



Regionale Klimaanalyse für den Großraum Braunschweig (REKLIBS)

ABSCHLUSSBERICHT

INHALT

GRUSSWORT 3

1 EINFÜHRUNG 4

- 1.1 Vorbemerkung 4
- 1.2 Projektziele und -ablauf 5
- 1.3 Beteiligungsprozess 6

2 BESTANDSAUFNAHME 10

- 2.1 Fachlich - Welche für den regionalen Maßstab relevanten Informationen existieren bereits? 10
- 2.2 Technisch - Welche Ansätze gibt es in Deutschland für klimawandelgerechte Regionalpläne? 10
 - 2.2.1 Empfehlungen für einen klimawandelgerechten Regionalplan 11
 - 2.2.2 Beispiele klimagerechter Festlegungen in Regionalplänen 13
- 2.3 Rechtlich - Welche normativen Vorgaben müssen auf Ebene der Regionalplanung berücksichtigt werden? 19

3 KLIMAWANDEL IM GROSß- RAUM BRAUNSCHWEIG 23

- 3.1 Methode & Datengrundlagen 23
 - 3.1.1 Beobachtungsdaten 23
 - 3.1.2 Regionalmodelldaten 23
 - 3.1.3 Methodik 24
- 3.2 Beobachteter Klimawandel 27
- 3.3 Zukünftiger Klimawandel 31
 - 3.3.1 Temperaturzunahme und Hitze 31
 - 3.3.2 Niederschlagsverschiebung & Trockenheit 35
 - 3.3.3 Starkniederschlag 38
 - 3.3.4 Wind und Sturm 41
- 3.4 Zusammenfassung 42

4 BETROFFENHEITEN 44

- 4.1 Regional prioritäre Klimawirkungen 44
 - 4.1.1 Bestimmung regional prioritärer Klimawirkungen 44
 - 4.1.2 Themenkarten 46
- 4.2 Räumliche Betroffenheiten - ReKliBs Schwerpunkt Hitze/Kaltluft 48
 - 4.2.1 Grundlagen der modellgestützten Klimaanalyse 49
 - 4.2.2 Modellergnisse 54
 - 4.2.3 Klimaanalysekarte regional bedeutsame Kaltluftleitbahnen 64

5 GESAMTSTRATEGIE ZUR KLIMAAANPASSUNG 78

- 5.1 Schlüsselmaßnahmen 78
 - 5.1.1 Empfehlungen für die Neuaufstellung des RROP 78
 - 5.1.2 Schlüsselmaßnahmen zur Verstetigung 78
- 5.2 Das KlimaCheck-Instrument (Verstetigungsstrategie) 109
 - 5.2.1 Grundlagen des KlimaChecks 109
 - 5.2.2 Aufgabe und Ziele des KlimaChecks für den Regionalverband Großraum Braunschweig 110
 - 5.2.3 Aufbau und Methodik des KlimaChecks 111
 - 5.2.4 Anwendungsbereich und Umgang mit den Ergebnissen des KlimaChecks 121
- 5.3 Controlling-Konzept 123
 - 5.3.1 Einleitung 123
 - 5.3.2 Vorgehen 124
- 5.4 Strategie zur Kommunikation des Konzeptes 131

6 ZUSAMMENFASSUNG 132

QUELLENVERZEICHNIS 135

ABBILDUNGSVERZEICHNIS 137

TABELLENVERZEICHNIS 138

GLOSSAR 140

ANHANG 141

IMPRESSUM 191



Detlef Tanke



Manuela Hahn

Grußwort

Mit der Regionalen Klimaanalyse für den Großraum Braunschweig (REKLIBS) geht der Regionalverband konsequent seinen nächsten Schritt im Bereich des Klimaschutzes. Das vorliegende Fachgutachten wurde im Vorfeld für die Fortschreibung des Regionalen Raumordnungsprogramms erstellt.

Folgende Fragen wurden in den Blick genommen: Welche Klimawandelwirkungen betreffen den Großraum Braunschweig in erster Linie? Inwiefern ergibt sich daraus Handlungsbedarf? Was kann die Regionalplanung tun? Wie können Kommunen und Behörden bei der Anpassung an die Folgen des Klimawandels unterstützt werden?

Entstanden ist unter anderem eine Klimaanalysekarte, die das regionale Klimageschehen bis 2050 räumlich abbildet. Zudem enthält das Gutachten Vorschläge für klimarelevante Festlegungen sowie die gesetzlich vorgeschriebene Strategische Umweltprüfung im RROP und weitere Empfehlungen.

Darüber hinaus wurde das KlimaCheck-Verfahren entwickelt, anhand dessen die Auswirkungen des Klimawandels bei allen weiteren Projekten des Regionalverbandes berücksichtigt werden können.

Das Gutachten beruht auf einem umfangreichen Beteiligungsprozess mit den Kommunen, mit Experten, Verbänden und weiteren Interessierten. Es steht allen Kommunen und Behörden im Verbandsgebiet kostenlos zur Verfügung, ebenso wie die einzelnen Ergebnisse des Verfahrens.

Detlef Tanke

Verbandsvorsitzender

Manuela Hahn

Erste Verbandsrätin

1 Einführung

1.1 Vorbemerkung

Die 1992 in Rio de Janeiro verabschiedete Klimarahmenkonvention ist das erste internationale und multilaterale Klimaschutzabkommen der Vereinten Nationen und verfolgt das Ziel, gefährliche Auswirkungen durch eine vom Menschen verursachte Störung des Klimasystems zu verhindern (Vereinte Nationen 1992). Spätestens mit dieser Konvention ist der Klimawandel von der globalen bis hinunter zur regionalen Ebene als eine der größten Herausforderungen der Zukunft anerkannt worden. Die Veränderung des globalen Klimas und die Auswirkungen eines weltweiten Klimawandels werden seitdem durch den „Weltklimarat“ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) in regelmäßigen Sachstandsberichten dokumentiert und öffentlichkeitswirksam diskutiert.

Nach vielen Jahren intensiver Verhandlungen haben sich im Pariser Abkommen von 2015 fast alle Staaten der Erde nationale Klimaschutzziele definiert und sind nun verpflichtet, Maßnahmen zur Erreichung der Ziele zu ergreifen (BMU 2019). Die Aussagen des 5. IPCC-Sachstandsberichtes zu den Auswirkungen des Klimawandels (IPCC 2014), global weiter steigende CO₂-Emissionen und der bereits in meteorologischen Daten beobachtete Klimawandel verdeutlichen jedoch (BMWi 2018, UBA 2018), dass neben den in Paris beschlossenen Klimaschutzbemühungen auch Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels nötig sind. Diesen Prozess hat die Europäische Union mit ihrer Klimafolgenanpassungsstrategie eingeleitet und die Mitgliedsstaaten zu einem gemeinschaftlichen Vorgehen aufgefordert (EU-Kommission 2007, 2009, 2013). Der Aufforderung der EU sind mittlerweile viele europäische Staaten gefolgt und haben nationale Anpassungsstrategien auf den Weg gebracht. Der deutsche Anpassungsprozess wird u.a. durch das beim Umweltbundesamt angesiedelten „Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung“ (KomPass) gesteuert. Die Bundesrepublik gehört mit der 2008 verabschiedeten „Deutschen Anpassungsstrategie an die Folgen des Klimawandels (DAS)“ (Bundesregierung 2008) sowie dem „Aktionsplan Anpassung I + II“ (Bundesregierung 2011, 2015) zu den Vorreitern des Kontinents. Die DAS und der Aktionsplan werden regelmäßig evaluiert und fortgeschrieben (UBA 2015a).

Da es keine klimaspezifische Fachplanung gibt, kommt der Regionalplanung aufgrund ihrer Querschnittsorientierung eine besondere Bedeutung in dieser komplexen Thematik zu. Sind Raumstrukturen und Flächennutzungen frühzeitig und langfristig an die Folgen des Klimawandels angepasst, kann es gelingen, Gefahrensituationen frühzeitig abzumildern, Schadenspotenziale zu reduzieren und in der Konsequenz die volkswirtschaftlichen Kosten des Klimawandels zu verringern. In diesem Kontext ist zuvorderst das 2009 beschlossene und 2013 fortgeschriebene „Handlungskonzept der Raumordnung zu Vermeidungs-, Minderungs- und Anpassungsstrategien in Hinblick auf die räumlichen Konsequenzen des Klimawandels“ zu nennen, in dem sich die Ministerkonferenz für Raumordnung (MKRO) explizit dem Thema Klimaanpassung gewidmet hat (MKRO 2013). Der „Klimawandelgerechte Regionalplan“ war daraufhin Gegenstand von Forschungsprojekten, innerhalb derer die „Handlungshilfe Klimawandelgerechter Regionalplan“ erarbeitet wurde (vgl. Kap. 2.2).

Die Handlungshilfe zeigt den Rahmen auf, in dem sich der mit dem vorliegenden Konzept bestärkte Klimaanpassungsprozess im Großraum Braunschweig bewegt:

- **Ausgangssituation:** Für die Erstellung von klimage-rechten Regionalplänen – die dieses Leitbild auch tatsächlich stringent in Grundsätze und Ziele überführen – existiert bisher noch kein etabliertes bzw. standardisiertes Verfahren. Dennoch finden sich in einigen Regionalplänen bereits an die Klimaanpassung adressierte Festlegungen, die der Orientierung dienen können (vgl. Kap. 2.2).
- **Leitmotiv 1:** *„Die Steuerungsinhalte sind an der raumordnerischen Kompetenz, also vor allem der Aufgabe und der Leitvorstellung der Raumordnung, sowie an deren Beschränkungen wie zugelassene Gegenstände, Rahmenvorgaben und mögliche Adressaten der Bindungswirkungen auszurichten“* (BMVI 2017a, S. 16).
- **Leitmotiv 2:** *„Die Anwendung des Vorsorgeauftrags und -grundsatzes erfordert und erlaubt einen mutigeren Umgang mit den Projektionen des Klimawandels“* (BMVI 2017a, S. 16). Auch wenn Klimamodelle immer genauer werden und mittlerweile regionale Aussagen erlauben, bestehen weiterhin Unsicherheiten bezüglich der Folgen des Klimawandels. Hinzu kommt, dass die Prognosen gewisse Spannbreiten beinhalten (vgl. Kap. 3). Zur Steuerung der räumlichen Entwicklung, vor allem mit Blick auf den Vorsorgeauftrag, ist es jedoch geboten, auf Basis der heutigen Datenlage Entschei-

dungen zur Klimaanpassung zu treffen – im besten Falle Maßnahmen, die selbst bei einer von den Prognosen abweichenden klimatischen Entwicklung wichtige Funktionen in anderen Handlungsfeldern erfüllen („No-regret“-Maßnahmen).

- **Herausforderung:** Die Herausforderung liegt insbesondere in der Bereitstellung von (rechtssicherem) abwägungsrelevantem Material, das z.T. auf Methoden basiert, die über den Stand der Technik hinausgehen.

Für die kommunale Ebene ist vor allem die Studie „Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel“ von besonderer Relevanz (UBA 2015b). Dort sind methodische Standards gesetzt sowie, in Abhängigkeit vom Naturraum, klimasensible Handlungsfelder identifiziert, operationalisiert und hinsichtlich ihrer Vulnerabilität bewertet worden.

Der initiierte Anpassungsprozess hat darüber hinaus bereits in einigen normativen Regelungen seinen Niederschlag gefunden (Gesetze, Verordnungen, Richtlinien). Für die nachhaltige, klimagerechte Stadtentwicklung ist in diesem Zusammenhang vor allem die Klimanovelle des BauGB von 2011/2013 von Bedeutung. Seither sind Klimaschutz und Klimaanpassung als Grundsätze der Bauleitplanung verankert. Mit der beschlossenen Novellierung des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) finden die Belange des Klimaschutzes und der Klimaanpassung verstärkt Eingang in die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP). Zukünftig wird in den Umweltberichten zu Umweltverträglichkeitsprüfungs- bzw. Strategischen Umweltprüfungspflichtigen Vorhaben auch auf die zu erwartenden Folgen des Klimawandels auf die Projekte bzw. Pläne einzugehen sein.

1.2 Projektziele und -ablauf

Das REKLIBS getaufte Projekt zur Entwicklung eines Klimaanpassungskonzeptes (**Regionale Klimaanalyse für die Region Großraum Braunschweig**) sowie das parallel und in enger Abstimmung laufende Projekt FREK (Regionales Freiraumentwicklungskonzept) sollen eine wichtige Informationsbasis für die angestrebte Neuaufstellung des Regionalen Raumordnungsprogramms (RROP) schaffen.

Ziel von REKLIBS ist es, Klimagefahren für den Großraum Braunschweig aufzuzeigen und geeignete Maßnahmen für die Planungspraxis des Regionalverbandes zur Abmilderung des Klimawandels zu entwickeln. Im Ergebnis soll REKLIBS als fachliche Grundlage für die gemäß § 8 ROG gesetzlich vorgeschriebene Strategische Umweltprüfung

(SUP) im Rahmen der Neuaufstellung des RROP sowie als Grundlage für klimarelevante Festlegungen dienen. Das Projekt ist als informelles Konzept dem formellen Aufstellungsverfahren des RROP vorgeschaltet. Auf diese Weise kann sichergestellt werden, dass bereits zu Beginn der Neuaufstellung des RROP zentrale Fachinformationen vorliegen und etwaige Informationsdefizite frühzeitig identifiziert werden können.

REKLIBS ist in vier Teile gegliedert (vgl. Abb. 1). Zunächst wird eine fachliche, technische und rechtliche **Bestandsaufnahme** vorgenommen (Identifizierung guter Beispiele aus anderen Planungsregionen, rechtlicher Rahmen in Bezug auf das Schutzgut Klima in Regionalplänen; Kap. 2). In einem zweiten Schritt sollen in Abstimmung mit den zuständigen Fachstellen bzw. –behörden die wichtigsten regionalen Klimawirkungen identifiziert werden (**regionale Betroffenheiten**; Kap. 4.1). Grundlage dafür ist die Auswertung des beobachteten und prognostizierten Klimawandels im Großraum Braunschweig (Kap. 3). Die Verknüpfung dieser Erkenntnisse in die Aufgaben des Regionalverbandes ist Gegenstand des dritten Arbeitsschrittes, in dem Empfehlungen und konkrete Schlüsselmaßnahmen zur Klimaanpassung, wiederum unter Einbeziehung der relevanten regionalen Akteure, erarbeitet werden (**Gesamtstrategie zur Anpassung an den Klimawandel**; Kap. 5). Zusätzlich wird ein KlimaCheck-Instrument entwickelt, mit dem u.a. geprüft werden soll, ob Planungen und Festlegungen des Regionalverbandes mit dem Ziel der Klimafolgenanpassung vereinbar sind und das der Verstärkung des Klimaanpassungsprozesses dient (Kap. 5.2). Parallel wird mit der **Erneuerung der regionalen Klimaanalyse** eine vertiefte räumliche Analyse zum klimaökologischen Prozessgeschehen durchgeführt und damit eine aktuelle Datenbasis für das Handlungsfeld „Schutz vor Hitzefolgen in Siedlungsbereichen“ geschaffen (4.2). Schließlich werden Strategien erarbeitet, wie die Umsetzung des Konzepts auf ihre Wirksamkeit untersucht (Controlling-Konzept; Kap. 5.3) und die Ergebnisse zielgruppengerecht kommuniziert werden können (Kommunikationsstrategie; Kap. 5.4).

Das Projekt REKLIBS wurde als „Klimaschutzteilkonzept zur Klimaanpassung“ im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative durch das Bundesumweltministerium gefördert (Förderkennzeichen 03K06252). Neben diesem Bericht wurde ein allgemeinverständlicher und frei verfügbarer **Kurzbericht** erstellt¹.

1) www.regionalverband-braunschweig.de/reklibs



Abb. 1: Projektstruktur REKLIBS

1.3 Beteiligungsprozess

Um ein Höchstmaß an Nachvollziehbarkeit und Akzeptanz von REKLIBS und der daraus resultierenden Festlegungen im Regionalen Raumordnungsprogramm zu gewährleisten, wurde ein intensiver Beteiligungsprozess durchgeführt, der die folgenden Veranstaltungen innerhalb der Projektlaufzeit umfasste:

- Auftaktveranstaltung
- 1. und 2. Fachgespräch
- Klimacheck-Workshop
- Abschlussveranstaltung
- Präsentation im Ausschuss für Regionalentwicklung

Informationen über das Vorhaben und die Kontakte zu unterschiedlichen Akteuren im Großraum Braunschweig ermöglichten es, dass Einschätzungen, Anliegen und Forderungen der Akteure in die Erarbeitung der Analyse eingebracht wurden. Neben der Auswertung vorliegender Daten und Unterlagen, u.a. auch aus teilräumlichen Projekten, trug die Akteursbeteiligung dazu bei, die regionale Klimaanalyse mit bisherigen und laufenden Aktivitäten im Großraum Braunschweig zu verknüpfen. Von besonderer Bedeutung ist die Verzahnung mit der parallel erfolgten

Ausarbeitung des FREK für den Großraum Braunschweig, das inhaltlich starke Bezüge zu REKLIBS aufweist. Der dortige Beteiligungsprozess leistet ebenfalls einen Beitrag dazu, die Auseinandersetzung der Akteure mit den Folgen des Klimawandels für ihren eigenen Wirkungsbereich zu fördern und sie für das Thema zu sensibilisieren. Zusätzlich wurden neben der Beteiligung im Rahmen der Veranstaltungen gezielt relevante Akteure zur Datenbeschaffung und zur bilateralen Abstimmung von Einschätzungen zu einzelnen Teilthemen kontaktiert. Außerdem informierte der Regionalverband auf der Internetseite zum aktuellen Stand des Projektes und stellte die Protokolle der Veranstaltungen zur Verfügung.

Folgende Akteure im Großraum Braunschweig wurden eingebunden:

- Regionalverband Großraum Braunschweig, v.a. Regionalentwicklung, Masterplan 100 % Klimaschutz, Verkehrsentwicklungsplanung sowie Mitglieder der Verbandsversammlung
- Kommunen (Politik, Verwaltung, Klimaschutzmanagement)
- Untere Naturschutz- und Wasserbehörden

- Umwelt- und Naturschutzverbände
- Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
- Trinkwasserversorger, Wasser- und Unterhaltungsverbände
- Nds. Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz – Kompetenznetzwerk Klimawandel
- Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie
- Landwirtschaftskammer und Landvolk
- Forstplanungsämter, Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt und Jägerschaft
- Touristiker
- Regionale Kooperationen wie ILE-Regionen und Flussgebietspartnerschaften
- Weitere regionale Akteure

Die nachfolgende Tab. 1 veranschaulicht alle Veranstaltungen im Rahmen von REKLIBS. Die Veranstaltungen fanden in der Stadt Braunschweig statt, wodurch eine gute Erreichbarkeit aus allen Teilen der Region sichergestellt wurde.

Tab. 1: Überblick über die Veranstaltungen im Rahmen von REKLIBS.

Auftaktveranstaltung

am 28. Februar 2018, ca. 80 Teilnehmende

Ziele und Inhalte:

- Information über Projektinhalte und Vorgehen zu REKLIBS und FREK:
- Präsentation erster Ergebnisse der Bestandsaufnahme
- Aufnahme von Hinweisen zu feststellbaren Auswirkungen und bisherigen Aktivitäten im Bereich der Anpassung an den Klimawandel sowie zu relevanten Handlungsfeldern und regionalplanerischem Handlungsbedarf

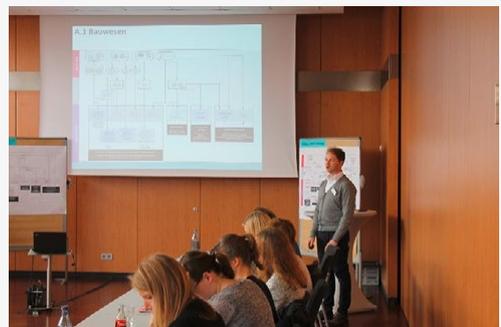


1. Fachgespräch: Betroffenheiten durch den Klimawandel: Untersuchungsumfang

am 16. April 2018, ca. 30 Teilnehmende

Ziele und Inhalte:

- Information zum Stand der Regionalplanung und zum aktuellen Stand der Bearbeitung REKLIBS und FREK
- Impulse zu möglichen Handlungsfeldern der Regionalplanung für Anpassung an den Klimawandel
- Diskussion potentieller Betroffenheiten in Handlungsfeldern:
 - ⇒ Welche potenziellen Klimawirkungen sind im regionalen Kontext besonders relevant?
 - ⇒ Für welche besonders relevanten Wirkungen wird ein Beitrag oder eine Steuerung durch die Regionalplanung erwartet?
 - ⇒ Identifikation von weiteren einzubindenden Akteuren



2. Fachgespräch: Betroffenheiten, Modellrechnungen und Handlungsoptionen zu Auswirkungen des Klimawandels im Großraum Braunschweig

am 04. September 2018, ca. 35 Teilnehmende

Ziele und Inhalte:

- Informationen zum aktuellen Stand von REKLIBS
- (ergänzend FREK)
- Darstellung der Ergebnisse von Betroffenheitsanalyse und Modellrechnungen
- Sensibilisierung für Notwendigkeit von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel durch Impulsvorträge
- Sammlung erster Maßnahmenansätze für die prioritären Klimawandelwirkungen: Formelle und informelle Maßnahmen



KlimaCheck-Workshop

am 28. August 2018, ca. 15 Teilnehmende

Ziele und Inhalte:

- Informationen und Austausch zum aktuellen Arbeitsstand FREK und REKLIBS
- Weiterentwicklung des zunächst für den internen Gebrauch konzeptionierten KlimaCheck-Instruments unter Beteiligung potenzieller Nutzer und Nutzerinnen beim Regionalverband Großraum Braunschweig
 - ⇒ Sammlung von Erwartungen
 - ⇒ Präsentation eines ersten Entwurfs als Diskussionsbasis
 - ⇒ Erprobung anhand fiktiver Plansituationen
- Weiterentwicklung des KlimaCheck-Instruments

Abschlussveranstaltung

am 16. Mai 2019, ca. 100 Teilnehmende

Ziele und Inhalte:

- Projektergebnisse vorstellen
- Information über die Integration der Projektergebnisse in die Neuaufstellung des Regionalen Raumordnungsprogramms und zum weiteren Prozess
- Sensibilisierung für die Notwendigkeit von Aktivitäten zur Anpassung an den Klimawandel
- Diskussion zu den Ergebnissen von REKLIBS und zu den Impulsvorträgen



Präsentation im Ausschuss für Regionalentwicklung

Regelmäßig seit 04. September 2017, Ergebnispräsentation am 25. April 2019, ca. 60 Teilnehmende

Ziele und Inhalte:

- Projektinhalte in der Regionspolitik verankern
- Information über Ziele, Inhalte und Vorgehen zu Beginn sowie zentrale Zwischenergebnisse
- Präsentation der Ergebnisse zum Projektabschluss

2 Bestandsaufnahme

2.1 Fachlich - Welche für den regionalen Maßstab relevanten Informationen existieren bereits?

Die räumlich-fachliche Bestandsaufnahme listet vorliegende Untersuchungen der vergangenen Jahre zu Klimaanpassungs- und Klimaschutzaspekten bzw. raumplanerischen Themen mit Bezug zum Regionalverband Großraum Braunschweig auf und prüft diese hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit für REKLIBS (Tab. A 1 im Anhang).

Bereits das aktuelle RROP 2008 enthält Ziele und Grundsätze, die der Klimaanpassung dienen (ZGB 2008). Themen wie der vorbeugende Hochwasserschutz, regionale Wasserknappheit, die Verschiebung der Lebensräume von Tieren und Pflanzen oder Veränderungen im Tourismusverhalten werden nicht nur thematisch behandelt, sondern für diese textliche wie auch zeichnerische Festlegungen in Form von Vorranggebieten (VR) und Vorbehaltsgebieten (VB) getroffen (z.B. zu Hochwasserschutz, Trinkwassergewinnung, Natura 2000 und Erholung). Diese Festlegungen stellen eine Basis für die Neuaufstellung des RROP dar, das mit Hilfe aktueller Informationen zu den Auswirkungen des Klimawandels und daraus resultierenden Betroffenheiten in den jeweiligen Handlungsfeldern weiterentwickelt werden soll.

Aus dem Klimafolgenmanagement in der Metropolregion ergeben sich Anknüpfungspunkte insb. für die Themen Wasserknappheit und Naturschutz (LBEG 2011). Das daran anschließende Projekt „EnerKlim“ befindet sich in Bezug auf Informationen zur Klimaanpassung dagegen noch in Bearbeitung, sodass diese für REKLIBS nicht verwendet werden können. Für die Neuaufstellung des RROP sollten sie allerdings berücksichtigt werden.

Überregionale Untersuchungen weisen keinen konkreten Raumbezug zum Verbandsgebiet Braunschweig auf, liefern jedoch für die Neuaufstellung des RROP wertvolle Hinweise. Zuvorderst ist die „Handlungshilfe klimawandelgerechter Regionalplan“ zu nennen, die eine umfassende Bestandsaufnahme vornimmt sowie potentiell übertragbare Beispiele anderer Regionalpläne aufzeigt (BMVI 2017a).

In den letzten Jahren sind im Großraum Braunschweig viele Klimaschutzmaßnahmen umgesetzt worden – sowohl auf regionaler, Landkreis- und kommunaler Ebene (vgl. Tab. A 1 im Anhang). Im Rahmen von REKLIBS sollten insb.

zu regionsweiten Klimaschutzkonzepten wie „REnKCO2“ oder dem „Masterplan 100 % Klimaschutz“ Synergieeffekte angestrebt werden, d.h. dass die Maßnahmen dem Klimaschutz, wie auch der Klimaanpassung dienen. Ebenfalls wäre die Nutzung bereits bestehender Strukturen bzw. Netzwerke zu prüfen. Um diese Verknüpfungen transparent zu machen, wurde das Masterplanmanagement des Regionalverbands in den REKLIBS-Prozess mit einbezogen. Darüber hinaus gibt es wenig Anknüpfungspunkte, da Klimaanpassungsmaßnahmen i.d.R. einen anderen Fokus legen als Klimaschutzmaßnahmen. Ferner sind gerade Maßnahmen kommunaler Klimaschutzkonzepte kaum auf regionale Ebene zu übertragen.

2.2 Technisch - Welche Ansätze gibt es in Deutschland für klimawandelgerechte Regionalpläne?

Die im Zuge des Klimawandels zu beobachtenden und prognostizierten Veränderungen meteorologischer Parameter wirken oftmals kleinräumig, sind dabei jedoch meist das Resultat eines komplexeren, großräumigen Prozessgeschehens (Stadt-/Umland-Beziehungen, Flussgebiete, etc.) und können keinesfalls isoliert und losgelöst von dem sie umgebenden Raum betrachtet werden. Wie Kapitel 2.3 zeigt, kann (und muss) eine Anpassung an den Klimawandel entsprechend auf mehreren räumlichen Ebenen erfolgen – von bundes- bzw. länderweiten Strategien über regionale Studien und Konzepte bis hin zu kommunalen Analysen. Dabei nimmt die Regionalplanung, als querschnittsorientierte Planung und Vermittlerin zwischen verschiedenen räumlichen Ebenen sowie öffentlichen und privaten Akteuren, eine besondere Rolle ein. Die (vorsorgende) Integration der Klimaanpassung in Regionalpläne stellt somit eine wichtige Zukunftsaufgabe dar (BMVI 2017a).

Mit einem „Handlungskonzept“ hat sich aus diesem Grund auch die Ministerkonferenz für Raumordnung (MKRO) explizit diesem Thema gewidmet. In dem Konzept sind die im Zusammenhang mit der Klimaanpassung wichtigsten raumordnerischen Handlungsfelder sowie deren jeweiligen Schwerpunkte und Instrumente für die Raumplanung zusammengestellt (MKRO 2013). Von den von der MKRO identifizierten sieben Handlungsfeldern sind fünf für das Gebiet des Regionalverbands Großraum Braunschweig als planungsrelevant² zu bewerten:

- Vorbeugender Hochwasserschutz in Flussgebieten

²) Die beiden weiteren Handlungsfelder lauten „Küstenschutz“ und „Schutz der Berggebiete (insb. Alpenraum)“.

- Schutz vor Hitzefolgen in Siedlungsbereichen (bioklimatische Belastungsgebiete)
- Regionale Wasserknappheit
- Veränderungen im Tourismusverhalten
- Verschiebung der Lebensräume von Tiere und Pflanzen

Auf dieser Grundlage wurden im Rahmen des MORO-Forschungsprojekts³ „Klimawandelgerechter Regionalplan“ (KlimREG) Notwendigkeiten und Möglichkeiten für Festlegungen zur Klimaanpassung in Regionalplänen untersucht. Hierzu wurde die bestehende Planungspraxis ausgewertet und die hieraus entwickelten Vorschläge und Ergebnisse u.a. im Zuge von Workshops in drei Praxistest-Regionen erprobt. Als Endprodukt der Forschungsreihe wurde die „Handlungshilfe Klimawandelgerechter Regionalplan“ erarbeitet, die zunächst einen Überblick über bestehende klimarelevante Festlegungen und ihre Wirkungen gibt (BMVI 2017a). Darauf aufbauend dokumentiert sie in Instrumentenstreckbriefen sowohl innovative Regelungsinhalte bestehender Regionalpläne (*Good Practice*), als auch Vorschläge zu weiterentwickelten Festlegungen (*Innovationen*).

2.2.1 Empfehlungen für einen klimawandelgerechten Regionalplan

Im Folgenden werden die für REKLIBS relevanten Erkenntnisse des KlimREG-Projekts zusammengefasst und potentiell übertragbare raumordnerische Instrumente anderer Regionalpläne im Hinblick auf die Neuaufstellung des RROP für den Großraum Braunschweig aufgezeigt.

Im **idealtypischen Ablauf zur Einbindung von Klimaanpassungsthemen** in die Regionalplanung steht zu Beginn eine regionale Betroffenheitsanalyse einzelner (siedlungs-) klimatischer Parameter durch den Klimawandel, die mittels einer vertieften Datenanalyse hernach eine rechtssichere Begründung von Festlegungen ermöglicht (**Vulnerabilitätsanalyse**). Teilweise verfügen die betroffenen Fachplanungen bereits über Daten zu einzelnen, sie betreffenden Handlungsfeldern (z.B. zu Hochwassergefahren). In diesem Fall sollte die bestehende Praxis, diese Daten frühzeitig einzubeziehen, weiterverfolgt werden. Entsprechende Analysen sollten mit informellen Beteiligungsverfahren verbunden werden, um u.a. frühzeitig Konflikte zwischen Erfordernissen der Klimaanpassung und gemeindlichen Vorstellungen bspw. zur Siedlungsentwicklung zu identifizieren (**Partizipation**; BMVI 2017a). In diesem Zusammen-

hang sollte jedoch betont werden, dass Klimaanpassung ein zwingender Baustein einer nachhaltigen und qualitativ hochwertigen Siedlungsentwicklung ist. Darüber hinaus formuliert die „Handlungshilfe Klimawandelgerechter Regionalplan“ konkrete Empfehlungen bspw. zur Anwendung von Zielen, Grundsätzen und Vorrang- bzw. Vorbehaltsgebieten in Regionalplänen.

Klimamodelle werden immer genauer und erlauben mittlerweile regionale Aussagen. Gleichwohl bleiben weiterhin Unsicherheiten bezüglich der Folgen des Klimawandels bestehen und die Prognosen beinhalten gewisse Spannbreiten (vgl. Kap. 3). Um ihren Vorsorgeauftrag gerecht zu werden, wird der Regionalplanung jedoch ein **mutigerer Umgang mit den Projektionen des Klimawandels** angeraten. Dies gilt auch in Bezug auf unsichere Aussagen (BMVI 2017a).

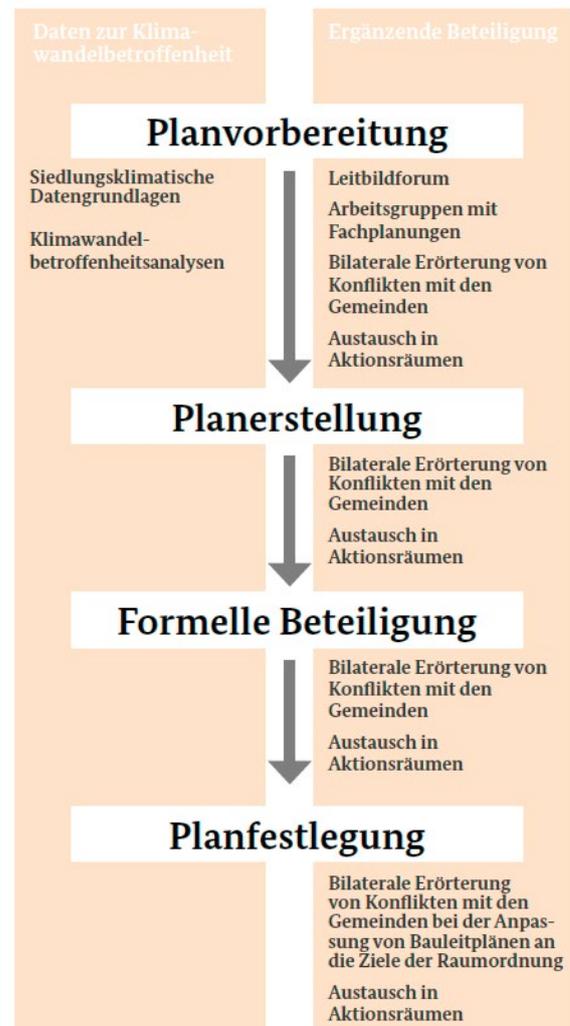


Abb. 2: Idealtypischer Prozess zur Erstellung eines klimawandelangepassten Regionalplans (BMVI 2017a)

3) Aktionsprogramm „Modellvorhaben der Raumordnung“ (MORO) des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI).

Um Unsicherheiten zu begegnen, sollten regionale Betroffenheitsanalysen verschiedene Szenarien verwenden, darunter extreme Entwicklungen, welche die mögliche Spannweite klimatischer Veränderungen abbilden. Damit bekommt die Regionalplanung eine breitere Informationsgrundlage, die ihr Entwicklungsoptionen bei verschiedenen Ausprägungen der Klimaparameter ermöglicht. Sollten z.B. in der Zukunft aufgrund geänderter Rahmenbedingungen im Regionalplan getroffene restriktive Festlegungen für bestimmte Flächen nicht mehr erforderlich sein, so könnten sie auf dieser Grundlage zurückgenommen werden (BMVI 2017a).

Die „Handlungshilfe Klimawandelgerechter Regionalplan“ spricht neben den genannten übergreifenden Empfehlungen auch konkrete Festlegungsmöglichkeiten der Regionalplanung zur Klimaanpassung an (BMVI 2017a). So sollten entsprechend der raumordnungsrechtlichen Trinität aus „entwickeln“, „sichern“ und „ordnen“ im Regionalplan zum einen für die Klimaanpassung überörtlich bedeutsame Flächen gesichert werden (**Sicherungs- und Ordnungsfunktion**, z.B. bestehende Retentionsflächen, Kaltluftaustauschgebiete). Zum anderen kann es erforderlich sein, Flächennutzungen zu verändern, um bestehenden und zukünftigen Gefahren infolge der klimatischen Veränderungen zu begegnen (**Entwicklungsfunktion**, z.B. Rückgewinnung von Flächen für die Retention von Hochwasser). Gerade die **langfristige Sicherung** von Freiflächen und ihrer Funktionen für eine klimaangepasste Entwicklung muss im Sinne einer nachhaltigen Raumentwicklung gem. § 1 Abs. 2 ROG eines der Ziele der Raumordnung sein. Einige aktuelle Regionalpläne weisen bereits entsprechende Festlegungen auf (Tab. 2, Seite 17).

Der (regionalen) Raumordnung steht zur Erfüllung dieser Aufgaben das bekannte Instrumentarium textlicher und zeichnerischer Grundsatz- und Zielfestlegungen, u.a. mit Hilfe raumkonkreter Planzeichen, zur Verfügung. Im Hinblick auf die Entwicklung, Sicherung und Ordnung klimarelevanter Raumfunktionen sind drei verschiedene Handlungsstrategien voneinander zu unterscheiden.

- Nutzung bestehender monofunktionaler und multifunktionaler Planzeichen
- Entwicklung innovativer monofunktionaler Planzeichen auf Basis bereits heute bestehender Belastungen/Funktionen
- Entwicklung innovativer monofunktionaler Planzeichen auf Basis prognostizierter Entwicklungen im Zuge des Klimawandels

Neben monofunktionalen, in der Regel neu zu entwickelnden Planzeichen, die klimarelevante Zielsetzungen räumlich abbilden, sind also mithin gerade bestehende **multifunktionale** Planzeichen, wie bspw. die regionalen Grünzüge oder das VR Freiraumfunktionen, als durchsetzungsfähige Instrumente zur regionalen Klimaanpassung geeignet. Sie bieten gegenüber neu zu entwickelnden Planzeichen den Vorteil, dass Wirkungsweise und Rechtmäßigkeit bekannt und auf den nachfolgenden (kommunalen) Planungsebenen anerkannt sind. Ein weiterer Vorteil multifunktionaler Festlegungen besteht darin, dass diese Planzeichen unter dem Aspekt der Klimaanpassung als „**No-Regret-Maßnahmen**“ zu verstehen sind. Entsprechend werden multifunktionale Festlegungen in der „Handlungshilfe Klimawandel-gerechter Regionalplan“ als eigenes Handlungsfeld der Klimaanpassung gesehen (BMVI 2017a).

Auf der anderen Seite können monofunktionale, allein auf die Klimaanpassung ausgerichtete Festlegungen als „No-Regret-Maßnahmen“ verstanden werden, sofern sie bereits heute im regionalen Maßstab signifikant belastete Wirkräume oder überörtlich bedeutende Klimafunktionen sichern oder weiterentwickeln. Die vorliegenden Klimaprojektionen können für derartige Festlegungen als zusätzlich verstärkender Begründungshintergrund genutzt werden, begründen die Festlegung jedoch nicht alleine. Eine besondere – auch rechtliche – Herausforderung stellen indes monofunktionale Festlegungen dar, die sich allein auf zukünftig erwartete Funktionen, (Gefährdungs) Situationen oder Wirkungen stützen. Es handelt sich in diesen Fällen um Planungsentscheidungen unter Prognoseunsicherheiten, die im Zuge der Abwägung und Begründung derartiger Festlegungen entsprechend zu würdigen und insbesondere den rechtlichen Wirkungen gegenüber der kommunalen Planungsebene gegenüberzustellen sind. An dieser Stelle besteht gegenwärtig noch eine erhebliche Rechtsunsicherheit.

REKLIBS greift die Empfehlungen zur Prozesssteuerung auf. So wird mit der Aktualisierung der regionalen Klimanalyse eine räumlich hoch aufgelöste Datenbasis zum Kaltluftprozessgeschehen und der Überwärmung des Siedlungsraums geschaffen, die neben dem aktuellen auch

4) No-Regret-Maßnahmen werden ergriffen, um negative Auswirkungen zu vermeiden oder mindern. Der gesellschaftliche Nutzen der Maßnahme ist auch dann gegeben, wenn der eigentliche Grund für die ergriffene Maßnahme nicht im erwarteten Ausmaß zum Tragen kommt. Bezogen auf den Klimawandel bedeutet dies, dass die Maßnahmen selbst dann ökonomisch, ökologisch und/oder sozial sinnvoll sind, wenn die Auswirkungen des Klimawandels weniger stark ausgeprägt ausfallen als heute angenommen.

einen zukünftigen Zustand abbildet. Zusätzlich werden die regionalspezifischen, erwarteten Änderungen des Klimawandels für eine Vielzahl meteorologischer Parameter bereitgestellt, auf deren Grundlage ggf. auch für weitere Handlungsfelder regionale Vulnerabilitätsanalysen durchgeführt werden könnten.

2.2.2 Beispiele klimagerechter Festlegungen in Regionalplänen

Die „Handlungshilfe Klimawandelgerechter Regionalplan“ sieht den vorbeugenden Hochwasserschutz, Schutz vor Hitzefolgen in Siedlungsbereichen, die regionale Wasserknappheit sowie übergreifende „Multifunktionale Festlegungen“ als gegenwärtig von besonderer Bedeutung für die Regionalplanung an (BMVI 2017a). Entsprechend konzentriert sich KlimAREG auf diese Handlungsfelder, nimmt eine detaillierte Bestandsaufnahme zur Planungspraxis vor und leitet Good Practice-Beispiele sowie Innovationen ab, während für die übrigen Handlungsfelder lediglich ein kurzer Überblick über regionalplanerische Optionen zur Anpassung an den Klimawandel gegeben wird. In Verbindung mit den Erkenntnissen einer Literaturrecherche bestehender Regionalpläne, bilden diese Ergebnisse die Basis für den folgend aufgeführten Überblick klimagerechter Instrumente in der Regionalplanung (vgl. Tab. 2, Seite 17).

Im **„Vorbeugenden Hochwasserschutz“** besteht mit der Wasserwirtschaft eine starke Fachplanung, die sich mit ihren Handlungen zur Klimaanpassung zunehmend auf Bundes- bzw. Landesrecht stützen kann (z.B. Umsetzung der Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie). Auch wenn die Regionalplanung aufgrund ihrer administrativen Grenzen nicht immer gesamte Flusseinzugsgebiete im Blick haben kann⁵, ist es eine Aufgabe der Raumordnung, den vorsorgenden Hochwasserschutz in das Gefüge aller Raumnutzungen einzustellen (hierzu §1 ROG und §2 Abs. 2 Nr. 6 ROG). So kann sie z.B. präventiv Flächen für die Retention oder Verringerung von Schadenspotenzialen sichern und damit über wasserrechtliche Vorschriften hinausgehen (BMVI 2017a). Innerhalb des Handlungsfeldes wurden im MORO-Forschungsprojekt Schwerpunkte identifiziert, die als Ziele im Umgang bzw. zur Prävention von Flusshochwassern zu verstehen sind (BMVI 2017b): Sicherung vorhandener bzw. Rückgewinnung von Überschwemmungsbereichen als Retentionsraum, Risikovorsorge in potenziellen Überflutungsbereichen, Verbesserung

des Wasserrückhalts in der Fläche der Einzugsgebiete der Flüsse sowie Sicherung potenzieller Standorte für Hochwasserschutzmaßnahmen. Weiterhin wurden Themen wie Siedlungsrückzug oder Lastenausgleich in der Hochwasservorsorge, die in der derzeitigen Planungspraxis nur in seltenen Ausnahmefällen anzutreffen sind, aufgegriffen und mögliche Strategien bzw. Anknüpfungspunkte für die Regionalplanung untersucht. Als Ergebnis wurden dabei u.a. folgende raumordnerischen Empfehlungen herausgearbeitet (BMVI 2017b):

- Festlegungen von Überschwemmungsbereichen auf Basis HQ_{100} bzw. HQ_{200} als Vorranggebiete
- Festlegungen von Extremhochwasserbereichen zumindest als Vorbehaltsgebiete
- Festlegungen von Flächen zur Rückgewinnung von Retentionsraum, die auch andere, am Abflussgeschehen beteiligte Auenbereiche einbeziehen sollten (nicht nur HQ_{100} -Kulisse)
- Festlegungen zur Risikovorsorge in potentiellen Überflutungsbereichen, die sich auf deichgeschützte Gebiete und die bei HQ_{extrem} überflutungsgefährdeten (bebauten) Räume beziehen und die Gefährdungintensität sowie Empfindlichkeit der Raumnutzungen bzw. Raumfunktionen berücksichtigen
- Rücknahme noch nicht realisierter Baugebiete in Überschwemmungsbereichen
- Ausschluss kritischer Infrastrukturen in überflutungsgefährdeten (bebauten) Räumen

Raumkonkrete Festlegungen zum Hochwasserschutz finden sich in allen untersuchten Regionalplänen, meist in Form von VR bzw. VB „(Vorbeugender) Hochwasserschutz“. In der Regel geht es dabei um die Sicherung vorhandener Überschwemmungsgebiete bzw. Rückgewinnung natürlicher Retentionsräume, so u.a. als Ziel im aktuellen RROP des Regionalverbands Großraum Braunschweig formuliert (ZGB 2008; III 2.5.4. (4-8)). Über die reine Sicherungsfunktion hinaus geht darin die textliche Festsetzung, *dass noch nicht durch rechtskräftige Pläne umgesetzte bzw. in Anspruch genommene und vom VR Hochwasserschutz überlagerte Siedlungsflächen im Flächennutzungsplan, vorrangig wieder dem Abfluss- bzw. Retentionsraum zuzuführen sind* (Ziel 2.5.4. (6)).

Bei der Frage, wie sich die genannten Empfehlungen in konkrete raumplanerische Instrumente des vorbeugenden Hochwasserschutzes umsetzen lassen, bietet der im Entwurf befindliche RP Leipzig-West Sachsen (2017)

5) Entsprechend trägt die grenzübergreifende Abstimmung der Raumordnungspläne gemäß § 7 Abs.2 Satz 3 ROG zur Beachtung der Erfordernisse großräumiger Flusseinzugsgebiete bei.

Orientierung. Darin werden nicht nur Flächen über das VR „Hochwasserschutz (Überschwemmungsbereich)“ gesichert, sondern durch die Aufnahme der VR sowie VB „Hochwasserschutz (Risikobereich)“ auch hochwassergeschützte Flächen beachtet, die bei Extremereignissen gefährdet sein könnten (z.B. beim Versagen bestehender Schutzeinrichtungen; vgl. Abb. 3). Bei Planungen ist in diesen Gebieten das Überschwemmungsrisiko zu berücksichtigen (hochwasserangepasste Maßnahmen). Weiterhin haben „Gebiete mit hohem Schutzbedarf gegenüber Hochwasser“ bzw. „Regionale Schwerpunktbereiche für die Minderung bestehender Gefahrenpotenziale im Hochwasserfall“ u.a. den Schutz kritischer Infrastrukturen bzw. ggf. sogar Rückbau hochwassereponierter Anlagen zum Ziel (Tab. 2). Diese Festlegungen beruhen u.a. auf einer 2011 durchgeführten Vulnerabilitätsanalyse und zielen konsequent auf den Schutz vor zukünftig potentiell verstärkt auftretenden Hochwasser- bzw. Starkregenereignissen ab.

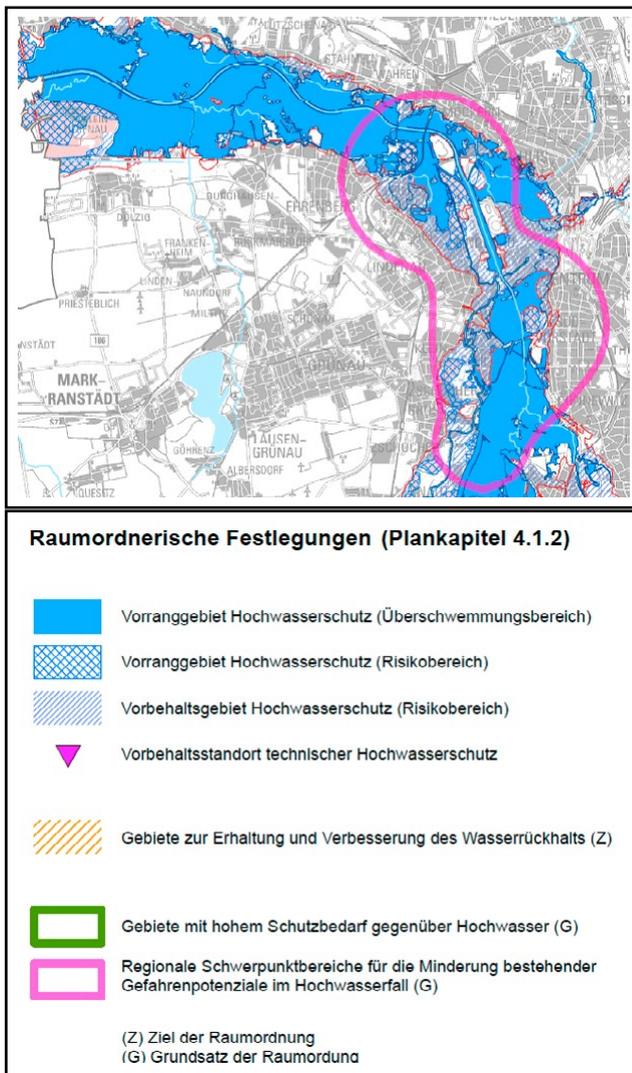


Abb. 3: Auszug aus der Karte 12 „Hochwasserschutz“ des RP-Entwurfs Leipzig-West Sachsen (verkürzte Legende; RPLW 2017)

Ähnliches gilt für eine Maßnahme des technischen Hochwasserschutzes im RP Südwestthüringen (2012), die der vorsorgenden Ergänzung des Wasserrückhaltes dienen soll. Darin werden raumkonkrete „Standorte für Talsperren, Rückhaltebecken und Flutungspolder“ festgelegt, die teilweise als verbindliches Ziel (Standort für ein Rückhaltebecken) bzw. Grundsätze (Errichtung von Talsperren und Rückhaltebecken) fungieren und bei denen es sich um *prädestinierte Standorte für den Hochwasserrückhalt bzw. die Trinkwassergewinnung handelt, die für zukünftige Aufgaben der Wasserwirtschaft freigehalten werden sollen* (Tab. 2).

Diese Übersicht kann als Vorbild bei der Neuaufstellung des RROP im Großraum Braunschweig dienen, wobei die Beispiele auf ihre Übertragbarkeit hin zu prüfen und ggf. regionsspezifische Instrumente zu entwickeln sind. Mit ihren „Innovationen“ möchte die „Handlungshilfe Klimawandelgerechter Regionalplan“ ermutigen, dass es sich dabei auch um gänzlich neue Festlegungen bzw. Planzeichen handeln kann. Die für den vorbeugenden Hochwasserschutz vorgeschlagenen Innovationen haben u.a. in ihrer Intensität steigende Hochwasserereignisse (mögliches VR „Freihaltung potentieller Retentionsflächen“) bzw. die Verknüpfung zu anderen Handlungsfeldern im Blick (mögliches VR „Rückhalt von Niederschlagswasser und Verhinderung von Erosion“; vgl. Tab. 2 bzw. BMVI (2017a)).

Die Instrumente im Bereich Wasser beschränken sich derzeit auf Fluss-Hochwasser und die zugrundeliegenden Prozesse. Die Klimamodelle geben jedoch deutliche Hinweise, dass insbesondere die Niederschlagsintensitäten zunehmen und kurzfristige Extremereignisse an Bedeutung gewinnen (Sturzfluten). Hiervon sind häufig topographisch ungünstig gelegene, stark versiegelte Siedlungsbereiche oder auch Siedlungen an kleinen, begradigten Bächen betroffen. Diesen Bereichen sollte künftig auch die Regionalplanung ihre Aufmerksamkeit widmen.

Im Gegensatz zum Hochwasserschutz besitzt der „**Schutz vor Hitzefolgen in Siedlungsbereichen**“ keine verbindlich zuständige starke und eigenständige Fachplanung auf regionaler Ebene und wird von Planungsträgern eher im übergreifenden Zusammenhang und noch selten mit hinreichendem Gewicht aufgegriffen. Hier bietet sich ein kooperatives Vorgehen zwischen Regionalplanung und Kommunen an. Denkbar ist etwa, dass die Regionalplanung die überörtlich bedeutsamen Risiken ermittelt und zudem den Kommunen als Dienstleister in Bezug auf Analyse-Daten zur Seite steht. Einige Großstädte besitzen zwar eigene Stadtklima-Abteilungen, jedoch erfordert die sachgerechte Analyse von Luftaustauschbeziehungen zwischen Stadt

und Umland eine in der Regel über die administrativen Grenzen von Städten hinausgehende Betrachtungsweise. Hier kann und sollte eine entwicklungsorientierte Regionalplanung tätig werden. In der gegenwärtigen Planungspraxis werden die Belange der Hitzevorsorge häufig durch multifunktionale Raumordnungsgebiete mit abgedeckt (bspw. Regionale Grünzüge; s.u.). Gleichwohl enthalten einige Regionalpläne auch Festlegungen, die unmittelbar auf die Reduktion bioklimatischer Belastung abzielen (etwa die Ausweisung von Kaltluftentstehungsgebieten und regional bedeutsamen Leitbahnen, vgl. Tab. 2). Dabei sind rein textliche von raumkonkreten Festlegungen zu unterscheiden.

Bereits 2003 wurden im RP Mittlerer Oberrhein textliche Festlegungen zur Sicherung „Bioklimatisch wichtiger Bereiche“ getroffen (u.a. Flächen für den Luftaustausch), in denen z.B. bei *Nutzungsänderungen [...] der Nachweis ihrer bioklimatischen Unbedenklichkeit zu erbringen [ist]*. Ähnliche textliche Grundsätze (mit und ohne konkreten Raumbezug) zur Erhaltung von Kaltluft- bzw. Frischluftentstehungsgebieten und Frischluftabflussbahnen tauchen auch in anderen Regionalplänen auf, dabei verweist bspw. der RP Oberes Elbtal-Osterzgebirge (2009) explizit auf den Klimawandel: *Die Funktionsfähigkeit der siedlungsklimatisch bedeutsamen Bereiche ist, auch unter Beachtung des prognostizierten Klimawandels [...] zu erhalten*. Einen Schritt weiter geht der RP Mittelhessen (2010) mit der Festlegung von VB „für besondere Klimafunktionen“, in denen u.a. Planungen vermieden werden sollen, *die die Durchlüftung von klimatisch bzw. lufthygienisch belasteten Ortslagen verschlechtern können*. Im Entwurf des RP Leipzig-West Sachsen (2017) rückt durch raumkonkrete Ziele die Wirkung auf (belastete) Siedlungsbereiche noch mehr in den Mittelpunkt. So soll der Übergang „Siedlungsklimatisch bedeutsamer Bereiche“

in das Siedlungsgefüge so berücksichtigt werden, dass ihr Wirkungsbereich möglichst tief in die Siedlung hineinreicht. Auch sind „Gebiete zur Erhöhung des Anteils an klimatischen Komfortinseln“ *im Rahmen der Bauleitplanung zu konkretisieren, damit die Voraussetzungen für die Neuanlage von Grünflächen oder Wald – vorzugsweise auf Brachflächen – geschaffen werden* (Z. 4.1.4.1 und 2; Tab. 2).

Als Innovation wird ein VR „Kaltluft“ in Betracht gezogen, um die Funktionsfähigkeit entsprechender Flächen zukünftig noch stärker zu schützen (vgl. BMVI 2017a). Bei derartig weitgehenden und konkreten monofunktionalen Zielfestlegungen muss jedoch im Einzelfall kritisch geprüft werden, ob die zugrundeliegenden (Modell-) Daten für solch weitgehende Eingriffe in die nachfolgenden Planungsebenen hinreichend sind. Für Ziel-Festlegungen der Raumordnung bestehen grundsätzlich erhöhte rechtliche Anforderungen an Qualität und Detaillierungsgrad der Datengrundlage, räumliche und sachliche Bestimmtheit sowie die Abwägung. Je höher die Verbindlichkeit/ Steuerungswirkung einer getroffenen Festlegung und je stärker damit der Eingriff in die Planungshoheit der Kommune bzw. private Eigentumsrechte ist, desto umfassender sind diese Festlegungen abzuwägen sowie sachlich und fachlich zu begründen. Festlegungen, die bereits die Effekte des Klimawandels in ihren Begründungs- und Zielhorizont einbeziehen, sind naturgemäß von Prognoseunsicherheit gekennzeichnet. In Bezug zu den Ziel-Festlegungen müssen auch hier die gesetzlich geforderten Anforderungen nach Bestimmtheit und dem weitreichenden Eingriff derartiger Festlegungen erfüllt sein. Dies gilt insbesondere in Hinsicht auf die kommunale Planungshoheit. Der raumordnerische Vorsorgeansatz gebietet es jedoch, Vorsorge für einzelne Nutzungen und Funktionen des Raums zu treffen.

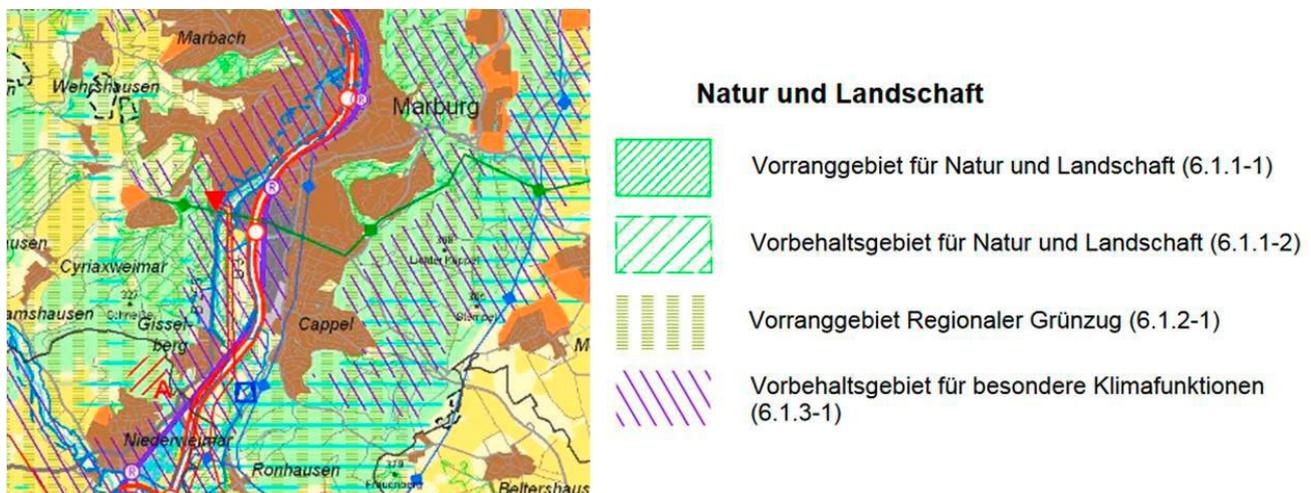


Abb. 4: Auszug aus dem RP Mittelhessen für die Gemeinde Marburg mit einem Beispiel der VB „für besondere Klimafunktionen“ (verkürzte Legende; RPM 2010)

In Bezug auf den Klimaschutz und die Klimaanpassung bietet sich die Einbeziehung von Klima-Projektionen in die raumordnerische Planung und die Ableitung von hierfür geeigneten Ziel-Festlegungen an. Auf dieser Grundlage abgeleitete Zielfestlegungen müssen sich jedoch wie jedes andere Ziel im Regionalplan auch an die raumordnungsrechtlichen Anforderungen wie Bestimmtheit und Abwegigkeit richten.

Das geltende RROP des Regionalverbands Großraum Braunschweig schreibt der siedlungsbezogenen Freiraumentwicklung wichtige klimaökologische Funktionen zu (kaltluftproduzierende Flächen und Kaltluftleitbahnen; III 1.2 (3-4)) und sichert diese zusammen mit weiteren Freiräumen besonderer ökonomischer, ökologischer oder sozialer Funktionen über VR „Freiraumfunktionen“. Diese nehmen eine ähnliche Stellung wie Regionale Grünzüge in vielen anderen Regionalplänen ein (u.a. RP Oberes Elbtal-Osterzgebirge 2009, Regionaler FNP Städteregion Ruhr 2009, RP Region Stuttgart 2009) und entsprechen dem in der „Handlungshilfe Klimawandelgerechter Regionalplan“ formulierten **„Multifunktionalen Festlegungen“**.

In Bezug auf **„Regionale Wasserknappheit“** besitzt die Regionalplanung Gestaltungsraum über Festlegungen zur Sicherung der Grundwasservorkommen sowie zur Nutzung des (Grund-) Wassers (BMVI 2017a). Der Klimawandel könnte sich über mehrere Ebenen auf das Handlungsfeld auswirken und dessen Bedeutung noch weiter erhöhen. Dabei sind auch Auswirkungen auf die Wasserqualität denkbar.

Auch für dieses Handlungsfeld greift die wasserwirtschaftliche Fachplanung verbunden mit gesetzlichen Anforderungen – so ergibt sich bspw. aus der EG-Wasser-Rahmenrichtlinie das Ziel eines guten chemischen bzw. mengenmäßigen Zustands des Grundwassers (Umwelt NDS 2018). Diese Vorgaben nimmt das aktuelle RROP des Regionalverbands Großraum Braunschweig mit dem Ziel auf, dass *in den Maßnahmenprogrammen gemäß der WRRL und zur Erreichung der gemäß WHG festgelegten Bewirtschaftungsziele für den Grundwasserschutz [...] die Ziele der Raumordnung zu beachten [sind]* (III 2.5.2 (2)). Zur Deckung des Bedarfs an Trink- und Brauchwasser sind darüber hinaus VR „Trinkwassergewinnung“ festgelegt. Ergänzt werden diese um gleichnamige Vorbehaltsgebiete, die zur *langfristige[n] Sicherung der Trinkwasserversorgung [...] gegenüber unvorhersehbaren Entwicklungen vorsorglich geschützt werden* sollen (III 2.5.2 (6-7)). Damit erfüllt das RROP bereits die vorsorgliche Sicherung von Flächen für die Trinkwassergewinnung.

Weitere Möglichkeiten liegen in der regionalplanerischen Sicherung von Grundwasservorkommen, indem Festlegungen auf grundwasserschonende Flächennutzungen hinwirken (z.B. Flächenversiegelung reduzieren) oder wasserintensive Nutzungen ausgeschlossen werden (BMVI 2017a). Ein Beispiel dafür stellen „VB zur Sicherung von Wasservorkommen“ der RP Region Stuttgart (2009) dar, in denen durch ein Fachgutachten *nachzuweisen [ist], dass durch den geplanten Eingriff keine zeitweilige oder dauernde Beeinträchtigung des Wasservorkommens in qualitativer oder quantitativer Hinsicht erfolgt* (Tab. 2).

Im Großraum Braunschweig dürfte im Wesentlichen der Harz von **„Veränderungen im Tourismusverhalten“** betroffen sein, sowohl in Form von Risiken für den Winter als auch Chancen für den Sommertourismus. Zudem sind Auswirkungen auf Naherholungsgebiete zu erwarten, darunter einerseits Einschränkungen in der Nutzung bspw. infolge steigender Brandgefahr, durch Astbrüche oder Überschwemmungen. Andererseits ist bei zunehmenden Hitzeperioden von einer höheren Nachfrage und damit verstärkter Inanspruchnahme auszugehen, was einen steigenden Pflegeaufwand zur Folge hätte.

Der Klimawandel wird sich voraussichtlich auf die Biodiversität im Großraum Braunschweig auswirken, etwa über eine **„Verschiebung der Lebensräume von Tieren und Pflanzen“** bis hin zu deren Aussterben bzw. Einwanderung wärmeliebender Arten. Dahingehend wird ein Handlungsschwerpunkt in der Sicherung eines regions- und länderübergreifenden, funktional zusammenhängenden Netzes ökologisch bedeutsamer Freiräume gesehen.

Über die Regionalplanung könnte dies, basierend bspw. auf Landschaftsrahmenplänen sowie dem Landesraumordnungsprogramm, anhand der Festlegung entsprechender Flächen als VR Biotopverbund, mithin ergänzt durch VR und VB für „Natur und Landschaft“ erfolgen. Das geltende RROP des Großraums Braunschweig verfolgt diesen Gedanken und enthält Festlegungen zu diesen Freiraumnutzungen sowie übergreifend in Form der VR „Freiraumfunktionen“. Letztere sind als „Multifunktionale Festlegungen“ anzusehen, für die auch in diesem Handlungsfeld Anknüpfungspunkte bestehen. Genau wie der Tourismus, werden die Auswirkungen auf Lebensräume ebenfalls im Rahmen der Aktualisierung des Freiraumentwicklungskonzepts (FREK) behandelt.

Tab. 2: Auswahl bestehender Festlegungen in Regionalplänen für die für REKLIBS relevanten Handlungsfelder, die Orientierung bei der Erstellung eines klimagerechten Regionalplans bieten können (eigene Recherche; Grundlage waren BMVI (2017a) sowie folgende Planwerke: RP Regionalverband Mittlerer Oberrhein (2003), RP Oberes Elbtal/Osterzgebirge (2009), Regionaler FNP Städteregion Ruhr (2009), RP Region Stuttgart (2009), RP Mittelhessen (2010), RP Südwestthüringen (2012) und RP Leipzig-West Sachsen (2008 bzw. Entwurf 2017)).

Festlegungen in den Handlungsfeldern	Erläuterung	Quelle
Vorbereitender Hochwasserschutz in Flussgebieten		
VR Hochwasserschutz (Überschwemmungsbereich)	[Die VR] sind von Bebauung freizuhalten. Innerhalb [der VR] soll die Errichtung von Anlagen der Infrastruktur, die den Wasserabfluss behindern können oder Rückhalteraum nicht ausgleichbar einschränken, ausgeschlossen sein.	RP Leipzig-West Sachsen 2017 (Entwurf): Z 4.1.2.16
VR Hochwasserschutz (Risikobereich) = (un)besiedelte Flächen, die bei einem HQ_{extrem} Überflutungstiefen von mehr als 2 m bzw. einen spezifischen Abfluss von mehr als $2 \text{ m}^3/\text{s}$ aufweisen	In den [VR] sollen nur Bauleitplanungen erfolgen, die der Erhaltung, der Erneuerung, der Anpassung oder dem Umbau von vorhandenen Ortsteilen dienen. Dabei sind hochwasserangepasste Maßnahmen vorzusehen.	RP Leipzig-West Sachsen 2017 (Entwurf): Z 4.1.2.18
VB Hochwasserschutz (Risikobereich) = (un)besiedelte Flächen außerhalb VR (Überschwemmungsbereich), die bei HQ_{extrem} oder Versagen von Schutzeinrichtungen bzw. besiedelte Flächen außerhalb VR (Risikobereich), die bei HQ_{100} überschwemmt werden können	Bei Planungen und Maßnahmen in [den VB] sind das bestehende Überschwemmungsrisiko einschließlich der Gefahren des Versagens bestehender Schutzeinrichtungen sowie die Rückgewinnung ehemaliger Retentionsflächen zu berücksichtigen.	RP Leipzig-West Sachsen 2017 (Entwurf): G 4.1.2.19 und .20
G Gebiete mit hohem Schutzbedarf gegenüber Hochwasser	Sensitive Nutzungen und kritische Infrastrukturen [sollen] durch Maßnahmen des vorsorgenden und technischen Hochwasserschutzes vor überschwemmungsbedingten Beeinträchtigungen geschützt werden.	RP Leipzig-West Sachsen 2017 (Entwurf): G 4.1.2.22
G Regionale Schwerpunktbereiche für die Minderung bestehender Gefahrenpotenziale im Hochwasserfall	Hochwassere exponierte Anlagen [sollen] zurück- oder umgebaut werden bzw. der Neubau von Anlagen hochwasserangepasst erfolgen.	RP Leipzig-West Sachsen 2017 (Entwurf): G 4.1.2.22
Z Standorte für Talsperren, Rückhaltebecken und Flutungspolder (raumkonkret)	(Teilweise verbindlich) ausgewiesene Standorte sollen für die Errichtung von Talsperren und Rückhaltebecken zur vorsorgenden Ergänzung des Wasserrückhaltes gesichert werden.	RP Südwestthüringen 2012: Z 4-3 bzw. G 4-10
Innovation „VR Hochwasserabfluss und –rückhalt“	In den [VR] sind Maßnahmen oder Nutzungen ausgeschlossen, die einzeln oder im Zusammenwirken mit anderen bestehenden oder geplanten Maßnahmen und Nutzungen die Überflutung durch Hochwasser verstärken oder die Hochwasserrückhaltung oder den Hochwasserabfluss negativ beeinträchtigen können.	Handlungshilfe Klimawandelgerechter Regionalplan (BMVI 2017a)
Innovation „VR Freihaltung potentieller Retentionsflächen“	Die [VR...] sind von hochwasserempfindlichen oder den Abfluss behindernden Nutzungen, insbesondere von zusätzlichen Siedlungsbereichen und Bauflächen, freizuhalten.	Handlungshilfe Klimawandelgerechter Regionalplan (BMVI 2017a)
Innovation „VR Rückhalt von Niederschlagswasser und Verhinderung von Erosion“	Die [VR] sind standortgerecht und an den Klimawandel angepasst so aufzuforsten, damit Erosion vermieden und der Abfluss von Niederschlagswasser verringert wird. Nutzungen, welche dem Rückhalt von Niederschlagswasser entgegenstehen oder die Erosion fördern, sind unzulässig.	Handlungshilfe Klimawandelgerechter Regionalplan (BMVI 2017a)

Schutz vor Hitzefolgen in Siedlungsbereichen		
VB für besondere Klimafunktionen	In den [VB] sollen die Kalt- und Frischluftentstehung sowie der Kalt- und Frischluftabfluss gesichert und, soweit erforderlich, wiederhergestellt werden. Diese Gebiete sollen von Bebauung und anderen Maßnahmen, die die Produktion und den Transport frischer und kühler Luft behindern können, freigehalten werden. Planungen [...], die die Durchlüftung von klimatisch bzw. lufthygienisch belasteten Ortslagen verschlechtern können, sollen vermieden werden. [...]	RP Mittelhessen 2010: 6.1.3.-1 (G) (K)
Z Siedlungsklimatisch bedeutsame Bereiche (raumkonkret) = u.a. Gebiete hoher und sehr hoher Kaltluftproduktion i. V. m. dazugehörigen Kaltluftabflussbahnen bzw. Frischluftschneisen mit Zuordnung zu klimatischen Wirkungsräumen	Siedlungsklimatisch bedeutsame Bereiche sind als [...] „Regional bedeutsame Kaltluftentstehungsgebiete [sowie] Kaltluftabflussbahnen“ [...] festgelegt. Im Rahmen der Bauleitplanung sind die räumlichen Voraussetzungen für den Erhalt und die Schaffung klimatisch wirksamer Freiräume sowie den Luftaustausch zu schaffen. Dazu soll der Übergang der siedlungsklimatisch bedeutsamen Bereiche in das Siedlungsgefüge so berücksichtigt werden, dass ihr Wirkungsbereich möglichst tief in die Siedlung hineinreicht.	RP Leipzig-West Sachsen 2017 (Entwurf): Z 4.1.4.1
Z Gebiete zur Erhöhung des Anteils an klimatischen Komfortinseln (raumkonkret) = Gebiete mit hoher Vulnerabilität gegenüber Hitzebelastungen in urbanen Belastungsräumen	Die „Gebiete zur Erhöhung des Anteils an klimatischen Komfortinseln“ sind im Rahmen der Bauleitplanung zu konkretisieren. In ihnen sollen die Voraussetzungen für die Neuanlage von Grünflächen oder Wald – vorzugsweise auf Brachflächen – geschaffen werden.	RP Leipzig-West Sachsen 2017 (Entwurf): Z 4.1.4.2
Z Siedlungsklimatisch bedeutsame Bereiche (raumkonkret)	Die Funktionsfähigkeit der siedlungsklimatisch bedeutsamen Bereiche ist, auch unter Beachtung des prognostizierten Klimawandels , hinsichtlich Größe, Durchlässigkeit und Qualität der Vegetationsstrukturen zu erhalten . Dazu sind: „Kaltluftentstehungsgebiete“ und „Kaltluftbahnen“ von großflächigen Aufforstungen und Versiegelungen, abriegelnden Be- und Verbauungen sowie von luftschadstoffemittierenden Anlagen freizuhalten. [...] Die siedlungsklimatisch bedeutsamen Bereiche sind auch Bestandteil der Regionalen Grünzüge.	RP Oberes Elbtal-Ostergebirge 2009: 7.5.1 (Z)
G Funktionsfähigkeit klimaökologischer Ausgleichsräume sichern (Klimaschutz)	Zur Erhaltung und Verbesserung luft- und klimahygienischer Verhältnisse sollen der Bestand und die Funktionsfähigkeit klimaökologischer Ausgleichsräume (z.B. Luftaustauschgebiete, Luftleitbahnen) gesichert werden. [...] Daher sollen bauliche und zur Versiegelung beitragende Nutzungen sowie den Luftaustausch zu den Siedlungsbereichen (Wirkräumen) behindernde Maßnahmen vermieden werden.	Regionaler FNP Städteregion Ruhr 2009: Grundsatz 25
G Sicherung klimarelevanter Ausgleichsflächen	Für den Ausgleich siedlungsklimatischer Belastungen sollen wichtige Kalt- und Frischluftentstehungsflächen und Luftleitbahnen gesichert werden.	RP Region Stuttgart 2009: 3.0.10 (G)

G Bioklimatisch wichtige Bereiche (raumkonkret)	[...] sollen zur Sicherung und Verbesserung der bioklimatischen Wohlfahrtswirkungen des Naturhaushaltes erhalten oder wiederhergestellt werden. Luftaustauschbahnen und Lüftungsschneisen sollen - vor allem wenn ihr Gefälle gering ist - von Hindernissen [...] freigehalten werden. [...] Vor Nutzungsänderungen in den bioklimatisch wichtigen Bereichen ist der Nachweis ihrer bioklimatischen Unbedenklichkeit zu erbringen. Die Wälder der Rheinebene, insbesondere der Niederungen, sollen wegen ihrer günstigen Wirkungen auf das Bioklima erhalten werden.	RP Mittlerer Oberrhein 2003: 3.3.1.1 G (13-16)
Innovation „VR Kaltlufttransport“	Die Funktionsfähigkeit der [VR] ist zu erhalten und zu verbessern. Planungen und Maßnahmen, die abriegelnde Wirkungen haben oder Luftschadstoffe emittieren, sowie Aufforstungen im unmittelbaren Abflusskanal sind mit dem Vorranggebiet unvereinbar.	Handlungshilfe Klimawandelgerechter Regionalplan (BMVI 2017a)
Regionale Wasserknappheit		
VB zur Sicherung von Wasservorkommen	[Die VB] sollen gegen zeitweilige oder dauernde Beeinträchtigungen oder Gefährdungen hinsichtlich der Wassergüte und der Wassermenge gesichert werden. Sollen innerhalb eines [VB] neue Siedlungsflächen [...] geschaffen werden, so ist durch ein entsprechendes Fachgutachten nachzuweisen, dass durch den geplanten Eingriff keine [...] Beeinträchtigung des Wasservorkommens [...] erfolgt, und geeignete Verminderungs-, Vermeidungs- und Ausgleichsmaßnahmen aufgezeigt werden.	RP Region Stuttgart 2009: 3.3.6-7 (G)

2.3 Rechtlich - Welche normativen Vorgaben müssen auf Ebene der Regionalplanung berücksichtigt werden?

In der rechtlichen Bestandsaufnahme soll zunächst aufgezeigt werden, welche grundsätzlichen normativen und politisch induzierten Änderungen sich seit dem Inkrafttreten des RROP 2008 bezgl. der Berücksichtigung des Schutzgutes Klima in der regionalen Raumordnung ergeben haben und mit welchen Konsequenzen diese für den Prozess zur Neuaufstellung des RROP im Großraum Braunschweig verbunden sind.

Entwicklung der politischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen seit dem RROP 2008

Der letzte IPCC-Bericht hat wie keiner der vorhergehenden Berichte den zunehmend drängenden Bedarf an gezielten räumlichen Anpassungsstrategien an die Folgen des Klimawandels (Schlagwort „Adaption“) betont. Unter anderem heben verschiedene Schlaglichter des für politische Entscheidungsträger aufbereiteten 5. Sachstandsberichts

die Bedeutung der Klimaanpassung hervor (IPCC 2014):

- *“Ohne zusätzliche Minderungsbemühungen, die über heute bestehende hinausgehen, und trotz Anpassung wird die Erwärmung zum Ende des 21. Jahrhunderts zu einem hohen bis sehr hohen Risiko schwerwiegender, weitverbreiteter und irreversibler globaler Folgen führen (hohes Vertrauen). Minderung bedingt ein gewisses Maß an positiven Nebeneffekten sowie Risiken aufgrund nachteiliger Nebeneffekte, allerdings bergen diese Risiken nicht dieselbe Möglichkeit schwerwiegender, weitverbreiteter und irreversibler Folgen wie die Risiken des Klimawandels, womit sie die Vorteile aus kurzfristigen Minderungsbemühungen erhöhen.”*
- *“Anpassung kann die Risiken von Folgen des Klimawandels verringern, allerdings ist ihre Wirksamkeit begrenzt, insbesondere bei größerem Ausmaß und höherer Geschwindigkeit des Klimawandels. Die Wahl einer längerfristigen Perspektive – im Kontext nachhaltiger Entwicklung – erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass eher zeitnahe Anpassungsmaßnahmen auch zukünftige Handlungsoptionen und Vorsorge verbessern werden.”*

Aufbauend auf diesen veränderten wissenschaftlichen Rahmenbedingungen fassen sowohl der Bund als auch das Land Niedersachsen ihre klimapolitischen Ziele nicht mehr nur in rechtlich unverbindlichen Programmen, sondern zunehmend auch in rechtsverbindlichen Richtlinien und Gesetzen.

Für die Berücksichtigung von Klimaschutz und Klimaanpassung auf Ebene der regionalen Raumordnung grundlegende und maßgebliche Änderungen und Modifikationen gegenüber dem Stand von 2008 sind in den zwischenzeitlich novellierten Fassungen des Raumordnungsgesetzes (ROG) und des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) erfolgt.

Wurde das bislang geltende RROP für den Großraum Braunschweig noch auf der rechtlichen Grundlage des ROG in der Fassung von 1997 erarbeitet, so ist das deutsche Raumordnungsrecht mit der Neufassung des ROG vom 31.12.2008 grundlegend novelliert worden. Mit dieser – im Zuge der RROP-Neuaufstellung nun zu beachtenden und zuletzt im Juli 2017 geänderten – Fassung des ROG wurden die Belange von Klimaschutz und Klimaanpassung erstmalig als bundesweit zu beachtende Grundsätze der Raumordnung benannt.

§ 2 Abs. 2 Nr. 6 Satz 7 ROG: *„Den räumlichen Erfordernissen des Klimaschutzes ist Rechnung zu tragen, sowohl durch Maßnahmen, die dem Klimawandel entgegenwirken, als auch durch solche, die der Anpassung an den Klimawandel dienen.“*

Anders als noch im RROP 2008 besteht damit ein verbindlicher Auftrag für die regionale Raumordnung, sich mit den räumlichen Fragestellungen von Klimawandel und –anpassung planerisch abwägend auseinanderzusetzen und diese ggf. gezielt durch Festlegungen zu adressieren. Aus **§ 8 ROG** resultiert zudem die Verpflichtung zur Durchführung einer Umweltprüfung (basierend auf der EU-Richtlinie zur Durchführung einer strategischen Umweltprüfung, SUP-Richtlinie, Richtlinie 2001/42/EG). Die Umweltprüfung wiederum stellt die Schnittstelle zum Recht der Umweltverträglichkeitsprüfung dar und stellt das faktische Pendant der UVP für Pläne und Programme dar.

Auch das Recht der Umweltverträglichkeitsprüfung wurde während des Geltungszeitraumes des RROP 2008 grundlegend verändert. Das am 29. Juli 2017 in Kraft getretene Gesetz zur Modernisierung des Rechts der Umweltverträglichkeitsprüfung verlangt stärker als bisher, die wesentlichen Aspekte und Herausforderungen des Klimawandels in Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) und – für die Aufstellung von Regionalplänen relevant – strategischer Umweltprüfung (SUP) zu berücksichtigen. So sind im Zuge

der Umweltprüfung zur Neuaufstellung des RROP für den Großraum Braunschweig auch die Risiken klimawandelbedingter Unfälle oder Katastrophen, die Belange des Klimaschutzes sowie sonstige anpassungsrelevante Auswirkungen der regionalplanerischen Ziele und Grundsätze zu ermitteln, zu bewerten und mit angemessenem Gewicht in der planerischen Abwägung zu berücksichtigen. Überdies ist gemäß **Anlage 4 Nr. 4 c) dd) UVPG** nunmehr auch die *„Anfälligkeit des Vorhabens gegenüber den Folgen des Klimawandels (zum Beispiel durch erhöhte Hochwassergefahr am Standort)“* zu betrachten. Damit rücken neben den bereits 2008 durchaus relevanten Aspekten des Klimaschutzes in Verbindung mit der Nutzung erneuerbarer Energieträger nun zum ersten Mal auch Fragen der Klimaanpassung und insbesondere die Empfindlichkeit von Nutzungen gegenüber absehbaren klimatischen Veränderungen in den verbindlich zu betrachtenden Prüfkanon.

Nicht zuletzt beinhaltet auch das niedersächsische Landesraumordnungs-Programm (LROP) von 2017 konkrete Aussagen und Zielsetzungen mit Bezug zu klimatischen Belangen und Fragestellungen, welche wiederum in Teilen auf den Vorgaben des Bundes im ROG fußen. Im Speziellen sollen gemäß **3.1.1 02 Satz 2 und 3 LROP** klimaökologisch bedeutsame Freiflächen im RROP gesichert werden.

Aufgabenbereich, Kompetenzrahmen und Instrumente der regionalen Raumordnung zur Berücksichtigung klimatischer Belange im RROP

Zu den vorrangigen Aufgaben der Regionalplanung gehört der Ausgleich der vielfältigen Nutzungsansprüche und Funktionen innerhalb des Raumes. Die räumlichen Erfordernisse des Klimas als Adressat bzw. Begründungshorizont raumordnerischer Festlegungen grundsätzlich zu berücksichtigen, hat der Gesetzgeber mit der Neufassung des § 2 Abs. 2 Nr. 6 ROG ausdrücklich legitimiert und zum unstrittigen Kompetenztitel der Raumordnung erhoben. Den sich hieraus ergebenden und u.a. im LROP weiter ausgestalteten Kompetenzen der regionalen Raumordnung stehen gleichwohl auch (weitgehend) klar definierte Grenzen gegenüber. Der sich ergebende Kompetenzrahmen wird im Folgenden mit Fokus auf potenziell klimabezogene Festlegungen näher betrachtet.

Das deutsche Raumordnungsrecht sieht zur Wahrnehmung und Umsetzung der raumordnerischen Aufgaben mit **Zielen** und **Grundsätzen** zwei unterschiedliche Instrumente vor. Sowohl raumordnerische Ziel- als auch Grundsatz-Festlegungen dürfen dabei im Regelfall nur Rahmenvorgaben beinhalten, welche den nachfolgenden örtlichen Planungsebenen und ggf. Fachplanungen einen weiteren

Konkretisierungs- bzw. Ausgestaltungsspielraum belassen (vgl. u.a. BVerwG, Urt.v.18.09.2003, Az. 4 CN 20/02).

Zwingend zu beachten ist hierbei der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit. Dieser besagt, dass das Verhältnis von Zweck, d.h. von Nutzen, Dringlichkeit und räumlicher Bestimmtheit/Gebundenheit einer Festlegung und dem damit verbundenen Eingriff in die gemeindliche Planungshoheit, d.h. dem quantitativ-flächenmäßigen (bspw. Anteil betroffener Gemeindefläche) und qualitativen (bspw. Detailgrad der Festlegung einzelner Flächen auf eine bestimmte Nutzung/Ausschlussgrad anderer Nutzungen) Umfang der kommunalen Einschränkung angemessen sein muss.

Was in diesem Sinne als angemessen oder unangemessen anzusehen ist, entzieht sich einer allgemeingültigen Definition und ist im Zuge einer Einzelfallentscheidung zu beurteilen. Grundsätzlich sind an Ziel-Festlegungen erhöhte rechtliche Anforderungen an Qualität und Detaillierungsgrad der Datengrundlage, räumliche und sachliche Bestimmtheit sowie Abwägung zu stellen (vgl. u.a. ZGB 2012).

Mehr oder weniger politische, allgemein begründete Festlegungen ohne unmittelbaren Raumbezug erfüllen diese Anforderungen nicht (vgl. Baumgart & Terfrüchte 2013). Im Allgemeinen gilt hierbei, dass je höher die Verbindlichkeit/Steuerungswirkung einer getroffenen Festlegung und je stärker damit der Eingriff in die Planungshoheit der Kommune bzw. private Eigentumsrechte (Schnittstelle zum Grundgesetz) ist, desto umfassender ist diese auch abzuwägen sowie sachlich und fachlich zu begründen.

Festlegungen, die bereits die Effekte des Klimawandels in ihren Begründungs- und Zielhorizont einbeziehen, sind naturgemäß von Prognoseunsicherheit gekennzeichnet. Diese Unsicherheit steht – zumindest in Bezug auf Ziel-Festlegungen – zunächst im Widerspruch zur gesetzlich geforderten Bestimmtheit und dem weitreichenden Eingriff derartiger Festlegungen in grundgesetzrelevante Sachverhalte (bspw. kommunale Planungshoheit nach Art. 28 GG oder das Eigentumsrecht Art. 14 GG). Im Rahmen des planerischen Abwägungsprozesses besteht dennoch ein gewisser Abwägungsspielraum, welchem bei potenziellen Zielfestlegungen auf Basis klimabezogener Belange – und zwar insbesondere jener, die bereits die Folgen des Klimawandels zu inkludieren suchen – eine maßgebliche Bedeutung zu.

Überdies bietet das in § 1 Abs. 1 Satz 2 Nr. 2 ROG verankerte Vorsorgeprinzip einen möglichen Umgang mit prognostischen Unsicherheiten bei der Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels. Der Vorsorgegrundsatz ermög-

licht es aufgrund des Fehlens klimabezogener Fachgesetze und/oder fachplanerischer (sicherer) Bedarfsfeststellungen – zusammen mit dem Abwägungsspielraum – bis zu einem gewissen Grad, auch mit Unsicherheiten behaftete Ergebnisse von Klima-Projektionen in die raumordnerische Planung einzubeziehen.

Im planerischen Umgang mit den Ergebnissen von Klima-Prospektionen darf – zumindest im Zusammenhang mit Überlegungen zu hieraus ableitbaren Ziel-Festlegungen – gleichwohl keinesfalls auf einzelne Szenarien-Rechnungen von Klima-Prospektionen geschlossen werden. Die Eintrittswahrscheinlichkeit einzelner Szenarien ist mit erheblichen Unsicherheiten verbunden, sodass die rechtliche Legitimation von Planungsentscheidungen allein auf derartigen Grundlagen in besonderem Maße anzuzweifeln wäre.

Mit dem Ziel eines gleichermaßen rechtssicheren wie mutigen Umgangs mit klimatischen Belangen im RROP wird vielmehr empfohlen, basierend auf sog. Ensemble-Rechnungen allgemeine Trends für die relevanten Klimasignale/-parameter herauszuarbeiten und als Begründung potenzieller, ggf. auch multifunktionaler Festlegungen heranzuziehen.

Sofern regionale Unsicherheiten unter Rückgriff auf Ensembles für eine rechtssichere Planung als zu groß bewertet werden oder sich räumlich nicht hinreichend belastbare Ergebnisse zeigen, kann in einem ersten Schritt hin zur stärkeren Berücksichtigung der Belange von Klimaschutz und Klimaanpassung im Rahmen der regionalen Raumordnung der „**No-Regret-Ansatz**“ zur Anwendung kommen (s. Kap. 2.2.1).

Somit werden zunächst Festlegungen getroffen, die bereits unter heutigen klimatischen Bedingungen sinnvoll sind (Sicherung und ggf. Weiterentwicklung von bestehenden Funktionen), deren planerische Bedeutung im Zuge des Klimawandels jedoch aller Voraussicht nach (deutlich) zunehmen wird.

Neben der hinreichenden sachlichen Bestimmtheit und Begründbarkeit erfordern raumordnerische Festlegungen – ob als Ziele oder Grundsätze ausgestaltet – gemäß ROG grundsätzlich eine **Überörtlichkeit** der von der Festlegung erfassten Nutzungen/Funktionen (etc.).

Somit können und dürfen in Regionalplänen ausschließlich sog. raumbedeutsame Festlegungen im Sinne von § 3 Abs. 1 Nr. 6 ROG getroffen werden. Auf diese Weise ist die Raumordnung hinsichtlich ihrer Kompetenzen (bei genauerer Betrachtung mehr oder weniger) scharf ge-

genüber der gemeindlich-kommunalen Planungshoheit und den Rechtsregimen des Bau- (BauGB) und (privaten) Bodenrechts abgegrenzt. Gegenstand raumordnerischer und damit überörtlicher Festlegungen kann und darf somit nicht sein, was in den Regelungsbereich des BauGB fällt.

Als Indizien für eine bestehende Überörtlichkeit im Hinblick auf klimatische Fragestellungen können naturgemäß räumliche Aspekte wie bspw. Gemeindegrenzen überschreitende Funktionen oder eine besondere regionale Seltenheit (bspw. gemessen am Flächenanteil) herangezogen werden.

Die Raumbedeutsamkeit definiert sich in diesem Fall nach § 3 Abs. 6 ROG dadurch, dass ein physischer Raum in Anspruch genommen bzw. die räumliche Entwicklung oder Funktion eines Gebiets (mithin mehrerer Kommunen) durch die adressierten Klimafunktionen oder -wirkungen beeinflusst werden, die über das betroffene Gemeindegebiet hinausgehen oder Raumfunktionen wegen bestehender Lagegunst oder aufgrund spezieller Standortbedingungen, die für die gesamte Region bedeutsam sind, gesichert bzw. entwickelt werden.

Für die raumordnerische Sicherung und/oder Entwicklung verschiedener klimatisch relevanter Aspekte erscheint gleichwohl eine weniger raumkonkrete denn funktionale Rechtfertigungsebene von entscheidender Relevanz.

So können sehr wohl auch nicht direkt räumlich darstellbare Kriterien wie Betroffenzahlen, regionalwirtschaftliche Relevanz oder erst im gesamträumlichen Zusammenhang erkennbar werdende Wirkgeflechte eine regionale Bedeutsamkeit und damit Überörtlichkeit von klimatischen Belangen begründen.

Dies sollte immer dann gelten, wenn bestimmte Auswirkungen/Belastungen von einer Festlegung adressiert werden, **deren Vermeidung und/oder Bewältigung eine überörtliche und überfachliche** Betrachtung erfordern. Ein Beispiel für ein derartig zu begründendes raumordnerisches Eingreifen in die kommunale Planungsebene stellt die Ziel-Festlegung Z 4.1.4.1 des Entwurfs des „Regionalplans Leipzig Westsachsen 2017“ zu „Gebieten zur Erhöhung des Anteils an klimatischen Komfortinseln im Rahmen der Bauleitplanung“ dar.

Die rechtliche Durchsetzbarkeit derartig weit in den nominellen Aktionsraum der kommunalen Planung hineinwirkender Festlegungen ist gleichwohl strittig und wird in der Fachwissenschaft kontrovers diskutiert (u.a. Knieling, Kretschmann, Reitzig, Zimmermann 2015; BMVI 2017a).



3 Klimawandel im Großraum Braunschweig

3.1 Methode & Datengrundlagen

3.1.1 Beobachtungsdaten

Für die Beschreibung der klimatischen Entwicklung des Großraumes Braunschweig sowie der dazugehörigen Naturräume wurden, auf ein regelmäßiges Gitter interpolierte, Stationsdaten des Deutschen Wetterdienstes verwendet (Kaspar et al. 2013).

Die räumliche Auflösung dieser Daten beträgt 1 x 1 km und die zeitliche Auflösung jährliche Mittelwerte. Die ältesten Beobachtungsdaten reichen bis in das Jahr 1881 zurück. Dies trifft für die meteorologischen Variablen jährliche Mitteltemperatur und Niederschlagssumme zu. Minimum- und Maximumtemperaturen sind ab 1901 verfügbar und Daten der thermischen Kennwerte sowie der Starkniederschläge ab 1951.

Die aus Stationsdaten erzeugten Gitterdaten weisen gewisse Unsicherheiten auf, welche aus einer über die Zeit veränderten Stationsdichte sowie der Lage der zur Interpolation der Daten verwendeten Stationen resultieren können.

Weiterhin hat sich die Messtechnik im betrachteten Zeithorizont weiterentwickelt, sodass bei den älteren Zeitreihen höhere Messgenauigkeiten zu erwarten sind als bei den Zeitreihen jüngerer Datums. Für die hier untersuchte regionale bzw. naturräumliche langjährige Änderung meteorologischer Parameter ist die Datenbasis jedoch als ausreichend genau anzusehen.

3.1.2 Regionalmodelldaten

Die Analyse zukünftiger klimatischer Änderungen basiert auf Daten von numerischen, regionalen Klimamodellen der EURO-CORDEX-Initiative. EURO-CORDEX ist der europäische Zweig der CORDEX-Initiative, welche regionale Projektionen des Klimawandels für alle terrestrischen Gebiete der Erde im Rahmen des Zeitplanes des fünften IPCC Assessment Reports (AR5) und darüber hinaus erstellt (Giorgi et al. 2009).

Tab. 3: Für das verwendete Modellensemble verfügbare Ensemblemitglieder (Modellkombinationen) und Szenarien (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 8.5). GCM - Globales Klimamodell (Global Climate Model), RCM - Regionales Klimamodell (Regional Climate Model).

	GCM	RCM	RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 8.5
1	EC-EARTH	CCLM4-8-17	✓	✓	✓
2	EC-EARTH	RACMO22E	✓	✓	✓
3	EC-EARTH	RACMO22E	✗	✓	✓
4	EC-EARTH	SMHI-RCA4	✓	✓	✓
5	IPSL-CM5A	SMHI-RCA4	✗	✓	✓
6	HadGEM2-ES	CCLM4-8-17	✗	✓	✓
7	HadGEM2-ES	RACMO22E	✓	✓	✓
8	HadGEM2-ES	RCA4	✓	✓	✓
9	MPI-ESM	CCLM4-8-17	✗	✓	✓
10	MPI-ESM	REMO2009 (v1)	✓	✓	✓
11	MPI-ESM	REMO2009 (v2)	✓	✓	✓
12	MPI-ESM	RCA4	✓	✓	✓

EURO-CORDEX-Daten sind für die wissenschaftliche und kommerzielle Nutzung frei verfügbar und werden im Internet über mehrere Knoten der Earth System Grid Federation (ESGF) bereitgestellt (www.euro-cordex.net).

Verwendet wurden tägliche Daten mit einer räumlichen Auflösung von ca. 12,5 km (0,11°). Tab. 3 listet die zum Zeitpunkt der Durchführung der Auswertungen verfügbaren Modellrechnungen von EURO-CORDEX auf, welche die Grundlage für das zusammengestellte Ensemble bilden.

EURO-CORDEX ist ein fortlaufendes Projekt, d.h. die Datenbanken mit den verfügbaren Modellergebnissen werden permanent aktualisiert. Somit sind in der Zeit bis zur Erstellung dieses Berichtes eventuell weitere Modellläufe für Europa hinzugekommen, die in die Bearbeitung des Projekts REKLIBS nicht mehr eingeflossen sind.

3.1.3 Methodik

Beobachteter Klimawandel

Für die Beschreibung des aktuellen Klimas, sowie der klimatischen Entwicklung des Großraumes Braunschweig wurden die in Abschnitt 3.1.1 benannten interpolierten Beobachtungsdatensätze des DWD verwendet. Anhand der Grenzen des Großraumes Braunschweig und seiner Teilgebiete wurden die entsprechenden Gitterpunkte aus den regelmäßig vorliegenden Gittern extrahiert, räumlich aggregiert und zu repräsentativen Zeitreihen zusammengestellt. Einerseits wurden diese jährlichen Zeitreihen direkt ausgewertet und andererseits wurden aus diesen Zeitreihen 30-jährige Perioden gebildet und die Werte dieser Perioden gemittelt. Die resultierenden langjährigen Mittelwerte wurden dann miteinander verglichen, um Aussagen über deren Entwicklung treffen zu können.

Zukünftiger Klimawandel

Mit numerischen Klimamodellen kann das zukünftige Klima unter der Annahme verschiedener Emissionsszenarien simuliert und analysiert werden. Somit ist es möglich, einen analytischen Blick in die klimatische Zukunft zu werfen. Klimamodelle sind Abbilder der Wirklichkeit und im Ergebnis beinhalten sie einen gewissen Anteil an Modellunsicherheit. Dies resultiert aus der Struktur des jeweiligen Modells, den verwendeten Techniken zur Modellierung der Atmosphärenphysik und der Parametrisierung bestimmter Prozesse. Aus diesem Grund werden nicht nur die Simulationsergebnisse eines Modells, sondern mehrerer Modelle verwendet (ein sogenanntes Modellensemble).

Diesem Ansatz folgend wurde für die Analyse der zukünftigen klimatischen Entwicklung des Großraumes Braunschweig ein Ensemble bestehend aus 12 regionalen Klimamodellen verwendet (Tab. 3). Die Mitglieder des Regionalmodell-Ensembles werden gleichberechtigt angesehen und die Unterschiede in den Ergebnissen als Modellvariabilität betrachtet. Alle nachfolgenden Auswertungen wurden in enger Anlehnung an die Leitlinien zur Interpretation von Klimamodelldaten des Bund-Länder-Fachgesprächs „Interpretation regionaler Klimamodelldaten“ durchgeführt (Linke et al. 2016).

Eine etablierte Methode zur Beschreibung von klimatischen Änderungen ist die Verwendung von meteorologischen Kenntagen. Dies sind z.B. die Anzahl von Hitzetagen, Sommertagen oder Tropennächten innerhalb eines zu benennenden Zeitraumes (oftmals jährlich).

Die Bestimmung dieser Kenntage kann entweder anhand von Schwellenwerten (schwollenwertbasiert), wie bspw. $T_{max} \geq 25 \text{ °C}$ für Sommertage, oder anhand von statistischen Maßen, wie bspw. dem 95. Perzentil der statistischen Verteilung erfolgen (perzentilbasiert; vgl. ReKliEs-De 2017). Für die Betrachtung des zukünftigen Klimawandels im Großraum Braunschweig wurden schwollenwertbasierte Kenntage verwendet.

Einige Modellläufe der Regionalen Klimamodelle zeigen bei bestimmten meteorologischen Variablen teilweise systematische Abweichungen (Bias) von den realen Gegebenheiten. Es wird davon ausgegangen, dass der Wertebereich dieser Abweichungen für den Referenzzeitraum in etwa genauso groß ist wie für die Zukunftszeiträume. Bei einer ausschließlichen Betrachtung der Unterschiede zwischen Zukunft und Referenz haben die Abweichungen, also deren Differenz, keinen Einfluss auf die Aussage.

Bei der schwollenwertbasierten Berechnung von Kenntagen können die benannten systematischen Abweichungen jedoch zu einer Unter- bzw. Überschätzung der Schwellenwerte im Vergleich zu den beobachteten Werten führen. „Ist ein Modell z.B. im Mittel etwas zu warm, so werden in diesem Modell möglicherweise auch besonders viele warme und/oder besonders wenige kalte Kenntage identifiziert“ (ReKliEs-De 2017). Aus diesem Grund wurden für jede Modellsimulation die Schwellenwerte mit der Methode des Quantile-Mappings (Piani et al. 2010, Themeßl et al. 2011) adjustiert. Für jeden Kenntag wurde dementsprechend aus den Beobachtungsdaten das jeweilige Perzentil der statistischen Verteilung berechnet und anhand dieses Perzentilwertes aus dem Referenzlauf jeder Modellsimulation der adjustierte Schwellenwert bestimmt (Abb. 5). Die Auswertung der Regionalmodellsimulationen wurde dann mit den adjustierten Kenntagen durchgeführt, um systematische Verzerrungen der Ergebnisse weitgehend zu vermeiden.

Hauptverantwortlich für den Anstieg der globalen Mitteltemperaturen sind anthropogen bedingte CO_2 -Emissionen. Da heute noch nicht absehbar ist, wie sich die CO_2 -Emissionen zukünftig entwickeln, werden diese in Klimamodellen in Form von Szenarien mit unterschiedlicher CO_2 -Entwicklung über die Zeit berücksichtigt, die bis zum Ende des Jahrhunderts einen bestimmten Strahlungsantrieb hervorrufen. Für Europa stehen aktuell drei verschiedene Klimaszenarien zur Verfügung: RCP 2.6, RCP 4.5 und RCP 8.5 (RCP = *Representative Concentration Pathways*).

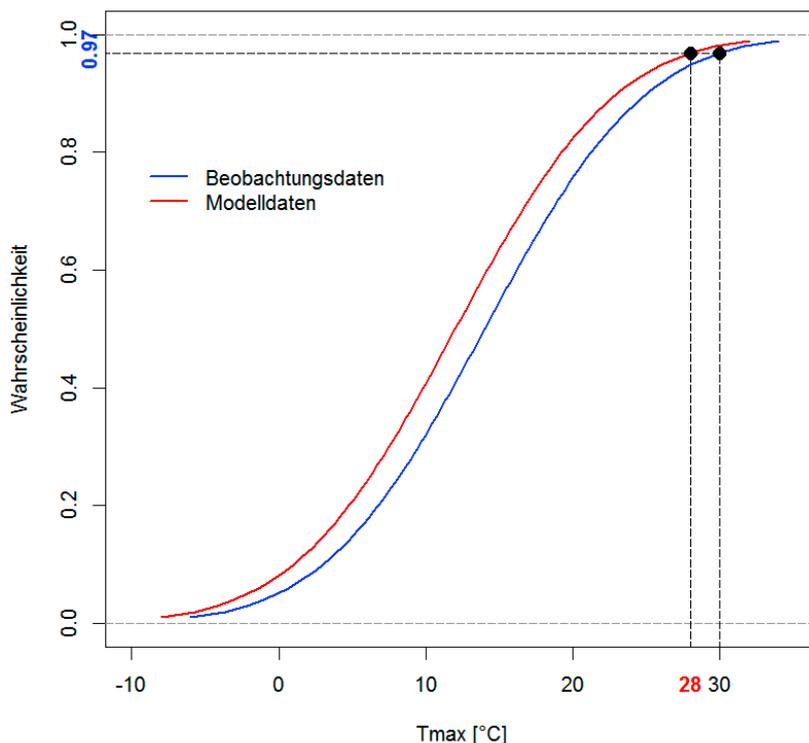


Abb. 5: Methode der Adjustierung von Schwellenwerten für Kenntage. Die blaue Zahl auf der y-Achse zeigt das berechnete Perzentil des Schwellenwertes und die rote Zahl auf der x-Achse den adjustierten Schwellenwert.

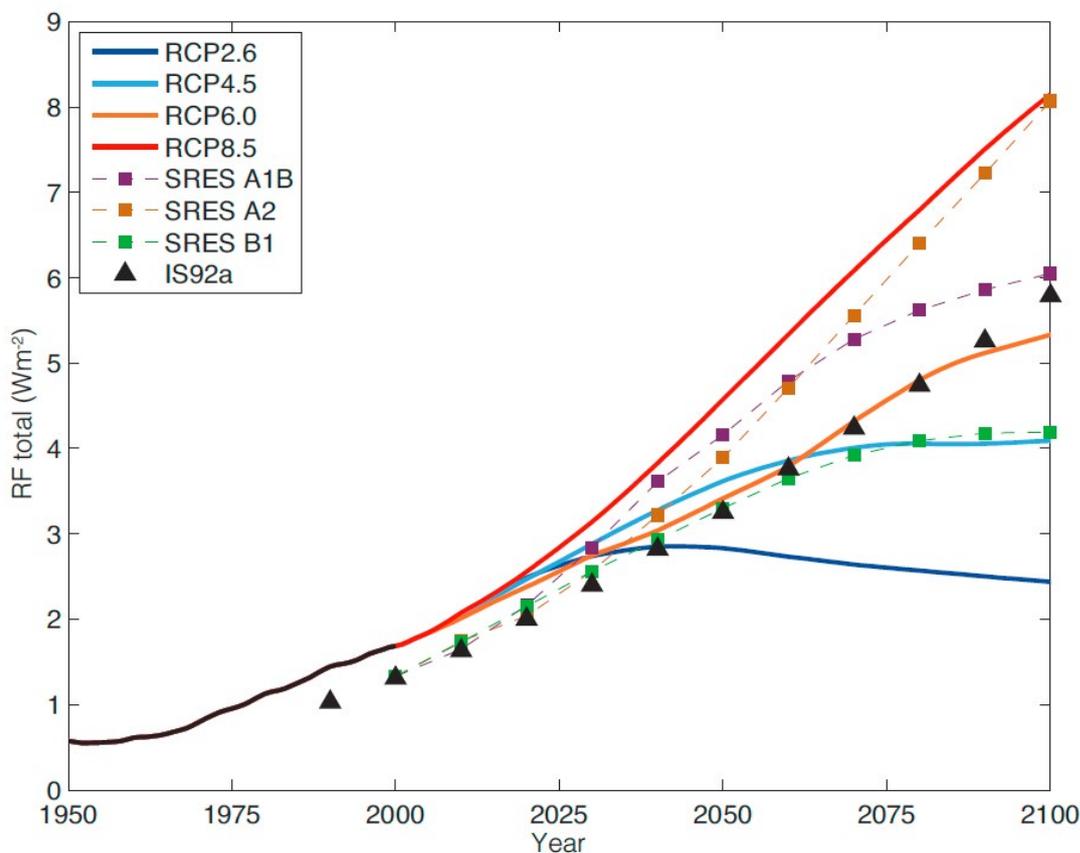


Abb. 6: Anthropogener Strahlungsantrieb der verschiedenen IPCC-Klimaszenarien (die schwarze Linie repräsentiert Messwerte; Cubasch et al. 2013)

Die Zahl in der Bezeichnung der Szenarien benennt den mittleren Strahlungsantrieb in W/m^2 , der in ihrem projizierten Verlauf zum Ende des 21. Jahrhunderts erreicht wird (Moss et al. 2010; Abb. 6):

- Das Szenario RCP 2.6 beschreibt einen Anstieg des anthropogenen Strahlungsantriebes bis zum Jahr 2040 auf ca. $3 W/m^2$. Zum Ende des Jahrhunderts sinkt dieser langsam, aber stetig auf $2,6 W/m^2$ ab. Die globale Mitteltemperatur würde in diesem Szenario das $2^\circ C$ -Ziel nicht überschreiten, sodass das RCP 2.6 oft auch als „Klimaschutzszenario“ bezeichnet wird.
- RCP 4.5 zeigt einen steilen Anstieg des anthropogenen Strahlungsantriebes bis etwa zur Mitte des 21. Jahrhunderts, der danach bis ca. 2075 nur noch geringfügig steigt und in der Folge stagniert.
- Das Szenario RCP 8.5 weist hingegen den stärksten Anstieg des Strahlungsantriebes auf, der sich bis zum Ende des Jahrhunderts nicht abschwächt und einen Anstieg der globalen Mitteltemperatur um ca. $4,8^\circ C$ gegenüber dem Zeitraum 1985-2005 bewirken würde. Das Szenario RCP 8.5 wird auch als „Weiter wie bisher Szenario“ bezeichnet.

Die weltweiten CO_2 -Emissionen verzeichneten seit den fünfziger Jahren des letzten Jahrhunderts einen permanenten Anstieg, wobei in den vergangenen Jahren der größte Anteil durch Emissionen aus Asien beigetragen wurde (vgl. Boden 2017). Nach den Ergebnissen des Global Carbon Projektes⁶ befinden wir uns somit, gemessen an den globalen CO_2 -Emissionen, aktuell auf dem „Pfad“ des RCP 8.5-Szenarios (Peters et al. 2013). Selbst ein abrupter weltweiter Rückgang des CO_2 -Ausstoßes würde, aufgrund der Trägheit des Klimasystems, in Kürze keine signifikante Änderung herbeiführen.

In diesem Bericht sind im Hauptteil vornehmlich Grafiken zu Klimaänderungen des Szenarios RCP 8.5 platziert, die Auswertungen der Szenarien RCP 2.6 und RCP 4.5 finden sich jeweils im Anhang.

Die Auswahl der entsprechenden Daten aus dem Gitter der Modellsimulationen, das Europa flächendeckend überspannt, erfolgte durch die Identifikation und Auswahl der in den Grenzen des Großraumes Braunschweig und seiner Teilräume befindlichen Gitterpunkte. Die an diesen Gitterpunkten vorliegenden Zeitreihen der betrachteten meteorologischen Variablen wurden für jeden Zeitschritt (täglich) räumlich aggregiert, um auf diese Weise einheitliche, repräsentative Zeitreihen zu erhalten (vgl. DWD 2016).

Alle Auswertungen basieren auf diesen Zeitreihen.

Die Analyse des zukünftigen Klimawandels wurde mit zwei methodisch unterschiedlichen Herangehensweisen durchgeführt. Im Ansatz 1 wurden die Daten des Modellensembles zu zusammenhängenden Zeitreihen von 1971 bis zum Jahr 2100 zusammengeführt und für jede betrachtete Variable untersucht, ob erstens ein zeitlicher linearer Trend vorliegt und zweitens die Trendentwicklung statistisch signifikant ist. Die statistische Signifikanz wurde anhand des Trend-/ Rauschverhältnisses ermittelt und klassifiziert (vgl. Tab. 4).

Für die Beschreibung des zukünftigen Klimawandels werden klimatische Beobachtungen einer sogenannten Referenzperiode benötigt. Diese sollte einen Zeitraum umfassen, in welchem die klimatischen Auswirkungen der globalen Erwärmung noch nicht so stark in Erscheinung getreten sind. Die WMO (World Meteorological Organisation) empfiehlt die Verwendung der sogenannten 30-jährigen Klimanormalperiode von 1961 bis 1990. Da jedoch bei einigen der verwendeten Regionalen Klimamodelle der Zeitraum des Referenzlaufs erst 1971 beginnt wurde im Rahmen dieses Projektes der Zeitraum von 1971 bis 2000 als Referenzperiode festgelegt. Dieser ist im Verhältnis zu den betrachteten Zukunftszeiträumen noch ausreichend wenig vom Klimawandel beeinflusst, sodass eine vergleichende Betrachtung die wesentlichen klimatischen Veränderungen aufzeigt.

Das Klima eines Raumes wird repräsentiert durch den mittleren Zustand der Atmosphäre über einen Zeitraum von mindestens 30 Jahren, deshalb wurden im Ansatz 2 für jede Variable zeitliche Mittelwerte über folgende 30-jährige Zeiträume berechnet:

- Referenzperiode: 1971 - 2000
- Zukunftsperiode 1 (nahe Zukunft): 2021 - 2050
- Zukunftsperiode 2 (mittelfristige Zukunft): 2041 - 2070
- Zukunftsperiode 3 (ferne Zukunft): 2071 - 2100

Von den einzelnen Variablen-Mittelwerten der jeweiligen Zukunftsperiode wurden die zugehörigen Mittelwerte der Referenzperiode subtrahiert und somit die langjährigen mittleren Änderungen für jede Variable berechnet. Die statistische Signifikanz der Änderungen wurde nach einem vom Bund-Länder Fachgespräch zur „Interpretation von Modelldaten“ vorgeschlagenen statistischen Testschema ermittelt (vgl. Linke et al. 2016). Das Signifikanzniveau wurde einheitlich auf 95 % festgelegt.

6) www.globalcarbonproject.org

Es ist unbedingt zu beachten, dass die Referenzläufe mit den Beobachtungsdaten des gleichen Zeitraumes nur in ihren klimatisch relevanten, statistischen Eigenschaften übereinstimmen. Sie sind auf kleineren Zeitskalen (Jahre, Monate, Tage) nicht exakt miteinander vergleichbar.

Die nachfolgenden Ausführungen enthalten eine Vielzahl von Grafiken in Form sogenannter Box-Whisker Plots. Diese haben den Vorteil, dass die Kennwerte statistischer Verteilungen schnell erfassbar und vergleichbar sind (siehe Abb. A 9 im Anhang zur Erläuterung der Plots).

Tab. 4: Bewertung der statistischen Signifikanz anhand des Trend-/Rauschverhältnisses

Trend- / Rauschverhältnis	Bewertung
$\geq 2,0$	sehr stark zunehmend
$\leq -2,0$	sehr stark abnehmend
$\geq 1,5$ und $< 2,0$	stark zunehmend
$\leq -1,5$ und $> -2,0$	stark abnehmend
$\geq 1,0$ und $< 1,5$	schwach zunehmend
$\leq -1,0$ und $> -1,5$	schwach abnehmend
$< 1,0$ und $> -1,0$	kein Trend

3.2 Beobachteter Klimawandel

Der Großraum Braunschweig befindet sich in der gemäßigten Klimazone Mitteleuropas im Bereich der Westwindzone. Hier findet bereits der Übergang vom maritimen Klima in Westeuropa zum kontinentalen Klima in Osteuropa statt. Während der Nordwesten Niedersachsens im Einflussbereich der Nordseeküste durch ein atlantisches bis subatlantisches Klima geprägt ist, welches eine im Jahresverlauf vergleichsweise geringe Temperaturamplitude und einen deutlichen Wasserbilanzüberschuss aufweist, wird das Klima nach Südosten, in welchem sich der Großraum Braunschweig befindet, zunehmend kontinentaler beeinflusst. Stärkere Temperaturunterschiede zwischen Sommer- und Winterhalbjahr sowie geringere, jahreszeitlich ungleich verteilte Niederschläge machen dies deutlich. Die Jahresmitteltemperatur betrug in der Referenzperiode von 1971 – 2000 durchschnittlich $8,8^{\circ}\text{C}$ und die mittlere langjährige Niederschlagssumme ca. 700 mm/Jahr .

Der Großraum Braunschweig hat Anteil an fünf Naturräumen: der Lüneburger Heide, dem Weser-Aller Flachland, den Niedersächsischen Börden, dem Weser-Leine Bergland und dem Harz. Die klimatischen Unterschiede zwischen den erstgenannten sind gering. Das Weser-Leine Bergland und der Harz unterscheiden sich aufgrund ihrer Orographie klimatisch von den vornehmlich durch Flachland geprägten anderen Naturräumen. Am deutlichsten heben sich die klimatischen Eigenschaften des Naturraumes Harz heraus (siehe Abb. 8). Geringere Jahresmitteltemperaturen aufgrund des Höhengradienten sowie wesentlich höhere Niederschläge, bedingt durch die Orographie sowie die Luvlage auf dem Gebiet des Großraumes Braunschweig, sind für den Naturraum Harz kennzeichnend.

In den letzten Jahrzehnten haben deutliche klimatische Änderungen stattgefunden. So ist auch in Deutschland, dem globalen Trend folgend, eine Erwärmung seit Beginn der meteorologischen Aufzeichnungen beobachtet worden. Im Großraum Braunschweig stieg die langjährige Mitteltemperatur von 1881 bis 2018 um ca. $1,4^{\circ}\text{C}$ an (Abb. 7). In den letzten 20 Jahren war die Temperaturzunahme besonders stark. So sind vier der fünf wärmsten Jahre seit 1881 in den letzten zwei Dekaden aufgetreten.

Die beobachtete Erwärmung geht einher mit deutlichen Veränderungen der sogenannten Kenntage. Dies sind Tage, an denen ein festgelegter Schwellenwert eines klimatischen Parameters erreicht bzw. über- oder unterschritten wird. Tage mit einer maximalen Temperatur von 25°C oder mehr gelten bspw. als Sommertage. Die Anzahl an Sommertagen ist im Großraum Braunschweig um 12 Tage auf durchschnittlich 37 Tage pro Jahr angestiegen im Vergleich der Zeiträume von 1961 bis 1990 und 1989 bis 2018. Ebenso sind die, im urbanen Raum besonders belastenden sogenannten „Heißen Tage“ ($T_{\text{max}} \geq 30^{\circ}\text{C}$) um 4 auf 8 Tage pro Jahr angestiegen. Eine entgegengesetzte Entwicklung zeigen die Frost- und Eistage deren Anzahl in den gleichen Zeiträumen um 9 und 8 Tage pro Jahr zurückgegangen ist (Tab. 6).

Die höchste Anzahl an Sommertagen und Heißen Tagen wurde im Vergleich der Naturräume im Weser-Aller Flachland registriert, die niedrigste Anzahl im Harz. Dafür weist der Harz die höchste Anzahl an Frost- und Eistagen auf. In den einzelnen Naturräumen folgt die Entwicklung der thermischen Kenntage dem gleichen Muster wie im Flächenmittel für den Großraum Braunschweig. Die Anzahl an Sommertagen und Heißen Tagen hat in den letzten Jahrzehnten deutlich zugenommen, während die Anzahl an Frost- und Eistagen rückläufig ist (Abb. 8).

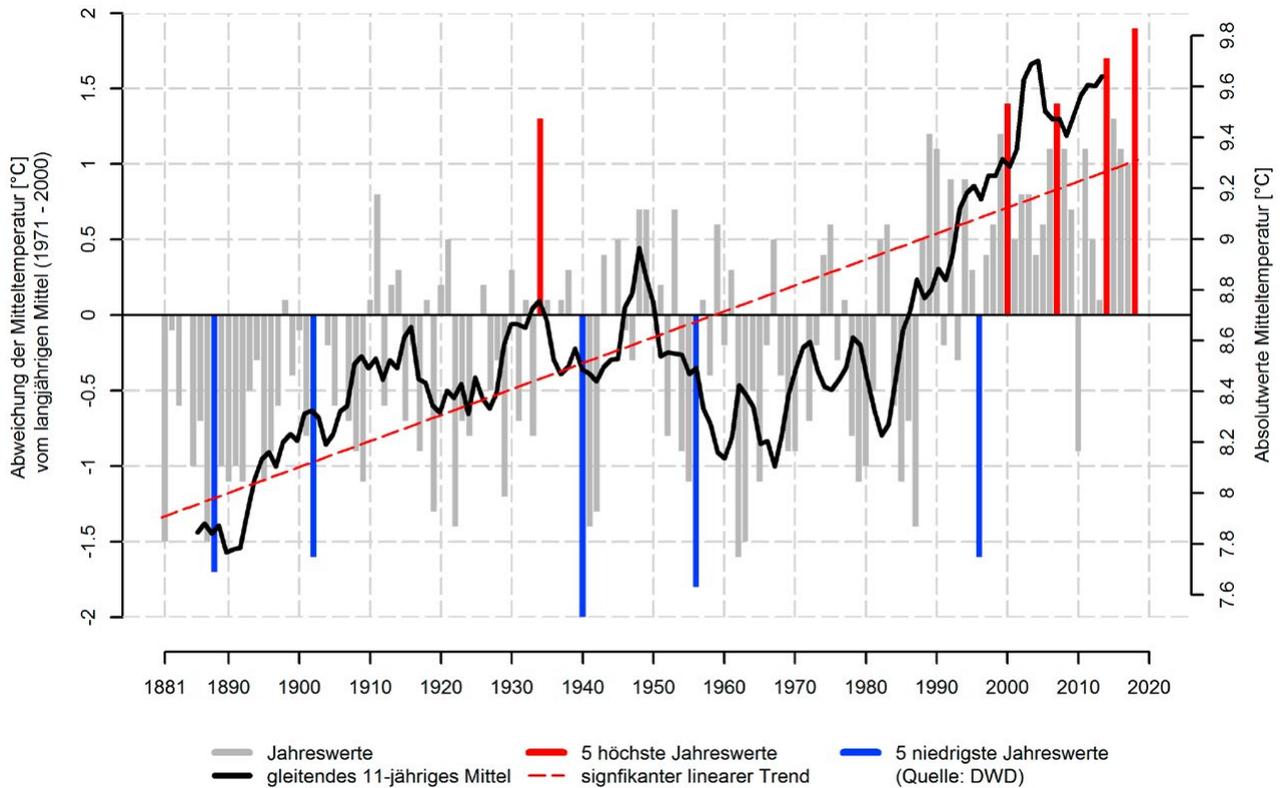


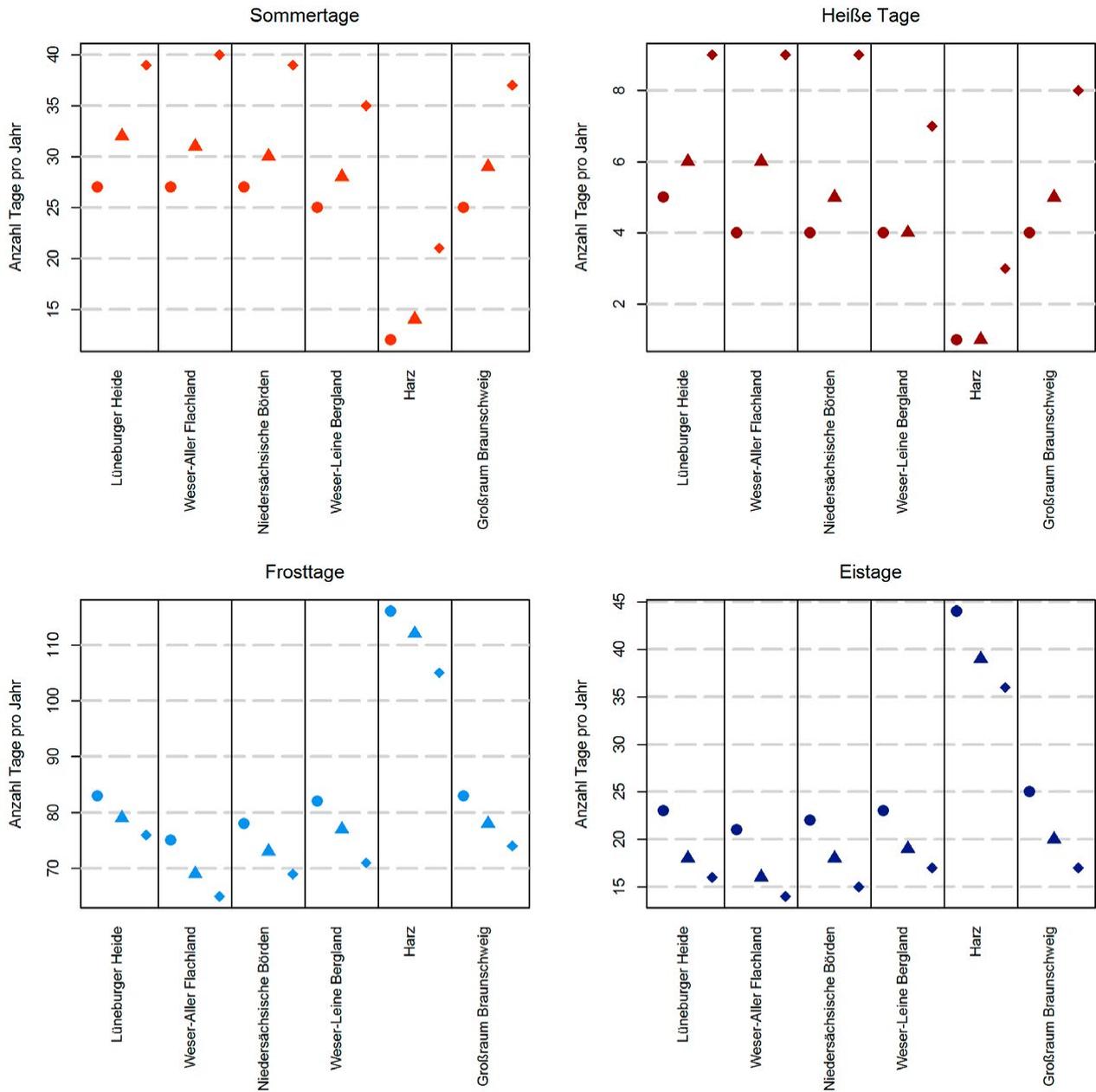
Abb. 7: Entwicklung der Mitteltemperatur im Großraum Braunschweig im Zeitraum von 1881 bis 2018 (Quelle: DWD)

Tab. 5: Langjährige jährliche Mitteltemperaturen und mittlere Niederschlagssummen der einzelnen Naturräume in der Referenzperiode von 1971 - 2000 (Quelle: DWD).

Naturraum	Temperatur [°C]	Niederschlag [mm/Jahr]
Großraum Braunschweig	8,8	704
Lüneburger Heide	8,9	652
Weser-Aller Flachland	9,3	630
Niedersächsische Börden	9,1	613
Weser-Leine Bergland	8,7	753
Harz	6,6	1229

Tab. 6: Entwicklung der Temperaturen und thermischen Kenntage im Großraum Braunschweig (Quelle: DWD).

	1961-1990	1971-2000	1989-2018
tägliches Maximum der Lufttemperatur [°C]	12,5	12,8	13,7
täglicher Mittelwert der Lufttemperatur [°C]	8,4	8,8	9,5
tägliches Minimum der Lufttemperatur [°C]	4,6	5	5,4
Sommertage [n/Jahr] ($T_{max} \geq 25^{\circ}C$)	25	29	37
Heiße Tage [n/Jahr] ($T_{max} \geq 30^{\circ}C$)	4	5	8
Frosttage [n/Jahr] ($T_{min} < 0^{\circ}C$)	83	78	74
Eistage [n/Jahr] ($T_{max} < 0^{\circ}C$)	25	20	17



• 1961-1990 ▲ 1971-2000 ◆ 1989-2018

Abb. 8: Entwicklung der thermischen Kenntage in den einzelnen Naturräumen des Großraumes Braunschweig.

Auch beim Niederschlag hat der Klimawandel bereits zu Veränderungen seit Beginn der systematischen Messungen Ende des 19. Jahrhunderts geführt. Die mittlere jährliche Niederschlagsmenge im Großraum Braunschweig ist bis 2018 um etwa 5 % angestiegen und betrug im 30-jährigen Zeitraum von 1971 bis 2000 circa 700 l/m² (Abb. 9).

Mit der zunehmenden Erwärmung steigt das Potenzial für starke Niederschläge. Starkniederschläge sind schwer zu erfassen, da sie eine hohe räumliche und zeitliche Variabilität besitzen und somit oftmals nur lokal begrenzt auftreten. Eine flächendeckende Erfassung mit Radar ist erst seit Beginn des 21. Jahrhunderts möglich. Diese Zeitreihen sind aber noch nicht lang genug, um gesicherte klimatische Aussagen treffen zu können.

Deutlich längere Zeitreihen liegen für Tageswerte des Niederschlags vor. Allerdings können nur Häufigkeiten von Niederschlägen über einem bestimmten Schwellenwert ausgewertet werden. Eine Kombination mit der Dauer des zugehörigen Ereignisses ist nicht möglich. Im Großraum Braunschweig haben seit Mitte des 20. Jahrhunderts Tagesniederschläge von mehr als 10, 20 oder 30 Litern pro Quadratmeter bisher im Flächenmittel nicht zugenommen (Tab. 7). Auch in den einzelnen Naturräumen sind keine auffallenden Änderungen erkennbar (Abb. A 8 im Anhang). Deutlich wird hier wiederum, dass im Weser-Bergland und vor allem im Harz Starkniederschläge am häufigsten auftreten.

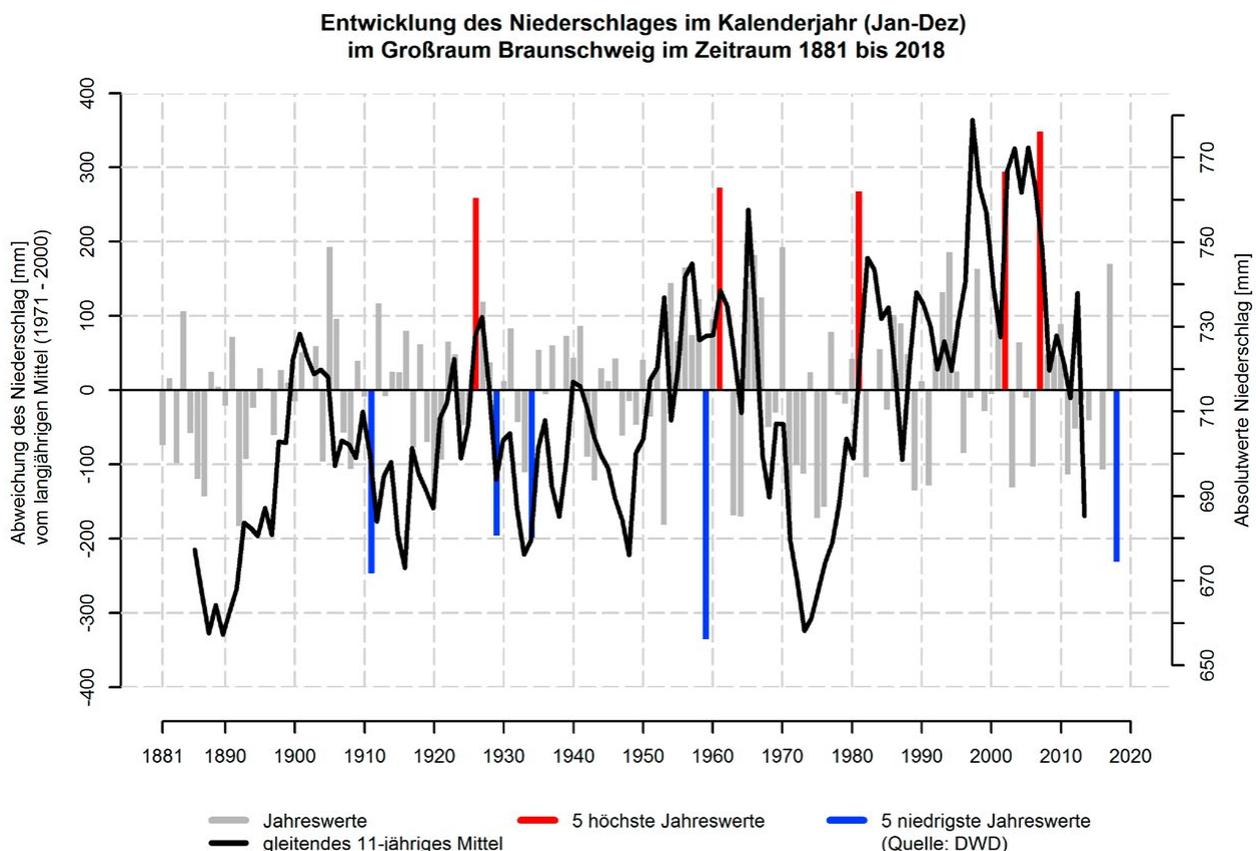


Abb. 9: Entwicklung des Niederschlages im Großraum Braunschweig (Quelle: DWD)

Tab. 7: Entwicklung des Niederschlages und der Anzahl von Tagen mit Starkniederschlag im Großraum Braunschweig (Quelle: DWD).

	1961-1990	1971-2000	1989-2018
Niederschlag [mm/Jahr]	711	704	722
Anzahl Tage mit Niederschlag > 10 mm [n/Jahr]	17	17	18
Anzahl Tage mit Niederschlag > 20 mm [n/Jahr]	4	4	4
Anzahl Tage mit Niederschlag > 30 mm [n/Jahr]	1	1	1

3.3 Zukünftiger Klimawandel

3.3.1 Temperaturzunahme und Hitze

Im zeitlichen Verlauf von 1971 bis zum Jahr 2100 zeigen die Mediane der Jahresmitteltemperaturen des Regionalmodellensembles einen deutlichen Anstieg bei allen drei Szenarien im Großraum Braunschweig, wobei Szenario RCP 8.5 den stärksten positiven Anstieg aufzeigt (Abb. 10). Diese Trends sind äußerst robust, ein Anstieg der jährlichen Mitteltemperaturen wird von allen Modellkombinationen des Ensembles bestätigt. Zum Ende des Jahrhunderts nimmt neben der Jahresmitteltemperatur auch die Variabilität zu, dies wird durch die Darstellung der Bandbreite des Modellensembles in Abb. 10 deutlich (Möglichkeitsbereich). Hierbei sei darauf hingewiesen, dass der im Diagramm abgebildete, bereits vergangene Zeitraum durch Modelldaten und nicht durch Beobachtungsdaten repräsentiert wird (dies gilt für alle Diagramme mit Zeitreihen von Modelldaten in diesem Kapitel). Der Unterschied ist in Kapitel 3.1.3 erläutert.

Die Änderungen der Temperatur zeigen für den Großraum Braunschweig ebenfalls einen deutlichen Anstieg in allen Zeiträumen, wobei zum Ende des Jahrhunderts beim Szenario RCP 8.5 die stärksten Zunahmen und beim Szenario RCP 2.6 die geringsten Zunahmen zu verzeichnen sind (Tab. 8). Die Minimumtemperaturen⁸ steigen bei allen Szenarien am stärksten, ebenso fallen die Änderungen der Temperaturmaxima⁹ höher aus als die der Mitteltemperaturen. Die höchsten Zunahmen treten in der Zukunftsperiode von 2071 bis 2100 bei den Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5 auf, beim Szenario RCP 2.6 ist eine Stagnation des ohnehin schon geringen Temperaturanstiegs zu erkennen. Hier zeigen sich die projizierten positiven Auswirkungen globaler Klimaschutzmaßnahmen deutlich.

Eine Zunahme der Temperaturen ist in allen Regionen Deutschlands beobachtbar und auch in den regionalen Klimaprojektionen erkennbar (DWD 2016, Deutschländer und Mächel 2017). In der 3. Zukunftsperiode (2071–2100) liegt die Temperaturänderung des Szenarios RCP 8.5 im Großraum Braunschweig mit 3,4°C etwas unter dem deutschlandweiten Mittelwert von 3,8°C.

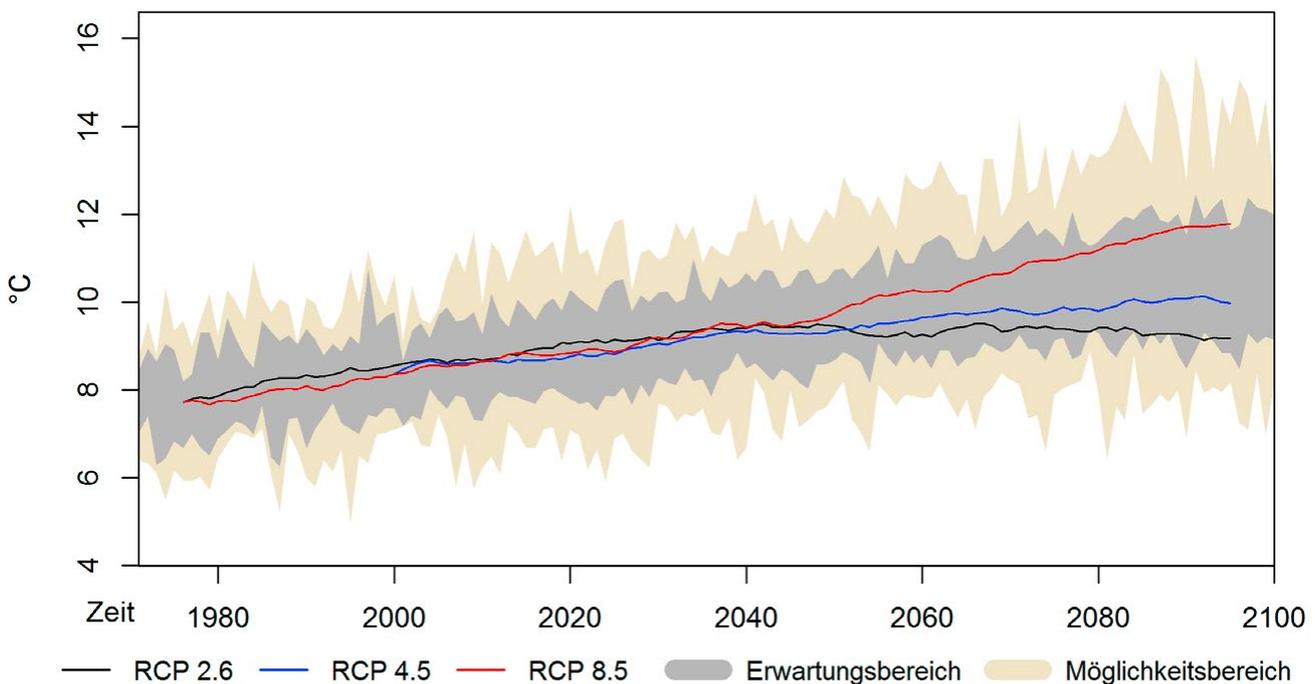


Abb. 10: Zeitlicher Trend der jährlichen Mitteltemperaturen im Großraum Braunschweig, alle Szenarien⁷

7) Die durchgezogenen Linien sind die Mediane der einzelnen Szenarien des Ensembles. Der Möglichkeitsbereich ist synonym dem Begriff Vertrauensbereich zu verwenden und bildet die Bandbreite zwischen kleinstem und größtem Wert des Ensembles. Der Erwartungsbereich zeigt die Bandbreite zwischen dem 15. und 85. Perzentil des Ensembles.

8) Temperaturminima oder das Temperaturminimum sind entweder der jährliche oder der 30-jährige Mittelwert der täglichen Tiefsttemperatur.

9) Temperaturmaxima oder Maximumtemperaturen sind entweder der jährliche oder der 30-jährige Mittelwert der täglichen Höchsttemperatur.

Bei der Annahme des Eintretens von Szenario RCP 8.5 würde die Jahresmitteltemperatur im Großraum Braunschweig zum Ende des Jahrhunderts somit bei ca. 12°C liegen. Unter Einbeziehung der Änderungen für die Minimum- und Maximumtemperaturen, sowie des Jahresniederschlages ähnelt das zukünftige Klima des Großraumes Braunschweig (RCP 8.5) den heutigen Klimabedingungen von Orten, die in etwa zwischen dem 40. und 45. Breitengrad in Europa liegen wie beispielsweise Pamplona in Spanien, Gourdon in Frankreich, Verona in Italien oder etwa Niš in Serbien. Die Trends der Temperatur und die projizierten Änderungen der langjährigen Mittelwerte sind sehr robust und werden von allen Modellkombinationen des Ensembles als statistisch signifikant ausgegeben.

Im Jahresgang ist ein Temperaturanstieg in allen Monaten erkennbar, wobei im Herbst und Winter vergleichsweise größere Temperaturänderungen auftreten als im Frühjahr und Sommer (Abb. 11). Dieses Muster zeigen alle drei Szenarien (vgl. Abb. A 10, Abb. A 11 und Abb. A 12), wobei die Ausprägung bei Szenario 8.5 am stärksten ist. Wie bei den jährlichen Mitteltemperaturen verstärkt sich auch hier das Klimaänderungssignal deutlich zum Ende des Jahrhunderts.

In den einzelnen Naturräumen sind die projizierten Änderungen der Temperatur nahezu identisch (siehe Tab. A 3 bis Tab. A 7 im Anhang). Die Unterschiede in der naturräumlichen Ausstattung haben somit keinen nachweisbaren Einfluss auf die Höhe und Ausprägung der Temperaturänderungen. So treffen die Aussagen für den Großraum Braunschweig genauso für die betrachteten Naturräume zu. Wichtig ist jedoch die Berücksichtigung der unterschiedlichen Ausgangsniveaus. So wird der Harz mit seinen im Vergleich eher sensiblen natürlichen Gegebenheiten von einer mittleren Temperaturzunahme um 3,4°C (Szenario RCP 8.5, zum Ende des Jahrhunderts) wahrscheinlich stärker betroffen sein als etwa die Naturräume Lüneburger Heide oder Weser-Aller Flachland.

Der projizierte Anstieg der Temperatur steht in engem Zusammenhang mit der Entwicklung meteorologischer Kenntage, die eine anschaulichere Sicht auf klimatische Änderungen zulassen. In Tab. 9 sind die langjährigen mittleren Änderungen ausgewählter Kenntage für den Großraum Braunschweig aufgeführt. Die durchschnittliche jährliche Anzahl an Sommertagen, Heißen Tagen und Tropennächten nimmt bis zum Ende des Jahrhunderts deutlich zu. So ist bspw. in der Zukunftsperiode 3 beim Szenario RCP 8.5 mit 17 zusätzlichen Heißen Tagen zu rechnen. Damit würden zukünftig im Mittel ca. 22 Heiße Tage im Gegensatz zu ca. 5 Heißen Tagen pro Jahr (Zeitraum 1971-2000) auftreten.

Tropennächte ($T_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$) treten relativ selten auf, weshalb beobachtete Änderungen statistisch nicht ausreichend belastbar sind. Trotzdem können sie als Anhaltspunkte für die Tendenz einer zunehmenden Erwärmung dienen. Tropennächte treten ab Mitte des Jahrhunderts häufiger auf. Dieser Kennwert beschreibt die zunehmende nächtliche Temperaturbelastung besonders in urbanen, eng bebauten Räumen sehr gut. Beim Klimaschutzszenario RCP 2.6 tritt in der 3. Zukunftsperiode im Durchschnitt keine Tropennacht im Jahr mehr auf als im Referenzzeitraum. Beim Szenario 8.5 sind es jedoch bereits 5 zusätzliche Tropennächte pro Jahr (siehe Tab. 9).

Die Zunahme der Heißen Tage ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) lässt in Zukunft eine ansteigende Häufigkeit von Hitzeperioden und Hitzewellen erwarten. Für Hitzeperioden gibt es keine eindeutige Definition. Es handelt sich dabei im Wesentlichen um einen Zeitraum mit länger anhaltenden ungewöhnlich hohen Temperaturen. Wird der Schwellenwert einer Tageshöchsttemperatur $\geq 30^{\circ}\text{C}$ verwendet und die Länge in Form aufeinanderfolgender Tage betrachtet, die diesen Wert erreicht oder überschritten haben, zeigt sich für den Großraum Braunschweig sowie in seinen Naturräumen beim Szenario RCP 8.5, dass die Dauer von Hitzeperioden in Zukunft zunimmt (Abb. 12 und Abb. A 15). Bei den Szenarien RCP 2.6 und RCP 4.5 ist ebenfalls eine Zunahme erkennbar, wobei die projizierten Änderungen niedriger ausfallen (Abb. A 13, Abb. A 14 und Abb. A 7 im Anhang). Neben den auf die hohen Temperaturen abzielenden Kenntagen steht die eingangs beschriebene intensive Zunahme der Minimumtemperaturen im Zusammenhang mit einer Abnahme an Frost- und Eistagen. Dies lässt ein häufigeres Auftreten wesentlich milderer Winter und eine geringere Zahl an Tagen mit Frost- und Tauwechsell erwarten. Im Großraum Braunschweig treten im langjährigen Mittel ca. 78 Frosttage pro Jahr auf. Darin enthalten sind etwa 20 Eistage pro Jahr (Zeitraum 1971-2000). Beim Szenario RCP 8.5 würden zum Ende des Jahrhunderts im Mittel nur noch 11 Frosttage und 4 Eistage pro Jahr auftreten.

Die Änderungen der thermischen Kenntage in den einzelnen Naturräumen unterliegen ebenfalls wieder den gleichen Mustern wie im Gesamttraum Braunschweig (Tab. A 8 bis Tab. A 12 im Anhang). Im Harz führt jedoch die Zunahme der Temperaturen zum höchsten Rückgang der Frost- und Eistage im Vergleich zu den anderen Naturräumen (Tab. A 12). Hier werden in der Zukunft aufgrund des geringeren Temperaturniveaus durch die zunehmende Erwärmung wesentlich häufiger die relevanten Schwellenwerte für die Ausweisung von Frost- und Eistagen überschritten.

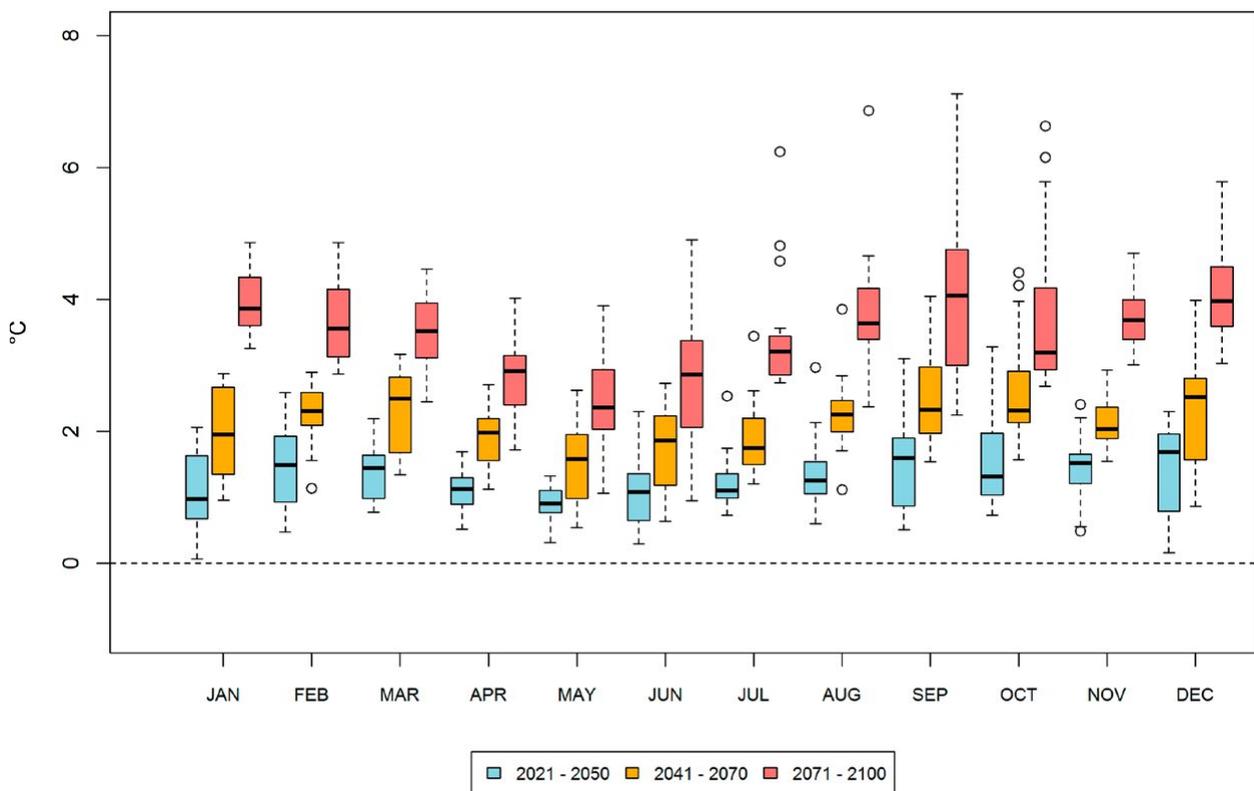


Abb. 11: Änderung der langjährigen monatlichen Mitteltemperaturen im Großraum Braunschweig (RCP 8.5)

Tab. 8: Langjährige Änderung der Temperatur (in °C) im Großraum Braunschweig. P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil.

Variable	Szenario	Änderung im Zeitraum gegenüber 1971-2000								
		2021/2050			2041/2070			2071/2100		
		P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85
Jahresmitteltemperatur [°C]	RCP 2.6	0,8	1,0	1,3	0,9	1,2	1,5	0,9	1,1	1,4
	RCP 4.5	0,7	1,2	1,6	1,0	1,6	2,2	1,5	2,0	2,6
	RCP 8.5	0,8	1,3	1,8	1,7	2,0	2,6	2,8	3,4	4,3
Minimumtemperatur [°C]	RCP 2.6	1,5	2,2	3,9	2,2	2,9	3,6	2,2	2,8	3,9
	RCP 4.5	1,9	2,7	3,2	2,0	3,8	6,0	3,1	4,1	6,3
	RCP 8.5	1,1	3,0	4,4	3,2	4,6	7,3	6,3	8,0	10,4
Maximumtemperatur [°C]	RCP 2.6	1,0	1,4	2,0	0,8	1,4	2,5	0,6	1,7	2,0
	RCP 4.5	0,9	1,4	2,3	1,3	2,1	2,8	1,5	2,4	3,5
	RCP 8.5	0,9	1,8	2,1	1,5	2,7	3,8	3,1	4,2	6,5

Tab. 9: Langjährige Änderung (Anzahl pro Jahr) thermischer Kenntage im Großraum Braunschweig.
 P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil.

Kenntag	Szenario	Änderung im Zeitraum gegenüber 1971-2000								
		2021/2050			2041/2070			2071/2100		
		P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85
Sommertage [n/Jahr] (Tmax ≥ 25°C)	RCP 2.6	3	11	14	6	9	14	7	11	13
	RCP 4.5	5	9	13	7	15	21	13	18	23
	RCP 8.5	7	10	13	14	17	25	26	36	47
Heiße Tage [n/Jahr] (Tmax ≥ 30°C)	RCP 2.6	1	3	6	1	2	6	3	4	6
	RCP 4.5	2	4	7	4	6	10	5	6	12
	RCP 8.5	2	4	6	6	7	12	10	17	20
Tropennächte [n/Jahr] (Tmin ≥ 20°C)	RCP 2.6	0	0	1	0	0	1	0	0	1
	RCP 4.5	0	0	1	0	1	1	1	1	2
	RCP 8.5	0	1	1	1	1	2	2	5	7
Frosttage [n/Jahr] (Tmin < 0°C)	RCP 2.6	-28	-20	-17	-29	-25	-23	-29	-23	-21
	RCP 4.5	-30	-24	-18	-45	-32	-20	-50	-43	-34
	RCP 8.5	-33	-27	-22	-48	-43	-34	-72	-67	-61
Eistage [n/Jahr] (Tmax < 0°C)	RCP 2.6	-8	-6	-5	-9	-6	-6	-9	-8	-6
	RCP 4.5	-10	-7	-2	-13	-10	-5	-14	-11	-7
	RCP 8.5	-10	-9	-3	-14	-11	-8	-17	-16	-15

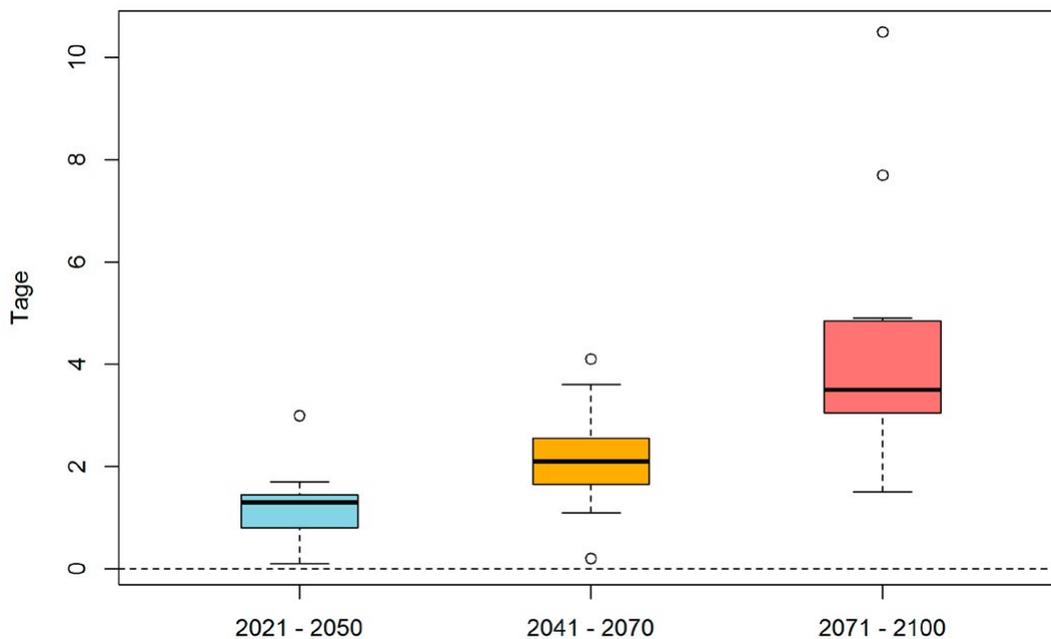


Abb. 12: Änderung der Länge von Hitzeperioden
 (aufeinanderfolgende Tage mit Tmax ≥ 30°C) im Großraum Braunschweig Szenario RCP 8.5

3.3.2 Niederschlagsverschiebung & Trockenheit

3.3.2.1 Niederschlagsverschiebung

Die jährlichen Niederschlagssummen im Großraum Braunschweig zeigen für alle Szenarien einen schwachen Anstieg bis zum Ende des Jahrhunderts (Abb. 13). Beim Szenario RCP 8.5 ist dieser Trend bei der Mehrzahl der Modellläufe statistisch signifikant. Bei den Szenarien RCP 2.6 und RCP 4.5 zeigen weniger als die Hälfte der Modellläufe einen statistisch signifikanten Anstieg.

Bei Betrachtung der Änderungen der langjährigen mittleren jährlichen Niederschlagssummen treten in allen Zukunftsperioden bei allen drei Szenarien Zunahmen auf (Abb. 14 und Tab. 10). Nur beim Szenario RCP 8.5 ist ein kontinuierlicher Anstieg der Zunahmen von der ersten bis zur letzten Zukunftsperiode erkennbar. Die im Vergleich der Szenarien geringsten Niederschlagsänderungen treten beim Szenario RCP 2.6 im Zeitraum von 2041–2070 und von 2071–2100 auf. Das Szenario RCP 8.5 zeigt die höchsten Zunahmen des Jahresniederschlages, welche im Zukunftszeitraum von 2071–2100 bei durchschnittlich 78 mm/Jahr liegen.

Quantitativ unterscheiden sich die Änderungen der jährlichen Niederschlagssummen in den Naturräumen des Großraumes Braunschweig kaum und liegen zum Ende des Jahrhunderts beim Szenario RCP 8.5 zwischen 80 und 90 mm/Jahr. Bis auf den Harz entspricht dies Zunahmen von ca. 11 % bis 14 % des mittleren Jahresniederschlages. Aufgrund des im Vergleich wesentlich höheren Niederschlagsaufkommens im Harz liegt hier die relative Zunahme der jährlichen Niederschlagssumme bei nur ca. 6 %.

Die Änderungen der jährlichen Niederschlagssummen sind im Verhältnis zur natürlichen Schwankung, die im Mittel ca. 125 mm beträgt und bis zu ca. 450 mm von Jahr zu Jahr betragen kann, eher gering. Jedoch zeigt die Mehrzahl der Regionalmodelle eine leichte Zunahme der jährlichen Niederschlagssummen an, wobei diese beim Szenario RCP 8.5 in der Zukunftsperiode von 2071 bis 2100 in der Mehrzahl auch statistisch signifikant ist.

Im Jahresgang zeigen sich auffällige Unterschiede der Niederschlagsänderungen. Es ist eine Tendenz zur Verschiebung des Niederschlags erkennbar, mit geringer ausfallenden Änderungen im Sommer als im Winter und Frühjahr.

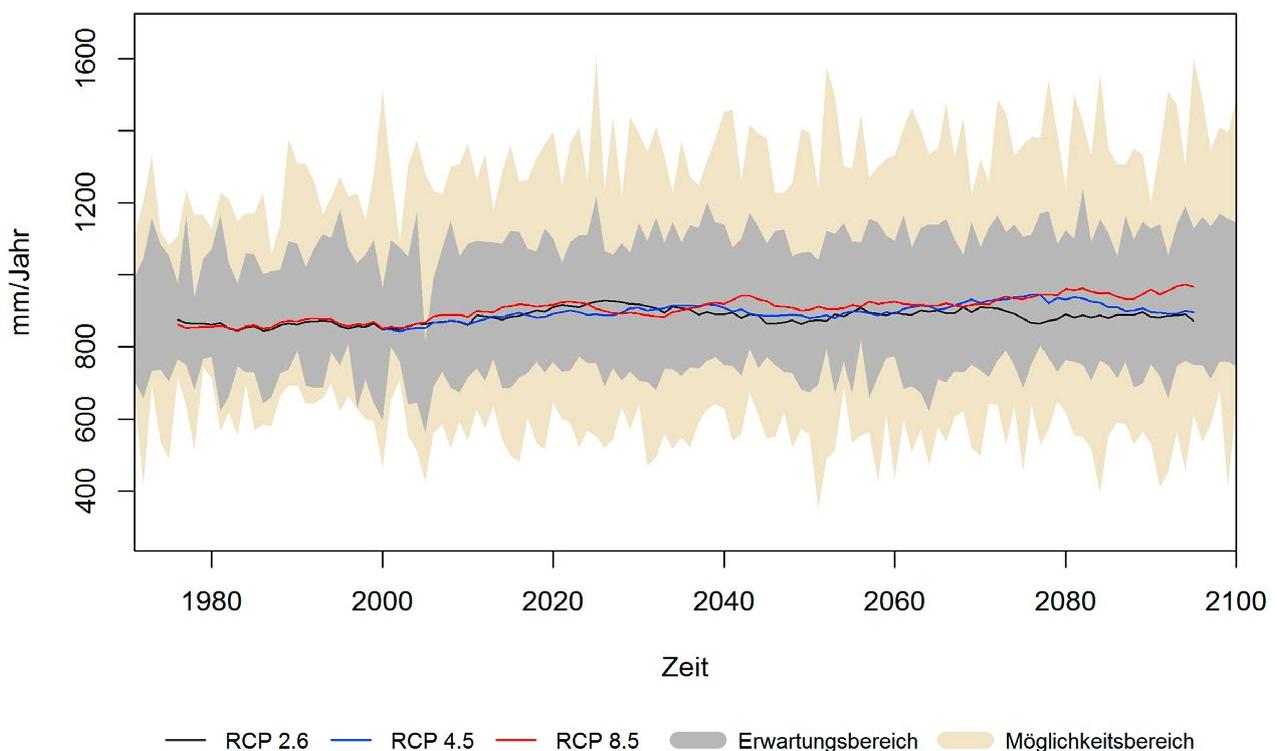


Abb. 13: Zeitlicher Trend der jährlichen Niederschlagssummen im Großraum Braunschweig, alle Szenarien

Beim Szenario RCP 8.5 sind in den Monaten Juli bis September im Zeitraum von 2071-2100 Tendenzen für abnehmende Niederschlagsmengen erkennbar (Abb. 15). Die Szenarien RCP 2.6 und RCP 4.5 weisen dieselben Änderungsmuster auf, wenn auch nicht so ausgeprägt wie beim Szenario RCP 8.5. Ebenso verhält es sich in den Naturräumen (Abb. A 19, Abb. A 20 und Abb. A 21 im Anhang).

Auch hier ist die Modellvariabilität innerhalb des Ensembles recht hoch, was wiederum auf relativ hohe Unsicherheiten in der Aussage hindeutet. Die in den Abbildungen erkennbare Niederschlagsverschiebung mit Zunahmen des Niederschlags vornehmlich im Winter und Abnahmen im Sommer und Frühjahr kann trotz der Unsicherheiten zumindest als auffallende Tendenz interpretiert werden.

Tab. 10: Langjährige Änderung der Niederschlagssumme (in mm/Jahr) im Großraum Braunschweig. P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil.

Variable	Szenario	Änderung im Zeitraum gegenüber 1971-2000								
		2021/2050			2041/2070			2071/2100		
		P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85
Jahresniederschlag [mm/Jahr]	RCP 2.6	0	26	54	-14	5	32	-5	11	37
	RCP 4.5	9	29	80	-1	27	70	17	23	86
	RCP 8.5	14	43	72	7	53	87	47	78	144

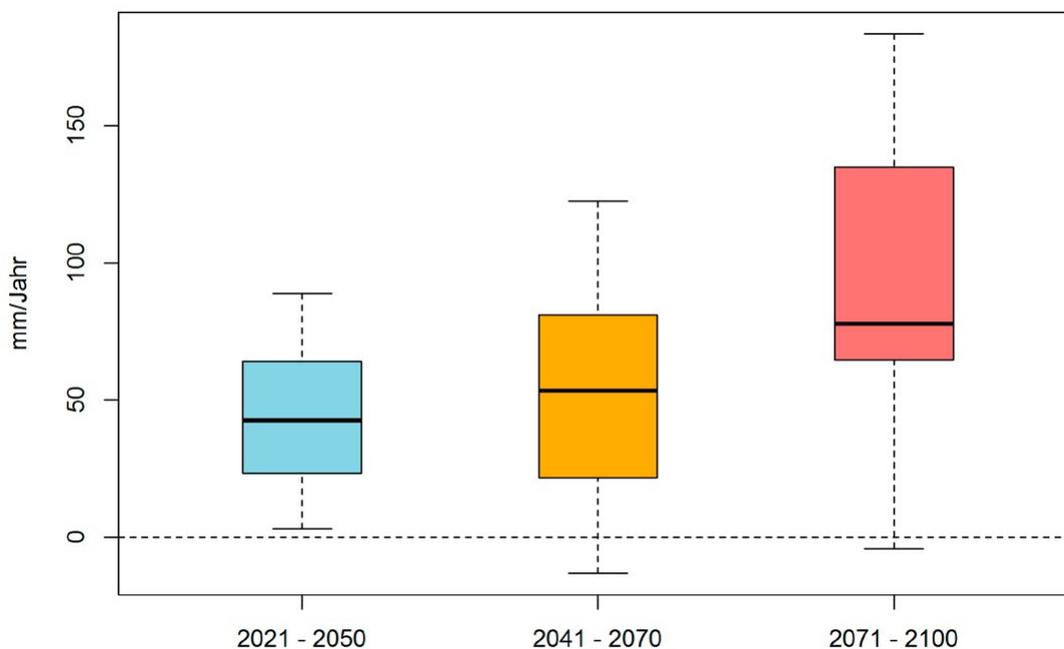


Abb. 14: Langjährige mittlere Änderungen der jährlichen Niederschlagssummen im Großraum Braunschweig, Szenario RCP 8.5

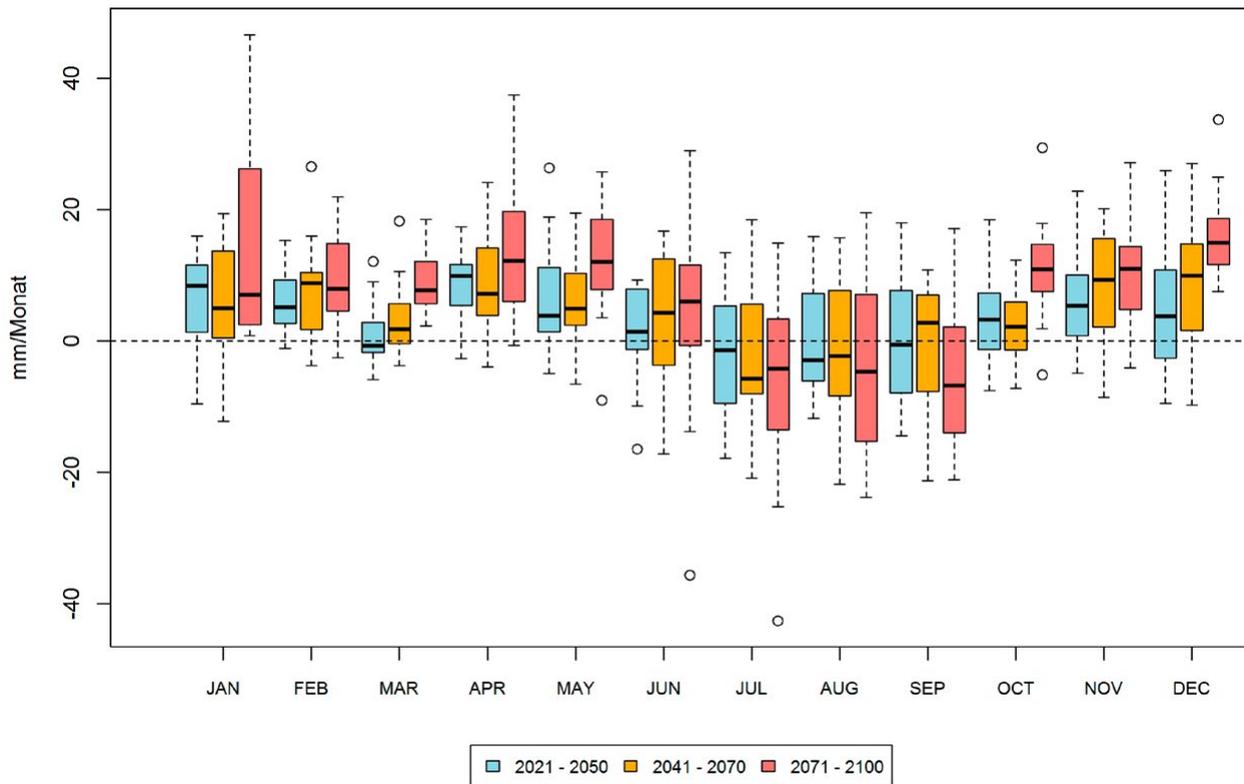


Abb. 15: Änderung der langjährigen mittleren monatlichen Niederschlagssummen im Großraum Braunschweig, Szenario RCP 8.5

3.3.2.2 Trockenheit

Begriffe wie Trockenheit oder Dürre sind nicht eindeutig definiert und die Bewertung dieser Ereignisse hängt oftmals von der jeweiligen fachlichen oder individuellen Sichtweise ab. Im allgemeinen Verständnis sind Trockenheit und Dürre durch einen Mangel an Wasser oder Feuchtigkeit gekennzeichnet, welcher aus einem Niederschlagsdefizit resultiert und über einen längeren Zeitraum zu Wasserknappheit führen kann. Ein Indikator für Trockenheit ist beispielsweise die Klimatische Wasserbilanz (Differenz von Niederschlag und potenzieller Verdunstung), die eine Gegenüberstellung des potenziellen (natürlichen) Wasserdargebots durch Niederschlag und Wasserverlust aufgrund der potenziellen Verdunstung erlaubt.

Die monatlichen Änderungen der klimatischen Wasserbilanz weisen entscheidende jahreszeitliche Differenzen auf (Abb. 16). Während die Winter- und Frühjahrsmonate größtenteils positive Änderungen der klimatischen Wasserbilanz zeigen, sind in den Monaten Juli, August und September in allen drei Zukunftsperioden Abnahmen der klimatischen Wasserbilanz beim Szenario RCP 8.5 erkennbar.

Auch wenn die Änderungen in den Sommermonaten teilweise recht gering sind, deutet dies zumindest auf die Tendenz zu einer Verminderung des natürlichen Wasserdargebots hin. Dies kann in heißen Sommern die Situation, in bereits heute schon von Wasserknappheit oder Trockenheit betroffenen Bereichen, noch verschärfen. Ähnlich wie beim Niederschlag sind auch die Änderungen der klimatischen Wasserbilanz mit Unsicherheiten behaftet, da diese zu einem nicht unwesentlichen Teil durch die Variabilität des Niederschlags beeinflusst sind.

Auch bei der Klimatischen Wasserbilanz sind die für das Szenario RCP 8.5 sichtbaren Muster bei den Szenarien RCP 2.6 und RCP 4.5 ebenso erkennbar, jedoch weniger deutlich ausgeprägt (Abb. A 22, Abb. A 23 und Abb. A 24 im Anhang). In allen Naturräumen des Großraumes Braunschweig tritt die beobachtete Tendenz einer abnehmenden klimatischen Wasserbilanz vornehmlich im Sommer mit ähnlichen Quantitäten und zeitlichen Abfolgen auf.

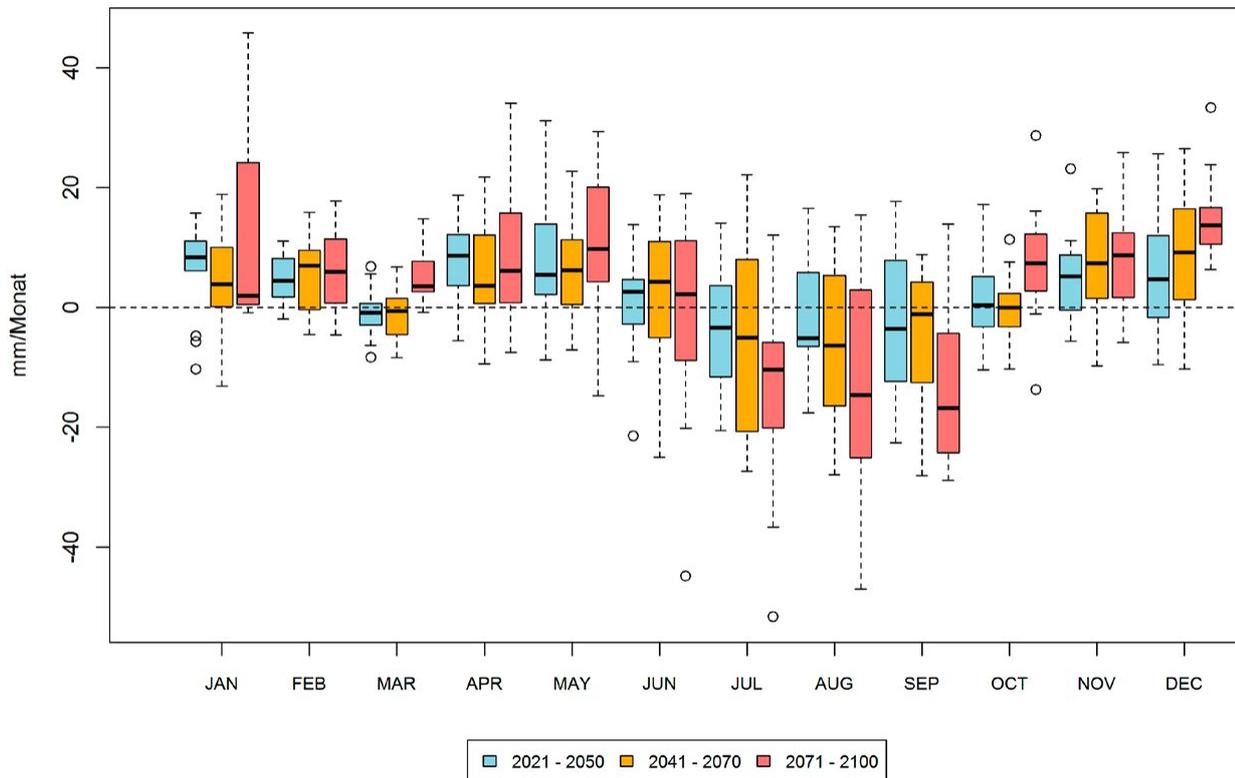


Abb. 16: Änderung der langjährigen mittleren monatlichen klimatischen Wasserbilanz im Großraum Braunschweig, Szenario RCP 8.5

3.3.3 Starkniederschlag

Mehr noch als die mittleren Niederschlagssummen ist besonders für Städte und Gemeinden die Frage nach der Häufigkeit und der Intensität von Starkniederschlägen relevant. Verschiedene Ereignisse in jüngster Vergangenheit haben gezeigt, dass Starkregenereignisse ein erhebliches Schadens- und Gefahrenpotenzial besitzen.

Als Starkniederschläge werden Niederschläge bezeichnet, die eine hohe Intensität, d.h. eine im Verhältnis zu ihrer Dauer große Niederschlagshöhe, aufweisen. Starkniederschlagsereignisse können dabei sowohl Niederschläge kurzer Dauer als auch mehrere Stunden oder Tage anhaltende Niederschläge mit entsprechend großen Niederschlagshöhen sein (Rauthe et al. 2014). Neben der Dauer eines gegebenen Starkniederschlagsereignisses ist die Größe der betroffenen Fläche wesentlich. Der DWD warnt vor Starkregen in zwei Stufen, wenn folgende Schwellenwerte voraussichtlich überschritten werden: Regenmenge ≥ 10 mm/1 Std. bzw. ≥ 20 mm/6 Std. (Markante Wetterwarnung) oder Regenmenge ≥ 25 mm/1 Std. bzw. ≥ 35 mm/6 Std. (Unwetterwarnung; DWD 2018a).

In der Klimaforschung wird meist die Tagesniederschlagssumme betrachtet. Hier werden Schwellenwerte festgelegt (z.B. $N \geq 10$ mm/d oder ≥ 20 mm/d), deren Überschreitung

als Starkniederschlag verstanden werden kann. Diese sind jedoch nicht einheitlich definiert, sodass verschiedene Ansätze zur Bestimmung der Schwellenwerte für Starkniederschlag existieren. In diesem Bericht werden folgende Schwellenwerte der täglichen Niederschlagssumme zur Identifizierung von Starkregenereignissen festgelegt:

- starker Niederschlag: $N \geq 10$ mm/d
- stärkerer Niederschlag: $N \geq 20$ mm/d
- Starkniederschlag: $N \geq 50$ mm/d

Beispielhaft für den Trend von Starkniederschlagsereignissen im Großraum Braunschweig ist die zeitliche Entwicklung der Auftrittshäufigkeit von Tagen mit einem Niederschlag ≥ 20 mm/Tag dargestellt (Abb. 17). Die Klimaszenarien zeigen zum Ende des Jahrhunderts keinen eindeutigen Trend für die Entwicklung von Niederschlagsereignissen ≥ 20 mm/Tag. Starkniederschläge treten relativ selten auf und lassen sich somit statistisch nur bedingt erfolgreich auswerten.

Die mittleren Änderungen des Auftretens dieser seltenen Ereignisse pro Jahr fallen äußerst gering aus. Für die Kategorien $N \geq 10$ mm/d und $N \geq 20$ mm/d des Starkniederschlags projizieren die regionalen Klimamodelle bei allen Szenarien eine Zunahme der Ereignisse, wobei zum Ende

des Jahrhunderts die Zunahmen am größten sind (vgl. Tab. 11 und Abb. 18). Niederschlagsereignisse ≥ 50 mm/d treten sehr selten auf und haben (wie alle Starkniederschlagsereignisse) eine hohe räumliche und zeitliche Variabilität. So wurde an der Klimastation „Wolfenbüttel“ von 1971 bis 2000 nur 1 Niederschlagsereignis ≥ 50 mm/d registriert, an der Station „Wahrenholz“ 2 Ereignisse und an der Station „Langelsheim Astfeld“ immerhin 6 Ereignisse. Beim Klimaszenario RCP 8.5 wird ab Mitte des Jahrhunderts ein Starkniederschlagsereignis ≥ 50 mm/d zusätzlich pro Jahr projiziert (Tab. 11). Diese Aussage ist jedoch äußerst unsicher.

Die Zunahme von Tagen mit Niederschlag ≥ 10 mm/d (dies schließt Tage mit $N \geq 20$ mm/d und $N \geq 50$ mm/d mit ein) ist verbunden mit einer Abnahme von Tagen mit Niederschlag < 10 mm/d. Bei wenig veränderten oder gar zunehmenden Jahresniederschlagssummen bedeutet dies, dass die Häufigkeit von Tagen mit Niederschlag im Mittel abnimmt, die Niederschlagsintensität jedoch zunimmt.

Mit einfachen Worten: Es regnet weniger, aber wenn, dann stärker als im Referenzzeitraum. Dies wird durch die Zunahme des höchsten täglichen Niederschlags noch un-

termauert. So kann in der Zukunft, je nach Szenario, die maximale tägliche Niederschlagsmenge 4 mm bis 14 mm höher sein als heute.

Die Änderung der Auftrittshäufigkeit von Starkniederschlagsereignissen ist quantitativ in allen Naturräumen fast gleich (siehe Tab. A 18 bis Tab. A 22 im Anhang). Im Harz scheinen Starkniederschlagsereignisse ≥ 50 mm/Tag in Zukunft ein wenig häufiger aufzutreten als in den anderen Naturräumen.

Diese Aussage ist jedoch äußerst unsicher. Im Kapitel 3.3.2 wurde bereits darauf hingewiesen, dass der von den Regionalmodellen abgebildete Niederschlag relativ großen Unsicherheiten unterliegt. Dies gilt umso mehr für die Extreme. Deshalb sollten die hier aufgeführten Auswertungen nur unter Berücksichtigung dieser Erkenntnis interpretiert werden. Prinzipiell wird jedoch offensichtlich, dass die zunehmende Erwärmung mit einer Intensivierung des Niederschlagsgeschehens einhergeht und die Wahrscheinlichkeit der Zunahme von extremen Niederschlagsereignissen in einer allgemein wärmeren Atmosphäre steigt.

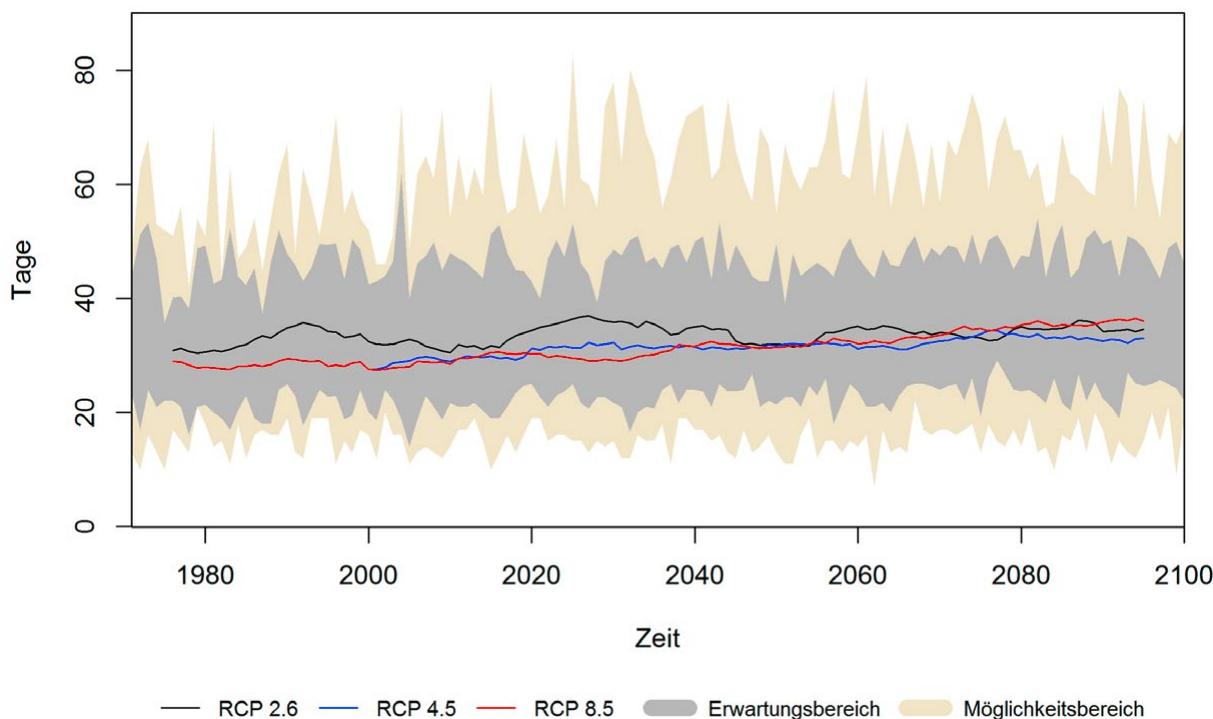


Abb. 17: Zeitlicher Trend der Anzahl an Tagen pro Jahr mit stärkerem Niederschlag ($N \geq 20$ mm/d) im Großraum Braunschweig, alle Szenarien

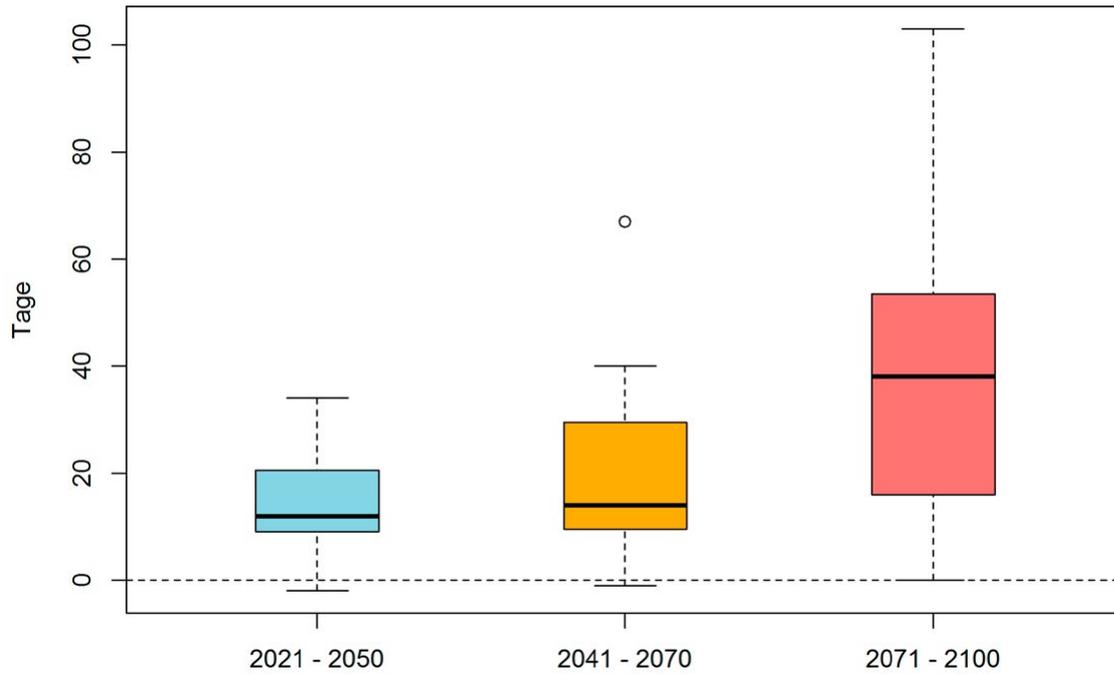


Abb. 18: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Starkniederschlagsereignissen mit $N \geq 50$ mm/d innerhalb des jeweiligen 30-jährigen Zeitraumes im Großraum Braunschweig, Szenario RCP 8.5

Tab. 11: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Starkniederschlagsereignissen (Anzahl der Tage pro Jahr) im Großraum Braunschweig. P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil.

Kenntag	Szenario	Änderung im Zeitraum gegenüber 1971-2000								
		2021/2050			2041/2070			2071/2100		
		P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85
starker Niederschlag [n/Jahr] ($N > 10$ mm/d)	RCP 2.6	-4	1	5	-4	0	3	-1	1	4
	RCP 4.5	-1	3	7	-1	3	6	-1	4	7
	RCP 8.5	0	4	7	-1	5	6	1	6	11
stärkerer Niederschlag [n/Jahr] ($N > 20$ mm/d)	RCP 2.6	-1	2	4	-2	1	2	-1	0	4
	RCP 4.5	0	2	5	0	3	5	1	4	5
	RCP 8.5	1	3	4	0	4	6	3	6	9
Starkniederschlag [n/Jahr] ($N > 50$ mm/d)	RCP 2.6	0	0	1	0	0	1	0	0	1
	RCP 4.5	0	0	1	0	0	1	0	0	1
	RCP 8.5	0	0	1	0	1	1	0	1	2

3.3.4 Wind und Sturm

Sturmereignisse besitzen, ebenso wie Starkniederschläge, ein sehr hohes Schadenspotenzial. Der DWD definiert Sturm folgendermaßen: „Bezeichnung für Wind von großer Heftigkeit, nach der Beaufort-Skala der Stärke 9 bis 11 (74 bis 117 km/h), der erhebliche Schäden und Zerstörungen anrichten kann“. Folgende Sturmklassen werden anhand ihrer Windstärke eingeteilt (DWD 2018b):

- Sturm: Beaufort 9 (75 bis 88 km/h)
- schwerer Sturm: Beaufort 10 (89 bis 102 km/h)
- orkanartiger Sturm: Beaufort 11 (103 bis 117 km/h)
- Orkan: Beaufort 12 (> 117 km/h)

Auch Stürme gehören zu den seltenen Ereignissen, sodass sie ebenfalls nur bedingt statistisch auswertbar sind. Hinzu kommt, dass Regionale Klimamodelle teilweise nicht in der Lage sind Böen korrekt zu reproduzieren und daher Sturmereignisse oftmals nur unzureichend abbilden können. Es ist jedoch anzunehmen, dass es in einer wärmeren Atmosphäre aufgrund von mehr verfügbarer latenter Wärme, die beim Phasenübergang von Wasserdampf zu Flüssigwasser frei wird, zu besseren Wachstumsbedin-

gungen für starke Zyklonen kommen kann und somit zu potenziell stärkeren Stürmen (Pinto et al. 2009, Fink et al. 2012, Pinto und Ryers 2017).

Dies hätte eine Zunahme der Sturmaktivität über Westeuropa zur Folge (Pinto et al. 2009, Donat et al. 2010, McDonald 2011). In diesem Zusammenhang konnte bisher jedoch noch nicht eindeutig wissenschaftlich geklärt werden, ob die Häufigkeit der Sturmereignisse an sich zunimmt oder ob bei gleichbleibender Häufigkeit die Intensität steigt, also die Höhe der auftretenden Windgeschwindigkeiten (vgl. Pinto und Ryers 2017).

Die Trendanalyse für die Anzahl von Sturmereignissen pro Jahr ergab bei allen drei Klimaszenarien für den Großraum Braunschweig keine eindeutige Ab- oder Zunahme bis zum Jahr 2100 (ohne Abbildung). Dementsprechend weist auch kaum eines der Modelle des Ensembles einen signifikanten Trend auf. Somit lassen sich aus den Ergebnissen des Modellensembles keine verwendbaren Aussagen zur zukünftigen Entwicklung der Auftrittshäufigkeit von Stürmen ableiten.



3.4 Zusammenfassung

Die Analyse der vom EURO-CORDEX-Modellensemble projizierten klimatischen Änderungen für die Klima-Szenarien RCP 2.6, RCP 4.5 und RCP 8.5 im Großraum Braunschweig zeigt für die Jahresmittel-temperaturen einen signifikanten Anstieg bis zum Ende des Jahrhunderts. Dieser Anstieg tritt in allen Monaten des Jahres auf, wobei die Temperaturen in den Wintermonaten stärker zunehmen als in den Sommermonaten. Die mit dem Temperaturanstieg einhergehende Erwärmung wirkt sich dementsprechend auf die Veränderung der thermischen Kenntage im Großraum Braunschweig aus. So wird die Anzahl an Sommertagen, Heißen Tagen und Tropennächten deutlich zunehmen sowie an Frost- und Eistagen abnehmen. Weiterhin gibt es Hinweise, dass die Länge von Hitzeperioden vermutlich zunimmt.

Die jährlichen Niederschlagsmengen tendieren zu einem leichten Anstieg im Großraum Braunschweig. Dabei zeigen sich auffallende Änderungen im Jahresgang mit einer Tendenz zu geringeren Niederschlagsmengen im Sommer und höheren Niederschlagsmengen im Winter und Frühjahr. Einen Anstieg lassen auch die Jahressummen der klimatischen Wasserbilanz erkennen. Wie beim Niederschlag gibt es im Jahresgang nachhaltige Veränderungen.

Die Temperaturzunahme bewirkt zunehmende Verdunstungsraten, die vornehmlich in den Sommermonaten zu einer Abnahme der klimatischen Wasserbilanz und somit zu einem Rückgang des natürlichen Wasserdargebots führen können.

Im Zusammenhang mit der Temperaturzunahme, der Verlängerung von Hitzeperioden und der erkennbaren Niederschlagsverschiebung muss besonders in den Sommermonaten zunehmend mit erhöhter Trockenheit gerechnet werden. Besonders betroffen dürften dabei Gebiete sein, die bereits heute schon Trockenheitstendenzen aufweisen.

Starkregenereignisse zählen zu den seltenen Ereignissen und sind somit statistisch nur unzureichend beschreibbar. Die regionalen Klimamodelle projizieren für die nahe, mittlere und ferne Zukunft im Großraum Braunschweig eine zunehmende Auftrittshäufigkeit.

Dies trifft für Tagesniederschläge ≥ 10 mm/d genauso zu wie für Ereignisse ≥ 20 mm/d. Damit verbunden ist gleichzeitig eine Abnahme von Tagen mit Niederschlag < 10 mm/d. Dies bedeutet, dass bei wenig veränderten

oder gar zunehmenden Jahresniederschlagssummen die Häufigkeit von Tagen mit Niederschlag im Mittel abnimmt, die Niederschlagsintensität jedoch zunimmt. Für extreme Starkniederschlagsereignisse von $N \geq 50$ mm/d zeigen sich zunehmende Tendenzen. Auch wenn diese Aussagen Unsicherheiten aufweisen, ist anzunehmen, dass extreme Starkregenereignisse häufiger auftreten werden.

Stürme können von den regionalen Klimamodellen für kleinräumige Analysen nicht immer ausreichend abgebildet werden und sind, genauso wie Starkniederschläge, aufgrund ihres seltenen Auftretens nur bedingt statistisch auswertbar. Unabhängig davon ist die bereits heute beobachtbare und vor allem auch erfahrbare Sturmtätigkeit ein ernst zu nehmender und nicht zu unterschätzender Faktor. Die Änderungen der Auftrittshäufigkeit von Stürmen sind sehr gering und statistisch nicht signifikant. Dies schränkt die Belastbarkeit der Aussagen deutlich ein.

Eine durch die zunehmende Erwärmung aufgeheizte Atmosphäre deutet jedoch darauf hin, dass es in Zukunft zu besseren Wachstumsbedingungen für starke Zyklonen kommen kann und somit zu potenziell stärkeren Stürmen. Dies hätte eine Zunahme der Sturmaktivität über Westeuropa zur Folge. Stürme beinhalten ein äußerst hohes Schadenspotenzial und sollten, auch wenn eine Zunahme der Ereignisse auf Basis der EURO-CORDEX Modellsimulationen statistisch nicht nachweisbar ist, bei Klimaanpassungsmaßnahmen angesichts des Ausmaßes der jüngsten Ereignisse mit in Betracht gezogen werden (z.B. Sturmtief „Axel“ im Oktober 2017 oder Orkantief „Friederike“ im Januar 2018).

Von den ausgewerteten klimatischen Veränderungen weisen die Cluster Temperaturzunahme und Hitze sowie Starkregen die stärksten Klimaänderungssignale auf. Niederschlagsverschiebung und Trockenheit und ganz besonders Sturmereignisse zeigen eher unsichere Änderungen.

In Tab. 12 sind die wichtigsten Ergebnisse zum erwarteten Klimawandel im Großraum Braunschweig überblicksartig und zusammenfassend aufgeführt.

Tab. 12: Erwartete Klimaänderungen für den Großraum Braunschweig.

	Erwartete Klimaveränderungen Indikatoren
 <p>Temperaturzunahme und Hitze</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Zunahme der Jahresmitteltemperaturen <ul style="list-style-type: none"> - Anstieg der Jahresmitteltemperaturen um 0,9 K bis 1,4 K im Szenario RCP 2.6 und um 2,8 K bis 4,3 K im Szenario RCP 8.5 (2071-2100) ⇒ Mehr Sommertage, Heiße Tage und Tropennächte <ul style="list-style-type: none"> - Anstieg der Heißen Tage pro Jahr von derzeit 5 auf ca. 15 bis 25 in der fernen Zukunft im Szenario RCP 8.5 (2071-2100) ⇒ Häufigere und länger andauernde Hitzeperioden ⇒ Abnahme von Frost- und Eistagen <ul style="list-style-type: none"> - Rückgang der Eistage pro Jahr von 20 auf ca. 5 bis 3
 <p>Niederschlagsverschiebung und Trockenheit</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Zunahme der Jahresniederschlagsmenge <ul style="list-style-type: none"> - Zunahme um bis zu 11 % ⇒ Trockenere Sommer, feuchtere Winter <ul style="list-style-type: none"> - Zunahme der Winterniederschläge um bis zu +18 % (2071-2100) - Abnahme der Sommerniederschläge um bis zu -2 % (2071-2100) ⇒ Längere Trockenperioden im Sommer ⇒ Abnahme der Klimatischen Wasserbilanz im Sommer
 <p>Starkregen</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Zunahme des Anteils von Starkniederschlägen am Gesamtniederschlag ⇒ Zunahme der Niederschlagsintensität <ul style="list-style-type: none"> - Zunahme der Tage mit Niederschlag ≥ 20 mm/d und < 50 mm/d von derzeit ca. 4 auf ca. 7 bis 13 Tage pro Jahr in der fernen Zukunft (2071 – 2100)
 <p>Wind und Sturm</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Änderungen nicht sicher nachweisbar ⇒ Tendenzen deuten eher auf Zunahme der Anzahl von Sturmereignissen hin ⇒ Eine Zunahme der Sturmintensität ist wahrscheinlich ⇒ Auch wenn die Projektionen der Auftrittshäufigkeit von Stürmen sehr unsicher sind und sich diese teilweise nicht ändern wird es auch zukünftig starke bis extreme Sturmereignisse geben.

4 Betroffenheiten

Im Rahmen der Betroffenheitsanalyse wurden die spezifischen Auswirkungen der Klimawandelfolgen im Großraum Braunschweig sowohl aus funktionaler als auch räumlicher Sicht untersucht. Unter den funktionalen Betroffenheiten sind die Auswirkungen des Klimawandels auf bestimmte Handlungsfelder bzw. Aufgabenbereiche des Regionalverbands sowie der Verwaltungen der Landkreise bzw. Städte und Gemeinden zu verstehen (bspw. welche Folgen sich für den Hochwasserschutz ergeben). Die räumlichen Betroffenheiten sollen dagegen die Klimawandelfolgen im Großraum Braunschweig verorten (Abb. 19).

Ausgehend von den funktionalen Betroffenheiten wurden mit den lokalen Akteuren regional prioritäre Klimawirkungen identifiziert. Hinter der Priorisierung steht der Gedanke, dass im Laufe des Klimaanpassungskonzepts jene Handlungsfelder fokussiert untersucht werden, in denen relevante (d.h. spürbare und potentiell zu Schäden führende) und überörtliche (regionalplanerischer Leitgedanke) Auswirkungen des Klimawandels im Großraum Braunschweig erwartet werden.

4.1 Regional prioritäre Klimawirkungen

4.1.1 Bestimmung regional prioritärer Klimawirkungen

In einem ersten Schritt wurden die für den Großraum Braunschweig relevanten Handlungsfelder bestimmt. Als Grundlage diente die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel, die insgesamt 13 Themenfelder sowie zwei Querschnittsbereiche benennt und für diese auf Bundesebene den politischen Rahmen für die Aktivitäten zur Klimaanpassung setzt (Bundesregierung 2008). Da die Themenfelder je nach Maßstabebene unterschiedliche Auswirkungen aufweisen und insb. Handlungsmöglichkeiten erlauben (kommunal, regional, überregional), wurden im weiteren Prozess nur jene Themenfelder verfolgt, die den Großraum Braunschweig betreffen und denen die Regionalplanung aktiv begegnen kann.

In Anlehnung an die „Handlungshilfe Klimawandelgerechter Regionalplan“ (BMVI 2017a; vgl. Kap. 2.2) wurden in Zusammenarbeit mit regionalen Akteuren folgende für den Großraum Braunschweig relevante Handlungsfelder identifiziert:

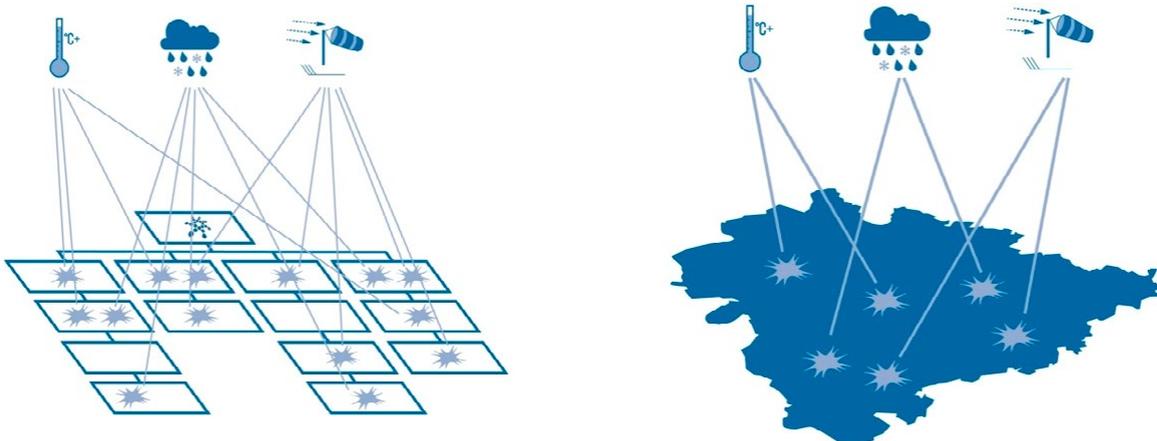


Abb. 19: Schema funktionaler (links) und räumlicher Betroffenheiten (rechts)

- Wasser und Boden
- Land- und Forstwirtschaft
- Naturschutz, Biodiversität und Naherholung
- Bau-/Verkehrswesen und Energie
- Industrie, Gewerbe und Tourismus
- Menschliche Gesundheit

Für die genannten Handlungsfelder wurde im nächsten Schritt eine Wirkungsanalyse durchgeführt. Die wesentliche methodische Grundlage hierfür bildeten die durch das bundesweite „Netzwerk Vulnerabilität“ für den Fortschrittsbericht der Deutschen Anpassungsstrategie erarbeiteten „Wirkungsketten“ (UBA 2015b). Die Wirkungsketten stellen den Zusammenhang zwischen klimatischen Veränderungen und den daraus resultierenden zentralen Folgewirkungen für die unterschiedlichen Handlungsfelder dar und zeigen darüber hinaus die jeweiligen Wechselbeziehungen zwischen den Sektoren auf.

Die Ableitung der regionalen Betroffenheiten für den Großraum Braunschweig erfolgte in enger Beteiligung mit den lokalen Akteuren im Rahmen des 1. Fachgesprächs (vgl. Kap. 1.3).

So wurden in zwei Arbeitsgruppen, „Siedlung“ und „Freiraum“, die Wirkungsketten anhand folgender Leitfragen diskutiert:

- Wo bedürfen die Wirkungsketten aus regionaler Sicht Ergänzungen bzw. Konkretisierungen?
- Welche potentiellen Klimawirkungen sind im regionalen Kontext besonders relevant (Überörtlichkeit)?
- Für welche besonders relevanten Wirkungen erwarten Sie sich einen Beitrag oder eine Steuerung durch die Regionalplanung?

Dabei umfassen die Betroffenheiten sowohl Klimawirkungen, die bereits heute spürbare Auswirkungen im Großraum Braunschweig erkennen lassen (z.B. Schäden durch Flusshochwasser oder Sturzfluten) als auch jene, die erst in Zukunft zu relevanten Auswirkungen führen werden (z.B. Verschiebung von Biotopen und Habitaten) – wobei die Abgrenzung dazwischen teilweise fließend ist.



Abb. 20: Regional prioritäre Klimawirkungen im Großraum Braunschweig

Mit der letzten Leitfrage sollte unterschieden werden, bei welchen überörtlich relevanten Wirkungen regionalplanerische Steuerungsmöglichkeiten (formeller oder informeller Art) gegeben sind.

Zur Verdeutlichung können Beispiele aus dem Handlungsfeld Land- und Forstwirtschaft herangezogen werden. So wird für die Klimawirkung „Verschiebung agrophänologischer Phasen und Wachstumsperioden“ eine überörtliche Betroffenheit im Großraum Braunschweig gesehen, der bspw. in Form von Vorrang- oder Vorbehaltsgebieten begegnet werden könnte (formelle Steuerungsmöglichkeiten).

Auch klimawandelbedingte Auswirkungen auf die „Pflanzengesundheit (Schädlinge, Extremereignisse)“ werden als überörtlich relevant gesehen, jedoch bestehen hier keine regionalplanerischen Steuerungsmöglichkeiten. Für die „Tierhaltung“ ist hingegen aufgrund ihres geringen Anteils im Großraum Braunschweig keine überörtliche Betroffenheit festzustellen.

Insgesamt wurden 20 regional prioritäre Klimawirkungen für den Großraum Braunschweig identifiziert und den sechs regionalen Handlungsfeldern zugeordnet (Abb. 20). Ausgehend von diesen Ergebnissen sollen Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel entwickelt werden (vgl. Kap. 5).

4.1.2 Themenkarten

Die gegenwärtigen und zukünftigen räumlichen Auswirkungen der regional prioritären Klimawirkungen im Großraum Braunschweig werden in Form der folgenden zehn Themenkarten dargestellt:

- Bodenerosion
- Landwirtschaft
- Flusshochwasser
- Naherholung
- Gewässerqualität
- Natur- und Landschaftsschutz
- Grundwasser
- Stadtklima
- Infrastrukturen
- Wälder und Forsten

Die räumliche Darstellung erfolgt auf Ebene der 43 Einheits- bzw. Samtgemeinden im Großraum Braunschweig. Dabei wird zwischen einer Betroffenheit im eigentlich Sinne und Sensitivitäten unterschieden. Über die Sensitivität wird angegeben, wie empfindlich eine Gemeinde gegenüber (hier: Klima-) Veränderungen ist – maßgeblich ist also das Auftreten bzw. Vorkommen des jeweiligen Flächenmerkmals. Zum Beispiel ist bei Gemeinden mit einem hohen Anteil an Wäldern die Anfälligkeit gegenüber schädlicher Klimawirkungen höher einzuschätzen als bei Gemeinden mit einem geringen Anteil (Themenkarte Wälder und Forsten).

Sind zusätzlich zur Sensitivität Informationen über die Exposition bekannt, d.h. wie sehr die Gemeinde den (Klima-) Veränderungen ausgesetzt ist, wird von einer Betroffenheit gesprochen. Dies kann am Beispiel des Stadtklimaeffekts verdeutlicht werden, da die nächtliche Überwärmung von Siedlungsräumen flächenscharf für den gesamten Großraum Braunschweig angegeben werden kann (Themenkarte Stadtklima). Datengrundlage dafür war die im Rahmen von REKLIBS durchgeführte regionale Klimaanalyse, die zudem raumkonkrete Aussagen zu den Auswirkungen des Klimawandels erlaubt (vgl. Kap. 4.2).

Für andere regional prioritäre Klimawirkungen wurde auf die Expertise des LBEG (Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen) sowie NLWKN (Nds. Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz) und insb. deren Mitwirkung in der jüngst unter Förderung des Niedersächsischen Umweltministeriums veröffentlichten Klimawirkungsstudie Niedersachsen (MU NDS2019) zurückgegriffen. Darunter fallen z.B. Untersuchungen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf den Bodenabtrag (Themenkarte Bodenerosion; Abb. 21), den Zusatzwasserbedarf landwirtschaftlicher Flächen (Themenkarten Landwirtschaft) oder die Pegelstände von Flüssen (Themenkarte Flusshochwasser).

Flächenscharfe Ergebnisse zu den Folgen des Klimawandels waren jedoch nicht für alle Klimawirkungen vorhanden, sodass in einigen Themenkarten die Einschätzung der zukünftigen Situation auf regionsweiten Ergebnissen zum „Beobachteten Klimawandel“ der meteorologischen Parameter beruht (vgl. Kap. 3.2). Zur genaueren Einschätzungen dieser Themen werden weitere Untersuchungen empfohlen.

Regionale Klimaanalyse für den Großraum Braunschweig (REKLIBS)

Themenkarte: Bodenerosion

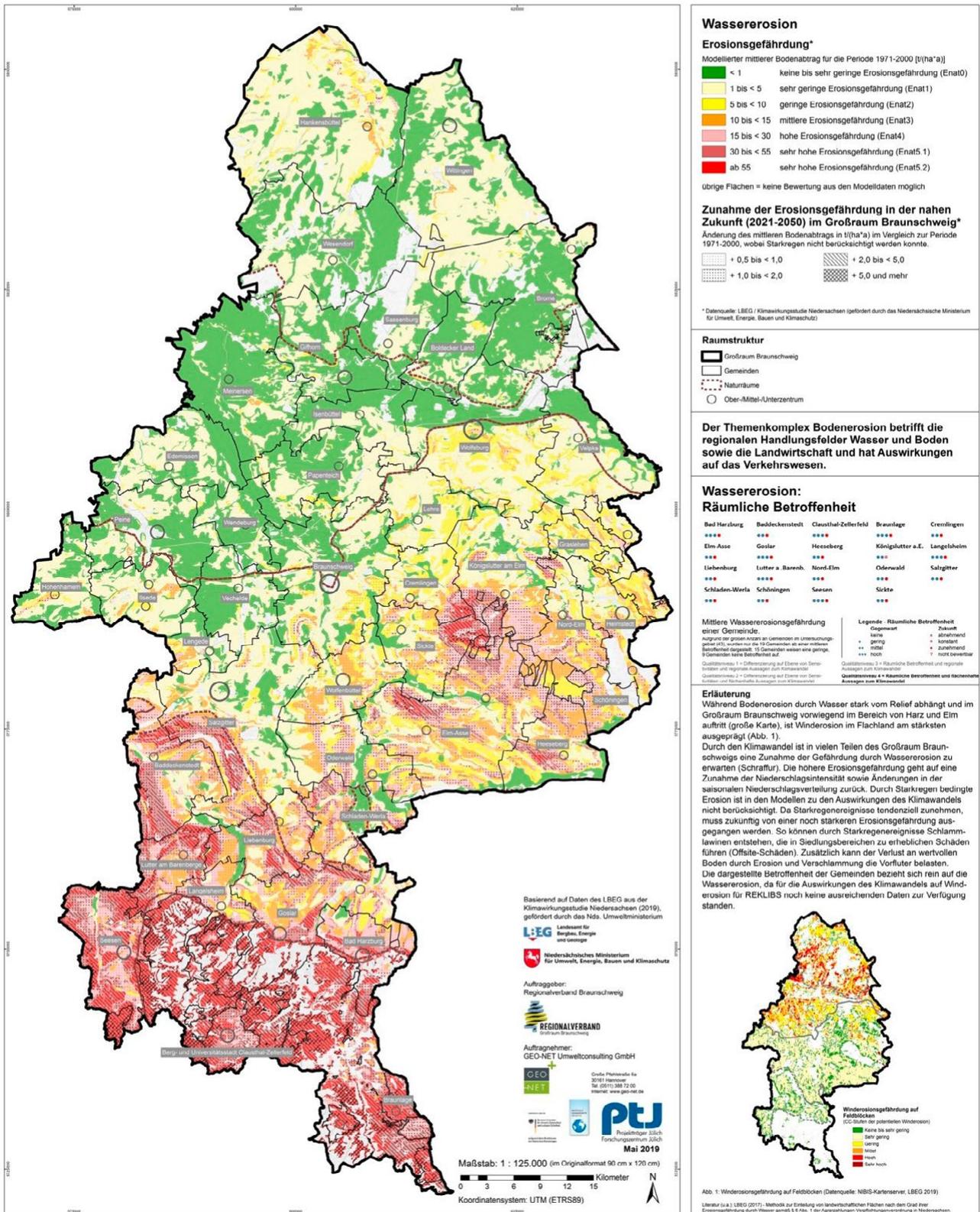


Abb. 21: Themenkarte Bodenerosion

In den Themenkarten wird die räumliche Analyse der gegenwärtigen Betroffenheit bzw. Sensitivität in Kontext zu den Ergebnissen des beobachteten sowie erwarteten Klimawandels gestellt. Daraus wurde für jede Gemeinde eine Bewertung in Form einer Punktematrix über die gegenwärtigen sowie zukünftigen Betroffenheiten bzw. Sensitivitäten vorgenommen.

Die Bewertung beruht auf den Anteilen der jeweils relevanten Flächenkulisse(n) in den Gemeinden und mündet in der Skala „keine“ bis „hohe Betroffenheit“ bzw. in „nicht vorhanden“ bis „sehr hoher Anteil“ auf Ebene der Sensitivitäten. Die Auswirkungen des Klimawandels werden in den Klassen „abnehmend – konstant – zunehmend“ (Betroffenheit) bzw. „Verbesserung – konstant – Verschlechterung“ (Sensitivitäten) angegeben. Quantitative Vorgaben, ab welchen Grenzwerten bzw. welchem Ausmaß von einer hohen oder zunehmenden Betroffenheit gesprochen werden muss, existieren jedoch nur für die wenigsten Klimawirkungen, sodass die Bewertungen als fachgutachterliche Einschätzung auf Basis von Literaturwerten und den Ergebnissen aus Forschungsprojekten erfolgten (für Details zur Methodik siehe Abb. A 7 im Anhang).

Um die unterschiedlichen Informationstiefen abzubilden, wurde der Bewertung jeweils ein Qualitätsniveau in folgender Abstufung zugewiesen:

- Q 1 = Differenzierung auf Ebene von Sensitivitäten und regionale Aussagen zum Klimawandel
- Q 2 = Differenzierung auf Ebene von Sensitivitäten und flächenhafte Aussagen zum Klimawandel
- Q 3 = Räumliche Betroffenheit und regionale Aussagen zum Klimawandel
- Q 4 = Räumliche Betroffenheit und flächenhafte Aussagen zum Klimawandel

Abb. 21 verdeutlicht den Aufbau und die Inhalte der Themenkarten beispielhaft für die Bodenerosion. Sämtliche Themenkarten werden hochaufgelöst auf den Seiten des Regionalverbands Großraum Braunschweig zur Verfügung gestellt.

Mit den Themenkarten können räumliche Schwerpunkte erkannt und somit aufgezeigt werden, wo regionalplanerisches Handeln erforderlich ist. Des Weiteren dienen sie den Gemeinden als Hinweis, welche ihrer Handlungsthemen (besonders) betroffen sind, um diesen ggf. mit eigenen Maßnahmen zu begegnen.

Die Bewertung der Gemeinden ist jeweils auf den Themenkarten dargestellt und wird für alle Klimawirkungen in Abb. 22 (folgende Doppelseite) in Form einer Betroffenheitsmatrix zusammengefasst. Die Gesamtbewertung ist weniger als quantitative, trennscharfe Abgrenzung zwischen den Gemeinden zu verstehen, sondern gibt vielmehr einen (qualitativen) Anhaltspunkt über die unterschiedliche Betroffenheit in den Gemeinden.

Die Themenkarten sollen zudem als zentrale fachliche (Daten-) Grundlage bei der Anwendung und Abarbeitung des „KlimaChecks“ genutzt werden (vgl. Kap. 5.2). Schließlich sollen sie bei der Formulierung textlicher Hinweise zu denjenigen Handlungsfeldern zum Einsatz kommen, die bei der Neuaufstellung des RROP nicht mit Festlegungen belegt werden (können oder sollen), und zudem als ergänzende thematische Karten dem RROP beigelegt werden können.

4.2 Räumliche Betroffenheiten - ReKliBs Schwerpunkt Hitze/Kaltluft

Wie in Kap. 2.2 beschrieben, gibt es für das Handlungsfeld „Schutz vor Hitze/Hitzefolgen in Siedlungsbereichen“ keine eigenständige Fachplanung. Umso wichtiger ist es, für die Neuaufstellung des RROP auf eine aktuelle und räumliche konkrete Datenbasis zurückgreifen zu können. Diese wird im Projekt REKLiBS mit der Aktualisierung der regionalen Klimaanalyse erreicht.

Für den Großraum Braunschweig existiert eine regionale Klimaanalyse aus dem Jahr 2004 (GEO-NET 2004). Darin wurde schwerpunktmäßig der Kaltluftaustausch zwischen (bioklimatisch belasteten) Siedlungsräumen und Grünflächen als Ausgleichsräumen untersucht. So wurden bspw. Kaltluftleitbahnen und Kaltluftentstehungsgebiete identifiziert, die für die Versorgung belasteter Siedlungsräume mit Kaltluft wichtig sind und deren klimaökologische Funktion auch in die Ausweisung von „Vorranggebieten Freiraumfunktion“ im Rahmen der siedlungsbezogenen Freiraumentwicklung des RROP 2008 einfluss (ZGB 2008).

Mit Blick auf die bevorstehende Neuaufstellung des RROP ist die Datenbasis aufgrund der seit 2004 erfolgten Siedlungsentwicklung als veraltet anzusehen. Hinzu kommt, dass sich die technischen und methodischen Grundlagen weiterentwickelt haben, sodass die aktualisierte Klimaanalyse dank einer 25-mal höheren räumlichen Auflösung (50 m statt 250 m Gitterweite des Modells) das Geschehen deutlich genauer beschreiben kann.

Die Erstellung der regionalen Klimaanalyse erfolgte unter Berücksichtigung der Ergebnisse der jüngst veröffentlichten Stadtklimaanalyse Braunschweig (GEO-NET 2018). Auch wenn sich diese methodisch durch eine nochmals höhere räumliche Auflösung unterscheidet (gebäudescharf in 10 m Gitterweite) und der Untersuchungsansatz auf den städtischen Planungshorizont ausgerichtet ist, sind die Kernaussagen zum Prozessgeschehen vergleichbar.

Überdies wird die Stadtklimaanalyse durch die regionale Klimaanalyse dahingehend ergänzt, dass über das Stadtgebiet reichende Kaltluftleitbahnen bzw. Kaltluftentstehungsgebiete aufgezeigt werden.

4.2.1 Grundlagen der modellgestützten Klimaanalyse

4.2.1.1 Das mesoskalige Klimamodell FITNAH 3D

Die Verteilung regionalklimatisch relevanter Größen wie Wind und Temperatur können mit Hilfe von Messungen ermittelt werden. Aufgrund der großen räumlichen und zeitlichen Variation der meteorologischen Felder im Bereich einer komplexen Umgebung sind Messungen allerdings nur punktuell repräsentativ und eine Übertragung in benachbarte Räume selten möglich.

Stadt- und Regionalklimamodelle wie das hier verwendete FITNAH 3D können zu entscheidenden Verbesserungen dieser Nachteile herangezogen werden, indem sie physikalisch fundiert die räumlichen und/oder zeitlichen Lücken zwischen den Messungen schließen, weitere meteorologische Größen berechnen und Wind- bzw. Temperaturfelder in ihrer raumfüllenden Struktur ermitteln.

Beginnend mit einem Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft wurden in Deutschland eine Reihe mesoskaliger Modelle konzipiert und realisiert (DFG 1988). Der heutige Entwicklungsstand dieser Modelle ist extrem hoch. Zusammen mit den über die letzten Dekaden gewonnenen Erfahrungen im Umgang mit diesen Modellen steht, neben Messungen vor Ort und Windkanalstudien, ein weiteres leistungsfähiges und universell einsetzbares Werkzeug zur Bearbeitung umweltmeteorologischer Fragestellungen in stadt- und landschaftsplanerisch relevanten Landschaftsausschnitten zur Verfügung.

Die Modelle basieren, genauso wie Wettervorhersage- und Klimamodelle, auf einem Satz sehr ähnlicher Bilanz- und Erhaltungsgleichungen.

Das Grundgerüst besteht aus den Gleichungen für die Impulserhaltung (Navier-Stokes Bewegungsgleichung), der Massenerhaltung (Kontinuitätsgleichung) und der Energieerhaltung (1. Hauptsatz der Thermodynamik). Für tiefergehende Informationen zu FITNAH 3D sei u.a. auf Groß (1992) verwiesen.

Die Lösung der Gleichungssysteme erfolgt in einem numerischen Raster. Die Rasterweite muss dabei so fein gewählt werden, dass die lokalklimatischen Besonderheiten des Untersuchungsraumes vom jeweiligen Modell erfasst werden können. Je feiner das Raster gewählt wird, umso mehr Details und Strukturen werden aufgelöst. Allerdings steigen mit feiner werdender Rasterweite die Anforderungen an Rechenzeit und die benötigten Eingangsdaten.

Als Kompromiss zwischen Notwendigkeit und Machbarkeit beträgt die in der vorliegenden Untersuchung für die Modellierung mit FITNAH 3D verwendete horizontale räumliche Maschenweite 50 m. Die vertikale Gitterweite ist dagegen nicht äquidistant und in der bodennahen Atmosphäre besonders dicht angeordnet, um die starke Variation der meteorologischen Größen realistisch zu erfassen.

4.2.1.2 Betrachtete Wetterlage

Die durchgeführte numerische Simulation mit FITNAH 3D legt einen autochthonen Sommertag zugrunde. Dieser wird durch wolkenlosen Himmel und einen nur sehr schwach überlagernden synoptischen Wind gekennzeichnet, so dass sich die lokalklimatischen Besonderheiten einer Stadt bzw. Region besonders gut ausprägen. Charakteristisch für diese (Hochdruck-)Wetterlage ist die Entstehung von „Flurwinden“, d.h. Kaltluftströmungen, die durch den Temperaturgradienten zwischen kühleren Freiflächen und wärmeren Siedlungsräumen angetrieben werden.

In Abb. 23 sind schematisch die für eine austauscharme sommerliche Wetterlage simulierten tageszeitlichen Veränderungen der Temperatur und Vertikalprofile der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit für die Landnutzungen Freiland, Stadt und Wald dargestellt. Beim Temperaturverlauf zeigt sich, dass unversiegelte Freiflächen wie z.B. Wiesen und bebaute Flächen ähnlich hohe Temperaturen zur Mittagszeit aufweisen können, während die nächtliche Abkühlung über Siedlungsflächen vor allem durch die Wärme speichernden Materialien deutlich geringer ist.

...weiter auf Seite 52

	Bodenerosion	Flusshochwasser	Gewässerqualität	Grundwasser	Infrastrukturen	Landwirtschaft	Näherholung	Natur- und Landschaftsschutz	Stadtklima	Wälder und Forsten	Gesamtbewertung
Bad Harzburg	•••••	••?	••	•	•	••	•	••	•	••	••
Baddeckenstedt	•••••	••?	••	••	•	••	•	••	•	•	••
Berg- und Universitätsstadt Clausthal-Zellerfeld	•••••	••?	••	•	•	•	••	••	•	••	••
Boldecker Land	=	••	•	=	•	=	•	•	•	•	•
Braunlage	•••••	••?	••	=	•	•	••	••	••	••	••
Braunschweig	=	••	••	=	••	=	••	••	••	••	••
Brome	=	••?	••	=	••	=	•	••	•	••	••
Cremlingen	•••••	••?	••	=	••	••	•	••	•	••	••
Edemissen	=	••?	••	=	•	••	•	••	•	•	••
Elm-Asse	•••••	=	••	••	•	••	••	••	••	••	••
Gifhorn	=	••	•	=	•	=	••	••	••	••	••
Goslar	•••••	••?	•	•	•	••	••	••	••	••	••
Grasleben	=	•?	••	«	•	••	•	••	•	•	••
Hankensbüttel	=	•?	••	«	•	••	•	••	•	••	••
Heeseberg	•••••	•?	••	••	•	••	••	••	••	•	••
Helmstedt	=	•	••	=	•	••	•	••	••	•	••
Hohenhameln	=	•?	••	••	•	••	•	••	••	•	••
Ilsede	=	•?	••	••	•	••	•	••	•	•	••
Isenbüttel	=	••	••	=	•	••	•	••	••	••	••
Königsflutter am Elm	•••••	=	••	=	•	••	••	••	••	••	••
Langelshoim	•••••	•?	••	•	•	••	•	••	••	••	••
Lehre	=	••?	••	«	•	••	•	••	••	••	••
Lengede	=	••?	••	••	•	••	•	••	••	•	••
Liebenburg	•••••	•?	••	•	•	••	•	••	•	••	••
Lutter am Barenberge	•••••	•?	••	•	•	••	•	••	•	••	••
Meinersen	=	••	•	••	•	=	•	••	•	••	••

Waldflächen nehmen eine mittlere Ausprägung ein, da die nächtliche Auskühlung durch das Kronendach gedämpft wird. Hinsichtlich der Windgeschwindigkeit wird die Hinderniswirkung von Bebauung und Vegetationsstrukturen im Vertikalprofil deutlich.

Typischerweise führt ein autochthoner Sommertag aufgrund der hohen Einstrahlung und des geringen Luftaustauschs zu den höchsten thermischen Belastungen. Auch wenn es sich dabei um eine besondere Situation handelt, tritt solch eine Wetterlage regelmäßig und jeden Sommer mehrfach auf.

4.2.1.3 Eingangsdaten

Bei einem numerischen Modell wie FITNAH 3D werden zur Festlegung und Bearbeitung einer Aufgabenstellung eine Reihe von Eingangsdaten benötigt, die charakteristisch für die Landschaft des Untersuchungsgebiets sind und die meteorologischen Rahmenbedingungen wie Wetterlage oder Klimaszenario definieren. Für jede Rasterzelle müssen repräsentative Geländedaten (z.B. Geländehöhe, Neigung, Orientierung), die Nutzungsstruktur (Verteilung der Landnutzung (Abb. 24), Strukturhöhe) und der Versiegelungsgrad (parametrisiert aus der Landnutzung) vorliegen.

Die Daten wurden im Oktober 2017 und März 2018 vom Regionalverband Großraum Braunschweig übermittelt und repräsentieren für die Landnutzung den Stand 2018 (ATKIS Basis-DLM) bzw. für das Digitale Geländemodell den Stand 2013 (DGM 5). Zusätzlich wurden die Eingangsdaten mittels eines Luftbildes abgeglichen (Stand 2016).

Ziel der Eingangsdatenaufbereitung ist es, aus den flächenhaft vorliegenden Nutzungsinformationen punkthaft gerasterte Modelleingangsdaten mit einer Gitterweite von 50 m zu erzeugen. Aus diesen punkthaften Repräsentationen der Eingangsvariablen ergeben sich die in gleicher Weise aufgelösten Modellergebnisse der berechneten Klimaparameter. Hieraus können qualifizierende Aussagen zur bioklimatischen Bedeutung bestimmter Areale nicht direkt auf einzelne Rasterzellen abgeleitet werden. Dafür muss eine Zonierung des Untersuchungsraumes in klimatisch ähnliche Flächeneinheiten erfolgen. Diese sollten in der Realität nachvollziehbar und administrativ oder nutzungstypisch abgrenzbar sein. Um die Ausprägung der Klimaparameter auf planungsrelevante und maßstabsgerechte Einheiten zu übertragen, wurden den Referenzflächen der verwendeten digitalen Nutzungsinformationen die relevanten Klimaparameter wie z.B. Lufttemperatur oder Kaltluftvolumenstrom zugeordnet. Dafür wurden alle Rasterzellen, die von einer bestimmten Fläche überdeckt werden, mit Hilfe zonaler Analysen zusammengefasst und statistisch ausgewertet. Auf diese Weise erhält jede Fläche eine umfassende Statistik aller zugehörigen Klimaparameter, die u.a. den Mittelwert der flächenspezifischen Werteausprägungen umfasst. Aufgrund dieser Vorgehensweise liegen die Ergebnisse der Klimaanalyse in zweifacher Form vor: Zum einen als rasterbasierte Verteilung der Klimaparameter im räumlichen Kontinuum (Kap. 4.2.2), zum anderen als planungsrelevante und maßstabsgerechte, räumlich in der Realität abgrenzbare Flächeneinheiten (z.B. Klimaanalysekarte in Kap. 4.2.3).

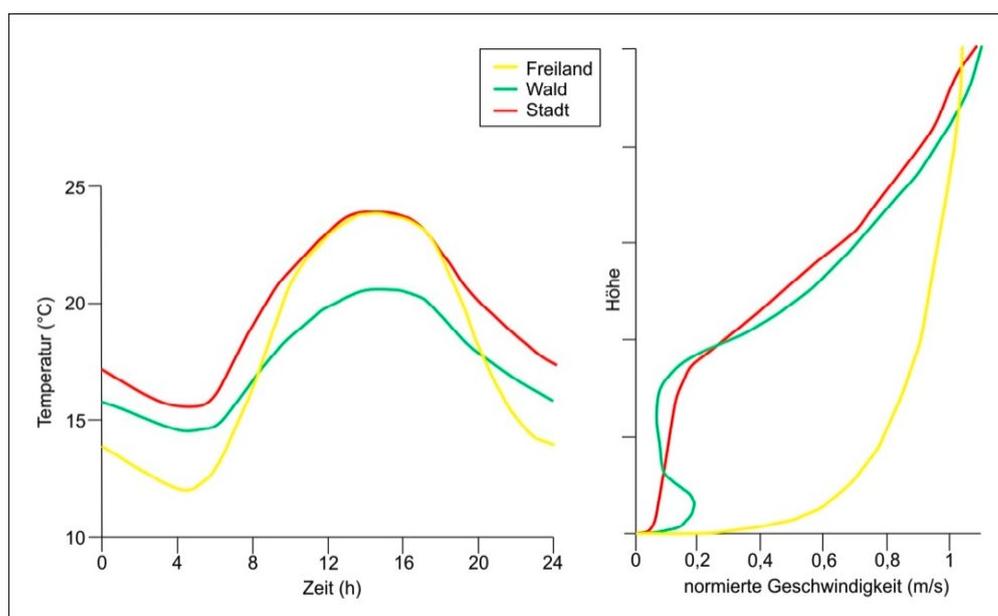


Abb. 23: Schematische Darstellung des Tagesgangs der Lufttemperatur und Vertikalprofil der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit verschiedener Landnutzungen (eigene Darstellung u.a. nach Groß (1992))

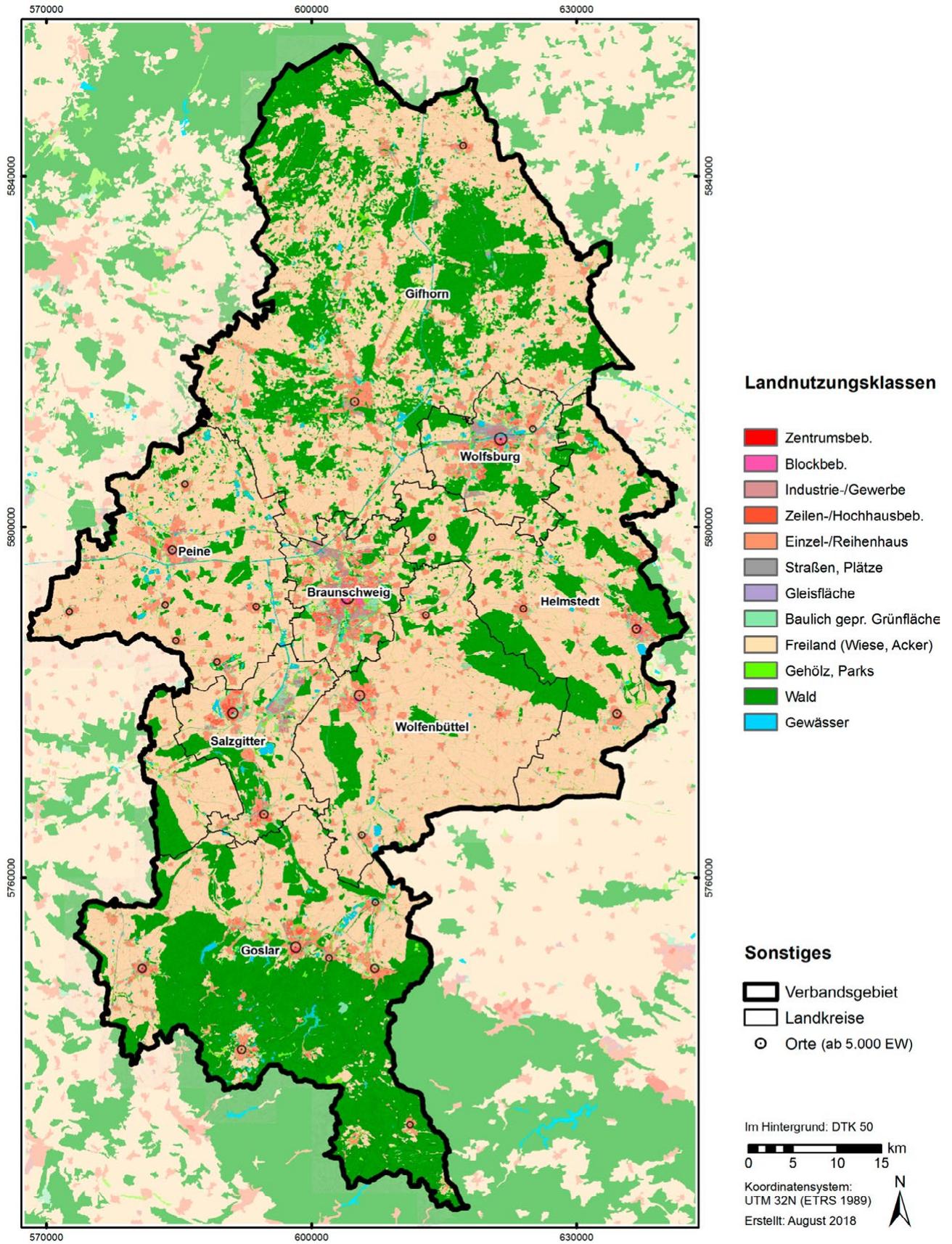


Abb. 24: Modelleingangsdaten Landnutzungsklassen im Untersuchungsgebiet

4.2.1.4 Modellierung Delta-Methode

Neben der Analyse der gegenwärtigen Situation (Status quo bzw. Ist-Szenario) sollen in einem Zukunftsszenario die Auswirkungen des Klimawandels auf das Klima im Großraum Braunschweig im Jahr 2050 untersucht werden. Analog zur Analyse des Status quo kam das Modell FITNAH 3D zum Einsatz. Um das zukünftige Stadtklima abzubilden, hat sich die sogenannte Delta-Methode bewährt, in der das Modell mit einer regionalspezifisch erhöhten Temperatur von in diesem Fall $1,8^{\circ}\text{C}$ angetrieben wird (Klimaänderungssignal $\delta = 1,8^{\circ}\text{C}$). Potentielle Landnutzungsänderungen wurden nicht in das Modell aufgenommen, sodass alleine die Auswirkungen des Klimawandels untersucht werden können.

Die Modellrechnung verlangt ein einheitliches Klimaänderungssignal für das gesamte Untersuchungsgebiet, sodass der Mittelwert der jeweiligen Änderungssignale in den einzelnen Naturräumen des Großraum Braunschweigs gebildet wurde. Dieses Vorgehen ist gerechtfertigt, da das Änderungssignal in den verschiedenen Naturräumen jeweils sehr ähnlich ausfällt. Als Zeithorizont wurde eine auf das Jahr 2050 zentrierte Zukunftsperiode gewählt (2035 - 2065). Diese gewährleistet ein merklich ausgeprägtes Klimaänderungssignal als die nahe Zukunft (2021 - 2050) und ist gleichzeitig greifbarer für regionalplanerisches Handeln als die ferne Zukunftsperiode (2071 - 2100).

Das Klimaänderungssignal der Temperatur wurde aus insgesamt 39 Modellläufen von Regionalmodelldaten der EURO-CORDEX-Initiative ermittelt (für die methodischen Hintergründe siehe Kap. 3). Als robustes statistisches Maß wurde der Median der Änderung der Jahresmitteltemperatur gewählt. Für die auf das Jahr 2050 zentrierte Zukunftsperiode schwankt das Änderungssignal zwischen $1,2^{\circ}\text{C}$ (RCP 2.6) und $1,8^{\circ}\text{C}$ (RCP 8.5), wobei das RCP-Szenario 2.6 gegenwärtig als wenig realistisch eingestuft wird. Um dem Vorsorgeauftrag regionalplanerischen Handelns gerecht zu werden, wurde als Änderungssignal der Median des RCP-Szenarios 8.5 gewählt ($\delta = 1,8^{\circ}\text{C}$). Dieses Szenario entspricht der momentanen Entwicklung des CO_2 -Ausstoßes („Weiter wie bisher-Szenario“).

4.2.2 Modellergnisse

Im Folgenden werden die rasterbasierten Modellergnisse der Parameter Lufttemperatur, Kaltluftströmungsfeld und Kaltluftvolumenstrom (Nachtsituation) sowie Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET; Tagsituation) beschrieben. Sie basieren auf einer horizontalen räumlichen Auflösung von 50 m (pro Rasterzelle ein Wert) und einer autochthonen Sommerwetterlage (vgl. Kap. 4.2). Die Ergebnisse gelten für den Aufenthaltsbereich des Menschen (in 2 m ü. Gr.) und betrachten die Zeitpunkte 04:00 Uhr für die Nightsituation (maximale Abkühlung) sowie 14:00 Uhr für die Tagsituation (maximale Einstrahlung). Für die Darstellung in den Ergebniskarten wurden die Werte mittels einer bilinearen Interpolation geglättet.

4.2.2.1 Bodennahe nächtliches Temperaturfeld

Die Ermittlung des bodennahen Temperaturfeldes ermöglicht es, Bereiche mit potentiellen bioklimatischen Belastungen abzugrenzen, Aussagen zum Auftreten thermisch und/oder orographisch induzierter Ausgleichsströmungen zu treffen und die räumliche Ausprägung sowie Wirksamkeit von Kalt- bzw. Frischluftströmungen abzuschätzen. Die aufgeführten Absolutwerte der Lufttemperatur sind exemplarisch für eine autochthone Sommernacht als besondere Wetterlage zu verstehen. Die daraus abgeleiteten relativen Unterschiede innerhalb von Agglomerationen bzw. zwischen den Nutzungsstrukturen gelten dagegen weitestgehend auch während anderer Wetterlagen, sodass die Flächenbewertung etwa der Planungshinweiskarten auf diesen beruht.

Der Tagesgang der Lufttemperatur ist direkt an die Strahlungsbilanz eines Standortes gekoppelt und zeigt einen ausgeprägten Rückgang während der Abend- und Nachtstunden (vgl. Abb. 23). Kurz vor Sonnenaufgang des nächsten Tages wird das Temperaturminimum erreicht. Die Abkühlung kann je nach meteorologischen Verhältnissen, Lage bzw. Höhe des Standorts und Boden- bzw. Oberflächeneigenschaften große Unterschiede aufweisen. Wie die folgenden Ergebnisse zeigen wird das besonders im Großraum Braunschweig mit seinen verschiedenen Naturräumen und seinem ausgeprägten Relief deutlich.

Modellergebnisse Status quo

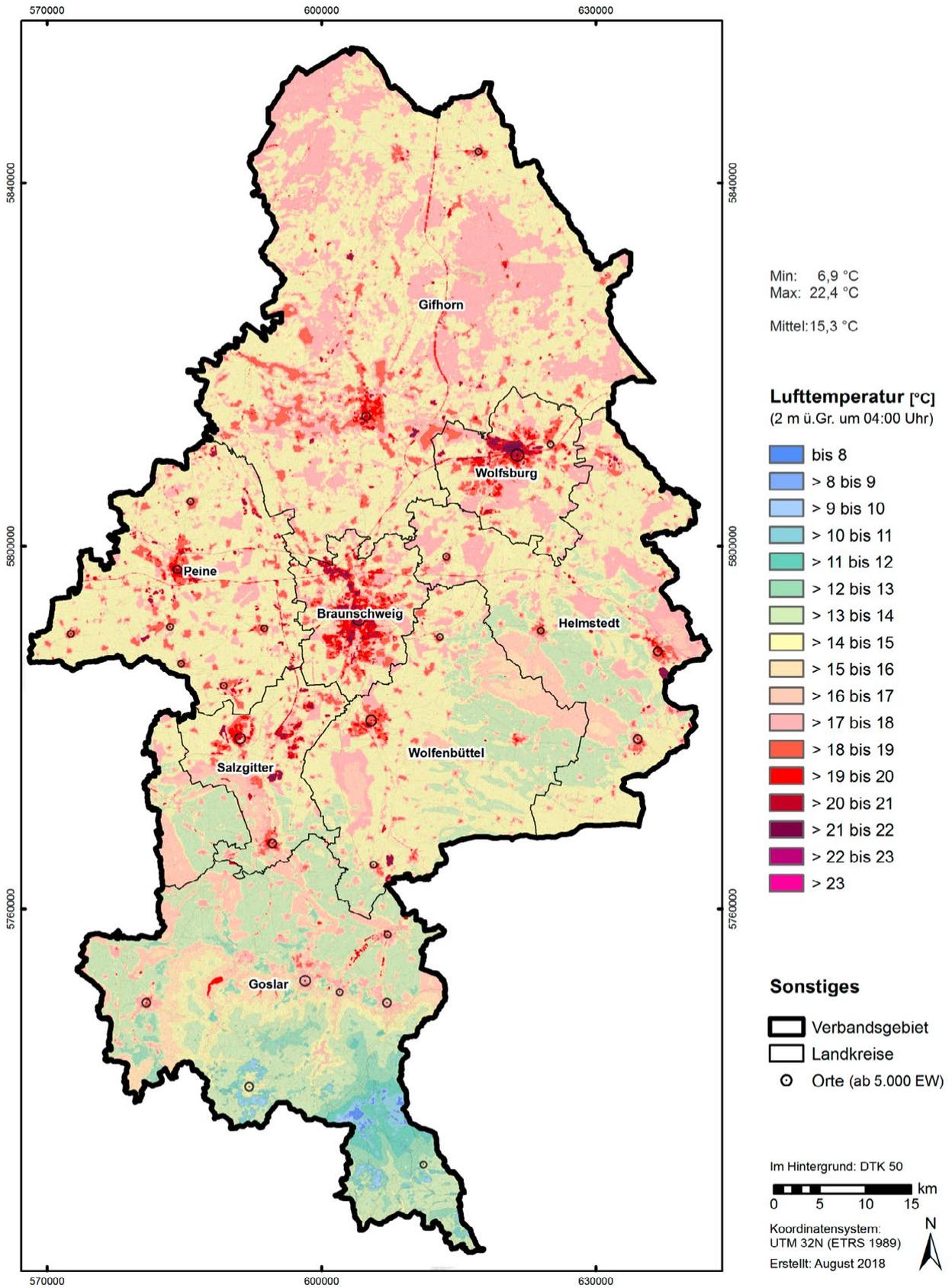
Im Großraum Braunschweig weist die bodennahe Lufttemperatur in einer autochthonen Sommernacht eine große Spannweite um den Mittelwert von 15,3°C auf und erreicht minimale bzw. maximale Werte von knapp 7°C bzw. über 22°C (Abb. 25). Dabei sticht reliefbedingt das Gebiet um Hoch- und Oberharz mit Temperaturen unter 12°C als kühlsste Region hervor, während das Temperaturfeld im übrigen Großraum vornehmlich über die verschiedenen Nutzungsstrukturen gesteuert wird. Die stärkste Abkühlung und entsprechend geringsten nächtlichen Temperaturen weisen typischerweise unversiegelte Freiflächen wie Ackerland oder Wiesen auf (im Mittel 14,3°C), die großflächig bspw. südöstlich von Wolfenbüttel (Börde), um Peine (Börde und Flachland), westlich von Seesen (Bergland) oder um Hankensbüttel (Heide) auftreten.

Besonders auffällig ist das thermische Sonderklima von Siedlungsräumen, die sich mit höheren nächtlichen Temperaturen von ihrem Umland abheben (sogenannte städtische Wärmeinseln). Im Mittel liegt die nächtliche Temperatur von Siedlungsräumen bei 17,9°C. Innerhalb von Städten werden je nach Bebauungsdichte, Grünanteil und Versiegelungsgrad jedoch große Unterschiede im Temperaturfeld erreicht. Die geringsten Werte finden sich in aufgelockerten Einzel- und Reihenhausbereichen (ca. 17-18°C), während die Abkühlung in dicht bebauten Bereichen (Block- oder Zentrumsbebauung) oder hoch versiegelten Gewerbeflächen geringer ausfällt. Gerade in Großstädten wie Braunschweig oder Wolfsburg werden in diesen Bereichen selbst nachts noch Temperaturen über 20°C erreicht (sogenannte Tropennächte) – entsprechend zeigen sie einen ausgeprägten Wärmeinseleffekt (bis zu 8°C Überwärmung des Stadtkerns im Vergleich zu den umliegenden Freiflächen).

Verglichen mit den weitläufigen Freiräumen des Umlandes weisen innerstädtische Grünflächen mit ca. 15-17°C ein höheres Wertespektrum auf, wobei eine Abhängigkeit von ihrer Größe, Grünstruktur und der umliegenden Bebauung besteht. In kleineren innerstädtischen Grünflächen etwa ist die nächtliche Abkühlung eingeschränkt, größere Grünräume treten dagegen im Stadtgebiet mit geringeren Temperaturen deutlich hervor und stellen potentielle Entlastungsräume für die umliegenden Siedlungsflächen dar.

Größere Waldgebiete sind wichtige Frischluftproduktionsgebiete, in denen sauerstoffreiche und wenig belastete Luft entsteht. Die Kaltluftproduktion fällt dagegen geringer aus als über Freiflächen. Durch die abschirmende Wirkung des Kronendachs treten nachts vergleichsweise milde bodennahe Lufttemperaturen in Wäldern auf (ca. 16 - 17°C), was u.a. an den Wäldern des Elm, dem Oderwald (LK Wolfenbüttel) sowie Malloh (LK Gifhorn) zu sehen ist.

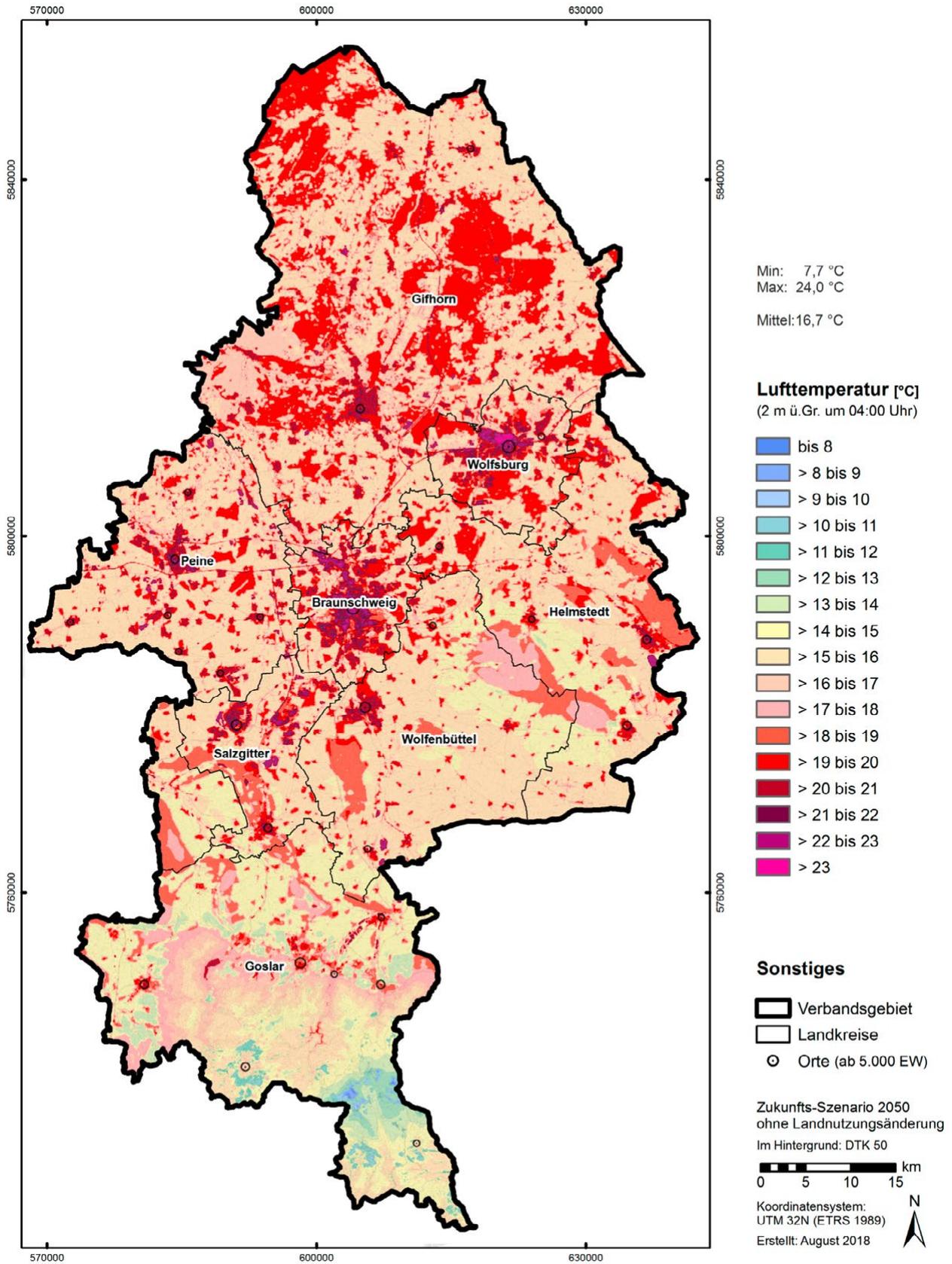
Die hohe spezifische Wärmekapazität von Wasser, dessen besondere Art der Strahlungsabsorption und die turbulenten Durchmischungsvorgänge im Wasserkörper sorgen für einen verringerten Tagesgang der Lufttemperatur über größeren Gewässern – nachts können die Temperaturen sogar höher als in der Umgebung sein und deren Abkühlung verringern (z.B. Innerste-Talsperre, LK Goslar).



Lufttemperatur in der Nacht

Status quo

Abb. 25: Bodennahe nächtliche Lufttemperatur des Status quo im Großraum Braunschweig



Lufttemperatur in der Nacht

Zukunfts-Szenario

Abb. 26: Bodennahe nächtliche Lufttemperatur des Zukunfts-Szenarios 2050 im Großraum Braunschweig

Modellerggebnisse Zukunftsrechnung

Der in die Zukunftsrechnung implementierte erhöhte Temperaturantrieb führt im Zukunfts-Szenario 2050 zu einem flächendeckend höheren Temperaturniveau – im Mittel steigt die nächtliche Lufttemperatur im gesamten Großraum Braunschweig um 1,4 °C auf 16,7 °C (Abb. 26).

Die räumliche Differenzierung des Temperaturfeldes bleibt in Zukunft erhalten, so z.B. die reliefbedingten kühleren Temperaturen im Harz. Auf die Landnutzung zurückgehende Unterschiede prägen sich zukünftig sogar noch stärker aus, da die klimawandelbedingten Temperaturzunahmen im Siedlungsraum (+ 1,6 - 1,7 °C) stärker ausfallen als über den umliegenden Grün- und insb. Freiflächen (+ 1,2 - 1,5 °C; Abb. 27). Insgesamt ist demnach mit einem sich intensivierenden Wärmeinseleffekt zu rechnen. Die Zunahme mag im Vergleich zum bereits bestehenden Wärmeinseleffekt gering erscheinen, doch sorgt sie dafür, dass die ohnehin vorhandene relative Überwärmung des Siedlungsraums in Zukunft weiter steigt. Dies ist immer vor dem Hintergrund eines generell steigenden Belastungsniveaus zu sehen (über allen Flächen).

Als Folge weiten sich die thermisch belasteten Flächen innerhalb der Großstädte Braunschweig sowie Wolfsburg aus. Tropennächte werden zukünftig auch vermehrt in Mittelstädten wie z.B. Gifhorn, Helmstedt, Peine, SZ-Bad, SZ-Lebenstedt oder Wolfenbüttel erreicht, in denen diese bislang eine Ausnahme darstellten. Trotz des gleichfalls höheren Temperaturniveaus heben sich städtische Grünflächen auch in Zukunft mit geringeren Lufttemperaturen im Stadtgebiet hervor und behalten nicht nur ihre wichtige Entlastungsfunktion, vielmehr steigt ihre Bedeutung angesichts der zunehmenden städtischen Überwärmung.

4.2.2.2 Wärmebelastung am Tage

Meteorologische Parameter wirken nicht unabhängig voneinander, sondern in biometeorologischen Wirkungskomplexen auf das Wohlbefinden des Menschen ein. Zur Bewertung werden Indizes verwendet (Kenngrößen), die Aussagen zur Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit sowie zu kurz- und langwelligen Strahlungsflüssen kombinieren. Wärmehaushaltsmodelle berechnen den Wärmeaustausch einer „Norm-Person“ mit seiner Umgebung und können so die Wärmebelastung eines Menschen abschätzen.

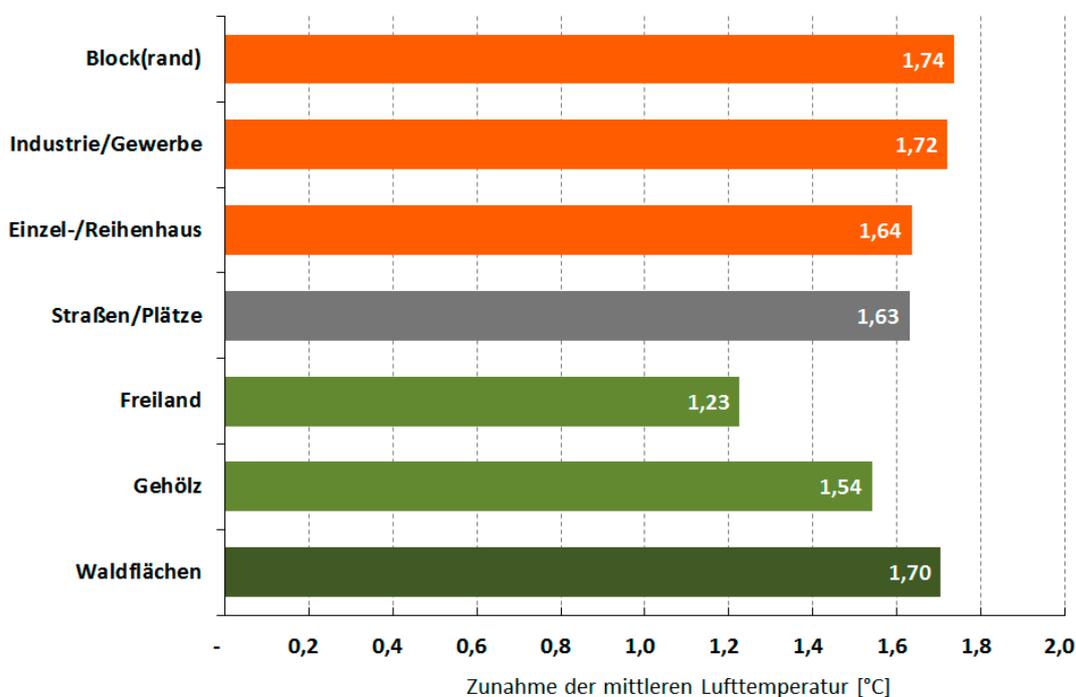


Abb. 27: Klimawandelbedingte Zunahme der nächtlichen Lufttemperatur in ausgewählten Nutzungsklassen

In der vorliegenden Arbeit wird zur Bewertung der Tagsituation der humanbioklimatische Index PET um 14:00 Uhr herangezogen (Physiologisch Äquivalente Temperatur in °C; vgl. Matzarakis & Mayer 1996). Wie die übrigen humanbiometeorologischen Indizes¹⁰ bezieht sich die PET auf außenklimatische Bedingungen (Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit sowie kurz- und langwellige Strahlungsflüsse) und zeigt eine starke Abhängigkeit von der Strahlungstemperatur (Kuttler 1999). Mit Blick auf die Wärmebelastung ist sie damit vor allem für die Bewertung des Aufenthalts im Freien am Tage sinnvoll einsetzbar.

Für die PET existiert in der VDI-Richtlinie 3787, Blatt 9 eine absolute Bewertungsskala (VDI 2004), die das thermische Empfinden und die physiologische Belastungsstufen quantifizieren (z.B. *Starke Wärmebelastung* ab PET 35 °C; Tab. 13).

Modellergebnisse Status quo

Im Vergleich zur Lufttemperatur weist die PET eine höhere Spannbreite im Untersuchungsgebiet auf (20 - 44 °C; Abb. A 1 im Anhang). PET-Werte ≤ 26 °C (*keine bis schwache Wärmebelastung*) stellen eine Ausnahme dar und sind einzig an den Rändern größerer Gewässer zu finden, die tagsüber eine kühlende Wirkung auf ihre Umgebung haben

(z.B. Allersee (Wolfsburg) oder Lappwaldsee (Helmstedt; vgl. Abb. 28). Flächenhaft heben sich Waldgebiete mit einer größtenteils *schwachen Wärmebelastung* ab (PET ≤ 29 °C, z.B. Naturschutzgebiet Barnbruch bei Wolfsburg). Der Aufenthaltsbereich des Menschen liegt unterhalb des Kronendachs und ist somit vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt, sodass Wälder als Rückzugsorte dienen und stadtnahe Wälder am Tage mitunter sogar Kaltluft zugunsten des Siedlungsraumes erzeugen können.

Alle weiteren Flächen weisen unter den gegebenen Annahmen eines autochthonen Sommertags (ungehinderte Einstrahlung ohne Bewölkung) eine mindestens *mäßige*, im Siedlungsraum sogar überwiegend *starke Wärmebelastung* auf. Die höchsten Werte werden über versiegelten Gewerbegebieten und dem Straßenraum erreicht (bis zu mehr als 41 °C PET z.B. versiegelte Außenflächen des VW-Werks Wolfsburg; *extreme Wärmebelastung*). Durch die ungehinderte Sonneneinstrahlung erreicht die thermische Belastung über unversiegelten Freiflächen ähnlich hohe Werte (z.B. landwirtschaftliche Flächen nördlich Essenrode, LK Helmstedt). Innerhalb der Städte zeichnen sich Parks bzw. begrünte Areale, wie z.B. der Schlosspark Wolfsburg oder Katzenberg in Gifhorn, mit einer vergleichsweise geringen Wärmebelastung aus.

Tab. 13: Zuordnung von Schwellenwerten für die PET während der Tagesstunden (nach VDI 2004).

PET	Thermisches Empfinden	Physiologische Belastungsstufe
4 °C	Sehr kalt	Extreme Kältebelastung
8 °C	Kalt	Starke Kältebelastung
13 °C	Kühl	Mäßige Kältebelastung
18 °C	Leicht kühl	Schwäche Kältebelastung
20 °C	Behaglich	Keine Wärmebelastung
23 °C	Leicht warm	Schwache Wärmebelastung
29 °C	Warm	Mäßige Wärmebelastung
35 °C	Heiß	Starke Wärmebelastung
41 °C	Sehr heiß	Extreme Wärmebelastung

¹⁰ Weitere Indizes sind z.B. der PMV-Wert (Predicted Mean Vote) oder UTCL (Universal Thermal Climate Index).

In den Ergebnissen der Wärmebelastung sind Gebäude und Einzelbäume in der Modellierung nicht mit eingebunden. Diese Strukturen können mit ihrer Verschattung wesentlich die PET beeinflussen. Jedoch werden sie bei der für die regionale Ebene gewählten räumlichen Auflösung von 50 m nur parametrisiert erfasst, sodass kleinräumige Analysen wie bspw. die thermische Situation eines Platzes nicht abgebildet werden.

Modellergebnisse Zukunftsrechnung

In Bezug auf die PET ist wie bei der nächtlichen Lufttemperatur zukünftig ein höheres Niveau festzustellen, doch fallen die Unterschiede deutlich geringer aus. Auch am Tage erhöht sich die Lufttemperatur, jedoch ist diese nur eine Eingangsgröße der PET. Für die Bewertung der Wärmebelastung am Tage ist die Strahlungstemperatur ein entscheidender Faktor – der sich an autochthonen Tagen jedoch durch den Klimawandel nicht wesentlich ändert (da bereits im Status quo ungehinderte Einstrahlungsbedingungen angenommen wurden). So heben sich in Zukunft weiterhin Waldflächen und Gewässer mit einer *schwachen bis mäßigen Wärmebelastung* im Kartenbild ab, gleichwohl die Bereiche $\leq 26^\circ\text{C}$ (*keine Wärmebelastung*) nahezu wegfallen (Abb. 29 und Abb. A 2). Im Siedlungsraum und über Freiflächen sind zukünftig dagegen höhere Belastungen vorzufinden, gerade die Flächen *extremer Wärmebelastung* weiten sich aus.

4.2.2.3 Kaltluftprozessgeschehen in der Nacht

Ab einer Geländeneigung von ein bis zwei Grad setzen nach Sonnenuntergang über natürlichen Oberflächen abwärts gerichtete Strömungen ein, weil die hangnahe Luft durch nächtliche Ausstrahlung stärker abkühlt als die freie Luft in gleicher Höhe. Aufgrund ihrer höheren Dichte fließt die kühlere Bodenluft hangabwärts (Hangabwinde; Mosimann et al. 1999). In ebenen Lagen bilden sich unter günstigen Bedingungen sogenannte Flurwinde aus, wenn sich infolge der Überwärmung von überbauten Gebieten gegenüber dem Umland ein lokales thermisches Tief aufbaut und der resultierende Druckgradient durch einströmende kühlere Luftmassen aus dem Umland ausgeglichen wird (Kiese et al. 1988). Flurwinde sind eng begrenzte, oftmals nur gering ausgeprägte Strömungsphänomene, die bereits durch einen schwachen überlagernden Wind überdeckt werden können.

Diesen lokalen Windsystemen kommt eine besondere Bedeutung beim Abbau von Wärme- und Schadstoffbelastungen größerer Siedlungsräume zu. Weil die potentielle Ausgleichsleistung einer grünbestimmten Fläche aber nicht allein aus der Geschwindigkeit der Kaltluftströmung resultiert, sondern zu einem wesentlichen Teil durch ihre Mächtigkeit mitbestimmt wird (d.h. durch die Höhe der Kaltluftschicht), muss zur Bewertung der Grünflächen ein umfassenderer Klimaparameter herangezogen werden. Der sogenannte Kaltluftvolumenstrom gibt die Menge an Kaltluft in der Einheit m^3 an, die in jeder Sekunde durch den Querschnitt beispielsweise eines Hanges oder einer Leitbahn fließt.

Strömungshindernisse wie Straßendämme oder Gebäude können luvseitig markante Kaltluftstaus auslösen. Werden die Hindernisse von größeren Luftvolumina über- oder umströmt, kommt es im Lee zu bodennahen Geschwindigkeitsreduktionen, die in Verbindung mit vertikalen oder horizontalen Verlagerungen der Strömungsmaxima stehen kann. Die Eindringtiefe von Kaltluft in bebautes Gebiet hängt wesentlich von der Siedlungsgröße, Bebauungsdichte, anthropogenen Wärmefreisetzung und der Menge einströmender Kaltluft ab.

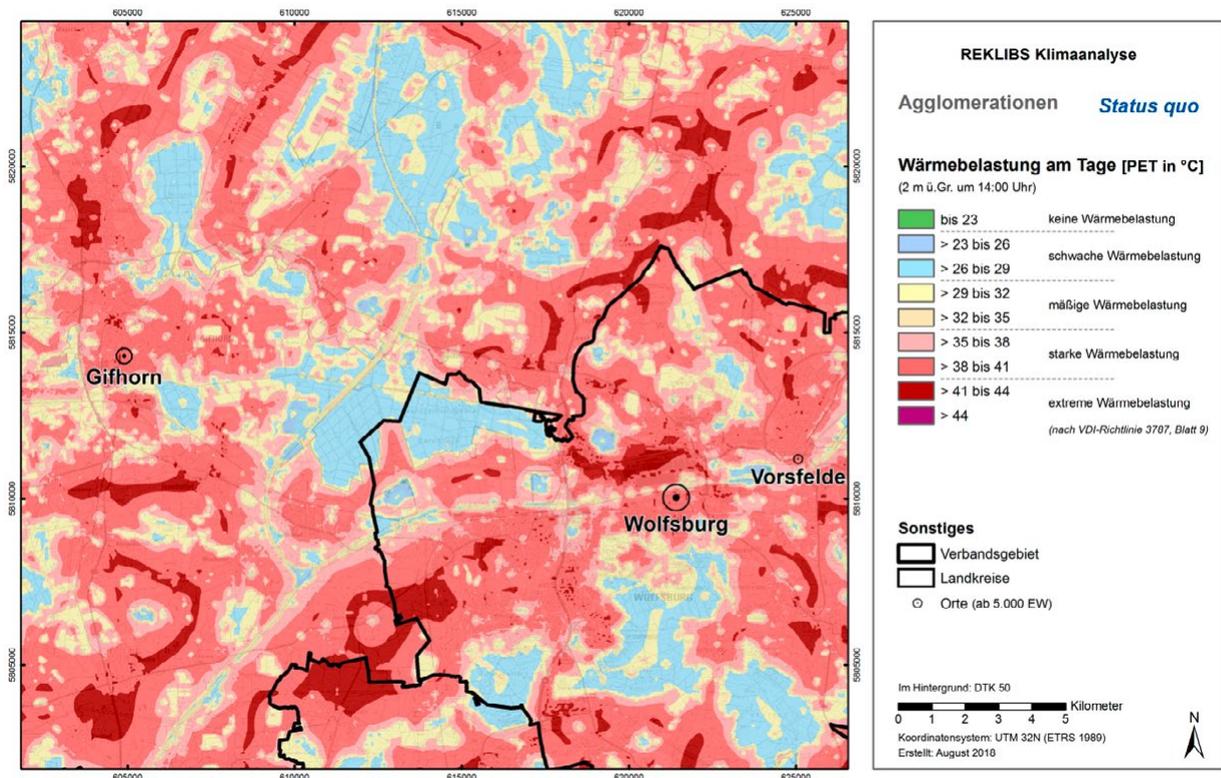


Abb. 28: Wärmebelastung am Tage (PET) des Status quo in einem Ausschnitt des Großraums Braunschweig

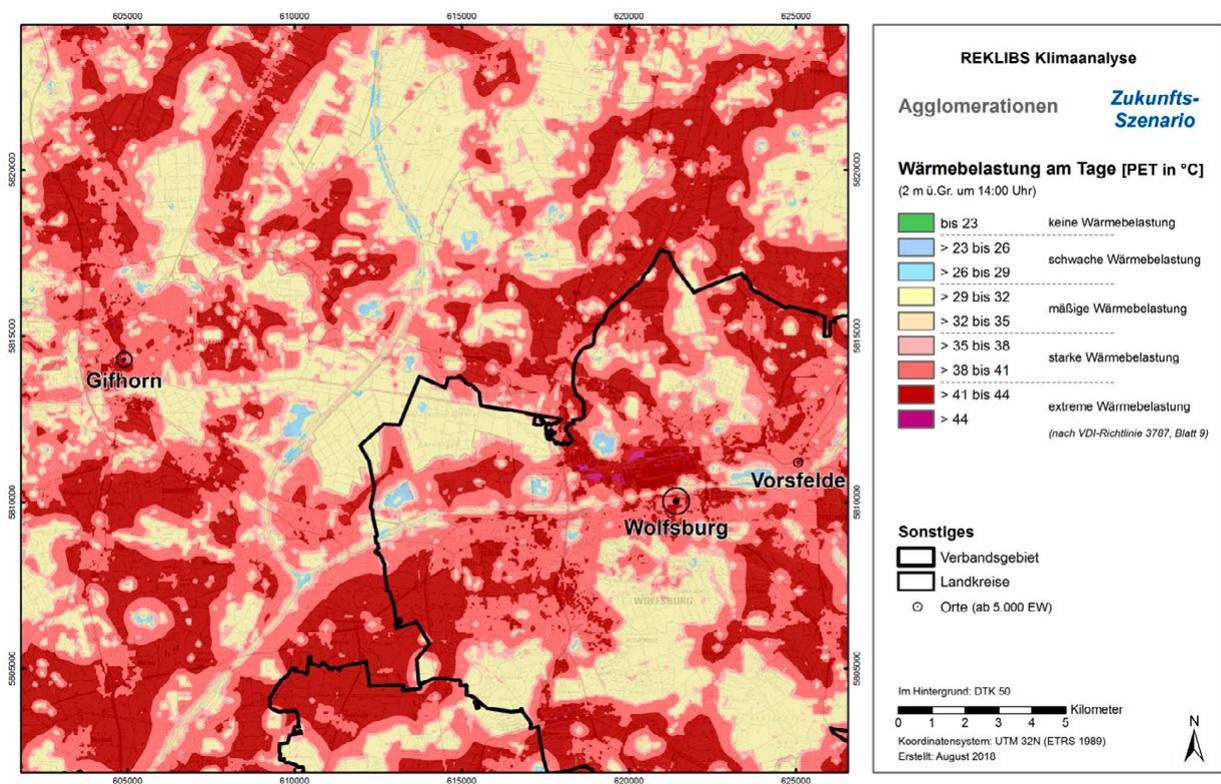


Abb. 29: Wärmebelastung am Tage (PET) des Zukunfts-Szenarios 2050 in einem Ausschnitt des Großraums Braunschweig

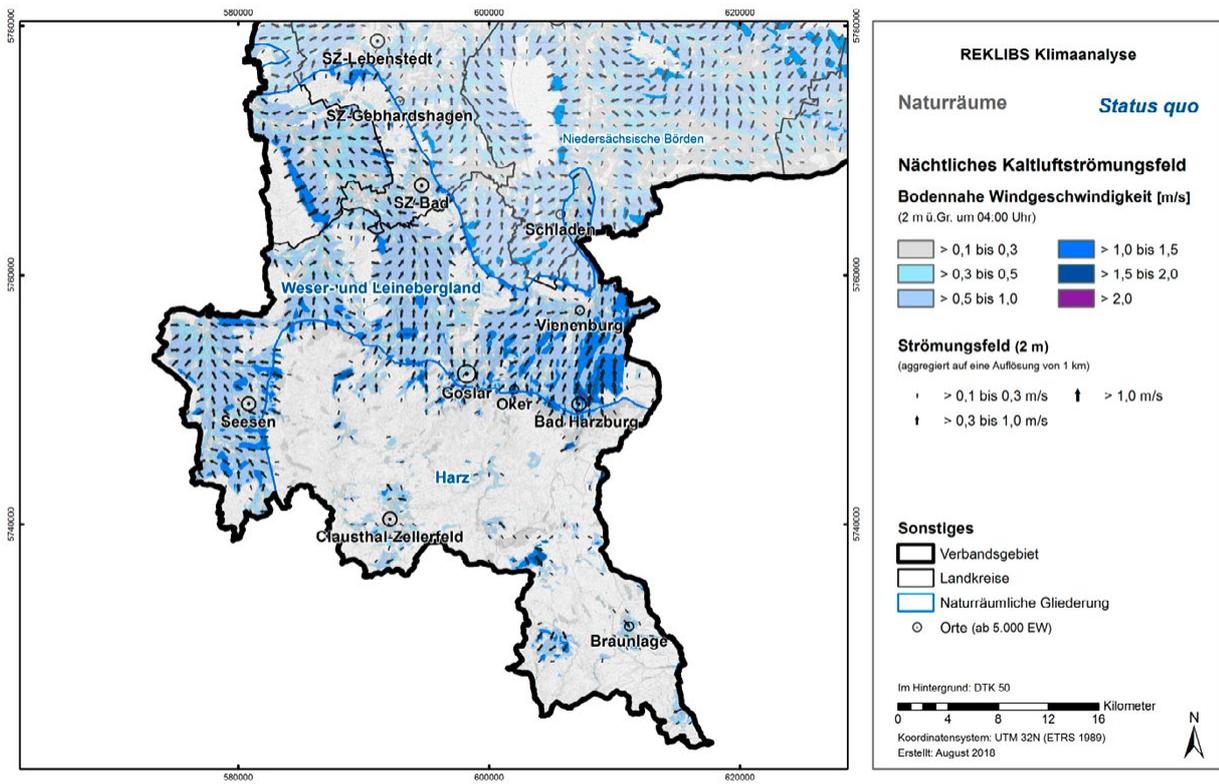


Abb. 30: Bodennahe nächtliches Windfeld des Status quo im südlichen Teil des Großraums Braunschweig

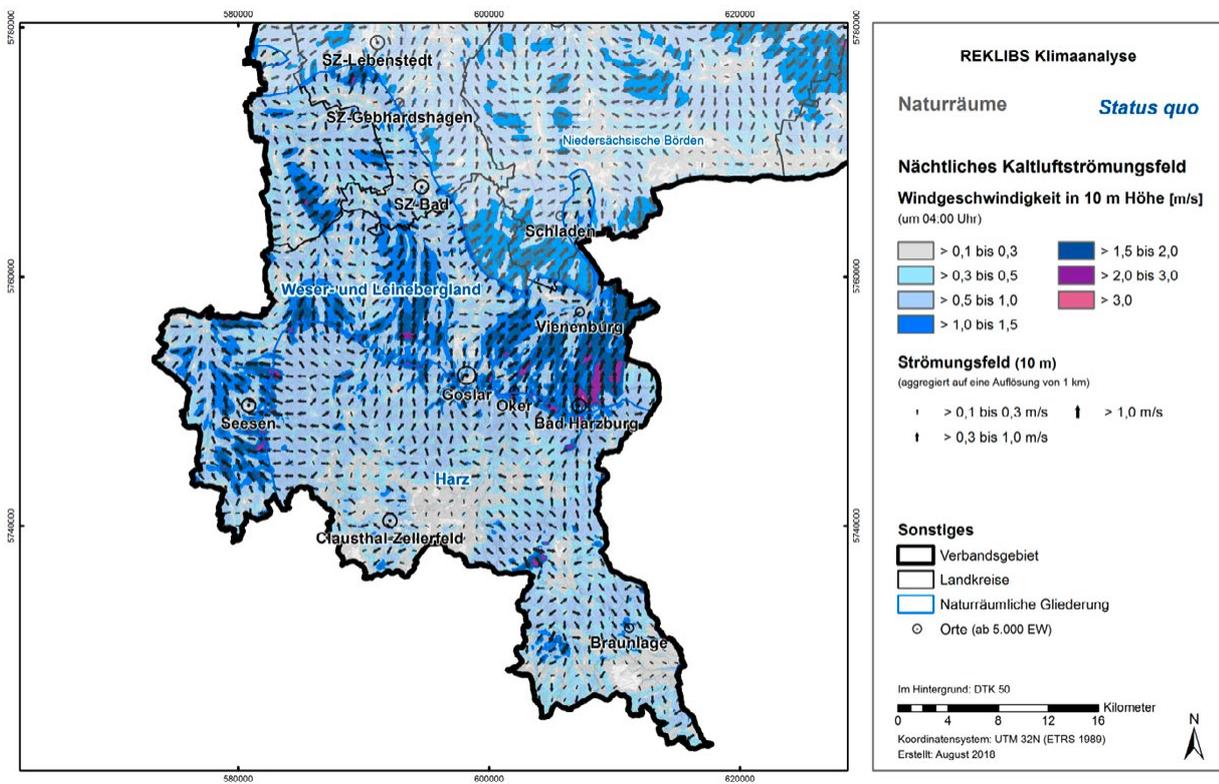


Abb. 31: Nächtliches Windfeld des Status quo in 10 m ü.Gr. im südlichen Teil des Großraums Braunschweig

Modellergebnisse Status quo

Das nächtliche Kaltluftströmungsfeld zeigt im Großraum Braunschweig eine große Variabilität auf. Die höchsten Windgeschwindigkeiten treten reliefbedingt als Hangabwinde vom Harz sowie Elm ausgehend und im Harzvorland auf. Auch die Höhenunterschiede bspw. des Barnstorfer Walds (Wolfsburg) oder Maseler Walds (SG Hankensbüttel) spiegeln sich im Kartenbild wider (Abb. A 3). Bodennah werden in diesen Bereichen Windgeschwindigkeit bis 2,0 m/s erreicht, im Oberharz stellenweise auch höhere Werte (Großer Burgberg, Bad Harzburg; Abb. 30). Die reliefbedingten Strömungssysteme reichen bis in das Stadtgebiet bspw. von Goslar und Bad Harzburg sowie, durch die Entfernung abgeschwächt, auch in Teile Braunschweigs, Salzgitter-Bad und Wolfenbüttels hinein – die Stadtkerne werden aufgrund der Hinderniswirkung der Gebäude jedoch nicht erreicht. Entsprechend des typischen Vertikalprofils sind in 10 m ü.Gr. höhere Windgeschwindigkeiten bis 3,0 m/s und ein großflächigeres Strömungssystem zu verzeichnen (Abb. 31).

In Richtung des nördlichen Teils bzw. der flacheren Gebiete des Großraums Braunschweig nimmt die Kaltluftdynamik

ab und Flurwinde gewinnen an Bedeutung. Diese bilden sich insbesondere um größere Städte wie Braunschweig, Wolfsburg, Peine oder Gifhorn aus und sind durch geringere Windgeschwindigkeiten geprägt. Die Flurwinde versorgen die Stadtkörper mit Kaltluft und treten eher kleinräumig auf, reichen dafür über Grünzüge bzw. Leitbahnen teilweise bis in den Stadtkern (siehe z.B. in Braunschweig).

Die im Laufe einer (autochthonen) Nacht produzierte Kaltluft bildet eine Kaltluftschicht, deren Mächtigkeit bis zum betrachteten Zeitpunkt 04:00 Uhr auf mehrere Dezimeter „angewachsen“ sein kann. Die Kaltluftschicht kann einzelne Hindernisse überwinden und im Vergleich zum bodennahen Kaltluftströmungsfeld über eine größere Entfernung für Luftaustausch sorgen – so z.B. die Kaltluftströmung vom Elm bis an den Braunschweiger Stadtrand, vom Harz bis Salzgitter-Bad oder dem Oderwald nach Wolfenbüttel (Abb. 32). Beispielsweise können einzelne Grünflächen, die zwar nicht zusammenhängen, aber räumlich nah beieinander liegen und durch nur wenige Hindernisse getrennt sind, als Trittsteine für Kaltluft dienen. Über Grünachsen schließlich kann die Kaltluft in die Siedlungsgebiete eindringen und dort die thermische Belastung senken.

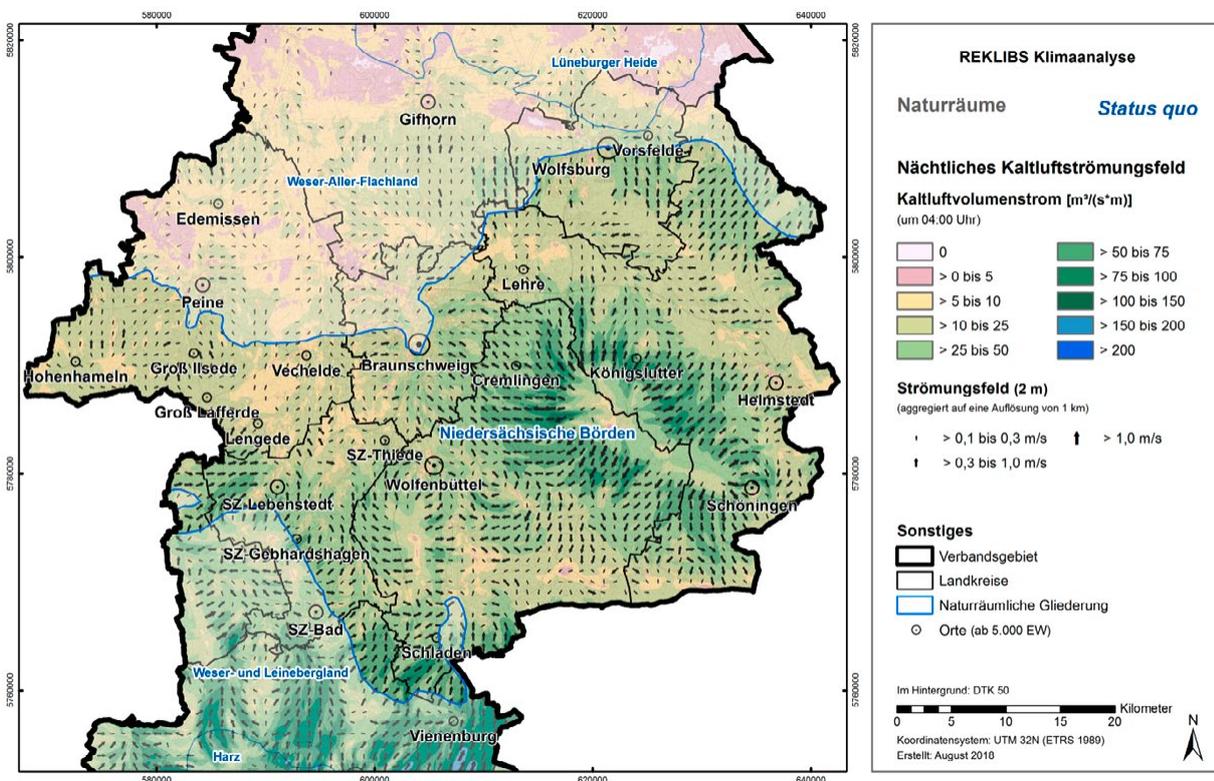


Abb. 32: Kaltluftvolumenstrom des Status quo in der Nacht im mittleren Teil des Großraums Braunschweig

Die reliefbedingten Unterschiede im Großraum Braunschweig wirken sich auch in der Verteilung des Kaltluftvolumenstroms aus, der sehr hohe Werte im Bereich des Harz bzw. Elm bis hin zu sehr geringen Werten im nördlichen Verbandsgebiet (LK Gifhorn) aufweist. Über siedlungsfernen (Wald-)Gebieten bilden sich im ebenen Gelände keine Ausgleichsströmungen aus (Abb. A 4).

Diese gesamthafte Darstellung des Kaltluftvolumenstroms verdeutlicht die regionalen Unterschiede im Verbandsgebiet, wobei die Bedeutung der Kaltluftdynamik in den Gebieten mit geringen Werten vielfach unterschätzt wird. Beispielsweise können die Kaltluftströme aus den umliegenden Grünflächen wichtige Ausgleichsfunktionen etwa für Gifhorn oder Peine darstellen, auch wenn die Höhe des Kaltluftvolumenstroms im Vergleich zum Harz gering ausfällt. Bei der Erstellung der Klimaanalysekarte soll mit der Ausweisung von Kaltluft-Prozessräumen das für die jeweilige Stadt geltende Kaltluftprozessgeschehen abgebildet werden (vgl. Kap. 4.2.3).

Modellergebnisse Zukunftsrechnung

Die Auswirkungen allein des Klimaänderungssignals ohne Landnutzungsänderungen auf das nächtliche Kaltluftprozessgeschehen sind minimal. Das Windfeld wird maßgeblich durch Strömungshindernisse gesteuert. Wie eingangs beschrieben, übt auch das Relief einen wichtigen Einfluss aus. An beiden Voraussetzungen ändert sich in den Annahmen der Zukunftsrechnung nichts.

Durch die unterschiedlichen Temperaturänderungen verschiedener Nutzungsklassen ergeben sich Auswirkungen auf Flurwinde bzw. den Kaltluftvolumenstrom, die jedoch – gerade in der mesoskaligen Modellrechnung mit ihrer räumlichen Auflösung von 50 m – sehr gering ausfallen, da insgesamt das Temperaturniveau steigt. Entsprechend sind weder auf Ebene des Verbandsgebiets noch bei lokaler oder städtischer Betrachtung nennenswerte Unterschiede festzustellen, sodass auf eine kartographische Darstellung verzichtet wurde.

4.2.3 Klimaanalysekarte regional bedeutsame Kaltluftleitbahnen

Die Klimaanalysekarte bildet die nächtliche Überwärmung des Siedlungsraums und das Kaltluftprozessgeschehen über Grün- bzw. Freiflächen ab und zeigt die Wirkungszusammenhänge zwischen Ausgleichs- und Belastungsräumen in Form von Kaltluftleitbahnen.

Um Aussagen über Funktionszusammenhänge treffen zu können, müssen unterschiedliche Flächeneinheiten von Grünarealen einerseits und bebauten Bereichen andererseits in ihren klimatischen Merkmalen untereinander abgrenzbar sein. Zum Beispiel ist die Kaltluftlieferung von Grünflächen sehr unterschiedlich ausgeprägt und bei den Siedlungsflächen kann die bioklimatische Situation je nach Bebauungsstruktur und Lage im Raum stark variieren. Um diese Heterogenität in der Klimaanalysekarte darstellen zu können, wurden die Flächen anhand ihrer Nutzungsinformationen unterschieden (z.B. Baublöcke, Grün- und Freiflächen) und ihnen jeweils die Ergebnisse der Klimaparameter aus der Modellrechnung zugeordnet (Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit, etc.).

4.2.3.1 Ableitung des planungsrelevanten Stadtklimaeffekts

Während das Kaltluftprozessgeschehen einheitlich für das gesamte Verbandsgebiet dargestellt wird (Kaltluftvolumenstrom, Flurwinde), liegen der nächtlichen Überwärmung und der Ableitung von Kaltluftleitbahnen jeweils spezifische Prozessräume zugrunde. Die Notwendigkeit zur Bestimmung von Prozessräumen ergibt sich zum einen aus den naturräumlichen und reliefbedingten Gegebenheiten im Verbandsgebiet, die zu der in Kap. 4.2.2 genannten unterschiedlichen Ausprägung der meteorologischen Kenngrößen führt. Zum anderen rückt im Hinblick auf das Ziel „Neuaufstellung des RROP“ der regionalplanerische Gedanke in den Fokus, sodass im REKLIBS Kaltluftleitbahnen nur für Siedlungsräume mit einem planungsrelevanten Stadtklimaeffekt dargestellt wurden.

Das Vorgehen zur Ableitung von Kommunen mit einem regionalplanerisch relevanten Stadtklimaeffekt umfasste drei Schritte:

1. Kriterium Flächengröße
2. Relevanter Stadtklimaeffekt
3. Planungsrelevanz

Zunächst wurde die Siedlungsfläche jeder Kommune im Verbandsgebiet berechnet. Nach Mosimann et al. (1999) ist unter einer Siedlungsfläche von 1 km² kein relevanter Wirkungsraum zu erwarten, sodass nach Anwendung dieses Kriteriums 74 der 116 Kommunen im Verbandsgebiet als Suchraum für einen relevanten Stadtklimaeffekt verbleiben¹¹, während die übrigen Kommunen mit der Kennzeichnung „kein Wirkungsraum“ im Kartenbild versehen sind.

¹¹) Die Mitgliedsgemeinden von Samtgemeinden wurden jeweils einzeln betrachtet.

Für diese 74 Kommunen wurde eine GIS-basierte Bestimmung von Kaltluft-Prozessräumen vorgenommen¹². Dabei wurde Salzgitter aufgrund des verschiedenen Geländes in ein nördliches (SZ-Lebenstedt) und ein südliches Gebiet aufgeteilt (SZ-Bad). Der Stadtklimaeffekt wurde als Differenz der nächtlichen bodennahen Lufttemperatur (T_A) zwischen den im jeweiligen Prozessraum liegenden Siedlungs- und Freiflächen definiert. Daraus wurden folgende zwei Kenngrößen berechnet, die die aus städtischen und regionalen Studien bekannte Abhängigkeit zur Einwohnerzahl aufweisen (bspw. GEO-NET 2014 für die Region Magdeburg, Schönwiese 2013; vgl. Abb. 33):

$$\text{Mittlerer Wärmeineffekt} = \text{Mittelwert } T_{A(\text{Siedlung})} - \text{Mittelwert } T_{A(\text{Freiland})}$$

$$\text{Maximale Wärmeinselintensität} = \text{Maximum } T_{A(\text{Siedlung})} - \text{Mittelwert } T_{A(\text{Freiland})}$$

Als Kombination des mittleren Wärmeineffekts (robust gegenüber Ausreißern) und der maximalen Wärmeinselintensität (erfasst stark überwärmte Bereiche), wurden

Kommunen mit einem heute bereits relevanten Stadtklimaeffekt wie folgt definiert:

$$\begin{aligned} \text{Relevanter Stadtklimaeffekt} = \\ \text{mittlerer Wärmeineffekt} \geq 3,5 \text{ °C und} \\ \text{maximale Wärmeinselintensität} \geq 5,5 \text{ °C} \end{aligned}$$

Die Bestimmung von Kommunen mit einem zukünftig relevanten Stadtklimaeffekt erfolgte auf Basis der Zukunftsrechnung 2050 und derselben Kriterien. Wie im Vorkapitel beschrieben intensiviert sich der Stadtklimaeffekt durch den Klimawandel (Kap. 4.2.2.1), sodass in Zukunft mehr Kommunen einen relevanten Stadtklimaeffekt aufweisen (Tab. A 2 im Anhang).

Für das Kriterium der regionalplanerischen Bedeutung schließlich wurde die zentralörtliche Funktion des RROP 2008 herangezogen und dabei Ober- und Mittelzentren als Kriterium einer Planungsrelevanz definiert (ZGB 2008).

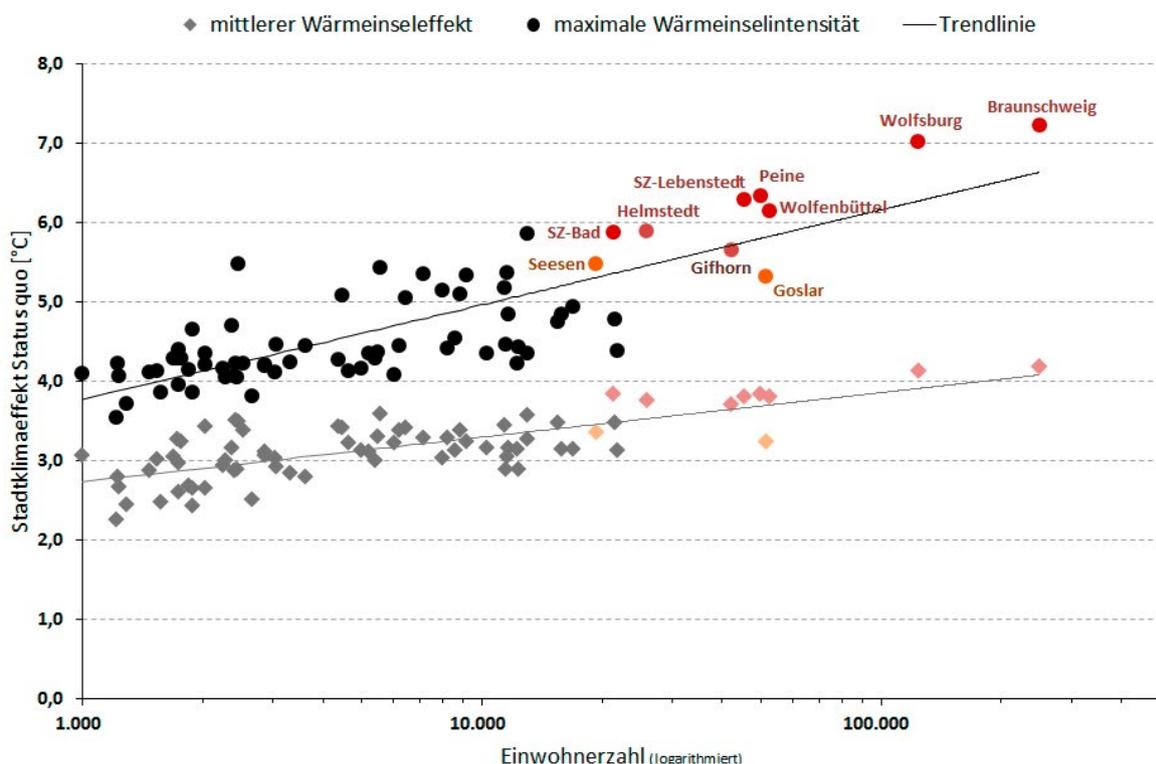


Abb. 33: Stadtklimaeffekt für den Status quo der Kommunen im Großraum Braunschweig (rot = bereits heute planungsrelevantes Stadtklima, orange = zukünftig planungsrelevantes Stadtklima)

12) Für die Kaltluftströmung gelten ähnliche Einzugsgebiete wie für Fließgewässer, da Kaltluft im reliefierten Gelände i.d.R. dem Gelände folgend „abfließt“

Aus diesem Ableitungsprozess resultieren acht Kommunen mit einem heute bereits vorhandenen planungsrelevanten Stadtklimaeffekt und zwei Kommunen, für die das in Zukunft gilt:

- | | |
|-------------------------|------------------|
| ▪ Braunschweig | ▪ Gifhorn |
| ▪ Goslar* | ▪ Helmstedt |
| ▪ Peine | ▪ Salzgitter-Bad |
| ▪ Salzgitter-Lebenstedt | ▪ Seesen* |
| ▪ Wolfsburg | ▪ Wolfenbüttel |

* zukünftig planungsrelevanter Stadtklimaeffekt

4.2.3.2 Ausweisung von Kaltluftleitbahnen in den Prozessräumen

Für diese zehn Gebiete wurden die GIS-basierten Prozessräume überarbeitet und unter Zuhilfenahme des Kaltluftströmungsfeldes flächenscharf abgegrenzte Prozessräume bestimmt, in denen jeweils der Stadtklimaeffekt neu berechnet wurde.

Flurwinde tragen kleinräumig als wichtige Ausgleichsströmungen zur Entlastung überwärmter Siedlungsbereiche bei. Aus klimaökologischer Sicht noch bedeutender für das Stadtgebiet sind Kaltluftleitbahnen. Als großflächige und zusammenhängende, meist linienhaften Ausgleichsströmungen weisen Kaltluftleitbahnen überdies eine Dimensionierung auf, die auch für den regionalplanerischen Maßstab relevant sein kann.

Die Bestimmung von Kaltluftleitbahnen erfolgte für jeden Prozessraum separat und basiert auf einer Analyse des jeweiligen Kaltluftprozessgeschehens. Dazu wurden in einem ersten Schritt in den Siedlungsraum reichende Grünstrukturen als sogenannte „Kerngebiete“ einer Leitbahn ausgewiesen, wenn sie die bestehende Bebauung über ein zusammenhängendes und großflächiges Gebiet wirksam¹³ mit Kaltluft versorgen. Diese Kerngebiete besitzen klimaökologisch eine herausragende Bedeutung, da sie in unmittelbarem Bezug zum Siedlungsraum stehen, auf den Flächen selbst sowie von außen produzierte Kaltluft in den Siedlungsraum hineinragen und damit wesentlich zur Entlastung überwärmter Bereich beitragen. Geht die Kaltluftleitbahn-Funktion dieser Fläche verloren, würde eine stärkere thermische Belastung der umliegenden Sied-

lungsräume erfolgen.

Außerdem wurden in den Prozessräumen Grünflächen hoher bzw. sehr hoher Kaltluftproduktivität identifiziert¹⁴. Weisen diese Flächen hoher Kaltluftproduktivität einen Bezug zum Siedlungsraum, insb. wenn die dort gebildete Kaltluft die Kaltluftleitbahn-Kerngebiete versorgt, auf, so sind sie als „Einzugsgebiete“ der Kaltluftleitbahnen einzuordnen. Ohne diese Einzugsgebiete wird die Funktion der Kaltluftleitbahn beeinträchtigt, kann jedoch unter bestehenden örtlichen Umständen durch die Kerngebiete aufrechterhalten werden.

4.2.3.3 Ergebnisse

Die Klimaanalysekarte zeigt das klimaökologische Prozessgeschehen im gesamten Verbandsgebiet und wird im Originalformat 1 : 75.000 auf den Seiten des Regionalverbands Großraum Braunschweig zur Verfügung gestellt. Der vorliegende Bericht belässt es bei einer verkleinerten Übersicht des nördlichen bzw. südlichen Teils des Großraums (Abb. A 5 und Abb. A 6 im Anhang) und konzentriert sich in den folgenden Ergebnissen auf die Prozessräume der Kommunen mit planungsrelevantem Stadtklimaeffekt (von Nord nach Süd).

Stadtgebiet Gifhorn

Die Siedlungsgebiete im Prozessraum Gifhorn weisen größtenteils eine nächtliche Überwärmung mittleren Niveaus auf. In über 40 % der Flächen liegen die Werte zwischen 3 und 4 °C, in knapp 40 % bei 4 - 5 °C (Tab. 14). Insgesamt ergibt sich ein mittlerer Wärmeineffekt von 3,7 °C. Eine höhere Überwärmung ist nur vereinzelt in ca. 3 % der Siedlungsflächen vorzufinden (insb. Teile der Kernstadt Gifhorn und Gewerbegebiete GF Süd bzw. Am Allerkanal; Abb. 34) – im Maximum beträgt die Wärmeinselintensität 5,7 °C.

Durch den Klimawandel intensiviert sich der Stadtklimaeffekt bis zur Mitte des Jahrhunderts und sorgt jeweils für einen um ca. 0,4 °C höheren mittleren Wärmeineffekt (4,1 °C) bzw. maximale Wärmeinselintensität (6,1 °C), d.h. die thermische Belastung im Stadtgebiet steigt weiter an.

Der ca. 180 km² große Prozessraum Gifhorn ist überwiegend flach mit Geländehöhen zwischen 50 m und 70 m NHN (Normalhöhennull). Das Strömungsfeld ist vergleichsweise gering ausgeprägt und hauptsächlich durch Flur-

13) Als Kriterium dient ein für den jeweiligen Prozessraum überdurchschnittlich hoher Kaltluftvolumenstrom.

14) Hohe bzw. sehr hohe Kaltluftproduktivität = Die Kaltluftproduktionsrate der Grünfläche liegt über dem Mittelwert bzw. über dem Mittelwert + 1 Standardabweichung aller Grünflächen des jeweiligen Prozessraums

winde bestimmt. Dennoch bilden sich auf die Kernstadt ausgerichtete Ausgleichsströmungen aus, die als Kaltluftleitbahnen eingeordnet werden. Dabei handelt es sich um die westlich sowie nordöstlich der Kernstadt gelegenen Grünzüge entlang der Aller und die landwirtschaftlichen Flächen nordwestlich der Kernstadt (entlang Wilscher Weg und von Marie-Luisenhof). Insgesamt treten die Kaltluftleitbahnen eher lokal auf, d.h. die Einzugsgebiete reichen aufgrund der geringen Strömungsdynamik nicht über das nähere städtische Umfeld hinaus.

Stadtgebiet Peine

Die Siedlungsgebiete im Prozessraum Peine weisen größtenteils eine nächtliche Überwärmung mittleren Niveaus auf (in ca. 70 % der Flächen liegen die Werte zwischen 3 und 5°C), mit knapp 12 % der Fläche ist jedoch auch ein nennenswerter Teil des Stadtgebiets von einer hohen Überwärmung > 5°C betroffen (insb. innerstädtische Siedlungs- und Gewerbegebiete entlang der Bahngleise; Tab. 15). Dadurch ergibt sich eine relativ hohe maximale Wärmeinselintensität von 6,3°C, während der mittlere Wärmeineleffekt mit 3,8°C auf einem mittleren Niveau unter

den Kommunen mit planungsrelevantem Stadtklima liegt.

Durch den Klimawandel intensiviert sich der Stadtklimaefekt bis Mitte des Jahrhunderts und sorgt jeweils für einen um ca. 0,4°C höheren mittleren Wärmeineleffekt (4,2°C) bzw. maximale Wärmeinselintensität (6,7°C), d.h. die thermische Belastung im Stadtgebiet steigt weiter an.

Der ca. 150 km² große Prozessraum ist überwiegend ebenerdig mit Geländehöhen von 60 - 80 m NHN. Das Strömungsfeld ist vergleichsweise gering ausgeprägt und hauptsächlich durch Flurwinde bestimmt. Um die Stadt Peine bilden sich zwei wichtige Kaltluftleitbahnen heraus (Abb. 34). Das nördliche Stadtgebiet wird durch eine Ausgleichsströmung aus Osten mit Kaltluft versorgt, dessen Einzugsgebiet um den Ortsteil Essinghausen reicht. Südlich der Stadt liegen ebenfalls relativ großflächige Einzugsgebiete, zu denen auch die Freiflächen östlich Klein Ilsede zählen. Entlang der Fuhse gelangt die Kaltluft in das südliche Stadtgebiet, was genau wie die Grünflächen selbst ein weiteres Aufheizen des Stadtkörpers verhindert.

Tab. 14: Flächenanteile des Stadtklimaeffekts im Prozessraum Gifhorn sowie gesamten Großraum Braunschweig.

	Nächtliche Überwärmung [°C]	Status quo		Zukunftsrechnung	
		Gifhorn	Großraum	Gifhorn	Großraum
	Kein Wirkungsraum	-	6,4%	-	6,4%
	geringer Stadtklimaeffekt	15,2%	25,8%	9,1%	16,2%
	> 3 bis 4	43,4%	39,1%	27,8%	28,8%
	> 4 bis 5	38,5%	22,0%	56,0%	36,3%
	> 5 bis 6	2,9%	5,1%	6,9%	8,9%
	> 6 bis 7	-	1,5%	0,3%	2,8%
	> 7	-	0,1%	-	0,6%

Tab. 15: Flächenanteile des Stadtklimaeffekts im Prozessraum Peine sowie Großraum Braunschweig.

	Nächtliche Überwärmung [°C]	Status quo		Zukunftsrechnung	
		Peine	Großraum	Peine	Großraum
	Kein Wirkungsraum	-	6,4%	-	6,4%
	geringer Stadtklimaeffekt	18,3%	25,8%	10,9%	16,2%
	> 3 bis 4	35,5%	39,1%	26,7%	28,8%
	> 4 bis 5	34,4%	22,0%	45,9%	36,3%
	> 5 bis 6	9,6%	5,1%	11,1%	8,9%
	> 6 bis 7	2,2%	1,5%	5,4%	2,8%
	> 7	-	0,1%	-	0,6%

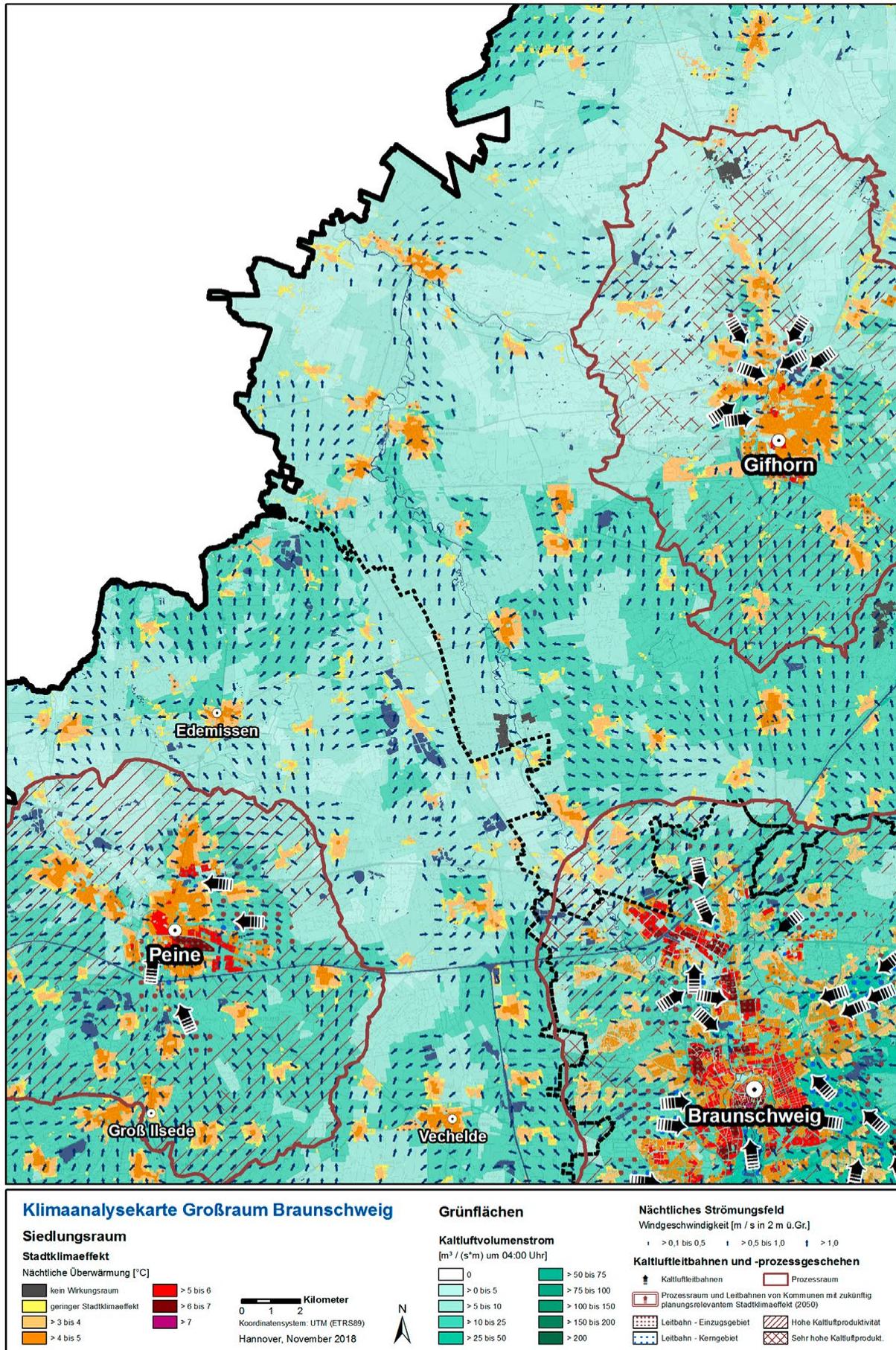


Abb. 34: Ausschnitt aus der Klimaanalysekarte des Großraums Braunschweig – Prozessräume Gifhorn und Peine (verkürzte Legende)

Stadtgebiet Wolfsburg

Die Siedlungsgebiete im Prozessraum Wolfsburg weisen größtenteils eine nächtliche Überwärmung mittleren Niveaus auf (in ca. 70 % der Flächen liegen die Werte zwischen 3 und 5 °C), mit einem Sechstel der Fläche ist jedoch auch ein nennenswerter Teil des Stadtgebiets von einer hohen Überwärmung > 5 °C betroffen (insb. VW-Gelände, Innenstadt und Gewerbeflächen in Hesslingen; Tab. 16). Insgesamt beträgt der mittlere Wärmeineffekt in Wolfsburg 4,1 °C und die maximale Wärmeinselintensität 7,0 °C – nach der Stadt Braunschweig sind dies die zweithöchsten Werte im Verbandsgebiet.

Durch den Klimawandel intensiviert sich der Stadtklimaeffekt bis Mitte des Jahrhunderts und sorgt für einen um ca. 0,4 °C höheren mittleren Wärmeineffekt (4,5 °C) bzw. um ca. 0,5 °C höhere maximale Wärmeinselintensität (7,5 °C), d.h. die thermische Belastung im Stadtgebiet steigt weiter an.

Der knapp 300 km² große Prozessraum Wolfsburg ist durch ein geringes Relief geprägt. Die Kernstadt Wolfsburgs liegt flach entlang der Aller und des Mittelkanals (55 - 60 m NHN), gen Norden und Süden steigt das Stadtgebiet leicht an (bis ca. 75 m NHN). Südlich der Stadt schließt um den Barnstorfer Wald eine Erhebung bis ca. 130 m NHN an, die sich auf das Strömungsfeld ausprägt. Im Strömungsfeld liegen verstreut nur kleinere Siedlungen, sodass sich ein relativ großflächiges bis Nordsteimke reichendes Einzugsgebiet ergibt, das die auf die Kernstadt sowie den Bereich um den Allersee ausgerichtete Kaltluftleitbahn speist (Abb. 35). Auch aus den nördlichen Freiflächen um Vorsfelde strömt Kaltluft über Leitbahnen in Richtung Allersee, der damit einen wichtigen Ausgleichsraum für die Wolfsburger Kernstadt und die Gewerbegebiete darstellt, zumal über

den um den See liegenden Grünflächen zusätzlich Kaltluft produziert wird. Die in Fallersleben hineinreichenden Freiflächen stellen genau wie der Grünzug entlang der BAB A39 weitere Leitbahnstrukturen dar, die eher lokal ausgebildet sind und ein stärkeres Aufheizen der umliegenden Siedlungsflächen verhindern.

Stadtgebiet Helmstedt

Die Siedlungsgebiete im Prozessraum Helmstedt weisen größtenteils eine nächtliche Überwärmung mittleren Niveaus auf – in über 40 % der Flächen liegen die Werte zwischen 3 und 4 °C, in einem Drittel bei 4 - 5 °C (Tab. 17), sodass sich ein mittlerer Wärmeineffekt von 3,8 °C ergibt. Höhere Werte sind nahezu ausschließlich im Zentrum Helmstedts vorzufinden (8 % des Stadtgebiets), in dem eine maximale Wärmeinselintensität von 5,9 °C erreicht wird.

Durch den Klimawandel intensiviert sich der Stadtklimaeffekt bis Mitte des Jahrhunderts und sorgt für einen um ca. 0,5 °C höheren mittleren Wärmeineffekt (4,3 °C) bzw. um ca. 0,6 °C höhere maximale Wärmeinselintensität (6,5 °C), d.h. die thermische Belastung im Stadtgebiet steigt weiter an.

Der knapp 100 km² große Prozessraum ist hügelig ohne große Erhebungen und reicht über das Verbandsgebiet hinaus. Die Stadt Helmstedt weist einige Höhenunterschiede auf (ca. 120 - 145 m NHN), doch liegt insgesamt tiefer als der östlich und südlich anschließende Lappwald (bis ca. 190 m NHN). Aus diesen beiden Richtungen sowie von den westlichen Freiflächen ist eine gewisse auf das Stadtgebiet gerichtete Strömungsdynamik zu erkennen. Daraus ergeben sich drei Kaltluftleitbahnen, die aufgrund der relativ geringen Stadtgröße und der Siedlungsstruktur vornehmlich lokal ausgeprägt sind (Abb. 35).

Tab. 16: Flächenanteile des Stadtklimaeffekts im Prozessraum Wolfsburg sowie Großraum Braunschweig.

	Nächtliche Überwärmung [°C]	Status quo		Zukunftsrechnung	
		Wolfsburg	Großraum	Wolfsburg	Großraum
	Kein Wirkungsraum	-	6,4%	-	6,4%
	geringer Stadtklimaeffekt	11,2%	25,8%	6,5%	16,2%
	> 3 bis 4	37,8%	39,1%	23,1%	28,8%
	> 4 bis 5	33,5%	22,0%	46,0%	36,3%
	> 5 bis 6	9,2%	5,1%	13,5%	8,9%
	> 6 bis 7	7,4%	1,5%	6,7%	2,8%
	> 7	1,0%	0,1%	4,2%	0,6%

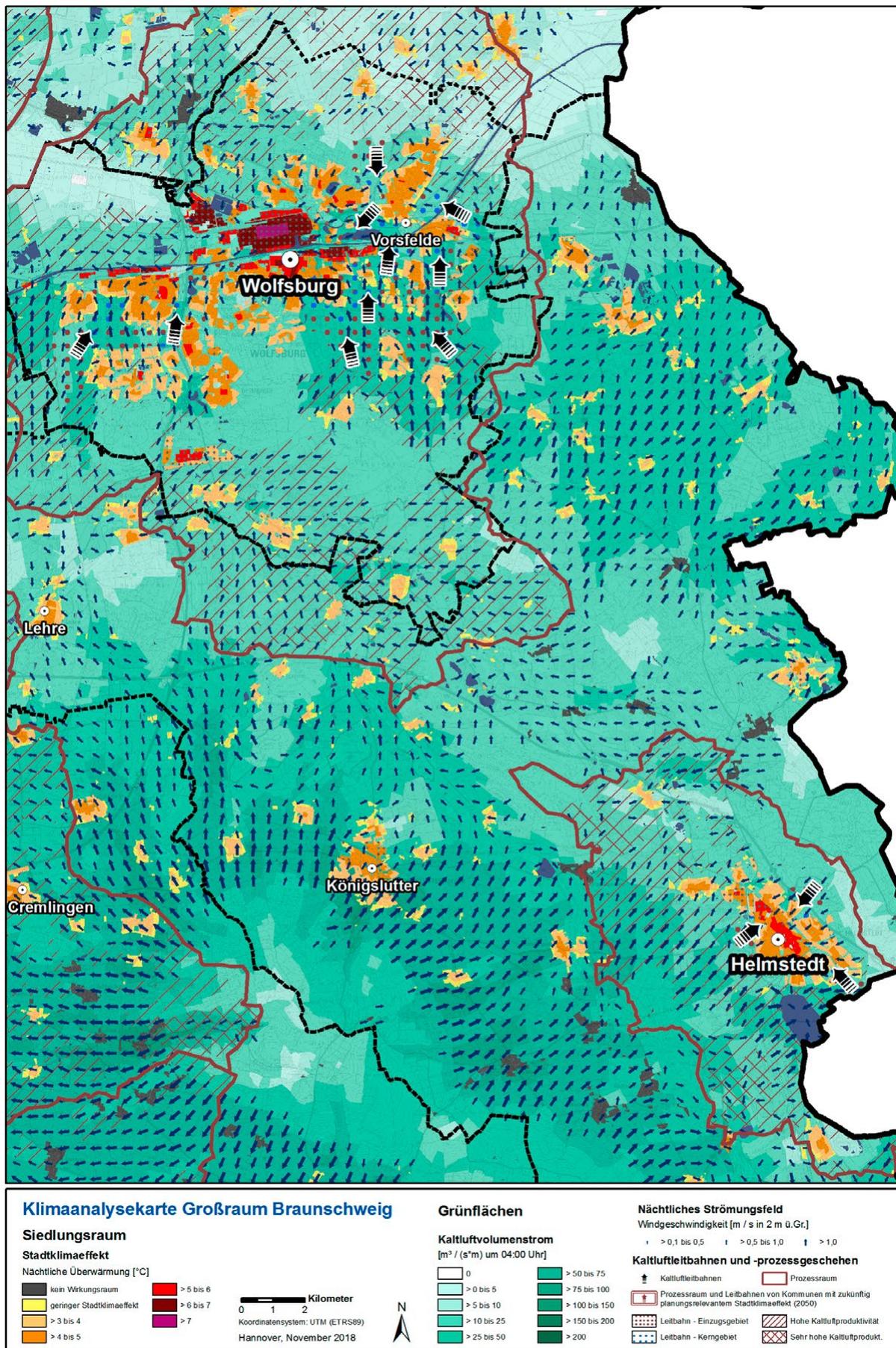


Abb. 35: Ausschnitt aus der Klimaanalysekarte des Großraums Braunschweig – Prozessräume Wolfsburg und Helmstedt (verkürzte Legende)

Tab. 17: Flächenanteile des Stadtklimaeffekts im Prozessraum Helmstedt sowie Großraum Braunschweig.

	Nächtliche Überwärmung [°C]	Status quo		Zukunftsrechnung	
		Helmstedt	Großraum	Helmstedt	Großraum
	Kein Wirkungsraum	-	6,4%	-	6,4%
	geringer Stadtklimaeffekt	15,4%	25,8%	9,2%	16,2%
	> 3 bis 4	43,0%	39,1%	21,3%	28,8%
	> 4 bis 5	33,7%	22,0%	52,7%	36,3%
	> 5 bis 6	7,8%	5,1%	15,1%	8,9%
	> 6 bis 7	-	1,5%	1,6%	2,8%
	> 7	-	0,1%	-	0,6%

Stadtgebiet Braunschweig

Knapp zwei Drittel der Siedlungsgebiete im Prozessraum Braunschweig weisen eine nächtliche Überwärmung mittleren Niveaus von 3 - 5 °C und 11 % einen geringen Stadtklimaeffekt auf. Dem stehen 23 % Siedlungsflächen mit einer hohen Überwärmung > 5 °C gegenüber (nahezu der komplette Innenstadtbereich, große Teile des Östl. Ringgebiets, Gewerbegebiete entlang der Frankfurter bzw. Hildesheimer Str. etc.), was der höchste Anteil aller Kommunen im Verbandsgebiet ist (Tab. 18). Entsprechend hoch fallen auch der mittlere Wärmeineffekt (4,2 °C) und die maximale Wärmeinselintensität (7,2 °C) aus. Die Kennzahlen zum Wärmeineffekt sind mit den Werten der deutlich höher aufgelösten Stadtklimaanalyse Braunschweig vergleichbar (vgl. GEO-NET 2018).

Durch den Klimawandel intensiviert sich der Stadtklimaeffekt bis Mitte des Jahrhunderts und sorgt für einen um ca. 0,6 °C höheren mittleren Wärmeineffekt (4,8 °C) bzw. um ca. 0,7 °C höhere maximale Wärmeinselintensität (7,9 °C) – die thermische Belastung im Stadtgebiet steigt damit nicht nur weiter an, in Relation zu den übrigen Kommunen fällt der Anstieg sogar am stärksten aus.

Während das Braunschweiger Stadtgebiet ein leichtes Gefälle Richtung Nordwesten (ca. 60 m NHN) bzw. geringe Erhebungen im Südosten bzw. Südwesten aufweist (bis ca. 110 m NHN) und der Siedlungsraum vorwiegend ebenerdig auf 70 - 75 m NHN liegt, umfasst der knapp 320 km² große Prozessraum auch die Ausläufer des östlich gelegenen Elms (bis über 300 m NHN). Durch Hangabwinde ist in diesem Bereich eine vergleichsweise hohe Kaltluftdynamik zu verzeichnen, die in Richtung des Stadtgebiets ausgerichtet ist und das dortige Strömungssystem unterstützt (Abb. 36).

Für das Stadtgebiet bedeutender sind die sich als Flurwinde gebildeten Ausgleichsströmungen, die aufgrund der starken Überwärmung zu einer für den Landschaftsraum relativ starken Strömungsdynamik führen. Rund um das Stadtgebiet treten Kaltluftleitbahnen auf, die über Grünzüge stellenweise weit in den Stadtkörper hineinreichen (z.B. Oker-Aue).

Die regionale Modellrechnung bestätigt die in der höher aufgelösten Stadtklimaanalyse identifizierten Leitbahnstrukturen (GEO-NET 2018). Einzig in der Dimensionierung der Strukturen bestehen geringfügige Abweichungen – auf regionaler Ebene umfassen die Einzugsgebiete der Kaltluftleitbahnen eine größere, zusammenhängende Fläche und reichen weiter in das Umland hinein. Dies liegt an den unterschiedlichen räumlichen Auflösungen der Klimaanalysen. Die vorliegende regionale Klimaanalyse hat großräumige Kaltluftströmungen im Blick und kann das Prozessgeschehen auf FNP-Ebene erklären. Damit ist sie eine hilfreiche Ergänzung zur städtischen Klimaanalyse, die für planerische Fragestellungen auf B-Plan-Ebene „genauere“ Ergebnisse liefert.

Stadtgebiet Wolfenbüttel

Die Siedlungsgebiete im Prozessraum Wolfenbüttel weisen größtenteils eine nächtliche Überwärmung mittleren Niveaus auf – in über 30 % der Flächen liegen die Werte zwischen 3 und 4 °C, in ca. 45 % und davon überwiegend in der Stadt Wolfenbüttel bei 4 - 5 °C (Tab. 19), sodass sich ein mittlerer Wärmeineffekt von 3,8 °C ergibt. Eine höhere Überwärmung ist nur vereinzelt in knapp 5 % der Siedlungsflächen vorzufinden (insb. im Stadtkern) – im Maximum beträgt die Wärmeinselintensität 6,1 °C.

Durch den Klimawandel intensiviert sich der Stadtklimaef- fekt bis Mitte des Jahrhunderts und sorgt für einen um ca. 0,6°C höheren mittleren Wärmeineffekt (4,4°C) bzw. um ca. 0,7°C höhere maximale Wärmeinselintensi- tät (6,8°C), d.h. die thermische Belastung im Stadtgebiet steigt weiter an.

Der ca. 130 km² große Prozessraum endet im Norden (Pro- zessraum Braunschweig), Westen (Prozessraum SZ-Le- benstedt) und Süden (Erhebung Oderwald) relativ nah an der Stadt Wolfenbüttel und weist einzig nach Osten eine größere Ausdehnung auf, die den Höhenzug Asse umfasst

und bis an die Ausläufer des Elms heranreicht. In diesen Be- reichen herrscht eine relativ hohe Kaltluftdynamik, die auf das Stadtgebiet Wolfenbüttels ausgerichtet sind, jedoch nicht als Bestandteil des relevanten Kaltluftleitbahn-Sys- tems anzusehen sind (Abb. 36). Reliefbedingt bilden sich von Südwest (Oderwald) und Osten (Lindenbergl) lokale Kaltluftleitbahnen aus. Diese werden durch auf Flurwinden beruhenden Leitbahnstrukturen aus Süden und Nord(os- ten) ergänzt, die insb. entlang der Oker bis weit in den Stadtkörper hineinreichen.

Tab. 18: Flächenanteile des Stadtklimaeffekts im Prozessraum Braunschweig sowie Großraum Braunschweig.

	Nächtliche Überwärmung [°C]	Status quo		Zukunftsrechnung	
		Braunschweig	Großraum	Braunschweig	Großraum
	Kein Wirkungsraum	-	6,4%	-	6,4%
	geringer Stadtklimaeffekt	11,4%	25,8%	4,7%	16,2%
	> 3 bis 4	33,8%	39,1%	16,3%	28,8%
	> 4 bis 5	31,8%	22,0%	41,5%	36,3%
	> 5 bis 6	17,7%	5,1%	22,7%	8,9%
	> 6 bis 7	5,2%	1,5%	13,0%	2,8%
	> 7	0,04%	0,1%	1,8%	0,6%

Tab. 19: Flächenanteile des Stadtklimaeffekts im Prozessraum Wolfenbüttel sowie Großraum Braunschweig.

	Nächtliche Überwärmung [°C]	Status quo		Zukunftsrechnung	
		Wolfenbüttel	Großraum	Wolfenbüttel	Großraum
	Kein Wirkungsraum	-	6,4%	-	6,4%
	geringer Stadtklimaeffekt	17,9%	25,8%	9,1%	16,2%
	> 3 bis 4	31,8%	39,1%	20,5%	28,8%
	> 4 bis 5	45,6%	22,0%	48,6%	36,3%
	> 5 bis 6	4,3%	5,1%	20,1%	8,9%
	> 6 bis 7	0,4%	1,5%	1,7%	2,8%
	> 7	-	0,1%	-	0,6%

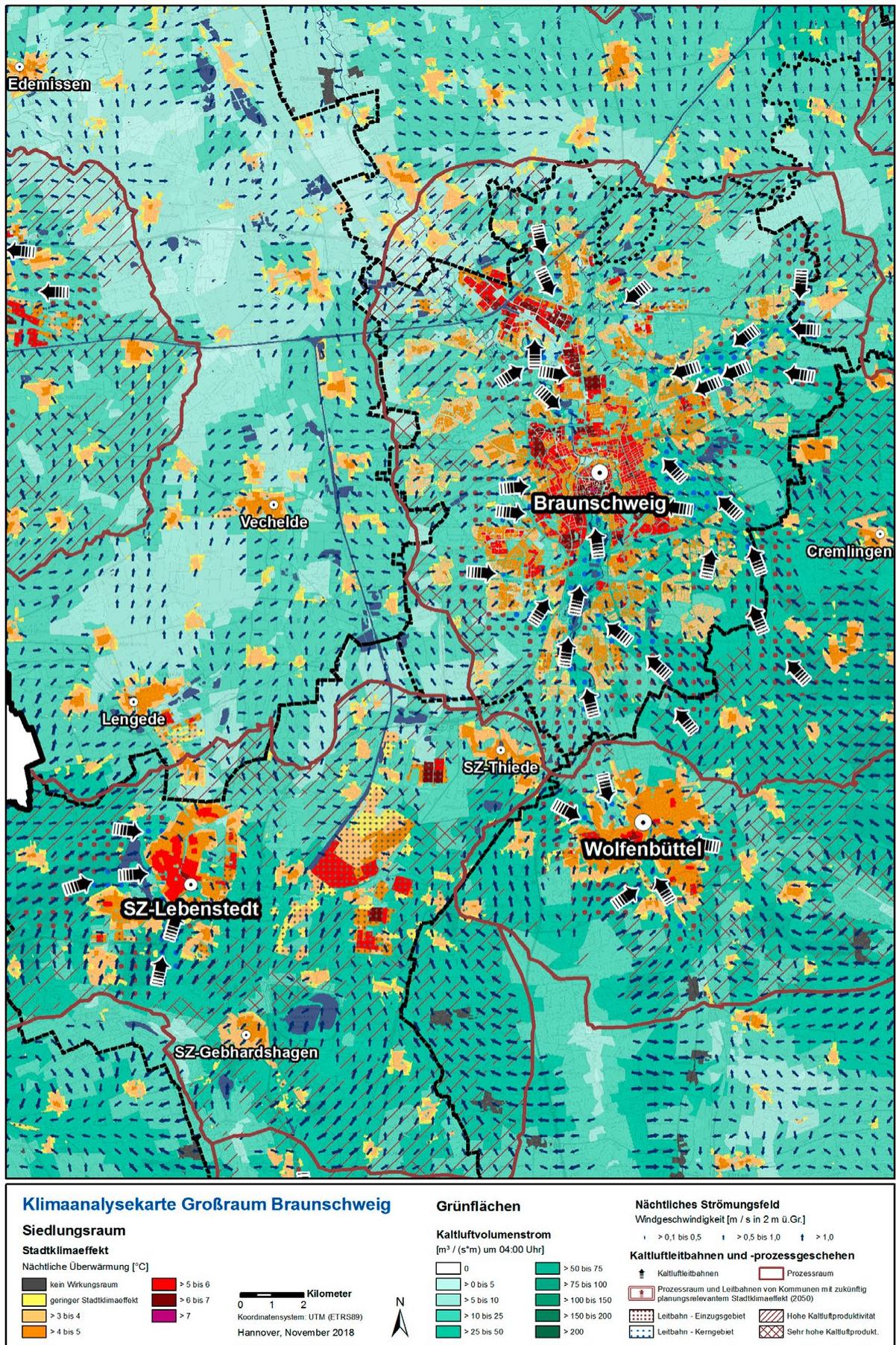


Abb. 36: Ausschnitt aus der Klimaanalysekarte des Großraums Braunschweig – Prozessräume Braunschweig, Wolfenbüttel und Salzgitter-Lebenstedt (verkürzte Legende)

Stadtgebiet Salzgitter-Lebenstedt

Die Siedlungsgebiete im Prozessraum SZ-Lebenstedt weisen zu knapp zwei Dritteln eine nächtliche Überwärmung mittleren Niveaus ($> 3 - 5 \text{ }^\circ\text{C}$) auf. Die zerstreute Siedlungsstruktur sorgt für einen vergleichsweise hohen Anteil gering belasteter Flächen im Stadtgebiet (21 %), dem ca. 15 % Siedlungsflächen mit einer hohen Überwärmung $> 5 \text{ }^\circ\text{C}$ gegenüber stehen, die auf die Stadt Lebenstedt und Gewerbeflächen um Watenstedt beschränkt sind (Tab. 20). Insgesamt ergibt sich im Prozessraum eine durch die Gewerbeflächen bedingte relativ hohe maximale Wärmeinselintensität von $6,3 \text{ }^\circ\text{C}$, während der mittlere Wärmeineleffekt mit $3,8 \text{ }^\circ\text{C}$ auf einem mittleren Niveau unter den Kommunen mit planungsrelevantem Stadtklima liegt.

Durch den Klimawandel intensiviert sich der Stadtklimaeffekt bis Mitte des Jahrhunderts und sorgt für einen um ca. $0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ höheren mittleren Wärmeineleffekt ($4,3 \text{ }^\circ\text{C}$) bzw. um ca. $0,6 \text{ }^\circ\text{C}$ höhere maximale Wärmeinselintensität ($6,9 \text{ }^\circ\text{C}$), d.h. die thermische Belastung im Stadtgebiet steigt weiter an.

Der knapp 220 km^2 große Prozessraum wird im Südwesten durch den Salzgitter-Höhenzug begrenzt (bis über 200 m NHN) und fällt Richtung Nordosten auf ca. 80 m NHN ab – der Kernbereich des größten Stadtteils Lebenstedt liegt am Fuße des Salzgitter Höhenzugs, ist selbst aber vergleichsweise ebenerdig. Vom Höhenzug ausgehend sowie aus den westlich angrenzenden Freiflächen bilden sich zwei Kaltluftleitbahnstrukturen aus, die über die Grünzüge entlang der Fuhse bzw. um den Salzgittersee bis an die Kernstadt heranreichen (Abb. 36). Die Trennung des Stadtkörpers durch diese Grünzüge verhindert ein noch stärkeres Aufheizen der jeweiligen Stadtgebiete.

Stadtgebiet Salzgitter-Bad

Die Siedlungsgebiete im Prozessraum SZ-Bad weisen zu einem Anteil von 75 % eine nächtliche Überwärmung mittleren Niveaus zwischen $3 \text{ }^\circ\text{C}$ und $5 \text{ }^\circ\text{C}$ auf, was zu einem mittleren Wärmeineleffekt von $3,8 \text{ }^\circ\text{C}$ führt (Tab. 21). Die höchsten Werte mit einer maximalen Wärmeinselintensität von $5,9 \text{ }^\circ\text{C}$ sind im Kern der zentralen Stadt Salzgitter-Bad zu finden.

Durch den Klimawandel intensiviert sich der Stadtklimaeffekt bis Mitte des Jahrhunderts und sorgt für einen um ca. $0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ höheren mittleren Wärmeineleffekt ($4,3 \text{ }^\circ\text{C}$) bzw. um ca. $0,6 \text{ }^\circ\text{C}$ höhere maximale Wärmeinselintensität ($6,5 \text{ }^\circ\text{C}$), d.h. die thermische Belastung im Stadtgebiet steigt weiter an.

Der um Salzgitter-Bad liegende Prozessraum fällt mit knapp 80 km^2 relativ klein aus, da die Stadt im Süden und Norden jeweils in den Salzgitter Höhenzug übergeht. Entsprechend sind in und um Salzgitter-Bad Höhenunterschiede vorhanden, die sich lokal auf das Strömungsfeld ausprägen und für (auch aufgrund der vergleichsweise geringen Siedlungsgröße) kleinräumige Kaltluftleitbahnen sorgt – ergänzt um die Kaltluftleitbahn aus den westlich gelegenen Freiflächen (Abb. 37). Über das Innerste-Tal erfolgt eine vom Harz ausgehende großräumige und stärker ausgeprägte, reliefbedingte Kaltluftströmung, die aufgrund des Salzgitter-Höhenzugs jedoch keine Wirksamkeit auf Salzgitter-Bad entfalten kann.

Stadtgebiet Seesen

Seesen weist aufgrund seiner Lage am Rande des Harzes und vergleichsweise geringen Siedlungsgröße im Status quo keinen planungsrelevanten Stadtklimaeffekt auf (mittlerer Wärmeineleffekt = $3,4 \text{ }^\circ\text{C}$, maximale Wärmeinselintensität = $5,5 \text{ }^\circ\text{C}$). Knapp 30 % des Siedlungsgebiets im Prozessraum sind durch eine geringe und die übrigen Siedlungsräume, bis auf wenige Ausnahmen im Zentrum der Stadt, durch eine mittlere nächtliche Überwärmung ($> 3 - 4 \text{ }^\circ\text{C}$) gekennzeichnet (Tab. 22).

Durch den Klimawandel bildet sich in Seesen angesichts eines um ca. $0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ höheren mittleren Wärmeineleffekts (in Zukunft $3,9 \text{ }^\circ\text{C}$) bzw. um ca. $0,7 \text{ }^\circ\text{C}$ höhere maximale Wärmeinselintensität ($6,2 \text{ }^\circ\text{C}$) ein höherer Stadtklimaeffekt aus, der als zukünftig planungsrelevant einzuordnen ist.

Der ca. 110 km^2 große Prozessraum Seesen ist vorwiegend Nord-Süd ausgerichtet und durch den Harz im Osten und den Höhenzug Heber im Westen begrenzt. Die Strömungsdynamik ist reliefbedingt relativ stark ausgeprägt, doch für die Stadt Seesen sind hauptsächlich die aus dem Harz stammenden Ausgleichsströmungen relevant – die zu zwei lokalen Kaltluftleitbahn-Strukturen führen, die vor dem Hintergrund der zunehmenden Belastung durch den Klimawandel eine ausgleichenden Funktion für das Stadtgebiet übernehmen (Abb. 37).

Tab. 20: Flächenanteile des Stadtklimaeffekts im Prozessraum Salzgitter-Lebenstedt sowie Großraum Braunschweig.

	Nächtliche Überwärmung [°C]	Status quo		Zukunftsrechnung	
		SZ-Lebenstedt	Großraum	SZ-Lebenstedt	Großraum
	Kein Wirkungsraum	-	6,4%	-	6,4%
	geringer Stadtklimaeffekt	21,3%	25,8%	12,2%	16,2%
	> 3 bis 4	37,6%	39,1%	29,3%	28,8%
	> 4 bis 5	25,4%	22,0%	33,4%	36,3%
	> 5 bis 6	13,8%	5,1%	20,4%	8,9%
	> 6 bis 7	1,8%	1,5%	4,8%	2,8%
	> 7	-	0,1%	-	0,6%

Tab. 21: Flächenanteile des Stadtklimaeffekts im Prozessraum Salzgitter-Bad sowie Großraum Braunschweig.

	Nächtliche Überwärmung [°C]	Status quo		Zukunftsrechnung	
		SZ-Bad	Großraum	SZ-Bad	Großraum
	Kein Wirkungsraum	-	6,4%	-	6,4%
	geringer Stadtklimaeffekt	16,4%	25,8%	9,3%	16,2%
	> 3 bis 4	37,9%	39,1%	21,2%	28,8%
	> 4 bis 5	37,0%	22,0%	45,5%	36,3%
	> 5 bis 6	8,7%	5,1%	22,2%	8,9%
	> 6 bis 7	-	1,5%	1,8%	2,8%
	> 7	-	0,1%	-	0,6%

Tab. 22: Flächenanteile des Stadtklimaeffekts im Prozessraum Seesen sowie Großraum Braunschweig.

	Nächtliche Überwärmung [°C]	Status quo		Zukunftsrechnung	
		Seesen	Großraum	Seesen	Großraum
	Kein Wirkungsraum	-	6,4%	-	6,4%
	geringer Stadtklimaeffekt	29,3%	25,8%	15,8%	16,2%
	> 3 bis 4	47,9%	39,1%	32,9%	28,8%
	> 4 bis 5	19,4%	22,0%	41,8%	36,3%
	> 5 bis 6	3,4%	5,1%	8,9%	8,9%
	> 6 bis 7	-	1,5%	0,5%	2,8%
	> 7	-	0,1%	-	0,6%

Stadtgebiet Goslar

Goslar weist aufgrund seiner Lage am nördlichen Rand des Harzes im Status quo keinen planungsrelevanten Stadtklimaeffekt auf (mittlerer Wärmeinseleffekt = 3,2°C, maximale Wärmeinselintensität = 5,3°C). Über 30 % des Siedlungsgebiets im Prozessraum sind durch eine geringe und nahezu alle übrigen Siedlungsräume durch eine mittlere nächtliche Überwärmung (> 3 - 4°C) gekennzeichnet (Tab. 23).

Durch den Klimawandel bildet sich in Goslar angesichts eines um ca. 0,6°C höheren mittleren Wärmeinseleffekts (in Zukunft 3,8°C) bzw. um ca. 0,8°C höhere maximale Wärmeinselintensität (6,0°C) ein höherer Stadtklimaeffekt aus, der für die zentrale Stadt Goslar als zukünftig planungsrelevant einzuordnen ist. Im Ortsteil Vienenburg ist ebenfalls ein steigendes Belastungsniveau zu beobachten, das jedoch nicht zu einem planungsrelevanten Stadtklimaeffekt führt.

Der knapp 150 km² große Prozessraum Goslar ist durch den Harz im Süden bestimmt, an den sich die Stadt Goslar direkt anschließt. Der übrige Prozessraum ist mit einigen Erhebungen versehen, jedoch ohne solch große Höhenunterschiede wie im Harz. Lokal ergeben sich aus dem Harz reliefbedingte Ausgleichsströmungen, die zu Kaltluftleitbahn-Strukturen führen, die vor dem Hintergrund der zunehmenden Belastung durch den Klimawandel eine ausgleichenden Funktion für das Stadtgebiet übernehmen (Abb. 37).

Tab. 23: Flächenanteile des Stadtklimaeffekts im Prozessraum Goslar sowie Großraum Braunschweig.

	Nächtliche Überwärmung [°C]	Status quo		Zukunftsrechnung	
		Goslar	Großraum	Goslar	Großraum
	Kein Wirkungsraum	-	6,4%	-	6,4%
	geringer Stadtklimaeffekt	30,8%	25,8%	20,2%	16,2%
	> 3 bis 4	47,9%	39,1%	28,8%	28,8%
	> 4 bis 5	20,9%	22,0%	39,8%	36,3%
	> 5 bis 6	0,3%	5,1%	11,0%	8,9%
	> 6 bis 7	-	1,5%	0,1%	2,8%
	> 7	-	0,1%	-	0,6%

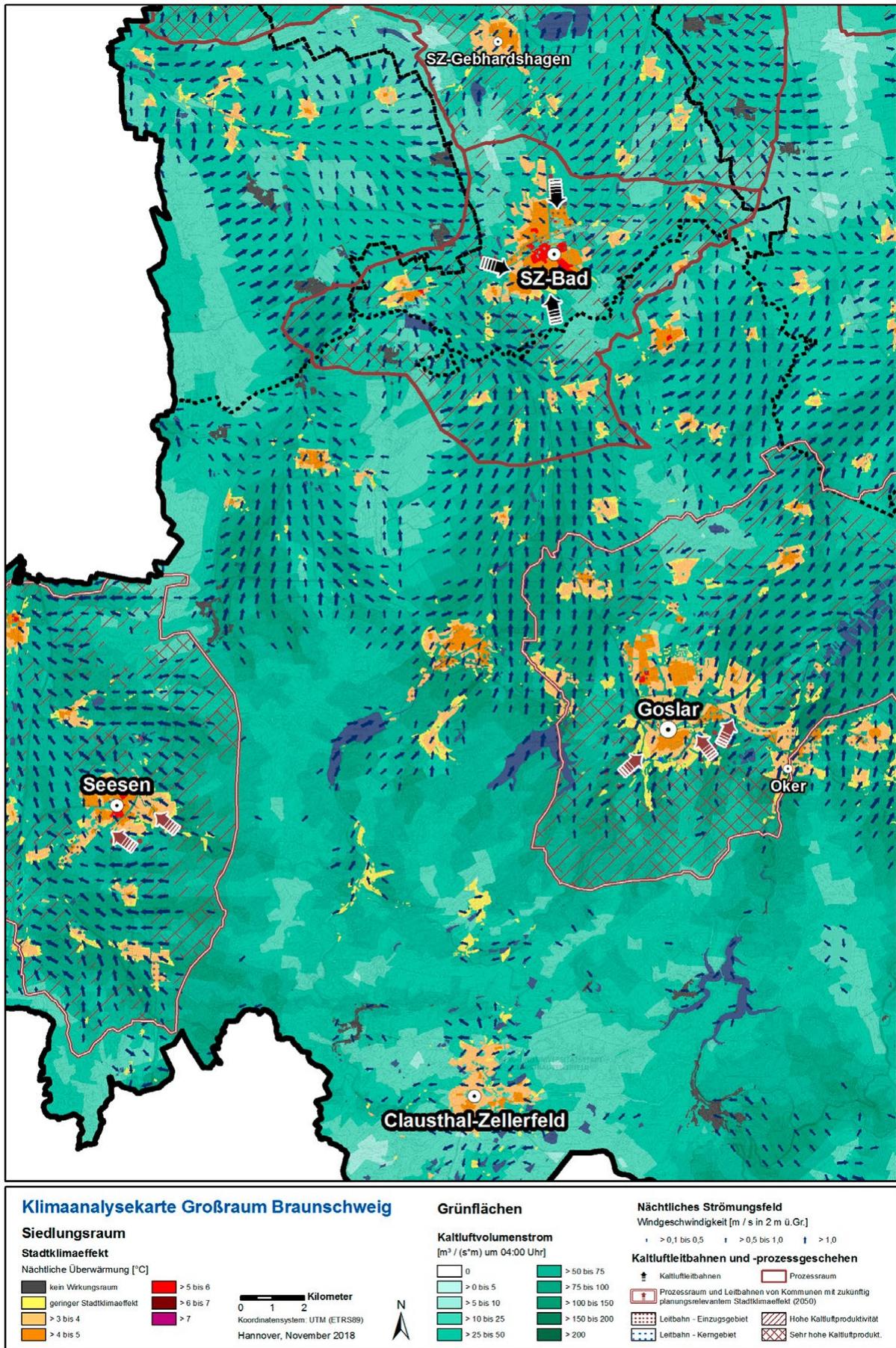


Abb. 37: Ausschnitt aus der Klimaanalysekarte des Großraums Braunschweig – Prozessräume Salzgitter-Bad, Goslar und Seesen (verkürzte Legende)

5 Gesamtstrategie zur Klimaanpassung

Die funktionale und räumliche Betroffenheitsanalyse war der erste Schritt im Klimaanpassungsprozess des Großraums Braunschweig. Auf dieser Grundlage wurde ein Katalog von Schlüsselmaßnahmen zur strategischen Umsetzung von Zielen und Erfordernissen zur Klimaanpassung im Rahmen der Regionalplanung erstellt. Bei den Schlüsselmaßnahmen handelt es sich sowohl um Empfehlungen für die Neuaufstellung des RROP als auch informelle Maßnahmen, die der langfristigen Umsetzung des Klimaanpassungskonzepts dienen sollen.

Zur Verstetigung des Anpassungsprozesses wurde zudem mit dem „KlimaCheck“ ein innovatives Instrument entwickelt, mit dem die Belange von Klimaanpassung (und Klimaschutz) in der Regionalplanung im Großraum Braunschweig etabliert und routinemäßig in den Planungsalltag integriert werden sollen. Auf diese Weise soll sichergestellt werden, dass klimatische Belange künftig im Rahmen von raumrelevanten Nutzungen, Maßnahmen und Planungen mit angemessenem Gewicht betrachtet und berücksichtigt werden.

Um einen dauerhaften Klimaanpassungsprozess zu gewährleisten, muss die Umsetzung des Konzeptes regelmäßig kontrolliert und auf Stärken, Schwächen und Hemmnisse überprüft werden (Controlling-Konzept). Schließlich gilt es, geeignete Wege zu finden, um die Ergebnisse in die (Fach-) Öffentlichkeit zu tragen (Kommunikationsstrategie).

5.1 Schlüsselmaßnahmen

Ausgehend von den 20 prioritären Klimawirkungen wurden im Rahmen des 2. Fachgesprächs erste Ansätze für regionalplanerische Maßnahmen erarbeitet (vgl. Kap. 1.3). Darunter fallen formelle Festsetzungen zu Zielen und Grundsätzen im RROP (Empfehlungen für die Neuaufstellung des RROP) sowie informelle Aktivitäten, wie die Erstellung von Konzepten und Analysen oder die Durchführung von Informationskampagnen (Sonstige, informelle Maßnahmen).

Genau wie bei der Betroffenheitsanalyse steht hinter dem Maßnahmenkatalog der Gedanke der Priorisierung, d.h. es wurden nur solche Maßnahmen ausgewählt, die besonders relevant für den regionalen Anpassungsprozess allgemein und die Neuaufstellung des RROP im speziellen sind, im Einflussbereich des Regionalverbands stehen und für die eine (zeitnahe) Umsetzbarkeit gesehen wird. Entsprechend wurde auch diskutiert, in welchen Bereichen keine Steuerung seitens der Regionalplanung möglich oder gewollt ist.

Die Ergebnisse des 2. Fachgesprächs wurden in Maßnahmen-Steckbriefe überführt, die neben der Beschreibung u.a. auch die zu beteiligenden Akteure adressiert, Schritte zur Umsetzung aufzeigt und Referenzen bzw. Querbezüge angibt. Nach einer kurzen Übersicht des Maßnahmenkatalogs folgen auf den nächsten Seiten die einzelnen Steckbriefe.

5.1.1 Empfehlungen für die Neuaufstellung des RROP

Die in Tab. 24 aufgeführten Schlüsselmaßnahmen sind unter dem Gesichtspunkt der Klimaanpassung als Empfehlungen für die Neuaufstellung des RROP zu verstehen. Die Empfehlungen beziehen sich auf Ziele, Grundsätze und textliche Hinweise im Regionalplan.

5.1.2 Schlüsselmaßnahmen zur Verstetigung

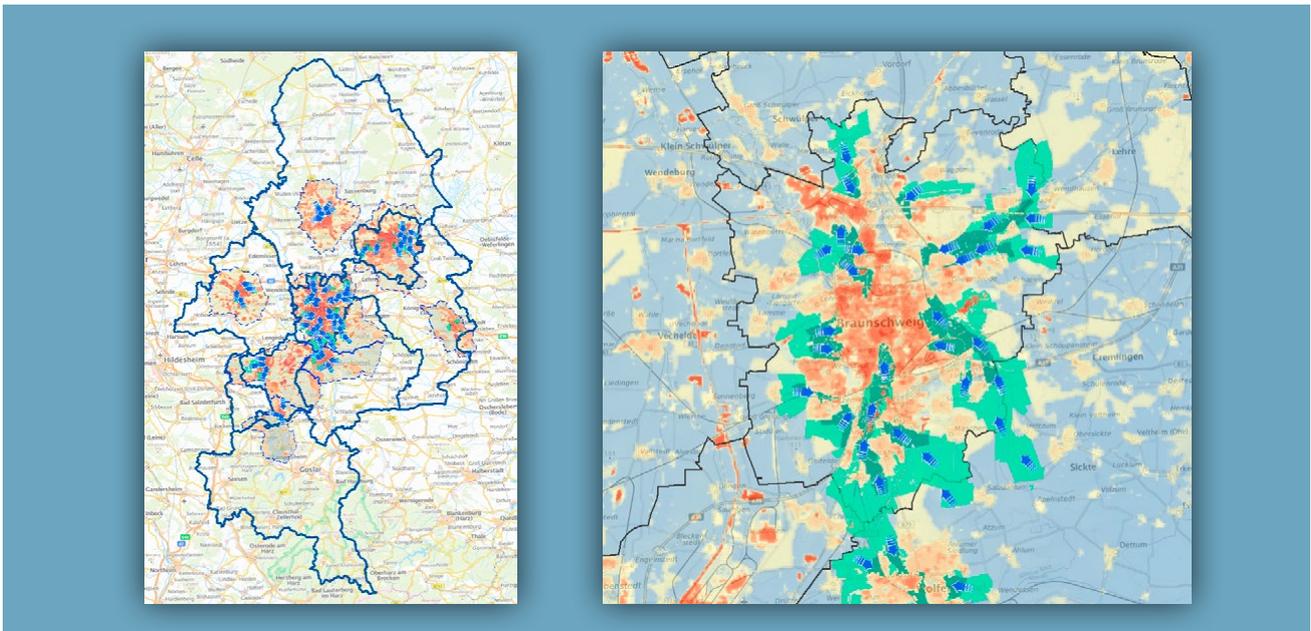
Die folgenden fünf Schlüsselmaßnahmen zielen – zusammen mit der Anwendung des KlimaCheck-Instruments (RROP-G02) – auf die Verstetigung des Klimaanpassungsprozesses ab. Gleichzeitig dienen sie der Kommunikation der Projektergebnisse in die (Fach-)Öffentlichkeit (SO-01 und SO-02) und bereiten mit den in den Steckbriefen genannten Erfolgsindikatoren das Controlling des Klimaanpassungsprozesses vor. Insgesamt tragen sie dazu bei, das Thema Klimaanpassung fest in den Arbeitsalltag des Regionalverbands zu implementieren und relevante Fachverwaltungen zu beteiligen.

Tab. 24: Schlüsselmaßnahmen im Cluster I: Empfehlungen für die Neuaufstellung des RROP.

RROP-Z01	Beachtung von regional bedeutsamen Kalt- und Frischluftleitbahnen im Zuge der Festlegung von „Vorranggebieten Freiraumfunktionen“ auf Basis der regionalen Klimaanalyse
RROP-Z02	Klimawandel in den textlichen und räumlichen Festlegungen zum vorbeugenden Hochwasserschutz berücksichtigen
RROP-Z03	Klimawandelbedingte Gefährdung von Arten/Populationen (z.B. durch Verschiebung von Habitaten) bei den Festlegungen zum regionalen Biotopverbund im RROP adressieren
RROP-G01	Klimaanpassung und prioritäre Klimawirkungen im Leitbild verankern
RROP-G02	Anwendung des KlimaCheck-Instrumentes im RROP 3.0 verankern
RROP-G03	Berücksichtigung allgemein bedeutsamer Kalt- und Frischluftleitbahnen sowie regional bedeutsamer Leitbahnen außerhalb der für eine Zielfestlegung im RROP vorgesehenen Kernbereiche (weiteres Einzugsgebiet)
RROP-G04	Klimawandelbedingte Ertrags- und Qualitätsrisiken in der beschreibenden Darstellung als Grundsätze mit Bezug zur Landwirtschaft adressieren
RROP-TH01	Verwendung der Betroffenheitsanalyse im Rahmen der RROP Neuaufstellung und anderer Zusammenhänge

Tab. 25: Schlüsselmaßnahmen im Cluster II: Sonstige, informelle Maßnahmen.

SO-01	Regionalen Klimadialog etablieren
SO-02	Informationen zum Regionalen Klimawandel bereitstellen
SO-03	Klimafachliche Grundlagen fortlaufend erweitern und aktualisieren
SO-04	Klimafolgenanpassung bei der Erstellung von regionalen Planungen, Konzepten und Gutachten berücksichtigen
SO-05	Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen schulen



MASSNAHME RROP-Z01

Beachtung von regional bedeutsamen Kalt- und Frischluftleitbahnen im Zuge der Festlegung von „Vorranggebieten Freiraumfunktionen“ auf Basis der regionalen Klimaanalyse

Ziel- und Maßnahmenbeschreibung

Bereits heute bestehen im Bereich urbaner Verdichtungs-räume erhebliche Belastungen der Bevölkerung durch insbesondere nächtliche Überwärmung. Der Klimawandel wird überdies in den Sommermonaten zu einer weiter zunehmenden Wärmebelastung (Verschlechterung des thermischen Komforts) im gesamten Großraum Braunschweig führen, sodass es einerseits zu einer Verschärfung der schon bestehenden Belastungssituationen und andererseits zur Entstehung neuer, zusätzlicher im regionalen Maßstab relevanter Belastungsräume kommen wird.

Diese Entwicklung verschlechtert die Lebensqualität sowie die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der regionalen Bevölkerung. In bereits heute von Überwärmung betroffenen Räumen soll daher eine Verbesserung der Situation eingeleitet oder zumindest eine weitere Belastungszunahme verhindert werden.

Weiterhin sollen die Entstehung neuer Belastungsräume minimiert und nicht zuletzt auch die bereits heute entlastend auf gefährdete Siedlungsbereiche wirkenden Prozesse effektiv gesichert werden. Hierzu soll das natürliche Prozessgeschehen des Kalt- und Frischlufttransportes in die betroffenen Belastungsräume durch entsprechende Festlegungen in der Neuaufstellung des RROP für den Großraum Braunschweig gesichert und ggf. entwickelt werden.

Als analytische Basis wurde im Rahmen von REKLIBS die Regionale Analyse dieses Prozessgeschehens autochthoner Austauschbeziehungen dem Stand der Technik entsprechend unter Verwendung eines numerischen mesoskaligen Klimamodells aktualisiert.

Im Ergebnis wurden für zehn (im regionalen Maßstab erheblich wärmebelastete¹⁵) Kommunen regional bedeutsame Kaltluftleitbahnen inkl. ihrer flächenhaften Kern- und Einzugsgebiete identifiziert. Insbesondere die Kernbereiche dieser regional bedeutsamen Leitbahnen sind aufgrund ihrer räumlich differenzierten und flächenscharfen Abgrenzung sowie ihrer Überörtlichkeit geeignet, eine raumordnerische Zielfestlegung zu begründen.

Da die beschriebenen klimatischen Funktionen einen offensichtlichen engen Bezug zu Siedlungsflächen aufweisen und damit häufig innerhalb von Teilräumen liegen, die

15) Aus REKLIBS liegen zudem umfassende Daten zu auf der kommunalen Maßstabsebene relevanten Belastungssituationen und Ausgleichsströmungen vor, auf deren Grundlage auch über die Sicherung regional bedeutsamer Funktionen hinausgehende Festlegungen bzw. Entscheidungen im Zuge nachgeordneter kommunaler Planungen getroffen werden können.

verschiedene weitere bedeutende Freiraumfunktionen für benachbarte Siedlungsräume erfüllen, bietet sich die Beachtung der regional bedeutsamen Kalt- und Frischluftleitbahnen als weitere Begründungsebene für das multifunktionale Planzeichen „Vorranggebiet (VR) Freiraumfunktionen“ an.

Sofern in der Gesamtabwägung mit weiteren Raumanprüchen (bspw. zur Siedlungsentwicklung) als vorrangig zu betrachten, sollen die Kernbereiche der regional bedeutsamen Leitbahnen damit als Bestandteile des „VR Freiraumfunktionen“ vor entgegenstehenden Raumnutzungen wirkungsvoll geschützt werden.

Die konkrete Umsetzung der in REKLIBS identifizierten Klimafunktionen bei der Festlegung des „VR Freiraumfunktionen“ für die Neuaufstellung des RROP für den Großraum Braunschweig muss im Rahmen des FREK erfolgen, welches entsprechende Vorschläge für Zielfestlegungen unterbreitet.

Für nachstehende Siedlungsräume wurden regional bedeutsame Kalt- und Frischluftleitbahnen identifiziert, deren Kernbereiche aus klimaökologischer Sicht zwingend von entgegenlaufenden Nutzungen und Eingriffen freizuhalten sind. Für in verdichtete Siedlungsbereiche hineinreichende großräumige Leitbahnen ist zur Funktionserhaltung des Kernbereichs mindestens eine erforderliche Breite von etwa 50 - 100 m anzunehmen.

- | | |
|--------------------------|-------------------|
| ▪ Braunschweig* | ▪ Gifhorn* |
| ▪ Goslar** | ▪ Helmstedt* |
| ▪ Peine* | ▪ Salzgitter-Bad* |
| ▪ Salzgitter-Lebenstedt* | ▪ Seesen** |
| ▪ Wolfsburg* | ▪ Wolfenbüttel* |

* Kommunen mit bereits heute schon planungsrelevantem Stadtklimaeffekt

** Kommunen für die sich erst durch den zukünftigen Klimawandel ein planungsrelevanter Stadtklimaeffekt ergibt

Federführung / Koordinierung der Maßnahme

Regionalverband Großraum Braunschweig, Abteilung Regionalentwicklung, Sachgebiet Regional- und Freiraumplanung

Zu beteiligende Akteure

Im Rahmen der Neuaufstellung des RROP und zur Abstimmung der Festlegung des VR Freiraumfunktionen sollen insbesondere die betroffenen Kommunen und andere Träger öffentlicher Belange beteiligt werden.

Von der Maßnahme angesprochene prioritäre Klimawirkung(en)

Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit: Vermindertes Wohlbefinden sowie vermehrte Erkrankungen und Mortalitäten insbesondere durch nächtliche Hitzebelastungen. Verminderte Leistungsfähigkeit von Arbeitskräften und Beschäftigten durch thermische Belastungen im Sommer (vornehmlich tagsüber).

Vorschlag für Textbausteine zur textlichen Festlegung im RROP

Siedlungsbezogene Freiräume mit besonderen ökonomischen, ökologischen oder sozialen Funktionen sind zu sichern und zu entwickeln. Dies gilt insbesondere für Bereiche mit zentralen klimaökologischen Funktionen sowie für die ortsübergreifende Gliederung des Siedlungsraums und zur wohnungs- und siedlungsnahen Erholungsnutzung. Sie sind Bestandteile der in Karte XX dargestellten regional bedeutsamen Kalt- und Frischluftleitbahnen. In der Zeichnerischen Darstellung zum RROP sind sie als „Vorranggebiet Freiraumfunktionen“ festgelegt. In dem „Vorranggebiet Freiraumfunktionen“ sind bauliche Anlagen im Sinne einer Besiedlung und andere den jeweils relevanten Funktionszuweisungen entgegenlaufende raumrelevante Nutzungen nicht zulässig. Raumbedeutsame Planungen und Maßnahmen müssen mit den vorrangigen Freiraumfunktionen vereinbar sein.

Referenzen/Quellen

In Folgenden Regional Raumordnungsprogrammen wurden vergleichbare Festsetzungen getroffen:

- RP Mittelhessen 2010: 6.1.3.-1 (G) (K)
- RP Leipzig-West Sachsen 2017 (Entwurf): Z 4.1.4.1
- RP Oberes Elbtal-Osterzgebirge 2009: 7.5.1 (Z)

Querbezug zu anderen Maßnahmen

Mit der Maßnahme können die als regional bedeutsam identifizierten Kalt- und Frischluftleitbahnen raumordnerisch gesichert werden. Diese bilden jedoch – aufgrund der Voraussetzung einer Überörtlichkeit – lediglich eine kleine Teilmenge des gesamten in der Region wirksamen klimaökologischen Prozessgeschehens ab. Insbesondere existieren zahlreiche Leitbahnen, die aus klimaökologischer Sicht auf der kommunalen Planungsebene beachtet werden sollen. Für diese Funktionen werden in den Maßnahmen RROP-G03 („Berücksichtigung bedeutsamer Leitbahnen außerhalb der für eine Zielfestlegung im RROP vorgesehenen Kernbereiche“) und SO-04 („Klimafolgenanpassung bei regionalen Planungen berücksichtigen“) Empfehlungen gegeben.

Erfolgsindikatoren

Festlegung des VR Freiraumfunktionen im RROP, Abdeckungsgrad der Kernbereiche regional bedeutsamer Leitbahnen durch das VR Freiraumfunktionen (*Überlagerung der Geodaten im GIS*)

Zeitraum der Durchführung

Im Rahmen des RROP Aufstellungsprozesses

Sonstige Bemerkungen / Hinweise

Für die Ableitung von regional bedeutsamen Leitbahnen existieren keine normativen Grenzwerte. Die räumliche Abgrenzung erfolgt gutachterlich nach dem Stand der Technik. Das konkrete Vorgehen kann dem REKLIBS-Bericht entnommen werden.



MASSNAHME RROP-Z02

Klimawandel in den textlichen und räumlichen Festlegungen zum vorbeugenden Hochwasserschutz berücksichtigen

Ziel- und Maßnahmenbeschreibung

Nicht zuletzt die brisante Hochwasserlage des Juli 2017, welche die Region Braunschweig besonders stark heimsuchte, hat verdeutlicht, dass im Zuge der Anpassung an die Folgen des Klimawandels auch ein Umsteuern im Bereich des vorbeugenden Hochwasserschutzes erforderlich ist. Dies geht unter anderem auch aus der EU-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie sowie der EG-Wasserrahmenrichtlinie hervor, welche explizit eine Berücksichtigung der Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz fordern. Der mögliche Einfluss des Klimawandels auf Häufigkeit und Ausmaß von Hochwässern in Niedersachsen wurde im Rahmen des vom NLWKN koordinierten Forschungsprojekts „Globaler Klimawandel – Wasserwirtschaftliche Folgenabschätzung für das Binnenland“ (KliBiW) detailliert untersucht. Das KliBiW-Projekt kommt hierbei zu dem Ergebnis, dass Scheitelabflüsse von Hochwasserereignissen in Niedersachsen insbesondere in der fernen Zukunft deutlich steigen werden. Eine Zunahme der Abflussmengen ist jedoch auch bereits in der nahen und mittleren Zukunft zu erwarten. Aus dem

Projekt heraus wird daher empfohlen, für Niedersachsen von einem gegenüber der Vergangenheit um 15 % erhöhten Scheitelabfluss auszugehen. Eine klimawandelgerechte, vorsorgende Regionalplanung sollte diesen Beiwert berücksichtigen. Hierfür stehen mit den Vorrang- und Vorbehaltsgebieten Hochwasserschutz geeignete Planzeichen zur Verfügung. Die Maßnahme setzt sich aus zwei Teilmaßnahmen zusammen. In **Teil 1** werden die erforderlichen fachlichen Grundlagen für einen zukunftsgerichteten Hochwasserschutz im Großraum Braunschweig erarbeitet. Um den Anforderungen an die Bestimmtheit – insbesondere eines Vorranggebietes – gerecht zu werden, ist auf Basis der angenommenen Abflusszunahme von 15 % eine gewässerspezifische hydrologische Modellierung der bei Hochwasserereignissen mit mittlerer (HQ_{100}) sowie geringerer (HQ_{200}) Wahrscheinlichkeit resultierenden, konkreten überschwemmten Flächen erforderlich. Diese Teil-Maßnahme wird bereits parallel zum REKLIBS-Prozess vorkonstruiert und auf Umsetzbarkeit bereits im anstehenden Neuaufstellungsprozess hin geprüft.

Teil 2 der Maßnahme beinhaltet – sofern aus Teil 1 ein entsprechendes Erfordernis erkennbar wird – die Umsetzung der Modellierungsergebnisse in das neu aufzustellende RROP für den Großraum Braunschweig. Aus Sicht der Klimaanpassung ist in diesem Zusammenhang eine weitgehende Sicherung der hochwassergefährdeten Flächen vor entgegenstehenden Raumnutzungen sowie gleichzeitig eine umfassende Vermeidung von zukünftigen Schadensfällen wünschenswert. Somit sollten die resultierenden Überschwemmungsgebiete – über die Vorgaben des Landesraumordnungsprogrammes hinausgehend – als Vor-

ranggebiete Hochwasserschutz im künftigen Regionalplan festgelegt werden. Darüber hinaus sollten wie im LROP gefordert, die Hochwasserereignisse geringer Eintrittswahrscheinlichkeit (HQ_{200}) ergänzend für die Abgrenzung von Vorbehaltsgebieten Hochwasserschutz herangezogen werden.

Federführung / Koordinierung der Maßnahme

Regionalverband Großraum Braunschweig, Abteilung Regionalentwicklung, Sachgebiet Freiraumentwicklung

Zu beteiligende Akteure

- NLWKN, Betriebsstelle Hannover-Hildesheim.

Im Rahmen der Neuaufstellung des RROP im Allgemeinen und zur Abstimmung der Festlegung des VR Freiraumfunktionen im Speziellen sind die im Raum tätigen Träger öffentlicher Belange, insbesondere die von Festlegungen betroffenen Kommunen, zu beteiligen.

Von der Maßnahme angesprochene prioritäre Klimawirkung(en)

- Abfluss von Oberflächengewässern – Flusshochwasser
- Schäden an Gebäuden und Infrastruktur durch Flusshochwasser und Sturzfluten.
- Schäden durch Extremereignisse an Betriebsanlagen und Logistik sowie Freisetzung von gefährlichen Stoffen.
- Verkehrsinfrastruktur – Schäden durch Böschungsbrände, Hitze-/ Frostschäden, Überschwemmung und Unterspülung, Bodenrutschungen, Baumwurf.
- Unfallfolgen (z.T. tödliche Verletzungen aufgrund von Extremereignissen wie Hochwasser, Hitzewellen, Waldbrände).
- Schäden an Infrastrukturen (z.B. Leitungsnetze, Kraftwerke und Erzeugungsanlagen).

Vorschlag für Textbausteine zur textlichen Festlegung im RROP

Bereits förmlich festgesetzte Überschwemmungsgebiete sowie die auf der Grundlage eines hundertjährigen Bemessungshochwassers unter Beachtung der Auswirkungen des Klimawandels für den Freiraum ermittelten Überschwemmungsbereiche, die nach § 92 a NWG der Festsetzung als Überschwemmungsgebiet bedürfen, sind in der Zeichnerischen Darstellung als „Vorranggebiet

Hochwasserschutz“ festgelegt. Alle raumbedeutsamen Planungen und Maßnahmen müssen mit der vorrangigen Zweckbestimmung vereinbar sein.

Referenzen/Quellen

- Globaler Klimawandel – wasserwirtschaftliche Folgenabschätzung für das Binnenland. NLWKN (Hrsg.) 2017.
- RP Leipzig-West Sachsen 2017 (Entwurf): Z 4.1.2.22
- WHG/NWG
- EU-HWMRL (Richtlinie 2007/60/EG)

Querbezug zu anderen Maßnahmen

Mit der Maßnahme können die Überschwemmungsbereiche von Fließgewässern vor Bebauung und anderen abflusshemmenden Nutzungen freigehalten werden. Die Fließgewässer im Großraum Braunschweig stellen zu meist gleichzeitig wichtige Achsen im regionalen Biotopverbund dar (vgl. Abschnitt Biotopverbund im regionalen Freiraumentwicklungskonzept – FREK), welche im Zuge des Hochwasserschutzes ebenfalls vor i.d.R. beeinträchtigenden Nutzungen geschützt werden. Insoweit ergeben sich Synergieeffekte zu Maßnahme RROP-Z03 („Klimawandelbedingte Gefährdung von Arten/Populationen im RROP adressieren“).

Erfolgsindikatoren

Durchführung einer regionalen hydrologischen Modellierung unter Einbezug der Effekte des Klimawandels.

Festlegung des VR Hochwasserschutz auf der Grundlage einer Annahme von zukünftig 15 % höheren Abflussmengen im RROP.

Festlegung des VB Hochwasserschutz auf Grundlage der Überschwemmungsgebiete eines seltenen Hochwasserereignisses (HQ_{200}) im RROP.

Zeitraum der Durchführung

Im Rahmen des RROP Aufstellungsprozesses.

Alternativ: Losgelöst vom Aufstellungsprozess im Zuge einer künftigen Änderung.

Sonstige Bemerkungen / Hinweise

Sofern eine Berücksichtigung des Klimawandels für die Festlegung des VR Hochwasserschutz nicht möglich ist, so ist dieser im Mindesten hinsichtlich der räumlichen Abgrenzung des VB Hochwasserschutz zwingend einzubeziehen.



MASSNAHME RROP-Z03

Klimawandelbedingte Gefährdung von Arten/Populationen (z.B. durch Verschiebung von Habitaten) bei den Festlegungen zum regionalen Biotopverbund im RROP adressieren

Ziel- und Maßnahmenbeschreibung

Der Klimawandel beeinflusst die Tier- und Pflanzenwelt. Zentrale wissenschaftliche Grundlagen liefert u.a. der 5. IPCC-Assessment Report¹⁶. Dieser stellt fest, dass bereits zahlreiche terrestrische und aquatische Lebensgemeinschaften infolge der globalen Erwärmung ihre Verbreitungsgebiete verlagert und ihr Wanderverhalten verändert haben. In einer vom Howard Hughes Medical Institute geförderten und in der renommierten Wissenschaftszeitung „Science“ veröffentlichten Metastudie¹⁷ konnte zum Beispiel nachgewiesen werden, dass sich die Verbreitungsgebiete zahlreicher Pflanzen- und Tierarten pro Jahrzehnt durchschnittlich um etwa 17 Kilometer in Richtung der Pole verschieben. Diese Entwicklungen sind auch in Deutschland zu beobachten. Relevant sind hier

16) Fünfter Sachstandsbericht des International Panels on Climate Change (IPCC – „Weltklimarat“). Arbeitsgruppe II „Folgen, Anpassung und Verwundbarkeit“ (AR5 WG II SPM). 2013–2014.

17) Chen IC, Hill JK, Ohlemüller R, Roy DB, Thomas CD. Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming. Science 2011; 333:1024

im Einzelnen die folgenden bereits stattfindenden sowie absehbaren Veränderungen:

- Voranschreitende polwärtige Verschiebung von Verbreitungsgebieten
- Ausbreitung heimischer und nicht-heimischer wärme-liebender Arten in Deutschland
- Rückgang von kältebedürftigen Arten
- Veränderung der zeitlichen Abfolge von Lebensstadien (Paarungszeit, Eiablage etc.) zahlreicher Tierarten, was sich auch negativ auf Nahrungsketten auswirken kann.

Aufgrund der zahlreichen Wechselwirkungen innerhalb der Biosphäre und insbesondere der komplexen zwischenartlichen Beziehungen, welche durch den Klimawandel beeinflusst werden, sind die tatsächlich zu erwartenden negativen Auswirkungen des Klimawandels auf Tier- und Pflanzenarten jedoch kaum verlässlich prognostizierbar. Es gilt jedoch als gesichertes Erkenntnis, dass insbesondere zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels die räumliche Verschiebung von Habitaten und Lebensräumen sensibler Arten – also Wanderungsprozesse auf verschiedenen räumlichen Maßstabsebenen – ermöglicht und erleichtert werden muss. Das Bundesamt für Naturschutz fordert in diesem Zusammenhang die Entfernung von Ausbreitungsbarrieren und eine verbesserte Vernetzung von Habitaten (BfN 2010).

Somit stellt die Anpassung von Tieren und Pflanzen an die Folgen des Klimawandels einen wichtigen Baustein der Begründung sowie ein zentrales Ziel eines wirkungsvollen und klimagerechten Biotopverbundes dar. Als Träger der

Regionalplanung besitzt der Regionalverband Großraum Braunschweig aus dem Landesraumordnungsprogramm (LROP 2017) heraus den Auftrag, ein regionales Biotopverbundkonzept zu erstellen und Kerngebiete des Biotopverbunds sowie vernetzende Korridore zu sichern. Im Rahmen der konzeptionellen, fachlichen Erarbeitung und der späteren Umsetzung eines solchen regionalen Verbundsystems müssen die absehbaren Folgen des Klimawandels auf Habitatsignung und Wanderverhalten der regionalen Zielarten mitberücksichtigt werden. Insbesondere betrifft dies auch die Dimensionierung, räumliche Ansiedlung und Begründung einzelner flächenscharfer Festlegungen zum Biotopverbund im künftigen RROP.

Federführung/Koordinierung der Maßnahme

Regionalverband Großraum Braunschweig, Abteilung Regionalentwicklung - Sachgebiet Freiraumentwicklung

Zu beteiligende Akteure

- Schnittstelle zum parallellaufenden Freiraumentwicklungskonzept (FREK)
- Naturschutzbehörden der Verbandsglieder

Im Rahmen der Neuaufstellung des RROP im Allgemeinen und zur Abstimmung der Festlegung des VR Freiraumfunktionen im Speziellen sind die im Raum tätigen Träger öffentlicher Belange, insbesondere die von Festlegungen betroffenen Kommunen, zu beteiligen.

Von der Maßnahme angesprochene prioritäre Klimawirkung(en)

Gefährdung von Arten/Populationen bzw. Verschiebung von Biotopen und Habitaten

Vorschlag für Textbausteine zur textlichen Festlegung im RROP

Der regionale Biotopverbund soll auch der Erhöhung der Anpassungsfähigkeit von Arten an klimatische Veränderungen dienen. Die Bestandteile des regionalen Biotopverbundkonzepts sollen durch geeignete Festlegungen raumordnerisch gesichert werden (z.B. durch Zusammenwirken von *VR Biotopverbund*, *VR/VB Natur und Landschaft*, *VR Natura 2000*, *VB zur Verbesserung des Landschaftshaushaltes*). Bei raumbedeutsamen Planungen und Maßnahmen soll den Schutz- und Entwicklungserfordernissen des Biotopverbundes angemessen Rechnung getragen und Beeinträchtigungen von Kerngebieten und Wanderkorridoren

heimischer Tier- und Pflanzenarten vermieden werden. Gleichmaßen soll die Landnutzung den Zielen des regionalen und übergeordneten Biotopverbundes Rechnung tragen.

Referenzen/Quellen

- 5. IPCC-Assessment Report (IPCC 2014)
- LROP 2017: Z 3.1.2 02-04
- Rapid Range Shifts of Species Associated with High Levels of Climate Warming (I-Ching Chen et al. 2011)
- Bedeutung des Klimawandels für Fauna und Flora in Deutschland und Nordeuropa (WWF 2014)

Querbezug zu anderen Maßnahmen

Es besteht ein Querbezug zu Maßnahme RROP-G01 („Klimaanpassung im Leitbild verankern“). Ein leistungsstarker regionaler Biotopverbund erleichtert die Anpassung von Tier- und Pflanzenarten an den Klimawandel und sollte Bestandteil des übergeordneten Leitbildes für einen klimagerechten Regionalplan sein.

Erfolgsindikatoren

- Beachtung des Belanges „Klimaanpassung“ in die zeichnerischen und textlichen Festlegungen des RROP zum regionalen Biotopverbund.
- Berücksichtigung und Adressierung des Klimawandels im Rahmen der Konzeptionierung und Begründung des regionalen Biotopverbundes im Freiraumentwicklungskonzept (FREK) für den Großraum Braunschweig.

Zeitraum der Durchführung

- Im Rahmen des RROP Aufstellungsprozesses.
- Beginn bereits im FREK-Prozess.

Sonstige Bemerkungen / Hinweise

Keine



MASSNAHME RROP-G01

Klimaanpassung und prioritäre Klimawirkungen im Leitbild verankern

Ziel- und Maßnahmenbeschreibung

Der Klimawandel und seine Folgen beeinflussen, beeinträchtigen oder gefährden bestehende Raumnutzungen. Daher kommen der Raumordnung und auch der Regionalplanung aufgrund ihrer Querschnittsorientierung eine besondere Bedeutung für die Klimaanpassung zu (vgl. BMVI 2017). So benennt nicht zuletzt auch die Ministerkonferenz für Raumordnung (MKRO) die Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels als ein wichtiges Aufgabenfeld der Raumordnung mit zunehmender Bedeutung. Die Berücksichtigung klimatischer Fragestellungen ist auch unter der Prämisse der u. a. in § 1 Abs. 2 ROG verankerten nachhaltigen Raumentwicklung aus fachgutachterlicher Sicht als erforderlich anzusehen. Die räumlichen Erfordernisse des Klimas zum Gegenstand raumordnerischer Festlegungen zu machen, hat der Gesetzgeber mit der Neufassung des § 2 Abs. 2 Nr.6 ROG ausdrücklich legitimiert.

Für die (regionale) Klimaanpassung relevant können sowohl Sicherungs-, Ordnungs- als auch Entwicklungsfunktionen sein. So sollte aus fachlicher Sicht eine klimaangepasste Regionalplanung überörtlich für die Anpassung an die Folgen des Klimawandels bedeutsame Bereiche samt ihren Funktionen langfristig sichern. Gleichmaßen erforderlich

ist es auch Maßnahmen und Entwicklungen einzuleiten, welche die bereits bestehenden wie zukünftigen klimabedingten Gefahren verringern.

Insbesondere auch in Ermangelung einer klimaspezifischen Fachplanung muss die Regionalplanung aus Sicht der Klimawissenschaft ihr Handeln in Zukunft noch konsequenter auf energieeffiziente und risikovermeidende Siedlungsstrukturen ausrichten und überdies einen Beitrag zur vorsorglichen Sicherung räumlicher Handlungsspielräume für zukünftige Anpassungsmaßnahmen leisten. Der Regionalplanung kommt hierbei eine zentrale koordinierende und rahmensetzende Funktion zu (siehe Grafik).



Mit dem Ziel, die Belange des Klimaschutzes und der Klimaanpassung frühzeitig in die Neuaufstellung des RROP für den Großraum Braunschweig einzubinden, sollen die maßgeblichen und übergeordneten Ziele sowie die für die Region als prioritär erkannten Klimawirkungen in möglichst konkreter Art und Weise in das Leitbild zur weiteren Entwicklung des Großraumes Braunschweig integriert werden. Aus diesem Leitbild sollen die spezifischen Maßnahmen zur konkreten Umsetzung des Leitbildes in Form

von textlichen und ggf. zeichnerischen Festlegungen im RROP abzuleiten sein. Folgende prioritäre Wirkungen sollen gemäß den Ergebnissen des REKLIBS-Prozesses direkt oder indirekt (bspw. durch Bezug auf übergeordnete Wirkungen oder Wirkgruppen) im Leitbild adressiert werden:

- **Menschliche Gesundheit:** Verringerte Umweltqualität in Städten – Stadtklima und Luftqualität; verminderte Leistungsfähigkeit sowie vermehrte Erkrankungen und Mortalitäten durch Hitzebelastungen; gesundheitliche Auswirkungen von aerogenen Stoffen (u.a. allergische Reaktionen auf Pflanzen und Tiere); vermehrtes Auftreten von vektorübertragenen Krankheiten; Unfallfolgen (z.T. tödliche Verletzungen aufgrund von Extremereignissen wie Hochwasser, Hitzewellen, Waldbrände)
- **Bauwesen, Industrie & Gewerbe, Infrastruktur:** Schäden an Gebäuden und Infrastruktur durch Flusshochwasser und Sturzfluten; Schäden durch Extremereignisse an Betriebsanlagen und Logistik sowie Freisetzung von gefährlichen Stoffen; Verkehrsinfrastruktur – Schäden durch Böschungsbrände, Hitze-/Frostschäden, Überschwemmung und Unterspülung, Bodenrutschungen, Baumwurf, geringerer Heizbedarf, höherer/neuer Kühlbedarf von Gebäuden, Leistungsfähigkeit von Arbeitskräften und Beschäftigten; Schäden an Infrastrukturen (z.B. Leitungsnetze, Kraftwerke und Erzeugungsanlagen)
- **Erholung und Tourismus:** Beeinträchtigung/Wegfall touristischer Angebote bzw. saisonale/segmentale Nachfrageverschiebung; Überfrequentierung von Naherholungsgebieten; Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktion der Wälder
- **Boden, Wasser und Land-/Forstwirtschaft:** Abfluss von Oberflächengewässern – Flusshochwasser/Sturzfluten; schwankender Grundwasserstand; physikalisch-chemischer Gewässerzustand; Talsperrenbewirtschaftung; Bodenerosion durch Wind und Wasser bzw. Hangrutschung; Verschiebung agrophänologischer Phasen und Wachstumsperioden; Ertrag und Qualität der Ernteprodukte; Vitalität der Wälder und Forste – Schadorganismen, Hitze- und Trockenstress, Windwurf, Waldbrandrisiko
- **Klimaschutz:** Energieumwandlung und Verfügbarkeit von den Primärenergieträgern Solar, Wind und Biomasse, Energiebedarf für Heizen (weniger) und Kühlen (mehr)

Federführung/Koordinierung der Maßnahme

- Regionalverband Großraum Braunschweig, Abteilung Regionalentwicklung, Sachgebiet Freiraumentwicklung
- Regionalverband Großraum Braunschweig, Masterplan-Management

Zu beteiligende Akteure

- Schnittstelle zum parallellaufenden Freiraumentwicklungskonzept (FREK)

Im Rahmen der Neuaufstellung des RROP im Allgemeinen und zur Abstimmung der Festlegung des VR Freiraumfunktionen im Speziellen sind die im Raum tätigen Träger öffentlicher Belange, insbesondere die von Festlegungen betroffenen Kommunen, zu beteiligen.

Von der Maßnahme angesprochene prioritäre Klimawirkung(en)

Alle im Rahmen der Vulnerabilitätsanalyse von REKLIBS als regional bedeutsam identifizierten Klimawirkungen.

Vorschlag für Textbausteine zur textlichen Festlegung im RROP mögliche Bausteine für das Leitbild

Der Klimawandel stellt eine der großen gesamtgesellschaftlichen Herausforderungen für unser Land dar. Die Auswirkungen des Klimawandels betreffen zahlreiche Kompartimente der natürlichen Umwelt, der Landnutzung und der menschlichen Gesundheit. Dies erfordert eine zunehmende strategische und integrative Berücksichtigung des Klimawandels zur nachhaltigen Weiterentwicklung und Stärkung des Großraumes Braunschweig. Insbesondere werden Siedlungs- und Verkehrsentwicklung derart aufeinander abgestimmt, dass sie durch Verbesserung der Erreichbarkeit von Arbeitsstätten und Versorgungseinrichtungen mit öffentlichen Verkehrsmitteln und kurze Wege zum Klimaschutz beitragen. Des Weiteren sollen die Themen Klimaschutz und Klimaanpassung als Querschnittsthemen im Rahmen von Planungs- und Abwägungsentscheidungen konsequent u.a. durch Anwendung des eigens für den Großraum entwickelten KlimaCheck-Instruments Berücksichtigung finden.

Zur Sicherung der ökonomischen Leistungsfähigkeit, des Naturhaushaltes sowie zur Profilierung des Großraumes Braunschweig als nachhaltige Klimaschutzregion bis 2050 soll eine Reduktion der Treibhausgasemissionen gegenüber dem Jahr 1990 um 95 % und die Halbierung des En-

den Energieverbrauchs bis 2050 erfolgen. Der verbleibende Endenergieverbrauch soll zu 100 % aus erneuerbaren, umweltverträglich gewonnenen Energien gedeckt werden. Hierzu sollen die Maßnahmen des Masterplans Klimaschutz Schritt für Schritt und konsequent umgesetzt werden.

Überdies sollen verstärkt Maßnahmen zur Anpassung an nicht mehr abwendbare Klimaänderungen Berücksichtigung finden. Freiräume, die eine besondere Funktion für die Vorsorge vor bzw. Anpassung an prioritäre Klimawirkungen besitzen, sollen langfristig erhalten und bei Bedarf weiterentwickelt werden.

Referenzen/Quellen

- Handlungskonzept der Raumordnung zu Vermeidungs-, Minderungs- und Anpassungsstrategien in Hinblick auf die räumlichen Konsequenzen des Klimawandels vom 23.01.2013 (MKRO)
- LROP 2017: G 1.1 02
- Handlungshilfe Klimawandelgerechter Regionalplan – Ergebnisse des Forschungsprojektes KlimREG für die Praxis (BMVI 2017)
- Masterplan 100 % Klimaschutz für den Großraum Braunschweig

Querbezug zu anderen Maßnahmen

Es besteht aufgrund des übergeordneten Charakters der Maßnahme ein Querbezug zu allen weiteren Maßnahmen der Cluster I und II. Diese müssen aus dem Leitbild ableitbar sein.

Erfolgsindikatoren

- Klimaschutz und –anpassung sind konkret und in hinreichendem Umfang im Leitbild des neu aufzustellenden RROP für den Großraum Braunschweig thematisiert und mit Handlungsleitlinien versehen.
- Berücksichtigung und Adressierung des Klimawandels im Rahmen der gesamträumlichen Konzeptionierung und im Zuge der Abwägung bei Nutzungskonflikten im Zuge der Neuaufstellung des RROP für den Großraum Braunschweig.

Zeitraum der Durchführung

- Im Rahmen des RROP Aufstellungsprozesses.
- Beginn bereits im FREK-Prozess.

Sonstige Bemerkungen / Hinweise

Keine

MODUL A RAUMORDNUNG			
Abschnitt 1 Klimaschutz (KS)			
K51 Emissionsarme Bodenutzung			
K51a: Geht die Festlegung mit einer Neuversiegelung einher?	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	k.A. <input type="checkbox"/>
Wenn ja, in welchem Umfang circa?	ha m ²		
K51b: Werden Flächen entsiegelt?	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	k.A. <input type="checkbox"/>
Wenn ja, in welchem Umfang circa?	ha m ²		
K51c: Können potenziell Moorböden überplant oder beeinträchtigt werden?	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	k.A. <input type="checkbox"/>
Wenn ja, in welchem Umfang circa?	ha m ²		
K51d: Können potenziell sonstige kohlenstoffreiche Böden überplant oder beeinträchtigt werden?	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	k.A. <input type="checkbox"/>
Wenn ja, in welchem Umfang circa?	ha m ²		
K51e: Ist die Festlegung geeignet Veränderungen der Landnutzung und Landnutzungsintensität auszulösen?	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	k.A. <input type="checkbox"/>
Wenn ja, in welcher Form?			
Wenn ja, werden pot. Kohlenstoffsenken/-speicher beeinträchtigt?			
Wenn ja, werden pot. Kohlenstoffsenken/-speicher geschaffen/entlastet?			
K52 Effiziente und ressourcenschonende Energienutzung (Energieeffizienz)			
K52a: Beeinträchtigt die Festlegung mittelbar Einfluss auf den regionalen Energiebedarf?	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	k.A. <input type="checkbox"/>
Wenn ja, in welchem Umfang circa?	kWh/a MWh/a		





MASSNAHME RROP-G02

Anwendung des KlimaCheck-Instrumentes im RROP 3.0 verankern

Ziel- und Maßnahmenbeschreibung

Im Rahmen von REKLIBS wurde der sog. „KlimaCheck“ als innovatives Controlling-Instrument für die regionale Planungsebene (Regionalplanung) entwickelt. Dieser KlimaCheck soll die Belange von Klimaschutz und Klimaanpassung in der Regionalplanung im Großraum Braunschweig etablieren und routinemäßig in den Planungsalltag integrieren. Auf diese Weise kann der Regionalverband sicherstellen, dass im Rahmen von raumrelevanten Nutzungen, Maßnahmen und Planungen die klimatischen Belange künftig – wie im Leitbild zu verankern – mit angemessenem Gewicht betrachtet und berücksichtigt werden.

Der KlimaCheck berücksichtigt die im Zuge von REKLIBS identifizierten prioritären regionalen Klimawirkungen (Adaption) sowie wichtige klimaschutzbezogene Belange (Mitigation). Er ist dabei vergleichbar einer Checkliste aufgebaut, welche die relevanten Kriterien abfragt und ggf. bewertet. Aufgrund der auf Ebene der Regionalplanung sehr unterschiedlich zu prüfenden Vorgänge ermöglicht der KlimaCheck gleichermaßen qualitative wie quantitative Aussagen. Er folgt überdies keinem starren mathematischen Bewertungs- oder Verknüpfungsalgorithmus. Sowohl infolge der stark variierenden Detaillierungsgrade

und Datenbestände zu den zu prüfenden Vorgängen als auch vor dem Hintergrund der zu den verschiedenen abgefragten Kriterien heterogenen Bewertungsgrundlagen (bspw. sind thermische Prozesse im Zuge von REKLIBS detailliert für den gesamten Großraum Braunschweig, wohingegen für Niederschlagsereignisse und –mengen keine vergleichbaren Grundlagen existieren) ist eine derartige Bewertungsweise weder mathematisch zulässig, noch fachlich sinnvoll. Die Bewertung der Klimaverträglichkeit erfolgt im Ergebnis des Klimachecks daher als gutachterliche Einschätzung als Folge der Gesamtschau der geprüften Kriterien und unter Berücksichtigung der jeweiligen Datengrundlagen, Datenqualität und Aussagekraft der Daten auf Basis von nach vorgegebenen Regeln miteinander verknüpften Zwischenergebnissen. Ziel ist es auf diese Weise standardisiert für alle regionalplanerischen Vorgänge Hinweise, ggf. auch zu noch fehlenden oder wünschenswerten Untersuchungen, sowie Aussagen zu Klimaverträglichkeit und Klimaresilienz zu erarbeiten. Der KlimaCheck soll in diesem Kontext sowohl zur „Selbstkontrolle“ im Rahmen eigener Planungen als auch zur Prüfung im Rahmen raumordnerischer Stellungnahmen zum Einsatz kommen. Der KlimaCheck stellt somit ein informelles Instrument dar, welches keinerlei Rechtsfolgen auslöst. Raumrelevante Vorhaben sollen nicht erschwert oder gar verhindert werden, sondern vielmehr durch frühzeitige Berücksichtigung klimatischer Belange – auch bereits im Rahmen der informellen Beteiligung als untere Landesplanungsbehörde – resilienter gestaltet und im Hinblick auf eine gesamtregionale Zusammenschau verbessert werden.

Um eine hinreichende Verbindlichkeit für die Anwendung des KlimaChecks durch den Regionalverband Großraum Braunschweig und eine umfassende Integration in die Arbeitsvorgänge als untere Landesplanungsbehörde zu gewährleisten, soll im Zuge der Maßnahme RROP-G02 die Etablierung des KlimaChecks durch Formulierung eines textlichen Grundsatzes zu dessen Nutzung im neuen RROP erfolgen.

Federführung/Koordinierung der Maßnahme

- Regionalverband Großraum Braunschweig, Abteilungen Regionalentwicklung und Regionalverkehr
- Regionalverband Großraum Braunschweig, Masterplan-Management

Zu beteiligende Akteure

Keine

Von der Maßnahme angesprochene prioritäre Klimawirkung(en)

Alle im Rahmen der Vulnerabilitätsanalyse von REKLIBS als regional bedeutsam identifizierten Klimawirkungen.

Vorschlag für Textbausteine zur textlichen Festlegung im RROP

Im Zuge der Erfüllung von Zuständigkeiten und Aufgaben des Regionalverbands als untere Landesplanungsbehörde soll der KlimaCheck routinemäßig zur Anwendung kommen. Die Ergebnisse der Prüfung sollen zur bestmöglichen Anpassung relevanter Raumnutzungen an die Folgen des Klimawandels sowie zur Gewährleistung eines wirkungsvollen regionalen Klimaschutzes genutzt und frühzeitig in die jeweiligen Prozesse eingebracht werden.

Referenzen/Quellen

Handlungshilfe Klimawandelgerechter Regionalplan – Ergebnisse des Forschungsprojektes KlimREG für die Praxis (BMVI 2017)

Querbezug zu anderen Maßnahmen

Es besteht aufgrund des übergeordneten Charakters der Maßnahme ein Querbezug zu allen weiteren REKLIBS-Maßnahmen, da durch den KlimaCheck alle regional bedeutsamen Klimawirkungen abgedeckt und beachtet werden.

Erfolgsindikatoren

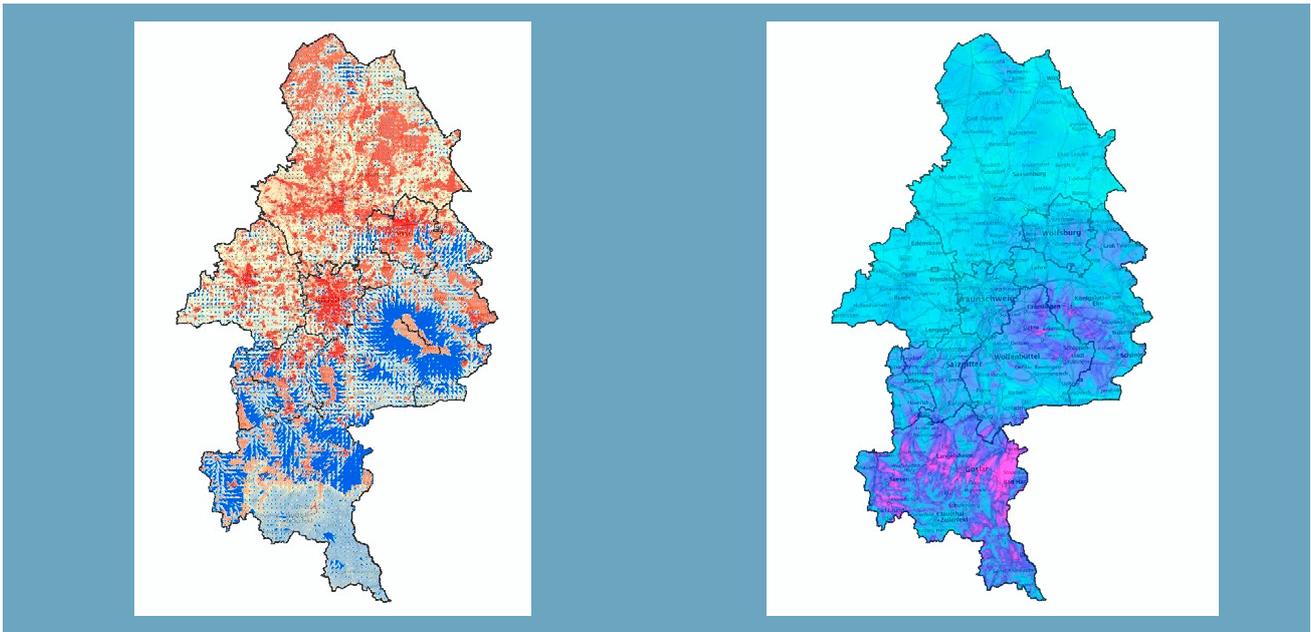
- Der KlimaCheck hat sich im Planungsalltag des Regionalverbands etabliert und kommt routinemäßig zur Anwendung.
- Der KlimaCheck trägt nachweislich/messbar zur Klimaverträglichkeit und Transparenz der Klimawirkungen von raumbedeutsamen Vorhaben bei und erhöht so deren Anpassungsgrad. Auf Grundlage der Ergebnisse des KlimaChecks werden bei Bedarf weitergehende Untersuchungen veranlasst.
- Der KlimaCheck dient der kommunalen Planungsebene als Vorbild und stößt dort eine verstärkte, operationalisierte Auseinandersetzung mit klimatischen Fragestellungen im Zuge von Vorhaben an.

Zeitraum der Durchführung

- Im Rahmen des RROP Aufstellungsprozesses.
- Kontinuierlich in der Durchsetzung der Erfordernisse der Raumordnung (Untere Landesplanungsbehörde)

Sonstige Bemerkungen / Hinweise

Als Alternative zur Formulierung eines textlichen Grundsatzes ist eine Verankerung des KlimaChecks im RROP auch auf Ebene des Leitbildes oder in Form eines textlichen Hinweises zu geeigneten Festlegungen denkbar.



MASSNAHME RROP-G03

Berücksichtigung allgemein bedeutender Kalt- und Frischluftleitbahnen sowie regional bedeutsamer Leitbahnen außerhalb der für eine Zielfestlegung im RROP vorgesehenen Kernbereiche (weiteres Einzugsgebiet)

Ziel- und Maßnahmenbeschreibung

Im Rahmen der regionalen Klimaanalyse ist deutlich geworden, dass auch außerhalb der Großstädte bereits heute thermische Belastungen für die Bevölkerung bestehen. Hiervon betroffen sind in erster Linie die Mittelzentren sowie verschiedene Hauptorte ländlicher Kommunen. Im Zuge des Klimawandels wird es insbesondere in den Sommermonaten zu einer weiteren Verschlechterung des thermischen Komforts kommen. Da die zugrundeliegenden Austauschprozesse jedoch im Allgemeinen kleinräumiger sind und kommunale Grenzen nur in seltenen Fällen überschritten werden, weisen diese Funktionen aus fachgutachterlicher Sicht keine großräumige, überörtliche Bedeutung für das Regionalklima auf. Vor dem Hintergrund des raumordnerischen Leitbilds gleichwertiger Lebensbedingungen in allen Teilräumen sollte auch diesen Effekten entgegengewirkt werden. Auf Grundlage der im regionalen Maßstab ermittelten klimaökologischen Funktionen sollte eine hinreichend konkrete Prüfung und Berücksichtigung

dieser Belange auf der kommunalen Ebene sichergestellt bzw. angestoßen werden. Die Ergebnisse von REKLIBS können in diesem Zusammenhang als erster Hinweis und ggf. Ausgangspunkt weitergehender, projekt-/planungsspezifischer und höher aufgelöster Untersuchungen dienen.

Eine vergleichbare Zielsetzung bietet sich für die Einzugsgebiete der regional bedeutsamen Kalt- und Frischluftleitbahnen an. Anders als in den Kernbereichen dieser Leitbahnen müssen bauliche Maßnahmen und sonstige Änderungen von Flächennutzungen und Oberflächenstruktur in den weiteren Einzugsgebieten nicht zwangsläufig zu einer erheblichen Einschränkung der gespeisten Leitbahn und ihrer Funktionen für zugeordnete Belastungsräume führen. Aus diesem Grund ist ein flächendeckender Ausschluss solcher Handlungen fachlich nicht erforderlich. Gleichwohl sollten auch die besonderen klimaökologischen Funktionen der Einzugsgebiete in den jeweiligen Überlegungen und Verfahren angemessen gewürdigt und berücksichtigt werden. Eine sukzessive, Vorhaben für Vorhaben („Salami-Taktik“) erfolgende Minderung der klimaökologischen Leistungen soll durch einzelfallbezogene und maßstabsgerechte Prüfungen vermieden werden.

Als Instrument zur Umsetzung der beschriebenen Zielsetzungen bietet sich eine textliche Festlegung als raumordnerischer Grundsatz an. Die Umsetzung als Grundsatz der Raumordnung stellt aus fachgutachterlicher Sicht eine angemessene Berücksichtigung der klimatischen Belange auf der regionalen Ebene sicher. Da die zu sichernden Funktionen aus der regionalen Klimaanalyse flächenscharf vorliegen, können und sollten die textlichen Festlegungen

mit Hilfe einer ergänzenden thematischen Kartendarstellung räumlich konkretisiert werden. Auf diese Weise können durch die Grundsatzfestlegung erforderlich werdende vertiefende Betrachtungen zu klimatischen Austauschbeziehungen auf die in REKLIBS als grundsätzlich relevant erkannten Bereiche beschränkt werden. Dies stellt sicher, dass die Ergebnisse von REKLIBS effizient genutzt werden können.

Federführung/Koordinierung der Maßnahme

Regionalverband Großraum Braunschweig, Abteilung Regionalentwicklung, Sachgebiet Freiraumentwicklung

Zu beteiligende Akteure

Im Rahmen der Neuaufstellung des RROP im Allgemeinen und zur Abstimmung der Festlegung des Grundsatzes im Speziellen sind die im Raum tätigen Träger öffentlicher Belange, insbesondere die von Festlegungen betroffenen Kommunen, zu beteiligen.

Von der Maßnahme angesprochene prioritäre Klimawirkung(en)

Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit: Vermindertes Wohlbefinden sowie vermehrte Erkrankungen und Mortalitäten durch insbesondere nächtliche Hitzebelastungen. Verminderte Leistungsfähigkeit von Arbeitskräften und Beschäftigten durch thermische Belastungen im Sommer (vornehmlich tagsüber).

Vorschlag für Textbausteine zur textlichen Festlegung im RROP

Innerhalb der in Karte XX dargestellten Einzugsgebiete regional bedeutsamer Kalt- und Frischluftleitbahnen sowie der nicht bereits als Bestandteil des VR Freiraumfunktionen gesicherten Kernbereiche solcher Leitbahnen sollen Planungen und Maßnahmen, welche die Produktion und den Transport von Kalt- und Frischluft nachhaltig beeinträchtigen könnten, unterbleiben.

Referenzen/Quellen

In folgenden Regional Raumordnungsprogrammen wurden vergleichbare Festsetzungen getroffen:

- RP Mittelhessen 2010: 6.1.3.-1 (G) (K)
- RP Leipzig-West Sachsen 2017 (Entwurf): Z 4.1.4.1
- RP Oberes Elbtal-Osterzgebirge 2009: 7.5.1 (Z)

Querbezug zu anderen Maßnahmen

Die Maßnahme zielt auf Leitbahnen ab, die aus klimaökologischer Sicht auf der kommunalen Planungsebene beachtenswert sind. Daneben gibt es regional bedeutsame Kalt- und Frischluftleitbahnen, die raumordnerisch gesichert werden. Zu deren Funktionen werden in der Maßnahme RROP-Z01 („Beachtung regional bedeutsamer Leitbahnen im Zuge der Festlegung von Vorranggebieten Freiraumfunktionen“) Empfehlungen gegeben. Querbezüge gibt es weiterhin zur Maßnahme SO-04 („Klimafolgenanpassung bei regionalen Planungen berücksichtigen“).

Erfolgsindikatoren

Festlegung des VR Freiraumfunktionen im RROP, Abdeckungsgrad der Kernbereiche regional bedeutsamer Leitbahnen durch das VR Freiraumfunktionen (*GIS-Analyse*). Alternierende Festlegungen durch andere freiraumbezogenen Planzeichen wie z.B. zu Natur und Landschaft oder Hochwasserschutz.

Zeitraum der Durchführung

Beginn parallel zu REKLIBS und im Rahmen des FREK, anschließend Teil des RROP Aufstellungsprozesses, Ende bei Rechtskraft des neuen RROP.

Sonstige Bemerkungen / Hinweise

Für die Abgrenzung regional bedeutsamer Leitbahnen existieren keine normativen Grenzwerte. Die Abgrenzung ist daher fachgutachterlich erfolgt. Die Herleitung ist dem REKLIBS-Bericht zu entnehmen.



MASSNAHME RROP-G04

Klimawandelbedingte Ertrags- und Qualitätsrisiken in der beschreibenden Darstellung als Grundsätze mit Bezug zur Landwirtschaft adressieren

Ziel- und Maßnahmenbeschreibung

Die Landwirtschaft ist seit jeher in direkter Weise vom Witterungsverlauf und dem Klima auf seinen verschiedenen Maßstabebenen (Makro- bis Mikroklima) abhängig und ist es traditionell gewohnt, sich an vorherrschende und sich ggf. verändernde klimatische Verhältnisse anzupassen. Veränderungen des Klimas gehen unmittelbar mit Veränderungen und einer Betroffenheit der Landwirtschaft einher. So ist insbesondere die Pflanzenproduktion wie kein anderer Wirtschaftszweig direkt vom Klimawandel betroffen. Auf der anderen Seite kann der Klimawandel jedoch ebenso neue Chancen und Potenziale für die weitere landwirtschaftliche Entwicklung einer Region eröffnen. Diese Chancen zu nutzen sowie potenzielle Beeinträchtigungen und Gefahren abzumildern erfordert eine frühzeitige und zielgerichtete Anpassung (Adaption) an die regional zu erwartenden Klimaveränderungen.

Diese Tatsache hat unlängst auch im politischen Raum zu entsprechenden Reaktionen und ersten Maßnahmen geführt. So hebt die Agrarministerkonferenz die Bedeutung der Landwirtschaft als vom Klimawandel in besonderem

Maße betroffenen Sektor hervor. Gleichzeitig werden Erarbeitung und Umsetzung von konkreten Maßnahmen zur Anpassung an die sich ändernden Klimabedingungen als „dringend geboten“ deklariert.

Der „Monitoringbericht 2015 zur Deutschen Anpassung an den Klimawandel“, welcher als Bestandteil der Deutschen Anpassungsstrategie von einer interministeriellen Arbeitsgruppe der Bundesregierung verfasst wurde, benennt die folgenden übergeordneten und für Deutschland relevanten Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft:

- Verschiebung agrarphänologischer Phasen
- Ertragsschwankungen
- Qualität von Ernteprodukten
- Hagelschäden in der Landwirtschaft (sowie Extreme-reignisse allgemein)
- Schaderregerbefall

Zur Anpassung an diese absehbaren Auswirkungen bzw. zur Minimierung des Risikos schadhafter Klimafolgen stehen wiederum die folgenden Maßnahmenspektoren und -strategien zur Verfügung:

- **Bewässerung:** Berücksichtigung regionaler Besonderheiten, Schaffung geeigneter technischer Voraussetzungen, Prüfen und ggf. Vergabe von Wasserentnahmerechten, Nutzung angepasster/effizienter Kulturen, Vermeidung einer Bodenversalzung
- **Bodenbearbeitung:** Berücksichtigung regionaler Bodeneigenschaften, Nutzung angepasster Kulturen,

Stärkung der landwirtschaftlichen Bodennutzung im Zuge von Nutzungskonflikten (Flächendruck), Erhalt der Bodenfruchtbarkeit durch Vermeidung von Erosion im Zuge angepasster Bearbeitungsweisen

- **Sortenwahl:** Nutzung trockenresistenter Sorten, Nutzung von gegenüber (neuen) Schadorganismen resistenten Sorten, Nutzung von Sortenmischungen um Totalausfälle zu vermeiden
- **Nutztierassen:** Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten und Schadorganismen (Vektoren) durch Züchtung, Haltung und Ernährung, Nutzung hitze- und kälteresistenter Rassen, Augenmerk auf möglichst hohes Anpassungspotenzial
- **Fruchtfolge / Pflanzenbausysteme:** gezielte Auswahl der Feldfrüchte vor dem Hintergrund der Klimaveränderung, Einführung neuer Techniken und Wissenstransfer
- **Versicherung / Risikomanagement:** Nutzung der Hagelversicherung, Mehrgefahrenversicherungen

Es wird deutlich, dass für das breite Spektrum an Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft ein nahezu ebenso breites Spektrum an Anpassungsmaßnahmen existiert. Ziel der Verankerung der Klimaanpassung im RROP für den Großraum Braunschweig ist es, die Landwirtschaft der Region bei ihren Anstrengungen zur Berücksichtigung der Klimafolgen zu stärken und die Umsetzung erforderlicher Anpassungsmaßnahmen durch die Landwirtschaft regionalplanerisch zu unterstützen.

Federführung/Koordinierung der Maßnahme

Regionalverband Großraum Braunschweig, Abteilung Regionalentwicklung, Sachgebiet Freiraumentwicklung

Zu beteiligende Akteure

- Landwirtschaftskammer Braunschweig
- Landvolk, Betriebe

Von der Maßnahme angesprochene prioritäre Klimawirkung(en)

- Bodenerosion durch Wind und Wasser bzw. Hangrutschung
- Bodenfunktionen – Produktionsfunktion
- Verschiebung agrophänologischer Phasen und Wachstumsperioden

- Wasserverfügbarkeit
- Ertrag und Qualität der Ernteprodukte

Vorschlag für Textbausteine zur textlichen Festlegung im RROP

- Bei der Inanspruchnahme von „Vorbehaltsgebieten Landwirtschaft“ mit einer für die Produktion erforderlichen Feldberegnung sind die Erfordernisse der Anpassung der Landwirtschaft an den Klimawandel mit besonderem Gewicht in die Abwägung einzustellen. Die für die Feldberegnung erforderlichen Infrastrukturen sind zu sichern.
- Für die landwirtschaftliche Flächennutzung im Großraum Braunschweig sollen an die teilregional unterschiedlichen Auswirkungen des Klimawandels ausgerichtete gezielte Hinweise gegeben werden. Vorgeschlagen werden folgende Ansatzpunkte:
 - Vorhandene Bewässerungs-Infrastrukturen bei Bedarf modernisieren sowie ggf. ausbauen
 - Wassersparende Beregnungstechniken, die Verbesserung des Wasserangebotes und der Aufbau von Beregnungsstrukturen auch in den bisher nicht beregneten Teilräumen des Großraumes Braunschweig
 - Zur Feldberegnung erforderliche Wasserrechtsmengen langfristig sichern und mit der gebotenen Flexibilität bedarfsgerecht vorhalten
 - Bedarfsgerecht sowie in Abstimmung mit ökologischen Funktionen und den Anforderungen der Trinkwasserversorgung neue Wasserentnahmemengen und –standorte (Mittellandkanal) prüfen
 - Möglichkeiten von zweckgebundenen Niederschlagsspeichern prüfen
 - im Rahmen informeller Konzepte die Möglichkeiten zur Einführung neuer Bewirtschaftungstechniken und Sorten untersuchen und neues Wissen vermitteln.
- In Teilräumen, in denen vor dem Hintergrund des Klimawandels eine zunehmend erhöhte Erosionsgefährdung landwirtschaftlich genutzter Böden besteht, soll die ackerbauliche Nutzung nach den Grundsätzen der konservierenden, d.h. pfluglosen, nicht wendenden, Bodenbearbeitung erfolgen.

Referenzen/Quellen

- Monitoringbericht 2015 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (Hrsg. Umweltbundesamt 2015)
- Extremwetterlagen in der Land- und Forstwirtschaft – Maßnahmen zur Prävention und Schadensregulierung (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2017)
- Landwirtschaftlicher Fachbeitrag (Landwirtschaftskammer Niedersachsen 2015)

Querbezug zu anderen Maßnahmen

Es besteht insbesondere in Hinblick auf die räumliche Differenzierung von erwartbaren prioritären Klimawirkungen auf die Teilsysteme Boden und Wasser ein Querbezug zur Maßnahme RROP-TH01 („Verwendung der Betroffenheitsanalyse im Rahmen der RROP Neuaufstellung“).

Erfolgsindikatoren

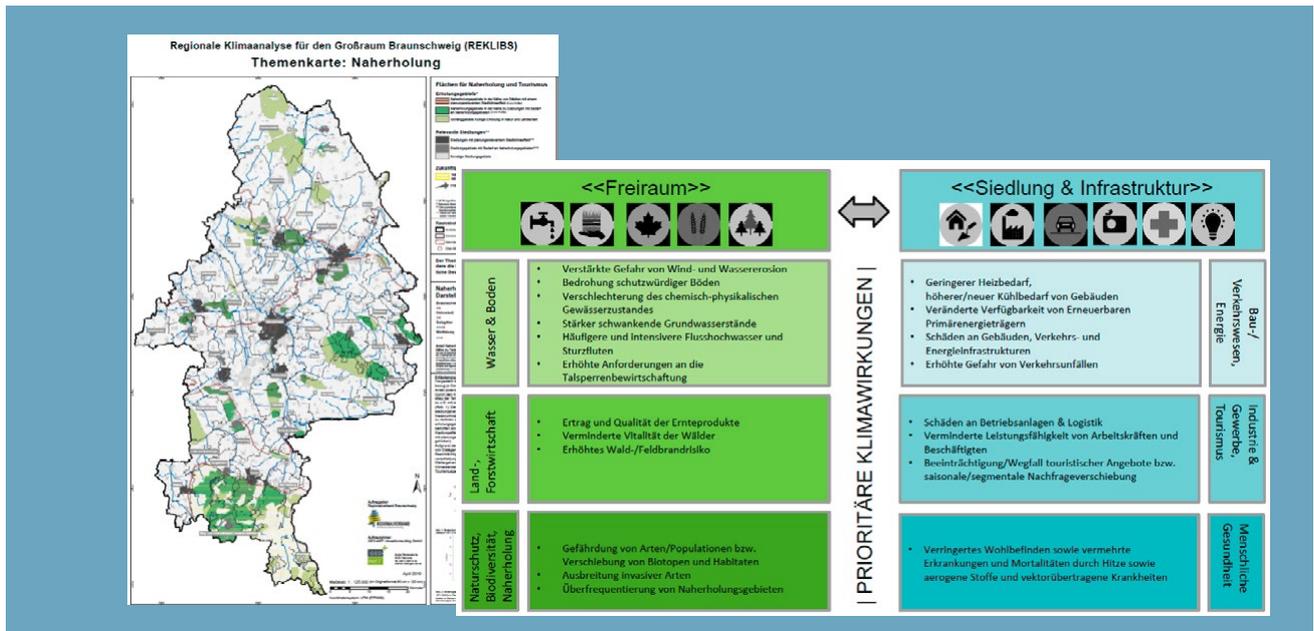
- Die textlichen Festlegungen im Kapitel Landwirtschaft sollen Aussagen und Soll-Bestimmungen zur Berücksichtigung des Klimawandels im Rahmen der Landwirtschaft beinhalten.
- Die aus dem Klimawandel resultierenden Anpassungs-Erfordernisse sollen im RROP zur Sicherung landwirtschaftlicher Flächennutzungen in der Abwägung mit entgegenstehenden Nutzungsansprüche beitragen.

Zeitraum der Durchführung

Im Rahmen des RROP Aufstellungsprozesses.

Sonstige Bemerkungen / Hinweise

Keine



MASSNAHME RROP-TH01

Verwendung der Betroffenheitsanalyse im Rahmen der RROP Neuaufstellung und anderer Zusammenhänge

Ziel- und Maßnahmenbeschreibung

In REKLIBS wurden für den Großraum Braunschweig insgesamt 20 Auswirkungen des Klimawandels in sechs verschiedenen Handlungsfeldern identifiziert, die aus der Perspektive der Regionalplanung bzw. Regionalentwicklung als besonders vorrangig zu adressieren sind. Die Ergebnisse der Analyse wurden textlich beschrieben sowie – dort, wo fachlich sinnvoll – in thematischen Karten dargestellt. Gegenstand der Maßnahme RROP-TH01 ist die Verwendung dieser Fachinformationen sowohl im Rahmen des RROP Neuaufstellungsprozesses als auch in anderen Zusammenhängen. Der Fokus liegt dabei insbesondere auf solchen Fachthemen, für die keine expliziten Ziele und/oder Grundsätze formuliert werden können. (u.a. Teilthemen aus den Bereichen Bau-/Verkehrswesen oder Industrie/Gewerbe). Um auch diesen Klimawirkungen außerhalb von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten ein ausreichendes Gewicht zu verleihen, sollen sie zum einen in der RROP Begründung in Form von textlichen Hinweisen explizit thematisiert werden. Zum anderen sollen die Themenkarten als Anlage zum RROP sowie interaktiv im Internetportal des Regionalverbandes veröffentlicht werden. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass sie im Rahmen von konkre-

ten Planungs-/Abwägungs- bzw. Entscheidungsprozessen sowohl vom Regionalverband selber als auch von anderen Akteuren bzw. Planungsträgern im Großraum Braunschweig einheitlich verwendet werden können. Hierzu gehört nicht zuletzt auch die Verwendung im Rahmen des KlimaCheck-Instrumentes (vgl. Maßnahme RROP-G02). Hier sollen die Themenkarten in Verbindung mit den erläuternden Herleitungen der Betroffenheitsanalyse eine zentrale fachliche Grundlage für die Prüfergebnisse bilden.

Federführung/Koordinierung der Maßnahme

Regionalverband Großraum Braunschweig, Abteilung Regionalentwicklung

Zu beteiligende Akteure

Im Rahmen der Neuaufstellung des RROP und zur Abstimmung der Festlegungen sind die im Raum tätigen Träger öffentlicher Belange, insbesondere die von Festlegungen betroffenen Kommunen, zu beteiligen.

Von der Maßnahme angesprochene prioritäre Klimawirkung(en)

Alle Wirkungen.

Referenzen/Quellen

- Handlungshilfe Klimawandelgerechter Regionalplan (BMVI 2017)

Unter anderem folgende Regionale Raumordnungsprogramme beinhalten Festsetzungen, die auf die Anpassung an den Klimawandel ausgerichtet sind:

- RP Mittelhessen 2010
- RP Leipzig-West Sachsen 2017 (Entwurf)
- RP Oberes Elbtal-Osterzgebirge 2009

Querbezug zu anderen Maßnahmen

Querbezüge zu den Maßnahmen RROP-G02 („Anwendung KlimaCheck-Instrument“) und SO-03 („Fachliche Grundlagen aktualisieren“)

Erfolgsindikatoren

- Textliche Hinweise zur Klimaanpassung in den jeweiligen Handlungsfeldern im neuen RROP
- Veröffentlichung der Themenkarten als Anlage zum RROP
- Veröffentlichung im Internetportal des Regionalverbands
- Einsatz der Themenkarten bzw. ihrer Inhalte im Zuge der Anwendung des KlimaChecks
- Nutzung der Themenkarten als ergänzende Information durch kommunale Planungsträger

Zeitraum der Durchführung

Beginn parallel zu REKLIBS und im Rahmen des FREK, anschließend Teil des RROP Aufstellungsprozesses, Ende bei Rechtskraft des neuen RROP, kontinuierliche Anwendung als Untere Landesplanungsbehörde.

Sonstige Bemerkungen / Hinweise

Keine



MASSNAHME SO-01

Regionalen Klimadialog etablieren

Ziel- und Maßnahmenbeschreibung

Für eine erfolgreiche Anpassung an den Klimawandel im Großraum Braunschweig sind vielfältige Aktivitäten auf unterschiedlichen Ebenen erforderlich. Im Rahmen seiner Zuständigkeiten kann der Regionalverband lediglich auf einen Teil dieser Aktivitäten direkt Einfluss nehmen. Auf der Ebene der Landkreise und der einzelnen Kommunen sowie in Unternehmen werden die Herausforderungen, die sich aus dem Klimawandel ergeben, bisher nur in geringem Umfang bei Planungen und Entwicklungsaktivitäten berücksichtigt.

Aufgabe des Regionalverbandes sollte es sein, eine langfristig tragfähige geordnete Entwicklung der Region zu unterstützen. In diesem Sinne kann er die Ergebnisse der Klimaanalyse und die Erkenntnisse aus REKLIBS nutzen, um die regionalen Akteure für die Notwendigkeit von Aktivitäten für die Anpassung an den Klimawandel zu sensibilisieren. Dazu bieten sich 'Dialogforen Klimawandel' an, die jeweils einem thematischen Schwerpunkt gewidmet sind und in einem besonders betroffenen Teilraum durchgeführt werden können. Inhalt der Veranstaltung sollten neben der Präsentation von Analyseergebnissen beispielhafte Handlungsmöglichkeiten sein, die möglichst praxisnah

von Akteuren aus der Region oder aus anderen Regionen vorgestellt werden. Als Dialogforen sollten die Veranstaltungen viel Raum für Erfahrungsaustausch zwischen den Teilnehmerinnen und Teilnehmern bieten. Damit soll auch dazu angeregt werden, teilräumliche Aktivitäten aufeinander abzustimmen und ggf. auch interkommunale Kooperationsprojekte zu initiieren oder zu unterstützen.

Denkbar sind zwei bis vier Veranstaltungen pro Jahr, zu denen durch den Regionalverband gezielt eingeladen wird. Im Rahmen der Kommunikation sollte der Zusammenhang der Dialogforen anschaulich vermittelt werden, u.a. durch eine entsprechende Rubrik auf der Web-Site des Regionalverbandes, auf der auch Ergebnisse der Dialogforen und die Fachinputs (Präsentationen) verfügbar sein sollten.

Federführung/Koordinierung der Maßnahme

Regionalverband Großraum Braunschweig, Abteilung Regionalentwicklung

Zu beteiligende Akteure

Kommunen, Verbände, sonstige Zielgruppen, Kompetenzzentrum Klimawandel, LBEG

Von der Maßnahme angesprochene prioritäre Klimawirkung(en)

Alle – Fokus auf raumrelevanten Wirkungen mit regionalem Bezug

Konkrete Umsetzungsschritte

- Konkretisierung des Formats der ‚Dialogforen Klimawandel‘ und Identifikation von Themenschwerpunkten für die ersten vier Veranstaltungen
- Ggf. Ausschreibung für externe Unterstützung bei der Vorbereitung, Durchführung und Moderation der ersten vier Dialogforen in den Jahren 2019 und 2020
- Auswertung der einzelnen Veranstaltungen und des Feedbacks der Teilnehmerinnen und Teilnehmer / Gesamtauswertung der Erfahrungen mit den ersten vier Dialogforen
- Optimierte Weiterführung der Dialogreihe, ggf. Ausschreibung für weitere Unterstützung

Zeitraum der Durchführung

Fortlaufend

Sonstige Bemerkungen / Hinweise

Verzahnung mit Aktivitäten und Veranstaltungen zum Masterplan 100 % Klimaschutz sicherstellen

Referenzen/Quellen

In folgenden Regionen werden bzw. wurden ähnliche Dialoge durchgeführt:

- KlimaTreffs im Rahmen des Projektes EnerKlim der Metropolregion Hannover Braunschweig Göttingen Wolfsburg
- Regionalkonferenz zur Klimaanpassung in der Metropolregion Nordwest der Interkommunale Koordinierungsstelle Klimaanpassung (InKoKa) der Metropolregion Nordwest
- Regionalforen zur Klimafolgenanpassung in Nordrhein-Westfalen

Querbezug zu anderen Maßnahmen

Es bestehen Synergieeffekte mit den Maßnahmen SO-02 („Informationen zum Regionalen Klimawandel bereitstellen“) sowie SO-03 („Klimafachliche Grundlagen erweitern“)

Erfolgsindikatoren

- Anzahl der durchgeführten Dialogveranstaltungen
- Anzahl der Teilnehmenden an den Veranstaltungen im Verhältnis zur angestrebten Teilnehmerzahl
- Ggf. Anteil der erreichten Akteure der Zielgruppe, z.B. Anteil der Kommunen im Großraum Braunschweig, die im Laufe eines Jahres an Veranstaltungen teilgenommen haben
- Aus den Dialogveranstaltungen entwickelte Netzwerke und Projekte



MASSNAHME SO-02

Informationen zum Regionalen Klimawandel bereitstellen

Ziel- und Maßnahmenbeschreibung

Im Gebiet des Regionalverbandes Großraum Braunschweig gibt es 116 selbständige Städten und Gemeinden. Klimaanpassungsrelevante Abwägungs- und Planungsentscheidungen machen nicht an Kommunalgrenzen halt und bedürfen daher einer interkommunalen Abstimmung (u.a. vorbeugender Hochwasserschutz, regional bedeutsame Kaltluftleitbahnen, Naherholungsangebote).

Zentrale Voraussetzung für diese Abstimmungsprozesse ist, dass hochwertige vergleichbare Geo- und Sachinformationen zur Verfügung stehen. Der Regionalverband verfügt durch die ihm übertragene Aufgabe der Raumbewertung, durch REKLIBS sowie durch seine Kooperationen mit den niedersächsischen Landesämtern und anderen Institutionen über eine Vielzahl von relevanten Informationen zum regionalen Klimawandel (Messdaten, Projektionsdaten, Wirkmodellierungen, Projektergebnisse, Veranstaltungen, ...).

Über ein an den bestehenden Regionalatlas anknüpfendes regionales Klimaportal soll den regionsangehörigen Kommunen, Verbänden und auch der breiten Bevölkerung diese beim Regionalverband verfügbaren Informationen bereitgestellt werden.

Bestandteil der Maßnahme ist zudem das Bemühen um die fortlaufende Aktualisierung der Informationen und deren Verbreitung an die Adressaten.

Darüber hinaus können über das Portal auch das Monitoring des regionalen Klimawandels und Aktivitäten zur Klimaanpassung erfolgen. So wird ein regelmäßiger (z.B. jährlicher) Klimabericht empfohlen, in dem insbesondere regional relevante Witterungsphänomene (Starkregen, Dürreperioden, Hitzeperioden) mit deren Auswirkungen und dem Umgang damit thematisiert werden sollen. Der genaue Umgang und die technischen Lösungsmöglichkeiten sollen zunächst im Rahmen einer Machbarkeitsstudie eruiert werden. Ein Austausch insbesondere mit dem LBEG (zur Abgrenzung von den Inhalten des NIBIS) sowie dem Kompetenzzentrum Klimawandel im MU wird empfohlen.

Federführung/Koordinierung der Maßnahme

Regionalverband Großraum Braunschweig, Abteilung Regionalentwicklung

Zu beteiligende Akteure

Regionsangehörige Kommunen, Verbände und sonstige Zielgruppen, Kompetenzzentrum Klimawandel, LBEG

Von der Maßnahme angesprochene prioritäre Klimawirkung(en)

Alle

Konkrete Umsetzungsschritte

- Integration der REKLIBS-Ergebnisse in den Regionalatlas (kurzfristig)
- Erstellung regionaler Klimabericht (regelmäßig)
- Machbarkeitsstudie regionales Klimaportal (kurzfristig)
- Etablierung eines regionalen Klimaportals (mittel-langfristig)

Referenzen/Quellen

In folgenden Regionen existieren vergleichbare Portale:

- Klimaserver des Regionalverbandes Ruhr
- Regionaler Klimaatlas der Region Stuttgart
- Umweltatlas Berlin

Querbezug zu anderen Maßnahmen

Es bestehen Synergieeffekte mit den Maßnahmen SO-01 („Regionaler Klimadialog““ sowie SO-03 („Klimafachliche Grundlagen erweitern““)

Erfolgsindikatoren

Umsetzung und nachhaltige Pflege des Portals, Zugriffszahlen und Nutzerfeedback

Zeitraum der Durchführung

Fortlaufend

Sonstige Bemerkungen / Hinweise

Keine



MASSNAHME SO-03

Klimafachliche Grundlagen fortlaufend erweitern und aktualisieren

Ziel- und Maßnahmenbeschreibung

Die Klimafolgenanpassung – zumal im Rahmen der Regionalplanung und -entwicklung – stellt eine komplexe Herausforderung dar, für die es fundierte fachliche Grundlagen bedarf. Gleichzeitig ist die Klimafolgenforschung ein sich gegenwärtig hochdynamisch entwickelndes Forschungsfeld. Es werden quasi fortlaufend neue Informationen generiert, die für Planungs- und Entscheidungsprozesse potentielle Relevanz besitzen können.

Die in REKLIBS erzeugten Ergebnisse haben den Anspruch, auf dem neusten Stand der Technik und Wissenschaft hinsichtlich der verwendeten Daten und Methoden zu sein. Im Rahmen der Entwicklung des KlimaCheck-Instrumentes und der Themenkarten wurde deutlich, dass für einzelne regionalplanerisch relevante Themenkomplexe räumlich differenzierte Analysen existieren, die den zukünftigen Klimawandel mitberücksichtigen (u.a. urbane Hitze, regionale Kaltluftleitbahnen, Erosionsgefährdungen, Grundwasserneubildungen, Gefährdung von naturschutzfachlichen Schutzgebieten).

Allerdings können aus diesen Analysen nur begrenzt unmittelbar für die Regionalentwicklung /-planung abschließende Aussagen abgeleitet werden (z.B. Flusshochwasser-

gefahren) bzw. existieren für einzelne Themenkomplexe noch gar keine – insb. räumlich differenzierende – Wirkanalysen (z.B. zur Verkehrs- und Energieinfrastruktur).

Das vorrangige Ziel der Maßnahme ist daher, die fachlichen Grundlagen mit Relevanz für das KlimaCheck-Instrument (prioritäre regionale Klimawirkungen) fortlaufend zu erweitern und aktuell zu halten.

Dabei muss der Regionalverband nicht in jedem Fall auch selber der Initiator der Wissensgenerierung sein. Zahlreiche Informationen werden durch Landesbehörden, Universitäten und auch auf kommunaler Ebene erarbeitet. Daher gilt für Regionalverband, nur dort die Datenlage zu ermitteln, wo aus keiner anderen Quelle Informationen nachrichtlich übernommen werden können. Hierzu zählen beispielsweise Regionale Starkregen- und Sturmgefahren sowie die Betroffenheit des regionalen Verkehrssystems.

Federführung/Koordinierung der Maßnahme

Regionalverband Großraum Braunschweig, Abteilung Regionalentwicklung und Abteilung Regionalverkehr

Daten-/Informationsquellen

Kompetenzzentrum Klimawandel, Landesämter, Universitäten, regionsangehörige Kommunen, Verbände, Unternehmen

Von der Maßnahme angesprochene prioritäre Klimawirkung(en)

Alle

Konkrete Umsetzungsschritte:

- Einführung eines Klimafachdatenmanagementsystems (mittelfristig)
- Fortlaufende Aktualisierung des Grundlagendatenbestandes (regelmäßig)
- Ergänzung der fachlichen Grundlagen um eine regionale Starkregengefahrenanalyse (kurzfristig)
- Ergänzung der fachlichen Grundlagen um eine regionale Sturmgefahrenanalyse (kurzfristig)
- Schaffung von standardisierten Kommunikationswegen zu relevanten Netzwerkakteuren (kurzfristig)

Referenzen/Quellen

Keine

Querbezug zu anderen Maßnahmen

Es bestehen Synergieeffekte mit den Maßnahmen SO-01 („Regionaler Klimadialog“) sowie SO-02 („Informationen zum Regionalen Klimawandel bereitstellen“)

Erfolgsindikatoren

Umsetzung und dauerhafte Aktualisierung des Geoportals beim RVB, Zugriffszahlen und Nutzerfeedback

Zeitraum der Durchführung

Fortlaufend

Sonstige Bemerkungen / Hinweise

Keine



MASSNAHME SO-04

Klimafolgenanpassung bei der Erstellung von regionalen Planungen, Konzepten und Gutachten berücksichtigen

Ziel- und Maßnahmenbeschreibung

Das primäre Ziel von REKLIBS ist es, eine fachliche Grundlage zur Verankerung der Klimafolgenanpassung in das Regionale Raumordnungsprogramm 3.0 zu schaffen. Darüber hinaus ist eine Implementierung auch in weiteren, informell ausgerichteten Planungen, Konzepten und Gutachten erforderlich, die durch den Regionalverband bzw. in seinem Auftrag erstellt werden. Hierzu gehört u.a. die Verkehrsentwicklungsplanung, das Konzept regionalbedeutsamer Gewerbestandorte, das Freiraumkonzept oder der landwirtschaftliche Fachbeitrag.

Die Berücksichtigung der Klimafolgenanpassung fängt bereits in den jeweiligen Projektvorphasen mit der Zielformulierung und der Festlegung der inhaltlichen Ausrichtung an, geht über die Definition eines ggf. eigenen Leistungsbausteins in einer etwaigen Ausschreibung weiter und endet letztlich bei der Evaluierung der Konzepte und Planungen bzw. der daraus abgeleiteten Maßnahmen. Dabei ist es unerheblich, ob das Anpassungshandeln einen wichtigen Baustein im Konzept einnehmen sollte (wie beim landwirtschaftlichen Fachbeitrag) oder nur in einzelnen Teil-

bereichen eine Rolle spielt (wie beim Nahverkehrsplan). Entscheidend ist das nachhaltige Mitdenken der Anpassungsnotwendigkeit aufgrund des Klimawandels in allen Aktivitäten des Regionalverbandes („Mainstreaming“).

Federführung/Koordinierung der Maßnahme

Regionalverband Großraum Braunschweig, Abteilung Regionalentwicklung

Zu beteiligende Akteure

Abteilung Regionalverkehr, Vergabestelle, Verbandsversammlung, Ausschüsse

Von der Maßnahme angesprochene prioritäre Klimawirkung(en)

Alle

Konkrete Umsetzungsschritte

- Screening aller existierenden fachlichen Grundlagen nach Verknüpfungen zur Klimafolgenanpassung und Formulierung von Empfehlungen für die jeweiligen Fortschreibungen (kurzfristig)
- Berücksichtigung der Klimafolgenanpassung in der Konzeptions- und Vergabephase von informellen Planungen, Konzepten und Gutachten (kurz- bis mittelfristig)

Referenzen/Quellen

Es konnten keine recherchiert werden

Querbezug zu anderen Maßnahmen

Es bestehen Synergieeffekte mit den Maßnahmen SO-01 („Regionaler Klimadialog“) sowie SO-02 („Informationen zum Regionalen Klimawandel bereitstellen“) und SO-03 („Klimafachliche Grundlagen erweitern“)

Erfolgsindikatoren

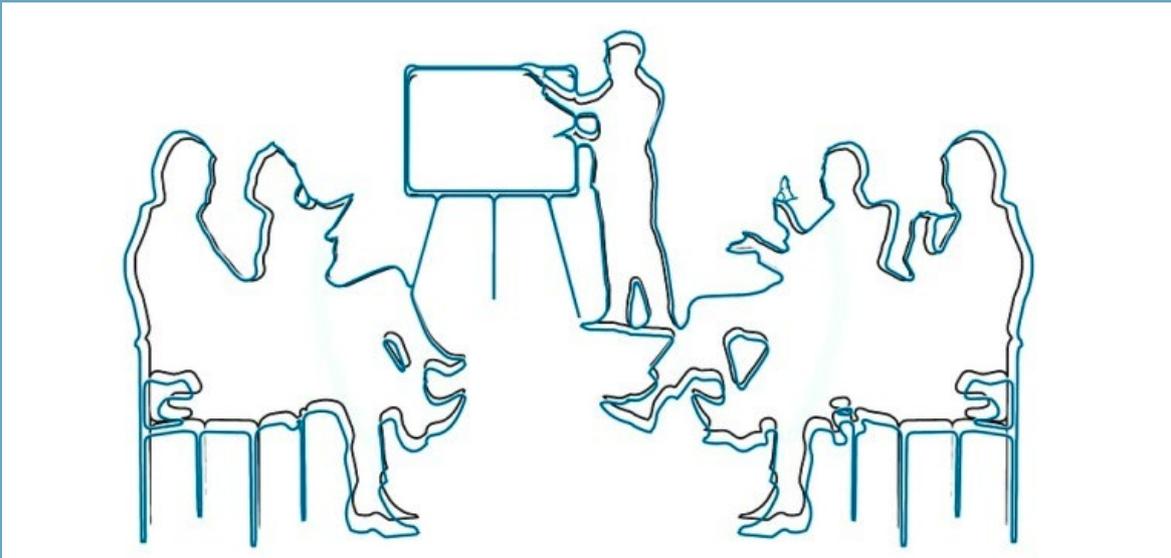
Art, Umfang und Qualität der Berücksichtigung der Klimafolgenanpassung in den regionalen Planungen, Konzepten und Gutachten

Zeitraum der Durchführung

Fortlaufend

Sonstige Bemerkungen / Hinweise

Keine



MASSNAHME SO 05

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter schulen

Ziel- und Maßnahmenbeschreibung

Das Projekt REKLIBS hat eine umfangreiche Datengrundlage für die Neuaufstellung des RROP geschaffen (u.a. Themenkarten, Klimaanalysekarte). Zusammen mit dem neu entwickelten KlimaCheck-Instrument dient diese Datengrundlage zudem der täglichen Arbeit des Regionalverbands als untere Landesplanungsbehörde. Die Erkenntnisse aus REKLIBS sollen nach „außen“ in die (Fach-) Öffentlichkeit getragen werden (Maßnahme SO-01 „Regionaler Klimadialog“).

Gleichermaßen bedeutsam ist jedoch, dass die Ergebnisse nach „innen“, also an die MitarbeiterInnen des Regionalverbands weitergegeben und genutzt werden. Nur so kann das Ziel „Klimafolgenanpassung bei regionalen Planungen berücksichtigen“ (Maßnahme SO-04) erreicht werden.

REKLIBS wurde von zahlreichen Akteuren aus den Abteilungen Regionalentwicklung und Regionalverkehr begleitet. Damit in Zukunft der Übergang von der Projekt- in die Umsetzungsphase gelingt und Klimaanpassung von allen Beteiligten in der täglichen Arbeit „mitgedacht“ wird, sind entsprechende „Schulungen“ ggf. im Sinne interner Fortbildungsmaßnahmen erforderlich.

In diesem Zusammenhang gilt es zunächst sicherzustellen, dass alle MitarbeiterInnen über die zentralen Ergebnisse, Produkte und Empfehlungen aus REKLIBS informiert werden. Um allgemeine Fragen wie „Was wurde erarbeitet“ oder „Wo finde ich die Ergebnisse“ zu beantworten, können bspw. interne Besprechungen in den Arbeitsgruppen oder die für die (Fach-)Öffentlichkeit erarbeitete Kurzversion des Projektberichts genutzt werden.

Ein weiterer wichtiger Schritt ist der Transfer der Ergebnisse in die jeweiligen Arbeitsfelder der handelnden Personen. Dazu sollten in den betroffenen Abteilungen zeitnah nach Projektende Workshops durchgeführt werden, um

1. fachspezifische Inhalte zu vermitteln (Interpretation der REKLIBS-Ergebnisse),
2. die Konsequenzen für die jeweiligen Arbeitsfelder zu diskutieren (ggf. ergänzt durch ein gemeinsames Entwickeln von Leitlinien oder Arbeitsanweisungen) und
3. (möglichst an konkreten Beispielen) aufzuzeigen, wie die Ergebnisse aus REKLIBS für die eigene Arbeit eingesetzt werden können (Durchführung des KlimaChecks¹⁸, Kenntnis über die Bereitstellung und Bearbeitung von Geodaten, etc.).
4. Im weiteren Verlauf sollten die Erfahrungen in der Anwendung kontinuierlich in den Abteilungen diskutiert werden.

¹⁸ Zur Anwendung des KlimaChecks ist ein entsprechender Fach-Workshop bereits für das 2. Quartal 2019 verbindlich vereinbart.

Der Informationsfluss innerhalb der Abteilungen sollte um regelmäßige Treffen aller relevanten Akteure des Regionalverbands ergänzt werden (ca. 1 x pro Quartal), um den Wissensaustausch zu fördern, Synergieeffekte zu erkennen und Konflikte zu vermeiden (etwa wenn Maßnahmen zur Klimaanpassung den Zielen des Klimaschutzes entgegenstehen).

Zu bedenken gilt es hierbei, dass Klimaanpassung in Deutschland sowohl auf kommunaler als auch regionaler Ebene ein sehr dynamisches Feld ist, zu dem es zahlreiche Forschungsprojekte, Studien und Vorhaben gibt. Die regelmäßigen Treffen in den Abteilungen und Arbeitsgruppen des Regionalverbands sollen daher ebenfalls dazu dienen, dass alle Beteiligten über aktuelle und neue Erkenntnisse zur Klimaanpassung informiert werden.

Wird dabei ein zusätzlicher Wissensbedarf im Speziellen erkannt bzw. besteht im jeweiligen Arbeitsfeld generell Bedarf an Weiterbildungsangeboten zur Klimaanpassung, soll die Belegschaft ermutigt und unterstützt werden, externe Fortbildungsangebote wahrzunehmen.

Federführung/Koordinierung der Maßnahme

Regionalverband Großraum Braunschweig, Abteilung Regionalentwicklung

Zu beteiligende Akteure

Alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Regionalverbands Großraum Braunschweig

Von der Maßnahme angesprochene prioritäre Klimawirkung(en)

Alle - Fokus auf raumrelevanten Wirkungen mit regionalem Bezug

Konkrete Umsetzungsschritte

- Klärung der Zuständigkeiten im Regionalverband (als AnsprechpartnerIn für die Abteilungen und zur Organisation der abteilungsübergreifenden Treffen)
- Ernennung von Personen, die entsprechendes Wissen von „außen“ recherchieren und aktualisieren (hier bietet sich das bestehende Klimaschutz-Management im Regionalverband an)
- sowie in den jeweiligen Abteilungen (Organisation interner Workshops)

- Veröffentlichung des Projektberichts und der Kurzversion
- Erarbeitung und Verbreitung konkreter Anwendungsfälle in der Umsetzung (bspw. KlimaCheck)
- Feste Zuständigkeit zur Bereitstellung sowie Hilfe bei der Bearbeitung von Geodaten
- Förderung externer Schulungen der MitarbeiterInnen

Referenzen/Quellen

Keine

Querbezug zu anderen Maßnahmen

Es bestehen Querbezüge zu allen weiteren „Sonstigen, informelle Maßnahmen“ (SO-01 „Regionaler Klimadialog“, SO-02 „Informationen zum Regionalen Klimawandel bereitstellen“, SO-03 „Klimafachliche Grundlagen erweitern“ und SO-04 „Klimafolgenanpassung bei regionalen Planungen berücksichtigen“) sowie der Maßnahme RROP-G02 („Anwendung Klima-Check“)

Erfolgsindikatoren

- Eine halb- bis vierteljährige verbandsinterne Informationsveranstaltung ist beim Regionalverband etabliert.
- Die Ergebnisse und Empfehlungen von REKLIBS sind in der Belegschaft des Regionalverbands grundsätzlich bekannt und werden bei Bedarf genutzt (insbesondere Kurzfassung, Themenkarten, KlimaCheck).

Zeitraum der Durchführung

Fortlaufend ab Projektende

Sonstige Bemerkungen / Hinweise

Keine

5.2 Das KlimaCheck-Instrument (Verstetigungsstrategie)

Die Raumordnung im Allgemeinen und regionale Raumordnungspläne in Speziellen müssen im Rahmen einer nachhaltigen und ganzheitlichen Anpassungsstrategie an den Klimawandel die bereits heute absehbaren Folgen des Klimawandels berücksichtigen. Der gesetzliche Handlungsauftrag und damit auch die Legitimation zu entsprechenden Handlungen geht aus § 2 Abs. 6 Satz 7 Raumordnungsgesetz (ROG) hervor. Demzufolge ist im Zuge der Raumordnung grundsätzlich *„den räumlichen Erfordernissen des Klimaschutzes (ist) Rechnung zu tragen, sowohl durch Maßnahmen, die dem Klimawandel entgegenwirken, als auch durch solche, die der Anpassung an den Klimawandel dienen.“* Damit benennt bereits das ROG die beiden im KlimaCheck zu berücksichtigenden Handlungsfelder Klimaschutz (Terminologie des Weltklimarates IPCC = „mitigation“) und Klimaanpassung („adaption“).

Neben der Ordnung und Sicherung des Raumes rückt in diesem Zusammenhang die Entwicklungsaufgabe der Raumordnung in den Fokus erforderlichen regionalplanerischen Handelns. So empfiehlt die Ministerkonferenz für Raumordnung (MKRO), dass die Regionalplanung ihre Koordinierungsfunktion auch im Sinne einer Regionalentwicklung verstärkt (MKRO 2013). Regionalplanerisches Ziel muss eine Raumentwicklung hin zur vorsorgenden Anpassung aller relevanten Raumnutzungen an die regional vorhersehbaren Auswirkungen des Klimawandels sein, welche zunehmend resiliente Raumstrukturen schafft.

Zentrales Leitbild ist eine Region, die auch unter den veränderten Klimabedingungen nachhaltige Wirtschafts- und Lebensbedingungen aufweist und Risiken wie auch Schadenspotenziale durch mithin unangepasste oder übermäßig empfindliche Raumnutzungen weitgehend minimiert. Um sicherzustellen, dass die o.g. Raumentwicklungen eingeleitet und umgesetzt werden, schlägt die MKRO die Einführung eines Klimachecks als Werkzeug zur Umsetzung dieser Ziele vor.

Dabei gilt es dieses, bislang noch nicht in der Praxis etablierte, neue Instrument raumspezifisch und effizient zu konzipieren und umzusetzen. Zu diesem Zweck wurde im Rahmen von REKLIBS ein speziell an die Bedürfnisse des Regionalverbands Großraum Braunschweig angepasster „KlimaCheck“ entwickelt. Dieser baut konzeptionell-methodisch auf den Vorschlägen der MKRO sowie den vom KlimaMORO-Programm entwickelten „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel“ auf. In den folgenden

Kapiteln werden Aufgaben und Anwendungsbereich wie auch Aufbau und methodische Grundlagen des KlimaChecks vertiefend beschrieben. Ein konsolidierter Entwurf des KlimaCheck-Instruments selbst ist ferner dem Anhang des vorliegenden REKLIBS-Gesamtberichts zu entnehmen.

5.2.1 Grundlagen des KlimaChecks

Der Regionalverband Großraum Braunschweig möchte im Zuge der Neuaufstellung seines RROP sowie nicht zuletzt auch im Rahmen seines tagtäglichen Handelns als untere Landesplanungsbehörde zukünftig den Anforderungen der Klimaanpassung verstärkt Rechnung tragen. Der KlimaCheck dient hierbei neben den formellen Instrumenten der Raumordnung (Ziel- und Grundsatzfestlegungen) als ergänzendes informelles Instrument der Sicherung einer nachhaltigen, klimawandelangepassten Raumentwicklung im Rahmen der freiwilligen Selbstkontrolle. Er ist Bestandteil in einer Gesamtstrategie zum sog. „Climate Proofing“. Als Climate Proofing wird dabei die gezielte Ausrichtung von Plänen und Programmen an den Anforderungen, die sich aus dem Klimawandel ergeben, bezeichnet.

Entsprechend der nationalen Anpassungsstrategie der Bundesregierung an den Klimawandel und der Hinweise aus der 1. Phase des KlimaMORO-Prozesses des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) hat die MKRO bereits im Jahr 2013 die folgenden Kerninhalte als Grundpfeiler eines KlimaCheck-Instruments für die Raumordnung benannt. Der KlimaCheck soll

- die Klimaverträglichkeit von Raumordnungsplänen im Rahmen der Umweltprüfung (auf Grundlage von § 8 ROG) sicherstellen,
- zusätzliche Risiken und Schadenspotenziale infolge unangepasster Raumnutzungen vermeiden,
- der zentralen Frage nachgehen, an welche durch den Klimawandel veränderte Umweltbedingungen sich der betrachtete Raumordnungsplan/die Region in welcher Weise anpassen muss.

Zu beachten ist ferner, dass das raumordnerische Handeln und insbesondere der Wirkungskreis der Raumentwicklung keinesfalls auf das Aufstellen von Raumordnungsplänen beschränkt ist. Aus Sicht von Klimaschutz und Klimaanpassung ist es gleichermaßen erforderlich, das raumordnerische Handeln im Ganzen auf die angemessene Berücksichtigung und planerische Würdigung klimatischer Fragestellungen und Aspekte in den Blick zu nehmen und routinemäßig zu überprüfen. Dies schließt

neben der Prüfung eigener Festlegungen im Zuge der Aufstellung von Raumordnungsplänen auch die weiteren Aufgabenbereiche der Raumordnungsbehörden und hierbei insbesondere Raumverträglichkeitsprüfungen im Zuge von Raumordnungsverfahren zu raumwirksamen Planungen und Vorhaben sowie die Erarbeitung von Stellungnahmen als Träger öffentlicher Belange im Zuge von Beteiligungsverfahren zu Bauleitplanungen, Planfeststellungsverfahren und sonstigen Genehmigungsverfahren mit ein. Somit geht der geplante KlimaCheck über das Anforderungsprofil der klassischen Umweltprüfung hinaus und soll als separates, eigenständiges Instrument eingeführt werden.

5.2.2 Aufgabe und Ziele des KlimaChecks für den Regionalverband Großraum Braunschweig

Der Regionalverband Großraum Braunschweig hat im Rahmen seiner Tätigkeit als untere Landesplanungsbehörde festgestellt, dass sich allein mit dem Instrumentarium der Festlegungen im Regionalplan keine hinreichend positiven Entwicklungen und Auswirkungen auf Klimaschutz und Klimaanpassung erzielen lassen. Er ist daher zu der Überzeugung gelangt, dass er zur Wahrnehmung seiner aus dem ROG abzuleitenden Aufgaben und Pflichten mit Blick auf den Klimawandel sowie zur Umsetzung seiner ambitionierten, im „Masterplan 100 % Klimaschutz für den Großraum

Braunschweig“ festgeschriebenen Klimaschutz-Ziele eine kontinuierliche klimaorientierte Prüfung seines raumordnerischen Handelns etablieren muss.

Mit dem unter Kap. 5.2.1 beschriebenen Instrument des KlimaChecks existiert hierfür bereits ein geeignetes methodisches Grundgerüst. Dieses soll im Zuge von REKLIBS auf Grundlage der regionsspezifischen Anforderungen und unter Beachtung der in REKLIBS festgestellten Vulnerabilitäten bzw. regional bedeutsamen Klimawirkungen (vgl. Kap. 4) dazu beitragen, klimagerechte Entscheidungen als untere Landesplanungsbehörde weiter zu entwickeln und an die Bedürfnisse des Regionalverbands anzupassen.

Der Regionalverband soll zum einen in die Lage versetzt werden, ggf. bereits im eigenen Planungsprozess durch Anpassung auf Klimafolgen einzelner Festlegungen reagieren zu können und die Klimaverträglichkeit seiner eigenen Planungen einzuschätzen. Zum anderen sollen darüber hinaus auch gezielte Hinweise und Anmerkungen im Zuge weiterer Aufgaben als untere Landesplanungsbehörde ermöglicht werden.

Mit Hilfe des KlimaChecks soll somit sichergestellt werden, dass der Regionalverband künftig all seine Abwägungen und Entscheidungen – unter Beachtung der jeweiligen raumordnungsrechtlichen Erfordernisse – klimagerecht trifft.

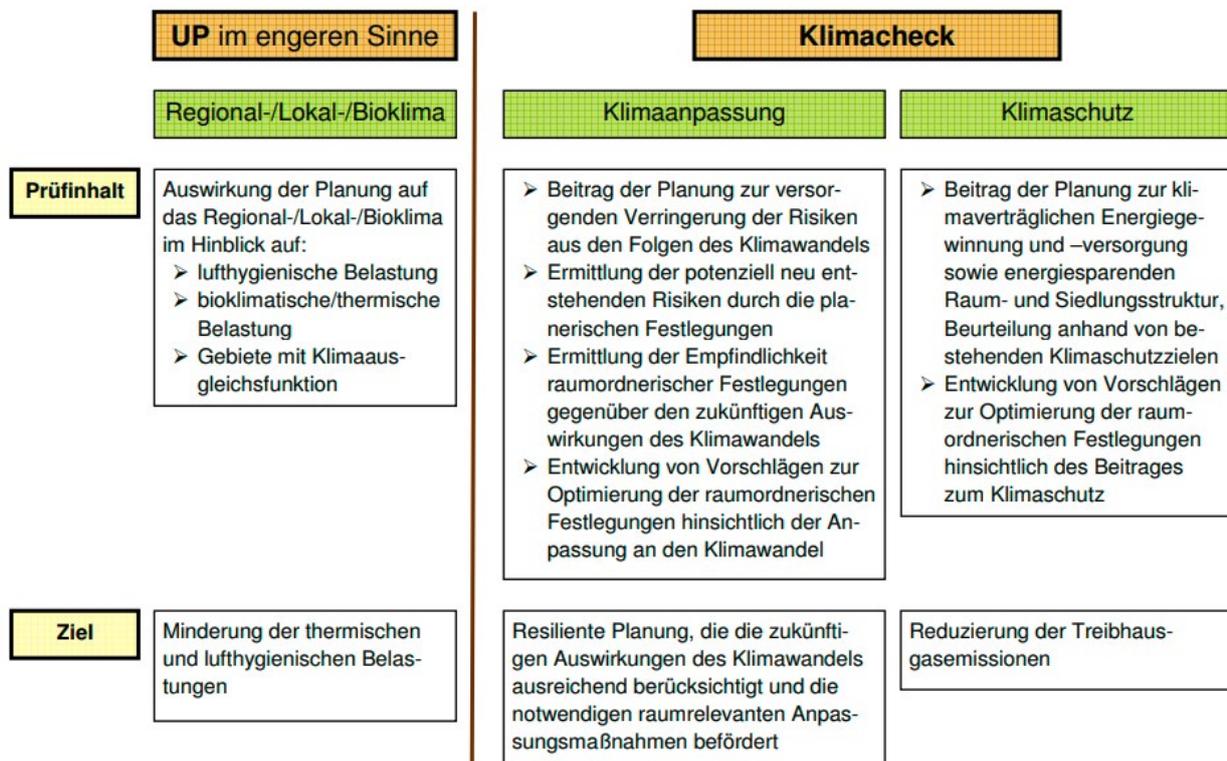


Abb. 38: Inhalte und Ziele von Umweltprüfung und KlimaCheck im Vergleich

Die folgenden übergeordneten Ziele definieren damit den weiteren Aufbau und die spezifischen Anforderungen an den KlimaCheck für den Regionalverband Großraum Braunschweig:

Ziel 1) Der KlimaCheck soll über das Anforderungsregime der Umweltprüfung nach § 8 ROG und des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) hinausgehen und auch im Rahmen von Raumordnungsverfahren sowie bei der Erarbeitung von Stellungnahmen im Rahmen der Beteiligung Träger öffentlicher Belange zu raumwirksamen Planungen und Vorhaben Dritter zur Anwendung kommen können.

Ziel 2) Der KlimaCheck soll gleichermaßen Auswirkungen auf Klimawandel und -anpassung von Plänen und Projekten wie auch deren Vulnerabilität/Empfindlichkeit ggü. dem Klimawandel abschätzen und beurteilen helfen.

Ziel 3) Der KlimaCheck soll die Auswirkungen der geprüften Pläne und Projekte auf die Ziele des Klimaschutzes darstellen und vor dem Hintergrund der Ergebnisse des Masterplans 100 % Klimaschutz¹⁹ beurteilen helfen.

Ziel 4) Der KlimaCheck soll in den Arbeitsalltag des Regionalverbands routinemäßig integriert werden.

Insbesondere um dem letztgenannten Ziel gerecht zu werden, wurde im Rahmen von REKLIBS neben dem Instrument KlimaCheck selbst auch ein Handbuch als Leitfaden zu dessen Anwendung erarbeitet. Dieses Handbuch soll die verschiedenen denkbaren AnwenderInnen des Regionalverbandes bei der Durchführung des KlimaChecks unterstützen und gibt sowohl Hinweise zum Bewertungsmaßstab einzelner Kriterien und deren Verknüpfung bzw. Aggregation zu Zwischenergebnissen und dem Gesamtergebnis als auch zu verfügbaren Daten- und Bewertungsgrundlagen.

Notwendig erscheint dies insbesondere auch deshalb, da in REKLIBS nicht alle mithin zum Ausfüllen bzw. Beantworten der Fragen des KlimaChecks erforderlichen oder wünschenswerten Datengrundlagen bereitgestellt werden können. Diese Datenlücken müssen somit nach Möglichkeit mit Hilfe landes- oder bundesweiter Daten oder aber spezifischer vorhabenbezogener Daten gefüllt werden oder im Einzelfall zunächst offen bleiben.

Überdies wird der KlimaCheck nach Abschluss des REKLIBS-Projekts im Rahmen eines eintägigen Workshops den AnwenderInnen beim Regionalverband vorgestellt

und anhand konkreter Anwendungsbeispiele erprobt. Auf diese Weise soll sichergestellt werden, dass eine effiziente und zielgerichtete Anwendung des KlimaChecks im Arbeitsalltag erfolgen kann und sich das Instrument in der Folge dauerhaft etabliert.

Aus den o.g. übergeordneten Zielen lassen sich ferner wiederum die nachfolgend benannten zentralen Anforderungen an die Ausgestaltung des KlimaChecks ableiten. Der KlimaCheck muss

- aufbauend auf der regionalen Betroffenheitsanalyse (regional bedeutsame Klimawirkungen) die als wesentlich identifizierten Wirkungen abdecken (vgl. Kap. 4.1),
- kompakt und leicht verständlich sein – dabei jedoch eine hinreichende Beurteilungstiefe ermöglichen,
- unabhängig von den unterschiedlichen Tätigkeitsfeldern und Aufgaben der Regionalplanung einheitlich einsetzbar sein („aus einem KlimaCheck-Instrument sollen nicht drei oder vier werden“),
- eine Synthese aus qualitativen und der Möglichkeit konkreter quantitativer Angaben abbilden und
- nach Möglichkeit modular aufgebaut und bei Bedarf erweiterbar sein.

5.2.3 Aufbau und Methodik des KlimaChecks

Vor dem Hintergrund der im vorangegangenen Kapitel benannten Zielsetzungen und Anforderungen ist die Umsetzung des KlimaChecks für den Regionalverband Großraum Braunschweig im Sinne einer Check-/ Prüfliste als vom Anwender auszufüllendes Formular erfolgt. Der KlimaCheck kann damit vergleichbar einem Fragebogen Schritt für Schritt abgearbeitet werden, wobei die Inhalte abschnittsweise sowie abschließend zu Zwischenergebnissen und einem Gesamtergebnis aggregiert werden. Aufbau und Inhalte der Checkliste leiten sich ebenfalls aus den in Kap. 5.2.2 genannten Zielen ab. So baut der KlimaCheck auf den beiden Grundbausteinen der Klimaanpassung und des Klimaschutzes auf. Ergänzend ist der Grundbaustein der Klimaanpassung zudem in die Teilbausteine Vulnerabilität (Bewertung der Empfindlichkeit des geprüften Vorgangs gegenüber absehbaren Klimaveränderungen) und Auswirkungsprognose untergliedert (Bewertung des Einflusses des geprüften Vorgangs auf Klimaveränderungen). Hinzu kommen ein allgemeiner, einleitender Abschnitt, in dem grundlegende Informationen zum geprüften Vorgang abgefragt werden sowie mit der Beurteilung der Raumver-

19) <https://www.regionalverband-braunschweig.de/klimaschutz>

träglichkeit und Zusammenfassung zwei Abschnitte zur aggregierenden Gesamtbewertung (Tab. 26).

Die Grundbausteine zu Klimaanpassung und Klimaschutz werden durch eine unterschiedliche Anzahl geeigneter Kriterien wiedergegeben, die Schritt für Schritt geprüft werden und somit die Bewertung von Anpassungsgrad und Klimaverträglichkeit des geprüften Vorgangs ermöglichen.

Die Auswahl geeigneter Kriterien war eine Kernaufgabe im Zuge der Erarbeitung des KlimaChecks. Sie ist in enger Abstimmung mit dem Regionalverband unter Einbezug aller potenziell betroffenen Abteilungen erfolgt (u.a. auch Klimaschutz-Management, Verkehr). Die Kriterienauswahl wurde im Spannungsfeld zwischen dem Anspruch der Vollständigkeit und Aussagekraft (Vermeidung von Willkürlichkeit) einerseits und der absehbaren Datenverfügbarkeit als Grundlage für eine Bewertung/Beantwortung der Kriterien sowie dem Arbeitsaufwand für die jeweiligen Anwender andererseits getroffen.

Im Besonderen war hier bereits die zu erwartende Heterogenität und Spannweite der mit Hilfe des KlimaChecks zu prüfenden Vorgänge mitzudenken (von der „eigenen“ Festlegung über eine Beteiligung an einer kommunalen Bauleitplanung bis hin zu Raumordnungsverfahren für z.B. Höchstspannungsfreileitungen).

Der vorliegende Entwurf des KlimaChecks folgt dem Ansatz, eine möglichst umfassende und detaillierte Bewertung bei entsprechender Datenlage und Konkretisierungsgrad des geprüften Vorgangs zu ermöglichen, dabei jedoch

gleichzeitig auch bei Nicht-Beantwortung dieser Kriterien zu sinnvollen Ergebnissen zu gelangen.

Der KlimaCheck kann (voraussichtlich) und muss damit nicht für jeden geprüften Vorgang vollständig ausgefüllt werden. Er soll vielmehr die jeweils verfügbaren Informationen übersichtlich zusammenzuführen und überdies auch schlicht verdeutlichen, ob und wenn ja welche zusätzlichen Informationen/Untersuchungen für eine angemessene Berücksichtigung klimatischer Belange noch erfolgen sollten bzw. noch fehlen.

Die für den Grundbaustein der Klimaanpassung zu prüfenden Kriterien bauen direkt auf der regionalen Betroffenheitsanalyse (Kap. 4) und den dort entwickelten Handlungsfelder für die als regional bedeutsam bewerteten Klimawirkungen auf. Hieraus ergeben sich sechs Kriteriengruppen (aufgrund fehlender Wirkpfade beinhaltet die Auswirkungsprognose lediglich vier der sechs Kriteriengruppen; Abb. 39). Demgegenüber wurden die Kriterien für den Baustein Klimaschutz unter Berücksichtigung der regionalen Klimaschutzziele aus dem RROP sowie dem Masterplan 100 % Klimaschutz in Abstimmung mit dem Masterplan-Management erarbeitet und zu fünf Kriteriengruppen aggregiert. Auf diese Weise ergibt sich das in folgendem Schaubild dargestellte Grundgerüst des KlimaChecks für den Großraum Braunschweig.

Die im KlimaCheck enthaltenen und geprüften Kriterien sind Tab. 27 zu entnehmen (gegliedert nach den jeweiligen Teilbausteinen sowie zugrundeliegenden regional bedeutsamen Klimawirkungen/-schutzziele).

Tab. 26: Grundbausteine des KlimaChecks.

Abschnitt	Inhalte
Allgemeiner Teil	Projekttyp, Kurzbeschreibung, Lage, Karte
Klimaschutz	Prüfung und Bewertung der Auswirkungen auf Ziele des Klimaschutzes
Vulnerabilitätsprüfung	Prüfung und (Risiko-)Bewertung der Empfindlichkeit gegenüber klimabedingten Änderungen vorausgewählter, vorgegebener Kriterien
Auswirkungsprognose	Prüfung und (Risiko-)Bewertung potenzieller Vorhabenwirkungen auf Maßnahmen/Strategien zur Klimaanpassung und Klimafolgen auf Grundlage vorausgewählter, vorgegebener Kriterien
Raumverträglichkeitsprüfung	Prüfung der Vereinbarkeit mit klimabezogenen Zielen und Grundsätzen des RROP
Zusammenfassung	Zusammenfassende Bewertung unter Nennung der wichtigsten Betroffenheiten Bei Bedarf Nennung von Vermeidungs-/Optimierungsmaßnahmen Vorschläge zur Optimierung des geprüften Vorgangs

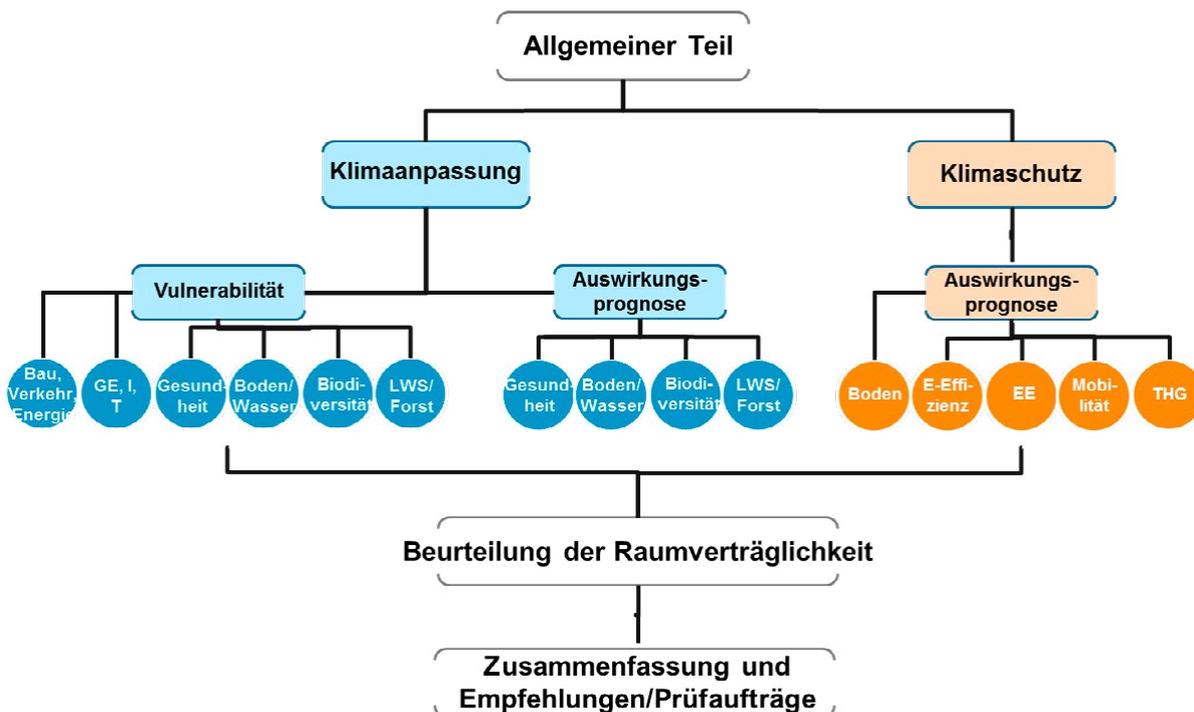


Abb. 39: Grundgerüst und Gliederung des KlimaChecks

Tab. 27: Kriterienkatalog des KlimaChecks.

Ziel/Wirkung	Kriterium (ID des Kriteriums)	Abfrage
KLIMASCHUTZ		
Ziel KS1: Emissionsarme Bodennutzung		
Verringerung der Neuversiegelung und Flächeninanspruchnahme	Neuversiegelung (KS1a) / Entsiegelung (KS1b)	Werden Flächen neuversiegelt oder entsiegelt?
Schutz und Erhalt von Mooren	Organische Böden, Moore (Torf) (KS1c)	Werden Moorböden (insbes. Hochmoore) beansprucht/beeinträchtigt?
Schutz und Erhalt kohlenstoffreicher Böden	Kohlenstoffreiche Böden (KS1d)	Werden kohlenstoffreiche Böden beansprucht/beeinträchtigt?
Extensivierung der Landnutzung, Schutz und Entwicklung von Kohlenstoffsinken, Reduktion landwirtschaftlicher THG-Emissionen	Landnutzungsintensität (KS1e)	Wird die Landnutzungsintensität verändert? (z.B. Grünlandumbbruch, Entwässerung, Brachlegung, Aufforstung etc.)

Ziel/Wirkung	Kriterium (ID des Kriteriums)	Abfrage
Ziel KS2: Effiziente und ressourcenschonende Energienutzung (Energieeffizienz)		
Reduktion des regionalen Energiebedarfs	Energiebedarf (KS2a)	Besteht ein spezifischer Energiebedarf? Wenn ja, in welchem Umfang? Gibt es ein Energiekonzept?
Reduktion des regionalen Energiebedarfs mit Hilfe von Effizienzmaßnahmen und energetischer Optimierung	Energieeffizienz (KS2b)	Werden Aussagen zur energetischen Optimierung getroffen? Hat energetische Optimierung erkennbar stattgefunden?
Ziel KS3: Nutzung erneuerbarer Energien (EE)		
Ausbau der regionalen Erzeugung von regenerativen Energien	EE-Ausbau-Behinderung (KS3a)/ EE-Ausbau-Förderung (KS3b)	Wird der Ausbau der Nutzung regenerativer Energien behindert oder gefördert?
Ausbau der regionalen Erzeugung von regenerativen Energien	EE-Erzeugung (KS3c)	In welchem Umfang wird EE gewonnen?
Reduktion der regionalen Treibhausgas-Emissionen	THG-Substitution (KS3d)	In welchem Umfang werden THG-Emissionen durch die Nutzung von EE vermieden?
Ziel KS4: Klimagerechte Mobilität		
Anpassung der regionalen Mobilität an die Erfordernisse des Klimawandels	Mobilitätsverhalten (KS4a)	Ist der Mobilitätssektor betroffen?
Förderung von umweltverträglichen Verkehrsmitteln (Umweltverbund)	Umweltverbund (KS4b)	Werden Bestandteile des Umweltverbunds beeinflusst oder gefördert?
Reduktion des Individualverkehrs	Verkehrsaufkommen (KS4c)	Wird das Verkehrsaufkommen beeinflusst?
Förderung des ÖPNV	ÖPNV-Anbindung (KS4d)	Lage in Bezug zu Haltepunkten des ÖPNV/SPNV (u.a. Wegelänge)
Aufbau einer klimaverträglichen regionalen Logistik-Struktur	Logistik (KS4e)	Besteht eine Anbindung/ein Potenzial zur Anbindung an klimafreundliche Logistik? (Radschnellwege etc.) Trägt das Vorhaben zum Aufbau klimafreundlicher Logistik bei?

Ziel/Wirkung	Kriterium (ID des Kriteriums)	Abfrage
Ziel KS5: Reduktion von Treibhausgas-Emissionen		
Reduktion von Treibhausgas-Emissionen	Unmittelbare THG-Emissionen (KS5a)	Sind unmittelbar vom Vorhaben ausgelöste THG-Emissionen zu erwarten? Wenn ja, in welchem Umfang und in welcher Art?
	Mittelbare THG-Emissionen (KS5b)	Sind mittelbar/indirekt vom Vorhaben ausgelöste THG-Emissionen zu erwarten? Wenn ja, in welchem Umfang und in welcher Art?
Vermeidung von Treibhausgasemissionen	Vermeidung von THG-Emissionen (KS5c)	Werden THG-Emissionen vermieden bzw. substituiert? Wenn ja, in welchem Umfang und in welcher Art?
KLIMAAANPASSUNG – EMPFINDLICHKEIT GEGENÜBER KLIMAFOLGEN		
Handlungsfeld KA-E1: Bau-/Verkehrswesen		
Gebäudeschäden durch Flusshochwasser und Sturzfluten	Gebäudeschäden (KA-E1a)	Besteht eine Empfindlichkeit gegenüber Gebäudeschäden durch Flusshochwasser/Sturzfluten?
Klimabedingte (Hitze, Frost, Unterspülung etc.) Schäden an Verkehrsinfrastruktur	Verkehrsinfrastruktur (KA-E1b)	Besteht eine Empfindlichkeit gegenüber Schäden an Verkehrsinfrastrukturen?
Klimabedingte (Hitze, Frost, Sturm, Hochwasser) Schäden an Energieinfrastruktur	Energieinfrastruktur (KA-E1c)	Besteht eine Empfindlichkeit gegenüber Schäden an Energieinfrastruktur?
Handlungsfeld KA-E2: Industrie & Gewerbe, Tourismus		
Klimabedingte Unfälle an Betriebsanlage mit Freisetzung gefährlicher Stoffe	Betriebsunfallrisiko (KA-E2a)	Können klimabedingt Schäden an Betriebsanlagen auftreten, die zu einer Freisetzung gefährlicher Stoffe führen?
Einschränkung der physischen Leistungsfähigkeit infolge von Hitzebelastungen für Arbeitskräfte	Leistungsfähigkeit von Arbeitskräften (KA-E2b)	Kann sich eine hitzebedingt verminderte Leistungsfähigkeit auf das Vorhaben auswirken?
Saisonal und segmentale Verschiebung der Nachfrage nach Gütern und insbesondere Erholungsmöglichkeiten (Tourismus)	Nachfrageverschiebung (KA-E2c)	Kann das Vorhaben von klimabedingten Verschiebungen im Nachfragesektor beeinflusst werden?

Ziel/Wirkung	Kriterium (ID des Kriteriums)	Abfrage
Handlungsfeld KA-E3: Menschliche Gesundheit		
Klimawandelbedingte Überwärmung, zunehmende Hitzebelastung und abnehmende Luftqualität in Städten	Hitzebelastung und Luftreinheit (KA-E3a)	Besteht eine Empfindlichkeit gegenüber der zunehmenden Hitze- und Luftbelastung in städtischen Zentren?
Hitzebedingte Zunahme der Mortalität	Mortalität (KA-E3b)	Besteht die Möglichkeit einer Beeinträchtigung des Vorhabens/der Vorhabenziele durch erhöhte Mortalität?
Klimawandelbedingte Zunahme der Belastungen durch aerogene (Schad-)Stoffe	Aerogene Stoffe (KA-E3c)	Besteht die Möglichkeit einer Beeinträchtigung des Vorhabens/der Vorhabenziele durch erhöhte Belastung mit aerogenen (Schad-)Stoffen?
Handlungsfeld KA-E4: Boden und Wasser		
Zunahme in Häufigkeit und Intensität von Flusshochwässern	Flusshochwasser (KA-E4a)	Ist das Vorhaben unter Berücksichtigung des Klimawandels potenziell hochwassergefährdet und ist es gegenüber diesem empfindlich?
Auftreten von Sturzflut-Ereignissen	Sturzfluten (KA-E4b)	Liegt das Vorhaben in einem unter Berücksichtigung des Klimawandels potenziell sturzflutgefährdeten Bereich und ist es gegenüber diesem empfindlich?
Klimawandelbedingte Veränderungen und zunehmende Schwankungen des Grundwasserstandes sowie der Grundwasserverfügbarkeit	Grundwasserverfügbarkeit (KA-E4c)	Ist das Vorhaben auf stabile Grundwasservorkommen angewiesen? Besteht eine Abhängigkeit von der Grundwasserverfügbarkeit?
Klimawandelbedingt verstärkte Erosion durch Wind und Wasser	Erosion (KA-E4d)	Liegt das Vorhaben in einem erosionsgefährdeten Bereich? Ist es empfindlich gegenüber vermehrtem Bodenabtrag bzw. verstärkter Bodenakkumulation?
Handlungsfeld KA-E5: Biologische Vielfalt		
Klimawandelbedingte Veränderungen von Habitateigenschaften und Verschiebung von Habitatgrenzen für wildlebende Tiere und Pflanzen	Habitatveränderung (KA-E5a)	Dient das Vorhaben dem Schutz der Biodiversität und sind die Vorhabenziele gegenüber veränderten Habitatgrenzen und Standortbedingungen empfindlich?

Ziel/Wirkung	Kriterium (ID des Kriteriums)	Abfrage
Handlungsfeld KA-E6: Land-, Wald- und Forstwirtschaft		
Klimawandelbedingte Zunahme von Trocken- und Hitzeperioden mit der Folge eines erhöhten Waldbrandrisikos	Waldbrandrisiko (KA-E6a)	Besteht eine Empfindlichkeit gegenüber zunehmenden und häufigeren Waldbränden?
Klimawandelbedingte Veränderungen landwirtschaftlicher Erträge und Ertrags-Qualitäten	Ertragsentwicklung (KA-E6b)	Besteht eine Empfindlichkeit gegenüber der Veränderung von Menge und Qualität von Erträgen aus der wirtschaftlichen Landnutzung?
KLIMAAANPASSUNG – AUSWIRKUNGEN AUF KLIMAFOLGEN UND KLIMAAANPASSUNG		
Handlungsfeld KA-A1: Menschliche Gesundheit		
Klimawandelbedingte Überwärmung, zunehmende Hitzebelastung und abnehmende Luftqualität in Städten	Einfluss auf Hitzebelastung (KA-A1a)	Verstärkt oder vermindert das Vorhaben vorhandene oder zu prognostizierende Belastungssituationen?
Handlungsfeld KA-A2: Boden und Wasser		
Zunahme in Häufigkeit und Intensität von Flusshochwässern	Beeinflussung des Abflussverhaltens (KA-A2a)	Greift das Vorhaben in das Abflussverhalten von Fließgewässern ein?
Auftreten von Sturzflut-Ereignissen	Beeinflussung des Sturzflutrisikos (KA-A2b)	Erhöht das Vorhaben das Risiko von Sturzfluten? Werden oberflächliche Abflüsse begünstigt?
Klimawandelbedingte Veränderungen und zunehmende Schwankungen des Grundwasserstandes sowie der Grundwasserverfügbarkeit	Beeinflussung des Grundwasserstands (KA-A2c)	Beeinflusst das Vorhaben den Grundwasserstand und die verfügbare Grundwassermenge?
Verringerung der Leistungsfähigkeit und Fruchtbarkeit von Böden	Beeinträchtigung klimaempfindlicher Böden (KA-A2d)	Beeinträchtigt das Vorhaben klimaempfindliche Bodentypen?
Handlungsfeld KA-A3: Biologische Vielfalt		
Klimawandelbedingte Veränderungen von Habitateigenschaften und Verschiebung von Habitatgrenzen für wildlebende Tiere und Pflanzen	Biotopverbund (KA-A3a)	Beeinträchtigt oder fördert das Vorhaben den regionalen und überregionalen Biotopverbund?

Ziel/Wirkung	Kriterium (ID des Kriteriums)	Abfrage
Handlungsfeld KA-A4: Land-, Wald- und Forstwirtschaft		
Klimawandelbedingte Zunahme von Trocken- und Hitzeperioden mit der Folge eines erhöhten Waldbrandrisikos	Erhöhung Waldbrandrisiko (KA-A4a)	Kann das Vorhaben das Waldbrandrisiko beeinflussen?
Klimawandelbedingte Abnahme der Widerstandsfähigkeit und Gesundheit von Wäldern	Beeinträchtigung von Waldfunktionen (KA-A4b)	Beeinträchtigt das Vorhaben die Funktion von Wäldern als Rückzugs- und Erholungsraum vor zunehmenden Hitzebelastungen?

Die Bewertung der einzelnen in der Tabelle aufgeführten Kriterien erfolgt im KlimaCheck soweit möglich und sinnvoll mindestens in einem zweistufigen Verfahren mit einer vorgeschalteten Relevanzprüfung. Sollten bestimmte Wirkungen für einen geprüften Vorgang von vornherein ausgeschlossen werden können bzw. nicht relevant sein, müssen die vertiefenden Fragen nicht weiter betrachtet werden.

Da eine fehlende Relevanz einzelner Kriterien vor dem Hintergrund der Ziele des KlimaChecks (Sicherstellen eines klimaverträglichen bzw. klimagerechten raumplanerischen Handelns) gleichbedeutend mit der Aussage „klimaverträglich“ ist, werden diese Kriterien auch entsprechend in die Gesamtbewertung eingestellt. Hiervon zu unterscheiden sind Kriterien, für die eine grundsätzliche Relevanz anzunehmen ist, die jedoch aufgrund fehlender Daten oder Bewertungsgrundlagen keine Bewertung/Aussage getroffen werden kann. Für diese Kriterien ist nicht auszuschließen, dass eine Empfindlichkeit bzw. negativen Auswirkungen auftreten. Sie werden daher gesondert mit Blick auf möglw. noch weiter zu untersuchende Sachverhalte erfasst.

Bei bestehender Relevanz folgen weitere Detailfragen, die entweder quantitativ oder verbal-argumentativ beantwortet werden können. Daran anschließend erfolgt auf Basis dieser vertiefenden Fragen zunächst für jedes Ziel bzw. Handlungsfeld eine Bewertung innerhalb einer jeweils dreistufigen Bewertungsskala.

Aufgrund der unterschiedlichen denkbaren Merkmalsausprägungen zwischen den Bewertungsgruppen Klimaschutz und Auswirkungen auf die Klimaanpassung (Resilienz) auf der einen und der Empfindlichkeit (Vulnerabilität) gegenüber dem Klimawandel auf der anderen Seite unterschei-

den sich auch die entsprechenden Bewertungsoptionen in der dreistufigen Skala. Für den Bereich Klimaschutz und Auswirkungen auf den Klimawandel erfolgt eine Unterteilung in „klimafreundlich“ (Wert 1), „klimaneutral“ (Wert 2) und „klimakritisch“ (Wert 3).

Demgegenüber gliedern sich die Kriterien im Bereich Klimaanpassung nach „gering oder unempfindlich“ (Wert 1), „empfindlich“ (Wert 2) und „sehr empfindlich“ (Wert 3). Die Zuordnung zu einer der drei Bewertungsoptionen muss in der Regel in Form einer gutachterlichen Einschätzung/Bewertung auf der Basis der kriterienspezifisch dokumentierten, zumeist verbal-argumentativen Inhalte des Prüfungsvorganges erfolgen.

Eine auf mathematischen Regeln basierende, starre Bewertungsvorgabe ist sowohl aufgrund des großen Spektrums an abgedeckten Vorhaben (und damit gleichermaßen unterschiedlicher Datenqualitäten und Detaillierungsgrade sowie Wirkfaktoren) als auch infolge der nicht sinnvoll vergleichbaren zu untersuchenden Kriterien („Äpfel-mit-Birnen“-Problem) nicht möglich. Gleichwohl werden im begleitend erstellten Handbuch zum KlimaCheck für die einzelnen Kriterien Bewertungsbeispiele und –rahmen gegeben, welche die Bearbeitung erleichtern sollen.

Die regionale Klimaanalyse im Rahmen von REKLIBS soll grundsätzlich die für die Durchführung des KlimaChecks erforderlichen klimafachlichen Grundlagen wie auch strategischen Planungs- und Entscheidungshilfen erarbeiten.

Als zentrale Bewertungsgrundlagen wurden daher im Rahmen von REKLIBS sog. Themenkarten zur räumlichen Darstellung ermittelter Vulnerabilitäten für die als regional bedeutsam abgegrenzten Handlungsfelder erstellt.

Diese Karten sind im Rahmen der Bearbeitung des KlimaChecks in Bezug auf den konkret geprüften Vorgang hin zu berücksichtigen und mit seinem räumlichen Umgriff zu überlagern. Im Zuge der Formulierung kriterienbezogener Fragestellungen für den KlimaCheck wurde vor diesem Hintergrund darauf geachtet, dass möglichst viele Kriterien halb-automatisiert unter Einsatz verfügbarer Geodaten (u.a. aus den Themenkarten) und mit Hilfe eines Geoinformationssystems beantwortet werden können. Auch hierzu erfolgen im Handbuch vertiefende Handlungsanweisungen bzw. Bearbeitungshinweise.

Es ist jedoch gleichermaßen zu betonen, dass im Rahmen von REKLIBS nicht alle im Einzelfall wünschenswerten Datengrundlagen erarbeitet oder zusammengetragen werden können. Für bestimmte Klimawirkungen wie insbesondere Sturzfluten und Überschwemmungsereignisse sind voraussichtlich weitergehende regionale Untersuchungen erforderlich.

Die Bewertung der einzelnen Handlungsfelder/Ziele erfolgt nach dem Maximalwertprinzip. Das heißt, dass wenn mindestens ein Kriterium eines Handlungsfelds/Ziels als klimakritisch zu bewerten ist, auch die Gesamtbewertung für dieses Handlungsfeld/Ziel entsprechend hoch ausfallen muss. Sofern für eine Bewertung keine hinreichenden Datengrundlagen zur Verfügung stehen, ist eine entsprechende Angabe als zusätzliche vierte Bewertungs-Option (Wert 4) möglich (siehe oben). Im Falle, dass für ein Handlungsfeld/Ziel alle Kriterien aufgrund nicht vorhandener Daten als nicht zu bewerten eingestuft werden, ist auch das gesamte Ziel/

Handlungsfeld entsprechend zu bewerten.

Im Anschluss an die Bearbeitung der einzelnen Kriterien des KlimaChecks erfolgt eine Aggregation der zunächst auf das jeweilige Handlungsfeld bzw. Ziel bezogenen Bewertungen zu einem abschnittsbezogenen Zwischenergebnis. Somit werden drei übergeordnete Teilergebnisse erzeugt, welche Aussagen über

1. die Vereinbarkeit mit den Zielen des **Klimaschutzes**,
2. die **Empfindlichkeit/Vulnerabilität** gegenüber den regionalen Klimafolgen sowie
3. die **Auswirkungen** auf Anpassungsgrad und Resilienz der Region

erlauben.

Die Aggregation der Einzelwerte zu den o.g. Teilergebnissen erfolgt in Anlehnung an die vom Umweltbundesamt²⁰ entwickelte Methode mit Hilfe der Formel

$$ZE = \frac{2 * HFZ3 + 1 * HFZ2 + 0 * HFZ1}{(HFZ3 + HFZ2 + HFZ1)} * HFZ4$$

mit

ZE = Zwischenergebnis

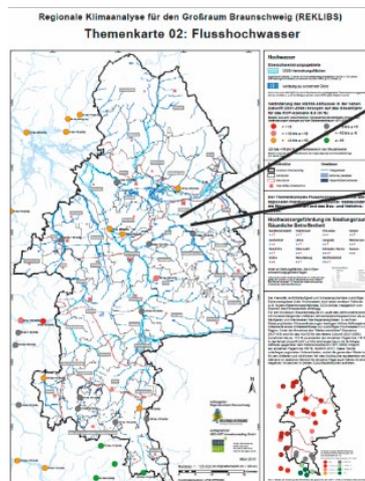
HFZ3 = Summe der Handlungsfelder oder Ziele mit Bewertung „3“

HFZ2 = Summe der Handlungsfelder oder Ziele mit Bewertung „2“

HFZ1 = Summe der Handlungsfelder oder Ziele mit Bewertung „1“

HFZ4 = wenn mindestens ein Handlungsfeld oder Ziel mit Bewertung „4“ auftritt, dann = -1; sonst = 1

REKLIBS-Themenkarten



Prüfvorgang
(Überlagerung)



KlimaCheck



abc. 123

Abb. 40: Erzeugung von Bewertungsgrundlagen zur Bearbeitung des KlimaChecks mit Hilfe der REKLIBS-Themenkarten

20) Leitfaden für Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsanalysen (UBA 2017)

Bei Anwendung der Formel sind Ergebnisse zwischen im Zahlenraum zwischen +2 und -2 zu erwarten. Die jeweiligen Zahlenwerte werden entsprechend der folgenden Tabelle anschließend zurück in die ursprünglichen nominalen Bewertungsstufen überführt:

Tab. 28: Bewertungsvorgaben zur Aggregation von Teilergebnissen.

Rechnerisches Ergebnis	Nominal-Bewertung
> 1,0 bis 2,0	„klimakritisch“ oder „sehr empfindlich“
> 0,0 bis 1,0	„klimaneutral“ oder „empfindlich“
0	„klimafreundlich“ oder „gering oder unempfindlich“
+/-	Ein negatives Vorzeichen weist darauf hin, dass mindestens ein Handlungsfeld/Ziel aufgrund unzureichender Datengrundlagen nicht bewertet werden konnte.

Im KlimaCheck werden mit insgesamt mehr als 40 Kriterien eine erhebliche Anzahl von Fragestellungen aufgeworfen. Bereits angesprochen wurde das Spannungsfeld zwischen möglichst großer Aussagekraft und Bearbeitungsaufwand insbesondere vor dem Hintergrund der großen Spannweite möglicher Prüfvorgänge (Projekte, Pläne, Maßnahmen). Je nach Typ des Prüfvorganges kann es dabei sein, dass zahlreiche Kriterien des KlimaChecks keine Relevanz besitzen und keinerlei Prüfung erfordern. Andere geprüfte Vorgänge können wiederum ebendiese diese Kriterien für eine angemessene Prüfung benötigen. Um den Bearbeitungsaufwand möglichst gering zu halten und zur Vermeidung unnötig umfangreicher Unterlagen wurde daher ein modularer Aufbau des KlimaChecks, getrennt nach den drei vom Regionalverband erwarteten Haupteinsatzbereichen mit vergleichsweise homogenen Vorhaben-Charakteristika, vereinbart. Die eigentliche Prüfung erfolgt daher je nach im Allgemeinen Teil auszuwählenden Vorhabentyp entweder in

- **Modul A: Raumplanung im RROP**
(Klimarelevanz von eigenen Festlegungen des Regionalverbands Großraum Braunschweig in Form von Zielen und Grundsätzen)

- **Modul B: Raumordnungsverfahren**
(Prüfung der Raumverträglichkeit von raumwirksamen Planungen und Vorhaben)
- **Modul C: Trägerbeteiligung**
(TÖB) (Erarbeitung von Stellungnahmen im Zuge von Bauleitplanung, Planfeststellungsverfahren oder Genehmigungsverfahren)

Je nach gewähltem Modul unterscheiden sich Art und Anzahl der zu prüfenden Kriterien.

Im Anschluss an die kriterienbasierte Überprüfung der Klimaverträglichkeit in Bezug auf Klimaschutz, Vulnerabilität und Auswirkungen auf die Klimaanpassung erfolgt auf der Grundlage der hier bereits ermittelten Zwischenergebnisse die Prüfung auf Vereinbarkeit des geprüften Vorganges mit den im RROP festgelegten Zielen und Grundsätzen der Raumordnung, die einen konkreten Bezug zu klimatischen Belangen/Fragestellungen aufweisen.

Abschließend sieht der KlimaCheck die Bildung eines zusammenfassenden Gesamtergebnisses auf der Basis der drei kriterienbezogenen Zwischenergebnisse vor. Hierbei gilt wiederum das Maximalwertprinzip. Auch das Gesamtergebnis wird sodann in die bekannte dreistufige Nominalskala eingeordnet, wobei folgende Bewertungsstufen vorgegeben sind:

- Klimakritisch
- Bedingt klimagerecht
- Klimagerecht

Dementsprechend kann ein geprüfter Vorgang ausschließlich dann als „klimagerecht“ bewertet werden, wenn alle drei Zwischenergebnisse als „gering oder unempfindlich“ bzw. „klimafreundlich“ eingestuft worden sind.

Dem kriterienbasiert ermittelten Gesamtergebnis wird überdies das Ergebnis der Konformitätsprüfung gegenübergestellt. Im Rahmen einer abschließenden verbalargumentativen Zusammenschau wird die Klimawirksamkeit des geprüften Vorganges kurz erläutert.

Überdies können in diesem Zusammenhang Hinweise und Empfehlungen als Bausteine für etwaig zu erarbeitende Stellungnahmen oder künftige eigene Planungen gegeben werden.

Beispielhafte Durchführung einer Aggregation von Teilergebnissen im Abschnitt „Empfindlichkeit gegenüber Klimafolgen“ zu einem Zwischenergebnis

Einzelbewertungen der Handlungsfelder:

- KA-E1: Bau-/Verkehrswesen und Energie = *empfindlich* (2)
 KA-E2: Industrie & Gewerbe, Tourismus = *sehr empfindlich* (3)
 KA-E3: Menschliche Gesundheit = *gering empfindlich* (1)
 KA-E4: Boden und Wasser = *unempfindlich* (1)
 KA-E5: Land-, Wald- und Forstwirtschaft = *keine Bewertung möglich* (4)

$$\text{Empfindlichkeit} = \frac{2 * 1 + 1 * 1 + 0 * 2}{5} * -0,6$$

Aus dem Wert -0,6 leitet sich folgendes Zwischenergebnis für die spezifische Empfindlichkeit gegenüber Klimafolgen ab: *Der geprüfte Vorgang ist empfindlich gegenüber Klimafolgen. Für einzelne regional bedeutsame Klimawirkungen stehen überdies keine hinreichenden Datengrundlagen zur Verfügung*

5.2.4 Anwendungsbereich und Umgang mit den Ergebnissen des KlimaChecks

Der KlimaCheck soll als intern vom Regionalverband Großraum Braunschweig anzuwendendes Werkzeug zur Überprüfung und Gewährleistung eines klimagerechten bzw. klimaangepassten raumplanerischen Handelns dienen. Er ist indes nicht für die Anwendung außerhalb des Wirkungs- und Tätigkeitsbereichs des Regionalverbands vorgesehen.

Die Ergebnisse des KlimaChecks besitzen überdies einen rein informellen Charakter und gehen – sofern nicht die Konformitätsprüfung in Bezug auf im RROP festgelegte Ziele negativ ausgefallen ist – nicht mit rechtsverbindlichen Konsequenzen einher. Sie sind damit nicht geeignet, von Dritten zwingend zu beachtende oder lediglich zu berücksichtigende raumordnerische Vorgaben zu konstituieren.

Vielmehr sollen die Ergebnisse des KlimaChecks den Regionalverband in seinem raumplanerischen Handeln unterstützen. Die Ergebnisse des KlimaChecks sollen somit zum einen dazu genutzt werden, die eigenen Planungen zu überprüfen und ggf. zu optimieren. Insbesondere im Zuge der bereits eingeleiteten Neuaufstellung des RROP für den Großraum Braunschweig soll der KlimaCheck für relevante Planinhalte durchgeführt und seine Ergebnisse in einem iterativen Prozess direkt in die Entwurfserarbeitung zurückgespeist werden.

Schließlich soll auch der fertige Plan-Entwurf dem KlimaCheck unterzogen werden und die Ergebnisse zusammenfassend in die Umweltprüfung nach § 8 ROG eingearbeitet werden.

Zum anderen sollen die Ergebnisse auch dazu genutzt werden, bei Bedarf im Rahmen von Stellungnahmen oder Raumordnungsverfahren gezielt Fragen aufzuwerfen und Hinweise zu möglichen Optimierungspotenzialen bzw. Untersuchungsbedarfen zu geben.

Wenngleich diese konkreten Hinweise und Fragen allein spezifisch und bezogen auf den jeweiligen Prüfvorgang – und damit erst im Zuge der eigentlichen Anwendung des KlimaChecks – generiert werden können, wurden im Zuge von REKLIBS für alle drei Bewertungskategorien des KlimaCheck-Gesamtergebnisses (vgl. Kap. 5.2.3) allgemein anwendbare und als einleitende Textbausteine im Rahmen von Stellungnahmen konzipierte Standardformulierungen erarbeitet.

Ergänzt werden diese, bei entsprechend der in Kap. 5.2.3 vorgestellten Aggregationsmethodik mit negativem Vorzeichen versehenem Ergebnis, ggf. um einen standardisierten Hinweis zu vorhandenen Datenlücken und damit begrenzter Aussagekraft des KlimaCheck-Ergebnisses.

Folgende Textbausteine werden den drei möglichen Ergebnis-Ausprägungen zugeordnet:

Gesamtbewertung KlimaCheck	Textbaustein
Klimakritisch	<i>Der vor dem Hintergrund des Leitbildes einer klimagerechten Raumstruktur und –entwicklung im Großraum Braunschweig mit Hilfe des KlimaChecks geprüfte Vorgang ist als klimakritisch zu bewerten. Aus Sicht der unteren Landesplanungsbehörde besteht damit ein Überarbeitungsbedarf. Es wird nachdrücklich empfohlen, das Vorhaben im Hinblick auf die im Folgenden benannten als klimakritisch einzustufenden Teilaspekte auf vorhandene klimabezogene Optimierungspotenziale hin zu überprüfen. In diesem Zusammenhang sollten auch räumliche Alternativen zur Umsetzung der Vorhabenziele in Betracht gezogen werden. Sofern entsprechende Potenziale bzw. Alternativen nicht bestehen oder aus bestimmten Gründen nicht ausgeschöpft werden können, sollten die Verfahrensunterlagen diesbezüglich angereichert werden.</i>
Bedingt klimagerecht	<i>Der vor dem Hintergrund des Leitbildes einer klimagerechten Raumstruktur und –entwicklung im Großraum Braunschweig mit Hilfe des KlimaChecks geprüfte Vorgang ist als bedingt klimagerecht zu bewerten. Die wesentlichen Bestandteile des Vorhabens entsprechen den regionalen Klimazielen. Einzelne, im Folgenden genauer benannte, Bestandteile sind gleichwohl als klimakritisch zu bewerten und sollten auf vorhandenes Optimierungspotenzial hin untersucht und soweit möglich und in der Gesamtabwägung sinnvoll angepasst werden. Sofern eine entsprechende Optimierung erfolgen kann, ist das Vorhaben als klimagerecht zu bewerten.</i>
Klimagerecht	<i>Der vor dem Hintergrund des Leitbildes einer klimagerechten Raumstruktur und –entwicklung im Großraum Braunschweig mit Hilfe des KlimaChecks geprüfte Vorgang ist als klimagerecht zu bewerten. Das Vorhaben entspricht den regionalen Klimazielen und trägt zur Umsetzung der regionalen Schutz- und Anpassungsstrategie bei.</i>
Datenlücken (negatives Vorzeichen im Ergebnis der rechnerischen Aggregation)	<i>Das Ergebnis des KlimaChecks ist in Bezug auf nachfolgend benannte Teilaspekte nur eingeschränkt aussagekräftig. Für eine sachgerechte Bewertung dieser Teilaspekte liegen keine hinreichend detaillierte oder raumkonkrete Daten- und/oder Bewertungsgrundlagen vor.</i>

5.3 Controlling-Konzept

5.3.1 Einleitung

Die Regionale Klimaanalyse für die Region Großraum Braunschweig (REKLIBS) hat zum Ziel, aktuelle und zukünftige Klimaveränderungen und –gefahren aufzuzeigen und daraus Handlungserfordernisse zum Umgang mit den Auswirkungen des Klimawandels abzuleiten. Hierzu werden im REKLIBS konkrete Maßnahmen vorgeschlagen. Um den Grad der Umsetzung und Wirksamkeit der Maßnahmen beurteilen zu können, bedarf es der Kenntnis über den gegenwärtigen Stand der Maßnahmen. Bezugspunkt für die Differenzgröße der Veränderungen ist der im REKLIBS im Jahr 2019 dargelegte Status quo. Die Regionalen Akteure können mit diesen Informationen auf die zwischenzeitlich eingetretenen Veränderungen reagieren und bei Nichteinhaltung bzw. Wirkungslosigkeit der Maßnahmen nachsteuern. Die Steuerung auf der Ebene der Regionalplanung übernimmt dabei der Regionalverband Großraum Braunschweig.

Als Überwachungsinstrument für die Einhaltung der im REKLIBS herausgearbeiteten Schlüsselmaßnahmen wird vom Regionalverband ein Controlling-Konzept konzipiert und durchgeführt. Dieses betrifft sowohl Maßnahmen in der Regionalplanung (z.B. Verankerung klimaorientierter Maßnahmen bei der Neuaufstellung des Regionalen Raumordnungsprogramms (RROP)), als auch Maßnahmen in der Funktion als unterer Landeplanungsbehörde (z.B. Anwendung des Instruments KlimaCheck im Rahmen von Raumordnungsverfahren und landesplanerischen Stellungnahmen zur Raumverträglichkeit von Vorhaben). Weiterhin werden in dem Controlling-Konzept Maßnahmen betrachtet, die der Verwirklichung informeller Abstimmungen, Vereinbarungen und Tätigkeiten dienen, wie bspw. die Einrichtung eines regionalen Klimadialogs als Informations- und Sensibilisierungskampagne.

Die Basis für das Controlling der Maßnahmen bildet der vorliegende Endbericht zum REKLIBS. Die wesentlichen Schlüsselmaßnahmen des Clusters I (siehe nachstehende Tab. 29) beziehen sich direkt auf die Anwendung der Handlungsempfehlungen im Zuge der Neuaufstellung des RROP. Das neue RROP (Arbeitstitel: RROP 3.0) soll als Referenz für den ersten und folgende Controllingberichte herangezogen werden. Über das sich ergebende Delta können zwischenzeitlich erfolgte Entwicklungen auf ihre Klima-

wirkungen transparent gemacht und ggf. erforderliche Anpassungen vorgenommen werden.

Ziele und Grundsätze der Raumordnung entfalten ihre Bindungswirkungen gemäß § 4 ROG. Weiterhin entwickeln die sogenannten Raumordnungsklauseln in den Fachgesetzen eindeutige Bindungswirkungen oder enthalten Berücksichtigungsregeln. So sind z.B. die kommunalen Bauleitpläne gemäß § 1 Abs. 4 BauGB an die Ziele der Raumordnung anzupassen. Bei der Waldumwandlung z.B. entfalten die Ziele der Raumordnung gemäß § 8 NWaldLG ein erhebliches Gewicht im Rahmen der Genehmigungsentscheidung.

Aus den Aufgabenbereichen des Regionalverbands als Träger der Regionalplanung, untere Landesplanungsbehörde und Akteur der Regionalentwicklung nach § 14 ROG heraus ergibt sich durch die verbindlichen Festlegungen im Regionalen Raumordnungsprogramm wie auch durch die informellen Planungen und Maßnahmen für die Städte und Gemeinden sowie für die Fachplanungsträger eine klimaorientierte Handlungsanleitung für ihre eigenen Planungen und Maßnahmen. Da sich das Regionale Raumordnungsprogramm für den Großraumraum Braunschweig derzeit in Neuaufstellung befindet, besteht der Anspruch, die im REKLIBS identifizierten Schlüsselmaßnahmen als aktuelle Grundlage im Themenfeld Klimaschutz und Klimaanpassung zu verwenden, im neuen RROP 3.0 zu verankern und dadurch zur erforderlichen Anpassungsstrategie beizutragen.

Mit der Beachtung bzw. Berücksichtigung der im RROP festgelegten Ziele und Grundsätze auf der Ebene der kommunalen Bauleitplanung und Fachplanungen wird das klimaorientierte RROP zu einem wirksamen Instrument in Bezug auf die Anpassung an die zukünftigen klimatischen Verhältnisse. Durch die Bindungswirkungen tragen auch die Städte und Gemeinden sowie die Fachbehörden zur Umsetzung des REKLIBS bei.

Damit diese klimaorientierten Strategien, Planungen und Maßnahmen kontinuierlich mitgetragen werden, bedarf es eines hohen Maßes an Transparenz. Die Verstetigung der Klimaanpassungsmaßnahmen muss messbar gemacht werden. Hierbei kann das klimaorientierte Controlling als kontinuierlicher Prozess der Überwachung und Offenlegung einen Diskussionsprozess über erforderliche Nachsteuerungsstrategien und Maßnahmen anregen.

Das REKLIBS-Controlling beinhaltet eine kontinuierliche Berichterstattung über den Erfüllungsgrad der Maßnahmen. Diese soll in regelmäßigen Abständen erfolgen. Über den Abgleich der Bauleit- und Fachplanung sowie deren Umsetzungen mit den im RROP 3.0 festgelegten Vorrang- und Vorbehaltsgebieten wird die Wirkung der verfolgten Klimaschutzstrategie nachvollzogen.

In dem Fall, dass durch das Controlling festgestellt wird, dass die Festlegungen im RROP 3.0 keine oder keine ausreichenden Wirkungen erzielen, kann der Regionalverband steuernd tätig werden. Eine solche Überprüfung ist zunächst zwei Jahre nach Inkrafttreten des RROP und dann kontinuierlich alle drei Jahre vorgesehen.

Der Controllingbericht soll den politischen Gremien im Regionalverband zur Diskussion gestellt werden. Infolge kann die Regionalplanung und Regionalentwicklung im Zusammenwirken mit anderen Raumakteuren maßstabsbezogen und maßnahmenorientiert reagieren.

5.3.2 Vorgehen

Die Messung der Klimawirksamkeit der Maßnahmen erfolgt im Wesentlichen über die in den dazugehörigen Steckbriefen aufgenommenen Indikatoren (Anm. Für einzelne Schlüsselmaßnahmen werden im Vergleich zu den Maßnahmensteckbriefen zusätzlich oder leicht veränderte Indikatoren in das Controlling-Konzept aufgenommen).

Umsetzungs-Controlling: Die Indikatoren können hinsichtlich ihrer Messbarkeit differenziert werden. Ein Teil der Indikatoren beschreibt qualitative Aussagen oder eine Feststellung über die erfolgte Durchführung mittels Festlegung im RROP (ja – nein). Ein größerer Teil der für das Controlling ausgesuchten Indikatoren lässt dagegen eine Quantifizierung zu, so z.B. über die Anzahl der durchgeführten Veranstaltungen oder die Anwendung von Instrumenten wie dem KlimaCheck. Hierbei ist es erforderlich, Zielwerte zu definieren und das Erreichen dieser Zielwerte zu überwachen. Auf Grundlage der Ergebnisse kann im Sinn eines umfassenden Klimaschutzes nachgesteuert werden.

Wirksamkeits-Controlling: Die Umsetzung der Klimaanpassungsmaßnahmen reicht über die Kompetenz der Festlegungen im RROP hinaus. Dies trifft auf die in der kommunalen Bauleitplanung und Genehmigungsplanungen mögliche Abwägung der textlichen wie auch zeichnerischen Festlegungen im RROP 3.0 zu (Vorbehaltsgebiete, textliche Grundsätze und sonstige Erfordernisse der Raumordnung).

Daher ist nach Inkrafttreten des RROP 3.0 ein regelmäßig durchzuführender Abgleich mit den im RROP 3.0 getroffenen Festlegungen und den zwischenzeitlich real erfolgten Entwicklungen erforderlich. Hierdurch kann die Wirksamkeit der Festlegungen im RROP 3.0 im Zuge der nachfolgenden Umsetzung evaluiert werden.

Anhand der vorhandenen oder nicht vorhandenen Beeinträchtigung dieser Leitbahnen kann z.B. die Wirksamkeit der vorsorgenden raumplanerischen Festlegung der Kalt- und Frischluftleitbahnen belegt werden.

Die Messung erfolgt hierbei je nach Fragestellung und Zielsetzung z.B. über den Abdeckungsgrad (Fläche und Anteil, ermittelt in Hektar oder Prozent). Gegebenenfalls kann die Messung auch über eine Detailbetrachtung der einzelnen Maßnahmenbausteine erfolgen (z.B. Leitbahnen oder Hochwassereinzugsgebiete).

Das Konzept zum REKLIBS-Controlling dient als Handlungsanleitung für das im Zuge der Neuaufstellung des RROP 3.0 nach § 45 UVPG vorgeschriebene Umweltmonitoring. Hier werden die erheblichen Umweltauswirkungen aus den Festlegungen des RROP 3.0 u.a. für das Schutzgut „Klima“ transparent gemacht.

Auf Grundlage der Ergebnisse können nachteilige Auswirkungen ermittelt und geeignete Abhilfemaßnahmen ergriffen werden. Eine Überprüfung der Übertragbarkeit der im REKLIBS-Controlling festgehaltenen Überwachungsmaßnahmen auf die Monitoring-Maßnahmen im Rahmen des erforderlichen RROP-Umweltmonitorings ist vorgesehen

Das REKLIBS-Controlling wird so in das ständige Umweltmonitoring integriert und ggf. ausgebaut. Hierdurch wird die Regionalplanung in die Lage versetzt, den Fokus stärker auf die Ausgestaltung der einzelnen Klimaanpassungsmaßnahmen, wie z.B. die mögliche Beeinträchtigung einzelner Kalt- und Frischluftleitbahnen zu lenken.

Die folgende Tabelle enthält zu den Schlüsselmaßnahmen des REKLIBS Informationen darüber, wie deren Umsetzung im Sinne eines Controllings gemessen und somit überwacht werden kann.

Tab. 29: Schlüsselmaßnahmen im Cluster I: Empfehlungen für die Neuaufstellung des RROP

Maßnahmenkürzel	Titel der Schlüsselmaßnahme	Indikator	Einheit/ Dimension	Turnus	Erläuterung zum Indikator
RROP-Z01	Beachtung von regional bedeutsamen Kalt- und Frischluftleitbahnen im Zuge der Festlegung von „Vorranggebieten Freiraumfunktionen“ auf Basis der regionalen Klimaanalyse	<ul style="list-style-type: none"> Festlegung Vorranggebiet Freiraumfunktionen im RROP Grad der Abdeckung der Kernbereiche regional bedeutsamer Leitbahnen durch Vorranggebiet Freiraumfunktionen 	ja/nein Abdeckungsgrad in ha und in %	Erstmalig im RROP Kontinuierlicher Abgleich mit der Bauleitplanung / Genehmigungen	Durch Überlagerung der Kernbereiche der bedeutsamen Leitbahnen mit VR Freiraumfunktionen Sicherung vor entgegenstehenden Entwicklungen Transparenz hinsichtlich Beeinträchtigungsgrad/Einschränkung klimawirksamer Leitbahnen (z.B. durch Verbauung) durch verbal-argumentative Auseinandersetzung mit den Ergebnissen
		<ul style="list-style-type: none"> Festlegung des Vorranggebiet Hochwasserschutz auf der Grundlage des HQ100 Anwendung Klimabeiwert 15% 	ja/nein ja/nein	Erstmalig im RROP Kontinuierlicher Abgleich mit der Bauleitplanung / Genehmigungen	Durch Anwendung des Klimabeiwerts über Festlegungen im RROP 3.0 vorsorgliche Beachtung höherer Abflussmengen
RROP-Z02	Klimawandel in den textlichen und räumlichen Festlegungen zum vorbeugenden Hochwasserschutz berücksichtigen	<ul style="list-style-type: none"> Festlegung des Vorbehaltsgebiet Hochwasserschutz auf Grundlage der Überschwemmungsgebiete eines seltenen Hochwasserereignisses (HQ200) im RROP 	ja/nein	Erstmalig im RROP Kontinuierlicher Abgleich durch Raumbeobachtung Kontinuierlicher Abgleich mit der Bauleitplanung / Genehmigungen	Festlegungen im RROP 3.0 zur vorsorglichen Berücksichtigung der Überschwemmungsgebiete im Zuge nachfolgender Planungen/ Genehmigungen
		<ul style="list-style-type: none"> Zusätzliche Festlegung von Retentionsflächen 	ja/nein	Erstmalig im RROP	Festlegungen im RROP 3.0 zur vorsorglichen Berücksichtigung der Retentionsflächen im Zuge nachfolgender Planungen/ Genehmigungen

Maßnahmen- kürzel	Titel der Schlüsselmaß- nahme	Indikator	Einheit/ Dimension	Turnus	Erläuterung zum Indikator
RROP-Z03	Klimawandelbedingte Gefährdung von Arten/Populationen (z.B. durch Verschiebung von Habitaten) bei den Festlegungen zum regionalen Biotopverbund im RROP adressieren	<ul style="list-style-type: none"> Beachtung des Belanges „Klimaanpassung“ in den zeichnerischen und textlichen Festlegungen des RROP zum regionalen Biotopverbund 	ja/nein	Erstmalig im RROP	Verbal-argumentative Verankerung der Klimabelange durch Anwendung in den Textpassagen des RROP 3.0
		<ul style="list-style-type: none"> Berücksichtigung und Adressierung des Klimawandels im Rahmen der Konzeptionierung und Begründung des regionalen Biotopverbundes im RROP 3.0 	ja/nein	Erstmalig im RROP	Verbal-argumentative Verankerung der Klimabelange durch Anwendung in den Textpassagen des RROP 3.0
RROP-G01	Klimaanpassung und prioritäre Klimawirkungen im Leitbild verankern	<ul style="list-style-type: none"> Thematisierung von Klimaschutz und –anpassung im Leitbild des neu aufzustellenden RROP für den Großraum Braunschweig Herausarbeitung von Handlungsleitlinien zum Klimaschutz und –anpassung im Leitbild 	ja/nein	Erstmalig im RROP	Verbal-argumentative Verankerung der Belange durch Verweis auf Textpassagen im Leitbild
		<ul style="list-style-type: none"> Berücksichtigung und Adressierung des Klimawandels im Rahmen der gesamtäumlichen Konzeptionierung und im Zuge der Abwägung bei Nutzungskonflikten im Zuge der Neuaufstellung des RROP für den Großraum Braunschweig 	ja/nein	Erstmalig im RROP bedingt, qualitative Aussagen	

Maßnahmenkürzel	Titel der Schlüsselmaßnahme	Indikator	Einheit/ Dimension	Turnus	Erläuterung zum Indikator
RR0P-G02	Verankerung der Anwendung des KlimaCheck-Instrumentes im RR0P 3.0	<ul style="list-style-type: none"> Formulierung von Festlegungen zur Anwendung des KlimaChecks im RR0P 3.0 Etablierung des KlimaChecks im Planungsaltag des Regionalverbands (z.B. durch Verankerung des Instruments bei der Tätigkeit als untere Landesplanungsbehörde) 	ja/nein Anzahl der Anwendungen des KlimaChecks, Anteil der Planverfahren, bei denen der KlimaCheck angewendet wurde (in %)	Erstmalig im RR0P kontinuierlich, z.B. jährlich	Der KlimaCheck trägt nachweislich zur Klimaverträglichkeit und Transparenz der Klimawirkungen von raumbedeutsamen Vorhaben bei und erhöht so deren Anpassungsgrad. Auf Grundlage der Ergebnisse des KlimaChecks werden bei Bedarf weitergehende Diskussionen / Untersuchungen veranlasst. Die Übertragbarkeit der Anwendung des KlimaChecks auf die kommunale Ebene wird geprüft, Fachbehörden und Kommunen können den KlimaCheck bei Bedarf als Vorlage nutzen bzw. für eigene Analysen anpassen.
RR0P-G03	Berücksichtigung allgemeiner bedeutsamer Kalt- und Frischluftleitbahnen sowie regional bedeutsamer Leitbahnen außerhalb der für eine Zielfestlegung im RR0P vorgesehenen Kernbereiche (weiteres Einzugsgebiet)	<ul style="list-style-type: none"> Abdeckungsgrad der Kernbereiche regional bedeutsamer Leitbahnen durch das Vorranggebiet Freiraumfunktionen (GIS-Analyse), Alternierende Festlegungen durch andere freiraumbezogene Planzeichen wie z.B. zu Natur und Landschaft oder Hochwasserschutz, Landwirtschaft, Grünland 	Abdeckungsgrad der allgemein bedeutsamen Leitbahnen/regional bedeutsamen Leitbahnen außerhalb der Kernbereiche im RR0P 3.0 mit den Festlegungen zum Freiraum (in ha und %)	Erstmalig im RR0P	Durch GIS-Analyse Transparenz der Sicherung der Leitbahnen über die Festlegungen von Freiraum-relevanten Zielen und Grundsätzen
RR0P-G04	Klimawandelbedingte Ertrags- und Qualitätsrisiken in der beschreibenden Darstellung als Grundsätze mit Bezug zur Landwirtschaft adressieren	<ul style="list-style-type: none"> Berücksichtigung von Aussagen zum Klimawandel in den textlichen Festlegungen zum Belang Landwirtschaft im RR0P 3.0 Berücksichtigung des Landwirtschaftlichen Fachbeitrags 2015 für die durch den Klimawandel resultierenden Anpassungserfordernisse (besondere Funktionen der Landwirtschaft) 	ja/nein	Erstmalig im RR0P	Durch textlichen Festlegungen im Kapitel Landwirtschaft werden Aussagen und Soll-Bestimmungen zur Berücksichtigung des Klimawandels für die Landwirtschaft formuliert. Beleg der Anwendung durch Verweis auf Textpassagen

Maßnahmen- kürzel	Titel der Schlüsselmaß- nahme	Indikator	Einheit/ Dimension	Turnus	Erläuterung zum Indikator
RROP-TH01	Verwendung der Betroffen- heitsanalyse im Rahmen der RROP Neuaufstellung und anderer Zusammen- hänge	<ul style="list-style-type: none"> Textliche Hinweise zur Klimaanpassung in den jeweiligen Handlungsfel- dern im RROP 3.0 	ja/nein	Erstmalig im RROP	Beleg der Anwendung durch Verweis auf Textpas- sagen
		<ul style="list-style-type: none"> Veröffentlichung von klimabezogenen Themen- karten als Anlage zum RROP 3.0 	ja/nein	Erstmalig im RROP	
		<ul style="list-style-type: none"> Veröffentlichung im Inter- netportal des Regional- verbands 	ja/nein	Erstmalig zum RROP kontinuierliche Aktualisierung	
		<ul style="list-style-type: none"> Anwendung der RE- KLIBS-Themenkarten im Zuge der Anwendung des KlimaChecks 	ja/nein ggf. Anzahl der An- wendung	Erstmalig im RROP kontinuierlich: jährlich	
		<ul style="list-style-type: none"> Nutzung der RE- KLIBS-Themenkarten als ergänzende Information durch kommunale Pla- nungsträger 	ja/nein ggf. Anzahl der An- wendung	kontinuierlich: jährlich	ggf. Ermittlung über Abfrage bei den Kommunen

Tab. 30: Schlüsselmaßnahmen im Cluster II: Sonstige, informelle Maßnahmen

Maßnahmenkürzel	Titel der Schlüsselmaßnahme	Indikatoren	Einheit/Dimension	Messbarkeit, wie oft?	Ergebnis/Darstellung des Indikators
SO-01	Regionalen Klimadialog etablieren	<ul style="list-style-type: none"> Durchgeführten Dialogveranstaltungen 	Anzahl Veranstaltungen (ggf. Zielwert)	jährlich	Belege der durchgeführten Veranstaltungen Evaluierung/Feedback der Veranstaltungen Evaluierung/Feedback der Veranstaltungen
		<ul style="list-style-type: none"> Teilnehmenden an den Veranstaltungen 	Anzahl Teilnehmer (ggf. Zielwert)	jährlich	Belege der Teilnehmer an den durchgeführten Veranstaltungen Entwicklung der Teilnehmerzahlen
		<ul style="list-style-type: none"> Erreichte Akteure der Zielgruppe Kommunen, Landkreise und Fachbehörden 	Anteil der Kommunen, Landkreise und Fachbehörden, die an Veranstaltungen teilgenommen haben	jährlich	Entwicklung der Anzahl teilnehmender Kommunen, Landkreise und Fachbehörden regionale Verteilung der Teilnahme
SO-02	Informationen zum Regionalen Klimawandel bereitstellen	<ul style="list-style-type: none"> Etablierung weiterführenden Netzwerke und Projekte 	Anzahl aus den Dialogveranstaltungen zum Regionalen Klimadialog entstandene Netzwerke/Projekte pro Jahr	jährlich	
		<ul style="list-style-type: none"> Umsetzung und kontinuierliches Update des Datenportals zum Klimawandel in der Region (Website Regionalverband) Nutzbarmachung und Verbreitung der zur Verfügung gestellten Informationen 	Umsetzung ja/nein Erfolg über Zugriffszahlen und Nutzerfeedback	Einrichtung einmalig Nutzung kontinuierlich messbar	Entwicklung der Zugriffszahlen Nutzerfeedback/Evaluierung/Bewertung des Portals
SO-03	Klimafachliche Grundlagen fortlaufend erweitern und aktualisieren	<ul style="list-style-type: none"> Umsetzung und dauerhafte Aktualisierung der klimabezogenen Daten auf dem Geportal beim Regionalverband 	Umsetzung ja/nein Erfolg über Zugriffszahlen und Nutzerfeedback	Einrichtung einmalig Nutzung regelmäßig messbar	Entwicklung der Zugriffszahlen Nutzerfeedback/Evaluierung/Bewertung des Portals

Maßnahmenkürzel	Titel der Schlüsselmaßnahme	Indikatoren	Einheit/Dimension	Messbarkeit, wie oft?	Ergebnis/Darstellung des Indikators
SO-04	Klimafolgenanpassung bei der Erstellung von regionalen Planungen, Konzepten und Gutachten berücksichtigten	<ul style="list-style-type: none"> Berücksichtigung der Klimafolgenanpassung bei eigenen Planungen, Konzepten und Gutachten des Regionalverbands (Regionalplanung und Regionalentwicklung) 	Umsetzung ja/nein	regelmäßig	<p>Art, Umfang und Qualität der Berücksichtigung der Klimafolgenanpassung in den regionalen Planungen, Konzepten und Gutachten</p> <p>Beleg durch Beispiele</p>
SO-05	Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen schulen	<ul style="list-style-type: none"> Verbandsinterne Informationsveranstaltung beim Regionalverband 	Umsetzung ja/nein	regelmäßig	<p>Beleg der Einführung</p> <p>Entwicklung der Anzahl der Teilnehmer an der Veranstaltung, Teilnehmerfeedback / -evaluation</p>
		<ul style="list-style-type: none"> Nutzung der Ergebnisse und Empfehlungen von REKLIBS in der alltäglichen Arbeit des Regionalverbands 	Nutzung ja/nein	regelmäßig	Beleg des Einsatzes der REKLIBS-Ergebnisse (insbesondere Kurzfassung, Themenkarten, KlimaCheck)

5.4 Strategie zur Kommunikation des Konzeptes

Wesentlich für das Wissen der Bestandteil der Auswirkungen des Klimawandels und der Inhalte des Klimaanpassungskonzeptes in der Region ist eine umfassende Kommunikationsstrategie. Der Regionalverband hat sich zum Ziel gesetzt, über die Erkenntnisse aus dem REKLIBS zu informieren und über die weiterführenden aktuellen Entwicklungen aufzuklären. Über die Regional- und Bauleitplanung hinaus soll auch die Öffentlichkeit für das Thema Klimaschutz und die hierfür erforderlichen Planungen und Maßnahmen sensibilisiert werden.

Zielgruppen des REKLIBS sind Kommunen, Fachverwaltungen sowie die Politik im Großraum Braunschweig. Um darüber hinaus die Ergebnisse auch einer weiteren Öffentlichkeit zur Verfügung zu stellen, sind folgende Kommunikationswege für das REKLIBS vorgesehen:

- Nutzung von Informationsmedien zur Kommunikation des REKLIBS:
 - Veröffentlichung des Abschlussberichts und ergänzender Informationen auf der Internetseite des Regionalverbands
 - Kurzbericht / informative allgemein verständliche Broschüre für einen breiten Adressatenkreis (liegt bereits vor)
 - Abschlussveranstaltung REKLIBS am 16.05.2019
 - weitere Informationsveranstaltungen
 - Presseinformationen
 - Bereitstellung der Daten und Messergebnisse für Kommunen und Planungsträger (als Web-Anwendung z.B. Klimakennwerte und qualitativen Indikatoren)
 - Informationen über die Umsetzung und Wirksamkeit der Klimaanpassungs-Maßnahmen durch regelmäßige Controlling-Berichte

- Anwendung und Umsetzung der Maßnahmen aus REKLIBS als Beitrag zum Leitbild und bei der Neuaufstellung eines klimaorientierten RROP 3.0
- Öffentlichkeitswirksamer Einsatz und Bewerbung des Instruments KlimaCheck für Planungsvorhaben
- Bekanntgabe der Ergebnisse der Anwendung des KlimaCheck-Instruments
- Regelmäßige Information und Diskussion der aktuellen Klimasituation in den politischen Gremien des Regionalverbandes

Die Schlüsselmaßnahmen aus dem Cluster II benennen sonstige, informelle Maßnahmen. Darunter sind auch Informations- und Kommunikationsaktivitäten zu den Folgen des Klimawandels und die dazugehörigen Anpassungsstrategien in der Region Großraum Braunschweig zu fassen.

Der Ansatz für das klimaorientierte RROP 3.0 ist es, in allen Kapiteln den Bezug und die Erforderlichkeit eines regionalen Klimaschutzes bzw. zu regionalen Klimaanpassungsmaßnahmen herzustellen. Zusätzlich sollen erste Schritte zu einem regionalen Klimadialog mit der Fachöffentlichkeit und interessierten Bürgerinnen und Bürgern angeregt werden. Dazu sollen die bei Regionalverband Großraum Braunschweig im Projekt „Masterplan 100% Klimaschutz“ aufgebauten und bereits erfolgreich arbeitenden Netzwerke und Ressourcen genutzt werden.

Tab. 30 erläutert das vorgesehene Controlling für die Schlüsselmaßnahmen (SO-01 und SO-02), die sich auf die Kommunikation der Klimaanpassungsstrategie beziehen.

6 Zusammenfassung

Mit dem Projekt REKLIBS wurde ein Klimaanpassungskonzept für den Großraum Braunschweig entwickelt (**Regionale Klimaanalyse für die Region Großraum Braunschweig**). Ziel des Projekts war es, Klimagefahren für den Großraum Braunschweig aufzuzeigen und geeignete Maßnahmen für die Planungspraxis des Regionalverbandes zur Abmilderung des Klimawandels zu entwickeln. REKLIBS ist als informelles Konzept dem formellen Aufstellungsverfahren des RROP vorgeschaltet und wurde in enger Abstimmung mit dem parallel laufenden Freiraumentwicklungskonzept (FREK) erarbeitet.

Zu Beginn wurde in einer **Bestandsaufnahme** der fachliche, technische und rechtliche Rahmen aufgezeigt, in dem sich der Klimaanpassungsprozess auf regionaler Ebene bewegt. Dabei wurde u.a. recherchiert, welche für den regionalen Maßstab relevanten Informationen bereits vorliegen und als Anknüpfungspunkte dienen können. Außerdem wurden Beispiele klimagerechter Festlegungen etwa zum Hochwasserschutz oder der Hitzebelastung in Siedlungen aus anderen Regionalplänen vorgestellt (u.a. aus RP Oberes Elbtal/Osterzgebirge (2009), RP Mittelhessen (2010), und RP Leipzig-West Sachsen (Entwurf 2017)), die dem Regionalverband Orientierung bei der Neuaufstellung des RROP bieten können.

Einen umfassenden Überblick über die Thematik gibt die „Handlungshilfe Klimawandelgerechter Regionalplan“ des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). Schließlich wurde in der rechtlichen Bestandsaufnahme auf Änderungen in der regionalen Raumordnung bezüglich des Schutzgutes Klima seit Inkrafttreten des RROP 2008 hingewiesen.

Eine wesentliche Datenbasis für das Klimaanpassungskonzept ist das **Ausmaß des beobachteten und prognostizierten Klimawandels im Großraum Braunschweig**, das anhand von Stationsdaten des Deutschen Wetterdienst (gemessener Klimawandel) bzw. auf Grundlage regionaler Klimamodelle analysiert wurde (erwarteter Klimawandel).

Die Prognosen gelten für die nahe (2021-2050), mittlere (2041-2070) und ferne Zukunft (2071-2100) und stützen sich auf Modellensembles der EURO-CORDEX-Initiative, die verschiedene Entwicklungspfade der Treibhausgas-Emissionen berücksichtigen. Zusammengefasst gelten für den Großraum Braunschweig folgende Kernaussagen zum erwarteten Klimawandel.

Temperaturzunahme und Hitze

- Es wird kontinuierlich wärmer
- Es wird häufigere und intensivere Hitzeereignisse geben
- Weniger Frost- und Eistage
- Längere Vegetationsperiode

Niederschlagsverschiebung und Trockenheit

- Leichte Zunahme des Jahresniederschlags
- Saisonale Verschiebung der Niederschläge und klimatischen Wasserbilanz
- Trockenere Sommer, feuchtere Winter

Starkregen

- Zunahme der Niederschlagsintensität
- Tendenziell häufigere Starkregenereignisse

Wind und Sturm

- Die Auftrittshäufigkeiten und Intensitäten von Stürmen wird sich nicht ändern!

Das Änderungssignal fällt für alle Naturräume recht ähnlich aus, d.h. die genannten Klimaveränderungen gelten auch für den Harz. Allerdings weist der Harz ein unterschiedliches „Ausgangsniveau“ aus (aktuell geringere Temperaturen, höhere Niederschläge). Bei den Ergebnissen zum Starkregen sowie Sturm ist zu beachten, dass kleinräumige konvektive Einzelereignisse durch die Modelle nicht explizit aufgelöst werden können und folglich Unsicherheiten bestehen – es ist davon auszugehen, dass die Klimamodelle das Auftreten von Gewitterstürmen und Starkregen tendenziell unterschätzen.

Im ersten Schritt der **Betroffenheitsanalyse** wurden für den Anpassungsprozess relevante Handlungsfelder im Großraum Braunschweig bestimmt:

▪ Wasser und Boden	▪ Bau-/Verkehrswesen und Energie
▪ Land- und Forstwirtschaft	▪ Industrie, Gewerbe und Tourismus
▪ Naturschutz, Biodiversität und Naherholung	▪ Menschliche Gesundheit

Unter Einbeziehung regionaler Akteure wurden den Handlungsfeldern 20 **regional prioritäre Klimawirkungen** zugeordnet. Diese umfassen sowohl Klimawirkungen, die bereits heute spürbare Auswirkungen im Großraum Braunschweig erkennen lassen (z.B. Schäden durch Flusshochwasser oder Sturzfluten) als auch jene, die erst in Zukunft zu relevanten Auswirkungen führen werden (z.B. Verschiebung von Biotopen und Habitaten).

Mittels sogenannter **Themenkarten** können räumliche Schwerpunkte der regional prioritären Klimawirkungen erkannt und damit aufgezeigt werden, wo regionalplanerisches Handeln erforderlich ist. Des Weiteren dienen sie den Gemeinden als Hinweis, welche ihrer Handlungsthemen (besonders) betroffen sind, um diesen ggf. mit eigenen Maßnahmen zu begegnen. Zudem sollen die folgend benannten Themenkarten als Datengrundlage bei der Anwendung des „KlimaChecks“ genutzt und überdies dem RROP ggf. als ergänzende thematische Karten beigelegt werden:

▪ Bodenerosion	▪ Landwirtschaft
▪ Flusshochwasser	▪ Naherholung
▪ Gewässerqualität	▪ Natur- und Landschaftsschutz
▪ Grundwasser	▪ Stadtklima
▪ Infrastrukturen	▪ Wälder und Forsten

Für den Schutz vor Hitzefolgen in Siedlungsbereichen gibt es keine eigenständige Fachplanung. Umso wichtiger ist es, für die Neuaufstellung des RROP 3.0 auf eine aktuelle und räumliche konkrete Datenbasis zurückgreifen zu können.

Um dies zu erreichen, wurde in REKLIBS die **regionale Klimaanalyse** aus dem Jahr 2004 aktualisiert. Durch die Berücksichtigung der erfolgten Siedlungsentwicklung und Weiterentwicklung der technischen und methodischen Grundlagen, konnte dabei das Prozessgeschehen deutlich genauer beschrieben werden.

Zentrales Ergebnis ist die Klimaanalysekarte, die die nächtliche Überwärmung des Siedlungsraums und das Kaltluftprozessgeschehen über Grün- bzw. Freiflächen abbildet und die Wirkungszusammenhänge zwischen Ausgleichs- und Belastungsräumen in Form von Kaltluftleitbahnen zeigt. Im Hinblick auf die Neuaufstellung des RROP rückte

der regionalplanerische Gedanke in den Fokus, sodass **regional bedeutsame Kaltluftleitbahnen** nur für Siedlungsräume mit einem planungsrelevanten Stadtklimaeffekt ausgewiesen wurden (Siedlungsräume, die bereits heute oder zukünftig einen relevanten Stadtklimaeffekt aufweisen und aus planerischer Sicht von Bedeutung sind):

▪ Braunschweig	▪ Gifhorn
▪ Goslar*	▪ Helmstedt
▪ Peine	▪ Salzgitter-Bad
▪ Salzgitter-Lebenstedt	▪ Seesen*
▪ Wolfenbüttel	▪ Wolfsburg
* erst zukünftig planungsrelevanter Stadtklimaeffekt	

Auf Grundlage der Betroffenheitsanalyse wurde ein Katalog von Schlüsselmaßnahmen zur strategischen Umsetzung von Zielen und Erfordernissen zur Klimaanpassung im Rahmen der Regionalplanung entwickelt. Bei den **Schlüsselmaßnahmen** handelt es sich sowohl um Empfehlungen für die Neuaufstellung des RROP 3.0 als auch um informelle Maßnahmen, die der langfristigen Umsetzung des regionalen Klimaanpassungskonzepts dienen sollen (**Verstetigung**). Darunter fällt auch die konsequente Anwendung des innovativen „KlimaCheck“-Instruments, mit dem die Belange von Klimaanpassung und Klimaschutz in der Regionalplanung und in der Arbeit als untere Landesplanungsbehörde im Großraum Braunschweig künftig noch stärker berücksichtigt werden sollen.

Empfehlungen für die Neuaufstellung des RROP (Kurztitel):

RROP-Z01:
Beachtung regional bedeutsamer Leitbahnen im Zuge der Festlegung von Vorranggebieten Freiraumfunktionen

RROP-Z02:
Klimawandel in Festlegungen zum vorbeugenden Hochwasserschutz berücksichtigen

RROP-Z03:
Klimawandelbedingte Gefährdung von Arten/Populationen im RROP adressieren

RROP-G01:

Klimaanpassung im Leitbild verankern

RROP-G02:

Anwendung des KlimaCheck-Instrumentes

RROP-G03:

Berücksichtigung bedeutsamer Leitbahnen außerhalb der für eine Zielfestlegung im RROP vorgesehenen Kernbereiche

RROP-G04:

Klimawandelbedingte Risiken als Grundsätze mit Bezug zur Landwirtschaft adressieren

RROP-TH01:

Verwendung der Betroffenheitsanalyse im Rahmen der RROP Neuaufstellung

Sonstige, informelle Maßnahmen (Kurztitel):**SO-01:**

Regionalen Klimadialog etablieren

SO-02:

Informationen zum regionalen Klimawandel bereitstellen

SO-03:

Klimafachliche Grundlagen erweitern

SO-04:

Klimafolgenanpassung bei regionalen Planungen berücksichtigen

SO-05:

Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen schulen

Um die Verstetigung des Klimaanpassungsprozesses zu gewährleisten, schließt REKLIBS mit zwei konzeptionellen Bausteinen ab: Ein **Controlling-Konzept** skizziert, wie die Umsetzung des Konzeptes in Zukunft regelmäßig kontrolliert und auf Stärken, Schwächen und Hemmnisse überprüft werden kann. Schließlich zeigt eine **Kommunikationsstrategie** geeignete Wege, um die Ergebnisse in die (Fach-) Öffentlichkeit zu tragen.

REKLIBS wurde als „Klimaschutzteilkonzept zur Klimaanpassung“ im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative durch das Bundesumweltministerium gefördert (Förderkennzeichen 03K06252).

Quellenverzeichnis

- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2019): Die Klimakonferenz in Paris. Online: <https://www.bmu.de/themen/klima-energie/klimaschutz/internationale-klimapolitik/pariser-abkommen/#c8548> (Abruf: 01.04.2019).
- BMVI – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2017a): Handlungshilfe Klimawandelgerechter Regionalplan. Ergebnisse des Forschungsprojektes KlimREG für die Praxis. MORO Praxis Heft 6.
- BMVI – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2017b): Handbuch zur Ausgestaltung der Hochwasservorsorge in der Raumordnung. MORO Regionalentwicklung und Hochwasserschutz in Flussgebieten. MORO Praxis Heft 10.
- BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018): Energiebedingte CO₂-Emissionen weltweit. Online: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Infografiken/Energie/Energiedaten/Energie-und-Umwelt/energiedaten-energie-umwelt-17.html> (Abruf: 01.04.2019).
- Boden T.A., Marland G., Andres R.J. (2017): Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO₂ Emissions. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A.
- Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an die Folgen des Klimawandels. Online: https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf (Abruf 01.04.2019).
- Bundesregierung (2011): Aktionsplan Anpassung zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/aktionsplan_anpassung_klimawandel_bf.pdf (01.04.2019).
- Bundesregierung (2015): Fortschrittsbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Online: www.bmubund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimawandel_das_fortschrittsbericht_bf.pdf (01.04.2019)
- Cubasch U., Wuebbles D., Chen D., Facchini M.C., Frame D., Mahowald N., Winther J.-G. (2013): Introduction. In: Climate Change (2013): The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Deutschländer T., Mächel H. (2017): Temperatur inklusive Hitzewellen. In: Brasseur G., Jacob D., Schuck-Zöller S. (Hrsg.) (2017): Klimawandel in Deutschland.
- DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft (1988): Physikalische Grundlagen des Klimas und Klimamodelle. Forschungsschwerpunkt der Deutschen Forschungsgemeinschaft 1978-1985 – Abschlussbericht.
- Donat M. G., Leckebusch G. C., Pinto J. G., Ulbrich U. (2010): European storminess and associated circulation weather types: future changes deduced from a multi-model ensemble of GCM simulations. *Climate Research* 42:27–43.
- DWD (2016) – Deutscher Wetterdienst: Nationaler Klimareport 2016.
- DWD (2018a) - Deutscher Wetterdienst: Wetterlexikon. <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=102248&lv3=102572> (abgerufen am 29.01.2018).
- DWD (2018b) - Deutscher Wetterdienst: Wetterlexikon. <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=102248&lv3=102646> (abgerufen am 24.01.2018).
- EU-Kommission (2007): Grünbuch. Anpassung an den Klimawandel – Optionen für Maßnahmen der EU.
- EU-Kommission (2009): Weissbuch. Anpassung an den Klimawandel: Ein europäischer Aktionsrahmen.
- EU-Kommission (2013): Eine EU-Strategie zur Anpassung an den Klimawandel. Online: http://ec.europa.eu/clima/events/articles/0069_de.htm (Abruf 01.04.2019).
- Fink A. H., Pohle S., Pinto J. G., Knippertz P. (2012): Diagnosing the influence of diabatic processes on the explosive deepening of extratropical cyclones. *Geophysical Research Letters* 39:L07803.
- GEO-NET (2004): Analyse der klimaökologischen Funktionen für das Gebiet des Zweckverbandes Großraum Braunschweig: Teilbereich Kaltlufthaushalt. Im Auftrag des Zweckverband Großraum Braunschweig.
- GEO-NET (2014): Klimaökologische Bedeutung von Freiflächen im Magdeburger Umland. Im Auftrag der Regionalen Planungsgemeinschaft Magdeburg.

- GEO-NET (2018): Stadtklimaanalyse Braunschweig 2017. Teil I: Modellergebnisse und Planungskarten. Im Auftrag der Stadt Braunschweig.
- Giorgi F., Jones C., Asrar G. R. (2009): Addressing climate information needs at the regional level: the CORDEX framework, *WMO Bulletin*, 58(3):175–183.
- Groß, G. (1992): Results of supercomputer simulations of meteorological mesoscale phenomena. *Fluid Dynamics Research* 10: 483–498.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2014): Klimaänderung 2014: Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) [Hauptautoren, R.K. Pachauri und L.A. Meyer (Hrsg.)]. IPCC, Genf, Schweiz. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn, 2016.
- Kaspar, F., G. Müller-Westermeier, E. Penda, H. Mächel, K. Zimmermann, A. Kaiser-Weiss, T. Deutschländer: Monitoring of climate change in Germany – data, products and services of Germany's National Climate Data Centre. *Adv. Sci. Res.*, 10, 99–106, 2013.
- Kiese, O. (1988): Die Bedeutung verschiedenartiger Freiflächen für die Kaltluftproduktion und die Frischluftversorgung von Städten. *Landschaft + Stadt* 20, H.2: S. 67–71.
- Kuttler, W. (1999): Human-biometeorologische Bewertung stadtklimatologischer Erkenntnisse für die Planungspraxis. In: *Wissenschaftliche Mitteilungen aus dem Institut für Meteorologie der Universität Leipzig und dem Institut für Troposphärenforschung e. V. Leipzig. Band 13.*
- LBEG – Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (2011): Klimafolgenmanagement in der Metropolregion Hannover – Braunschweig – Göttingen. *GeoBerichte* 18.
- Linke C. et al. (2016): Leitlinien zur Interpretation regionaler Klimamodelldaten des Bund-Länder-Fachgesprächs „Interpretation regionaler Klimamodelldaten“, Potsdam, 56 S.
- Matzarakis, A. und H. Mayer (1996): Another kind of environmental stress: Thermal stress. *WHO Newsletter No. 18*: 7–10.
- McDonald R. E. (2011): Understanding the impact of climate change on Northern hemisphere extra-tropical cyclones. *Climate Dynamics* 37:1399–1425.
- Mosimann, T., Frey, T. und P. Trute (1999): Schutzgut Klima/Luft in der Landschaftsplanung. *Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen. Heft 4/99*: S. 202–275.
- MKRO – Ministerkonferenz für Raumordnung (2013): Handlungskonzept der Raumordnung zu Vermeidungs-, Minderungs- und Anpassungsstrategien in Hinblick auf die räumlichen Konsequenzen des Klimawandels vom 23.01.2013.
- Moss R. H., Edmonds J. A., Hibbard K. A., Manning M. R., Rose S. K., van Vuuren D. P., Carter T. R., Emori S., Kainuma M., Kram T., Meehl G. A., Mitchell J. F. B., Nakicenovic N., Riahi K., Smith S. J., Stouffer R. J., Thomson A. M., Weyant J. P., Wilbanks T. J. (2010): The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature* 463, 747–756.
- Peters G.P., Andrew R.M., Boden T., Canadell J.G., Ciais P., Le Quéré C., Marland G., Raupach M.R., Wilson C. (2012): The challenge to keep global warming below 2 °C. *Nat. Clim. Change* 3, 4–6.
- Piani C., Haerter J.O., Coppola E. (2010): Statistical bias correction for daily precipitation in regional climate models over Europe. *Theor Appl Climatol* 99:187–192
- Pinto J. G., Ryers M. (2017): Winde und Zyklonen. In: Brasseur G., Jacob D., Schuck-Zöllner S. (Hrsg.) (2017): *Klimawandel in Deutschland.*
- Pinto J. G., Zacharias S., Fink A. H., Leckebusch G. C., Ulbrich U. (2009): Factors contributing to the development of extreme North Atlantic cyclones and their relationship with the NAO. *Climate Dynamics* 32:711–737
- Rauthe M., Malitz G., Gratzki A., Becker A. (2014): Starkregen. In: Becker P., Hüttl R. F. (Hrsg.): *Forschungsfeld Naturgefahren. Potsdam und Offenbach*, S. 112.
- ReKliEs-De (2017): Regionale Klimaprojektionen Ensemble für Deutschland - Nutzerhandbuch. doi: 10.2312/WDCC/ReKliEsDe_Nutzerhandbuch
- RPLW – Regionalplan Leipzig-West Sachsen Entwurf (2017): Onlineversion des Beteiligungsentwurfs. Online: <https://buergerbeteiligung.sachsen.de/portal/rpv-west-sachsen/beteiligung/aktuelle-themen/1005487> (Abruf 07.02.2018).
- RPM – Regionalplan Mittelhessen (2010): Gemeindebezogene Kartenausschnitte. Online: <https://rp-giessen.hessen.de/planung/regionalplanung/regionalplan-mittelhessen/regionalplan-mittelhessen-2010> (Abruf 07.02.2018).
- Schönwiese, C.-D. (2013): *Klimatologie. 4. Auflage. UTB.*
- Themeßl M.J., Gobiet A., Leuprecht A. (2011): Empirical-statistical downscaling and error correction of daily precipitation from regional climate models. *Int J Climatol* 31(10):1530–1544.

- UBA – Umweltbundesamt (2018): Trends der Lufttemperatur. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/trends-der-lufttemperatur#textpart-1> (Abruf 01.04.2019).
- UBA – Umweltbundesamt (2015a): Monitoringbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel – Bericht der In-terministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung. Dessau-Roßlau. S. 258. Online: www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/monitoringbericht_2015_zur_deutschen_anpassungsstrategie_an_den_klimawandel.pdf (Abruf 01.04.2019).
- UBA – Umweltbundesamt (2015b): Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Sektorenübergreifende Analyse des Netzwerks Vulnerabilität. Online: www.umweltbundesamt.de/publikationen/vulnerabilitaet-deutschlands-gegenueber-dem (Abruf 01.04.2019).
- UBA – Umweltbundesamt (2017): Leitfaden für Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsanalysen.
- Umwelt NDS – Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz (2018): Die EG-Wasser-rahmenrichtlinie (EG-WRRL). Online: www.umwelt.niedersachsen.de/themen/wasser/WRRL/EG-WRRL-8109.html (Abruf 19.03.2018).
- VDI – Verein Deutscher Ingenieure (2004): VDI-Richtlinie 3787 Blatt 9. Umweltmeteorologie. Berücksichtigung von Klima und Lufthygiene.
- Vereinte Nationen (1992): Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen. Online: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convger.pdf> (Abruf 01.04.2019).
- ZGB – Zweckverband Großraum Braunschweig (2008): Regionales Raumordnungsprogramm für den Großraum Braunschweig 2008.

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Projektstruktur REKLIBS **8**
- Abb. 2: Idealtypischer Prozess zur Erstellung eines klimawandelangepassten Regionalplans (BMVI 2017a) **13**
- Abb. 3: Auszug aus der Karte 12 „Hochwasserschutz“ des RP-Entwurfs Leipzig-West Sachsen (verkürzte Legende; RPLW 2017) **16**
- Abb. 4: Auszug aus dem RP Mittelhessen für die Gemeinde Marburg mit einem Beispiel der VB „für besondere Klimafunktionen (verkürzte Legende; RPM 2010) **17**
- Abb. 5: Methode der Adjustierung von Schwellenwerten für Kenntage. Die blaue Zahl auf der y-Achse zeigt das berechnete Perzentil des Schwellenwertes und die rote Zahl auf der x-Achse den adjustierten Schwellenwert. **27**
- Abb. 6: Anthropogener Strahlungsantrieb der verschiedenen IPCC-Klimaszenarien (die schwarze Linie repräsentiert Messwerte; Cubasch et al. 2013) **27**
- Abb. 7: Entwicklung der Mitteltemperatur im Großraum Braunschweig im Zeitraum von 1881 bis 2018 (Quelle: DWD) **30**
- Abb. 8: Entwicklung der thermischen Kenntage in den einzelnen Naturräumen des Großraumes Braunschweig. **31**
- Abb. 9: Entwicklung des Niederschlags im Großraum Braunschweig (Quelle: DWD) **32**
- Abb. 10: Zeitlicher Trend der jährlichen Mitteltemperaturen im Großraum Braunschweig, alle Szenarien **33**
- Abb. 11: Änderung der langjährigen monatlichen Mitteltemperaturen im Großraum Braunschweig (RCP 8.5) **35**
- Abb. 12: Änderung der Länge von Hitzeperioden (aufeinanderfolgende Tage mit $T_{max} \geq 30$ °C) im Großraum Braunschweig Szenario RCP 8.5 **36**
- Abb. 13: Zeitlicher Trend der jährlichen Niederschlagssummen im Großraum Braunschweig, alle Szenarien **37**
- Abb. 14: Langjährige mittlere Änderungen der jährlichen Niederschlagssummen im Großraum Braunschweig, Szenario RCP 8.5 **38**
- Abb. 15: Änderung der langjährigen mittleren monatlichen Niederschlagssummen im Großraum Braunschweig, Szenario RCP 8.5 **39**
- Abb. 16: Änderung der langjährigen mittleren monatlichen klimatischen Wasserbilanz im Großraum Braunschweig, Szenario RCP 8.5 **40**
- Abb. 17: Zeitlicher Trend der Anzahl an Tagen pro Jahr mit stärkerem Niederschlag ($N \geq 20$ mm/d) im Großraum Braunschweig, alle Szenarien **41**

Abb. 18: Änderung der Aufttrittshäufigkeit von Starkniederschlagsereignissen mit $N \geq 50$ mm/d innerhalb des jeweiligen 30-jährigen Zeitraumes im Großraum Braunschweig, Szenario RCP 8.5 **42**

Abb. 19: Schema funktionaler (links) und räumlicher Betroffenheiten (rechts) **46**

Abb. 20: Regional prioritäre Klimawirkungen im Großraum Braunschweig **47**

Abb. 21: Themenkarte Bodenerosion **49**

Abb. 22: Gegenwärtige und zukünftige räumliche Betroffenheit bzw. Sensitivität in den Gemeinden des Großraums Braunschweig in den regional prioritären Klimawirkungen sowie deren Legende (die Gesamtbewertung beruht auf der Summe der Bewertungen in den einzelnen Themenkarten; nähere Angaben im Text). **53**

Abb. 23: Schematische Darstellung des Tagesgangs der Lufttemperatur und Vertikalprofil der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit verschiedener Landnutzungen (eigene Darstellung u.a. nach Groß (1992)) **54**

Abb. 24: Modelleingangsdaten Landnutzungsklassen im Untersuchungsgebiet **55**

Abb. 25: Bodennahe nächtliche Lufttemperatur des Status quo im Großraum Braunschweig **58**

Abb. 26: Bodennahe nächtliche Lufttemperatur des Zukunfts-Szenarios 2050 im Großraum Braunschweig **59**

Abb. 27: Klimawandelbedingte Zunahme der nächtlichen Lufttemperatur in ausgewählten Nutzungsklassen **60**

Abb. 28: Wärmebelastung am Tage (PET) des Status quo in einem Ausschnitt des Großraums Braunschweig **63**

Abb. 29: Wärmebelastung am Tage (PET) des Zukunfts-Szenarios 2050 in einem Ausschnitt des Großraums Braunschweig **63**

Abb. 30: Bodennahes nächtliches Windfeld des Status quo im südlichen Teil des Großraums Braunschweig **64**

Abb. 31: Nächtliches Windfeld des Status quo in 10 m ü.Gr. im südlichen Teil des Großraums Braunschweig **64**

Abb. 32: Kaltluftvolumenstrom des Status quo in der Nacht im mittleren Teil des Großraums Braunschweig **65**

Abb. 33: Stadtklimaeffekt für den Status quo der Kommunen im Großraum Braunschweig (rot = bereits heute planungsrelevantes Stadtklima, orange = zukünftig planungsrelevantes Stadtklima) **67**

Abb. 34: Ausschnitt aus der Klimaanalysekarte des Großraums Braunschweig – Prozessräume Gifhorn und Peine

(verkürzte Legende) **70**

Abb. 35: Ausschnitt aus der Klimaanalysekarte des Großraums Braunschweig – Prozessräume Wolfsburg und Helmstedt (verkürzte Legende) **72**

Abb. 36: Ausschnitt aus der Klimaanalysekarte des Großraums Braunschweig – Prozessräume Braunschweig, Wolfenbüttel und Salzgitter-Lebenstedt (verkürzte Legende) **75**

Abb. 37: Ausschnitt aus der Klimaanalysekarte des Großraums Braunschweig – Prozessräume Salzgitter-Bad, Goslar und Seesen (verkürzte Legende) **79**

Abb. 38: Inhalte und Ziele von Umweltpfprüfung und Klima-Check im Vergleich **112**

Abb. 39: Grundgerüst und Gliederung des KlimaChecks **115**

Abb. 40: Erzeugung von Bewertungsgrundlagen zur Bearbeitung des KlimaChecks mit Hilfe der REKLIBS-Themenkarten **121**

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Überblick über die Veranstaltungen im Rahmen von REKLIBS. **9**

Tab. 2: Auswahl bestehender Festlegungen in Regionalplänen für die für REKLIBS relevanten Handlungsfelder **19**

Tab. 3: Für das verwendete Modellensemble verfügbare Ensemblemitglieder und Szenarien **25**

Tab. 4: Bewertung der statistischen Signifikanz anhand des Trend-/Rauschverhältnisses **29**

Tab. 5: Langjährige jährliche Mitteltemperaturen und mittlere Niederschlagssummen der einzelnen Naturräume in der Referenzperiode von 1971 - 2000 **30**

Tab. 6: Entwicklung der Temperaturen und thermischen Kenntage im Großraum Braunschweig **30**

Tab. 7: Entwicklung des Niederschlags und der Anzahl von Tagen mit Starkniederschlag im Großraum Braunschweig **32**

Tab. 8: Langjährige Änderung der Temperatur (in °C) im Großraum Braunschweig. **35**

Tab. 9: Langjährige Änderung (Anzahl pro Jahr) thermischer Kenntage im Großraum Braunschweig. **36**

Tab. 10: Langjährige Änderung der Niederschlagssumme (in mm/Jahr) im Großraum Braunschweig. **38**

Tab. 11: Änderung der Auftretshäufigkeit von Starkniederschlagsereignissen (Anzahl der Tage pro Jahr) im Großraum Braunschweig. **42**

Tab. 12: Erwartete Klimaänderungen für den Großraum Braunschweig. **45**

Tab. 13: Zuordnung von Schwellenwerten für die PET während der Tagesstunden **61**

Tab. 14: Flächenanteile des Stadtklimaeffekts im Prozessraum Gifhorn sowie gesamten Großraum Braunschweig. **69**

Tab. 15: Flächenanteile des Stadtklimaeffekts im Prozessraum Peine sowie Großraum Braunschweig. **69**

Tab. 16: Flächenanteile des Stadtklimaeffekts im Prozessraum Wolfsburg sowie Großraum Braunschweig. **71**

Tab. 17: Flächenanteile des Stadtklimaeffekts im Prozessraum Helmstedt sowie Großraum Braunschweig. **73**

Tab. 18: Flächenanteile des Stadtklimaeffekts im Prozessraum Braunschweig sowie Großraum Braunschweig. **74**

Tab. 19: Flächenanteile des Stadtklimaeffekts im Prozessraum Wolfenbüttel sowie Großraum Braunschweig. **74**

Tab. 20: Flächenanteile des Stadtklimaeffekts im Prozessraum Salzgitter-Lebenstedt sowie Großraum Braunschweig. **77**

Tab. 21: Flächenanteile des Stadtklimaeffekts im Prozessraum Salzgitter-Bad sowie Großraum Braunschweig. **77**

Tab. 22: Flächenanteile des Stadtklimaeffekts im Prozessraum Seesen sowie Großraum Braunschweig. **77**

Tab. 23: Flächenanteile des Stadtklimaeffekts im Prozessraum Goslar sowie Großraum Braunschweig. **78**

Tab. 24: Schlüsselmaßnahmen im Cluster I: Empfehlungen für die Neuaufstellung des RROP. **81**

Tab. 25: Schlüsselmaßnahmen im Cluster II: Sonstige, informelle Maßnahmen. **81**

Tab. 26: Grundbausteine des KlimaChecks. **114**

Tab. 27: Kriterienkatalog des KlimaChecks. **115**

Tab. 28: Bewertungsvorgaben zur Aggregation von Teilergebnissen. **122**

Tab. 29: Schlüsselmaßnahmen im Cluster I: Empfehlungen für die Neuaufstellung des RROP **127**

Tab. 30: Schlüsselmaßnahmen im Cluster II: Sonstige, informelle Maßnahmen **131**

Glossar

Autochthone Wetterlage: Durch lokale und regionale Einflüsse bestimmte Wetterlage mit schwacher Windströmung und ungehinderten Ein- und Ausstrahlungsbedingungen, die durch ausgeprägte Tagesgänge der Lufttemperatur, Luftfeuchte und Strahlung gekennzeichnet ist.

Eistage: Meteorologischer Kenntag, an dem die Lufttemperatur durchgehend unterhalb des Gefrierpunktes liegt (unter 0 °C).

EURO-CORDEX: EURO-CORDEX ist der europäische Zweig der CORDEX-Initiative, die regionale Projektionen des Klimawandels für alle terrestrischen Gebiete erstellt. EURO-CORDEX-Daten sind für die wissenschaftliche und kommerzielle Nutzung frei verfügbar (www.euro-cordex.net).

Flurwinde: Thermisch bedingte, relativ schwache Ausgleichsströmung, die durch horizontale Temperatur- und Druckunterschiede zwischen vegetationsgeprägten Freiflächen im Umland und (dicht) bebauten Gebieten entsteht. Flurwinde strömen vor allem in den Abend- und Nachtstunden in Richtung der Überwärmungsbereiche.

Heiße Tage: Meteorologischer Kenntag, an dem das Maximum der Lufttemperatur mindestens 30 °C beträgt.

Kaltluftleitbahn: Kaltluftleitbahnen verbinden Kaltluftentstehungsgebiete (Ausgleichsräume) und Belastungsbereiche (i.d.R. Siedlungsräume) miteinander und sind elementarer Bestandteil des Luftaustausches.

PET (Physiologisch äquivalente Temperatur): Humanbioklimatischer Index zur Kennzeichnung der Wärmebelastung des Menschen, der Aussagen zur Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit sowie kurz- und langwelligen Strahlungsflüssen kombiniert und aus einem Wärmehaushaltsmodell abgeleitet wird.

RCP-Szenarien: Szenarien für die Entwicklung der Konzentration von klimarelevanten Treibhausgasen in der Atmosphäre. Die RCP-Szenarien lösen im fünften Sachstandsbericht des „Weltklimarats“ der Vereinten Nationen (IPCC) die bis dahin genutzten, auf sozio-ökonomischen Faktoren beruhenden SRES-Szenarien ab. Die Zahl in der Bezeichnung RCP 2.6, RCP 4.5 bzw. RCP 8.5 gibt den zusätzlichen Strahlungsantrieb in W/m² bis zum Jahr 2100 im Vergleich zum vorindustriellen Stand Mitte des 19. Jahrhunderts an.

Städtische Wärmeinsel (Urban Heat Island): Städte weisen im Vergleich zum weitgehend natürlichen, un bebauten Umland aufgrund des anthropogenen Einflusses (u.a. hoher Versiegelungs- und geringer Vegetationsgrad, Beeinträchtigung der Strömung durch höhere Rauigkeit, Emissionen durch Verkehr, Industrie und Haushalt) ein modifiziertes Klima auf, das im Sommer zu höheren Temperaturen und bioklimatischen Belastungen führt. Das Phänomen der Überwärmung kommt vor allem nachts zum Tragen und wird als Städtische Wärmeinsel bezeichnet.

Tropennächte: In einer Tropennacht wird eine Lufttemperatur von 20 °C nicht unterschritten (18:00 bis 06:00 Uhr).

Anhang

Tab. A 1: Untersuchungen zu Klimaanpassungs- und Klimaschutzaspekten bzw. raumplanerischen Themen mit Bezug zum Regionalverband Großraum Braunschweig in den vergangenen Jahren (Auswahl). **145**

Abb. A 1: Wärmebelastung am Tage (PET) des Status quo im Großraum Braunschweig **151**

Abb. A 2: Wärmebelastung am Tage (PET) des Zukunfts-Szenarios 2050 im Großraum Braunschweig **152**

Abb. A 3: Bodennahes Windfeld des Status quo in der Nacht im Großraum Braunschweig **153**

Abb. A 4: Kaltluftvolumenstrom des Status quo in der Nacht im Großraum Braunschweig **154**

Tab. A 2: Kommunen im Großraum Braunschweig mit zentralörtlicher Funktion als Ober- bzw. Mittelzentrum oder einem zukünftig relevanten Stadtklimaeffekt **155**

Abb. A 5: Ausschnitt aus der Klimaanalysekarte – Nördlicher Teil des Großraums Braunschweig (verkürzte Legende) **156**

Abb. A 6: Ausschnitt aus der Klimaanalysekarte – Südlicher Teil des Großraums Braunschweig (verkürzte Legende) **157**

Abb. A 7: Methodik zur Bewertung der gegenwärtigen und zukünftigen Betroffenheit (schwarz) bzw. Sensitivität (grau) in der Betroffenheitsmatrix **159**

Abb. A 8: Entwicklung der Anzahl der Tage mit Starkniederschlag in den Naturräumen des Großraumes Braunschweig **160**

Abb. A 9: Konventionen und Bedeutung der grafischen Darstellung eines Box-Whisker Plots **160**

Abb. A 10: Änderung der langjährigen monatlichen Mitteltemperaturen im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 2.6). **161**

Abb. A 11: Änderung der langjährigen monatlichen Mitteltemperaturen im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 4.5). **162**

Abb. A 12: Änderung der langjährigen monatlichen Mitteltemperaturen im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 8.5). **163**

Abb. A 13: Änderung der Länge von Hitzeperioden (aufeinanderfolgende Tage mit $T_{max} \geq 30$ °C) im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 2.6). **164**

Abb. A 14: Änderung der Länge von Hitzeperioden (aufeinanderfolgende Tage mit $T_{max} \geq 30$ °C) im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 4.5). **165**

Abb. A 15: Änderung der Länge von Hitzeperioden (aufeinanderfolgende Tage mit $T_{max} \geq 30$ °C) im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 8.5). **166**

Tab. A 3: Langjährige Änderung der Temperatur (in °C) im Naturraum Lüneburger Heide. P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil. **167**

Tab. A 4: Langjährige Änderung der Temperatur (in °C) im Naturraum Weser-Aller Flachland. P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil. **167**

Tab. A 5: Langjährige Änderung der Temperatur (in °C) im Naturraum Niedersächsische Börden. P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil. **168**

Tab. A 6: Langjährige Änderung der Temperatur (in °C) im Naturraum Weser-Leine Bergland. P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil. **168**

Tab. A 7: Langjährige Änderung der Temperatur (in °C) im Naturraum Harz. P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil. **169**

Tab. A 8: Langjährige Änderung (Anzahl pro Jahr) thermischer Kenntage im Naturraum Lüneburger Heide. P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil. **169**

Tab. A 9: Langjährige Änderung (Anzahl pro Jahr) thermischer Kenntage im Naturraum Weser-Aller Flachland. P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil. **170**

Tab. A 10: Langjährige Änderung (Anzahl pro Jahr) thermischer Kenntage im Naturraum Niedersächsische Börden. P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil. **170**

Tab. A 11: Langjährige Änderung (Anzahl pro Jahr) thermischer Kenntage im Naturraum Weser-Leine Bergland. P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil. **171**

Tab. A 12: Langjährige Änderung (Anzahl pro Jahr) thermischer Kenntage im Naturraum Harz. P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil. **171**

Abb. A 16: Änderung der langjährigen mittleren jährlichen Niederschlagssumme im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 2.6). **172**

Abb. A 17: Änderung der langjährigen mittleren jährlichen Niederschlagssumme im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 4.5). **173**

Abb. A 18: Änderung der langjährigen mittleren jährlichen Niederschlagssumme im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 8.5). **174**

Tab. A 13: Langjährige Änderung der Niederschlagssumme (in mm/Jahr) im Naturraum Lüneburger Heide. P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil. **175**

Tab. A 14: Langjährige Änderung der Niederschlagssumme (in mm/Jahr) im Naturraum Weser-Aller Flachland. P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil. **175**

Tab. A 15: Langjährige Änderung der Niederschlagssumme (in mm/Jahr) im Naturraum Niedersächsische Börden. P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil. **175**

Tab. A 16: Langjährige Änderung der Niederschlagssumme (in mm/Jahr) im Naturraum Weser-Leine Bergland. P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil. **175**

Tab. A 17: Langjährige Änderung der Niederschlagssumme (in mm/Jahr) im Naturraum Harz. P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil. **175**

Abb. A 19: Änderung der langjährigen mittleren monatlichen Niederschlagssummen im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 2.6). **176**

Abb. A 20: Änderung der langjährigen mittleren monatlichen Niederschlagssummen im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 4.5). **177**

Abb. A 21: Änderung der langjährigen mittleren monatlichen Niederschlagssummen im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 8.5). **178**

Abb. A 22: Änderung der langjährigen mittleren monatlichen klimatischen Wasserbilanz im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 2.6). **179**

Abb. A 23: Änderung der langjährigen mittleren monatlichen klimatischen Wasserbilanz im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 4.5). **180**

Abb. A 24: Änderung der langjährigen mittleren monatlichen klimatischen Wasserbilanz im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 8.5). **181**

Abb. A 25: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Niederschlagsereignissen mit $N \geq 10$ mm/d innerhalb des jeweiligen 30-jährigen Zeitraumes im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 2.6). **182**

Abb. A 26: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Niederschlagsereignissen mit $N \geq 10$ mm/d innerhalb des jeweiligen 30-jährigen Zeitraumes im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 4.5). **183**

Abb. A 27: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Niederschlagsereignissen mit $N \geq 10$ mm/d innerhalb des jeweiligen 30-jährigen Zeitraumes im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 8.5). **184**

Abb. A 28: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Niederschlagsereignissen mit $N \geq 20$ mm/d innerhalb des jeweiligen 30-jährigen Zeitraumes im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 2.6). **185**

Abb. A 29: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Niederschlagsereignissen mit $N \geq 20$ mm/d innerhalb des jeweiligen 30-jährigen Zeitraumes im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 4.5). **186**

Abb. A 30: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Niederschlagsereignissen mit $N \geq 20$ mm/d innerhalb des jeweiligen 30-jährigen Zeitraumes im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 8.5). **187**

Abb. A 31: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Niederschlagsereignissen mit $N \geq 50$ mm/d innerhalb des jeweiligen 30-jährigen Zeitraumes im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 2.6). **188**

Abb. A 32: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Niederschlagsereignissen mit $N \geq 50$ mm/d innerhalb des jeweiligen 30-jährigen Zeitraumes im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 4.5). **189**

Abb. A 33: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Niederschlagsereignissen mit $N \geq 50$ mm/d innerhalb des jeweiligen 30-jährigen Zeitraumes im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 8.5). **190**

Tab. A 18: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Starkniederschlagsereignissen (Anzahl der Tage pro Jahr) im Naturraum Lüneburger Heide. P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil. **191**

Tab. A 19: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Starkniederschlagsereignissen (Anzahl der Tage pro Jahr) im Naturraum Weser-Aller Flachland. P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil. **191**

Tab. A 20: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Starkniederschlagsereignissen (Anzahl der Tage pro Jahr) im Naturraum Niedersächsische Börden. P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil. **191**

Tab. A 21: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Starkniederschlagsereignissen (Anzahl der Tage pro Jahr) im Naturraum Weser-Leine Bergland. P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil. **192**

Tab. A 22: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Starkniederschlagsereignissen (Anzahl der Tage pro Jahr) im Naturraum Harz. P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil. **192**

Tab. A 1: Untersuchungen zu Klimaanpassungs- und Klimaschutzaspekten bzw. raumplanerischen Themen mit Bezug zum Regionalverband Großraum Braunschweig in den vergangenen Jahren (Auswahl).

Jahr	Titel	Autoren	Inhalt	Aktualität	Raumbezug	Klimaanpassungs-Relevanz	Fazit
2004	Analyse der klimaökologischen Funktionen für das Gebiet des Zweckverbandes Großraum Braunschweig; Teilbereich Kaltlufthaushalt	GEO-NET im Auftrag des ZGB	Modellbasierte Analyse der klimaökologischen Funktionen im Gebiet des ZGB in einer räumlichen Auflösung von 250 m. Erstellung einer Planungskarte für den Teilbereich Kaltlufthaushalt, in der klimaökologische Ausgleichs- und Prozessräume sowie bioklimatische Belastungsräume verortet und in ihrer räumlichen Ausprägung dargestellt werden.	wird im Rahmen von REKLIBS aktualisiert (höhere räuml. Auflösung)	regional differenziert	hoch	Keine Verwendung, da die aktualisierte Analyse als Grundlage dienen wird
2004	STADT+JUM+LAND 2030	KoRiS, TU BS, Uni H, ZGB	Projekt im Rahmen des BMBF-Ideenwettbewerbs „Stadt 2030“. Ziel ist es, mit Leitbildern und Strategien zur Lösung der anstehenden Probleme in der Stadt-Region beizutragen (insb. prognostizierter Bevölkerungsrückgang). Verschiedene Forschungsfelder: Arbeits-, Wohn- und Versorgungs-, Mobilitäts-, Kooperative-Stadt-Region 2030, Stadt-Landschaft 2030	gering (Aussagen zum demographischen Wandel teilweise überholt)	regional differenziert	keine - gering	Keine Verwendung, da geringe Aktualität und nur wenig Anknüpfungspunkte für Klimaanpassung
2005	Freiraumsicherungs- und Entwicklungskonzept	PU, BTE, Prof. von Dressler im Auftrag des ZGB	Freiraumkonzept mit Vorranggebieten für Freiraumfunktionen' und Leitbildern für die Freiraumentwicklung	wird im Rahmen von FREK aktualisiert (parallel zu REKLIBS)	regional differenziert	hoch	Keine Verwendung, die gerade in Erarbeitung befindliche Aktualisierung erfolgt in enger Abstimmung mit dem REKLIBS-Prozess

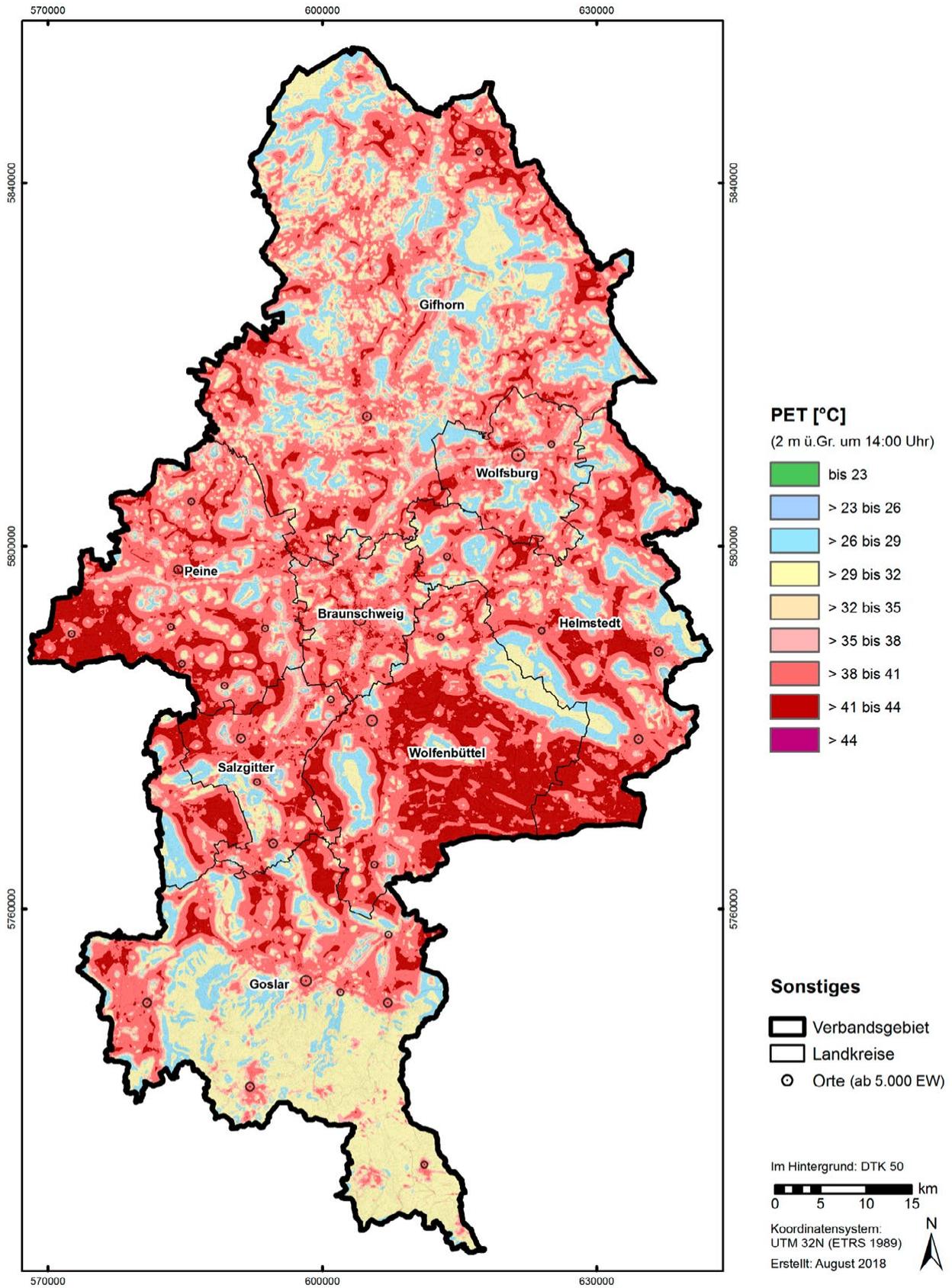
Jahr	Titel	Autoren	Inhalt	Aktualität	Raumbezug	Klimaanpassungs-Relevanz	Fazit
2008	Regionales Raumordnungsprogramm (RRÖP)	ZGB	<ul style="list-style-type: none"> Ziele und Grundsätze u.a. zu <ul style="list-style-type: none"> - Vorbeugenden Hochwasserschutz (Vorranggebiet Hochwasserschutz) - Regionale Wasserknappheit (VG Trinkwassergewinnung sowie Wasserwerk/Wassergewinnungsanlage) - Verschiebung der Lebensräume von Tieren und Pflanzen (VG Natura 2000, Natur und Landschaft,...) - Tourismus (VG Ruhige Erholung in Natur und Landschaft) 	Neuaufstellung geplant	regional differenziert	hoch	Anknüpfungspunkte bzw. Grundlage für vertiefende Festlegungen
2011	Regionales Management von Klimafolgen in der Metropolregion Hannover - Braunschweig - Göttingen - Wolfsburg (KFM)	LBEG und weitere	<ul style="list-style-type: none"> Auswirkungen des Klimawandels in der Metropolregion und Entwicklung möglicher Anpassungsstrategien u.a. für die Schwerpunkte: Wasserwirtschaft, Feldberegnung, Naturschutz Internetbasierte Informations- und Kommunikationsplattform u.a. mit interaktiver Karte, Entscheidungsunterstützungssystem und Maßnahmenkatalog 	<ul style="list-style-type: none"> Aussagen in Bezug auf die Sensitivitäten aktuell, konkrete Auswirkungen des Klimawandels und damit Betroffenheiten teilweise überholt 	regional differenziert	mittel - hoch	Kann als Grundlage dienen, insb. für die Handlungsfelder Naturschutz und Wasserversorgung

Jahr	Titel	Autoren	Inhalt	Aktualität	Raumbezug	Klimaanpassungs-Relevanz	Fazit
2012	Empfehlung für eine niedersächsische Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels	Nds. Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz	Abschätzung über das Ausmaß des Klimawandels auf verschiedene sektorale bzw. übergreifende Handlungsfelder (u.a. Wasserwirtschaft, Biodiversität und Naturschutz, Bauwesen bzw. Raumplanung, Forschung) und Ableitung von Maßnahmenempfehlungen in den einzelnen Handlungsfeldern. In der „Klimapolitische[n] Umsetzungsstrategie Niedersachsen“ (2013) wird der Zeitrahmen der Umsetzung der Maßnahmenempfehlungen konkretisiert.	Aussagen zum Klimawandel teilweise überholt	landesweit bis überregional	hoch	Maßnahmenübersicht kann als Grundlage für die Entwicklung regionaler Anpassungsmaßnahmen in den relevanten Handlungsfeldern genutzt werden
2012 bzw. seit 2014	Regionales Energie- und Klimaschutzkonzept für den Großraum Braunschweig (REnKCO2)	KoRis, e4consult, PU im Auftrag des ZGB	Grundlage für ein zielgerichtetes Vorgehen bei Energiebereitstellung, Energieverbrauch und Energieeinsparung, um bis 2050 100 %-Erneuerbare-Energie-Region zu werden. Phase 1 (abgeschlossen): Bestands- und Potenzialanalyse sowie Leitbilder, Ziele und Maßnahmen Phase 2 (laufend): Erstellung eines „Masterplan[s] zur Gestaltung der Energiewende“	aktuell bzw. teilweise noch in Erarbeitung	regional differenziert	gering	Ggf. Synergieeffekte bei einzelnen Maßnahmen möglich (z.B. Radwegenetz-Optimierung, energetische Sanierung von Wohngebäuden)
2014	Anpassung an den Klimawandel in der räumlichen Planung: Handlungsempfehlungen für die niedersächsische Planungspraxis auf Landes- und Regionalebene	Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL)	Projekt KLIF-IMPLAN zur Erarbeitung von Planungshilfen für den Umgang mit den Folgen des Klimawandels, um raumplanerische Handlungsmöglichkeiten und -notwendigkeiten aufzuzeigen. Anpassung an die Folgen des Klimawandels in ausgewählten Handlungsfeldern der räumlichen Planung in Niedersachsen.	aktuell	landesweit	hoch	Umfassende Übersicht zu Auswirkungen des Klimawandels und raumplanerischen Anpassungsmöglichkeiten. Noch aktueller ist die „Handlungshilfe klimawandelgerechter Regionalplan“ (2017).

Jahr	Titel	Autoren	Inhalt	Aktualität	Raumbezug	Klimaanpassungs-Relevanz	Fazit
2015 - 2017	EnerKlim – Energiewende im Klimawandel in der Metropolregion Hannover – Braunschweig – Göttingen – Wolfsburg (knüpft an KFM 2011 an)	Metropolregion GmbH, KoRIS, GEO-NET www.metropolregion.de/project/en/erklm	Hintergrund: Energiebedarf für Strom, Wärme und Mobilität soll bis 2050 vollständig aus erneuerbaren Energien gedeckt werden; Bereitstellung von Informationen, Szenarien und Entscheidungshilfen, die kommunalen Akteuren eine Verknüpfung ihrer Klimaschutz- und Klimaanpassungsprozesse ermöglichen Steigerung der Wirksamkeit von Aktivitäten und Verbindung zu Maßnahmen auf Landes- und Bundesebene Bestandsaufnahme kommunaler Aktivitäten im Bereich Klimaschutz und Klimafolgenanpassung als Basis für Synergieeffekte in der Metropolregion; Strombasierte EE-Potenziale 2050 mit dem Schwerpunkt Windenergie (Online-Tool)	aktuell (Projekt abgeschlossen, aber noch nicht alle Ergebnisse im Online-Tool)	regional differenziert	hoch	Ergebnisse können bei der Neuaufstellung des RRÖP als Grundlage dienen, insb. bei der Ausweisung von Flächen für die Windenergie
2015	Masterplan Fahrradtourismus Region Großraum Braunschweig	BTE Tourismus- und Regionalberatung im Auftrag des ZGB (fachliche Begleitung durch den ADFC)	Ziel: Radtourismus für die Entwicklung und Positionierung als Freizeit- und Tourismusregion Großraum Braunschweig nutzen. Der Masterplan Radtourismus knüpft an das Regionale Umsetzungs- und Investorenkonzept für Freizeit und Lebensqualität RIK der Allianz für die Region GmbH und der Wolfsburg AG an. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Analyse und Bewertung des Status quo der Region im Fahrradtourismus ▪ Entwicklungskonzept ▪ Maßnahmenkonzept 	aktuell	regional differenziert	mittel	Ggf. Anknüpfungspunkte für das Handlungsfeld „Veränderungen im Tourismusverhalten“

Jahr	Titel	Autoren	Inhalt	Aktualität	Raumbezug	Klimaanpassungs-Relevanz	Fazit
2016 - 2018	Masterplan 100 % Klimaschutz	Regionalverband Großraum Braunschweig	Eine von 22 ausgewählten Masterplankommunen mit dem Ziel, die Treibhausgasemissionen bis 2050 um 95 % und den Endenergieverbrauch um 50 % gegenüber 1990 zu senken. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bestehende Bilanzen und Potenzialberechnungen werden aktualisiert ▪ Maßnahmen für eine CO2-neutrale Energieversorgung und Lebensweise ▪ Gemeinsamer Prozess mit Vertretern aus Kommunen, Wirtschaft und Zivilgesellschaft 	aktuell	regional differenziert	gering – mittel	Keine direkte Verwendung, aber Abstimmung mit dem Masterplanmanagement, um mögliche Synergieeffekte bzw. Anknüpfungspunkte zu erkennen.
2017	Handlungshilfe klimawandelgerechter Regionalplan. Ergebnisse des Forschungsprojektes KlimREG für die Praxis.	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur	Basierend auf den Ergebnissen des MO-RO-Forschungsprojektes KlimREG (Klimawandelgerechter Regionalplan) gibt die Handlungshilfe einen nach Handlungsfeldern der Klimaanpassung untergliederten Überblick über bestehende Festlegungen und ihre Wirkungen. Ferner dokumentiert sie in Streckbriefen innovative Regelungsinhalte bestehender Regionalpläne (Good Practice) sowie weiterentwickelte Festlegungen (Innovationen).	aktuell	national bis überregional	hoch	Viele Anknüpfungspunkte – maßgebliche Grundlage für AP I.3 „Stand von Wissenschaft und Technik“

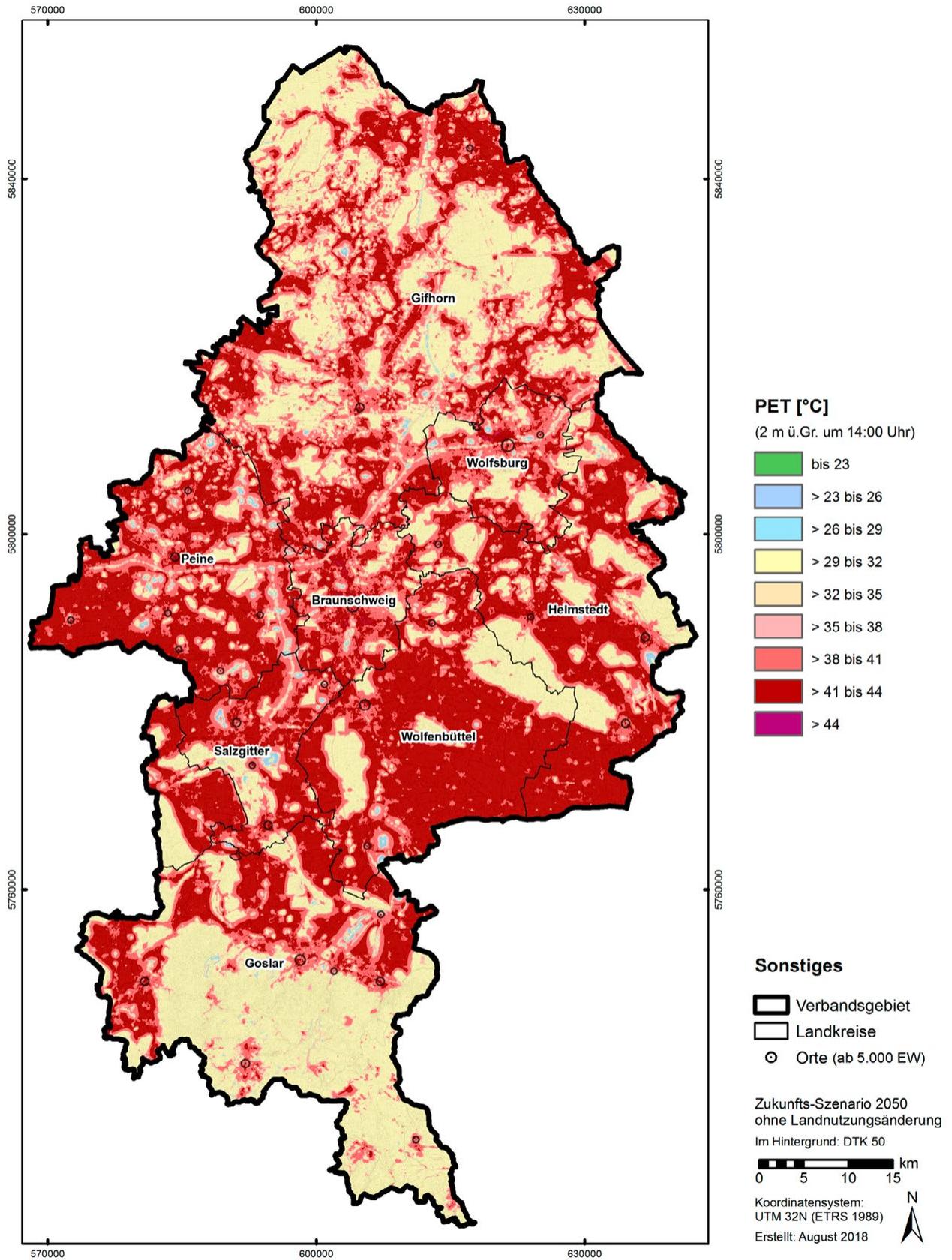
Jahr	Titel	Autoren	Inhalt	Aktualität	Raumbezug	Klimaanpassungs-Relevanz	Fazit
2017	Handbuch zur Ausgestaltung der Hochwasservorsorge in der Raumordnung. MORO Regionalentwicklung und Hochwasserschutz in Flussgebieten.	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur	Ähnliche Inhalte wie die „Handlungshilfe klimawandelgerechter Regionalplan“ (2017) mit alleinigem und detaillierterem Fokus auf das Handlungsfeld „Vorbeugender Hochwasserschutz“	aktuell	national bis überregional	hoch	Für das Handlungsfeld „Vorbeugender Hochwasserschutz“ Ergänzungen zur „Handlungshilfe klimawandelgerechter Regionalplan“ (2017)
2017 / 2018	Stadtklimaanalyse Braunschweig	GEO-NET im Auftrag der Stadt BS	Mikroskalige Stadtklimaanalyse für den Ist-Zustand (thermische Belastungsräume, Ausgleichsflächen; 10 m-Auflösung) sowie Untersuchung der Auswirkungen des Klimawandels auf das zukünftige Stadtklima (Bezugsjahr 2050) und daraus Ableitung von Maßnahmen zur Klima(wandel)anpassung	aktuell	Stadt BS	hoch	Ergebnisse und Methoden lassen sich aufgrund des unterschiedlichen Raumbezugs nicht direkt vergleichen, doch werden Erkenntnisse (insb. zu Anpassungsmaßnahmen) aufgegriffen und das Vorgehen soweit möglich angeglichen



Wärmebelastung am Tage

Status quo

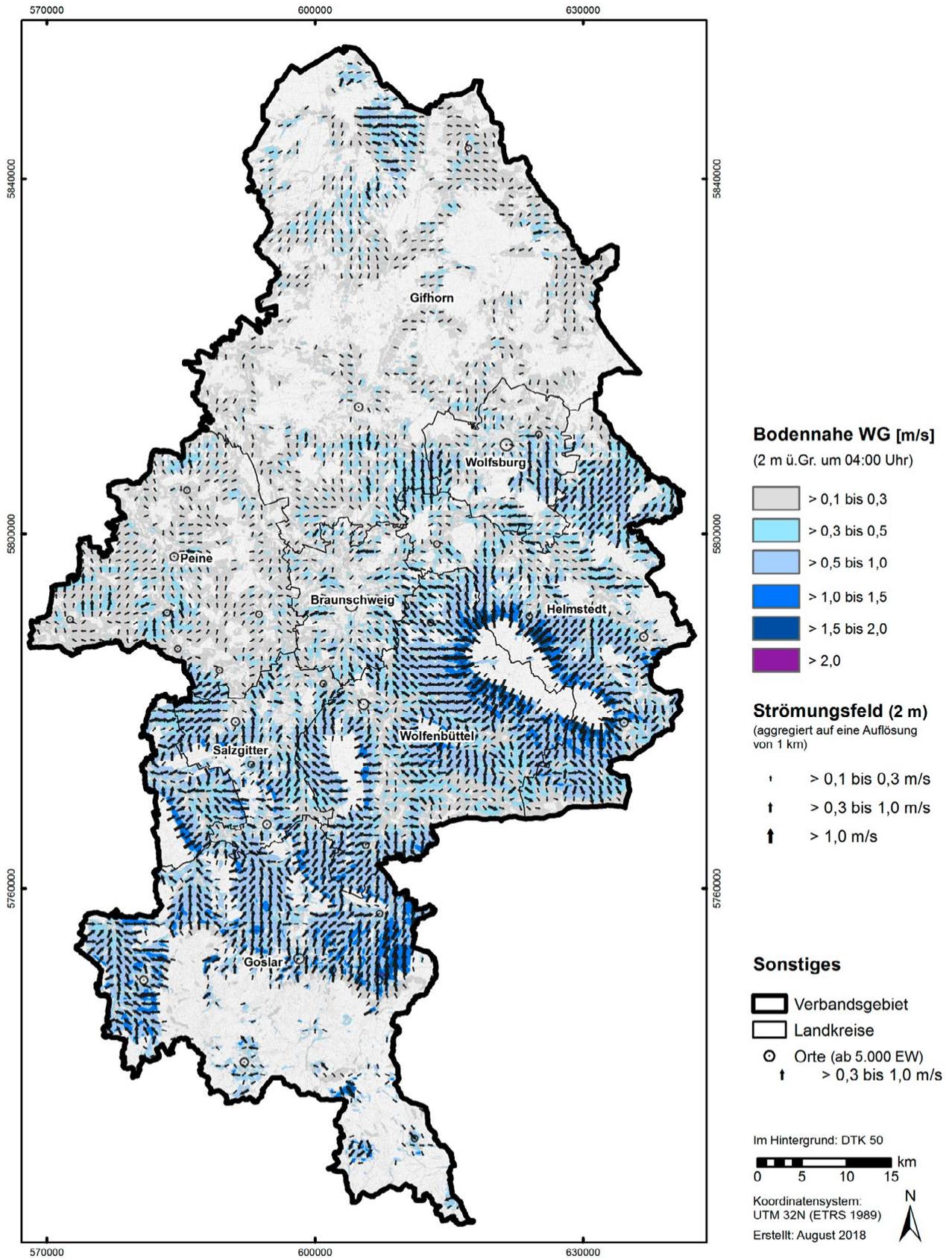
Abb. A 1: Wärmebelastung am Tage (PET) des Status quo im Großraum Braunschweig



Wärmebelastung am Tage

Zukunfts-Szenario

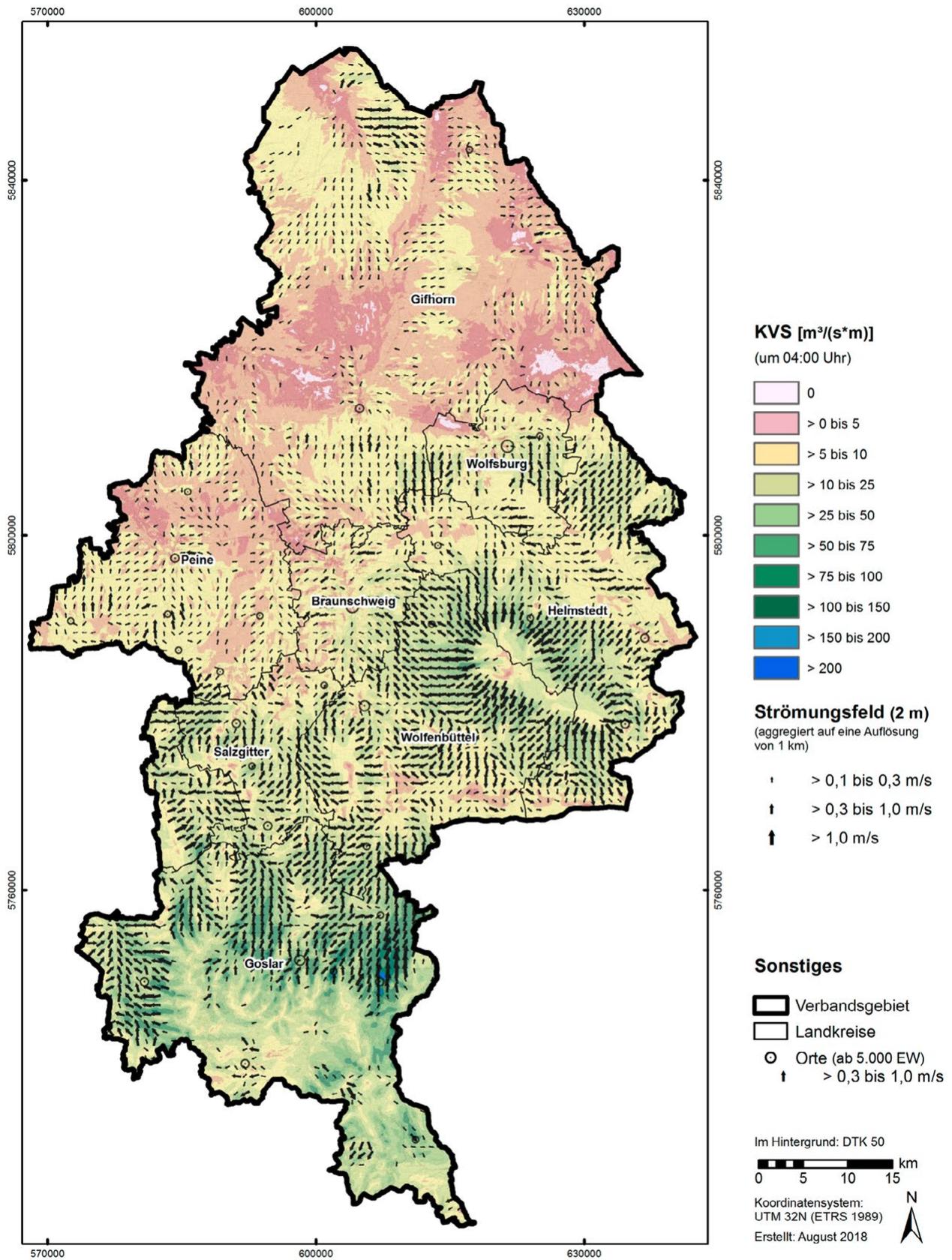
Abb. A 2: Wärmebelastung am Tage (PET) des Zukunfts-Szenarios 2050 im Großraum Braunschweig



Nächtliches Kaltluftströmungsfeld

Status quo

Abb. A 3: Bodennahe Windfeld des Status quo in der Nacht im Großraum Braunschweig



Kaltluftvolumenstrom in der Nacht

Status quo

Abb. A 4: Kaltluftvolumenstrom des Status quo in der Nacht im Großraum Braunschweig

Tab. A 2: Kommunen im Großraum Braunschweig mit zentralörtlicher Funktion als Ober- bzw. Mittelzentrum oder einem zukünftig relevanten Stadtklimaeffekt

Kommune	Zentrale Orte	mittl. Wärmeinsel- effekt (Zukunft)	max. Wärmeinsel- intensität (Zukunft)
Braunschweig	Oberzentrum	4,80	7,89
Wolfsburg	Oberzentrum	4,52	7,49
Wolfenbüttel	Mittelzentrum	4,36	6,78
Salzgitter-Bad	Oberzentrum	4,35	6,50
Helmstedt	Mittelzentrum	4,29	6,51
Salzgitter-Lebenstedt	Oberzentrum	4,29	6,85
Peine	Mittelzentrum	4,20	6,74
Schöppenstedt		4,18	6,18
Gifhorn	Mittelzentrum	4,07	6,06
Lengede		3,98	6,31
Clausthal-Zellerfeld	Mittelzentrum	3,95	5,32
Schöningen		3,93	5,86
Schladen-Werla		3,91	5,77
Seesen	Mittelzentrum	3,90	6,20
Weyhausen		3,83	5,89
Hankensbüttel		3,80	5,56
Goslar	Mittelzentrum	3,80	6,05
Langelsheim		3,69	5,56
Bad Harzburg	Mittelzentrum	3,66	5,27
Schwülper		3,61	5,75
Hohenhameln		3,58	5,73
Liebenburg		3,53	5,69
Wittingen	Mittelzentrum	3,36	5,74

rot = heute bereits planungsrelevanter Stadtklimaeffekt

orange = zukünftig planungsrelevanter Stadtklimaeffekt

schwarz = zukünftig relevanter Stadtklimaeffekt, aber keine Planungsrelevanz

grau = Planungsrelevanz, aber zukünftig kein relevanter Stadtklimaeffekt

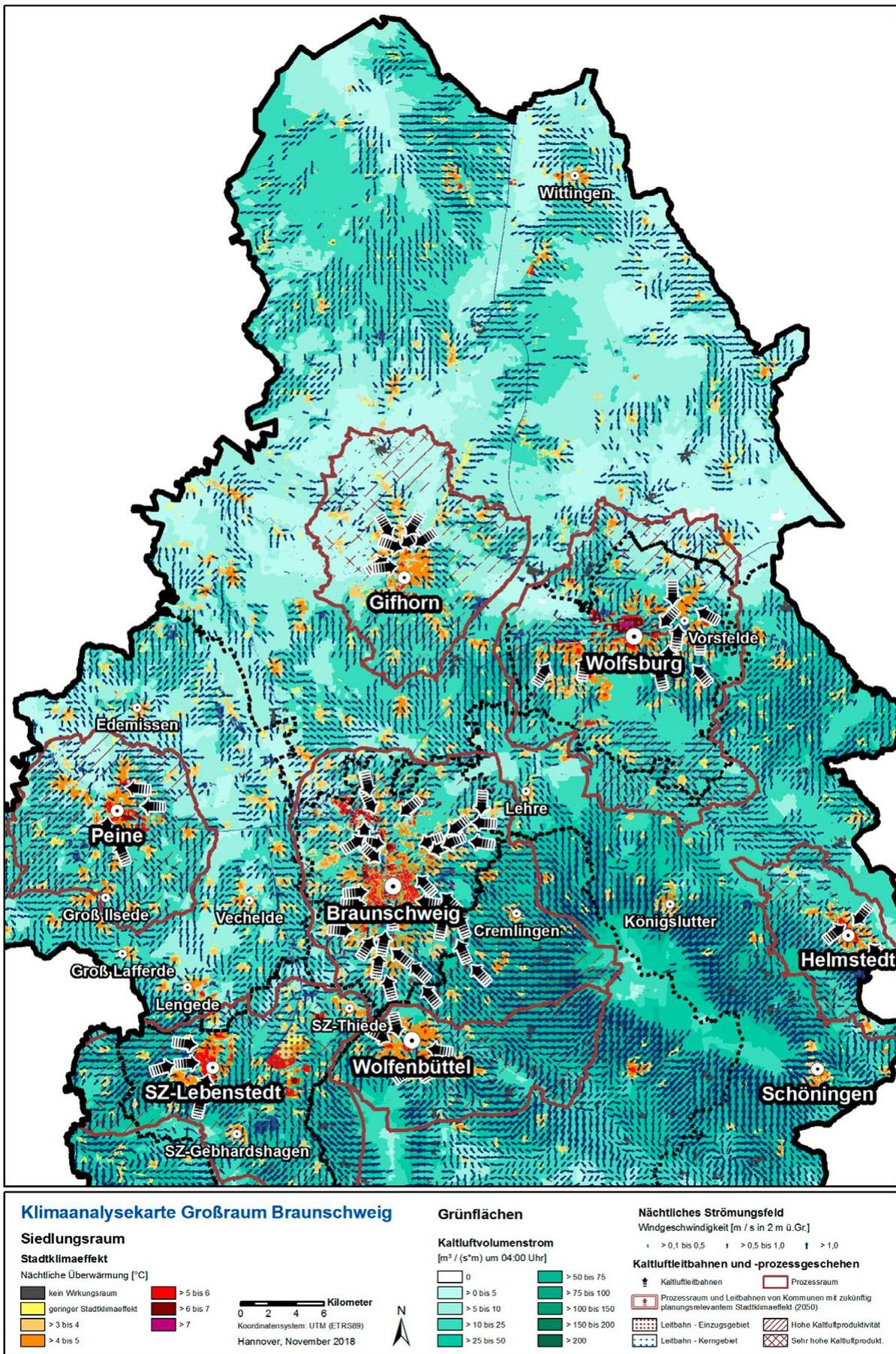


Abb. A 5: Ausschnitt aus der Klimaanalysekarte – Nördlicher Teil des Großraums Braunschweig (verkürzte Legende)

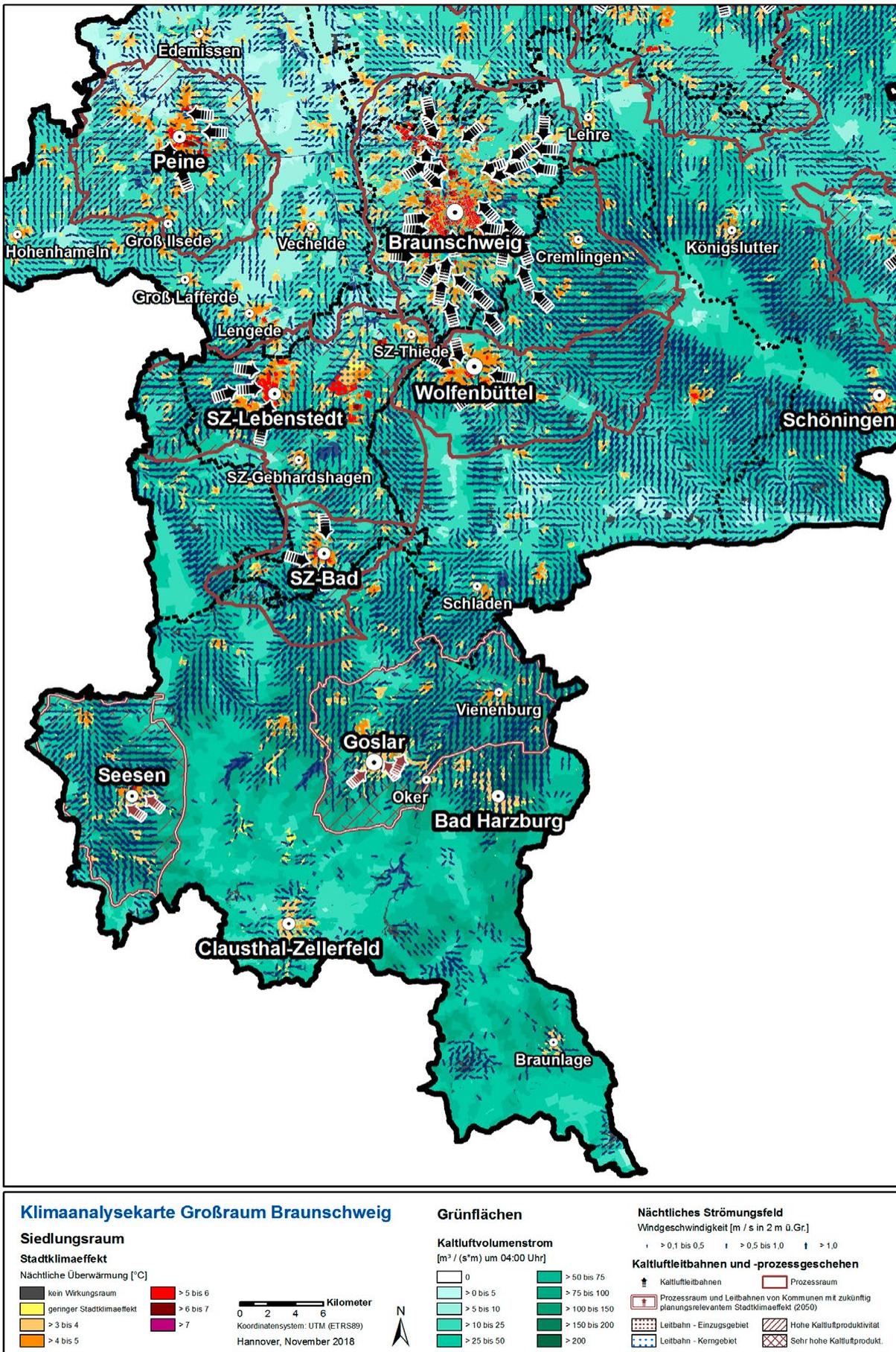
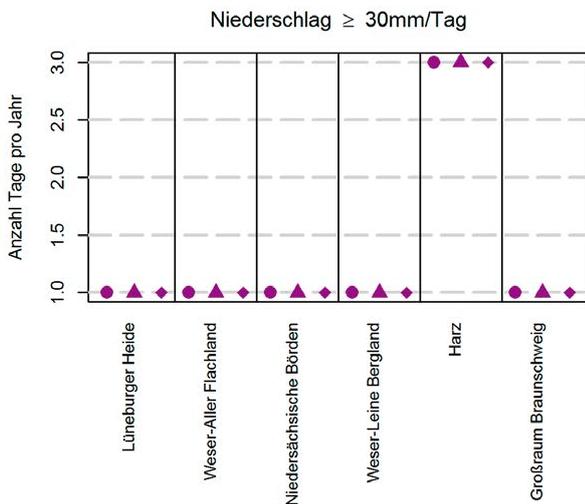
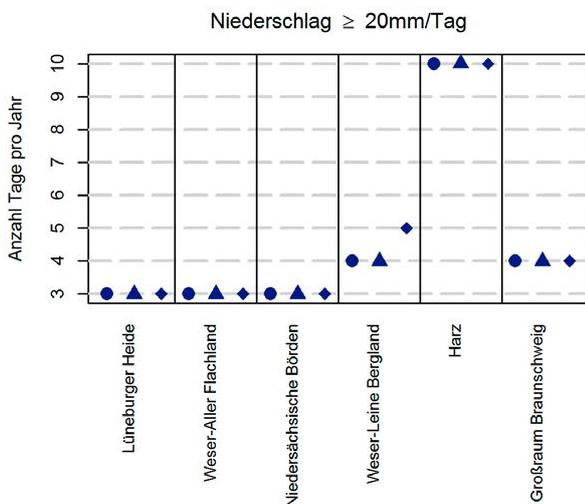
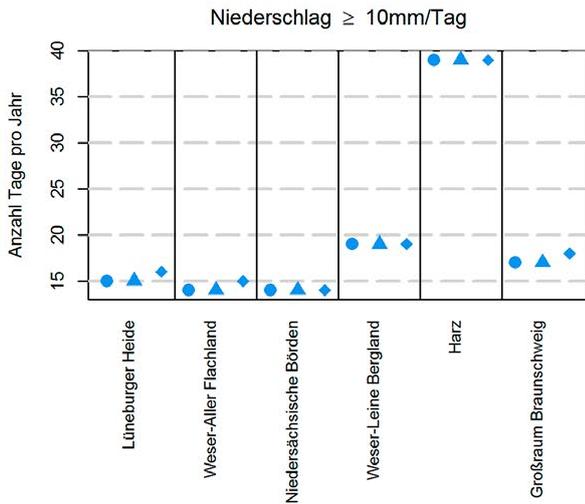


Abb. A 6: Ausschnitt aus der Klimaanalysekarte – Südlicher Teil des Großraums Braunschweig (verkürzte Legende)

Gegenwärtige Betroffenheit / Sensitivität	
Bodenerosion	<p>Mittlerer Bodenabtrag 1971-2000 (Einteilung in Gefährdungsklassen nach DIN 19708): hoch: Gefährdungsklassen 5 mittel: Gefährdungsklasse 3 und 4 gering: Gefährdungsklassen 1 und 2 keine: Gefährdungsklasse 0</p>
Flusshochwasser	<p>Anteil an Siedlungsflächen, die in Überschwemmungsgebieten liegen: hoch: > 5,0 % Siedlungsfläche von ÜSG betroffen mittel: > 1,0 bis 5,0 % Siedlungsfläche von ÜSG betroffen gering: > 0,0 bis 1,0 % Siedlungsfläche von ÜSG betroffen keine: sonst</p>
Gewässerqualität	<p>Anteil Fließgewässer mit unbefriedigendem bzw. schlechtem ökologischen Zustand: hoch: Flächenanteil > 90 % mittel: Flächenanteil > 30 bis 90 % gering: Flächenanteil > 0 bis 30 % keine: sonst</p>
Grundwasser	<p>1. Grundwasserneubildungsrate: mittel: Neubildungsrate 0 bis < 50 mm/a gering: Neubildungsrate 50 bis < 100 mm/a keine: Neubildungsrate > 100 mm/a</p> <p>2. Zusätzlich: Anteil grundwasserzehrender Flächen: Betroffenheit steigt um eine Stufe, wenn der Anteil von Flächen mit negativer Grundwasserneubildungsrate > 10 % des Gemeindegebiets umfassen</p>
Infrastrukturen	<p>Anzahl Verkehrsinfrastrukturen in der Gemeinde (Autobahnen, Bundesstraßen, Landstraßen, Bahn, Stadtbahnen (nur BS), Mittellandkanal sowie Flughafen (nur BS), dabei Bewertung nach "Punkten" (1 = in der Kommune vorhanden, 0 = nicht vorhanden): 6-7 Punkte = sehr hohe Sensitivität 4-5 Punkte = hohe Sensitivität 1-3 Punkte = geringe Sensitivität</p>
Landwirtschaft	<p>Mittlerer Zusatzwasserbedarf auf Ackerflächen in der Vegetationsperiode (v) im Zeitraum 1971-2000 (Einteilung in Verbrauchsklassen 1-5 nach Klimawirkungsstudie LBEG): sehr hoch: Verbrauchsklasse 4 (≥ 140 mm/v) hoch: Verbrauchsklasse 3 (≥ 100 bis 140 mm/v) mittel: Verbrauchsklasse 2 (≥ 60 bis 100 mm/v) gering: Verbrauchsklasse 1 (≥ 20 bis 60 mm/v) keine: Verbrauchsklasse 0 (< 20 mm/v)</p>
Naherholung	<p>Anteil Naherholungsgebiete in der Nähe zu "relevanten Siedlungsräumen" sehr hohe Sensitivität: Flächenanteil > 20 % oder > 2000 ha hohe Sensitivität: Flächenanteil > 10 % bis ≤ 20% oder > 1000 ha geringe Sensitivität: Flächenanteil 0 bis ≤ 10 % oder ≤ 1000 ha keine: sonst</p>
Natur- und Landschaftsschutz	<p>Anteil Natura 2000-, Naturschutz- und Landschaftsschutzgebiete: sehr hohe Sensitivität: Flächenanteil > 50 % oder > 6000 ha hohe Sensitivität: Flächenanteil > 25 bis 50 % oder > 3000 ha geringe Sensitivität: Flächenanteil > 5 bis 25 % oder > 100 ha keine Sensitivität: Flächenanteil ≤ 5 %</p>
Stadtklima	<p>Nächtliche Überwärmung im Siedlungsraum (Wärmeineleffekt (UHI)): hoch: mittlere UHI ≥ 4.0 und maximale UHI ≥ 6.5 mittel: mittlere UHI ≥ 3.5 und maximale UHI ≥ 5.5 gering: mittlere UHI ≥ 3.0 und maximale UHI ≥ 4.5 keine: sonst</p>
Wälder und Forsten	<p>Anteil Waldgebiete: sehr hohe Sensitivität: Flächenanteil > 33,3 % oder > 3500 ha hohe Sensitivität: Flächenanteil > 16,7 bis 33,3 % oder > 1750 ha geringe Sensitivität: Flächenanteil > 1 bis 16,7 % oder > 100 ha keine: sonst</p>

Auswirkungen des Klimawandels auf die Betroffenheit / Sensitivität	Referenzen
Mittlere Änderung des Bodenabtrags in der nahen Zukunft (2021-2050) je Gemeinde: zunehmend: Änderungssignal $\geq 0,5 \text{ t}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ konstant: Änderungssignal $< 0,5 \text{ t}/(\text{ha} \cdot \text{a})$	LBEG / Klimawirkungsstudie Niedersachsen (2019)
Veränderung des HQ100-Abflusses in der nahen Zukunft (2021-2050): zunehmend: Änderungssignal $\geq 5 \%$ konstant: $-5 \% \leq \text{Änderungssignal} < 5 \%$ abnehmend: Änderungssignal $< -5 \%$ nicht bewertbar: es liegt kein Pegel im Stadtgebiet	NLWKN / Klimawirkungsstudie Niedersachsen (2019)
Keine räumliche Differenzierung möglich Für den gesamten Großraum Braunschweig bestehen potentiell negative Auswirkungen des Klimawandels auf die Gewässerqualität, doch ist weiterer Forschungsbedarf nötig	Geodaten NLWKN
Mittlere Änderung der Grundwasserneubildungsrate in der fernen Zukunft (2071-2100): zunehmend: Änderungssignal $< -5 \%$ konstant: $-5 \% \leq \text{Änderungssignal} < 5 \%$ abnehmend: Änderungssignal $\geq 5 \%$	LBEG / Klimawirkungsstudie Niedersachsen (2019)
Keine räumliche Differenzierung möglich Für den gesamten Großraum Braunschweig wird eine zunehmende Gefährdung für Verkehrsinfrastrukturen durch den Klimawandel gesehen, doch besteht weiterer Forschungsbedarf	
Mittlere Änderung des Zusatzwasserbedarfs in der fernen Zukunft (2071-2100): zunehmend: Änderungssignal $\geq 10 \text{ mm}/\text{v}$ konstant: $0 \leq \text{Änderungssignal} < 10 \text{ mm}/\text{v}$ abnehmend: nicht vorkommend nicht bewertbar: keine Modelldaten für das Gebiet	LBEG / Klimawirkungsstudie Niedersachsen (2019)
Keine räumliche Differenzierung möglich Für den gesamten Großraum Braunschweig wird eine zunehmende Gefährdung für alle Naherholungsgebiete durch den Klimawandel gesehen (insb. im Umfeld stadtklimatisch belasteter Flächen), doch besteht weiterer Forschungsbedarf	
Bewertung grundwasserabhängiger FFH-Gebiete in der fernen Zukunft (2071-2100) auf Basis des KFM-Projekts (Einstufung der Auswirkungen des Klimawandels jeder FFH-Fläche in 5 Klassen: Minus (2), Minus fraglich (1), Keine (0), Plus fraglich (-1), Plus (-2) und daraus Berechnung einer mittleren Kennzahl von 2 bis -2 der jeweils betroffenen Fläche pro Gemeinde): Verbesserung: Kennzahl ≥ 1 konstant: $-1 \leq \text{Kennzahl} < 1$ Gefährdung: Kennzahl < -1 nicht bewertbar: keine FFH-Gebiete in Gemeinde	Institut für Umweltplanung (Uni Hannover) / Klimafolgenmanagement (KFM) in der Metropolregion Hannover-Braunschweig-Göttingen (2012)
Änderung des Wärmeinseleffekts bis Mitte des Jahrhunderts (UHI): zunehmend: Anstieg der mittleren und maximalen UHI um jeweils ≥ 0.33 konstant: sonst	Klimaanalysekarte Großraum Braunschweig im Rahmen von REKLIBS auf Basis von Daten des EURO-CORDEX-Modellensembles
Keine räumliche Differenzierung möglich Für den gesamten Großraum Braunschweig bestehen potentiell negative Auswirkungen des Klimawandels auf Wälder und Forsten, doch ist weiterer Forschungsbedarf nötig	

Abb. A 7: Methodik zur Bewertung der gegenwärtigen und zukünftigen Betroffenheit (schwarz) bzw. Sensitivität (grau) in der Betroffenheitsmatrix



● 1961-1990 ▲ 1971-2000 ◆ 1989-2018

Abb. A 8: Entwicklung der Anzahl der Tage mit Starkniederschlag in den Naturräumen des Großraumes Braunschweig

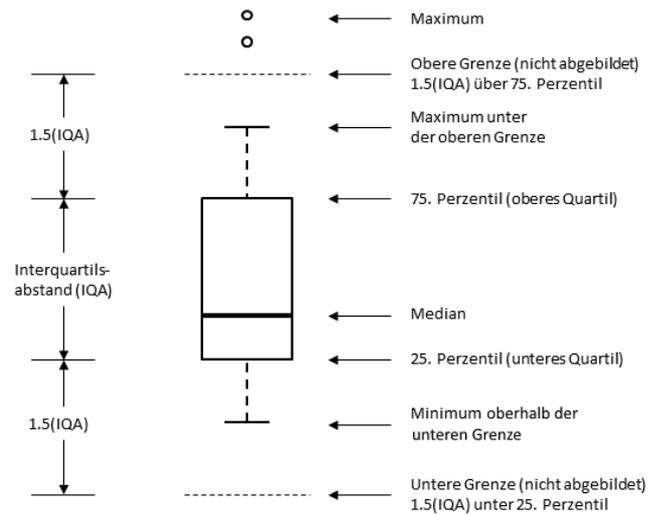


Abb. A 9: Konventionen und Bedeutung der grafischen Darstellung eines Box-Whisker Plots

Temperaturzunahme und Hitze

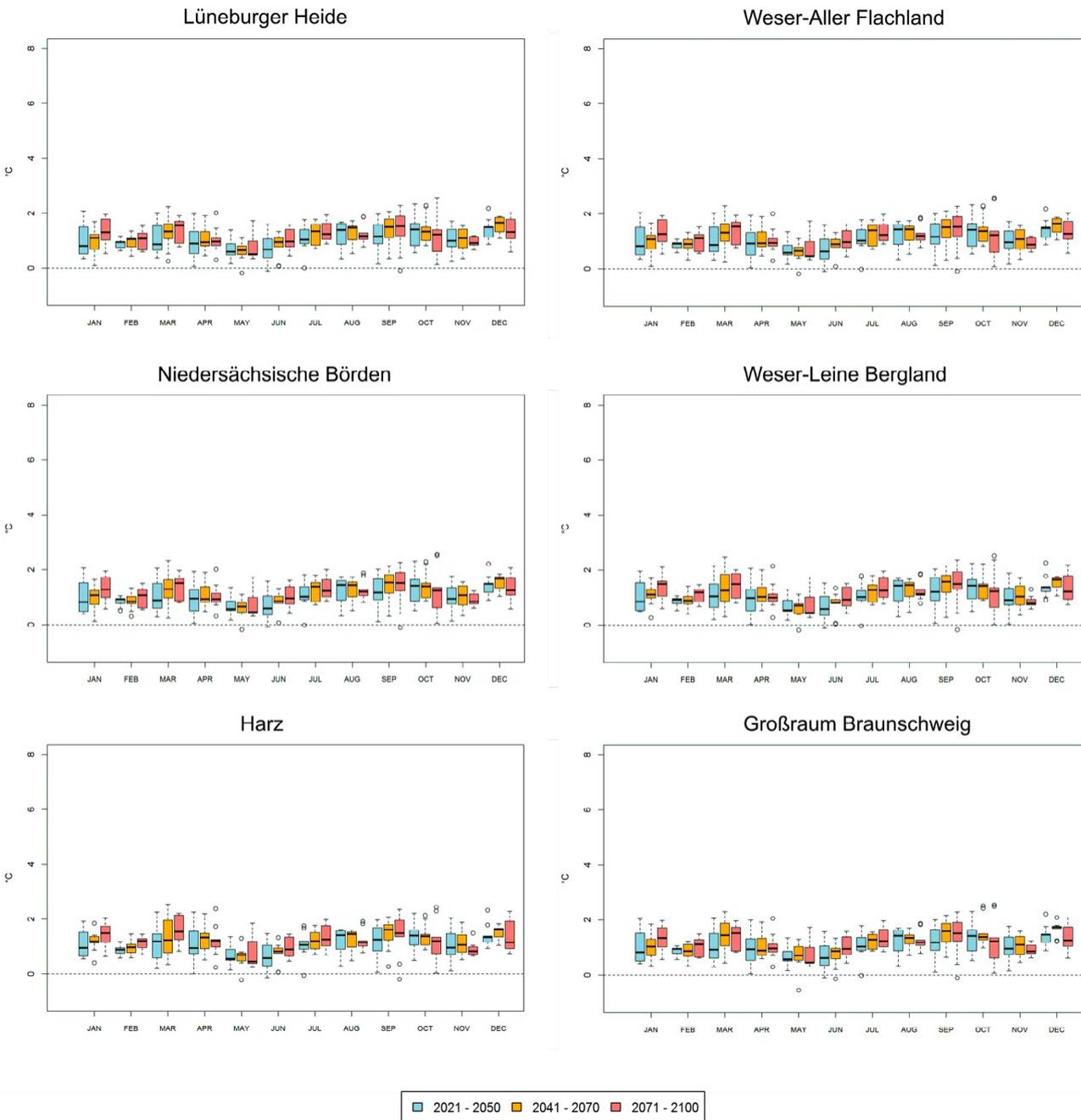


Abb. A 10: Änderung der langjährigen monatlichen Mitteltemperaturen im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 2.6).

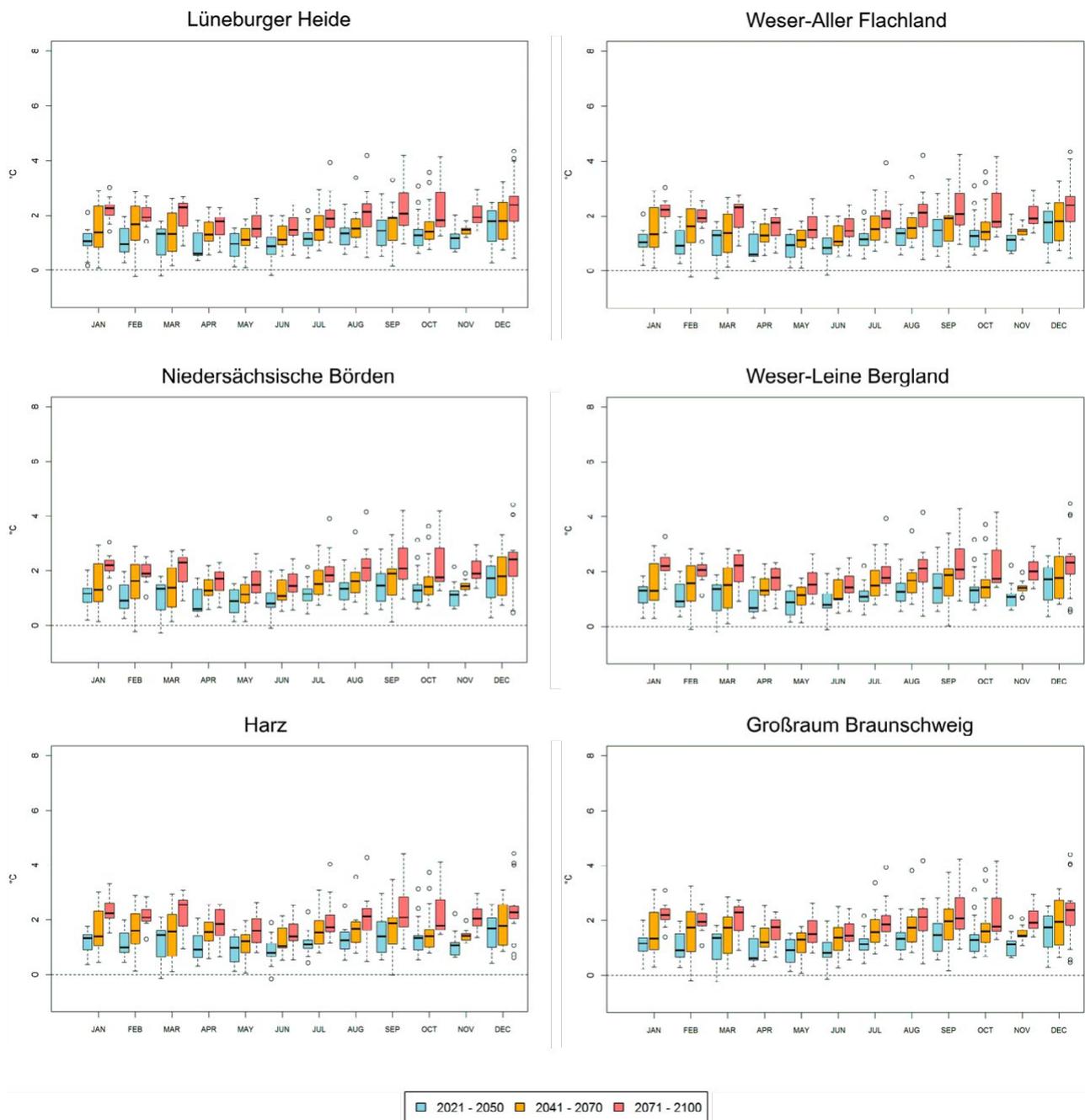


Abb. A 11: Änderung der langjährigen monatlichen Mitteltemperaturen im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 4.5).

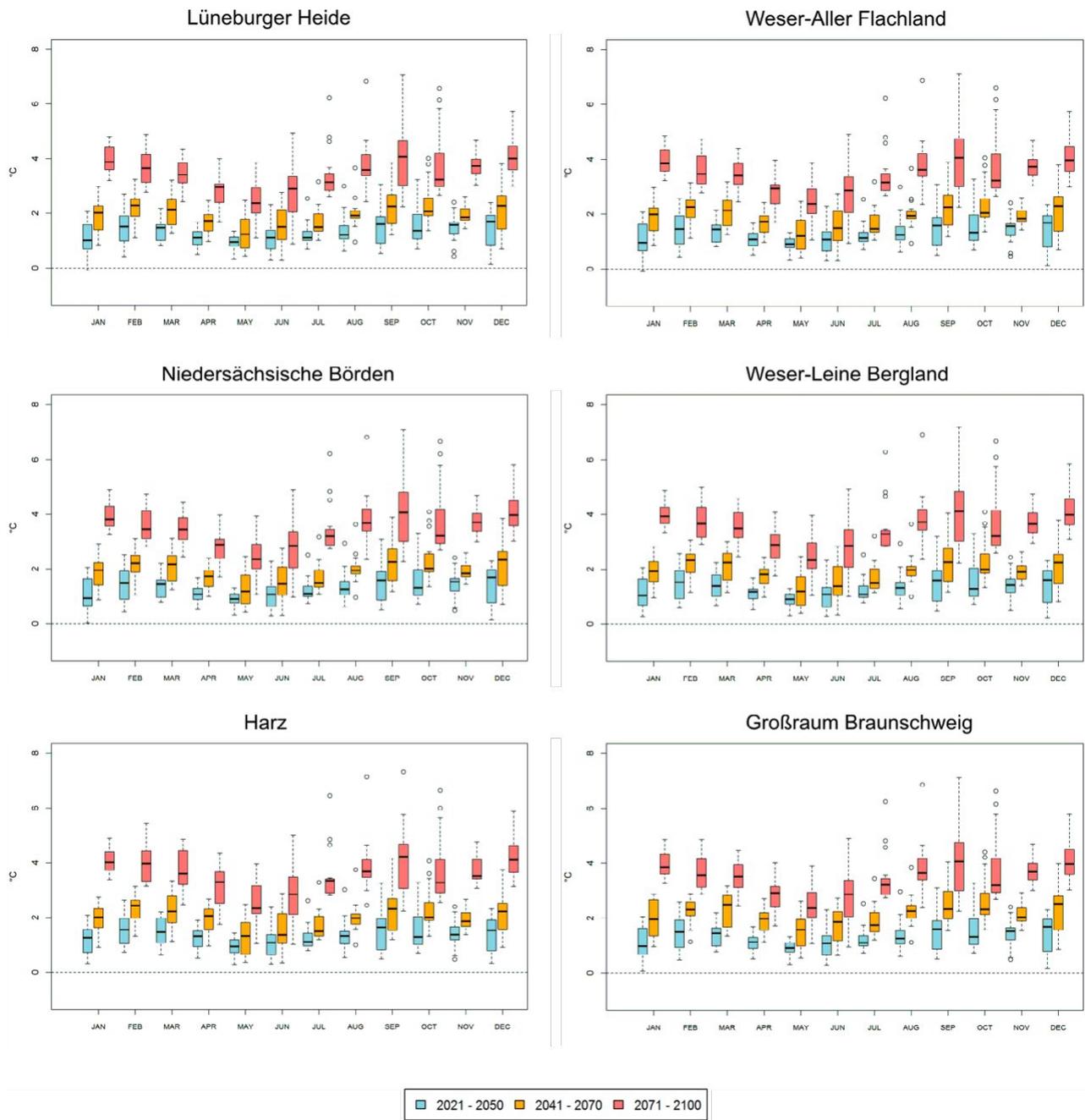


Abb. A 12: Änderung der langjährigen monatlichen Mitteltemperaturen im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 8.5).

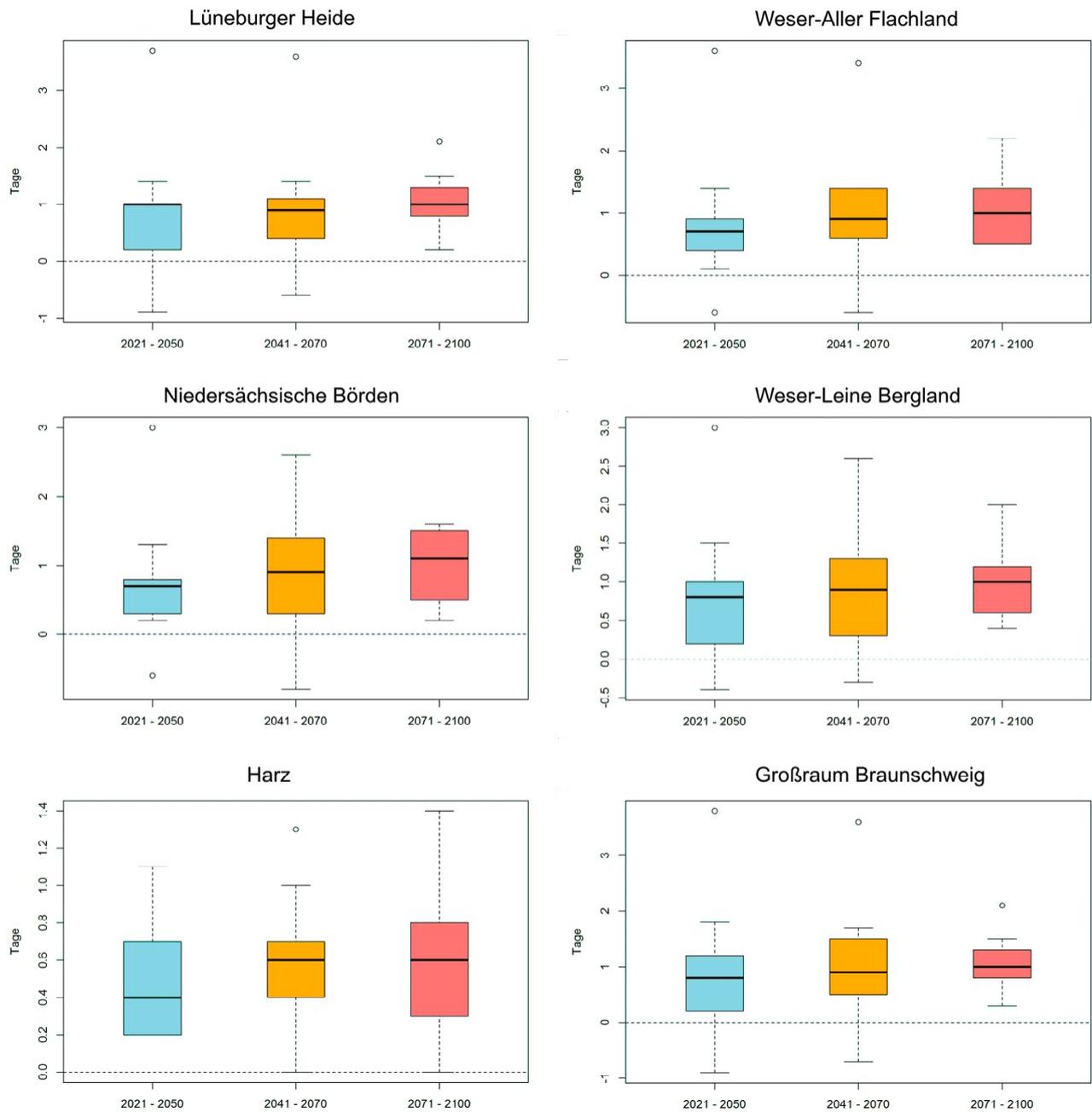


Abb. A 13: Änderung der Länge von Hitzeperioden (aufeinanderfolgende Tage mit $T_{max} \geq 30 \text{ °C}$) im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 2.6).

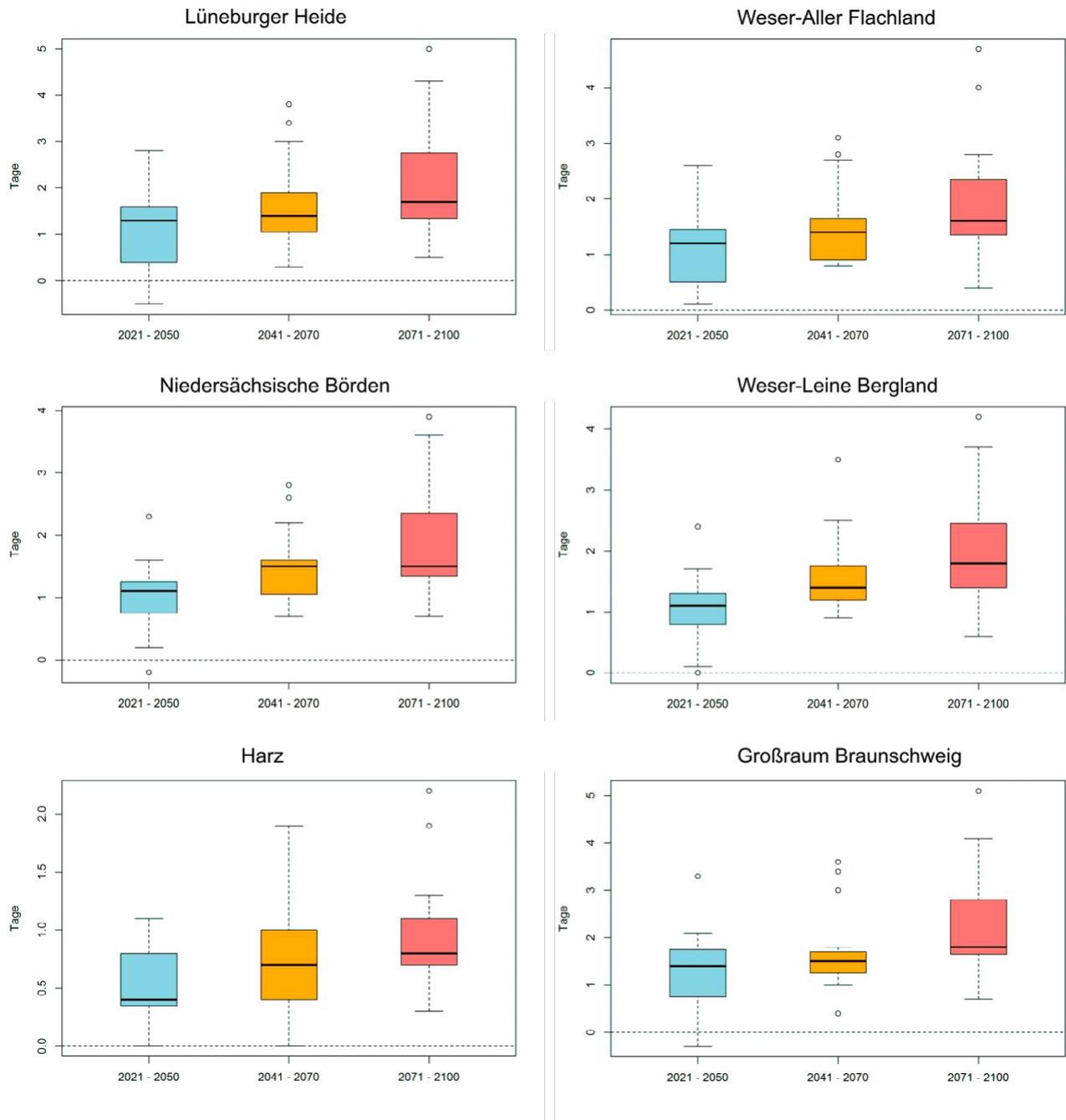


Abb. A 14: Änderung der Länge von Hitzeperioden (aufeinanderfolgende Tage mit $T_{max} \geq 30^\circ C$) im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 4.5).

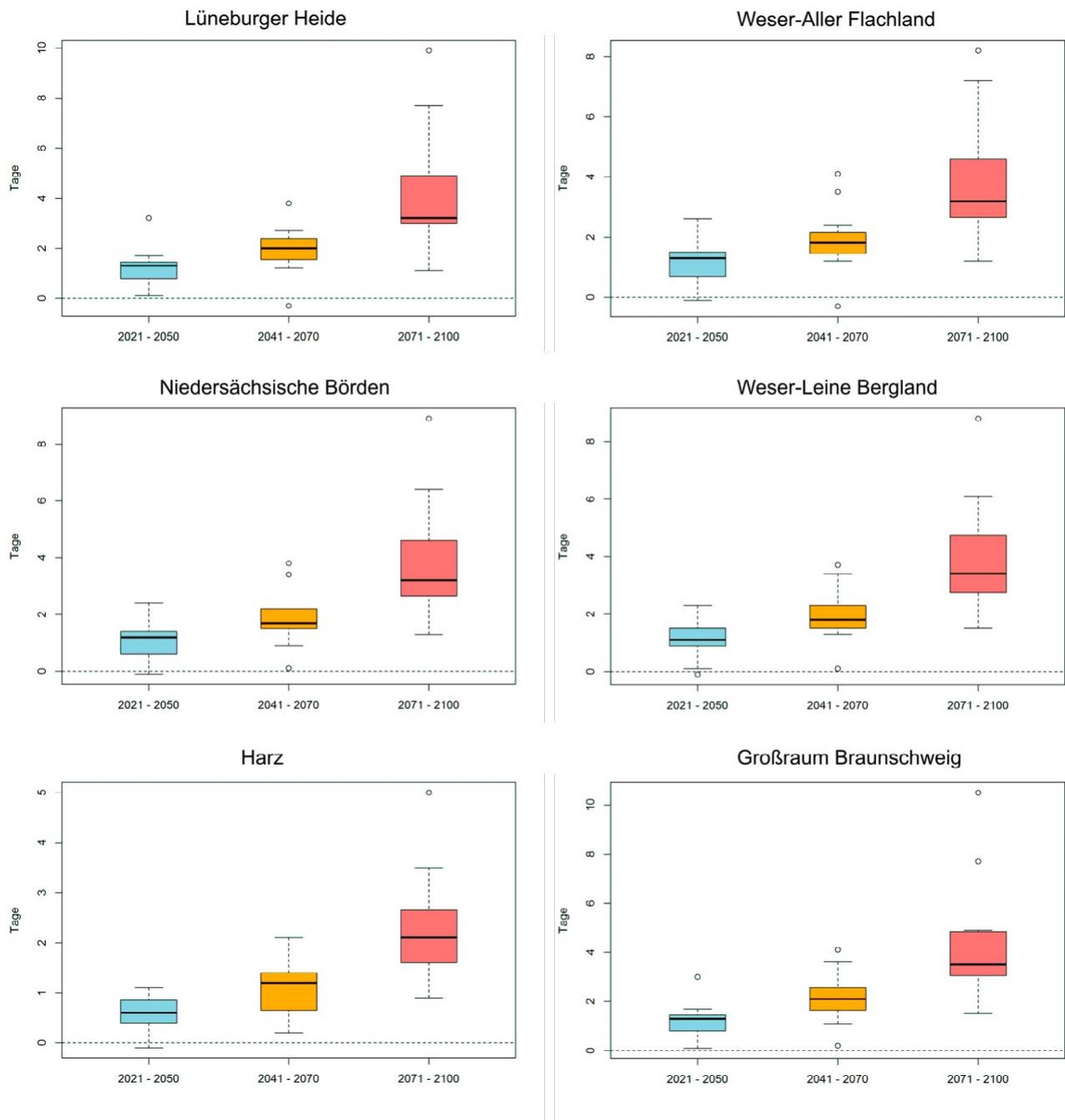


Abb. A 15: Änderung der Länge von Hitzeperioden (aufeinanderfolgende Tage mit $T_{max} \geq 30 \text{ °C}$) im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 8.5).

Tab. A 3: Langjährige Änderung der Temperatur (in °C) im Naturraum Lüneburger Heide.
P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil.

Variable	Szenario	Änderung im Zeitraum gegenüber 1971-2000								
		2021/2050			2041/2070			2071/2100		
		P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85
Jahresmitteltemperatur [°C]	RCP 2.6	0,8	1,0	1,3	0,9	1,2	1,5	0,9	1,2	1,5
	RCP 4.5	0,7	1,2	1,6	1,0	1,6	2,2	1,5	2,0	2,6
	RCP 8.5	0,8	1,3	1,8	1,6	2,1	2,6	2,8	3,4	4,3
Minimumtemperatur [°C]	RCP 2.6	1,8	2,2	3,2	1,9	2,8	3,0	2,6	2,9	3,3
	RCP 4.5	1,2	2,6	3,4	2,7	3,9	6,0	3,4	4,1	5,5
	RCP 8.5	0,7	3,1	3,7	3,2	4,7	6,2	6,3	7,8	9,1
Maximumtemperatur [°C]	RCP 2.6	0,7	1,5	2,0	0,8	1,2	2,5	0,6	1,7	2,0
	RCP 4.5	0,9	1,3	2,2	1,4	2,0	2,9	1,4	2,2	3,6
	RCP 8.5	0,7	1,8	2,2	1,4	2,5	3,9	3,0	4,0	6,5

Tab. A 4: Langjährige Änderung der Temperatur (in °C) im Naturraum Weser-Aller Flachland.
P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil.

Variable	Szenario	Änderung im Zeitraum gegenüber 1971-2000								
		2021/2050			2041/2070			2071/2100		
		P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85
Jahresmitteltemperatur [°C]	RCP 2.6	0,8	1,0	1,3	0,9	1,2	1,5	0,9	1,2	1,4
	RCP 4.5	0,7	1,2	1,6	1,0	1,6	2,2	1,5	2,0	2,6
	RCP 8.5	0,8	1,3	1,7	1,7	2,0	2,6	2,8	3,4	4,3
Minimumtemperatur [°C]	RCP 2.6	1,7	2,5	3,5	2,2	2,6	3,1	2,6	3,0	3,4
	RCP 4.5	1,5	2,6	3,4	2,6	4,1	6,3	3,2	4,2	5,8
	RCP 8.5	1,1	2,9	4,0	3,0	5,0	6,2	6,3	7,9	9,2
Maximumtemperatur [°C]	RCP 2.6	0,8	1,4	1,9	0,8	1,3	2,4	0,5	1,7	2,0
	RCP 4.5	0,9	1,3	2,2	1,3	2,0	2,8	1,5	2,3	3,5
	RCP 8.5	0,8	1,7	2,1	1,5	2,5	3,9	3,0	4,0	6,5

Tab. A 5: Langjährige Änderung der Temperatur (in °C) im Naturraum Niedersächsische Börden.
P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil.

Variable	Szenario	Änderung im Zeitraum gegenüber 1971-2000								
		2021/2050			2041/2070			2071/2100		
		P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85
Jahresmitteltemperatur [°C]	RCP 2.6	0,8	1,0	1,3	0,9	1,2	1,5	0,9	1,1	1,4
	RCP 4.5	0,7	1,2	1,6	1,0	1,6	2,2	1,5	2,0	2,6
	RCP 8.5	0,8	1,3	1,7	1,7	2,0	2,6	2,8	3,4	4,3
Minimumtemperatur [°C]	RCP 2.6	1,7	2,5	3,8	1,8	2,5	3,4	2,7	3,1	3,5
	RCP 4.5	1,7	2,6	3,4	2,4	3,9	6,0	3,2	4,0	5,7
	RCP 8.5	0,9	3,0	4,4	2,9	4,7	6,7	6,2	7,8	9,7
Maximumtemperatur [°C]	RCP 2.6	1,0	1,3	1,8	0,8	1,4	2,4	0,6	1,6	2,0
	RCP 4.5	0,9	1,4	2,2	1,3	1,9	2,9	1,5	2,4	3,5
	RCP 8.5	1,0	1,8	2,1	1,6	2,6	3,8	3,1	4,1	6,5

Tab. A 6: Langjährige Änderung der Temperatur (in °C) im Naturraum Weser-Leine Bergland.
P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil.

Variable	Szenario	Änderung im Zeitraum gegenüber 1971-2000								
		2021/2050			2041/2070			2071/2100		
		P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85
Jahresmitteltemperatur [°C]	RCP 2.6	0,8	1,0	1,3	0,9	1,2	1,5	0,9	1,1	1,5
	RCP 4.5	0,7	1,2	1,6	1,0	1,6	2,2	1,4	2,0	2,6
	RCP 8.5	0,8	1,3	1,8	1,6	2,0	2,6	2,8	3,4	4,4
Minimumtemperatur [°C]	RCP 2.6	1,8	2,5	4,0	2,4	2,9	3,7	2,5	3,4	4,0
	RCP 4.5	1,9	2,6	4,2	2,0	3,7	6,1	3,4	4,1	6,3
	RCP 8.5	1,2	3,2	4,9	3,0	4,8	7,5	6,4	8,6	10,5
Maximumtemperatur [°C]	RCP 2.6	0,7	1,4	1,9	0,8	1,6	2,5	0,6	1,7	1,9
	RCP 4.5	1,0	1,5	2,3	1,4	2,1	2,8	1,7	2,4	3,5
	RCP 8.5	1,0	1,7	2,1	1,7	2,8	3,6	3,2	4,5	6,4

Tab. A 7: Langjährige Änderung der Temperatur (in °C) im Naturraum Harz.
P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil.

Variable	Szenario	Änderung im Zeitraum gegenüber 1971-2000								
		2021/2050			2041/2070			2071/2100		
		P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85
Jahresmittel- temperatur [°C]	RCP 2.6	0,8	1,0	1,4	1,0	1,2	1,6	1,0	1,1	1,6
	RCP 4.5	0,7	1,2	1,7	1,1	1,6	2,3	1,5	2,0	2,7
	RCP 8.5	0,8	1,3	1,9	1,6	2,0	2,7	2,9	3,5	4,5
Minimum- temperatur [°C]	RCP 2.6	1,4	2,1	3,8	2,3	2,7	3,4	2,1	2,8	4,0
	RCP 4.5	1,6	2,7	3,5	2,1	3,7	5,7	3,2	4,0	6,3
	RCP 8.5	1,1	2,9	4,5	3,0	4,4	7,5	6,2	7,7	10,2
Maximum- temperatur [°C]	RCP 2.6	0,9	1,4	1,7	0,8	1,4	2,3	0,7	1,4	1,9
	RCP 4.5	1,0	1,4	2,2	1,3	1,8	2,8	1,7	2,2	3,6
	RCP 8.5	1,1	1,7	2,0	1,6	2,5	3,6	3,3	4,0	6,3

Tab. A 8: Langjährige Änderung (Anzahl pro Jahr) thermischer Kenntage im Naturraum Lüneburger Heide.
P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil.

Variable	Szenario	Änderung im Zeitraum gegenüber 1971-2000								
		2021/2050			2041/2070			2071/2100		
		P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85
Sommertage [n/Jahr] (Tmax ≥ 25 °C)	RCP 2.6	4	11	14	8	9	13	7	11	13
	RCP 4.5	5	9	13	7	15	20	13	17	25
	RCP 8.5	7	10	13	13	17	25	25	36	48
Heiße Tage [n/Jahr] (Tmax ≥ 30 °C)	RCP 2.6	1	2	6	1	3	6	3	4	7
	RCP 4.5	3	4	7	4	6	10	5	7	12
	RCP 8.5	2	4	6	6	7	12	9	16	21
Tropennächte [n/ Jahr] (Tmin ≥ 20 °C)	RCP 2.6	0	0	1	0	0	1	0	0	1
	RCP 4.5	0	0	1	0	1	1	1	1	2
	RCP 8.5	0	1	1	1	1	2	2	4	8
Frosttage [n/Jahr] (Tmin < 0 °C)	RCP 2.6	-24	-18	-17	-27	-22	-18	-24	-21	-17
	RCP 4.5	-28	-22	-17	-38	-28	-17	-45	-38	-31
	RCP 8.5	-30	-27	-19	-43	-40	-31	-67	-60	-58
Eistage [n/Jahr] (Tmax < 0 °C)	RCP 2.6	-8	-7	-6	-8	-7	-5	-9	-7	-6
	RCP 4.5	-10	-7	-3	-13	-10	-4	-13	-11	-9
	RCP 8.5	-10	-8	-2	-13	-10	-9	-17	-16	-15

Tab. A 9: Langjährige Änderung (Anzahl pro Jahr) thermischer Kenntage im Naturraum Weser-Aller Flachland.
P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil.

Variable	Szenario	Änderung im Zeitraum gegenüber 1971-2000								
		2021/2050			2041/2070			2071/2100		
		P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85
Sommertage [n/Jahr] (Tmax ≥ 25°C)	RCP 2.6	4	10	13	6	9	12	7	10	13
	RCP 4.5	5	8	12	6	14	19	12	16	24
	RCP 8.5	7	10	12	13	16	24	25	34	46
Heiße Tage [n/Jahr] (Tmax ≥ 30°C)	RCP 2.6	1	2	6	1	2	5	3	4	6
	RCP 4.5	2	4	6	3	4	9	4	6	11
	RCP 8.5	2	4	6	5	6	11	9	13	18
Tropennächte [n/Jahr] (Tmin ≥ 20°C)	RCP 2.6	0	1	2	0	1	1	0	1	1
	RCP 4.5	0	1	2	1	2	3	1	2	3
	RCP 8.5	0	1	2	2	2	4	5	7	11
Frosttage [n/Jahr] (Tmin < 0°C)	RCP 2.6	-20	-16	-14	-22	-18	-16	-20	-17	-16
	RCP 4.5	-24	-19	-13	-34	-25	-13	-35	-33	-25
	RCP 8.5	-25	-22	-14	-35	-33	-26	-53	-48	-46
Eistage [n/Jahr] (Tmax < 0°C)	RCP 2.6	-8	-6	-6	-8	-7	-6	-9	-7	-6
	RCP 4.5	-10	-7	-3	-13	-10	-4	-14	-11	-8
	RCP 8.5	-10	-8	-3	-13	-11	-9	-18	-16	-15

Tab. A 10: Langjährige Änderung (Anzahl pro Jahr) thermischer Kenntage im Naturraum Niedersächsische Börden.
P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil.

Variable	Szenario	Änderung im Zeitraum gegenüber 1971-2000								
		2021/2050			2041/2070			2071/2100		
		P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85
Sommertage [n/Jahr] (Tmax ≥ 25°C)	RCP 2.6	4	10	13	6	8	12	7	10	12
	RCP 4.5	6	9	12	6	15	20	12	16	22
	RCP 8.5	7	10	12	13	16	24	26	34	45
Heiße Tage [n/Jahr] (Tmax ≥ 30°C)	RCP 2.6	1	2	6	1	2	5	3	4	5
	RCP 4.5	2	4	6	4	5	9	4	6	9
	RCP 8.5	2	3	5	5	6	10	9	13	18
Tropennächte [n/Jahr] (Tmin ≥ 20°C)	RCP 2.6	0	1	2	0	1	1	0	1	1
	RCP 4.5	0	1	2	0	1	3	1	2	3
	RCP 8.5	0	1	2	1	2	5	4	7	12
Frosttage [n/Jahr] (Tmin < 0°C)	RCP 2.6	-20	-16	-14	-22	-18	-15	-20	-17	-15
	RCP 4.5	-25	-19	-12	-36	-26	-12	-36	-33	-25
	RCP 8.5	-25	-23	-14	-36	-33	-26	-53	-48	-46
Eistage [n/Jahr] (Tmax < 0°C)	RCP 2.6	-8	-6	-5	-8	-6	-5	-8	-7	-6
	RCP 4.5	-10	-7	-3	-14	-10	-4	-14	-11	-7
	RCP 8.5	-10	-8	-3	-14	-10	-8	-17	-16	-15

Tab. A 11: Langjährige Änderung (Anzahl pro Jahr) thermischer Kenntage im Naturraum Weser-Leine Bergland.
P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil.

Variable	Szenario	Änderung im Zeitraum gegenüber 1971-2000								
		2021/2050			2041/2070			2071/2100		
		P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85
Sommertage [n/Jahr] (Tmax ≥ 25°C)	RCP 2.6	4	11	15	7	10	14	8	11	13
	RCP 4.5	6	10	13	7	16	22	14	18	24
	RCP 8.5	7	9	14	15	19	27	28	38	48
Heiße Tage [n/Jahr] (Tmax ≥ 30°C)	RCP 2.6	2	2	5	1	2	6	3	4	5
	RCP 4.5	2	4	6	4	6	9	5	6	10
	RCP 8.5	2	4	5	5	6	11	10	15	19
Tropennächte [n/Jahr] (Tmin ≥ 20°C)	RCP 2.6	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	RCP 4.5	0	0	1	0	1	2	1	1	2
	RCP 8.5	0	1	1	0	2	2	2	4	7
Frosttage [n/Jahr] (Tmin < 0°C)	RCP 2.6	-20	-16	-14	-22	-18	-15	-20	-17	-15
	RCP 4.5	-23	-18	-15	-25	-19	-19	-22	-20	-19
	RCP 8.5	-25	-20	-15	-37	-27	-15	-40	-35	-28
Eistage [n/Jahr] (Tmax < 0°C)	RCP 2.6	-28	-25	-17	-39	-35	-27	-56	-54	-50
	RCP 4.5	-8	-6	-5	-8	-7	-5	-9	-7	-6
	RCP 8.5	-10	-8	-3	-14	-10	-4	-14	-11	-7

Tab. A 12: Langjährige Änderung (Anzahl pro Jahr) thermischer Kenntage im Naturraum Harz.
P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil.

Variable	Szenario	Änderung im Zeitraum gegenüber 1971-2000								
		2021/2050			2041/2070			2071/2100		
		P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85
Sommertage [n/Jahr] (Tmax ≥ 25°C)	RCP 2.6	3	4	7	3	4	7	5	6	7
	RCP 4.5	4	6	8	6	9	11	8	8	14
	RCP 8.5	4	5	8	8	10	15	13	22	27
Heiße Tage [n/Jahr] (Tmax ≥ 30°C)	RCP 2.6	0	1	2	0	1	2	1	1	2
	RCP 4.5	0	1	2	1	1	2	1	2	3
	RCP 8.5	1	1	2	1	2	4	3	4	8
Tropennächte [n/Jahr] (Tmin ≥ 20°C)	RCP 2.6	0	0	1	0	1	1	0	0	1
	RCP 4.5	0	0	1	0	1	2	1	1	3
	RCP 8.5	0	1	1	1	1	3	2	5	8
Frosttage [n/Jahr] (Tmin < 0°C)	RCP 2.6	-30	-21	-15	-30	-23	-21	-32	-24	-19
	RCP 4.5	-29	-25	-17	-42	-33	-23	-55	-45	-35
	RCP 8.5	-35	-28	-22	-52	-46	-37	-81	-70	-65
Eistage [n/Jahr] (Tmax < 0°C)	RCP 2.6	-16	-11	-9	-16	-15	-11	-17	-14	-11
	RCP 4.5	-20	-14	-8	-27	-19	-10	-27	-22	-16
	RCP 8.5	-19	-16	-10	-27	-21	-17	-37	-33	-30

Niederschlagsverschiebung

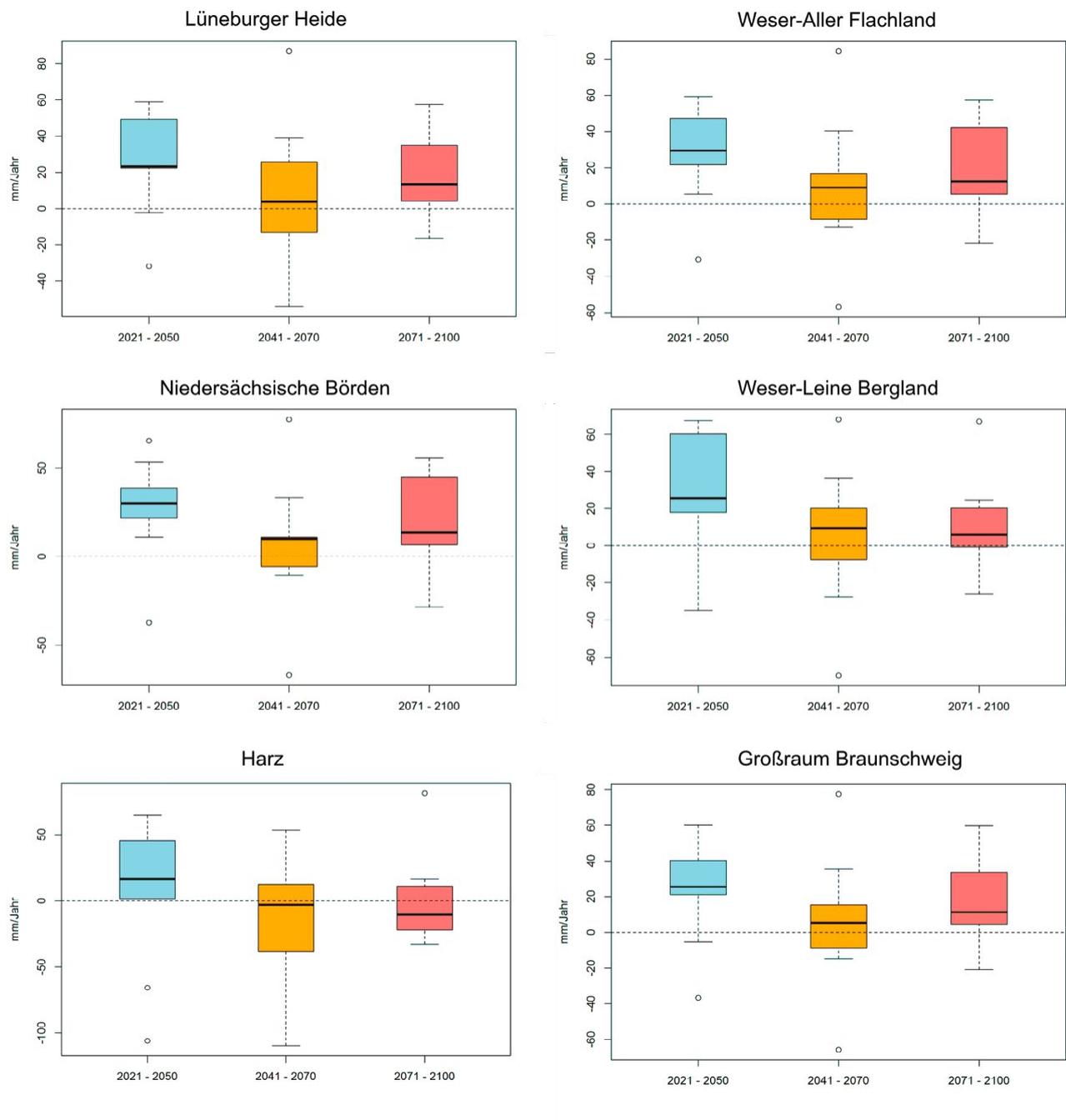


Abb. A 16: Änderung der langjährigen mittleren jährlichen Niederschlagssumme im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 2.6).

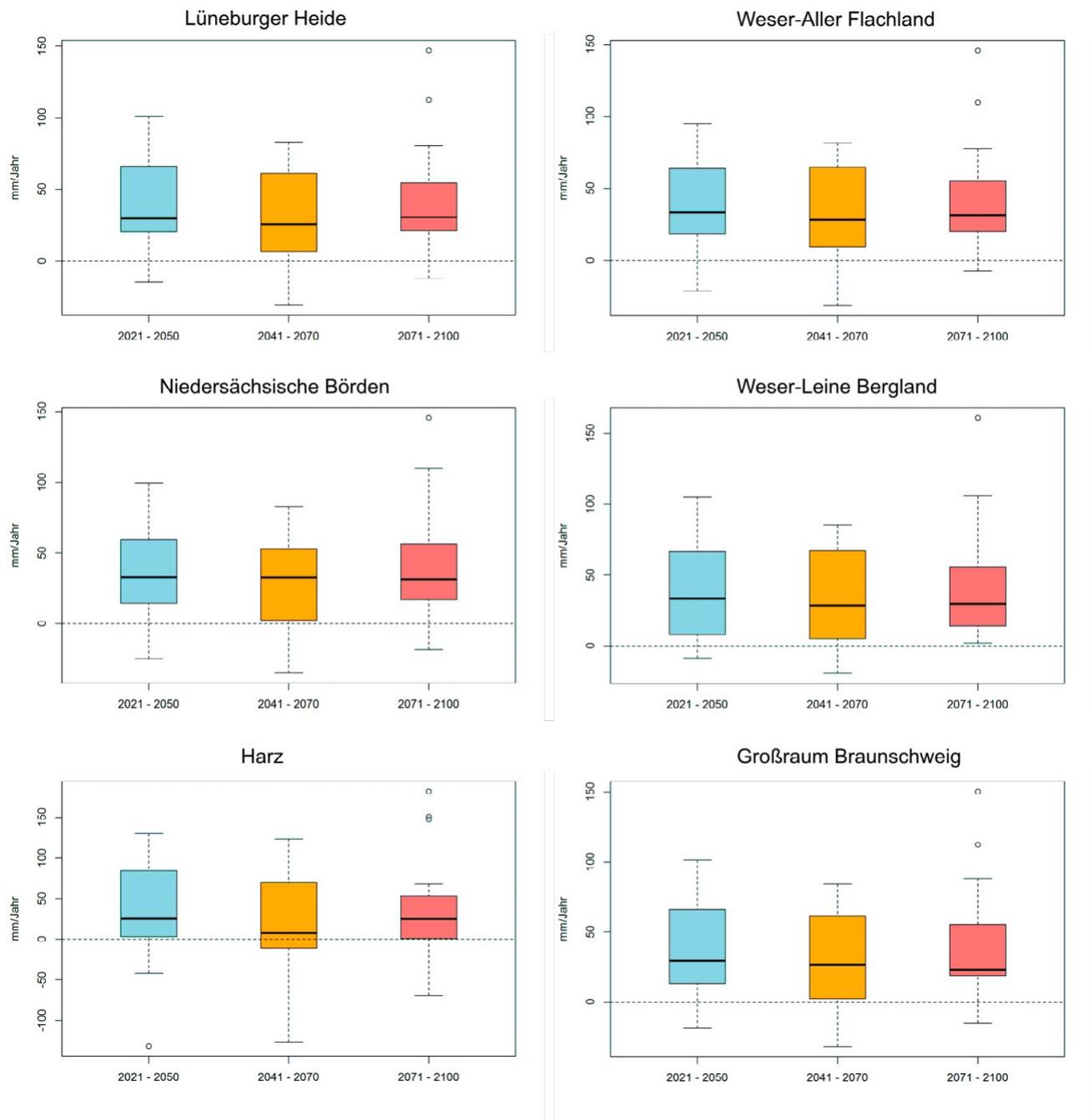


Abb. A 17: Änderung der langjährigen mittleren jährlichen Niederschlagssumme im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 4.5).

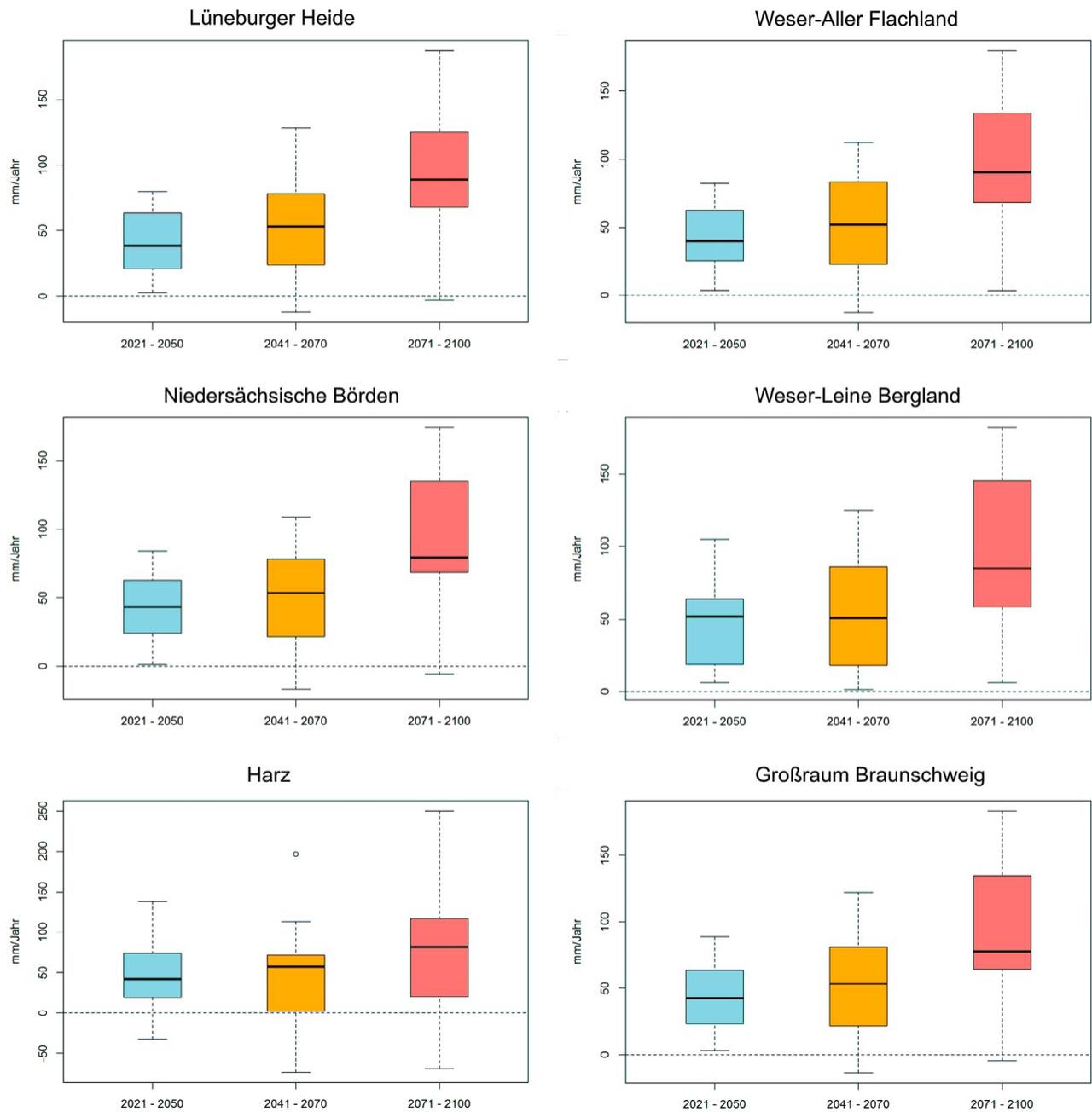


Abb. A 18: Änderung der langjährigen mittleren jährlichen Niederschlagssumme im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 8.5).

Tab. A 13: Langjährige Änderung der Niederschlagssumme (in mm/Jahr) im Naturraum Lüneburger Heide.
P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil.

Variable	Szenario	Änderung im Zeitraum gegenüber 1971-2000								
		2021/2050			2041/2070			2071/2100		
		P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85
Jahresniederschlag [mm/Jahr]	RCP 2.6	3	23	50	-15	4	36	3	14	36
	RCP 4.5	18	30	78	3	26	75	17	31	79
	RCP 8.5	12	38	74	17	53	83	55	89	138

Tab. A 14: Langjährige Änderung der Niederschlagssumme (in mm/Jahr) im Naturraum Weser-Aller Flachland.
P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil.

Variable	Szenario	Änderung im Zeitraum gegenüber 1971-2000								
		2021/2050			2041/2070			2071/2100		
		P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85
Jahresniederschlag [mm/Jahr]	RCP 2.6	9	29	55	-12	9	36	0	13	43
	RCP 4.5	16	33	80	6	28	67	16	32	76
	RCP 8.5	13	40	72	18	52	89	51	91	148

Tab. A 15: Langjährige Änderung der Niederschlagssumme (in mm/Jahr) im Naturraum Niedersächsische Börden.
P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil.

Variable	Szenario	Änderung im Zeitraum gegenüber 1971-2000								
		2021/2050			2041/2070			2071/2100		
		P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85
Jahresniederschlag [mm/Jahr]	RCP 2.6	13	30	51	-9	10	29	-8	14	49
	RCP 4.5	11	33	78	1	33	63	11	31	80
	RCP 8.5	11	43	67	12	54	90	50	79	142

Tab. A 16: Langjährige Änderung der Niederschlagssumme (in mm/Jahr) im Naturraum Weser-Leine Bergland.
P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil.

Variable	Szenario	Änderung im Zeitraum gegenüber 1971-2000								
		2021/2050			2041/2070			2071/2100		
		P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85
Jahresniederschlag [mm/Jahr]	RCP 2.6	-9	26	61	-24	10	33	-7	6	24
	RCP 4.5	-2	33	83	-3	29	75	5	30	99
	RCP 8.5	12	52	72	5	51	87	29	85	157

Tab. A 17: Langjährige Änderung der Niederschlagssumme (in mm/Jahr) im Naturraum Harz.
P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil.

Variable	Szenario	Änderung im Zeitraum gegenüber 1971-2000								
		2021/2050			2041/2070			2071/2100		
		P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85
Jahresniederschlag [mm/Jahr]	RCP 2.6	-52	16	60	-56	-3	22	-26	-11	15
	RCP 4.5	-13	25	121	-43	8	92	-10	25	140
	RCP 8.5	-3	42	94	-24	58	85	-2	81	134

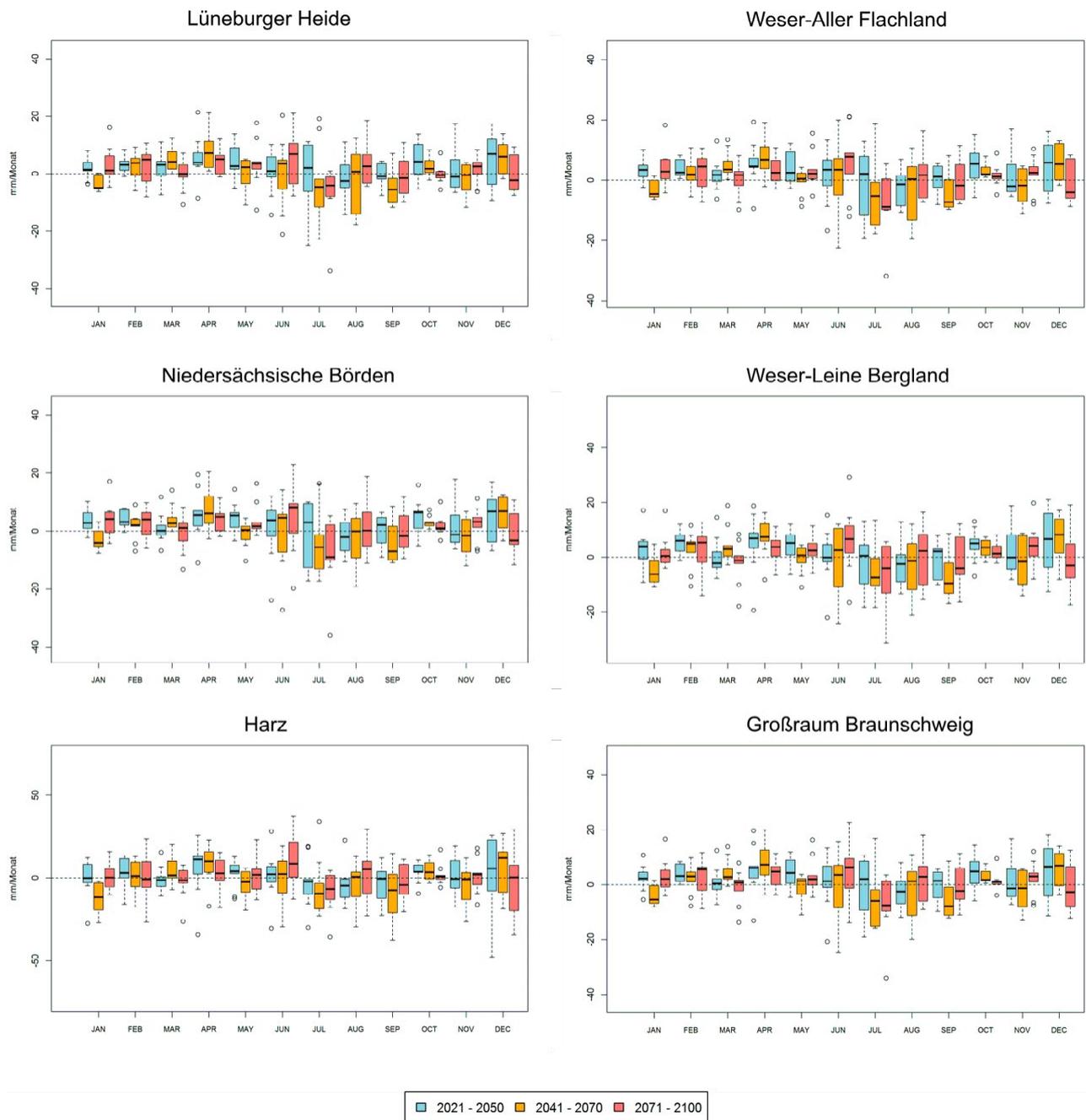


Abb. A 19: Änderung der langjährigen mittleren monatlichen Niederschlagssummen im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 2.6).

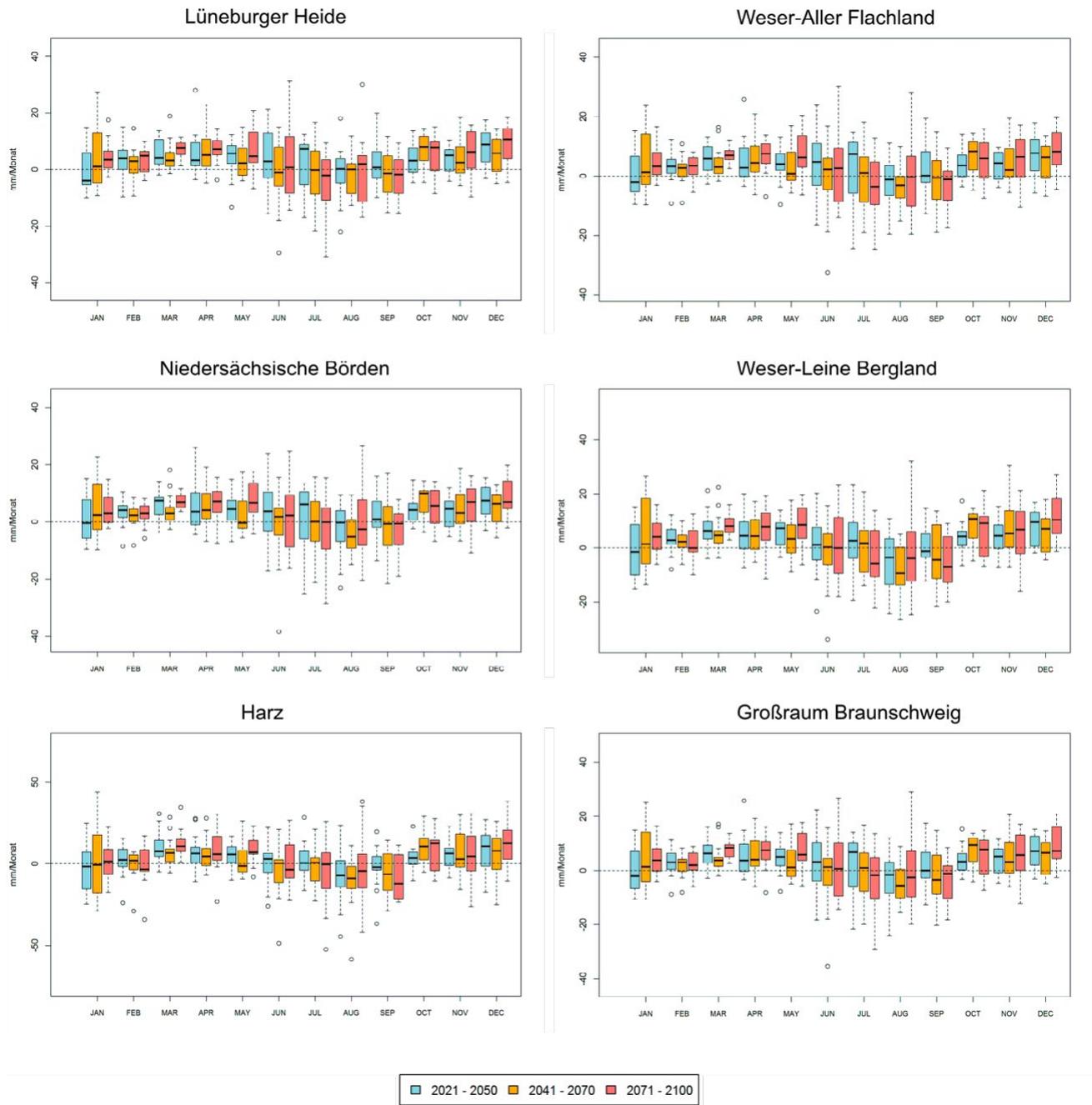


Abb. A 20: Änderung der langjährigen mittleren monatlichen Niederschlagssummen im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 4.5).

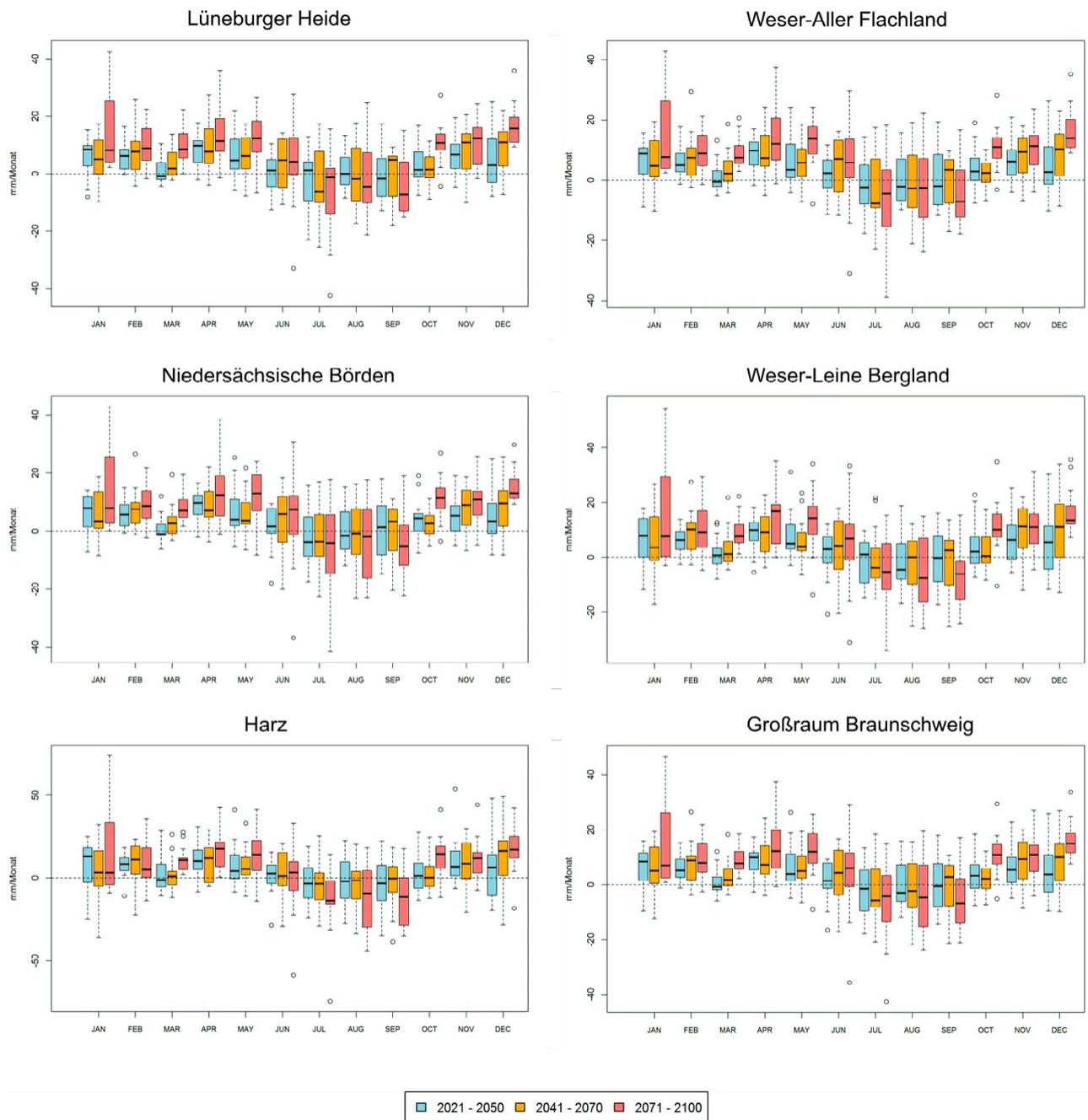


Abb. A 21: Änderung der langjährigen mittleren monatlichen Niederschlagssummen im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 8.5).

Trockenheit

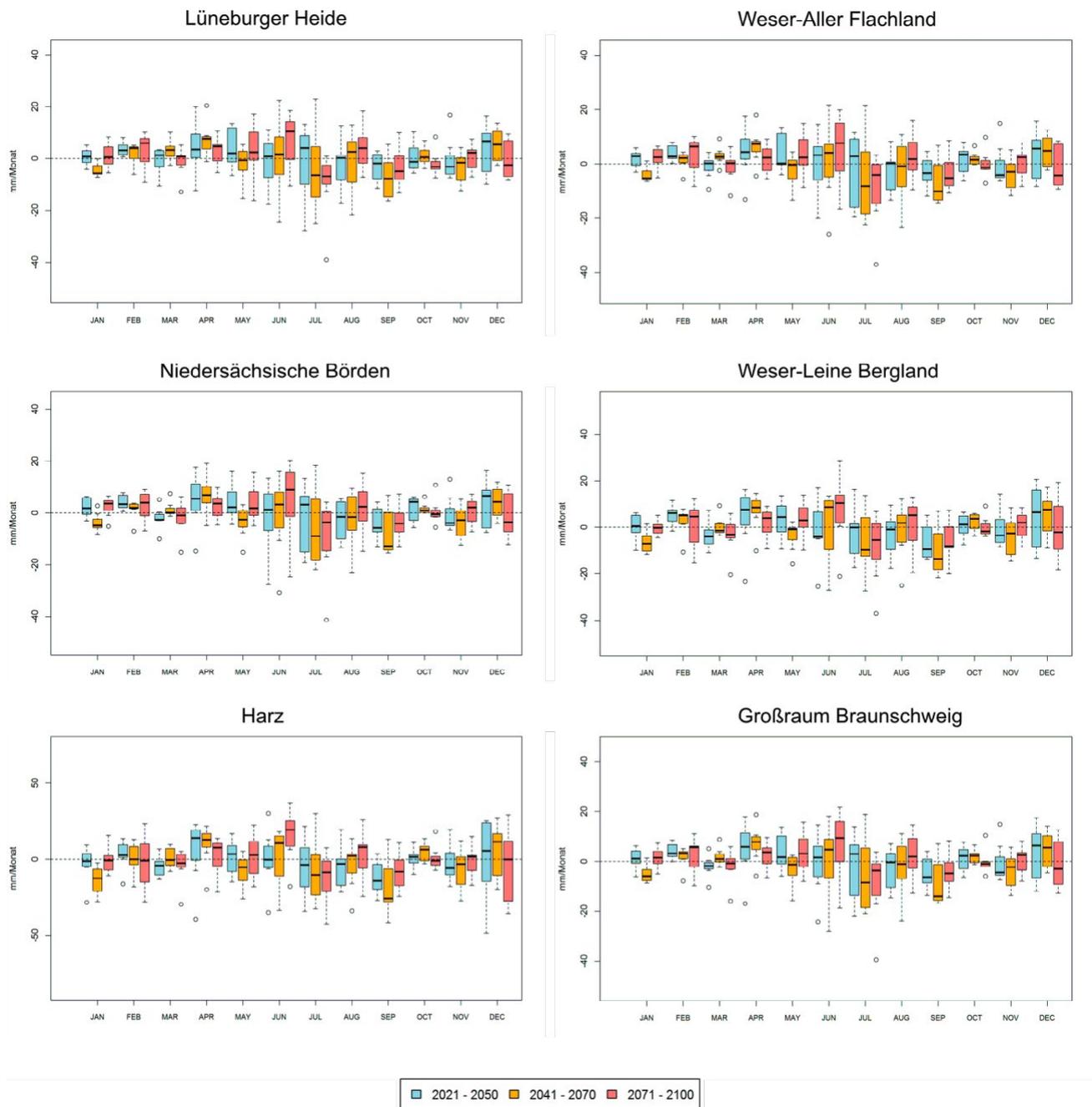


Abb. A 22: Änderung der langjährigen mittleren monatlichen klimatischen Wasserbilanz im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 2.6).

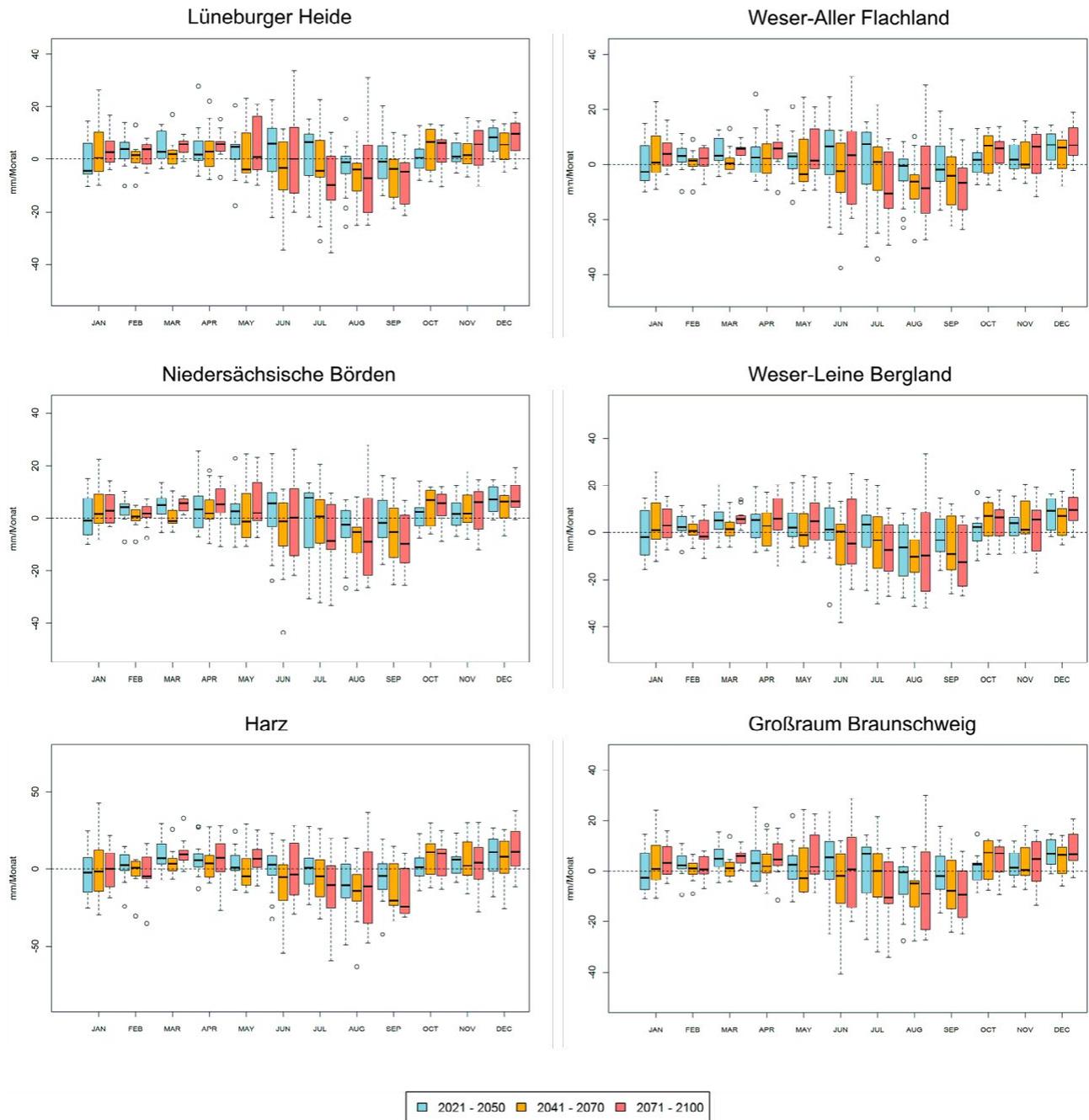


Abb. A 23: Änderung der langjährigen mittleren monatlichen klimatischen Wasserbilanz im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 4.5).

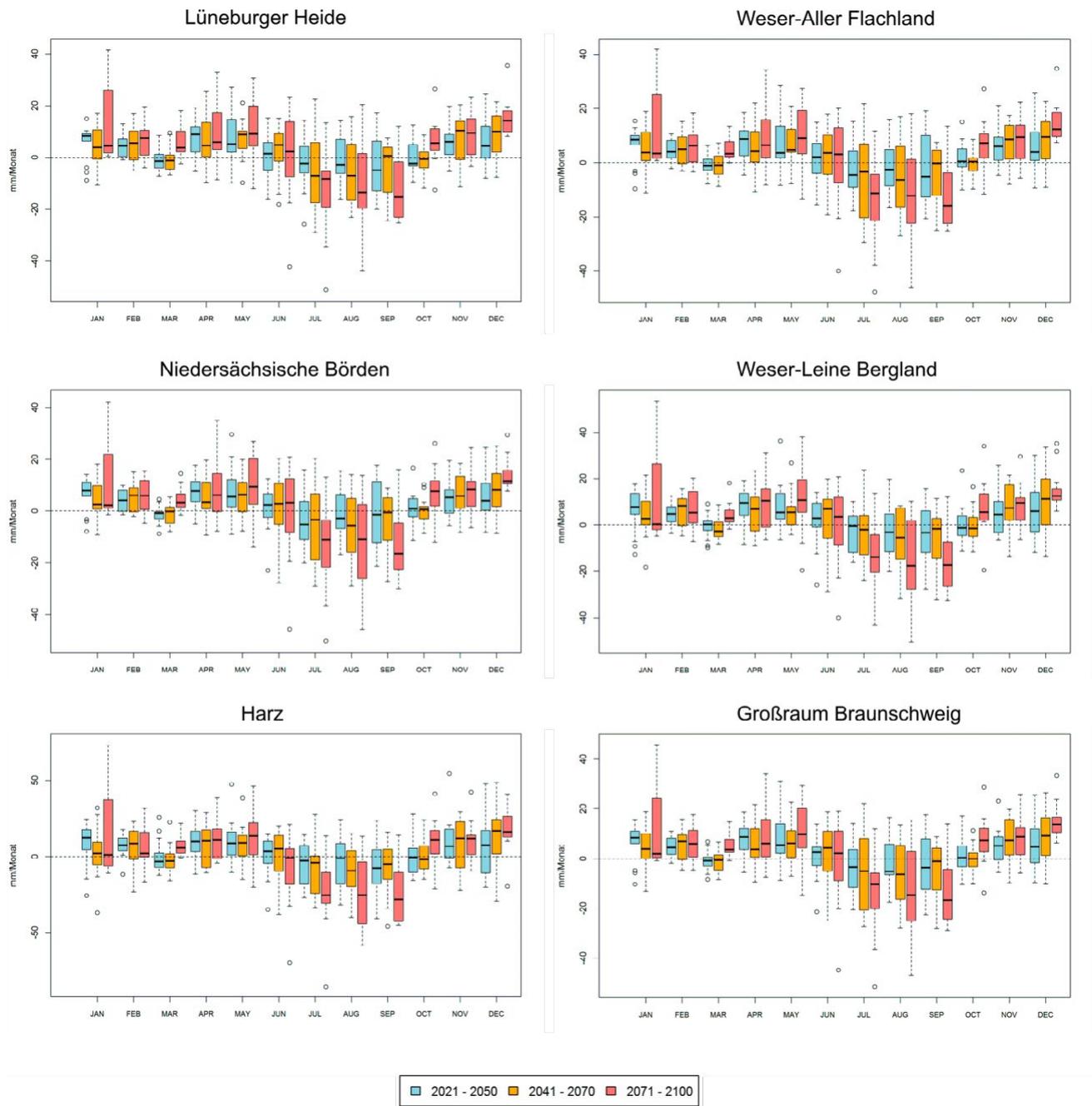


Abb. A 24: Änderung der langjährigen mittleren monatlichen klimatischen Wasserbilanz im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 8.5).

Starkniederschläge: Starker Niederschlag ($N \geq 10$ mm/d)

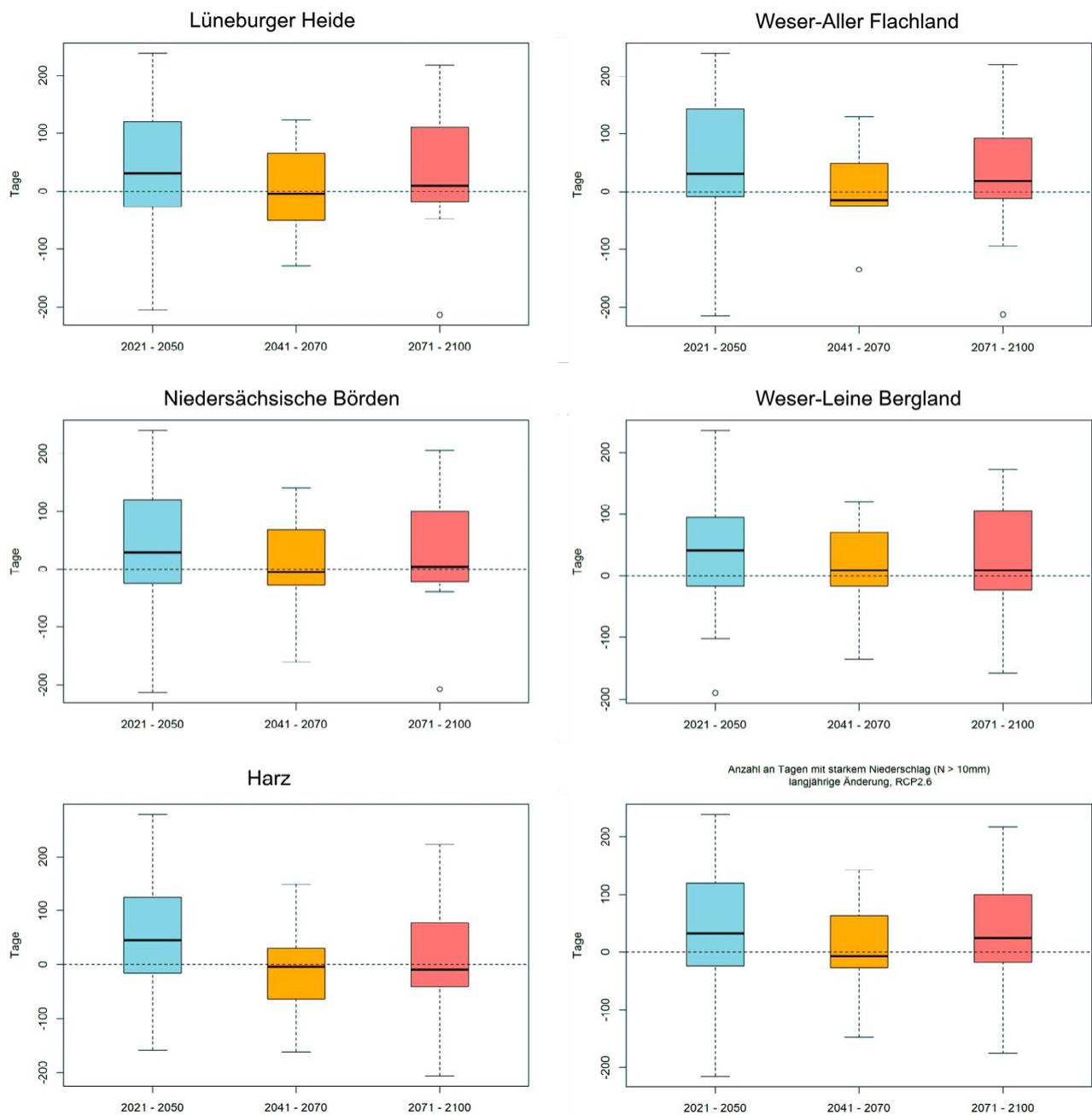


Abb. A 25: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Niederschlagsereignissen mit $N \geq 10$ mm/d innerhalb des jeweiligen 30-jährigen Zeitraumes im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 2.6).

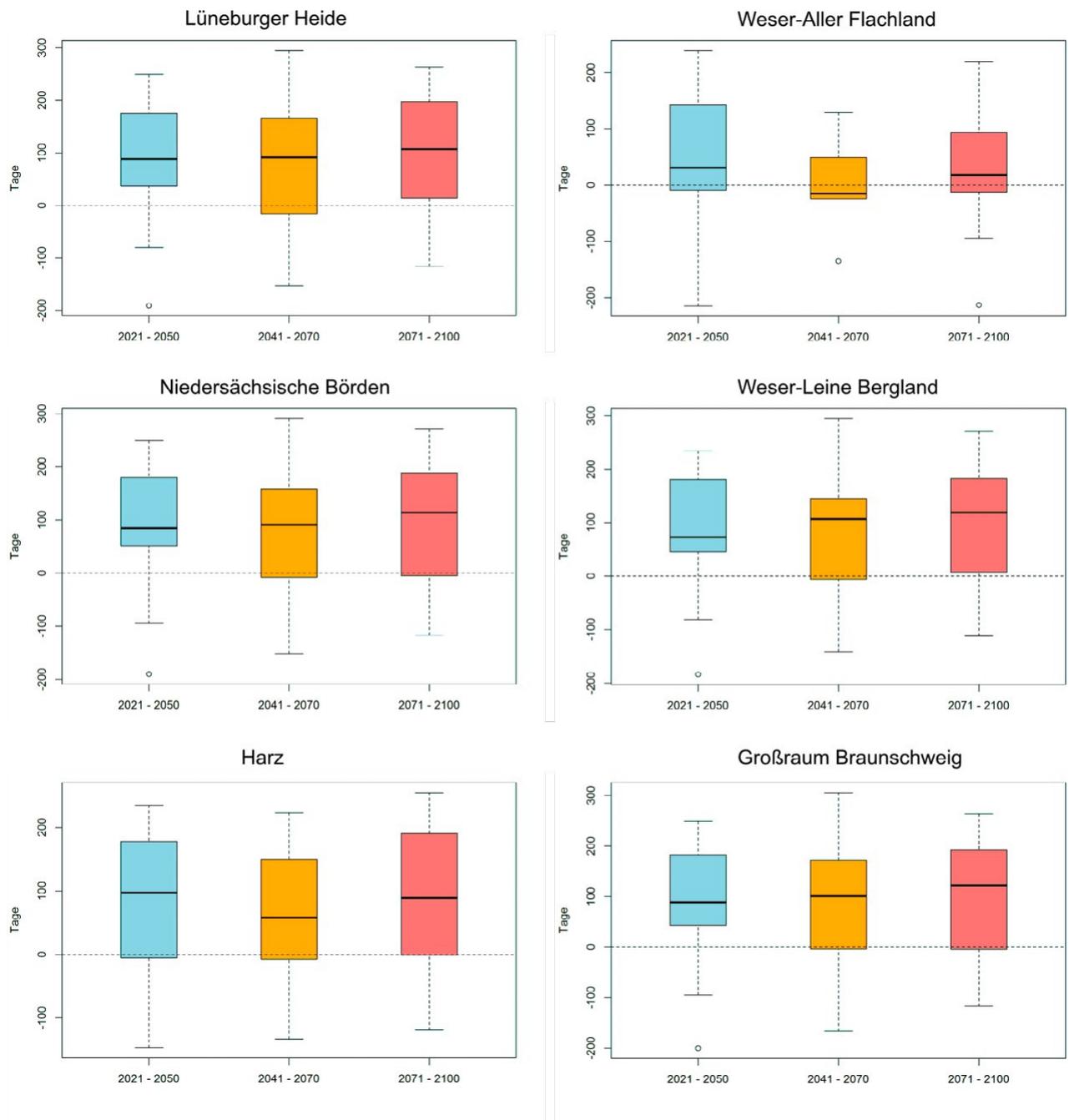


Abb. A 26: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Niederschlagsereignissen mit $N \geq 10$ mm/d innerhalb des jeweiligen 30-jährigen Zeitraumes im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 4.5).

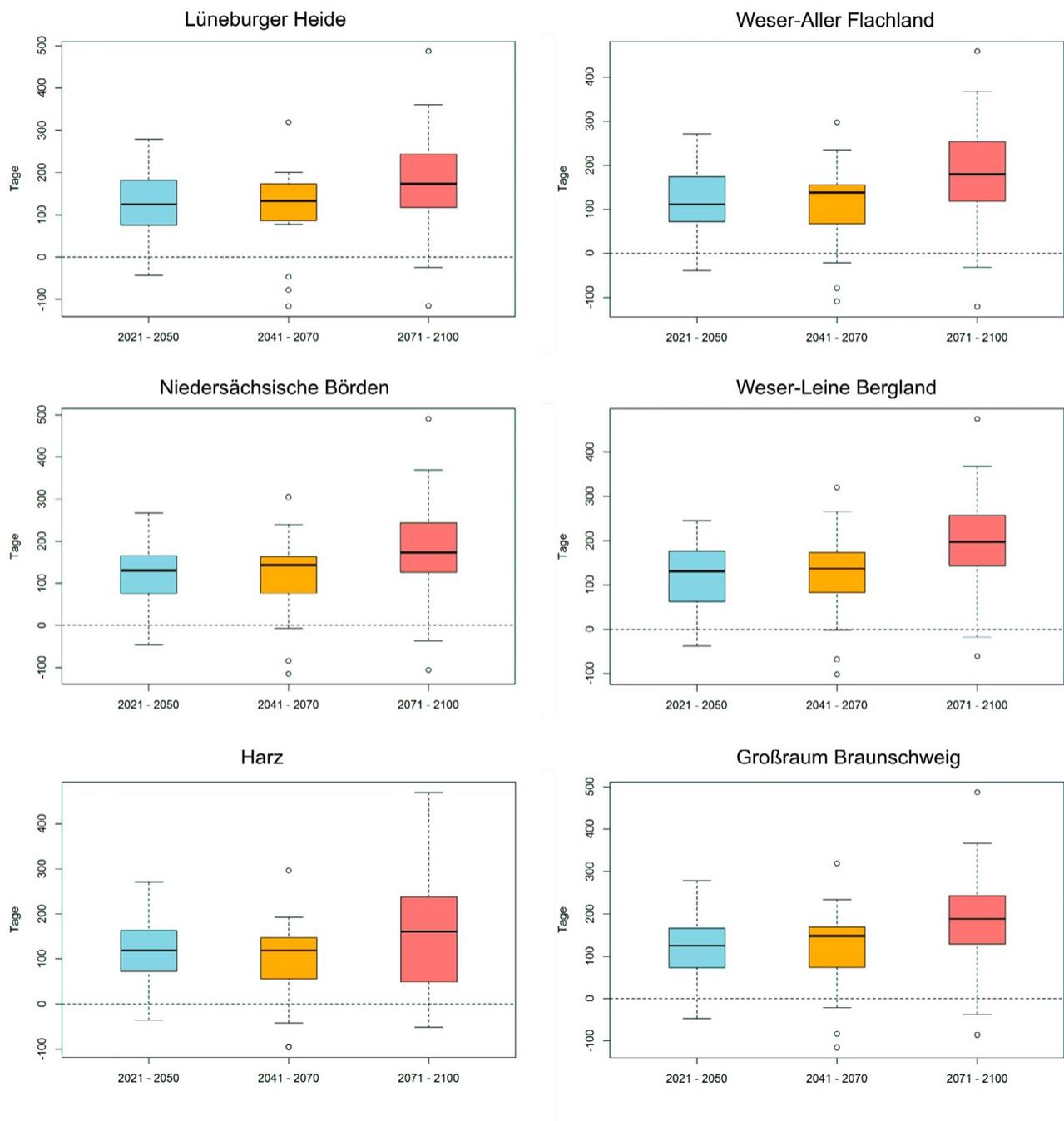


Abb. A 27: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Niederschlagsereignissen mit $N \geq 10$ mm/d innerhalb des jeweiligen 30-jährigen Zeitraumes im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 8.5).

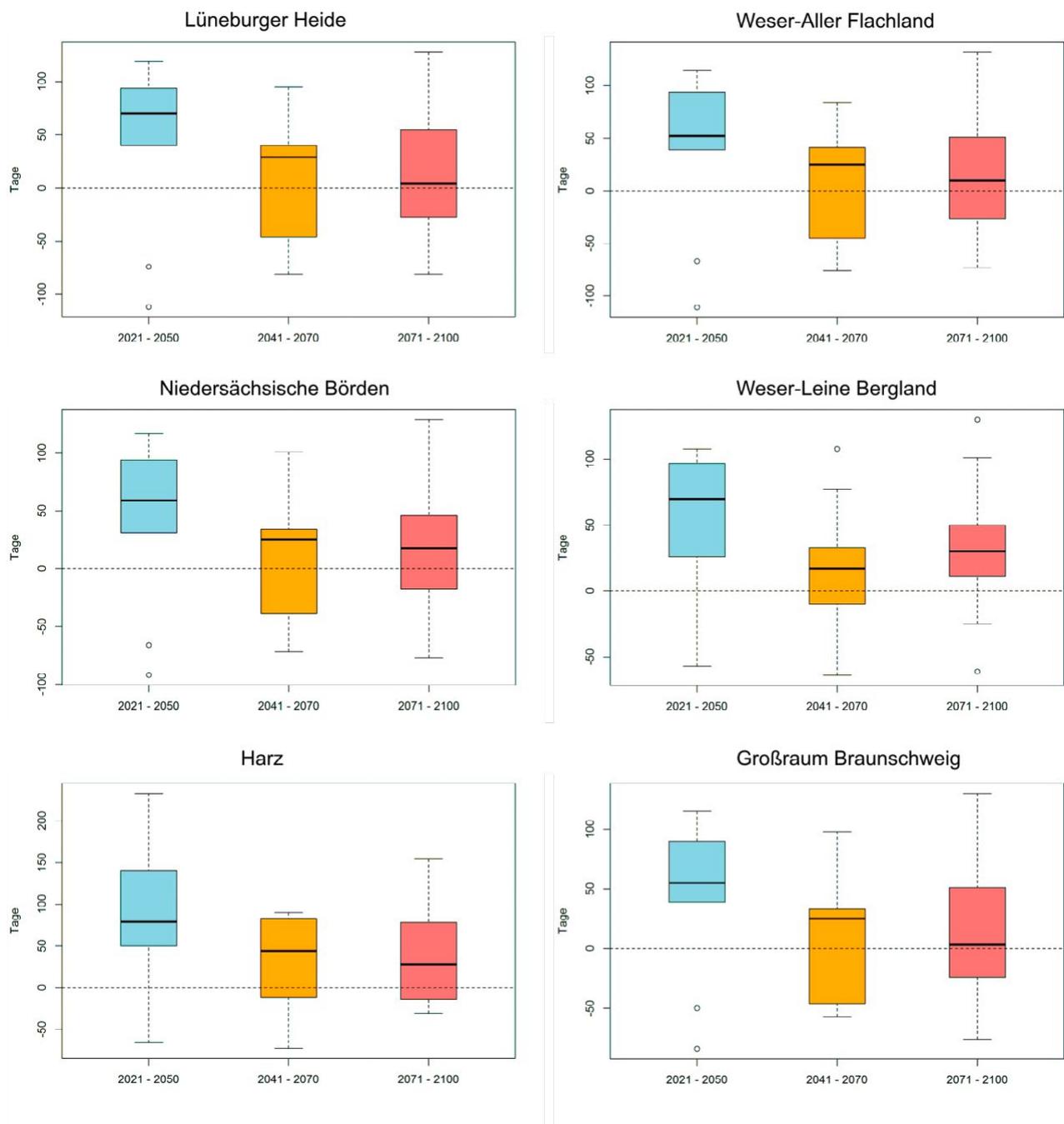
Starkniederschläge: Stärkerer Niederschlag ($N \geq 20$ mm/d)

Abb. A 28: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Niederschlagsereignissen mit $N \geq 20$ mm/d innerhalb des jeweiligen 30-jährigen Zeitraumes im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 2.6).

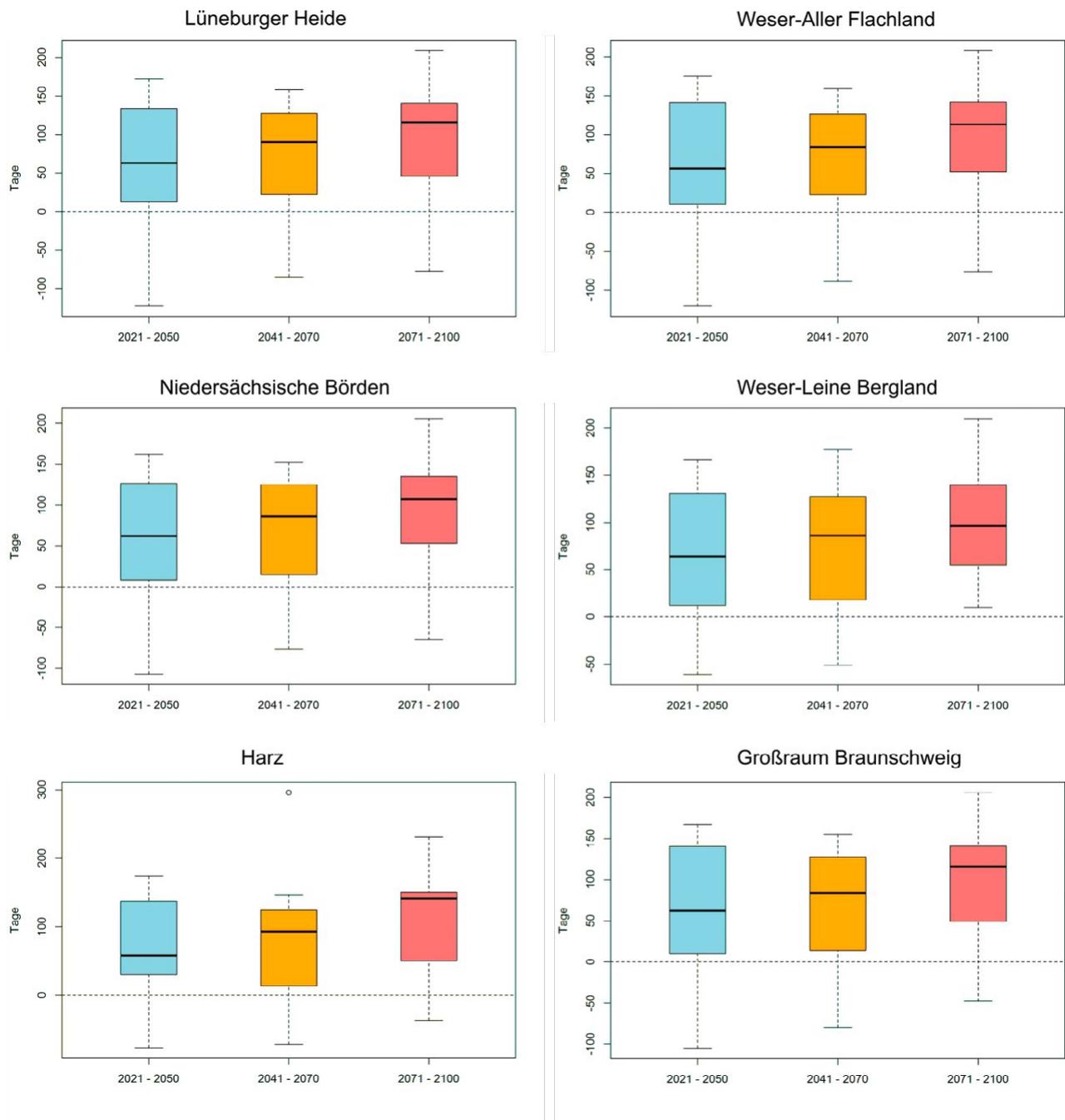


Abb. A 29: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Niederschlagsereignissen mit $N \geq 20$ mm/d innerhalb des jeweiligen 30-jährigen Zeitraumes im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 4.5).

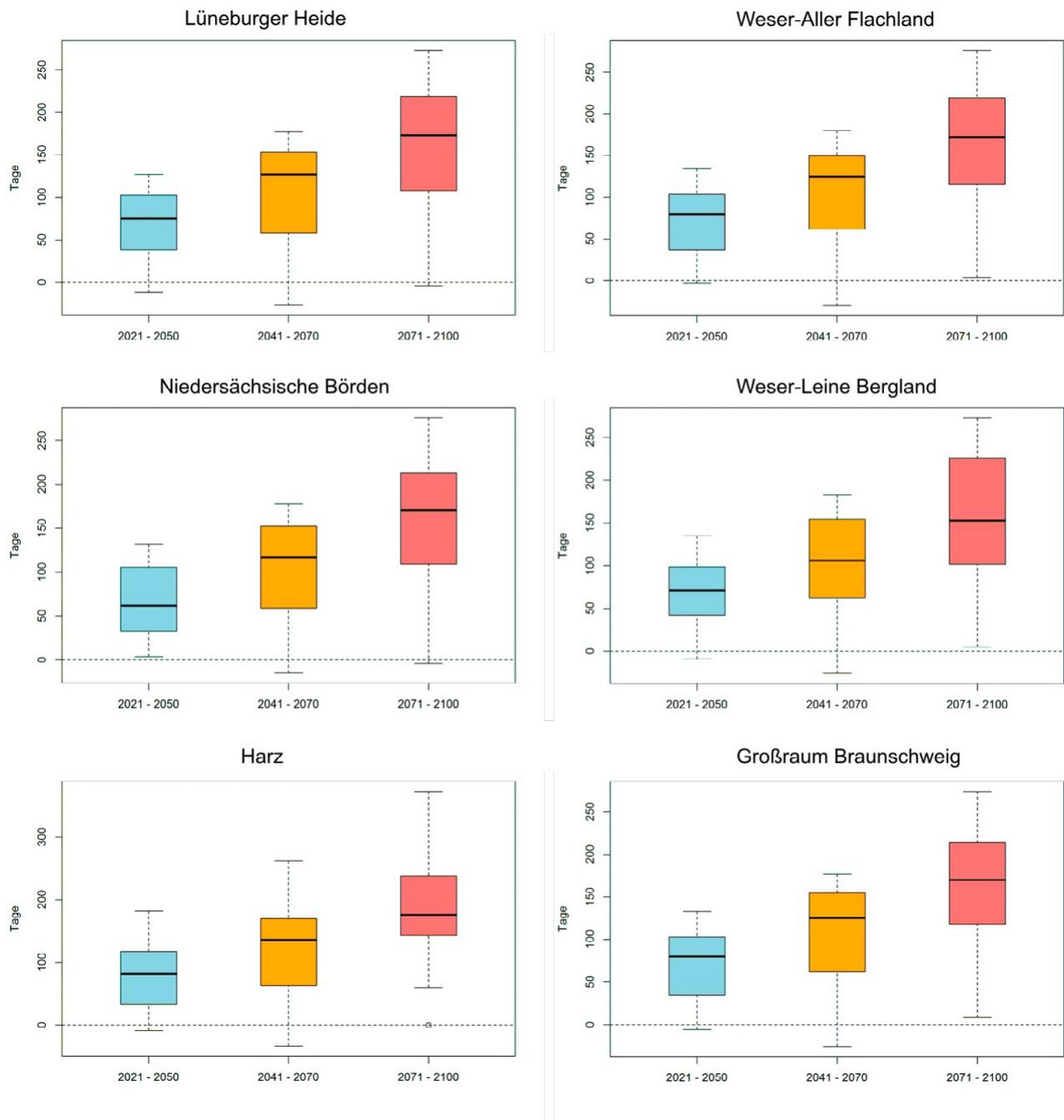


Abb. A 30: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Niederschlagsereignissen mit $N \geq 20$ mm/d innerhalb des jeweiligen 30-jährigen Zeitraumes im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 8.5).

Starkniederschläge: Starkniederschlag ($N \geq 50$ mm/d)

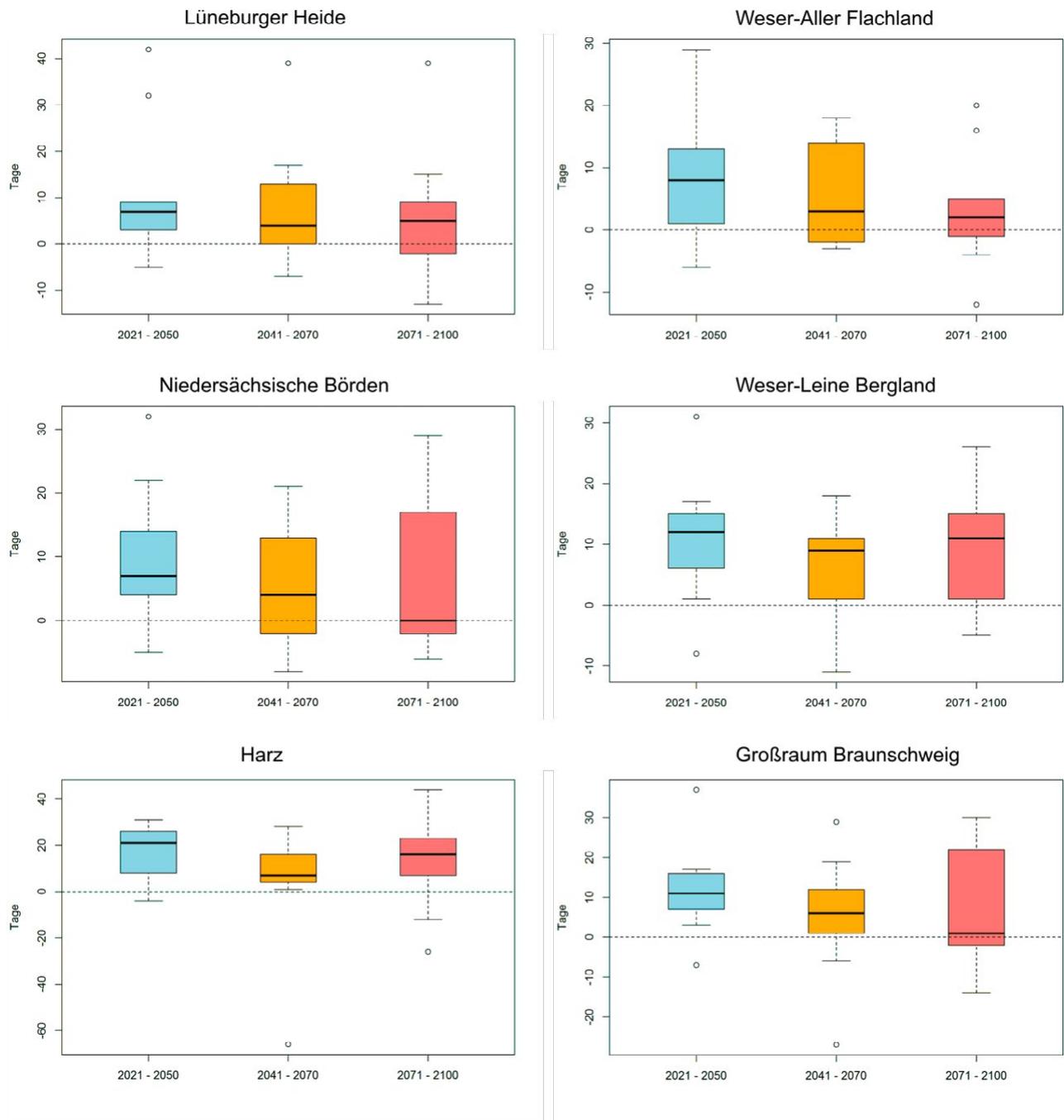


Abb. A 31: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Niederschlagsereignissen mit $N \geq 50$ mm/d innerhalb des jeweiligen 30-jährigen Zeitraumes im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 2.6).

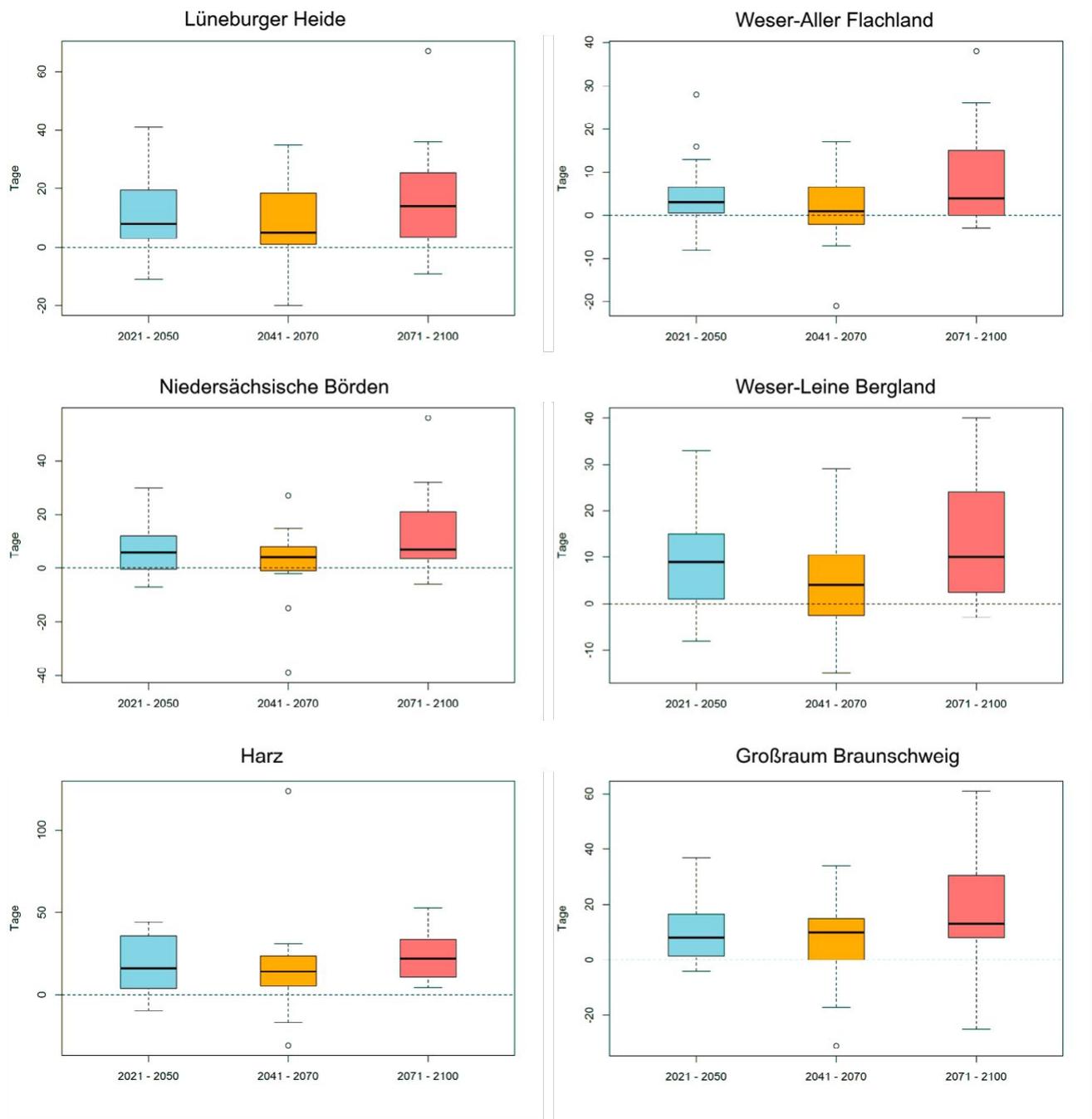


Abb. A 32: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Niederschlagsereignissen mit $N \geq 50$ mm/d innerhalb des jeweiligen 30-jährigen Zeitraumes im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 4.5).

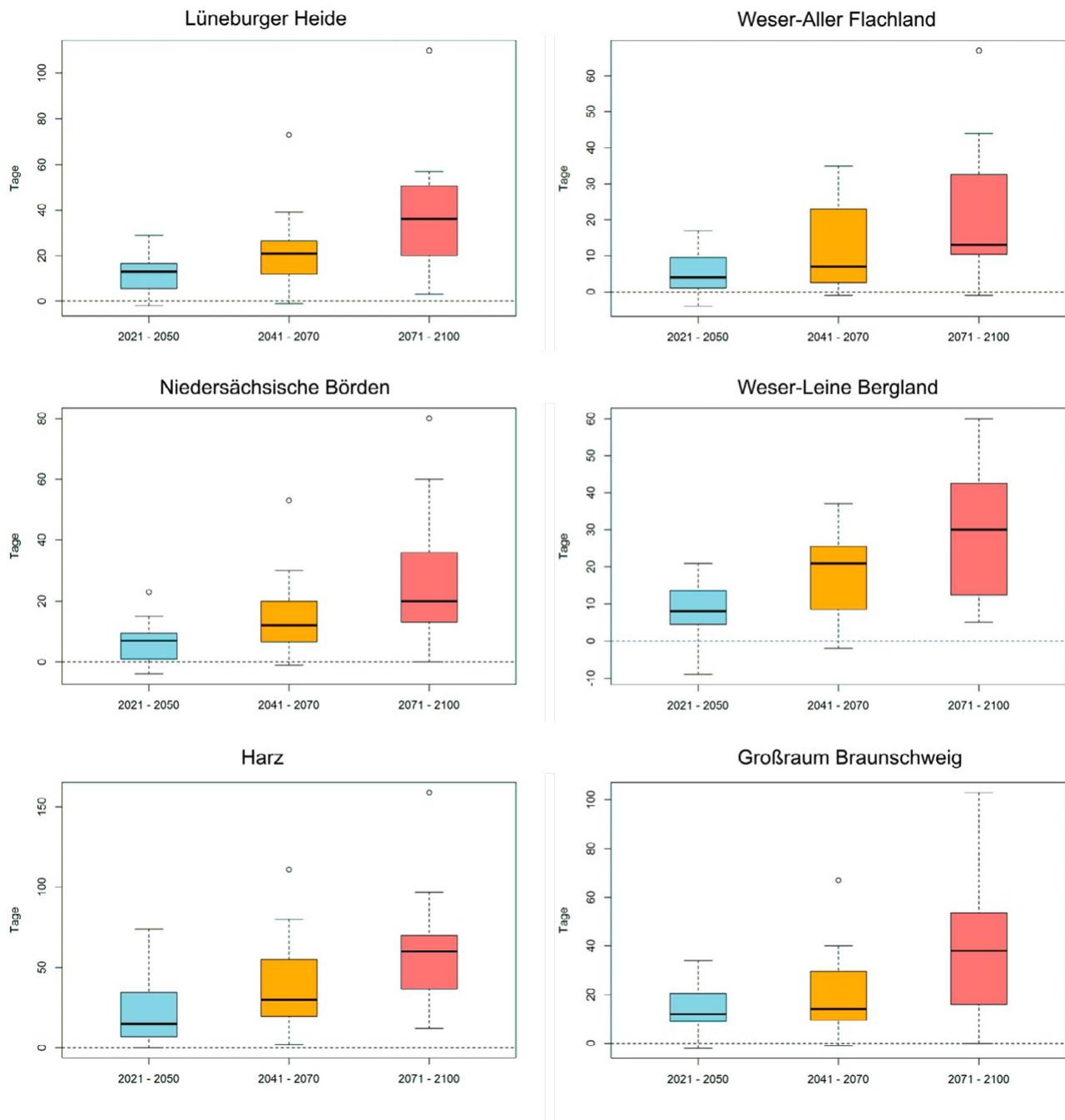


Abb. A 33: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Niederschlagsereignissen mit $N \geq 50$ mm/d innerhalb des jeweiligen 30-jährigen Zeitraumes im Großraum Braunschweig und den einzelnen Naturräumen (RCP 8.5).

Tab. A 18: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Starkniederschlagsereignissen (Anzahl der Tage pro Jahr) im Naturraum Lüneburger Heide. P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil.

Kenntag	Szenario	Änderung im Zeitraum gegenüber 1971-2000								
		2021/2050			2041/2070			2071/2100		
		P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85
starker Niederschlag [n/Jahr] (N > 10mm/d)	RCP 2.6	-3	1	5	-4	0	3	-1	0	4
	RCP 4.5	-1	3	7	-1	3	6	-2	4	7
	RCP 8.5	0	4	7	-1	4	6	1	6	12
stärkerer Nieder- schlag [n/Jahr] (N > 20mm/d)	RCP 2.6	-2	2	4	-2	1	2	-1	0	4
	RCP 4.5	0	2	5	0	3	4	1	4	5
	RCP 8.5	1	3	4	0	4	5	3	6	9
Starkniederschlag [n/Jahr] (N > 50mm/d)	RCP 2.6	0	0	1	0	0	1	0	0	1
	RCP 4.5	0	0	1	0	0	1	0	1	1
	RCP 8.5	0	0	1	0	1	1	0	1	2

Tab. A 19: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Starkniederschlagsereignissen (Anzahl der Tage pro Jahr) im Naturraum Weser-Aller Flachland. P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil.

Kenntag	Szenario	Änderung im Zeitraum gegenüber 1971-2000								
		2021/2050			2041/2070			2071/2100		
		P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85
starker Niederschlag [n/Jahr] (N > 10mm/d)	RCP 2.6	-3	1	5	-4	-1	3	-3	1	3
	RCP 4.5	-1	3	6	-1	3	6	-1	4	6
	RCP 8.5	0	4	7	-1	5	6	1	6	12
stärkerer Nieder- schlag [n/Jahr] (N > 20mm/d)	RCP 2.6	-2	2	3	-2	1	2	-1	0	4
	RCP 4.5	0	2	5	-1	3	5	2	4	5
	RCP 8.5	1	3	4	0	4	6	3	6	8
Starkniederschlag [n/Jahr] (N > 50mm/d)	RCP 2.6	0	0	1	0	0	1	0	0	1
	RCP 4.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	RCP 8.5	0	0	0	0	0	1	0	0	1

Tab. A 20: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Starkniederschlagsereignissen (Anzahl der Tage pro Jahr) im Naturraum Niedersächsische Börden. P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil.

Kenntag	Szenario	Änderung im Zeitraum gegenüber 1971-2000								
		2021/2050			2041/2070			2071/2100		
		P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85
starker Niederschlag [n/Jahr] (N > 10mm/d)	RCP 2.6	-3	1	5	-4	0	3	-1	0	4
	RCP 4.5	-1	3	7	-1	3	6	-1	4	7
	RCP 8.5	0	4	7	0	5	6	0	6	11
stärkerer Nieder- schlag [n/Jahr] (N > 20mm/d)	RCP 2.6	-2	2	3	-2	1	2	-1	1	4
	RCP 4.5	-1	2	5	0	3	5	1	4	5
	RCP 8.5	1	2	4	0	4	6	3	6	8
Starkniederschlag [n/Jahr] (N > 50mm/d)	RCP 2.6	0	0	1	0	0	1	0	0	1
	RCP 4.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	RCP 8.5	0	0	1	0	0	1	0	1	2

Tab. A 21: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Starkniederschlagsereignissen (Anzahl der Tage pro Jahr) im Naturraum Weser-Leine Bergland. P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil.

Kenntag	Szenario	Änderung im Zeitraum gegenüber 1971-2000								
		2021/2050			2041/2070			2071/2100		
		P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85
starker Niederschlag [n/Jahr] (N > 10mm/d)	RCP 2.6	-3	1	5	-3	0	3	-1	0	4
	RCP 4.5	-1	2	7	-1	4	6	0	4	6
	RCP 8.5	1	4	6	0	5	6	1	7	10
stärkerer Nieder- schlag [n/Jahr] (N > 20mm/d)	RCP 2.6	-1	2	3	-1	1	2	-1	1	3
	RCP 4.5	0	2	5	0	3	5	1	3	5
	RCP 8.5	1	2	4	1	4	6	3	5	8
Starkniederschlag [n/Jahr] (N > 50mm/d)	RCP 2.6	0	0	1	0	0	1	0	0	1
	RCP 4.5	0	0	1	0	0	1	0	0	1
	RCP 8.5	0	0	1	0	1	1	0	1	2

Tab. A 22: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Starkniederschlagsereignissen (Anzahl der Tage pro Jahr) im Naturraum Harz. P 15 = 15. Perzentil, P 50 = Median, P 85 = 85. Perzentil.

Kenntag	Szenario	Änderung im Zeitraum gegenüber 1971-2000								
		2021/2050			2041/2070			2071/2100		
		P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85
starker Niederschlag [n/Jahr] (N > 10mm/d)	RCP 2.6	-3	2	4	-3	0	2	-3	0	4
	RCP 4.5	-2	3	7	-1	2	6	-2	3	6
	RCP 8.5	1	4	6	-1	4	6	0	5	11
stärkerer Nieder- schlag [n/Jahr] (N > 20mm/d)	RCP 2.6	-1	3	5	-1	2	3	-1	1	4
	RCP 4.5	0	2	5	0	3	4	1	5	6
	RCP 8.5	0	3	6	0	5	6	3	6	8
Starkniederschlag [n/Jahr] (N > 50mm/d)	RCP 2.6	0	1	1	0	0	1	0	1	1
	RCP 4.5	0	1	1	0	1	1	0	1	1
	RCP 8.5	0	1	1	0	1	2	1	2	3

Sturm

Die Auswertungen zum Thema Sturm erbrachten aufgrund der hohen Unsicherheit der Ergebnisse keine belastbaren Aussagen. Aus diesem Grund sind die betreffenden Abbildungen und Tabellen an dieser Stelle nicht mit aufgeführt.

Impressum

Auftraggeber:

Regionalverband Großraum Braunschweig

Frankfurter Straße 2
38122 Braunschweig
0531/24262-26

Ansprechpartner: André Menzel



Auftragnehmer:

GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Große Pfahlstraße 5a
30161 Hannover
Tel.: 0511/ 388 7200
www.geo-net.de



Dr. Björn Büter
M.Sc. Janko Löbig
Dr. Dirk Pavlik

KoRiS Kommunikative Stadt- und Regionalentwicklung

Bödekerstr. 11
30165 Hannover
Tel.: 0511/590974-30
www.koris-hannover.de



Dipl.-Ing. Dieter Frauenholz
M.Sc. Elena Rautland

Planungsgruppe Umwelt

Stiftstr. 12
30159 Hannover
Tel.: 0511/ 5194978-0
www.planungsgruppe-umwelt.de



Dipl.-Geogr. Jan-Christoph Sicard
Dipl.-Ing. Dietrich Kraetzschmer

Fotos: Regionalverband, Fotolia

©Regionalverband 1911191033

Mai 2019

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das Projekt wurde als „Klimaschutzteilkonzept zur Klimaanpassung“ im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative durch das Bundesumweltministerium gefördert (Förderkennzeichen 03K06252).

