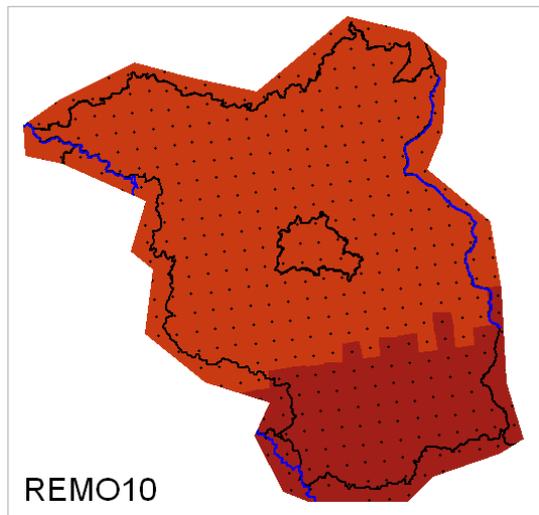
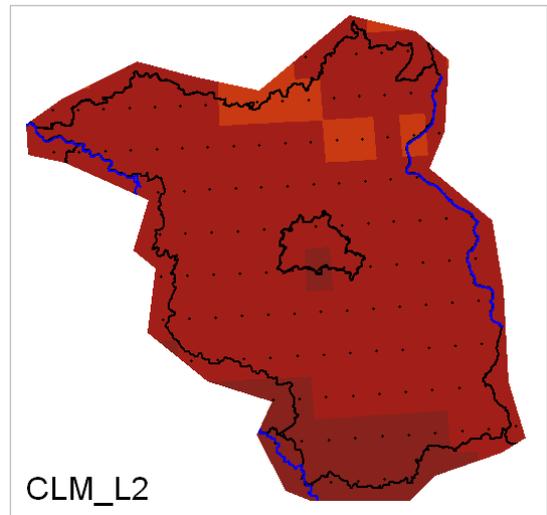
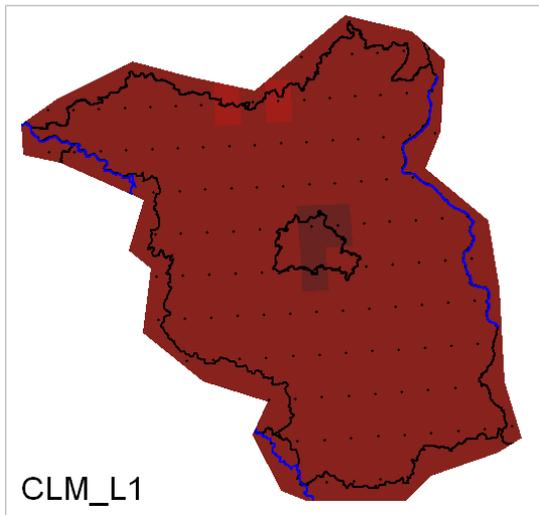
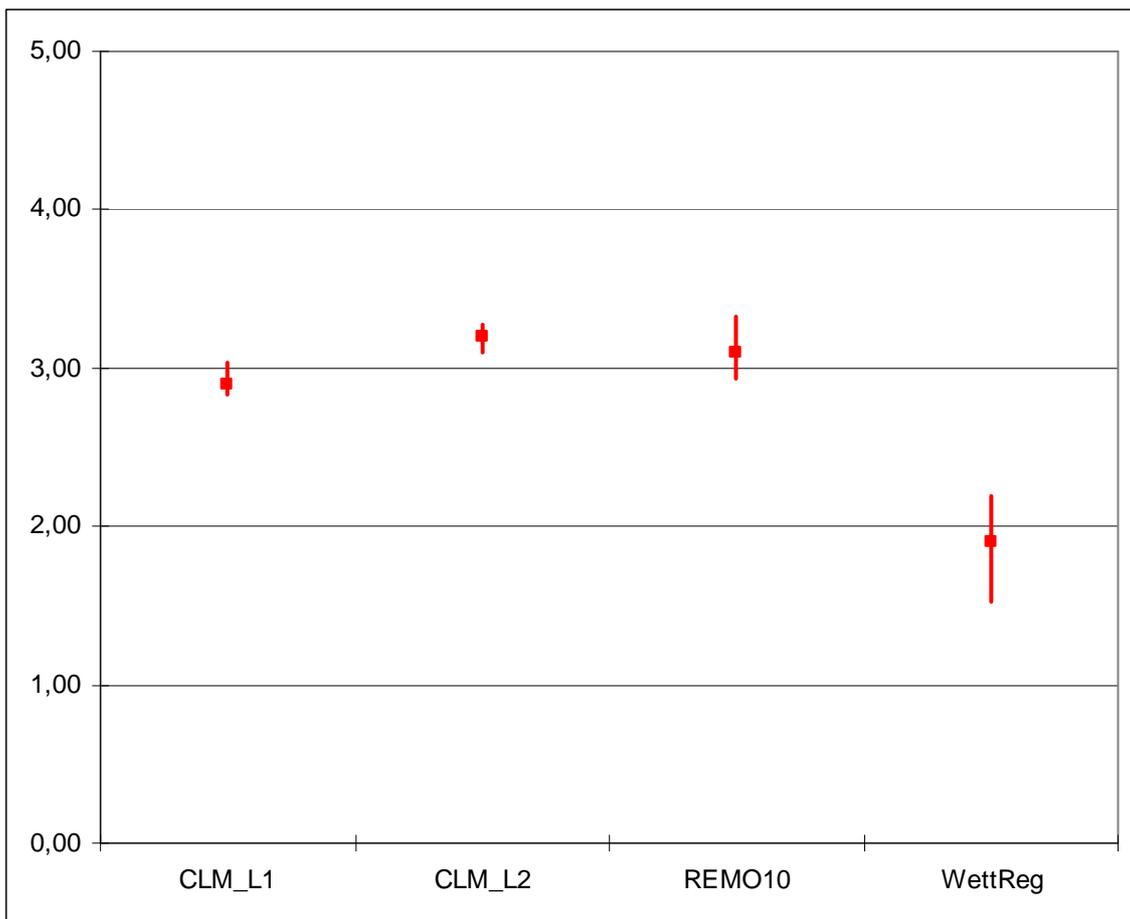


Abb. 7.2.7.2 – 7.2.7.5 Maximumtemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; Vegetationsperiode II

## 7.3 Tagesminimumtemperatur der Luft

### 7.3.1 Tagesminimumtemperatur – meteorologisches Jahr

Bei der Tagesminimumtemperatur handelt es sich um den geringsten gemessenen Wert in °C, der im Laufe des Tages gemessen wird. Temperaturen der Luft werden 2 m über dem Boden gemessen. Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesminimumtemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Angaben in °C      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.3.1.1 Minimumtemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 1,5 bis 3,3 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 1,9 und 3,2 °C. Es ist für das meteorologische Jahr hinsichtlich der Tagesminimumtemperatur ein deutlicher, homogener Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 1,9°C auszugehen.

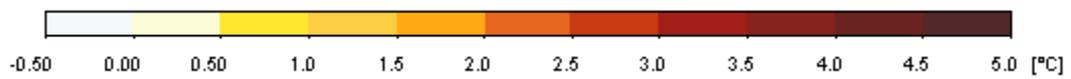
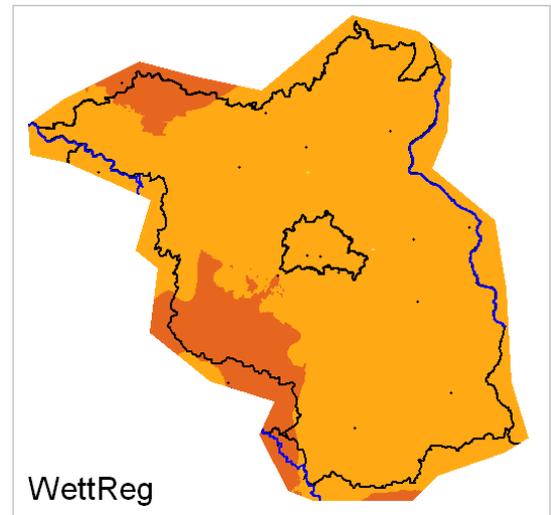
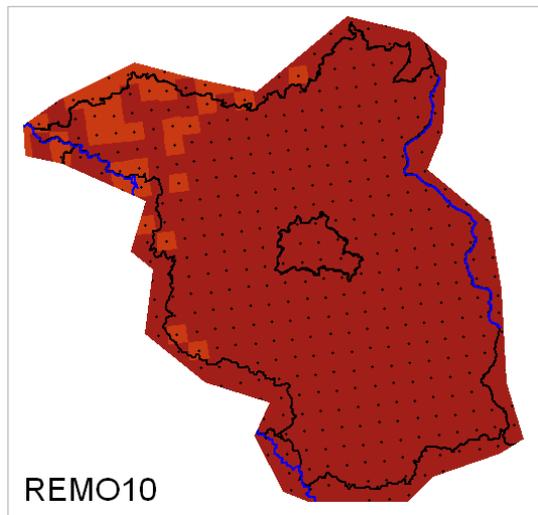
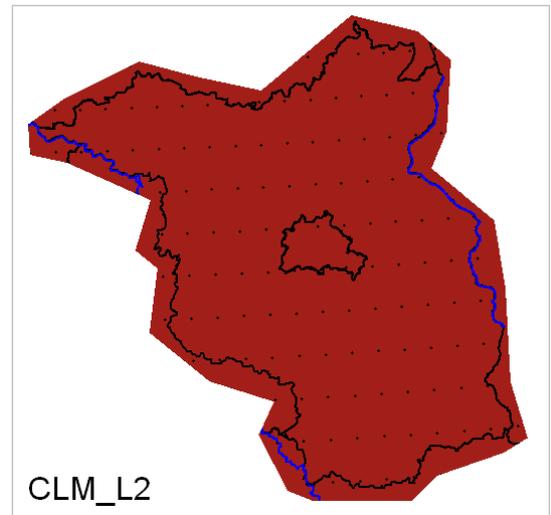
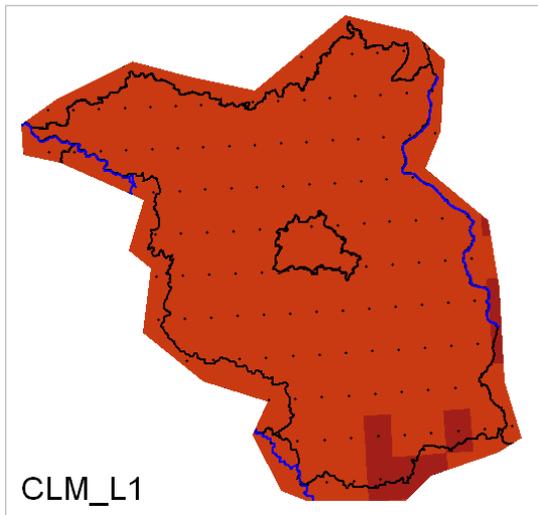
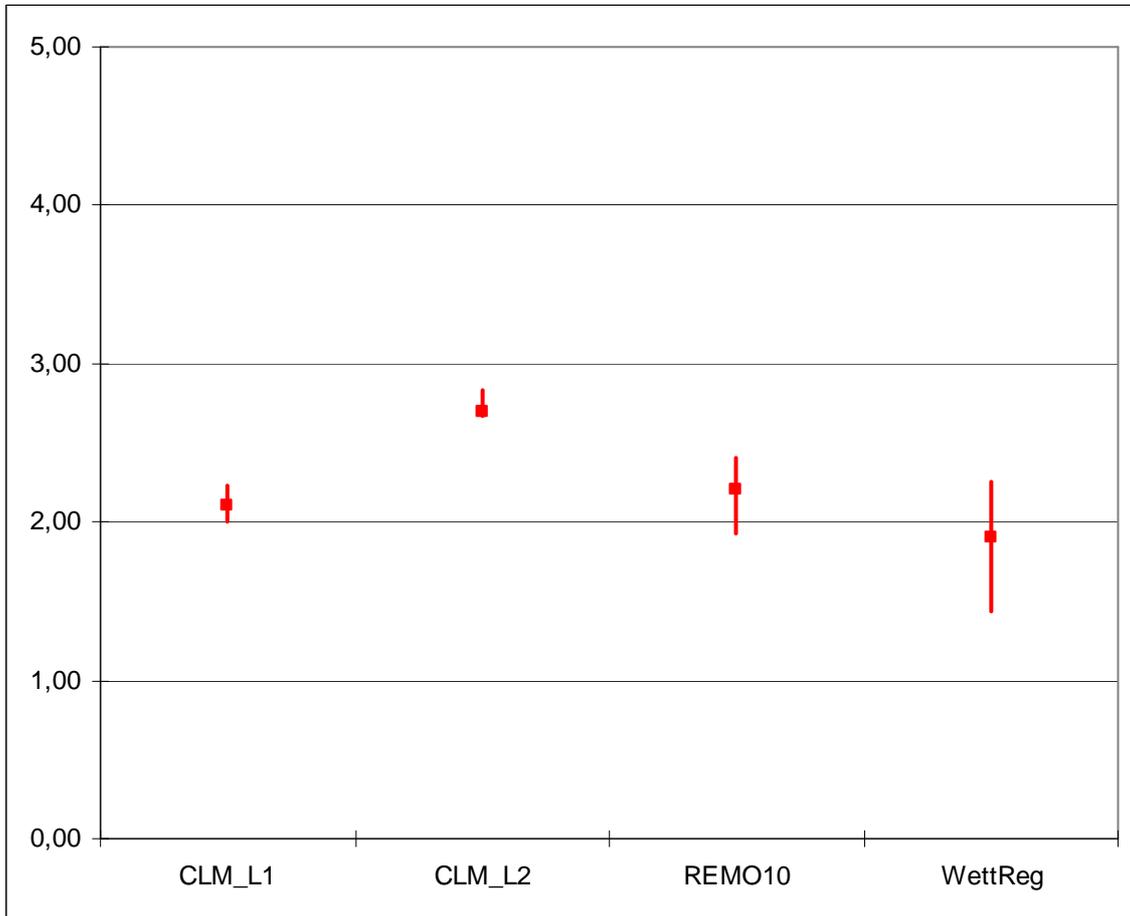


Abb. 7.3.1.2 – 7.3.1.5 Minimumtemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

### 7.3.2 Tagesminimumtemperatur – meteorologisches Frühjahr

Bei der Tagesminimumtemperatur handelt es sich um den geringsten gemessenen Wert in °C, der im Laufe des Tages gemessen wird. Temperaturen der Luft werden 2 m über dem Boden gemessen. Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesminimumtemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Angaben in °C      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.3.2.1 Minimumtemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Frühjahr

#### Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 1,4 bis 2,8 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 1,9 und 2,7 °C. Es ist für den meteorologischen Frühling hinsichtlich der Tagesminimumtemperatur ein deutlicher, homogener Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 1,9°C auszugehen.

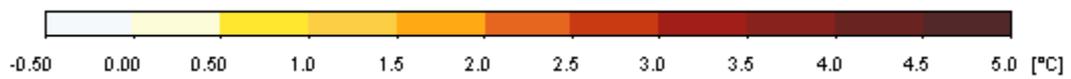
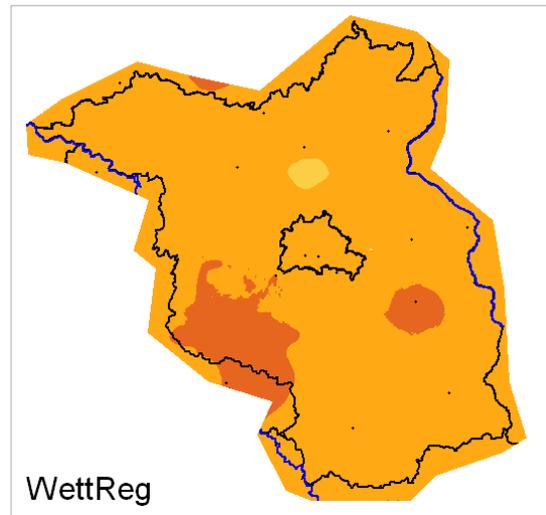
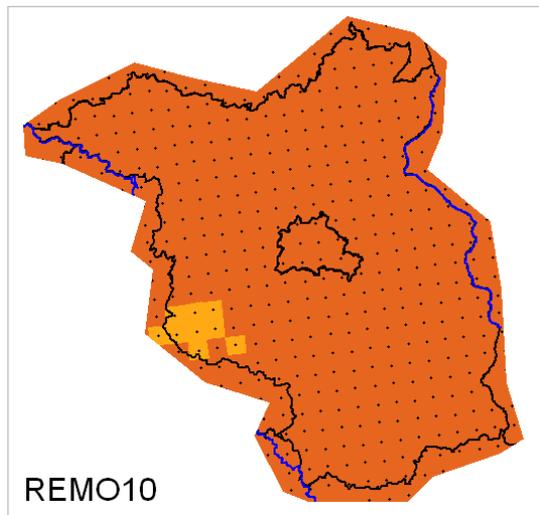
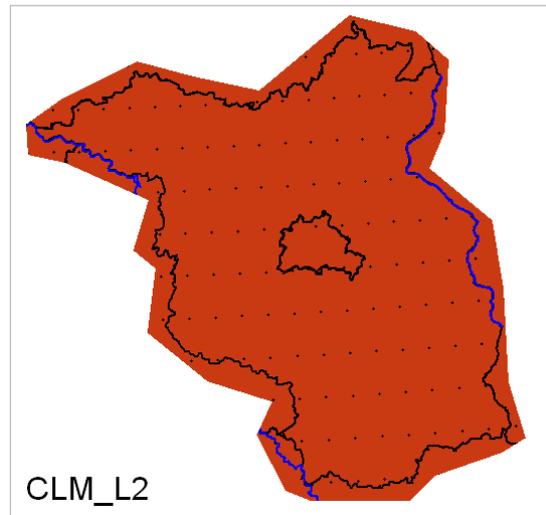
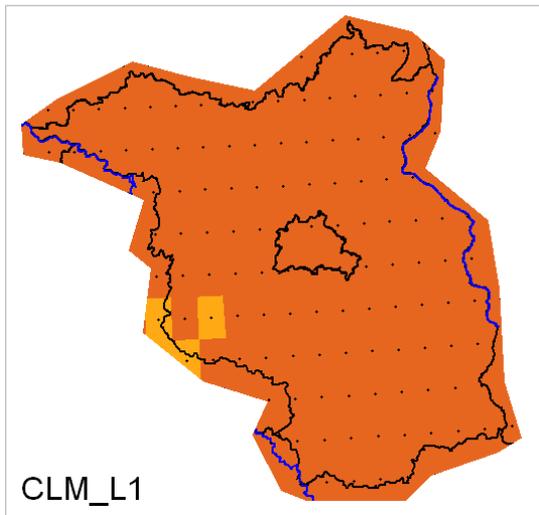
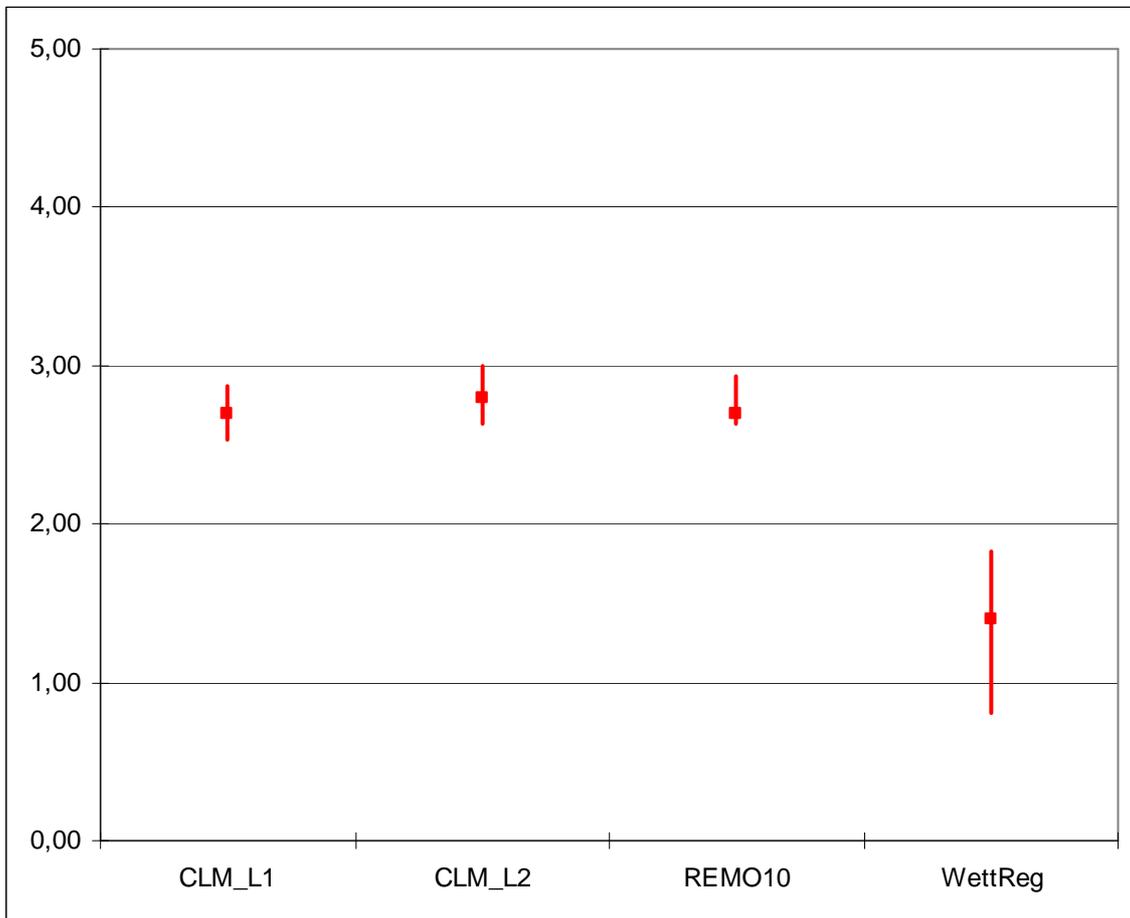


Abb. 7.3.2.2 – 7.3.2.5 Minimumtemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Frühjahr

### 7.3.3 Tagesminimumtemperatur – meteorologischer Sommer

Bei der Tagesminimumtemperatur handelt es sich um den geringsten gemessenen Wert in °C, der im Laufe des Tages gemessen wird. Temperaturen der Luft werden 2 m über dem Boden gemessen. Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesminimumtemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Angaben in °C      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.3.3.1 Minimumtemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Sommer

#### Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 0,8 bis 3,0 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 1,4 und 2,8 °C. Es ist für den meteorologischen Sommer hinsichtlich der Tagesminimumtemperatur ein deutlicher Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 1,4°C auszugehen.

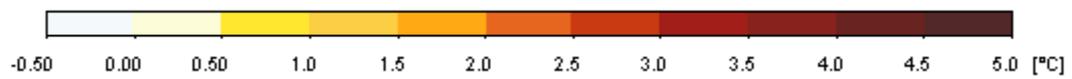
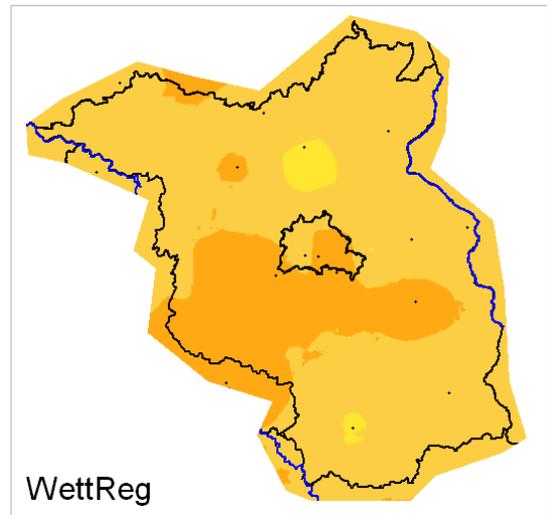
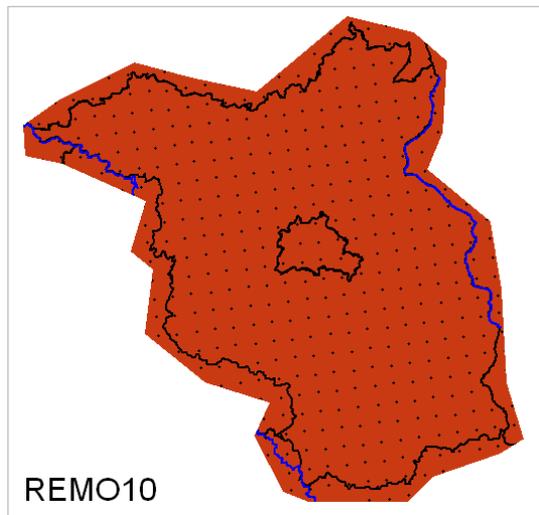
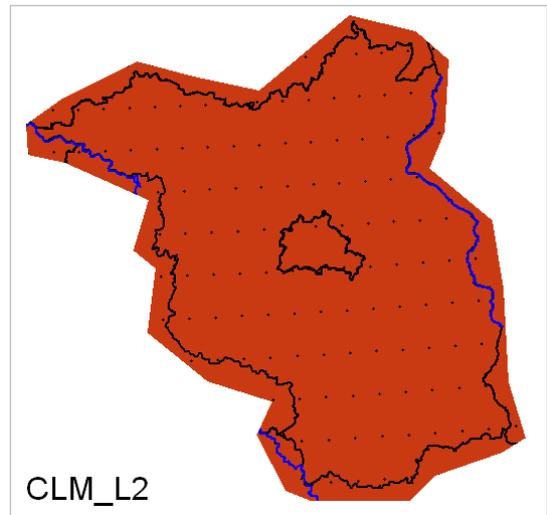
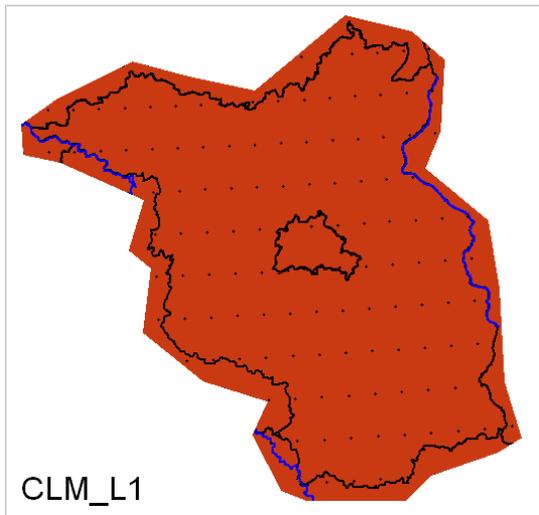
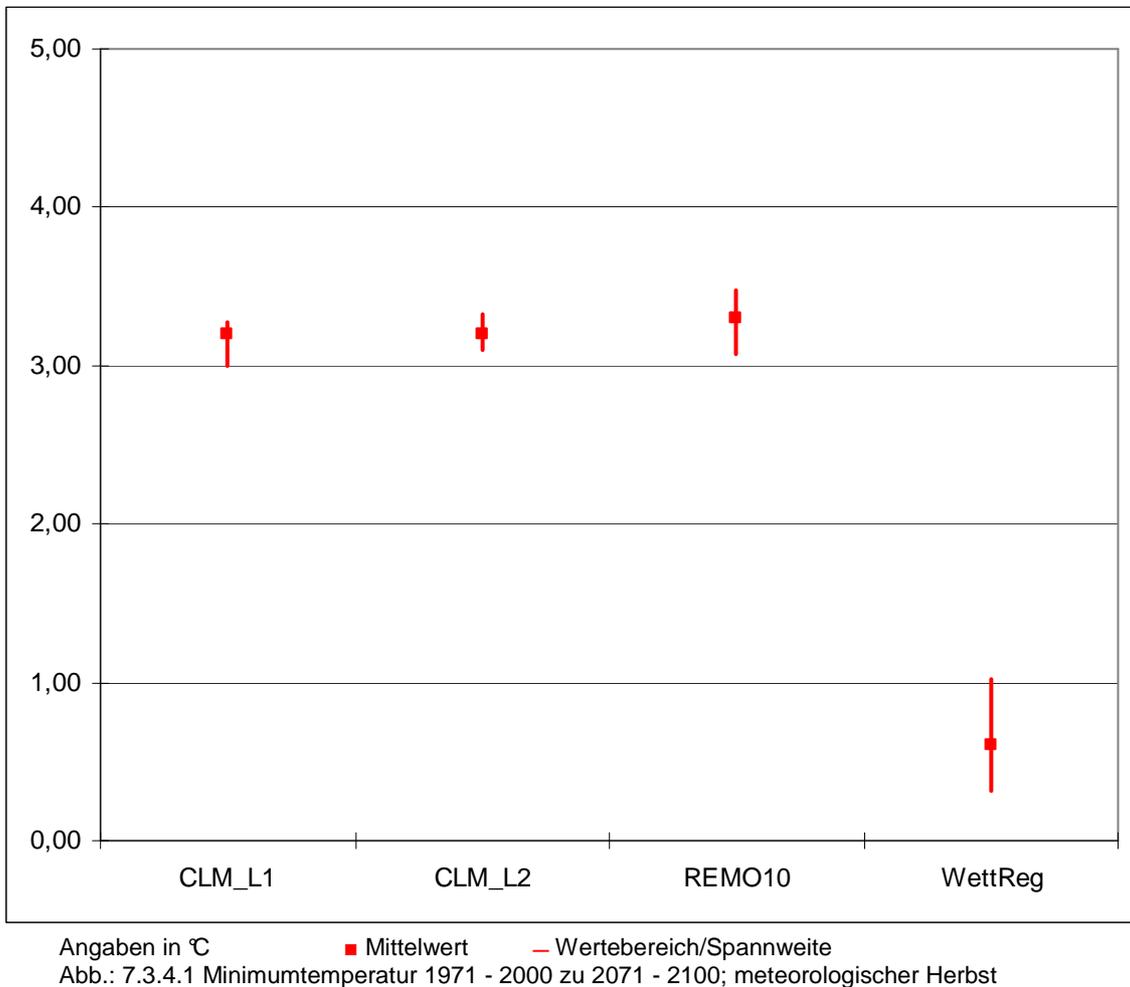


Abb. 7.3.3.2 – 7.3.3.5 Minimumtemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Sommer

### 7.3.4 Tagesminimumtemperatur – meteorologischer Herbst

Bei der Tagesminimumtemperatur handelt es sich um den geringsten gemessenen Wert in °C, der im Laufe des Tages gemessen wird. Temperaturen der Luft werden 2 m über dem Boden gemessen. Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesminimumtemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



#### Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 0,3 bis 3,5 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 0,6 und 3,3 °C. Es ist für den meteorologischen Herbst hinsichtlich der Tagesminimumtemperatur ein deutlicher Trend in fast allen Modellen erkennbar, außer bei WettReg. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um ca. 3°C auszugehen.

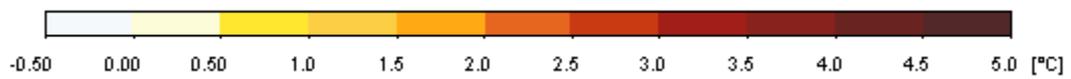
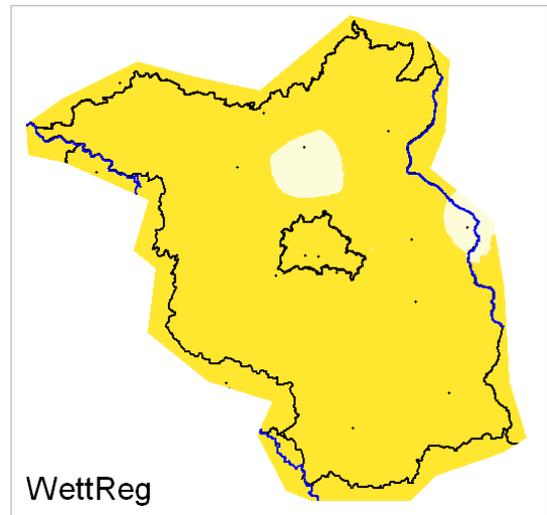
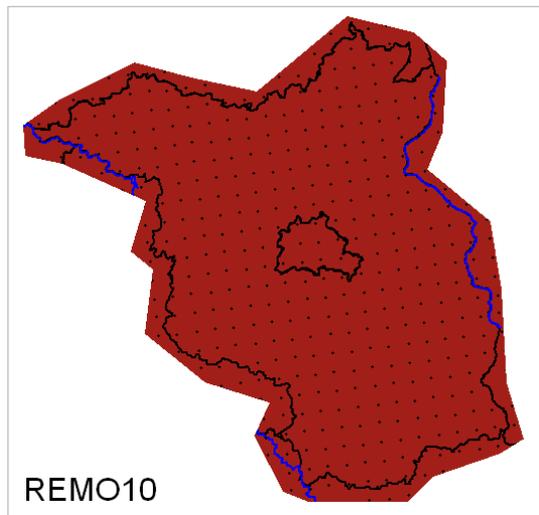
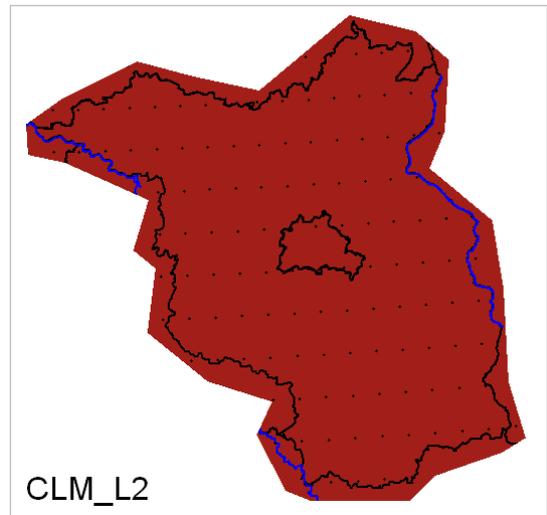
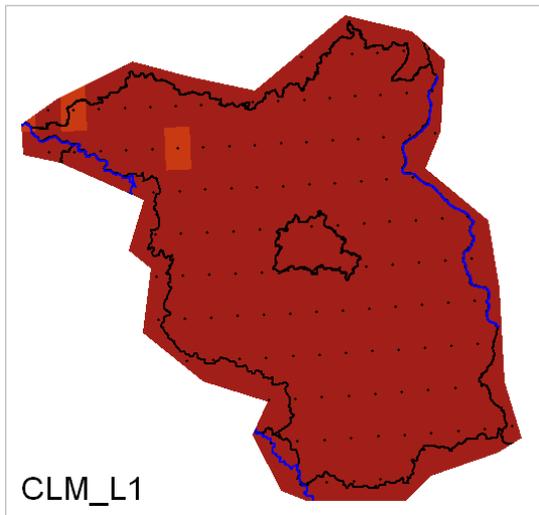
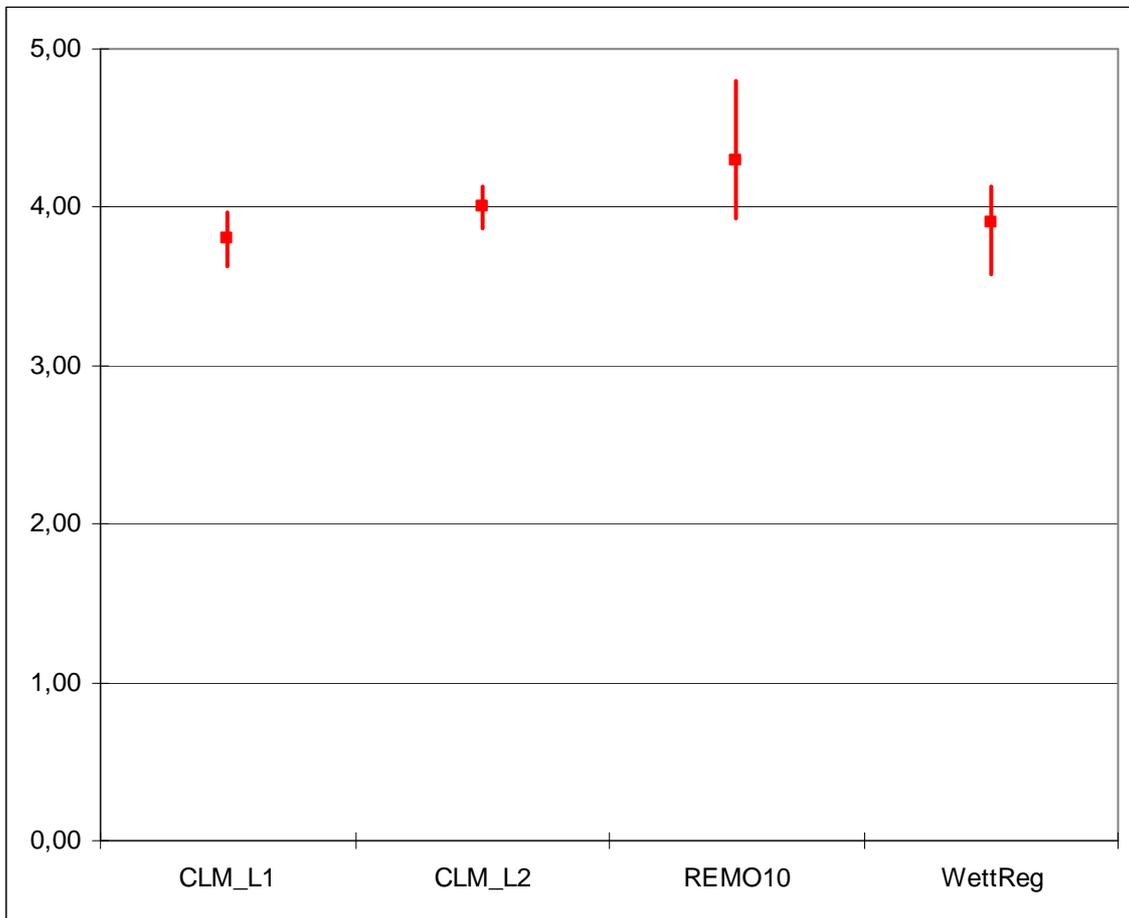


Abb. 7.3.4.2 – 7.3.4.5 Minimumtemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Herbst

### 7.3.5 Tagesminimumtemperatur – meteorologischer Winter

Bei der Tagesminimumtemperatur handelt es sich um den geringsten gemessenen Wert in °C, der im Laufe des Tages gemessen wird. Temperaturen der Luft werden 2 m über dem Boden gemessen. Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesminimumtemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Angaben in °C      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.3.5.1 Minimumtemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Winter

#### Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 3,6 bis 4,8 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 3,8 und 4,3 °C. Es ist für den meteorologischen Winter hinsichtlich der Tagesminimumtemperatur ein deutlicher, homogener Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 3,8°C auszugehen.

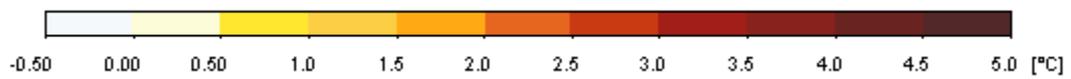
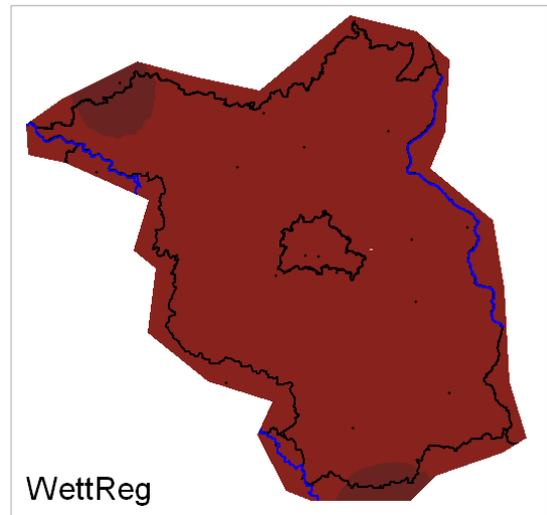
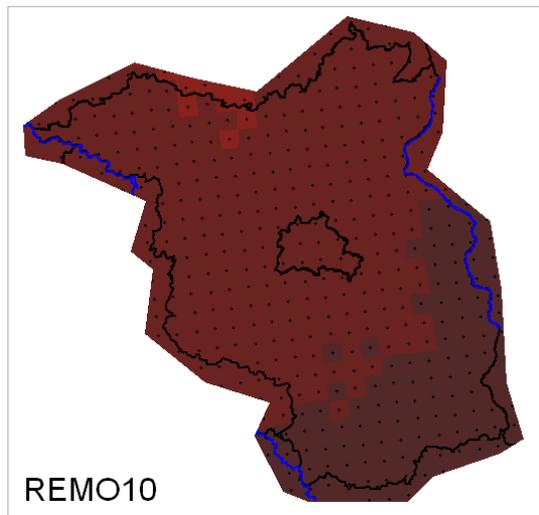
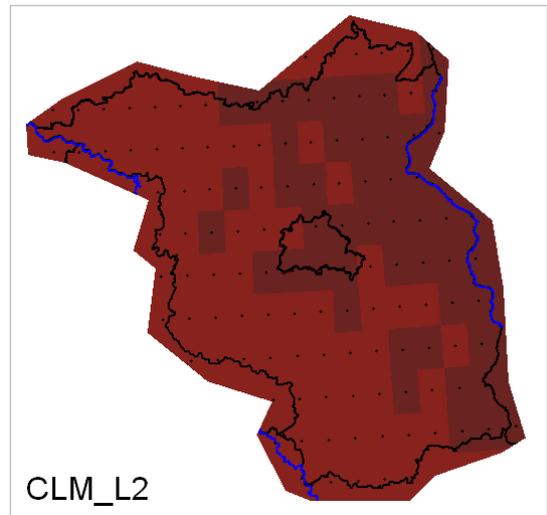
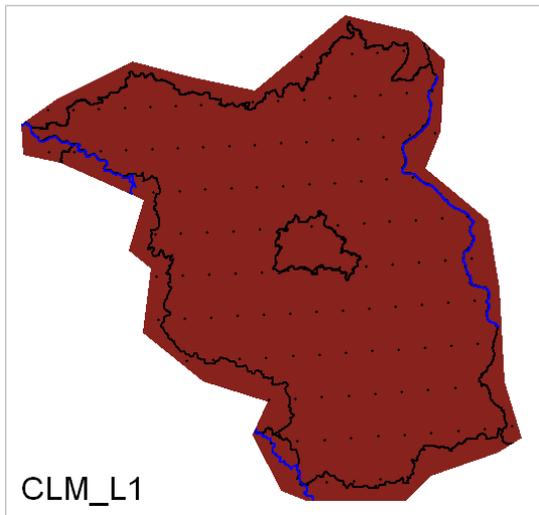
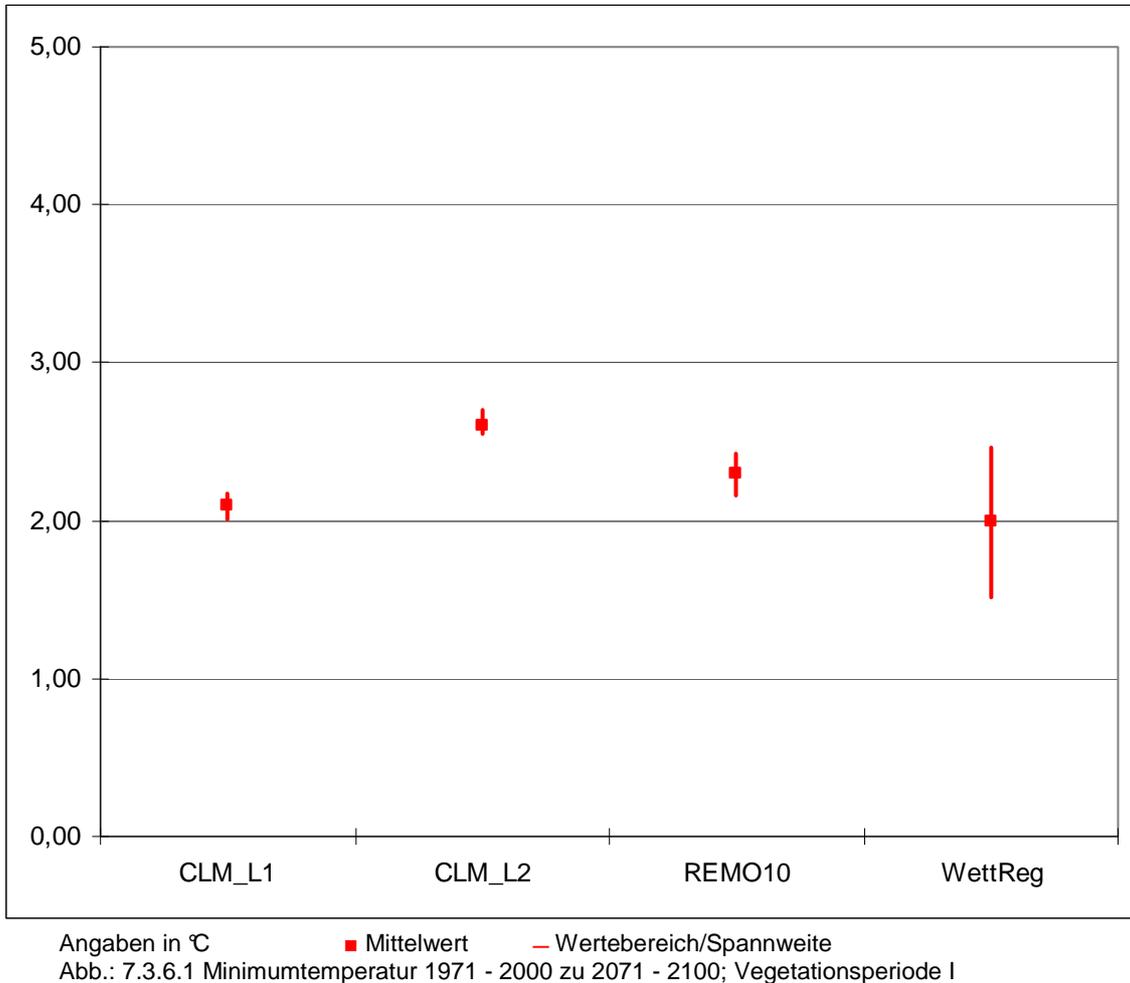


Abb. 7.3.5.2 – 7.3.5.5 Minimumtemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Winter

### 7.3.6 Tagesminimumtemperatur – Vegetationsperiode I

Bei der Tagesminimumtemperatur handelt es sich um den geringsten gemessenen Wert in °C, der im Laufe des Tages gemessen wird. Temperaturen der Luft werden 2 m über dem Boden gemessen. Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesminimumtemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 1,5 bis 2,7 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 2,0 und 2,6 °C. Es ist für die Vegetationsperiode I hinsichtlich der Tagesminimumtemperatur ein deutlicher, homogener Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 2°C auszugehen.

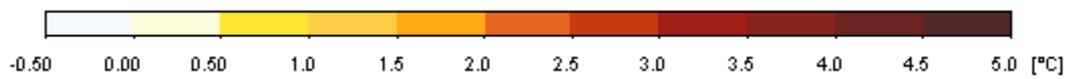
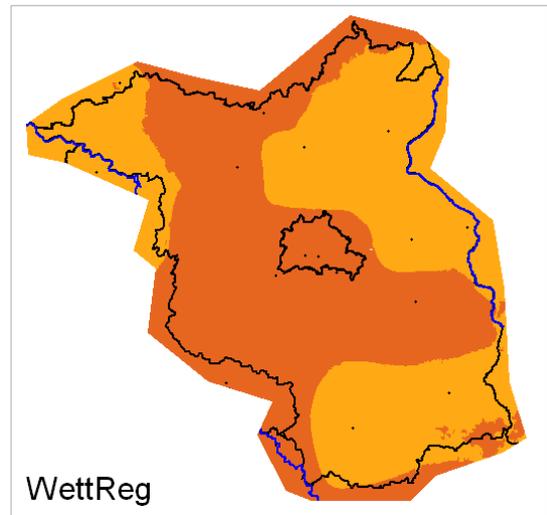
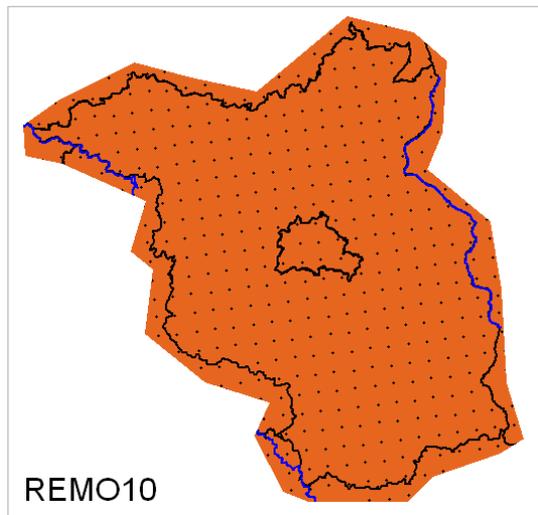
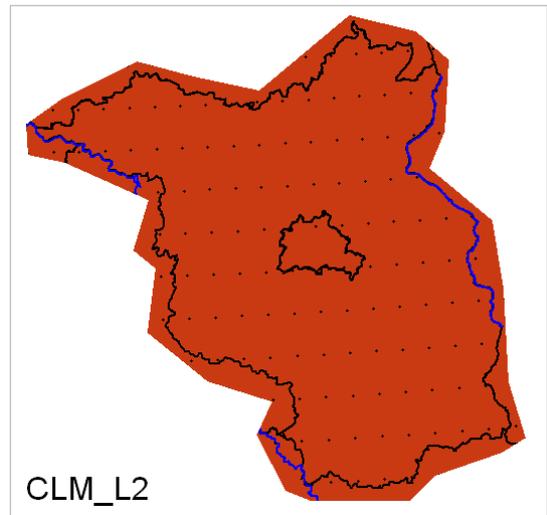
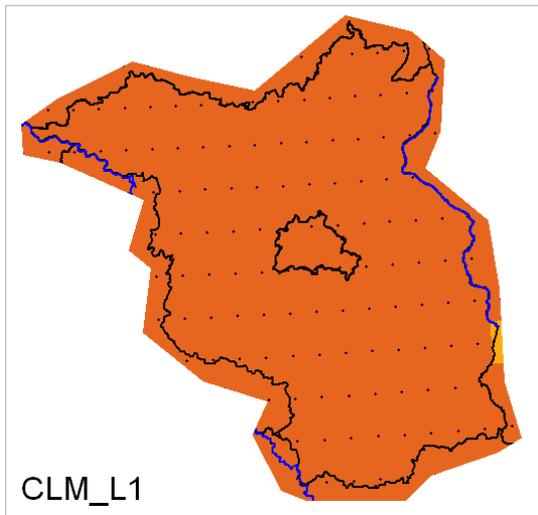
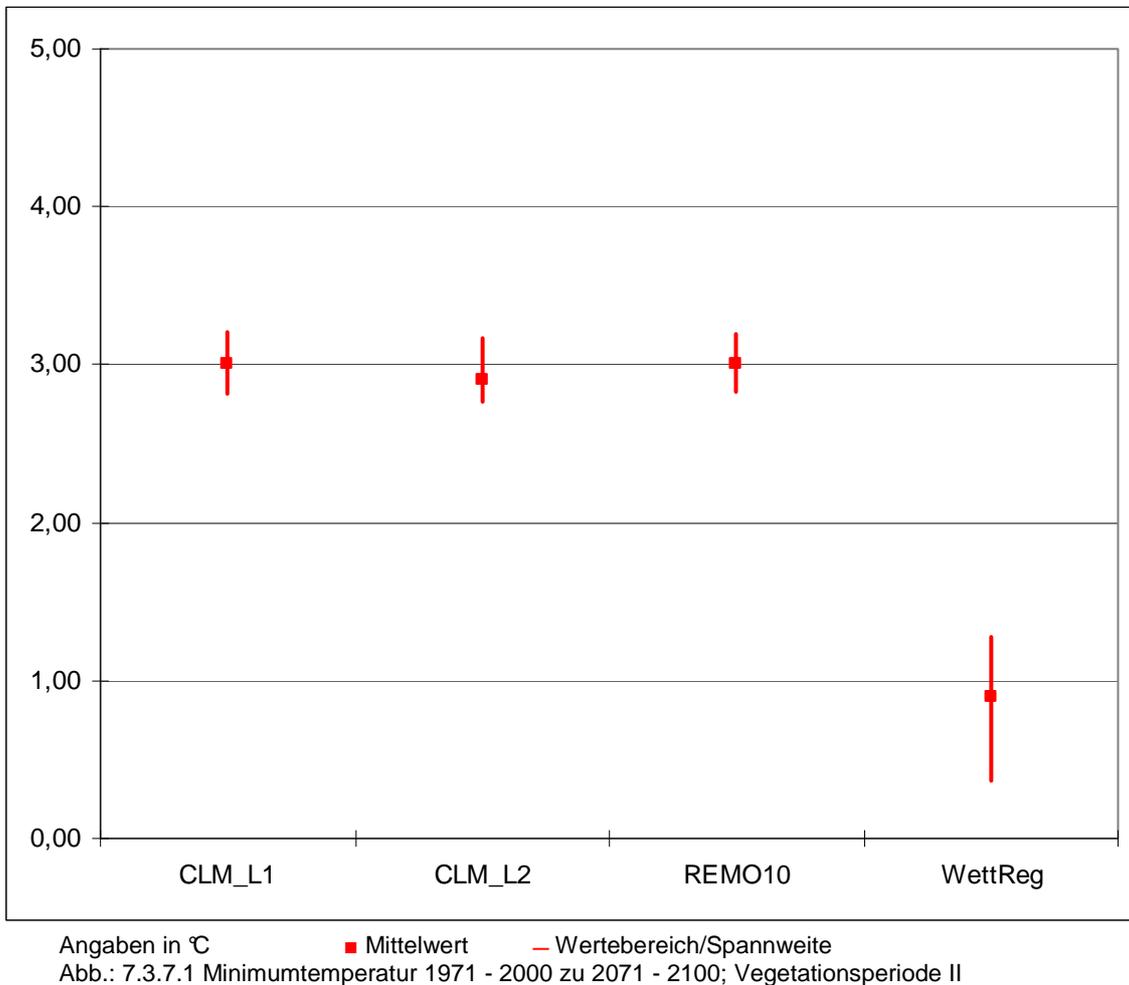


Abb. 7.3.6.2 – 7.3.6.5 Minimumtemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; Vegetationsperiode I

### 7.3.7 Tagesminimumtemperatur – Vegetationsperiode II

Bei der Tagesminimumtemperatur handelt es sich um den geringsten gemessenen Wert in °C, der im Laufe des Tages gemessen wird. Temperaturen der Luft werden 2 m über dem Boden gemessen. Es wird die modellspezifische Differenz der mittleren Tagesminimumtemperatur der Luft des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 (in °C) dargestellt.



Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 0,4 bis 3,2 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 0,9 und 3,0 °C. Es ist für die Vegetationsperiode II hinsichtlich der Tagesminimumtemperatur ein deutlicher Trend in allen Modellen, außer bei WettReg erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 2,9°C auszugehen.

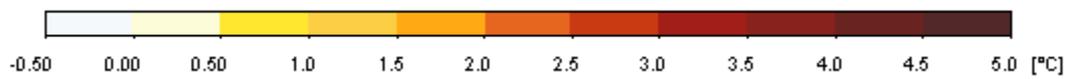
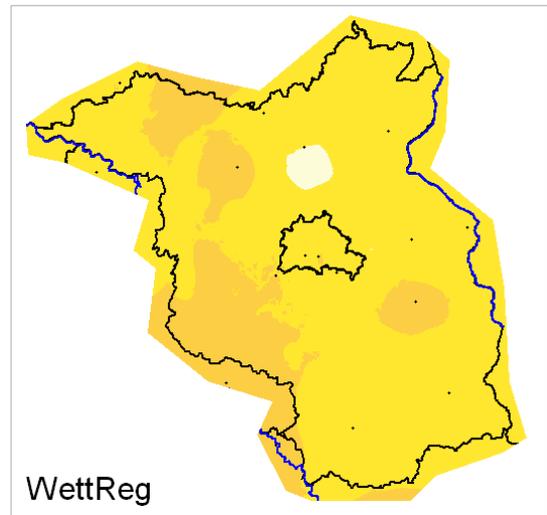
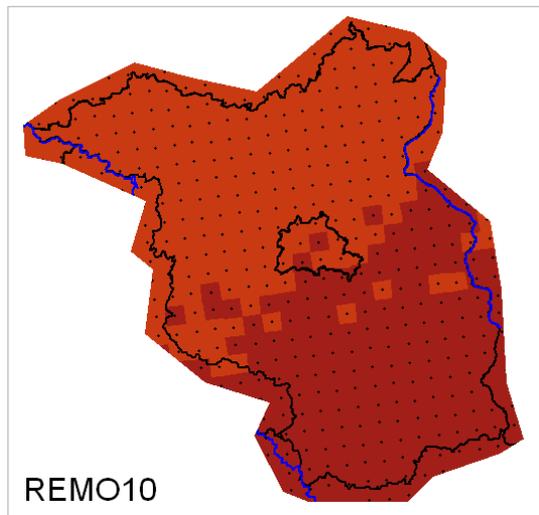
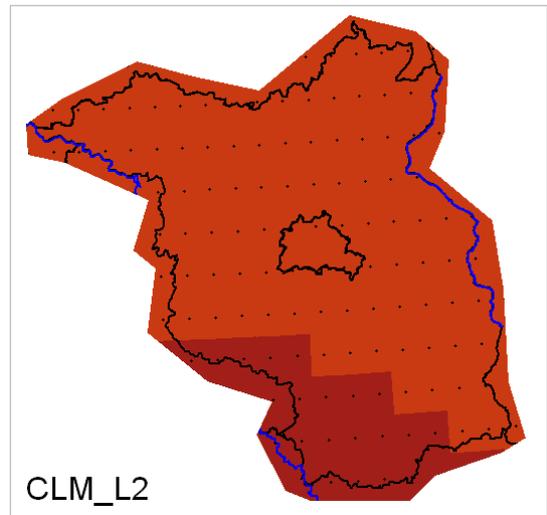
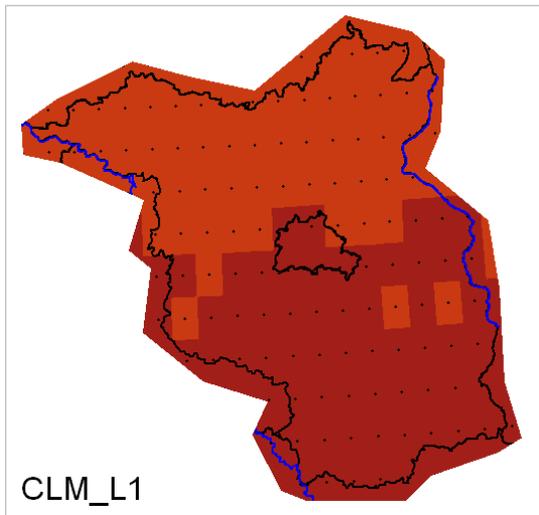
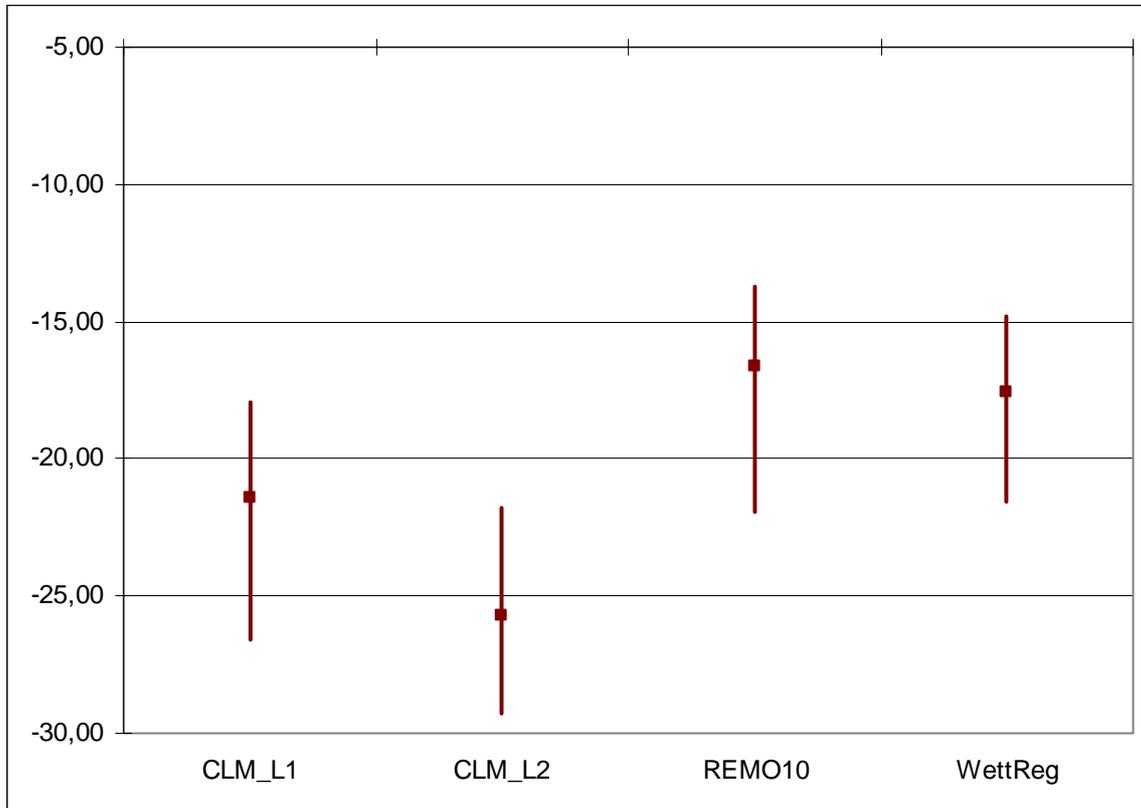


Abb. 7.3.7.2 – 7.3.7.5 Minimumtemperatur 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; Vegetationsperiode II

## 7.4 Anzahl der Eistage

Als Eistage werden solche Tage bezeichnet, an denen die Tagesmaximumtemperatur der Luft unter 0 °C bleibt.

Es wird die modellspezifische Differenz der Anzahl der Eistage des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in Tagen dargestellt.



Angaben in Tagen      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 6.4.1 Eistage 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -29,3 bis -13,7 Tage. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -25,7 und -16,6 Tage. Es ist für das meteorologische Jahr hinsichtlich der Anzahl der Eistage ein deutlicher Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer Abnahme um mindestens 16,6 Tage auszugehen.

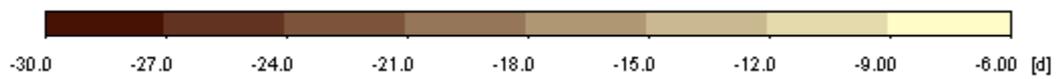
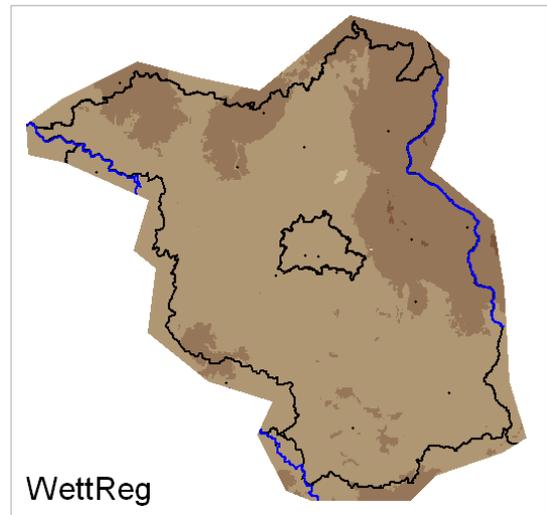
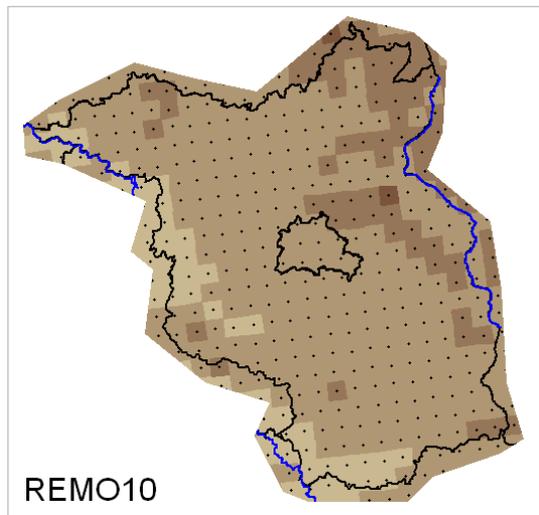
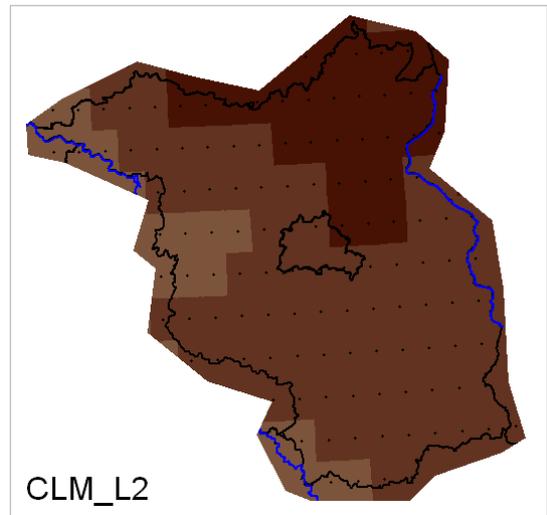
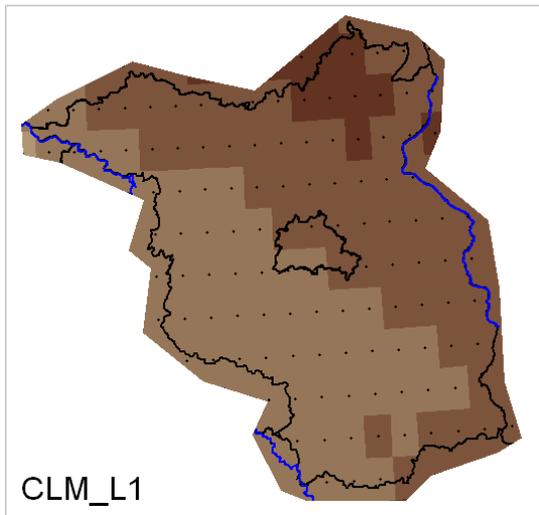
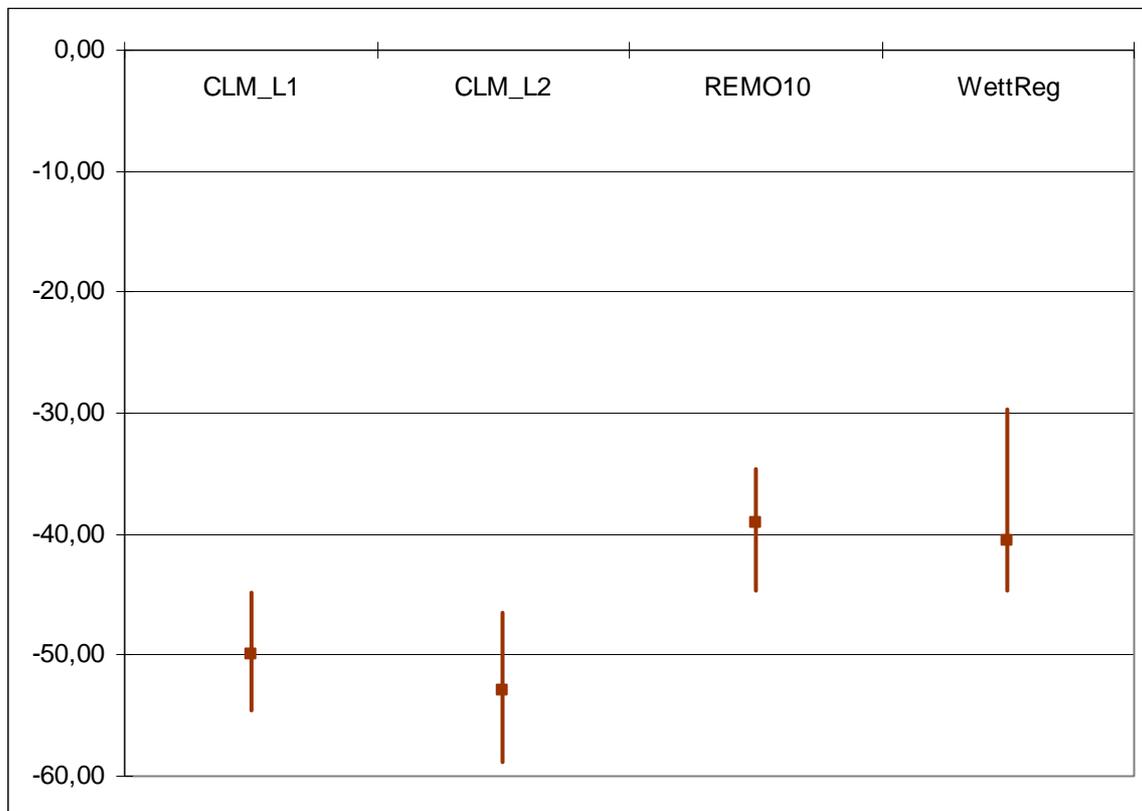


Abb. 7.4.2 – 7.4.5 Eistage 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

## 7.5 Anzahl der Frosttage

Als Frosttage werden solche Tage bezeichnet, an denen die Tagesminimumtemperatur der Luft unter 0 °C bleibt.

Es wird die modellspezifische Differenz der Anzahl der Frosttage des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in Tagen dargestellt.



Angaben in Tagen      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.5.1 Frosttage 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -58,9 bis -29,7 Tage. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -52,9 und -39 Tage. Es ist für das meteorologische Jahr hinsichtlich der Anzahl der Frosttage ein deutlicher, homogener Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer Abnahme um mindestens 39 Tage auszugehen.

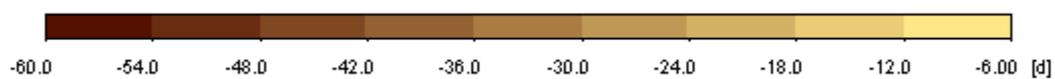
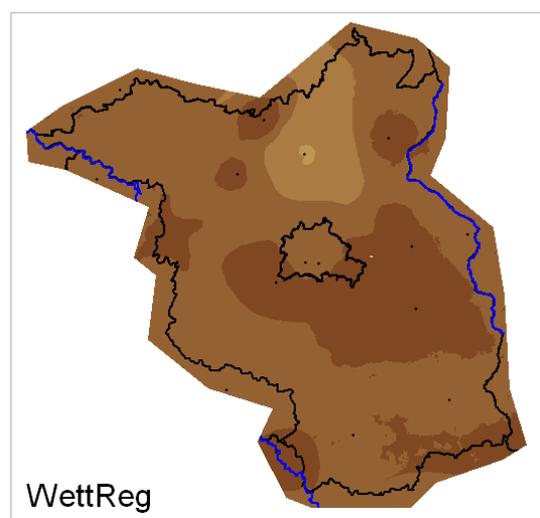
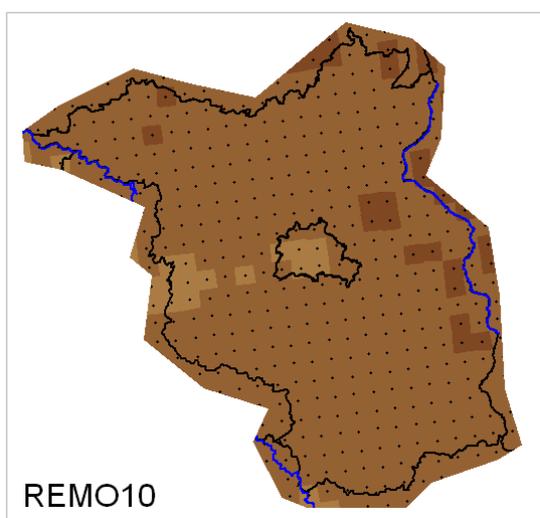
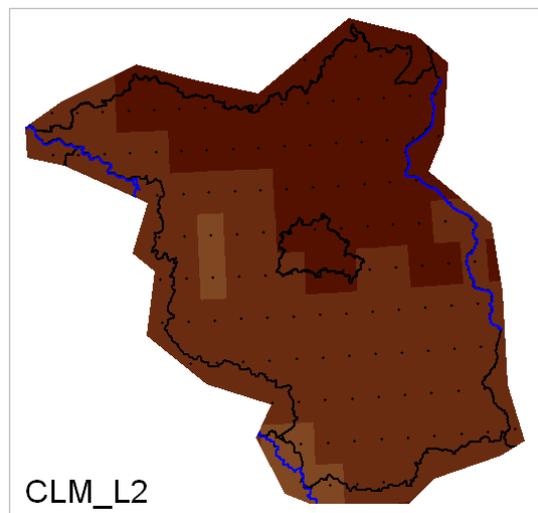
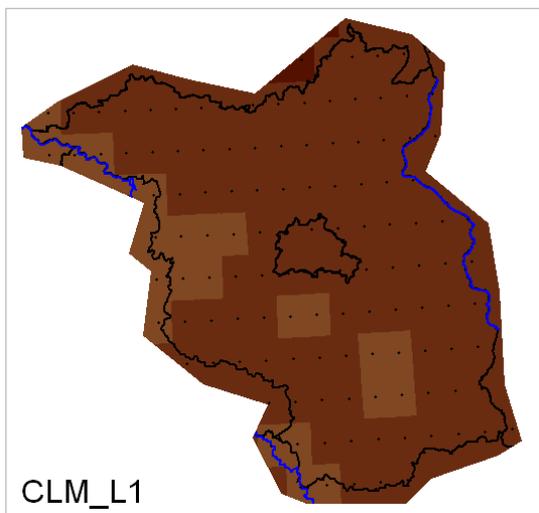
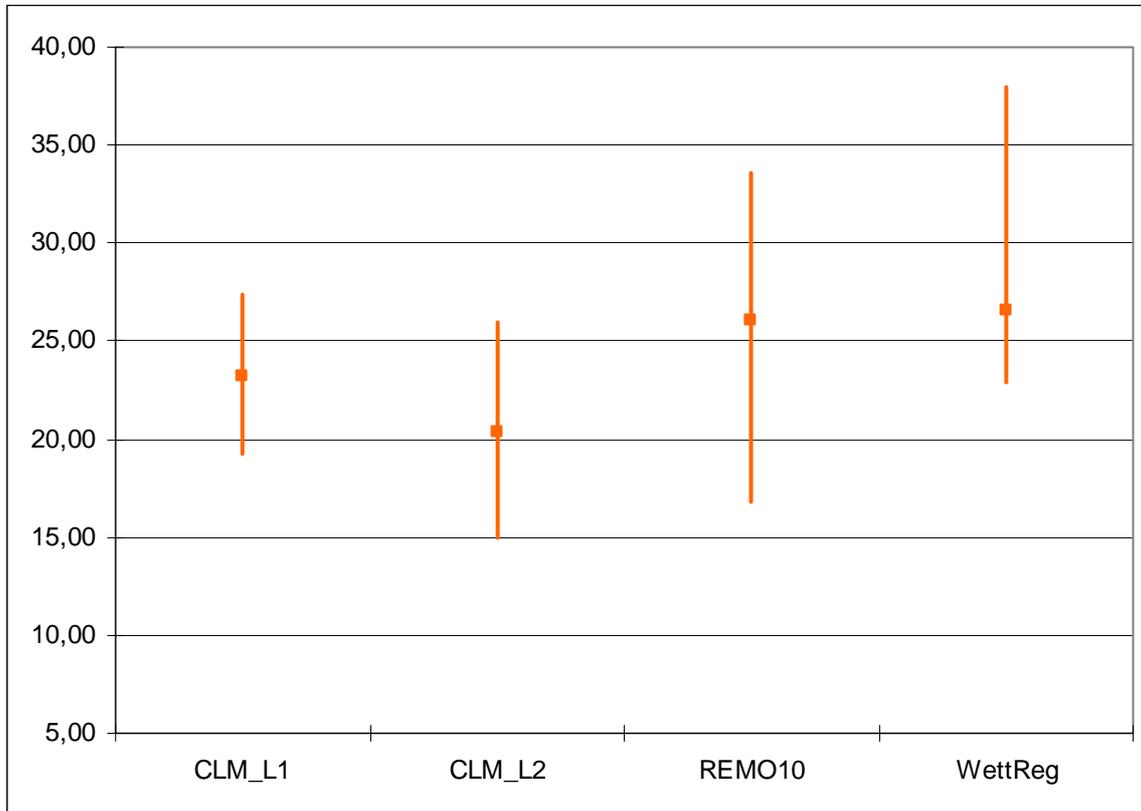


Abb. 7.5.2 – 7.5.5 Frosttage 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

## 7.6 Anzahl der Sommertage

Als Sommertage werden solche Tage bezeichnet, an denen die Tagesmaximumtemperatur der Luft 25 °C oder größer ist.

Es wird die modellspezifische Differenz der Anzahl der Sommertage des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in Tagen dargestellt.



Angaben in Tagen                      ■ Mittelwert                      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.6.1 Sommertage 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 15 bis 38 Tage. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 20,4 und 26,6 Tage. Es ist für das meteorologische Jahr hinsichtlich der Anzahl der Sommertage ein deutlicher, homogener Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer Zunahme um mindestens 20,4 Tage auszugehen.

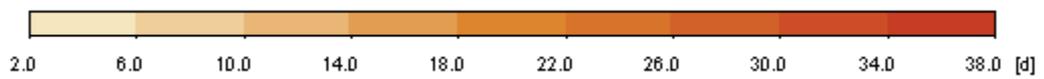
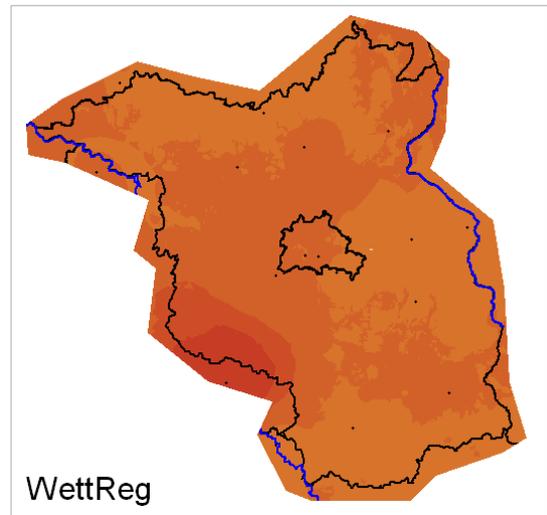
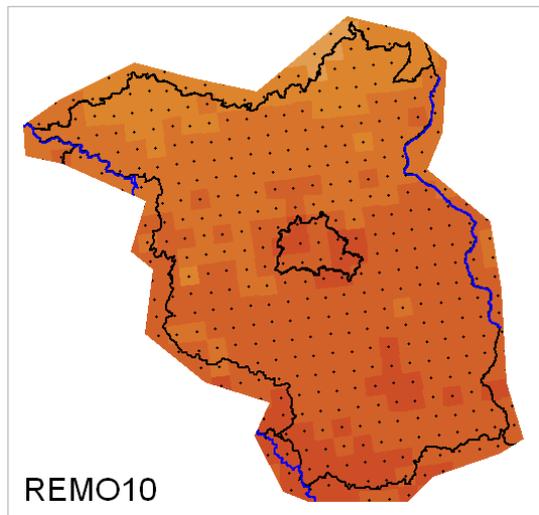
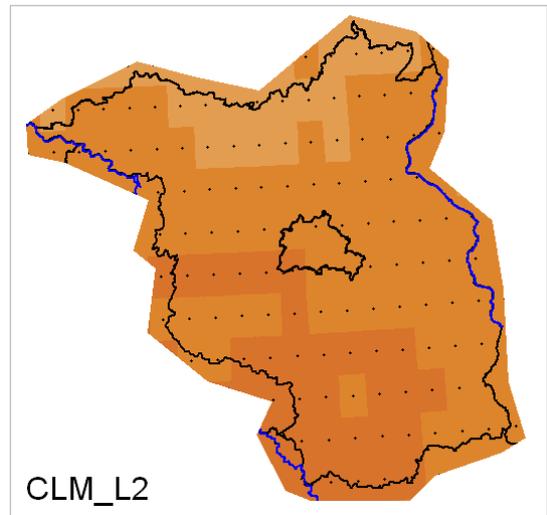
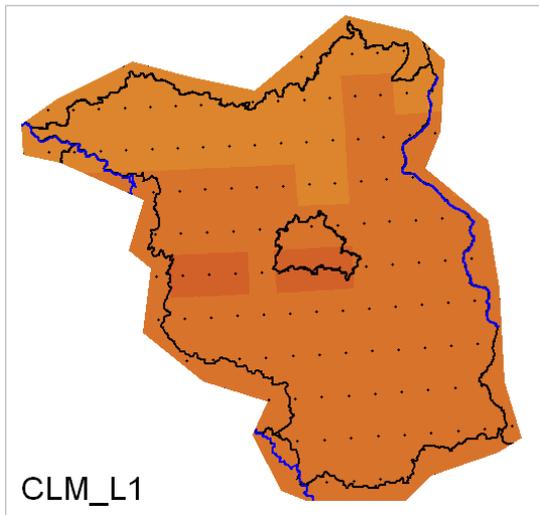
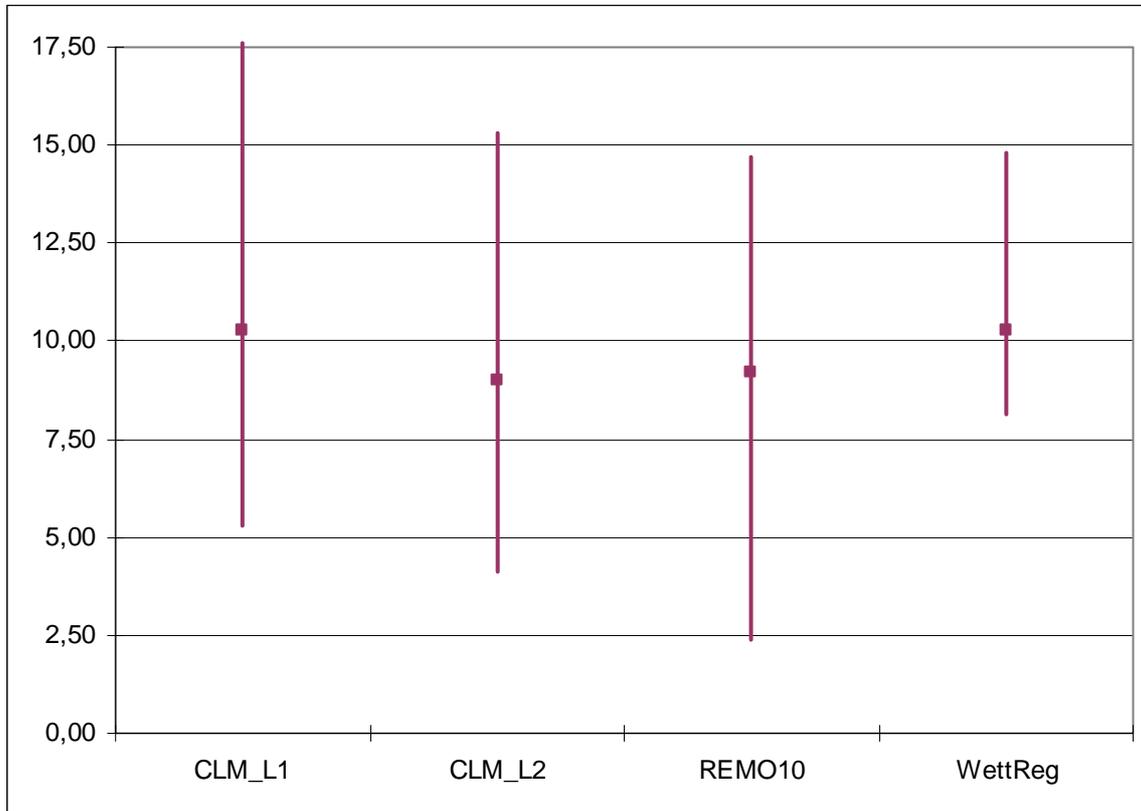


Abb. 7.6.2 – 7.6.5 Sommertage 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

## 7.7 Anzahl der heißen Tage

Als heiße Tage werden solche Tage bezeichnet, an denen die Tagesmaximumtemperatur der Luft 30 °C oder größer ist.

Es wird die modellspezifische Differenz der Anzahl der heißen Tage des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in Tagen dargestellt.



Angaben in Tagen      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.7.1 Heiße Tage 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 2,4 bis 17,6 Tage. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 9 und 10,3 Tage. Es ist für das meteorologische Jahr hinsichtlich der Anzahl der heißen Tage ein deutlicher Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer Zunahme um mindestens 9 Tage auszugehen.

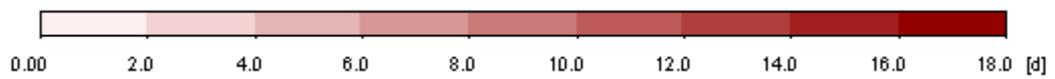
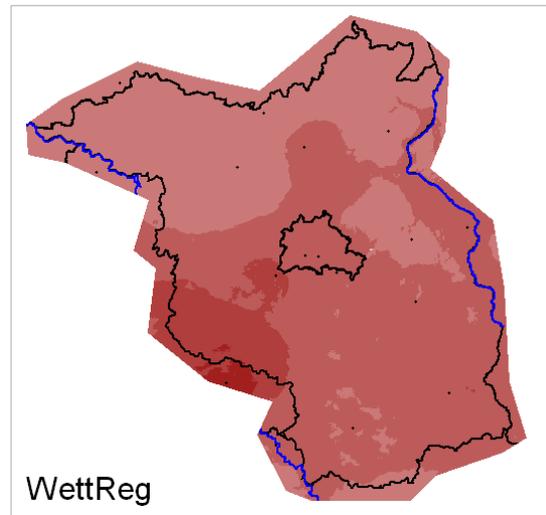
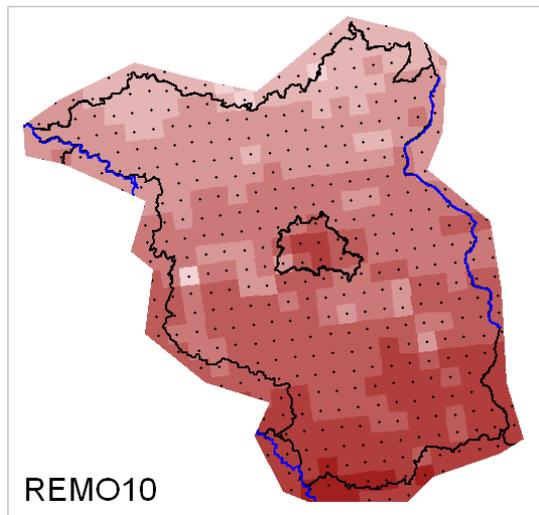
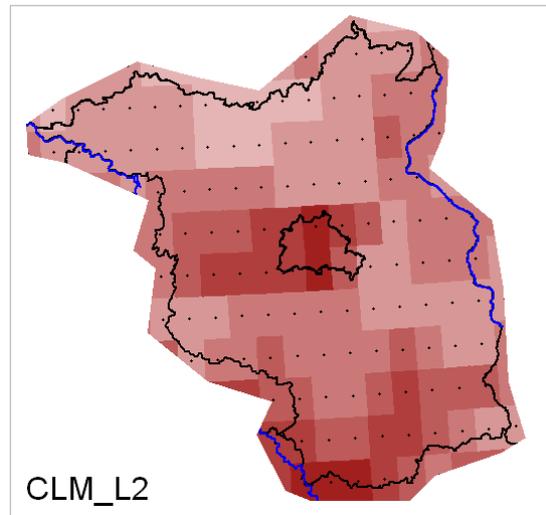
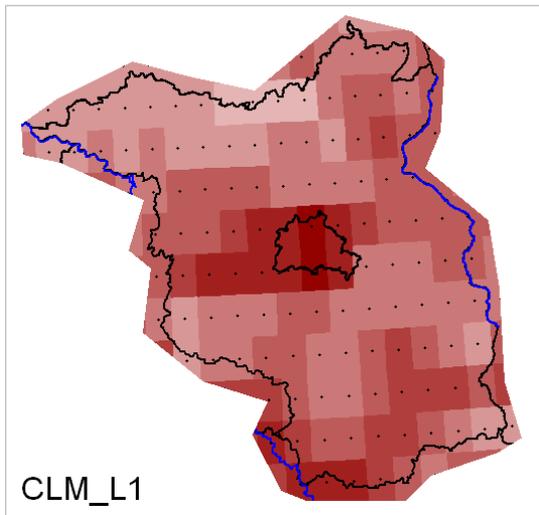
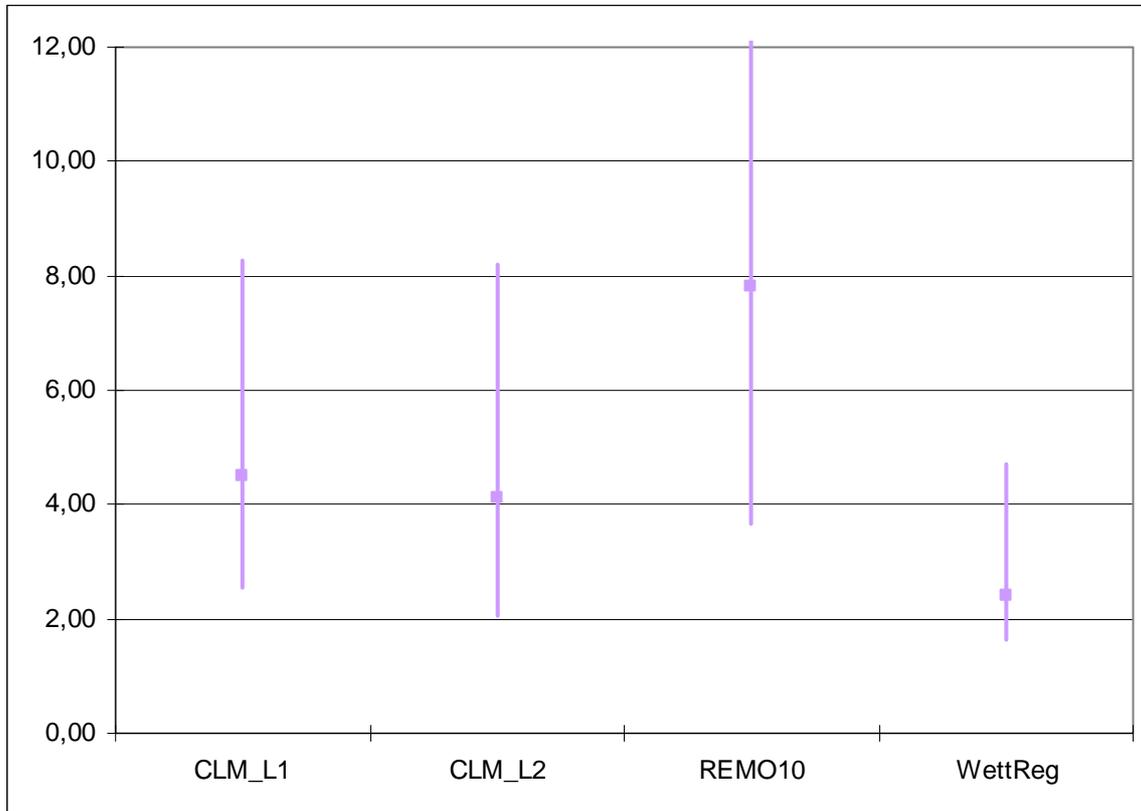


Abb. 7.7.2 – 7.7.5 Heiße Tage 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

## 7.8 Anzahl der Tropennächte

Als Tropennächte werden solche Tage bezeichnet, an denen die Tagesminimumtemperatur der Luft 20 °C und größer ist.

Es wird die modellspezifische Differenz der Anzahl der Tropennächte des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in Tagen (Nächten) dargestellt.



Angaben in Tagen      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb. 7.8.1 Tropennächte 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

### Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 1,6 bis 12,6 Tage. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 2,4 und 7,8 Tage. Es ist für das meteorologische Jahr hinsichtlich der Anzahl der Tropennächte ein deutlicher Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer Zunahme um mindestens 4 Tagen mit tropischen Nächten auszugehen.

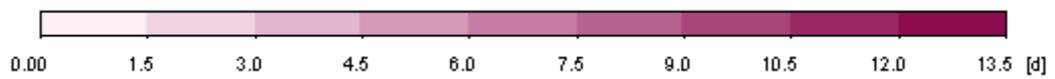
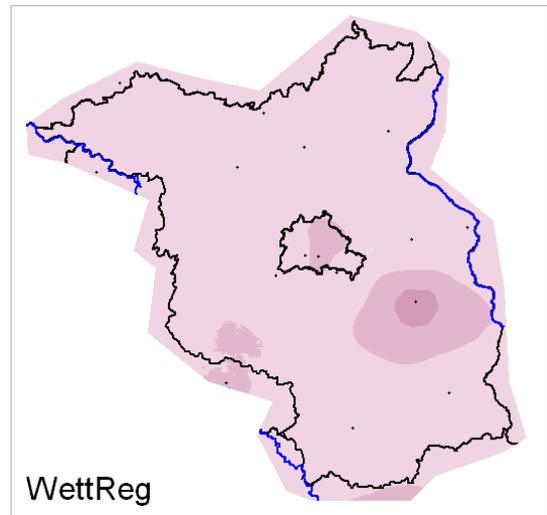
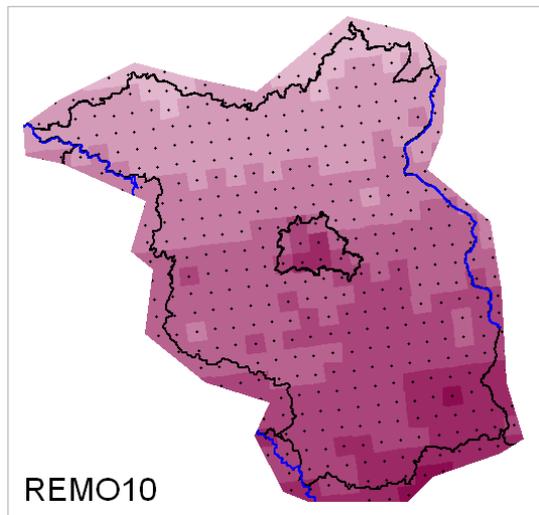
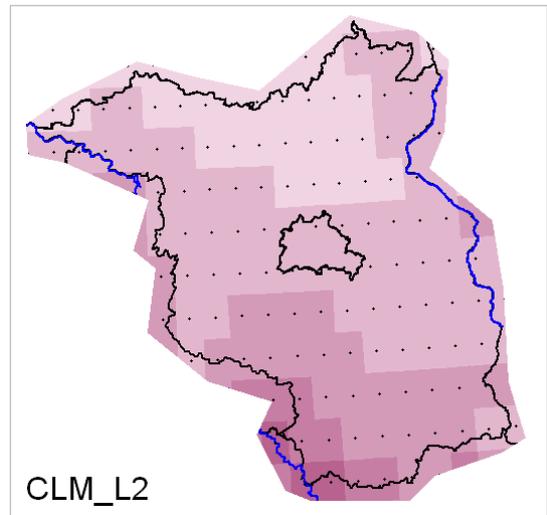
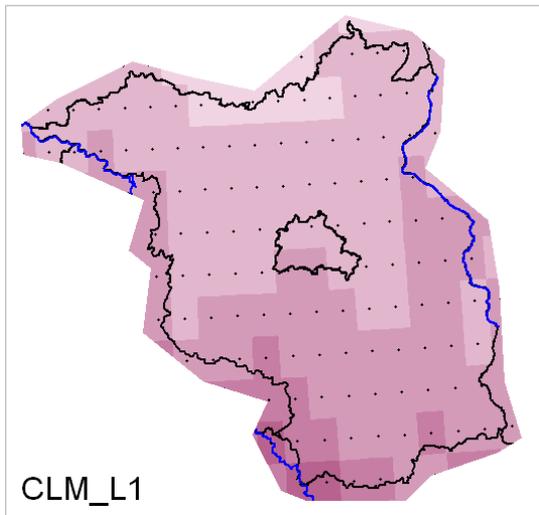
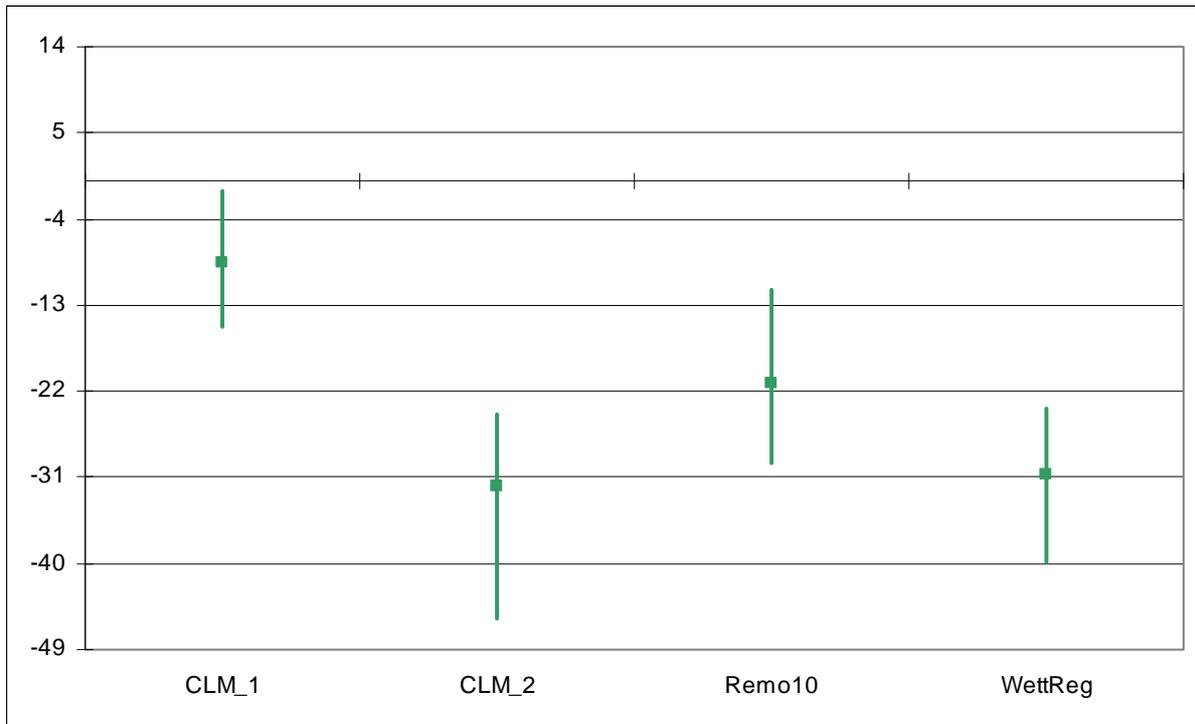


Abb. 7.8.2 – 7.8.5 Tropennächte 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

## 7.9 Mittlerer thermischer Vegetationsbeginn

Vom thermischen Vegetationsbeginn ist dann zu sprechen, wenn die Tagesmitteltemperatur 5 °C überschreitet und die Summe der Abweichungen von 5 °C der dreißig Folgetage positiv ist.

Es wird die modellspezifische Differenz des mittleren thermischen Vegetationsbeginns des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in Tagen dargestellt.



Angaben in d      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite

Abb.: 7.9.1 Mittlerer thermischer Vegetationsbeginn 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -45,8 bis -1,1 Tage. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -32 und -8,6 Tagen. Es ist für das meteorologische Jahr hinsichtlich des mittleren thermischen Vegetationsbeginns ein deutlicher Trend in allen Modellen Trend erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einem früheren Einsetzen um mindestens 8,6 Tage auszugehen.

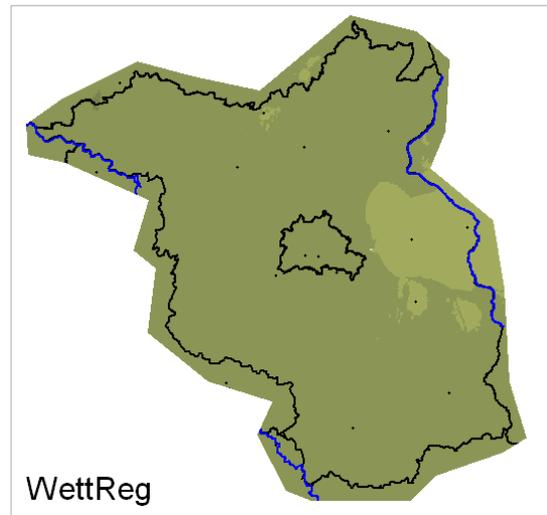
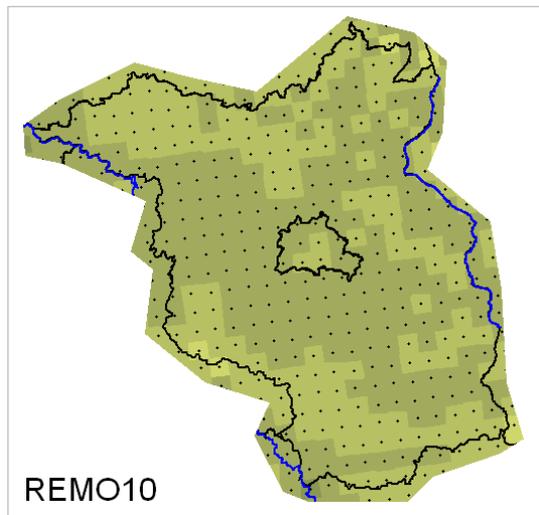
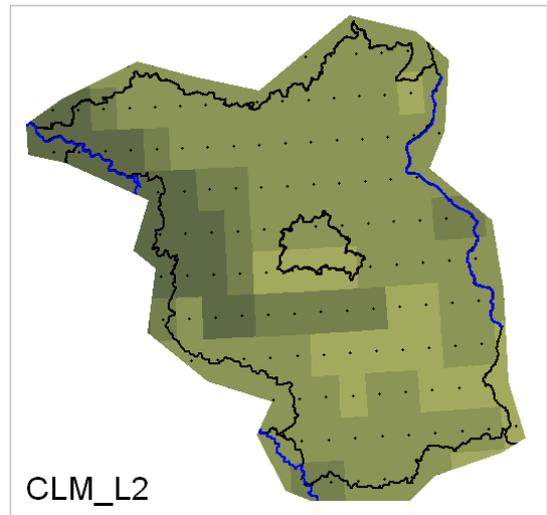
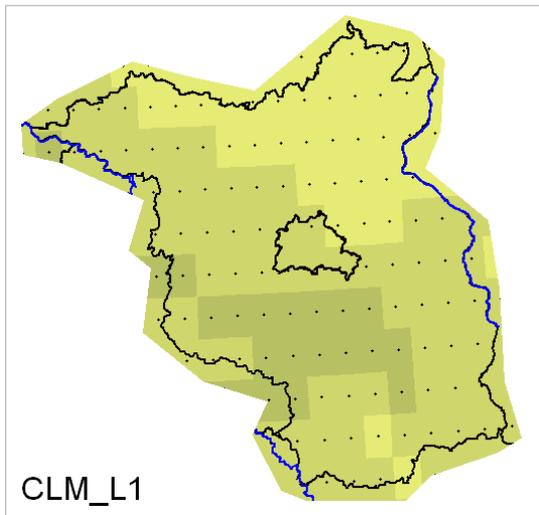
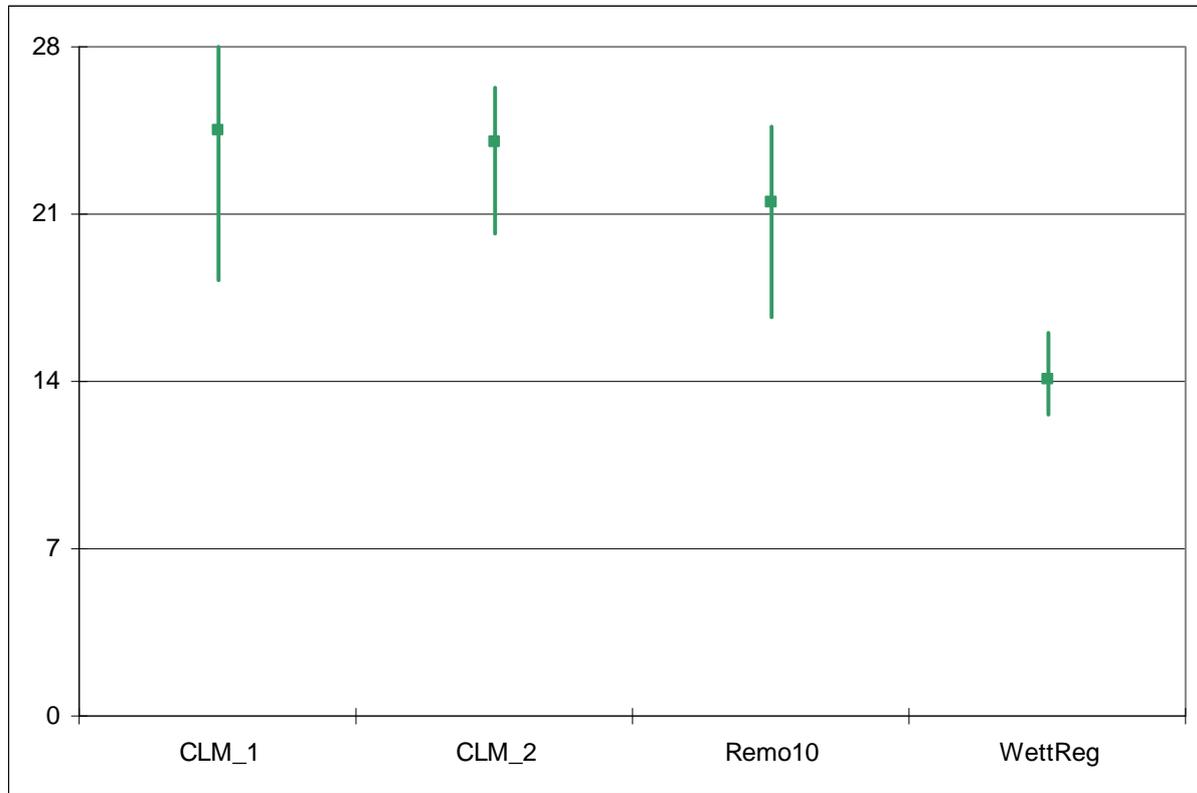


Abb. 7.9.2 – 7.9.5 Mittlerer thermischer Vegetationsbeginn 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

## 7.10 Mittleres thermisches Vegetationsende

Vom thermischen Vegetationsende ist dann zu sprechen, wenn die Tagesmitteltemperatur 5 °C unterschreitet und die Summe der Abweichungen von 5 °C der dreißig Folgetage negativ ist. Es wird die modellspezifische Differenz des mittleren thermischen Vegetationsendes des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in Tagen dargestellt.



Angaben in d      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite

Abb.: 7.10.1 Mittleres thermisches Vegetationsende 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 12,6 bis 28 Tage. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 14,1 und 24,5 Tagen. Es ist für das meteorologische Jahr hinsichtlich des mittleren thermischen Vegetationsendes ein deutlicher Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Verspätung um mindestens 14 Tage auszugehen.

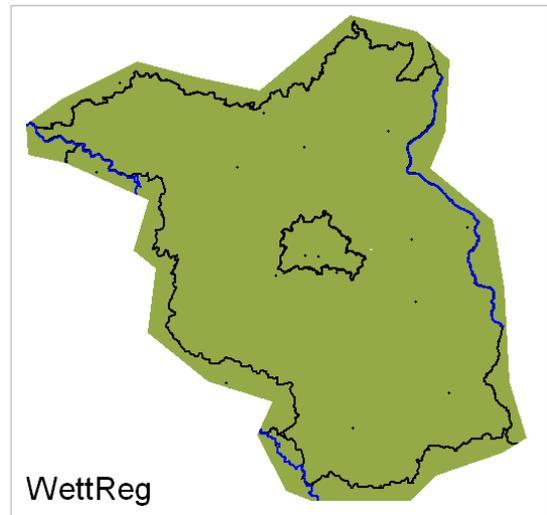
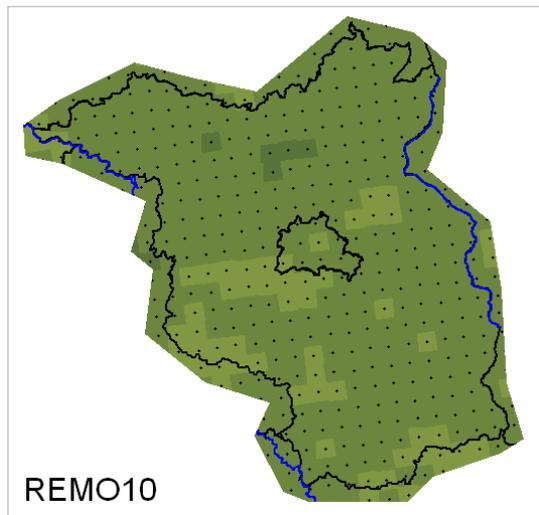
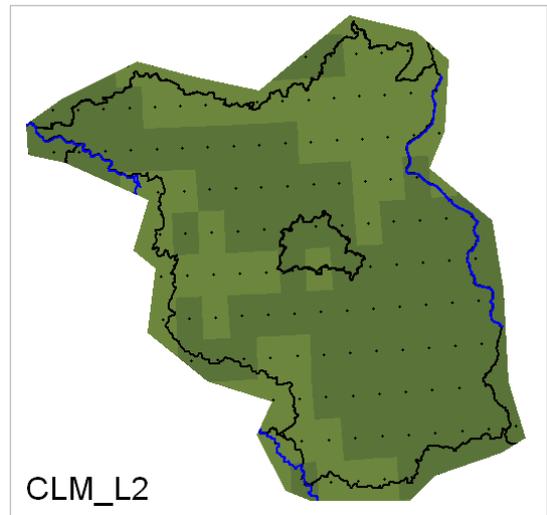
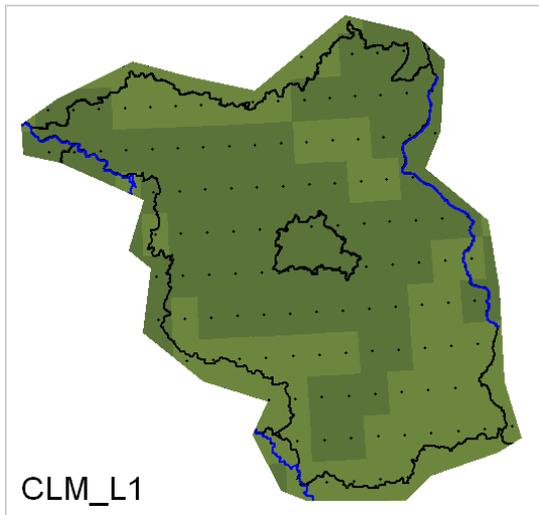


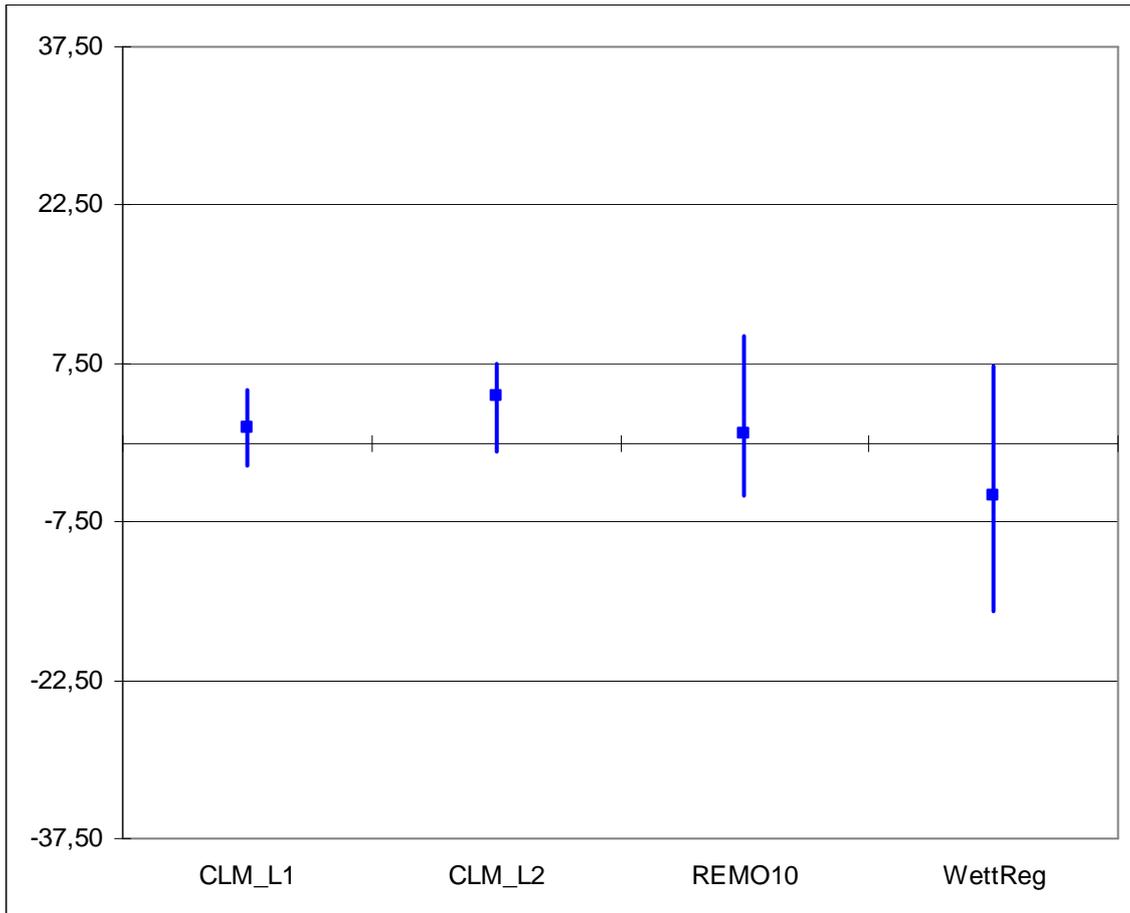
Abb. 7.10.2 – 7.10.5 Mittleres thermisches Vegetationsende 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

## 7.11 Niederschlag

### 7.11.1 Niederschlag – meteorologisches Jahr

Niederschlag ist aus der Atmosphäre ausfallendes und auf den Boden treffendes Wasser in flüssigem und festem Zustand, insbesondere als Regen und Schnee. Aber auch Hagel, Reif, Tau gehören zum Niederschlag.

Es wird die modellspezifische Differenz des Niederschlags des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in % dargestellt.



Angaben in %      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.11.1.1 Niederschlag 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -15,9 bis 10,2 %. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -5,1 und 4,4 %. Es ist für das meteorologische Jahr hinsichtlich des Niederschlags auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein Trend in den Modellen erkennbar.

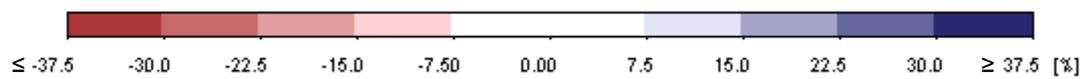
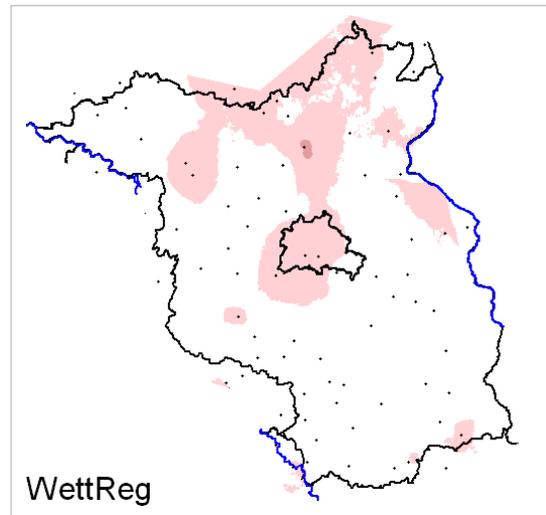
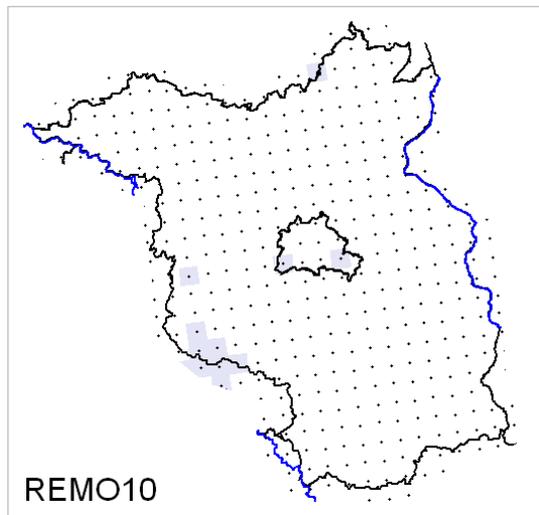
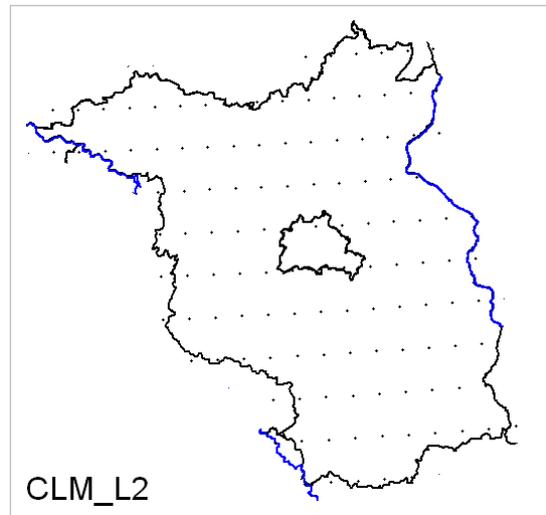
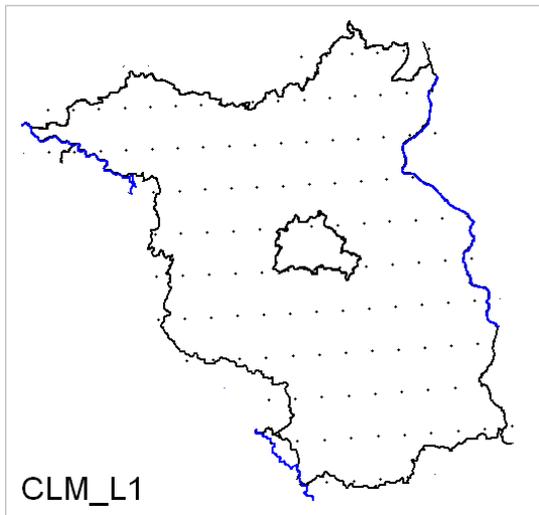
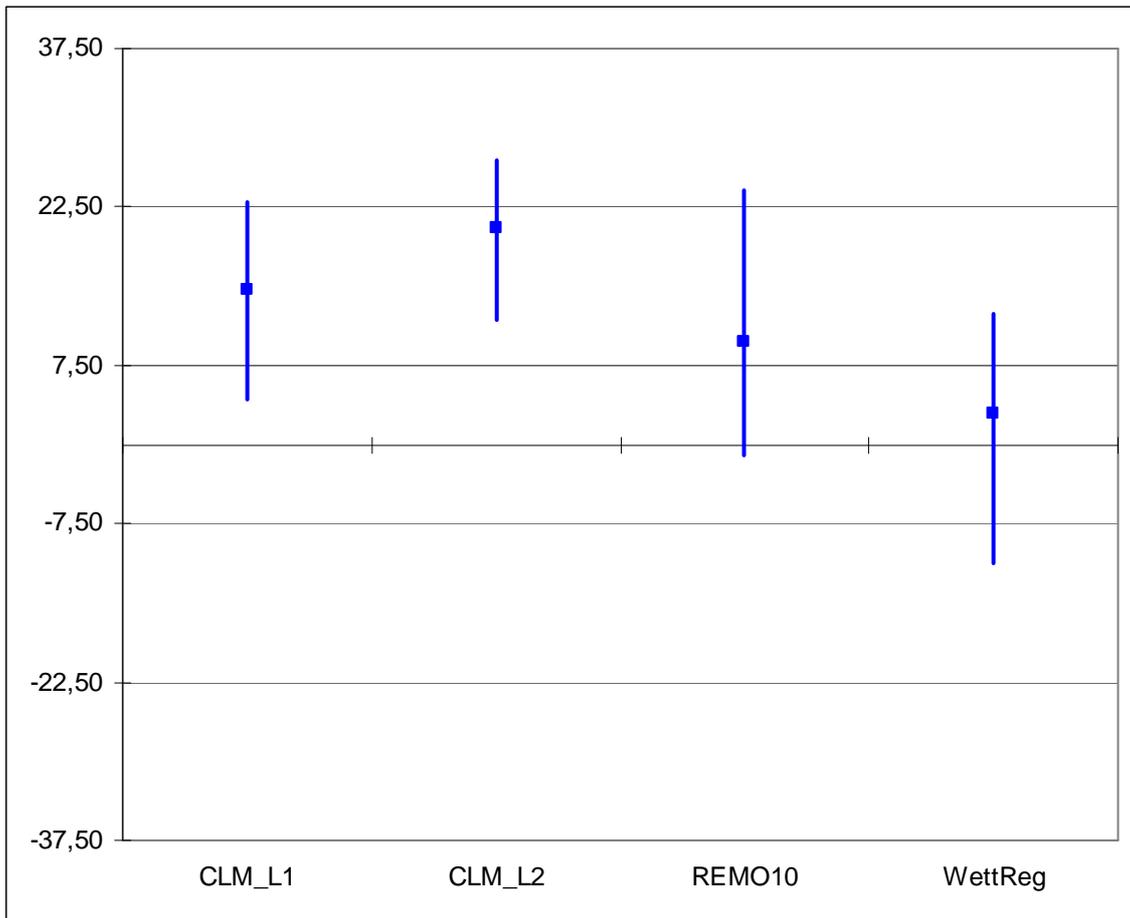


Abb. 7.11.1.2 – 7.11.1.5 Niederschlag 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

### 7.11.2 Niederschlag – meteorologisches Frühjahr

Niederschlag ist aus der Atmosphäre ausfallendes und auf den Boden treffendes Wasser in flüssigem und festem Zustand, insbesondere als Regen und Schnee. Aber auch Hagel, Reif, Tau gehören zum Niederschlag.

Es wird die modellspezifische Differenz des Niederschlags des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in % dargestellt.



Angaben in %      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.11.2.1 Niederschlag 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Frühjahr

#### Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -11,3 bis 27,0 %. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 3,0 und 20,5 %. Es ist für den meteorologischen Frühling hinsichtlich des Niederschlags ein Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer leichten Erhöhung auszugehen.

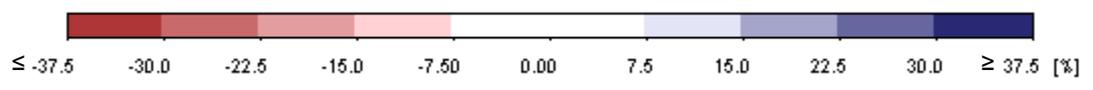
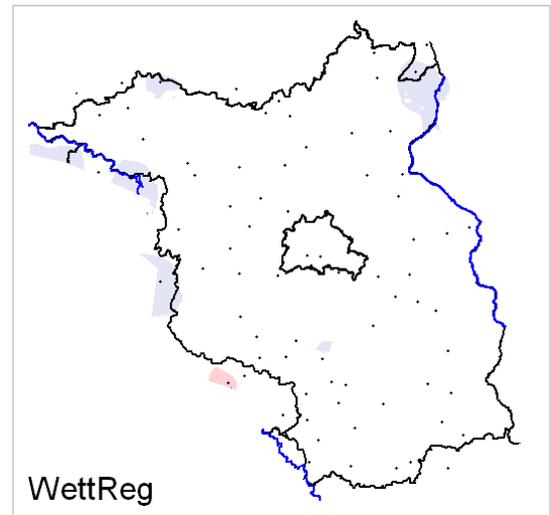
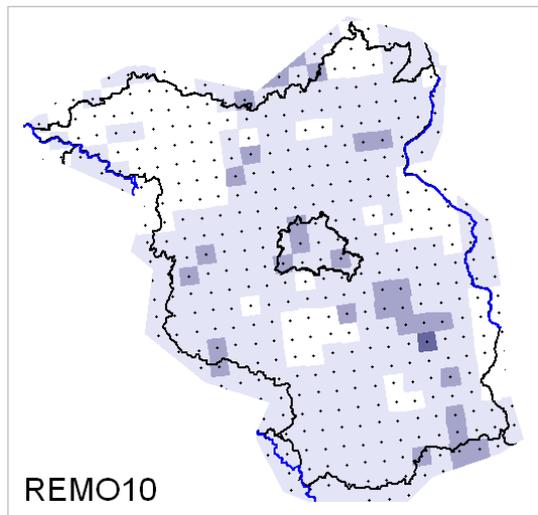
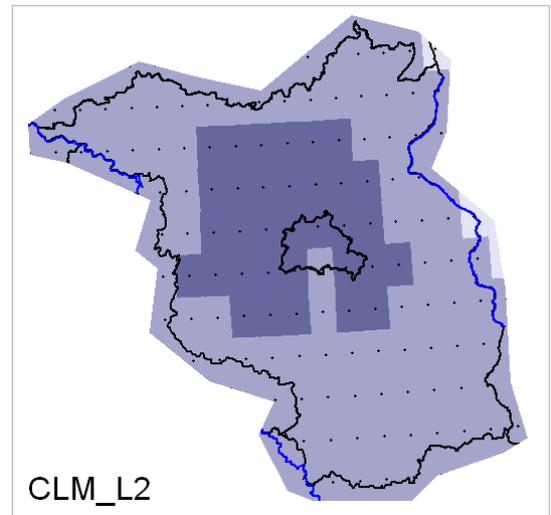
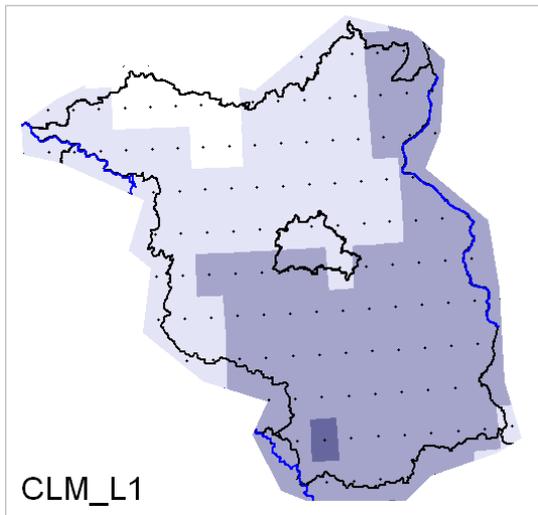
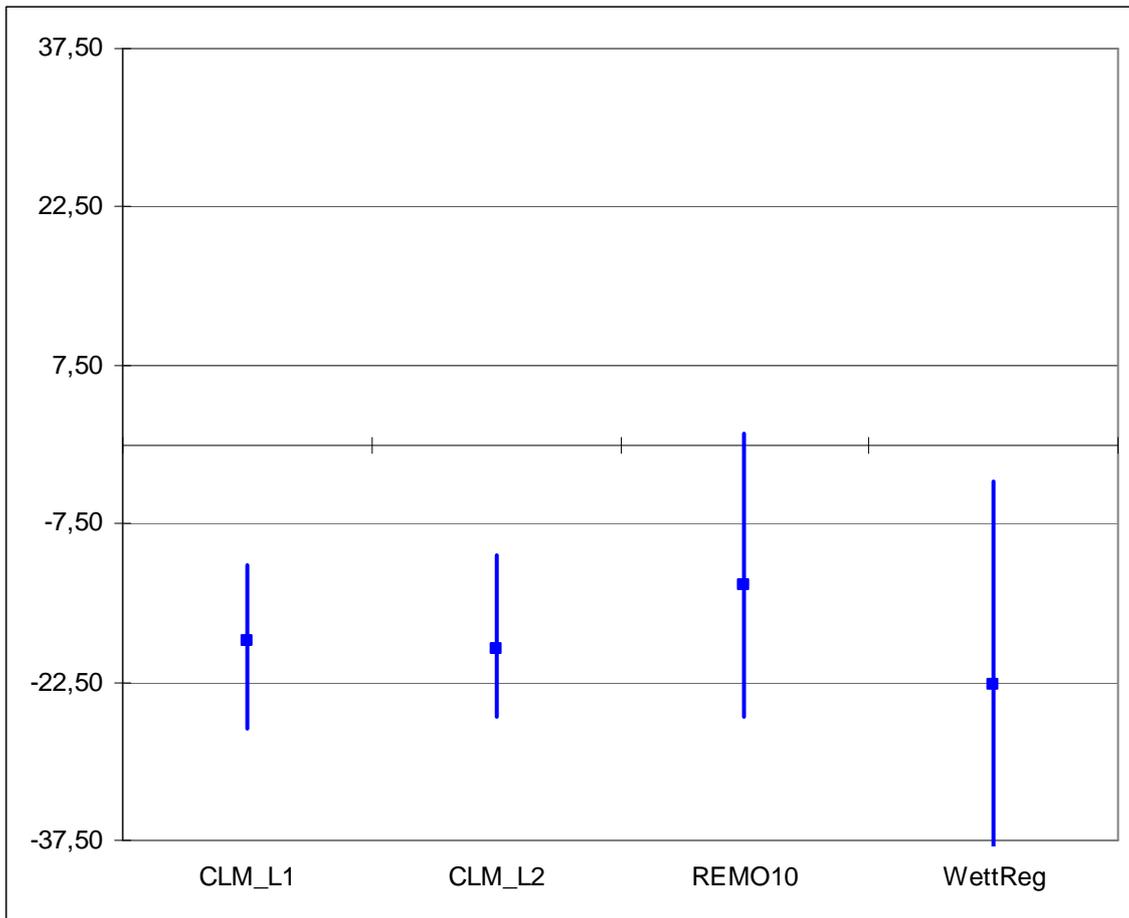


Abb. 7.11.2.2 – 7.11.2.5 Niederschlag 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Frühjahr

### 7.11.3 Niederschlag – meteorologischer Sommer

Niederschlag ist aus der Atmosphäre ausfallendes und auf den Boden treffendes Wasser in flüssigem und festem Zustand, insbesondere als Regen und Schnee. Aber auch Hagel, Reif, Tau gehören zum Niederschlag.

Es wird die modellspezifische Differenz des Niederschlags des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in % dargestellt.



Angaben in %      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.11.3.1 Niederschlag 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Sommer

#### Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -39,6 bis 1,0 %. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -22,7 und -13,4 %. Es ist für den meteorologischen Sommer hinsichtlich des Niederschlags ein deutlicher, homogener Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Abnahme um mindestens 13,4% auszugehen.

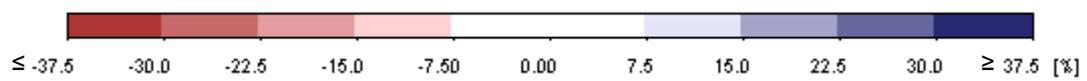
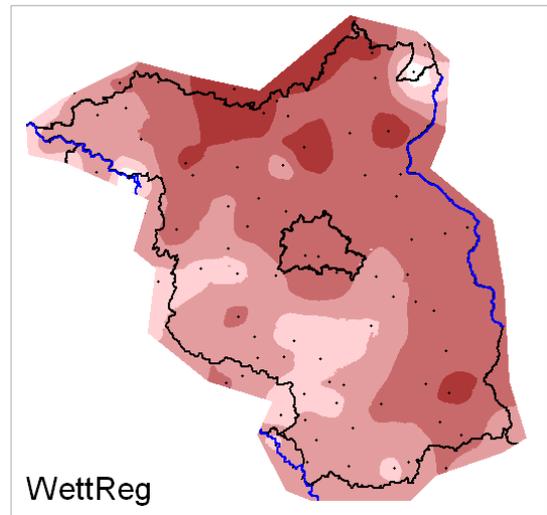
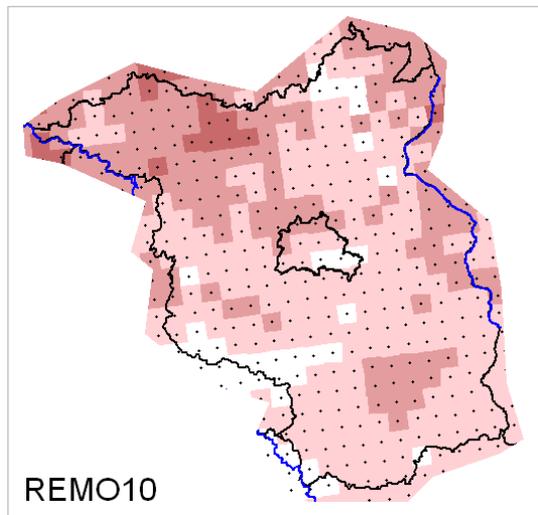
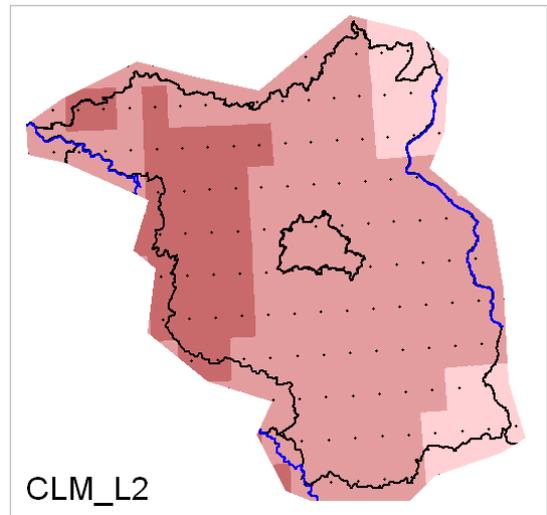
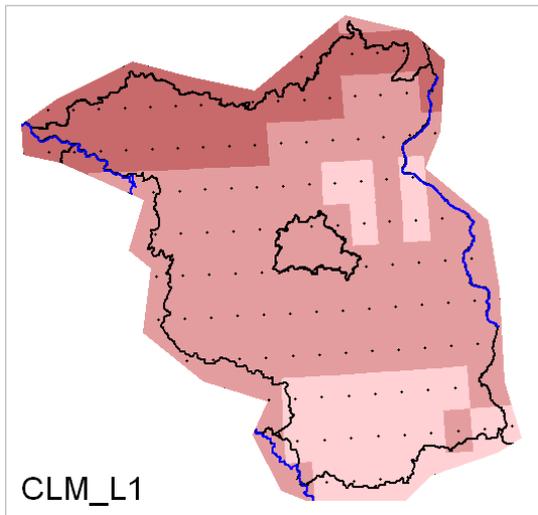
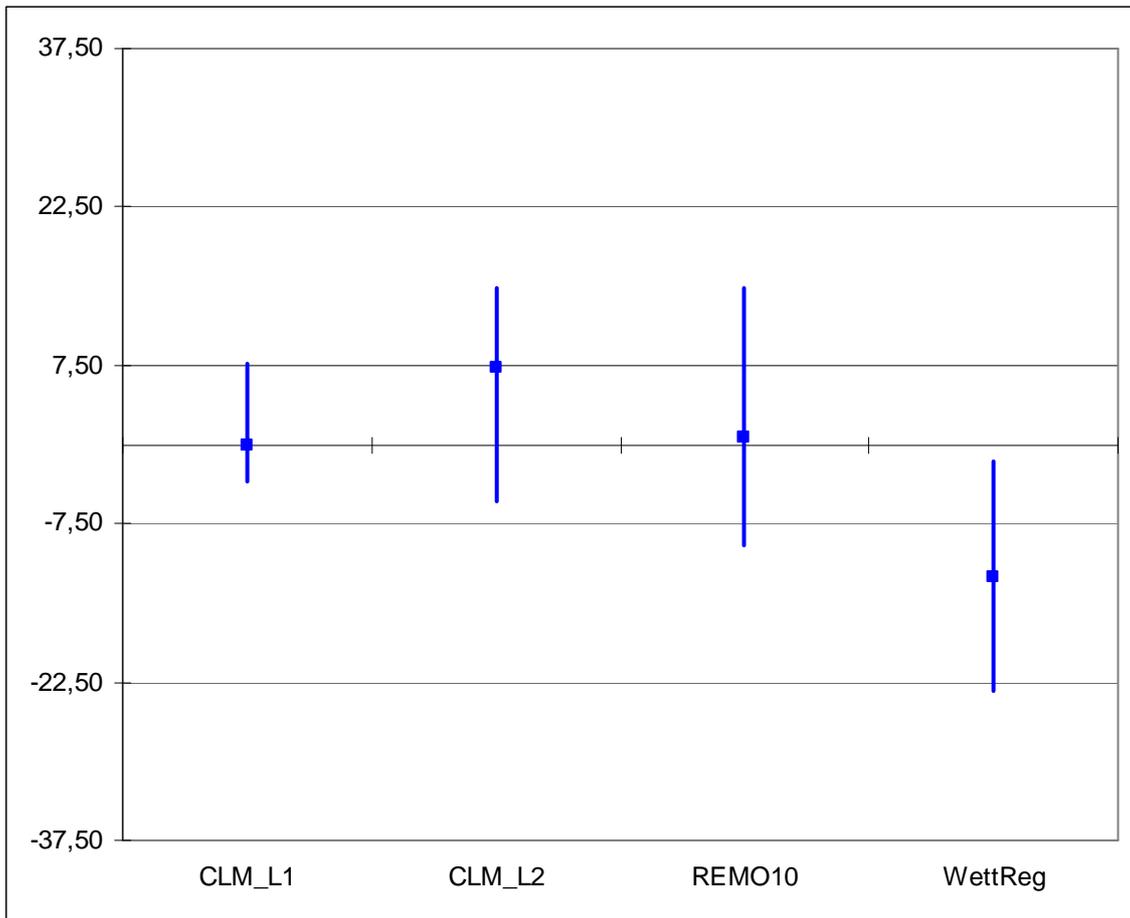


Abb. 7.11.3.2 – 7.11.3.5 Niederschlag 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Sommer

### 7.11.4 Niederschlag – meteorologischer Herbst

Niederschlag ist aus der Atmosphäre ausfallendes und auf den Boden treffendes Wasser in flüssigem und festem Zustand, insbesondere als Regen und Schnee. Aber auch Hagel, Reif, Tau gehören zum Niederschlag.

Es wird die modellspezifische Differenz des Niederschlags des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in % dargestellt.



Angaben in %      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.11.4.1 Niederschlag 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Herbst

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -23,3 bis 14,8 %. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -12,6 und 7,3 %. Es ist für den meteorologischen Herbst hinsichtlich des Niederschlags auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein Trend in den Modellen erkennbar.

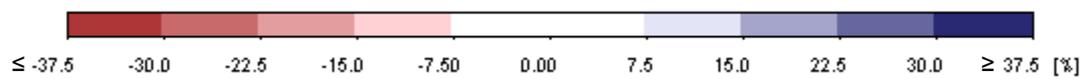
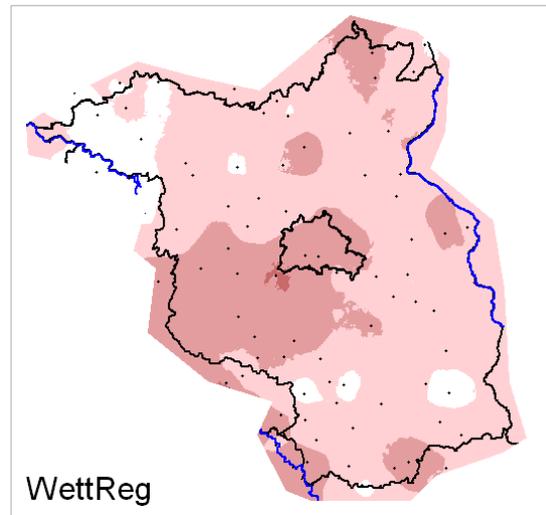
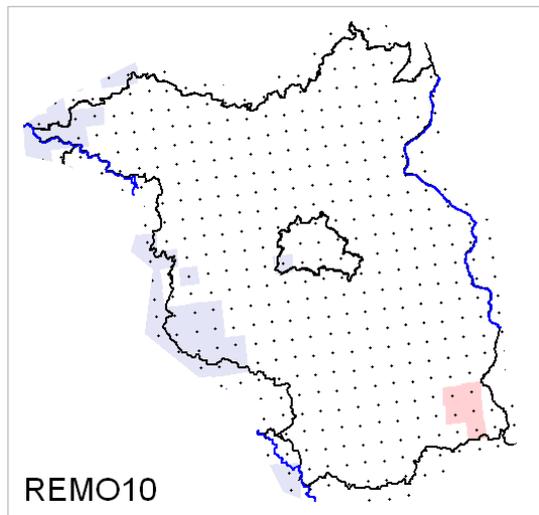
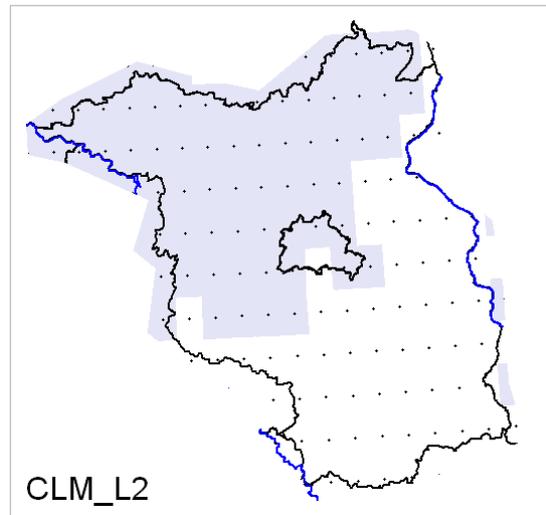
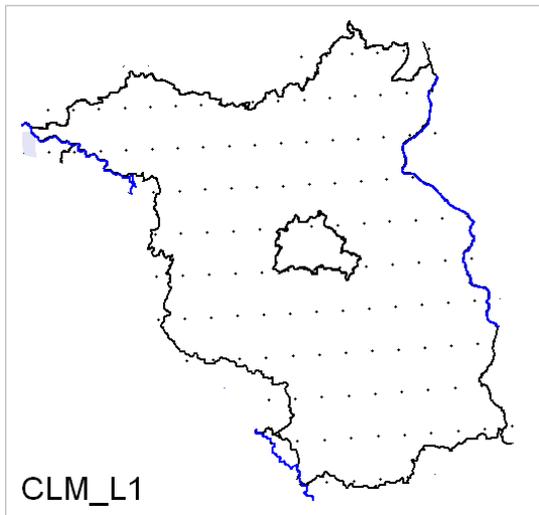
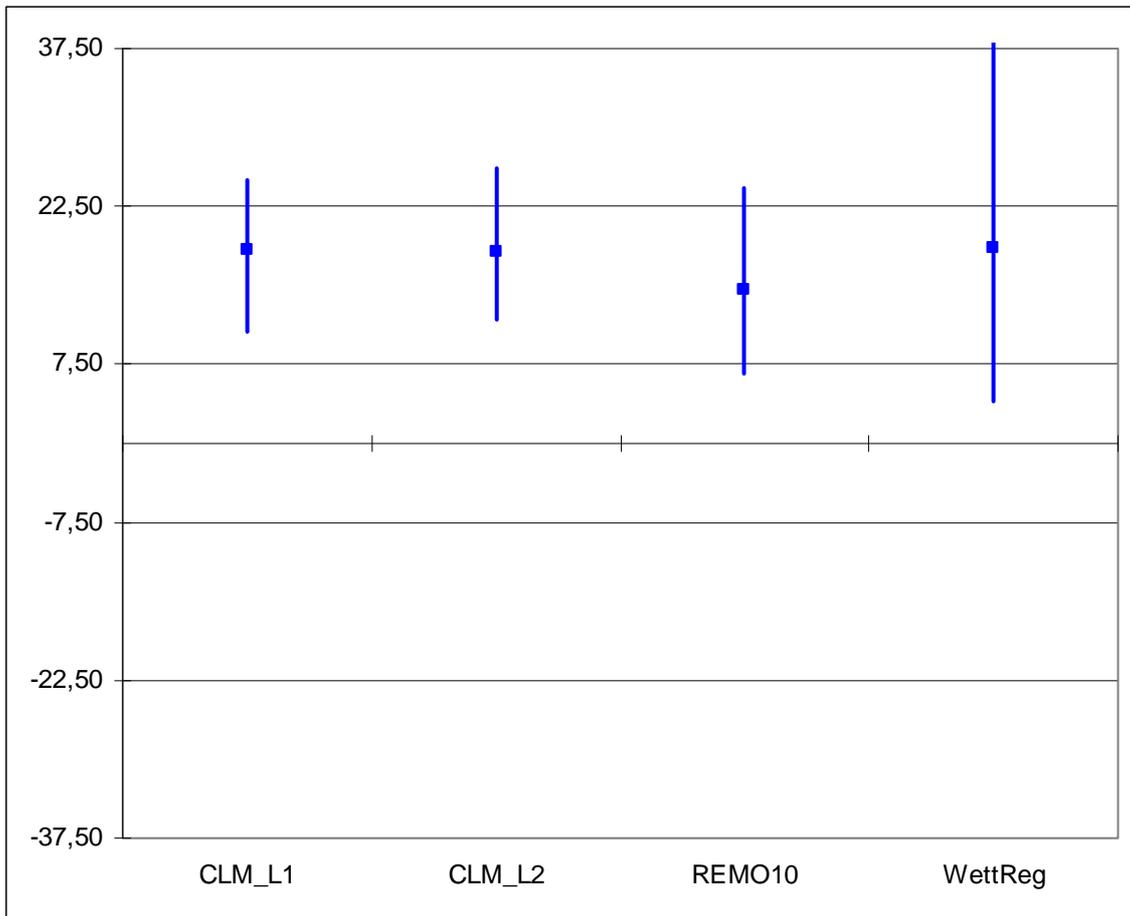


Abb. 7.11.4.2 – 7.11.4.5 Niederschlag 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Herbst

### 7.11.5 Niederschlag – meteorologischer Winter

Niederschlag ist aus der Atmosphäre ausfallendes und auf den Boden treffendes Wasser in flüssigem und festem Zustand, insbesondere als Regen und Schnee. Aber auch Hagel, Reif, Tau gehören zum Niederschlag.

Es wird die modellspezifische Differenz des Niederschlags des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in % dargestellt.



Angaben in %      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.11.5.1 Niederschlag 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Winter

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 3,9 bis 40,8 %. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 14,6 und 18,5 %. Es ist für den meteorologischen Winter hinsichtlich des Niederschlags ein deutlicher Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer Erhöhung um mindestens 14,6% auszugehen.

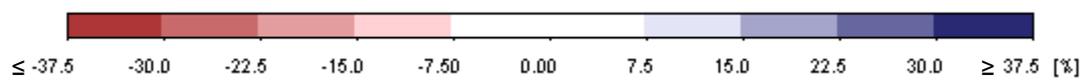
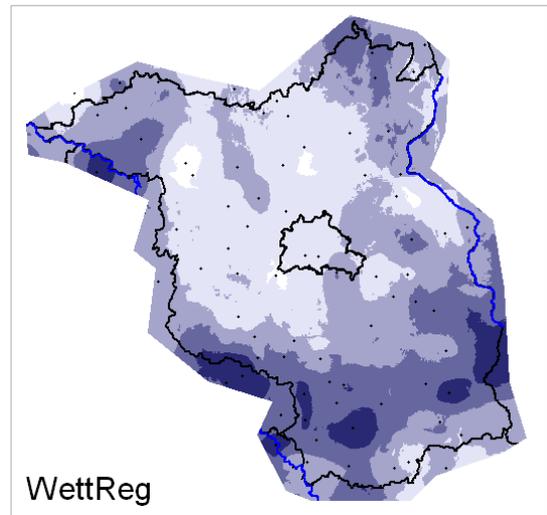
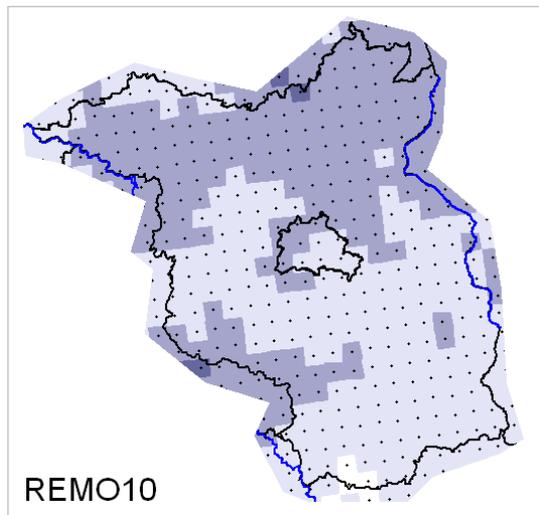
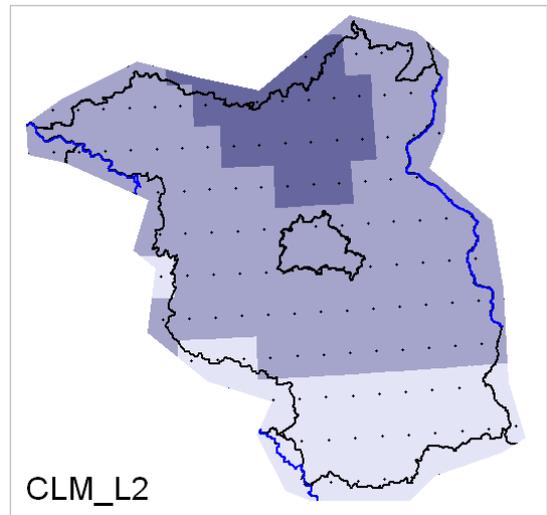
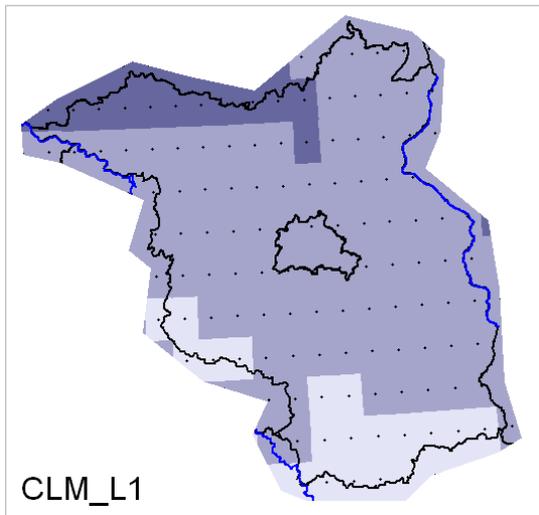
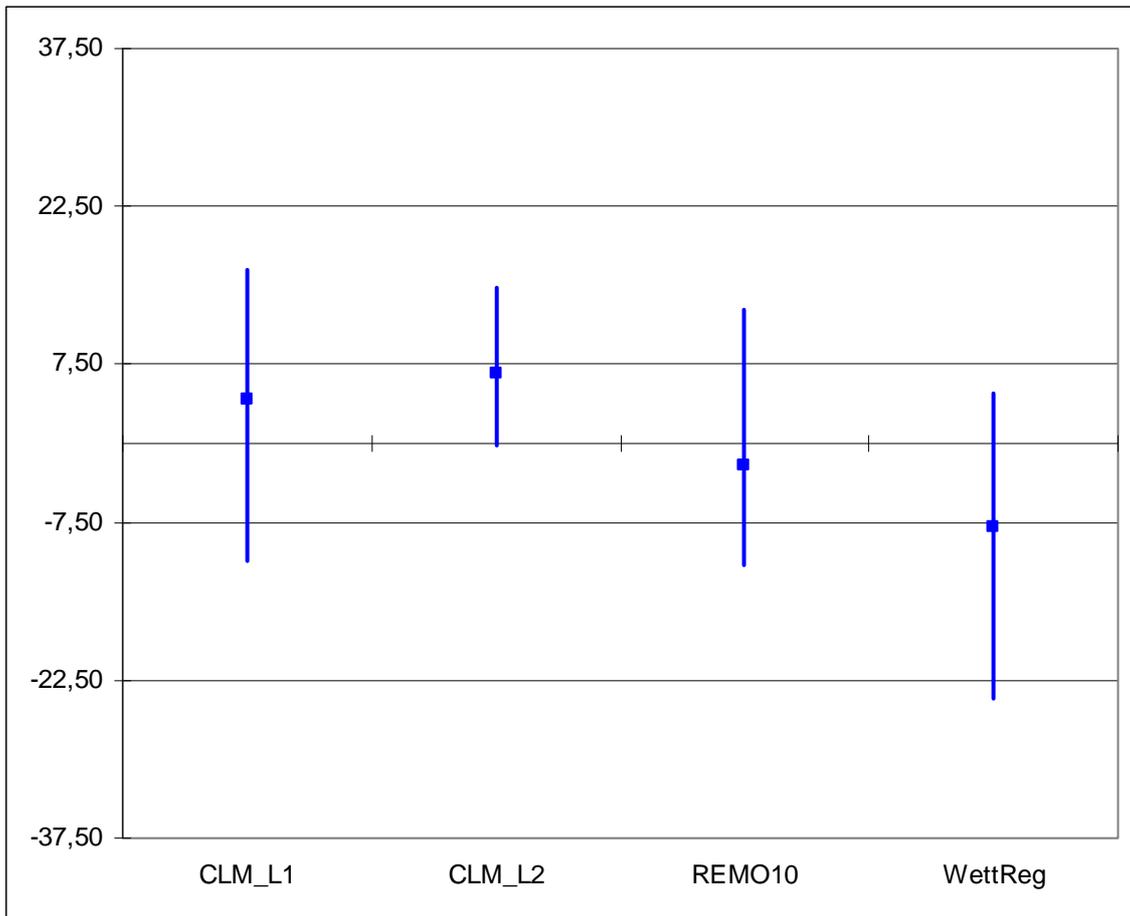


Abb. 7.11.5.2 – 7.11.5.5 Niederschlag 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Winter

### 7.11.6 Niederschlag – Vegetationsperiode I

Niederschlag ist aus der Atmosphäre ausfallendes und auf den Boden treffendes Wasser in flüssigem und festem Zustand, insbesondere als Regen und Schnee. Aber auch Hagel, Reif, Tau gehören zum Niederschlag.

Es wird die modellspezifische Differenz des Niederschlags des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in % dargestellt.



Angaben in %      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
7.11.6.1 Niederschlag 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; Vegetationsperiode I

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -24,2 bis 16,4 %. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -8 und 6,7 %. Es ist für die Vegetationsperiode I hinsichtlich des Niederschlags auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein Trend in den Modellen erkennbar.

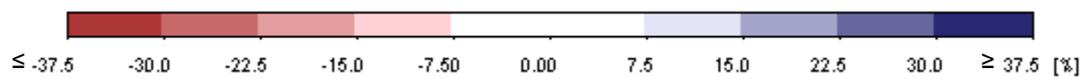
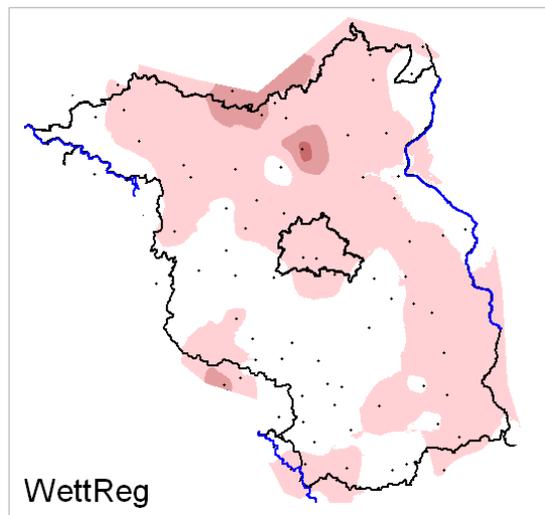
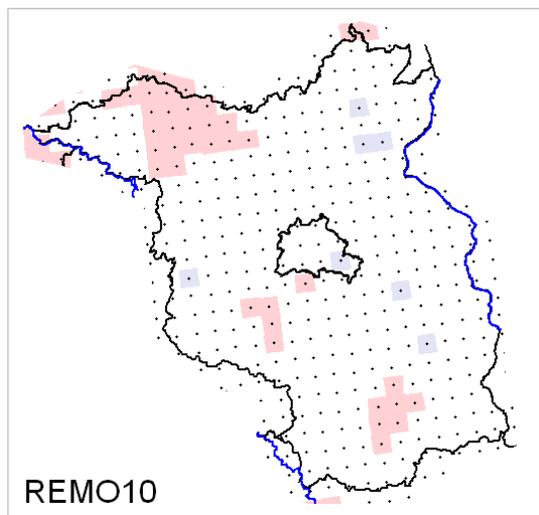
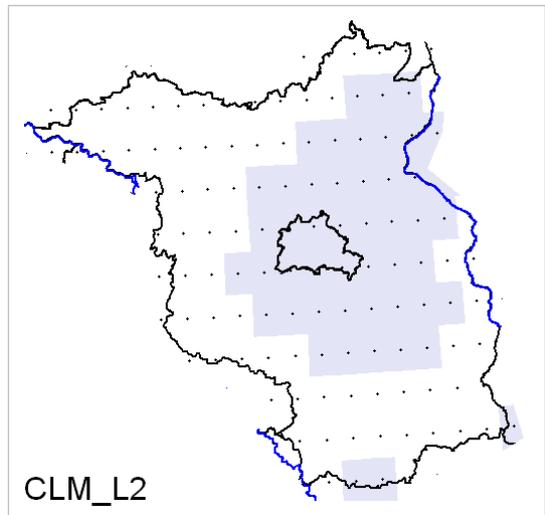
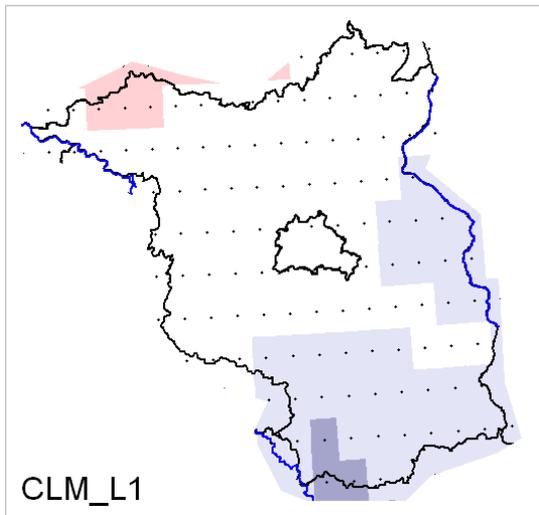
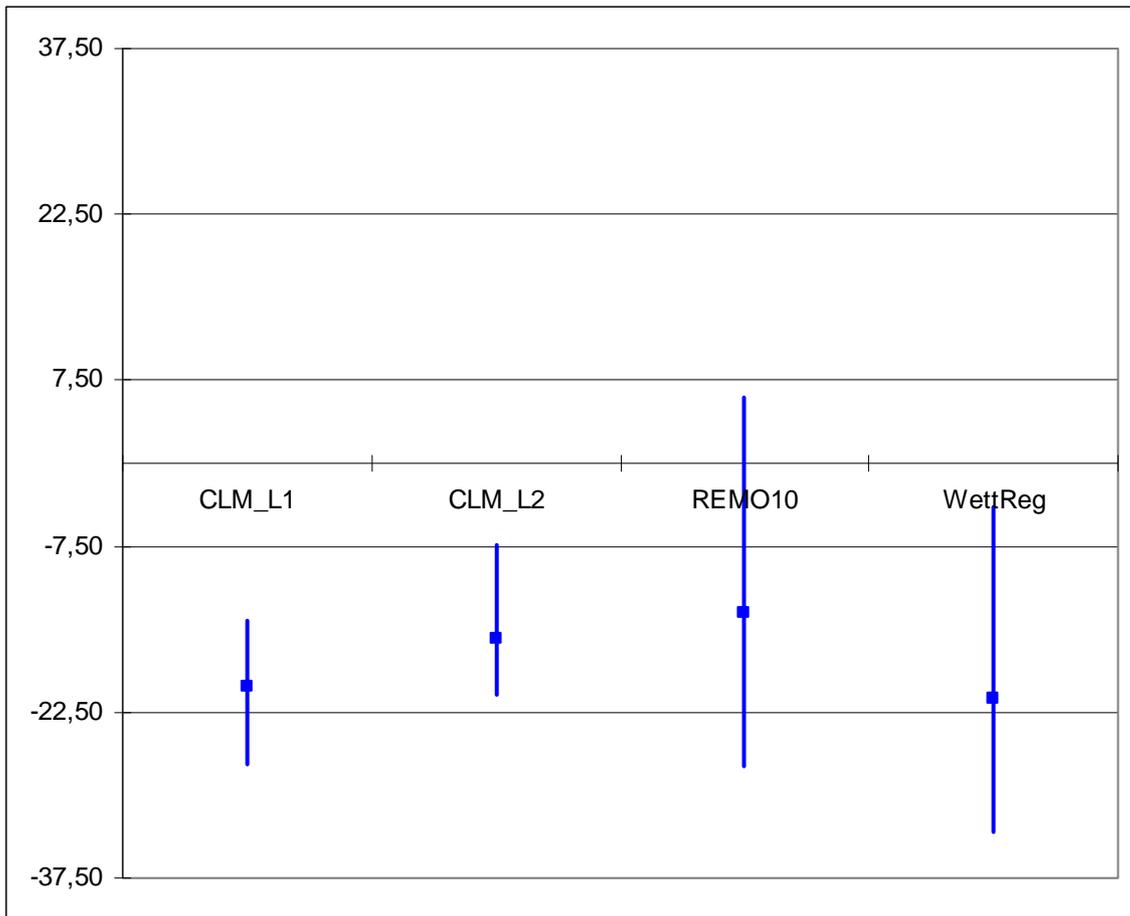


Abb. 7.11.6.2 – 7.11.6.5 Niederschlag 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; Vegetationsperiode I

### 7.11.7 Niederschlag – Vegetationsperiode II

Niederschlag ist aus der Atmosphäre ausfallendes und auf den Boden treffendes Wasser in flüssigem und festem Zustand, insbesondere als Regen und Schnee. Aber auch Hagel, Reif, Tau gehören zum Niederschlag.

Es wird die modellspezifische Differenz des Niederschlags des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in % dargestellt.



Angaben in %      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.11.7.1 Niederschlag 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; Vegetationsperiode II

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -33,3 bis 6,0 %. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -21,2 und -13,6 %. Es ist für die Vegetationsperiode II hinsichtlich des Niederschlags ein deutlicher Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Abnahme um mindestens 13,6% auszugehen.

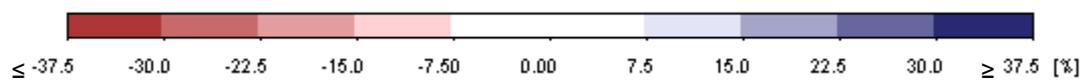
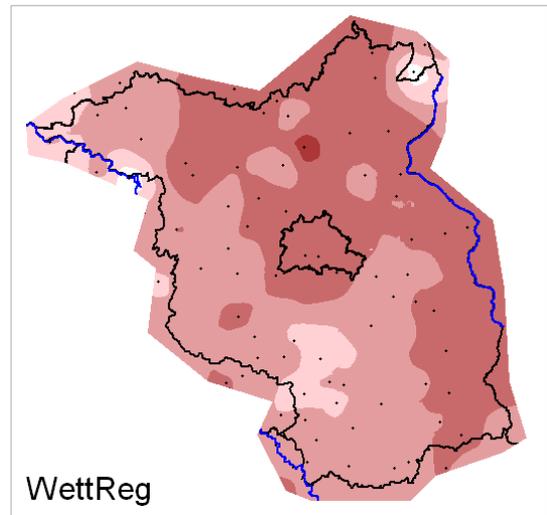
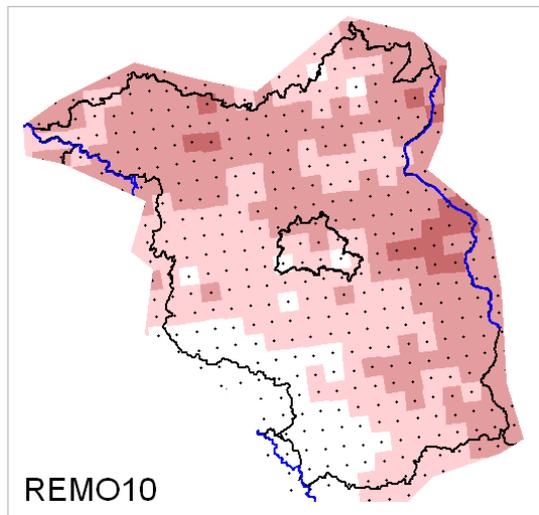
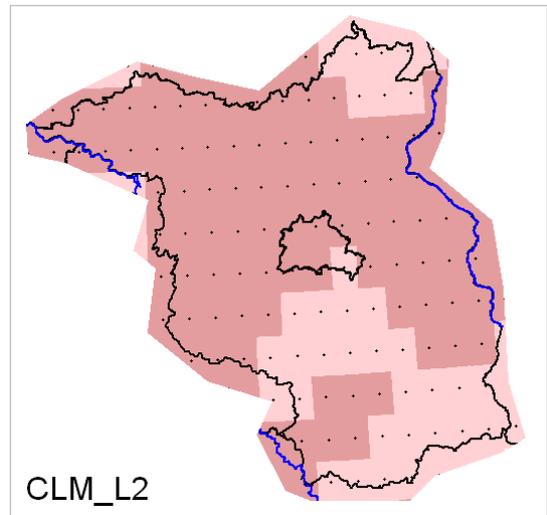
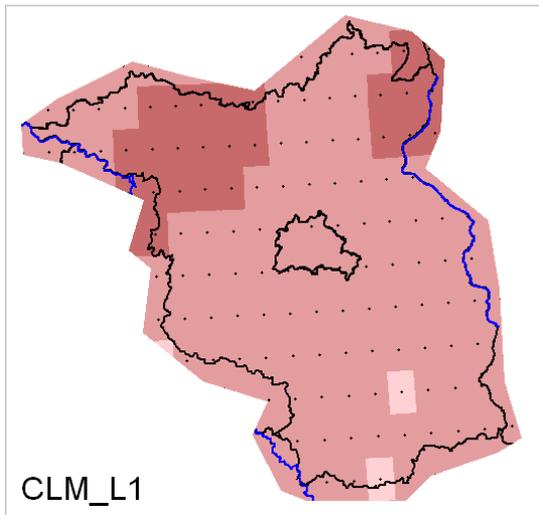


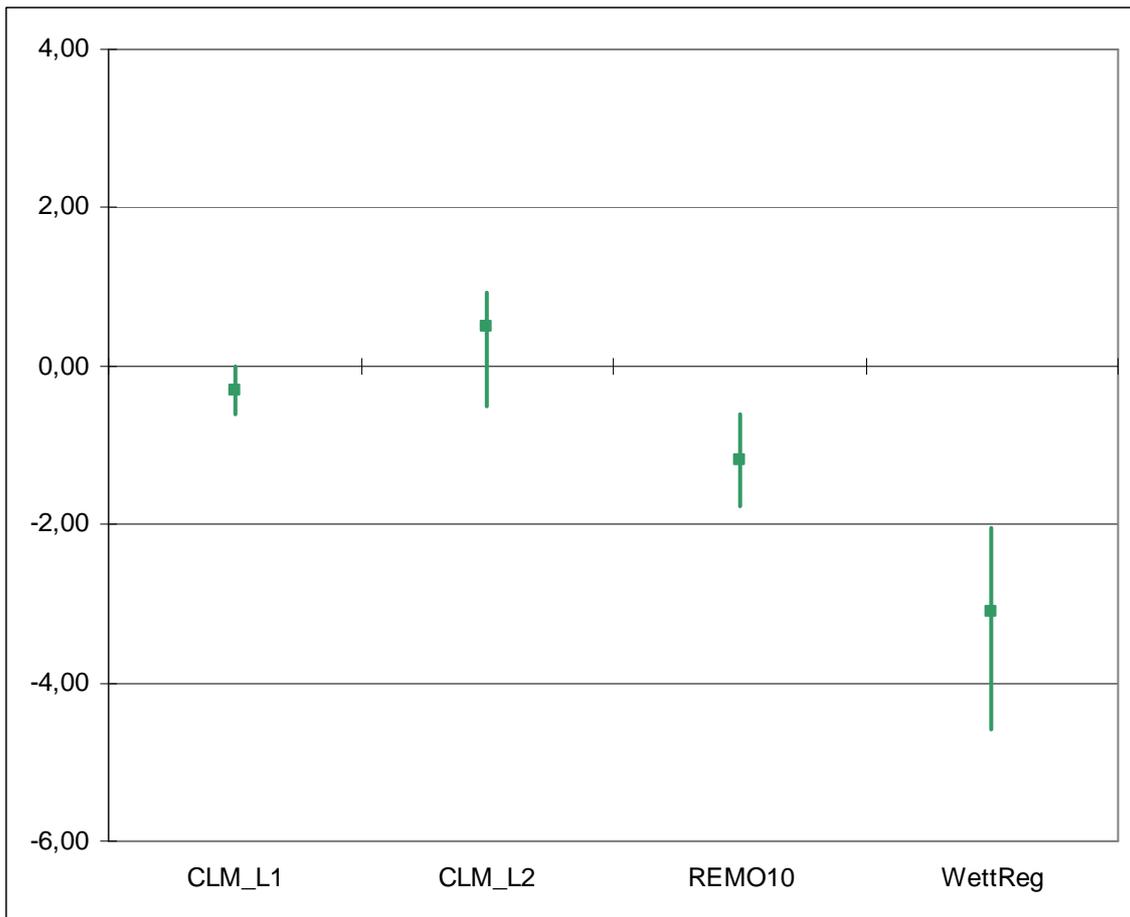
Abb. 7.11.7.2 – 7.11.7.5 Niederschlag 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; Vegetationsperiode II

## 7.12 Relative Feuchte

### 7.12.1 Relative Feuchte – meteorologisches Jahr

Als Relative Feuchte wird das Verhältnis von aktuellem Gehalt an Wasserdampf in der Luft (Luftfeuchtigkeit) zum potentiell möglichen bezeichnet, sie wird in % angegeben.

Es wird die modellspezifische Differenz der Relativen Feuchte des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 dargestellt.



Angaben in %      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.12.1.1 Relative Feuchte 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -4,6 bis 0,9 %. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -3,1 und 0,5 %. Es ist für das meteorologische Jahr hinsichtlich der Relativen Feuchte auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein Trend in den Modellen erkennbar.

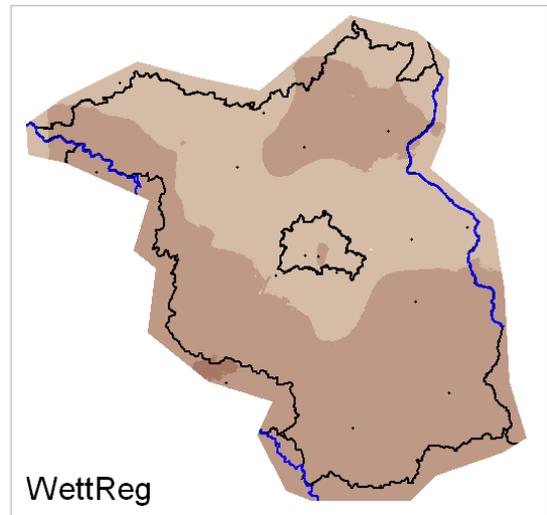
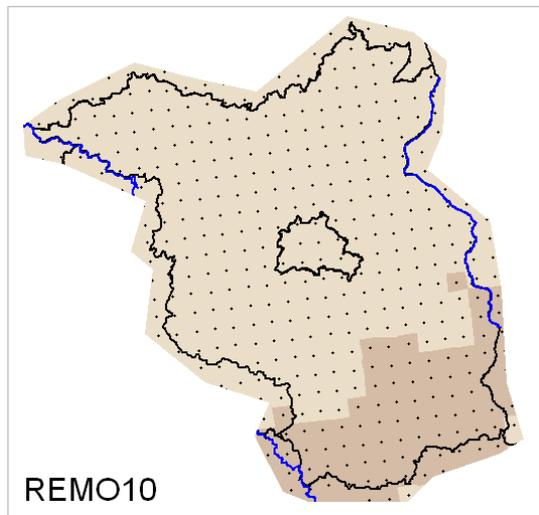
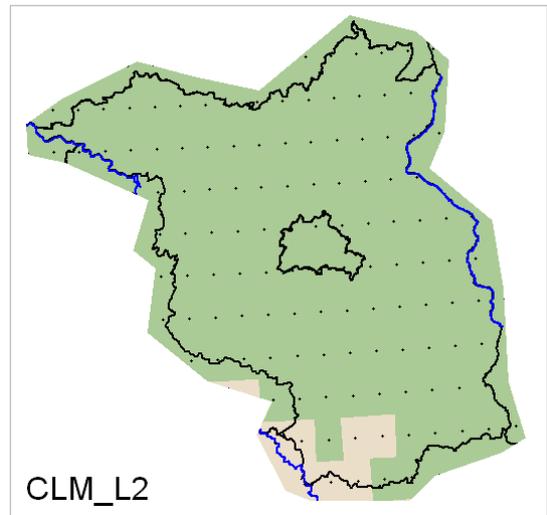
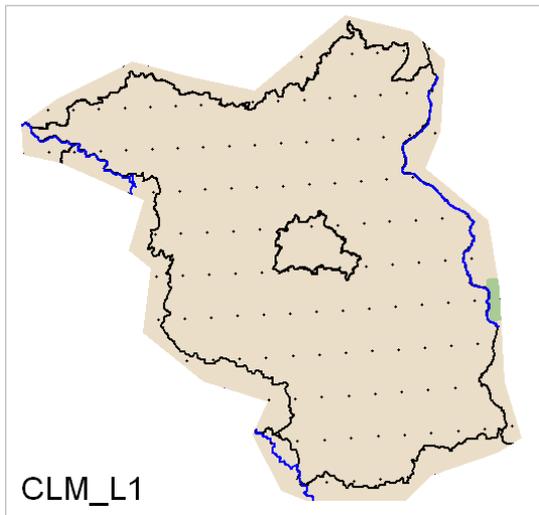
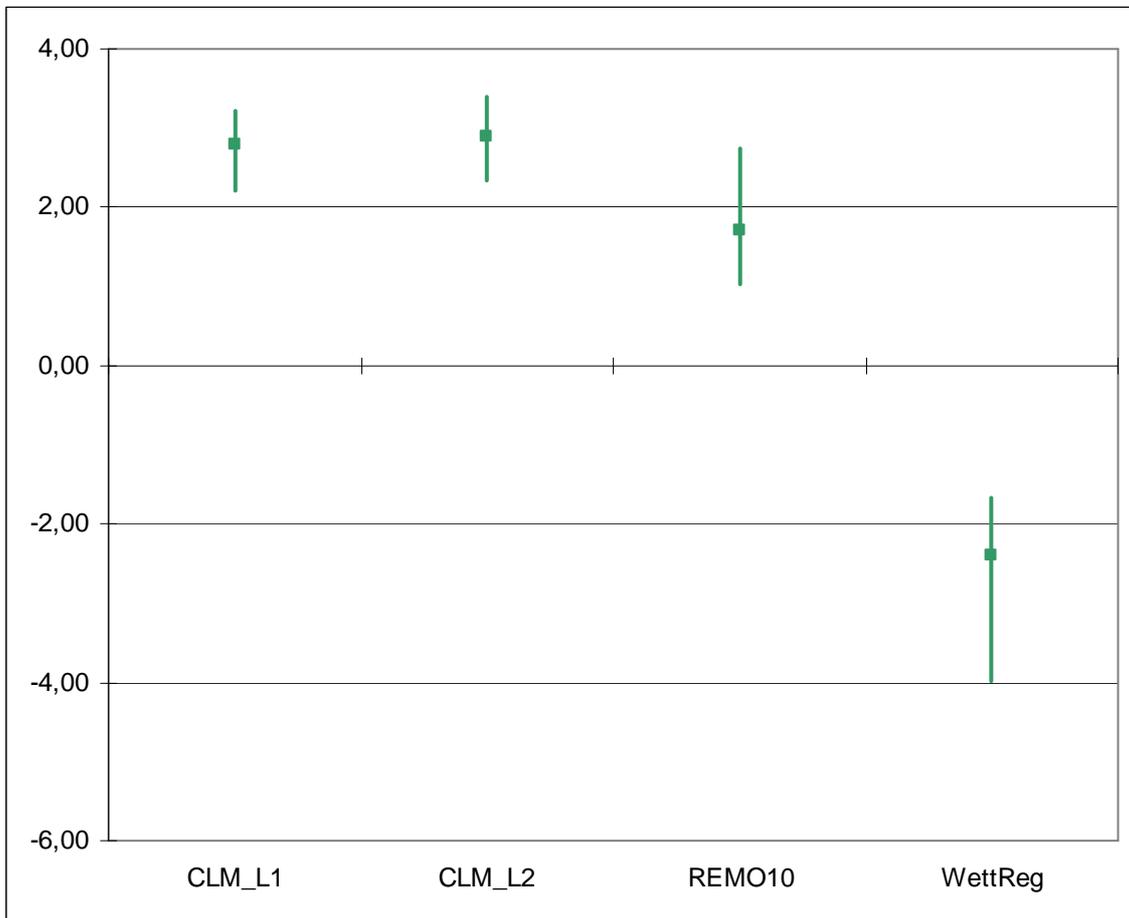


Abb. 7.12.1.2 – 7.12.1.5 Relative Feuchte 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

### 7.12.2 Relative Feuchte – meteorologisches Frühjahr

Als Relative Feuchte wird das Verhältnis von aktuellem Gehalt an Wasserdampf in der Luft (Luftfeuchtigkeit) zum potentiell möglichen bezeichnet, sie wird in % angegeben.

Es wird die modellspezifische Differenz der Relativen Feuchte des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 dargestellt.



Angaben in %

■ Mittelwert

— Wertebereich/Spannweite

Abb.: 7.12.2.1 Relative Feuchte 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Frühjahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -4,0 bis 3,4 %. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -2,4 und 2,9 %. Es ist für den meteorologischen Frühling hinsichtlich der relativen Feuchte kein eindeutiger Trend auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B in den Modellen erkennbar. Außer WettReg deuten die anderen Modelle bis zum Ende des Jahrhunderts auf eine Zunahme der Relativen Feuchte.

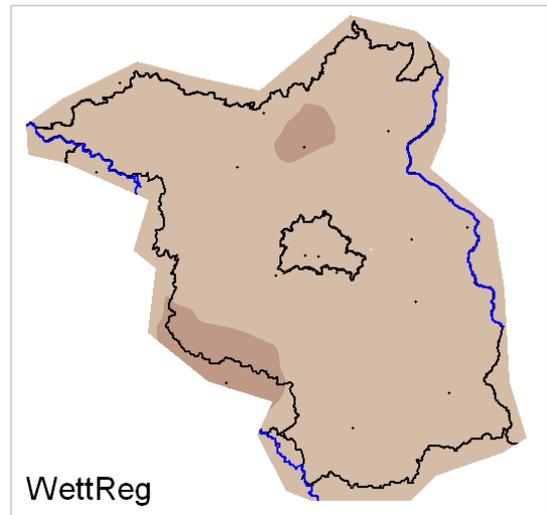
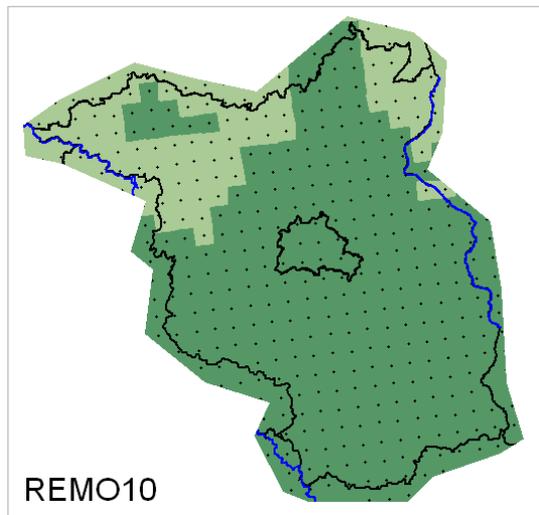
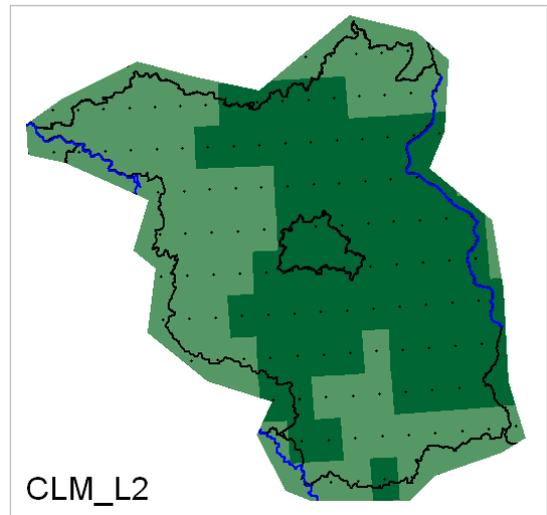
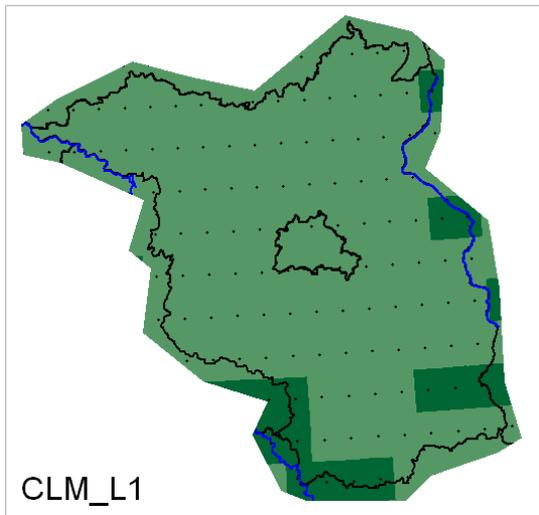
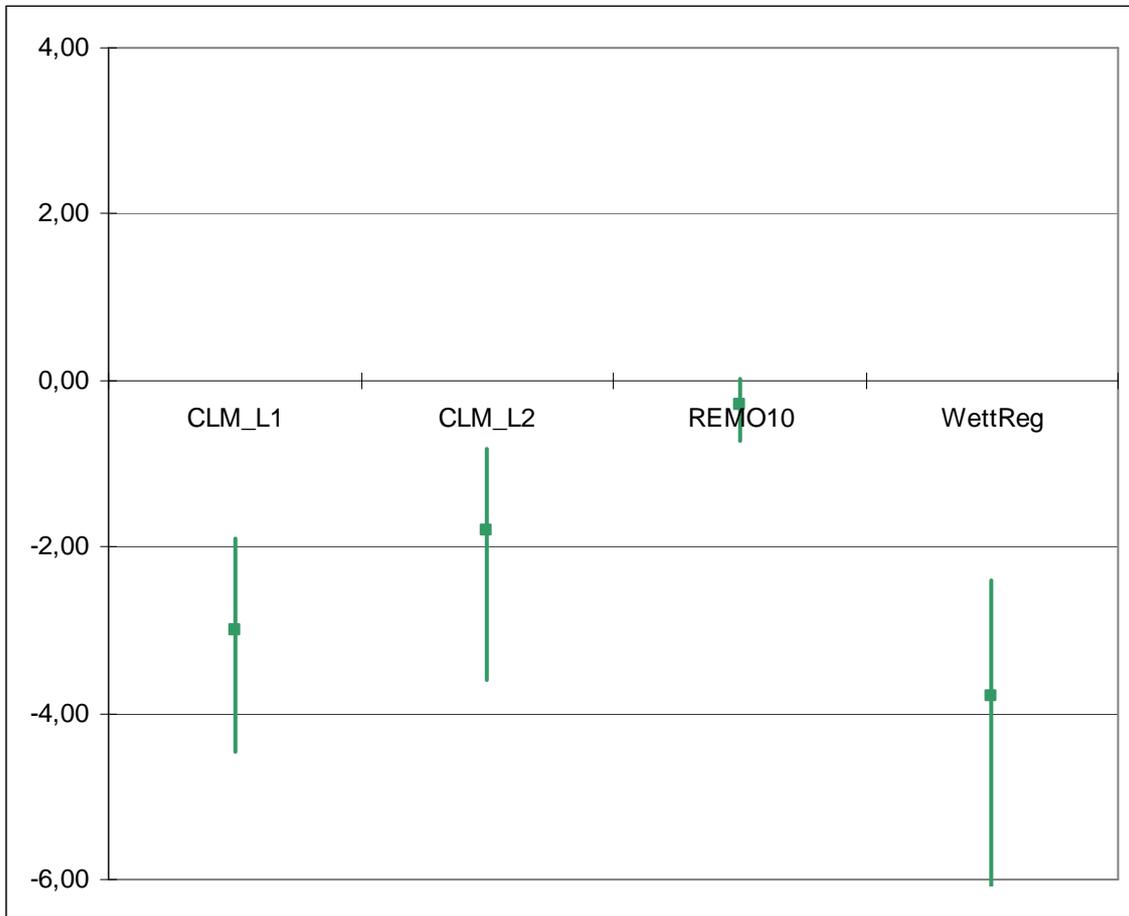


Abb. 7.12.2.2 – 7.12.2.5 Relative Feuchte 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Frühjahr

### 7.12.3 Relative Feuchte – meteorologischer Sommer

Als Relative Feuchte wird das Verhältnis von aktuellem Gehalt an Wasserdampf in der Luft (Luftfeuchtigkeit) zum potentiell möglichen bezeichnet, sie wird in % angegeben.

Es wird die modellspezifische Differenz der Relativen Feuchte des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 dargestellt.



Angaben in %      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.12.3.1 Relative Feuchte 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Sommer

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -6,7 bis 0,03 %. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -3,8 und -0,3 %. Es ist für den meteorologischen Sommer hinsichtlich der relativen Feuchte auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B ein Änderungssignal in zwei Modellen erkennbar. REMO10 bildet die Ausnahme und zeigt keine Veränderung an. Es gibt lediglich ein Trend zur Abnahme der Relativen Feuchte.

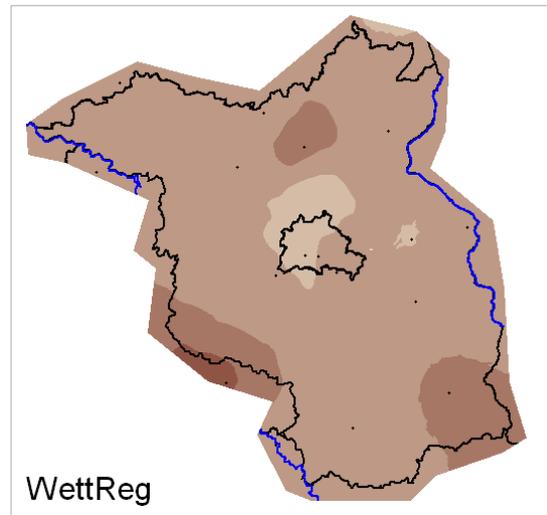
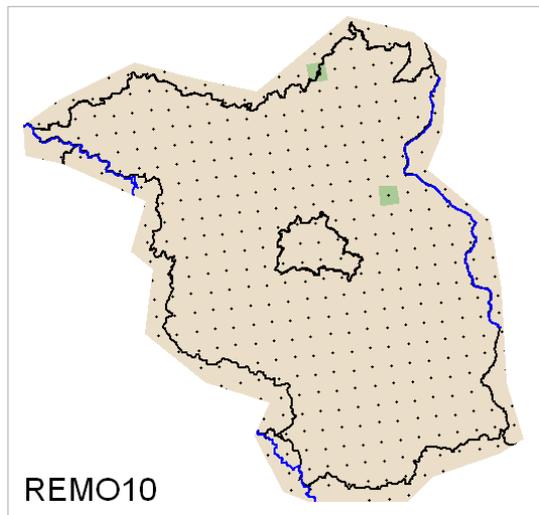
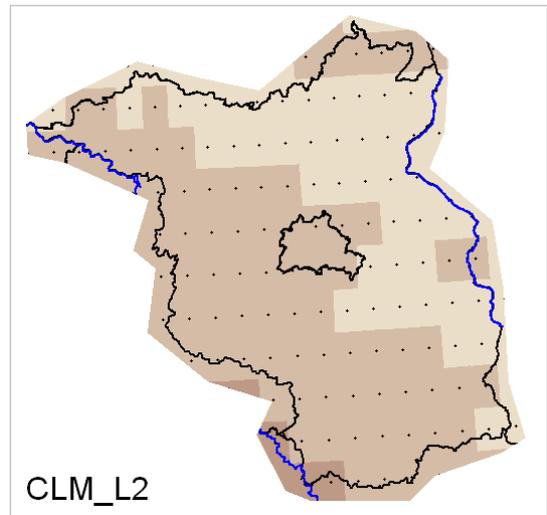
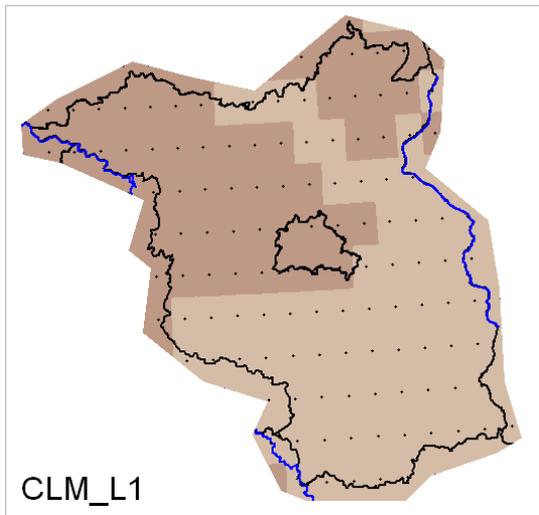
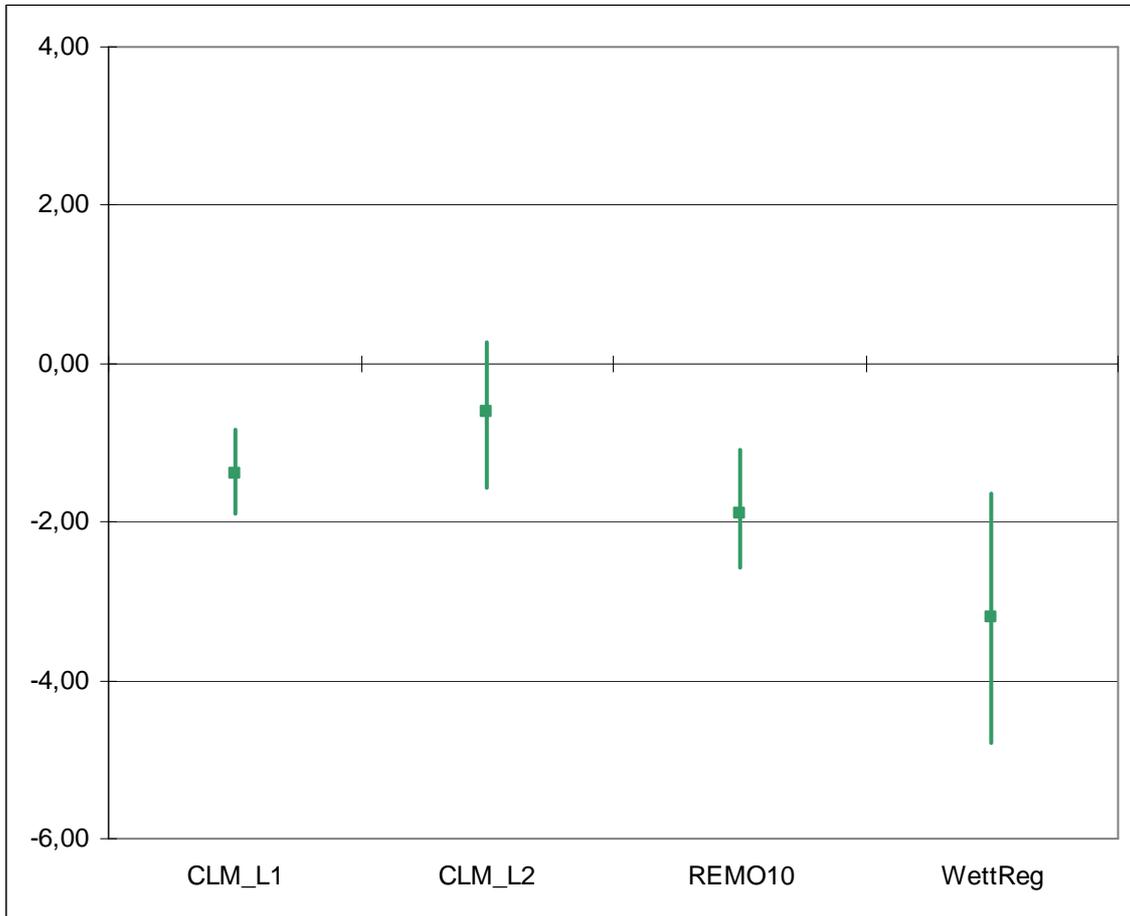


Abb. 7.12.3.2 – 7.12.3.5 Relative Feuchte 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Sommer

#### 7.12.4 Relative Feuchte – meteorologischer Herbst

Als Relative Feuchte wird das Verhältnis von aktuellem Gehalt an Wasserdampf in der Luft (Luftfeuchtigkeit) zum potentiell möglichen bezeichnet, sie wird in % angegeben.

Es wird die modellspezifische Differenz der Relativen Feuchte des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 dargestellt.



Angaben in %

■ Mittelwert

— Wertebereich/Spannweite

Abb.: 7.12.4.1 Relative Feuchte 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Herbst

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -4,8 bis 0,3 %. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -3,2 und -0,6 %. Es ist für den meteorologischen Herbst hinsichtlich der relativen Feuchte ein leichter Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer geringen Abnahme der Relativen Feuchte auszugehen.

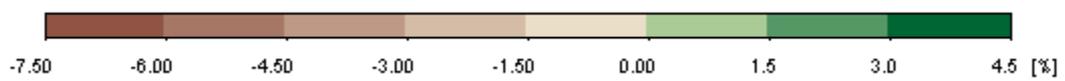
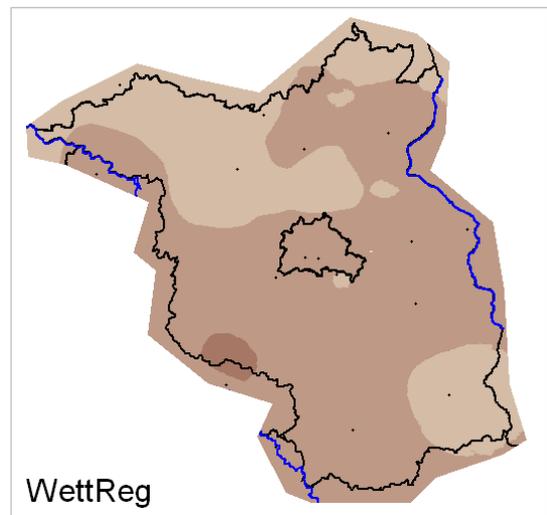
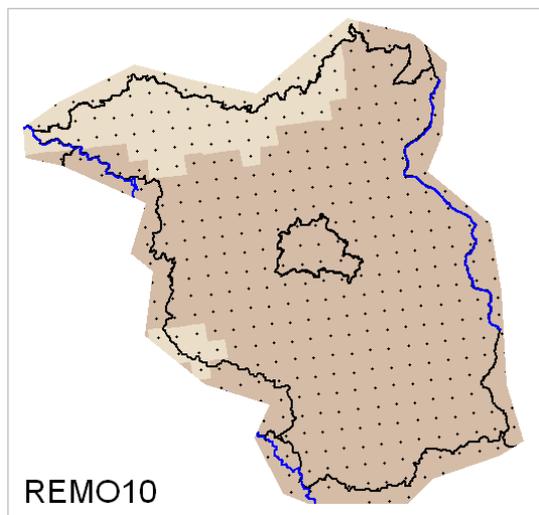
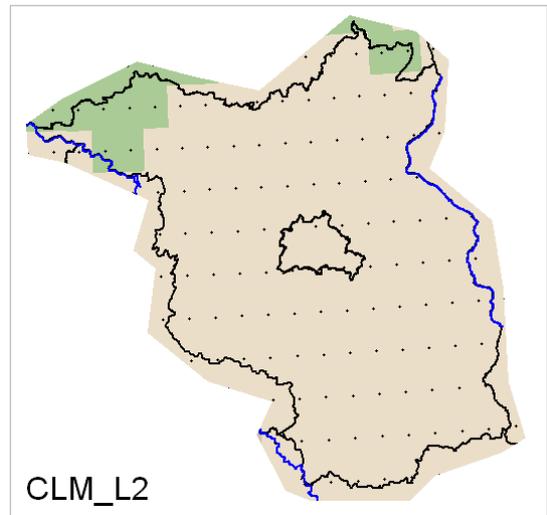
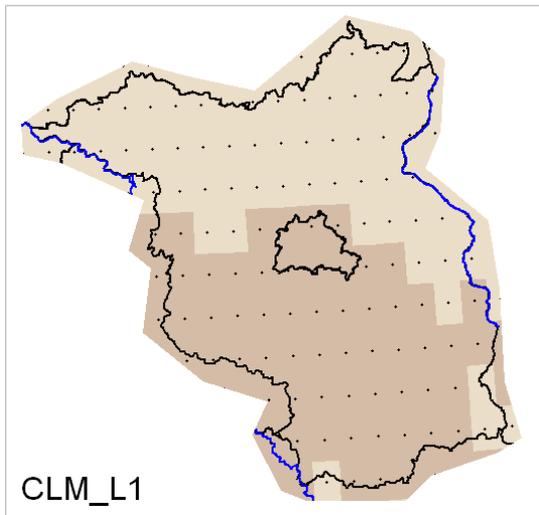
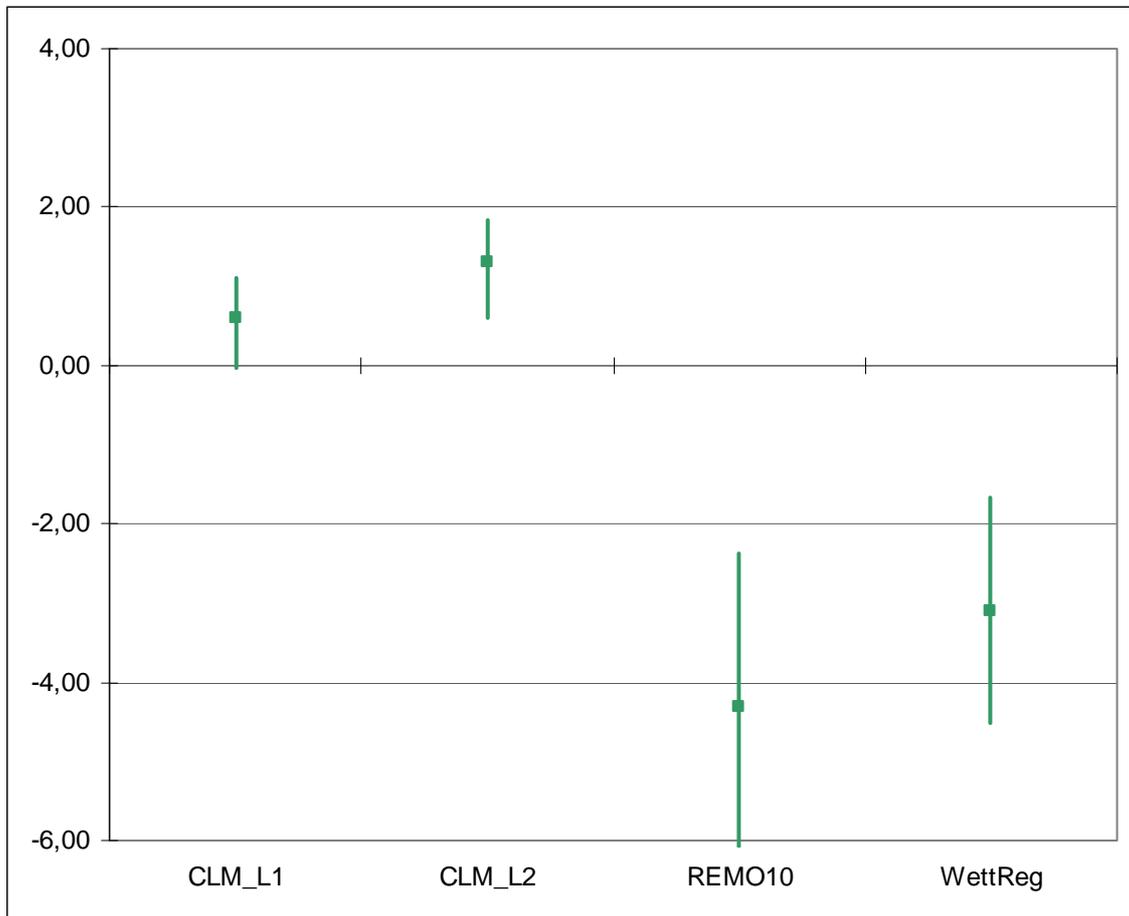


Abb. 7.12.4.2 – 7.12.4.5 Relative Feuchte 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Herbst

### 7.12.5 Relative Feuchte – meteorologischer Winter

Als Relative Feuchte wird das Verhältnis von aktuellem Gehalt an Wasserdampf in der Luft (Luftfeuchtigkeit) zum potentiell möglichen bezeichnet, sie wird in % angegeben.

Es wird die modellspezifische Differenz der Relativen Feuchte des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 dargestellt.



Angaben in %      ■ Mittelwert      – Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.12.5.1 Relative Feuchte 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Winter

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -6,1 bis 1,8 %. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -4,3 und 1,3 %. Es ist für den meteorologischen Winter hinsichtlich der Relativen Feuchte auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein Trend in den Modellen erkennbar.

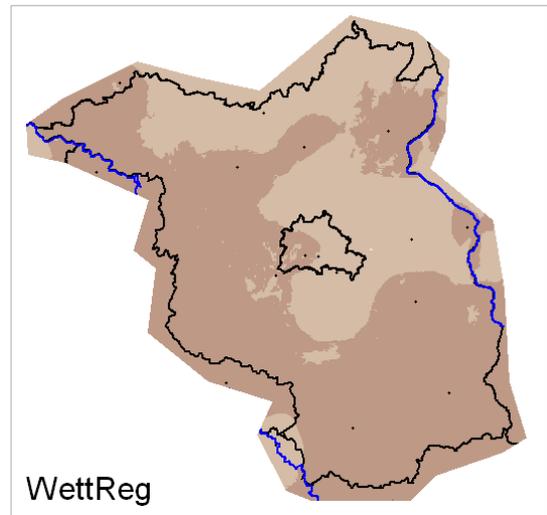
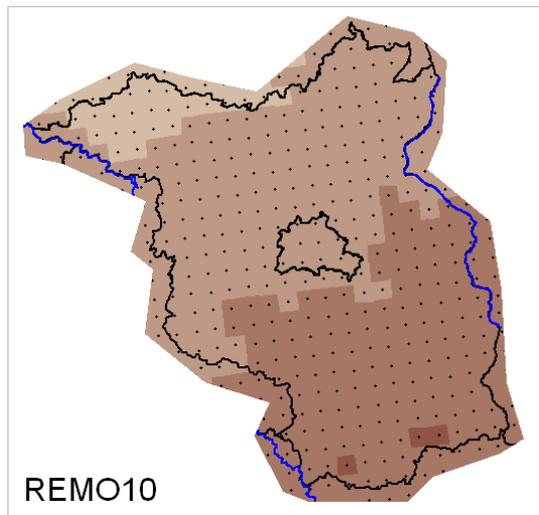
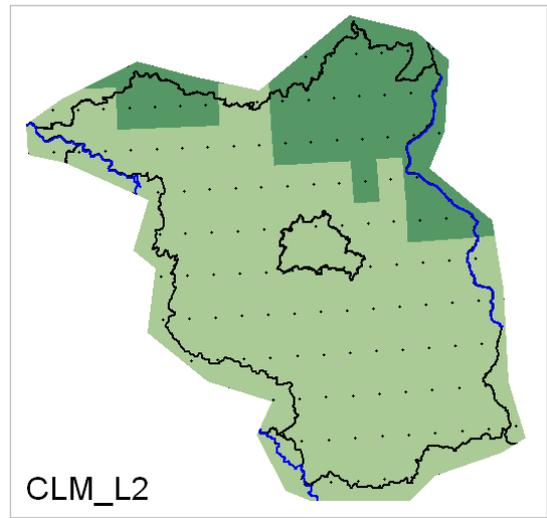
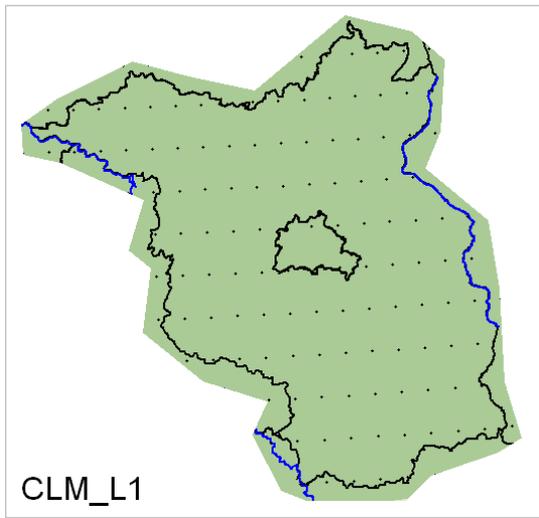


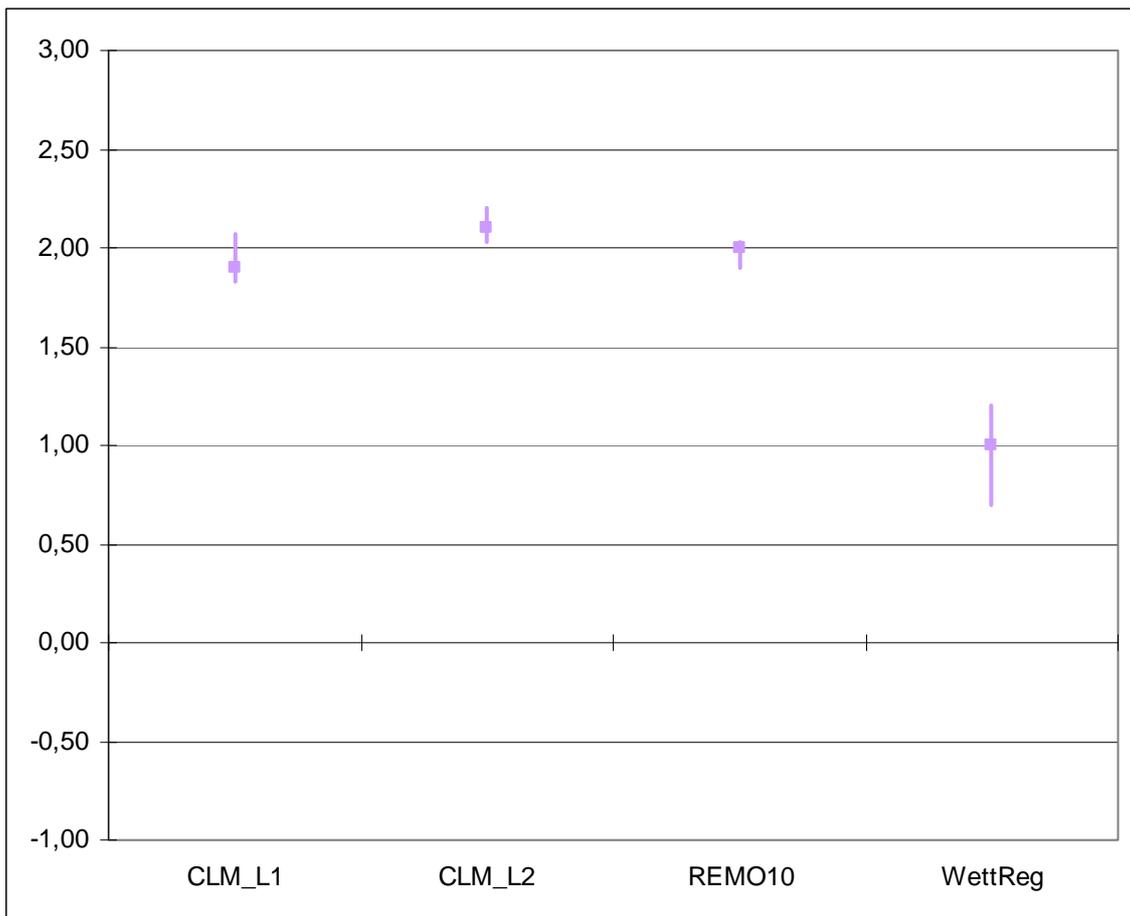
Abb. 7.12.5.2 – 7.12.5.5 Relative Feuchte 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Winter

## 7.13 Wasserdampfdruck

### 7.13.1 Wasserdampfdruck – meteorologisches Jahr

Unter Wasserdampfdruck wird derjenige Druck in hPa verstanden, der von dem in der Luft enthaltenen Wasserdampf ausgeübt wird.

Es wird die modellspezifische Differenz des Wasserdampfdruckes des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in hPa dargestellt.



Angaben in hPa      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.13.1.1 Wasserdampfdruck 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 0,7 bis 2,2 hPa. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 1 und 2,1 hPa. Es ist für das meteorologische Jahr hinsichtlich des Wasserdampfdruckes ein deutlicher Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 1 hPa auszugehen.

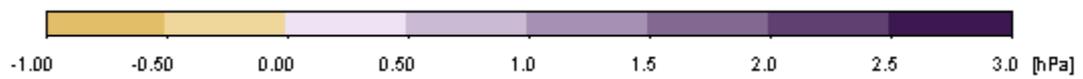
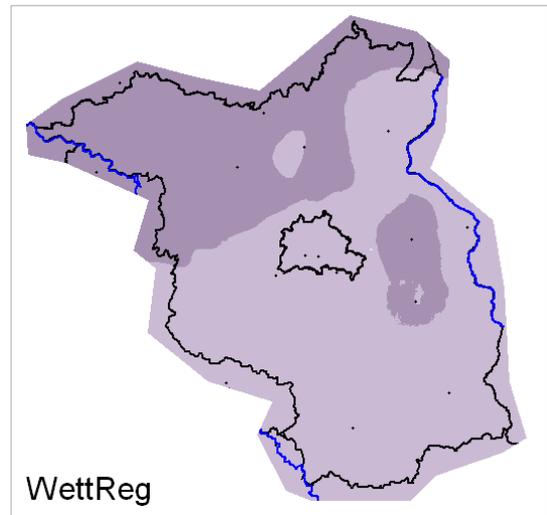
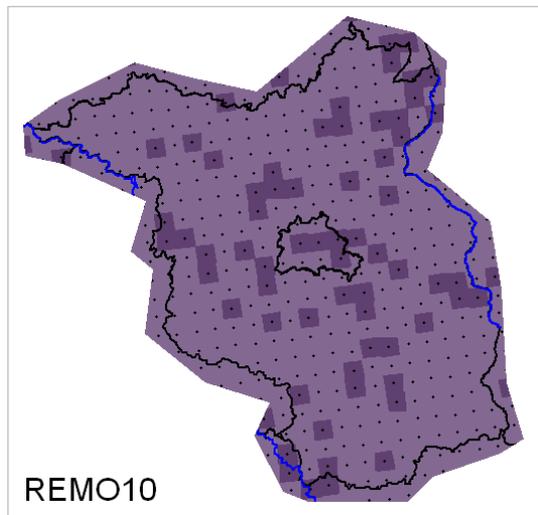
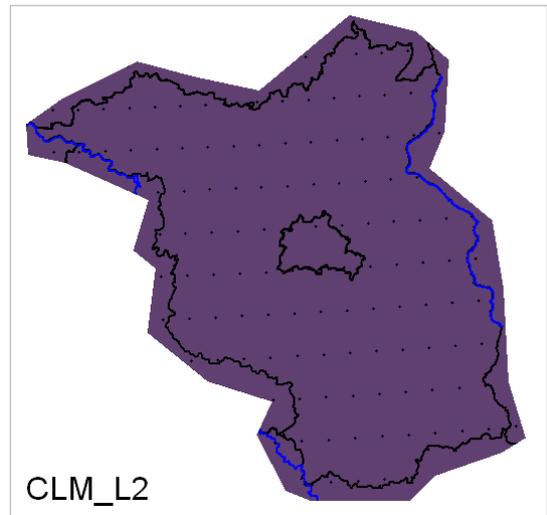
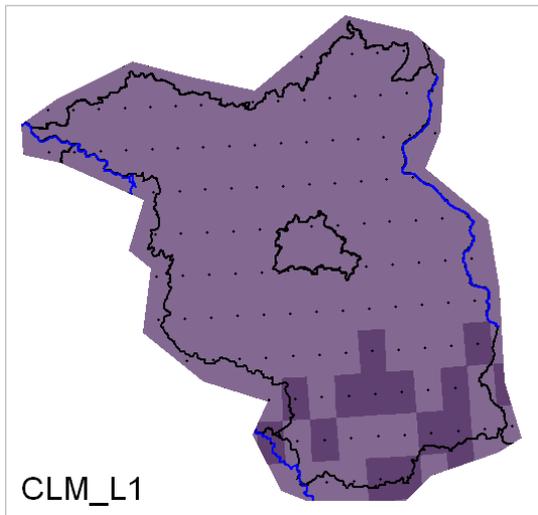
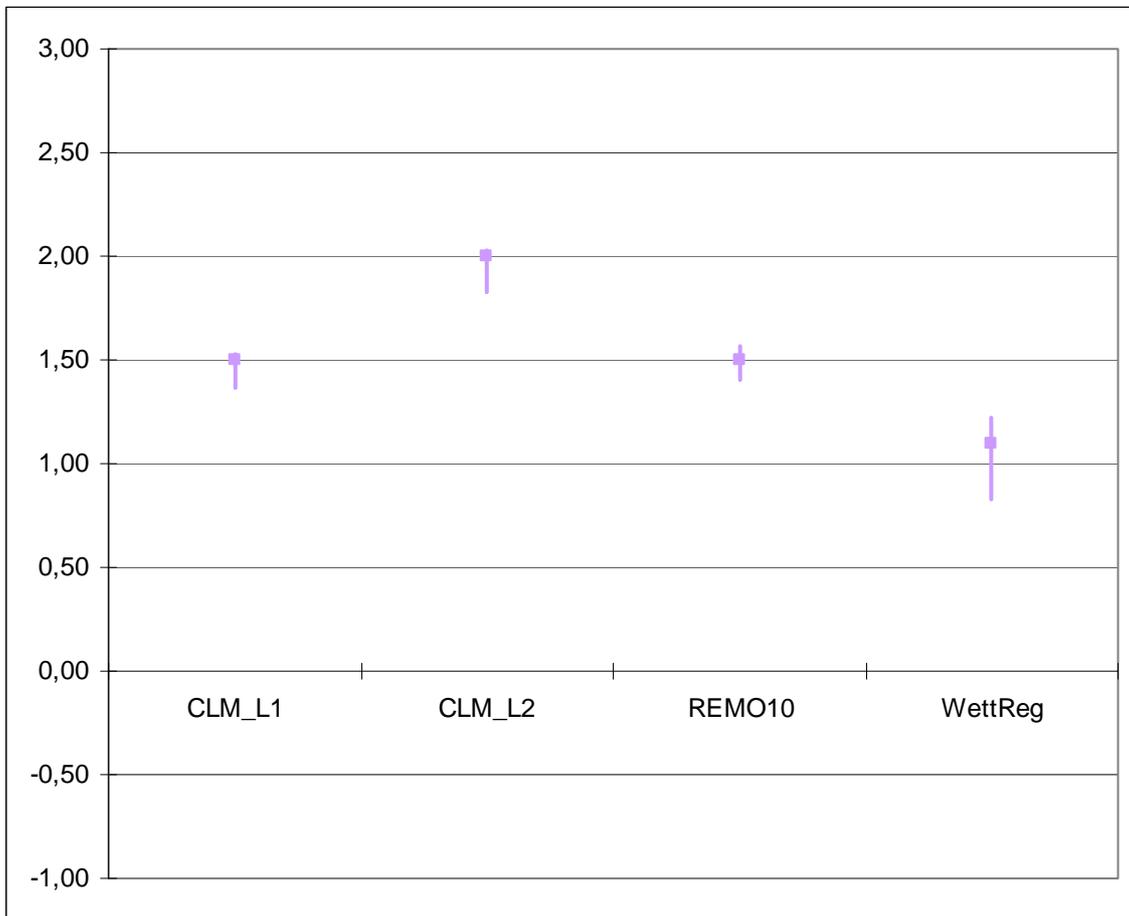


Abb. 7.13.1.2 – 7.13.1.5 Wasserdampfdruck 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

### 7.13.2 Wasserdampfdruck – meteorologisches Frühjahr

Unter Wasserdampfdruck wird derjenige Druck in hPa verstanden, der von dem in der Luft enthaltenen Wasserdampf ausgeübt wird.

Es wird die modellspezifische Differenz des Wasserdampfdruckes des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in hPa dargestellt.



Angaben in hPa

■ Mittelwert

— Wertebereich/Spannweite

Abb.: 7.13.2.1 Wasserdampfdruck 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Frühjahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 0,8 bis 2,0 hPa. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 1,1 und 2,0 hPa. Es ist für den meteorologischen Frühling hinsichtlich des Wasserdampfdruckes ein deutlicher, homogener Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 1,1 hPa auszugehen.

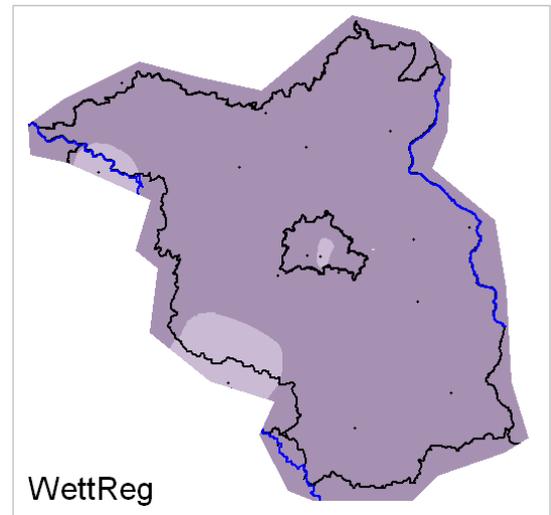
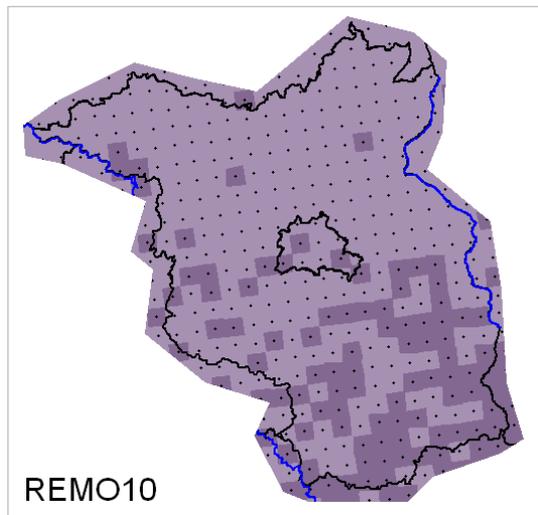
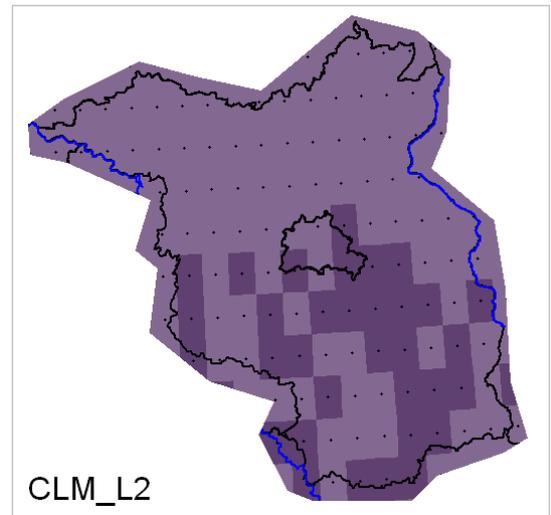
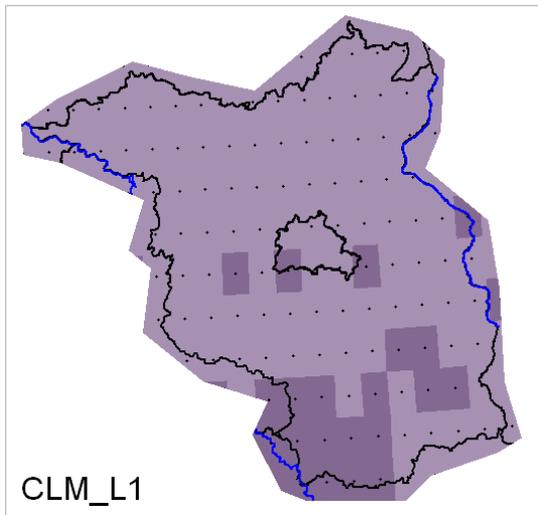
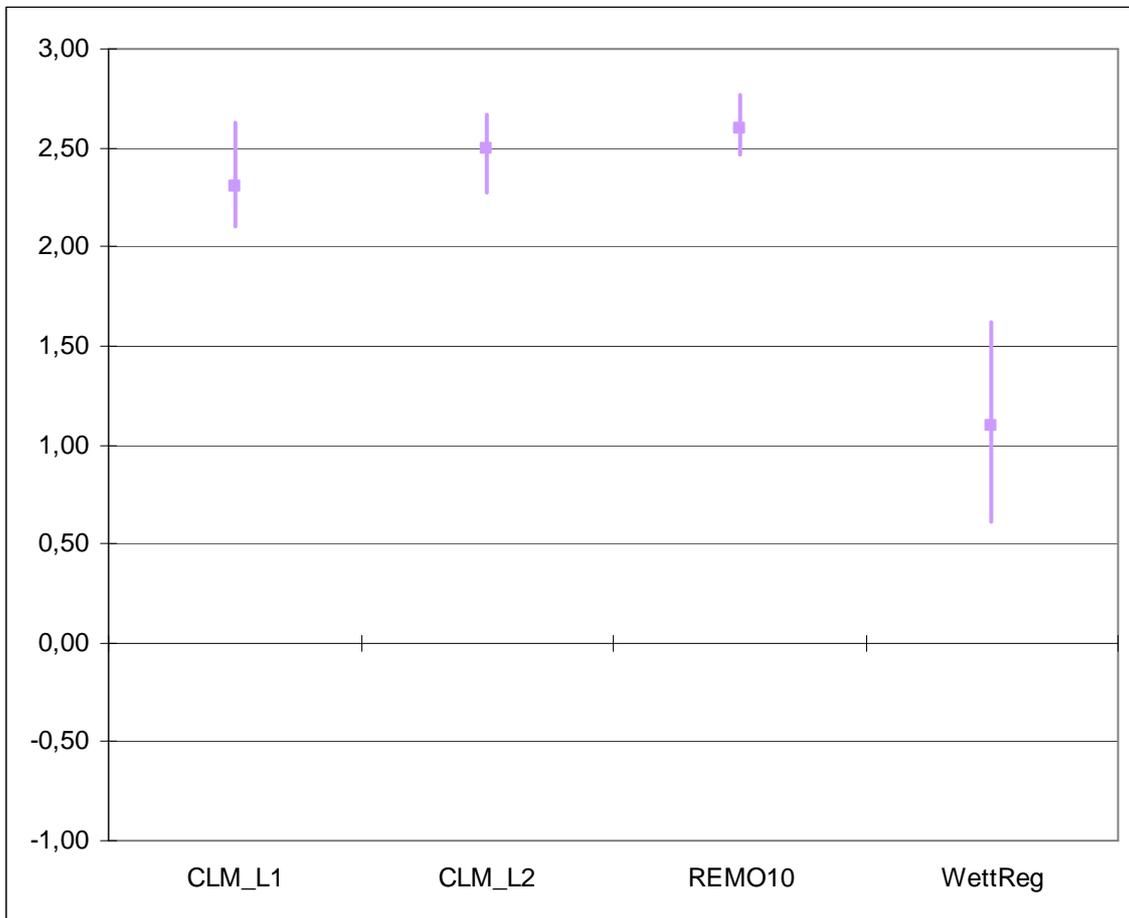


Abb. 7.13.2.2 – 7.13.2.5 Wasserdampfdruck 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Frühjahr

### 7.13.3 Wasserdampfdruck – meteorologischer Sommer

Unter Wasserdampfdruck wird derjenige Druck in hPa verstanden, der von dem in der Luft enthaltenen Wasserdampf ausgeübt wird.

Es wird die modellspezifische Differenz des Wasserdampfdruckes des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in hPa dargestellt.



Angaben in hPa

■ Mittelwert

— Wertebereich/Spannweite

Abb.: 7.13.3.1 Wasserdampfdruck 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Sommer

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 0,6 bis 2,8 hPa. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 1,1 und 2,6 hPa. Es ist für den meteorologischen Sommer hinsichtlich des Wasserdampfdruckes ein deutlicher Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 1,1 hPa auszugehen.

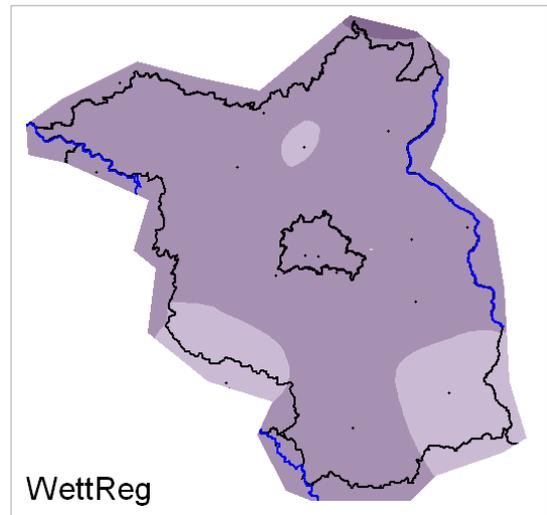
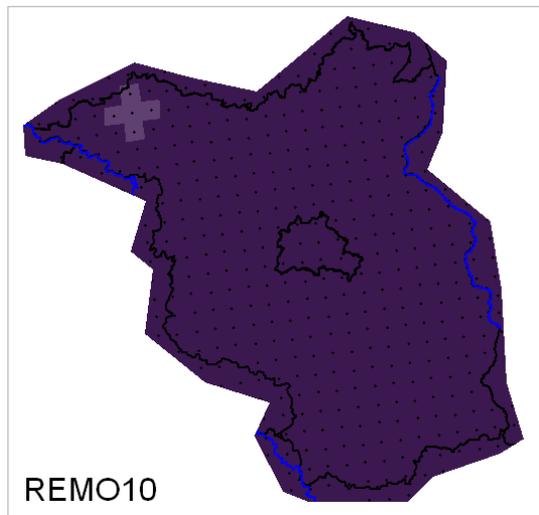
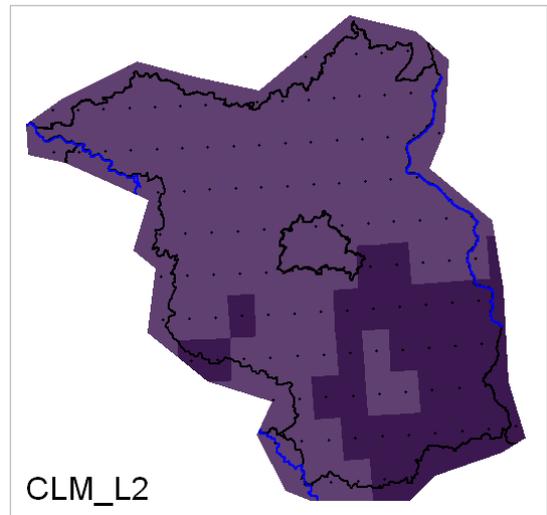
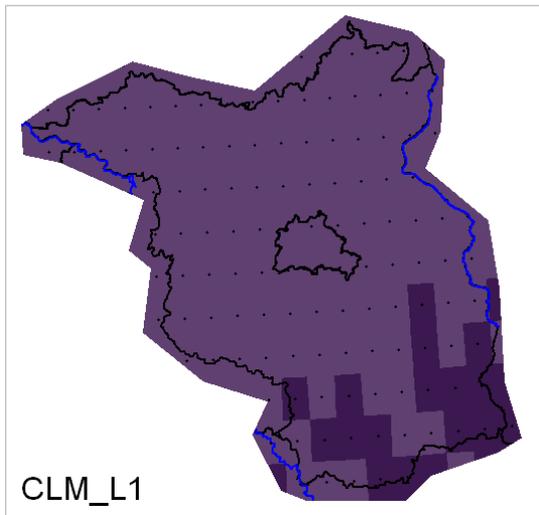
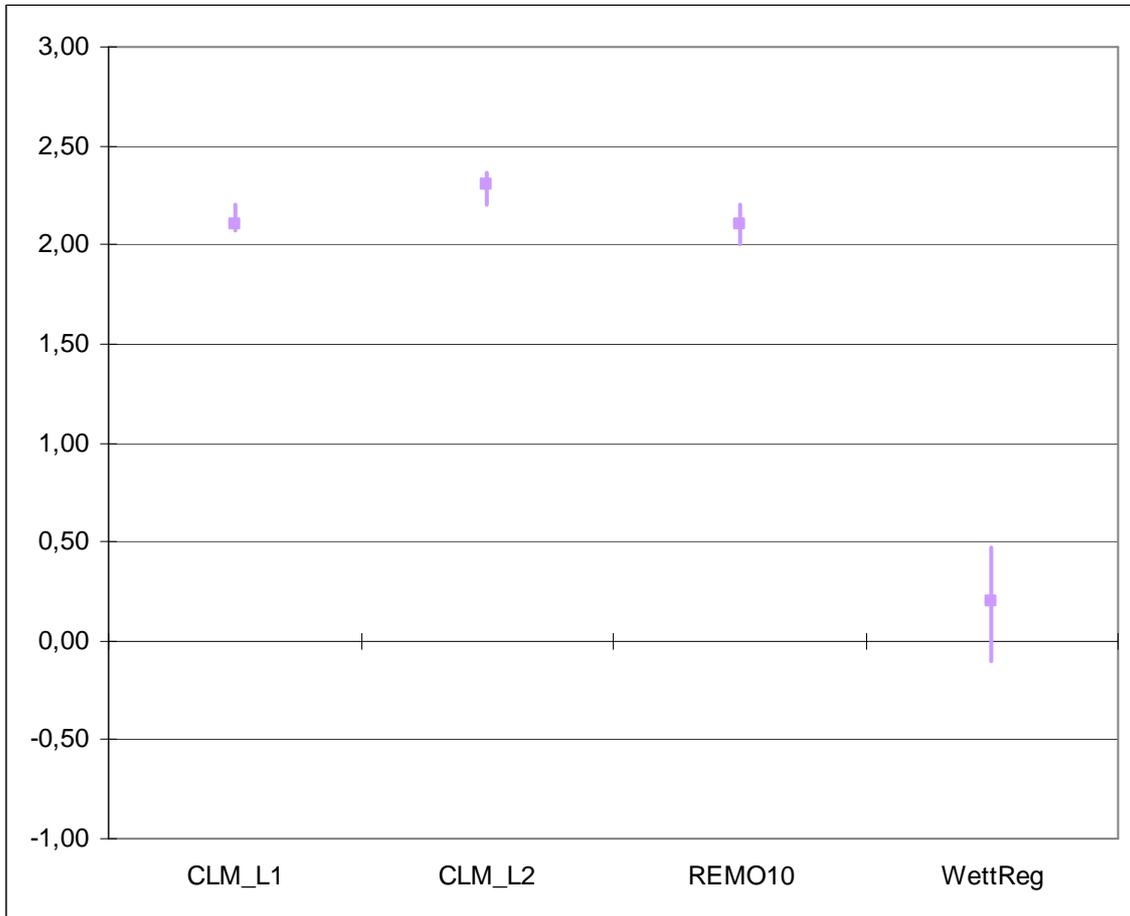


Abb. 7.13.3.2 – 7.13.3.5 Wasserdampfdruck 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Sommer

### 7.13.4 Wasserdampfdruck – meteorologischer Herbst

Unter Wasserdampfdruck wird derjenige Druck in hPa verstanden, der von dem in der Luft enthaltenen Wasserdampf ausgeübt wird.

Es wird die modellspezifische Differenz des Wasserdampfdruckes des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in hPa dargestellt.



Angaben in hPa      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.13.4.1 Wasserdampfdruck 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Herbst

#### Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -0,1 bis 2,4 hPa. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 0,2 und 2,3 hPa. Es ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B für den meteorologischen Herbst hinsichtlich des Wasserdampfdruckes ein deutlicher Trend in fast allen Modellen erkennbar. WettReg zeigt in Abhängigkeit zur Lufttemperatur kein Änderungssignal.

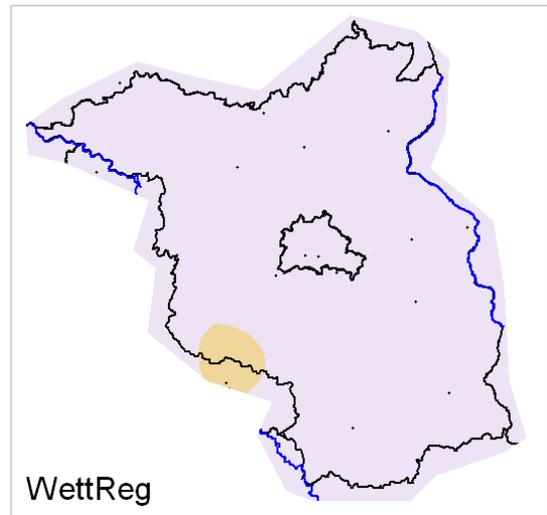
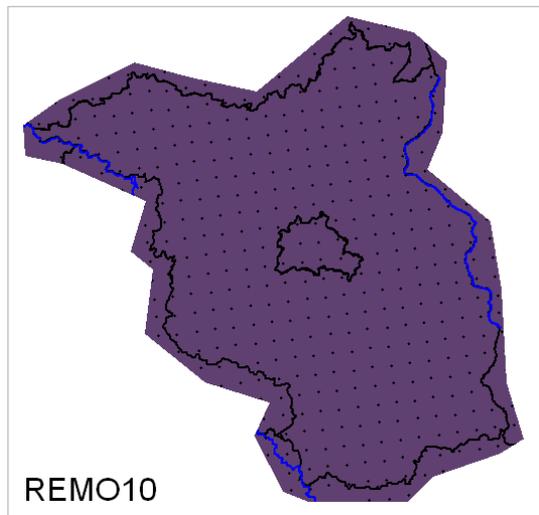
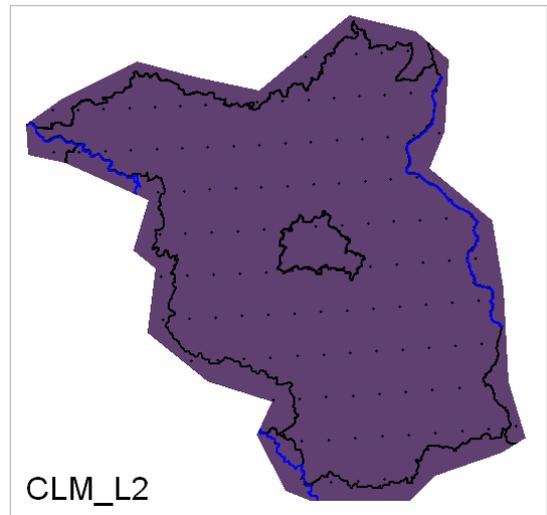
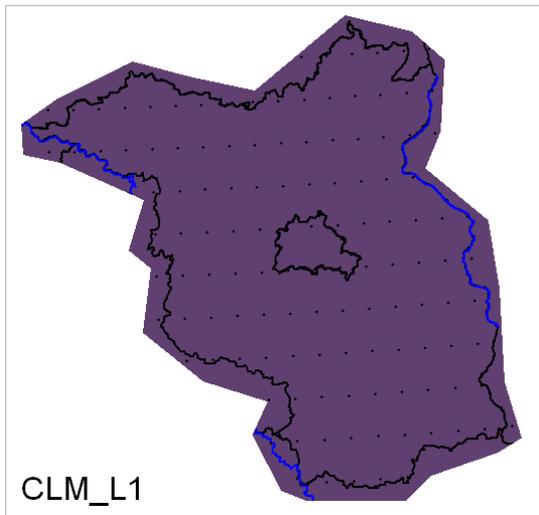
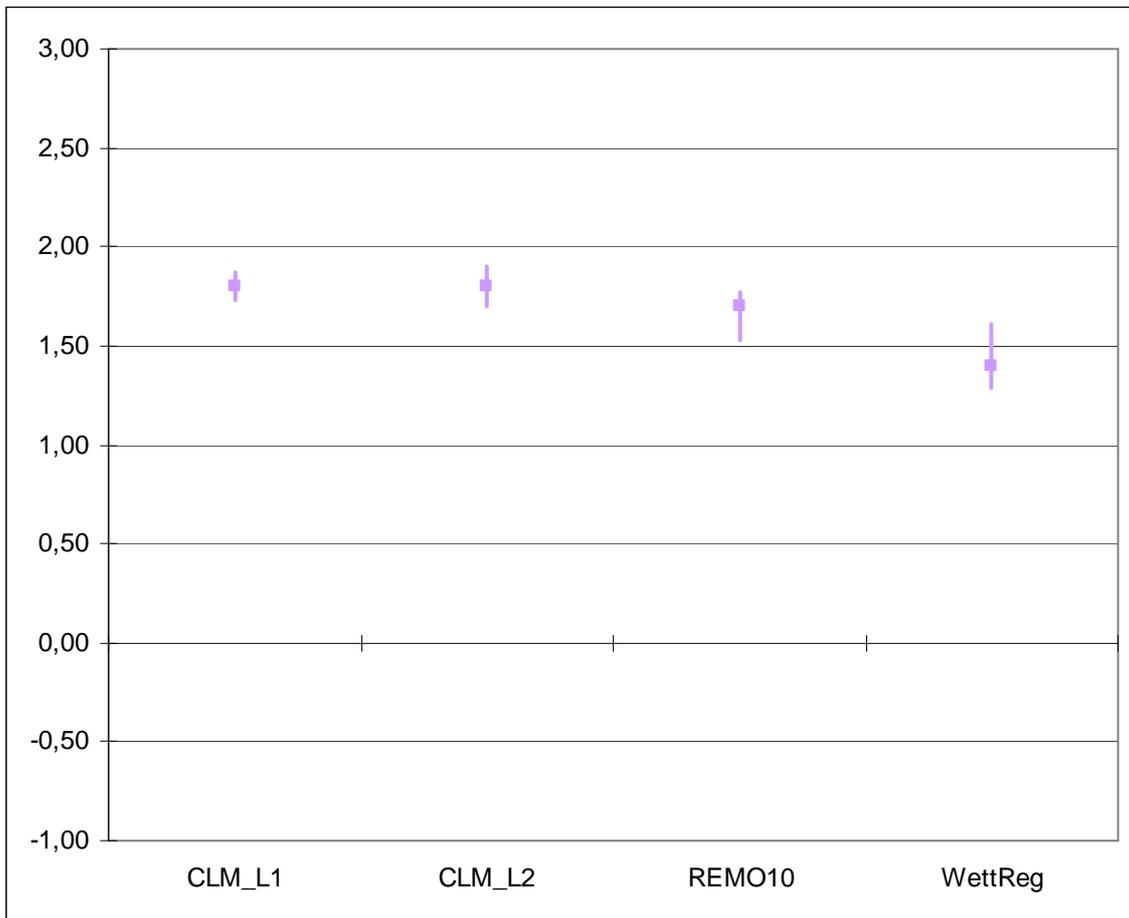


Abb. 7.13.4.2 – 7.13.4.5 Wasserdampfdruck 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Herbst

### 7.13.5 Wasserdampfdruck – meteorologischer Winter

Unter Wasserdampfdruck wird derjenige Druck in hPa verstanden, der von dem in der Luft enthaltenen Wasserdampf ausgeübt wird.

Es wird die modellspezifische Differenz des Wasserdampfdruckes des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in hPa dargestellt.



Angaben in hPa

■ Mittelwert

— Wertebereich/Spannweite

Abb.: 7.13.5.1 Wasserdampfdruck 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Winter

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 1,3 bis 1,9 hPa. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 1,4 und 1,8 hPa. Es ist für den meteorologischen Winter hinsichtlich des Wasserdampfdruckes ein deutlicher, homogener Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 1,4 hPa auszugehen.

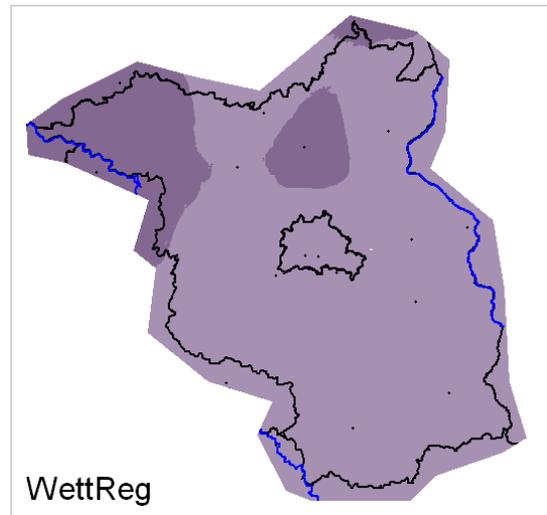
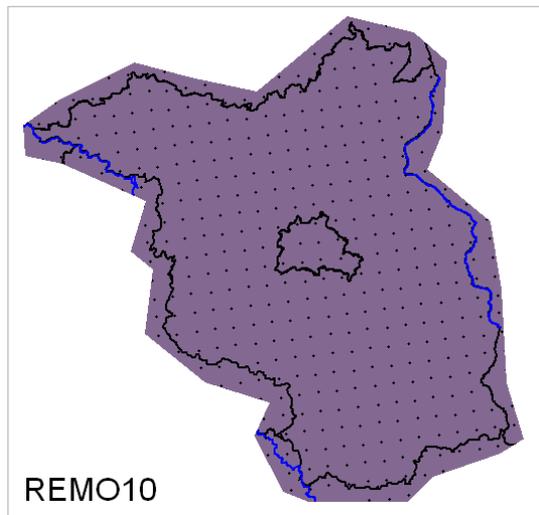
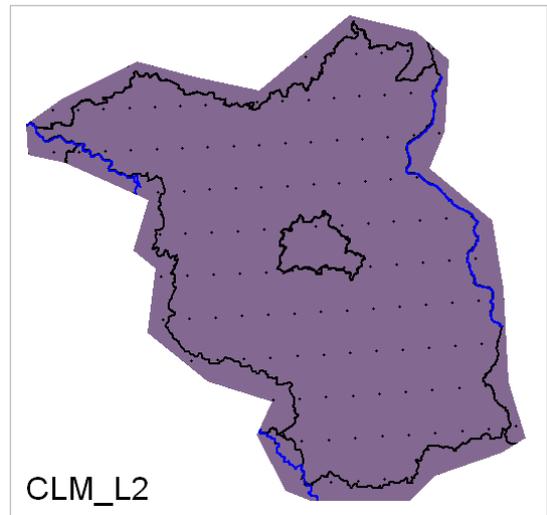
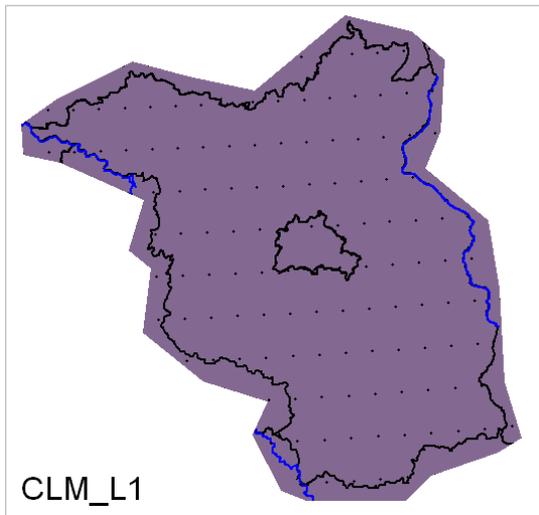
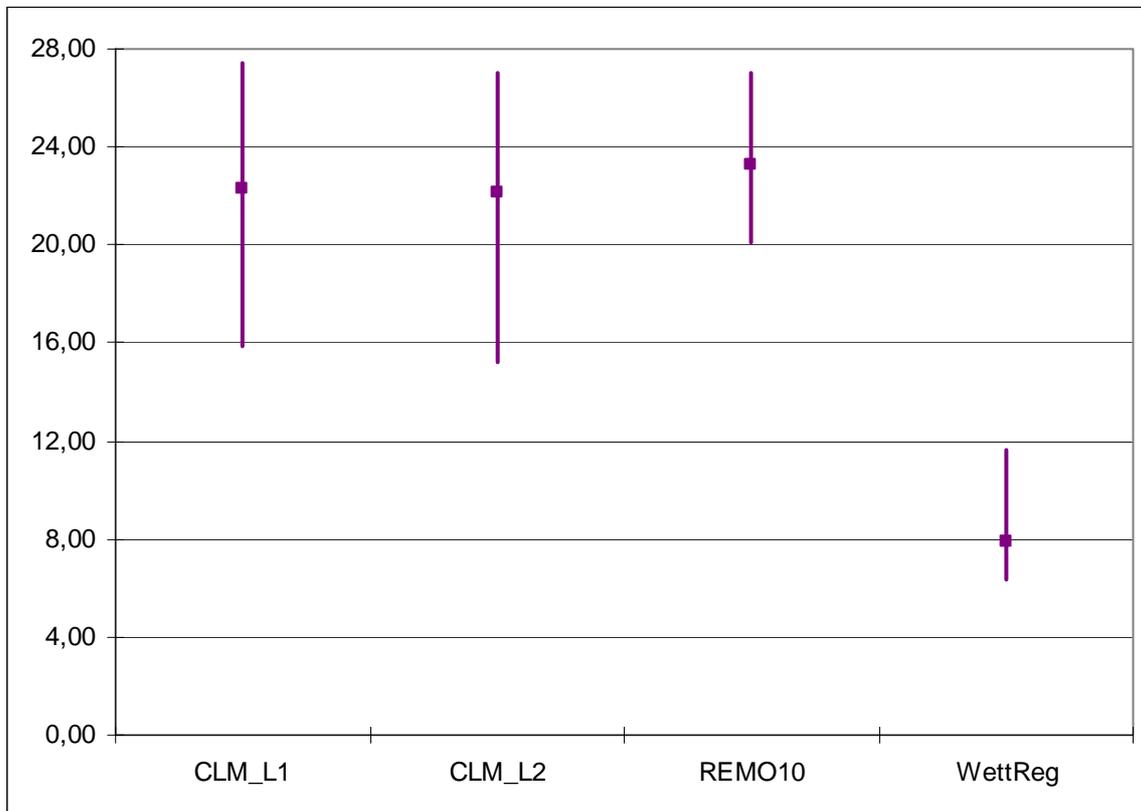


Abb. 7.13.5.2 – 7.13.5.5 Wasserdampfdruck 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Winter

## 7.14 Anzahl der Tage mit Schwüle

Als Tage mit Schwüle werden solche Tage bezeichnet, an denen der mittlere Wasserdampfdruck 18,8 hPa oder größer ist.

Es wird die modellspezifische Differenz der Anzahl der Tage mit Schwüle des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in Tagen dargestellt.



Angaben in Tagen      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.16.1 Tage mit Schwüle 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 6,3 bis 27,4 Tage. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 7,9 und 23,3 Tagen. Es ist für das meteorologische Jahr hinsichtlich der Anzahl der Tage mit Schwüle ein Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Erhöhung um mindestens 8 Tage auszugehen.

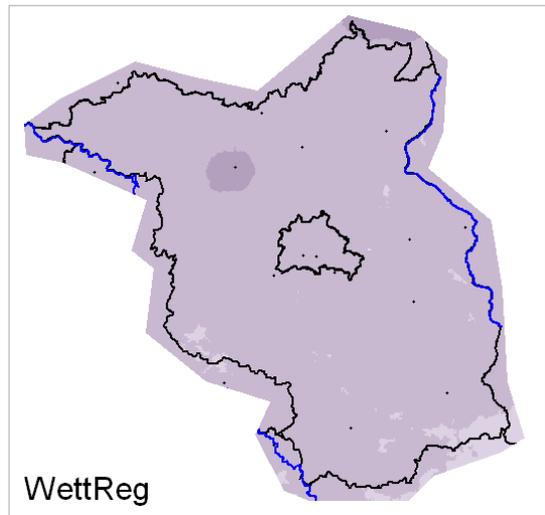
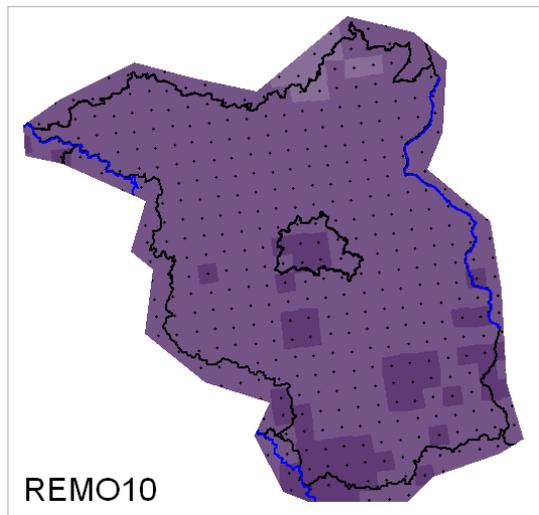
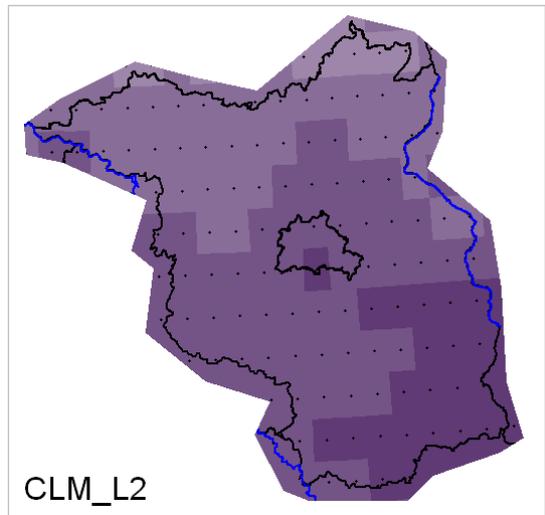
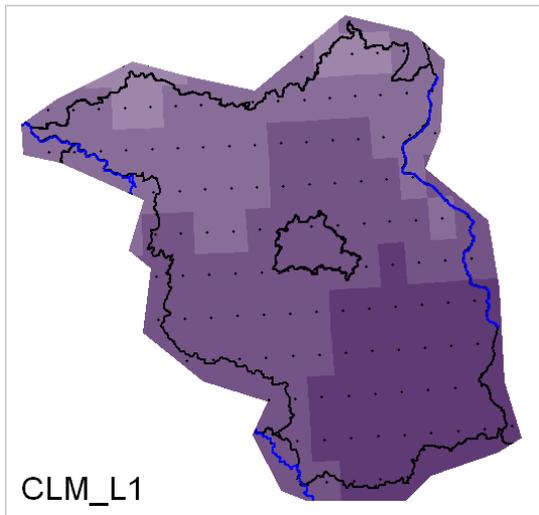


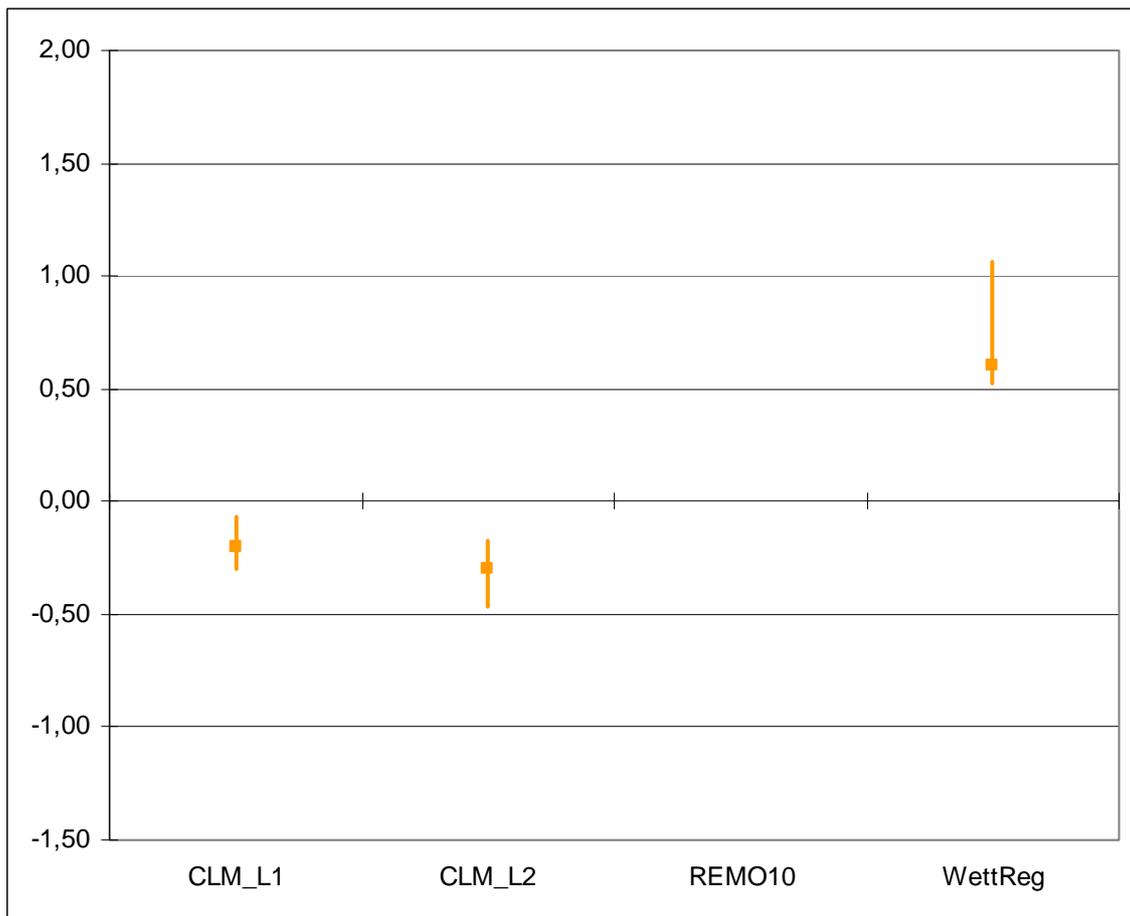
Abb. 7.14.2 – 7.14.5 Tage mit Schwüle 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

## 7.15 Sonnenscheindauer

### 7.15.1 Sonnenscheindauer – meteorologisches Jahr

Die Sonnenscheindauer gibt die Summe der Zeit in h an einem Tag an, an dem der Strahlungsgrenzwert von  $120 \text{ W/m}^2$  überschritten wird.

Es wird die modellspezifische Differenz der Sonnenscheindauer des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 dargestellt.



Angaben in h      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.15.1.1 Sonnenscheindauer 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

#### Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -0,3 bis 1,1 h. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,2 und 0,6 h. Es ist für das meteorologische Jahr hinsichtlich der Sonnenscheindauer auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein Trend in den Modellen erkennbar.

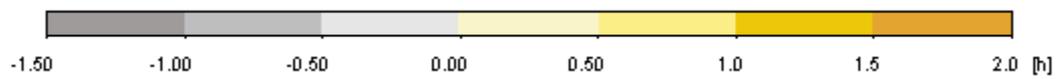
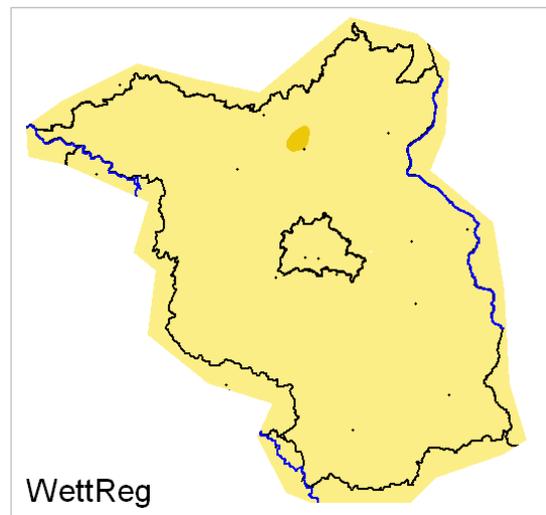
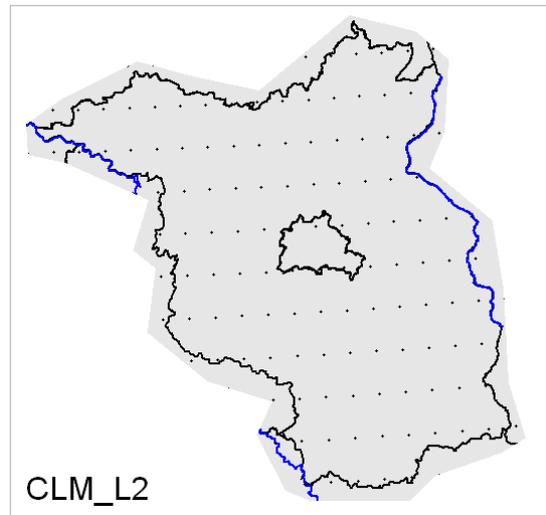
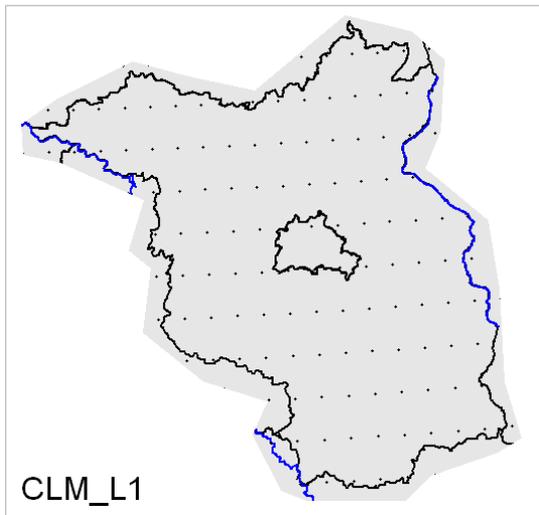
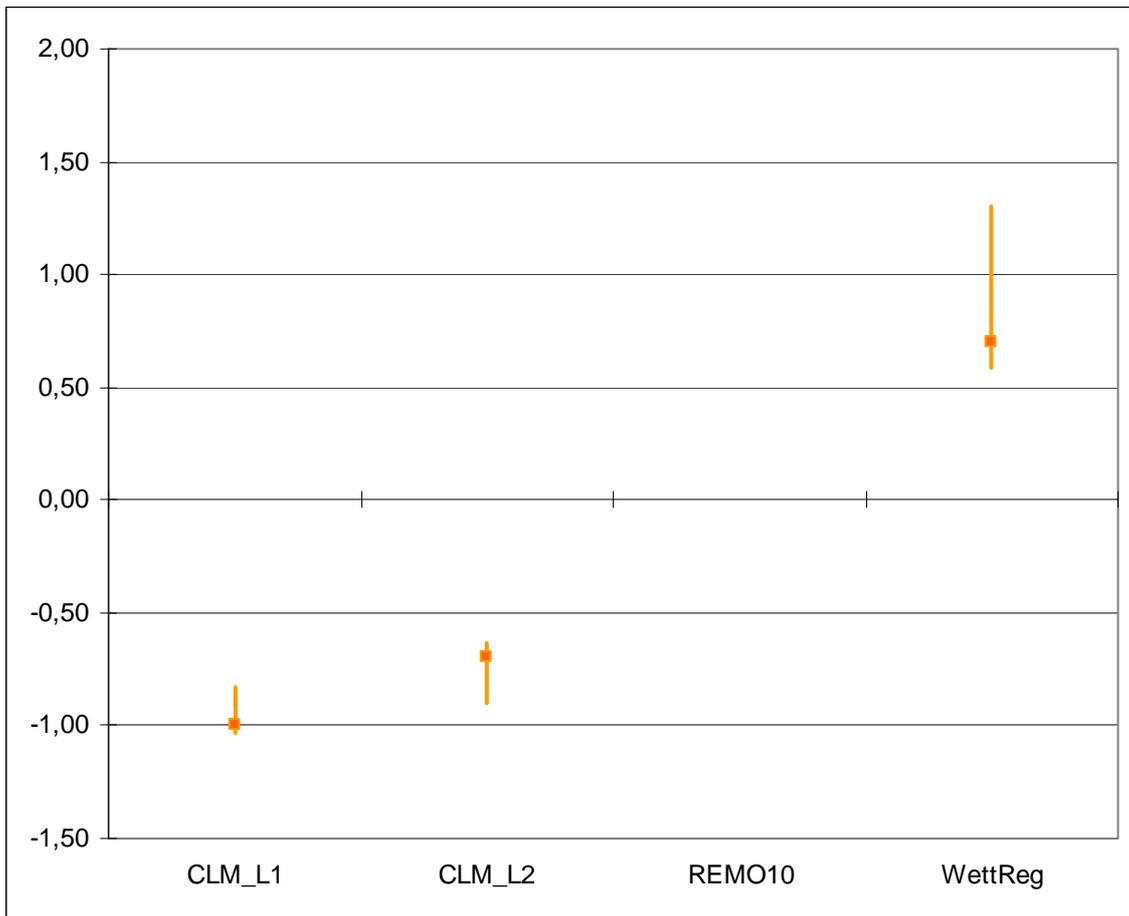


Abb. 7.15.1.2 – 7.15.1.5 Sonnenscheindauer 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

### 7.15.2 Sonnenscheindauer – meteorologisches Frühjahr

Die Sonnenscheindauer gibt die Summe der Zeit in h an einem Tag an, an dem der Strahlungsgrenzwert von 120 W/m<sup>2</sup> überschritten wird.

Es wird die modellspezifische Differenz der Sonnenscheindauer des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 dargestellt.



Angaben in h

■ Mittelwert

— Wertebereich/Spannweite

Abb.: 7.15.2.1 Sonnenscheindauer 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Frühjahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -1,0 bis 1,3 h. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -1,0 und 0,7 h. Es ist für den meteorologischen Frühling hinsichtlich der Sonnenscheindauer auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein Trend in den Modellen erkennbar.

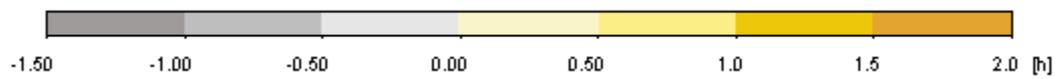
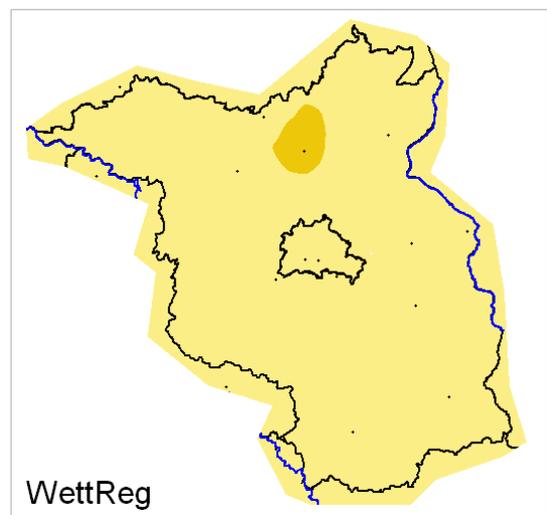
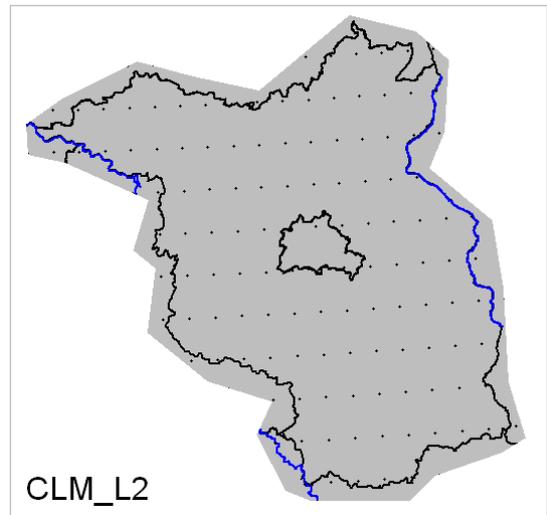
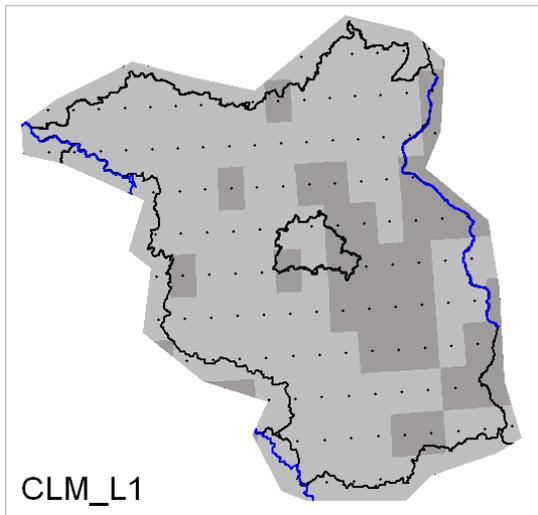
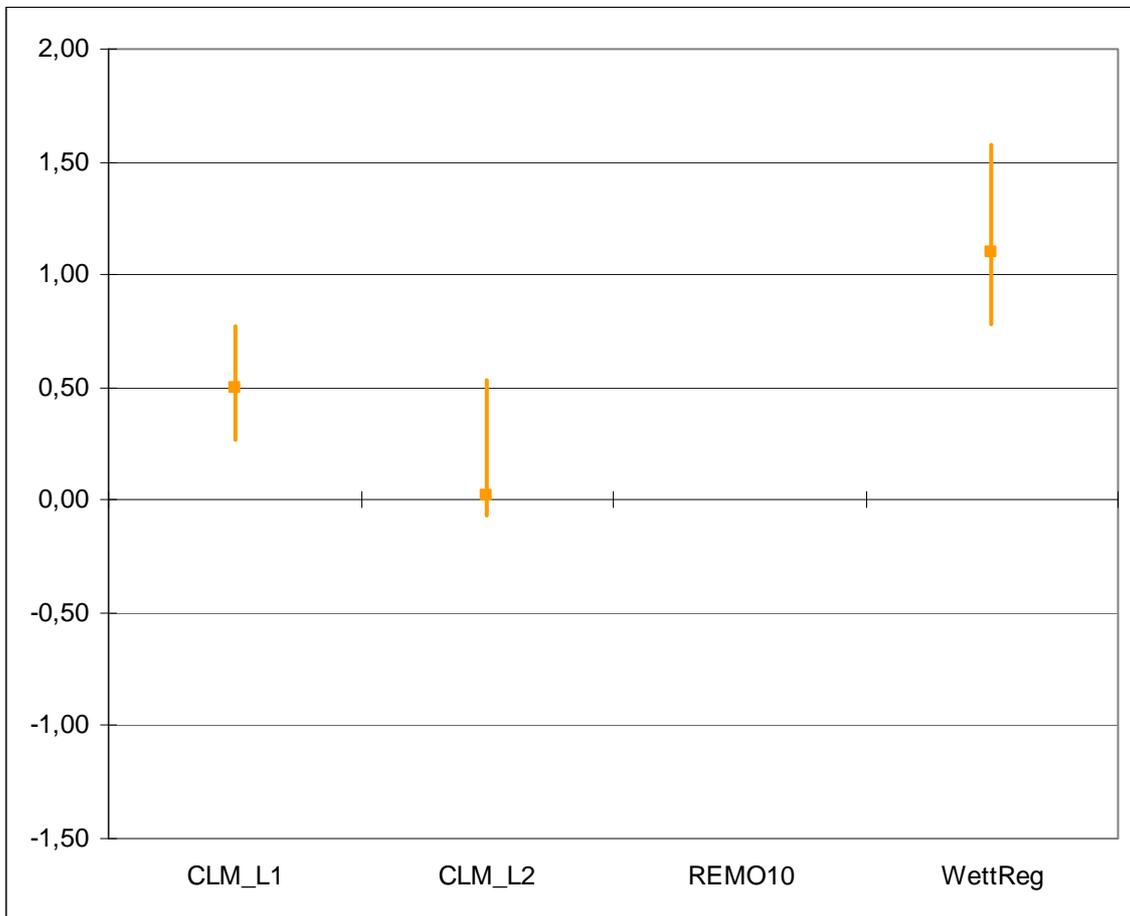


Abb. 7.15.2.2 – 7.15.2.5 Sonnenscheindauer 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Frühjahr

### 7.15.3 Sonnenscheindauer – meteorologischer Sommer

Die Sonnenscheindauer gibt die Summe der Zeit in h an einem Tag an, an dem der Strahlungsgrenzwert von 120 W/m<sup>2</sup> überschritten wird.

Es wird die modellspezifische Differenz der Sonnenscheindauer des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 dargestellt.



Angaben in h

■ Mittelwert

— Wertebereich/Spannweite

Abb.: 7.17.3.1 Sonnenscheindauer 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Sommer

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -0,1 bis 1,6 h. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 0,02 und 1,1 h. Es ist für den meteorologischen Sommer hinsichtlich der Sonnenscheindauer ein leichter Trend zur Zunahme auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B erkennbar.

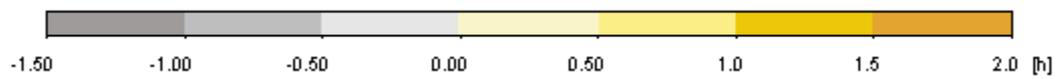
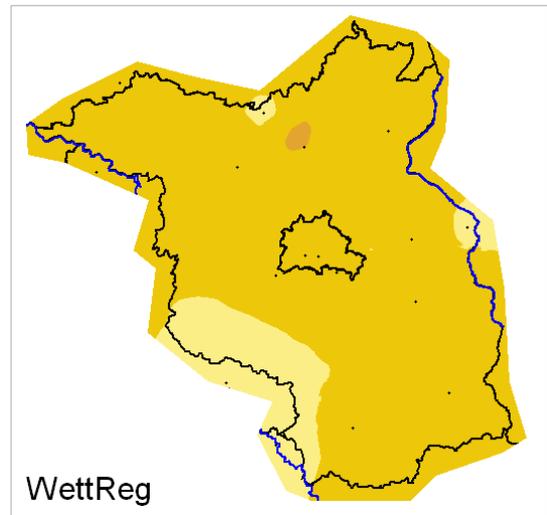
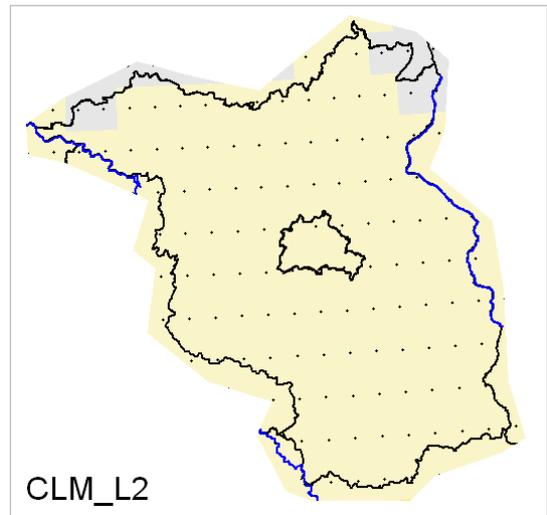
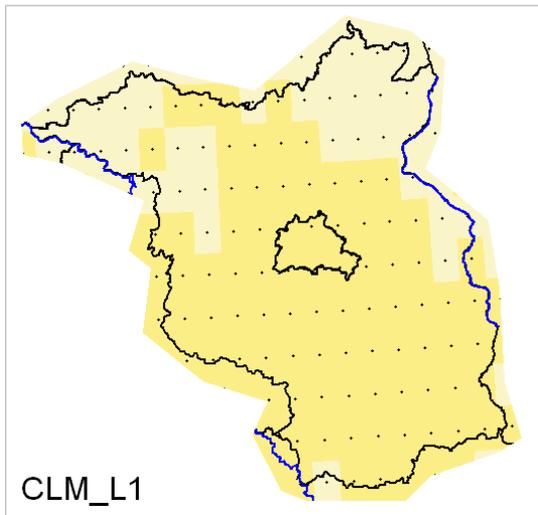
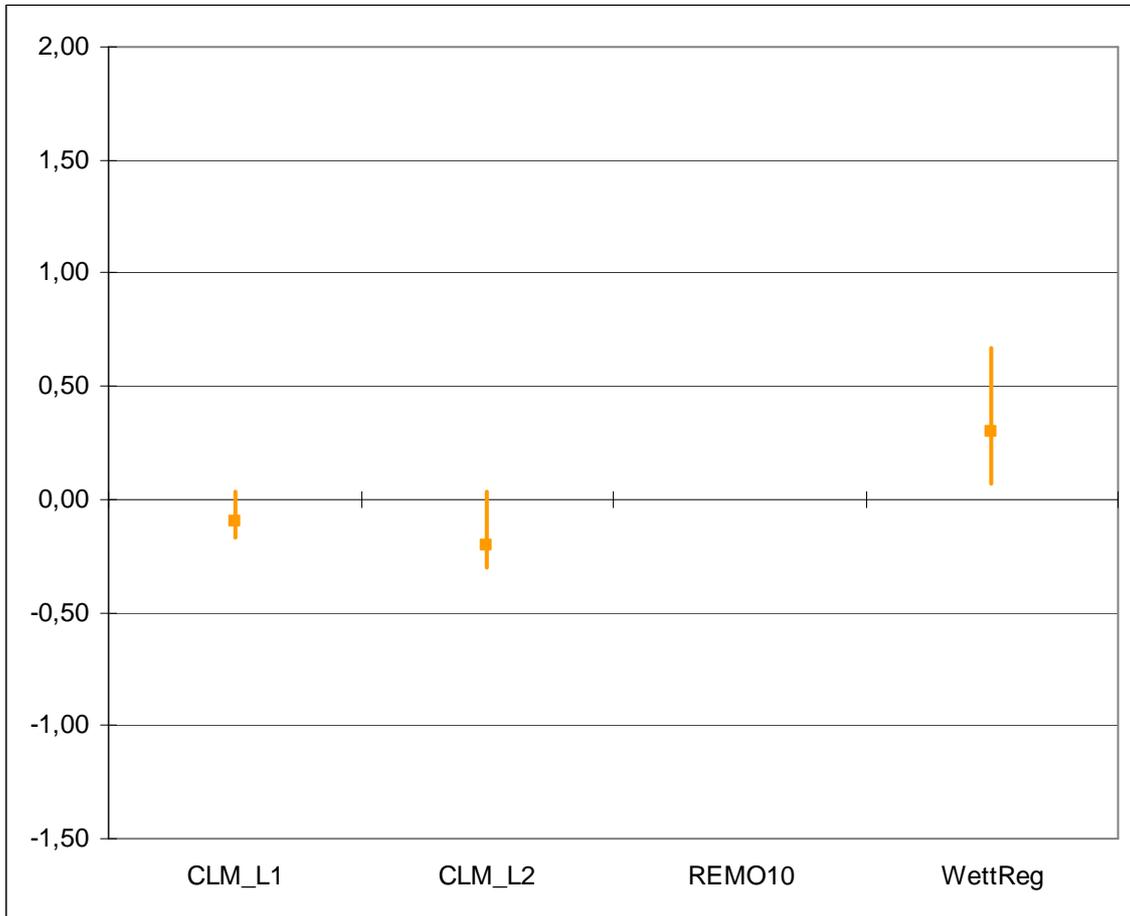


Abb. 7.15.3.2 – 7.15.3.5 Sonnenscheindauer 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Sommer

### 7.15.4 Sonnenscheindauer – meteorologischer Herbst

Die Sonnenscheindauer gibt die Summe der Zeit in h an einem Tag an, an dem der Strahlungsgrenzwert von 120 W/m<sup>2</sup> überschritten wird.

Es wird die modellspezifische Differenz der Sonnenscheindauer des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 dargestellt.



Angaben in h

■ Mittelwert

— Wertebereich/Spannweite

Abb.: 7.15.4.1 Sonnenscheindauer 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Herbst

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -0,3 bis 0,7 h. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,2 und 0,3 h. Es ist für den meteorologischen Herbst auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B hinsichtlich der Sonnenscheindauer kein Trend in den Modellen erkennbar.

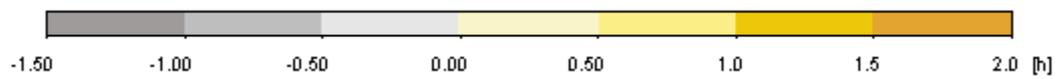
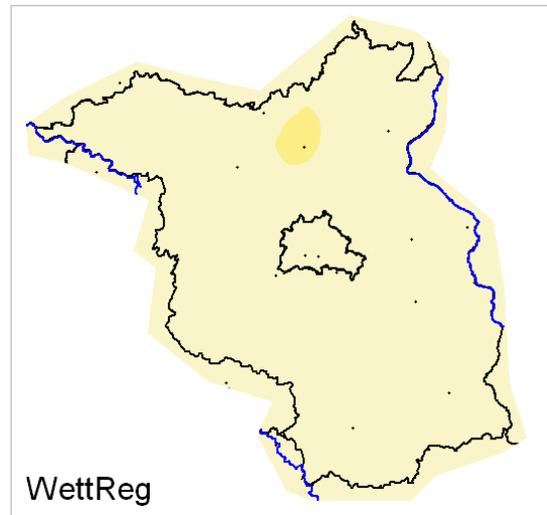
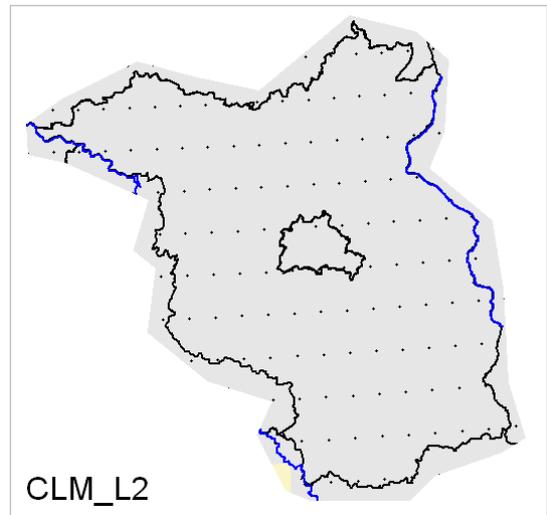
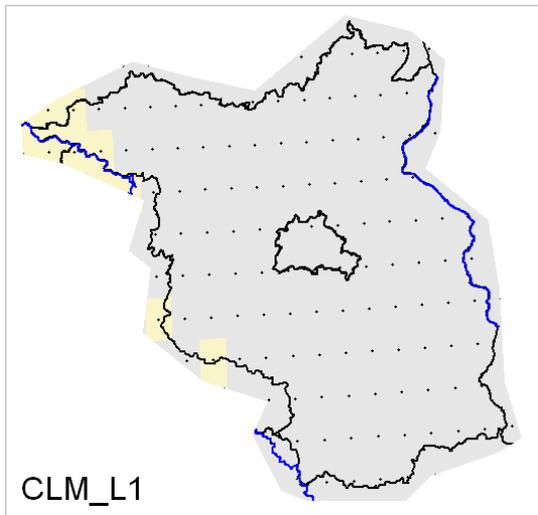
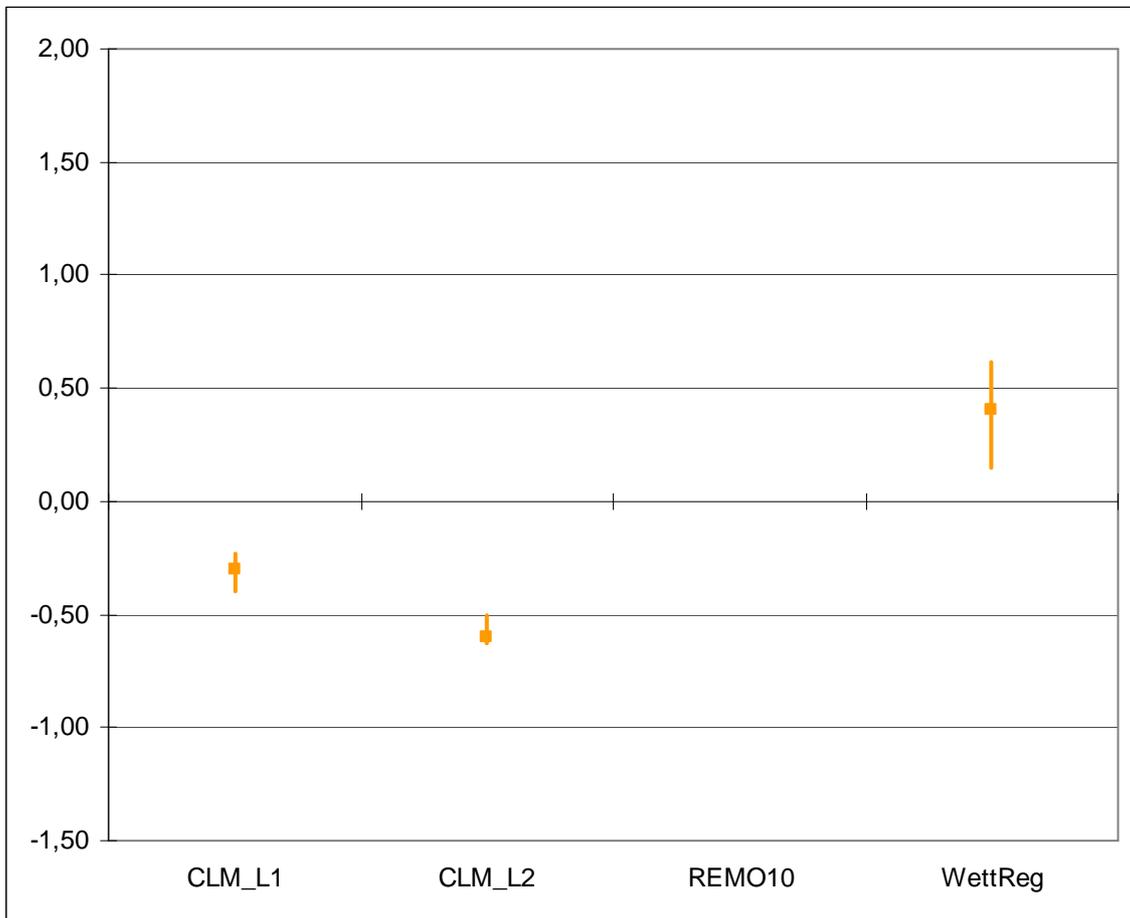


Abb. 7.15.4.2 – 7.15.4.5 Sonnenscheindauer 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Herbst

### 7.15.5 Sonnenscheindauer – meteorologischer Winter

Die Sonnenscheindauer gibt die Summe der Zeit in h an einem Tag an, an dem der Strahlungsgrenzwert von 120 W/m<sup>2</sup> überschritten wird.

Es wird die modellspezifische Differenz der Sonnenscheindauer des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 dargestellt.



Angaben in h

■ Mittelwert

— Wertebereich/Spannweite

Abb.: 7.17.5.1 Sonnenscheindauer 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Winter

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -0,6 bis 0,6 h. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,6 und 0,4 h. Es ist für den meteorologischen Winter auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B hinsichtlich der Sonnenscheindauer kein Trend in den Modellen erkennbar.

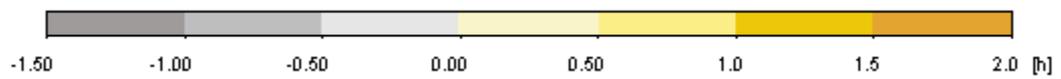
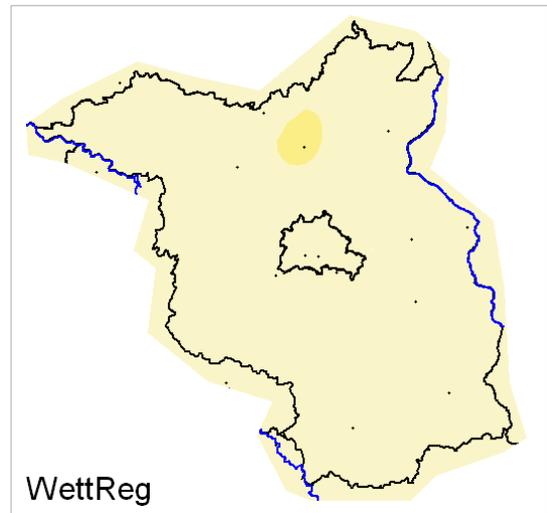
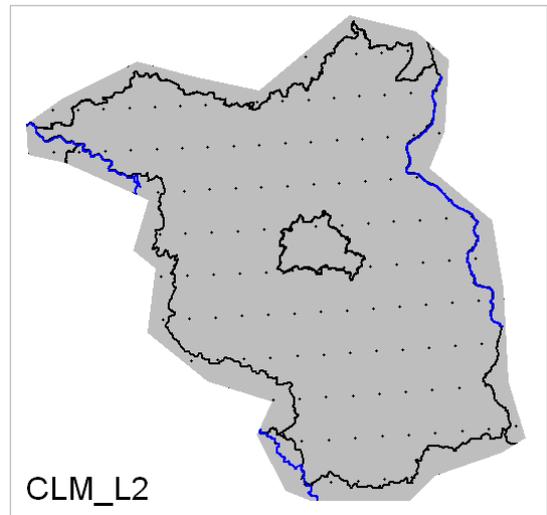
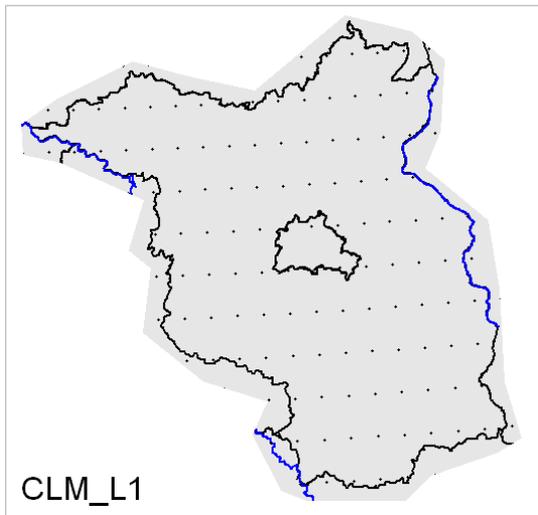


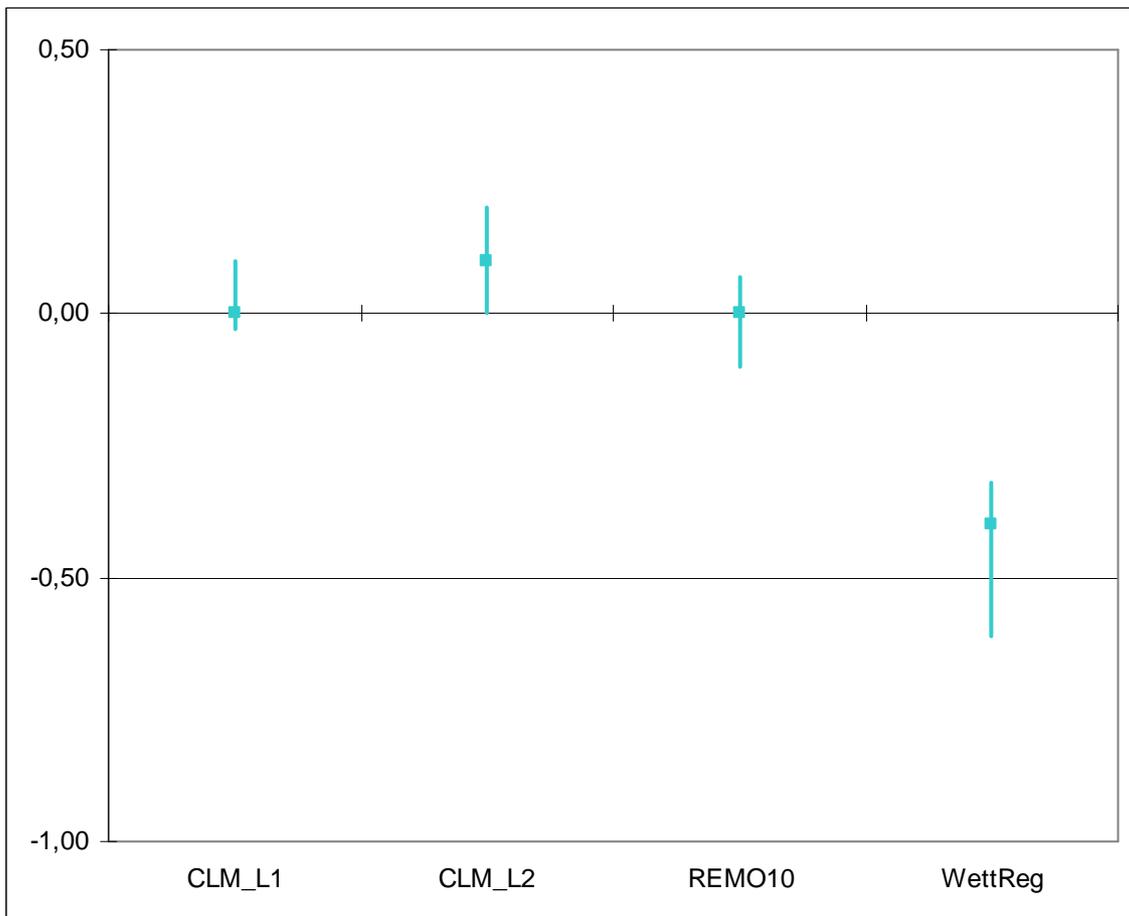
Abb. 7.15.5.2 – 7.15.5.5 Sonnenscheindauer 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Winter

## 7.16 Bedeckungsgrad

### 7.16.1 Bedeckungsgrad – meteorologisches Jahr

Der Bedeckungsgrad gibt den Grad der Bedeckung bzw. Bewölkung in Achtel an. Dabei wird der Anteil der Bedeckung am Himmel innerhalb eines Sichtfeldes abgeschätzt. Bei 0 Achtel ist der Himmel wolkenlos und bei 8 Achtel bewölkt.

Es wird die modellspezifische Differenz des Bedeckungsgrades des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in Achtel dargestellt.



Angaben in Achtel      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.16.1.1 Bedeckungsgrad 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

#### Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -0,6 bis 0,2 Achtel. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,4 und 0,1 Achtel. Es ist für das meteorologische Jahr hinsichtlich des Bedeckungsgrades auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein Trend in den Modellen erkennbar.

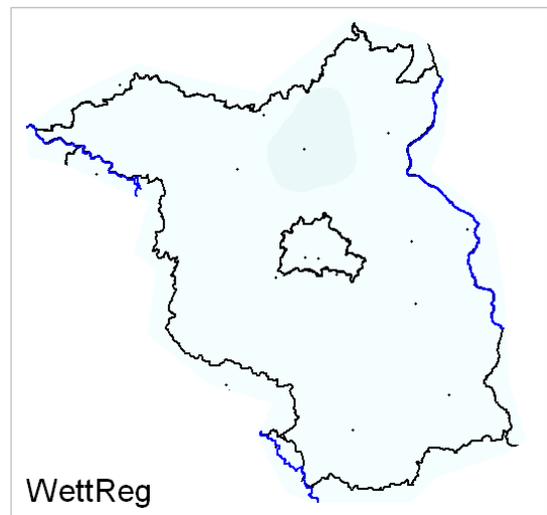
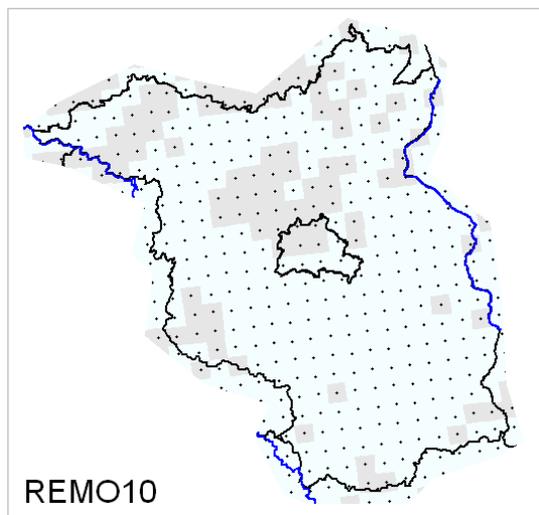
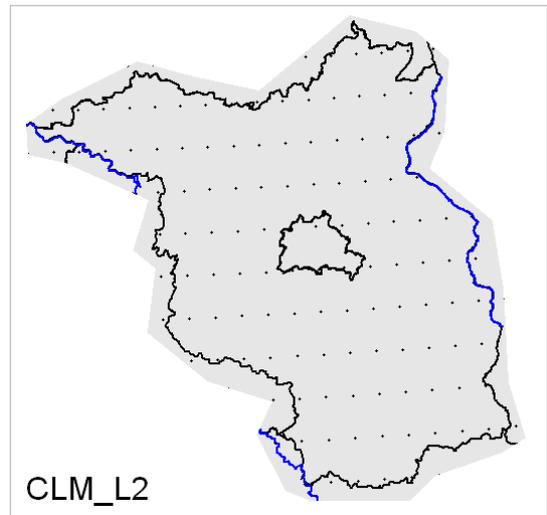
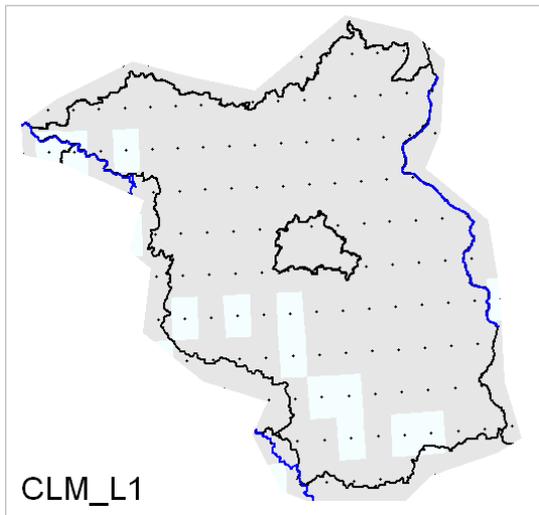
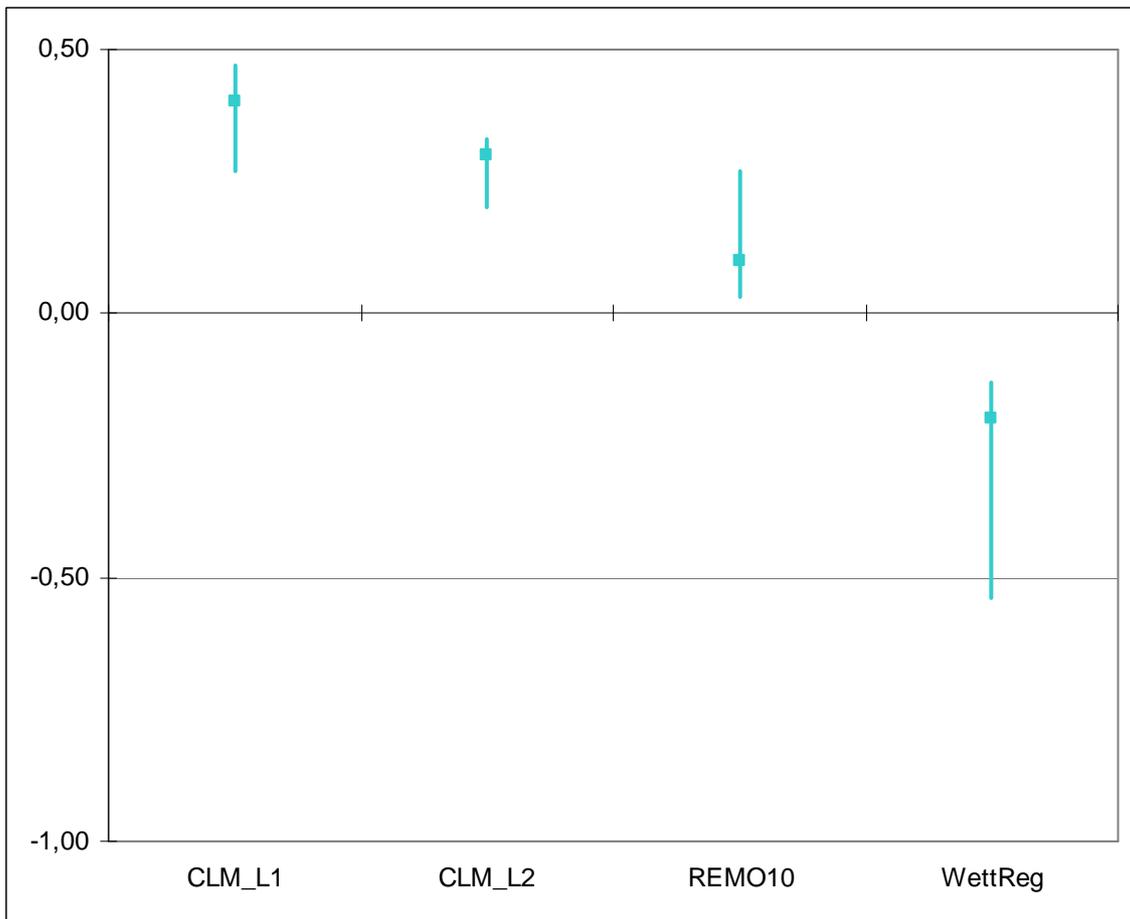


Abb. 7.16.1.2 – 7.16.1.5 Bedeckungsgrad 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

### 7.16.2 Bedeckungsgrad – meteorologisches Frühjahr

Der Bedeckungsgrad gibt den Grad der Bedeckung bzw. Bewölkung in Achtel an. Dabei wird der Anteil der Bedeckung am Himmel innerhalb eines Sichtfeldes abgeschätzt. Bei 0 Achtel ist der Himmel wolkenlos und bei 8 Achtel bewölkt.

Es wird die modellspezifische Differenz des Bedeckungsgrades des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in Achtel dargestellt.



Angaben in Achtel      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.16.2.1 Bedeckungsgrad 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Frühjahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -0,5 bis 0,5 Achtel. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,2 und 0,4 Achtel. Es ist für den meteorologischen Frühling hinsichtlich des Bedeckungsgrades auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein eindeutiger Trend in den Modellen erkennbar.

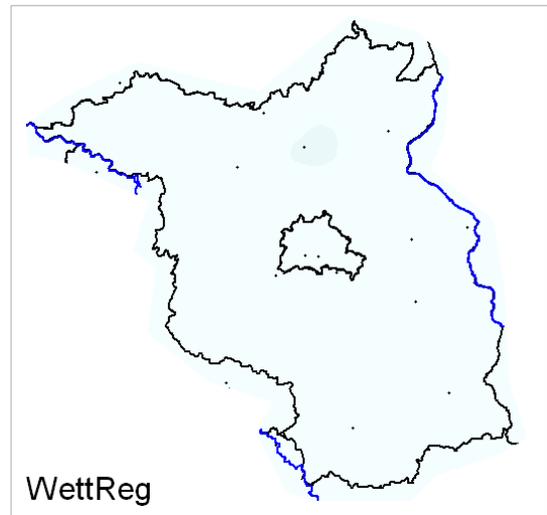
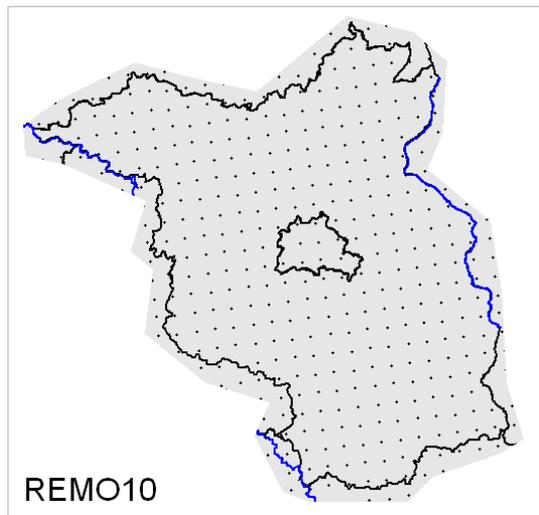
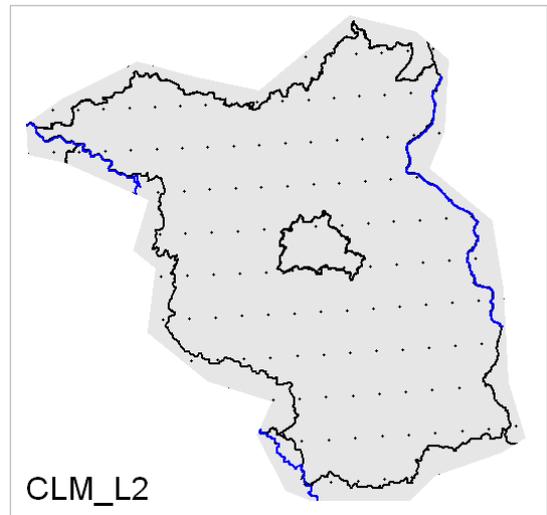
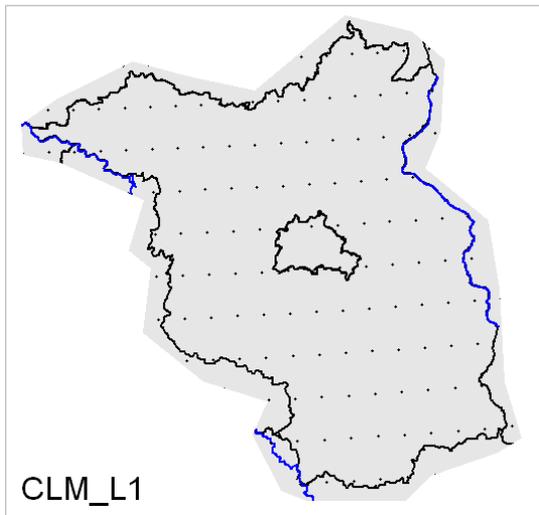
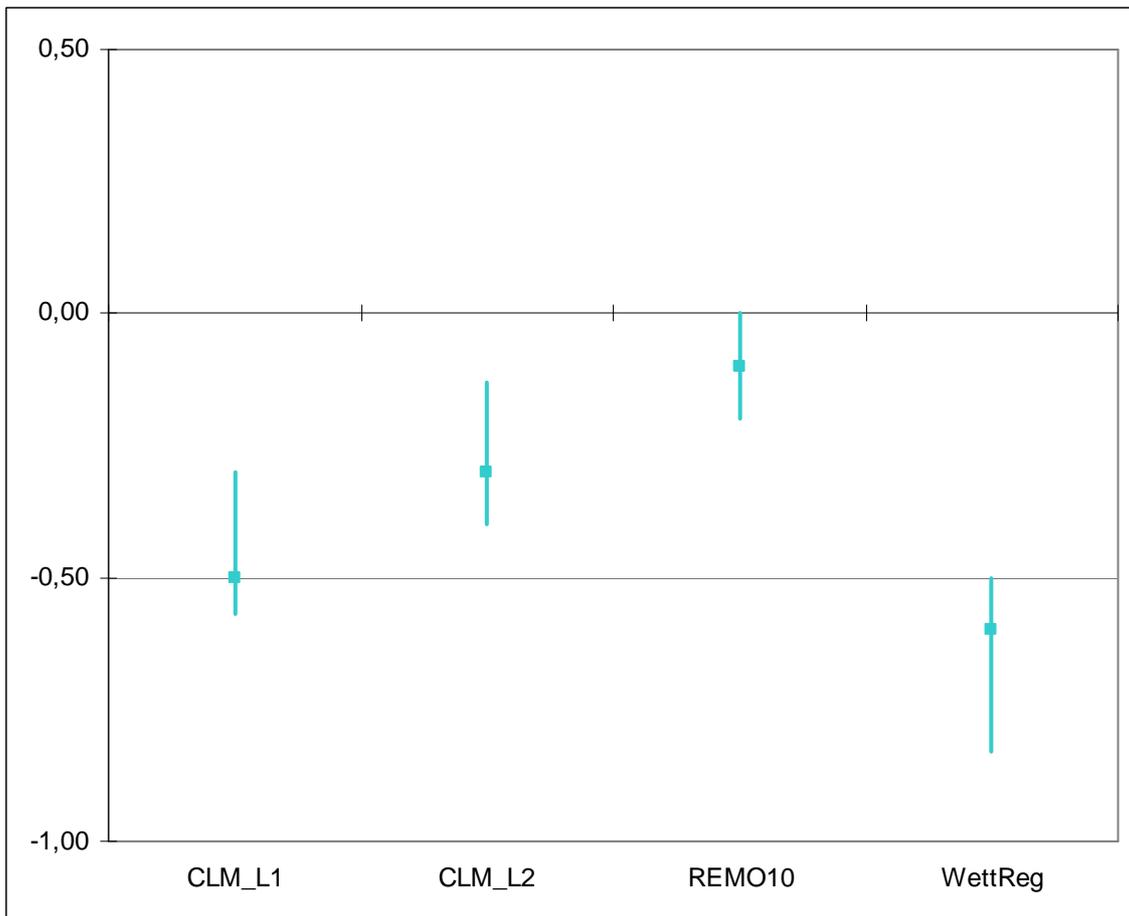


Abb. 7.16.2.2 – 7.16.2.5 Bedeckungsgrad 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Frühjahr

### 7.16.3 Bedeckungsgrad – meteorologischer Sommer

Der Bedeckungsgrad gibt den Grad der Bedeckung bzw. Bewölkung in Achtel an. Dabei wird der Anteil der Bedeckung am Himmel innerhalb eines Sichtfeldes abgeschätzt. Bei 0 Achtel ist der Himmel wolkenlos und bei 8 Achtel bewölkt.

Es wird die modellspezifische Differenz des Bedeckungsgrades des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in Achtel dargestellt.



Angaben in Achtel ■ Mittelwert — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.16.3.1 Bedeckungsgrad 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Sommer

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -0,8 bis 0 Achtel. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,6 und -0,1 Achtel. Es ist für den meteorologischen Sommer hinsichtlich des Bedeckungsgrades ein Trend in allen Modellen erkennbar. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B von einer weiteren Abnahme um mindestens 0,1 Achtel auszugehen.

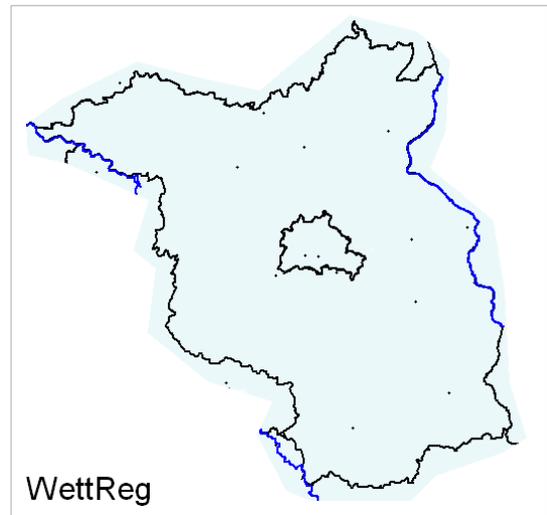
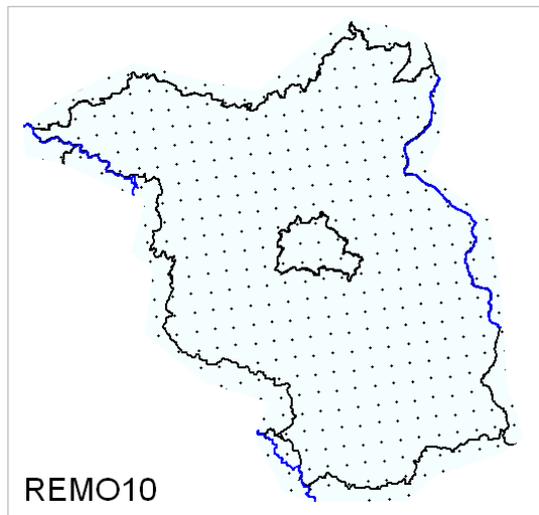
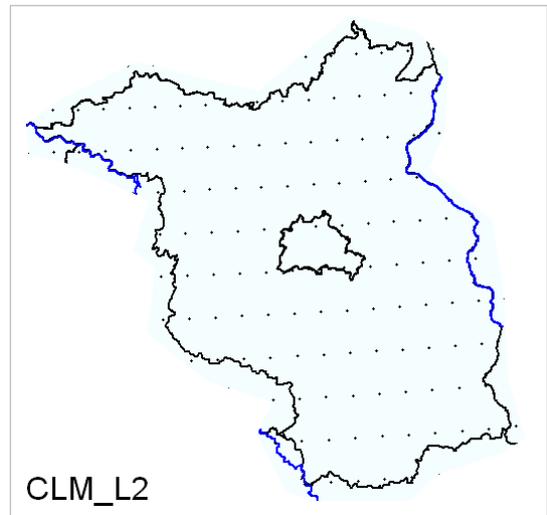
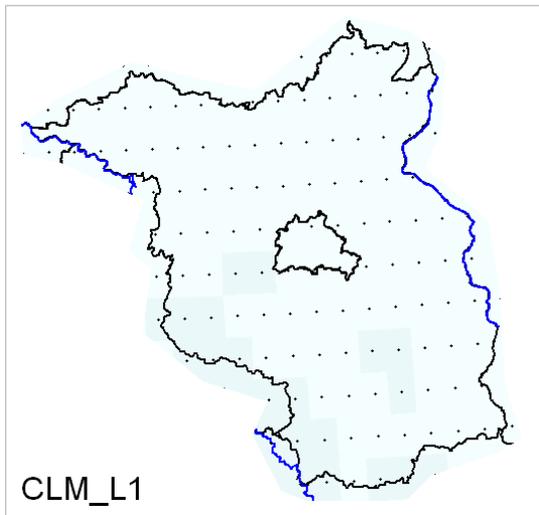
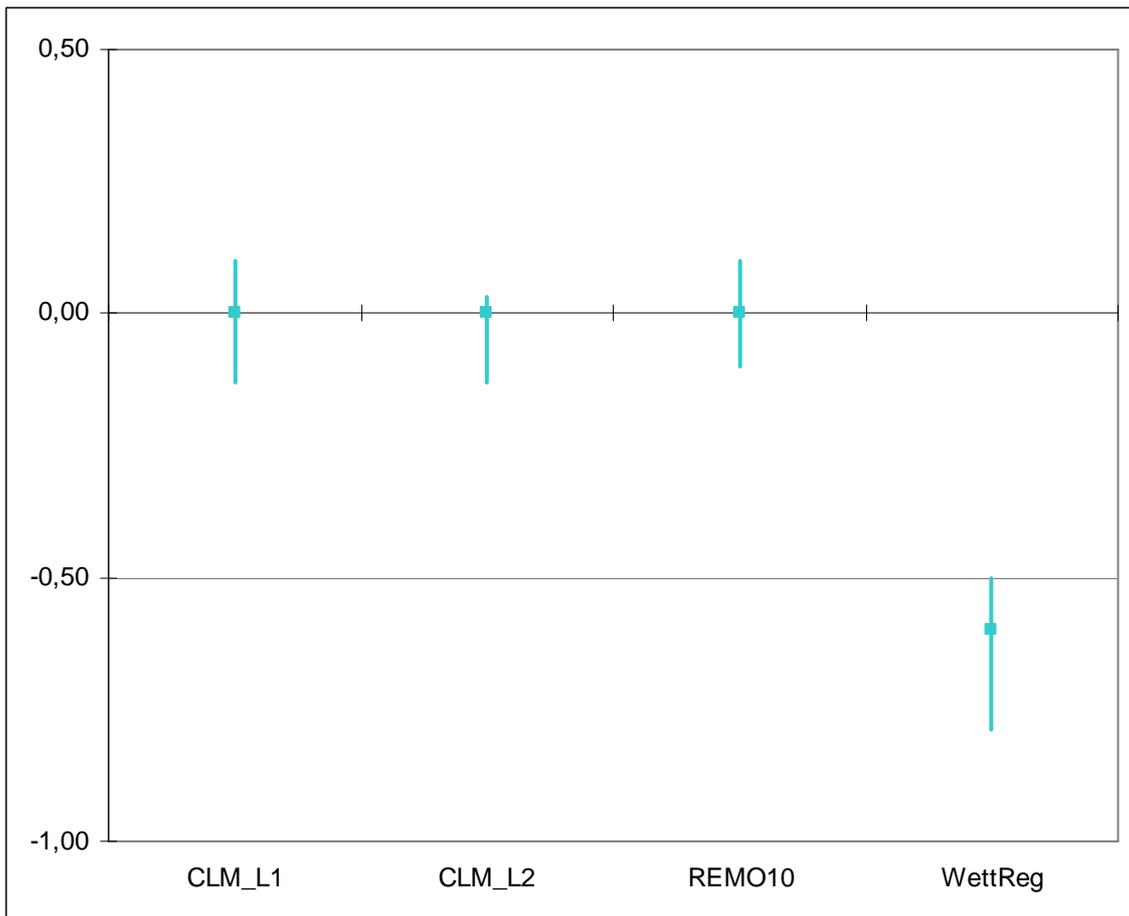


Abb. 7.16.3.2 – 7.16.3.5 Bedeckungsgrad 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Sommer

### 7.16.4 Bedeckungsgrad – meteorologischer Herbst

Der Bedeckungsgrad gibt den Grad der Bedeckung bzw. Bewölkung in Achtel an. Dabei wird der Anteil der Bedeckung am Himmel innerhalb eines Sichtfeldes abgeschätzt. Bei 0 Achtel ist der Himmel wolkenlos und bei 8 Achtel bewölkt.

Es wird die modellspezifische Differenz des Bedeckungsgrades des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in Achtel dargestellt.



Angaben in Achtel      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.16.4.1 Bedeckungsgrad 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Herbst

#### Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -0,8 bis 0,1 Achtel. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,6 und 0 Achtel. Es ist für den meteorologischen Herbst hinsichtlich des Bedeckungsgrades auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein Trend in den Modellen erkennbar.

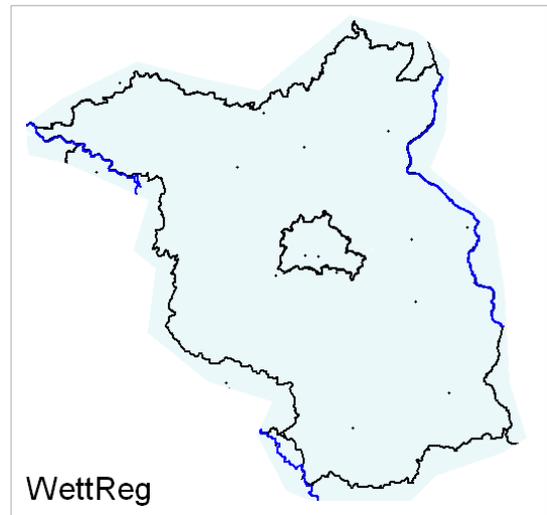
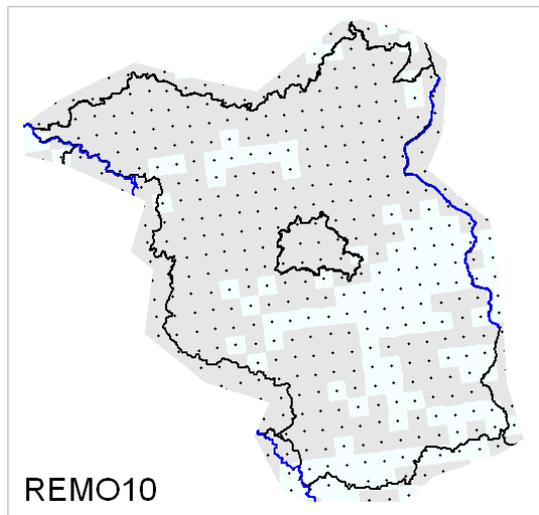
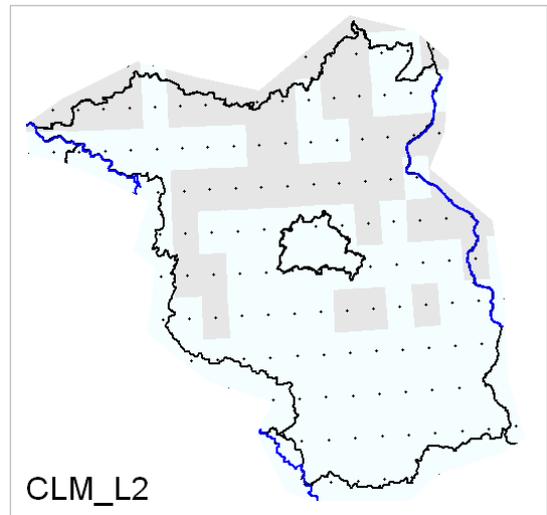
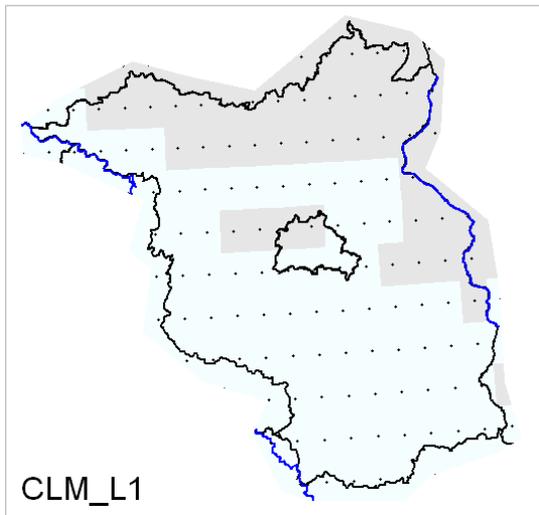
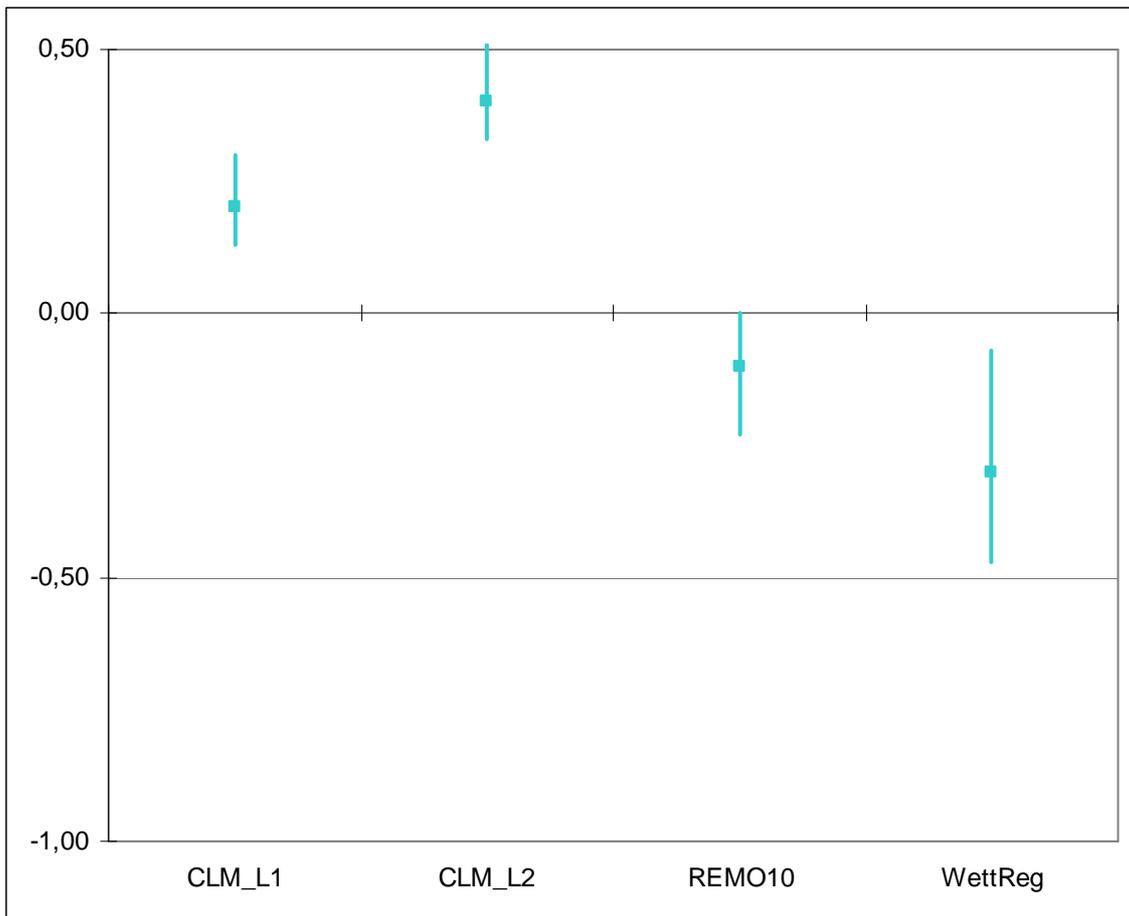


Abb. 7.16.4.2 – 7.16.4.5 Bedeckungsgrad 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Herbst

### 7.16.5 Bedeckungsgrad – meteorologischer Winter

Der Bedeckungsgrad gibt den Grad der Bedeckung bzw. Bewölkung in Achtel an. Dabei wird der Anteil der Bedeckung am Himmel innerhalb eines Sichtfeldes abgeschätzt. Bei 0 Achtel ist der Himmel wolkenlos und bei 8 Achtel bewölkt.

Es wird die modellspezifische Differenz des Bedeckungsgrades des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in Achtel dargestellt.



Angaben in Achtel      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.16.5.1 Bedeckungsgrad 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Winter

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -0,5 bis 0,5 Achtel. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,3 und 0,4 Achtel. Es ist für den meteorologischen Winter hinsichtlich des Bedeckungsgrades auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein Trend in den Modellen erkennbar.

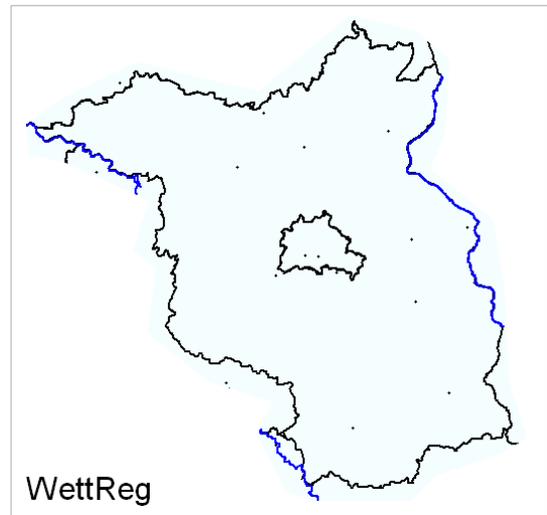
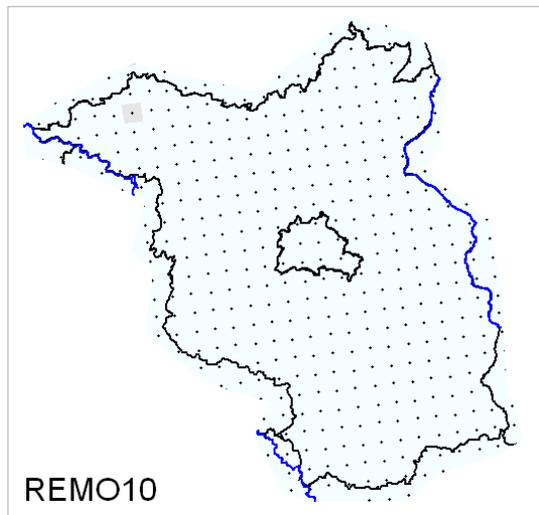
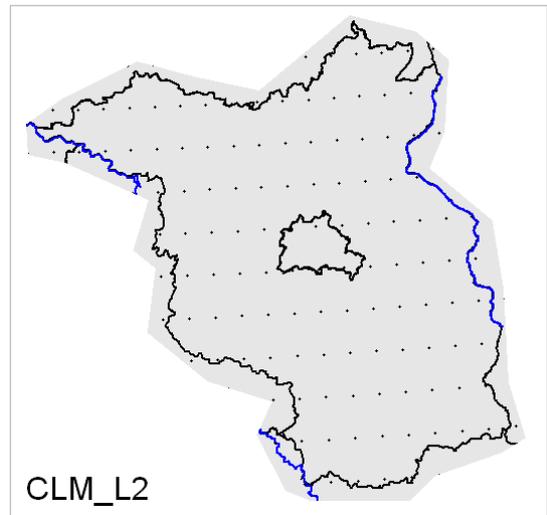
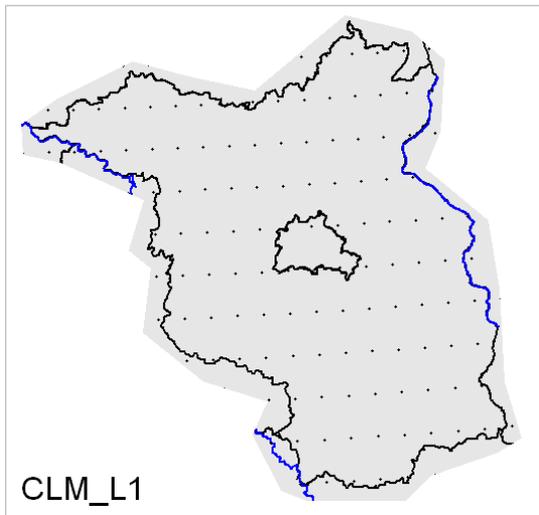


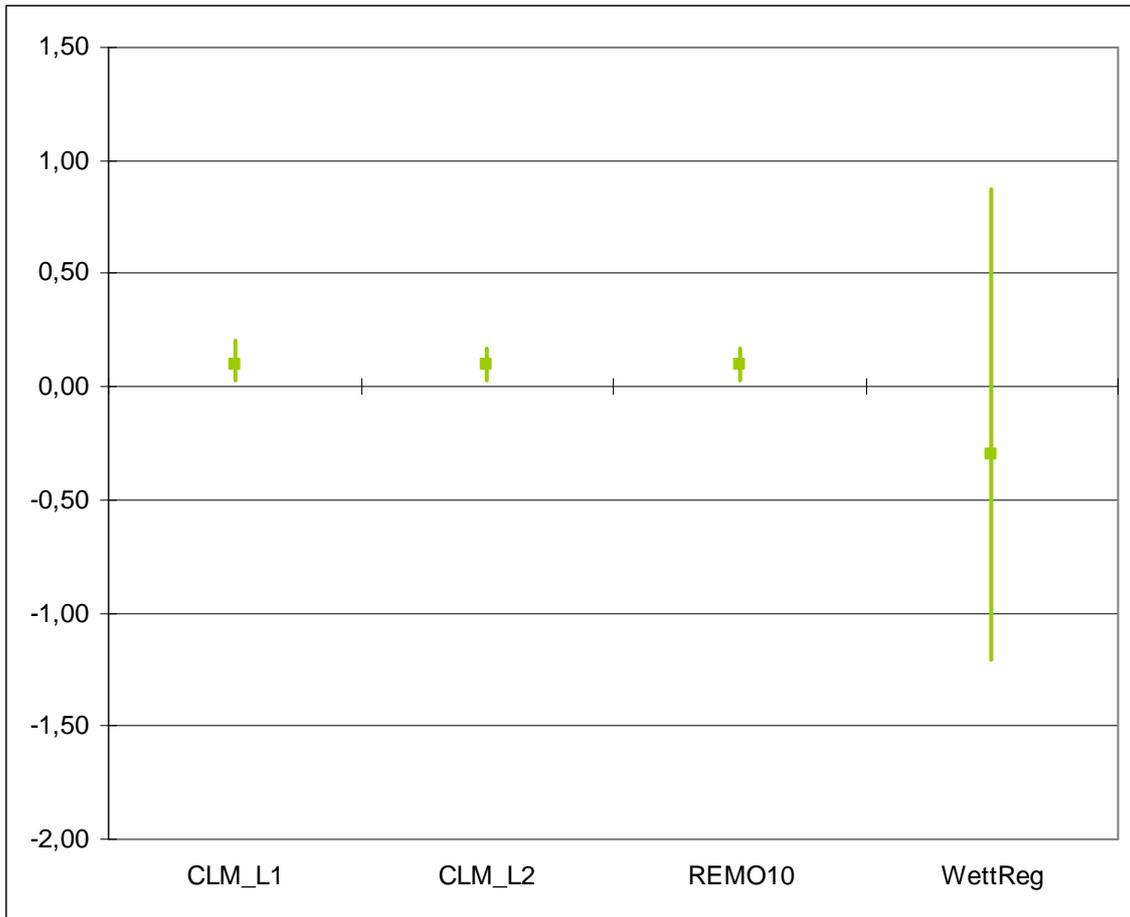
Abb. 7.16.5.2 – 7.16.5.5 Bedeckungsgrad 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Winter

## 7.17 Windgeschwindigkeit

### 7.17.1 Windgeschwindigkeit – meteorologisches Jahr

Unter Windgeschwindigkeit versteht man die Geschwindigkeit bewegter Luft in m/s.

Es wird die modellspezifische Differenz der Windgeschwindigkeit des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in m/s dargestellt.



Angaben in m/s

■ Mittelwert

— Wertebereich/Spannweite

Abb.: 7.17.1.1 Windgeschwindigkeit 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -1,2 bis 0,9 m/s. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,3 und 0,1 m/s. Es ist für das meteorologische Jahr hinsichtlich der Windgeschwindigkeit auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein Trend in den Modellen erkennbar.

Die hohe Spannweite der WettReg-Werte beruht voraussichtlich auf stationsbezogenen Datenfehlern [5]. Dies wird auch in den folgenden WettReg-Abbildungen zur Windgeschwindigkeit sehr deutlich.

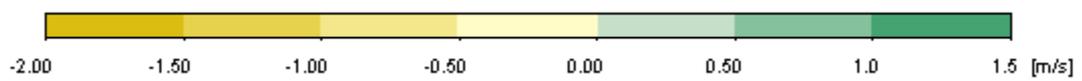
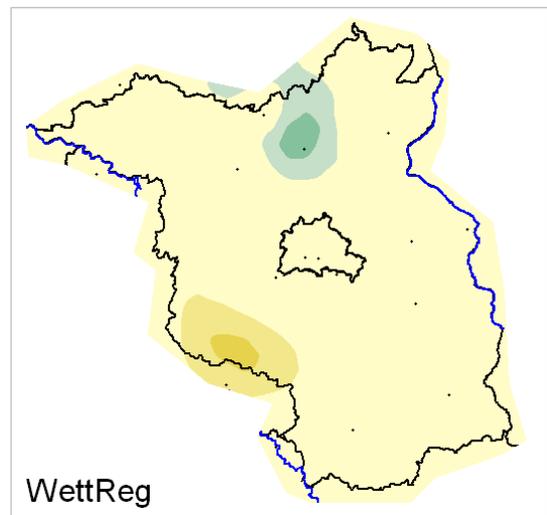
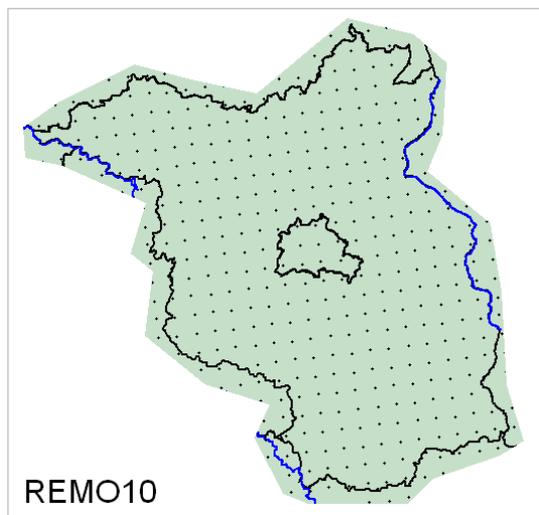
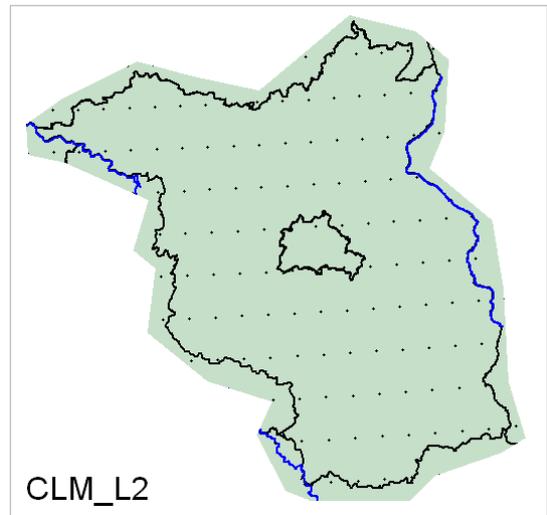
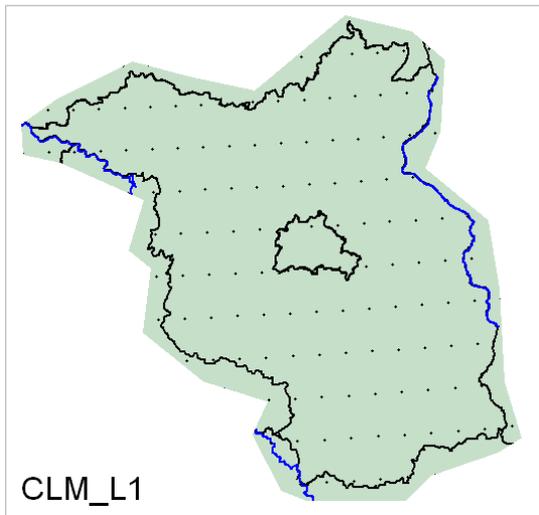
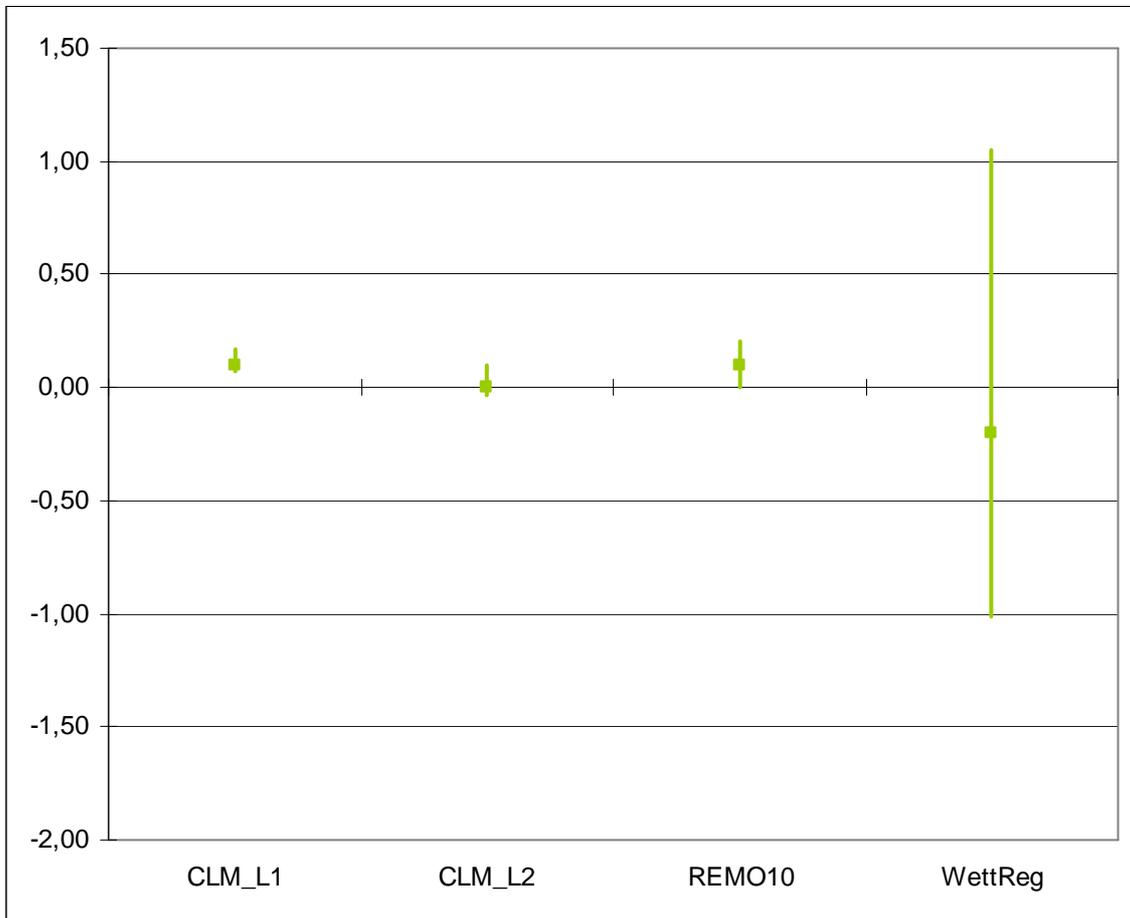


Abb. 7.17.1.2 – 7.17.1.5 Windgeschwindigkeit 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

### 7.17.2 Windgeschwindigkeit – meteorologisches Frühjahr

Unter Windgeschwindigkeit versteht man die Geschwindigkeit bewegter Luft in m/s.

Es wird die modellspezifische Differenz der Windgeschwindigkeit des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in m/s dargestellt.



Angaben in m/s

■ Mittelwert

— Wertebereich/Spannweite

Abb.: 7.17.2.1 Windgeschwindigkeit 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Frühjahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -1,0 bis 1,1 m/s. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,2 und 0,1 m/s. Es ist für den meteorologischen Frühling hinsichtlich der Windgeschwindigkeit auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein Trend in den Modellen erkennbar.

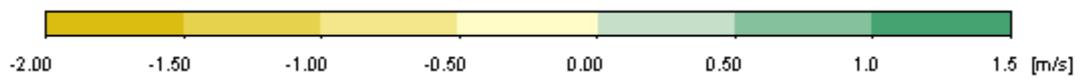
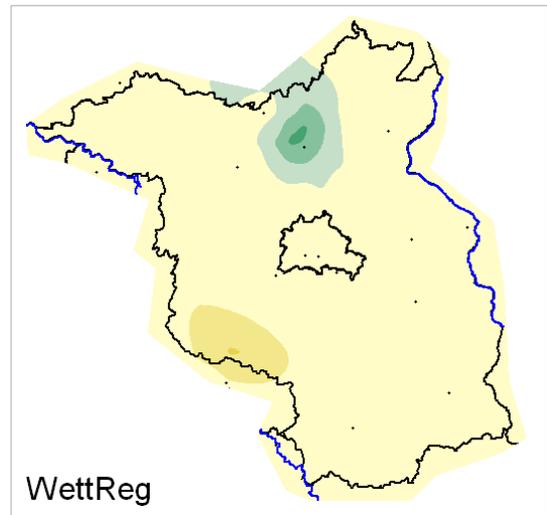
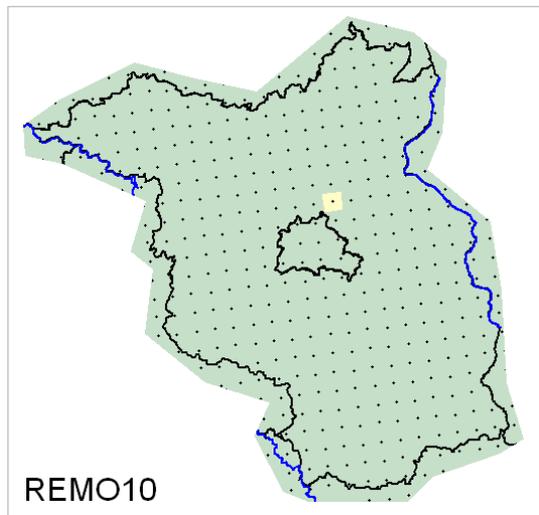
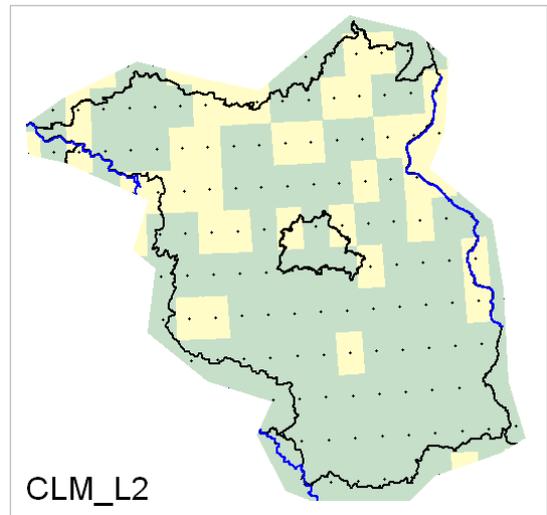
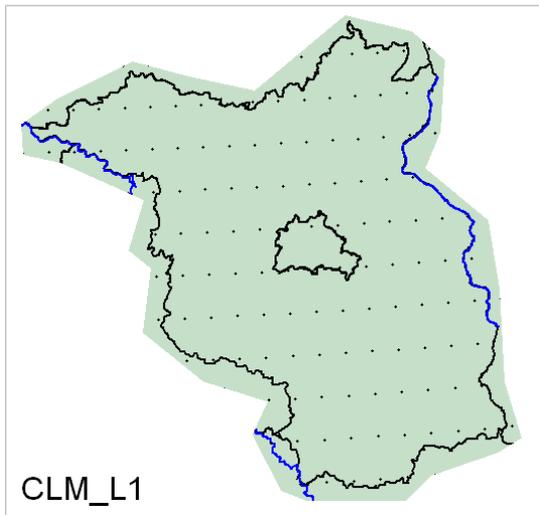
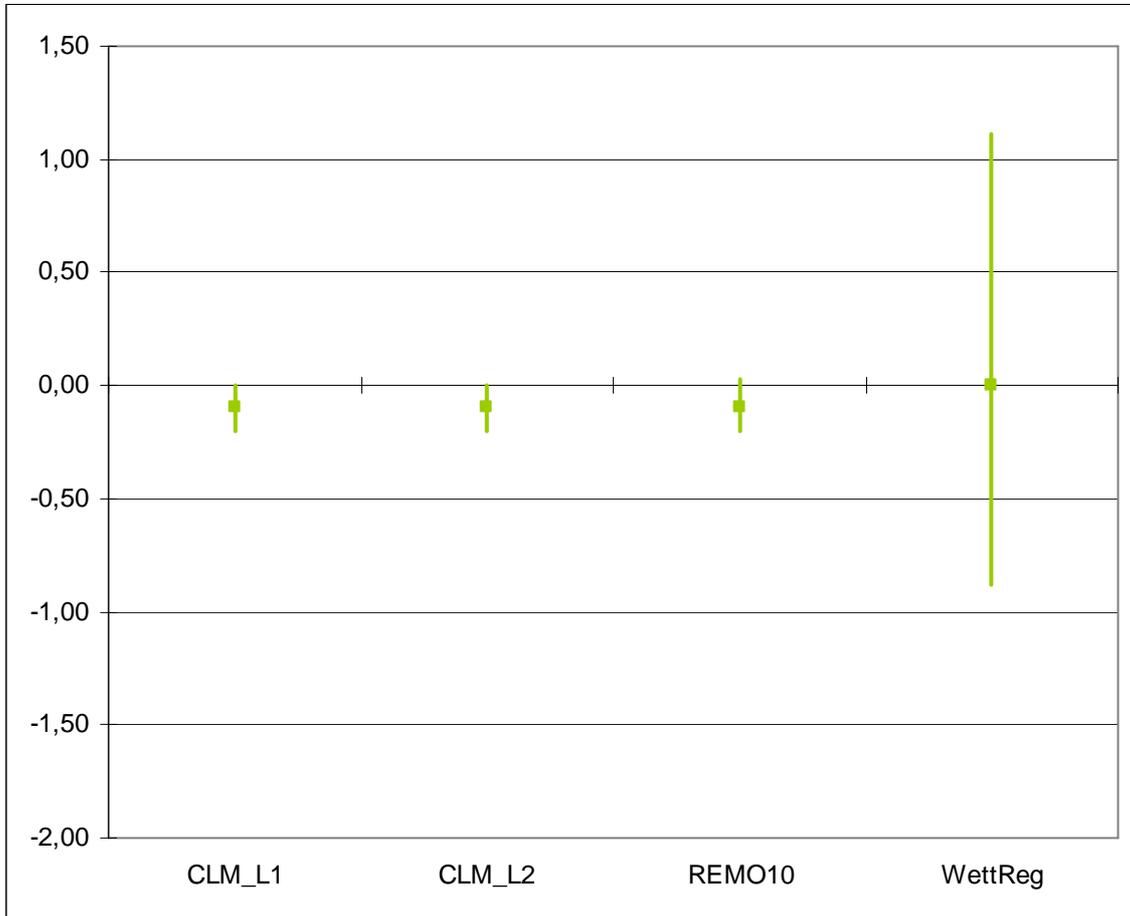


Abb. 7.17.2.2 – 7.17.2.5 Windgeschwindigkeit 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Frühjahr

### 7.17.3 Windgeschwindigkeit – meteorologischer Sommer

Unter Windgeschwindigkeit versteht man die Geschwindigkeit bewegter Luft in m/s.

Es wird die modellspezifische Differenz der Windgeschwindigkeit des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in m/s dargestellt.



Angaben in m/s

■ Mittelwert

— Wertebereich/Spannweite

Abb.: 7.17.3.1 Windgeschwindigkeit 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Sommer

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -0,9 bis 1,1 m/s. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,1 und 0 m/s. Es ist für den meteorologischen Sommer hinsichtlich der Windgeschwindigkeit auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein Trend in den Modellen erkennbar.

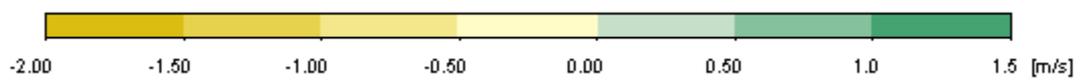
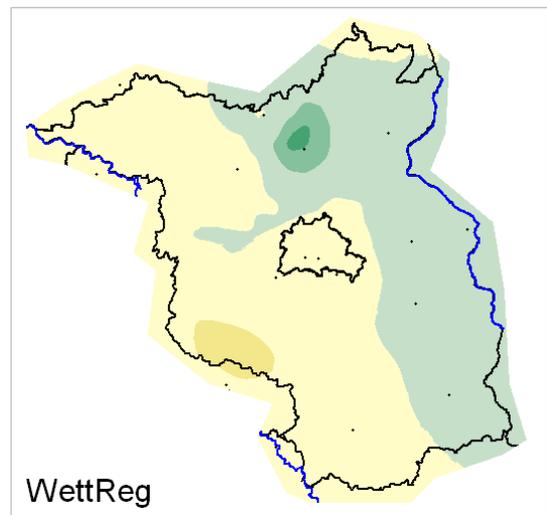
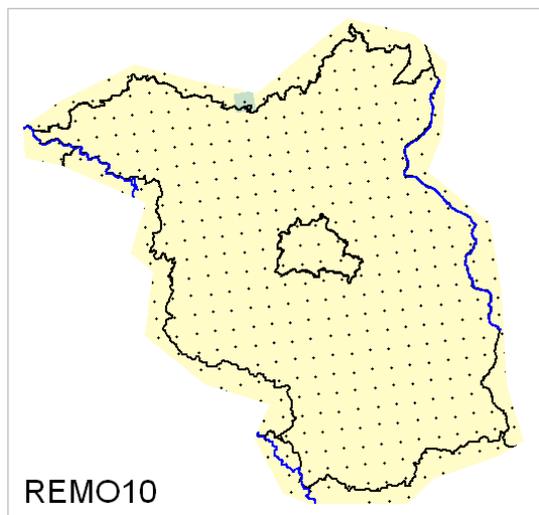
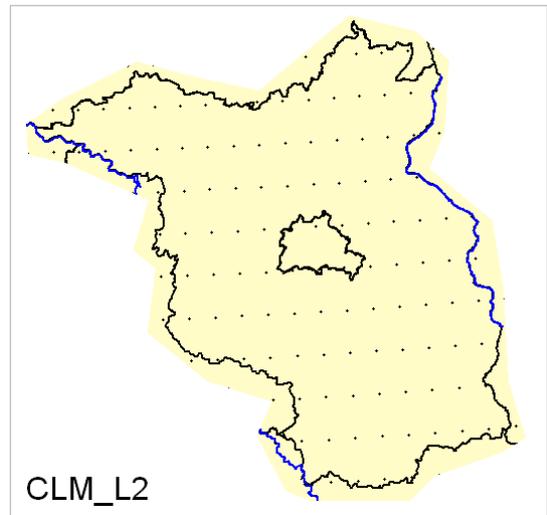
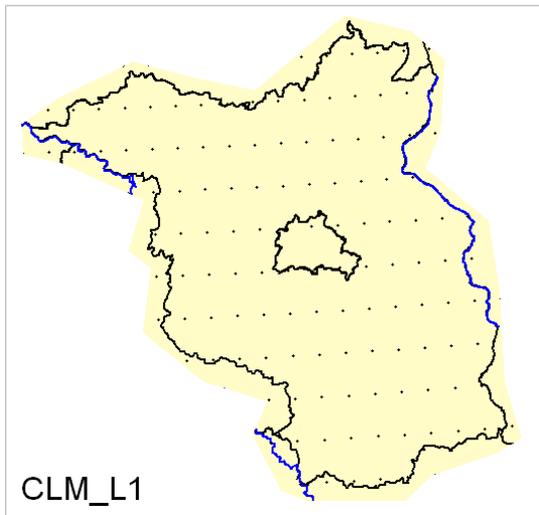
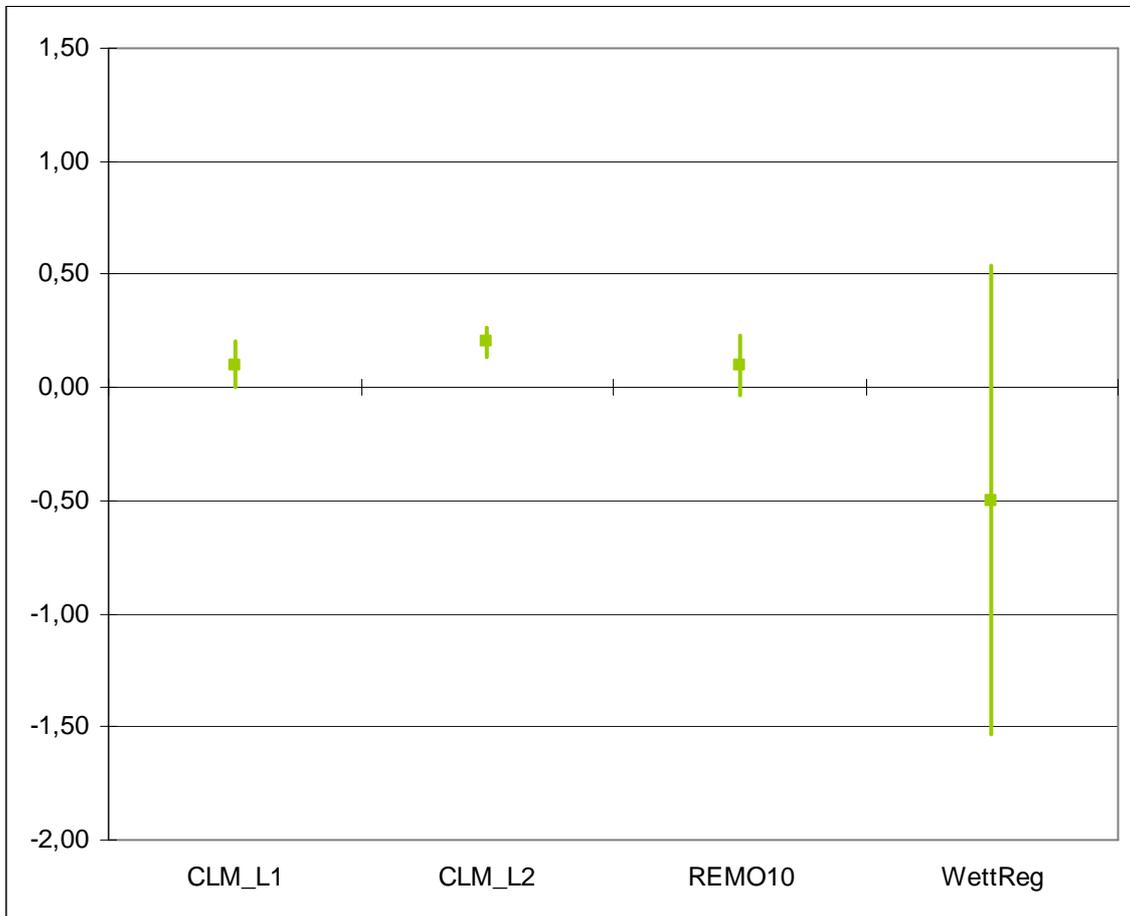


Abb. 7.17.3.2 – 7.17.3.5 Windgeschwindigkeit 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Sommer

### 7.17.4 Windgeschwindigkeit – meteorologischer Herbst

Unter Windgeschwindigkeit versteht man die Geschwindigkeit bewegter Luft in m/s.

Es wird die modellspezifische Differenz der Windgeschwindigkeit des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in m/s dargestellt.



Angaben in m/s

■ Mittelwert

— Wertebereich/Spannweite

Abb.: 7.17.4.1 Windgeschwindigkeit 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Herbst

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -1,5 bis 0,5 m/s. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,5 und 0,2 m/s. Es ist für den meteorologischen Herbst hinsichtlich der Windgeschwindigkeit auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein Trend in den Modellen erkennbar.

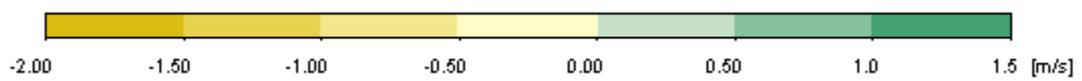
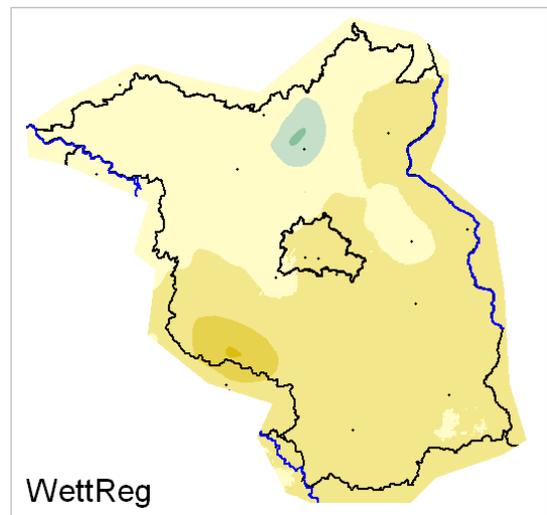
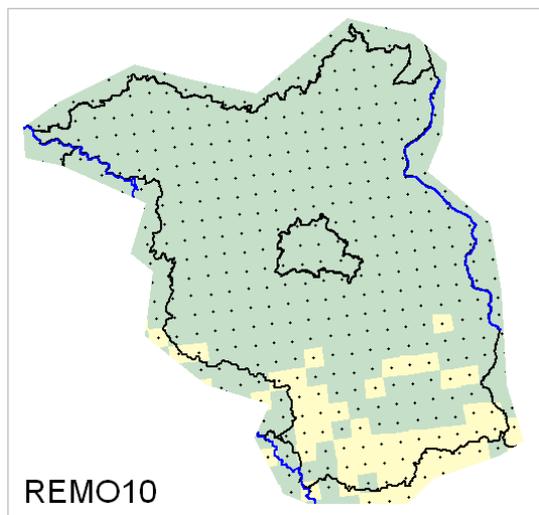
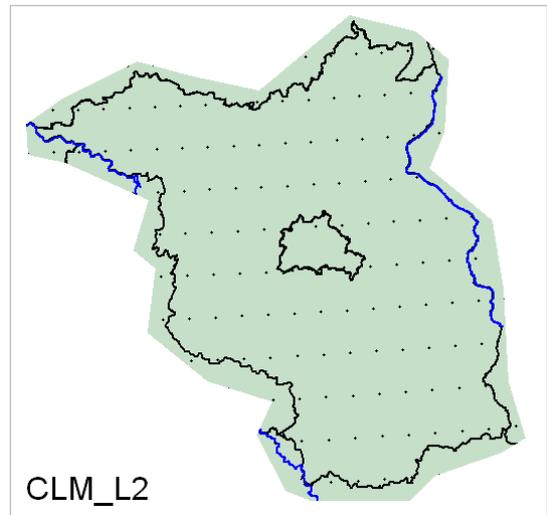
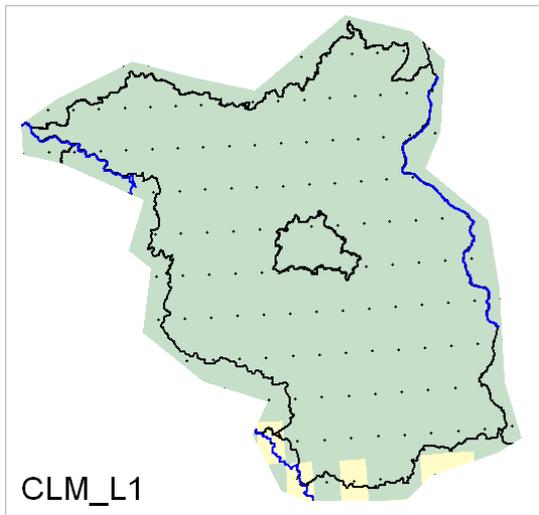
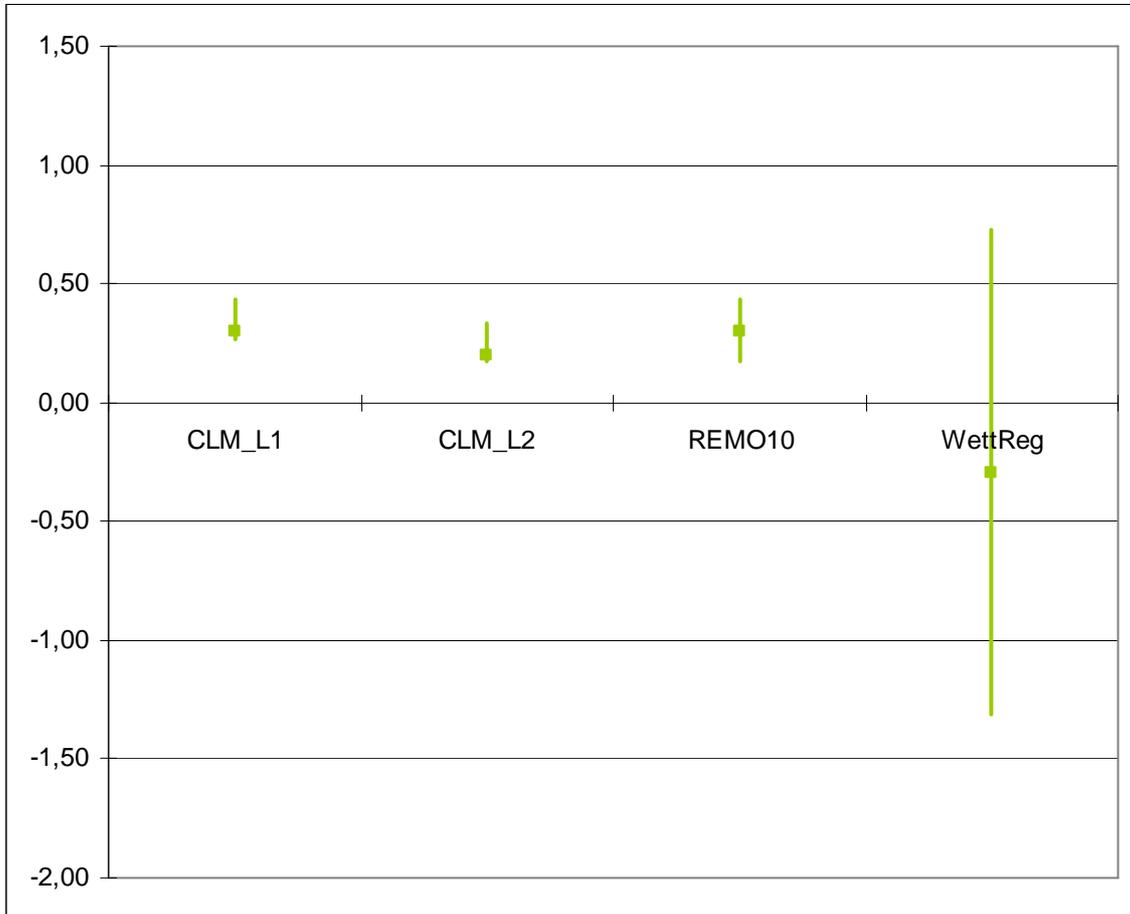


Abb. 7.17.4.2 – 7.17.4.5 Windgeschwindigkeit 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Herbst

### 7.17.5 Windgeschwindigkeit – meteorologischer Winter

Unter Windgeschwindigkeit versteht man die Geschwindigkeit bewegter Luft in m/s.

Es wird die modellspezifische Differenz der Windgeschwindigkeit des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in m/s dargestellt.



Angaben in m/s

■ Mittelwert

— Wertebereich/Spannweite

Abb.: 7.17.5.1 Windgeschwindigkeit 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Winter

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -1,3 bis 0,7 m/s. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,3 und 0,3 m/s. Es ist für den meteorologischen Winter hinsichtlich der Windgeschwindigkeit auf Basis der Szenarien ECHAM5 und A1B kein Trend in den Modellen erkennbar.

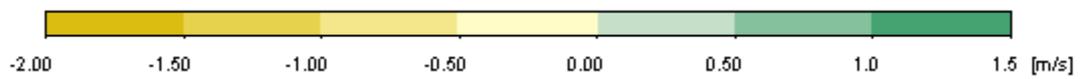
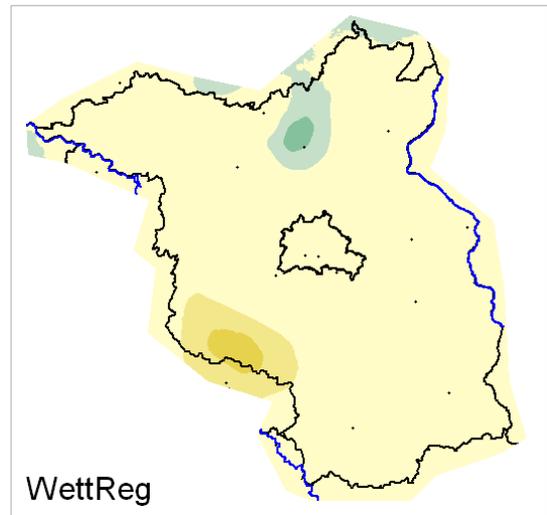
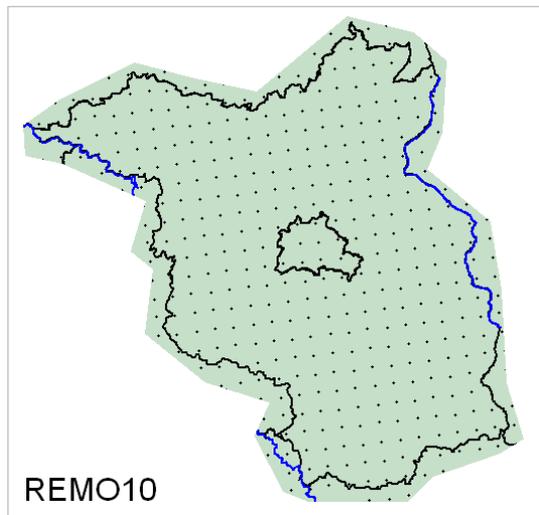
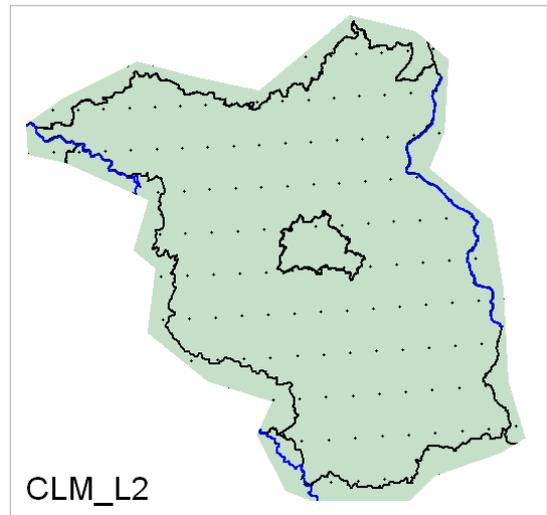
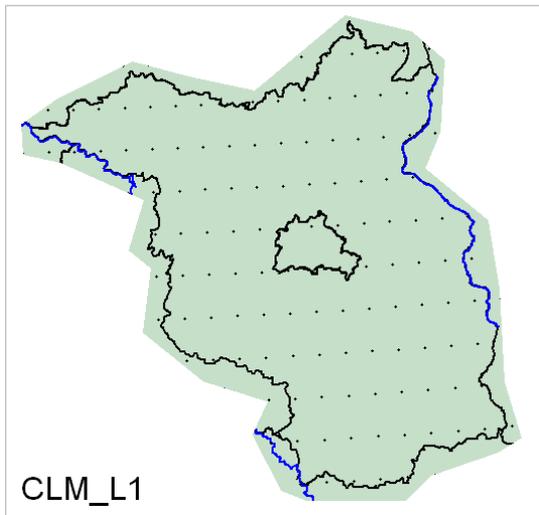
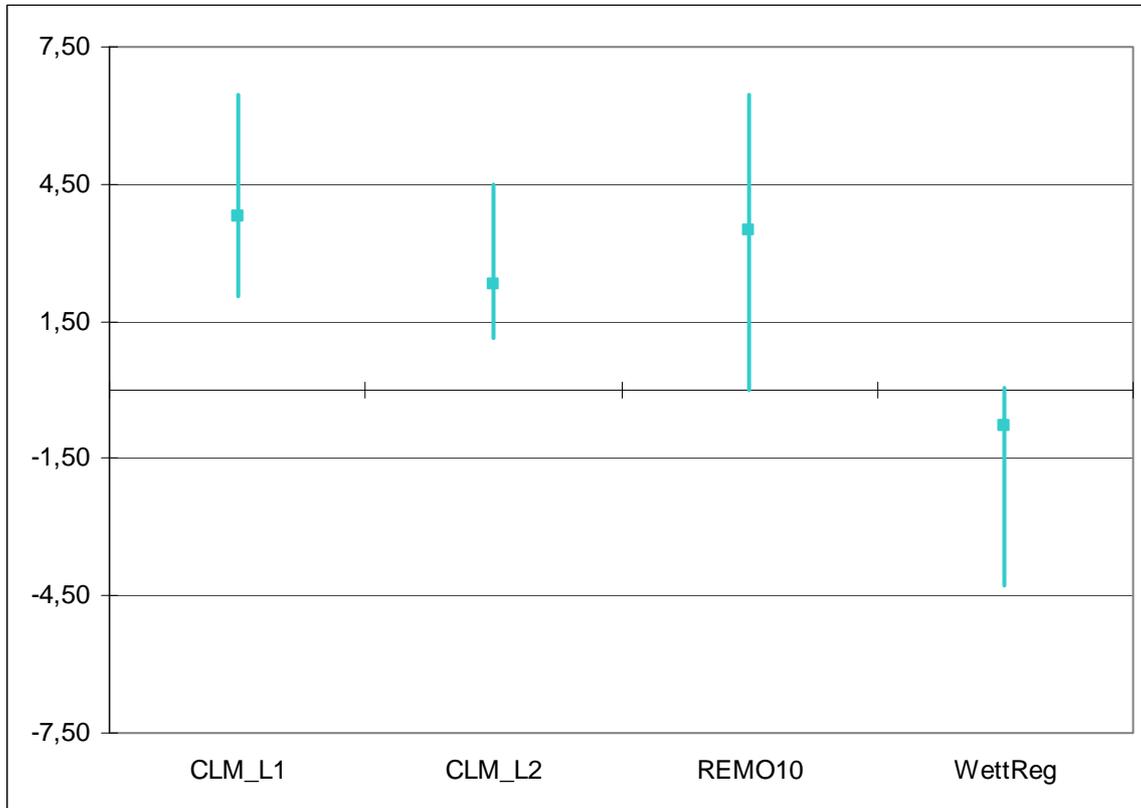


Abb. 7.17.5.2 – 7.17.5.5 Windgeschwindigkeit 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologischer Winter

## 7.18 Anzahl der Tage mit Starkwind

Als Tage mit Starkwind werden solche Tage bezeichnet, an denen die mittlere Windgeschwindigkeit 8 m/s und größer ist.

Es wird die modellspezifische Differenz der Anzahl der Tage mit Starkwind des Projektionszeitraums 2071 - 2100 im Vergleich zum Basiszeitraum 1971 - 2000 in Tagen dargestellt.



Angaben in Tagen      ■ Mittelwert      — Wertebereich/Spannweite  
Abb.: 7.18.1 Starkwindtage 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

Fazit:

Die Spannweite der modellierten Werte umfasst -4,3 bis 6,5 Tage. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen -0,8 und 3,8 Tage. Es ist für das meteorologische Jahr hinsichtlich der Anzahl der Tage mit Starkwind kein eindeutiger Trend in den Modellen erkennbar. Die dynamischen Modelle deuten auf eine Zunahme und WettReg auf eine leichte Abnahme an Starkwindtagen hin. Insgesamt weisen alle Modelle eine Anhebung der Mittelwerte gegenüber den Ergebnissen 2031 - 2060 aus, woraus sich ggf. ein Trend zur Zunahme der Starkwindtage ableiten ließe.

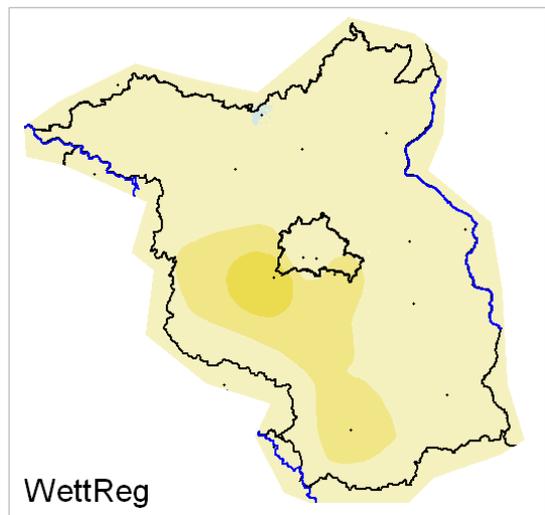
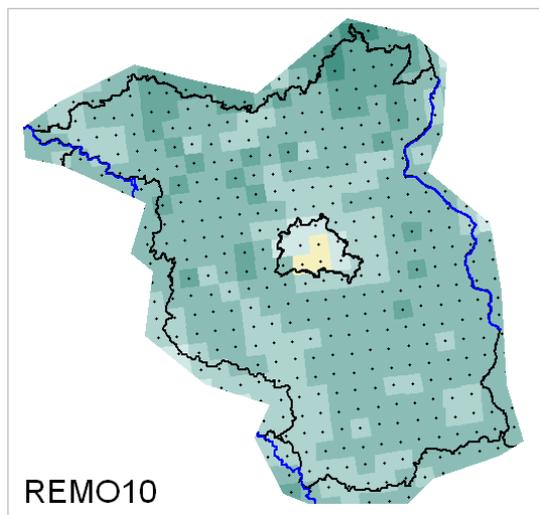
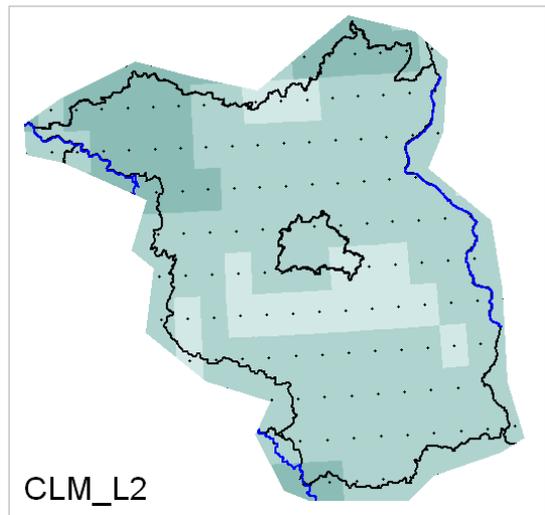
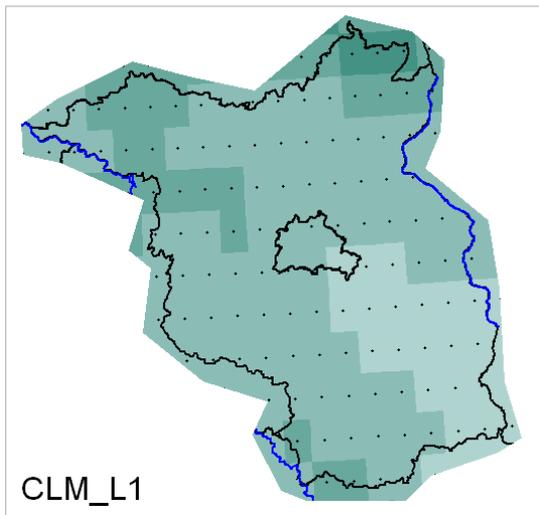


Abb. 7.18.2 – 7.18.5 Starkwindtage 1971 - 2000 zu 2071 - 2100; meteorologisches Jahr

## 8. Auswertungen und Zusammenfassung

### 8.1 Summarische Auswertungen

Im Vordergrund des Modellvergleichs steht die Herausarbeitung von Trends und der Intensität der Veränderung einzelner klimatologischer Parameter in Bezug auf die Länder Berlin und Brandenburg. Um die Ergebnisse des Modellvergleichs und die Interpretation der Ergebnisse besser einordnen zu können, werden eingangs Beobachtungsdaten einzelner Klimaparameter dargestellt (siehe Kap. 5). Gleichzeitig ist es aber notwendig, die einzelnen Grafiken und Aussagen in einem Gesamtkontext aller Modelle, Modellläufe und Szenarien zu präsentieren. Nur dadurch kann eine Bewertung und Empfehlung erarbeitet werden.

In Kap. 2 wurde erläutert, warum der Modellvergleich anhand des SRES-Szenarien A1B durchgeführt wurde. Nicht von jedem Modell liegen die notwendigen Regionalisierungen für A2 oder B1 vor. So wurden für das Szenario A2 beispielsweise keine Berechnungen mit dem Modell CLM erstellt. Für A1FI liegen generell keine Regionalisierungen vor.

Wie sich die drei SRES-Szenarien A1B, A2 und B1 bei der regionalen Klimamodellierung auswirken soll ansatzweise mittels Jahresübersichten (Ringdiagramme) für die Parameter Niederschlag und Mitteltemperatur aufgezeigt werden.

Für einzelne Regionalmodelle und –läufe sind transiente Daten vorhanden, mit denen die Darstellung des zeitlichen Verlaufs der Mittelwerte für verschiedene Zeiträume möglich ist. Nachstehende Betrachtungen beziehen sich auch hier nur auf Niederschlag und Mitteltemperatur (Kernparameter). Für das Modell WettReg sind diese Daten derzeit noch nicht verfügbar.

#### STAR2

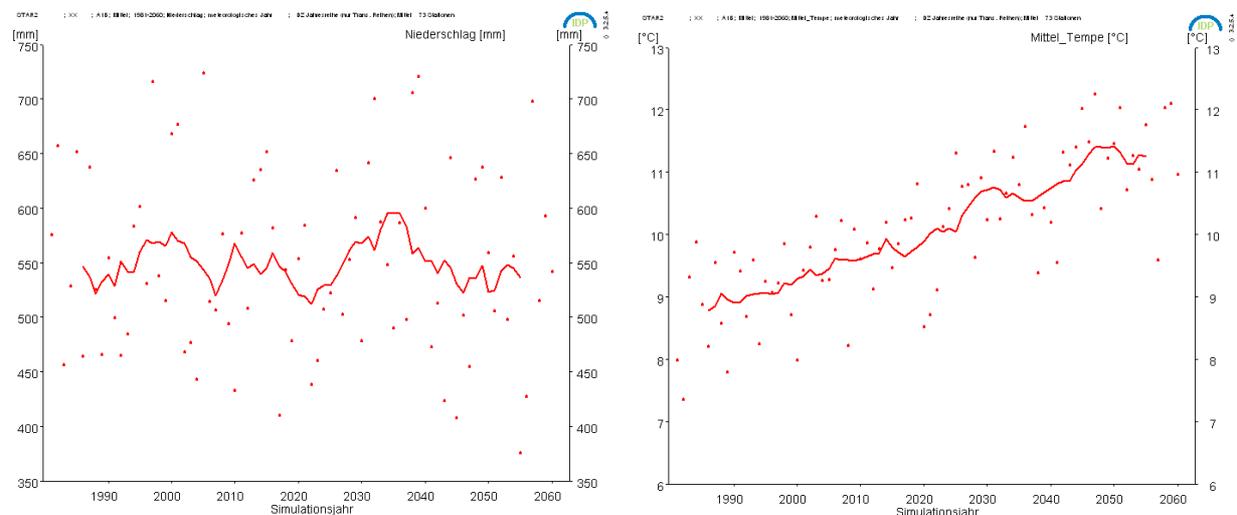


Abb. 8.1 Zeitlicher Verlauf der Mittelwerte (1981 - 2060), Niederschlag und Mitteltemperatur

Die Abbildung zum Niederschlag verdeutlicht, dass die Jahressumme an Niederschlag sich nicht signifikant über die Zeit verändert, aber einer deutlichen Schwankung unterliegt. Das Temperatursignal ist eindeutig. Wobei bei STAR darauf hinzuweisen ist, dass das Temperatursignal aus dem Globalmodell abgeleitet ist und als Eingangsgröße in die Modellierung eingeht.

Wichtig ist auch, dass die Darstellungen der Parameter den gemittelten Wert von mehr als tausend STAR-Realisierungen repräsentiert (Medianlauf, s. Tab. 3.5).

## CLM

Das Regionalmodell CLM wurde im Modellvergleich immer mit seinen zwei Realisierungen (Modellläufen) einbezogen. Aufzuzeigen, wie sich die Kernparameter in den beiden Läufen entwickeln, ermöglicht die nachstehende differenzierte Bewertung.

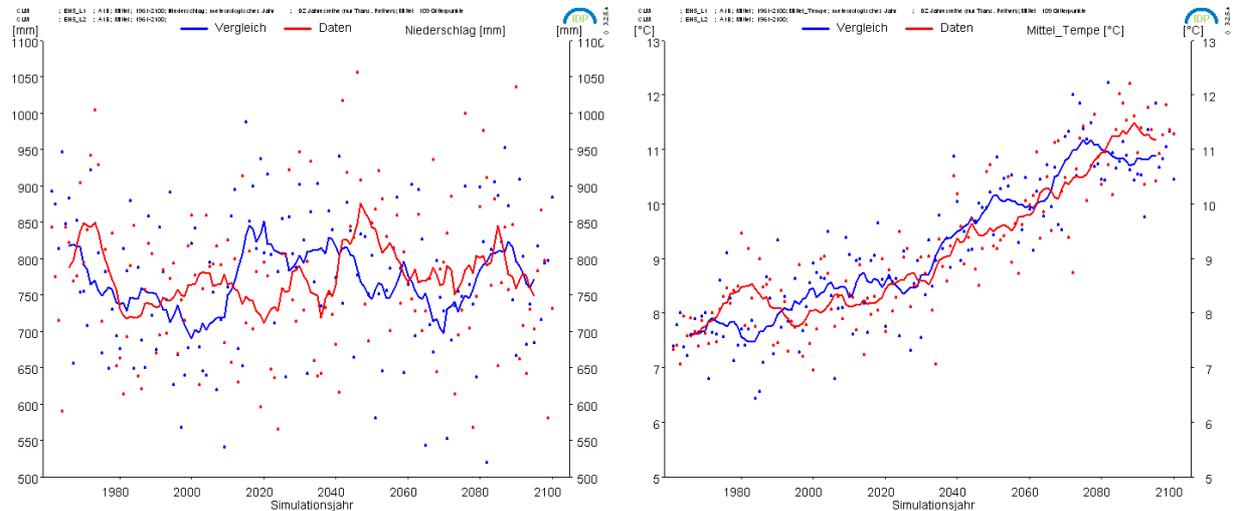


Abb. 8.2 Zeitlicher Verlauf der Mittelwerte (1961 - 2100), Niederschlag und Mitteltemperatur (rot CLM-L1; blau CLM\_L2)

Die Abbildung zeigt im Zeitraum 1971 - 2000 einerseits, dass beide Modellläufe wesentlich „feuchter“ und „kühler“ sind als die Ergebnisse aus der Beobachtung seitens des DWD (552 mm und 9,0°C). Andererseits wird deutlich, dass für einzelne Projektionszeiträume, wie beispielsweise 2035 - 2060, deutliche Unterschiede im zeitlichen Verlauf der Niederschlags-summen zu erkennen sind. Speziell in der Mitte des Jahrhunderts ergeben die beiden Szenarien kein einheitliches „CLM-Bild“. Dies kann in der dekadischen Variabilität des Klimas oder durch die Charakteristik des globalen Modells begründet sein.

## REMO

Neben der Darstellung des zeitlichen Verlaufs der Kernparameter auf Basis A1B soll zeitgleich das Ergebnis für A2 aufgezeigt werden. Für beide Szenarien liegt seitens REMO10 nur je ein Rechenlauf vor.

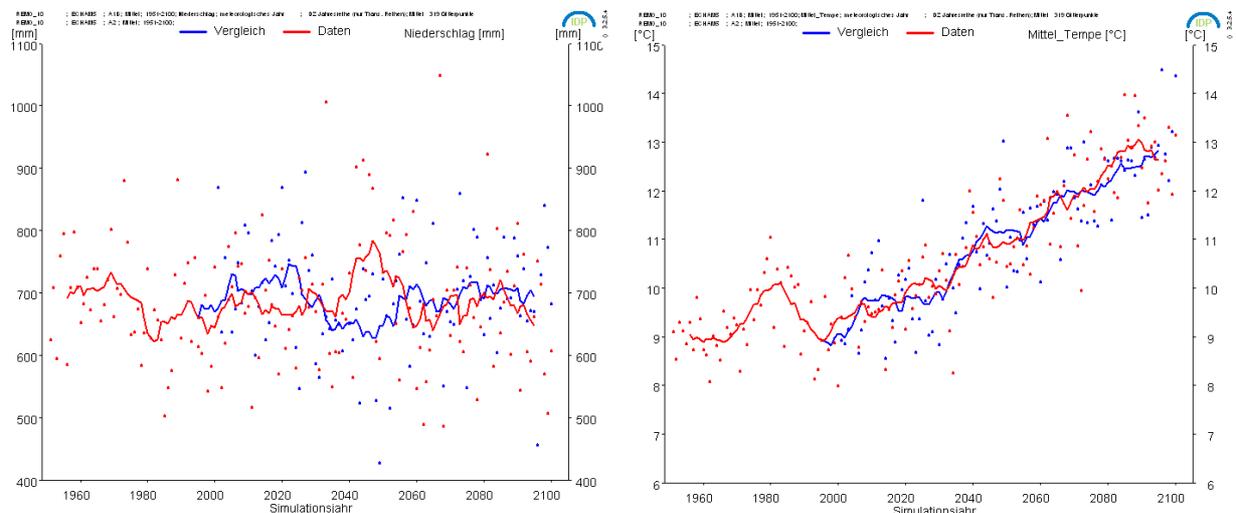


Abb. 8.3 Zeitlicher Verlauf der Mittelwerte (1951 - 2100), Niederschlag und Mitteltemperatur (rot A1B; blau A2)

Die Abbildung zeigt ebenfalls (wie CLM) im Zeitraum 1971 - 2000 mehr Niederschlag als die Beobachtung. Bei der Temperatur wird jedoch ein höherer Wert für den Referenzzeitraum modelliert. REMO ist im Vergleich zur Beobachtung zu „feucht“ und zu „warm“. Auch REMO10 weist in A1B zur Mitte des Jahrhunderts einen deutlichen Niederschlagspeak auf. Diese Änderungsdynamik ist durch die angrenzenden Dekaden zwar nicht gedeckt, kann aber ebenfalls durch die dekadische Variabilität des Klimas begründet sein. Dies ist bei der Bewertung der Ergebnisse des Modellvergleichs zu berücksichtigen. In diesem Zusammenhang ist interessant, dass das Temperatursignal in beiden Szenarien einen ähnlichen Verlauf aufweist.

Ob sich diese Entwicklung auch bei den anderen Regionalmodellen abzeichnet und wie sich die drei SRES-Szenarien A1B, A2 und B1 auf die Parameter Niederschlag und Mitteltemperatur auswirken, soll nachstehend in einer höheren zeitlichen Differenzierung aufgezeigt werden.

Die Abbildungen 8.4 bis 8.11 zeigen die szenarienbasierte Entwicklung der Tagesmitteltemperatur ( $T_{\text{mittel}}$ ) von 1971 - 2000 bis 2071 - 2100 mittels verschiedener Regionalmodelle auf Basis unterschiedlicher SRES-Szenarien. Die Betrachtungen basieren bei den dynamischen Modellen auf den Gitterpunktdaten (REMO 319 Gitterpunkte; CLM 109 Gitterpunkte) und bei WettReg auf den Daten der 13 existierenden Klimastationen in Berlin und Brandenburg.

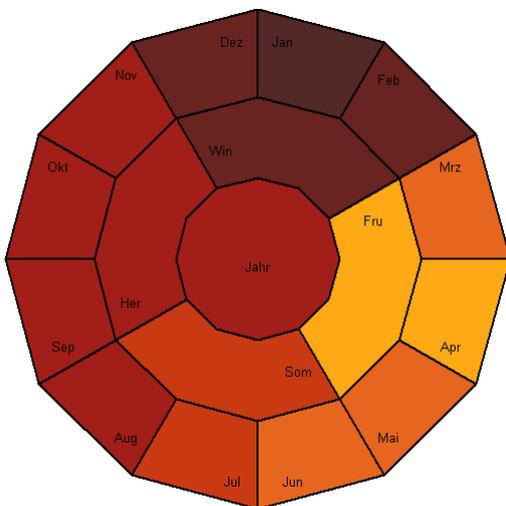


Abb. 8.4  $T_{\text{mittel}}$  CLM\_L1, ECHAM5/A1B

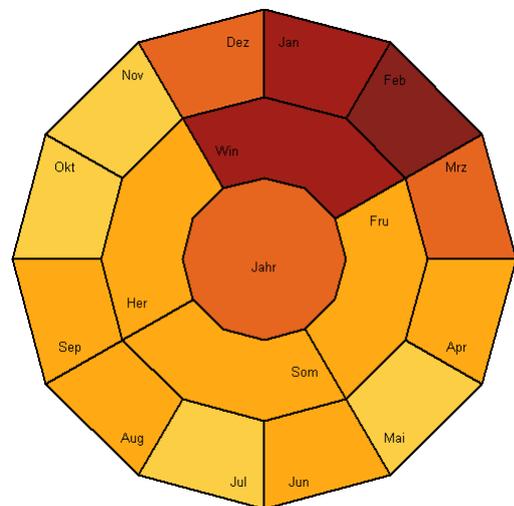


Abb. 8.5  $T_{\text{mittel}}$  CLM\_L1, ECHAM5/B1

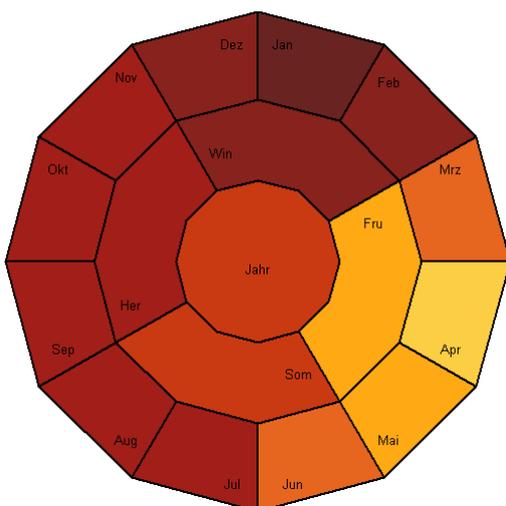


Abb. 8.6  $T_{\text{mittel}}$  REMO10, ECHAM5/A1B

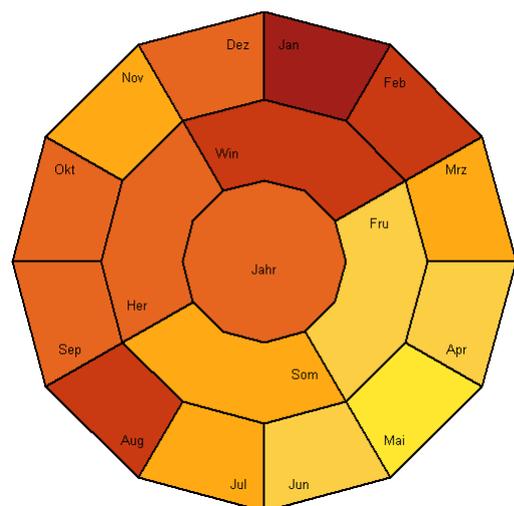
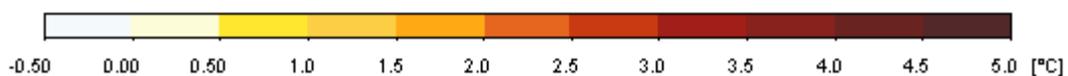


Abb. 8.7  $T_{\text{mittel}}$  REMO10, ECHAM5/B1



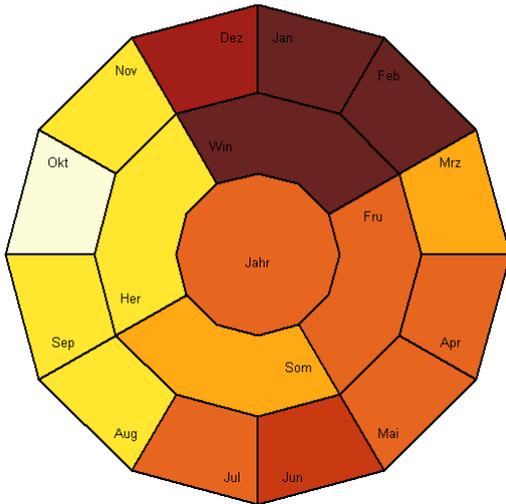


Abb. 8.8  $T_{\text{mittel}}$  WettReg ECHAM5/A1B

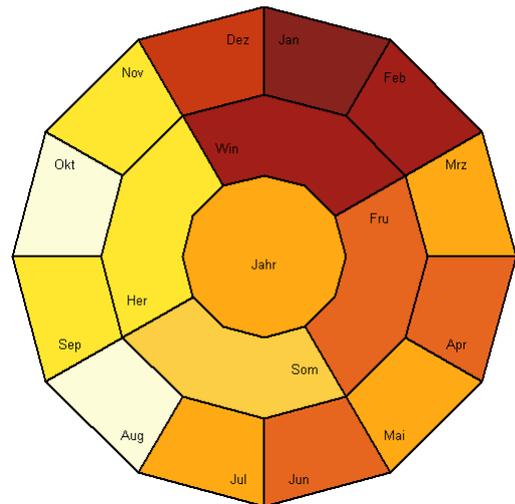


Abb. 8.9  $T_{\text{mittel}}$  WettReg ECHAM5/B1

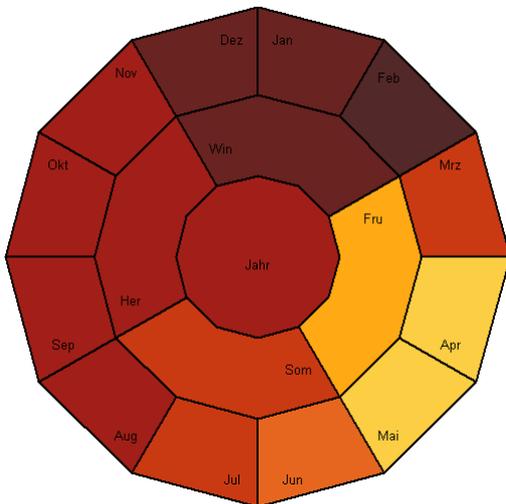


Abb. 8.10  $T_{\text{mittel}}$  REMO10; ECHAM5/A2

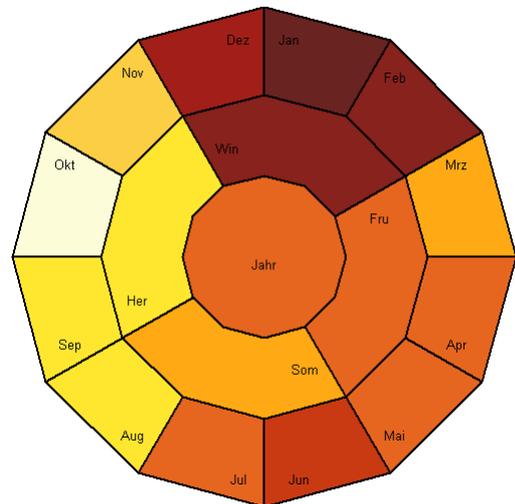
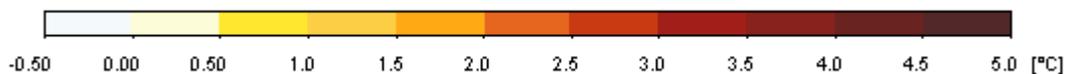


Abb. 8.11  $T_{\text{mittel}}$  WettReg ECHAM5/A2



Allen Abbildungen ist zu entnehmen, dass es einen deutlichen Temperaturanstieg bezogen auf das Jahr und die Jahreszeiten gibt. Es wird auch sichtbar, dass unabhängig von den SRES-Szenarien das Temperatursignal für den Winter am deutlichsten ausgeprägt ist. Ein ähnlich kompaktes Signal lässt sich – besonders in A1B – für den Herbst erkennen. Lediglich bei WettReg ist dies nicht der Fall. Die Schwäche des Modells, die dynamischen Prozesse zum Ende des Jahrhunderts (z.B. bedingt durch neue Transwetterlagen) nicht abbilden zu können, wird im Temperatursignal deutlich. Eine neue WettReg-Modellversion mit Integration der Wetterlageneffekte, wird für Mai 2010 erwartet.

Das bereits bei REMO10 analysierte Ergebnis, dass sich das Temperatursignal im Jahresgang bei A1B und A2 kaum unterscheidet, ist auch für die Jahreszeiten in REMO10 und WettReg ablesbar.

Die Abbildungen 8.12 bis 8.19 zeigen die szenarienbasierte Entwicklung des Niederschlags (NiedS) von 1971 - 2000 bis 2071 - 2100 mittels verschiedener Regionalmodelle auf Basis der SRES-Szenarien (A1B, A2 und B1). Die Betrachtungen zum Niederschlag basieren ebenfalls auf den Gitterpunktdaten (REMO 319 Gitterpunkte; CLM 109 Gitterpunkte) und den Stationsdaten bei WettReg. Es wurden dabei die verfügbaren Daten aus 67 Niederschlags- und Klimastationen verwendet.

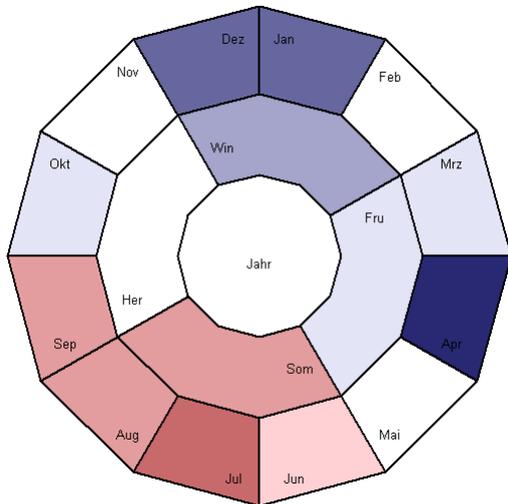


Abb. 8.12 NiedS CLM\_L1, ECHAM5/A1B

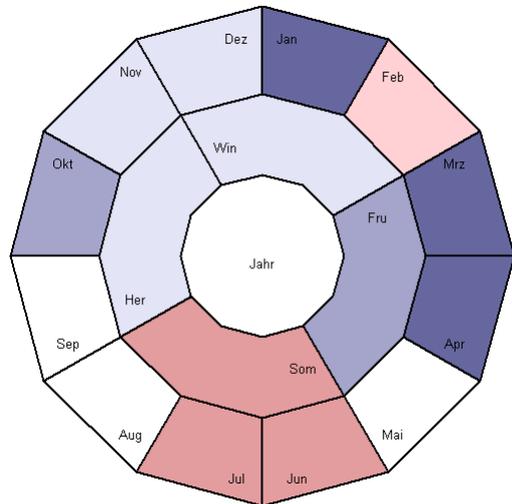


Abb. 8.13 NiedS CLM\_L1, ECHAM5/B1



Abb. 8.14 NiedS REMO10, ECHAM5/A1B

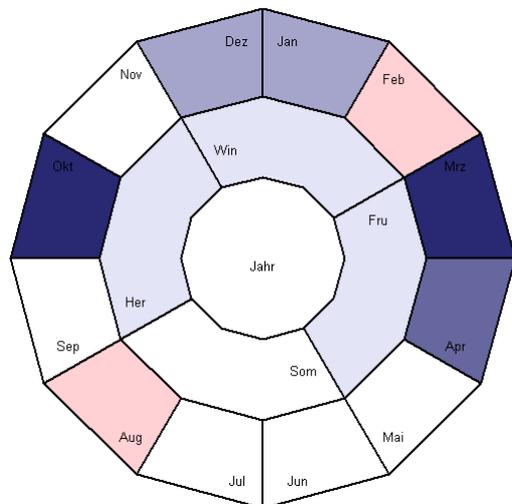


Abb. 8.15 NiedS REMO10, ECHAM5/B1

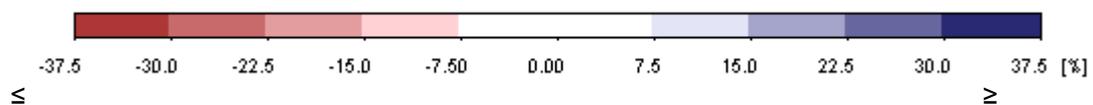




Abb. 8.16 NiedS WettReg, ECHAM5/A1B

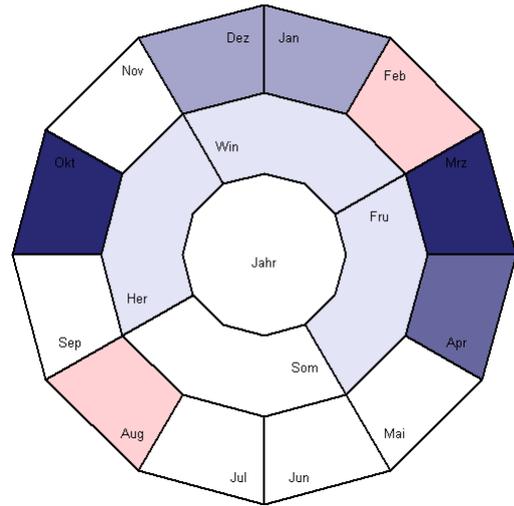


Abb. 8.17 NiedS WettReg, ECHAM5/B1



Abb. 8.18 NiedS REMO10, ECHAM5/A2

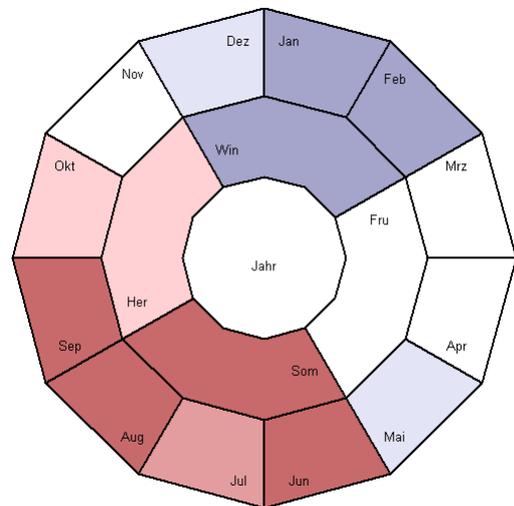
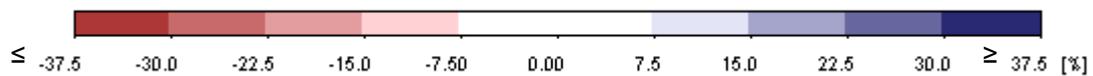


Abb. 8.15 NiedS WettReg, ECHAM5/A2



Allen Abbildungen ist zu entnehmen, dass es entgegen dem gesamtdeutschen Trend keine Zunahme der Jahresniederschläge gibt. Die Verschiebung der jahreszeitlichen Niederschläge ist ebenfalls sichtbar. Allen Ergebnisabbildungen ist zu entnehmen, dass die Sommerniederschläge zurückgehen und die Winterniederschläge zunehmen. Die Übergangsjahreszeiten werden sehr differenziert wiedergegeben.

Die WettReg-Ergebnisse sind unabhängig von den SRES-Szenarien dahingehend übereinstimmend, dass

- die Sommerniederschläge deutlich abnehmen,
- die Winterniederschläge zunehmen,
- im Frühjahr kein Signal erkennbar ist,
- die Herbstniederschläge abnehmen,
- die Niederschläge in beiden Vegetationszeiträumen abnehmen.

Die REMO-Ergebnisse charakterisieren sich wie folgt:

- Die Sommerniederschläge nehmen ab,
- die Winterniederschläge nehmen zu,
- die Frühjahrsniederschläge nehmen teils deutlich zu,
- die Herbstniederschläge (außer in A1B) nehmen leicht zu,
- in der Vegetationsperiode I (AMJ) ist kein Signal erkennbar und
- die Niederschläge in der Vegetationsperiode II nehmen ab.

Die beiden CLM-Ringdiagramme weisen aus, dass

- die Sommerniederschläge abnehmen,
- die Winter- und Frühjahrsniederschläge zunehmen,
- die Herbstniederschläge (zumindest in B1) leicht zunehmen,
- in der Vegetationsperiode I kein Signal erkennbar ist und
- die Niederschläge in der Vegetationsperiode II leicht abnehmen.

Alle Regionalmodelle zeigen in A1B folgende Ergebnisse:

Die Sommerniederschläge nehmen ab. Die Winterniederschläge nehmen zu, wobei die Herbstniederschläge eher ab- und die Frühjahrsniederschläge eher zunehmen. Die Niederschläge in der Vegetationsperiode II nehmen ab. Für die Vegetationsperiode I ergibt sich kein einheitliches Bild.

Bezüglich der Monatsergebnisse ergibt sich in den dynamischen Modellen mit Ausnahme des Sommers ein interessantes Bild. Jeweils die dritten Monate einer Jahreszeit zeigen ein anderes Verhalten als die beiden Vormonate. Besonders auffällig ist dies für Februar und Mai. Warum dies so ist, kann nicht ohne weitere Untersuchungen beurteilt werden? Ein IDP-Fehler kann ausgeschlossen werden [5].

## 8.2 Zusammenfassung

Hauptziel der Untersuchung war herauszufinden, ob sich trotz der Vielzahl der Modelle und Einzelaussagen mögliche Entwicklungstrends überhaupt einheitlich abzeichnen und somit robuster darstellen lassen.

Im Ergebnis der Projektionen für die Mitte (Kap. 6) und das Ende des Jahrhunderts (Kap. 7) sowie der Betrachtungen in 8.1 ergibt sich folgendes Gesamtbild:

Die Trends für die Änderung der Temperatur sind robust abbildbar. Lediglich zur Mitte des Jahrhunderts sind bei der Tagesmaximumtemperatur für Frühjahr, Herbst und Veg. I durch Einzelergebnisse (Frühjahr und Veg. I durch CLM\_L1; Herbst durch WettReg) keine klaren Trends darstellbar. Gleiches gilt für die Entwicklung der Tagesminimumtemperatur im Herbst (WettReg). Zum Ende des Jahrhunderts sind in allen Teilbetrachtungen zur Temperaturentwicklung klare, kompakte Trends zu erkennen. Besonders interessant ist, dass auch die absolute Größe der Änderung (mit Ausnahme des Frühjahrs zur Mitte des Jahrhunderts und des Herbstes zum Ende des Jahrhunderts) sehr homogen dargestellt wird.

Die Kenntage verzeichnen ebenfalls klare Trends. Eine Ausnahme bildet lediglich die Anzahl der Tage mit Starkwind zur Mitte des Jahrhunderts.

Der Parameter Niederschlag ist das schwierigste aber vielleicht auch das wichtigste Element der Debatte zum Klimawandel. Für das meteorologische Jahr sind unter Beachtung des „Modellrauschens“ (Änderungssignal sollte mindestens 10 % betragen) keine signifikanten Änderungen darstellbar. Die Trends für Frühjahr, Sommer und Winter hingegen sind belastbar. Für den Herbst ist kein Änderungssignal zu erkennen. Bei den Vegetationszeiträumen zeigt sich erst zum Ende des Jahrhunderts (speziell für Veg. II) ein Trend auf.

Bei den Parametern Relative Feuchte, Sonnenscheindauer, Bedeckungsgrad und Windgeschwindigkeit sind keine Änderungstrends erkennbar. Lediglich für den Sommer und Herbst sind diese bei der Relativen Feuchte zu Ende des Jahrhunderts abbildbar. Beim Wasserdampfdruck ist in

Analogie zur Temperatur ein robuster Trend ersichtlich. Die Ausnahme bildet der meteorologische Herbst zur Mitte des Jahrhunderts durch das WettReg-Ergebnis.

Insgesamt ist einzuschätzen, dass die bereits in einzelnen Studien publizierten Kernaussagen zum Klimawandel im Land Brandenburg bestätigt werden können. Für die Region gilt auf Basis der vorliegenden Projektionen:

- Die Tagesmitteltemperaturen des Jahresmittels werden sich bis Mitte des Jahrhunderts um mindestens ein Grad erhöhen,
- zum Ende des Jahrhunderts werden diese Werte um ca. 3 Grad gegenüber dem Zeitraum 1971 - 2000 höher liegen,
- die stärksten Temperaturänderungen sind im Winter zu erwarten (ca. 4 Grad),
- die Jahressumme an Niederschlag wird sich nicht wesentlich ändern,
- die Sommerniederschläge werden ab- und die Winterniederschläge zunehmen,
- es wird sich die Vegetationszeit um mindestens drei Wochen weiter ausdehnen,
- die Zahl der Sommertage, heißen Tage, Tage mit Schwüle und tropische Nächten werden teilweise sehr deutlich zunehmen,
- die Zahl der Eistage und Frosttage werden hingegen abnehmen.

Eine der Ausgangsfragen war auch, ob und wann erreicht die Temperaturerhöhung die Zwei-Grad-Marke. Wie die 110jährigen Trends in Abb. 5.1 verdeutlichen, haben sich seit Anfang des letzten Jahrhunderts die Tagesmitteltemperaturen im Durchschnitt um über 1 °C erhöht. Dies korrespondiert mit den bekannten Aussagen, dass sich in den letzten 100 Jahren die globale Jahresmitteltemperatur um 0,6 °C erhöht hat. Die Erwärmung war in Deutschland (0,9 °C), Österreich (1,1 °C) und der Schweiz (1,4°C) größer als im globalen Mittel [6].

Die Ausführungen im Abschnitt 6.1 machen deutlich, dass bis zur Mitte des Jahrhunderts auf Basis der Szenarien ECHAM5 (Globalmodell/-antrieb) und A1B (SRES-Szenario) von einer weiteren Erhöhung um mindestens 1 °C auszugehen ist. Die Spannweite der modellierten Werte umfasst 0,9 bis 2,3 °C. Die modellspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 1,0 und 2,1 °C. Somit wird die Zwei-Grad-Grenze in Deutschland bereits vor Mitte des Jahrhunderts durchschritten werden. Es ist davon auszugehen, dass sich diese Entwicklung gegebenenfalls global zeitverzögert vollziehen wird.

### 8.3 Empfehlungen und Hinweise

Zur Qualitätssicherung von weiterführenden Betrachtungen und Forschungsvorhaben unter Nutzung von Klimamolldaten für Wirkmodelle (z.B. Wasserhaushaltsmodell, Landnutzungsmodelle) wird empfohlen, mindestens zwei Modelle als Antrieb zu verwenden. Wenn möglich, sollte ein dynamisches und ein statistisches Modell genutzt werden.

Bei Nutzung von Molldaten sind die Hinweise der einzelnen Molldentwiclker dringend zu beachten. Unter anderem wird für CLM empfohlen nicht eine einzelne Gitterbox, sondern mindestens 5x5 Gitterboxen zu betrachten. Dies entspricht einem 90x90-km-Raster als kleinste zu betrachtende Einheit. Von zu kleinräumigen Betrachtungen wird auch bei REMO abgeraten. Für räumliche Interpretationen sollten mindestens vier, besser neun Gitterpunkte genutzt werden.

Verschiedene Arbeitskreise haben Leitlinien und Thesen für den Umgang mit regionalen Klimamodellen entwickelt (siehe Anhang). Diese sind dringend zu berücksichtigen und durch Nutzer fortzuschreiben. Hinzuweisen ist in diesem Zusammenhang auch auf die Arbeiten des Nationalen Komitees für Global Change Forschung (NKGCF) zum Umgang mit regionalen Klimasimulationen, welche in Kürze offiziell publiziert werden sollen [7].

Klimaelemente sollten wenn möglich immer so dargestellt werden, dass das Änderungssignal klar erkennbar ist und vom „Rauschen“ des Modells abgetrennt wird. Das Änderungssignal muss mindestens so groß sein wie die dekadische Variabilität. Im vorliegenden Modellvergleich wurde dies für den Parameter Niederschlag anschaulich umgesetzt (siehe auch 4.3 Skalierung und Darstellung).

Unter Berücksichtigung der Spezifik der SRES-Szenarien, der verfügbaren Szenarien und Regionalisierungen sowie der Ausreißer bei Datenreihen einzelner Parameter ist zu prüfen, ob die Entwicklung von synthetischen Datenreihen eine gute Lösung darstellen könnte. Vorteilhaft wäre u.a. die Vergleichbarkeit von Ergebnissen diverser Wirkmodelle mit- und untereinander. Darüber hinaus

könnte eine Entkopplung der Datenreihen von den Zeitleisten zusätzliche Vorteile bringen, da dann lediglich die Intensität und nicht der zeitliche Eintritt eines Änderungssignals entscheidend ist und direkt dessen Aus- und Folgewirkungen betrachtet werden könnten. Der Nachteil besteht eindeutig im hohen Aufwand bei der Entwicklung solcher synthetischen Datensätze.

Aus der gesammelten Erfahrung und aus Hinweisen anderer Forschungsvorhaben wie „Land, Climate and Resources 2020“ (LandCaRe) können unterschiedliche Empfehlungen für die Verwendung von Klimamodelldaten gegeben werden. Für kurzfristige Betrachtungen bis 2020 sollten die Beobachtungsdaten eigenständig fortgeschrieben werden. Für mittelfristige Überlegungen (2030 - 2060) wird das statistische Downscaling (WettReg, STAR) empfohlen. Von diesen Modellen liegen zahlreiche Modellläufe vor, die auch die Referenzzeiträume gut wiedergeben. Die dynamischen Ansätze hingegen übernehmen sehr viele, auch schwer nachvollziehbare, Detailausprägungen des Globalantriebs. Wenn der Untersuchungszeitraum das Ende des Jahrhunderts ist (2060 - 2100) sind die dynamischen Modelle (CLM, REMO) zu empfehlen [8], da einerseits STAR keine Datensätze für diesen Zeitraum anbietet und die aktuelle WettReg-Version hinsichtlich der Dynamik der Veränderung diese unzureichend berücksichtigt.

Für den Antrieb von Wirkmodellen kann es notwendig sein, dass nicht nur Tagesmittelwerte verwendet werden sollen, sondern höhere zeitliche Auflösungen notwendig sind (z.B. bei Wasserhaushaltsmodellen). Stundenwerte für die wesentlichen klimatischen Parameter liegen nicht in allen Modellen für alle meteorologischen Elemente vor. Der verwendete Lauf REMO10 kann in stark reliefiertem Gelände mit starkem Gradienten (z.B. des Niederschlags) zu Problemen führen. Für das hochauflösende regionale Klimamodell REMO liegt ein neuer Lauf vor (REMO-BFG). Er wurde im Auftrag der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG, Koblenz) durch das Max-Planck-Institut für Meteorologie (MPI-M, Hamburg) erstellt und kann seit Anfang November über die Homepage des Umweltbundesamtes (UBA) [www.anpassung.net/klimaprojektionen](http://www.anpassung.net/klimaprojektionen) bezogen werden. Die neuen Daten stellen eine wesentliche Ergänzung zu den bisher verfügbaren Daten (REMO-UBA/REMO10) dar [9].

Im Auftrag der Landesumweltämter und -anstalten sowie des Umweltbundesamtes wird an einer Weiterentwicklung des WettReg-Modells gearbeitet. Dieses Modell soll die sich einstellenden Transwetterlagen stärker berücksichtigen und somit die Zahl der berücksichtigten Wetterlagen erweitern. Mit neuen Modellergebnissen ist für die Länder zur Jahresmitte 2010 zu rechnen. Für die wesentlichen klimatologischen Parameter wird nach Vorlage der Modellergebnisse eine ergänzende Auswertung für sinnvoll erachtet und angestrebt.

## Quellen- und Literaturverzeichnis

- [1] Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH (CEC): Synopse beobachteter und projizierter Klimate für Sachsen auf Basis deutscher statistischer und dynamischer Regionalmodelle (REKLIM) im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie –unveröffentlichter Abschlussbericht –,Nov. 2008
- [2] Global-Carbon-Project-Consortium: [www.globalcarbonproject.org](http://www.globalcarbonproject.org), (Präsentation: P. Canadell, Peking University, Beijing, China, 25.Juni 2009)
- [3] Dr. Daniela Jacob, MPI-Hamburg, schriftliche Stellungnahme
- [4] Landesumweltamt Brandenburg: Klimamittelwerte der Periode 1961-1990 – Land Brandenburg im Vergleich zur Bundesrepublik Deutschland auf Basis der DWD-Mittelwerte, Potsdam, Nov.2005
- [5] Dr. Frank Kreienkamp, CEC-Potsdam GmbH, mündliche und schriftliche Stellungnahmen
- [6] Deutsche Meteorologische Gesellschaft (DMG), Österreichische Gesellschaft für Meteorologie (ÖGM) und Schweizerische Gesellschaft für Meteorologie (SGM): Klimastatement, aktualisierte Fassung, September 2003
- [7] NKGCF-Roundtable-Diskussion „Der Umgang mit Unsicherheiten bei der regionalen Klima-Simulation“ 22.06.-23.06.2009, Hamburg, [www.nkgcf.org/nk-termine.php](http://www.nkgcf.org/nk-termine.php)
- [8] Christian Bernhofer u.a. (TU Dresden; GKSS; Uni Bonn): Abschluss-Workshop des Forschungsverbundes LandCaRe 2020 (Präsentation „Regionaler Klimawandel“), Dresden, 16. Dezember 2009
- [9] Umweltbundesamt: [www.anpassung.net/klimaprojektionen](http://www.anpassung.net/klimaprojektionen)

## Anhang

### Leitlinien zur Interpretation regionaler Klimamodelldaten (Arbeitsstand: Nov. 2009)

1. Version erstellt durch C. Linke - LUA Brandenburg (8.1.2007)
2. Version als Erweiterung erstellt durch F. Kreienkamp - CEC Potsdam (19.3.2007)
3. Modifikation MPI-M; abgesprochen mit CEC Potsdam (14.09.2007)
4. Fortschreibung im Ergebnis des 4. Fachgespräches (24. Sept. 2007)
5. Fortschreibung im Ergebnis des Fachgespräches in Wiesbaden (23./24.03.2009)
6. Fortschreibung im Ergebnis des Fachgespräches in Schwerin (21./22.09.2009)

Die Teilnehmer am Bund-Länder-Fachgespräch „Interpretation regionaler Klimamodelldaten“ sind der Auffassung, dass nachstehende Leitlinien bei der Interpretation regionaler Klimamodelldaten einzuhalten sind. Die Übersicht enthält einen Arbeitsstand und wird nach Bedarf und Erkenntnis fortgeschrieben.

#### Allgemeines zur Interpretation der Klimamodelldaten

Die Ergebnisse globaler Modelle (z.B. ECHAM5-MPI-OM) 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.

Die einzelnen Realisierungen sind auch durch Variabilitäten gekennzeichnet. Die Klimavariabilität bezieht sich auf Schwankungen des mittleren Zustandes und anderer statistischer Größen (wie Standardabweichungen, Vorkommen von Extremereignissen, etc.) des Klimas auf allen zeitlichen und räumlichen Skalen, die über einzelne Wetterereignisse hinausgehen. Die Variabilität kann durch natürliche interne Prozesse innerhalb des Klimasystems (interne Variabilität) oder durch natürliche oder anthropogene äußere Einflüsse (externe Variabilität) begründet sein.

#### Besondere Hinweise zur Interpretation

1. Möglichst alle drei derzeit zur Verfügung stehenden Emissionsszenarien (A1B, A2, B1) sollten bei einer Auswertung 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 Extremereignissen 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 sollten insbesondere im Falle des Niederschlags nicht einzelne Gitterpunkte herangezogen werden. Bei Gitterpunkten (beispielsweise bei den REMO-Daten) sollten für räumliche Interpretationen mindestens 4, besser 9 Punkte genutzt werden. Bei CLM sind 5 x 5 Gitterboxen zu betrachten. 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 Beteiligten (Bund, Länder, Dritte) grundsätzlich:

- Den Vergleichszeitraum 1961 – 1990 (Klimanormalperiode der WMO) zugrunde legen; Hinweis: Zu diesem Punkt bestehen unterschiedliche Auffassungen, denn vom DWD wird wegen besserer Datenlage eher der Zeitraum 1971 - 2000 vorgeschlagen.
- Bei der Interpretation der Modellergebnisse berücksichtigen – insbesondere wenn Absolutwerte und nicht Änderungssignale analysiert werden –, mit welcher Güte das Modell Beobachtungsdaten reproduziert. Das geschieht durch einen Vergleich von Modell- und Beobachtungsdaten für die Vergangenheit (vorzugsweise für die Klimanormalperiode 1961 - 1990).
- Klimaprojektionen immer mit den jeweiligen 20C-Simulationen der Modelle vergleichen und nicht mit beobachteten Daten (z.B. des DWD).
- 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.

6. Werden Ergebnisse von Klimaszenarien 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 und auf Barrierefreiheit geachtet werden (z.B. wärmer rot – kälter blau; keine rot-grün-Skalen).

7. 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.

8. 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, da beide eine mögliche, plausible Zukunft beschreiben. Die gesamte Ergebnisspannweite sollte kommuniziert und für Abschätzungen der Auswirkungen herangezogen werden.

9. Weitere Hinweise zu den Leitlinien werden an das Fachgespräch zur Interpretation regionaler Klimaprojektionen erbeten.

10. Internetadressen mit Hinweisen zu Modellauffälligkeiten: (steht noch aus)

**Ministerium für Umwelt,  
Gesundheit und Verbraucherschutz  
des Landes Brandenburg**

**Landesumweltamt Brandenburg**  
Referat Umweltinformation/Öffentlichkeitsarbeit

Seeburger Chaussee 2  
14476 Potsdam OT Groß Glienicke  
Tel. 033201 442 171  
Fax 033201 43678  
E-Mail [infoline@lua.brandenburg.de](mailto:infoline@lua.brandenburg.de)  
[www.lua.brandenburg.de](http://www.lua.brandenburg.de)

