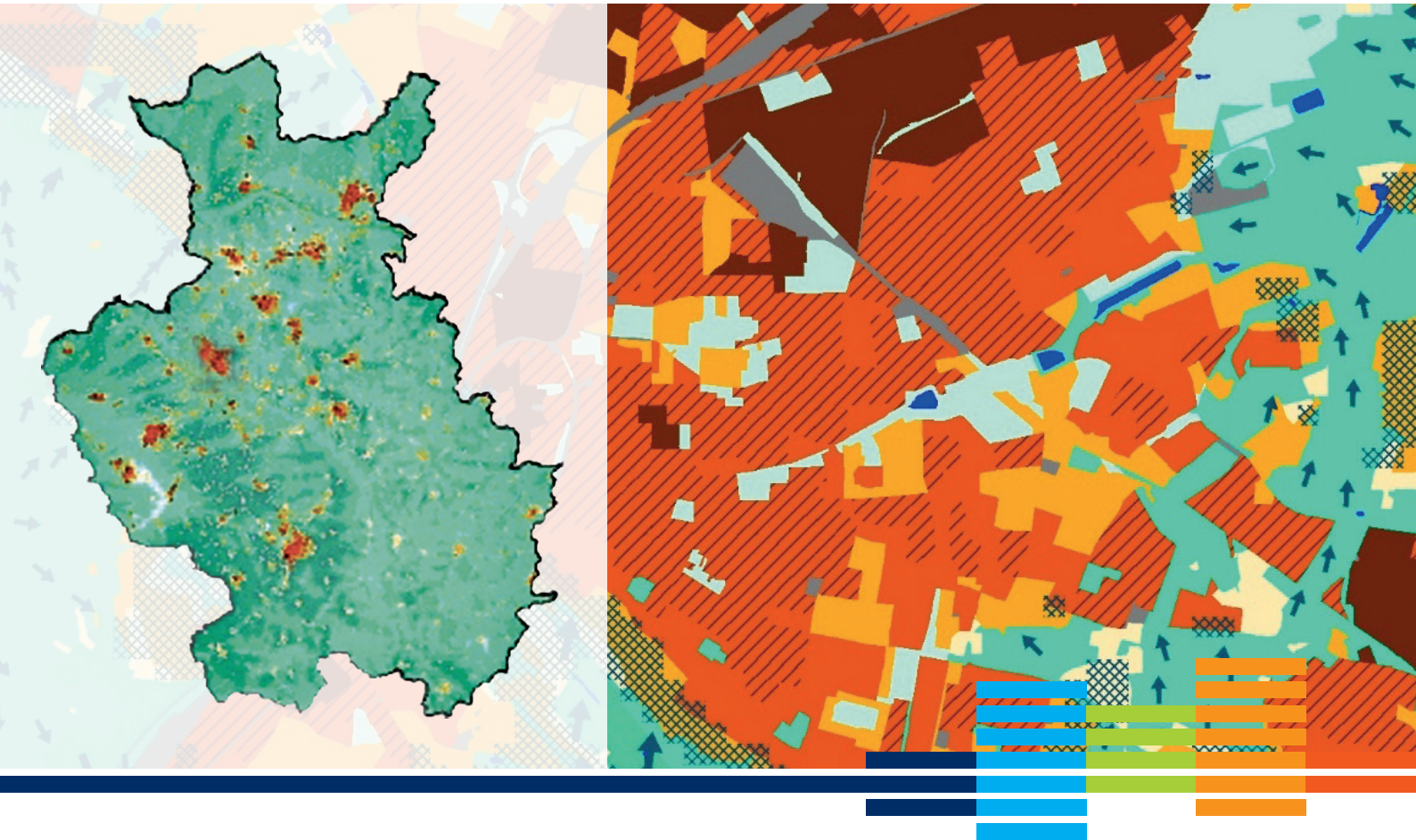




Fachbeitrag Klima

für die Planungsregion Detmold

Fachbeitrag Klima

für die Planungsregion Detmold

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
Recklinghausen 2018

IMPRESSUM

Herausgeber	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) Leibnizstraße 10, 45659 Recklinghausen Telefon 02361 305-0 Telefax 02361 305-3215 E-Mail: poststelle@lanuv.nrw.de
Bearbeitung	Stefanie Johann, Antje Kruse, Dr. Nicole Müller, Niklas Raffalski, Dr. Ingo Wolff (LANUV)
Fachliche Unterstützung	GEO-Net Umweltconsulting (Hannover), Planungsgruppe Umwelt (Hannover)
Bildnachweis	LANUV (Titel)
Informationsdienste	Informationen und Daten aus NRW zu Natur, Umwelt und Verbraucherschutz unter • www.lanuv.nrw.de Aktuelle Luftqualitätswerte zusätzlich im • WDR-Videotext
Bereitschaftsdienst	Nachrichtenbereitschaftszentrale des LANUV (24-Std.-Dienst) Telefon 0201 714488

Nachdruck – auch auszugsweise – ist nur unter Quellenangaben und Überlassung von Belegexemplaren nach vorheriger Zustimmung des Herausgebers gestattet. Die Verwendung für Werbezwecke ist grundsätzlich untersagt.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	4
Tabellenverzeichnis.....	6
1. Einführung.....	9
1.1. Rechtsgrundlagen.....	11
1.2. Das Plangebiet.....	13
2. Klimawandel in der Planungsregion Detmold.....	15
2.1. Aktuelles Klima in der Planungsregion Detmold und seine Entwicklung	17
2.1.1. Lufttemperatur.....	19
2.1.2. Kenntage Temperatur	22
2.1.3. Niederschlag	27
2.1.4. Kenntage Niederschlag	30
2.1.5. Einordnung der bereits registrierten Klimaveränderungen.....	40
2.2. Projizierter Klimawandel in der Planungsregion Detmold	41
2.2.1. RCP, SRES, Perzentile	41
2.2.2. Projizierte Klimaveränderung	43
2.2.3. Temperatur	44
2.2.4. Kenntage Temperatur	45
2.2.5. Niederschlag	48
2.2.6. Wetterextreme	51
2.2.7. Fazit projizierte Klimaänderungen	53
3. Klimaschutz in der Planungsregion Detmold.....	55
3.1. Treibhausgasemissionen in der Region	55
3.2. Ausbau der Erneuerbaren Energien in der Region	59
3.2.1. Windenergie	62
3.2.2. Photovoltaik	66
3.2.3. Biomasse	70
3.2.4. Wasserkraft.....	75
3.2.5. Fazit	79
3.3. Weitere Handlungsfelder Klimaschutz.....	80
4. Klimaanpassung in der Planungsregion Detmold	82
4.1. Hitzebelastung	82
4.1.1. Hitzebelastung und regionalplanerische Steuerungsmöglichkeiten	84
4.1.2. Methodik der Klimaanalyse NRW.....	92
4.1.3. Ergebnisse der Klimaanalyse für die Planungsregion Detmold.....	105
4.1.4. Mögliche Umsetzungspfade und Handlungsempfehlungen	129
4.2. Weitere Handlungsfelder Klimaanpassung.....	135
Literatur	139
Gesetze, Verordnungen und Rechtsprechung	147
Anhang A 1: Daten Bestand und Potenziale Erneuerbare Energien.....	149
Anhang A 2: Methodik zur Abgrenzung von Bereichen mit überörtlicher klimaökologischer Bedeutung.....	164

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Gemeinden und Kreise im Regierungsbezirk Detmold.....	14
Abbildung 2:	Verlauf rekonstruierter CO ₂ -Gehalte und globaler Temperaturschwankungen der letzten 420.000 Jahre.....	16
Abbildung 3:	CO ₂ -Gehalte und Temperaturentwicklung seit Beginn der Wetteraufzeichnung.....	17
Abbildung 4:	Topographie der Planungsregion Detmold und naturräumliche Gliederung. Kartengrundlage: Geobasis NRW	18
Abbildung 5:	Jährliche Durchschnittstemperaturen 1981 – 2010	20
Abbildung 6:	Änderung der jährlichen Durchschnittstemperatur: 1981 – 2010 im Vergleich zu 1951 – 1980	21
Abbildung 7:	Mittlere Anzahl an Heißen Tage pro Jahr im Zeitraum 1981 – 2010	23
Abbildung 8:	Änderung der Anzahl an Heißen Tage pro Jahr im Vergleich der KNP 1981 – 2010 zu 1951 – 1980	24
Abbildung 9:	Mittlere Anzahl an Eistagen pro Jahr im Zeitraum 1981 – 2010	25
Abbildung 10:	Änderung der Anzahl an Eistagen pro Jahr im Vergleich der KNP 1981 – 2010 mit der KNP 1951 – 1980	26
Abbildung 11:	Mittlerer jährlicher Niederschlag im Zeitraum 1981 – 2010	28
Abbildung 12:	Änderungen der mittleren jährlichen Niederschlagssumme im Vergleich der KNP 1981 – 2010 zu 1951 – 1980	29
Abbildung 13:	Lage der Messstationen Brakel und Petershagen.....	31
Abbildung 14:	Mittlere Anzahl an Starkniederschlagstagen pro Jahr (>10 mm/Tag) während der KNP 1981 – 2010.....	33
Abbildung 15:	Mittlere Anzahl an Starkniederschlagstagen pro Jahr (>20 mm/Tag) während der KNP 1981 – 2010.....	34
Abbildung 16:	Mittlere Anzahl an Starkniederschlagstagen pro Jahr (>30 mm/Tag) während der KNP 1981 – 2010.....	34
Abbildung 17:	Änderung der mittleren Anzahl an Starkniederschlagstagen (>10 mm/Tag) pro Jahr: KNP 1981 – 2010 im Vergleich zur KNP 1951 – 1980	36
Abbildung 18:	Änderung der mittleren Anzahl an Starkniederschlagstagen (>20 mm/Tag) pro Jahr: KNP 1981 – 2010 im Vergleich zur KNP 1951 – 1980	37
Abbildung 19:	Änderung der mittleren Anzahl an Starkniederschlagstagen (>30 mm/Tag) pro Jahr: KNP 1981 – 2010 im Vergleich zur KNP 1951 – 1980	37
Abbildung 20:	Mittlere Anzahl an Schneetagen pro Jahr während der KNP 1981 – 2010	39
Abbildung 21:	Änderung der mittleren Anzahl von Schneetagen pro Jahr, KNP: 1981 – 2010 im Vergleich zu 1951 – 1980.....	40
Abbildung 22:	Klimawandel - Temperaturverteilung und Extreme	54
Abbildung 23:	Windenergie - potenzieller Stromertrag nach Gemeinden.....	63
Abbildung 24:	Windenergie - potenziell nutzbare Fläche nach Gemeinden	63
Abbildung 25:	Windenergie - Anzahl der Anlagen nach Gemeinden	65
Abbildung 26:	Windenergie - Stromertrag nach Gemeinden.....	65

Abbildung 27:	Photovoltaik - potenzieller Ertrag nach Gemeinden	67
Abbildung 28:	Photovoltaik – installierte Leistung (Dach- und Freiflächen) nach Gemeinden.....	69
Abbildung 29:	Freiflächen-PV – installierte Leistung nach Gemeinden.....	69
Abbildung 30:	Biomasse - potenzieller Stromertrag nach Kreisen	72
Abbildung 31:	Biomasse – potenziell nutzbare landwirtschaftliche Fläche nach Kreisen	72
Abbildung 32:	Biomasse – potenziell nutzbare Waldfläche nach Kreisen	73
Abbildung 33:	Biomasse - Stromertrag nach Gemeinden	74
Abbildung 34:	Wasserkraft - potenzieller (ungenutzter) Ertrag nach Gemeinden.....	76
Abbildung 35:	Wasserkraft - Anzahl potenzieller Anlagen (Neubau / Repowering) nach Gemeinden	77
Abbildung 36:	Wasserkraft - Ertrag nach Gemeinden.....	78
Abbildung 37:	Wasserkraft - Anzahl der Anlagen nach Gemeinden	78
Abbildung 38:	Klimaanalyse Nachtsituation.....	107
Abbildung 39:	Klimaanalyse Nachtsituation – Klimawandel-Vorsorgebereiche.....	108
Abbildung 40:	Klimaanalyse Nachtsituation – Detailausschnitt Bielefeld	109
Abbildung 41:	Klimaanalyse Tagsituation.....	112
Abbildung 42:	Klimaanalyse Tagsituation – Klimawandel-Vorsorgebereiche	113
Abbildung 43:	Klimaanalyse Tagsituation – Detailausschnitt Bielefeld.....	114
Abbildung 44:	Klimaanalyse Gesamtbetrachtung	119
Abbildung 45:	Klimaanalyse Gesamtbetrachtung – Klimawandel-Vorsorgebereiche ...	120
Abbildung 46:	Klimaanalyse Gesamtbetrachtung – Detailausschnitt Bielefeld.....	121
Abbildung 47:	Klimaanalyse – Planungsempfehlungen Regionalplanung.....	125
Abbildung 48:	Klimaanalyse – Legende Planungsempfehlungen Regionalplanung	126

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Jährliche Durchschnittstemperaturen 1971 – 2000 und 1981 – 2010.....	19
Tabelle 2:	Jährliche und saisonale Durchschnittstemperaturen 1981 – 2010 im Vergleich zu 1951 – 1980	20
Tabelle 3:	Vergleich der Temperaturkenntage pro Jahr zwischen KNP 1951 – 1980 und KNP 1981 – 2010.	26
Tabelle 4:	Mittlere jährliche und saisonale Niederschlagssummen 1971 – 2000 und 1981 – 2010.....	27
Tabelle 5:	Änderungen der saisonalen Niederschlagssummen im Vergleich der KNP 1981 – 2010 zu 1951 – 1980. Datengrundlage: DWD	28
Tabelle 6:	Veränderungen der Trockenen Tage pro Jahr sowie saisonal für die Messstationen Brakel und Petershagen	32
Tabelle 7:	Starkniederschlagstage pro Jahr, sortiert nach Klassen und Klimanormalperiode.....	38
Tabelle 8:	Projektionen im Bereich Nahe Zukunft: Änderung der jährlichen Durchschnittstemperatur.....	45
Tabelle 9:	Projektionen im Bereich Ferne Zukunft: Änderung der jährlichen Durchschnittstemperatur.....	45
Tabelle 10:	SRES-A1B-Projektionen: Änderung der Anzahl an Heißen Tage pro Jahr	46
Tabelle 11:	SRES-A1B-Projektionen: Änderung der Anzahl an Sommertage pro Jahr	46
Tabelle 12:	SRES-A1B-Projektionen: Änderung der Anzahl an Eistagen pro Jahr	47
Tabelle 13:	SRES-A1B-Projektionen: Änderung der Anzahl an Frosttagen pro Jahr	48
Tabelle 14:	Projektionen im Bereich Nahe Zukunft: Jährliche prozentuale Niederschlagsveränderungen.	49
Tabelle 15:	Projektionen im Bereich Ferne Zukunft: Jährliche prozentuale Niederschlagsveränderungen	49
Tabelle 16:	Projektionen der saisonalen Niederschlagsveränderungen	50
Tabelle 17:	Projektionen im Bereich Nahe Zukunft: Änderung der Anzahl an Starkniederschlagstagen (>10 mm/Tag) pro Jahr	51
Tabelle 18:	Projektionen im Bereich Ferne Zukunft: Änderung der Anzahl an Starkniederschlagstagen (>10 mm/Tag) pro Jahr	52
Tabelle 19:	Projektionen im Bereich Nahe Zukunft: Änderung der Anzahl an Starkniederschlagstagen >20 mm/Tag pro Jahr	52
Tabelle 20:	Projektionen im Bereich Ferne Zukunft: Änderung der Anzahl an Starkniederschlagstagen >20 mm/Tag pro Jahr	53
Tabelle 21:	Treibhausgasemissionen in der Planungsregion Detmold 2012/2013.....	58
Tabelle 22:	Vergleich der THG-Emissionen 2012/2013 in der Planungsregion Detmold, NRW und Deutschland	59
Tabelle 23:	Ausbaustand der Erneuerbaren Energien in der Planungsregion Detmold.....	60
Tabelle 24:	Potenziale zum Ausbau der Erneuerbaren Energien in der Planungsregion Detmold	61

Tabelle 25:	Windenergie Gemeinden mit der höchsten potenziell installierbaren Leistung.....	64
Tabelle 26:	Windenergie - Gemeinden mit der höchsten installierten Leistung.....	66
Tabelle 27:	Photovoltaik (Dach- und Freiflächen) - Gemeinden mit der höchsten potenziell installierbaren Leistung.....	68
Tabelle 28:	Freiflächen-Photovoltaik - Gemeinden mit der höchsten potenziell installierbaren Leistung.....	68
Tabelle 29:	Photovoltaik (Dach- und Freiflächen) - Gemeinden mit der höchsten installierten Leistung.....	70
Tabelle 30:	Freiflächen-Photovoltaik - Gemeinden mit der höchsten installierten Leistung.....	70
Tabelle 31:	Biomasse - potenzielle Erträge nach Kreisen	73
Tabelle 32:	Biomasse - Ertrag und installierte Leistung (nur Strom) nach Kreisen	75
Tabelle 33:	Wasserkraft - Ausbaupotenzial nach Gemeinden	77
Tabelle 34:	Wasserkraft - Gemeinden mit der höchsten installierten Leistung.....	79
Tabelle 35:	Bewertung des Kaltluftvolumenstroms.....	95
Tabelle 36:	Bewertung der nächtlichen Überwärmung im Siedlungsraum.....	96
Tabelle 37:	Bewertung der thermischen Belastung anhand der PET.....	96
Tabelle 38:	Klassenbasierte Gesamtbewertung der thermischen Situation in Siedlungsräumen.....	97
Tabelle 39:	Matrix zur Verknüpfung der Bewertung von Tag- und Nachtsituation bei Wohnflächen sowie bei Gewerbeflächen	98
Tabelle 40:	Klassenbasierte Gesamtbewertung der thermischen Ausgleichfunktion von Grün- und Freiflächen	99
Tabelle 41:	Matrix zur Verknüpfung der Bewertung von Tag- und Nachtsituation bei Grünflächen	99
Tabelle 42:	Klimaanalyse Nachtsituation - Anzahl der betroffenen Bevölkerung und der Siedlungsfläche in der Planungsregion Detmold.....	106
Tabelle 43:	Klimaanalyse Nachtsituation - Anzahl der betroffenen Bevölkerung und der Siedlungsfläche mit starker thermischer Belastung nach Gemeinden.....	106
Tabelle 44:	Klimaanalyse Tagsituation - Anzahl der betroffenen Bevölkerung und der Siedlungsfläche in der Planungsregion Detmold.....	110
Tabelle 45:	Klimaanalyse Tagsituation - Anzahl der betroffenen Bevölkerung und der Siedlungsfläche mit extremer thermischer Belastung nach Gemeinden.....	111
Tabelle 46:	Klimaanalyse Gesamtbetrachtung - Anzahl der betroffenen Bevölkerung und der Siedlungsfläche in der Planungsregion Detmold ..	115
Tabelle 47:	Klimaanalyse Gesamtbetrachtung - Anzahl der betroffenen Bevölkerung und der Siedlungsfläche mit ungünstiger oder sehr ungünstiger thermischer Situation nach Gemeinden.....	116
Tabelle 48:	Klimawandelvorsorgebereiche - Anzahl der betroffenen Bevölkerung und der Siedlungsfläche mit in Zukunft voraussichtlich ungünstiger oder sehr ungünstiger thermischer Situation in der Planungsregion Detmold.....	116

Tabelle 49:	Klimawandel-Vorsorgebereiche - Anzahl der zusätzlich betroffenen Bevölkerung und der Siedlungsfläche mit in Zukunft voraussichtlich ungünstiger thermischer Situation nach Gemeinden.....	117
Tabelle 50:	Klimawandel-Vorsorgebereiche - Anzahl der zusätzlich betroffenen Bevölkerung und der Siedlungsfläche mit in Zukunft voraussichtlich sehr ungünstiger thermischer Situation nach Gemeinden.....	117
Tabelle 51:	Bereiche mit überörtlicher klimaökologischer Bedeutung - Vergleich Planungsregion Detmold mit NRW	128

1. Einführung

Der globale anthropogene (also vom Menschen verursachte) Klimawandel ist eine der bedeutendsten gesamtgesellschaftlichen Herausforderungen unserer Zeit. Die bereits stattgefundene und messbare sowie die für die Zukunft von Klimamodellen projizierte Änderung der klimatischen Verhältnisse betrifft auch in Nordrhein-Westfalen die Grundlagen verschiedenster Lebensbereiche. Der vom Menschen verursachte Klimawandel und damit verbunden die interdisziplinären Handlungsfelder Klimaschutz und Klimaanpassung haben Auswirkungen auf unsere Art zu wohnen und zu arbeiten, auf die Bereiche Mobilität, Energieversorgung oder Landwirtschaft sowie die Flora und Fauna.

Der Begriff Klima ist als Zusammenfassung von Wettererscheinungen definiert und gibt den mittleren Zustand der Atmosphäre an einem bestimmten Ort oder für ein Gebiet (Einfluss durch z. B. Höhenlage, Nähe zum Meer, Nähe zum Äquator) und einen bestimmten Zeitraum an. Das Klima wird dabei durch statistische Auswertung der meteorologischen Größen einer Mindestperiode von 30 Jahren beschrieben. Es wird in der Regel durch Mittelwerte und Jahressummen (beispielsweise bei Temperatur und Niederschlag), Häufigkeiten (zum Beispiel Sommer- und Frosttage) und Andauerzeiten (zum Beispiel Sonnenscheindauer) charakterisiert.

Der Begriff „Klima“ ist dabei klar vom Begriff „Wetter“ abzugrenzen: Das Wetter beschreibt den augenblicklichen physikalischen Zustand der unteren Atmosphäre (Troposphäre) zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem bestimmten Ort. Von Wetter spricht man bei Zeiträumen von wenigen Stunden bis zu einigen Tagen.

Der Begriff Klimaschutz bezeichnet alle Maßnahmen die geeignet sind, die durch den Menschen verursachte stark erhöhte Konzentration von Treibhausgasen in der Erdatmosphäre zu reduzieren und so der globalen Erwärmung entgegenzuwirken. Die Anpassung an den Klimawandel hat das Ziel, auf bereits eingetretene oder nicht mehr zu verhindernde Veränderungen des Klimas zu reagieren und damit verbundene negative Auswirkungen auf natürliche oder menschliche Systeme abzumildern, aber auch gegebenenfalls neu entstehende Chancen zu nutzen.

Die Handlungsfelder Klimaschutz und Klimaanpassung betreffen die Interessen und Kompetenzen verschiedenster Akteure, Institutionen und Fachplanungen. Die Auswirkungen des Klimawandels treten lokal bzw. regional auf, und die dadurch erforderlichen planerischen oder physischen Anpassungsmaßnahmen sind konkret räumlich verortet. Der von Haus aus überfachlichen, verschiedene Interessen integrierenden Raumplanung kommt daher in beiden Handlungsfeldern eine zentrale Bedeutung zu. Dies gilt insbesondere für die räumliche Planung auf der kommunalen und regionalen, überörtlichen Ebene.

Die Raumplanung ist daher bereits heute ein unverzichtbares Instrument, um Maßnahmen zum Klimaschutz sowie zur Anpassung an den anthropogenen Klimawandel zu implementieren. Aber auch der mittel- bis langfristig ausgerichtete Zeithorizont von Stadt- und Regionalentwicklung sowie die damit verbundenen, oft für einen Zeitrahmen mehrerer Generationen manifestierten baulichen Veränderungen, erfordern die Berücksichtigung klimatischer

Veränderungen, die sich zum Teil erst in der Zukunft auswirken werden. Hier kann insbesondere die unterschiedliche Sektoren koordinierende und gesamträumliche Zielvorstellungen formulierende Raumordnung, auch im Vergleich zur häufig eher kurzfristig und auf Legislaturperioden ausgerichteten Politik, der Herausforderung des Klimawandels begegnen (KLIMA UND RAUM).

Damit die Planung die Belange von Klimaschutz und Klimaanpassung in Konzepten, Masterplänen oder formellen Festsetzungen berücksichtigen kann, benötigt sie entsprechende und möglichst räumlich konkrete Informationen, belastbare Datengrundlagen und klimafachliche Einschätzungen. Ziel des hier nun erstmals vom Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV) vorgelegten Fachbeitrags Klima für den Regionalplan Detmold ist es, diese Grundlagen für die planerischen Abwägungsprozesse flächendeckend für die Planungsregion bereitzustellen.

Von den verschiedenen möglichen Wirkfolgen des Klimawandels und den Klimaschutzmaßnahmen ist jedoch nur ein Teil unmittelbar raumordnerisch relevant. Manche Handlungsfelder entziehen sich der regionalplanerischen Steuerungsmöglichkeiten und betreffen eher die kommunale Planungsebene oder auch den Bereich privater Haushalte. Als Kriterien dienen hier unter anderem die Raumbedeutsamkeit, der Bedarf an überfachlicher Koordination sowie die regionale, also überörtliche Bedeutung. Dies wurde im Rahmen der Erstellung des Fachbeitrages Klima grundsätzlich berücksichtigt. In manchen Handlungsfeldern sind die Übergänge zwischen Regionalplanung, kommunaler Planung und privatem Bereich jedoch nicht immer klar voneinander zu trennen, so dass dieser Fachbeitrag im Sinne einer möglichst umfassenden Daten- und Informationsgrundlage teilweise auch Aspekte thematisiert, die nicht unmittelbar raumordnerisch adressiert werden können.

Der Fachbeitrag Klima gliedert sich dabei in drei zentrale Bausteine. In Kapitel 2 werden das Klima und der bereits stattgefunden sowie für die Zukunft projizierte anthropogene Klimawandel in der Planungsregion Detmold beschrieben. Kapitel 3 befasst sich mit dem Handlungsfeld Klimaschutz in der Planungsregion Detmold. Neben einer Auswertung der verfügbaren Daten zu den regionalen Treibhausgasemissionen wird hierbei schwerpunktmäßig insbesondere der Bereich der Energieversorgung und damit verbunden der Ausbau der Erneuerbaren Energien thematisiert. In Kapitel 4 werden Herausforderungen und Handlungsansätze zur Anpassung an den vom Menschen verursachten Klimawandel in der Planungsregion behandelt. Der Fokus liegt hierbei vor allem auf dem Aspekt der klimatischen bzw. thermischen Belastung der Bevölkerung durch Hitze. Hierzu werden umfassende Daten aus der vom LANUV erstmals erstellten landesweiten „Klimaanalyse NRW“ (LANUV 2018) für die Planungsregion Detmold ausgewertet.

Nur am Rande behandelt wird dabei der in diesem Bereich ebenfalls zentrale Zusammenhang zwischen dem anthropogenen Klimawandel und der Wasserwirtschaft, der zum Beispiel Problemstellungen wie Sturzfluten in Folge von Starkniederschlägen, vorsorgenden Hochwasserschutz, Gewässermanagement und die Sicherung des (Trink-) Wasserdargebots umfasst. Für diese Aspekte wird ein eigenständiger Fachbeitrag „Wasser und Klimawandel“ vom LANUV erstellt, der von den entsprechenden Fachdezernaten der Bezirksregierung räumlich konkretisiert und auf die regionalen / lokalen Gegebenheiten hin ange-

passt werden kann. Auch die Bereiche Forst- und Landwirtschaft werden nicht tiefer gehend thematisiert, da hierzu ebenfalls eigenständige sektorale Fachbeiträge erstellt werden. Gleiches gilt für den Bereich Natur- und Artenschutz. Hier liegt mit dem Fachbeitrag des Naturschutzes und der Landschaftspflege des LANUV eine Informationsgrundlage vor, die für die Planungsregion Detmold ebenfalls einen Fokus auf den vom Menschen verursachten Klimawandel legt.

1.1. Rechtsgrundlagen

Fachbeiträge werden als Grundlage für die Aufstellung oder Fortschreibung von Regionalplänen zu verschiedenen Themenfeldern erarbeitet. Sie dienen als fachliche Informationsgrundlage für die übergeordnete, überörtliche und überfachliche Regionalplanung. Wesentliche Bausteine sind dabei die Darstellung von Daten, Informationen und Strukturen als fachliche Grundlage für die Abwägung der Regionalplanung, sowie fachlich-sektorale Bestandsaufnahmen und Bewertungen, Konfliktanalysen oder konkrete Handlungsempfehlungen zu möglichen Zielen und Grundsätzen.

Das Landesplanungsgesetz Nordrhein-Westfalen (LPIG NRW) formuliert dazu in § 12 (2): *„Vorliegende Fachbeiträge und Konzepte (z. B. Klimaschutzkonzepte) sind bei der Erarbeitung von Raumordnungsplänen zu berücksichtigen.“* Auch der im Februar 2017 in Kraft getretene Landesentwicklungsplan Nordrhein-Westfalen (LEP) legt in Grundsatz 4-3 fest, das vorliegende Klimaschutzkonzepte und den Klimaschutz betreffende Fachbeiträge von der Regionalplanung zu berücksichtigen sind.

Das Raumordnungsgesetz (ROG) hat dabei die Bedeutung der Belange des Klimawandels in den Grundsätzen der Raumordnung bundesweit festgeschrieben. So heißt es in § 2 Abs. 2 Nr. 6: *„Der Raum ist in seiner Bedeutung für die Funktionsfähigkeit [...] des Klimas einschließlich der jeweiligen Wechselwirkungen zu entwickeln, zu sichern oder, soweit erforderlich, möglich und angemessen, wiederherzustellen. [...] 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. Dabei sind die räumlichen Voraussetzungen für den Ausbau der erneuerbaren Energien, für eine sparsame Energienutzung sowie für den Erhalt und die Entwicklung natürlicher Senken für klimaschädliche Stoffe und für die Einlagerung dieser Stoffe zu schaffen.“*

Das Landesplanungsgesetz NRW konkretisiert dies unter Bezugnahme auf das Klimaschutzgesetz NRW und den Klimaschutzplan NRW in § 12:

(3) In den Raumordnungsplänen sind die räumlichen Erfordernisse des Klimaschutzes und der Anpassung an den Klimawandel als Ziele und Grundsätze der Raumordnung festzulegen. Zur raumordnerischen Umsetzung des § 3 Klimaschutzgesetz Nordrhein-Westfalen sind die genannten Klimaschutzziele als raumbezogene Ziele und Grundsätze umzusetzen und/oder nachgeordneten Planungsebenen entsprechende räumliche Konkretisierungsaufträge zu erteilen.

(4) Die Raumordnungspläne müssen auch diejenigen Festlegungen des Klimaschutzplans NRW umsetzen, die gemäß § 6 Absatz 6 Klimaschutzgesetz NRW für verbindlich erklärt worden sind, soweit sie durch Ziele oder Grundsätze der Raumordnung gesichert werden können.

Das Klimaschutzgesetz NRW formuliert in § 3 konkrete Ziele zur Reduktion von Treibhausgasemissionen für Nordrhein-Westfalen (Verringerung der Emissionen bis 2020 um mindestens 25 % und bis zum Jahr 2050 um mindestens 80 % im Vergleich zu 1990) und nennt in § 4 (1) neben dem Klimaschutzplan insbesondere die Raumordnung als ein wesentliches Instrument, diese Ziele umzusetzen.

Der 2015 vom Landtag verabschiedete Klimaschutzplan NRW hat dabei das Ziel, die notwendigen Maßnahmen zur Erreichung der Klimaschutzziele zu konkretisieren. Zu den geforderten Maßnahmen im Handlungsfeld Landes- und Regionalplanung zählt die Erstellung eines Fachbeitrages „Klima“ (LR-KA13-M44) und eines Fachbeitrages „Wasser und Klimawandel“ (LR-KA13-M46) für die Regionalplanung. Mit dem hier vorliegenden Fachbeitrag wird also auch eine Maßnahme des Klimaschutzplans NRW umgesetzt.

Die bundes- und landesrechtlichen Forderungen zur Berücksichtigung der Belange des anthropogenen Klimawandels werden vom Landesentwicklungsplan NRW in den Grundsätzen 4-1 (Klimaschutz) und 4-2 (Klimaanpassung) aufgegriffen. Dort wird eine ressourcenschonende Raumentwicklung gefordert, die zur Energieeinsparung und zum Ausbau der Erneuerbaren Energien beitragen soll, um den Ausstoß von Treibhausgasen möglichst zu minimieren. Konkret angesprochen werden dabei u. a. Standorte zur Nutzung und Speicherung Erneuerbarer Energien, eine energiesparende Siedlungs- und Verkehrsentwicklung und die Sicherung von CO₂-Senken wie Mooren oder Grünland. Bei der Anpassung an den Klimawandel wird vom LEP konkret u. a. die Abmilderung von Hitzefolgen in Siedlungsbereichen durch die Erhaltung von Kaltluftbahnen sowie innerstädtischen Grünflächen, Wäldern und Wasserflächen gefordert.

1.2. Das Plangebiet

Das Plangebiet des Regionalplans Detmold liegt im Nordosten von Nordrhein-Westfalen und umfasst das gesamte Gebiet der Bezirksregierung Detmold mit mehr als zwei Millionen Einwohnern und einer Fläche von etwa 6.500 Quadratkilometern (BEZIRKSREGIERUNG DETMOLD₂). Das Plangebiet entspricht somit räumlich der Region Ostwestfalen-Lippe. Es grenzt im Norden, Nordwesten und Osten an Niedersachsen, im Süden an Hessen und im Westen an die Regierungsbezirke Arnsberg und Münster.

Die Planungsregion Detmold umfasst sechs Kreise (Gütersloh, Herford, Höxter, Lippe, Minden-Lübbecke und Paderborn) mit insgesamt 69 kreisangehörigen Gemeinden sowie die kreisfreie Stadt Bielefeld (Abbildung 1). Dabei ist die Planungsregion siedlungsstrukturell geprägt von zahlreichen mittleren und kleineren Gemeinden. Die größten Städte sind Bielefeld (333.000 Einwohner), Paderborn (148.000), Gütersloh (98.000), Minden (82.000), Detmold (75.000) und Herford (67.000) (Quelle: IT.NRW, Stand: 31.12.2015).

In Bezug auf die Großlandschaften liegt die Planungsregion Detmold hauptsächlich im Weserbergland. Im Norden (Kreis Minden-Lübbecke) schließt daran das Westfälische Tiefland an, im Westen die Westfälische Bucht. Das Plangebiet liegt am Übergang der Mittelgebirge in die Norddeutsche Tiefebene. Bedeutende Mittelgebirge sind das Wiehen- und Eggegebirge, der Teutoburger Wald sowie das Lippische und das Weserbergland. Die höchste Erhebung im Regierungsbezirk Detmold ist der Köterberg in der Nähe von Lütge mit 496 m ü. NHN [Meter über Normalhöhennull].

Prägende Gewässer in der Region sind die Weser im Osten, die bei Porta-Westfalica das Wiehengebirge durchbricht, mit ihren Nebenflüssen Werra, Nethe, Diemel und Emmer, und die Ems, die in der Senne am Westhang des Teutoburger Waldes entspringt. Die Quelle der Lippe liegt ebenfalls im Regierungsbezirk Detmold, am Westfuß des Eggegebirges in Bad Lippspringe. Die längste künstliche Wasserstraße Deutschlands, der Mittellandkanal, führt im Norden der Region in ost-westlicher Richtung durch den Kreis Minden-Lübbecke und kreuzt bei Minden die Weser.

Die Planungsregion verzeichnet mit rund 140.000 Unternehmen ein Bruttosozialprodukt von über 60 Milliarden Euro pro Jahr (BEZIRKSREGIERUNG DETMOLD₃) und wird hauptsächlich geprägt von mittelständischen Unternehmen. Schwerpunkte der regionalen Wirtschaft sind u. a. die Lebensmittelindustrie, die Möbelindustrie, die IT-Industrie oder die Landwirtschaft. Auch der Tourismus hat in der Planungsregion vor allem auf Grund des Teutoburger Waldes und mehrerer Heilbäder einen hohen Stellenwert.



Abbildung 1: Gemeinden und Kreise im Regierungsbezirk Detmold
Quelle: Bezirksregierung Detmold₁

2. Klimawandel in der Planungsregion Detmold

Der anthropogene Klimawandel fasst sämtliche Änderungen im globalen Klimasystem zusammen. Dazu gehören unter anderem Durchschnittstemperaturen, Niederschlagssummen, die Länge der Jahreszeiten, Wetterextreme oder Verschiebungen von ganzen Wettersystemen wie die z. B. die Verlagerung von Sturmbahnen. Im Folgenden wird eine kurze Einführung in die Ursachen des anthropogenen Klimawandels gegeben. Dies erscheint sinnvoll, um die Magnitude dieser vom Menschen verursachten Klimaänderung zu verdeutlichen und um die in den kommenden Unterkapiteln dargestellten Zahlen der bereits beobachteten und der für die Zukunft projizierten Klimaveränderungen in der Planungsregion Detmold in einen größeren Zusammenhang zu setzen.

Seit der industriellen Revolution, und besonders verstärkt nach 1950, greift der Mensch durch die Verbrennung von fossilen Energieträgern wie Kohle, Öl oder Gas und intensivierter Landnutzung massiv in die Zusammensetzung der Atmosphäre ein. Durch die daraus resultierende anthropogene Anreicherung der Atmosphäre mit dem Treibhausgas Kohlendioxid (CO_2) steigen die globalen Temperaturen stark an. CO_2 ist dabei das Treibhausgas, welches mit Abstand in den größten Mengen vorkommt, vor Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O),

Vor der industriellen Revolution lag der damals noch weitgehend natürliche CO_2 -Gehalt in der Atmosphäre bei ungefähr 280 parts per million (PPM), im Jahr 2010 lag er bei 400 ppm und 2017 erreichte der CO_2 -Gehalt erstmals eine Höhe von 410 ppm. Dies ist ein Wert, welcher wahrscheinlich zuletzt vor 3,3 Millionen Jahren erreicht wurde (BOER et al. 2010; VAN DE WAL et al. 2011; ZHANG et al. 2013; STOCKER et al. 2013b). Dies bedeutet einen Anstieg von über 40 % in sehr kurzer Zeit, der mit seiner Schnelligkeit so auf der Erde mindestens seit 66 Mio. Jahren (ZEEBE et al. 2016) beispielloos ist. Während in den letzten 800.000 Jahren im Schnitt ungefähr 1.000 Jahre für den natürlichen Anstieg des Treibhausgases CO_2 um 35 ppm in der Atmosphäre nötig waren, emittierte zuletzt der Mensch die gleiche Menge an CO_2 in nur 17 Jahren (BEREITER et al. 2015; HENLEY and ABRAM 2017).

Zahlreiche Analysen von Eisbohrkernen und Modellrechnungen belegen den direkten Zusammenhang zwischen CO_2 -Gehalt und der durchschnittlichen globalen Temperatur (HANSEN et al. 1981; PARRENIN et al. 2013; GEST et al. 2017). In der für geologische Zeiträume extrem kurzen Zeit seit der industriellen Revolution hat der Mensch nachhaltig dafür gesorgt, sämtliche natürlichen Ursachen von Klimaveränderungen, wie den natürlichen Wechsel zwischen Warm- und Eiszeiten der letzten 2,5 Millionen Jahre, zu überlagern (GANOPOLSKI et al. 2016). Fest steht, dass aufgrund der drastischen Zunahme des CO_2 -Gehaltes der natürliche Treibhauseffekt wesentlich verstärkt wird und sich die globale Temperatur und die Meeresspiegelhöhe entsprechend anpassen werden. Zusätzlich werden sich selbst verstärkende Prozesse, wie die Erwärmung des Arktischen Ozeans durch den Rückgang des See-Eises oder der verstärkten Methanausgasung im Permafrost, diesen Effekt weiter antreiben.

In der folgenden Abbildung 2 wird der für über 400.000 Jahre annähernd synchrone natürliche Verlauf zwischen dem CO_2 -Gehalt in der Atmosphäre und den globalen Temperatur-

abweichungen gegenüber der globalen Durchschnittstemperatur der international genutzten Klimanormalperiode 1961 – 1990 dargestellt. Deutlich sichtbar ist der regelmäßige Rhythmus von Kalt- und Warmzeiten, die primär durch natürliche Erdbahnparameterzyklen (Milanković - Zyklen) gesteuert werden. Im roten Oval oben rechts wird der anthropogene CO₂-Ausstoß veranschaulicht, der sehr stark aus dem natürlichen Rhythmus zwischen Warm- und Kaltzeiten heraussticht.

Abbildung 3 stellt im Anschluss den Anstieg der Temperatur und der CO₂-Konzentration von 1880 bis 2015 dar. Was in Abbildung 2 bei der Kohlendioxidkonzentration innerhalb des roten Ovals wie eine Wand aussieht (aufgrund der geringen zeitlichen Auflösung), stellt sich in Abbildung 3 auch bei hoher zeitlichen Auflösung als eine deutliche Steigung heraus, die seit den 1980er Jahren nochmal steiler wird. Die globale Erderwärmung nimmt gut sichtbar ebenfalls verstärkt seit den 1980er Jahren zu.

Dass die in Abbildung 2 dargestellte Temperaturkurve keinen ähnlich steilen Anstieg wie bei der oberen CO₂-Konzentrationskurve anzeigt, liegt daran, dass sich das Klimasystem noch nicht auf die bereits erfolgte anthropogene CO₂-Anreicherung der Atmosphäre eingestellt hat. Alleine durch die enorme Wärmekapazität der Ozeane wird sich das durch den anthropogen verstärkten Treibhauseffekt gestörte Energiegleichgewicht auf der Erde erst nach vielen Jahrzehnten wieder im Gleichgewicht befinden - mit dann höheren Temperaturen in den Ozeanen und auf der Erdoberfläche, entsprechend dem erhöhten CO₂-Gehalt (HANSEN et al. 2017). Dies bedeutet, dass sich selbst bei einem plötzlichen Ende aller Kohlendioxid-Emissionen die Erde noch weiter erwärmen wird, insbesondere in Anbetracht der Verweildauer von CO₂ in der Atmosphäre von ca. 50 - 200 Jahren (IPPC 2007). Ohne zusätzliche Rückkopplungseffekte würden die Temperaturen noch zwischen 0,5 und 0,7 Kelvin [K] ansteigen (die Temperatureinheiten °Celsius und Kelvin haben identische Skalierungen, Temperaturänderungen werden in Kelvin angegeben) (HANSEN et al. 2017).

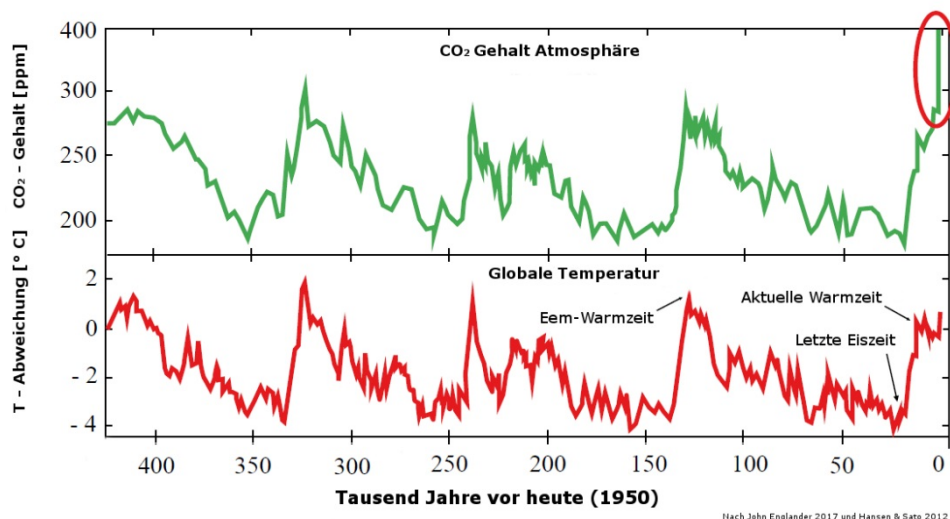


Abbildung 2: Verlauf rekonstruierter CO₂-Gehalte und globaler Temperaturschwankungen der letzten 420.000 Jahre. Historische/aktuelle CO₂-Messungen im roten Oval, verändert nach HANSEN & SATO (2012) und ENGLANDER (2017).

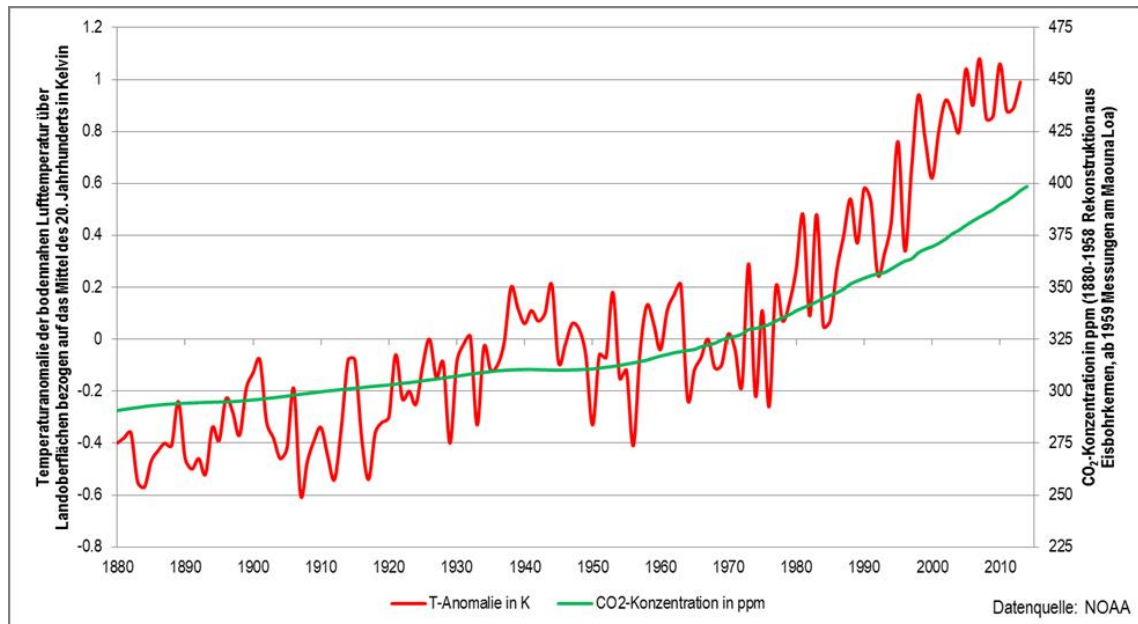


Abbildung 3: CO₂-Gehalte und Temperaturentwicklung seit Beginn der Wetteraufzeichnung. Daten: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA₁₋₃).

Weltweit sind die mittleren globalen Temperaturen seit Beginn der Wetteraufzeichnungen von 1881 bis 2016 um rund 1 Kelvin (NASA GODDARD INSTITUTE FOR SPACE STUDIES 2017) gestiegen. In Nordrhein-Westfalen hat sich im gleichen Zeitraum die durchschnittliche Lufttemperatur sogar um 1,4 Kelvin erhöht (LANUV 2016). Zusätzlich gab es in Nordrhein-Westfalen innerhalb des gleichen Zeitraumes einen Anstieg der mittleren jährlichen Niederschlagsmenge um 14 % (LANUV 2016).

In den folgenden Kapiteln wird näher auf das Klima in der Planungsregion Detmold eingegangen. In Kapitel 2.1 wird das aktuelle Klima und seine bisherige Entwicklung seit dem Beginn der Wetteraufzeichnung 1881 beschrieben. In Kapitel 2.2 werden die modellierten Klimaprojektionen, heruntergerechnet auf die Planungsregion Detmold, dargestellt.

2.1. Aktuelles Klima in der Planungsregion Detmold und seine Entwicklung

In diesem Kapitel werden das aktuelle Klima in der Planungsregion Detmold sowie die Entwicklung des Klimas seit der Klimanormalperiode (KNP = Bezugszeiträume von 30 Jahren für die Erfassung des gemittelten Klimas) 1951 – 1980 beschrieben.

Die Planungsregion Detmold gehört klimatisch zur warmgemäßigten und feuchttemperierten Klimazone nach der Klassifikation von Köppen und Geiger (RUBEL and KOTTEK, 2010), die ganz Deutschland und Mitteleuropa mit einschließt. Innerhalb der Planungsregion bestehen regionale Unterschiede in der Topographie und somit auch beim Klima. Abbildung 4 zeigt eine topographische Karte der Planungsregion. Gut sichtbar ist die flache Beckenlage im Westen mit dem Kreis Gütersloh (für Verwaltungsgrenzen siehe Abbildung 1) und der Nordwesthälfte des Kreises Paderborn als Teil der Westfälischen Bucht sowie die Tiefebene-

ne im Norden, im Kreis Minden-Lübbecke, als Teil des Westfälischen Tieflandes. Dazwischen liegt eine hügelige bis mittelgebirgige Landschaft, die naturräumlich zum Weserbergland gehört. Mit nur 26 Metern über dem Meeresspiegel liegt der östliche Sporn des Kreises Minden-Lübbecke mit dem Wesertal am tiefsten, während in den Kammlagen der Mittelgebirgsflächen im südlichen Kreis Lippe (Teutoburger Wald) Höhen von über 400 Metern und vor allem im südlichen Kreis Paderborn (Eggegebirge, Briloner Höhen) Höhen bis fast 500 Metern erreicht werden. Diese topographische Gliederung wirkt sich natürlich auf die mittleren Jahrestemperaturen, mittleren jährlichen Niederschlagsmengen und zahlreichen klimatischen Kenntage aus bzw. bewirkt die Einteilung der klimatischen Großlandschaften.

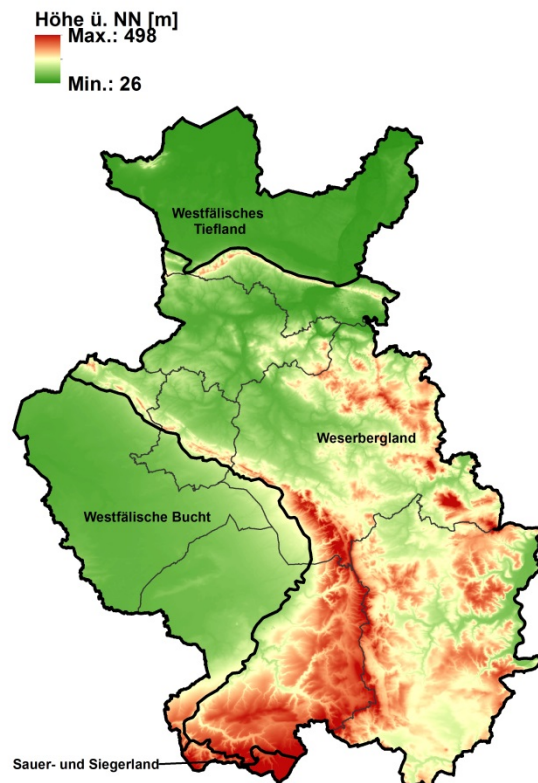


Abbildung 4: Topographie der Planungsregion Detmold und naturräumliche Gliederung. Kartengrundlage: Geobasis NRW

In den folgenden Abschnitten wird näher auf die klimatischen Parameter Lufttemperatur (2.1.1) und die entsprechenden klimatischen Kenntage eingegangen (2.1.2). Danach erfolgt die Darstellung des Parameters Niederschlag (2.1.3) und der dazugehörigen Kenntage (2.1.4). Dabei wird das aktuelle Klima der Klimanormalperiode 1981 – 2010 eingehender auch in Bezug auf die der Topographie geschuldeten Unterschiede beschrieben. Neben den klimatischen Kenngrößen der aktuellen Klimanormalperiode (1981 – 2010) werden auch die Werte der Klimanormalperiode 1971 – 2000 aufgeführt, da diese Klimanormalperiode als Referenz für die in Kapitel 2.2 dargestellten Zukunftsprojektionen verwendet wird. Darüber hinaus werden auch die bereits registrierten Veränderungen der unterschiedlichen Klimaparameter in der Planungsregion seit der Klimanormalperiode 1951 – 1980 dargestellt. Zum Schluss werden die beobachteten anthropogenen Klimaänderungen bewertet (2.1.5.).

Weitere Informationen zum beobachteten, rezenten anthropogenen Klimawandel und dessen Monitoring sind mit Bezug auf ganz NRW dem aktuellen LANUV-Fachbericht 74 zu entnehmen (LANUV 2016).

2.1.1. Lufttemperatur

Die Lufttemperatur ist eine zentrale Größe zur Dokumentation des regionalen Klimas, aber auch ein deutlicher Indikator des anthropogenen Klimawandels, wobei sie hauptsächlich durch den erheblich verstärkten Treibhauseffekt beeinflusst wird.

Die mittlere Jahrestemperatur für die gesamte Planungsregion Detmold betrug für die Klimanormalperiode 1981 – 2010 9,3 °Celsius [°C], während die mittlere Jahrestemperatur in der KNP 1971 – 2000 bei rund 9 °C lag. Die mittleren Temperaturen für die Planungsregion und die Jahreszeiten innerhalb der KNP 1981 – 2010 sowie der KNP 1971 – 2000 sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Jährliche Durchschnittstemperaturen 1971 – 2000 und 1981 – 2010.
Datenquelle: DWD.

	KNP 1971 - 2000	KNP 1981 - 2010
Frühjahr	8,4 °C	8,9 °C
Sommer	16,5 °C	17 °C
Herbst	9,2 °C	9,6 °C
Winter	1,8 °C	1,8 °C
Jahr	9,0 °C	9,3 °C

Die topographische Gliederung der Region spiegelt sich sehr deutlich in der räumlichen Verteilung der mittleren jährlichen Lufttemperatur wieder. Abbildung 5 stellt anschaulich dar, wie sich die Höhenlage auf die durchschnittliche Jahrestemperatur der KNP 1981 – 2010 auswirkt. Eindeutig ist hier eine Dreiteilung zu erkennen: In den tiefen Beckenlagen (Westfälische Bucht und Westfälisches Tiefland) werden mittlere jährliche Temperaturen von 9 bis 10 °C erreicht, während in den mittleren Hochlagen, welche die Hauptfläche des Weserberglandes ausmachen, mittlere Jahrestemperaturen von 8 bis 9 °C erreicht werden. In den Kammlagen der Mittelgebirgsflächen erreichen die mittleren jährlichen Temperaturen nur noch Werte von 7 bis 8 °C.

Anhand der für Nordrhein-Westfalen vorliegenden Rasterdaten der Lufttemperaturen des Deutschen Wetterdienstes (horizontale Auflösung ca. 1 x 1 km), die durch eine höhengewichtete Interpolation aus den Stationsdaten generiert wurden, lassen sich im Vergleich der Klimanormalperiode 1951 – 1980 und 1981 – 2010 für die Planungsregion Detmold bereits deutliche Temperaturveränderungen ableiten.

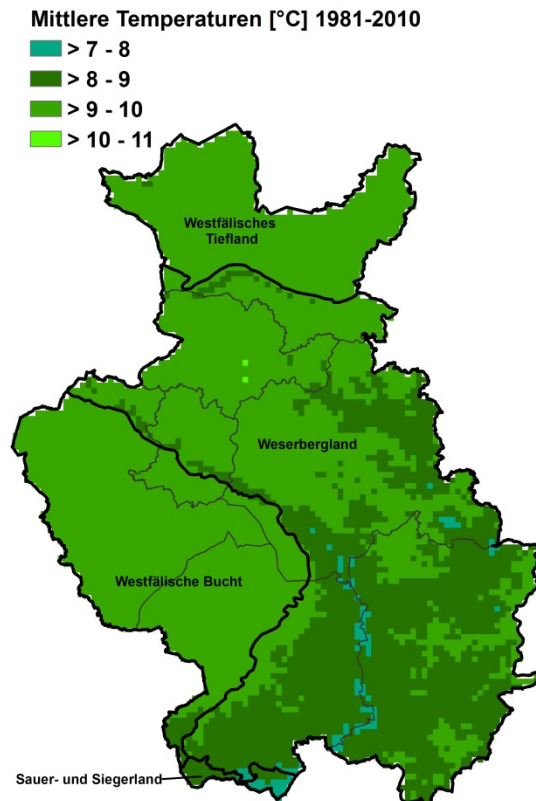


Abbildung 5: Jährliche Durchschnittstemperaturen 1981 – 2010.
Datenquelle: DWD

Während der KNP 1951 – 1980 herrschte in der Planungsregion Detmold eine mittlere Jahrestemperatur von rund 8,5 °C. In der KNP 1981 – 2010 betrug die mittlere Jahrestemperatur rund 9,3 °C. Dies entspricht einem auf die Fläche gemittelten Temperaturanstieg von rund 0,8 K. Eine Gegenüberstellung der mittleren jahreszeitlichen Temperaturen der Klimanormalperioden 1951 – 1980 und 1981 – 2010 innerhalb der Planungsregion zeigt Tabelle 2.

Tabelle 2: Jährliche und saisonale Durchschnittstemperaturen 1981 – 2010 im Vergleich zu 1951 – 1980. Datenquelle: DWD.

	KNP 1951 - 1980	KNP 1981 - 2010	Differenz
Frühjahr	7,8 °C	8,9 °C	+1,1 K
Sommer	16,1 °C	17,0 °C	+0,9 K
Herbst	9,1 °C	9,6 °C	+0,5 K
Winter	1,0 °C	1,8 °C	+0,7 K
Jahr	8,5 °C	9,3 °C	+0,8 K

Es wird deutlich, dass sich die Temperaturen in allen Jahreszeiten im Vergleich der beiden Klimanormalperioden erhöht haben. Dabei haben sich in der Planungsregion die mittleren Herbsttemperaturen mit 0,5 Kelvin am moderatesten erhöht, während die mittleren Frühlingstemperaturen mit 1,1 Kelvin am stärksten angestiegen sind.

Abbildung 6 zeigt beim Vergleich der KNP 1951 – 1981 und 1981 – 2010 praktisch keine räumlichen Unterschiede. Die Spanne der Temperaturdifferenz von 0,4 K innerhalb der Planungsregion ist zu gering, um belastbare Aussagen darüber machen zu können, wo genau die mittleren Temperaturen am stärksten angestiegen sind.



Abbildung 6: Änderung der jährlichen Durchschnittstemperatur: 1981 – 2010 im Vergleich zu 1951 – 1980. Datenquelle: DWD

Um den mittleren Anstieg von rund 0,8 K in der Planungsregion in eine geologische Zeitperspektive zu setzen, ist ein Blick auf die Erwärmungsrate beim natürlichen Übergang von der letzten Eiszeit zur jetzigen Warmzeit in einem Zeitraum vor ungefähr 11.700 Jahren hilfreich (WALKER et al. 2009). In dieser Zeit erwärmte sich das Klima global mit durchschnittlich 0,3 bis 0,8 K in 1.000 Jahren (STOCKER et al. 2013b). Die hier vorgestellte Erwärmung von 0,8 K seit der KNP 1951 – 1980 ist demnach mindestens um das zwanzigfache beschleunigt gegenüber dem Temperaturübergang von der letzten Eiszeit in die jetzige Warmzeit. Basierend auf zahlreichen unterschiedlichen Klimaarchiven wird die zur Zeit stattfindende globale Erderwärmung eindeutig als anomal für die letzten 20.000 Jahre bezeichnet (BJÖRCK 2011).

2.1.2. Kenntage Temperatur

Temperaturkennttage dienen dazu, besonders warme oder kalte Tage innerhalb eines Jahres zu identifizieren. Somit geben sie einen Eindruck über die Wärmebelastung oder den Kältereiz in einem Jahr wieder. Darüber hinaus können sie auch dabei helfen, den Wandel der Jahreszeiten zu dokumentieren. Insgesamt werden in diesem Fachbeitrag vier verschiedene klimatische Kenntage für das Monitoring des Klimawandels herangezogen. Für die Beschreibung von warmen Tagen werden die Kenntage *Heiße Tage* und *Sommertage* verwendet. Heiße Tage sind Tage, an denen eine Temperatur von mindestens 30 °C erreicht wird. Sommertage liegen vor, wenn die Tagestemperaturen über 25 °C liegen. Für die Beschreibung von kalten Tagen werden die Kenntage *Eistage* und *Frosttage* verwendet. Eistage liegen vor, wenn die Temperatur an einem Tag 0 °C nicht überschreitet, Frosttage bei Tagestiefsttemperaturen von unter 0 °C. Die Anzahl aller Kenntage, die im Text genannt werden, verstehen sich als auf ganze Zahlen gerundete Werte.

In Anlehnung an den Fachbericht 74 (LANUV 2016) werden hier die Kenntage Heiße Tage und Eistage für die Planungsregion genauer dargestellt, während Sommer- und Frosttage nur kurz angerissen werden.

Heiße Tage

In der Klimanormalperiode 1981 – 2010 gab es im räumlichen Mittel über die gesamte Planungsregion 6 Heiße Tage pro Jahr. In der vorangegangenen KNP 1971 – 2000 waren es im Mittel 5 Tage pro Jahr. In Abbildung 7 ist die räumliche Verteilung der mittleren Anzahl der Heißen Tage pro Jahr in der Planungsregion dargestellt.

Bei der Räumlichen Verteilung der Heißen Tage ist die topographische Gliederung der Planungsregion deutlich erkennbar. Die Hochlagen des Weserberglandes, des Teutoburger Waldes und des Eggegebirges kamen auf maximal 3 bis 4 Heiße Tage im Jahr. Dem gegenüber stehen die Niederungen, besonders im Westfälischen Tiefland, der Westfälischen Bucht sowie die tiefer liegenden Teile des nördlichen Weserberglandes, die mit bis zu 8 Heißen Tagen pro Jahr deutlich häufiger die Marke von 30 °C überschritten haben.

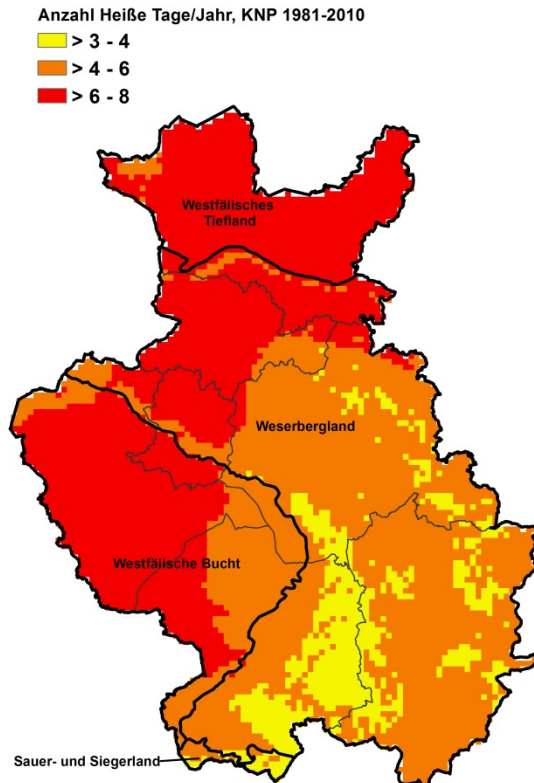


Abbildung 7: Mittlere Anzahl an Heißen Tage pro Jahr im Zeitraum 1981 – 2010.
Datenquelle: DWD

In der Klimanormalperiode 1951 – 1980 gab es in der Planungsregion im Mittel knapp 3 Heiße Tage im Jahr. Somit ergibt sich ein Zuwachs von zusätzlichen 3 Heißen Tagen pro Jahr, wenn man die KNP 1981 – 2010 gegenüberstellt. „Pro Jahr“ bezieht sich bei allen Kenntagen auf die mittlere Steigerung zwischen bestimmten, sich nicht überlappenden KNPs.

Abbildung 8 stellt die räumliche Verteilung der Zunahme der Heißen Tage pro Jahr dar. Auffällig ist, dass die höchsten Zunahmen mit 3 bis 5 zusätzlichen Heißen Tagen pro Jahr im Norden sowie im Westen (Westfälisches Tiefland und Westfälische Bucht) stattfanden. Die bei weitem meiste Fläche innerhalb der Planungsregion ist von einer Zunahme von 1 bis 3 Heißen Tagen pro Jahr gekennzeichnet. Die Pixel innerhalb der Großlandschaft Weserbergland weisen auf mögliche Interpolationsartefakte hin.

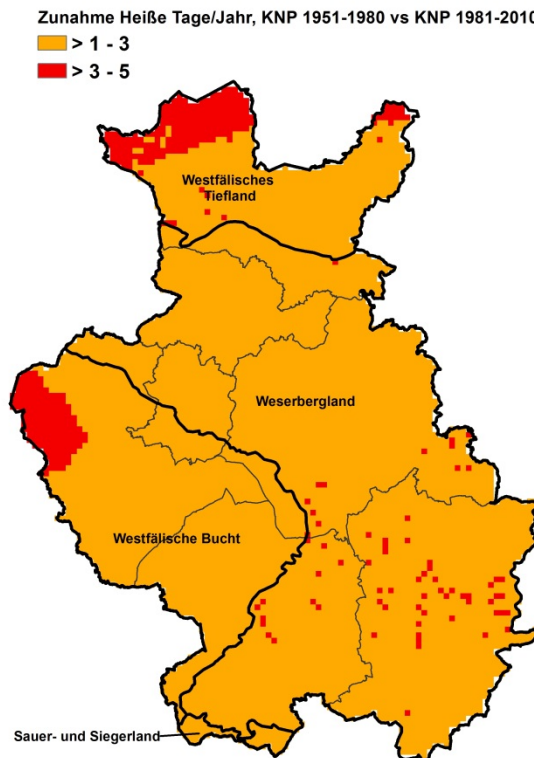


Abbildung 8: Änderung der Anzahl an Heißen Tage pro Jahr im Vergleich der KNP 1981 – 2010 zu 1951 – 1980. Datenquelle: DWD

Sommertage

In der Klimanormalperiode 1981 – 2010 gab es in der Planungsregion im Durchschnitt 31 Sommertage pro Jahr, während es in der KNP 1971 – 2000 im Mittel 27 Sommertage pro Jahr waren. In der KNP 1951 – 1980 kamen durchschnittlich 23 Sommertage pro Jahr vor. Somit ergibt sich ein Anstieg der durchschnittlichen Sommertage pro Jahr von insgesamt 8 seit der KNP 1951 – 1980.

Eistage

In der Klimanormalperiode 1981 – 2010 gab es in der Planungsregion Detmold im Mittel 17 Eistage pro Jahr. Die vorangegangene Klimanormalperiode 1971 – 2000 war mit im Durchschnitt 16 Eistagen pro Jahr etwas weniger von strengen Frösten gekennzeichnet.

In Abbildung 9 wird die räumliche Verteilung der mittleren Anzahl der Eistage pro Jahr während der KNP 1981 – 2010 präsentiert. Ähnlich wie bei der mittleren Jahrestemperatur und den Heißen Tagen machen sich die Höhenunterschiede deutlich bemerkbar. Während innerhalb der KNP 1981 – 2010 in den Beckenlagen im Durchschnitt 10 bis 15 Eistage pro Jahr auftraten, gab es in den Gipfellen des Teutoburger Waldes, des Eggegebirges und des Weserberglandes im Mittel bis zu 35 Eistage.

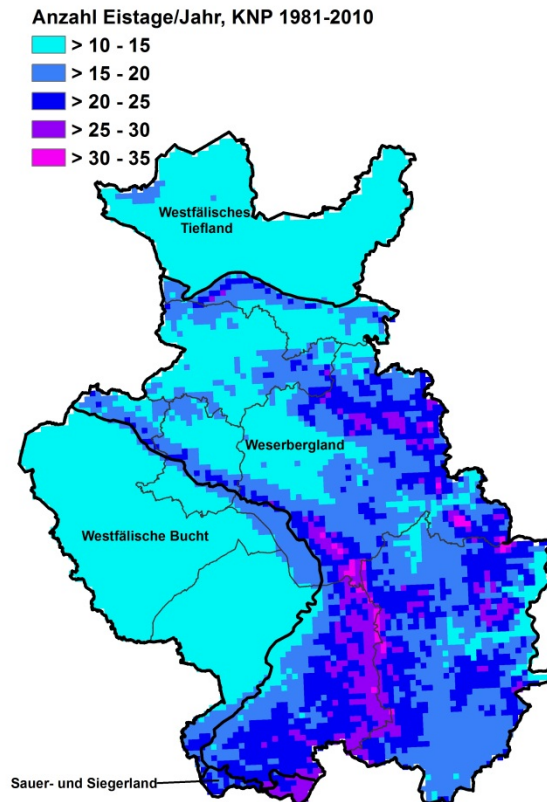


Abbildung 9: Mittlere Anzahl an Eistagen pro Jahr im Zeitraum 1981 – 2010. Datenquelle: DWD

Die durchschnittliche Anzahl an Eistagen pro Jahr während der Klimanormalperiode 1951 – 1980 betrug 19, dem gegenüber stehen 17 Eistagen pro Jahr in der KNP 1981 – 2010.

In Abbildung 10 ist die räumliche Verteilung der Abnahme an Eistagen pro Jahr im Vergleich der KNP 1951 – 1980 zur KNP 1981 – 2010 dargestellt. Während die überwiegende Mehrheit der Planungsregion Detmold einen flächendeckenden Rückgang der Eistage um 2 bis 4 Tage pro Jahr verzeichnet, halten sich die Rückgänge der Eistage in den Hochlagen des Teutoburger Waldes in Grenzen. Dort liegen keine bis leichte Rückgänge (-2 Eistage pro Jahr) vor.

Frosttage

Während den Klimanormalperioden 1981 – 2010 und 1971 – 2000 kamen in der Planungsregion im Mittel 69 Frosttage pro Jahr vor. In der KNP 1951 – 1980 kamen pro Jahr im Schnitt 77 Frosttage pro Jahr vor. Damit hat sich die jährliche Anzahl der Frosttage im Vergleich zur KNP 1951 – 1980 um im Schnitt 8 Tage pro Jahr vermindert.

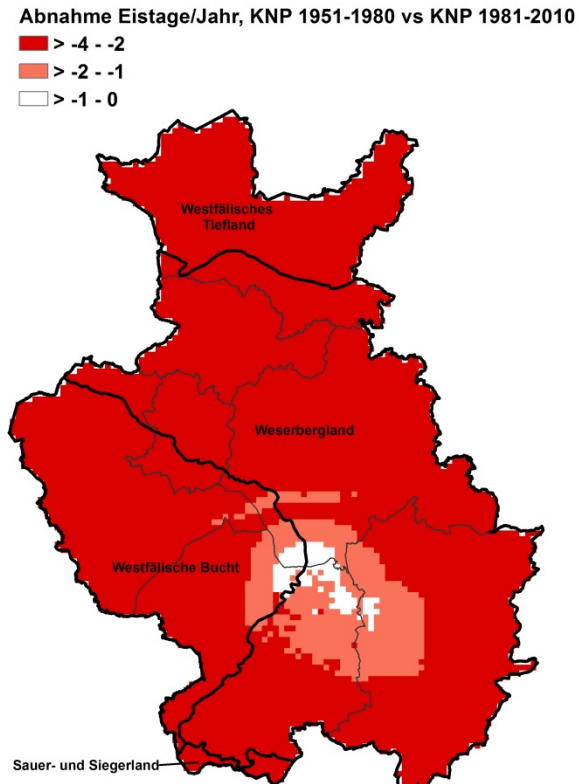


Abbildung 10: Änderung der Anzahl an Eistagen pro Jahr im Vergleich der KNP 1981 – 2010 mit der KNP 1951 – 1980. Datenquelle: DWD

Fazit Temperaturkenntage

Beim Vergleich der Klimanormalperiode 1951 – 1980 mit der Klimanormalperiode 1981 – 2010 lassen sich schon deutliche Veränderungen bei den Temperaturkenntagen feststellen. Die Anzahl der Heißen Tage und der Sommertage haben insgesamt zugenommen, wohingegen die Eis- und Frostage weniger geworden sind. In Tabelle 3 werden die Veränderungen bei den Temperaturkenntagen nochmals veranschaulicht.

Tabelle 3: Vergleich der Temperaturkenntage pro Jahr zwischen KNP 1951 – 1980 und KNP 1981 – 2010. Datenquelle: DWD.

	KNP 1951 - 1980	KNP 1981 - 2010	Differenz
Heiße Tage	3	6	3
Sommertage	23	31	8
Eistage	19	17	-2
Frostage	77	69	-8

2.1.3. Niederschlag

Der klimatische Parameter Niederschlag ist deutlich indirekter mit dem durch anthropogene Eingriffe verursachten Temperaturanstieg verknüpft. Zwar kann eine wärmere Atmosphäre mehr Wasserdampf aufnehmen und sorgt somit für insgesamt mehr Niederschlag, dennoch gibt es zahlreiche weitere Faktoren, welche die Menge, die Häufigkeit und die zeitlich und räumliche Verteilung von Niederschlägen beeinflussen. Dadurch ist dieser Parameter insgesamt erheblich variabler als der Parameter Lufttemperatur.

Neben der dominierenden Windrichtung aus West bis Südwest spielt die Topographie der Planungsregion eine wichtige Rolle bei der absoluten Summe der Niederschläge. Im Allgemeinen steigt die mittlere jährliche Niederschlagsmenge mit der Höhenlage des Geländes. Dabei gibt es allerdings deutliche Unterschiede, je nachdem, wie die Höhenzüge in der Hauptwindrichtung stehen. Mittelgebirgshänge, die der Hauptwindrichtung zugewandt sind (Luv), zwingen feuchte Luftmassen zum Aufstieg und somit zur Abkühlung, wodurch sie abregnen. Daher haben Mittelgebirgshänge, die nach Westen und Südwesten gerichtet sind, höhere Niederschlagssummen als die windabgewandten Mittelgebirgshänge (Lee). Diese sind dementsprechend geprägt von trockeneren Luftmassen, die sich beim Absinken, nachdem sie auf der Luv-Seite zum Aufsteigen und Abregnen gezwungen wurden, schneller erwärmen als feuchtere Luftmassen. Dadurch gibt es an diesen windabgeneigten Mittelgebirgshängen weniger Niederschlag und mehr Sonnenstunden. Bei ausgeprägten Winden senkrecht zum topographischen Hindernis kann lokal sogar ein leichter Föhneffekt auftreten (DWD - WETTERLEXIKON 2017).

Der mittlere jährliche Niederschlag, in Millimetern pro Jahr [mm/a] gemessen, lag in der Planungsregion Detmold während der KNP 1981 – 2010 bei rund 876 mm/a. Für 1971 – 2000 wurden rund 830 mm/a gemessen. In Tabelle 4 werden die jahreszeitlichen Unterschiede in der Niederschlagssumme zwischen der aktuellen KNP 1981 – 2010 und der vorangegangenen KNP 1971 – 2000 dargestellt.

Tabelle 4: Mittlere jährliche und saisonale Niederschlagssummen 1971 – 2000 und 1981 – 2010. Datenquelle: DWD.

	KNP 1971 - 2000	KNP 1981 - 2010
Frühjahr	188 mm	191 mm
Sommer	222 mm	233 mm
Herbst	207 mm	224 mm
Winter	213 mm	228 mm
Jahr	830 mm	876 mm

Abbildung 11 stellt die räumliche Verteilung der mittleren jährlichen Niederschlagssummen der KNP 1981 – 2010 in der Planungsregion dar. Da die Summe der mittleren Niederschläge mit der Höhenlage steigt, zeichnet sich in hier eine sehr ähnliche Raumstruktur wie bei der in Abbildung 4 dargestellten Topographie ab. Insbesondere die exponierten Höhenzüge des Teutoburger Waldes, die direkt im Luv liegen, erreichen mit durchschnittlich bis zu 1400 mm/a Spitzenwerte innerhalb der Planungsregion. Im Gegensatz dazu fallen in den nördlichen Tieflagen des Westfälischen Tieflands und im Lee des Eggegebirges im süd-

lichsten Weserbergland (Warburger Börde) weniger als 700 mm/a im Mittel. Abgesehen von den beiden „Extremwerten“ dominieren in den übrigen Beckenlagen der Region jährliche Niederschlagssummen von 700 - 900 mm/a, während in den etwas höheren und regenzugewandten Gebieten des Weserberglandes mittlere Niederschlagssummen zwischen 900 - 1100 mm/a verbreitet sind.

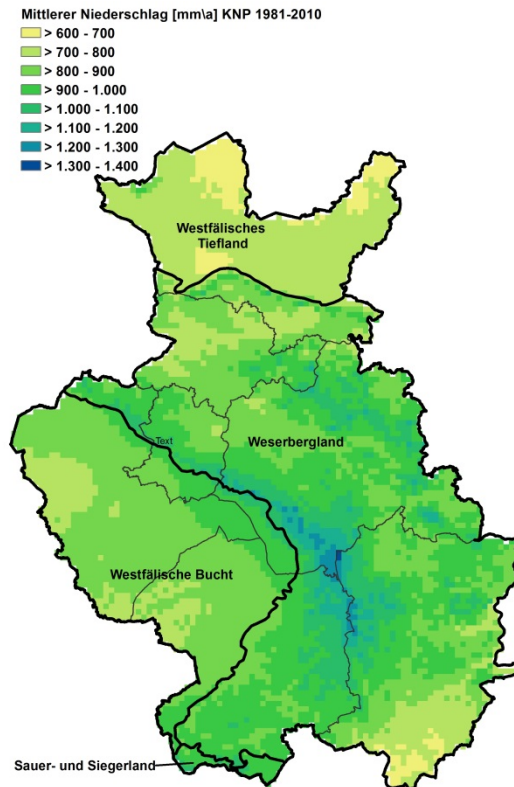


Abbildung 11: Mittlerer jährlicher Niederschlag im Zeitraum 1981 – 2010. Datenquelle: DWD

Im Vergleich der Klimanormalperiode 1951 – 1980 mit der KNP 1981 – 2010 hat sich in der Planungsregion die mittlere jährliche Niederschlagssumme mit einem Zuwachs von 67 mm um 8 % leicht erhöht. In der folgenden Tabelle 5 werden die mittleren Niederschlagssummen der KNP 1951 – 1980 und der aktuellen KNP 1981 – 2010 im Jahreszeitenvergleich gegenübergestellt.

Tabelle 5: Änderungen der saisonalen Niederschlagssummen im Vergleich der KNP 1981 – 2010 zu 1951 – 1980. Datengrundlage: DWD

	KNP 1951 - 1980	KNP 1981 - 2010	Differenz
Frühjahr	181 mm	191 mm	+10 mm
Sommer	249 mm	233 mm	-16 mm
Herbst	185 mm	224 mm	+39 mm
Winter	195 mm	228 mm	+34 mm
Jahr	809 mm	876 mm	+67 mm

Anhand dieses tabellarischen Vergleichs wird deutlich, dass insbesondere im Herbst (+ 39 mm) und Winter (+24 mm) die größten Anstiege registriert wurden. Dem gegenüber hat sich die mittlere Niederschlagsmenge des Sommers sogar mit -16 mm leicht reduziert. Mit einem Zuwachs von lediglich 10 mm mehr hat sich die Niederschlagsmenge im Frühjahr seit der KNP nur sehr geringfügig erhöht.

In Abbildung 12 ist die räumliche Verteilung der Änderungen der mittleren jährlichen Niederschlagssummen im Vergleich der Klimanormalperiode 1951 – 1980 mit der KNP 1981 – 2010 dargestellt. Entgegen der in der Fläche der Planungsregion insgesamt zugenommenen mittleren Niederschlagssummen wird hier deutlich, dass es auch örtlich Gebiete mit einem leichten Rückgang der Niederschlagssummen gibt. So finden sich im Westfälischen Tiefland zwei Gebiete, die entweder keinen Zuwachs an Niederschlag hatten oder sogar einen Rückgang der gemittelten jährlichen Niederschlagssumme aufwiesen. Das Westfälische Tiefland ist, abgesehen von den lokalen Gebieten mit rückläufigen Niederschlagsmengen, dominiert von leichten bis moderaten Zuwächsen der mittleren jährlichen Niederschlagssumme (bis zu 50 mm/a). In der großen Mehrheit der Fläche der Planungsregion wurden Zuwächse der mittleren jährlichen Niederschlagsmengen zwischen 50 und 110 mm/a registriert. In den Hochlagen des Weserberglands wurden die stärksten Zuwächse zwischen 110 bis 170 mm/a gemessen. Nur in den exponiertesten Kammlagen wurde sogar eine Zunahme von bis zu 190 mm/a registriert.

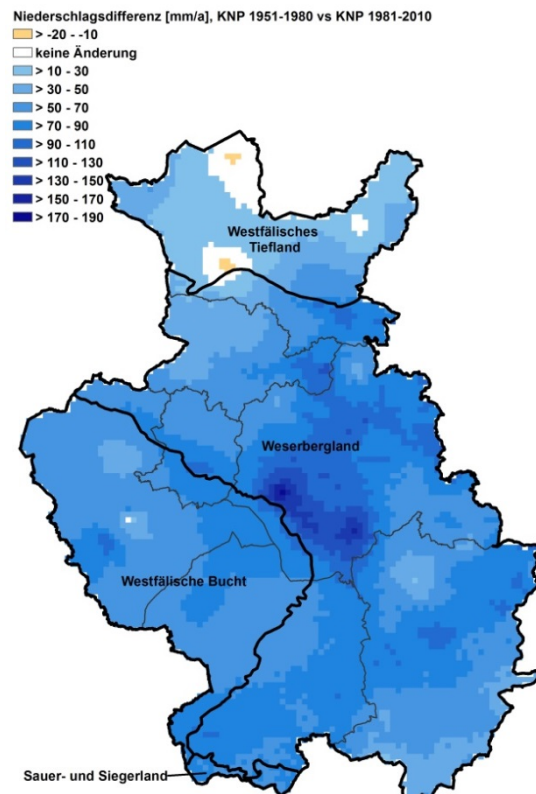


Abbildung 12: Änderungen der mittleren jährlichen Niederschlagssumme im Vergleich der KNP 1981 – 2010 zu 1951 – 1980. Datenquelle: DWD

2.1.4. Kenntage Niederschlag

Ähnlich wie bei der Lufttemperatur gibt es für den Niederschlag Kenntage, die gewisse Unter- oder Überschreitungen von bestimmten Niederschlagssummen pro Tag kennzeichnen. Im Zusammenhang mit dem Parameter Niederschlag werden in diesem Fachbeitrag analog zum LANUV-Fachbericht 74 die Kenntage *Trockene Tage* (max. 0,1 mm/Tag) und *Starkniederschlagstage* (jeweils in den Klassen >10 mm/Tag, >20 mm/Tag und >30 mm/Tag) für die Planungsregion dargestellt. Mit Hilfe dieser Kenntage soll im Rahmen des Klimafolgenmonitorings in NRW (LANUV 2017) die wahrscheinlich zunehmende Variabilität der Niederschläge mit allen Extremen als indirekte Folge des anthropogenen Klimawandels dokumentiert werden. Dabei muss beachtet werden, dass die Schwellenwerte der hier vorgestellten Starkniederschlagstage eher niedrig angesiedelt sind. Die raum-zeitliche Auflösung der für die Starkniederschlagstage herangezogenen Messstationen kann meistens nur großräumige Regenereignisse advektiven Ursprungs (typisch für Warmfronten bei Tiefdruckgebieten) erkennen. Gewitterzellen jedoch sind aufgrund ihrer begrenzten Ausdehnung und allgemeinen Kurzlebigkeit nur schwer zu registrieren, wenn sie nicht zufällig von einer Messstation erfasst werden, auch wenn sie mengenmäßig die Schwellen der Kenntage mit über 100 mm Niederschlag in wenigen Stunden deutlich überschreiten können.

Durch die globale anthropogene Erderwärmung kann die Atmosphäre mehr Wasserdampf aufnehmen (ca. 7% mehr Wasserdampf pro 1°C Erwärmung) und somit potenziell mehr Niederschlag in wahrscheinlich extremerer Form ermöglichen (STOCKER ET AL. 2013A). Auch hier werden die Kenntage im Text als auf ganze Zahlen gerundete Werte beschrieben.

Trockene Tage

Trockene Tage markieren einen Tag mit einer Niederschlagsmenge von maximal 0,1 mm (aqua plan GmbH et al. 2010; LANUV 2010). Die mittlere Anzahl der Trockenen Tage pro Jahr ist eine Kenngröße für die allgemeine Trockenheit. Eine Folge von Trockenen Tagen über einen längeren Zeitraum hinweg kann sich auf die allgemeine Wasserverfügbarkeit für Pflanzen auswirken. Der Boden trocknet aus und der Grundwasserspiegel fällt. Dementsprechend können Pflanzen unter Trockenstress leiden. Im Gegensatz zu anderen Kenntagen, wie zum Beispiel bei den zuvor beschriebenen Kenntagen für bestimmte Lufttemperaturen oder den noch vorzustellenden Starkniederschlagstagen, liegen für Trockene Tage keine flächendeckenden Rasterdaten für die Planungsregion Detmold vor. Stattdessen werden Datenreihen von den Stationen Petershagen im Westfälischen Tiefland (Kreis Minden-Lübbecke) und Brakel im Weserbergland (Kreis Höxter) vorgestellt. Die Datenreihen decken jeweils die Klimanormalperiode 1951 – 1980 und Klimanormalperiode 1981 – 2010 ab. Abbildung 13 veranschaulicht die Lage der Messstationen Petershagen und Brakel. Die anschließende Tabelle 6 zeigt für beide Messstationen die Unterschiede zwischen KNP 1951 – 1980 und KNP 1981 – 2010 in Bezug auf die Trockenen Tage.

Für die Station Brakel (143 m ü. NHN) im Weserbergland wurde seit der Klimanormalperiode 1951 – 1980 ein Rückgang um durchschnittliche 16 Trockene Tage pro Jahr registriert. Hierbei sank die mittlere jährliche Anzahl von 190 Trockenen Tagen auf 174 Trockene Ta-

ge. Besonders im Herbst (-7 Trockene Tage) und Winter (-6 Trockene Tage) wurden die stärksten Rückgänge bei den Trockenen Tagen festgestellt, was ganz gut zu den insgesamt gestiegenen mittleren Herbst- und Winterniederschlagssummen passt.

Für die Station Petershagen (43 m ü. NHN) im Westfälischen Tiefland wurde eine Zunahme um annähernd 3 zusätzliche Trockene Tage festgestellt. Hier stieg die mittlere Anzahl Trockener Tage pro Jahr von ca. 180 auf rund 182 an. Ein Blick auf die Jahreszeiten zeigt, dass besonders im Frühjahr (2) und im Sommer (3) Trockene Tage ganz leicht zugenommen haben, während im Herbst keine Änderung und Winter ein leichter Rückgang (-2) bei der mittleren Anzahl der Trockenen Tage pro Jahr festgestellt wurde. Auch diese Entwicklung stimmt mit den zugenommenen Niederschlagssummen im Herbst und Winter überein.

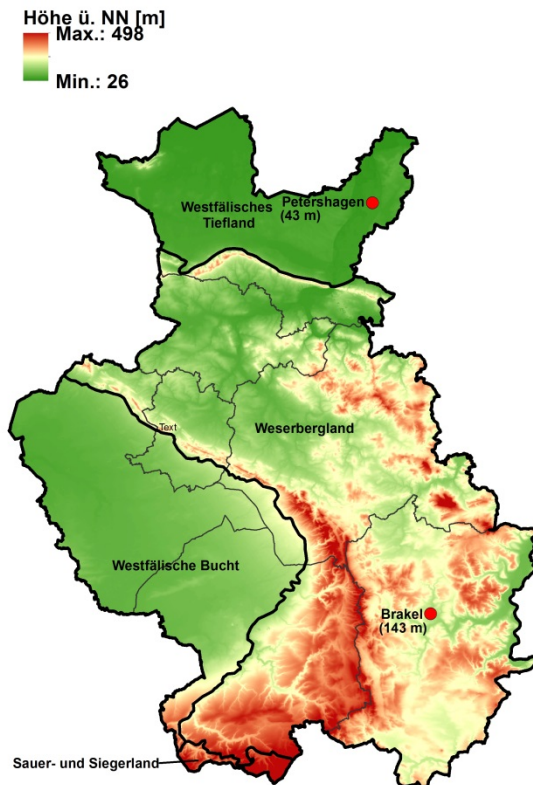


Abbildung 13: Lage der Messstationen Brakel und Petershagen. Kartengrundlage: Geobasis NRW und DWD.

Tabelle 6: Veränderungen der Trockenen Tage pro Jahr sowie saisonal für die Messstationen Brakel und Petershagen. Datenquelle: DWD.

KNP	Jahr/Jahreszeit	Trockene Tage Brakel	Differenz KNP	Trockene Tage Petershagen	Differenz KNP
1951 - 1980	Frühjahr	50,1		46,9	
	Sommer	48,8		45,8	
	Herbst	49,1		45,1	
	Winter	42,1		41,9	
	Jahr	190,1		179,6	
1981 - 2010	Frühjahr	47,5	-2,5	49,0	+2,1
	Sommer	48,2	-0,6	49,0	+3,2
	Herbst	42,1	-7,0	44,8	-0,2
	Winter	36,2	-5,9	39,6	-2,3
	Jahr	174,0	-16,1	182,4	+2,8

Starkniederschlagstage

Tage mit Starkniederschlag sind gekennzeichnet durch bestimmte Niederschlagsmengen, die lokal zu schnell ansteigenden Wasserständen und Überflutungen führen können. Auch für die Landwirtschaft spielen diese Kenntage eine Rolle, wenn es um Erntesicherheit und Bodenerosion geht. Starkniederschlagstage werden, wie oben bereits erwähnt, in Tage mit >10 mm, >20 mm und >30 mm pro Tag unterteilt. Die Häufigkeit der Starkniederschlagstage pro Jahr nimmt dabei ab, je höher die Niederschlagskategorie ist. An dieser Stelle sei nochmals darauf hingewiesen, dass die hier vorgestellten Starkniederschlagstage auf dem Messnetz der Wetterstationen des DWD beruhen (ebenso wie die interpolierten Rasterdaten), dessen Auflösung nicht hoch genug ist, um extreme aber nur lokal und kurzfristig auftretende Starkniederschläge registrieren zu können.

Auf die Fläche der Planungsregion Detmold gemittelt gab es innerhalb der aktuellen KNP 1981 – 2010 23 Starkniederschlagstage pro Jahr mit über 10 mm/Tag Niederschlag. In der gleichen KNP gab es hingegen nur etwa 5 Starkniederschlagstage im Jahr mit über 20 mm Niederschlag pro Tag. Die mittlere Anzahl der Starkniederschlagstage mit mehr als 30 mm pro Tag lag bei lediglich knapp 1 Tag pro Jahr. In der vorangegangenen KNP 1971 – 2000 wurden geringfügig weniger Starkniederschlagstage pro Jahr registriert als in der aktuellen KNP. So gab es durchschnittlich 22 Starkniederschlagstage mit über 10 mm/Tag, 4 Starkniederschlagstage mit über 20 mm/Tag sowie einen Starkniederschlagstag mit über 30 mm/Tag.

In Abbildung 14 bis wird die räumliche Verteilung der mittleren Anzahl von Starkniederschlagstagen pro Jahr >10 mm in der KNP 1981 – 2010 dargestellt. Auch bei der Verteilung der Starkniederschlagstage zeichnet sich die topographische Gliederung der Planungsregion ab. Besonders auffällig ist, dass bei dieser und allen folgenden Niederschlagskategorien ein beständiges Maximum der Häufigkeit aller Starkniederschlagstage dort liegt, wo sich auch der höchste Punkt des Teutoburger Waldes befindet. Hier kommen bis zu bis zu 43 Starkniederschlagstage >10mm/Tag pro Jahr vor. Dem gegenüber verringert sich die Häu-

figkeit aller Starkniederschlagstage in den Niederungen der Beckenlagen beziehungsweise im Lee des Teutoburger Waldes und des Eggegebirges. Insbesondere im Westfälischen Tiefland, am Westrand der Westfälischen Bucht sowie im südlichen Weserbergland treten am seltensten Starkniederschlagstage >10 mm/Tag auf (maximal 20 pro Jahr).

Abbildung 15 stellt die räumliche Verteilung der gemittelten Anzahl von Starkniederschlagstagen >20 mm/Tag pro Jahr während der KNP 1981 – 2010 dar. Auch hier existiert ein lokales Maximum in den Hochlagen des Teutoburger Waldes mit bis zu 11 Starkniederschlagstagen (>20 mm/Tag) pro Jahr. Im Norden, Westen und Südosten der Planungsregion gab es im Mittel bis zu 5 Starkniederschlagstage pro Jahr >20 mm/Jahr. In den zentralen Gebieten des Weserberglandes sowie in Teilbereichen der östlichen Westfälischen Bucht sowie in der Nähe des Sauer- und Siegerlandes wurden im Mittel 5 – 8 Starkniederschlagstage pro Jahr >20 mm/Tag festgestellt.

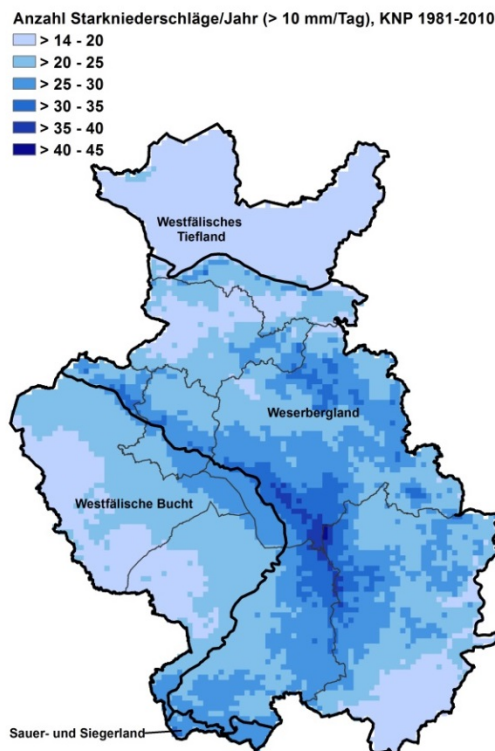


Abbildung 14: Mittlere Anzahl an Starkniederschlagstagen pro Jahr (>10 mm/Tag) während der KNP 1981 – 2010. Datenquelle: DWD.

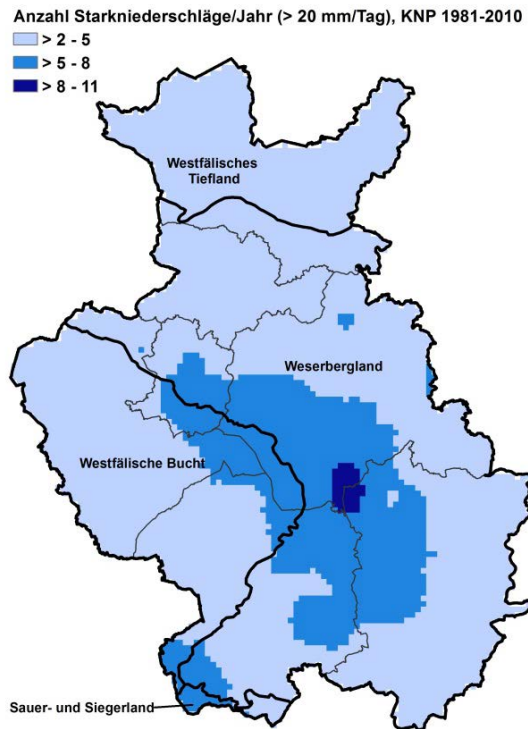


Abbildung 15: Mittlere Anzahl an Starkniederschlagstagen pro Jahr (>20 mm/Tag) während der KNP 1981 – 2010. Datenquelle: DWD.

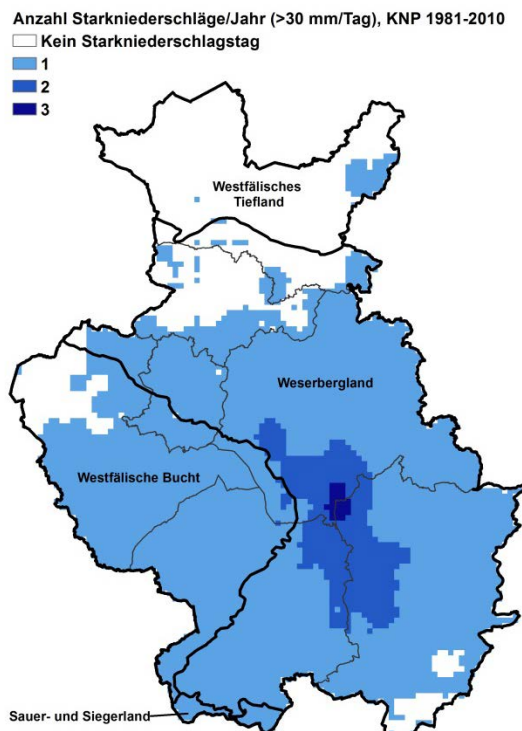


Abbildung 16: Mittlere Anzahl an Starkniederschlagstagen pro Jahr (>30 mm/Tag) während der KNP 1981 – 2010. Datenquelle: DWD.

Abbildung 16 zeigt die durchschnittliche Anzahl an Starkniederschlagstagen pro Jahr >30 mm/Tag während der KNP 1981 – 2010. Auch hier sind die regionalen Unterschiede bei der mittleren Häufigkeit pro Jahr ähnlich strukturiert. Neben dem lokalen Maximum von 3 Tagen im Jahr in der Gipfelregion des Teutoburger Waldes gibt es im Norden der Planungsregion weite Gebiete, in denen derart starke Niederschlagsereignisse überhaupt nicht registriert wurden. Dies gilt insbesondere für das Westfälische Tiefland sowie den nördlichsten Teil des Weserberglandes. Auch im südlichsten Bereich des Weserberglandes und im äußersten Nordwesten der Westfälischen Bucht wurden Starkregenereignisse >30mm/Tag nicht registriert.

Im Vergleich der Klimanormalperiode 1951 – 1980 mit dem Zeitraum 1981 – 2010 hat sich die Häufigkeit der auf die Planungsregion gemittelten Starkniederschlagstage leicht erhöht. Die jährlichen Starkniederschlagstage >10 mm/Tag sind durchschnittlich um 3 Tage häufiger aufgetreten. Im gleichen Zeitraum stieg die Anzahl der Tage mit >20 mm und >30 mm Niederschlag um einen Tag pro Jahr an beziehungsweise zeigte keine Änderung.

Die Betrachtung der räumlichen Verteilung der Veränderungen der Anzahl der Starkniederschlagstage in der Planungsregion offenbaren allerdings je nach Lage deutlich größere Abweichungen im Vergleich der beiden Klimanormalperioden. Die Abbildung 17 bis Abbildung 19 stellen die räumlich verteilten Änderungen der mittleren jährlichen Anzahl an Tagen mit Starkniederschlägen im Vergleich der KNP 1951 – 1980 und KNP 1981 – 2010 dar. Bei allen drei folgenden Abbildungen ist erkennbar, dass die Änderung der Starkniederschläge ebenfalls von der Topographie der Planungsregion Detmold beeinflusst wird. So werden die größten Änderungen im nördlichen Luv des Teutoburger Waldes verzeichnet

In Abbildung 17 sind die räumlichen Veränderungen bei der mittleren jährlichen Anzahl von Starkniederschlagstagen >10 mm/Tag dargestellt. Die größten Zunahmen bei Starkniederschlagstagen >10 mm sind im Weserbergland zu finden. Dort gibt es mit 4 - 8 zusätzlichen Starkniederschlagstagen pro Jahr vor allem im nördlichen Luv des Teutoburger Waldes ein lokales Maximum der Anstiege dieser Kenntage. Im weitaus größten Teil der gesamten Planungsregion sind gibt es einen Anstieg von 1 - 4 zusätzlichen Starkniederschlagstagen >10 mm/Tag. Lediglich im Westen des Westfälischen Tieflandes gab es keine Änderungen bei den Starkniederschlagstagen >10 mm/Tag über ein etwas größer zusammenhängendes Gebiet.

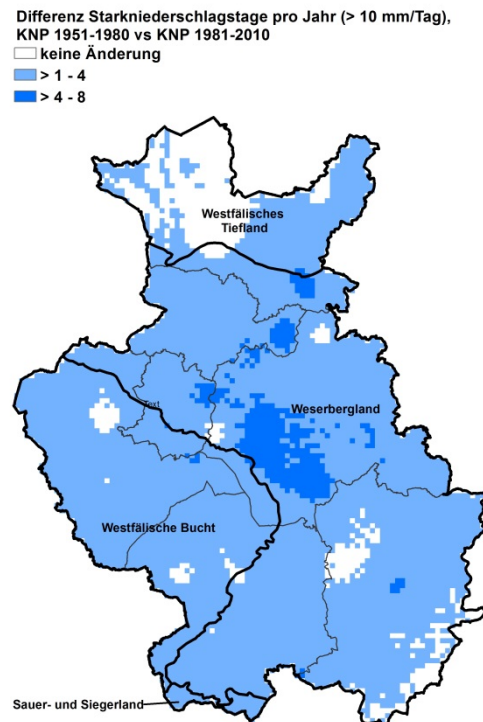


Abbildung 17: Änderung der mittleren Anzahl an Starkniederschlagstagen (>10 mm/Tag) pro Jahr: KNP 1981 – 2010 im Vergleich zur KNP 1951 – 1980. Datenquelle: DWD

Abbildung 18 stellt die Änderung der mittleren jährlichen Anzahl an Tagen mit >20 mm/ Niederschlag pro Tag dar. Nennenswerte Veränderungen bei den Starkniederschlagstagen >20 mm/Tag treten hauptsächlich im Weserbergland und Teilen der Westfälischen Bucht auf. Das absolute Maximum von durchschnittlich 2 - 4 zusätzlichen Starkniederschlagstagen >20 mm/Tag im Luv des Teutoburger Waldes betrifft eine deutlich kleinere Fläche als in Bezug auf das absolute Maximum des Anstiegs der >10mm/Tag Starkniederschlagstage. Dies gilt auch für das Gebiet, wo im Mittel allenfalls bis zu 2 Tage im Jahr mit über 20 mm/Tag fallen. Die weitaus größten Bereiche in der Planungsregion Detmold haben hingegen keine Änderung bei den Starkniederschlagstagen mit über 20 mm/Tag erfahren, wenn man die beiden KNPs 1951 – 1980 und 1981 – 2010 vergleicht.

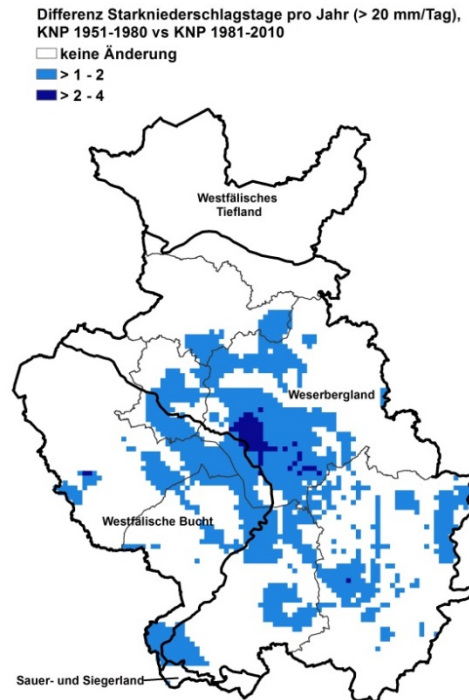


Abbildung 18: Änderung der mittleren Anzahl an Starkniederschlagstagen (>20 mm/Tag) pro Jahr: KNP 1981 – 2010 im Vergleich zur KNP 1951 – 1980. Datenquelle: DWD

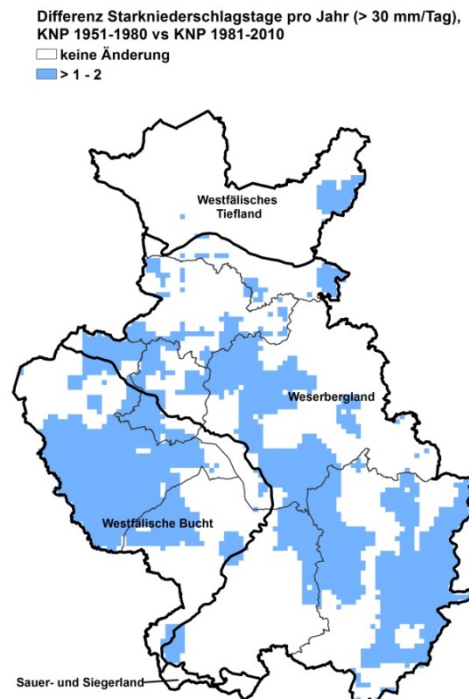


Abbildung 19: Änderung der mittleren Anzahl an Starkniederschlagstagen (>30 mm/Tag) pro Jahr: KNP 1981 – 2010 im Vergleich zur KNP 1951 – 1980. Datenquelle: DWD

Abbildung 19 zeigt abschließend die Veränderung der mittleren jährlichen Anzahl von Starkniederschlagstagen mit mindestens 30 mm pro Tag. Zwar überwiegen die Flächen mit keiner Änderung im Vergleich der beiden KNP, aber ein dennoch hoher Anteil der Flächen in der Planungsregion weist hier eine geringe Zunahme von plus 1 - 2 Tagen pro Jahr mit derart starken Regenfällen auf. Dies gilt insbesondere für Teile der Westfälischen Bucht und dem Weserbergland. Innerhalb dieser Klasse überwiegen die Flächen mit 1 Tag >20 mm/Tag sehr deutlich gegenüber den Flächen mit 2 Tagen pro Jahr dieser Niederschlagsintensität, die fast zu vernachlässigen ist.

Anhand der gezeigten Daten wird deutlich, dass die auf die Fläche der gesamten Planungsregion Detmold bezogenen Mittelwerte zur Veränderungen der Starkniederschlagstage im Vergleich der KNP 1951 – 1980 mit 1981 – 2010 lokal deutlich variieren können. Dies gilt besonders für die regenzugewandten Höhenlagen in der Planungsregion, wo die Zunahme der Starkniederschlagstage bei den ersten beiden Kategorien die auf die gesamte Planungsregion bezogenen Mittelwerte um ein Mehrfaches übersteigen. Interessanterweise liegen die größten lokalen Zunahmen der Starkniederschlagstage am Nordrand des Teutoburger Waldes. Genau dort, wo die höchsten Zunahmen der jährlichen Niederschlagssummen registriert wurden (siehe Abbildung 12). Tabelle 7 stellt zum Abschluss nochmals die Unterschiede der jeweiligen Starkniederschlagstage zwischen der KNP 1951 – 1980 und der KNP 1981 – 2010 dar.

Tabelle 7: Starkniederschlagstage pro Jahr, sortiert nach Klassen und Klimanormalperiode. Datenquelle: DWD.

KNP	>10 mm/Tag	>20 mm/Tag	>30 mm/Tag
1981 - 2010	23,3	4,8	0,8
1951 - 1980	20,6	3,6	0,5
Differenz	2,7	1,1	0,4

Schneetage

Schneetage werden definiert als Tage mit einer geschlossenen Schneedecke von mindestens 10 cm Mächtigkeit. Damit steht ein geeignetes Maß zur Verfügung, um die Dauer der Schneebedeckung zu beschreiben.

Das Auftreten von Schneetagen und die Schneehöhe hängen von der Temperatur und der Niederschlagsmenge ab. Die bereits stattgefundenen und noch zu erwartenden Temperaturerhöhungen als Folge des Klimawandels können zu Rückgängen der Schneetage führen. Allerdings kann eine ansteigende Niederschlagssumme, insbesondere im Winterhalbjahr, mögliche temperaturbedingte Rückgänge bei den Schneetagen zumindest teilweise ausgleichen. Da Schneetage von Temperatur und Niederschlag abhängig sind, spielt die Höhenlage eine wichtige Rolle bei der räumlichen Verteilung der Schneetage.

Während der Klimanormalperiode 1981 – 2010 wurden, gemittelt auf die Fläche der gesamten Planungsregion, 27 Schneetage pro Jahr registriert. In der KNP 1971 – 2000 lag dieser Wert bei 30 Tagen pro Jahr. Abbildung 20 zeigt die gemittelte Anzahl an Schneetagen pro

Jahr (KNP 1981 – 2010). Entsprechend der Höhenverteilung liegt hier die mittlere Anzahl an Schneetagen in den Kammlagen der Mittelgebirge des Weserberglandes mit bis zu 60 Schneetagen pro Jahr deutlich höher als in den Beckenlagen der Westfälischen Bucht oder der Westfälischen Tiefebene, die auf maximal >15 - 24 Schneetage pro Jahr kommt. Nur in den schärfer abgegrenzten Mittelgebirgsgebieten kommen mehr Schneetage (>24 Schneetage) pro Jahr vor.

Während der Klimanormalperiode 1951 – 1980 gab es bezogen auf die Fläche der Planungsregion im Mittel 33 Schneetage pro Jahr. Im Vergleich zu diesem Zeitraum reduzierte sich die mittlere Anzahl der Schneetage pro Jahr in der aktuellen KNP um durchschnittlich 6 Schneetage auf die bereits oben genannten 27 Schneetage pro Jahr.

Abbildung 21 zeigt die räumliche Verteilung der Veränderungen bei den Schneetagen pro Jahr in der KNP 1981 – 2010 relativ zur KNP 1951 – 1980. Nur in ganz kleinen Gebieten innerhalb der Planungsregion gab es keine Änderung bzw. fiel der Rückgang bei der Anzahl der Schneetage pro Jahr mit bis zu -1 Tag sehr moderat aus. Der Hauptteil der Planungsregion erlebte jedoch einen Rückgang der Schneetage pro Jahr zwischen -9 bis -5 Tagen. Dabei spielte bei diesen Größenordnungen der Rückgänge die Höhenlage nur eine geringe Rolle, da sowohl in den Tieflagen als auch in den mittleren Hochlagen 5 bis 9 Schneetage pro Jahr weniger registriert wurden. Höhere Rückgänge mit -13 bis -9 Schneetagen pro Jahr wurden jedoch zum allergrößten Teil in den Hochlagen im Regenschatten der Gipfel festgestellt. Insbesondere die Briloner Höhen im südwestlichen Teil der Planungsregion, sind durch die höchsten Rückgänge bei den Schneetagen pro Jahr gekennzeichnet.

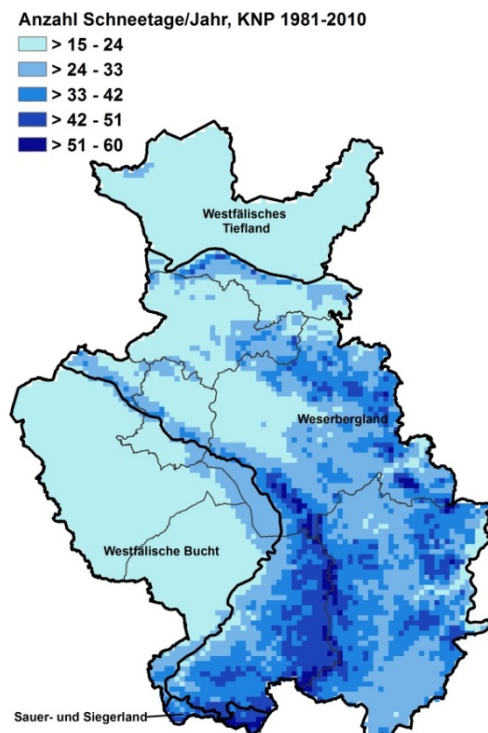


Abbildung 20: Mittlere Anzahl an Schneetagen pro Jahr während der KNP 1981 – 2010. Datenquelle: DWD

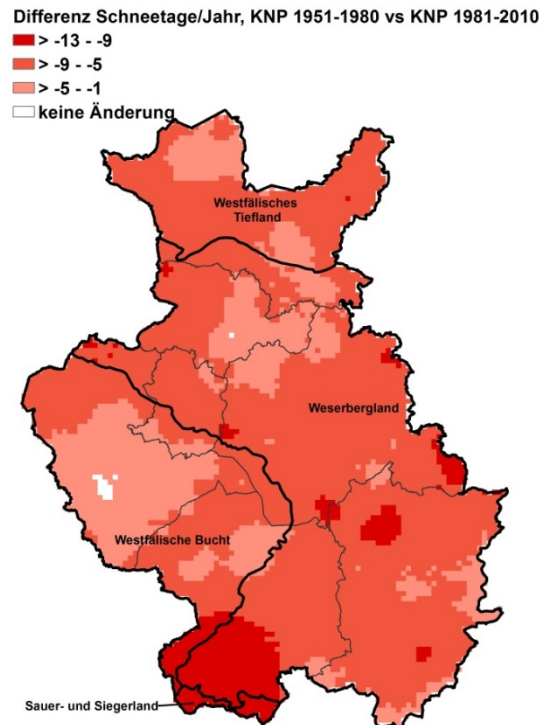


Abbildung 21: Änderung der mittleren Anzahl von Schneetagen pro Jahr, KNP: 1981 – 2010 im Vergleich zu 1951 – 1980. Datenquelle: DWD

2.1.5. Einordnung der bereits registrierten Klimaveränderungen

Die in diesem Kapitel beschriebenen Klimaänderungen in der Planungsregion Detmold verdeutlichen einen insgesamt sehr starken Temperaturanstieg von lokal bis zu 1 K im Vergleich der Klimanormalperiode 1951 – 1980 mit 1981 – 2010. Gleichzeitig sind die jährlichen Niederschlagsmengen leicht angestiegen, wobei die früher typischen Sommermaxima heute nicht mehr existieren. Die klimatischen Kerntage zeigen recht eindeutig, dass die Planungsregion Detmold wärmer und schneeärmer geworden ist. Über einem Großteil der Fläche der Planungsregion Detmold wurde zudem eine Zunahme der Anzahl an Starkniederschlagtagen pro Jahr festgestellt, insbesondere für die Kategorie >10 mm Niederschlag pro Tag.

Die Auswirkung der bereits jetzt schon eingetretenen anthropogenen Klimaveränderungen betrifft viele Bereiche. Von der Beeinträchtigung der Gesundheit durch Hitzebelastungen über häufiger eintretende Extremniederschläge und Unwetter zu länger andauernden Trockenperioden und Grundwasserrückgängen sind einige Klimawandelfolgen genannt, auf die in Kapitel 4 näher eingegangen wird.

Betrachtet man die oben beschriebenen Klimaveränderungen, insbesondere den Temperaturanstieg, im Vergleich zu erdgeschichtlichen Temperaturänderungen (STOCKER ET AL. 2013B), so ist die Geschwindigkeit der Temperaturänderung als extrem schnell zu bezeichnen. Die in der Planungsregion Detmold gemessenen Temperaturänderungen folgen dem globalen, durch den starken Anstieg von CO₂-Emissionen verursachten Trend der Erwärmung der Atmosphäre.

2.2. Projizierter Klimawandel in der Planungsregion Detmold

Nachdem im Kapitel 2.1 das aktuelle Klima in der Planungsregion Detmold und dessen Änderung im Vergleich der Klimanormalperiode 1951 – 1980 mit 1981 – 2010 beschrieben wurde, soll in Kapitel 2.2 nun auf die für die Zukunft projizierten Klimaveränderungen eingegangen werden. Zu Beginn werden in den Unterkapiteln 2.2.1 und 2.2.2 die Grundlagen für die Simulation zukünftiger Klimaänderungen und deren Auswertung erläutert. Unterkapitel 2.2.3 widmet sich den projizierten Veränderungen bei der Temperatur sowie bei den Temperaturkenntagen (2.2.4). Abschnitt 2.2.5 behandelt die projizierten Veränderungen beim Niederschlag, wobei zuerst auf die Niederschlagssummen eingegangen wird und anschließend auf die Starkniederschlagstage beziehungsweise Wetterextreme (2.2.6). Zuletzt wird in Unterkapitel 2.2.7 eine Zusammenfassung über die projizierten Klimaveränderungen gegeben.

2.2.1. RCP, SRES, Perzentile

Um die Veränderung des Klimas auch für zukünftige Zeiträume abschätzen zu können, werden hochkomplexe Klimamodelle verwendet. Diese Modelle arbeiten neben den festen physikalischen Rahmenbedingungen, z. B. CO₂- bzw. Treibhauskonzentration, Sonneneinstrahlung, Oberflächentemperatur u. v. m., auch mit Szenarien über die möglichen zukünftigen CO₂- und sonstigen Treibhausgasemissionen, die durch die Menschen verursacht werden. Je nach zugrunde liegendem Szenario über die zukünftigen Treibhausgaskonzentration wird der eng an diese Konzentration gekoppelte zusätzliche/anthropogene Treibhauseffekt mehr oder weniger stark ansteigen und entsprechend zum globalen Temperaturanstieg beitragen. Bevor im Folgenden auf die Projektionen zum zukünftigen Klimawandel in der Planungsregion Detmold eingegangen wird, sollen die verwendeten Modellszenarien und deren Bandbreiten für die projizierten Klimakenngößen beschrieben werden.

Exkurs I: Projektionsszenarien bei der Modellierung zukünftiger Klimata

Für die Planungsregion Detmold liegen Klimaprojektionen unterschiedlicher Modell-Simulationen basierend auf verschiedenen Szenarien vor, die hier kurz erläutert werden:

SRES-Szenarien:

Die Bezeichnung SRES geht auf einen Sonderbericht des Weltklimarats aus dem Jahr 2000, dem „Special Report on Emission Scenarios“ zurück, der die Szenarien detailliert beschreibt (IPCC 2000).

Basierend auf möglichen gesellschaftlichen Entwicklungen (Szenarien) hinsichtlich des Bevölkerungswachstums, des Umgangs mit fossilen und Erneuerbaren Energien und wirtschaftlichen Faktoren beschreiben die Klimaszenarien die zukünftige Entwicklung der Treibhausgasemissionen und -konzentrationen. Für die Modellierung zahlreicher Klimagrößen wurde hauptsächlich das sogenannte A1B-Emissionsszenario verwendet. Das Szenario A1B beinhaltet eine „ausgewogene“ Nutzung fossiler und nicht-fossiler Energieträger. Für die in diesem Kapitel dargestellten Projektionen der klimatologischen Kenntage in der

Zukunft wurde ebenfalls das Szenario A1B verwendet (nähere Informationen hierzu: DWD₁)

RCP-Szenarien:

Die Bezeichnung RCP steht für Repräsentative Konzentrationspfade (englisch: Representative Concentration Pathways). Diese neuen Konzentrationsszenarien (MOSS et al. 2010) unterscheiden sich von den bisherigen SRES-Emissionsszenarien dadurch, dass sie von bestimmten Strahlungsantriebswerten im Jahr 2100 ausgehen und - quasi rückwärts - auf mögliche Treibhausgaskonzentrationen rückschließen. Dementsprechend werden sie auch nach den Strahlungsantriebswerten, die sie im Jahr 2100 erreichen, bezeichnet. Dabei werden vier RCP-Szenarien unterschieden: RCP2.6, RCP4.5, RCP6 und RCP8.5 (nähere Informationen hierzu: DWD₂)

Das Szenario RCP2.6 sieht einen Gipfel der CO₂-Äquivalente (Summe aller Treibhausgase umgerechnet auf die Wirkung von CO₂) von bis zu 490 ppm vor 2100 (van Vuuren et al. 2011), um dann wieder zu sinken. Nur auf diese Weise kann das 2015 bei der COP21 in Paris vereinbarte Ziel (UNFCCC 2015), die Temperaturerhöhung auf deutlich unter 2 °C gegenüber dem Temperaturniveau der vorindustriellen Zeit (ca. 1850 – 1900) zu begrenzen, gerade noch erreicht werden. Deshalb wird dieses Szenario auch als „Klimaschutz-Szenario“ bezeichnet.

Das Szenario RCP4.5 ist ein Szenario mit einem „moderaten“, aber dennoch zu hohen (in Bezug auf das 2-Grad-Ziel) Anstieg der CO₂-Äquivalente von bis zu 650 ppm bis 2100 (VAN VUUREN et al. 2011). Dieses dennoch häufig als „moderat“ bezeichnete Szenario würde eine atmosphärische CO₂-Konzentration verursachen, die seit mindestens 27 Millionen Jahren nicht mehr existiert hat (PAGANI et al. 2005 STOCKER et al., 2013b, ZHANG et al. 2013).

Das Szenario RCP6.0 geht von einem dem SRES A1B ähnlichen Emissionsverlauf an CO₂-Äquivalenten aus, was in diesem Fall 850 ppm im Jahr 2100 bedeuten würde (VAN VUUREN et al. 2011).

Das Szenario RCP8.5 wird als „business as usual“ Szenario bezeichnet. Es könnte bei einem steigendem Verbrauch fossiler Energieträger und daraus resultierenden weiterhin steigenden Treibhausgasemissionen eintreten. Hier geht man von einer CO₂-Konzentration von über 1370 ppm im Jahr 2100 aus (VAN VUUREN et al. 2011). Das RCP8.5-Szenario stellt einen extremen Eingriff in die Atmosphäre dar, der das Potenzial hat, das Klima der Erde in einen Zustand zu verwandeln, den es so seit mindestens 52 Millionen Jahren nicht mehr gegeben hat (STOCKER et al. 2013b; ZHANG et al. 2013).

Für die Projektionen der zukünftigen mittleren Temperatur- und Niederschlagsänderungen in NRW und der Planungsregion Detmold wurde mit dem RCP4.5- und dem RCP8.5-Szenario gearbeitet, deren Daten vom DWD bereitgestellt werden.

Exkurs II: Darstellung der Klimaprojektionen als Perzentil

Bei der Simulation der Klimaprojektionen wird pro Szenario und betrachtetem Projektionszeitraum (*Nahe Zukunft*: 2021 - 2050; *Ferne Zukunft*: 2071 - 2100) jeweils ein ganzes Modellensemble (Verbund von verschiedenen globalen und regionalen Modellen mit dem gleichen Szenario) anstatt einzelner Modelle verwendet. Dies hat den Vorteil, dass die Projektionen der zukünftigen Klimaänderungen in einer wissenschaftlich belastbareren Bandbreite simuliert werden können. Sämtliche Klimaprojektionen innerhalb einer solchen Bandbreite sind gleich wahrscheinlich. Um aus der Anzahl der Einzelprojektionen innerhalb der Bandbreite eines Modellensembles dennoch klare Aussagen über die zu erwarteten Klimaveränderungen herleiten zu können, werden Perzentile verwendet.

Perzentile sind besondere Quantile („Hunderstelwerte“ / Prozenträge) und damit ein Lagemaß der Statistik. Sie geben die Lage bestimmter Werte in einer statistischen Verteilung (hier: die Bandbreite der simulierten Klimaprojektionen des Modellensembles mit gleichem Szenario und Projektionszeitraum) wieder. Auf die Auswertung und Darstellung der Klimaprojektionen übertragen bedeutet dies, dass zunächst die Ergebnisse aller Modelle für den jeweiligen Parameter der Größe nach geordnet werden. Für die Darstellung werden das 15 %-Perzentil (15. Perzentil), das 50 %-Perzentil (50. Perzentil) sowie das 85 %-Perzentil (85. Perzentil) betrachtet. Beim 15. Perzentil zeigen 15 % der Modelle geringere Ergebnisse bzw. Veränderungen an. Beim 85. Perzentil zeigen hingegen 15 % der Modelle größere Ergebnisse bzw. Veränderungen an. Das 50. Perzentil teilt die Modellergebnisse, so dass 50 % der Modelle geringere und 50 % größere Ergebnisse bzw. Veränderungen liefern (Median).

Die jeweiligen Perzentile werden dabei für jede Rasterzelle einzeln ermittelt, so dass beispielsweise bei der Darstellung des 50. Perzentils die Ergebnisse mehrerer Modelle einfließen, nämlich für jede Rasterzelle das Modell mit dem Wert, der den Median der ihrer Größe nach sortierten Modellergebnisse darstellt.

Durch die Auswertung der Ergebnisse für die ausgewählten Perzentile kann somit eine gewisse Spanne der möglichen klimatischen Entwicklung angegeben werden. Bei den dargestellten Perzentilen werden insgesamt 70 % der Modellergebnisse abgedeckt, wohingegen mögliche Extremwerte nicht dargestellt werden.

2.2.2. Projizierte Klimaveränderung

Für die Klimaparameter Temperatur und Niederschlag sowie Starkniederschlagstage liegen vom Deutschen Wetterdienst bereits regionalisierte Klimaprojektionen vor, die sich auf die RCP-Szenarien 4.5 und 8.5 beziehen. Diese Projektionen verfügen über eine räumliche Auflösung von ca. 11 x 11 km. Für die meisten klimatologischen Kenngrößen des Parameters Lufttemperatur liegen Projektionen nur basierend auf dem älteren SRES-A1B-Szenario vor. Diese Daten besitzen eine Auflösung von ca. 22 x 22 km.

Sowohl die RCP4.5- und RCP8.5- Szenarien für Temperatur- und Niederschlagsänderungen als auch das SRES-A1B-Szenario für die Lufttemperaturkenntage wurden jeweils für die Zeiträume Nahe Zukunft (2021 – 2050) und Ferne Zukunft (2071 – 2100) gerechnet. Bezugszeitraum der projizierten Änderungen ist jeweils die Referenz-Klimanormalperiode 1971 – 2000, deren klimatische Kenngrößen für die Planungsregion Detmold auch in Kapitel 2.1 beschrieben wurden.

Generell werden die projizierten Klimaveränderungen textlich beschrieben und mit Hilfe von Tabellen zusammenfassend für die gesamte Planungsregion dargestellt. Auf räumlich differenzierende Kartendarstellungen wurde bewusst verzichtet, da im Maßstab der Planungsregion die räumliche Auflösung der Projektionen, die räumliche Variabilität der Modellergebnisse / Klimaparameter und die modellimmanenten Unsicherheiten eine derart kleinräumige Darstellung nicht mit der notwendigen Belastbarkeit zulassen. Wo die Projektionen räumliche Unterschiede innerhalb der Planungsregion deutlicher aufzeigen, wird auf diese im Text verwiesen.

2.2.3. Temperatur

Da die Projektionen der zukünftigen Lufttemperaturveränderungen mit einer Rastergröße von ungefähr 11 x 11 km immer noch relativ grob aufgelöst sind, sind die Veränderungen der Lufttemperatur innerhalb der Fläche der Planungsregion Detmold relativ gleichmäßig ausgeprägt. Räumliche Unterschiede liegen bei allen RCP-Projektionen im zehntel Kelvinbereich und damit im Bereich der Modellunsicherheiten.

Beginnend mit den Temperaturabweichungen wird zunächst der Zeitraum „Nahe Zukunft“ für beide Szenarien vorgestellt, anschließend der Zeitraum „Ferne Zukunft“, beide aufsteigend nach Perzentilen. Nach dieser Reihenfolge werden auch die folgenden Klimaprojektionen dargestellt.

Nahe Zukunft

Im Szenario RCP4.5 steigen für die Nahe Zukunft im Vergleich zur Referenzperiode die Temperaturen um einen jeweils gleich wahrscheinlichen Bereich zwischen 0,7 K bis 1,5 K im Flächenmittel an. Die projizierte Steigerung für die Nahe Zukunft entspricht im RCP4.5 Szenario mindestens der Zunahme der seit der KNP 1951 – 1981 festgestellten Erwärmung von 0,8 K in der Planungsregion. Die projizierten Temperaturveränderungen des RCP8.5-Szenarios liegen in einem vergleichbaren Bereich wie die Temperaturveränderungen des RCP4.5-Szenarios. Der im RCP8.5-Szenario projizierte Bereich der Temperaturanstiege liegt mit 0,8 K bis 1,7 K nur geringfügig höher.

In der folgenden Tabelle 8 werden die für das RCP4.5-Szenario projizierten Temperaturveränderungen in der Planungsregion Detmold zusammengefasst. Beide RPC-Szenarien liegen in ihrer relativen und absoluten Gesamtbandbreite relativ nah beieinander (Vergleich Relation kleinstes und größtes Perzentil).

Tabelle 8: Projektionen im Bereich Nahe Zukunft: Änderung der jährlichen Durchschnittstemperatur. Datenquelle: DWD.

	Perzentil	Mittel
2021 – 2050 RCP4.5	15.	+0,7 K
	50.	+1,2 K
	85.	+1,5 K
2021 – 2050 RCP8.5	15.	+0,8 K
	50.	+1,2 K
	85.	+1,7 K

Ferne Zukunft

Für die Ferne Zukunft wird innerhalb des RCP4.5-Szenarios für die Planungsregion ein mittlerer Temperaturanstieg im Bereich von 1,5 bis 2,6 K projiziert, während für das RCP8.5-Szenario deutlich stärkere Temperaturabweichungen projiziert werden. Hier liegen die Zunahmen in einem Bereich zwischen 2,9 K und 4,3 K gegenüber der Referenz-KNP (1971 – 2000). Mit dieser starken Temperaturzunahme in den Projektionen macht sich der gesteigerte Strahlungsantrieb des RCP8.5-Szenarios gegenüber dem RCP4.5-Szenario deutlich bemerkbar. In Tabelle 9 sind die beiden Projektionen für die Ferne Zukunft in der Planungsregion Detmold noch einmal zusammengefasst.

Tabelle 9: Projektionen im Bereich Ferne Zukunft: Änderung der jährlichen Durchschnittstemperatur. Datenquelle: DWD.

	Perzentil	Mittel
2071 – 2100 RCP4.5	15.	+1,5 K
	50.	+2,0 K
	85.	+2,6 K
2071 – 2100 RCP8.5	15.	+2,9 K
	50.	+3,4 K
	85.	+4,3 K

2.2.4. Kenntage Temperatur

Entgegen den Projektionen für die Veränderungen des Parameters Lufttemperatur liegen die Kenntage für Temperaturen nur als SRES-A1B-Szenario vor. Wie bereits erläutert, ist hier die räumliche Auflösung auf ca. 22 x 22 km beschränkt. Dennoch zeigen die SRES-A1B-Projektionen aufschlussreiche Erkenntnisse über die zu erwartenden Veränderungen bei den Lufttemperaturkenntagen in der Planungsregion.

Zunächst werden die Projektionen für die Heißen Tage und Sommertage vorgestellt, anschließend die der Eistage und Frosttage. Da das A1B-Szenario ungefähr zwischen dem RCP4.5- und dem RCP8.5-Szenario liegt, ist hier ein Abgleich der Kenntage mit den beiden RCP-Projektionen zu den Lufttemperaturänderungen nur eingeschränkt möglich. Auch hier werden im Text sämtliche Kenntage zu ganzen Werten gerundet. Durch die erheblich geringere räumliche Auflösung und der insgesamt hohen Variabilität der Modellergebnisse

sollte die Genauigkeit der nachfolgend vorgestellten Projektionen nicht überschätzt werden. Auch lassen sich bei den Kenntagen für Lufttemperatur keine räumlichen Unterschiede erkennen.

Heiße Tage

Für die Nahe Zukunft wird für die Planungsregion eine durchschnittliche Zunahme von 0 bis 7 Heißen Tage pro Jahr für die Planungsregion im Vergleich zur Referenz-KNP projiziert. Für die Ferne Zukunft liefern die regionalen SRES-A1B Modelle eine Bandbreite von 1 bis 18 Heißen Tagen pro Jahr zusätzlich gegenüber der Referenz-KNP (1971 – 2000).

In Tabelle 10 werden die SRES-A1B-Projektionen der Zunahme der Heißen Tage pro Jahr innerhalb des Planungsbereiches für die Nahe und Ferne Zukunft zusammenfassend dargestellt. Dabei wird deutlich, dass vor allem die relative Bandbreite über die drei betrachteten Perzentile für beide Zukunftszeiträume recht groß ist.

Tabelle 10: SRES-A1B-Projektionen: Änderung der Anzahl an Heißen Tage pro Jahr. Datenquelle: DWD.

	Perzentil	Mittel
2021 - 2050	15.	+0,1
	50.	+1,2
	85.	+6,9
2071 - 2100	15.	+1,3
	50.	+8,3
	85.	+18,2

Sommertage

Die SRES-A1B-Projektionen der Nahen Zukunft für die Entwicklung der Sommertage pro Jahr liegen in einem Bereich von keiner Änderung bis hin zu 12 Sommertagen pro Jahr zusätzlich gegenüber der Referenz-KNP von 1971 – 2000. Für den Bereich der Fernen Zukunft wird eine auf die Fläche gemittelte Abweichung im Bereich von 6 bis 36 zusätzliche Sommertage pro Jahr für die Planungsregion projiziert.

Die folgende Tabelle 11 stellt die Projektionsbandbreite des SRES-A1B-Szenarios zwischen den Perzentilen beider Zukunftsgebiete dar. Hier sind die relativen Unterschiede nicht mehr ganz so hoch wie bei den Heißen Tagen.

Tabelle 11: SRES-A1B-Projektionen: Änderung der Anzahl an Sommertage pro Jahr. Datenquelle: DWD.

	Perzentil	Mittel
2021 - 2050	15.	+0,2
	50.	+5,1
	85.	+11,6
2071 - 2100	15.	+6,1
	50.	+22,4
	85.	+36,3

Eistage

Wie bereits zu Beginn dieses Kapitels bei der Erläuterung der Perzentile beschrieben, wird für die Auswertung der Ergebnisse, wie bei allen Parametern, eine Größensortierung der Modellprojektionen vorgenommen. Dies bedeutet für die negativen Änderungen der Kenntage, dass sich die Aussage der jeweiligen Perzentile umkehrt: die absolut kleinsten Werte stellen die größte Änderung dar. So stellt bei den hier diskutierten Eistagen das 15. Perzentil nun den Bereich der Projektionsbandbreite dar, bei der die Änderungen gegenüber der Referenz-KNP, nun negativ abnehmend, am stärksten ausgeprägt sind. Dem entsprechend repräsentiert nun das 85. Perzentil den Bereich mit den geringsten Änderungen innerhalb der zahlreichen Modell-Läufe.

Das SRES-A1B-Szenario projiziert auf die Fläche gemittelt für die Nahe Zukunft einen Rückgang der jährlichen Eistage gegenüber der Referenz – KNP in einem Bereich von 4 bis 16 Eistagen pro Jahr. Bei nur 16 Eistagen pro Jahr während der Referenz-KNP kann hier zumindest potentiell von einem fast vollständigen Verlust der Eistage ausgegangen werden. Für die Ferne Zukunft wird innerhalb der Planungsregion im Vergleich zur Referenz-KNP ein gemittelter Rückgang von durchschnittlich 8 bis 22 Eistagen pro Jahr projiziert. Dies bedeutet, dass es in einigen Gebieten der Planungsregion unter Umständen keinen einzigen Eistag mehr geben wird. Dass ein Wert von -22 Eistagen entlang der oberen Grenze der Bandbreite überhaupt möglich ist, liegt an der Arbeitsweise der verwendeten Modelle. Es kann passieren, dass der Beobachtungszeitraum und die entsprechenden Werte nicht genau getroffen werden. Daher werden die projizierten Veränderungen auch immer als Differenz und nicht in absoluten Werten dargestellt.

Tabelle 12 fasst sämtliche Projektionen für den Kenntag Eistage des A1B-Szenarios für beide Zukunftsbereiche abschließend zusammen. Im Vergleich zu den vorangegangenen Sommertagen ist hier die relative und absolute Bandbreite nochmals geringer.

Tabelle 12: SRES-A1B-Projektionen: Änderung der Anzahl an Eistagen pro Jahr. Datenquelle: DWD.

	Perzentil	Mittel
2021 - 2050	15.	-15,1
	50.	-7,9
	85.	-3,9
2071 - 2100	15.	-21,7 (de facto 0 Eistage übrig)
	50.	-13,8
	85.	-7,7

Frosttage

Für die Nahe Zukunft wird bei den Frosttagen ein mittlerer Rückgang gegenüber der Referenzperiode in einem Bereich von 12 bis 30 Tagen pro Jahr im Flächenmittel projiziert. Für die Ferne Zukunft projiziert das SRES-A1B-Szenario einen Rückgang im Bereich von 29 bis 52 Frosttagen pro Jahr im Flächenmittel der Planungsregion.

Tabelle 13 stellt die SRES-A1B-Projektionen der Frosttage pro Jahr in der Planungsregion zusammenfassend dar. Bei den Frosttagen ist im Vergleich zu den anderen Temperaturkenntnissen die relative Bandbreite deutlich geringer als bei der absoluten Bandbreite.

Tabelle 13: SRES-A1B-Projektionen: Änderung der Anzahl an Frosttagen pro Jahr. Datenquelle: DWD.

	Perzentil	Mittel
2021 - 2050	15.	-30,2
	50.	-19,8
	85.	-12,3
2071 - 2100	15.	-52,6
	50.	-41,5
	85.	-29,3

2.2.5. Niederschlag

Die Zukunftsprojektionen der Änderungen bei den mittleren jährlichen Niederschlagssummen liegen für die Planungsregion als RCP4.5- und RCP8.5-Szenarien mit einer Auflösung von 11 x 11 km vor. Dabei werden die relativen Veränderungen zu der mittleren jährlichen Niederschlagssumme der Referenz-KNP in Prozent dargestellt. Eine jahreszeitliche Differenzierung der Zukunftsprojektionen zu den Niederschlägen wird im Unterkapitel 2.2.5.1 aufgezeigt. Entgegen den projizierten Veränderungen bei der zukünftigen mittleren Lufttemperatur sind die projizierten Veränderungen der mittleren Jahresniederschläge etwas variabler, sowohl räumlich als auch innerhalb der gesamten Breite der Perzentile.

Nahe Zukunft

Für die nahe Zukunft des RCP4.5 Szenarios wird im Flächenmittel der Planungsregion insgesamt keine Veränderung bis 11 % mehr Niederschlag gegenüber der Niederschlagssumme Referenz-KNP projiziert. Die gesamte Bandbreite der hier betrachteten Projektionen liegt bei über 10 % und die relativen Unterschiede zwischen den Projektionen innerhalb der Perzentile sind deutlich höher als bei der Lufttemperatur. Die maximalen räumlichen Unterschiede bei den projizierten Niederschlagsveränderungen innerhalb der Planungsregion betragen dagegen höchstens 4 %. Die räumliche Verteilung der Projektionen ist dabei uneinheitlich, so dass hier keine belastbaren Aussagen für die Planungsregion gemacht werden können.

Für den gleichen Projektionszeitraum liefert das RCP8.5-Szenario für die Planungsregion einen Bereich von 2 bis 9 % an zusätzlichen Niederschlag im Vergleich zur Referenz-KNP (1971 – 2000). Im Vergleich zu den RCP4.5-Projektionen ist die gesamte Bandbreite der Projektionen etwas kleiner. Mit maximal etwa 5 % Unterschied bei den Niederschlagsveränderungen innerhalb der Planungsregion ist die räumliche Variabilität allerdings leicht größer als beim RCP4.5-Szenario. Räumliche Unterschiede lassen sich in den Projektionen nicht erkennen.

In Tabelle 14 werden die Projektionsergebnisse für die Niederschlagsveränderungen für die Nahe Zukunft nochmals zusammenfassend dargestellt. Hier sind die relativen Unterschiede innerhalb der dargestellten Bandbreiten eher hoch.

Tabelle 14: Projektionen im Bereich nahe Zukunft: Jährliche prozentuale Niederschlagsveränderungen. Datenquelle: DWD.

	Perzentil	Mittel
2021 - 2050	15.	+0,7 %
	50.	+5,4 %
	85.	+11,3 %
2021 - 2050	15.	+1,6 %
	50.	+5,1 %
	85.	+9,4 %

Ferne Zukunft

Für das RCP4.5-Szenario wird im Bereich der Fernen Zukunft eine Zunahme der gemittelten Jahresniederschläge in einem Bereich von 2 bis 15 % projiziert. Die gesamte Bandbreite der Projektionen liegt demnach bei ca. 13 %. Räumliche Unterschiede betragen je nach Projektionsbereichsgrenze bis zu 11 % und sind ebenfalls nicht konsistent in ihrer räumlichen Verteilung.

Im Bereich der Fernen Zukunft sind unter dem RCP8.5-Szenario die stärksten positiven Veränderungen bei den jährlichen Niederschlagssummen ersichtlich. Hier werden Zunahmen der jährlichen Niederschlagssummen im Bereich von 2 bis 26 % im Vergleich zu Referenz – KNP projiziert. Mit fast 24 % Unterschied ist die betrachtete Projektionsbandbreite des RCP8.5 Szenario für die Ferne Zukunft am größten. Mit einem räumlichen Unterschied von maximal rund 11 % innerhalb der Fläche der Planungsregion ist auch hier die Variabilität am stärksten ausgeprägt. Dennoch können keine verlässlichen Aussagen über mögliche räumliche Unterschiede gemacht werden.

In der folgenden Tabelle 15 werden die Projektionen der fernen Zukunft für die Niederschlagssummen in der Planungsregion nochmals für beide RCP-Szenarien zusammengefasst. Sowohl die relative als auch die absolute Bandbreite beider RPC-Szenarien der Fernen Zukunft ist spürbar größer als bei den Projektionen der nahen Zukunft.

Tabelle 15: Projektionen im Bereich Ferne Zukunft: Jährliche prozentuale Niederschlagsveränderungen. Datenquelle: DWD.

	Perzentil	Mittel
2071 – 2100 RCP4.5	15.	+1,8 %
	50.	+5,2 %
	85.	+14,7 %
2071 – 2100 RCP8.5	15.	+2,2 %
	50.	+10,7 %
	85.	+26,1 %

2.2.5.1 Niederschlag: Veränderungen im Jahresverlauf

Die saisonale Betrachtung der bereits stattgefundenen Veränderungen bei den Niederschlagsmengen im Vergleich der KNP 1951 – 1980 und 1981 – 2010, dargestellt in Tabelle 5, zeigt eine Verlagerung der höchsten durchschnittlichen Niederschlagssummen vom Sommer in den Herbst und Winter bei einem gesamten Anstieg der mittleren Niederschlagssumme pro Jahr.

Bei den RCP-Szenarien 4.5 und 8.5 wird weiterhin eine generelle Zunahme der jährlichen Niederschlagssummen projiziert. Auf die Jahreszeiten bezogen werden jedoch vor allem für den Winter und, etwas weniger stark ausgeprägt, den Frühling überproportionale Steigerungen bei den Niederschlagssummen erwartet, während der Sommer und der Herbst je nach Perzentil maximal nur leichte Steigerungen bei den Niederschlägen erfahren.

Tabelle 16 veranschaulicht die projizierten Niederschlagssummen der einzelnen Jahreszeiten, Zukunftszeiträume und RCP-Szenarien für die Planungsregion Detmold. Die Tabelle zeigt, dass im 15. Perzentil gerade in den Sommer- und Herbstmonaten sogar negative Veränderungen bei den projizierten Niederschlagsmengen auftreten. Zur besseren Orientierung wurden Niederschlagszunahmen blau und Niederschlagsabnahmen rot gekennzeichnet. Bei den saisonalen Niederschlagsprojektionen ist die relative und absolute Bandbreite unterschiedlich groß und teilweise größer als bei den Projektionen für die jährlichen Niederschlagsabweichungen. Auffällig sind hier besonders die negativen Abweichungen gegenüber der Referenz-KNP (1971 – 2000), die bei den jährlichen Niederschlagsprojektionen so nicht vorkommen.

Tabelle 16: Projektionen der saisonalen Niederschlagsveränderungen.
Datenquelle: DWD.

Jahreszeit	RCP-Szenario	Perzentil	2021 - 2050	2071 - 2100
Winter	4,5	15.	0,9%	0,3%
		50.	6,8%	9,9%
		85.	14,0%	18,2%
	8,5	15.	-3,9%	12,5%
		50.	10,5%	21,6%
		85.	25,5%	36,5%
Frühjahr	4,5	15.	2,9%	6,2%
		50.	8,6%	12,1%
		85.	14,7%	19,1%
	8,5	15.	0,7%	8,7%
		50.	7,2%	17,0%
		85.	15,9%	24,4%
Sommer	4,5	15.	-5,2%	-11,4%
		50.	5,0%	0,5%
		85.	15,5%	16,9%
	8,5	15.	-5,0%	-17,8%
		50.	1,9%	-2,3%
		85.	10,8%	25,6%
Herbst	4,5	15.	-4,8%	-7,3%
		50.	2,8%	2,7%
		85.	9,7%	10,0%
	8,5	15.	-5,8%	-3,7%
		50.	2,4%	11,5%
		85.	11,1%	22,7%

2.2.6. Wetterextreme

Unter dem Begriff Wetterextreme sollen an dieser Stelle Projektionen der zu erwartenden Starkniederschlagstage mit >10 mm/Tag und >20 mm/Tag an Niederschlagsintensität vorgestellt werden. Im Gegensatz zu den Kenntagen der Lufttemperatur liegen diese Projektionen auf Basis des Modellensembles des RCP4.5- und RCP8.5-Szenarios vor. Aufgrund der relativen Seltenheit der Starkniederschlagstage ist die gesamte absolute Bandbreite zwischen den betrachteten Perzentilen eher gering. Auch lassen sich keine belastbaren Aussagen über räumliche Unterschiede innerhalb der Planungsregion ableiten. Dies sollte bei der Betrachtung der nun folgenden Projektionen der Starkniederschlagstage beachtet werden. Analog zu den anderen Kenntagen werden im Text die nun beschriebenen Änderungswerte ebenfalls auf ganze Zahlen gerundet präsentiert.

Starkniederschlagstage >10 mm/Tag:

Nahe Zukunft

Die Projektionen des RCP4.5-Szenarios für die Nahe Zukunft ermöglicht folgende Beobachtungen: Bei den Tagen mit Starkniederschlägen von mehr als 10 mm/Tag wird für die Nahe Zukunft (2021 – 2050) eine Zunahme im Bereich von keinem bis 4 Starkniederschlagstagen pro Jahr >10 mm/Tag im Vergleich zur Referenz – KNP (1971 – 2000) erwartet. Die Projektionen des RCP8.5-Szenarios für die Anzahl der Starkniederschlagstage pro Jahr >10 mm/Tag liegen recht nah bei den RCP4.5-Projektionen. So zeigt sich in den Projektionen eine Zunahme dieser Starkniederschlagstage im Bereich von ebenfalls keinem bis 4 Tagen pro Jahr im Vergleich zur Referenz-KNP.

In Tabelle 7 werden die Projektionen für die Nahe Zukunft und für die jährliche Anzahl an Tagen >10 mm/Tag innerhalb der Planungsregion Detmold zusammenfassend dargestellt. Während die absolute Bandbreite recht klein ist, ist die relative Bandbreite der dargestellten Projektionen schon wesentlich höher.

Tabelle 17: Projektionen im Bereich Nahe Zukunft: Änderung der Anzahl an Starkniederschlagstagen (>10 mm/Tag) pro Jahr.
Datenquelle: DWD

	Perzentil	Mittel
2021 – 2050 RCP4.5	15.	+0,2
	50.	+2,1
	85.	+4,1
2021 – 2050 RCP8.5	15.	+0,8
	50.	+2,1
	85.	+4,4

Ferne Zukunft

Im Bereich der Fernen Zukunft (2071 – 2100) steigern sich die im RCP4.5-Szenario projizierten Zuwächse bei der Anzahl an Tagen mit Starkniederschlägen >10mm/Tag leicht ge-

genüber der Nahen Zukunft. So liegt hier der Bereich nun zwischen 1 und 5 zusätzlichen Starkniederschlagstagen im Vergleich zur Referenz-KNP. Bei den RCP8.5-Projektionen zeigt sich eine deutlich größere Zunahme der jährlichen Anzahl an Starkniederschlagstagen mit >10 mm/Tag. Unter diesem Szenario wird eine Zunahme der Starkniederschlagstage um einen Bereich von 3 bis 9 Tagen projiziert.

In Tabelle 18 werden die Projektionen der Fernen Zukunft zur jährlichen Anzahl der Tage mit Starkniederschlägen von >10 mm/Tag nochmals zusammengefasst. Hier hat sich die relative Bandbreite wieder verringert, während die absolute Bandbreite leicht gestiegen ist.

Tabelle 18: Projektionen im Bereich Ferne Zukunft: Änderung der Anzahl an Starkniederschlagstagen (>10 mm/Tag) pro Jahr. Datenquelle: DWD

	Perzentil	Mittel
2071 – 2100 RCP4.5	15.	+1,2
	50.	+2,9
	85.	+4,9
2071 – 2100 RCP8.5	15.	+2,7
	50.	+5,2
	85.	+9,0

Starkniederschlagstage >20 mm/Tag:

Nahe Zukunft

Bei der jährlichen Anzahl an Tagen mit >20 mm Niederschlag/Tag wird innerhalb des RCP4.5-Szenarios im Bereich der Nahen Zukunft lediglich ein Zuwachs der der Starkniederschlagstage zwischen keinem und 1 zusätzlichen Tag pro Jahr projiziert. Die projizierte Zunahme der jährlichen Anzahl an Tagen mit Starkniederschlägen von >20 mm pro Tag für die Nahe Zukunft liegt im RCP8.5-Szenario ebenfalls bei den Werten des RCP4.5-Szenarios.

Tabelle 19 zeigt zusammenfassend die RCP4.5-Projektionen zur Entwicklung der jährlichen Anzahl an Tagen mit Starkniederschlägen von mehr als 20 mm pro Tag in der Planungsregion Detmold. Hier ist die absolute Bandbreite am geringsten, während die relative Bandbreite durch die Nullwerte des 15. Perzentils in beiden Szenarien reell nicht abschätzbar ist.

Tabelle 19: Projektionen im Bereich Nahe Zukunft: Änderung der Anzahl an Starkniederschlagstagen >20 mm/Tag pro Jahr. Datenquelle: DWD

	Perzentil	Mittel
2021 – 2050 RCP4.5	15.	0,0
	50.	+0,8
	85.	+1,4
2021 – 2050 RCP8.5	15.	0,0
	50.	+0,8
	85.	+1,2

Ferne Zukunft

Für die Ferne Zukunft liegen die RCP4.5-Projektionen nur leicht über den geringen Zuwächsen, die für die Nahe Zukunft projiziert werden. Hier betragen die Zuwächse bei den Starkniederschlagstagen >20 mm/Tag zwischen einem und 2 zusätzlichen Tagen pro Jahr gegenüber der Referenz-KNP. Innerhalb des RCP8.5-Szenarios werden erwartungsgemäß für diesen Zeitbereich die größten Zuwächse bei der jährlichen Anzahl an Starkniederschlagstagen mit mehr als 20 mm/Tag projiziert. So werden hier Zuwächse im Bereich von einem bis 3 zusätzlichen Tagen pro Jahr gegenüber der Referenz-KNP erwartet.

In Tabelle 20 sind die Projektionen der Fernen Zukunft zur Veränderung der jährlichen Anzahl an Starkniederschlagstagen mit mehr als 20 mm Niederschlag/Tag nochmals zusammengefasst. Hier wird die absolute Bandbreite wieder etwas größer, ebenso die relativen Unterschiede zwischen dem obersten und untersten Perzentilen beim RCP8.5-Szenario.

Tabelle 20: Projektionen im Bereich Ferne Zukunft: Änderung der Anzahl an Starkniederschlagstagen >20 mm/Tag pro Jahr.
Datenquelle: DWD

	Perzentil	Mittel
2071 – 2100 RCP4.5	15.	0,0
	50.	+0,9
	85.	+2,1
2071 – 2100 RCP8.5	15.	+0,9
	50.	+2,0
	85.	+3,3

2.2.7. Fazit projizierte Klimaänderungen

Aufgrund der räumlichen Auflösung von ungefähr 22 x 22 km beziehungsweise ca. 11 x 11 km können die hier vorgestellten Modellprojektionen für die Zukunft im Vergleich zu den real beobachteten Klimaveränderungen, die als Raster mit ca. 1 x 1 km Auflösung existieren, nur begrenzt Aussagen zu den lokalen Unterschieden in der Planungsregion machen. Dennoch liefern die Projektionen der zu erwartenden Klimaveränderungen wertvolle Informationen darüber, auf welche Änderungen der klimatischen Verhältnisse sich in Zukunft eingestellt werden muss.

Die in diesem Kapitel beschriebenen projizierten Änderungen des Klimas in der Planungsregion Detmold bedeuten auch, dass unser Klima insgesamt und damit auch das Wetter nicht nur wärmer, sondern auch extremer werden. Dies gilt besonders auch deshalb, da sämtliche hier vorgestellten Projektionen der jeweiligen Klimaparameter Mittelwerte der Fläche des Regierungsbezirks Detmold sind. Lokal können insbesondere bei den Kenntagen und dem Niederschlag deutlich höhere Abweichungen gegenüber der Referenzperiode 1971 – 2000 auftreten. Auch leichte Verschiebungen der klimatischen Mittelwerte können dabei zu extremen Ereignissen führen, die so in unseren Breiten früher wesentlich seltener

waren. Abbildung 22 verdeutlicht, wie sich Veränderungen von klimatischen Mittelwerten auf die Auftretenswahrscheinlichkeit von Extremwetterereignissen auswirken können.

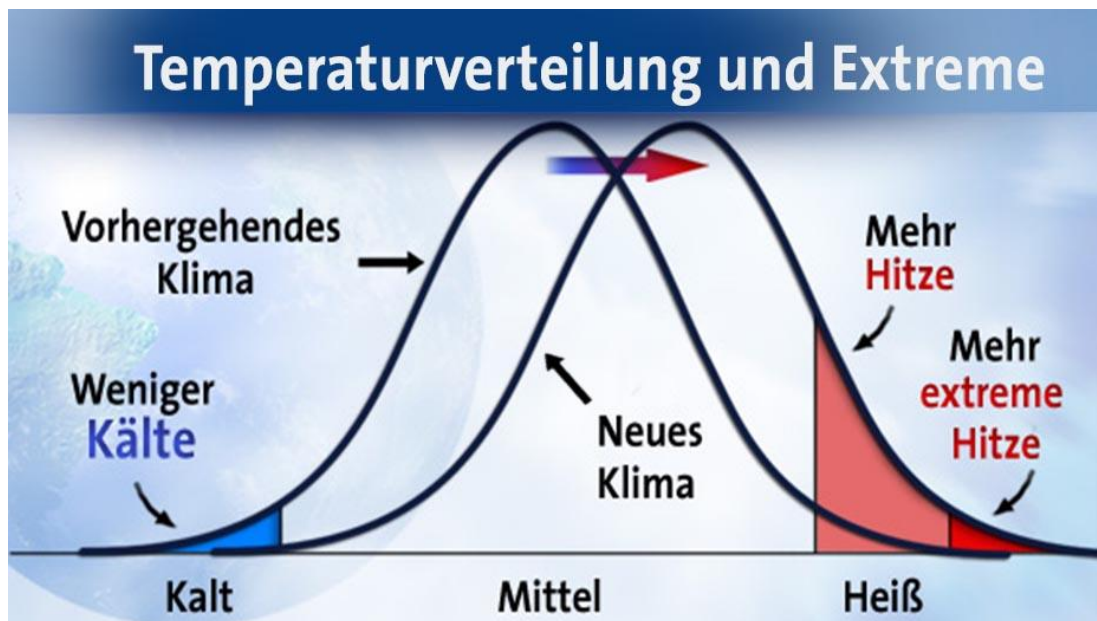


Abbildung 22: Klimawandel - Temperaturverteilung und Extreme (STAEGER 2016).

3. Klimaschutz in der Planungsregion Detmold

Der Begriff Klimaschutz umfasst sämtliche Maßnahmen, die geeignet sind, den anthropogenen Klimawandel zu verhindern oder diesen zumindest abzuschwächen. Von zentraler Bedeutung ist dabei vor allem die Verringerung der Treibhausgasemissionen, insbesondere von Kohlenstoffdioxid (CO₂), die nach einhelliger Auffassung von Wissenschaft und Forschung verantwortlich für den globalen Klimawandel sind (Kapitel 2). Eine weitere Möglichkeit im Bereich Klimaschutz ist es, Kohlenstoffspeicher zu schaffen oder zu erhalten. Hierzu zählen zum Beispiel Wälder und der Boden.

In diesem Kapitel werden zunächst die Treibhausgasemissionen in der Planungsregion Detmold quantifiziert und eingeordnet. Anschließend wird mit den Erneuerbaren Energien ein wesentlicher Baustein im Bereich Klimaschutz thematisiert: Da der Energiesektor durch den Einsatz fossiler Brennstoffe (vor allem Braun-, Steinkohle und Öl) für einen Großteil der CO₂-Emissionen verantwortlich ist, können durch den Umbau des Energieversorgungssystems und den damit verbundenen Ausbau der regenerativen Energien der Ausstoß großer Mengen an Treibhausgasen eingespart werden. Um die Energiewende auf der Ebene der Planungsregion Detmold zu unterstützen, werden daher in Kapitel 3.2 der aktuelle Bestand und noch ungenutzte Potenziale regenerativer Energien dargestellt und ausgewertet. Grundlage hierfür ist die „Potenzialstudie Erneuerbare Energien“ des LANUV. Der Fokus liegt dabei auf dem Strombereich, da für den Wärmesektor (mit Ausnahme der regionalplanerisch kaum zu adressierenden oberflächennahen Geothermie) bislang keine vergleichbare Datengrundlage vorliegt. Um die Energiewende auch im Wärmesektor zu unterstützen, werden vom LANUV ebenfalls Studien beispielsweise zur Nutzung von warmen Grubengas oder industrieller Abwärme erarbeitet, deren Ergebnisse bei Erstellung des Fachbeitrags Klima für die Planungsregion Detmold noch nicht vorlagen. Abschließend werden in Kapitel 3.3 weitere Bausteine im Bereich Klimaschutz und deren Relevanz für die Regionalplanung im Planungsraum Detmold behandelt.

3.1. Treibhausgasemissionen in der Region

Im Folgenden werden die klimaschädlichen Treibhausgasemissionen im Planungsgebiet der Bezirksregierung Detmold untersucht und in ein Verhältnis zu den Werten aus ganz Nordrhein-Westfalen und dem gesamten Bundesgebiet gesetzt. Nähere Informationen zu diesem Thema können auch dem Bericht „Treibhausgas-Emissionsinventar Nordrhein-Westfalen 2015 – LANUV-Fachbericht 79“ (LANUV 2017_B) entnommen werden, der auch die Grundlage für die folgenden Ausführungen ist.

Als Treibhausgase (THG) werden gasförmige Stoffe bezeichnet, die zum Treibhauseffekt beitragen, indem sie einen Teil der von der Erdoberfläche abgegebenen Infrarotstrahlung absorbieren. Die Energie dieser Strahlung verbleibt so teilweise in der Erdatmosphäre und wird nicht ans Weltall abgegeben. Unterschieden werden Treibhausgase natürlichen Ursprungs und solche, die vom Menschen verursacht (anthropogen) sind.

Im Jahr 1997 wurden auf der Konferenz in Kyoto Ziele zum Klimaschutz auf globaler Ebene beschlossen (Kyoto Protokoll als Zusatzprotokoll zur Ausgestaltung der Klimarahmenkon-

vention, UNFCCC 1997). Das 2005 in Kraft getretene und 2012 ausgelaufene Abkommen schrieb verbindliche Zielwerte für den Ausstoß von Treibhausgasen fest. Mittlerweile wurde in Nachfolge im Jahr 2015 das Paris Abkommen (UNFCCC 2015) verabschiedet, welches zum Ziel hat, den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf deutlich unter 2 (1,5) °C im Vergleich zu dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen. Deutschland und auch das Land Nordrhein-Westfalen bekennen sich zur Einhaltung der Pariser Klimaziele.

Damit steht Nordrhein Westfalen als bedeutender Industriestandort und bevölkerungsreichstes Bundesland vor einer großen Herausforderung. Im Jahr 2013 wurde vom Landtag das erste Klimaschutzgesetz in Deutschlands verabschiedet, womit die Wichtigkeit des Klimaschutzes und die Bedeutung des Standortes Nordrhein Westfalen untermauert wurden. In § 3 (1) des Klimaschutzgesetzes heißt es dazu, dass „ die Gesamtsumme der Treibhausgasemissionen in Nordrhein Westfalen [...] bis zum Jahr 2020 um mindestens 25 % und bis zum Jahr 2050 um mindestens 80 % im Vergleich zu den Gesamtemissionen des Jahres 1990 verringert werden [soll]“.

Um die Entwicklung der Emissionen zu dokumentieren, wurde in Nordrhein-Westfalen 2008 ein Treibhausgas-Emissionsinventar eingerichtet, welches sich an den Vorgaben des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) orientiert (IPCC 2006) und durch das LANUV NRW jährlich fortgeschrieben wird.

In diesem Inventar werden die jährlichen Emissionen der Treibhausgase Kohlenstoffdioxid (CO₂), Methan (CH₄), Distickstoffmonoxid (N₂O) (allgemein bekannt als Lachgas) sowie wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe (HFC), perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC) und Schwefelhexafluorid (SF₆) bilanziert. Seit 2013 zählt auch Stickstofftrifluorid (NF₃) zu den zu bilanzierenden Stoffen. Dieser Stoff wird in der Elektronikindustrie (Herstellung von Flachbildschirmen, Solarindustrie) eingesetzt, spielt in Deutschland aber nur eine untergeordnete Rolle. Die jährlichen Emissionen der Treibhausgase werden dabei gegliedert nach den Sektoren Energie, Industrieprozesse, Landwirtschaft, Abfall und Sonstige (IPCC 2006).

CO₂ entsteht vor allem bei Verbrennungsvorgängen, während N₂O in größerem Umfang hauptsächlich bei Industrieprozessen und in der Landwirtschaft emittiert wird. CH₄ tritt insbesondere als flüchtige Emission aus Brennstoffen auf, z. B. im Steinkohlebergbau und der Öl- und Gaswirtschaft, außerdem in der Landwirtschaft und bei Abfalldeponien. Die Berechnungen für das Treibhausgas-Emissionsinventar orientieren sich an den Vorgaben der IPCC-Guidelines 2006 (IPCC 2006).

Datengrundlagen für die Inventarerstellung sind:

- die Emissionsberichte der emissionshandelspflichtigen Anlagen, die auf der Basis der Emissionshandels-Richtlinie erstellt werden (Richtlinie 2003/87/EG),
- die Emissionserklärungen nach der 11. Bundes-Immissionsschutzverordnung (11. BImSchV),
- Daten des Johann Heinrich von Thünen-Instituts, Braunschweig, zur Landwirtschaft und zur Landnutzungsänderung, die im Auftrag des UBA für das Nationale Inventar ermittelt und auch für NRW zur Verfügung gestellt werden,

- Berichte aus dem Pollutant Release and Transfer Register (PRTR), das Informationen zur Freisetzung von Schadstoffen von Industriebetrieben in Wasser, Luft und Boden sowie die Verbringung von Abfallmengen enthält,
- weitere Statistiken, wie Energiebilanzen und Produktionsstatistiken.

Weiterhin werden als Berechnungsgrundlage Daten (z. B. Emissionsfaktoren) verwendet, die das Umweltbundesamt (UBA) im Nationalen Inventarbericht (NIR) zum Deutschen Treibhausgasinventar im Rahmen der Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen veröffentlicht (UMWELTBUNDESAMT 2017).

Für die Emissionsberechnung werden den verschiedenen Stoffen dabei jeweils stoffspezifische Emissionsfaktoren zugeordnet. Dieser Faktor gibt das Verhältnis zwischen der Masse des freigesetzten Treibhausgases und eingesetzter Masse oder Energieinhalt eines Ausgangsstoffes (z. B. dem Energieträger Steinkohle) an. Durch die Multiplikation der Menge des eingesetzten Ausgangsstoffes mit dem entsprechenden stoff- und prozessspezifischen Emissionsfaktor wird die Menge des ausgestoßenen Treibhausgases berechnet. Die Emissionen der verschiedenen Treibhausgase werden anschließend anhand ihres Global Warming Potential (GWP) in CO₂-Äquivalente (Einheit CO_{2eq}) umgerechnet. So wird zur Berechnung der CO₂-Äquivalente beispielsweise für CH₄ der Faktor 25 und für N₂O der Faktor 298 verwendet. Das GWP ist ein Maß dafür, wie stark eine bestimmte Menge eines Treibhausgases im Vergleich zu Kohlendioxid zum Treibhauseffekt beiträgt, was den Vergleich unterschiedlicher Treibhausgase ermöglicht.

Für die Analyse der Treibhausgasemissionen in der Planungsregion Detmold konnte jedoch nur teilweise auf die Daten des Treibhausgas-Emissionsinventars des LANUV zurückgegriffen werden, da dieses nur landesweit erstellt wird und Daten daher teilweise nicht regionalisiert vorliegen. Daher wurden weitere Daten des LANUV ergänzend hinzugezogen, die jedoch zum Teil nur für einzelne Bezugsjahre vorliegen und keine durchgehende Zeitreihe bilden.

Daher müssen für die regionalisierte Betrachtung der THG-Emissionen in der Planungsregion Detmold zum Teil Kompromisse in Kauf genommen werden: So enthalten die Daten im Gegensatz zu den ebenfalls angegebenen Vergleichswerten für ganz NRW und Deutschland keine Angaben zu den F-Gasen (z. B. HFC, PFC, SF₆, NF₃). Die Äquivalente setzen sich also nur aus CO₂, CH₄ und N₂O zusammen. Für die Sektoren Abfall, Produktanwendung/Sonstige und Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen liegen keine Daten auf Regionsebene vor. Weiterhin werden die regionalisierten Daten nicht jährlich erhoben, und liegen für einige Sektoren mit Stand 2012 vor, für andere mit Stand 2013. Für die Region Detmold liegen die Werte der eigentlich eigenständigen Sektoren Energiewirtschaft und Industrie nur gemeinsam vor. Dennoch lassen sich trotz dieser Probleme mit den Datengrundlagen die THG-Emissionen der Planungsregion Detmold solide einordnen. Die fehlenden Sektoren spielen, wie die landes- und bundesweiten Daten zeigen, quantitativ eine eher untergeordnete Rolle. Gleiches gilt für die F-Gase, die in NRW etwa 1 % der gesamten THG-Emission in CO₂-Äquivalenten ausmachen (LANUV 2017_B).

Tabelle 21 zeigt die Treibhausgasemissionen in der Planungsregion Detmold in den Jahren 2012 bzw. 2013. Demnach lag der THG-Ausstoß hier bei 15 Mio. t CO₂-Äquivalenten (ohne die Sektoren Abfall, Produktanwendung/Sonstige und Flüchtige Emissionen aus Brennstoff-

fen sowie F-Gase). Für gut 90 % der Emissionen in CO₂-Äquivalenten ist demnach der Kohlenstoffdioxid-Ausstoß verantwortlich. Etwa 40 % der THG-Emissionen entstehen in der Planungsregion Detmold in den Sektoren Energiewirtschaft und Industrie (ca. 6 Mio. t CO_{2eq}). Allein die beiden Großkraftwerke Heyden (Steinkohle) und Veltheim (Steinkohle, aber auch Gas, Heizöl, Sekundärbrennstoffe) emittierten 2012 3,7 Mio. t CO₂. Haushalte und Kleinverbrauch (knapp 4 Mio. t CO_{2eq}) sowie der Verkehrssektor (3,7 Mio. t CO_{2eq}) waren jeweils etwa für ein Viertel aller THG-Emissionen in der Region verantwortlich sind.

Tabelle 21: Treibhausgasemissionen in der Planungsregion Detmold 2012/2013

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Summe in CO _{2eq}
Energiewirtschaft/Industrie (2012, in 1.000 t)	5.974	0,30	0,08	6.007
Verkehr (2013, in 1.000 t)	3.658	0,25	0,09	3.692
Haushalte, Kleinverbrauch (2012, in 1.000 t)	3.954	0,61	0,04	3.981
Landwirtschaft (2013, in 1.000 t)	0	26,30	2,23	1.322
Summe (2012/2013, in 1.000 t)	13.586	27,46	2,45	15.001

In Tabelle 1Tabelle 22 werden die Werte in das Verhältnis zur Einwohnerzahl gesetzt und mit den THG-Emissionen von ganz Nordrhein-Westfalen und Deutschland verglichen. Dabei wurden jeweils dieselben Zeiträume (2012 bzw. 2013) und Sektoren herangezogen. Für NRW und Deutschland werden zusätzlich noch die Gesamtemissionen inklusive der Sektoren Abfall, Produktanwendung/Sonstige und Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen angegeben.

Dabei fällt auf, dass die vergleichbaren THG-Emissionen in der Planungsregion Detmold mit etwa 7,5 Tonnen CO_{2eq} pro Einwohner geringer ausfallen als im bundesweiten Durchschnitt (11 Tonnen CO_{2eq}). In ganz NRW liegt der THG-Ausstoß mit etwa 16,5 t CO_{2eq} pro Einwohner sogar deutlich höher. Hauptursache hierfür sind die THG-Emissionen pro Kopf im Sektor Energiewirtschaft und Industrie, die nur etwa die Hälfte des Bundesdurchschnitts und nur ca. ein Viertel des Landesdurchschnitts ausmachen. Ein Grund für diese Werte liegt in der Wirtschaftsstruktur im Regierungsbezirk Detmold, die verglichen mit vielen anderen Landesteilen Nordrhein-Westfalens eher landwirtschaftlich und weniger (schwer-) industriell geprägt ist. So sind die THG-Emissionen pro Einwohner im Sektor Landwirtschaft in der Region deutlich höher als in ganz NRW. Im Sektor Haushalte und Kleinverbrauch sind die Werte sowohl im Vergleich zu NRW als auch bundesweit überdurchschnittlich. Auch wenn die THG-Emissionen pro Einwohner in der Planungsregion Detmold im Vergleich zum Landes- oder Bundesdurchschnitt geringer ausfallen, ist eine Reduktion des Treibhausgasausstoßes in der Region zur Erreichung der oben aufgeführten globalen bundes- und landesweiten Ziele im Bereich Klimaschutz ebenso erforderlich wie in anderen Landesteilen. So ergeben sich auf Grund unterschiedlicher Wirtschafts- und Siedlungsstrukturen zwangsläufig abweichende (Pro-Kopf-) Werte, aus denen sich nur schwerlich belastbare überregionale Vergleiche in Bezug auf Emissions-Minderungsziele ableiten lassen. Insbesondere für das Monitoring der THG-Emissionen auf regionaler Ebene sind diese Daten jedoch von Bedeutung.

Tabelle 22: Vergleich der THG-Emissionen 2012/2013 in der Planungsregion Detmold, NRW und Deutschland

	Detmold CO_{2eq} (in 1.000 t)	Detmold CO_{2eq} / Kopf (in t)	NRW CO_{2eq} (in 1.000 t)	NRW CO_{2eq} / Kopf (in t)	Deutsch- land CO_{2eq} (in 1.000 t)	Deutsch- land CO_{2eq} / Kopf (in t)
Bevölkerung (Quelle: IT.NRW)	2012: 2.025.000 Einw. 2013: 2.024.000 Einw.		2012: 17.554.329 Einw. 2013: 17.571.856 Einw.		2012: 80.524.000 Einw. 2013: 80.767.000 Einw.	
Energiewirtschaft / Industrie (2012, in 1.000 t)	6.007	3,00	222.413	12,67	531.661	6,60
Verkehr (2013, in 1.000 t)	3.692	1,82	33.093	1,88	160.276	1,98
Haushalte, Klein- verbrauch (2012, in 1.000 t)	3.981	1,97	28.903	1,65	135.428	1,68
Landwirtschaft (2013, in 1.000 t)	1.322	0,65	7.403	0,42	65.242	0,81
Summe (2012/2013, in 1.000 t)	15.001	7,41	291.812	16,62	892.607	11,07
Gesamtemissio- nen (in 1.000 t, inkl. Flüchtige Emissio- nen aus Brennstof- fen, Produktan- wendung / Sonsti- ge, Abfall)	k.A.	k.A.	2012: 300.663 2013: 306.716	2012: 17,13 2013: 17,46	2012: 926.850 2013: 945.186	2012: 11,51 2013: 11,70

3.2. Ausbau der Erneuerbaren Energien in der Region

Der Landesentwicklungsplan NRW fordert in Grundsatz 10.1-1 eine nachhaltige Energieversorgung in Nordrhein-Westfalen. So soll in allen Teilen des Landes „den räumlichen Erfordernissen einer Energieversorgung Rechnung getragen werden, die sich am Vorrang und den Potenzialen der erneuerbaren Energien orientiert.“ Es wird gefordert, dass vorrangig Erneuerbare Energieträger eingesetzt und die räumlichen Voraussetzung für den Ausbau der Erneuerbaren Energien, die Erhöhung der Energieeffizienz und eine sparsame Energienutzung geschaffen werden.

Die folgenden Ausführungen zum Ausbaustand und den Potenzialen der Erneuerbaren Energien beziehen sich größtenteils nur auf den Strombereich, da für den Wärmesektor (mit Ausnahme der regionalplanerisch nicht zu steuernden oberflächennahen Geothermie sowie der Biomasse) bislang noch keine vergleichbare Datengrundlage vorliegt. Derzeit werden im LANUV weitere Potenzialstudien durchgeführt, um auch im Wärmesektor eine umfassende Informationsgrundlage zu schaffen.

Der Sektor der Energiewirtschaft ist auch in der Region Detmold der größte Verursacher von Treibhausgasemissionen (Kapitel 3.1). Insgesamt lag der Stromverbrauch im Jahr 2016 bei etwa 17,5 TWh. Der Stromertrag aus Erneuerbaren Energien lag im selben Jahr bei gut 4,9 TWh, so dass Strom aus regenerativen Quellen 2016 mehr als ein Viertel des

gesamten Stromverbrauchs in der Region ausmachte. Dadurch konnte eine Minderung der CO₂-Emissionen von mehr als 2 Mio. Tonnen erzielt werden (Quellen: Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik [AGEE-Stat], Energieatlas NRW, Planungsrechner [LANUV]). Zum Vergleich: Die gesamten Emissionen lagen für den Zeitraum 2012 bzw. 2013 bei etwa 15 Mio. Tonnen CO_{2eq}, die Emissionen aus Energiewirtschaft und Industrie bei ca. 6 Mio. Tonnen CO_{2eq} (Kapitel 3.1). Tabelle 23 zeigt den Ausbaustand der Erneuerbaren Energien mit Stand Ende 2016 im Stromsektor. In Bezug auf den Stromertrag liegt die Windenergie (2.740 GWh/a) vor der Biomassenutzung (1.170 GWh/a), der Photovoltaik (850 GWh/a) und der Wasserkraft (40 GWh/a).

Tabelle 23: Ausbaustand der Erneuerbaren Energien in der Planungsregion Detmold (Stand: Ende 2016, Wasserkraft: 01.03.2017; Datenquellen: LANUV, AGEE-Stat, Bundesnetzagentur [BNA], Übertragungsnetzbetreiber Amprion und TenneT [ÜNB], Landesverband der Erneuerbaren Energien [LEE], Werte gerundet)

	Anzahl Anlagen	installierte Leistung in MW	Stromerzeugung in GWh/a	Anteil am Stromverbrauch
Windenergie	944	1.350	2.740	15,6 %
Photovoltaik	49.408	950	850	4,8 %
<i>davon Freiflächen-PV</i>	<i>110</i>	<i>100</i>	<i>k.A.</i>	<i>k.A.</i>
Biomasse	345	200	1.170	7,0 %
Wasserkraft	107	15	40	0,2 %
Gesamt	50.804	2.515	4.800	27,6 %

In der Planungsregion Detmold sind mit Stand Ende 2016 gut 50.000 Anlagen zur regenerativen Stromerzeugung mit einer Gesamtleistung von etwa 2.500 MW installiert. Dies entspricht ungefähr einem Fünftel aller Anlagen in Nordrhein-Westfalen (insgesamt ca. 246.000) und etwa einem Viertel der landesweit installierten Leistung (insgesamt ca. 10.250 MW). Mit einer Bruttostromerzeugung von etwa 4,9 TWh/a kommt ebenfalls ungefähr ein Viertel des in NRW erzeugten Erneuerbaren Stroms (insgesamt ca. 19 TWh/a) aus der Planungsregion Detmold. Mit 27,6 % Anteil am Stromverbrauch liegt der Anteil der Erneuerbaren Energien in der Region Detmold etwas unterhalb des bundesweiten Wertes von ca. 32 % (Quelle: AGEE-Stat), aber deutlich über dem landesweiten Anteil von 12,5 %.

Tabelle 24 fasst die Potenziale für den Ausbau der Erneuerbaren Energien in der Planungsregion Detmold zusammen. Hierbei handelt es um Gesamtpotenziale, die den aktuellen Anlagenbestand nicht berücksichtigen. Für die Ermittlung des noch ungenutzten Potenzials muss daher jeweils das Gesamtpotenzial im Verhältnis zum aktuellen Anlagenbestand betrachtet werden. Hierbei muss jedoch auch beachtet werden, dass bestehende Anlagen zum Teil auch auf Flächen stehen, die in der Studie nicht als Potenzialflächen erfasst wurden (z. B. durch heute größere notwendige Abstände durch leistungsstärkere Windenergieanlagen). Daher stimmt das Gesamtpotenzial abzüglich des derzeitigen Bestandes nicht exakt mit dem noch ungenutzten Potenzial überein. Aktuell werden die Potenziale in den Bereichen Windenergie und Solarenergie an die geänderten gesetzlichen Rahmenbedin-

gungen und die fortgeschrittene Technik angepasst. Die Ergebnisse liegen jedoch aktuell für diesen Fachbericht noch nicht vor.

In Bezug auf die installierbare Leistung weist die Photovoltaik das größte Gesamtpotenzial im Planungsraum auf (12.500 MW, davon 5.400 durch Freiflächenanlagen), gefolgt von der Windenergie (5.500 MW) und der Wasserkraft. Für die Biomasse liegen zur installierbaren Leistung keine Potenziale vor. Betrachtet man jedoch den potenziellen Ertrag, so weist die Windenergie mit 13.600 GWh/a das größte Potenzial auf, gefolgt von der Photovoltaik (10.600 GWh/a), der Biomasse (5.800 GWh/a, davon 1.500 GWh/a Strom und 4.300 GWh/a Wärme) und der Wasserkraftnutzung (60 GWh/a).

Tabelle 24: Potenziale zum Ausbau der Erneuerbaren Energien in der Planungsregion Detmold (Werte gerundet, Gesamtpotenzial ohne Berücksichtigung des derzeitigen Bestandes. Datenquelle: Energieatlas.NRW)

	potenziell installierbare Leistung in MW	potenzieller Ertrag in GWh/a
Windenergie	5.500	13.600
Photovoltaik gesamt	12.500	10.600
Davon Freiflächen-Photovoltaik	5.400	4.700
Wasserkraft	20	60
Biomasse	k.A.	Strom: 1.500 Wärme: 4.300

Mit dem derzeit ermittelten Gesamtpotenzial für regenerative stromerzeugender Anlagen könnte der derzeitige Stromverbrauch im Regierungsbezirk Detmold demnach mehr als abgedeckt werden. Zu beachten ist bei der Darstellung der Potenziale, dass diese sich in Einzelfällen überlagern können. So ist es beispielsweise möglich, dass eine Fläche sowohl in der Potenzialstudie Windenergie als auch in der Potenzialstudie Solarenergie als Potenzialfläche berücksichtigt wurde, z. B. für eine Freiflächen-PV-Anlage und einen Windpark. Insgesamt kommen solche Überschneidungen auf Grund der abweichenden Standortanforderungen und Restriktionen jedoch sehr selten vor und haben keine größeren Effekte auf die Höhe des Gesamtpotenzials der Erneuerbaren Energien.

Weitere Informationen zum Ausbaustand der Erneuerbaren Energien in den Gemeinden und Kreisen der Planungsregion Detmold können auf der Webseite des Energieatlas.NRW (www.energieatlasnrw.de) online abgerufen werden. In den folgenden Unterkapiteln wird näher auf die einzelnen erneuerbaren Energieträger und die räumliche Verteilung von Bestandsanlagen und Ausbaupotenzialen in der Region Detmold eingegangen.

3.2.1. Windenergie

In der „Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW – Teil 1: Windenergie (LANUV 2012) wurden die Möglichkeiten zum Ausbau der Windenergie in Nordrhein-Westfalen untersucht. Für diese Studie wurden alle relevanten und landesweit verfügbaren Grundlagendaten genutzt. Im Rahmen einer Flächenanalyse wurden dabei zunächst Ausschluss- und Einzelfallprüfungsbereiche identifiziert, die für die Windenergienutzung nicht oder nur im Einzelfall in Frage kommen. Darüber hinaus wurden Windfeldkarten in Höhen von 100 m, 125 m, 135 m und 150 m über Grund berechnet. In die Berechnungen ist auch eine umfangreiche schalloptimierte Betrachtung eingeflossen, um den Immissionsschutz (Lärmbelastung) zu berücksichtigen. Darauf aufbauend wurden mit Hilfe einer GIS-gestützten Analyse und basierend auf einem Standardanlagentyp einer 3 MW Windenergieanlage die Flächen- und Ertragspotenziale für ganz NRW sowie auf den Ebenen der Planungsregionen, der Kreise und der Gemeinden ermittelt. Die Berechnung des machbaren Potenzials erfolgte über einen Szenarien-Ansatz, wobei die Szenarien sich im Hinblick auf die Möglichkeit zur Inanspruchnahme des Waldes unterscheiden. Die im folgenden Abschnitt angeführten Potenziale beziehen sich auf das „NRW–Leitszenario“, welches die Nutzbarkeit der Nadelwald- und Kyrillflächen umfasst, andere Waldflächen jedoch nicht.

In der Studie wurde ein Gesamtpotenzial zur Windenergienutzung ermittelt, d.h. bereits bestehende Anlagen wurden nicht miterfasst. Für die Ermittlung des noch ungenutzten Potenzials muss daher jeweils das Gesamtpotenzial im Verhältnis zum aktuellen Anlagenbestand betrachtet werden. Hierbei muss jedoch auch beachtet werden, dass bestehende Anlagen zum Teil auch auf Flächen stehen, die in der Studie nicht als Potenzialflächen gewertet wurden, so dass das Gesamtpotenzial abzüglich des derzeitigen Bestandes nicht exakt mit dem noch ungenutzten Potenzial übereinstimmt.

Die detaillierte Beschreibung der Methodik der Studie sowie die Ergebnisse für ganz Nordrhein-Westfalen können der Potenzialstudie Windenergie (LANUV 2012) entnommen werden.

Für den Regierungsbezirk Detmold wurde in der Studie eine potenziell für die Windenergie nutzbare Fläche von ca. 21.800 ha (3,3 % der gesamten Fläche des Regierungsbezirks) identifiziert. Daraus ergibt sich ein Gesamtpotenzial zur Windenergienutzung von ca. 5.500 MW installierbarer Leistung, was eine mögliche Nettostromproduktion von etwa 13.600 GWh/a bedeutet (Tabelle 24). Diese Strommenge entspricht etwa dem jährlichen Verbrauch von 4,3 Mio. Privathaushalten (Verbrauch Musterhaushalt: 3.107 kWh/a).

Die größten Potenziale zur Windenergienutzung liegen im Süden der Planungsregion in den Kreisen Paderborn und Höxter (Abbildung 23 und Abbildung 24). Die Gemeinden, die bei der Windenergienutzung den größten potenziellen Nettostromertrag aufweisen, sind (gerundet) Lichtenau (1.230 GWh/a), Borgentreich (1.010 GWh/a) und Bad Wünnenberg (990 GWh/a) (Tabelle 25).

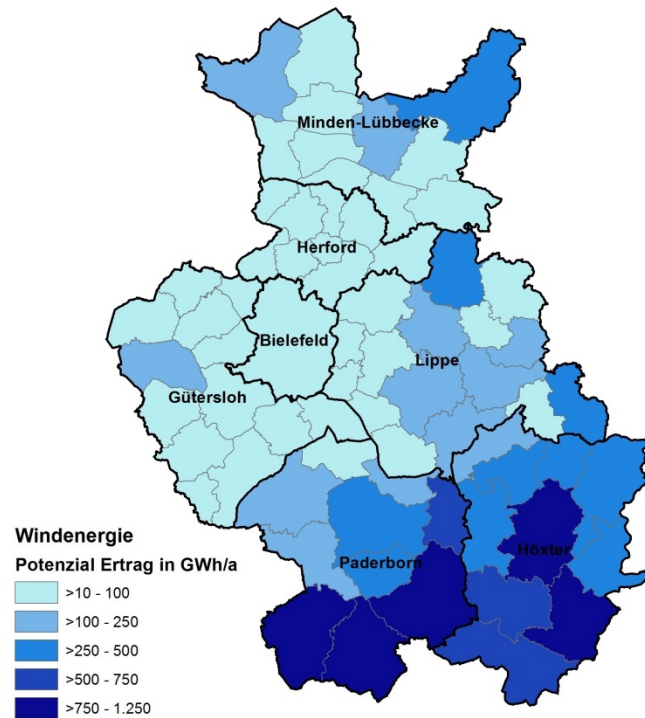


Abbildung 23: Windenergie - potenzieller Stromertrag nach Gemeinden (LANUV 2012)

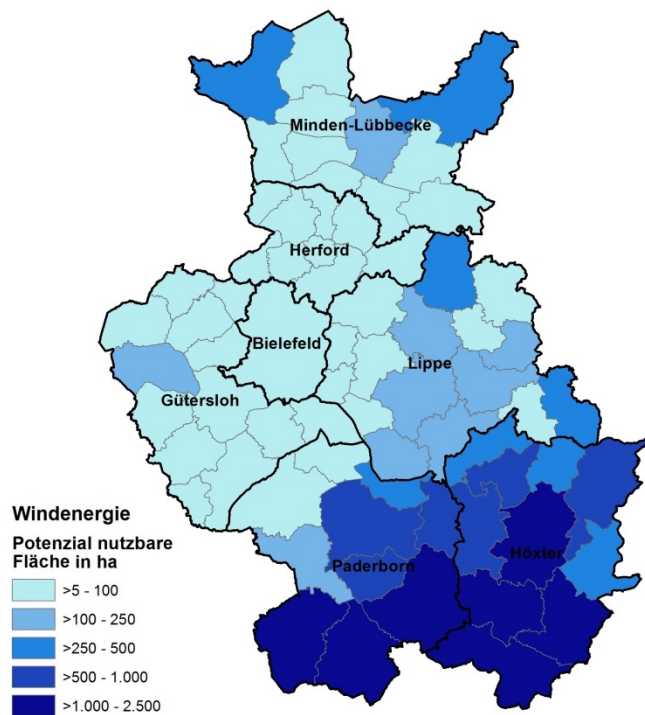


Abbildung 24: Windenergie - potenziell nutzbare Fläche nach Gemeinden (LANUV 2012)

Tabelle 25: Windenergie Gemeinden mit der höchsten potenziell installierbaren Leistung (LANUV 2012)

Gemeinde	Potenziell installierbare Leistung in MW (gerundet)	Potenzieller Ertrag in GWh/a (gerundet)	Potenziell nutzbare Fläche in ha (gerundet)
Lichtenau	500	1.230	2.350
Borgentreich	420	1.010	1.970
Bad Wünnenberg	380	990	1.660
Büren	370	890	1.660
Brakel	350	800	1.440
Willebadessen	280	660	1.260
Warburg	260	620	1.150
Altenbeken	210	510	970
Borchen	200	5000	870
Bad Driburg	200	460	790

Ein Teil dieses Gesamtpotenzials wird in der Planungsregion Detmold bereits genutzt. So waren hier Ende 2016 insgesamt 944 Windenergieanlagen mit einer installierten Gesamtleistung von 1.350 MW in Betrieb. Die Windenergie ist somit in der gesamten Planungsregion für eine Nettostromproduktion von 2.740 GWh/a verantwortlich (Tabelle 23). Damit können derzeit über 870.000 Privathaushalte mit regenerativem Strom aus Windenergieanlagen versorgt werden.

Im bundes- oder landesweiten Vergleich ist die Bedeutung der Windenergie in der Region Detmold überdurchschnittlich. So liegt der Anteil der Windenergie am Stromverbrauch hier mit etwa 15,6 % leicht über dem bundesweiten Wert (13,5 %), aber deutlich über dem landesweiten Anteil von 5,5 %.

Derzeit ist der Kreis Paderborn mit 490 Windenergieanlagen der Kreis in der Planungsregion, der mit Abstand die meisten Windenergieanlagen (Abbildung 25) und damit auch die höchste Nettostromproduktion aufweist (Abbildung 26). Die meisten Anlagen pro Gemeinde stehen in Lichtenau (160 Anlagen), gefolgt von Bad Wünnenberg (99 Anlagen), Paderborn (Anlagen) und Büren (65 Anlagen) (Tabelle 26). In sieben Gemeinden des Planungsraums stehen gar keine Windenergieanlagen (Augustdorf, Herzebrock-Clarholz, Hiddenhausen, Oerlinghausen, Schloß Holte-Stukenbrock, Spenge, Steinhagen)

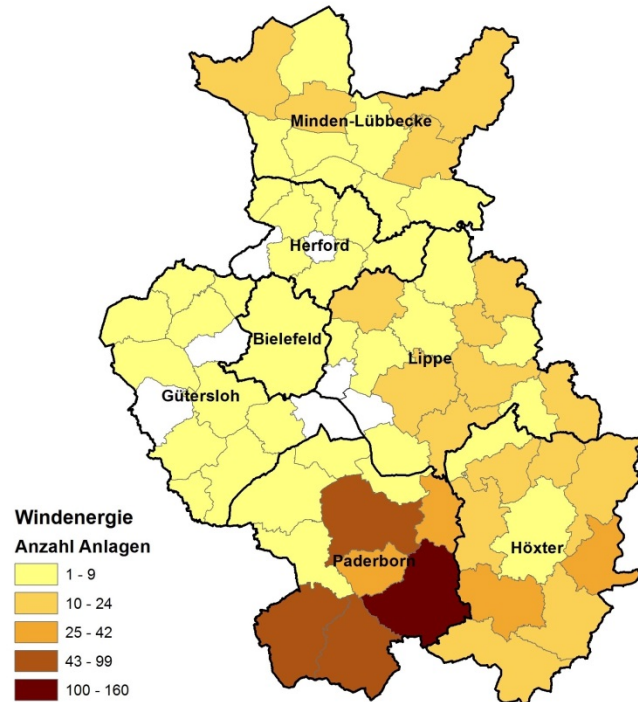


Abbildung 25: Windenergie - Anzahl der Anlagen nach Gemeinden (Stand: 31.12.2016; Quellen: LANUV, BNA, ÜNB, LEE)

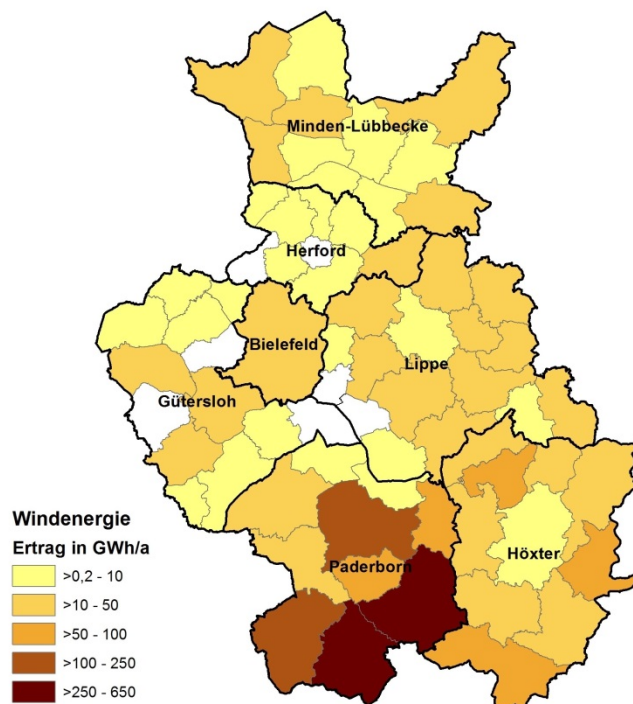


Abbildung 26: Windenergie - Stromertrag nach Gemeinden (Stand: 31.12.2016; Quelle: LANUV)

Tabelle 26: Windenergie - Gemeinden mit der höchsten installierten Leistung (Stand: 31.12.2016) (Quelle: LANUV, BNA, ÜNB, LEE)

Gemeinde	Installierte Leistung in MW (gerundet)	Anzahl der Anlagen
Lichtenau	256	160
Bad Wünnenberg	204	99
Paderborn	108	68
Büren	105	65
Borchen	51	42
Altenbeken	42	31
Nieheim	35	15
Beverungen	35	33
Warburg	34	18
Extertal	31	22

3.2.2. Photovoltaik

Die Möglichkeiten zum Ausbau der Solarenergie in Nordrhein-Westfalen wurden in der „Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW – Teil 2: Solarenergie“ (LANUV 2013) untersucht. Ziel dieser Studie war es, die Potenziale zur Nutzung der Solarenergie im Strom - und Wärmesektor in Nordrhein-Westfalen zu ermitteln. Die Bestimmung des Potenzials für Aufdachanlagen (Photovoltaik und Solarthermie) erfolgte dabei auf der Basis von 24 für die unterschiedlichen Regionen von NRW repräsentativen Modellgebieten. Diese Gebiete wurden so ausgewählt, dass die Siedlungsstrukturen Wohnen, Gewerbe- / Industriegebiete, Stadtzentrum / City und ländliche Gebiete mit ihren jeweiligen Besonderheiten berücksichtigt werden konnten. Für die Modellgebiete wurde jeweils eine detaillierte Strahlungssimulation auf der Grundlage hochaufgelöster Laserscandaten durchgeführt. Die hieraus abgeleiteten Kenngrößen zu Einstrahlung und zur Verschattung wurden im nächsten Schritt auf alle Gebäude des Landes hochgerechnet. Der Anteil der unterschiedlichen Siedlungsstrukturen und die lokalen Einstrahlungsverhältnisse der einzelnen Gemeinden wurden dabei berücksichtigt. Wie bereits unter Kap. 3.2. dargestellt, wird die Potenzialstudie Solarenergie derzeit überarbeitet. In der aktuellen Analyse wird derzeit jedes Dach mit einer detaillierten Strahlungssimulation analysiert, so dass noch detailliertere Ergebnisse vorliegen werden. Die Studie wird voraussichtlich im Sommer/Herbst 2018 vorliegen.

Für die Analyse potenzieller PV-Freiflächenstandorte wurden zunächst diejenigen Flächen aus dem digitalen ATKIS-Datenbestand selektiert, die grundsätzlich für die Ansiedlung eines Solarparks zur Produktion von förderungswürdigem Strom im Sinne des Erneuerbare - Energien - Gesetz (EEG) 2011 geeignet waren. Hierzu zählen beispielsweise der 110 Meter Randstreifen entlang von Autobahnen und Schienenwegen, Halden oder auch Parkplatzflächen. Von diesen Flächen wurden anschließend diejenigen Bereiche ausgeschlossen, die nicht als Solarpark in Frage kommen, wie beispielsweise Flächen, die unter Naturschutz stehen, in unmittelbarer Nähe zu Verschattungsobjekten wie z. B. Waldflächen oder Gebäuden liegen oder eine festgelegte Mindestgröße unterschreiten. Für die verbleibenden Flächen wurden unter Berücksichtigung der geographischen Lage die installierbare Modulfläche und der potenzielle Stromertrag bestimmt. Detaillierte Beschreibungen der Methodik

der Studie sowie die landesweiten Ergebnisse können der Potenzialstudie Solarenergie (LANUV 2013) entnommen werden.

In der Studie wurde wie bei der Potenzialstudie Windenergie auch ein Gesamtpotenzial ermittelt, d.h. bereits bestehende Anlagen wurden nicht mitefasset. Für die Ermittlung des noch ungenutzten Potenzials muss daher jeweils das Gesamtpotenzial im Verhältnis zum aktuellen Anlagenbestand betrachtet werden. Hierbei muss jedoch auch beachtet werden, dass insbesondere bestehende Freiflächenanlagen zum Teil auch auf Flächen stehen können, die in der Studie nicht als Potenzialflächen gewertet wurden, so dass das Gesamtpotenzial abzüglich des derzeitigen Bestandes nicht exakt mit dem noch ungenutzten Potenzial übereinstimmt.

Für den Regierungsbezirk Detmold wurde in der Potenzialstudie Solarenergie eine potenziell installierbare Gesamtleistung von 12.500 MW bzw. ein potenzieller Ertrag von 10.600 GWh/a ermittelt (Tabelle 24). Jeweils knapp die Hälfte des Potenzials entfällt auf Freiflächenanlagen (5.400 MW, 4.700 GWh/a). Mit dem gesamten potenziellen Ertrag aus der Solarenergie könnten etwa 3,4 Mio. Privathaushalte mit Strom versorgt werden (Verbrauch Musterhaushalt: 3.107 kWh/a).

Die größten Potenziale zur Solarenergienutzung liegen in den größeren Städten des Regierungsbezirkes Detmold (Abbildung 27). Den größten potenziellen Nettostromertrag (Dach- und Freiflächen) weisen die Gemeinden Bielefeld (930 GWh/a), Paderborn (580 GWh/a) und Gütersloh (430 GWh/a) auf (Tabelle 27). Betrachtet man nur die Freiflächen, verfügt Bielefeld mit etwa 300 GWh/a über den größten potenziellen Ertrag, gefolgt von Paderborn (250 GWh/a) und Porta-Westfalica (190 GWh/a) (Tabelle 28).

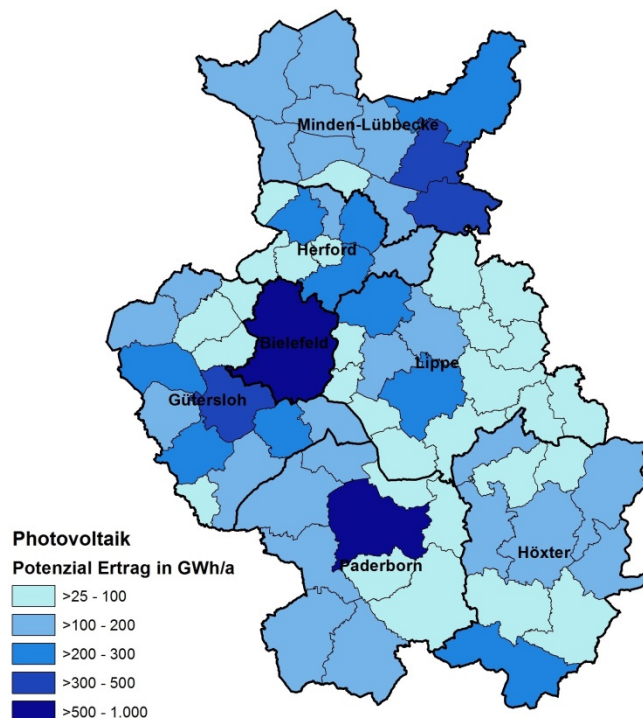


Abbildung 27: Photovoltaik - potenzieller Ertrag nach Gemeinden (LANUV 2013)

Tabelle 27: Photovoltaik (Dach- und Freiflächen) - Gemeinden mit der höchsten potenziell installierbaren Leistung (LANUV 2013)

Gemeinde	potenziell installierbare Leistung gesamt (Dach- und Freiflächen) in MW (gerundet)	potenzieller Ertrag gesamt (Dach- und Freiflächen) in GWh/a (gerundet)
Bielefeld	1.106	930
Paderborn	680	580
Gütersloh	500	430
Minden	450	380
Porta Westfalica	360	310
Petershagen	340	290
Herford	320	270
Warburg	310	270
Rheda-Wiedenbrück	300	260
Detmold	290	240

Tabelle 28: Freiflächen-Photovoltaik - Gemeinden mit der höchsten potenziell installierbaren Leistung (LANUV 2013)

Gemeinde	potenziell installierbare Leistung (Freiflächen-PV) in MW (gerundet)	potenzieller Ertrag (Freiflächen-PV) in GWh/a (gerundet)	potenzielle Modulfläche (Freiflächen-PV) in km ²
Bielefeld	340	300	1,9
Paderborn	280	250	1,6
Porta Westfalica	220	190	1,2
Warburg	210	180	1,2
Petershagen	210	180	1,1
Minden	200	170	1,1
Gütersloh	200	170	1,1
Bünde	140	120	0,8
Rheda-Wiedenbrück	130	120	0,7
Harsewinkel	130	120	0,7

In der Planungsregion Detmold waren Ende 2016 insgesamt knapp 50.000 Solarenergieanlagen mit einer installierten Gesamtleistung von 950 MW in Betrieb. Davon entfallen etwa 100 MW auf 110 Freiflächenanlagen. Somit ist die Solarenergienutzung in der Planungsregion für eine Nettostromproduktion von etwa 850 GWh/a verantwortlich (Tabelle 23). Damit können derzeit rund 270.000 Privathaushalte mit regenerativem Strom aus Windenergieanlagen versorgt werden. Dabei ist der Anteil der Photovoltaik am Stromverbrauch in der Region Detmold mit 4,8 % etwas geringer als im Bundesdurchschnitt (6,4 %, Quelle: AGEE-Stat & Bundesverband Solarwirtschaft), aber deutlich höher als in ganz NRW (2,6 %)

Die Gemeinden mit der höchsten installierten Leistung bei der Photovoltaiknutzung (Dach- und Freiflächen) sind die beiden größten Städte Paderborn (60 MW) und Bielefeld (51), gefolgt von Rietberg (37 MW) und Petershagen (35 MW) (Tabelle 29). Betrachtet man nur die Freiflächenanlagen liegen in der Planungsregion Bad Driburg (11 MW), Petershagen (11 MW) und Dörentrup (10 MW) an der Spitze (Tabelle 30)

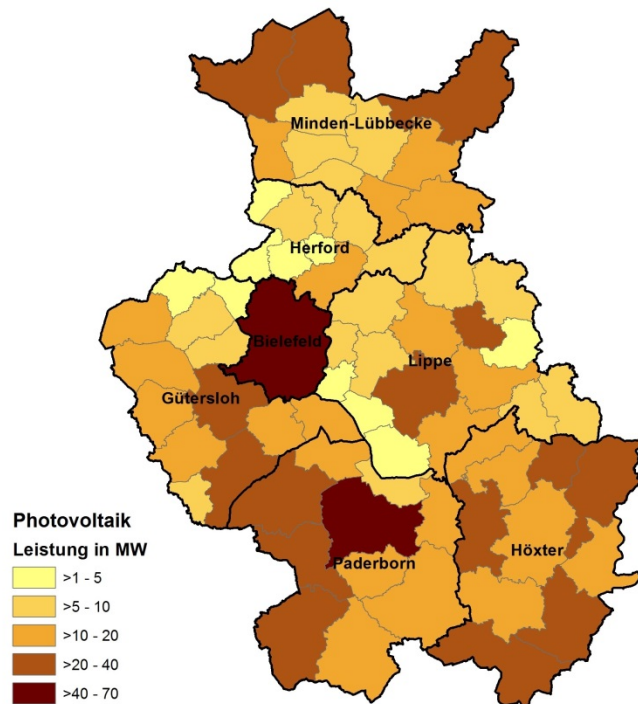


Abbildung 28: Photovoltaik – installierte Leistung (Dach- und Freiflächen) nach Gemeinden (Stand: 31.12.2016; Quelle: LANUV, BNA, ÜNB)

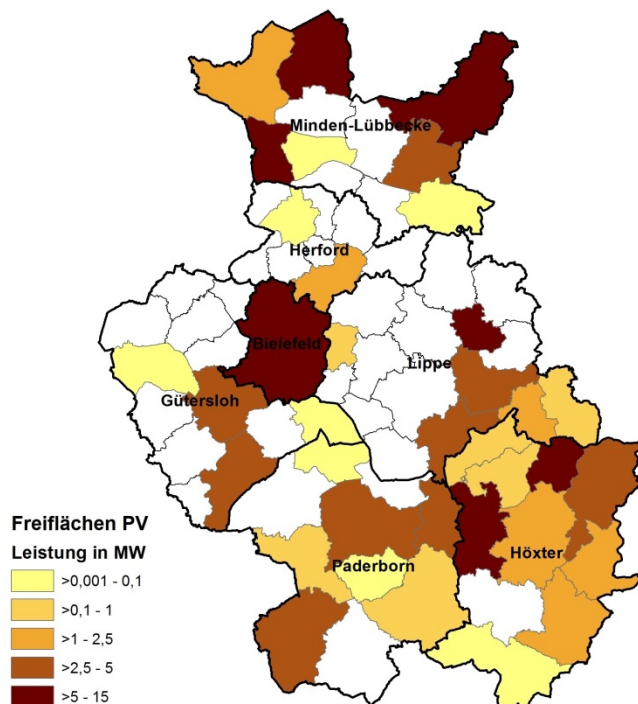


Abbildung 29: Freiflächen-PV – installierte Leistung nach Gemeinden (Stand: 31.12.2016; Quelle: LANUV, BNA, ÜNB)

Tabelle 29: Photovoltaik (Dach- und Freiflächen) - Gemeinden mit der höchsten installierten Leistung (Stand: 31.12.2016; Quelle: LANUV, BNA, ÜNB)

Gemeinde	installierte Leistung gesamt (Dach- und Freiflächen) in MW (gerundet)	Anzahl Anlagen gesamt (Dach- und Freiflächen)
Paderborn	60	2.822
Bielefeld	51	2.818
Rietberg	37	1.526
Petershagen	35	1.055
Delbrück	33	1.668
Bad Driburg	33	674
Rahden	33	929
Gütersloh	32	1.805
Büren	30	1.146
Borgentreich	26	1.197

Tabelle 30: Freiflächen-Photovoltaik - Gemeinden mit der höchsten installierten Leistung (Stand: 31.12.2016; Quelle: LANUV, BNA, ÜNB)

Gemeinde	installierte Leistung (Freiflächen-PV) in MW (gerundet)	Anzahl Anlagen (Freiflächen-PV)
Bad Driburg	11	9
Petershagen	11	9
Dörentrup	10	8
Bielefeld	8	4
Marienmünster	8	4
Rahden	7	4
Preußisch Oldendorf	5	6
Höxter	4	1
Altenbeken	4	6
Büren	4	3

3.2.3. Biomasse

Die „Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW – Teil 3: Biomasse“ (LANUV 2014) hatte das Ziel, zunächst die bestehenden Biomassekonversionsanlagen und die bisher realisierten Leistungen sowie Energieerträge auf den unterschiedlichen Verwaltungsebenen darzustellen. In einem zweiten Schritt wurden die Potenziale zur Nutzung der Bioenergie im Strom - und Wärmesektor für NRW identifiziert.

In Bezug auf die Vielzahl möglicher Konversionsarten der energetischen Nutzung von Biomasse wurden in der Studie die Hauptpfade „Biogas“ und „thermochemische Konversion“ (Verbrennung) berücksichtigt und die gebräuchlichen Konversionsarten erfasst und beschrieben. Dafür wurden in Deutschland betriebene Referenzanlagen als Verfahrensbeispiele herangezogen. Die ausgewiesenen Potenziale wurden unter Beachtung von Nutzungskonkurrenzen, Nachhaltigkeitsaspekten und weiteren Umwelt - und Naturschutzanforderungen ermittelt. Dabei wurde in der Studie das technische und das machbare Poten-

zial für die drei Sektoren Land -, Forst - und Abfallwirtschaft untersucht. Das machbare energetische Ausbaupotenzial addiert sich hierbei mit dem bereits realisierten energetischen Potenzial zu einem machbaren Gesamtpotenzial.

Das machbare Potenzial wird in der Studie als Spanne innerhalb von Szenarien ausgewiesen, die für die Bereiche Land - und Forstwirtschaft unterschiedlich stark die Aspekte der Nachhaltigkeit sowie des Umwelt - und Naturschutzes berücksichtigen. Für den Abfallbereich wurden den Szenarien beispielsweise Annahmen zur Bevölkerungsentwicklung, Umlenkung von Stoffströmen oder Effizienzsteigerungen zugrunde gelegt. Dem „NRW-Leitszenario“, auf das sich die folgenden Ausführungen beziehen, liegen Annahmen der Landesziele zu Grunde, den Ausbau der Biomassenutzung in NRW unter qualitativen und nachhaltigen Kriterien weiter voran zu treiben.

Auf Grund der strukturellen Rahmenbedingungen bei der energetischen Nutzung von Biomasse wurden die Potenziale nicht auf Gemeindeebene ermittelt, sondern für die Kreise und kreisfreien Städte. Die ausführliche Darstellung der Methodik der Studie sowie die Ergebnisse für Nordrhein-Westfalen können der Potenzialstudie Biomasse (LANUV 2014) entnommen werden.

In der Studie wurde wie bei den Potenzialstudien Wind- und Solarenergie ein Gesamtpotenzial ermittelt. Für die Ermittlung des noch ungenutzten Potenzials muss daher jeweils das Gesamtpotenzial im Verhältnis zum aktuellen Anlagenbestand betrachtet werden – doch ist dies nur bis zu einem gewissen Grad möglich. Biomasse ist transportabel – d.h. die Nutzung des Potenzials findet – anders als bei Wind und Sonne – nicht dort statt, wo das Potenzial anfällt. Dabei kann der Transport über Kreisgrenzen und sogar über Landesgrenzen stattfinden. Darum empfiehlt es sich nicht, nur Potenzial und Bestand einzelner Kreise oder Gemeinden ins Verhältnis zu setzen, sondern dies vor allem auf der Ebene des gesamten Regierungsbezirkes zu betrachten.

Im Regierungsbezirk Detmold besteht demnach bei der Biomassenutzung insgesamt ein Gesamterzeugungspotenzial von etwa 1.500 GWh/a im Strombereich. Das entspricht in etwa dem jährlichen Stromverbrauch von 475.000 Privathaushalten. Hinzu kommt noch ein Potenzial von ca. 4.300 GWh/a für die Wärmeversorgung (Tabelle 24).

Die größten Potenziale für die Biomassenutzung im Planungsraum Detmold liegen in Bezug auf den Stromertrag in den vergleichsweise weniger dicht besiedelten Kreisen Lippe (320 GWh/a), Höxter (280 GWh/a) und Minden-Lübbecke (240 GWh/a) (Abbildung 30 und Tabelle 31). Die Tabelle verdeutlicht, dass im Strombereich die Landwirtschaft für einen Großteil der Potenziale verantwortlich ist, während die Forstwirtschaft hier kaum Potenziale aufweist (für die drei Sektoren Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Abfall wurden in der Potenzialstudie jeweils zwei Szenarien berechnet). Die drei Kreise Lippe, Höxter und Minden-Lübbecke verfügen auch über die größte potenziell nutzbare landwirtschaftliche Fläche für den Biomasseanbau (Abbildung 31). Bei der potenziell nutzbaren Waldfläche liegen die größten Potenziale in den Kreisen Paderborn, Höxter und Lippe (Abbildung 32).

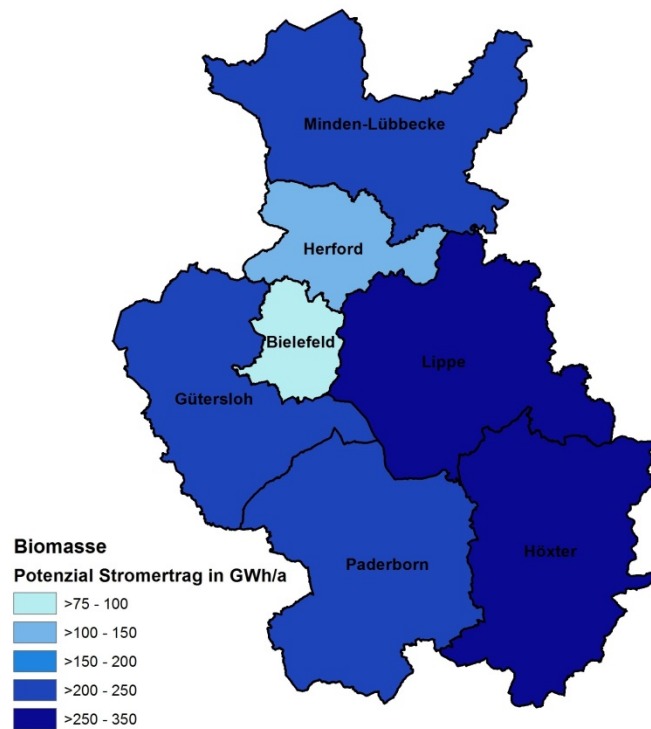


Abbildung 30: Biomasse - potenzieller Stromertrag nach Kreisen (LANUV 2014)

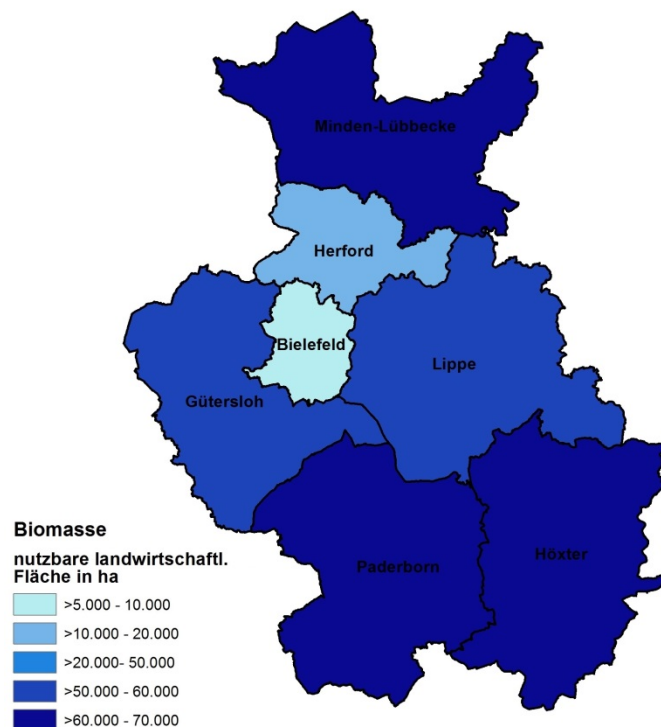


Abbildung 31: Biomasse – potenziell nutzbare landwirtschaftliche Fläche nach Kreisen (LANUV 2014)

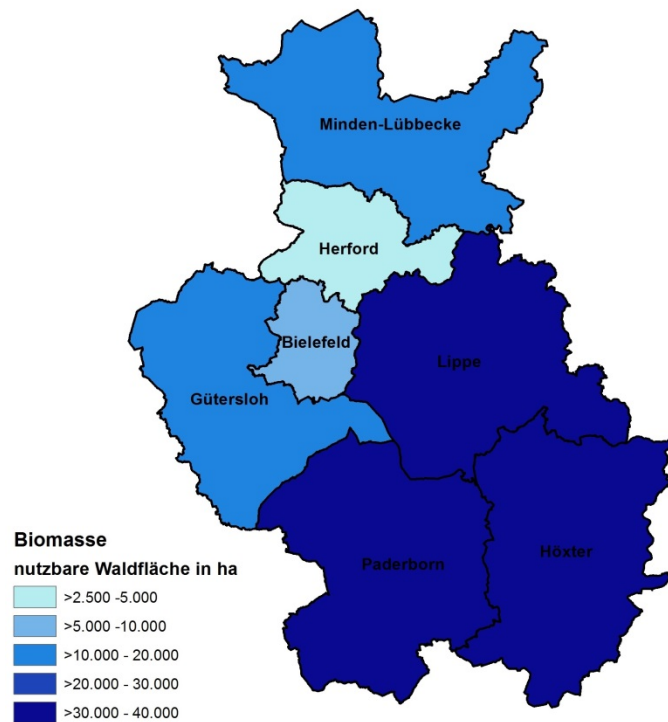


Abbildung 32: Biomasse – potenziell nutzbare Waldfläche nach Kreisen (LANUV 2014)

Tabelle 31: Biomasse - potenzielle Erträge nach Kreisen (LANUV 2014)

Kreis	potenzielle Stromerträge in GWh/a (gerundet)				potenzielle Wärmeerträge in GWh/a (gerundet)			
	Land- wirt- schaft	Forst- wirt- schaft	Abfall	Gesamt	Land- wirt- schaft	Forst- wirt- schaft	Abfall	Ge- samt
Lippe	100 - 550	8 - 10	50 - 60	320	500 - 760	160 - 210	100 - 130	800
Höxter	110 - 580	7 - 10	20 - 30	280	590 - 830	130 - 200	50 - 60	790
Minden- Lübbecke	120 - 450	3 - 4	50 - 60	240	570 - 720	70 - 90	100 - 120	780
Paderborn	120 - 400	7 - 11	50 - 60	230	460 - 630	140 - 220	110 - 130	730
Gütersloh	100 - 280	2 - 3	50 - 70	200	410 - 520	50 - 80	110 - 150	620
Herford	40 - 190	1	30 - 40	120	200 - 270	20 - 30	70 - 80	310
Bielefeld	10 - 50	1	50 - 60	90	50 - 100	20 - 30	100 - 120	220

Derzeit (Stand Ende 2016) ist in der Planungsregion Detmold an 345 stromerzeugenden Biomasse-Anlagen (ohne Deponie- und Klärgas) eine Leistung von insgesamt knapp 200 MW installiert, womit ein Stromertrag von 1.170 GWh/a realisiert werden kann (Tabelle 23). Dies ist in etwa die Menge Strom, die 375.000 Privathaushalte im Jahr verbrauchen. Diese Menge entspricht bereits etwa rund 80 % des Strompotenzials in der Planungsregion Detmold.

Bei der Betrachtung der regionalen Verteilung der Stromerzeugung erbringt der Kreis Lippe mit 301 GWh/a den größten Stromertrag aus der Nutzung von Biomasse (bei 52 Anlagen mit gut 50 MW installierter Leistung), gefolgt vom Kreis Gütersloh (67 Anlagen, 49 MW, 292 GWh/a) (Tabelle 32). Zu beachten ist bei diesen Ausführungen, dass der derzeitige Ertrag nach dem Standort der Anlage ermittelt wird, wobei die Potenziale gebunden sind an potenzielle Flächen (z. B. Anbauflächen). Darüber hinaus ist Biomasse ein transportabler Energieträger und kann so auch Gemeindegrenzen überschreiten. So ist es zu erklären, dass der derzeitige Ertrag beispielsweise im Kreis Gütersloh größer ist als das ermittelte Gesamtpotenzial.

Die Gemeinden, die die höchste Stromproduktion aus Biomasseanlagen im Planungsraum Detmold aufweisen, sind Horn-Bad Meinberg (4 Anlagen, 22 MW Leistung, 131,7 GWh/a Ertrag), Rheda-Wiedenbrück (14 Anlagen, 15,9 MW, 95 GWh/a) und Gütersloh (5 Anlagen, 14,8 MW, 88,7 GWh/a) (Abbildung 33).

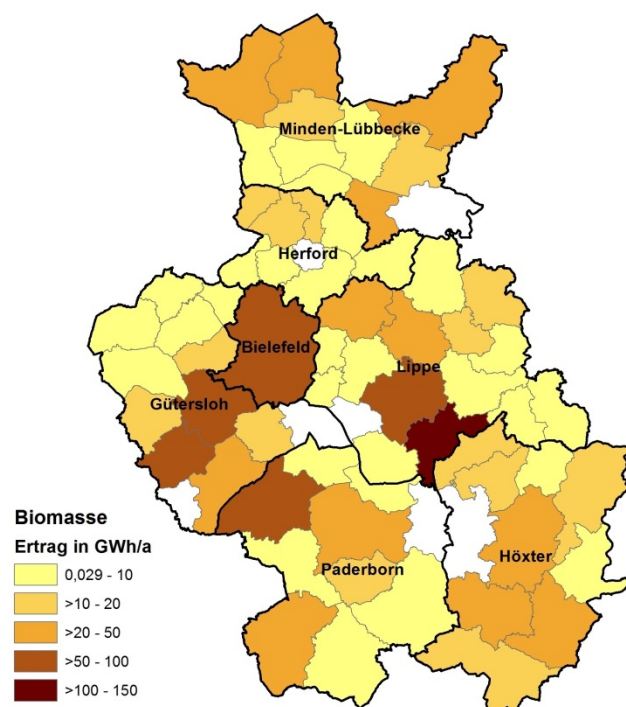


Abbildung 33: Biomasse - Stromertrag nach Gemeinden
(Stand: 31.12.2016; Quelle: LANUV, BNA, ÜNB)

Tabelle 32: Biomasse - Ertrag und installierte Leistung (nur Strom) nach Kreisen
(Stand: 31.12.2016; Quelle: LANUV, BNA, ÜNB)

Kreis	Ertrag in GWh/a (gerundet)	installierte Leistung in MW (gerundet)	Anzahl Anlagen
Lippe	300	51	52
Gütersloh	280	47	67
Minden-Lübbecke	160	27	78
Paderborn	160	27	52
Höxter	140	24	56
Bielefeld	50	98	18
Herford	50	8	21

3.2.4. Wasserkraft

Die Möglichkeiten zum Ausbau der Wasserkraft in Nordrhein-Westfalen wurden in der „Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW – Teil 5: Wasserkraft (LANUV 2017) abgeschätzt. Schwerpunktmäßig wurde in dieser Studie das Potenzial zur Wasserkraftnutzung an bestehenden Querbauwerken in NRW sowie das Repoweringpotenzial an bereits in Betrieb befindlichen Wasserkraftanlagen untersucht.

Potenzielle neue Standorte mussten dabei als Mindestanforderung an einem bereits bestehendem Querbauwerk liegen, eine Mindestabsturzhöhe von 0,8 m aufweisen und sich in einem Gewässerabschnitt mit einem Mittelabfluss von mindestens 1 m³/s befinden. Außerdem wurden für die Ermittlung des Potenzials die erforderlichen ökologischen Abflüsse für Fischaufstiegsanlagen und für Bypässe zum Fischabstieg berücksichtigt sowie an Ausleitungsstandorten für die Mindestwassermenge.

Im ersten Schritt wurden bisher ungenutzte technisch-theoretische Potenziale für Wasserkraftanlagen mit einer Mindestleistung von 10 kW ermittelt. Dieses Potenzial berücksichtigt noch keine weiteren ökologischen oder wirtschaftlichen Kriterien und wurde daher nicht näher hinsichtlich der Realisierbarkeit untersucht. Um sich den tatsächlich machbaren Potenzialen anzunähern, wurden die Potenziale weiter differenziert und dabei beispielsweise neue Standorte in Naturschutzgebieten, Nationalparks sowie in FFH - und Vogelschutzgebieten des Schutzgebietsnetzes NATURA 2000 ausgeschlossen. Es wurde darüber hinaus davon ausgegangen, dass der Bau neuer Wasserkraftanlagen mit relativ geringen Leistungen eher unwahrscheinlich ist und daher eine untere Leistungsgrenze von 50 kW angesetzt. Potenzielle Standorte an Querbauwerken, für die in den Umsetzungsfahrplänen zur Erreichung der Ziele der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie explizit ein Rückbau zur Herstellung eines guten ökologischen Zustands vorgesehen ist, wurden ebenfalls ausgeschlossen.

Um hinsichtlich nicht abschließend bewertbarer Kriterien und Rahmenbedingungen eine Spannbreite des Wasserkraftpotenzials aufzuzeigen, wurde das Potenzial in zwei Szenarien dargestellt. Die folgenden Zahlen zur Planungsregion Detmold beziehen sich dabei auf das „maximale Szenario“.

Insgesamt ist bei der Wasserkraft schon ein großer Anteil des Gesamtpotenzials im Land ausgenutzt, insbesondere im Vergleich zur Wind- oder Solarenergie. Im Gegensatz zu den Potenzialstudien Windenergie, Solarenergie und Biomasse wurde für die Wasserkraftnutzung nicht nur ein Gesamtpotenzial ermittelt, sondern auch ein tatsächlich noch ungenutztes Potenzial, bezogen auf konkrete Standorte. Nähere Angaben zur Methodik der Potenzialermittlung können der Studie entnommen werden (LANUV 2017).

Für den Regierungsbezirk Detmold wurde im Rahmen der Untersuchung ein noch ungenutztes Restpotenzial an 21 potenziellen Standorten identifiziert, wobei es sich hierbei zum Teil um neue Standorte handelt und zum Teil um ein Repoweringpotenzial an bereits bestehenden Standorten. Diese 21 Standorte weisen insgesamt eine noch ungenutzte potenziell installierbare Leistung von etwa 4,7 MW auf, was einen Stromertrag von ca. 22 GWh/a ermöglichen würde (Tabelle 24).

Das noch ungenutzte Wasserkraftpotenzial in der Planungsregion Detmold verteilt sich auf neun Gemeinden, so dass bis auf Bielefeld alle Kreise Möglichkeiten zum Ausbau der Wasserkraftnutzung aufweisen (Abbildung 34 und Abbildung 35). Petershagen an der Weser ist dabei die Gemeinde, in der mit Abstand die größten Potenziale ermittelt wurden (2 Standorte mit 1,9 MW installierbarer Leistung und 8,8 GWh/a Stromertrag), gefolgt von Warburg (Diemel, 3 Standorte, 0,8 MW, 4,3 GWh/a), Bad Oeynhausen (Werre, 2 Standorte, 0,4 MW, 1,9 GWh/a) und Paderborn (u. a. Lippe, 4 Standorte, 0,4 MW, 1,9 GWh/a) (Tabelle 33).

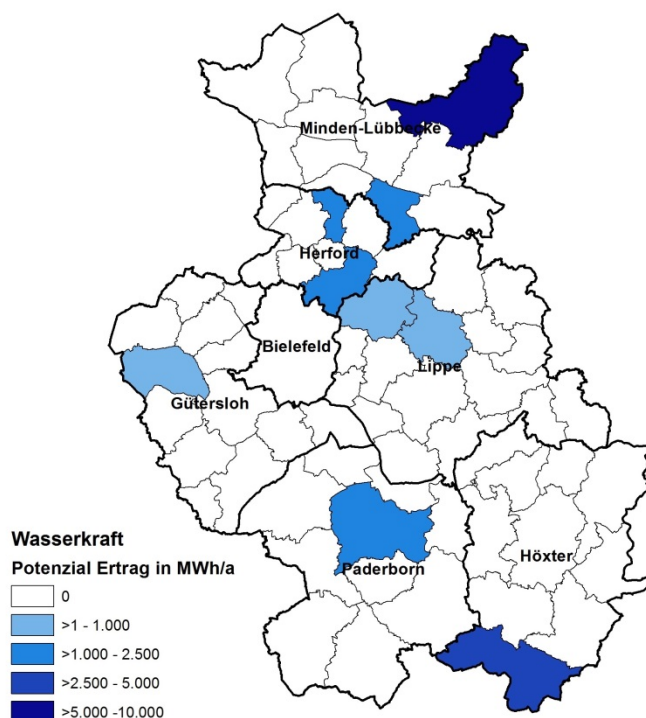


Abbildung 34: Wasserkraft - potenzieller (ungenutzter) Ertrag nach Gemeinden (LANUV 2017)

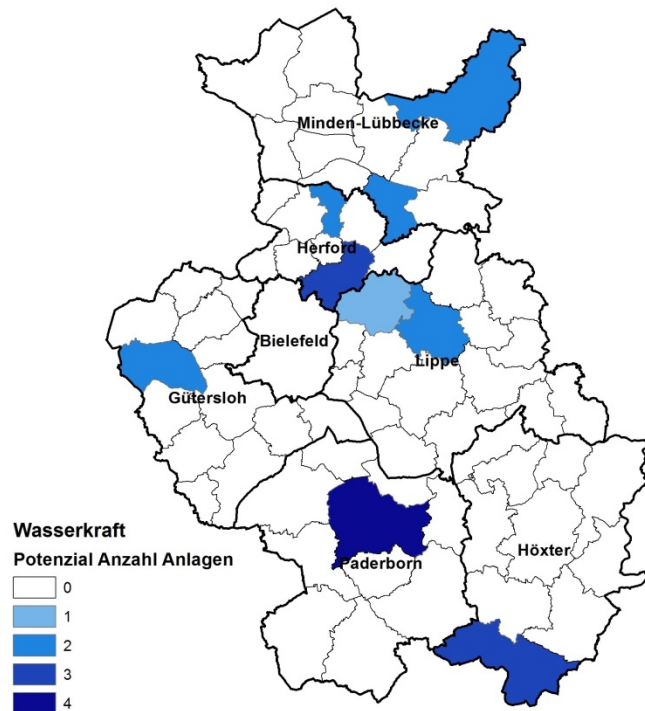


Abbildung 35: Wasserkraft - Anzahl potenzieller Anlagen (Neubau / Repowering) nach Gemeinden (LANUV 2017)

Tabelle 33: Wasserkraft - Ausbaupotenzial nach Gemeinden (LANUV 2017)

Gemeinde	potenziell installierbare Leistung in kW (gerundet)	potenzieller Ertrag in MWh/a (gerundet)	Anzahl potenzieller Anlagen (Neubau, Repowering)
Petershagen	1.900	8.800	2
Warburg	930	4.370	3
Bad Oeynhausen	390	1.930	2
Paderborn	390	1.880	4
Herford	320	1.520	3
Kirchlengern	310	1.350	2
Harsewinkel	220	900	2
Lemgo	150	680	2
Bad Salzuflen	90	410	1
Summe	4.700	21.840	21

Die noch ungenutzten Potenziale sind jedoch im Verhältnis zum bereits bestehenden Ausbaustand der Wasserkraftnutzung vergleichsweise gering, insbesondere im Vergleich zu anderen regenerativen Energieträgern. An rund 100 in Betrieb befindlichen Anlagen im Planungsgebiet Detmold ist derzeit eine Leistung von etwa 15 MW installiert, was einen Stromertrag von ca. 40 GWh/a bedeutet (Stand: 01.03.2017, Tabelle 23). Das entspricht etwa dem jährlichen Stromverbrauch von knapp 13.000 Privathaushalten.

Die mit deutlichem Abstand höchste installierte Leistung bzw. den höchsten Stromertrag in der Planungsregion Detmold weist dabei wie auch beim noch ungenutzten Potenzial die an

der Weser gelegene Gemeinde Petershagen auf (Abbildung 36 und Abbildung 37). An vier Standorten ist hier eine Leistung von etwa 11,6 MW installiert. In Warburg sind an der Diemel insgesamt 17 Wasserkraftanlagen mit etwa 1,6 MW installierter Leistung in Betrieb, gefolgt von Büren (0,5 MW Leistung an 9 Standorten) und Paderborn (0,5 MW, 6 Standorte) (Tabelle 34).

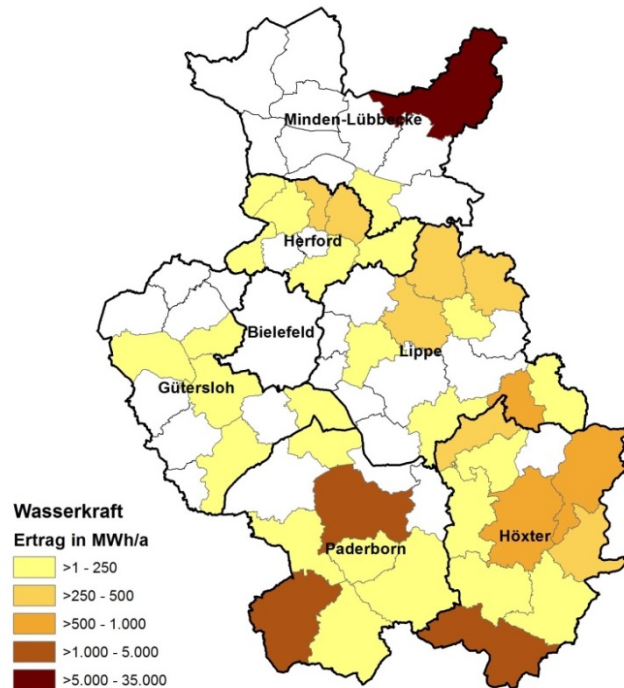


Abbildung 36: Wasserkraft - Ertrag nach Gemeinden (Stand: 01.03.2017; Quelle: LANUV, BNA, ÜNB)

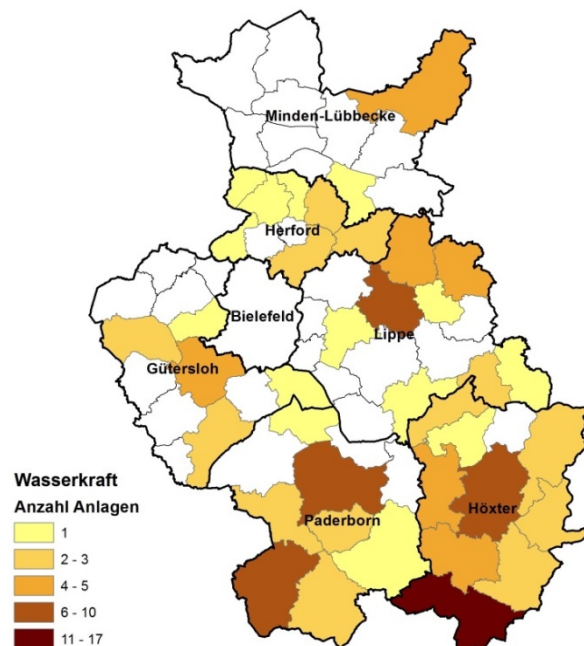


Abbildung 37: Wasserkraft - Anzahl der Anlagen nach Gemeinden (Stand: 01.03.2017; Quelle: LANUV, BNA, ÜNB)

Tabelle 34: Wasserkraft - Gemeinden mit der höchsten installierten Leistung
(Stand: 01.03.2017; Quelle: LANUV, BNA, ÜNB)

Gemeinde	installierte Leistung in kW (gerundet)	Ertrag in MWh/a (gerundet)	Anzahl Anlagen
Petershagen	11.680	30.690	4
Warburg	1.590	4.260	17
Büren	470	1.250	9
Paderborn	470	1.430	6
Höxter	340	870	3
Schieder-Schwalenberg	340	900	3
Brakel	230	620	9
Steinheim	210	320	3
Extertäl	190	490	4
Kalletal	180	460	4

3.2.5. Fazit

Zusammenfassend ist bei der Betrachtung der verschiedenen Erneuerbaren Energieträger deutlich geworden, dass in der Planungsregion Detmold die mit Abstand größten Potenziale für den Klimaschutz ähnlich wie in Gesamt-NRW oder bundesweit, im Ausbau der Wind- und Solarenergie liegen. In diesen beiden Bereichen sind ausreichend Potenziale vorhanden, um die Energieversorgung zukünftig zu großen Teilen auf regenerativen Quellen aufzubauen und damit den Ausstoß klimaschädlicher Treibhausgase im Sektor Energie drastisch zu reduzieren. Die Strompotenziale im Biomassebereich sind mit etwa 80 % schon weit ausgeschöpft. Auch im Bereich Wasserkraft sind die noch ungenutzten Potenziale vergleichsweise sehr gering.

Typisch ist dabei das Muster der räumlichen Verteilung der Potenziale. Während in den dichter besiedelten Gemeinden auf Grund der großen Anzahl an Dachflächen allgemein das größte Potenzial zur Photovoltaiknutzung besteht (Bielefeld, Paderborn), ist in eher ländlich geprägten Teilen der Planungsregion das größte Potenzial zum Ausbau der Windenergie vorhanden.

Wesentliche Steuerungsmöglichkeiten der Regionalplanung liegen beim Ausbau der Erneuerbaren Energien vor allem in der Formulierung von allgemeinen textlichen Zielen und Grundsätzen. Zentrales Kriterium ist hierbei die Raumbedeutsamkeit (nähere Ausführungen hierzu in Kapitel 4.1.1). Diese ist beispielsweise für dach- und fassadengebundene Photovoltaikanlagen und kleinere Wasserkraftanlagen nicht gegeben. Bei Windenergieanlagen, Freiflächen-Photovoltaikanlagen und größeren Wasserkraftanlagen wird in der Regel von einer regionalplanerischen Steuerungsfähigkeit ausgegangen (BMVBS 2011).

Bei der Biomassenutzung wird die Errichtung von privilegierten Einzelanlagen in der Regel nicht als regional bedeutsam angesehen. Bei mehreren Anlagen in engem zeitlichem und räumlichem Zusammenhang kann nach Meinung einiger Autoren aufgrund ihrer kumulativen Wirkungen oder auch im Zusammenwirken mit dem Biomasseanbau eine Einstufung

als raumbedeutsam vorliegen. Bei nicht privilegierten Anlagen kann die immissionsschutzrechtliche Genehmigungsbedürftigkeit gem. Anhang zur 4. BImSchV zur Einstufung als raumbedeutsames Vorhaben herangezogen werden (BMVBS 2011).

Insbesondere für die Windenergienutzung ist auch eine räumliche Steuerung durch die Ausweisung von zeichnerischen Vorrang- und Vorbehaltsgebieten möglich. Mögliche weitere Festsetzungen können z. B. Regelungen zum Repowering oder Ausnahmeregelungen für Kleinwindkraftanlagen in Ausschlussgebieten betreffen. Zu Freiflächen-Photovoltaikanlagen können beispielsweise Grundsätze zu ihrer Steuerung auf bestimmte Flächen (versiegelte Flächen, Konversionsflächen, Halden) formuliert werden.

3.3. Weitere Handlungsfelder Klimaschutz

Im Folgenden soll auf weitere Handlungsfelder im Bereich Klimaschutz eingegangen werden. Da hier jedoch die verfügbare Datengrundlage nicht aussagekräftig genug oder die Steuerungsmöglichkeiten der Regionalplanung insgesamt eingeschränkt sind, werden diese nur grob skizziert.

Mobilität

Das Handlungsfeld Mobilität weist ein erhebliches Potenzial zur Reduktion von treibhausgasen in der Planungsregion Detmold auf. Etwa ein Viertel der THG-Gesamtemissionen in der Planungsregion Detmold entstammen aus dem Verkehrssektor. Zur Verringerung verkehrsbedingter CO₂-Emissionen sind insbesondere günstige Siedlungs- und Verkehrsstrukturen geeignet. Dies betrifft vor allem die Möglichkeit zur Verkehrsverlagerung (Bewältigung von Wegstrecken mit Verkehrsmitteln wie Fuß- und Radverkehr, ÖPNV), der Verkehrsvermeidung (Beeinflussung des Bedarfs nach Verkehr und Verkürzung der Wegstrecken), der Verkehrsoptimierung (bessere Auslastung bestehender Kapazitäten) und Minderung der spezifischen Emissionen der Fahrzeuge (z. B. Förderung der Elektro-Mobilität und der dafür benötigten Infrastruktur). (UMWELTBUNDESAMT 2012)

Regionalplanerische Steuerungsmöglichkeiten zur Reduzierung verkehrsbedingter Treibhausgasemissionen bestehen vor allem im Rahmen der Siedlungsentwicklung, z. B. hinsichtlich des Leitbildes „Region der kurzen Wege“ (Zentrenorientierte Entwicklungskonzepte, Ausrichtung der Siedlungsentwicklung an den Trassen des schienenengebundenen Personalverkehrs) oder bei der Festsetzung von Zielen zur Begrenzung der Siedlungsentwicklung und zur Nachverdichtung sowie durch grundsätzliche Formulierungen zur Förderung der Elektromobilität. (UMWELTBUNDESAMT 2012)

Wärmeversorgung, Energieeffizienz

Die Wärmeversorgung von Gebäuden benötigt etwa ein Drittel des gesamten Endenergieverbrauchs in Deutschland, private Haushalte sind für etwa ein Viertel der Treibhausgasemissionen in der Planungsregion Detmold verantwortlich (Kapitel 3.1). Daher besteht im Handlungsfeld Wärmeversorgung ein erhebliches Potenzial zur Einsparung von Treib-

hausgasemissionen. Neben dem Einsatz von Erneuerbaren Energien (z. B. Biomasse, Geothermie, Solarthermie) sind energieeffiziente Siedlungsstrukturen (z. B. passive Solarenergienutzung) oder wärmetechnische Gebäudesanierungen zentrale Instrumente in diesem Bereich (UMWELTBUNDESAMT 2012).

Im Regionalplan können durch die Formulierung von Grundsätzen Vorgaben zu einer regenerativen Wärmeversorgung, energieeffizienten Siedlungsstrukturen, aber auch zu Maßnahmen zum sparsamen Gebrauch von Energie oder zur Energieeffizienz (z. B. Kraft-Wärme-Kopplung, Nah- und Fernwärmeversorgung) gemacht werden, die von der nachfolgenden Ebene der kommunalen Planung zu berücksichtigen und zu konkretisieren sind (UMWELTBUNDESAMT 2012).

Energiespeicher

Eine überwiegend auf Erneuerbaren Energien beruhende Stromversorgung erfordert auf Grund der Volatilität von Wind- und Solarenergie eine erhebliche Flexibilisierung des gesamten Systems. Neben dem Ausbau der Netze oder einem Last-Management können Energiespeicher diese Flexibilität bereitstellen. Hierzu zählen beispielsweise thermische Wärmespeicher, Batteriespeicher oder Kavernenspeicher (Power-to-Gas).

Die derzeit wirtschaftlichste und ausgereifteste Technologie zur Speicherung von Energie in großem Maßstab sind Pumpspeicherkraftwerke. Die Potenziale von Pumpspeicherkraftwerken hat das LANUV in der Potenzialstudie Pumpspeicherkraftwerke NRW (2016) untersucht und dabei auch Potenziale an Vorzugsstandorten in der Planungsregion Detmold identifiziert. Die Daten zu den dabei bewerteten Standorten liegen der Bezirksregierung Detmold vor und können, ähnlich wie im Regionalplan Arnsberg, planerisch gesichert werden.

Kohlenstoffsinken

Die in der Atmosphäre vorkommenden Kohlenstoffverbindungen können in andere Medien überführt und dort möglichst lange gespeichert werden (Kohlenstoffsinken). Natürliche Kohlenstoffsinken sind vor allem Moore, sonstige Feuchtgebiete und Wald-Systeme, die in ihrer Vegetation und im Boden große Mengen Kohlenstoff speichern können. Diese Ökosysteme sind daher auch aus Gründen des Klimaschutzes von besonderer Bedeutung und sollten planerisch geschützt und entwickelt werden. Geeignete Instrumente hierfür sind die Ziel- und Grundsatzformulierungen und die Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten für Naturschutz und Landschaftspflege, Waldschutz bzw. Waldmehrung oder Sanierungsgebiete mit dem Schwerpunkt der Moorentwicklung. (UMWELTBUNDESAMT 2012)

4. Klimaanpassung in der Planungsregion Detmold

Die Folgen des anthropogenen Klimawandels sind in Nordrhein-Westfalen bereits heute messbar und haben Auswirkungen auf verschiedenste Lebensbereiche. Es ist daher ein wichtiges Ziel, sich frühzeitig an die globalen Klimaänderungen anzupassen, um Schäden für die Natur und die Gesellschaft zu verhindern bzw. so gering wie möglich zu halten. In vielen Handlungsfeldern sind dabei langfristige Planungen notwendig, um zukünftigen Risiken rechtzeitig begegnen zu können.

In diesem Kapitel werden Maßnahmen zur Anpassung an den vom Menschen verursachten Klimawandel in der Planungsregion Detmold beschrieben. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der thermischen Belastung der Bevölkerung (Kapitel 4.1). Abschließend werden weitere Klimafolgen und damit verbundene Anpassungsmaßnahmen für die Bereiche Landwirtschaft, Wald und Forstwirtschaft, Natur- und Artenschutz sowie Wasserwirtschaft in der Planungsregion Detmold umrissen (Kapitel 4.2)

4.1. Hitzebelastung

Nordrhein-Westfalen ist mit knapp 18 Millionen Einwohnern das bevölkerungsreichste und am dichtesten besiedelte Bundesland Deutschlands. Über acht Millionen Menschen leben in Städten mit mehr als 100.000 Einwohnern. Im Regierungsbezirk Detmold zählen hierzu vor allem die Großstädte Bielefeld (ca. 330.000 Einwohner) und Paderborn (150.000). Aber auch die weiteren größeren kreisangehörigen Städte wie Gütersloh (100.000), Minden (85.000), Detmold (75.000) oder Herford (70.000) weisen zum Teil verdichtete urbane Siedlungsstrukturen auf.

Vor allem in dicht bebauten innerstädtischen Siedlungsräumen großer Städte und Ballungsräume können sich bei sommerlichen Hochdruckwetterlagen so genannte „Wärmeinseln“ bilden. Durch einen verringerten Luftaustausch, Wärmespeicherung von Gebäuden und Straßen sowie die Freisetzung von Wärme durch Industrie und Verkehr können hier Temperaturunterschiede zum Umland von bis zu 10 K auftreten. Gerade im dicht besiedelten Bundesland NRW ist es daher wichtig, einer übermäßigen Hitzebelastung der Bevölkerung entgegen zu wirken.

Besonders hohe Temperaturen können sich negativ auf das Wohlbefinden oder die Gesundheit von Menschen auswirken. Die thermische Belastung (Hitze, aber auch Kälte) wird dabei im Wesentlichen durch meteorologische Größen wie Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und Sonnenstrahlung beeinflusst. Wird die Wärmeregulation des menschlichen Körpers verstärkt beansprucht, führt dies dazu, dass die Umgebung als belastend empfunden wird. Neben weiteren Faktoren wie der UV-Strahlung oder Luftschadstoffen ist die thermische Situation entscheidend für das Bioklima, also den Einfluss der Atmosphäre auf den menschlichen Organismus (DWD₃).

Durch Hitzebelastung kann insbesondere die Gesundheit sensibler Bevölkerungsgruppen beeinträchtigt werden und sich die Lebensqualität erheblich vermindern. Menschen mit

Vorerkrankungen oder einer geringeren Fitness, ältere Menschen oder Kleinkinder haben häufig Probleme mit erhöhten Hitzebelastungen. Mögliche Folgen sind Kreislaufprobleme, Herzrhythmusstörungen, Kopfschmerzen oder Erschöpfung.

Der Belastungssituation in den Nachtstunden kommt dabei eine besondere Bedeutung zu. Einerseits ist der städtische Wärmeinseleffekt in der Nacht am stärksten ausgeprägt, vor allem bei nur geringer Bewölkung und Windstille. Andererseits wirken sich ungünstige klimatische Bedingungen besonders negativ auf den Schlaf und die nächtliche Erholung aus. Auch sind Menschen in der Nacht an ihren Wohnstandort gebunden und können kaum in günstigere Bereiche ausweichen.

Positiv beeinflusst wird das lokale Klima durch Grün- bzw. Freiflächen, die für überwärmte Bereiche als Ausgleichsflächen fungieren können. Wiesen, Parkareale, Kleingärten und Friedhofsanlagen, Ackerflächen oder auch Waldflächen kühlen sich in der Nacht z. T. deutlich stärker ab als bebaute Bereiche. Insbesondere über diesen Freiflächen bilden sich nachts Schichten kühlerer Luft. Sofern die Bebauung und die Geländestrukturen dies ermöglichen, kann diese Kaltluft bestehende Wärmebelastungen in den Siedlungsbereichen verringern. Als Kaltluftleitbahnen werden dabei Freiflächen bezeichnet, die den lokalen Luftaustausch fördern, indem sie den Transport kühlerer Luftmassen von Ausgleichsflächen in überwärmte städtische Bereiche ermöglichen.

Der bereits messbare Anstieg der Temperaturen in Nordrhein-Westfalen in den letzten Jahrzehnten sowie die zu erwartenden Folgen des voranschreitenden Klimawandels mit einem zu erwartenden Anstieg der mittleren Jahrestemperatur in NRW um rund 2 bis 4 K bis zum Jahr 2100 (Kapitel 2) verdeutlichen die stetig zunehmende Bedeutung der thermischen bzw. bioklimatischen Belastungen der Bevölkerung. Dabei ist zu erwarten, dass auf Grund des Klimawandels beispielsweise Hitzeperioden zukünftig häufiger auftreten, länger andauern und durch höhere Temperaturen gekennzeichnet sein können.

Um Wärmeinseleffekten in Städten planerisch zu begegnen, gibt es verschiedene Handlungsansätze, wie zum Beispiel die Sicherung und den Ausbau von Grün- und Wasserflächen oder sonstigen unversiegelten Flächen sowie Bepflanzungen von Gebäuden und Dachflächen. Diese Ansätze obliegen in der Regel der kommunalen Stadt- und Freiraumplanung. Aber auch der Ebene der regionalen Planung gibt es Steuerungsmöglichkeiten, wenn die hierfür erforderlichen Voraussetzungen (z. B. überörtliche Bedeutung) vorliegen.

Das im Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) definierte Schutzgut Klima/Luft stellt im Rahmen der Abwägungsprozesse bei der räumlichen Planung einen wichtigen Belang auf den verschiedenen Planungsebenen dar. Belange, welche den Schutz und Erhalt vorhandener (makro- bis mikroklimatischer) Funktionen sowie ggf. der Sanierung bestehender klimatischer oder lufthygienischer Belastungen repräsentieren, sind auch auf Ebene der Regionalplanung zu berücksichtigen.

Grundsätzlich relevante Aspekte sind in diesem Zusammenhang gleichermaßen bioklimatische Prozesse wie auch landschaftsökologische Standortfunktionen, die dem Erhalt der Biodiversität dienen, oder die Häufigkeit und Lokalisation klimatischer Extremereignisse.

Die sachgerechte Berücksichtigung klimatischer Fragestellungen im Rahmen der Abwägung zwischen den im Raum konkurrierenden Nutzungsansprüchen und Belangen ist dabei – auch vor dem Hintergrund der erforderlichen Anpassung an die Folgen des anthropogenen Klimawandels – unter der Prämisse der u. a. in § 1 Abs. 2 ROG verankerten nachhaltigen Raumentwicklung als dringend erforderlich anzusehen.

Als Entscheidungs- und Abwägungsgrundlage für Maßnahmen und Handlungsoptionen auf den verschiedenen Planungsebenen hat das LANUV mit der „Klimaanalyse NRW“ eine räumlich hochauflösende Datenbasis zur Beurteilung der klimaökologischen Situation in Nordrhein-Westfalen erstellt. Die Ergebnisse dieser Studie werden im Folgenden als wesentliche Datengrundlage zur Beschreibung der klimaökologischen Prozesse in der Planungsregion Detmold und der darauf aufbauenden Empfehlungen herangezogen.

Im Folgenden werden zunächst die grundsätzlichen regionalplanerischen Steuerungsmöglichkeiten im Bereich thermischer Belastung thematisiert (4.1.1), bevor auf die zentralen Aspekte der Methodik der Klimaanalyse NRW eingegangen wird (4.1.2). Anschließend werden die Ergebnisse und damit das klimaökologischen Prozessgeschehen in der Planungsregion Detmold dargestellt (4.1.4). Abschließend werden Handlungsempfehlungen und mögliche Umsetzungspfade aus Sicht des LANUV beschrieben (4.1.4).

Dabei sollen Wege aufgezeigt werden, wie eine stärkere und den bereits gegenwärtig sowie zukünftig zu erwartenden Problemstellungen und Anforderungen gerecht werdende Berücksichtigung bioklimatischer Belange im Zuge der Regionalplanung erreicht werden kann. Dies erfolgt unter besonderer Berücksichtigung des Anforderungsrahmens an raumordnerische Festlegungen sowie des hierbei zur Verfügung stehenden Instrumentariums. Die folgenden Ausführungen sollen demzufolge den verschiedenen Planungsträgern und Akteuren als fachliche Hilfestellung im Umgang mit klimatischen Fragestellungen dienen.

4.1.1. Hitzebelastung und regionalplanerische Steuerungsmöglichkeiten

Klimatische Aspekte im Allgemeinen und bioklimatische Belange im Speziellen (z. B. Hitzebelastung) sind auf Ebene der Regionalplanung bis heute nur in wenigen Fällen Auslöser durchsetzungskräftiger regionalplanerischer Festlegungen. Als mögliche Ursachen kommen hier eine unter den bisherigen klimatischen Rahmenbedingungen noch als gering eingeschätzte planerische Relevanz dieser Belange, aber insbesondere auch die zumeist fehlende Datengrundlage für die adäquate Berücksichtigung solcher Fragestellungen in der Regionalplanung in Frage. Beide Aspekte haben in der Vergangenheit dazu geführt, dass sich das Klima repräsentierende Belange und Raumansprüche nicht gegenüber den zahlreichen und oftmals weitaus besser untersuchten konkurrierenden Belangen wie z. B. Landwirtschaft, Gewerbe und Siedlungsentwicklung durchsetzen konnten. Eine weitere Herausforderung stellt die Unterscheidung und Abgrenzung zwischen überörtlichen, d.h. in den Aufgabenbereich der Raumordnung fallenden, und eher lokalen Funktionen und Wirkungsgefügen dar, welche im Zuständigkeitsbereich der kommunalen Planung liegen.

Gleichwohl lässt sich schon aus § 1 Abs. 2 Raumordnungsgesetz (ROG) der deutliche Handlungsauftrag an die Regionalplanung ableiten, wenn von der allgemeinen Leitvorstellung einer nachhaltigen Raumentwicklung gesprochen wird, welche soziale, wirtschaftliche und ökologische Raumansprüche miteinander in Einklang bringt und gleichzeitig gesamt-räumlich gleichwertige Lebensverhältnisse schafft und sichert. Aufgrund der Tatsache, dass das Klima sowohl für menschliches Wirtschaften als auch für das Zusammenleben sowie die ökologische Vielfalt und Funktionsfähigkeit der Landschaft eine zentrale Grundlage darstellt, muss hieraus auch ohne die spezielle Berücksichtigung des Klimas in § 2 Abs. 1 Nr. 6 bereits die Verpflichtung zur Berücksichtigung klimatischer Belange im Zuge der regionalplanerischen Abwägung gefolgert werden.

Zudem stellt gerade die Region in ihrer räumlichen Dimension eine wichtige Handlungsebene zur Sicherung und Entwicklung klimatischer Funktionen dar, weil zahlreiche Wirkfolgen der veränderlichen klimatischen Parameter zwar einerseits kleinräumig identifiziert werden können, dabei jedoch stets in einem Wirkungs-Zusammenhang mit dem umgebenden, größeren Raum stehen. Die aktuelle Bundesregierung misst der Raumordnung daher auch aufgrund ihrer Querschnittsorientierung eine besondere Bedeutung zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels bei (BMVI 2017).

Die vom Bund getroffenen Vorgaben werden auf Landesebene durch das Landesplanungsgesetz Nordrhein-Westfalen konkretisiert. So erlässt das LPIG-NRW in § 12 Abs. 3 folgende allgemeine Vorschrift für Raumordnungspläne in Nordrhein-Westfalen:

„In den Raumordnungsplänen sind die räumlichen Erfordernisse des Klimaschutzes und der Anpassung an den Klimawandel als Ziele und Grundsätze der Raumordnung festzulegen. Zur raumordnerischen Umsetzung des § 3 Klimaschutzgesetz Nordrhein-Westfalen sind die genannten Klimaschutzziele als raumbezogene Ziele und Grundsätze umzusetzen und/oder nachgeordneten Planungsebenen entsprechende räumliche Konkretisierungsaufträge zu erteilen.“

Der hier erwähnte § 3 des Klimaschutzgesetzes (i.d.F.v. 29.01.2013) ist wiederum für die in dieser Studie betrachtete bioklimatische Situation in Absatz 3 relevant, in dem es heißt, dass *„die negativen Auswirkungen des Klimawandels durch die Erarbeitung und Umsetzung von sektorspezifischen und auf die jeweilige Region abgestimmten Anpassungsmaßnahmen zu begrenzen sind“*. Diese Vorgaben haben sich bereits in den geltenden Landesentwicklungsplan (LEP) NRW vom 08.02.2017 niedergeschlagen. So enthält Abschnitt 4 des LEP die Grundsätze 4-1 bis 4-3, welche allesamt die Berücksichtigung des Schutzguts Klima im Zuge der Raumordnung und -entwicklung adressieren.

Zwar haben all die aufgeführten Regelungen insbesondere den Umgang mit den Folgen des anthropogenen Klimawandels durch die Regionalplanung im Blick, gleichwohl muss in diesem Zusammenhang die Analyse des Status-Quo und die Sicherung der bereits heute bestehenden und raumwirksamen Strukturen ein erster, unabdingbarer Schritt bei der Umsetzung dieser Anforderungen darstellen. Somit ist eine stärkere Berücksichtigung klimatischer Fragestellungen in Landesraumordnungsprogrammen und Regionalplänen insbesondere auch mit Blick auf die zu erwartenden Auswirkungen des vom Menschen verur-

sachten Klimawandels künftig unverzichtbar. Auch kommt der Regionalplanung dabei im Rahmen der regionalen Klimaanpassung im Zuge der Erarbeitung eines sog. „Klimawandelgerechten Regionalplans“ (BMVI 2017) höchste Priorität zu. Vorrangige Ziele einer klimagerechten Regionalplanung müssen hierbei sein:

- die Sicherung vorhandener klimatischer Leistungen des Landschaftshaushalts („Verschlechterungsverbot“),
- die Minderung/Milderung der Folgen des Klimawandels („coping“) sowie
- der Aufbau von Klimaschutzkapazitäten.

Zentrale Handlungsansätze und Instrumente für eine Umsetzung dieser Ziele sind:

- der Schutz klimawirksamer Freiräume,
- die klimagerechte räumliche Steuerung von Siedlungsflächen sowie
- die klimagerechte räumliche Steuerung von Infrastrukturen.

Vor diesem Hintergrund und in Ermangelung einer klimaspezifischen Fachplanung werden in Kapitel 4.1.4 maßstabsspezifische Empfehlungen und nach Möglichkeit direkt regionalplanerisch verwertbare fachliche Handlungsempfehlungen für die Planung erarbeitet. Ein Ziel ist dabei die planerische In-Wert-Setzung der Roh-/Fachdaten der landesweiten Klimanalyse des LANUV. Für die Ableitung möglichst konkreter fachlicher Empfehlungen für die Fortschreibung des Regionalplans Detmold ist dabei die Prüfung des regionalen Raumbezugs bzw. der Überörtlichkeit notwendig.

In diesem Zusammenhang ist zu betonen, dass selbstverständlich auch die zahlreichen kleinräumigen Klimafunktionen für den Erhalt/die Schaffung gesamtträumlich gleichwertiger und nicht belastender Lebensverhältnisse unverzichtbar sind. Die landesweite Klimanalyse ist geeignet, auch für lokale Fragestellungen erste Hinweise zu liefern. Diese können jedoch nicht auf der Planungsebene der Regionalplanung angesprochen werden. Vielmehr obliegt ihre Identifizierung und planerische Sicherung der kommunalen Planung. Gegebenenfalls können dabei für die Kommunalplanung gegenüber der landesweiten Klimanalyse maßstäblich höher aufgelöste räumliche Untersuchungen notwendig werden.

Kompetenzrahmen der Raumordnung

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.

Das Raumordnungsgesetz – im Zusammenwirken mit den jeweiligen Landesgesetzen – sieht zur Wahrnehmung und Umsetzung der raumordnerischen Aufgaben und Kompetenzen mit Zielen und Grundsätzen zwei sich im Hinblick auf ihre Steuerungs- und Bindungswirkung voneinander unterscheidende Instrumente vor. So weisen Ziele der Raumordnung auf Grund der sog. Beachtungspflicht nach § 4 Abs. 1 ROG eine hohe Steuerungswirksam-

keit auf, wohingegen Grundsätze von nachgeordneten Planungsebenen lediglich im Zuge der eigenen Abwägung *mit besonderem Gewicht* berücksichtigt werden sollen (Berücksichtigungspflicht). Grundsätze können demnach jederzeit begründet weggewogen werden, sofern die konkurrierende Nutzung als gewichtiger bewertet wird. Dies führt in der Planungs-Realität häufig dazu, dass planerische Grundsätze kaum praktische Wirkungen erzielen (BMVI 2017).

Die unterschiedlichen Rechtsfolgen und Bindungswirkungen dieser zentralen raumordnerischen Instrumente bedingen wiederum einen differenzierten Anforderungskatalog an deren Festlegung. So sind an Ziel-Festlegungen grundsätzlich erhöhte rechtliche Anforderungen an Qualität und Detaillierungsgrad der Datengrundlage, räumliche und sachliche Bestimmtheit sowie Abwägung zu stellen (u. a. ZGB 2012). Im Allgemeinen gilt hierbei, dass je höher die Verbindlichkeit bzw. Steuerungswirkung einer getroffenen Festlegung und je stärker damit der Eingriff in die Planungshoheit der Kommune bzw. private Eigentumsrechte sind, desto umfassender sind diese auch abzuwägen sowie sachlich und fachlich zu begründen ist. Diese Abwägung muss überdies im Hinblick auf die bereits auf Maßstabebene der Raumordnung erkennbaren Belange und Raumansprüche abschließend sein (vgl. § 7 Abs. 2 ROG). Im Rahmen dieser Abwägung hat die Raumordnung jedoch einen gewissen Abwägungsspielraum.

Diesem Abwägungsspielraum kommt im Hinblick auf potenzielle Zielfestlegungen klimabezogener Belange in Kombination mit dem in § 1 Abs. 1 Satz 2 Nr. 2 ROG implementierten Vorsorgeprinzip eine maßgebende Bedeutung zu. Demzufolge ist die Raumordnung dazu gehalten, „*Vorsorge für einzelne Nutzungen und Funktionen des Raums zu treffen*“. Festlegungen, die bereits die Effekte des Klimawandels in ihren Begründungs- und Zielhorizont einbeziehen, sind naturgemäß von einer Prognoseunsicherheit gekennzeichnet. Dies steht – zumindest in Bezug auf Ziel-Festlegungen – zunächst im Widerspruch zur gesetzlich geforderten Bestimmtheit und dem weitreichenden Eingriff derartiger Festlegungen in grundgesetzrelevante Sachverhalte (beispielsweise die kommunale Planungshoheit nach Art. 28 GG).

Der Vorsorgegrundsatz ermöglicht jedoch bis zu einem gewissen Grad aufgrund des Fehlens klimabezogener Fachgesetze oder fachplanerischer (sicherer) Bedarfsfeststellungen den Einbezug von Klima-Projektionen in die raumordnerische Planung. So können Raumbedarfe und sonstige räumlichen Erfordernisse von Klima, Klimaschutz und Klimaanpassung auch unter Ungewissheit frühzeitig und damit rechtzeitig berücksichtigt werden, bevor zwischenzeitlich neu aufgenommene oder erweiterte Raumnutzungen eine spätere Berücksichtigung klimatischer Erfordernisse unter Gewissheit bereits unmöglich gemacht oder wesentlich erschwert haben. Erforderlich erscheint dieses vordringlich im Falle von Flächen oder Funktionen, die standortspezifisch und von einer bereits bestehenden Flächenknappheit gekennzeichnet sind (BMVI 2017).

Auch unter Bezug auf den Vorsorgegrundsatz sollte jedoch keinesfalls nur auf einzelne Modell-Rechnungen von Klima-Projektionen abgestellt werden, da deren Eintrittswahrscheinlichkeit mit modellbedingten Unsicherheiten verbunden ist und die rechtliche Legitimation von Planungs-Entscheidungen allein auf dieser Grundlage somit als fragwür-

dig anzusehen wären. Alternativ sollte auf sogenannte Ensemble-Simulationen zurückgegriffen werden, um allgemeine Trends für die relevanten Klimasignale bzw. Klimaparameter herauszuarbeiten und als Begründung der Festlegungen heranzuziehen. Bei diesem Verfahren werden mehrere Modellrechnungen betrachtet, um durch die Mittelung über mehrere Modelle Unsicherheiten besser einschätzen und daraus Ergebnisse ableiten zu können (2.2.1). Ensemble-Simulationen können die Entwicklung des Klimas innerhalb einer gewissen Spannbreite in der Regel zuverlässiger beschreiben als einzelne Modellläufe.

In einem ersten Schritt zur stärkeren Berücksichtigung der Belange von Klima, Klimaschutz und Klimaanpassung im Rahmen der Regionalplanung bietet sich zudem der sogenannte „No-Regret-Ansatz“ an. Hierbei werden die Festlegungen auf Grundlage von Status-Quo-Analysen getroffen, deren Begründungsrahmen durch in Klima-Projektionen erkennbare und mit vergleichsweise hoher Eintrittswahrscheinlichkeit absehbare Trends ergänzt und gestärkt wird. Somit werden in diesem Ansatz zunächst Festlegungen getroffen, die bereits unter heutigen klimatischen Bedingungen sinnvoll sind (Sicherung und ggf. Weiterentwicklung von bestehenden Funktionen), deren planerische Bedeutung im Zuge des anthropogenen Klimawandels aller Voraussicht nach jedoch noch deutlich zunehmen wird.

Anforderungen an raumordnerische Festlegungen

Aus den eingangs dargestellten Kompetenzen der Raumordnung ergeben sich, auch verfassungsrechtlich und wie im ROG mit den Begriffen „Überörtlichkeit“ und „Überfachlichkeit“ weiter konkretisiert, verschiedene Anforderungen an raumordnerische Festlegungen. Diese sind damit auch bei der Aufnahme klimabezogener Festlegungen in den Regionalplan Detmold zu beachten. Den genannten Kompetenzen der Raumordnung stehen somit auch (weitgehend) klar definierte Grenzen gegenüber, die im Folgenden mit Fokus auf klimabezogene Festlegungen betrachtet werden.

Die gemeindliche Planungshoheit (Art. 28 Abs. 2 Satz 1 GG) steht dabei der Bindung der gemeindlichen Bauleitplanung an Ziele der Raumordnung nicht prinzipiell entgegen, denn die kommunale Selbstverwaltung wird verfassungsrechtlich nur im Rahmen der Gesetze gewährleistet (ständige Rechtsprechung, u. a. BVerwG, Beschluss vom 09.04.2014 – 4 BN 3/14 –, juris). Materiellrechtlich sind solchen Eingriffen jedoch Grenzen gesetzt. Schränkt die Landes- oder Regionalplanung die Planungshoheit einzelner Gemeinden ein, so müssen überörtliche Interessen von höherem Gewicht den Eingriff rechtfertigen. Der Eingriff in die Planungshoheit muss gerade angesichts der Bedeutung der kommunalen Selbstverwaltung verhältnismäßig sein (BVerwG, a.a.O.). Im Folgenden wird diskutiert, in wie weit überörtliche Interessen bei der Sicherung von klimaökologisch bedeutsamen Räumen, Funktionen oder Belastungen anzunehmen und ausreichend begründbar sind.

Überörtlichkeit

Das ROG verlangt grundsätzlich eine Überörtlichkeit der von der Raumordnung erfassten Nutzungen, Funktionen, etc. Somit dürfen in Regionalplänen ausschließlich sogenannte raumbedeutsame Festlegungen im Sinne von § 3 Abs. 1 Nr. 6 ROG getroffen werden. Die überörtlichen Belange besitzen in diesem Fall grundsätzlich ein höheres Gewicht als die

kommunalen oder privaten Belange. Gegenstand raumordnerischer und damit überörtlicher Festlegungen kann somit nicht sein, was in den Regelungsbereich des BauGB fällt.

Die damit auch für klimabezogene Festlegungen zu fordernde Raumbedeutsamkeit regionalplanerischer Festlegungen definiert sich nach § 3 Abs. 6 ROG zunächst grundlegend dadurch, dass ein physischer Raum in Anspruch genommen bzw. die räumliche Entwicklung oder Funktion eines Gebiets durch die adressierten Klimafunktionen oder -wirkungen beeinflusst wird. Eine überörtliche Bedeutung liegt demnach vor, wenn mit der Festlegung entweder raumbeeinflussende Auswirkungen verbunden sind, die über das betroffene Gemeindegebiet hinausgehen, oder aber wenn Raumfunktionen wegen bestehender Lagegunst bzw. aufgrund spezieller Standortbedingungen gesichert oder entwickelt werden. Die Raumbedeutsamkeit lässt sich also räumlich oder funktional nachweisen.

Geht eine Festlegung beispielsweise räumlich über das Hoheitsgebiet einer Gemeinde hinaus, so ist die Festlegung bereits in diesem Sinne überörtlich und raumbedeutsam. Ein klassisches Beispiel hierfür sind Kaltluft-Leitbahnen, die einem Belastungsraum innerhalb einer Stadt oder Gemeinde zugeordnet sind und für den sie eine wichtige Ausgleichsfunktion wahrnehmen, deren Einzugsgebiet oder Transportstrecke jedoch (mehrheitlich) außerhalb der Gemeindegrenzen gelegen sind und somit den kommunal zu regelnden Planungsraum überschreiten.

Für die raumordnerische Sicherung oder Entwicklung verschiedener anderer bioklimatisch relevanter Funktionen ist aber der funktionale Rechtfertigungshintergrund von entscheidender Bedeutung. Auf diese Weise lassen sich letztlich auch raumordnerische Festlegungen begründen, welche nur Teilgebiete einer oder mehrerer Gemeinden betreffen und nicht über einzelne Gemeindegrenzen hinausgehen. Dies gilt immer dann, wenn bestimmte Auswirkungen oder Belastungen von einer Festlegung adressiert werden, deren Vermeidung oder Bewältigung eine überörtliche und überfachliche Betrachtung erfordern. Dies kann bezogen auf den bioklimatischen Aspekt insbesondere größere urbane Agglomerationen betreffen, welche einer besonderen bioklimatischen Belastungssituation ausgesetzt sind, die nicht bereits durch bestehende überörtliche Ausgleichsfunktionen gemildert wird. Bestehen gleichzeitig keine vernünftigen Zweifel daran bestehen, dass der Belastungssituation nicht durch Maßnahmen innerhalb des Gemeindegebiets hinreichend entgegengewirkt werden kann, lässt sich hieraus eine Raumbedeutsamkeit (der Belastung) ableiten.

In einem derartigen Fall begründet schon die (zwar lokale) Betroffenheit die Notwendigkeit eines überörtlichen Handelns, welches sich den Möglichkeiten der kommunalen Planung entzieht und somit das Eingreifen der Regionalplanung legitimiert. Zum Beispiel lässt sich auf diese Weise eine raumordnerische Sicherung von bioklimatisch besonders günstigen Flächen rechtfertigen, auch wenn diese nicht innerhalb derselben Gemeinde gelegen sind, die von der Festlegung betroffene Gemeinde gar keine relevante Belastung aufweist und auch die Festlegung selbst (räumlich) keinerlei Gemeindegrenzen überschreitet. Sollten diese Flächen jedoch für eine bedeutende Anzahl von Betroffenen eines benachbarten Belastungsraumes gut erreichbar sein und als Erholungsraum von den Hitzebelastungen genutzt werden, ließe sich hiermit die Raumbedeutsamkeit begründen. Diesbezüglich besteht eine enge Verwandtschaft zu den gängigen regionalplanerischen Festlegungen in den

sachlichen Teilabschnitten Erholung und Naturschutz (z. B. Schutz regional oder gar über-regional bedeutender oder seltener Landschaften oder Arten).

Ähnliches mag selbst dann gelten, wenn die von der Raumordnung getroffenen Festlegungen zur Sanierung der Belastung (zum Teil) die kommunalen Grenzen des betroffenen Belastungsraumes gar nicht überschreiten. In diesem Fall muss nachvollziehbar dargelegt werden können, dass die bestehende Belastungssituation erst mit Blick auf die gesetzliche Forderung nach einer Gewährleistung flächendeckend vergleichbarer Lebensverhältnisse überhaupt als signifikant ungünstiger und prekär erkennbar wird.

Ein Beispiel für ein derartig zu begründendes raumordnerisches Eingreifen in die kommunale Planungsebene stellt beispielsweise 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 derartiger Festlegungen wird gleichwohl in der Fachwissenschaft derzeit noch unterschiedlich beurteilt. So konstatieren u. a. die Autoren des MORO-Modellvorhabens „Klim-REG – Klimawandelgerechter Regionalplan“ in einem Diskussionspapier (KNIELING, KRETSCHMANN, REITZIG, ZIMMERMANN 2015) in Bezug zur o.g. Zielsetzung, dass diese hinsichtlich der Abgrenzung der raumordnerischen Kompetenzen gegenüber der kommunalen Bauleitplanung rechtlich noch zu überprüfen sei. In der als Ergebnis des Modellvorhabens im Juni 2017 veröffentlichten „Handlungshilfe Klimawandelgerechter Regionalplan“ (herausgegeben vom BMVI) werden die Autoren diesbezüglich noch deutlicher, wenn sie die Auffassung vertreten, dass die Festlegung von Gebieten zur Neuanlage von Grünflächen oder Wald auf Brach- oder Siedlungsflächen, sofern deren klimatische Wirkungen räumlich-funktional auf die unmittelbare Umgebung begrenzt sind, alleinige Aufgabe der kommunalen Planung seien.

Dies zeigt, dass trotz der scheinbar klaren Abgrenzung zwischen der überörtlichen und der örtlichen Planungsebene Grenz- und Konfliktfälle bestehen, welche an den Schnittstellen und Überschneidungsbereichen des mehrstufigen deutschen Planungssystems zu Tage treten. Diese Kompetenzkonflikte werden gegenwärtig in der theoretischen Fachwissenschaft wie auch in der Planungspraxis noch unterschiedlich interpretiert und behandelt. Unstrittig ist allein, dass raumordnerische Festlegungen, die in den genannten Grenz- und Überschneidungsbereich der verschiedenen Planungsebenen fallen, eine besonders umfassende und stichhaltige Überprüfung und Begründung des Kriteriums der Überörtlichkeit von Seiten der Regionalplanung voraussetzen. Darüber hinaus erscheint eine intensive Beteiligung und Abstimmung mit den betroffenen kommunalen Planungsträgern unabdingbar.

Überfachlichkeit

Die Forderung nach einer Überfachlichkeit raumordnerischer Festlegungen grenzt die Kompetenzen der Raumordnung rechtlich gegenüber den Kompetenzen der verschiedenen Fachplanungen ab. Diese überfachliche Dimension der Raumordnung setzt eine abwägende Abstimmung der unterschiedlichen fachlichen Ansprüche an den Raum voraus. Gleichzeitig setzt auch das Kriterium der Überfachlichkeit der Raumordnung weitere Kompetenz-

grenzen. So sind Festlegungen zu unterlassen, welche den jeweiligen Fachplanungen keinen weiteren Konkretisierungs- und Ausgestaltungsspielraum mehr gewähren.

Dass klimabezogene Festlegungen im Allgemeinen einen überfachlichen Charakter aufweisen, ist weitestgehend unstrittig. So betreffen klimatische Fragestellungen zweifelsohne u. a. die Fachbereiche von Siedlungs- und Wirtschaftsentwicklung (Wohn- und Arbeitsqualität, Standort-Attraktivität etc.) wie auch den Erholungssektor sowie Natur- und Artenschutz (Sonderstandorte, Lebensraumansprüche, Standortfaktor der Biodiversität).

Konflikte bzw. Problemfelder ergeben sich bezüglich der Überfachlichkeit vielmehr aus der Tatsache, dass der Regionalplanung im Hinblick auf die Berücksichtigung klimabezogener Belange die Aufgabe zukommt, die durch das Fehlen einer „Klima-Fachplanung“ entstehende Lücke im System der konkurrierenden Fachplanungen auszufüllen. Dies beinhaltet neben der Beantwortung der Frage, welche Ansprüche und Ziele aus den spezifischen klimatischen Anforderungen im Planungsraum abzuleiten sind ebenso das Problem der Abgrenzung dieser Ansprüche und Ziele gegenüber den verschiedenen Fachplanungen, welche ebenfalls in die Lücke der fehlenden „Klima-Fachplanung“ stoßen.

Diesem Konfliktpotenzial sollte bei der Planung klimabezogener raumordnerischer Festlegungen daher durch einen frühzeitigen und intensiven Beteiligungs- und Abstimmungsprozess mit den unterschiedlichen Fachplanungen entgegen gewirkt werden. Von herausgehobener Bedeutung ist in diesem Zusammenhang das Zusammenspiel der Regionalplanung mit der Landschaftsplanung.

Weitere Anforderungen (Bestimmtheit und Datengrundlagen)

Sowohl raumordnerische Ziel- als auch Grundsatz-Festlegungen dürfen im Regelfall nur Rahmenvorgaben beinhalten, welche den nachfolgenden örtlichen Planungsebenen und ggf. Fachplanungen einen weiteren Konkretisierungs- bzw. Ausgestaltungsspielraum belassen (vgl. u. a. BVerwG, Ur.v.18.09.2003, Az. 4 CN 20/02). Zu beachten ist, dass an dieser Stelle keineswegs ein Abwägungsspielraum für die nachfolgenden Ebenen gemeint ist, welcher für Ziele der Raumordnung (anders als für Grundsätze) ausdrücklich nicht besteht. Vielmehr geht es um die konkrete, materielle und räumliche Ausgestaltungs- und Umsetzungsform der raumordnerischen Festlegungen sowie die Berücksichtigung von im Betrachtungsmaßstab der Raumordnung noch nicht hinreichend erkennbaren Belangen.

Gleichwohl dürfen die raumordnerischen Festlegungen gebiets- und parzellenscharf sein – wenngleich die Raumordnung im Allgemeinen als nicht parzellenscharf gilt –, da das nach Artikel 28 Abs. 2 GG zugesicherte gemeindliche Selbstverwaltungsrecht unter dem Vorbehalt des geltenden Gesetzesrahmens steht und das Raumordnungsgesetz im Allgemeinen und die §§ 1 und 4 ROG im Speziellen an dieser Stelle die Raumordnung zu derartigen Eingriffen in die kommunale Selbstverwaltung legitimieren.

Zwingend zu beachten ist hierbei allerdings in jedem Einzelfall der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit. Dieser besagt, dass eine Maßnahme geeignet, erforderlich und angemessen sein muss. Der Eingriff in die gemeindliche Planungshoheit muss diesen Anforderungen genügen. Dies bezieht sich z. B. auf das Verhältnis von Nutzen, Dringlichkeit und räumli-

cher Bestimmtheit einer Festlegung zu dem quantitativ-flächenmäßigen (z. B. Anteil betroffener Gemeindefläche) und qualitativen (z. B. Detailgrad der Festlegung, Ausschlussgrad anderer Nutzungen) Umfang der kommunalen Einschränkung. Was in diesem Sinne als angemessen oder aber unangemessen anzusehen ist, entzieht sich naturgemäß einer allgemeingültigen Definition und ist im Zuge einer Einzelfallentscheidung zu beurteilen.

Hinsichtlich der Anforderungen an die fachliche Bestimmtheit und damit auch an Qualität und Aussagekraft der für einzelne raumordnerische Festlegungen heranzuziehenden Datengrundlagen und Fachgutachten ist zwischen Ziel- und Grundsatzfestlegungen zu differenzieren. Insbesondere Zielfestlegungen sind auf Basis von konkreten, empirisch oder für den betroffenen Raum modellhaft-theoretisch ableitbaren Daten zu treffen. Die Daten müssen dem Konkretisierungs- und Bestimmtheitsgrad der Festlegungen angemessen und entsprechend raumspezifisch sein. Mehr oder weniger politisch, allgemein begründete Festlegungen ohne unmittelbaren Raumbezug erfüllen diese Anforderungen nicht (BAUMGART & TERFRÜCHTE 2013).

Die Bewertung der regionalplanerisch zur Verwendung kommenden Daten muss sich ferner an fachlichen Standards und dem allgemeinen Stand der Wissenschaft orientieren, um willkürliche, fachlich unbegründete Festlegungen auszuschließen. In der Planungspraxis werden derartige Grundlagendaten der Regionalplanung von den jeweiligen Fachplanungen oder der kommunalen Planung zur Verfügung gestellt. Beispiele stellen der Fachbeitrag Landwirtschaft oder auch der Fachbeitrag des Naturschutzes und des Landschaftspflege dar.

Einen Fachbeitrag Klima, wie er in NRW für den Regionalplan Detmold nun erstmalig vorliegt, gibt es indes in den meisten Fällen bislang noch nicht. Somit liegt hiermit nun zum ersten Mal ein den Anforderungen an Festlegungen der Raumordnung genügender, einheitlicher Grundlagendatensatz zum stärkeren Einbezug klimatischer Belange in die raumordnerische Planung vor. Sowohl Auflösung als auch fachliche Eignung und Qualität der hier ermittelten Daten entsprechen den fachwissenschaftlich geltenden Standards, sodass den genannten raumordnerischen Anforderungen durch die im Folgenden dargestellten Daten entsprochen wird.

4.1.2. Methodik der Klimaanalyse NRW

In diesem Abschnitt werden die wesentlichen Aspekte der Methodik beschrieben, die im Rahmen der Klimaanalyse NRW angewandt wurde. Die detaillierte und umfassende Beschreibung des methodischen Vorgehens der Untersuchung kann dem LANUV-Fachbericht „Klimaanalyse NRW“ (LANUV 2018) entnommen werden, der auf der Webseite des LANUV heruntergeladen werden kann.

4.1.2.1 Grundlagen

Als Grundlage für die Analyse und Bewertung der siedlungsklimatischen Zusammenhänge in der Planungsregion Detmold dienen die modellierten meteorologischen Parameter der Klimaanalyse NRW. Für die gesamte Landesfläche Nordrhein-Westfalens wurde im Rahmen dieser Untersuchung eine Modellierung der klimatischen Situation durchgeführt, um die komplexen klimatischen Prozesse und Zusammenhänge zu untersuchen. Das verwendete mesoskalige Modell FITNAH simuliert dabei die Entwicklung verschiedener klimatischer Parameter wie beispielsweise Wind oder Temperatur über einen Tagesgang und in einem Raster von 100 m × 100 m. Für jede meteorologische Variable wird in der Modellierung eine physikalisch fundierte mathematische Berechnungsvorschrift aufgestellt. Das Modell basiert, wie Wettervorhersage- und Klimamodelle auch, 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). Die Grundlagen dieses Modells sowie eine detaillierte Beschreibung von FITNAH ist der entsprechenden Fachliteratur zu entnehmen (z. B. GROß 1993).

Im Rahmen der Modellierung wird für alle Flächen im Land dieselbe Ausgangssituation als Startbedingung angenommen. Diese stellt eine für NRW typische sommerliche Strahlungswetterlage dar, die für die Hitzebelastung relevant ist: Eine Lufttemperatur von 20 °C um 21 Uhr, ein wolkenloser Himmel und keine überregionalen Windströmungen. Aus den Ergebnissen der Modellierung werden die klimaökologischen Funktionen aller Flächen im Land abgeleitet und sowohl für die Nachtsituation (4 Uhr) als auch für den Tag (15 Uhr) ausgewertet.

Methodischer Ausgangspunkt für die Analyse der klimaökologischen Funktionen ist dabei die Gliederung der Landesfläche in drei Raumkategorien:

- Siedlungsraum, beurteilt hinsichtlich der thermischen Belastung (Wirkräume)
- Freiraum (unbebaute und vegetationsgeprägte Flächen), beurteilt hinsichtlich ihrer thermischen Ausgleichsfunktion (Ausgleichsräume)
- Luftaustauschprozesse, welche allein thermisch („Flurwindssystem“) oder thermisch-orographisch angetrieben (Kaltluftabfluss, „Berg-Talwindssystem“) sein können und teils erhebliche Entfernungen überbrückend Wirk- und Ausgleichsräumen miteinander verbinden (Kaltluftleitbahnen¹).

Aus dieser Untergliederung in Wirk- und Ausgleichsräume sowie verbindende Strukturen ergibt sich ein komplexes Bild vom klimaökologischen Prozesssystem der Luftaustauschströmungen, welches kartographisch in Form der Klimaanalysekarten abgebildet ist. Anschließend werden in einem weiteren Schritt die Empfindlichkeiten dieser Funktionen bzw. Räume gegenüber strukturellen Veränderungen bewertet. Die damit verbundene Umsetzung in raumspezifische klimaökologische Qualitätsziele mündet in Handlungsempfehlun-

¹ Aufgrund des landesweiten Betrachtungsmaßstabs der Klimaanalyse NRW sowie der Fokussierung des Fachbeitrages Klima auf die Regionalplanung wurden lediglich überörtlich bedeutsame Leitbahnen ermittelt und separat dargestellt. Das zugrundeliegende Strömungsfeld wurde indes landesweit berechnet und steht als Geodatenatz zur Verfügung, welcher z. B. auch von Kommunen genutzt werden kann.

gen. Durch konkrete Zuordnung planungsrelevanter Aussagen zu den wichtigen, das klimaökologische Prozessgeschehen steuernden Strukturelementen wie z. B. Kaltluftentstehungsflächen können Flächen benannt werden, die in ihrem Bestand gesichert und vor negativen Einflüssen geschützt werden sollen. Andererseits werden Belastungsräume mit einem Mangel an Durchlüftung identifiziert, welche dementsprechend sanierungsbedürftig sind.

Dieses Vorgehen unterscheidet sich damit von der alleinigen Betrachtung auf der Basis von Klimatopen (Bereiche mit vergleichbaren mikroklimatischen Verhältnissen). Bei der im Rahmen der Klimaaanalyse NRW angewandten Methodik sind deutlich mehr Informationen und Daten zur lokalen klimaökologischen Situation eingeflossen. Es handelt sich also um eine detailliertere Betrachtung der örtlichen Situation. Die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung eingesetzte Methode bietet beispielsweise den Vorteil, dass das Luftaustauschgeschehen und die Verhältnisse der bodennahen Atmosphäre gegenüber der Bestimmung von Klimatopen noch deutlich umfassender abgebildet werden. Über die Inhalte der VDI Richtlinie 3787 Blatt 1 „Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen“ (VDI 2015) hinausgehend wird dabei zusätzlich zur Nachtsituation auch die Situation am Tage modelliert und eine zusammenfassende Gesamtbetrachtung beider Zeiträume vorgenommen.

Somit liegt eine räumlich hochauflösende Information und Bewertung der klimaökologischen Gegebenheiten sowohl für die Nacht- und die Tag-Situation vor. Diese bilden die zentrale klimafachliche Datengrundlage zu Beurteilung klimaökologischer Funktionen in Planungsprozessen auf regionaler Ebene und können auch für die kommunale Ebene Hinweise liefern.

Basierend auf den Ergebnissen der modellgestützten Klimaaanalyse erfolgen mit dem Ziel der planerischen Inwertsetzung und Aufbereitung der Ergebnisse die Ableitung planungsrelevanter Aussagen sowie eine Auseinandersetzung mit den Möglichkeiten einer Integration der Analyseergebnisse in raumplanerische Instrumente. Als zentrales Produkt dieser regionalplanungsbezogenen Auswertung, welche durch die Träger der Regionalplanung in Ermangelung einer zugeordneten Fachplanungsbehörde in aller Regel nicht selbst geleistet werden kann, wird basierend auf den Ergebnissen der Klimaaanalyse NRW eine zusätzliche Karte dargestellt, deren Inhalte bereits an die Anforderungen und Bedürfnisse der Regionalplanung angepasst sind und die sich unterstützend an den Planungsträger richtet (Abbildung 47, Karte *Planungsempfehlungen Regionalplanung*).

Darüber hinaus können die Klimaaanalysekarten (Tag, Nacht, Gesamtbetrachtung) auch für die kommunale Planungsebene und als Basis für ggf. weiterführende, detailliertere Untersuchungen dienen. Die Ergebnisse der Untersuchung werden der Bezirksregierung Detmold vollständig übergeben. Dies schließt digitale Geodaten ein.

4.1.2.2 Klimaanalyse Nachtsituation

Für die Analyse der Nachtsituation werden meteorologische Parameter wie Temperaturfeld, Kaltluftvolumenstrom und autochthones Strömungsfeld modelliert und in ihrer flächenhaften Ausprägung dargestellt. Der Zeitpunkt 4 Uhr morgens wird hierfür herangezogen, da er dem Auftreten des Temperaturminimums im Tagesgang entspricht und die Kaltluftströmung in etwa ihr Maximum erreicht.

Grün- und Freifläche (Ausgleichsflächen)

Da Grün- und Freiflächen klimaökologische Ausgleichsräume darstellen und über Flurwinde die Wärmebelastung in den Siedlungsflächen verringern können, ist in der Nachtsituation für die Grünflächen ihr Kaltluftproduktionspotenzial entscheidend. Die Grünflächen werden nach ihrer Kaltluftlieferung anhand des mittleren Kaltluftvolumenstroms in Kubikmeter pro Sekunde (m^3/s) gegliedert; er drückt den Zustrom von Kaltluft aus der benachbarten Rasterzelle aus. Zur Bewertung wurde in Ermangelung von absoluten Schwellen- oder Grenzwerten bzw. aufgrund des fehlenden direkten Wirkzusammenhangs zur Physiologie des menschlichen Organismus eine z-Transformation (VDI 2008A) durchgeführt. Somit ergibt sich eine Bewertung, die auf den Gebietsmittelwert von NRW zurückgeht und positive Abweichungen entsprechend gut (überdurchschnittliche Kaltluftproduktion) und negative entsprechend als schlechter (unterdurchschnittlich) bewertet. Die entsprechenden Klassengrenzen sind in nachfolgender Tabelle 35 dargestellt:

Tabelle 35: Bewertung des Kaltluftvolumenstroms

z-Wert	Kaltluftvolumenstrom	Qualitative Bewertung
>1	>2700 m^3/s	sehr hoch
>0 bis 1	>1500 bis 2700 m^3/s	hoch
>-1 bis 0	>300 bis 1500 m^3/s	mittel
≤ -1	$\leq 300 \text{ m}^3/\text{s}$	gering

Das Kaltluftströmungsfeld, das sich während einer sommerlichen, austauscharmen Strahlungswetternacht ausbildet, wird in der Klimaanalysekarte durch Pfeile dargestellt. Die momentane Strömungsrichtung und Strömungsgeschwindigkeit wird über die Pfeilrichtung und Pfeilgröße in Form von Vektoren abgebildet, wobei die Pfeile für eine übersichtlichere Darstellung nicht im 100 m-Raster, sondern als Mittelpunkt für jede Grünfläche vorliegen, sofern die Fläche mindestens einen „mittleren Kaltluftvolumenstrom“ aufweist und größer als 2 ha ist.

Siedlungsraum (Wirkraum)

Ein erholsamer Schlaf ist nur bei günstigen thermischen Bedingungen möglich, womit der Belastungssituation in den Nachtstunden eine besondere Bedeutung zukommt. Da die klimatischen Verhältnisse der Wohnungen in der Nacht im Wesentlichen nur durch den Luftaustausch mit dem Außenbereich modifiziert werden können, ist die Temperatur der Außenluft der entscheidende Faktor bei der Bewertung der thermophysiologischen Belastung der Bewohner. Entsprechend spiegelt die Beurteilung des Bioklimas weniger die thermi-

sche Beanspruchung des Menschen im Freien wider, als vielmehr die positive Beeinflussbarkeit des nächtlichen Innenraumklimas. Für die Siedlungsräume ist die mögliche Überwärmung und somit die Bildung einer urbanen Wärmeinsel (UHI, engl.: urban heat island) der entscheidende Faktor, weshalb die Untergliederung der Siedlungsflächen anhand der nächtlichen Lufttemperatur vorgenommen wird (Tabelle 36).

Die Bewertung der nächtlichen Schlaftemperatur erfolgt zum einen unter der Annahme, dass eine für den Menschen optimale Schlafumgebungstemperatur zwischen 16 und 18 °C liegt (UMWELTBUNDESAMT 2015) und folgt zum anderen der Definition einer Tropennacht, in der die Lufttemperatur (außen) nicht unter 20 °C absinkt und als besonders belastend für den menschlichen Organismus gilt (u. a. UMWELTBUNDESAMT 2015).

Tabelle 36: Bewertung der nächtlichen Überwärmung im Siedlungsraum

Lufttemperatur	Qualitative Bewertung
>17,0 °C	keine UHI vorhanden
>17,0 bis 18,5 °C	schwache UHI
>18,5 bis 20,0 °C	mäßige UHI
>20,0 °C	starke UHI (Tropennacht)

4.1.2.3 Klimaanalyse Tagsituation

Die Klimaanalysekarte für die Tagsituation trifft Aussagen über die thermische Belastung der Menschen zum Zeitpunkt 15 Uhr. Dies entspricht in etwa dem Zeitpunkt des Auftretens des Temperaturmaximums im Tagesgang. Zur Bewertung eignet sich sowohl für den Siedlungsraum als auch für die Grünflächen der human-bioklimatische Index PET am besten, der verschiedene Einflussgrößen auf das thermische Empfinden zusammenfassend bewertet. Die physiologisch äquivalente Temperatur (englisch: Physiological Equivalent Temperature, PET) ist ein Maß zur Beschreibung des thermischen Empfindens bei wechselnden Umgebungsbedingungen. Eine thermische Belastung kann sowohl durch Kälte als auch durch Hitze verursacht werden. Neben der Temperatur berücksichtigt der PET-Wert auch weitere Einflüsse wie die Luftfeuchtigkeit oder die Sonnenstrahlung.

Für die PET existiert in der VDI-Richtlinie 3787, Blatt 9 eine absolute Bewertungsskala, die das thermische Empfinden und die physiologischen Belastungsstufen quantifizieren (z. B. Starke Wärmebelastung ab PET 35 °C; VDI 2004). Ein PET-Wert zwischen 18 °C und 23°C beschreibt ein Temperaturempfinden, das als behaglich bezeichnet wird. Die Bewertung der thermischen Belastung im Untersuchungsgebiet für die Tagsituation orientiert sich daher an dieser Skala (Tabelle 37).

Tabelle 37: Bewertung der thermischen Belastung anhand der PET

PET	Qualitative Bewertung („Wärmebelastung“)
≤29 °C	schwach
>29 bis 35 °C	mäßig
>35 bis 41 °C	stark
>41 °C	extrem

4.1.2.4 Gesamtbetrachtung

Das Ziel der Klimaaanalyse ist es, eine klimatische Gesamtbetrachtung für das Untersuchungsgebiet zu treffen, auf deren Basis planungsrelevante Aussagen abgeleitet werden können. Dies wird für die Nacht- und Tagsituation mit der in den vorangegangenen Abschnitten dargestellten Methodik zur Erstellung der Klimaaanalysekarten geleistet. Um aus diesen Einzelbetrachtungen eine thermische Gesamtbewertung abzuleiten, greift die Klimaaanalysekarte *Gesamtbetrachtung* das nächtliche Kaltluftprozessgeschehen auf und geht zusätzlich auf die Wärmebelastung am Tage ein. Da insbesondere für Risikogruppen auch die Hitzebelastung am Tag eine wichtige Rolle spielt, wird diese zusammen mit der mangelnden nächtlichen Erholung in der Gesamtbetrachtung berücksichtigt.

Die Gesamtbetrachtung zielt darauf ab, eine integrierte Bewertung der in den Klimaaanalysekarten zur Tag- und zur Nachtsituation dargestellten Sachverhalte im Hinblick auf planungsrelevante Belange vorzunehmen. So lassen sich Schutz- und Entwicklungsmaßnahmen zur Verbesserung des Klimas ableiten sowie Räume identifizieren, für welche vor dem Hintergrund zukünftig steigender Temperaturen Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel zu priorisieren sind. Zusätzlich zur qualitativen Gesamtbewertung werden auf Basis dieser Einteilung auch informelle Planungshinweise erstellt. Diese geben Auskunft über die Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsänderungen, aus denen sich klimatisch begründete Anforderungen und Maßnahmen im Rahmen der räumlichen Planung ableiten lassen, beispielsweise zum Flächenerhalt oder zur Weiterentwicklung von Flächen.

Die Bewertung des Siedlungs- und Freiraums erfolgt in Anlehnung an die VDI-Richtlinien 3785, Blatt 1 bzw. 3787, Blatt 1 (VDI 2008A; VDI 2015). Zusätzlich zu der vorgeschlagenen 4-stufigen Klassifizierung der Belastung in Siedlungsflächen bzw. zur Funktionalität von Grünflächen wird jeweils eine weitere Klasse eingeführt, um Differenzierungen im Stadtgebiet besser abbilden zu können und besonders belastete bzw. bedeutende Gebiete zu erfassen (*Höchste bioklimatische Belastung* bzw. *Ausgleichsfunktion*).

Siedlungsraum (Wirkungsraum)

Der Siedlungsraum stellt in der anthropozentrischen Perspektive der Klimaaanalyse den primären Wirkungsraum des stadtklimatischen Prozessgeschehens dar. Zur Beurteilung der Gesamtsituation in den Siedlungsräumen werden die Einzelergebnisse der Tag- und Nachtsituation aggregiert. Dies erfolgt über eine matrizenbasierte Verknüpfung der Bewertungsklassen zu einem Gesamtergebnis. Die Klassifizierung der Gesamtsituation lässt sich dabei nach Tabelle 38 beschreiben:

Tabelle 38: Klassenbasierte Gesamtbewertung der thermischen Situation in Siedlungsräumen

Klasse	Belastungsstufe
1	sehr günstige thermische Situation
2	günstige thermische Situation
3	weniger günstige thermische Situation
4	ungünstige thermische Situation
5	sehr ungünstige thermische Situation

Dabei werden für Wohn- und Gewerbeflächen separate Matrizen zur Verknüpfung genutzt. Bei Wohnflächen ist ein erholsamer Schlaf für die menschliche Gesundheit als besonders relevant anzusehen. Im Vergleich zur thermischen Belastung am Tage ist die Anpassungskapazität der Bevölkerung an Hitzestress in der Nacht grundsätzlich niedriger einzustufen ist. Daher geht die nächtliche Überwärmung stärker gewichtet in die Berechnung ein (Tabelle 39 links). Demgegenüber wird in der Berechnung der Gesamtsituation für Gewerbeflächen die Tagsituation stärker gewichtet (Tabelle 39 rechts). Gewerbeflächen werden vorwiegend tagsüber genutzt, sodass hier die thermische Belastung am Tage die entscheidende Rolle spielt (Arbeit im Freien, Arbeitswege, Innenraumklima, etc.).

Tabelle 39: Matrix zur Verknüpfung der Bewertung von Tag- und Nachtsituation bei Wohnflächen (links) sowie bei Gewerbeflächen (rechts).

Wohnflächen		nächtliche Überwärmung			
		1	2	3	4
thermische Belastung tagsüber	1	1	2	3	3
	2	1	2	3	4
	3	2	3	4	5
	4	3	3	4	5

Gewerbeflächen		nächtliche Überwärmung			
		1	2	3	4
thermische Belastung tagsüber	1	1	1	1	2
	2	2	2	2	3
	3	3	3	3	4
	4	4	4	4	5

Grün- und Freiflächen (Ausgleichsräume)

Im Gegensatz zu den Einzelbetrachtungen der Klimaanalysekarten für die Tag- und die Nachtsituation stehen in der Gesamtbetrachtung die stadtklimatische Bedeutung von Grünflächen sowie die Ableitung deren Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsänderungen im Mittelpunkt. Zur Bewertung der klimaökologischen Charakteristika im Hinblick auf planungsrelevante Belange bedarf es einer Analyse der vorhandenen Wirkungsraum-Ausgleichraum-Systeme im Untersuchungsgebiet. Kaltluft, die während einer Strahlungsnacht innerhalb der Grünflächen entsteht, kann nur dann von planerischer Relevanz sein, wenn den Flächen ein entsprechender Siedlungsraum zugeordnet ist, der von ihren Ausgleichsleistungen profitieren kann. Für die Bewertung der bioklimatischen Bedeutung von Grünflächen wird ein teilautomatisiertes Verfahren angewendet, welches im Fachbericht der Klimaanalyse NRW im Detail beschrieben wird (LANUV 2018).

Die Grünflächen werden für die Tag- und Nacht-Situation getrennt bewertet und in vier Stufen von *geringe* bis *sehr hohe bioklimatische Bedeutung* eingeteilt. Analog zu den Siedlungsräumen wird für die Gesamtbetrachtung eine fünfte Stufe zur besseren Differenzierung der Grünflächen eingeführt. Die Bewertung der Gesamtsituation erfolgt nach demselben Schlüssel wie bei den Siedlungsräumen, d. h. die Bedeutung in der Nacht wird stärker gewichtet als am Tag (Tabelle 41). Die Klassifizierung der Gesamtsituation lässt sich dabei nach Tabelle 40 beschreiben:

Tabelle 40: Klassenbasierte Gesamtbewertung der thermischen Ausgleichfunktion von Grün- und Freiflächen

Klasse	Bedeutung
1	geringe thermische Ausgleichsfunktion
2	mittlere thermische Ausgleichsfunktion
3	hohe thermische Ausgleichsfunktion
4	sehr hohe thermische Ausgleichsfunktion
5	höchste thermische Ausgleichsfunktion

Die Bewertung der Grünflächen ist – wie die gesamte Studie – anthropozentrisch ausgerichtet, d. h. Flächen, die für den derzeitigen Siedlungsraum keine Funktion erfüllen bzw. keinen Ausgleichsraum darstellen, werden entsprechend gering bewertet. Im Falle zusätzlicher Bebauung im Bereich dieser Flächen kann sich deren Funktion jedoch ändern und muss dann ggf. neu bewertet werden.

Tabelle 41: Matrix zur Verknüpfung der Bewertung von Tag- und Nachtsituation bei Grünflächen

Grünflächen		nächtliche Überwärmung			
		1	2	3	4
thermische Belastung tagsüber	1	1	2	3	3
	2	1	2	3	4
	3	2	3	4	5
	4	3	3	4	5

Für die Bewertung von Grünflächen in der Nacht steht der Kaltluftaustausch im Fokus der Betrachtungen. So hängt die Bedeutung der Grünflächen vor allem von ihrer Entfernung zu belasteten Siedlungsräumen (ohne Gewerbe) ab. Grünflächen im Umfeld belasteter Wohnflächen kommt grundsätzlich eine hohe Bedeutung zu. Zusätzlich zu ihrem Kaltluftliefervermögen wirken sie ausgleichend auf das thermische Sonderklima in ihrem meist dicht bebauten Umfeld. Je stärker die Wohnfläche belastet ist, desto wichtiger sind Grünflächen als Ausgleichsflächen, sodass die Entfernung zu diesen Wohnflächen entsprechend differenziert wird.

4.1.2.5 Klimawandel-Vorsorgebereiche

Die bisherigen methodischen Beschreibungen zur Klimaanalyse NRW mit den Klimaanalysearten *Nachtsituation*, *Tagsituation* und *Gesamtbetrachtung* beziehen sich auf die Bewertung der thermischen Verhältnisse in der Ist-Situation. Darüber hinaus werden in den Karten auch Klimawandel-Vorsorgebereiche dargestellt, die veranschaulichen sollen, welche Auswirkungen durch den fortschreitenden Klimawandel hinsichtlich der bioklimatischen Belastung der Bevölkerung in NRW zu erwarten sind. Somit kann die Bedeutung von Pla-

nungsaussagen für diese Flächen gesteigert bzw. die Information in die Priorisierung zur Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen mit einbezogen werden (VDI 2015).

Die Ausweisung der Klimawandel-Vorsorgebereiche erfolgt analog zur Klimaanalyse zum einen getrennt für die Tag- und Nachtsituation, zum anderen als Gesamtbewertung. Der Fokus für die Ausweisung der Klimawandel-Vorsorgebereiche liegt dabei auf den thermisch belasteten Siedlungsgebieten, für die im Sommer eine Verschlechterung der bioklimatischen Situation durch den Klimawandel erwartet wird. Da die Grünflächen auch im fortschreitenden Klimawandel ihre Funktion als Ausgleichsflächen weitestgehend beibehalten, wurden für Grün- und Freiflächen keine Vorsorgebereiche definiert.

Grundlage für die Darstellung ist die aus den regionalisierten Klimaprojektionen für NRW abgeleitete Erwartung, dass die durchschnittliche Jahres- sowie Sommertemperatur in NRW bis zum Jahr 2050 um etwa 1 K ansteigen wird (für die Planungsregion Detmold liegen die Werte zwischen +0,7 K und +1,7 K, siehe Kapitel 2.2.3). Konkret werden mit den Vorsorgebereichen jene Siedlungsbereiche dargestellt, die nach einer pauschalen Beaufschlagung auf die in der Klimaanalyse ermittelte Nacht- bzw. Tagsituation bezüglich der Belastung neu in die jeweils höchste Belastungsklasse einzuordnen wären. Der pauschale Aufschlag wird für die Nachtsituation auf 1 °C Lufttemperatur festgelegt. Der Aufschlag für die bei der Beschreibung der Belastung am Tage verwendeten PET-Werte wird auf 1,5 °C festgelegt, was in etwa einer Zunahme der Lufttemperatur von 1 °C entspricht.

In der zusammenfassenden Gesamtbetrachtung, die anders als die Klimaanalysekarten fünf anstatt vier Belastungsklassen umfasst, werden nicht nur die Flächen als Vorsorgebereiche dargestellt, die durch einen Temperaturaufschlag neu in die höchste Belastungsklasse (Klasse 5) aufsteigen, sondern auch die Flächen, die neu in der zweithöchsten Belastungsklasse (Klasse 4) einzuordnen sind. Für die Ableitung der Klimawandel Vorsorgebereiche in der Gesamtbetrachtung wird entsprechend der Bewertungsmethodik für die thermische Belastung das matrixbasierte Bewertungsschema (Tabelle 39) angewendet. Als Basis dienen jedoch die „beaufschlagten“ Klassen der Klimaanalyse von Tag- und Nachtsituation.

4.1.2.6 Berechnung der Anzahl der betroffenen Bevölkerung

Im Rahmen der Klimaanalyse wurde auch untersucht, wie viele Menschen in NRW von den jeweils ermittelten klimatischen Belastungen in den Siedlungsräumen betroffen sind. Auf Grund fehlender detaillierterer Daten zur Bevölkerung und ihrer räumlichen Verteilung auf Landesebene wurde die Anzahl der Betroffenen mit Hilfe gemeindespezifischer Bevölkerungsdichten näherungsweise abgeschätzt.

Die Bevölkerungsdichte wurde ermittelt, in dem die Anzahl der Einwohner einer Gemeinde (Datenquelle: IT NRW, Stand 31.12.2015) ins Verhältnis zur jeweiligen Siedlungsfläche gesetzt wurde. Zur Siedlungsfläche zählen dabei sowohl Wohn- als auch Gewerbe und Industrieflächen. Anschließend wurden zur Auswertung der jeweiligen Betroffenenzahlen in den einzelnen Belastungsklassen für jede Gemeinde die Flächengröße der jeweiligen Klas-

se mit der gemeindespezifischen Bevölkerungsdichte je Hektar Siedlungsfläche multipliziert.

Dieser Ansatz liefert Orientierungswerte, da er von einer auf der gesamten Siedlungsfläche einer Gemeinde einheitlichen Bevölkerungsdichte bzw. einer gleichmäßigen Einwohnerverteilung ausgeht, ist er jedoch mit Ungenauigkeiten verbunden. Diese erscheinen jedoch vor dem Hintergrund der landesweiten Betrachtung der Klimaanalyse bzw. des regionalen Fokus des Fachbeitrages Klima unvermeidbar und müssen im Einzelfall vor Ort auf Ebene von Stadtbezirken, Quartieren oder Straßenzügen konkretisiert werden.

4.1.2.7 Abgrenzung von Bereichen mit überörtlicher Bedeutung

Zur Ableitung von Handlungsempfehlungen für die Regionalplanung wird über die bisherigen Ausführungen hinaus untersucht, welche Bereiche klimaökologische Funktionen oder Funktionsstörungen aufweisen, die eine überörtliche und damit regionale Bedeutung haben (zum Kriterium der überörtlichen Bedeutung siehe Kapitel 4.1.1 *Anforderungen an raumordnerische Festlegungen*). Dieser Punkt ist relevant für die Frage, ob eine regionalplanerische Steuerung in Bezug auf die entsprechenden Bereiche und ihre klimaökologischen Funktionen geboten ist, oder ob die Zuständigkeit eher bei der kommunalen Planung zu sehen ist.

Die Abgrenzung und räumliche Konkretisierung von Bereichen mit überörtlicher klimaökologischer Bedeutung erfolgt dabei aus der Perspektive der landesweiten Betrachtung der Klimaanalyse NRW. Grundlage hierfür sind die landesweit verfügbaren Ergebnisse und Daten der Studie sowie die Verwendung einheitlicher Kriterien und Parameter. Die so identifizierten Bereiche mit regional bedeutsamen klimaökologischen Funktionen bzw. Funktionsstörungen in der Planungsregion Detmold sind daher durch die landesweite Perspektive der Untersuchung und dem damit verbundenen Maßstab und Detaillierungsgrad mit einem gewissen Abstraktionsgrad verbunden. Sie sind als Hinweise und klimafachliche Hilfestellung für die regionale Planung zu verstehen. Im Einzelfall ist die Frage, ob eine überörtliche klimaökologische Bedeutung vorliegt, vor Ort genauer zu untersuchen.

Eine ausführliche Beschreibung der Ableitung und Begründung der überörtlichen Bedeutung von Funktionen, Belastungen und Prozessräumen kann Anhang A2 entnommen werden. Im Folgenden werden die wesentlichen Aspekte beschrieben. Unterschieden wird bei der Abgrenzung der Überörtlichkeit zwischen

- überörtlich bedeutsamen Bereichen mit nächtlicher Überwärmung,
- Ortslagen mit überörtlich bedeutender Überhitzung am Tag,
- Kaltluft-Leitbahnen mit überörtlicher Bedeutung samt der ihnen zuzuordnenden Kaltluft-Einzugsgebiete und
- bioklimatischen Gunsträumen mit überörtlicher Bedeutung am Tag.

Als Voraussetzung für Bereiche, welche im regionalen Maßstab als bedeutsam anzusehen sind, die also ein regionalplanerisches Eingreifen rechtfertigen und erfordern, wird dabei in der Regel die Kombination einer erheblichen klimaökologischen Bedeutung (Belastung o-

der Ausgleichsfunktion) sowie einer im landesweiten Maßstab großen Betroffenenzahl angesehen. Die entsprechenden Betroffenenzahlen werden näherungsweise ermittelt durch die Verschneidung der jeweiligen Flächen mit der gemeindespezifischen Bevölkerungsdichte (4.1.2.6).

Die Betroffenenzahl erlaubt Rückschlüsse auf eine mögliche Überörtlichkeit von klimaökologischen Funktionen, da anzunehmen ist, dass je größer die Betroffenenzahl ist, es gleichermaßen schwieriger und unwahrscheinlicher wird, dass den entsprechenden Belastungen hinreichend entgegenwirkende Maßnahmen von der betroffenen Kommune allein ergriffen und durchgeführt werden können. Darüber hinaus werden die als regional bedeutsam eingestuften Bereiche zum Teil auch nochmals hinsichtlich ihrer klimaökologischen Bedeutung bzw. Priorität bewertet.

Überörtlich bedeutsamen Bereichen mit nächtlicher Überwärmung

Als Gemeinden mit einer nächtlichen Überwärmung von überörtlicher Bedeutung werden die Kommunen eingestuft, die im NRW-weiten Vergleich die größten Betroffenenzahlen in der höchsten Belastungskategorie („starke Überwärmung“) aufweisen. Maßgebend für die Belastungssituation sind demnach Bereiche mit einer frühmorgendlichen (4 Uhr) Temperatur von mehr als 20 °C in der zugrundeliegenden Modellrechnung der Klimaanalyse NRW.

Zur Einordnung der Betroffenenzahlen wird das NRW-weite 85 %-Quantil herangezogen. Das bedeutet, dass eine überörtliche Bedeutung der Belastung in der Nacht für die Gemeinden angenommen wird, die zu den 15 % der Städte in NRW mit der größten Zahl von Betroffenen in der höchsten Belastungskategorie zählen. Bei 185 Gemeinden in NRW, die in der Nacht Bereiche mit einer starken Überwärmung aufweisen, ergibt sich demnach eine überörtliche Bedeutung dieser Belastung für die 28 Kommunen mit den meisten Betroffenen. Im Ergebnis sind dies alle Städte mit mehr als 8.000 Betroffenen in der höchsten Belastungsklasse.

Die Gemeinden mit einer nächtlichen Belastungssituation von regionaler Bedeutung werden anschließend hinsichtlich ihrer Priorität bzw. des Handlungsbedarfes bewertet. Ein sehr hoher Handlungsbedarf ergibt sich demnach z. B. für die Gemeinden, die zum 95 %-Quantil zählen (5 % der Städte mit den meisten Betroffenen).

Ortslagen mit überörtlich bedeutender Überhitzung am Tag

Zu den Gemeinden mit überörtlich bedeutender Überhitzung am Tag werden alle diejenigen Kommunen gezählt, in denen mindestens 70.000 Einwohner nach der zugrundeliegenden Methodik einer starken bis extremen Hitzebelastung um 15:00 ausgesetzt sind (PET) >35 °C). Dies entspricht dem NRW-weiten 90 %-Quantil, also den 10 % aller Gemeinden mit den meisten Betroffenen. Alle 396 Gemeinden NRWs weisen am Tag Bereiche mit einer starken oder extremen Hitzebelastung auf (höchste und zweithöchste Belastungsklasse). Das 90 %-Quantil in Bezug auf die Anzahl der Betroffenen umfasst somit landesweit insgesamt 40 Kommunen.

Kaltluft-Leitbahnen mit überörtlicher Bedeutung samt der ihnen zuzuordnenden Einzugsgebiete

Als ein geeigneter Indikator für die überörtliche Funktionalität und Bedeutung von Kaltluft-Leitbahnen wird ebenfalls die Größe der betroffenen (bzw. in diesem Fall profitierenden) Bevölkerungsgruppe herangezogen. Einerseits belegt eine im landesweiten Vergleich möglichst große Betroffenenzahl die besondere Bedeutung der Ausgleichsfunktion, andererseits lässt sich aus einer großen Betroffenenzahl auch auf die Größe des Liefergebiets (räumliche Ausdehnung des Einwirkbereichs) und damit indirekt auch auf die Ausdehnung und Intensität der Leitbahn rückschließen. Als Kaltluft-Leitbahn mit überörtlicher Bedeutung werden alle Leitbahnen definiert, die in der Modellierung der Klimaaanalyse NRW mindestens 1.000 Betroffene mit Kaltluft versorgen.

Die anschließende Priorisierung erfolgt auf Basis des berechneten linienbezogenen Abflussvolumens der jeweiligen Leitbahn. Mit einer sehr hohen Priorität werden Leitbahnen mit einem Kaltluftzufluss von mehr als 1,3 Mio m³ pro Sekunde in einem Kernbereich von 1.000 Metern bewertet. Leitbahnen mit mehr als 400.000 m³/s werden als *hohe Priorität* und mit mehr als 40.000 m³/s als *mittlere Priorität* eingestuft. Insbesondere Kaltluftleitbahnen mit sehr hoher oder hoher Priorität sind nach Einschätzung des LANUV dabei für Ziel festlegungen geeignet, Leitbahnen mit mittlerer Priorität eher für Grundsatzfestlegungen.

Die Einzugsgebiete der regional bedeutsamen Kaltluftleitbahnen werden unter Verwendung des in der Klimaaanalyse NRW modellierten Strömungsfeldes abgegrenzt und anschließend unter Berücksichtigung des Abflussvolumens und der Anzahl der profitierenden Einwohner hinsichtlich ihrer Bedeutung bewertet.

Bioklimatischen Gunsträumen mit überörtlicher Bedeutung am Tag

Regional bedeutsame bioklimatische Gunsträume sind definiert als zusammenhängende Freiflächenkomplexe mit maximal schwacher nachmittäglicher Wärmebelastung (PET <28 °C). Als Gunsträume mit sehr hoher Priorität und Aufenthaltsqualität am Tage werden Freiflächen mit einer Mindestgröße von 2 km² und guter Erreichbarkeit (bis maximal 10 km Entfernung zu einem Hauptbelastungsraum) eingestuft. Eine hohe Priorität als Gunstraum für Nah- und Feierabend-Erholung wird für Flächen angenommen, die eine Mindestgröße von 3 ha und eine Maximalentfernung von 400 m zu Hauptbelastungsräumen aufweisen.

Grundsätzlich handelt es sich bei dem beschriebenen Verfahren zur Abgrenzung der überörtlichen klimaökologischen Bedeutung und den gewählten Schwellenwerten um gutachterliche und in Facharbeitsgruppen abgestimmte Parameter. Diese wurden im Rahmen eines iterativen Kalibrierungsprozesses hinsichtlich ihrer Plausibilität überprüft, es existieren für die Wahl dieser Werte jedoch keine rechtlichen oder anderweitig festgelegten Grenzwerte.

Grundprämisse ist hierbei, dass je mehr Einwohner von Belastungen betroffen sind, desto mehr Ausgleichsflächen zur Belastungsminderung erforderlich sein müssen, sodass die Belastungen in der Grundtendenz nicht mehr von den betroffenen Kommunen allein zu

bewältigen sind und somit ein überörtlicher, regionaler Handlungsbedarf besteht. Gleichzeitig nimmt mit der Anzahl der Betroffenen auch die Dringlichkeit von Maßnahmen kontinuierlich zu.

Die unterschiedliche Wahl des Quantils für die Tag- und die Nachtsituation ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass beide Situationen hinsichtlich ihrer belastenden Wirkungen nicht direkt miteinander vergleichbar sind. So reagiert die menschliche Physiologie grundsätzlich sensibler auf zu hoch empfundene Nachttemperaturen, da hier die Erholung durch den Schlaf erheblich eingeschränkt wird, als auf zu hohe Tagestemperaturen. Darüber hinaus können sich die Betroffenen am Tage der Belastung durch das Aufsuchen kühlerer Orte abseits des eigentlichen Wohnortes entziehen, wohingegen sie in der Nacht an ihre Schlafstätten gebunden sind. Dies begründet gerade in Bezug auf die Bewertung regionaler Handlungsbedarfe einen strikteren Schwellenwert, sowohl in der absoluten Zahl der Betroffenen – denn auch insgesamt sind am Tage deutlich mehr Menschen von den höchsten physiologischen Belastungsstufen betroffen als in der Nacht – als auch in Bezug auf die Häufigkeitsverteilung.

Trotz des hier beschriebenen differenzierten Ansatzes zur Bewertung der überörtlichen klimaökologischen Bedeutung ist zu betonen, dass die als regional bedeutsam bewerteten Teilräume zunächst einmal fachgutachterliche Empfehlungen des LANUV darstellen. Diese auf den Ergebnissen der landesweiten Klimaanalyse beruhenden Einschätzungen sollen der Regionalplanung Hinweise auf einen etwaig bestehenden Handlungs- und Steuerungsbedarf geben. Die im Betrachtungsmaßstab der Landesebene erarbeiteten Ergebnisse müssen auf den konkreter werdenden Planungsebenen überprüft und gegebenenfalls modifiziert werden.

Darüber hinaus ist darauf hinzuweisen, dass auch zahlreiche Bereiche, die nicht als überörtlich bedeutsam eingestuft wurden, über besonders hohe Belastungen oder Ausgleichspotenziale verfügen können. Deren klimaökologische Bedeutung ist nicht zwangsläufig geringer ausgeprägt oder von einer geringeren Priorität gekennzeichnet als die der überörtlich bedeutsamen Bereiche. Es wird jedoch nach der hier beschriebenen Methodik angenommen, dass in diesen Fällen die kommunale Planung und nicht die Regionalplanung zuständig ist.

4.1.3. Ergebnisse der Klimaaanalyse für die Planungsregion Detmold

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Klimaaanalyse für die Planungsregion Detmold beschrieben. Exemplarisch werden dabei die Aussagen der jeweiligen Arbeitsschritte kartographisch dargestellt. Neben Karten für die gesamte Planungsregion werden, mit dem Ziel einer besseren Lesbarkeit, die Klimawandel-Vorsorgebereiche ebenso separat abgebildet wie exemplarische Karten mit den Ergebnissen für Bielefeld in einem größeren Maßstab, der die Details der Klimaaanalyse und ihrer Parameter besser erkennen lässt. Der Bezirksregierung Detmold werden alle Karten zusätzlich auch digital in einer hochauflösenden Qualität sowie als editierbare Projektdateien für die Bearbeitung in Geoinformationssystemen übergeben.

Darüber hinaus wird für alle Kategorien die Anzahl der jeweils betroffenen Bevölkerung und Fläche im Siedlungsraum sowie der Fläche im Freiraum angegeben.

4.1.3.1 Klimaaanalyse Nachtsituation

Die Ergebnisse der Klimaaanalyse für die Nachtsituation (Methodik siehe Kapitel 4.1.2.2) in der Planungsregion Detmold geben Aufschluss über den Kaltluftvolumenstrom um 4 Uhr morgens und damit die thermische Ausgleichsfunktion des Freiraums, die damit verbundenen Einwirkbereiche der Kaltluft in den Siedlungsraum sowie dessen thermische Belastung (urbaner Wärmeinseleffekt) (siehe beispielhaft Detailausschnitt Bielefeld, Abbildung 40)

Dabei wird deutlich, dass in der Planungsregion die thermische Belastung in der Nacht vor allem in den größeren Städten wie Bielefeld, Gütersloh, Minden und Paderborn relevant ist (Abbildung 38). In den eher ländlich geprägten Bereichen liegt nur äußerst selten eine starke thermische Belastung vor. Im Freiraum sind insbesondere (süd-) westlich von Teutoburger Wald und Eggegebirge besonders hohe Kaltluftabflüsse zu verzeichnen.

Bei Betrachtung des Siedlungsraums (Wohn-, Gewerbe- und Industrieflächen) wird deutlich, dass für etwas mehr als die Hälfte der Bevölkerung (ca. 1,1 Mio. Menschen, 52,1 % der gesamten Bevölkerung in der Planungsregion) und sogar etwa 57 % der Siedlungsfläche keine thermische Belastung besteht (Temperatur unter 17 °C). Etwa ein Drittel der Bevölkerung ist von einer schwachen Belastung betroffen (ca. 665.000 Menschen, 32,2 %), gut 13 % sind in der Nacht einer mäßigen thermischen Belastung ausgesetzt (280.000 Betroffene). Auf 1,5 % der gesamten Siedlungsfläche (ca. 14,5 km²) ist die thermische Belastung als stark einzuschätzen (>20 °C Lufttemperatur), wovon knapp 39.000 Menschen betroffen sind (Tabelle 42).

Die Gemeinde mit der größten Anzahl an Menschen, die von starker thermischer Belastung in der Nacht betroffen sind, ist Bielefeld (ca. 12.600 Menschen), gefolgt von Gütersloh (ca. 3.800) sowie Rheda-Wiedenbrück und Herford (jeweils ca. 2.900) (Tabelle 43).

Tabelle 42: Klimaanalyse Nachtsituation - Anzahl der betroffenen Bevölkerung und der Siedlungsfläche in der Planungsregion Detmold (Werte Bevölkerung gerundet)

Urbane Wärmeinsel (UHI) (thermische Belastung)	Anzahl betroffene Bevölkerung (Anteil Gesamtbevölkerung)	betroffene Siedlungsfläche in km ² (Anteil gesamte Siedlungs- fläche)
keine (≤17 °C)	1.072.300 (52,1 %)	534,5 (57,2 %)
schwach (>17 bis 18,5 °C)	665.200 (32,3 %)	276,8 (29,6 %)
mäßig (>18,5 bis 20 °C)	281.600 (13,7 %)	109,2 (11,7 %)
stark (>20 °C)	38.900 (1,9 %)	14,5 (1,5 %)

Tabelle 43: Klimaanalyse Nachtsituation - Anzahl der betroffenen Bevölkerung und der Siedlungsfläche mit starker thermischer Belastung nach Gemeinden (Werte Bevölkerung gerundet)

Gemeinde	Anzahl betroffene Bevölkerung (Anteil Gesamtbevölkerung)	betroffene Siedlungsfläche in km ² (Anteil gesamte Siedlungsfläche)
Bielefeld	12.600 (3,8%)	3,4 (3,8%)
Gütersloh	3.800 (3,9%)	1,4 (3,9%)
Rheda-Wiedenbrück	2.900 (6,1%)	1,1 (6,1%)
Herford	2.900 (4,4%)	1,1 (4,4%)
Minden	2.500 (3,1%)	1,0 (3,1%)
Paderborn	2.300 (1,6%)	0,7 (1,6%)
Lemgo	1.500 (3,6%)	0,6 (3,6%)
Harsewinkel	1.400 (5,5%)	0,7 (5,5%)
Hiddenhausen	1.000 (4,9%)	0,4 (4,9%)
Detmold	900 (1,3%)	0,4 (1,3%)

Abbildung 39 zeigt, dass sich auch die Klimawandel-Vorsorgebereiche (siehe Kapitel 4.1.2.5), also jene Siedlungsbereiche, die bei einem pauschalen Temperaturaufschlag von 1 K zusätzlich der höchsten nächtlichen Belastungsklasse zuzuordnen wären (starke thermische Belastung, >20 °C), insbesondere auf die größeren Städte wie Bielefeld, Paderborn, Gütersloh, Herford und Minden und damit auf die dichter besiedelten Räume in der Region konzentrieren. Insbesondere in diesen schon heute überproportional belasteten Bereichen wird sich die Problematik der thermischen Belastung in der Nacht also zukünftig weiter verschärfen.

Im Freiraum ist in der Planungsregion ein Großteil der Flächen von einem mittleren Kaltluftvolumenstrom (zwischen 300 und 1.500 m³/s, knapp 2.600 km² bzw. etwa 45 % aller Flächen im Freiraum,) oder einem hohen Kaltluftvolumenstrom geprägt (zwischen 1.500 und 2.700 m³/s, ca 2.000 km² bzw. 35 % aller Flächen im Freiraum). Einen sehr hohen nächtlichen Kaltluftvolumenstrom von mehr als 2.700 m³/s weisen gut 1.000 km² und damit etwa 18 % aller Flächen des Freiraums in der Region auf. Nur gut 1 % aller Freiraumflächen verfügt über einen geringen Kaltluftvolumenstrom von weniger als 300 m³/s.

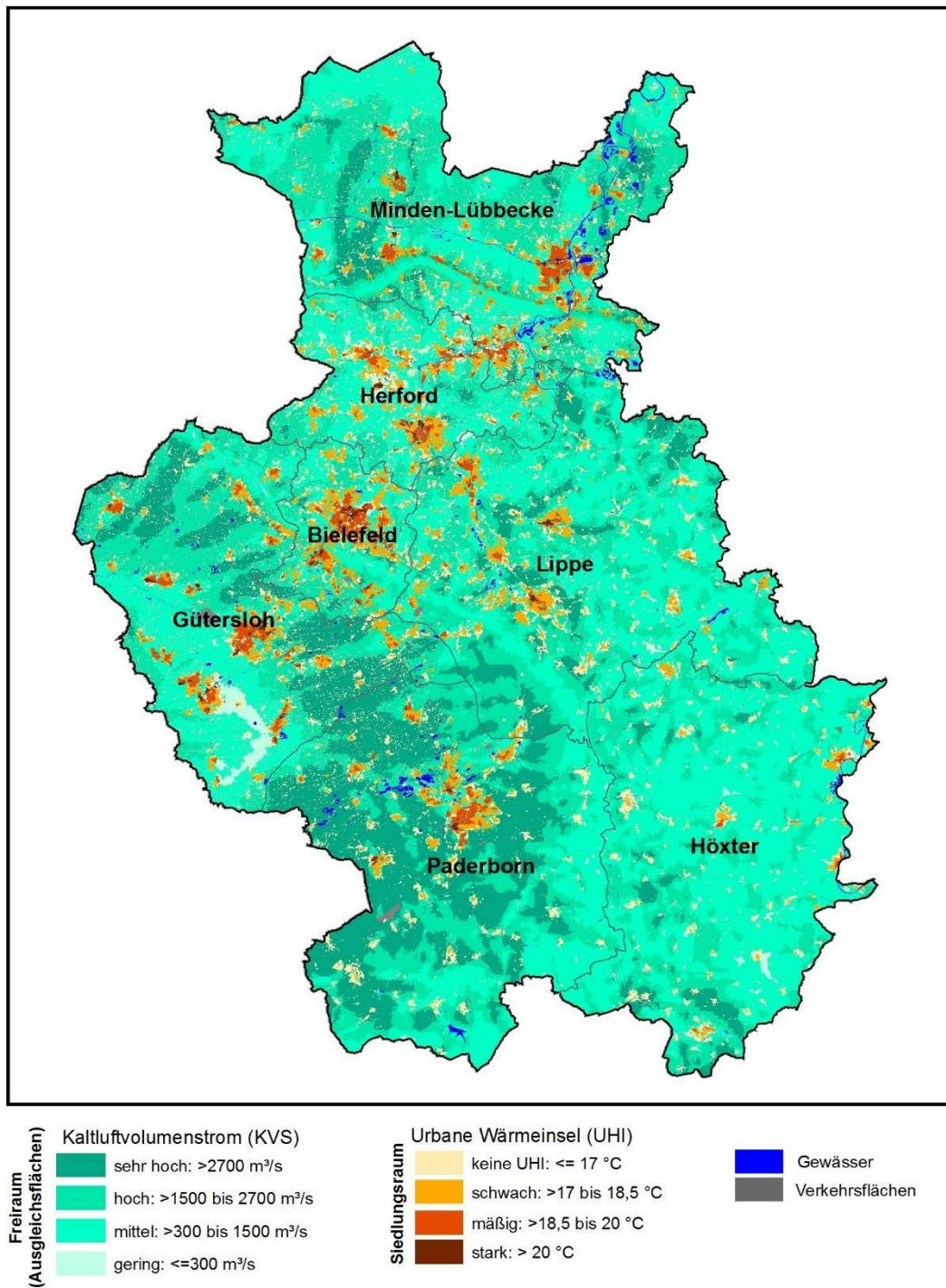


Abbildung 38: Klimaaanalyse Nachtsituation

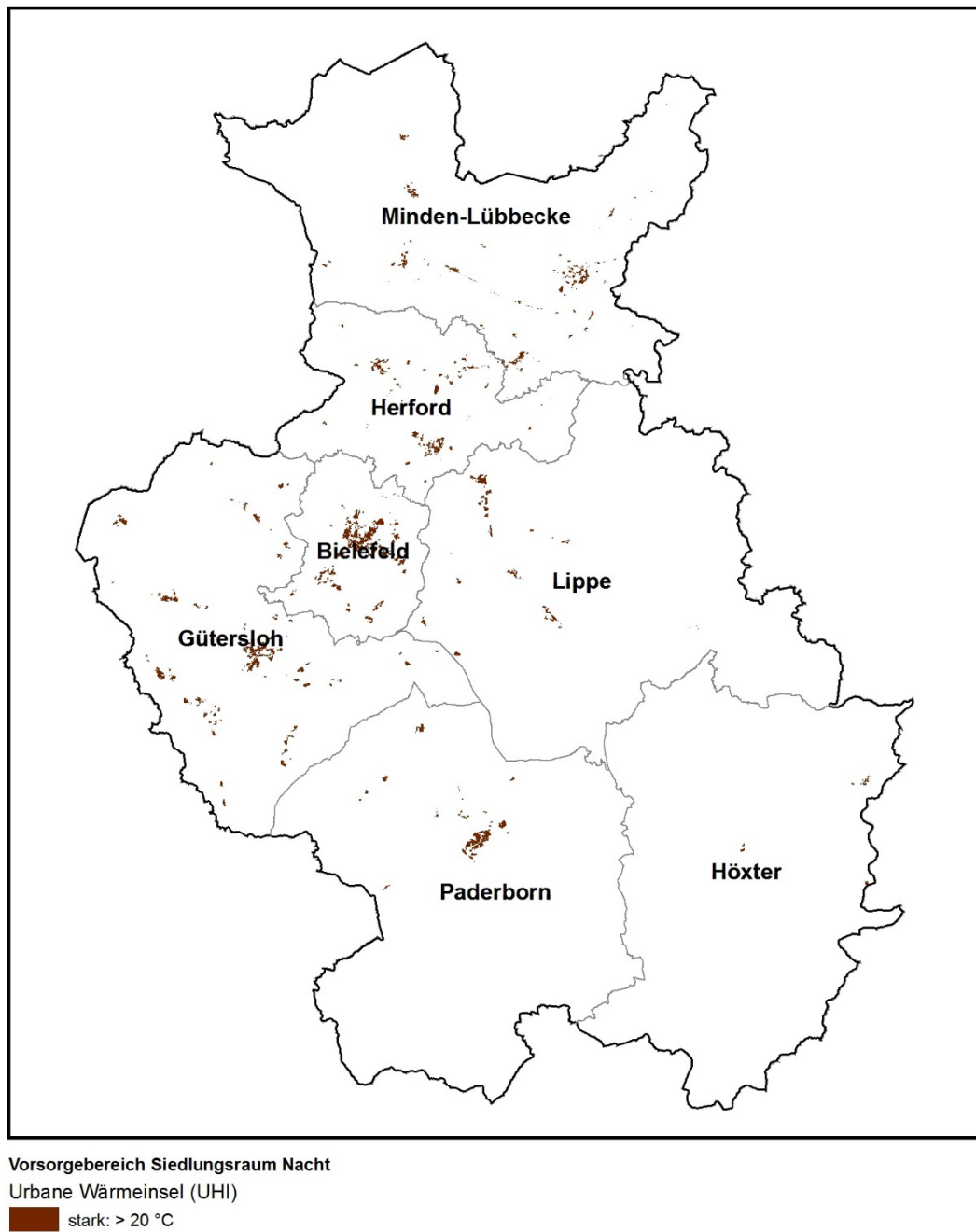


Abbildung 39: Klimaanalyse Nachtsituation – Klimawandel-Vorsorgebereiche

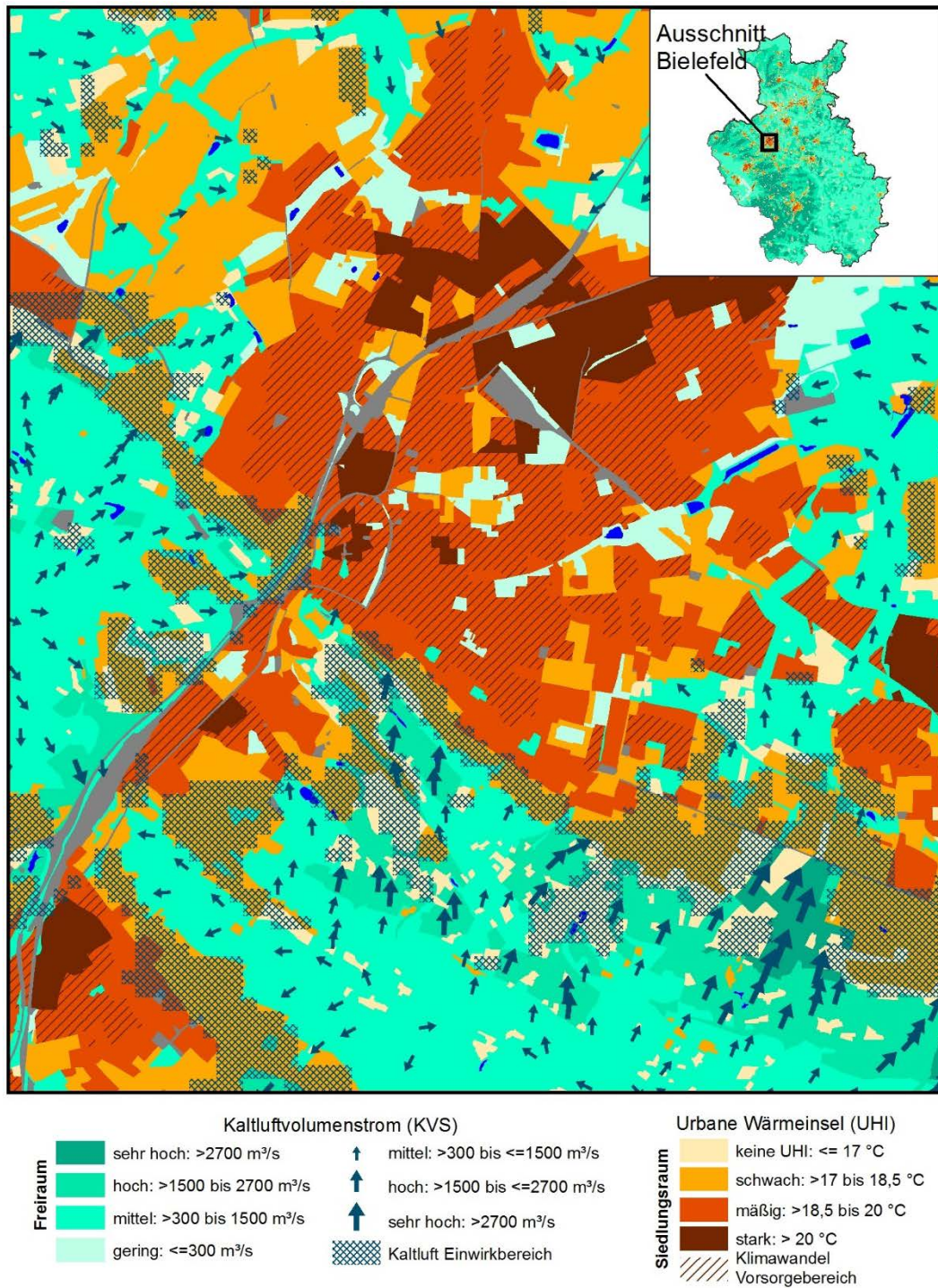


Abbildung 40: Klimaanalyse Nachtsituation – Detailausschnitt Bielefeld

4.1.3.2 Klimaaanalyse Tagsituation

Für die Tagsituation (15 Uhr) liefert die Klimaaanalyse sowohl für den Freiraum als auch für den Siedlungsraum Ergebnisse zur thermischen Belastung (siehe Kapitel 4.1.2.3), die im Gegensatz zur Nachtsituation in der physiologisch äquivalenten Temperatur (PET) angegeben wird und somit weitere meteorologische Parameter wie die Sonneneinstrahlung bzw. Verschattung berücksichtigt (siehe beispielhaft Detailausschnitt Bielefeld, Abbildung 43).

Die kartographische Darstellung der Ergebnisse der Klimaaanalyse zeigt deutlich, dass weite Teile des Siedlungsraums in der Planungsregion Detmold am Tage von einer starken thermischen Belastung (zwischen 35 und 41 °C PET) geprägt sind (Abbildung 41). Die starke Belastung ist dabei im Gegensatz zu der Nachtsituation nicht auf Bereiche in den größeren Städten konzentriert, sondern tritt auch in eher dünner besiedelten, ländlich geprägten Teilräumen der Region auf. Im Freiraum zeigt sich eine geringe thermische Belastung insbesondere in waldreichen Gebieten wie dem Teutoburger Wald oder dem Egge- und Wiehengebirge. Während viele landwirtschaftlich genutzte Freiräume eine hohe thermische Belastung aufweisen, ist in Waldbereichen am Tage durch eine hohe Verschattung die physiologisch äquivalente Temperatur deutlich geringer.

Im Siedlungsraum ist mit etwa 1,6 Mio. Menschen ein Großteil der Bevölkerung (knapp 79 % der Gesamtbevölkerung) von einer hohen thermischen Belastung betroffen. Etwa drei Viertel der gesamten Siedlungsfläche der Region (ca. 717 km²) ist dieser Belastungsklasse zuzuordnen (Tabelle 44). Hinzu kommen etwa 300.000 Menschen (knapp 15 % der Gesamtbevölkerung), die bei sommerlichen Strahlungswetterlagen am Tage sogar einer extremen thermischen Belastung von mehr als 41 °C PET ausgesetzt sind (knapp 17 % der Siedlungsfläche, ca. 157 km²). Eine nur mäßige oder schwache thermische Belastung am Tage ist nur für knapp 7 % aller Siedlungsflächen zu konstatieren, wovon etwa 135.000 Menschen betroffen sind.

Tabelle 44: Klimaaanalyse Tagsituation - Anzahl der betroffenen Bevölkerung und der Siedlungsfläche in der Planungsregion Detmold (Werte Bevölkerung gerundet)

thermische Belastung	Anzahl betroffene Bevölkerung (Anteil Gesamtbevölkerung)	betroffene Siedlungsfläche in km ² (Anteil gesamte Siedlungsfläche)
schwach (≤29 °C PET)	24.500 (1,2 %)	10,8 (1,2 %)
mäßig (>29 bis 35 °C PET)	111.800 (5,4 %)	50,0 (5,3 %)
stark (>35 bis 41 °C PET)	1.619.000 (78,7 %)	716,9 (76,7 %)
extrem (>41 °C PET)	302.600 (14,7 %)	157,3 (16,8 %)

Mit Bielefeld weist die bevölkerungsreichste Stadt der Region auch die größte Anzahl von Menschen auf, die von extremer thermischer Belastung am Tage betroffen sind (ca. 27.700 Menschen), gefolgt von Gütersloh (ca. 16.700) und Delbrück (12.400). Gemeinden wie Rahden oder Stemwede weisen mit Anteilen von jeweils mehr als 60 % aller Einwohner besonders große Anteile in dieser höchsten Belastungsklasse auf (Tabelle 45).

Tabelle 45: Klimaanalyse Tagsituation - Anzahl der betroffenen Bevölkerung und der Siedlungsfläche mit extremer thermischer Belastung nach Gemeinden (Werte Bevölkerung gerundet)

Gemeinde	Anzahl betroffene Bevölkerung (Anteil Gesamtbevölkerung)	betroffene Siedlungsfläche in km ² (Anteil gesamte Siedlungsfläche)
Bielefeld	27.700 (8,3 %)	7,4 (8,3 %)
Gütersloh	16.700 (17,1 %)	6,0 (17,1 %)
Delbrück	12.400 (38,8 %)	7,3 (38,8 %)
Bünde	11.700 (25,6 %)	5,0 (25,6 %)
Rietberg	11.200 (38,2 %)	6,7 (28,2 %)
Versmold	10.700 (50,6 %)	6,2 (50,6 %)
Rahden	10.300 (66,2 %)	9,2 (66,2 %)
Herford	9.500 (14,3 %)	3,6 (14,3 %)
Rheda-Wiedenbrück	8.700 (18,0 %)	3,2 (18,0 %)
Stemwede	8.400 (61,5 %)	8,5 (61,5 %)

Auch die kartographische Darstellung der Klimawandel-Vorsorgebereiche zeigt, dass eine zukünftige Zunahme der thermischen Belastung durch den Klimawandel für die Tagsituation nicht auf die größeren Städte der Planungsregion beschränkt wäre. Die bis zur Mitte dieses Jahrhunderts voraussichtlich zusätzlich als extrem belastet zu bewertenden Bereich sind relativ gleichmäßig und dispers im Planungsraum verteilt (Abbildung 42).

Im Freiraum weisen am Tage jeweils gut ein Drittel aller Flächen in der Planungsregion eine starke (ca. 2.200 km², 38,9%) oder extreme thermische Belastung auf (ca. 2.000 km², 35,4 %). Als lediglich schwach ist die thermische Belastung für 21,8 % aller Flächen (1.200 km²) im Freiraum einzuschätzen. Dies trifft vor allem auf Waldbereiche zu.

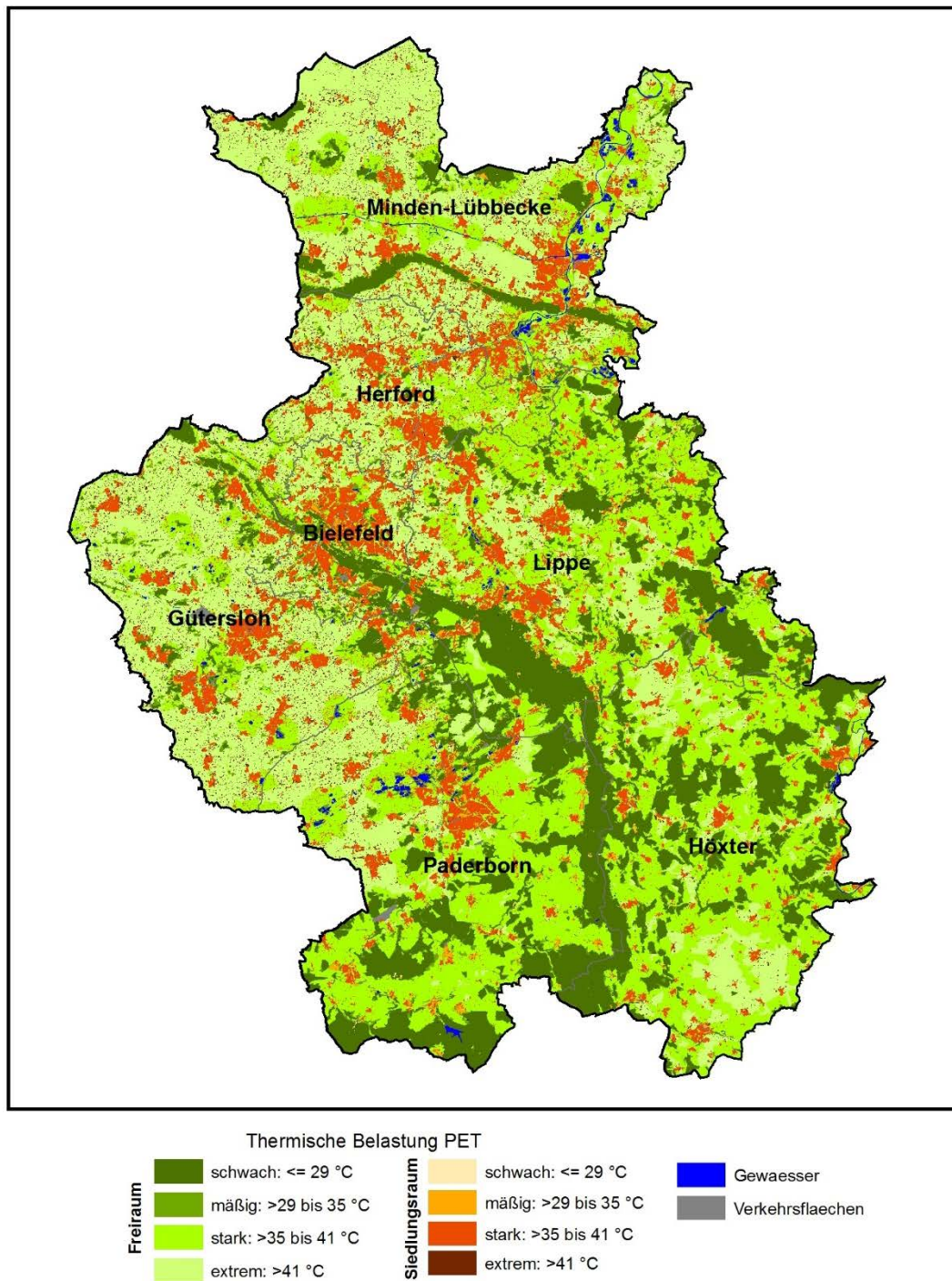


Abbildung 41: Klimaanalyse Tagsituation

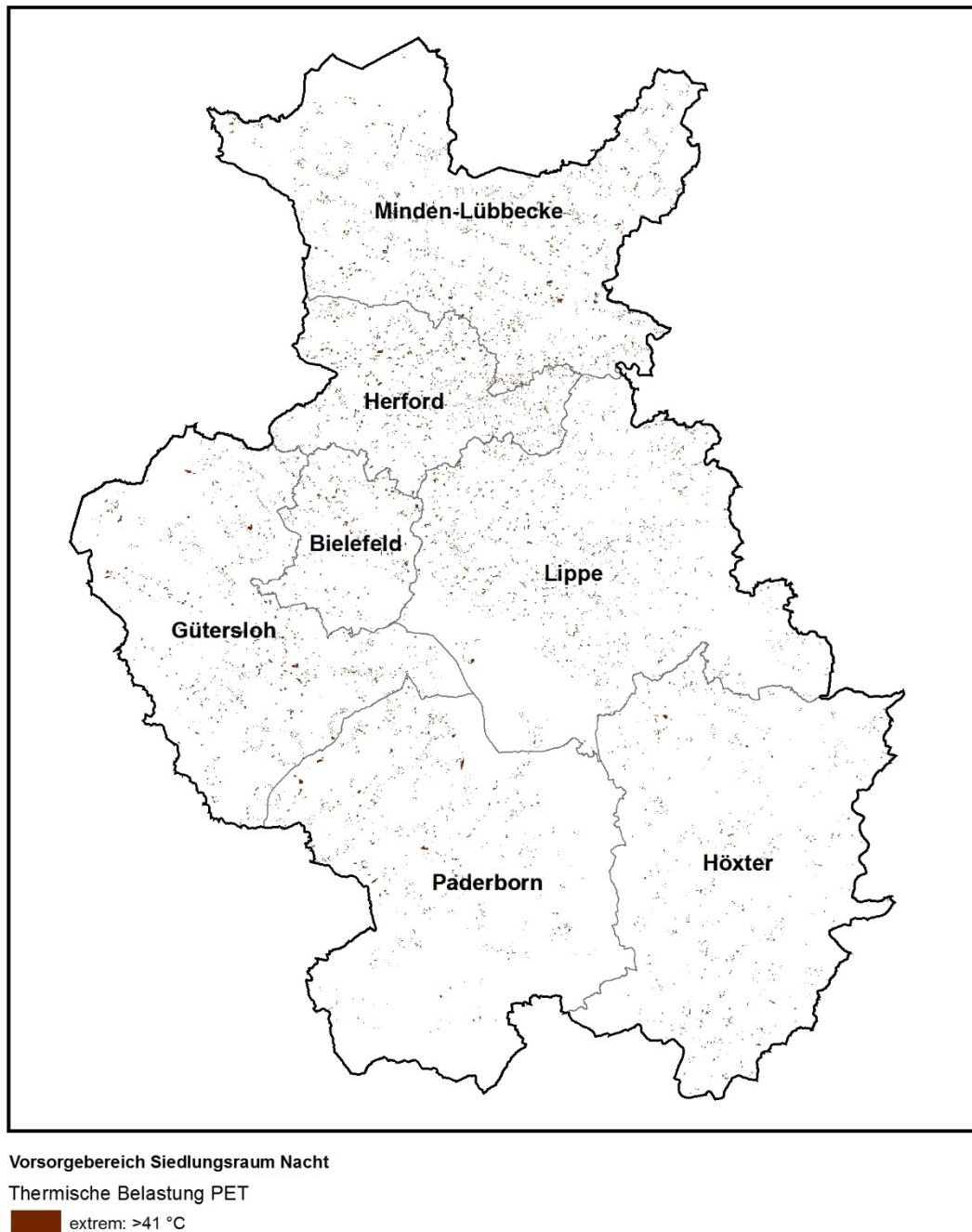


Abbildung 42: Klimaanalyse Tagsituation – Klimawandel-Vorsorgebereiche

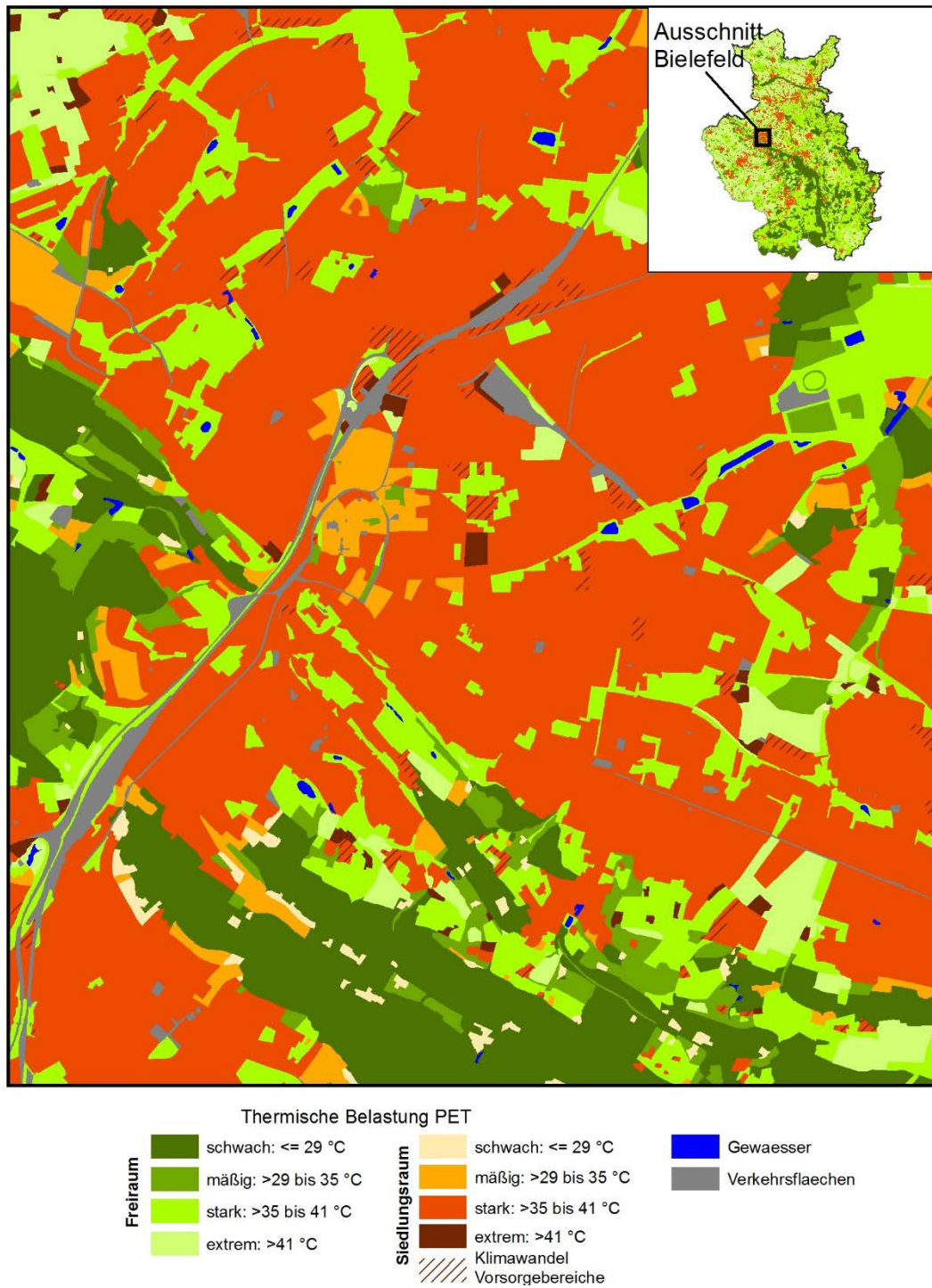


Abbildung 43: Klimaanalyse Tagsituation – Detailausschnitt Bielefeld

4.1.3.3 Zusammenfassende Gesamtbetrachtung

Die zusammenfassende Gesamtbetrachtung der Klimaanalyse für die Planungsregion Detmold, in die sowohl die Tag- als auch die Nachtsituation einfließen (gewichtetes Bewertungsverfahren, siehe Kapitel 4.1.2.4), umfasst eine zusätzliche fünfte Klasse und bewertet die thermische Situation für den Siedlungsraum und für die Bereiche des Freiraums deren thermische Ausgleichsfunktion (siehe beispielhaft Detailausschnitt Bielefeld, Abbildung 46: Klimaanalyse Gesamtbetrachtung – Detailausschnitt Bielefeld). Die größten thermischen Belastungen konzentrieren sowohl in ihrer flächigen Ausdehnung als auch in ihrer Intensität in der Gesamtbetrachtung vermehrt auf die größeren Städte der Planungsregion Detmold. Aber auch in eher mittleren und kleineren Städten ist die thermische Situation zum Teil als ungünstig zu bewerten. Dies zeigt sich vermehrt im Norden und Westen der Planungsregion, während südlich von Paderborn und Höxter die thermische Situation in der Regel günstiger zu bewerten ist. Eine sehr hohe thermische Ausgleichsfunktion kommt erneut vor allem den Freiräumen des Teutoburger Waldes und des Wiehen- und Eggegebirges zu, aber auch im Osten des Planungsraums und südlich von Paderborn ist dem Freiraum in größeren Bereichen eine hohe oder sehr hohe Ausgleichsfunktion zuzuschreiben.

Eine sehr ungünstige thermische Situation liegt in der Planungsregion nur auf einer Fläche von etwa 1 km² vor (0,1 % der gesamten Siedlungsfläche), wovon etwa 2.700 Menschen betroffen sind. Für Siedlungsflächen im Umfang von etwa 107 km² (11,4% der gesamten Siedlungsfläche) und damit immerhin knapp 270.000 Menschen ist die thermische Situation als ungünstig zu bewerten (Tabelle 46). Gut die Hälfte aller Menschen in der Region sind von einer weniger günstigen thermischen Situation betroffen (ca. 1,1 Mio. Menschen, 52,5 % aller Siedlungsflächen). Für ein Drittel der Bevölkerung wird die thermische Situation auf Grundlage der Modellergebnisse der Klimaanalyse NRW als günstig oder sehr günstig eingeschätzt.

Tabelle 46: Klimaanalyse Gesamtbetrachtung - Anzahl der betroffenen Bevölkerung und der Siedlungsfläche in der Planungsregion Detmold (Werte Bevölkerung gerundet)

Thermische Situation	Anzahl betroffene Bevölkerung (Anteil Gesamtbevölkerung)	betroffene Siedlungsfläche in km ² (Anteil gesamte Siedlungsfläche)
sehr günstig	55.500 (2,7 %)	27,0 (2,8 %)
günstig	635.500 (30,9 %)	309,3 (33,1 %)
weniger günstig	1.098.500 (53,4 %)	490,9 (52,5 %)
ungünstig	265.900 (12,9 %)	106,8 (11,4 %)
sehr ungünstig	2.700 (0,1 %)	0,9 (0,1 %)

Auch in der Gesamtbetrachtung ist Bielefeld die Stadt mit der größten Anzahl von Menschen, die bei sommerlichen Strahlungswetterlagen einer hohen thermischen Belastung ausgesetzt sind (ungünstige oder sehr ungünstige Situation). Hiervon sind etwa 20 % der Bevölkerung der Stadt betroffen (knapp 63.700 Menschen). In Minden liegt dieser Anteil mit 37,8 % besonders hoch (insgesamt ca. 30.800 Betroffene). Gütersloh und Paderborn weisen etwa 25.000 Einwohner in Siedlungsbereichen auf, deren thermische Situation als ungünstig oder sehr ungünstig zu bezeichnen ist (Tabelle 47).

Tabelle 47: Klimaanalyse Gesamtbetrachtung - Anzahl der betroffenen Bevölkerung und der Siedlungsfläche mit ungünstiger oder sehr ungünstiger thermischer Situation nach Gemeinden (Werte Bevölkerung gerundet)

Gemeinde	Anzahl betroffene Bevölkerung (Anteil Gesamtbevölkerung)	betroffene Siedlungsfläche in km ² (Anteil gesamte Siedlungsfläche)
Bielefeld	63.700 (19,1 %)	17,1 (19,1 %)
Minden	30.800 (37,8 %)	12,5 (37,8 %)
Gütersloh	25.500 (26,1 %)	9,2 (26,1 %)
Paderborn	24.600 (16,6 %)	7,8 (16,6 %)
Herford	12.200 (18,3 %)	4,6 (18,3 %)
Rheda-Wiedenbrück	11.200 (23,4 %)	4,2 (23,4 %)
Bad Oeynhausen	8.600 (17,6 %)	3,9 (17,6 %)
Harsewinkel	7.200 (29,1 %)	3,5 (29,1 %)
Bünde	6.600 (14,5 %)	2,8 (14,5 %)
Lübbecke	6.400 (25,2 %)	3,3 (25,2 %)

Die Anzahl der Menschen in der Planungsregion Detmold, die von einer ungünstigen oder sehr ungünstigen thermischen Situation betroffen sind, wird bis zur Mitte des Jahrhunderts durch den Klimawandel voraussichtlich deutlich ansteigen. So sind unter der pauschalen Annahme eines Temperaturanstieges von 1 K knapp 22 % aller Siedlungsflächen zusätzlich den beiden höchsten Belastungsklassen zuzuordnen (Tabelle 48). Hierdurch würde die Anzahl der betroffenen Menschen um knapp 500.000 ansteigen (etwa ein Viertel aller Einwohner im Regierungsbezirk Detmold).

Tabelle 48: Klimawandelvorsorgebereiche - Anzahl der betroffenen Bevölkerung und der Siedlungsfläche mit in Zukunft voraussichtlich ungünstiger oder sehr ungünstiger thermischer Situation in der Planungsregion Detmold (Werte Bevölkerung gerundet)

Thermische Situation	Anzahl betroffene Bevölkerung (Anteil Gesamtbevölkerung)	betroffene Siedlungsfläche in km ² (Anteil gesamte Siedlungsfläche)
ungünstig	497.300 (24,2 %)	204,9 (21,9 %)
sehr ungünstig	70.600 (3,4 %)	25,6 (2,7 %)

Besonders betroffen von den Auswirkungen des Klimawandels sind die größeren Städte in der Region (Tabelle 49 und Tabelle 50). In Bielefeld würde sich unter den genannten Bedingungen die Anzahl der betroffenen Bevölkerung um knapp 110.000 (ungünstige thermische Situation) bzw. 25.000 (sehr ungünstige thermische Situation) erhöhen. Auch in Paderborn ist zukünftig vermutlich eine große Anzahl von Menschen zusätzlich von einer ungünstigen oder sehr ungünstigen thermischen Situation betroffen (47.000 / 8.000).

Tabelle 49: Klimawandel-Vorsorgebereiche - Anzahl der zusätzlich betroffenen Bevölkerung und der Siedlungsfläche mit in Zukunft voraussichtlich ungünstiger thermischer Situation nach Gemeinden (Werte Bevölkerung gerundet)

Gemeinde	Anzahl betroffene Bevölkerung (Anteil Gesamtbevölkerung)	betroffene Siedlungsfläche in km ² (Anteil gesamte Siedlungsfläche)
Bielefeld	109.800 (33,0 %)	29,4 (33,0 %)
Paderborn	46.800 (31,6 %)	14,8 (31,6 %)
Gütersloh	29.100 (29,9 %)	10,5 (29,9 %)
Herford	25.900 (38,9 %)	9,8 (38,9 %)
Minden	20.900 (25,7 %)	8,5 (25,7 %)
Bad Salzuflen	18.100 (33,9 %)	7,4 (33,9 %)
Bad Oeynhausen	16.900 (34,5 %)	7,7 (34,5 %)
Bünde	16.200 (35,5 %)	6,9 (35,5 %)
Löhne	15.900 (39,7 %)	7,8 (39,7 %)
Rheda-Wiedenbrück	15.400 (32,1 %)	5,7 (32,1 %)

Tabelle 50: Klimawandel-Vorsorgebereiche - Anzahl der zusätzlich betroffenen Bevölkerung und der Siedlungsfläche mit in Zukunft voraussichtlich sehr ungünstiger thermischer Situation nach Gemeinden (Werte Bevölkerung gerundet)

Gemeinde	Anzahl betroffene Bevölkerung (Anteil Gesamtbevölkerung)	betroffene Siedlungsfläche in km ² (Anteil gesamte Siedlungsfläche)
Bielefeld	24.600 (7,4 %)	6,6 (7,4 %)
Gütersloh	9.100 (9,4 %)	3,3 (9,4 %)
Paderborn	7.800 (5,2 %)	2,5 (5,2 %)
Minden	4.900 (6,0 %)	2,0 (6,0 %)
Herford	4.200 (6,4 %)	1,6 (6,4 %)
Bad Salzuflen	3.100 (5,7 %)	1,3 (5,7 %)
Harrewinkel	2.000 (8,0 %)	1,0 (8,0 %)
Bünde	1.800 (4,0 %)	0,8 (4,0 %)
Lübbecke	1.800 (7,2 %)	0,9 (7,2 %)
Rheda-Wiedenbrück	1.700 (3,5 %)	0,6 (3,5 %)

Auch die kartographische Darstellung der Vorsorgebereiche in Abbildung 42 zeigt, dass die Siedlungsfläche, die bis zur Mitte dieses Jahrhunderts voraussichtlich zusätzlich von einer ungünstigen oder sogar sehr ungünstigen Situation betroffen sein wird, deutlich anwachsen wird. Die Vorsorgebereiche konzentrieren sich dabei räumlich verstärkt auf die größeren Städte der Region. Es ist also davon auszugehen, dass insbesondere in urbanen Berei-

chen die thermische Belastung der Bevölkerung zukünftig eine deutlich größer werdende Herausforderung darstellen wird.

Die „höchste thermische Ausgleichsfunktion“ ist im Freiraum nur etwa 1 % aller Flächen zuzuweisen (ca. 50 km²). Hierzu zählen insbesondere vegetationsgeprägte Freiflächen am Rande größerer Städte. Auch eine sehr hohe Ausgleichsfunktion weisen nur gut 2 % der Flächen im Freiraum auf (ca. 130 km²). Knapp ein Viertel aller Flächen im Freiraum (23,3 %) verfügt noch über eine hohe thermische Ausgleichsfunktion (ca. 1.330 km²). Während etwa 10 % der Flächen im Freiraum eine mittlere Bedeutung aufweisen, ist die Ausgleichsfunktion von der Mehrzahl aller Freiraumbereiche als gering zu bewerten (63,6%, ca. 3.600 km²). Eine mögliche Ursache für eine geringe thermische Ausgleichsfunktion kann auch darin liegen, dass die Flächen zwar einen nennenswerten Kaltluftabfluss aufweisen, von diesem jedoch keine belasteten Siedlungsbereiche profitieren. Durch die Ausweisung neuer Siedlungsflächen kann sich daher auch die Bewertung von Freiflächen ändern. Freiflächen, denen bisher aufgrund ihrer derzeitigen Lage zu Siedlungsräumen keine Ausgleichsfunktion zugemessen wird, müssen für die planerische Bewertung hinzugenommen werden, wenn zukünftig von deren Ausgleichsfunktion neue Siedlungsbereiche profitieren können.

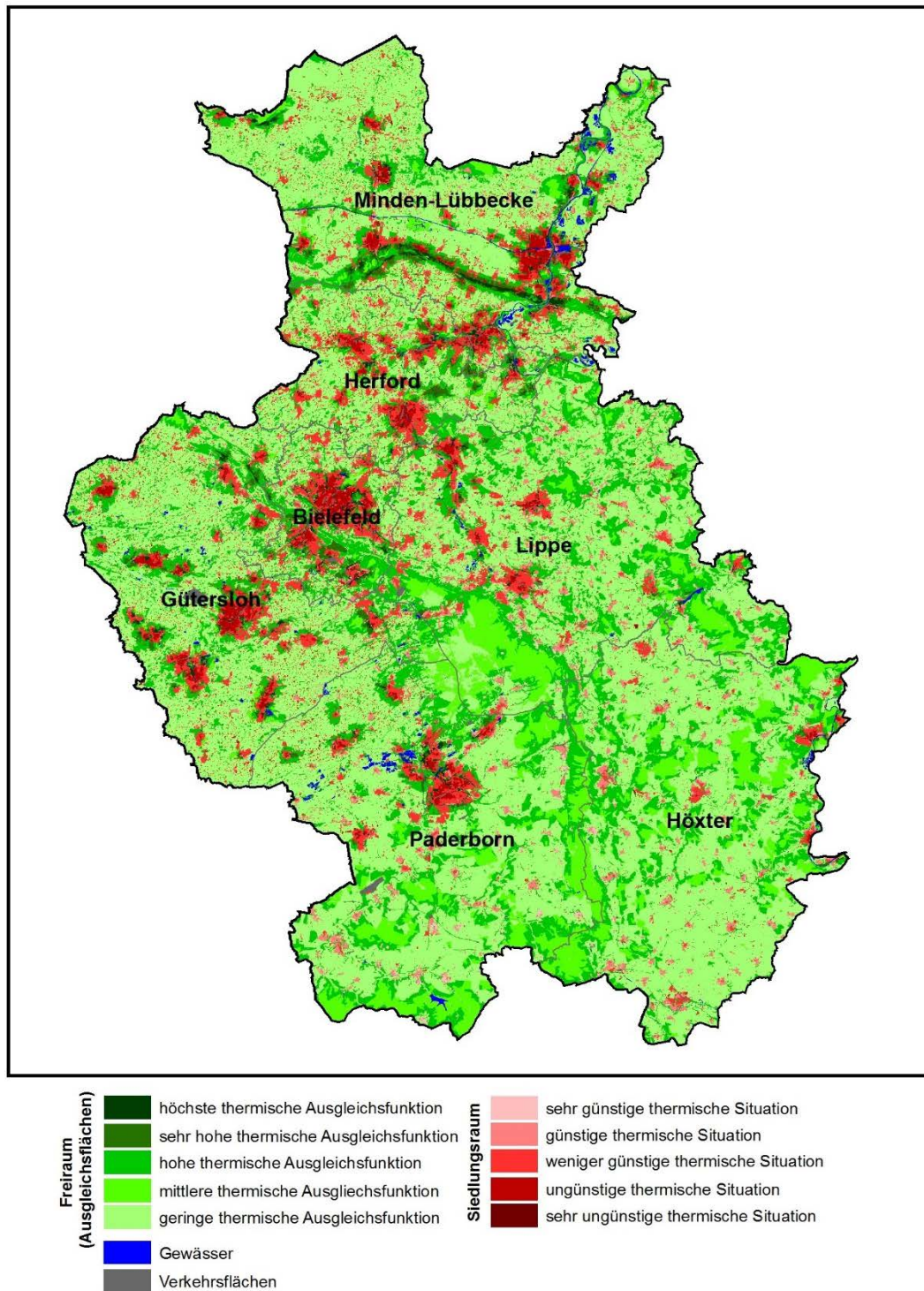


Abbildung 44: Klimaanalyse Gesamtbetrachtung

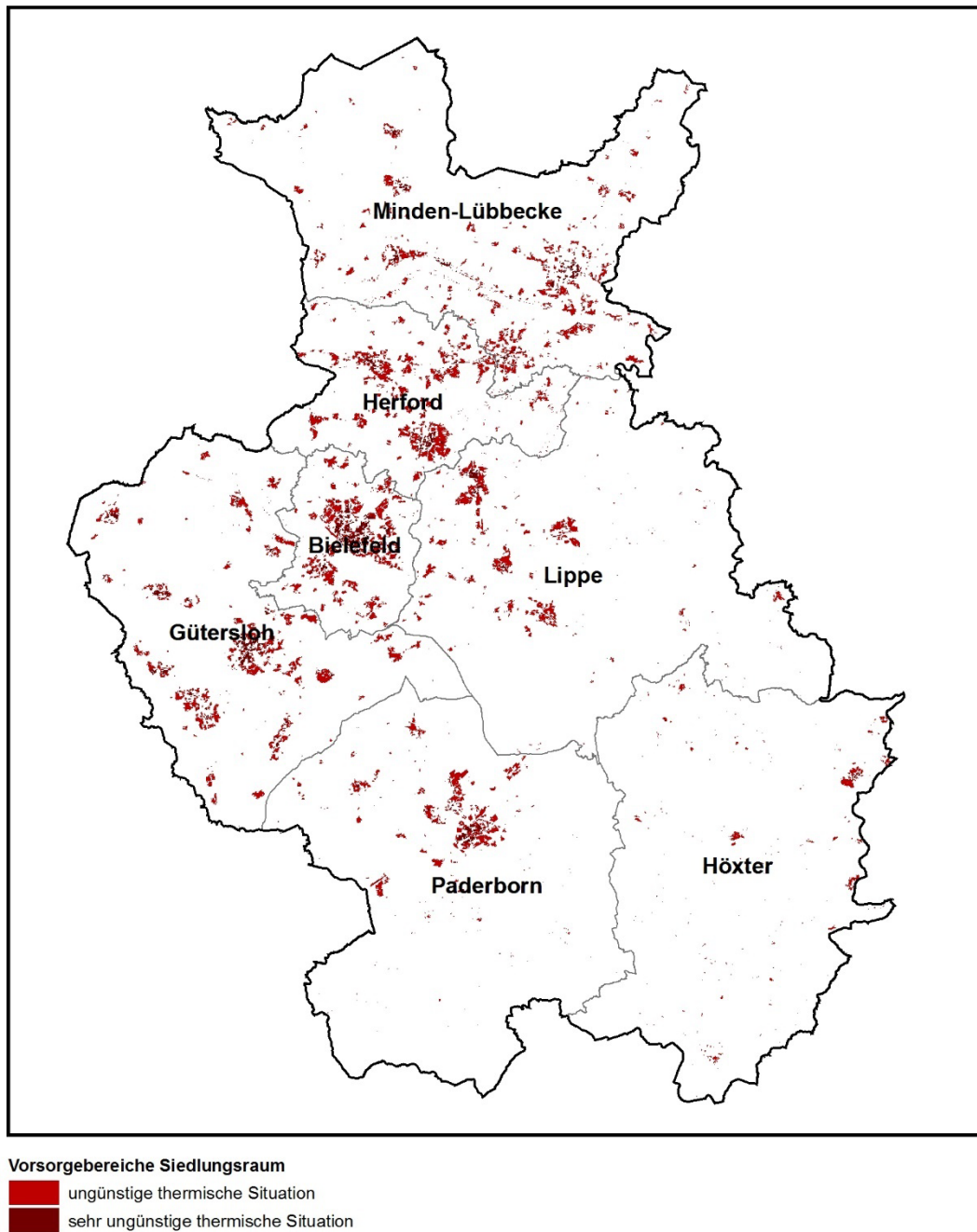


Abbildung 45: Klimaanalyse Gesamtbetrachtung – Klimawandel-Vorsorgebereiche

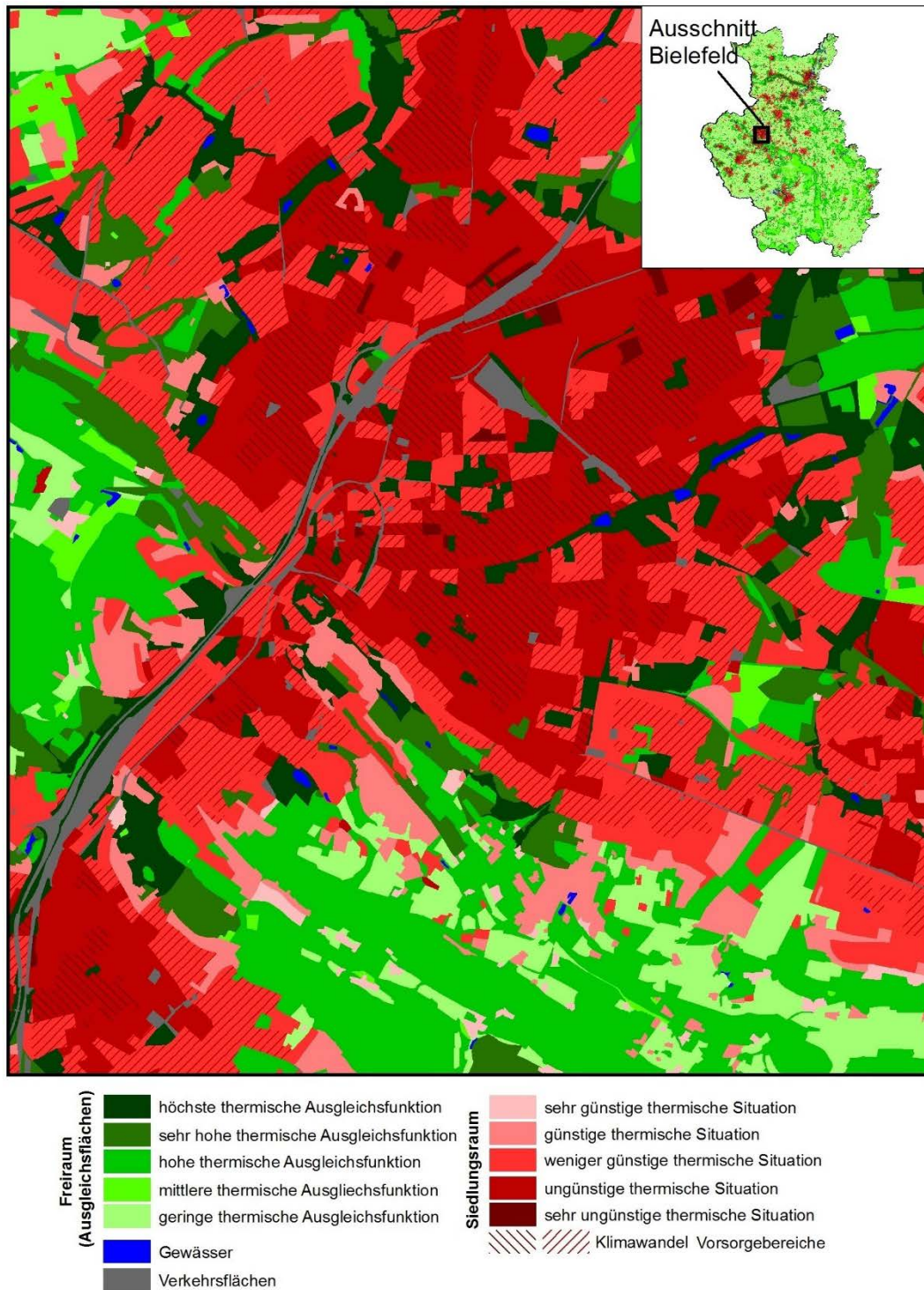


Abbildung 46: Klimaanalyse Gesamtbetrachtung – Detailausschnitt Bielefeld

Planungshinweise

Für die verschiedenen Kategorien der zusammenfassenden Gesamtbetrachtung werden im Rahmen der Klimaanalyse grundsätzliche Planungsempfehlungen formuliert. Diese beschreiben unter anderem die Empfindlichkeit der Räume und Funktionen gegenüber Nutzungsintensivierungen und richten sich als klima-fachliche Hinweise sowohl an die regionale als auch an die kommunale Planung.

Freiraum

Höchste bioklimatische Bedeutung

Für die gegenwärtige Siedlungsstruktur besonders wichtige klimaökologische Ausgleichsräume mit einer sehr hohen Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Bauliche Eingriffe sollten gänzlich vermieden bzw. sofern bereits planungsrechtlich vorbereitet, unter Berücksichtigung der grundsätzlichen Klimafunktionen erfolgen. Eine gute Durchströmbbarkeit der angrenzenden Bebauung sollte angestrebt und zur Optimierung der Ökosystemdienstleistung sollte eine Vernetzung mit benachbarten Grün-/Freiflächen erreicht werden (Grünverbindungen).

Sehr hohe bioklimatische Bedeutung

Für die gegenwärtige Siedlungsstruktur wichtige klimaökologische Ausgleichsräume mit einer sehr hohen Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Bauliche Eingriffe sollten unter Berücksichtigung der grundsätzlichen Klimafunktionen erfolgen und eine gute Durchströmbbarkeit der angrenzenden Bebauung angestrebt werden.

Hohe bioklimatische Bedeutung

Für die gegenwärtige Siedlungsstruktur wichtige klimaökologische Ausgleichsräume mit einer hohen Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Bauliche Eingriffe sollten unter Berücksichtigung der grundsätzlichen Klimafunktionen erfolgen und eine gute Durchströmbbarkeit der angrenzenden Bebauung angestrebt werden.

Mittlere bioklimatische Bedeutung

Für die gegenwärtige Siedlungsstruktur ergänzende klimaökologische Ausgleichsräume mit einer mittleren Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Die angrenzende Bebauung profitiert von den bereit gestellten Klimafunktionen, ist in aller Regel aber nicht auf sie angewiesen. Bauliche Eingriffe sollten unter Berücksichtigung der grundsätzlichen Klimafunktionen erfolgen. Im Falle einer Bebauung auf den Flächen selbst bzw. in ihrer näheren Umgebung sollte die Bewertung neu vorgenommen werden.

Geringe bioklimatische Bedeutung

Diese Flächen stellen für die gegenwärtige Siedlungsstruktur keine relevanten Klimafunktionen bereit und weisen eine geringe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung auf. Bauliche Eingriffe sollten unter Berücksichtigung der grundsätzlichen Klimafunktionen erfolgen. Im Falle einer Bebauung auf den Flächen selbst bzw. in ihrer näheren Umgebung sollte die Bewertung neu vorgenommen werden.

Siedlungsraum

Sehr günstige bioklimatische Situation

Mittlere Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Keine Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation notwendig. Eingriffe sollten nicht zu einer Verschlechterung auf der Fläche selbst bzw. angrenzenden Flächen führen ("Entkopplung"). Der Vegetationsanteil sollte erhalten werden.

Günstige bioklimatische Situation

Mittlere Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Keine Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation notwendig. Eingriffe sollten nicht zu einer Verschlechterung auf der Fläche selbst bzw. angrenzenden Flächen führen ("Entkopplung") und die Baukörperstellung sollte beachtet werden. Der Vegetationsanteil sollte erhalten werden.

Weniger günstige bioklimatische Situation

Mittlere bis hohe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation werden empfohlen. Nachverdichtungen sollten nicht zu einer Verschlechterung auf der Fläche selbst bzw. angrenzenden Flächen führen ("Entkopplung") und die Baukörperstellung sollte beachtet sowie möglichst eine Erhöhung des Vegetationsanteils angestrebt werden

Ungünstige bioklimatische Situation

Hohe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation sind notwendig. Nachverdichtungen sollten nicht zu einer Verschlechterung auf der Fläche selbst bzw. angrenzenden Flächen führen ("Entkopplung") und eine Verbesserung der Durchlüftung sowie eine Erhöhung des Vegetationsanteils sollte angestrebt werden.

Sehr ungünstige bioklimatische Situation

Sehr hohe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation sind notwendig und prioritär. Sie sollten sich sowohl auf die Tag- als auch auf die Nachtsituation auswirken. Es sollte keine weitere Verdichtung (insb. zu Lasten von Grün- und Freiflächen) erfolgen, stattdessen der Erhalt der Freiflächen und eine Verbesserung der Durchlüftung sowie eine Erhöhung des Vegetationsanteils bzw. Entsiegelungsmaßnahmen angestrebt werden.

4.1.3.4 Klimaökologische Prozesse mit überörtlicher Bedeutung

Die Ergebnisse der Klimaaanalyse für die Planungsregion Detmold werden in einem zusätzlichen Arbeitsschritt für die Ebene der Regionalplanung ausgewertet. Im Fokus steht dabei die Frage, welchen klimaökologischen Funktionen oder Belastungen eine überörtliche Bedeutung zugeschrieben werden kann, um Hinweise auf die Möglichkeit bzw. das Erfordernis einer regionalplanerischen Steuerung zu geben. Das Verfahren, das zur Ableitung einer überörtlichen klimaökologischen Bedeutung angewendet wird, ist detailliert in Kapitel 4.1.2.7 sowie in Anhang A2 beschrieben. Die identifizierten regional bedeutsamen Bereiche werden hinsichtlich ihrer Priorität bzw. des Handlungsbedarfs weiter klassifiziert. Die we-

sentlichen Ergebnisse dieser Untersuchung sind für die Planungsregion Detmold in der Karte „Planungsempfehlungen Regionalplanung“ dargestellt (Abbildung 47).

Die Priorität bzw. der Handlungsbedarf von Siedlungsbereichen mit einer im überörtlichen Maßstab bedeutenden nächtlichen Überwärmung wird unterschieden in „vorhanden“ (mehr als 8.000 Betroffene), „hoch“ (mehr als 12.200 Betroffene) und „sehr hoch“ (mehr als 30.000 Betroffene).

Die Kernbereiche von Kaltluft-Leitbahnen mit einer überörtlichen Bedeutung werden in Bezug auf das berechnete linienbezogene Abflussvolumen der jeweiligen Leitbahn klassifiziert in „sehr hohe Priorität“ (Zufluss $>1,3 \text{ Mio. m}^2/\text{km}\cdot\text{s}$; 66 %-Quantil), „hohe Priorität“ (Zufluss $>400.000 \text{ m}^2/\text{km}\cdot\text{s}$; 33 %-Quantil) und „mittlere Priorität“ (Zufluss $>40.000 \text{ m}^2/\text{km}\cdot\text{s}$; 0 %-Quantil). Insbesondere Kernbereiche von Kaltluft-Leitbahnen mit einer sehr hohen oder hohen Priorität sind aus klimaökologischer Sicht auch für regionalplanerische Zielfestlegungen geeignet.

Auch die Einzugsgebiete von Kaltluft-Leitbahnen mit überörtlicher Bedeutung werden hinsichtlich der Kaltluftvolumenproduktion und der davon profitierenden Bevölkerung priorisiert. Die Sicherung von Einzugsbereichen mit einer sehr hohen (Gesamtabfluss $>2,2 \text{ Mio. m}^3/\text{s}$; Betroffenenanzahl >20.500) oder hohen Priorität (Gesamtabfluss $>0,5 \text{ Mio. m}^3/\text{s}$; Betroffenenanzahl >7.500) ist aus Sicht des LANUV vordringlich und eignet sich aus klimafachlicher Sicht für regionalplanerische Zielfestlegungen. Für die Sicherung von Kaltluft-Einzugsgebieten mit mittlerer oder hoher Priorität erscheinen aus Sicht des LANUV Grundsatzzfestlegungen zweckmäßig.

Bioklimatische Gunsträume von überörtlicher Bedeutung am Tage weisen eine Mindestgröße von 2 km^2 und eine gute Erreichbarkeit auf (bis 10 km Entfernung zu Hauptbelastungsräumen), Gunsträume mit einer hohen Priorität für die Nah- bzw. Feierabend-Erholung sind mindestens 3 Hektar groß und liegen in einer Entfernung von höchstens 400 m zu Hauptbelastungsräumen. Für beide Kategorien erscheinen auch Zielfestlegungen denkbar.

Die Abgrenzung einer überörtlichen bzw. regionalen Bedeutsamkeit von Räumen bzw. ihren klimaökologischen Funktionen und Belastungen erfolgt dabei auf Basis der landesweiten Ergebnisse der Klimaanalyse NRW und sollte maßstabsbedingt auf den konkreter werdenden Planungsebenen überprüft und gegebenenfalls modifiziert werden. Wichtig ist dabei, dass auch Bereiche und Funktionen, für die keine überörtliche Bedeutung ermittelt wurde, über besonders hohe Belastungen oder Ausgleichspotenziale verfügen können. Die klimaökologische Bedeutung muss dabei nicht geringer ausgeprägt sein, es wird jedoch zunächst angenommen, dass in diesen Fällen für die Berücksichtigung der klimatischen Belange insbesondere die kommunale Ebene zuständig ist.

Die kartografische Darstellung der im Folgenden auch textlich beschriebenen Karte wird der Bezirksregierung Detmold auch als hochauflösende pdf-Datei sowie als shape-Datei übergeben, was das Einlesen in Geoinformationssysteme und eine Betrachtung der einzelnen Ebenen und Informationen ermöglicht.

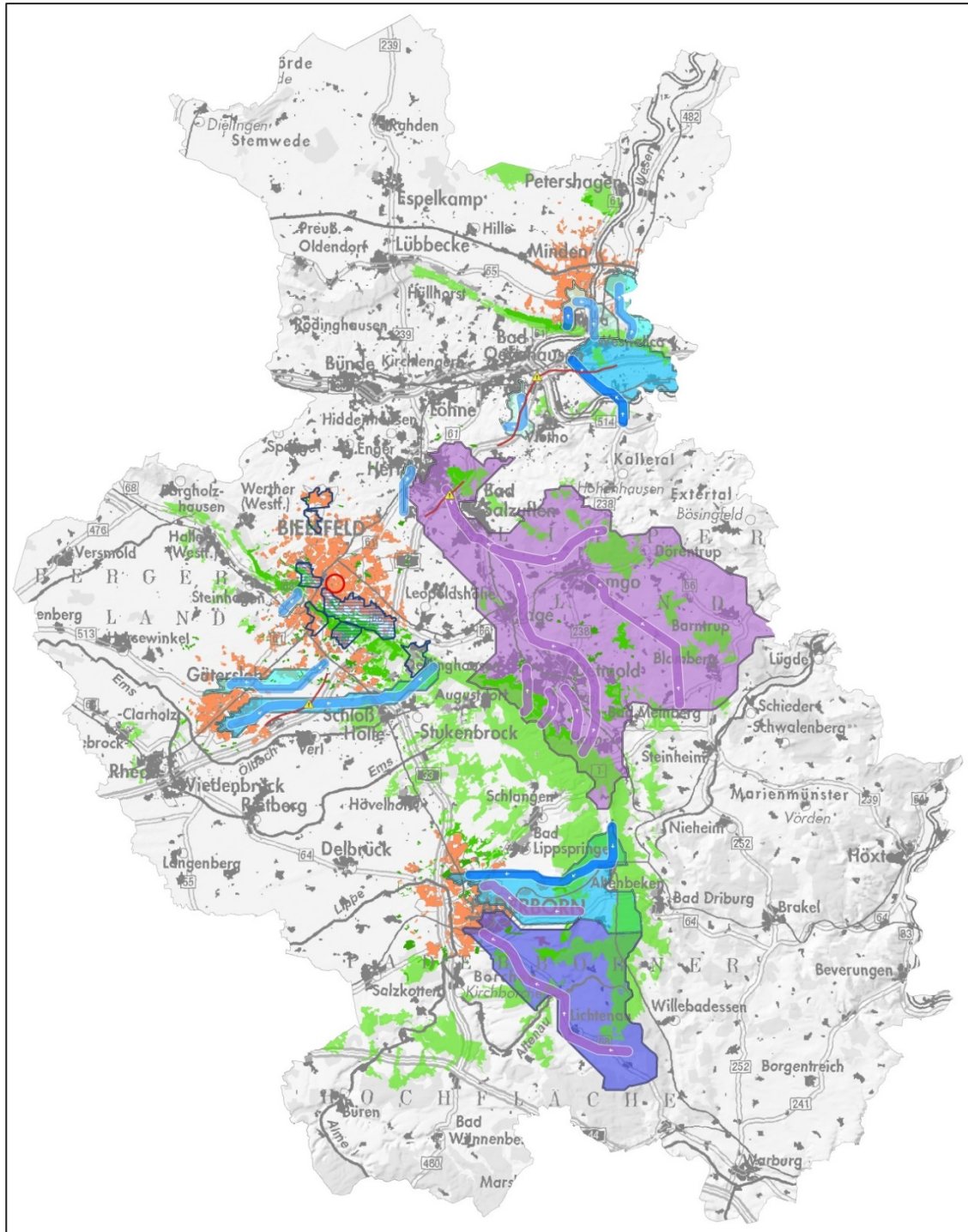


Abbildung 47: Klimaaanalyse – Planungsempfehlungen Regionalplanung

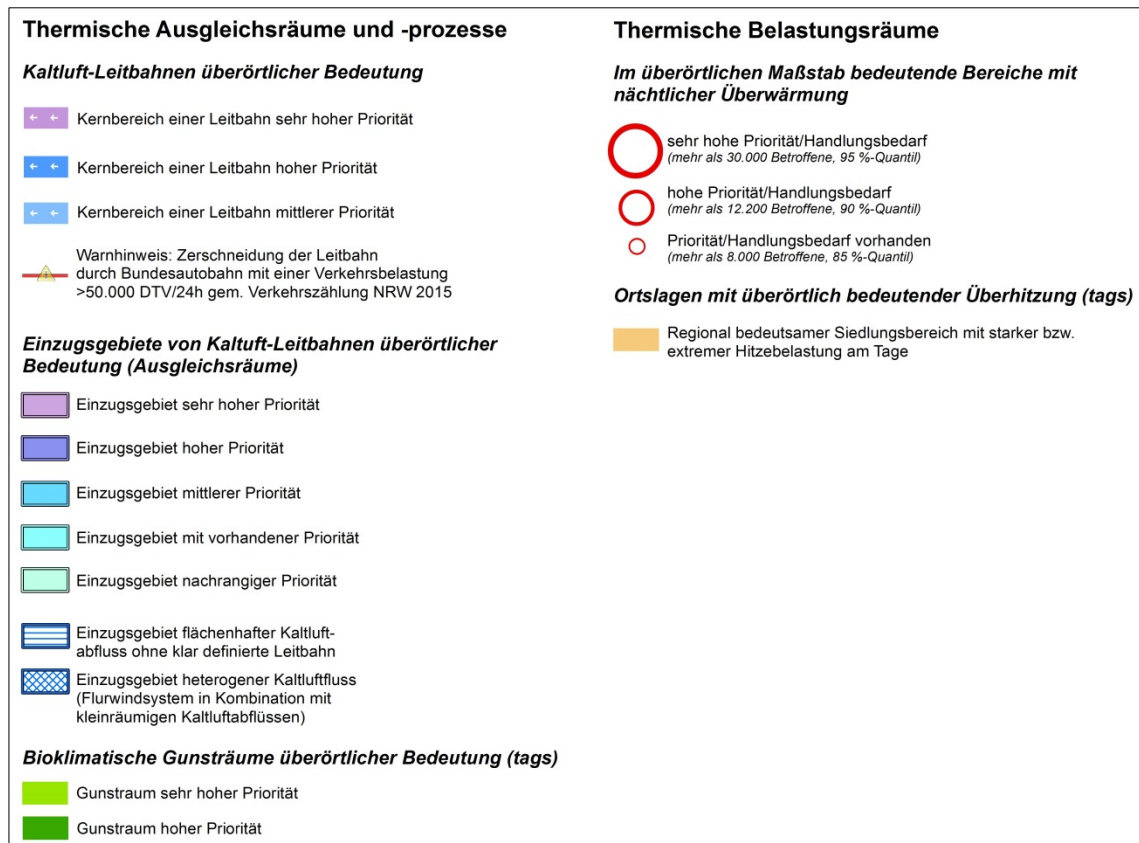


Abbildung 48: Klimaaanalyse – Legende Planungsempfehlungen Regionalplanung

Bioklimatische Belastungsräume

In der Planungsregion Detmold befinden sich die wesentlichen bioklimatischen Belastungsräume von überörtlicher Bedeutung in den größeren Städten. Eine regional bedeutsame thermische Belastung von Siedlungsbereichen am Tage (starke bzw. extreme Hitzebelastung) sowie eine entsprechend im landesweiten Vergleich hohe Anzahl an Betroffenen wurde in den Gemeinden Bielefeld, Gütersloh, Minden und Paderborn identifiziert.

Zu den im überörtlichen Maßstab bedeutenden Siedlungsräumen mit nächtlicher Überwärmung zählt nach dem beschriebenen Ansatz in der Planungsregion Detmold nur die Stadt Bielefeld, der eine hohe Priorität bzw. ein hoher Handlungsbedarf zugeschrieben wird.

Bioklimatische Ausgleichsräume

Zu den auf der Ebene der Regionalplanung relevanten bioklimatischen Ausgleichsräumen zählen sowohl die in der Klimaaanalyse untersuchten Kaltluft-Leitbahnen von überörtlicher Bedeutung samt ihrer Einzugsgebiete („Kaltluftentstehungsgebiete“) als auch bioklimatische Gunsträume mit überörtlicher Bedeutung am Tage.

Kaltluftleitbahnen von überörtlicher Bedeutung mit sehr hoher Priorität bestehen in der Planungsregion Detmold vor allem nord-östlich des Teutoburger Waldes, von wo aus die Gemeinden Detmold, Lage, Lemgo, Bad Salzuflen und Herford mit Kaltluft versorgt werden.

Darüber hinaus erstrecken sich im südlichen Teil der Planungsregion zwei Leitbahnen mit sehr hoher Priorität sowie eine weitere Leitbahn mit hoher Priorität westlich des Eggegebirges. Diese reichen bis in die östlichen Ortslagen der Stadt Paderborn. Darüber hinaus bestehen noch mehrere Kaltluftleitbahnen mittlerer Priorität, die relevante Ausgleichswirkungen für Belastungsräume in den Gemeinden Gütersloh, Bielefeld, Herford und Minden aufweisen.

Im Planungsraum sind außerdem zwei Einzugsgebiete mit überörtlicher Bedeutung und sehr hoher bzw. hoher Priorität zu finden: Zum einen ein großes zusammenhängendes Gebiet nord-östlich des Teutoburger Waldes zwischen Detmold, Herford und Barntrup (sehr hohe Priorität); zum anderen ein Gebiet süd-östlich von Paderborn bis zum Eggegebirge. Weitere überörtlich bedeutsame Einzugsgebiete von Kaltluftleitbahnen befinden sich östlich von Gütersloh, im Südwesten von Bielefeld sowie östlich von Bad-Oeynhausen.

Bioklimatischen Gunsträume überörtlicher Bedeutung sind in vielen Teilen der Planungsregion Detmold anzufinden. Entlang von Eggegebirge und Teutoburger Wald zieht sich dabei ein größtenteils zusammenhängender Gunstraum mit einer sehr hohen Priorität aus dem Süden der Region vorbei an Paderborn, Detmold und Bielefeld bis nach Halle. Weitere Schwerpunkte sind der östliche Teil des Wiehengebirges, größere Bereiche der Paderborner Hochfläche sowie Flächen bei Lemgo und Petershagen. Die bioklimatischen Gunsträume mit hoher Priorität sind dagegen deutlich kleinräumiger und vor allem innerhalb der Siedlungsbereiche der größeren Städte wie Bielefeld, Detmold und Paderborn verortet.

Übersicht und landesweiter Vergleich

Um die Ergebnisse der Ableitung von Bereichen und Funktionen mit einer überörtlichen klimaökologischen Bedeutung für die Planungsregion Detmold hinsichtlich ihrer möglichen räumlichen Konsequenzen einzuordnen, werden diese abschließend hinsichtlich verschiedener statistischer Kenngrößen zusammenfassend in tabellarischer Form dargestellt und mit den Ergebnisse für ganz NRW verglichen (Tabelle 51). Dabei zeigt sich, dass mit nur einer Gemeinde (Bielefeld) in der Planungsregion Detmold im Vergleich zu ganz NRW verhältnismäßig wenig im überörtlichen Maßstab bedeutende Bereiche mit nächtlicher Überwärmung bestehen.

Auch in Bezug auf Bereiche mit überörtlich bedeutender Überhitzung am Tag befindet sich die Planungsregion Detmold unterhalb des Niveaus von ganz Nordrhein-Westfalen. Im Regierungsbezirk Detmold lebt knapp ein Drittel der Bevölkerung in Städten, denen eine überörtliche Bedeutung in Bezug auf die Hitzebelastung am Tage zugeschrieben wird, während dies in ganz NRW etwa 45 % sind. In Bezug auf die Einzugsgebiete von Kaltluft-Leitbahnen mit überörtlicher Bedeutung liegt der Flächenanteil in der Planungsregion Detmold etwas über den landesweiten Werten.

Tabelle 51: Bereiche mit überörtlicher klimaökologischer Bedeutung - Vergleich Planungsregion Detmold mit NRW

Belastungsräume						
	Planungsregion Detmold			NRW		
	Anzahl	Einwohner	Anteil	Anzahl	Einwohner	Anteil
im überörtlichen Maßstab bedeutende Bereiche mit nächtlicher Überwärmung	1	12.647	0,6%	28	1.133.761	6,3%
Ortslagen mit überörtlich bedeutender Überhitzung (tags)	4	660.400	31,1%	40	8.126.688	45,7%
Ausgleichsräume/-funktionen						
Kaltluft-Leitbahnen überörtlicher Bedeutung	Planungsregion Detmold			NRW		
	Anzahl	Länge	Anteil	Anzahl	Länge	Anteil
sehr hohe Priorität	9	107,7 km	56,6%	33	411,7 km	34,4%
hohe Priorität	3	28,8 km	15,1%	30	498,1 km	41,6%
vorhandene Priorität	7	53,9 km	28,3%	29	287,6 km	24,0%
Summe	19	190,3 km	100,0%	92	1.197,4 km	100,0%
Einzugsgebiete von Kaltluft-Leitbahnen überörtlicher Bedeutung	Anzahl	Fläche	Flächenanteil	Anzahl	Fläche	Flächenanteil
	Anzahl	Fläche	Flächenanteil	Anzahl	Fläche	Flächenanteil
sehr hohe Priorität	1	598 km ²	9,2%	9	2.294 km ²	6,7%
hohe Priorität	1	165 km ²	2,5%	12	1.125 km ²	3,3%
mittlere Priorität	3	174 km ²	2,7%	11	476 km ²	1,4%
vorhandene Priorität	2	28 km ²	0,4%	10	107 km ²	0,3%
nachrangige Priorität	4	29 km ²	0,4%	12	62 km ²	0,2%
Summe	11	993 km ²	15,2%	54	4.066 km ²	11,9%
Einzugsgebiete flächenhafter Kaltluftabfluss ohne klar definierte Leitbahn	5	27 km ²	0,4%	13	131 km ²	0,4%
Einzugsgebiete heterogener Kaltluftfluss (u. a. Flurwindssysteme)	4	15 km ²	0,2%	12	68 km ²	0,2%
Bioklimatische Gunsträume überörtlicher Bedeutung (tags)						
	Planungsregion Detmold			NRW		
		Fläche	Flächenanteil		Fläche	Flächenanteil
sehr hohe Priorität		454 km ²	6,9%		1.703 km ²	5,0%
hohe Priorität		80 km ²	1,2%		525 km ²	1,5%
Summe		534 km ²	8,2%		2.228 km ²	6,5%

4.1.4. Mögliche Umsetzungspfade und Handlungsempfehlungen

In diesem Kapitel werden zunächst grundsätzlich denkbare Anwendungsmöglichkeiten und Umsetzungspfade der zuvor beschriebenen Ergebnisse der Untersuchung der klimaökologischen Funktionen in der Planungsregion Detmold diskutiert. Anschließend werden Vorschläge für konkrete regionalplanerische Festsetzungen formuliert.

4.1.4.1 Diskussionen möglicher Umsetzungspfade

Die in diesem Fachbeitrag dargestellten Ergebnisse der Klimaaanalyse NRW können für den Regionalplan Detmold als Grundlage und Hilfestellung bei der stärkeren Berücksichtigung klimatischer Belange im Rahmen ihrer Aufgabe der Ordnung, Sicherung und Entwicklung des Raumes dienen. In diesem Zusammenhang werden im Folgenden grundsätzliche Einsatzmöglichkeiten und Umsetzungspfade beschrieben.

- Berücksichtigung als Abwägungsgrundlage in Raumordnungsverfahren und im Zuge der Erarbeitung raumordnerischer Stellungnahmen/Einwendungen,
- Berücksichtigung als Abwägungsgrundlage bei der räumlichen Steuerung von mit den klimatischen Belangen konkurrierenden Raumnutzungen,
- Erweiterung des Begründungshorizonts und damit Schärfung bestehender (multifunktionaler) Ziele und Grundsätze bzw. Planzeichen sowie inhaltliche und ggf. flächenmäßige Weiterentwicklung multifunktionaler Planzeichen,
- Entwicklung und Einführung innovativer monofunktionaler Ziel- und Grundsatzfestlegungen sowie ggf. Planzeichen.

Weitergehende allgemeine Hilfestellungen insbesondere zum Planungsprozess sowie zu innovativen Festlegungen können dem vom BMVI (2017) herausgegebenen „Methodenhandbuch regionale Klimafolgenbewertung“ entnommen werden.

Berücksichtigung als Abwägungsgrundlage in Raumordnungsverfahren und im Zuge der Erarbeitung raumordnerischer Stellungnahmen

Die erarbeiteten Empfehlungen für die Regionalplanung stellen eine hilfreiche und bereits nach raumordnerischen Anforderungen sowie hinsichtlich der Maßstabsebene entsprechend aufbereitete, fachliche Datengrundlage dar, welche die bereits im Rahmen der Regionalplanung zu berücksichtigenden klimatischen Funktionen und raumbedeutsamen Belange abbildet. Die nach fachlichen Kriterien begründeten und überdies raumspezifisch abgeleiteten Inhalte der Karte „Planungsempfehlungen Regionalplanung“ (Abbildung 47) sollten demnach im Zuge von Raumordnungsverfahren zu raumbedeutsamen Plänen oder Projekten sowie von raumordnerischen Stellungnahmen mit den Inhalten dieser Vorhaben überlagert und abgeglichen werden. Dies erlaubt eine unkomplizierte und dennoch fachlich qualifizierte Berücksichtigung der klimatischen Fragestellung in derartigen Verfahren, wodurch gleichermaßen eine Stärkung klimatischer Belange auf Ebene der Regionalplanung erwartet wird.

Berücksichtigung als Abwägungsgrundlage bei der räumlichen Steuerung von mit klimatischen Belangen konkurrierenden Raumnutzungen

Die Inhalte der Karte „Planungsempfehlungen Regionalplanung“ eignen sich neben der Berücksichtigung in Raumordnungsverfahren insbesondere auch für eine angemessene Berücksichtigung im Zuge eigener Planungen wie etwa bei der Fortschreibung des Regionalplans. In erster Linie sollen die erarbeiteten Planungsempfehlungen in diesem Zusammenhang dazu dienen, die Verortung und konkrete Abgrenzung bestehender Planzeichen mit dem Ziel einer „klimaoptimierten“ Planung zu überprüfen und ggf. zu beeinflussen.

Die konkrete Berücksichtigung der durch die fachlichen Planungsempfehlungen in der Karte abgebildeten klimatischen Belange kann dabei entweder bereits in Form eines Bausteins des gesamträumlichen Planungskonzepts sowie der Alternativenentwicklung erfolgen, oder aber im Zuge der nach § 9 ROG durchzuführenden Umweltprüfung. Durch eine stärkere direkte Berücksichtigung klimatischer Belange bei der Standortsteuerung von Siedlungsflächen sollten z. B. bei der Festlegung von Siedlungszuwachsflächen als regionalplanerische Vorranggebiete entsprechende Flächen mit einer hohen Klimarelevanz oder mit Bedeutung für die siedlungsnaher Erholung (Kaltluftleitbahnen inklusive ihrer Einzugsgebiete und bioklimatische Gunsträume mit überörtlicher Bedeutung) gesichert oder von entgegenstehenden Festlegungen freigehalten werden.

Überdies können die fach- und raumspezifischen Planungsempfehlungen der Klimaanalyse NRW im Zuge der Umweltprüfung als umfassende Datengrundlage dienen und ermöglichen damit eine gegenüber dem heutigen Standard erheblich detailliertere Erfassung und Bewertung der durch den Plan im Allgemeinen bzw. die geprüfte Festlegung im Speziellen zu erwartenden erheblichen Auswirkungen auf das Schutzgut Klima. Auf diese Weise kann eine flächenspezifische Rückkopplung zwischen Umweltprüfung und Planinhalten hinsichtlich klimatischer Fragestellungen gewährleistet werden, mit der Folge, dass nunmehr bereits frühzeitig wirkungsvolle Vermeidungsmaßnahmen entwickelt oder gar eine Modifikation der geplanten Festlegungs-Kulisse mit dem Ziel der „Klimaoptimierung“ möglich wird.

Dies eröffnet infolge der positiv-allokativen Standortplanung bei der Siedlungs- und Gewerbeflächenentwicklung insbesondere für die Steuerung und Ordnung der zukünftigen Siedlungsentwicklung die Möglichkeit, klimaökologische Fragestellungen und Anforderungen auf Grundlage der vorliegenden Planungsempfehlungen für die Regionalplanung weitaus umfassender als bisher zu berücksichtigen. Das Ziel muss hierbei sein, die Siedlungs- und Gewerbeflächenentwicklung auf klimatisch unkritische oder zumindest weniger problematische Teilflächen zu lenken und zu konzentrieren.

Erweiterung des Begründungshorizonts und damit Schärfung bestehender (multifunktionaler) Ziele und Grundsätze bzw. Planzeichen sowie inhaltliche und ggf. flächenmäßige Weiterentwicklung multifunktionaler Planzeichen

Zur Reduktion bioklimatischer Belastungen sollte der Regionalplan Detmold nach Auffassung des LANUV neben den beschriebenen indirekten Berücksichtigungsformen klimatische Funktionen auch mit Hilfe multi- oder monofunktionaler Festlegungen gezielt und direkt schützen und entwickeln. Insbesondere können klimatische Belange im Zusammenhang mit bestehenden multifunktionalen Festlegungen und Planzeichen gezielt adressiert werden. Auf diese Weise können mit den klimaspezifischen Inhalten die bestehenden Festlegungen geschärft, weitergehend begründet und ihrer Durchsetzungsfähigkeit auch flächenscharf erheblich gestärkt werden.

Gleichwohl mag die Einbindung der klimatischen Belange in zahlreichen Fällen auch dazu führen, dass die bestehenden Festlegungen insbesondere hinsichtlich ihrer flächenspezifischen Nachvollziehbarkeit und Begründbarkeit zu überprüfen und zu überarbeiten sind. Für raumordnerische Zielfestlegungen erscheint dieser Anpassungsbedarf jedoch angesichts des in den letzten Jahren kontinuierlich gewachsenen und von der Rechtsprechung weiterentwickelten Anforderungsrahmens oftmals auch unbenommen einer stärkeren Berücksichtigung klimatischer Belange im Zuge der Fortschreibung oder Neuaufstellung von Raumordnungsplänen gegeben.

Hierfür sind in NRW als geeignete, bereits bestehende multifunktionale Festlegungen zuallererst die „Regionalen Grünzüge“ zu nennen, welche unterschiedliche Raumfunktionen schützen sollen und Freiräume vor einer baulichen Inanspruchnahme bewahren. Mit den Regionalen Grünzügen werden in der Praxis teilweise bereits ganz konkret klimatische Raumfunktionen adressiert. Die dabei beispielsweise angesprochenen „klimaökologisch wirksamen Bereiche“ wurden bisher jedoch nicht weitergehend definiert und räumlich spezifiziert. So können sie sich offensichtlich in Ermangelung „harter“, fachwissenschaftlich belastbarer und flächenspezifischer Daten nicht spürbar auf die Flächenkulisse der Festlegung auswirken und ferner auch nicht für die Begründung einzelner Festlegungsflächen als starker, durchsetzungsfähiger Belang herangezogen werden.

Ähnliches mag für die bestehenden erholungsbezogenen Planzeichen gelten, für die eine mitunter bestehende Klimagunst in Verbindung mit nahe gelegenen bioklimatischen Belastungsräumen einen zusätzlichen, neu hinzukommenden Begründungsfaktor darstellt. Auf Basis der nun vorliegenden Daten und Empfehlungen wird daher ein erhebliches Überarbeitungs- und Optimierungspotenzial für derartige multifunktionale Festlegungen im Regionalplan Detmold gesehen.

Entwicklung und Einführung innovativer monofunktionaler Ziel- und Grundsatzfestlegungen sowie ggf. Planzeichen.

Ein besonders weitgehender und innovativer Umsetzungsansatz zur regionalplanerischen Berücksichtigung klimaökologischer Aspekte besteht in der Möglichkeit der Einführung zusätzlicher monofunktionaler, d.h. allein mit klimatischen Funktionen zu begründender Planzeichen. So könnten monofunktionale Raumordnungsgebiete Flächen sowohl für Kaltluftentstehung und -transport sichern. Denkbar wäre z. B. die Einführung eines Planzeichens „Vorranggebiet Kaltluftaustausch“ als Ziel der Raumordnung. Hierbei wäre allerdings im Einzelfall kritisch zu prüfen, ob die zugrundeliegende landesweite Modellrechnung derart weitgehende Eingriffe in die nachfolgenden Planungsebenen und ggf. private Belange rechtfertigen kann, und ob der kommunalen Planung noch ein hinreichender Ausgestaltungsspielraum verbleibt.

Da die Einführung derartiger Planzeichen somit teilweise noch juristischem Klärungsbedarf bzw. Unwägbarkeiten unterliegt und ferner erst von der Landesplanung Nordrhein-Westfalens vorzugeben wäre, erscheint für eine möglichst zügige, rechtssichere und damit wirkungsvolle Umsetzung klimaökologischer Belange im Zuge der Fortschreibung des Regionalplans Detmold die Neu-Einführung monofunktionaler Planzeichen aus Sicht des LANUV derzeit nicht als das Mittel der Wahl.

Nichtsdestotrotz bestehen alternative Möglichkeiten der monofunktionalen Berücksichtigung klimatischer Fragestellungen im Regionalplan Detmold. Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang die Option, auf Basis der Inhalte der Karte „Planungsempfehlungen Regionalplanung“ durchsetzungsstarke textliche Zielformulierungen mit klimabezogenen Inhalten zu formulieren, welche mit Hilfe von fachspezifischen thematischen Beikarten räumlich konkretisiert und gefasst werden. Von Vorteil ist bei diesem Vorgehen, dass keine zusätzlichen Planzeichen im Sinne von raumordnerischen Vorranggebieten eingeführt werden müssen und infolge der vornehmlich textlichen Ziel-Formulierung die Möglichkeit besteht, der kommunalen Planung einen hinreichend weiten Ausgestaltungsspielraum bei der Umsetzung der von der Regionalplanung festgelegten Ziele einzuräumen.

Im Zusammenspiel von textlicher Festlegung und ergänzender räumlicher Darstellung der verschiedenen Flächenkategorien verbleibt auf diese Weise einerseits der kommunalen Planung ein angemessener Ausgestaltungsspielraum bei der Bewertung und Auslegung. Auf der anderen Seite wird durch die verbindliche Zielfestlegung in Kombination mit der räumlichen Konkretisierung innerhalb der benannten Raumkategorien eine sachgerechte Prüfung zwingend erforderlich. Dies umfasst ggf. den Einsatz von vertiefenden, maßstabsgerechten Fachgutachten zu den voraussichtlichen Auswirkungen eines Vorhabens auf die bestehenden Klima-Funktionen oder Nachweise, dass das Vorhaben eben nicht gegen die Ziele der Raumordnung verstößt.

4.1.4.2 Empfehlungen für regionalplanerische Festlegungen

Das Ziel der Regionalplanung sollte es sein, bei allen Planungen und Maßnahmen die Funktionsfähigkeit des Freiraumes als klimatischer und lufthygienischer Ausgleichsraum zu schützen und insbesondere Flächen mit überörtlich bedeutenden klimaökologischen Funktionen als Regenerations- und Ausgleichsräume zu erhalten. Konkret sind Flächen, die der Belüftung (Kaltluft-Leitbahnen) und Kaltluftproduktion dienen und klimatische Entlastungspotentiale für die Siedlungsräume darstellen, zu erhalten. In Siedlungsbereichen, die von besonderen Hitzebelastungen betroffen sind, sind diese nach Möglichkeit weiterzuentwickeln. Insbesondere sind Maßnahmen, die den Luftaustausch zwischen Ausgleichsräumen und Siedlungsbereichen einschränken, zu vermeiden.

Gemäß § 12 Abs. 3 LPlG NRW sind in den Raumordnungsplänen die räumlichen Erfordernisse unter anderem zur Anpassung an den Klimawandel als Ziele und Grundsätze der Raumordnung festzulegen und den nachgeordneten Planungsebenen zur Umsetzung des § 3 KlimaschutzG NRW räumliche Konkretisierungsaufträge zu erteilen. Die Erkenntnisse der Klimaanalyse NRW sowie des Fachbeitrages Klima des LANUV dienen dabei als Datengrundlage für solche Festlegungen. Dazu sollten die für die Planungsregion Detmold festgestellten Belastungsräume sowie die Ausgleichsräume und die damit verbundenen Funktionen in die textlichen und/oder zeichnerischen Festlegungen einbezogen werden. Kaltluftleitbahnen mit sehr hoher oder hoher Priorität sind dabei beispielsweise nach Einschätzung des LANUV auch für Zielfestlegungen geeignet.

Darüber hinaus sollten zur Vermeidung von Nutzungskonflikten an die im Regionalplan als GIB oder ASB ausgewiesenen Flächen weitere Anforderungen an die bauleitplanerische Umsetzung auf kommunaler Ebene gestellt werden, welche neben den Hinweisen des Fachbeitrages Klima auch die Ergebnisse und Empfehlungen der Klimaanalyse NRW aufgreifen. Dies betrifft vor allem die dort enthaltenen Hinweise zu thermisch belasteten Siedlungsräumen, Freiraumbereichen mit Ausgleichsfunktionen, Kaltluftabflüssen und zu bioklimatischen Gunsträumen. Damit soll gewährleistet werden, dass nicht nur die Bereiche, denen in diesem Fachbeitrag eine überörtliche klimaökologischer Bedeutung zugemessen wird, adressiert werden.

Vor diesem Hintergrund lassen sich aus klimaökologischer Perspektive folgende Vorschläge für mögliche regionalplanerische Festsetzungen formulieren, die sich an bisherigen Zielen und Grundsätzen der Regionalplanung im Regierungsbezirk Detmold sowie an bestehenden regionalplanerischen Festsetzungen aus anderen Bundesländern orientieren:

(Beikarte) Bereiche mit überörtlicher klimaökologischer Bedeutung sind auf Grundlage des Fachbeitrages Klima in der thematischen Beikarte X dargestellt als „Kaltluft-Leitbahnen überörtlicher Bedeutung“, „Einzugsgebiete von Kaltluft-Leitbahnen mit überörtlicher Bedeutung (Ausgleichsräume)“ und „Bioklimatische Gunsträume überörtlicher Bedeutung (tags)“. Gebiete mit hoher und sehr hoher Vulnerabilität gegenüber Hitzebelastungen sind als „Im überörtlichen Maßstab bedeutende Bereiche mit nächtlicher Überwärmung“ und „Ortslagen mit überörtlich bedeutender Überhitzung (tags)“ dargestellt.

(Grundsatz) In Bereichen mit überörtlicher klimaökologischer Bedeutung (siehe thematische Beikarte X) ist auf eine Verbesserung und Sicherung der klimaökologischen Funktionen hinzuwirken. In Siedlungsbereichen mit einer hohen oder sehr hohen Vulnerabilität gegenüber Hitzebelastungen ist auf den Abbau von bestehenden Belastungen hinzuwirken.

(Ziel) Die Kernbereiche von Kaltluft-Leitbahnen mit hoher und sehr hoher Priorität sowie überörtlich bedeutsame Einzugsgebiete von Kaltluftleitbahnen mit einer hohen oder sehr hohen Priorität (siehe thematische Beikarte X) sind zu sichern und von Nutzungen freizuhalten, die die klimaökologischen Funktionen dieser Bereiche beeinträchtigen.

(Grundsatz) In Kernbereichen von Kaltluft-Leitbahnen mit mittlerer Priorität sowie in überörtlich bedeutsamen Einzugsgebieten von Kaltluftleitbahnen mit einer mittleren oder vorhandenen Priorität (siehe thematische Beikarte X) sind die klimaökologischen Funktionen dieser Bereiche in planerischen Abwägungsprozessen zu berücksichtigen.

(Ziel) Im Rahmen der Bauleitplanung sind die räumlichen Voraussetzungen für den Erhalt und die Schaffung klimaökologisch bedeutsamer Freiräume sowie den Luftaustausch zu schaffen. Dazu soll der Übergang der siedlungsklimatisch bedeutsamen Bereiche in das Siedlungsgefüge so berücksichtigt werden, dass ihr Wirkungsbereich möglichst weiträumige Teile der Siedlung erfasst.

(Grundsatz) Die Einstellung klimatischer Belange in die Abwägungsvorgänge der räumlichen Planung hat sich an der Bewertung der Räume hinsichtlich ihrer klimaökologischen Bedeutung im Rahmen des Fachbeitrages Klima und der Studie „Klimaanalyse NRW“ (LANUV 2018) zu orientieren.

(Ziel) Damit eine geordnete siedlungsstrukturelle Entwicklung gewährleistet wird, sollen die Gemeinden eine aktive Grundstückspolitik betreiben und an geeigneten Standorten baureife Grundstücke auf den Markt bringen. Um das zur Belebung des Grundstücksmarktes gut geeignete Instrument des Flächentausches besser einsetzen zu können, sind die Reserverflächenüberhänge der FNP abzubauen. Vorrangig sollten solche Flächen zurückgeplant werden, die sich aufgrund ihrer ökologischen Wertigkeit oder ihrer besonderen lufthygienischen und klimaökologischen Funktion am ehesten dazu eignen, dem Freiraum wieder zugeordnet zu werden.

(Ziel) Allgemeine Siedlungsbereiche (ASB) beinhalten die Flächen für Wohnen und wohnverträgliches Gewerbe, für Wohnfolgeeinrichtungen und öffentliche und private Dienstleistungen. Auch siedlungszugehörige Grün-, Sport-, Freizeit- und Erholungsflächen sind Bestandteil des ASB. Den Erfordernissen zur Anpassung an den Klimawandel wird bei der bauleitplanerischen Umsetzung von ASB ab einer Größe von X durch Untergliederung in ein gestuftes städtisches Freiflächensystem und wenn möglich einer Vernetzung mit den „Regionalen Grünzügen“ Rechnung getragen. Die Belange des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) sind bei der Umsetzung von ASB zu beachten.

(Ziel) Die dargestellten „Regionalen Grünzüge“ in den am stärksten verdichteten Bereichen des Planungsgebietes sind als wesentliche Bestandteile des regionalen Freiflächensystems

zu erhalten und zu entwickeln. (...) Diese „Regionalen Grünzüge“ sind die gliedernden landschaftlichen Elemente, die einer bandartigen Verdichtung der Siedlungsentwicklung entgegenwirken. Sie übernehmen für die Siedlungsbereiche bedeutsame Freiraumfunktionen, insbesondere (...) positive lufthygienische und klimaökologische Funktionen. Die fachliche Grundlage für die Bewertung der klimaökologischen Funktionen von Freiflächen stellen die Kaltluft-Leitbahnen überörtlicher Bedeutung samt der dazugehörigen Einzugsgebiete und die Bioklimatischen Gunsträume mit überörtlicher Bedeutung dar (siehe thematische Beikarte X). In den Regionalen Grünzügen sind Planungen und Maßnahmen, die die jeweiligen Funktionen beeinträchtigen, unzulässig.

4.2. Weitere Handlungsfelder Klimaanpassung

Im Folgenden sollen weitere Handlungsfelder im Bereich Klimaanpassung dargestellt werden, die für den Regionalplan Detmold relevant sind. Da zu den meisten Aspekten jedoch eigenständige, sektorale Fachbeiträge für die Regionalplanung erstellt werden (Landwirtschaft, Natur- und Artenschutz, Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft), und auch die nicht immer direkte regionalplanerische Steuerungsmöglichkeiten gegeben sind, werden an dieser Stelle nur einige wesentliche Aspekte skizziert, um ein umfassendes Bild der verschiedenen Herausforderungen bei der Anpassung an den anthropogenen Klimawandel in der Planungsregion Detmold abzubilden. Für detaillierte Ausführungen wird auf die jeweiligen sektoralen Fachbeiträge verwiesen.

Wasserwirtschaft

Die in Kapitel 2 beschriebenen anthropogenen Klimaänderungen in der Planungsregion Detmold werden sich, auch wenn sie weniger dramatisch ausfallen werden als in anderen Teilen dieser Erde, spürbar auf den natürlichen Wasserhaushalt auswirken. Es ist damit zu rechnen, dass dies alle relevanten Handlungsbereiche der Wasserwirtschaft beeinflussen wird.

Zu erwarten sind etwa häufiger auftretende Starkniederschläge, was zu Überlastungen der Kanalsysteme und Sturzfluten in Siedlungsbereichen führen kann, verbunden mit erheblichen Beschädigungen an Gebäuden und öffentlicher Infrastruktur. Auch die Kapazitäten von Abwasserbehandlungsanlagen oder vorgehaltener Regenwasserspeicherbecken können bei länger anhaltenden oder besonders starken Niederschlägen zukünftig häufiger für eine begrenzte Zeitspanne überschritten werden. Häufig bereits eingeleitete Maßnahmen zur Entlastung der Abwasseranlagen, zum Beispiel die Versickerung, Rückhaltung oder Nutzung von Niederschlagswasser sowie die Flächenentsiegelung in Ballungsräumen, sollte in Zukunft auch in der Planungsregion Detmold ergänzt werden durch möglichst flexiblere Steuerungsmöglichkeiten der vorhandenen Infrastruktur. Auch die Erstellung von lokalen / regionalen Risikoanalyse- und Sturzflutgefährdungskarten ist zu prüfen und gegebenenfalls zu unterstützen. Vermehrt auftretende Starkregenereignisse können darüber hinaus in den Mittelgebirgslagen der Planungsregion Detmold häufigere Abschwemmungen bewirken, bei denen abbaubare Bodenbestandteile, Nährstoffe oder Krankheitserreger in die Oberflächengewässer eingetragen werden. (MKULNV 2011_A).

Auch wenn Nordrhein-Westfalen ein wasserreiches Land ist, können länger andauernde und stärker ausgeprägte Hitzeperioden in der Fernen Zukunft in Einzelfällen die Wasserversorgung im Sommer beeinträchtigen. Außerdem wird davon ausgegangen, dass saisonale Abflussänderungen in Oberflächengewässern (Abflusszunahme im Winter, Abflussabnahme im Sommer) in Zukunft Auswirkungen auf den Hochwasserschutz und die Gewässerbewirtschaftung haben können. Potenzielle Anpassungsmaßnahmen im Bereich des Hochwasserrisikomanagements, die gegeben falls auch für die Planungsregion Detmold relevant sein können, reichen von der naturnahen Gestaltung von Gewässern und Auen, dem natürlichen Rückhalt in Gewässern oder ausgewiesenen Retentionsräumen über planerische Vorsorgemaßnahmen (Erstellung von Risikokarten, Hochwasserschutzpläne) bis hin zum technischen Hochwasserschutz. So sollte in Gefährdungsbereichen die Notwendigkeit geprüft werden, Hochwasserschutzdeiche und Rückhaltebecken zu ertüchtigen oder neu zu errichten. (MKULNV 2011_A).

Natur-und Artenschutz

Die Lebensgrundlagen von Tieren und Pflanzen in der Planungsregion Detmold werden neben der anhaltenden intensiven Landnutzung und der Zersiedlung der Landschaft (zukünftig) auch durch den Wandel der klimatischen Verhältnisse beeinflusst. Dabei gibt es sowohl Arten, die durch Temperatur- und Niederschlagsveränderungen, aber auch durch Verschiebungen von Verbreitungsgebieten und Lebensräumen (hierzu zählen etwa auch das Mikroklima, Fressfeinde oder der Boden) vermutlich negativ beeinflusst werden, als auch solche, die von den Änderungen profitieren könnten. Für zahlreiche Arten und Lebensräume stellt der beschleunigte anthropogene Klimawandel dabei einen zusätzlichen Stressfaktor dar. Grundsätzlich besteht daher ein Handlungsbedarf für alle Lebensräume und Arten, die negativ von dem durch den Mensch ausgelösten Klimawandel beeinflusst werden. Durch ihre hohe Anzahl wird jedoch eine realistische, umsetzbare Maßnahmenplanung erschwert. Spezielle Anpassungsmaßnahmen sollten daher in erster Linie für solche Arten ergriffen werden, für die in NRW derzeit ein besonderer Handlungsbedarf besteht. (MKULNV 2010)

Bei den Pflanzenarten ergibt sich ein besonderer Handlungsbedarf vor allem bei allen vom anthropogenen Klimawandel negativ beeinflussten Arten, die bereits landesweit gefährdet sind – darunter vor allem solche der Moore und Feuchtgebiete. Bei den Tierarten trifft dies auf alle Arten zu, die nach der FFH-Richtlinie oder der Vogelschutzrichtlinie geschützt sind, für deren Erhalt Nordrhein-Westfalen eine besondere Verantwortung trägt, etwa weil sie weltweit gefährdet sind oder nur hier vorkommen, die zu den Zielarten des Naturschutzes in Nordrhein-Westfalen gehören, oder die in der Roten Liste NRW mindestens als „gefährdet“ eingestuft sind. Daneben besteht ein besonderer hoher Handlungsbedarf bei allen Lebensräumen, die durch den vom Menschen verursachten Klimawandel bedroht sind. Hierzu zählen vor allem Moore, Feucht- und Nassgrünland sowie Erlenbruchwälder. (MKULNV 2010)

Anpassungsmaßnahmen sollten vor allem darauf abzielen, bestehende Lebensräume zu verbessern und zu vergrößern. Eine angepasste Landbewirtschaftung sollte dabei schädliche Nutzungseinflüsse vermeiden, zum Beispiel durch die extensive Bewirtschaftung bestimmter Anteil an Grünland- und anderen Offenlandflächen. Besonders sensible Bereiche

sind auch in der Planungsregion Detmold die Feuchtlebensräume, z. B. im Kreis Minden-Lübbecke oder an der Lippe im Kreis Soest. Der Schutz dieser Gebiete sollte auch die Umgebung miteinschließen. Die wichtigste Maßnahme ist die Wiederherstellung eines möglichst naturnahen Wasserhaushaltes, indem diese Gebiete wiedervernässt oder zeitweise natürlich überflutet werden. (MKULNV 2010)

Landwirtschaft

Die skizzierten Änderungen des Klimas sorgen zukünftig auch in der Planungsregion Detmold für eine Veränderung der landwirtschaftlichen Standorteignungen und Anbaumethoden (z. B. Sorten oder Saattermine). Durch den Rückgang der Frost- und Eistage wird sich die Vegetationsperiode weiter verlängern, so dass landwirtschaftliche Betriebe tendenziell produktiver werden könnten, z. B. im intensiven Gemüseanbau. Die insgesamt höheren Temperaturen führen zu einer schnelleren Pflanzenentwicklung, daneben bringen ansteigende CO₂-Konzentrationen in der Atmosphäre auch einen geringfügigen zusätzlichen Düngeeffekt mit sich. Damit könnten sich die Anbauoptionen in bisherigen Grenzlagen des Ackerbaus in den Mittelgebirgsregionen erweitern. Insbesondere in der Fernen Zukunft kann sich jedoch auch der sommerlicher Rückgang der Niederschläge negativ auswirken (MKULNV 2011_B).

Es bestehen neben möglichen positiven Effekten aber auch Risiken. Die stets milder werdenden Winter werden Schädlingen insgesamt bessere Überlebenschancen ermöglichen und die Ausbreitung neuer Arten beschleunigen. Durch die zunehmenden Sommertage und Heißen Tage sowie durch die gleichzeitige Verlagerung der Niederschlagsmaxima vom Sommer in den Winter und Frühling wird die Planungsregion mehr Trockenstress erleben. Wetterextreme wie Starkniederschläge können weiter zunehmen. Hierzu zählen nicht nur die projizierten Niederschläge, die mit eher großräumigen Wetterlagen zusammenhängen, sondern wahrscheinlich auch sehr lokale und extreme Starkregen- und Hagelereignisse, die erhebliche Schäden verursachen können. Die zunehmenden Heißen Tage sowie Sommertage können bei der Tiermast negative Folgen für die Tiergesundheit bedeuten, besonders dann, wenn die Klimatisierung der Ställe an Ihre Grenzen gelangt.

Die Steuerungsmöglichkeiten der Regionalplanung sind im Bereich Landwirtschaft gering, insbesondere was die konkrete Bewirtschaftungsform und die Anbaufürchte auf den landwirtschaftlichen Flächen angeht. Das Ziel der Regionalplanung sollte dennoch sein, die Voraussetzungen zur Sicherung und Anpassung der Leistungsfähigkeit von Agrarstandorten im Planungsraum Detmold auch vor dem Hintergrund des Klimawandels zu schützen. Mögliche planerische Ansätze wären die Ausweisung von Flächen mit besonders ertragreichen Böden, die sich als besonders robust gegenüber Klimaänderungen erweisen, als für die Landwirtschaft sehr gut geeignete Flächen. Flächen, die besonders von vermehrt auftretender Bodenerosion gefährdet sind, sollten hiervon jedoch ausgenommen werden (BMVBS 2013).

Waldökologie, Forstwirtschaft

Größere Waldgebiete befinden sich in der Planungsregion Detmold vor allem auf den Höhenzügen der Mittelgebirge. Mit gut 150.000 Hektar nimmt die Waldfläche nach Landeswaldinventur 2014 etwa 24 % der gesamten Fläche der Planungsregion ein. Die am häufigsten vorkommenden Baumarten sind die Buche (31 %), die Fichte (22 %), die Kiefer (12 %) und die Eiche (10 %). Im Kreis Lippe und Bielefeld dominiert die Buche ein relativ naturnahes Waldbild, während in der sandigen, nährstoffarmen Senne überwiegend Kiefernwälder wachsen. (REGIONALFORSTAMT OSTWESTFALEN-LIPPE 2011)

Anpassungsmaßnahmen im Bereich Waldökologie und Forstwirtschaft müssen dabei auf die zu erwartenden Temperatur- und Niederschlagsveränderungen basieren (z. B. vermehrter Wärme- und Trockenstress, z. B. bei der Fichte), aber auch eine erhöhte Waldbrandgefahr, vermehrte Schäden durch Stürme (Windbruch/-wurf) und indirekte Effekte wie erhöhte Belastung durch Schadinsekten und veränderte Baumartenwahl berücksichtigen. Insbesondere ist auf Grund der Auswirkungen des anthropogenen Klimawandels auf die Wälder die Stabilität und die Anpassungsfähigkeit der Wälder zu erhöhen, z. B. durch naturnahe sowie arten- und strukturreiche Mischbestände (MKULNV 2015).

Konkrete regionalplanerisch relevante Maßnahmen wären in diesem Zusammenhang beispielsweise die Anpassung von Zielsetzungen, Strategien und Konzepten an ein dynamisches Leitbild klimaplastischer Wälder, z. B. durch Ausweisung von Schwerpunktbereichen für den Waldbau. Weitere zu prüfende Anpassungsmaßnahmen wären der Ausbau von und die Weiterentwicklung des Waldschutzmonitorings, der Ausbau von waldbaulichen Versuchs- und Demonstrationsflächen, Weiterentwicklung von Schutzgebietskonzepten für Waldnaturschutz im Klimawandel, Empfehlungen zur Anpassung von Waldbeständen und die Optimierung von Infrastruktur und Logistik zur Schadensbewältigung in Folge von Extremwetterereignissen (MKULNV 2015).

Literatur

- AQUA PLAN GMBH; HYDRO & METEO GMBH & CO KG; DR. PAPADAKIS GMBH (2010): Extremwertstatistische Untersuchung von Starkniederschlägen in NRW (ExUS). Veränderung in Dauer, Intensität und Raum auf Basis beobachteter Ereignisse und Auswirkungen auf die Eintretenswahrscheinlichkeit. Abschlussbericht, erstellt für das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV). Unter Mitarbeit von aqua plan GmbH, hydro & meteo GmbH & Co KG und dr. papadakis GmbH. Hg. v. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV). Recklinghausen.
- BEZIRKSREGIERUNG DETMOLD₁:
https://www.bezreg-detmold.nrw.de/300_RegionOWL/089_Uebersichtskarten/index.php
- BEZIRKSREGIERUNG DETMOLD₂:
https://www.bezreg-detmold.nrw.de/400_WirUeberUns/index.php
- BEZIRKSREGIERUNG DETMOLD₃:
https://www.bezreg-detmold.nrw.de/300_RegionOWL/010_Wirtschaft/index.php
- BAUMGART & TERFRÜCHTE (Hrsg.) (2013): Zukunft der Regionalplanung in Nordrhein-Westfalen. In: Arbeitsberichte der Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL), Nr. 6, Hannover.
- BEREITER, BERNHARD; EGGLESTON, SARAH; SCHMITT, JOCHEN; NEHRBASS-AHLES, CHRISTOPH; STOCKER, THOMAS F.; FISCHER, HUBERTUS et al. (2015): Revision of the EPICA Dome C - CO₂ record from 800 to 600 kyr before present. In: Geophys. Res. Lett. 42 (2), S. 542–549. DOI: 10.1002/2014GL061957.
- BJÖRCK, S. (2011): Current global warming appears anomalous in relation to the climate of the last 20000 years. Clim. Res. 48, 5-11.
- BOER, B. DE; VAN DE WAL, R.S.W.; BINTANJA, R.; LOURENS, L. J.; TUENTER, E. (2010): Cenozoic global ice-volume and temperature simulations with 1-D ice-sheet models forced by benthic $\delta^{18}\text{O}$ records. In: Annals of Glaciology 51 (55), S. 23–33. DOI: 10.3189/172756410791392736.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG [BMVBS] (2011): Erneuerbare Energien: Zukunftsaufgabe der Regionalplanung. Berlin.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG [BMVBS] (2013) (Hrsg.): Methodenhandbuch zur regionalen Klimafolgenbewertung in der räumlichen Planung – Systematisierung der Grundlagen regionalplanerischer Klimafolgenbewertung. Bonn.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG [BMVBS] (2013): Wie kann Regionalplanung zur Anpassung an den Klimawandel beitragen? Bonn.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR (BMVI) (2017) (Hrsg.): Handlungshilfe Klimawandelgerechter Regionalplan – Ergebnisse des Forschungsprojektes KlimREG für die Praxis. In: MORO Praxis Heft 6/2017, Bonn.

CORDEX-PROJEKT: EURO-CORDEX – Coordinated Downscaling Experiment – European Domain: <http://www.euro-cordex.net/index.php.en> (zuletzt aufgerufen am 07.07.2017).

DOWSETT, H.J., ROBINSON, M.M., HAYWOOD, A.M., HILL, D.J., DOLAN, A.M., STOLL, D.K., CHAN, W.-L., ABE-OUCHI, A., CHANDLER, M.A., ROSENBLOOM, N.A., OTTO-BLIESNER, B.L., BRAGG, F.J., LUNT, D.J., FOLEY, K.M., RIESSELMAN, C.R. (2012): Assessing confidence in Pliocene sea surface temperatures to evaluate predictive models. *Nature Climate Change* 2, 365 EP.

DWD (2017) - Climate Data Center: http://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/cdc/cdc_node.html (zuletzt aufgerufen am 07.07.2017).

DWD - WETTERLEXIKON (2017): Wetter und Klima - Deutscher Wetterdienst - Glossar - F - Föhn. DWD.
<https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=100784&lv3=100882> (zuletzt geprüft am 18.08.2017).

DWD₁: <http://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimawandel/klimaszenarien/sres-szenarien.html?nn=344918> (zuletzt geprüft am 06.12.2017).

DWD₂: http://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimawandel/klimaszenarien/rcp-szenarien_node.html (zuletzt geprüft am 06.12.2017).

DWD₃: https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/ku_beratung/gesundheit/bioklima/bioklima_node.html (zuletzt geprüft am 20.02.2018).

ENERGIEATLAS NRW: <http://www.energieatlasnrw.de/site/>

ENGLANDER, JOHN (2017): <http://www.johnenglander.net/sea-level-rise-blog/single-image-proves-human-caused-global-warming/>

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY: www.eea.europa.eu (zuletzt aufgerufen am 07.07.2017).

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA) (2003): Corine Land Cover 2000, Corine-Datensatz zu Geländehöhe und Nutzungsstruktur, Copenhagen, Dänemark.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA) (2012): Fast Track Service Precursor (FTSP) on Land Monitoring. Degree of soil sealing.

GANOPOLSKI, A., WINKELMANN, R., SCHELLNHUBER, H.J. (2016): Critical insolation-CO₂ relation for diagnosing past and future glacial inception. *Nature* 529, 200-203.

GEO-NET (2013): Klimaökologische Analysen Für das Gebiet des Regionalverbandes Ruhr: Kaltlufthaushalt und Durchlüftung. Im Auftrag des Regionalverbandes Ruhr, Kronprinzenstraße 35, 45128 Essen. GEO-NET Umweltconsulting GmbH, Hannover.

GEO-NET (2014): Konzept zur automatisierten Ableitung von Klimatopen in Nordrhein-Westfalen. Hannover, 05. Mai 2014, 20 Seiten.

GEST, LÉA; PARRENIN, FRÉDÉRIC; CHOWDHRY BEEMAN, JAI; RAYNAUD, DOMINIQUE; FUDGE, TYLER J.; BUIZERT, CHRISTO; BROOK, EDWARD J. (2017): Leads and lags between Antarctic temperature and carbon dioxide during the last deglaciation. In: *Clim. Past Discuss.*, S. 1–16. DOI: 10.5194/cp-2017-71.

- GROSS (1989): Numerical simulation of the nocturnal flow systems in the Freiburg area for different topographies. Beitr. Phys. Atmosph. , H 62 , S. 57-72.
- GROSS (1993): Numerical Simulation of canopy flows. Springer Verlag Heidelberg.
- GROSS (2002): The exploration of boundary layer phenomena using a nonhydrostatic mesoscale model. Meteor. Z.schr. Vol. 11 Nr. 5., S. 701-710.
- HANSEN, J.; JOHNSON, D.; LACIS, A.; LEBEDEFF, S.; LEE, P.; RIND, D.; RUSSELL, G. (1981): Climate impact of increasing atmospheric carbon dioxide. In: Science (New York, N.Y.) 213 (4511), S. 957–966. DOI: 10.1126/science.213.4511.957.
- HANSEN, J., SATO, M., KHARECHA, P., SCHUCKMANN, K. VON, BEERLING, D.J., CAO, J., MARCOTT, S., MASSON-DELMOTTE, V., PRATHER, M.J., ROHLING, E.J., SHAKUN, J., SMITH, P., LACIS, A., RUSSELL, G., RUEDY, R. (2017): Young people's burden. Requirement of negative CO₂ emissions. Earth Syst. Dynam. 8, 577-616.
- HENLEY, BEN; ABRAM, NERILIE (2017): The three-minute story of 800,000 years of climate change with a sting in the tail. <https://theconversation.com/the-three-minute-story-of-800-000-years-of-climate-change-with-a-sting-in-the-tail-73368> (zuletzt geprüft am 08.08.2017).
- HERGERT (1991): Klimatische und lufthygienische Situation am Kronsberg und die Beeinträchtigung der klimaökologischen Ausgleichswirkung durch Bebauung. Diplomarbeit der der Abt. Physische Geographie und Landschaftsökologie am Geogr. Inst. der Univers. Hannover. 190 S.
- HÖPPE (1999): The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. International Journal of Biometeorology Volume 43, S. 71-75
- HÖPPE & MAYER (1987): Planungsrelevante Bewertung der thermischen Komponente des Stadtklimas. Landschaft und Stadt 19 (1): S. 22-29.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (Hg.) (2000): Emissions Scenarios. Special Report on Special Report in Emissions Scenarios. Unter Mitarbeit von Nebojsa Nakicenovic and Rob Swart. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom. Online verfügbar unter https://www.ipcc.ch/ipccreports/sres/emission/emissions_scenarios.pdf.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (Hg.) (2001): Climate Change 2001: The Scientific Basis. Im Internet abrufbar unter https://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/pdf/WG1_TAR-FRONT.PDF (zuletzt aufgerufen am 07.07.2017).
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (2006): IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, 2006.

- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (Hg.) (2007): Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Unter Mitarbeit von Pachauri, R.K and Reisinger, A. Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (Hg.) (2013): Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Unter Mitarbeit von 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. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- KLIMA UND RAUM: <http://www.klima-und-raum.org/klimaanpassung>
- KLIMREG – Webtool für einen Klimawandelgerechten Regionalplan: <http://www.klimreg.de> (zuletzt aufgerufen am 07.07.2017).
- KNIELING, KRETSCHMANN, REITZIG, ZIMMERMANN (2015): Diskussionspapier – Regionalplanerische Festlegungen: Möglichkeiten und Grenzen zum Umgang mit den Folgen des Klimawandels. Im Rahmen des BMVI/BBSR-Modellvorhabens der Raumordnung „KlimREG – Klimawandelgerechter Regionalplan“, Hamburg/Berlin.
- KUTTLER (2011): Klimawandel im urbanen Bereich. Teil 2, Maßnahmen. Environmental Sciences Europe 2011: 23:21.
- LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN [LANUV] (2018): Klimaanalyse NRW (derzeit noch nicht veröffentlicht).
- LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN [LANUV] (2017): Auswirkungen des Klimawandels in Nordrhein-Westfalen. Klimafolgenmonitoring 2016. LANUV-Info 38. Unter Mitarbeit von Christina Seidenstücker und Claudia Brinkmann. Hg. v. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV). Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV). Recklinghausen.
- LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN [LANUV] (2017_b): Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW, Teil 5 - Wasserkraft, LANUV-Fachbericht 40; Herausgeber: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz. Recklinghausen.
- LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN [LANUV] (2017_c): Treibhausgas-Emissionsinventar Nordrhein-Westfalen 2015; LANUV-Fachbericht 79. Recklinghausen.
- LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN [LANUV] (2016): Klimawandel und Klimafolgen in Nordrhein-Westfalen. Ergebnisse aus den Monitoringprogrammen 2016. LANUV-Fachbericht 74. Recklinghausen.
- LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN [LANUV] (2016_b): ATKIS-Basis-DLM und Biotoptypenkartierung. GIS-Datensätze. Recklinghausen.

- LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN [LANUV] (2015): Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW, Teil 4 - Geothermie, LANUV-Fachbericht 40; Herausgeber: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz. Recklinghausen.
- LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN [LANUV] (2014): Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW, Teil 2 - Biomasse, LANUV-Fachbericht 40; Herausgeber: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz. Recklinghausen.
- LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN [LANUV] (2013): Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW, Teil 2 - Solarenergie, LANUV-Fachbericht 40; Herausgeber: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz. Recklinghausen.
- LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN [LANUV] (2012): Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW, Teil 1 - Windenergie, LANUV-Fachbericht 40; Herausgeber: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz. Recklinghausen.
- LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN [LANUV] (2010): Klima und Klimawandel in Nordrhein-Westfalen - Daten und Hintergründe. LANUV - Fachbericht 27. Hg. v. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV). Recklinghausen (LANUV-Fachberichte, 27).
- LANESDATENBANK NRW: <https://www.landesdatenbank.nrw.de/ldbnrw/online/logon> (zuletzt aufgerufen am 07.07.2017).
- MANN, MICHAEL E.; ZHANG, ZHIHUA; HUGHES, MALCOLM K.; BRADLEY, RAYMOND S.; MILLER, SONYA K.; RUTHERFORD, SCOTT; NI, FENBIAO (2008): Proxy-based reconstructions of hemispheric and global surface temperature variations over the past two millennia. In: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 105 (36), S. 13252–13257. DOI: 10.1073/pnas.0805721105.
- MARCOTT, SHAUN A.; SHAKUN, JEREMY D.; CLARK, PETER U.; MIX, ALAN C. (2013): A reconstruction of regional and global temperature for the past 11,300 years. In: Science (New York, N.Y.) 339 (6124), S. 1198–1201. DOI: 10.1126/science.1228026.
- MINISTERIUM FÜR BAUEN, WOHNEN, STADTENTWICKLUNG UND VERKEHR DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (MBWSV) (2016): Automatische Straßenverkehrszählungen in Nordrhein-Westfalen 2015. Düsseldorf.
- MINISTERIUM FÜR KLIMASCHUTZ, UMWELT, LANDWIRTSCHAFT, NATUR UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (MKULNV) (2016): Umweltbericht Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf.
- MINISTERIUM FÜR KLIMASCHUTZ, UMWELT, LANDWIRTSCHAFT, NATUR- UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN [MKULNV] (2015): Wald und Waldmanagement im Klimawandel. Anpassungsstrategie für Nordrhein-Westfalen.

- MINISTERIUM FÜR KLIMASCHUTZ, UMWELT, LANDWIRTSCHAFT, NATUR- UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN [MKULNV] (2012): Wald im Klimawandel. Auswirkungen des Klimawandels auf Wälder und Forstwirtschaft in Nordrhein-Westfalen.
- MINISTERIUM FÜR KLIMASCHUTZ, UMWELT, LANDWIRTSCHAFT, NATUR- UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN [MKULNV] (2011a): Klimawandel und Wasserwirtschaft. Maßnahmen und Handlungskonzepte in der Wasserwirtschaft zur Anpassung an den Klimawandel.
- MINISTERIUM FÜR KLIMASCHUTZ, UMWELT, LANDWIRTSCHAFT, NATUR- UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN [MKULNV] (2011b): Klimawandel und Landwirtschaft Auswirkungen der globalen Erwärmung auf die Entwicklung der Pflanzenproduktion in Nordrhein-Westfalen.
- MINISTERIUM FÜR KLIMASCHUTZ, UMWELT, LANDWIRTSCHAFT, NATUR- UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN [MKULNV] (2010): Natur im Wandel. Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in Nordrhein-Westfalen.
- MOSIMANN, TRUTE, FREY (1999): Schutzgut Klima/Luft in der Landschaftsplanung. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen, Heft 4/99, S. 202-275.
- MOSS, RICHARD H.; EDMONDS, JAE A.; HIBBARD, KATHY A.; MANNING, MARTIN R.; ROSE, STEVEN K.; VAN VUUREN, DETLEF P. et al. (2010): The next generation of scenarios for climate change research and assessment. In: Nature 463 (7282), S. 747–756. DOI: 10.1038/nature08823.
- NASA GODDARD INSTITUTE FOR SPACE STUDIES (2017): Data.GISS: GISS Surface Temperature Analysis: Analysis Graphs and Plots. <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs/> (zuletzt geprüft am 08.08.2017).
- NOAA₁: http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/#mlo_full
- NOAA₂: ftp://aftp.cmdl.noaa.gov/products/trends/co2/co2_annmean_mlo.txt
- NOAA₃: <http://www.ncdc.noaa.gov/cag/time-series/global>
- PAGANI, M., ZACHOS, J.C., FREEMAN, K.H., TIPPLE, B., BOHATY, S., 2005. Marked decline in atmospheric carbon dioxide concentrations during the Paleogene. Science (New York, N.Y.) 309, 600-603.
- PARRENIN, F.; MASSON-DELMOTTE, V.; KÖHLER, P.; RAYNAUD, D.; PAILLARD, D.; SCHWANDER, J. et al. (2013): Synchronous change of atmospheric CO₂ and Antarctic temperature during the last deglacial warming. In: Science (New York, N.Y.) 339 (6123), S. 1060–1063. DOI: 10.1126/science.1226368.
- REGIONALDATENBANK DEUTSCHLAND: <https://www.regionalstatistik.de/genesis/online/logon> (zuletzt aufgerufen am 07.07.2017).
- REGIONALFORSTAMT OSTWESTFALEN-LIPPE (2011): Für Mensch und Wald in der Region. Herausgeber: Landesbetrieb Wald und Holz NRW.

- REGIONALER PLANUNGSVERBAND LEIPZIG-WESTSACHSEN (2015): Regionalplan Leipzig-West Sachsen 2017 – Rohentwurf im Zuge der Gesamtfortschreibung. Im Internet abrufbar unter <http://rpv-westsachsen.de/der-regionalplan/gesamtfortschreibung-regionalplan-west-sachsen-2008/> (letztmaliger Zugriff am 07. 07. 2017)
- RÖCKLE & RICHTER (1995): Ermittlung des Strömungs- und Konzentrationsfeldes im Nahfeld typischer Gebäudekonfigurationen - Modellrechnungen. PEF-Bericht 136, Forschungszentrum Karlsruhe.
- RODI (1980): Turbulence models and their application in hydraulics. IAHR Section on Fundamentals of Division II: Experimental and mathematical fluid dynamics, Delft.
- RUBEL, FRANZ; KOTTEK, MARKUS (2010): Observed and projected climate shifts 1901-2100 depicted by world maps of the Köppen-Geiger climate classification. In: *metz* 19 (2), S. 135–141. DOI: 10.1127/0941-2948/2010/0430.
- SCHÄDLER et al. (1996): Vergleich und Bewertung derzeit verfügbarer mikroskaliger Strömungs- und Ausbreitungsmodelle. PEF Bericht 138, Forschungszentrum Karlsruhe.
- SMITH, STEVEN J.; EDMONDS, JAMES; HARTIN, CORINNE A.; MUNDRA, ANUPRIYA; CALVIN, KATHERINE (2015): Near-term acceleration in the rate of temperature change. In: *Nature Climate change* 5 (4), S. 333–336. DOI: 10.1038/nclimate2552.
- STAATSKANZLEI DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (2016): Landesentwicklungsplan Nordrhein-Westfalen (LEP NRW), Düsseldorf.
- STAEGER, TIM (2016): Temperaturverteilung und Extreme. Hg. v. tagesschau.de. <https://wetter.tagesschau.de/wetterthema/2016/12/02/statistik-und-wetter.html> (zuletzt geprüft am 15.09.2017).
- STOCKER, F. T.; QIN, D.; PLATTNER, G.-K; TIGNOR, M.; ALLEN, S. K. et al. (Hg.) (2013): Chapter 5: Information from Paleoclimate Archives. Unter Mitarbeit von Masson-Delmotte, V. M. Schulz, A. Abe-Ouchi, J. Beer, A. Ganopolski et al. Intergovernmental Panel on Climate Change. 14 Bände. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.: Cambridge University Press (Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 5). Online verfügbar unter http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter05_FINAL.pdf.
- 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 (Hg.) (2013_b): Chapter 12: Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility. Unter Mitarbeit von Collins, M., R. Knutti, J. Arblaster, J.-L. Dufresne, T. Fichet, P. Friedlingstein, X. Gao, W.J. Gutowski, T. Johns, G. Krinner, M. Shongwe, C. Tebaldi, A.J. Weaver and M. Wehner. Intergovernmental Panel on Climate Change. 14 Bände. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.: Cambridge University Press (Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change). Online verfügbar unter http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter12_FINAL.pdf.

- UMWELTBUNDESAMT (UBA) (2017): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2017, Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2015
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/berichterstattung-unter-der-klimarahmenkonvention-2>
- UMWELTBUNDESAMT (UBA) (2015): Heizen, Raumtemperatur – gewusst wie. Im Internet abrufbar: <http://www.umweltbundesamt.de/umwelttipps-fuer-den-alltag/heizen-bauen/heizen-raumtemperatur> (letztmaliger Zugriff am 12. 06. 2017)
- UMWELTBUNDESAMT (UBA) (2012): Klimaschutz in der räumlichen Planung. Gestaltungsmöglichkeiten der Raumordnung und Bauleitplanung.
- UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC) (1997): Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen: Das Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen.
- UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC) (2015): Adoption of the Paris Agreement, Conference of the Parties, Twenty-first session, Paris, 30 November to 11 December 2015
<http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09.pdf>
- ULRICH (1987): Simulationen von thermisch induzierten Winden und Überströmungssituationen. Wiss. Mitt. Meteor. Inst. Univ. München Nr. 57.
- U.S. GEOLOGICAL SURVEY (USGS) 2004: Geländedatensatz der SRTM-Befliegung. USGS/EROS Data Center, Attn.: Research. Sioux Falls, SD
- VAN DE WAL, R. S. W.; BOER, B. DE; LOURENS, L. J.; KÖHLER, P.; BINTANJA, R. (2011): Reconstruction of a continuous high-resolution CO₂ record over the past 20 million years. In: Clim. Past 7 (4), S. 1459–1469. DOI: 10.5194/cp-7-1459-2011.
- VAN VUUREN, D.P., EDMONDS, J., KAINUMA, M., RIAHI, K., THOMSON, A., HIBBARD, K., HURTT, G.C., KRAM, T., KREY, V., LAMARQUE, J.-F., MASUI, T., MEINSHAUSEN, M., NAKICENOVIC, N., SMITH, S.J., ROSE, S.K. (2011): The representative concentration pathways. An overview. Climatic Change 109, 5-31.
- VDI (2004): VDI-Richtlinie 3787 Blatt 9. Umweltmeteorologie. Berücksichtigung von Klima und Lufthygiene.
- VDI Verein Deutscher Ingenieure (2008a): Richtlinie VDI 3785, Blatt1, Methodik und Ergebnisdarstellung von Untersuchungen zum planungsrelevanten Stadtklima, Düsseldorf.
- VDI Verein Deutscher Ingenieure (2008b): VDI-Richtlinie 3787 Blatt 2. Umweltmeteorologie. Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung. Teil I: Klima.
- VDI Verein Deutscher Ingenieure (2015): Richtlinie VDI 3787 Blatt 1. Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen. Düsseldorf

- WALKER, M., JOHNSEN, S., RASMUSSEN, S.O., POPP, T., STEFFENSEN, J.-P., GIBBARD, P., HOEK, W., LOWE, J., ANDREWS, J., BJÖRCK, S., CWYNAR, L.C., HUGHEN, K., KERSHAW, P., KROMER, B., LITT, T., LOWE, D.J., NAKAGAWA, T., NEWNHAM, R., SCHWANDER, J. (2009):. Formal definition and dating of the GSSP (Global Stratotype Section and Point) for the base of the Holocene using the Greenland NGRIP ice core, and selected auxiliary records. J. Quaternary Sci. 24, 3-17.
- ZEEBE, RICHARD E.; RIDGWELL, ANDY; ZACHOS, JAMES C. (2016): Anthropogenic carbon release rate unprecedented during the past 66 million years. In: Nature Geosci 9 (4), S. 325–329. DOI: 10.1038/ngeo2681.
- ZHANG, YI GE; PAGANI, MARK; LIU, ZHONGHUI; BOHATY, STEVEN M.; DECONTO, ROBERT (2013): A 40-million-year history of atmospheric CO₂. In: Philosophical transactions. Series A, Mathematical, physical, and engineering sciences 371 (2001), S. 20130096. DOI: 10.1098/rsta.2013.0096.
- ZWECKVERBAND GROßRAUM BRAUNSCHWEIG (ZGB) (2012): Ausnahmen von Zielen der Raumordnung - § 6 Abs. 1 ROG rechtssicher und praxisorientiert anwenden! In: Schriftenreihe zur Regionalentwicklung – Heft 3, Braunschweig.

Gesetze, Verordnungen und Rechtsprechung

- Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland vom 23. Mai 1949 (BGBl. S. 1), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 23.12.2014 (BGBl. I S. 2438).
- Klimaschutzgesetz Nordrhein-Westfalen vom 29.01.2013.
- Landesplanungsgesetz Nordrhein-Westfalen (LPIG-NRW) vom 03.05.2005.
- Raumordnungsgesetz (ROG) vom 22. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2986).
- Urteil des BVerwG vom 18.09.2003, Az. 4 CN 20/02.

Hinweise bezüglich Klimaprojektionsdaten in NRW und Würdigung an die CORDEX-Teammitglieder für die Erarbeitung und Bereitstellung der Selbigen:

Für die Auswertung der Klimaprojektionsdaten für NRW wurden Ergebnisse des CORDEX-Projekts verwendet. Die Daten wurden vom Deutschen Wetterdienst (DWD) für das Land NRW aufbereitet. Die verwendeten Daten haben den Stand vom Juni 2016. Nach den Veröffentlichungsbedingungen zur Benutzung der CORDEX-Modelle erklären die Autoren des LANUV NRW folgende Würdigung in englischer Sprache an die CORDEX-Teammitglieder:

“We acknowledge the World Climate Research Programme's Working Group on Regional Climate, and the Working Group on Coupled Modelling, former coordinating body of CORDEX and responsible panel for CMIP5. We also thank the climate modelling groups (listed in Table 36 of this report) for producing and making available their model output. We also acknowledge the Earth System Grid Federation infrastructure an international effort led by the U.S. Department of Energy's Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison, the European Network for Earth System Modelling and other partners in the Global Organisation for Earth System Science Portals (GO-ESSP).”

Für die Auswertung des DWDs wurden folgende zu diesem Datenstand verfügbare Modellläufe verwendet:

institute_id	RCM name	Resolution	driving_model_id	driving_experiment	driving_ensemble_member
CLMcom	CCLM4-8-17	0.11 deg	MPI-ESM-LR	historical,rcp45,rcp85	r1i1p1
CLMcom	CCLM4-8-17	0.11 deg	HadGEM2-ES	historical,rcp45,rcp85	r1i1p1
CLMcom	CCLM4-8-17	0.11 deg	CNRM-CM5	historical,rcp45,rcp85	r1i1p1
CLMcom	CCLM4-8-17	0.11 deg	EC-EARTH	historical,rcp45,rcp85	r12i1p1
CNRM	ALADIN53	0.11 deg	CNRM-CM5	historical,rcp45,rcp85	r1i1p1
DMI	HIRHAM5	0.11 deg	EC-EARTH	historical,rcp45,rcp85	r3i1p1
IPSL-INERIS*	WRF331F	0.11 deg	IPSL-CM5A-MR	historical,rcp45,rcp85	r1i1p1
KNMI	RACMO22E	0.11 deg	EC-EARTH	historical,rcp45,rcp85	r1i1p1
SMHI	RCA4	0.11 deg	CNRM-CM5	historical,rcp45,rcp85	r1i1p1
SMHI	RCA4	0.11 deg	EC-EARTH	historical,rcp45,rcp85	r12i1p1
SMHI	RCA4	0.11 deg	HadGEM2-ES	historical,rcp45,rcp85	r1i1p1
SMHI	RCA4	0.11 deg	IPSL-CM5A-MR	historical,rcp45,rcp85	r1i1p1
SMHI	RCA4	0.11 deg	MPI-ESM-LR	historical,rcp45,rcp85	r1i1p1

* Für den Niederschlag wurde die Auswertung des WRF331F für den Zeitraum 2041-2050 vom IPSL-INERIS zurückgezogen, davon betroffen ist die Auswertung für den Zeitraum 2021-2050 für NRW für den Parameter Niederschlag, weshalb dieses Modell für diesen Zeitraum nicht mit berücksichtigt wurde

Weitere Informationen zum CORDEX-Projekt sind unter <http://www.euro-cordex.net/index.php.en> abrufbar.

Anhang A 1: Daten Bestand und Potenziale Erneuerbare Energien

Tabelle A 1: Gesamtpotenzial Windenergie nach Gemeinden (LANUV 2012)

Gemeinde	potenziell nutzbare Fläche in ha	potenziell installierbare Leistung in MW	potenzieller Ertrag in GWh/a
Altenbeken	970	213	513
Augustdorf	≤ 30	≤ 6	≤ 18
Bad Driburg	790	198	461
Bad Lippspringe	303	72	173
Bad Oeynhausen	≤ 30	≤ 6	≤ 18
Bad Salzuflen	81	33	82
Bad Wünnenberg	1.664	378	989
Barntrop	232	72	177
Beverungen	447	117	282
Bielefeld	29	18	45
Blomberg	231	78	192
Borchen	869	201	497
Borgentreich	1.973	420	1.012
Borgholzhausen	≤ 30	≤ 6	≤ 18
Brakel	1.443	351	803
Bünde	≤ 30	≤ 6	≤ 18
Büren	1.657	369	893
Delbrück	90	48	116
Detmold	122	60	149
Dörentrup	97	36	90
Enger	≤ 30	≤ 6	≤ 18
Espelkamp	10	9	22
Extertal	88	39	98
Gütersloh	12	9	21
Halle (Westf.)	≤ 30	≤ 6	≤ 18
Harsewinkel	204	72	165
Herford	≤ 30	≤ 6	≤ 18
Herzebrock-Clarholz	57	24	56
Hiddenhausen	≤ 30	≤ 6	≤ 18
Hille	207	63	153
Horn-Bad Meinberg	162	45	110
Hövelhof	28	9	22
Höxter	721	171	412
Hüllhorst	≤ 30	≤ 6	≤ 18
Kalletal	365	126	309
Kirchlengern	≤ 30	≤ 6	≤ 18
Lage	60	27	67
Langenberg	≤ 30	≤ 6	≤ 18
Lemgo	209	60	145
Leopoldshöhe	9	9	22

Gemeinde	potenziell nutzbare Fläche in ha	potenziell installierbare Leistung in MW	potenzieller Ertrag in GWh/a
Lichtenau	2.352	504	1.231
Löhne	≤ 30	≤ 6	≤ 18
Lübbecke	≤ 30	≤ 6	≤ 18
Lügde	346	105	258
Marienmünster	430	114	279
Minden	59	21	51
Nieheim	543	126	305
Oerlinghausen	≤ 30	≤ 6	≤ 18
Paderborn	695	144	364
Petershagen	462	144	346
Porta Westfalica	21	18	43
Preußisch Oldendorf	68	30	72
Rahden	33	27	68
Rheda-Wiedenbrück	83	39	93
Rietberg	17	12	28
Rödinghausen	≤ 30	≤ 6	≤ 18
Salzkotten	193	60	136
Schieder-Schwalenberg	96	27	67
Schlangen	102	24	64
Schloß Holte-Stukenbrock	≤ 30	≤ 6	≤ 18
Spenge	≤ 30	≤ 6	≤ 18
Steinhagen	≤ 30	≤ 6	≤ 18
Steinheim	348	84	204
Stemwede	337	99	242
Verl	≤ 30	≤ 6	≤ 18
Versmold	12	12	28
Vlotho	≤ 30	≤ 6	≤ 18
Warburg	1.152	255	616
Werther (Westf.)	≤ 30	≤ 6	≤ 18
Willebadessen	1.255	276	658

Tabelle A 2: Bestand Windenergie nach Gemeinden (Stand: 31.12.2016)

Gemeinde	Anzahl Anlagen	installierte Leistung in MW	Ertrag in GWh/a
Altenbeken	31	42,2	93,9
Augustdorf	0	0,0	0,0
Bad Driburg	10	8,0	12,8
Bad Lippspringe	3	3,2	4,6
Bad Oeynhausen	3	0,2	0,3
Bad Salzuflen	11	12,5	17,3
Bad Wünnenberg	99	204,2	484,5
Barntrop	9	15,4	24,7
Beverungen	33	35,2	65,0
Bielefeld	5	7,7	11,7
Blomberg	11	11,0	17,6
Borchen	42	51,1	74,1
Borgentreich	19	20,6	33,0
Borgholzhausen	3	5,1	7,7
Brakel	7	4,4	6,0
Bünde	3	1,2	1,7
Büren	65	105,4	234,4
Delbrück	6	12,1	22,4
Detmold	10	17,7	29,9
Dörentrup	11	12,8	20,6
Enger	1	1,0	1,6
Espelkamp	13	10,0	16,1
Extertal	22	31,3	48,1
Gütersloh	8	10,0	15,7
Halle (Westf.)	4	4,6	7,8
Harsewinkel	4	8,2	13,1
Herford	4	4,5	6,0
Herzebrock-Clarholz	0	0,0	0,0
Hiddenhausen	0	0,0	0,0
Hille	3	3,9	6,1
Horn-Bad Meinberg	12	9,5	18,3
Hövelhof	2	2,0	2,4
Höxter	20	17,6	28,2
Hüllhorst	4	2,0	3,1
Kalletal	7	14,4	23,2
Kirchlengern	2	1,5	2,1
Lage	8	16,4	31,6
Langenberg	2	4,0	6,4
Lemgo	5	3,9	6,3
Leopoldshöhe	3	4,8	7,9
Lichtenau	160	256,0	630,3
Löhne	4	3,5	5,6
Lübbecke	5	3,2	5,1
Lügde	13	8,6	13,7

Gemeinde	Anzahl Anlagen	installierte Leistung in MW	Ertrag in GWh/a
Marienmünster	24	19,2	25,6
Minden	10	6,5	8,3
Nieheim	15	35,4	71,6
Oerlinghausen	0	0,0	0,0
Paderborn	68	107,8	195,2
Petershagen	21	11,3	18,2
Porta Westfalica	7	11,4	18,5
Preußisch Oldendorf	7	16,2	25,2
Rahden	4	1,5	1,7
Rheda-Wiedenbrück	7	19,6	48,5
Rietberg	3	3,0	4,8
Rödinghausen	2	1,4	2,1
Salzkotten	5	7,9	12,3
Schieder-Schwalenberg	2	1,6	2,6
Schlangen	2	1,0	1,6
Schloß Holte-Stukenbrock	0	0,0	0,0
Spence	0	0,0	0,0
Steinhagen	0	0,0	0,0
Steinheim	4	9,2	13,8
Stemwede	16	8,4	13,5
Verl	1	0,6	1,0
Versmold	2	1,2	1,9
Vlotho	5	6,6	10,6
Warburg	18	33,5	53,9
Werther (Westf.)	2	3,0	8,2
Willebadessen	36	27,0	41,7

Tabelle A 3: Gesamtpotenzial Photovoltaik nach Gemeinden (LANUV 2013)

Gemeinde	potenziell installierbare Leistung gesamt (Dach- und Freiflächen) in MW	potenzieller Ertrag gesamt (Dach- und Freiflächen) in GWh/a	potenzielle Modulfläche (Freiflächen-PV) in km ²	potenziell installierbare Leistung (Freiflächen-PV) in MW	potenzieller Ertrag (Freiflächen-PV) in GWh/a
Altenbeken	62,32	53,0	0,2	35,89	31,4
Augustdorf	39,00	32,1	0,05	8,8	7,3
Bad Driburg	154,66	131,4	0,51	92,58	80,8
Bad Lippspringe	50,81	41,7	0,06	11,61	9,7
Bad Oeynhausen	234,90	196,4	0,4	71,49	61,6
Bad Salzuflen	292,03	246,4	0,71	127,71	111,6
Bad Wünnenberg	159,02	135,5	0,57	101,81	88,8
Barntrop	97,72	83,5	0,36	64,24	56,1
Beverungen	137,07	117,1	0,44	80,02	70,1
Bielefeld	1.105,87	928,4	1,91	344,58	300,6
Blomberg	76,55	62,6	0,1	18,17	15,1
Borchen	109,44	93,8	0,37	66,12	58,3
Borgentreich	71,04	59,1	0,08	14,69	12,6
Borgholzhausen	136,40	118,9	0,5	90,58	81
Brakel	159,90	135,9	0,5	89,57	78,3
Bünde	291,97	249,8	0,8	143,44	127,3
Büren	183,58	154,9	0,51	91,93	80
Delbrück	188,06	155,9	0,15	27,67	23,8
Detmold	292,79	242,4	0,58	104,72	89,4
Dörentrup	81,76	69,7	0,29	53,04	46,2
Enger	80,36	66,5	0,08	15,22	13
Espelkamp	159,23	135,1	0,33	59,29	52,5
Extertal	75,85	63,0	0,13	22,55	19,4
Gütersloh	501,84	426,5	1,09	195,58	172,6
Halle (Westf.)	114,52	96,2	0,18	31,96	27,8
Harsewinkel	241,73	209,1	0,74	132,93	118,9
Herford	317,99	267,5	0,65	116,58	101,7
Herzebrock-Clarholz	158,61	136,1	0,39	69,68	62,3
Hiddenhausen	91,29	76,6	0,16	29,33	25,6
Hille	177,17	151,9	0,53	95,68	84,9
Horn-Bad Meinberg	115,36	96,5	0,31	56,1	48,3
Hövelhof	155,24	133,1	0,48	85,97	76,2
Höxter	188,05	158,6	0,5	89,53	77,9
Hüllhorst	68,59	56,9	0,07	12,75	10,9
Kalletal	70,73	58,3	0,09	15,84	13,4
Kirchlengern	127,38	109,5	0,37	66	58,9
Lage	221,38	187,7	0,67	120,17	105,2
Langenberg	47,38	39,6	0,04	7,46	6,5
Lemgo	200,38	166,9	0,42	74,87	64,4

Gemeinde	potenziell installierbare Leistung gesamt (Dach- und Freiflächen) in MW	potenzieller Ertrag gesamt (Dach- und Freiflächen) in GWh/a	potenzielle Modulfläche (Freiflächen-PV) in km²	potenziell installierbare Leistung (Freiflächen-PV) in MW	potenzieller Ertrag (Freiflächen-PV) in GWh/a
Leopoldshöhe	86,23	72,3	0,17	30,78	26,7
Lichtenau	68,58	56,6	0,09	16,14	13,7
Löhne	240,66	203,5	0,48	86,69	76
Lübbecke	176,50	151,0	0,43	76,59	68,1
Lügde	64,52	53,6	0,14	24,54	20,9
Marienmünster	33,16	27,3	0,05	9,45	8
Minden	452,44	384,2	1,1	197,73	173,6
Nieheim	63,72	53,7	0,19	33,71	29,2
Oerlinghausen	74,82	63,2	0,18	32,8	28,8
Paderborn	683,00	575,4	1,57	282,83	246,5
Petershagen	340,87	294,1	1,14	205,99	183,3
Porta Westfalica	355,63	305,9	1,22	220,15	194,4
Preußisch Oldendorf	148,14	128,5	0,49	87,88	78,8
Rahden	189,95	163,0	0,5	90,65	81,6
Rheda-Wiedenbrück	300,86	258,0	0,74	133,13	118,3
Rietberg	196,47	164,2	0,19	34,4	29,7
Rödinghausen	90,44	77,3	0,23	41,51	36,9
Salzkotten	165,64	139,9	0,38	68,71	60,2
Schieder-Schwalenberg	55,14	45,9	0,14	25,63	21,9
Schlangen	31,91	26,1	0,04	6,7	5,6
Schloß Holte-Stukenbrock	148,15	124,4	0,29	52,21	45,7
Spenge	71,19	59,6	0,11	19,79	17,2
Steinhagen	103,47	87,2	0,19	34,24	30
Steinheim	149,52	126,3	0,51	92,23	79,7
Stemwede	178,43	151,3	0,39	70,59	62,9
Verl	236,44	202,7	0,66	118,99	105,7
Versmold	159,97	135,7	0,32	57,69	51,1
Vlotho	158,18	134,5	0,43	78,2	68,7
Warburg	310,01	267,5	1,15	206,94	182,6
Werther (Westf.)	54,20	45,0	0,05	8,95	7,7
Willebadessen	91,51	78,4	0,29	52,76	46,7

Tabelle A 4: Bestand Photovoltaik nach Gemeinden (Stand: 31.12.2016)

Gemeinde	Anzahl Anlagen gesamt (Dach- und Freiflä- chen)	installierte Leistung gesamt (Dach- und Freiflä- chen) in MW	Anzahl Anlagen (Freiflä- chen-PV)	installierte Leistung (Freiflä- chen-PV) in MW	installierte Leistung (Dachflä- chen-PV) in MW	Ertrag (Dachflä- chen) in GWh/a
Altenbeken	491	16,3	6	4,2	12,1	10,7
Augustdorf	130	2,6	0	0,0	2,6	2,3
Bad Driburg	674	32,8	9	11,0	21,7	19,2
Bad Lippsprin- ge	322	6,4	0	0,0	6,4	5,6
Bad Oeynhau- sen	640	10,5	0	0,0	10,5	9,1
Bad Salzuflen	614	8,9	0	0,0	8,9	7,8
Bad Wünnen- berg	951	19,7	0	0,0	19,7	17,4
Barntrop	245	4,9	0	0,0	4,9	4,4
Beverungen	674	14,7	1	1,3	13,5	11,9
Bielefeld	2.818	51,0	4	7,7	43,3	37,6
Blomberg	396	13,7	3	3,2	10,5	9,3
Borchen	884	16,0	1	0,1	16,0	14,1
Borgentreich	1.197	26,1	5	1,5	24,6	21,8
Borgholzhaus- en	257	4,5	0	0,0	4,5	4,0
Brakel	907	19,4	1	1,3	18,1	16,0
Bünde	736	8,7	1	0,0	8,7	7,6
Büren	1.146	29,8	3	4,2	25,6	22,3
Delbrück	1668	33,2	0	0,0	33,2	29,3
Detmold	988	21,3	0	0,0	21,3	12,5
Dörentrup	206	23,7	8	10,0	13,7	12,1
Enger	385	4,6	0	0,0	4,6	4,0
Espelkamp	549	7,9	0	0,0	7,9	6,8
Extertal	350	5,6	0	0,0	5,6	5,0
Gütersloh	1.805	31,7	4	3,8	27,9	24,3
Halle (Westf.)	560	8,9	0	0,0	8,9	7,8
Harsewinkel	850	15,3	1	0,0	15,3	12,9
Herford	597	13,2	2	2,4	10,8	9,5
Herzebrock- Clarholz	717	10,8	0	0,0	10,8	9,5
Hiddenhausen	266	3,2	0	0,0	3,2	2,8
Hille	559	8,5	0	0,0	8,5	7,5
Horn-Bad Meinberg	409	13,8	5	3,9	9,9	8,8
Hövelhof	673	12,1	2	0,1	12,0	10,6
Höxter	838	21,8	1	4,4	17,4	15,3
Hüllhorst	420	8,7	0	0,0	8,7	7,7
Kalletal	327	5,4	0	0,0	5,4	4,7
Kirchlengern	293	5,6	0	0,0	5,6	4,9
Lage	630	9,7	0	0,0	9,7	8,3
Langenberg	358	6,9	0	0,0	6,9	6,0
Lemgo	657	11,1	0	0,0	11,1	9,8
Leopoldshöhe	333	6,8	1	0,9	5,8	5,1

Gemeinde	Anzahl Anlagen gesamt (Dach- und Freiflä- chen)	installierte Leistung gesamt (Dach- und Freiflä- chen) in MW	Anzahl Anlagen (Freiflä- chen-PV)	installierte Leistung (Freiflä- chen-PV) in MW	installierte Leistung (Dachflä- chen-PV) in MW	Ertrag (Dachflä- chen) in GWh/a
Lichtenau	1.005	19,7	1	0,9	18,8	16,5
Löhne	600	8,3	0	0,0	8,3	7,3
Lübbecke	559	9,7	1	0,0	9,6	8,5
Lügde	302	6,5	1	0,6	5,9	5,3
Marienmünster	323	20,8	4	7,6	13,2	11,7
Minden	1.094	18,6	2	2,5	16,1	14,0
Nieheim	408	11,5	1	0,5	11,0	9,7
Oerlinghausen	202	1,9	0	0,0	1,9	1,5
Paderborn	2.822	60,4	4	3,8	56,5	49,6
Petershagen	1.055	35,1	9	10,8	24,3	21,5
Porta Westfali- ca	708	10,6	1	0,0	10,6	9,2
Preußisch Oldendorf	473	18,9	6	5,4	13,5	11,9
Rahden	929	32,7	4	6,7	26,0	22,9
Rheda- Wiedenbrück	1.055	18,6	0	0,0	18,6	15,9
Rietberg	1.526	37,5	6	3,2	34,3	30,2
Rödinghausen	251	3,4	0	0,0	3,4	3,0
Salzkotten	1.296	23,3	3	0,7	22,6	19,9
Schieder- Schwalenberg	210	6,4	1	1,5	4,9	4,3
Schlangen	276	3,7	0	0,0	3,7	3,2
Schloß Holte- Stukenbrock	649	11,3	1	0,0	11,2	9,8
Spenge	360	4,3	0	0,0	4,3	3,8
Steinhagen	461	8,3	0	0,0	8,3	7,2
Steinheim	599	13,1	2	0,9	12,2	10,8
Stemwede	847	22,2	4	2,1	20,1	17,7
Verl	816	14,1	0	0,0	14,1	12,3
Versmold	527	12,2	0	0,0	12,2	10,8
Vlotho	379	5,9	0	0,0	5,9	5,1
Warburg	1.373	24,8	5	0,1	24,7	21,8
Werther (Westf.)	260	4,0	0	0,0	4,0	3,5
Willebadessen	617	11,9	0	0,0	11,9	10,5

Tabelle A 5: Gesamtpotenzial Biomasse nach Kreisen (LANUV 2014)

Keis	potenzielle Stromerträge in GWh	potenzielle Wärmeerträge in GWh
Bielefeld	90,0	218,7
Gütersloh	200,4	623,1
Herford	121,6	311,6
Höxter	278,7	786,7
Lippe	316,9	804,8
Minden-Lübbecke	242,9	778,4
Paderborn	230,6	729,0

Tabelle A 6: Bestand Biomasse nach Kreisen (Stand: 31.12.2016)

Kreis	Anzahl Anlagen	installierte Leis- tung in MW	Ertrag in GWh/a
Bielefeld	18	8,8	52,8
Gütersloh	68	48,8	291,6
Herford	21	7,9	47,5
Höxter	57	24,9	148,9
Lippe	52	50,4	301,4
Minden-Lübbecke	77	27,9	166,9
Paderborn	52	26,9	160,6

Tabelle A 7: Bestand Biomasse nach Gemeinden (Stand: 31.12.2016)

Gemeinde	Anzahl Anlagen	installierte Leistung in MW	Ertrag in GWh/a
Altenbeken	0	0,0	0,0
Augustdorf	0	0,0	0,0
Bad Driburg	0	0,0	0,0
Bad Lippspringe	1	0,4	2,3
Bad Oeynhausen	9	4,0	23,6
Bad Salzuflen	7	4,2	24,8
Bad Wünnenberg	5	0,9	5,1
Barntrop	1	0,4	2,2
Beverungen	2	1,1	6,3
Bielefeld	18	8,8	52,8
Blomberg	2	0,8	4,9
Borchen	6	4,5	26,7
Borgentreich	11	3,5	21,2
Borgholzhausen	5	1,2	7,2
Brakel	8	4,7	28,0
Bünde	4	1,7	10,3
Büren	7	6,3	37,9
Delbrück	17	8,5	50,9
Detmold	7	9,8	58,6
Dörentrup	5	2,1	12,5
Enger	1	0,5	3,1
Espelkamp	9	1,7	10,2
Extertal	6	2,2	13,0
Gütersloh	5	14,8	88,7
Halle (Westf.)	6	1,7	10,1
Harsewinkel	1	0,3	1,6
Herford	1	0,3	1,9
Herzebrock-Clarholz	9	2,2	13,2
Hiddenhausen	0	0,0	0,0
Hille	3	1,6	9,3
Horn-Bad Meinberg	4	22,0	131,7
Hövelhof	2	0,9	5,7
Höxter	4	1,9	11,4
Hüllhorst	2	1,1	6,3
Kalletal	1	0,9	5,4
Kirchlengern	5	2,1	12,6
Lage	3	1,0	5,9
Langenberg	0	0,0	0,0
Lemgo	7	3,6	21,5
Leopoldshöhe	4	1,2	7,3
Lichtenau	1	0,6	3,5
Löhne	3	0,3	1,6
Lübbecke	2	0,6	3,7

Gemeinde	Anzahl Anlagen	installierte Leistung in MW	Ertrag in GWh/a
Lügde	1	0,3	1,5
Marienmünster	3	1,5	8,9
Minden	7	1,8	11,0
Nieheim	3	2,4	14,2
Oerlinghausen	1	0,6	3,8
Paderborn	11	4,5	27,0
Petershagen	8	4,0	23,9
Porta Westfalica	0	0,0	0,0
Preußisch Oldendorf	5	1,6	9,5
Rahden	18	7,1	42,7
Rheda-Wiedenbrück	14	15,9	95,0
Rietberg	12	3,8	22,7
Rödinghausen	4	2,2	13,3
Salzkotten	2	0,3	1,5
Schieder-Schwalenberg	2	1,2	7,1
Schlangen	1	0,2	1,2
Schloß Holte-Stukenbrock	0	0,0	0,0
Spenge	1	0,0	0,0
Steinhagen	4	3,5	21,1
Steinheim	5	2,6	15,4
Stemwede	14	4,5	26,7
Verl	5	2,2	13,4
Versmold	3	1,4	8,6
Vlotho	2	0,8	4,6
Warburg	11	3,1	18,5
Werther (Westf.)	4	1,7	10,1
Willebadessen	10	4,2	25,0

Tabelle A 8: ungenutzte Potenziale Wasserkraft nach Gemeinden (LANUV 2017)

Gemeinde	Anzahl potenzieller Anlagen (Neubau, Repowering)	potenziell installierbare Leistung in kW	potenzieller Ertrag in MWh/a
Altenbeken	0	0,0	0,0
Augustdorf	0	0,0	0,0
Bad Driburg	0	0,0	0,0
Bad Lippspringe	0	0,0	0,0
Bad Oeynhausen	2	391,0	1.932,0
Bad Salzuflen	1	89,0	413,0
Bad Wünnenberg	0	0,0	0,0
Barntrup	0	0,0	0,0
Beverungen	0	0,0	0,0
Bielefeld	0	0,0	0,0
Blomberg	0	0,0	0,0
Borchen	0	0,0	0,0
Borgentreich	0	0,0	0,0
Borgholzhausen	0	0,0	0,0
Brakel	0	0,0	0,0
Bünde	0	0,0	0,0
Büren	0	0,0	0,0
Delbrück	0	0,0	0,0
Detmold	0	0,0	0,0
Dörentrup	0	0,0	0,0
Enger	0	0,0	0,0
Espelkamp	0	0,0	0,0
Extertal	0	0,0	0,0
Gütersloh	0	0,0	0,0
Halle (Westf.)	0	0,0	0,0
Harsewinkel	2	220,0	902,0
Herford	3	322,0	1.517,0
Herzebrock-Clarholz	0	0,0	0,0
Hiddenhausen	0	0,0	0,0
Hille	0	0,0	0,0
Horn-Bad Meinberg	0	0,0	0,0
Hövelhof	0	0,0	0,0
Höxter	0	0,0	0,0
Hüllhorst	0	0,0	0,0
Kalletal	0	0,0	0,0
Kirchlengern	2	309,0	1.348,0
Lage	0	0,0	0,0
Langenberg	0	0,0	0,0
Lemgo	2	147,0	681,0
Leopoldshöhe	0	0,0	0,0
Lichtenau	0	0,0	0,0
Löhne	0	0,0	0,0

Gemeinde	Anzahl potenzieller Anlagen (Neubau, Repowering)	potenziell installierbare Leistung in kW	potenzieller Ertrag in MWh/a
Lübbecke	0	0,0	0,0
Lügde	0	0,0	0,0
Marienmünster	0	0,0	0,0
Minden	0	0,0	0,0
Nieheim	0	0,0	0,0
Oerlinghausen	0	0,0	0,0
Paderborn	4	390,0	1.875,0
Petershagen	2	1.893,0	8.801,0
Porta Westfalica	0	0,0	0,0
Preußisch Oldendorf	0	0,0	0,0
Rahden	0	0,0	0,0
Rheda-Wiedenbrück	0	0,0	0,0
Rietberg	0	0,0	0,0
Rödinghausen	0	0,0	0,0
Salzkotten	0	0,0	0,0
Schieder-Schwalenberg	0	0,0	0,0
Schlangen	0	0,0	0,0
Schloß Holte-Stukenbrock	0	0,0	0,0
Spenge	0	0,0	0,0
Steinhagen	0	0,0	0,0
Steinheim	0	0,0	0,0
Stemwede	0	0,0	0,0
Verl	0	0,0	0,0
Versmold	0	0,0	0,0
Vlotho	0	0,0	0,0
Warburg	3	933,0	4.373,0
Werther (Westf.)	0	0,0	0,0
Willebadessen	0	0,0	0,0

Tabelle A 9: Bestand Wasserkraft nach Gemeinden (Stand: 01.03.2017)

Gemeinde	Anzahl Anlagen	installierte Leistung in kW	Ertrag in MWh/a
Altenbeken	0	0	0,0
Augustdorf	0	0,0	0,0
Bad Driburg	4	33,8	88,8
Bad Lippspringe	0	0,0	0,0
Bad Oeynhausen	1	90,0	237,1
Bad Salzuflen	0	0,0	0,0
Bad Wünnenberg	3	73,3	192,5
Barntrop	0	0,0	0,0
Beverungen	3	100,0	262,6
Bielefeld	0	0,0	0,0
Blomberg	0	0,0	0,0
Borchen	3	95,0	249,5
Borgentreich	2	7,5	19,7
Borgholzhausen	0	0,0	0,0
Brakel	9	234,5	615,8
Bünde	1	30,0	78,8
Büren	9	474,5	1.246,0
Delbrück	0	0,0	0,0
Detmold	0	0,0	0,0
Dörentrup	1	0,0	0,0
Enger	0	0,0	0,0
Espelkamp	0	0,0	0,0
Extertäl	4	185,0	485,8
Gütersloh	5	45,0	118,2
Halle (Westf.)	0	0,0	0,0
Harsewinkel	2	27,7	72,7
Herford	2	3,0	7,9
Herzebrock-Clarholz	0	0,0	0,0
Hiddenhausen	0	0,0	0,0
Hille	0	0,0	0,0
Horn-Bad Meinberg	1	0,0	0,0
Hövelhof	1	11,0	28,9
Höxter	3	342,0	865,3
Hüllhorst	0	0,0	0,0
Kalletal	4	175,0	459,6
Kirchlengern	1	155,0	407,0
Lage	1	60,0	157,6
Langenberg	0	0,0	0,0
Lemgo	8	129,0	339,1
Leopoldshöhe	0	0,0	0,0
Lichtenau	1	20,0	52,5
Löhne	2	122,0	320,4
Lübbecke	0	0,0	0,0
Lügde	1	20,0	52,5

Gemeinde	Anzahl Anlagen	installierte Leistung in kW	Ertrag in MWh/a
Marienmünster	0	0,0	0,0
Minden	0	0,0	0,0
Nieheim	1	11,0	28,9
Oerlinghausen	0	0,0	0,0
Paderborn	6	470,0	1.433,8
Petershagen	4	11.675,0	30.685,0
Porta Westfalica	0	0,0	0,0
Preußisch Oldendorf	0	0,0	0,0
Rahden	0	0,0	0,0
Rheda-Wiedenbrück	0	0,0	0,0
Rietberg	2	27,0	70,9
Rödinghausen	1	10,0	26,3
Salzkotten	3	48,0	126,0
Schieder-Schwalenberg	3	341,0	898,1
Schlangen	0	0,0	0,0
Schloß Holte-Stukenbrock	1	9,0	23,6
Spence	1	30,0	78,8
Steinhagen	1	16,0	42,0
Steinheim	3	205,0	315,1
Stemwede	0	0,0	0,0
Verl	0	0,0	0,0
Versmold	0	0,0	0,0
Vlotho	2	0,0	0,0
Warburg	17	1.586,9	4.260,0
Werther (Westf.)	0	0,0	0,0
Willebadessen	4	50,5	132,6

Anhang A 2: Methodik zur Abgrenzung von Bereichen mit überörtlicher klimaökologischer Bedeutung

Im Folgenden wird detailliert die Methodik beschrieben, die angewandt wurde, um die Ergebnisse der Studie „Klimaanalyse NRW“ hinsichtlich einer für die Regionalplanung relevanten überörtlichen Bedeutung abzugrenzen. Die Ableitung und Begründung der Überörtlichkeit von im Rahmen der Klimaanalyse ermittelten Funktionen, Belastungen und Prozessräumen erfolgt entsprechend der nachfolgend schematisch skizzierten Vorgehensweise. Diese berücksichtigt die Anforderungen und Bedürfnisse der Regionalplanung und wurde in Anlehnung an die im „Methodenhandbuch regionale Klimafolgenbewertung“ (BMVBS 2013) beschriebene Methodik des „Referenzverfahrens“ entwickelt. Das Referenzverfahren basiert wie auch die im Rahmen dieser Studie zu entwickelnden klima-fachlichen Planungsempfehlungen auf dem gegenwärtigen Zustand des Klimas, hat flächen-/bereichsscharfe Aussagen zum Ziel und adressiert die formale Planung.



Abbildung A 1: Schematische Darstellung der übergeordneten Arbeitsschritte zur Ableitung von klimabezogenen Planungsempfehlungen für die Regionalplanung in Anlehnung an das „Referenzverfahren“ gem. dem „Methodenhandbuch regionale Klimafolgenbewertung“ (Hrsg. BMVBS 2013)

Die verschiedenen, durch fachliche Planungsempfehlungen zu adressierenden klimatischen Aspekte und damit auch die Inhalte der Karte „Planungsempfehlungen Regionalplanung“ folgen wie dargestellt der anthropozentrischen Grundausrichtung der Studie. Empfehlungen zu thermischen Belastungs- bzw. Wirkräumen und planerischen Umsetzungsmöglichkeiten werden dabei getroffen durch Abgrenzung von:

- im überörtlichen Maßstab bedeutenden Bereichen mit nächtlicher Überwärmung, und
- Ortslagen mit überörtlich bedeutender Überhitzung (tags)

sowie bioklimatischen Ausgleichsräumen und -funktionen durch Abgrenzung von

- Kaltluft-Leitbahnen überörtlicher Bedeutung (inkl. Kernbereiche),
- Einzugsgebieten von Kaltluft-Leitbahnen überörtlicher Bedeutung (Ausgleichsräume) und
- Bioklimatischen Gunsträumen überörtlicher Bedeutung (tags).

Darüber hinaus sind den verschiedenen Inhalten der Karte „Planungsempfehlungen Regionalplanung“ dort wo zweckmäßig und fachlich sinnvoll bereits weitergehende Hinweise für eine Zuordnung zu den verschiedenen regionalplanerischen Instrumenten (Grundsatz/Ziel; textliche/zeichnerische Festlegung) beigelegt.

Die detaillierte Vorgehensweise im Zuge der Ableitung der aufgeführten Inhalte und fachlichen Planungsempfehlungen, die zur Herleitung der geforderten Überörtlichkeit herangezogenen Indikatoren sowie eine Begründung der jeweiligen Überörtlichkeit werden nachfolgend in einem jeweils eigenen Unterkapitel erläutert.

A 2.1 Regional bedeutsame Belastungsräume (nachts)

Ausgangspunkt für die Abgrenzung von im regionalen Bewertungsmaßstab bei Strahlungswetterlagen einer erheblichen nächtlichen Überwärmung ausgesetzten Belastungsräumen ist der Ergebnis-Datensatz der FITNAH-Modellierung der Klimaanalyse NRW für den Zeitpunkt 04:00 Uhr morgens. Als Voraussetzung für eine Belastungssituation, welche im regionalen Maßstab bedeutsam ist, also ein regionalplanerisches Eingreifen rechtfertigt und erfordert, wird die Kombination aus einer bestehenden erheblichen, realen (physiologischen) Belastungssituation sowie einer im regionalen Maßstab großen Betroffenenzahl angesehen. Die Betroffenenzahl erlaubt Rückschlüsse auf eine mögliche Überörtlichkeit der mittels der ersten Voraussetzung festgestellten Belastungsschwerpunkte, da anzunehmen ist, dass je größer die Betroffenenzahl ist, es gleichermaßen schwieriger und unwahrscheinlicher wird, dass den entsprechenden Belastungen hinreichend entgegenwirkende Maßnahmen von der betroffenen Kommune allein ergriffen und durchgeführt werden können.

Vor diesem Hintergrund werden in einem ersten Schritt all jene Siedlungsflächen ermittelt, für die das Modell in der Klimaanalyse NRW eine nächtliche Minimaltemperatur von mehr als 20 °C berechnet hat und welche somit der höchsten Belastungsstufe zuzuordnen sind (starke thermische Belastung/Urbane Wärmeinsel). Der resultierende Datensatz beinhaltet

somit nur noch Siedlungsflächen, welche die erste der beiden oben genannten Voraussetzungen erfüllen.

Anschließend werden mittels einer Verschneidung der hoch belasteten Siedlungsflächen mit gemeinde-spezifisch berechneten Einwohnerdichten die flächenspezifischen Betroffenenzahlen abgeschätzt und statistisch ausgewertet. Die gemeinde-spezifische Einwohnerdichte wurde dabei als Zahl der Einwohner je Hektar Siedlungsfläche (Wohn-, Gewerbe- und Industrieflächen) auf Grundlage der amtlichen Einwohnerstatistiken nach Gemeinden ermittelt (Quelle: IT.NRW; Stand: 31.12.2015).

Eine regionale Bedeutsamkeit von nächtlichen Belastungsräumen wird auf dieser Grundlage für alle Siedlungsbereiche angenommen, deren Betroffenenzahlen das NRW-weite 85 %-Quantil („Top 15 %“) aller als stark belastet ermittelter Flächen überschreiten. In absoluten Zahlen bedeutet dies im Ergebnis, dass für alle Belastungsräume mit mehr als 8.000 Betroffenen (Wert gerundet) eine regionale Bedeutung angenommen wird.

Da auch innerhalb dieser Gruppe der regional bedeutsamen Belastungsräume noch eine erhebliche Spannweite der Betroffenenzahlen zu beobachten ist, werden die regional bedeutsamen Belastungsräume in einem abschließenden Bewertungsschritt einer zusätzlichen Klassifizierung unterzogen. Aus dieser lassen sich Rückschlüsse auf die Dringlichkeit des regionalplanerischen Handelns ziehen sowie Aussagen darüber treffen, ob die vorhandene Belastungssituation möglicherweise Ziel-Festlegungen oder aber eher lediglich Grundsatz-Festlegungen zu begründen vermag. Die Klassifizierung wurde der o. g. statistischen Methodik folgend wiederum auf Basis von Quantilen vorgenommen (Tabelle A 10).

Tabelle A 10: Klassifizierung regional bedeutsamer nächtlicher Belastungsräume

Bewertungsklasse	Quantil	Betroffenheit (gerundete Betroffenenzahl)	Regionalplanerisches Bewertung
sehr hohe Priorität/ sehr hoher Handlungsbedarf	95 %	>30.000	für Zielfestlegungen geeignet, Berücksichtigung bei Siedlungsentwicklung zwingend
hohe Priorität/ hoher Handlungsbedarf	90 %	>12.200 und <30.000	für Zielfestlegungen (ggf. multifunktional) geeignet, Berücksichtigung bei Siedlungsentwicklung zwingend
Priorität vorhanden/ Handlungsbedarf vorhanden	85 %	>8.000 und <12.200	für Grundsatzfestlegungen geeignet, multifunktionale Ziel-Festlegungen denkbar

A 2.2 Regional bedeutsame Belastungsräume (tags)

Neben der nächtlichen Belastungssituation infolge einer Beeinträchtigung des Schlafs kann auch die physiologische Belastung durch eine Überhitzung am Tage eine überörtliche Bedeutung entwickeln und damit ein Eingreifen der Raumordnung rechtfertigen und erfordern. Insbesondere können ausgehend von den besonders Hitze belasteten Siedlungsflächen am Tage nahe gelegene, gut erreichbare Freiflächen mit einer weitaus günstigeren thermischen Situation (oftmals Wälder) ermittelt und ggf. einer (zusätzlichen) raumordnerischen Sicherung zugeführt werden.

Ausgangspunkt der Bewertung ist der Ergebnis-Datensatz der PET aus der FITNAH-Modellierung der Klimaanalyse NRW für den Zeitpunkt 15 Uhr. Als Voraussetzung für das Vorliegen von im regionalen Maßstab bedeutsamen Hitze-Belastungsräumen wird wiederum die Kombination aus einer bestehenden erheblichen Belastungssituation sowie einer im landesweiten Maßstab großen Betroffenenzahl angesehen. Eine große Betroffenenzahl lässt hier insbesondere einen hohen Bedarf an entsprechenden, klimaökologisch günstigeren Rückzugs- und Erholungsräumen erwarten, welche gesichert oder ggf. entwickelt werden müssen.

In einem ersten Schritt werden dabei für das Vorliegen einer erheblichen Belastung abweichend dem Vorgehen hinsichtlich der nächtlichen Belastungsräume alle Siedlungsflächen Nordrhein-Westfalens der Belastungsklassen 3 und 4 (starke oder extreme thermische Belastung, mind. 35 °C PET) ausgewählt. Von einer Beschränkung der Auswahl allein auf die höchste Belastungsklasse – analog zur Nachtsituation – wurde dabei aus verschiedenen Gründen abgesehen, u. a. da bereits eine starke Hitzebelastung (insbesondere auch vor dem Hintergrund der zunehmenden Überalterung der Bevölkerung) im Konflikt mit dem Ziel steht, Gesundheit und Wohlbefinden der Bevölkerung zu sichern.

Im Anschluss an die Auswahl der in relevantem Ausmaß von nachmittäglichen Hitzebelastungen betroffenen Siedlungsflächen erfolgt erneut ein Abgleich mit der abgeschätzten flächenspezifischen Anzahl der von diesen Belastungen betroffenen Einwohner. Im Zuge der statistischen Auswertung der sich ergebenden Häufigkeitsverteilung werden nachfolgend alle Belastungsräume, die eine Betroffenenzahl von mehr als 70.000 (90 %-Quantil) aufweisen, als regional bedeutsam eingestuft. Hintergrund für dieses Vorgehen ist, dass für eine derart große, räumlich konzentrierte und den erheblichen Hitze-Belastungen ausgesetzte Bevölkerungsgruppe zweifelsohne unterstellt werden kann, dass die Milderung oder gar Vermeidung der Belastungen nicht von der jeweils betroffenen Kommune allein erreicht werden kann. Daraus folgt, dass eine überörtliche Auseinandersetzung mit der gegebenen Problematik notwendig ist und hinreichend begründet werden kann, ohne den Kompetenzbereich der Regionalplanung zu überschreiten. Raumordnerische Festlegungen, die einem derartigen Zweck dienen und den abgegrenzten Belastungsräumen regionaler Bedeutung zugeordnet sind, erfüllen also in jedem Fall die Voraussetzung der Überörtlichkeit.

A 2.3 Regional bedeutsame Kaltluft-Leitbahnen und assoziierte Einzugsgebiete

Die Abgrenzung und Darstellung von regional bedeutsamen Kaltluft-Leitbahnen samt der ihnen zugeordneten und für die jeweilige Leistungsfähigkeit zwingend erforderlichen Einzugsgebiete stellt im landesweiten Betrachtungsmaßstab und unter der Maßgabe der Überörtlichkeit eine große Herausforderung dar. Demzufolge weist die hier zum Einsatz kommende Vorgehensweise eine größere Komplexität auf, als z. B. die schlichte Eingrenzung bedeutsamer Belastungsräume nach statistischen oder gutachterlichen Kriterien.

Grundsätzlich sind die landesweit vorkommenden Kaltluft-Leitbahnen sowie das jeweils transportierte Volumen bereits in den Modell-Ergebnissen der Klimaaanalyse NRW als Rasterdatensatz des Strömungsfeldes mit Richtung und Geschwindigkeit enthalten. Diese Daten liegen jedoch in einem – aus Sicht der Maßstabsebene der Regionalplanung – hochauflösenden 100 m-Raster vor und müssen somit für die Ableitung von Leitbahnen jedweder Art im Rahmen einer Nachbarschaftsanalyse miteinander verknüpft werden. Überdies müssen Leitbahnen, die zwar nach dem naturwissenschaftlichen Prozessgeschehen zweifelsfrei vorhanden sind, aber keinerlei bioklimatische Funktionen aufweisen, von solchen unterschieden werden, die einer menschlichen Siedlung (Wirkraum) zugeordnet sind und diese mit Kaltluft versorgen. Erst für die verbleibenden Leitbahnen ist die Überörtlichkeit mittels geeigneter Bewertungskriterien untersuch- und darstellbar.

Für die sich ergebenden regional bedeutsamen Leitbahnen sind abschließend die zugehörigen – gleichermaßen regional bedeutsamen – Einzugsgebiete als Kaltluftproduktionsräume (Ausgleichsräume) zu ermitteln. Eine direkt automatisierte, rechnerische Ermittlung der landesweit vorhandenen Leitbahnen und eine nachfolgende Auswahl nach verschiedenen Kriterien in Bezug auf ihre regionale Bedeutsamkeit ist indes vor dem Hintergrund der Datenmenge von mehr als 8 Mio. Rasterzellen und der verfügbaren GIS-Methoden als nicht realisierbar einzuschätzen. Eine Alternative zu dieser direkten Vorgehensweise stellt jedoch die einfache Umkehrung der erforderlichen Ableitungsschritte dar. In diesem Fall wird die Beurteilung der Überörtlichkeit allen weiteren Auswertungsschritten vorangestellt. Ein Vorteil dieser Vorgehensweise liegt – neben der landesweiten Umsetzbarkeit - auch darin, dass auf diese Weise von vornherein ausschließlich Leitbahnen einer weiteren Betrachtung unterzogen werden, die eine klimaökologische Funktionalität aufweisen, die einem Belastungsraum (Wirkraum) zugeordnet werden kann.

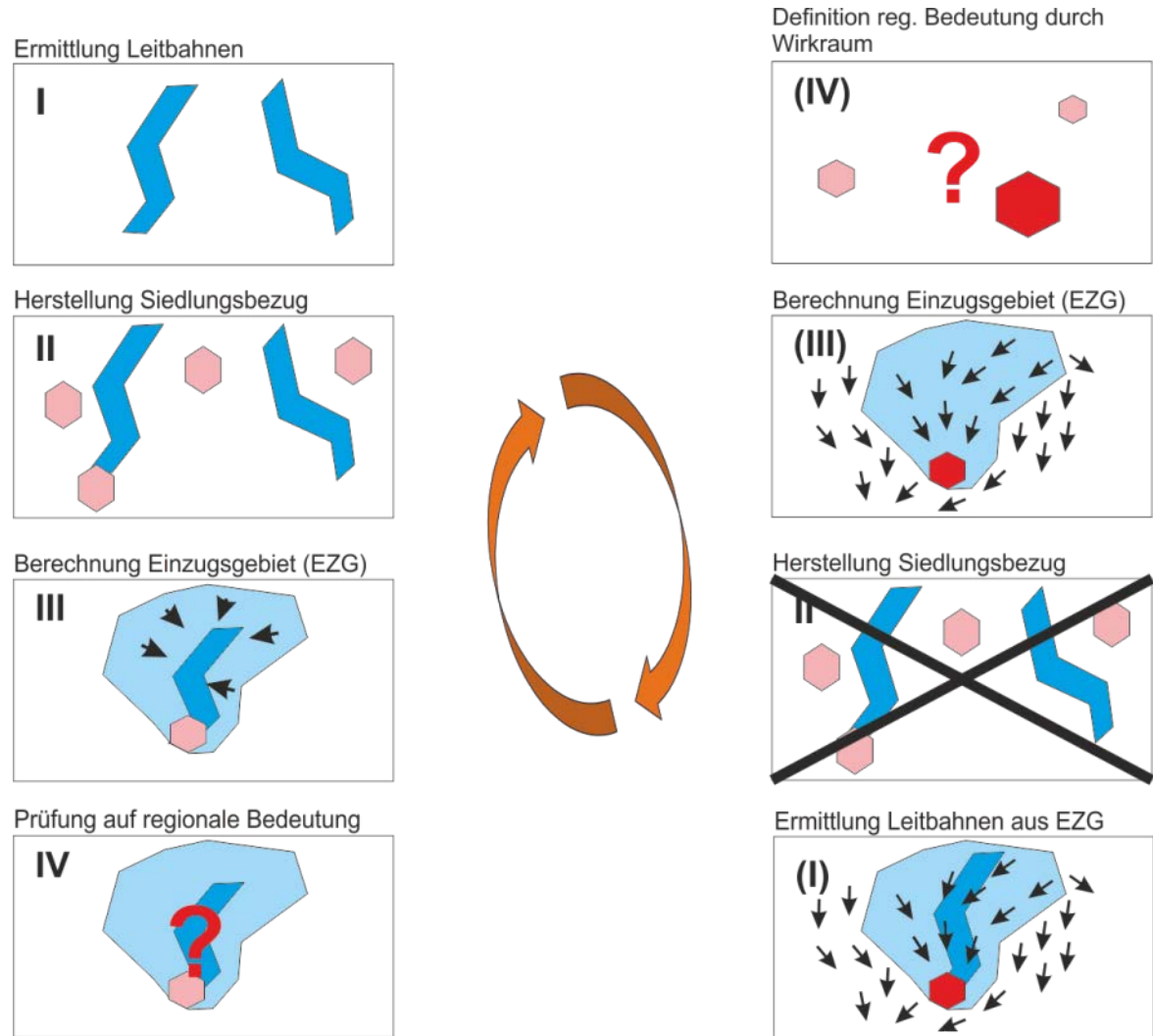


Abbildung A 2: Direkter und indirekter (inverser) Workflow zur Abgrenzung regional bedeutsamer Kaltluft-Leitbahnen und ihrer Einzugsgebiete

Festlegung der überörtlichen Bedeutung anhand von Betroffenenzahlen

Die überörtliche Funktionalität und Bedeutung einer Kaltluft-Leitbahn lässt sich zum einen räumlich beschreiben und ist naturgemäß dann gegeben, wenn die Leitbahn (als Voraussetzung ihrer Wirksamkeit) kommunale Grenzen überschreitet. Zum anderen lässt sie sich – durch die topologische Auswertung sowohl von Kaltluftvolumen, Strömungsgeschwindigkeit und Strömungsrichtung als auch der Bevölkerungsverteilung - auch funktional belegen. Als ein geeigneter Indikator für sowohl räumliche Dimensionierung als auch funktionale Bedeutung der jeweils vorliegenden Leitbahn ist auch an dieser Stelle die Größe der Bevölkerungsgruppe, deren Wohngebiete direkt und in nachweisbarem Umfang von der Kaltluftversorgung durch die Leitbahn profitieren, anzusehen.

Einerseits belegt eine im landesweiten Vergleich möglichst große Betroffenenzahl die besondere Bedeutung der Ausgleichsfunktion, andererseits lässt sich aus einer großen Betroffenenzahl auch auf die Größe des Liefergebiets (räumliche Ausdehnung des Einwirkbereichs) und damit indirekt auch auf die Ausdehnung und Intensität der Leitbahn rückschließen. Da der Kaltluftstrom durch den Siedlungskörper auf Grund zunehmender Oberflächen-

raugkeit und Turbulenz gebremst wird, ist ein großer Einwirkbereich im Allgemeinen, und damit in Abhängigkeit von der jeweiligen Bevölkerungsdichte auch eine große Betroffenen-zahl, auch mit einer ausgedehnten und vergleichsweise starken Ausgleichsströmung verbunden.

Ausgehend von der beschriebenen Indikatorfunktion der Einwohnerzahlen in den bereits im Zuge der Klimaanalyse ermittelten Einwirkbereichen von Kaltluftflüssen und der Häufigkeitsverteilung der für landesweit alle Einwirkbereiche spezifisch abgeschätzten Betroffenenzahlen wurde für das Vorliegen einer regionalen Bedeutung gutachterlich ein Mindestwert von 1.000 Einwohnern festgelegt, die in direkter Weise von einer Kaltluft-Leitbahn profitieren müssen. Diese spezifischen Wirkräume, die sich direkt aus dem berechneten Strömungsfeld ableiten, werden durch Verschneidung der Einwirkbereiche erneut mit den gemeinde-spezifischen Einwohnerdichten ermittelt und anschließend alle Einwirkbereiche mit 1.000 Einwohnern und mehr ausgewählt. Die so als regional bedeutsam bewerteten Einwirkbereiche umfassen in Summe in NRW rund 317 km² Siedlungsflächen mit einer geschätzten Gesamt-Einwohnerzahl von ca. 480.000 Menschen, was einem Anteil von 15 % des von FITNAH berechneten Gesamt-Einwirkbereichs der Kaltluftzuflüssen in NRW entspricht. In Bezug auf die gesamte Siedlungsfläche in NRW werden demnach ca. 5,5 % dieser Flächen als regional bedeutsame Einwirkbereiche von Kaltluftzuflüssen bewertet, wobei knapp 3 % der Bevölkerung des Bundeslandes innerhalb dieser Wirkräume beheimatet sind.

Modellierung der Kaltluftleitbahnen und Einzugsgebiete

Die als regional bedeutsam eingestuften Einwirkbereiche werden nun als Ausflusspunkt (Mündung) eines Abflussgeschehens definiert und einer Einzugsgebietsmodellierung nach hydrologischem Vorbild unter Verwendung des modellierten Strömungsfeldes als Fließrichtungs-Information unterzogen. Auf diese Weise ergibt sich zunächst die Rohkulisse der als regional bedeutsam zu bewertenden Kaltluft-Einzugs- und Entstehungsgebiete. Für alle innerhalb dieser Einzugsgebiete gelegenen Rasterzellen gilt, dass die von ihnen produzierte Kaltluft entsprechend der Modell-Ergebnisse mindestens einem zugeordneten (regional bedeutsamen) Einwirkbereich (>1.000 Betroffene) zuströmt. Aus der Größe des pro Rasterzelle transportierten Kaltluftvolumens, der Strömungsrichtung und der Strömungsgeschwindigkeit aller innerhalb der ermittelten Einzugsgebiete gelegenen Rasterzellen sowie jeweils zu definierender Start- und Endpunkte können nun für jedes einzelne Einzugsgebiet die entsprechenden linienhaften Leitbahnen als Strömungsschwerpunkte abgeleitet werden. Somit ist eine Kaltluft-Leitbahn im Sinne der vorliegenden Analyse wie folgt charakterisiert:

- Konvergierende Strömungsrichtung
- Im Mittel überdurchschnittliche Strömungsgeschwindigkeit
- Im Mittel überdurchschnittliches Abflussvolumen

Sowohl der Start- als auch der Endpunkt sind dabei jeweils durch den zugeordneten Einwirkbereich der Leitbahn (Endpunkt) sowie die „Quellgebiete“ (Startpunkt) an den Außengrenzen der Einzugsgebiete vorgegeben. Zu beachten ist, dass es lediglich einen End-

punkt, aber durchaus mehrere Startpunkte und somit auch mitunter mehr als eine Leitbahn pro Einzugsgebiet geben kann. Die in NRW vorhandenen, als regional bedeutsam einzustufenden Kaltluft-Leitbahnen werden ausgehend von den ermittelten Einzugsgebieten automatisiert mit Hilfe einer GIS-basierten Kostenpfad-Analyse erzeugt. Die oben genannten Charakteristika der Leitbahnen lassen sich aus dem aus der Modellierung vorliegenden rasterbasierten Strömungsfeld herleiten und werden für die GIS-Analyse in „Kostenfaktoren“ – die letzten Endes einem spezifischen Fließwiderstand entsprechen – umgewandelt und gleichwertig (d. h. ohne Wichtungsfaktoren) zu rasterzellen-spezifischen „Gesamtkosten“ aufsummiert. Somit erhält jede einzelne Rasterzelle einen spezifischen „Kostenwert“ bzw. Fließwiderstand, wobei geringe Kosten auch einen geringen Fließwiderstand und hohe Kosten einen hohen Fließwiderstand abbilden. Die „Kostenwerte“ werden darüber hinaus noch mit einem Korrekturfaktor multipliziert, um zu vermeiden, dass im Zuge der Kosten-Kumulation geradlinige, direkte Verbindungen zwischen Start- und Endpunkt Verläufen bevorzugt werden.

Mit Hilfe des GIS werden in der Folge unter Angabe der Start- und Endpunkte durch Addition aller, den auf dem jeweiligen Pfad zwischen Start- und Endpunkt durchflossenen Rasterzellen zugewiesenen Fließwiderständen die „Gesamtkosten“ berechnet, auf deren Grundlage nachfolgend der „kostengünstigste“ Pfad als „regional bedeutsame Kaltluft-Leitbahn“ errechnet wird. Die einzelnen Arbeits- und Zwischenschritte sowie die jeweiligen Zwischenergebnisse sind nachfolgend zum besseren Verständnis der gewählten Vorgehensweise exemplarisch für ein zufällig ausgewähltes Gebiet grafisch dargestellt (Abbildung A 3).

Die rechnerisch im GIS erzeugten Leitbahnen wurden im Anschluss einer fachgutachterlichen Plausibilitätsprüfung unterzogen, in deren Rahmen sich überlagernde oder aufeinander aufbauende Leitbahnen und Einzugsgebiete sinnvoll zusammengefasst werden. Auch wird eine zu vermutende Beeinträchtigung der Leitbahnen durch querende linienhafte Infrastrukturen geprüft. Sofern hierbei die Zerschneidung einer regional bedeutsamen Kaltluft-Leitbahn durch eine stark befahrene Autobahn (>50.000 DTV/24h) festzustellen ist, wird die betroffene Leitbahn in der Karte „Planungsempfehlungen Regionalplanung“ u. a. aus Gründen der Lufthygiene mit einem entsprechenden Hinweis gekennzeichnet.

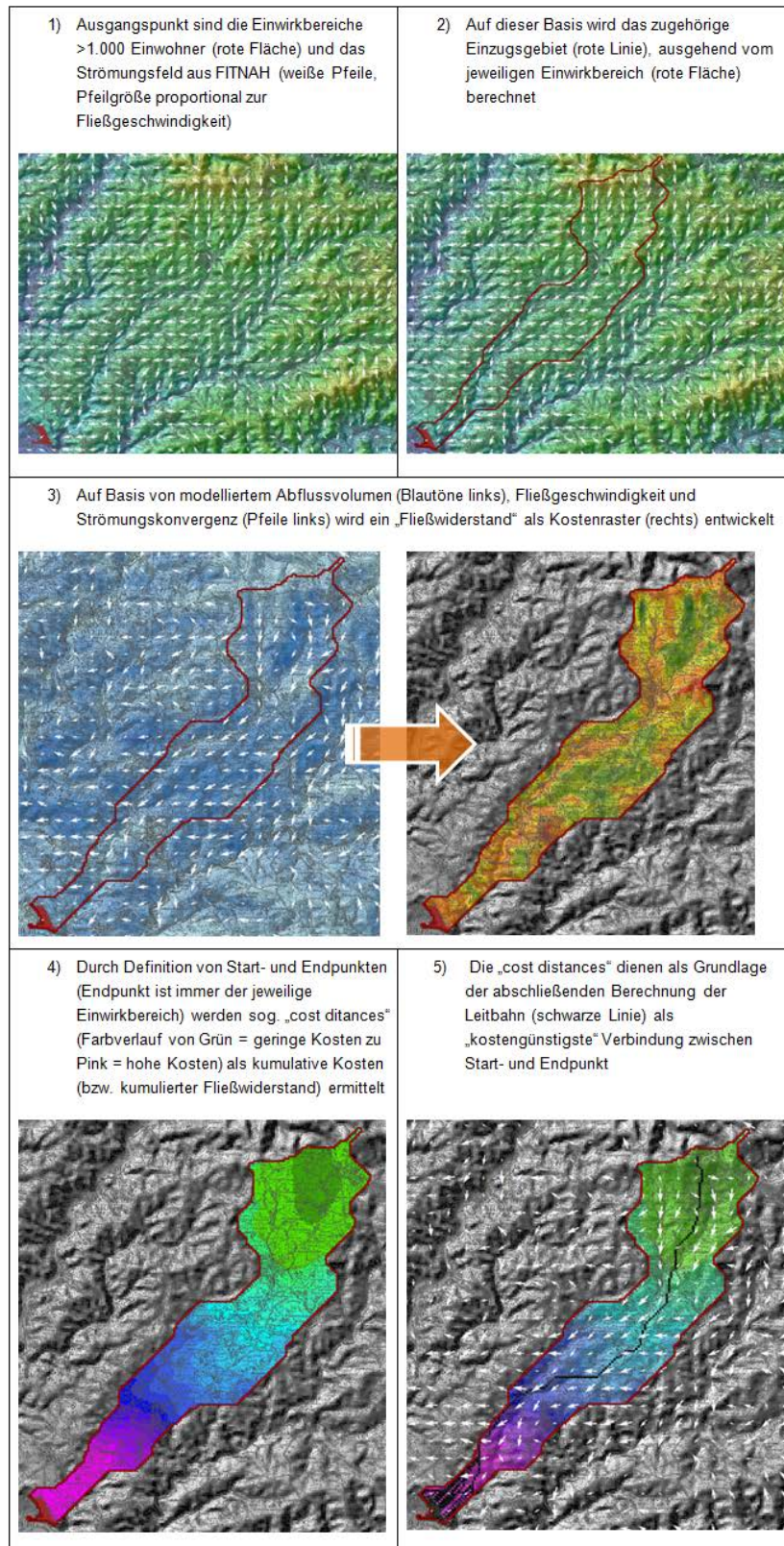


Abbildung A 3: Exemplarischer Ablauf der Ermittlung regional bedeutsamer Kaltluft- Leitbahnen und der zugehörigen Einzugsgebiete

Klassifizierung der Kaltluftleitbahnen und Einzugsgebiete

Sowohl die ermittelten regional bedeutsamen Einzugsgebiete als auch die jeweiligen Kaltluft-Leitbahnen weisen obgleich der Gemeinsamkeit einer überörtlichen Funktion und Bedeutung eine erhebliche Spannweite hinsichtlich Größe, Kaltluftproduktion/-abfluss und Anzahl der von den Funktionen profitierenden Einwohner auf. Aus diesem Grund werden beide Funktionen in einem zusätzlichen Auswertungsschritt einer weiteren Klassifizierung unterzogen. Diese ermöglicht Hinweise auf jeweils bestehende Dringlichkeit des regional-planerischen Handelns sowie Empfehlungen dazu, ob die vorhandenen Funktionen möglicherweise Ziel-Festlegungen oder lediglich Grundsatz-Festlegungen zu begründen vermögen.

Die Klassifizierung wurde der bereits in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen statistischen Auswertungs-Methodik folgend wiederum auf Basis der landesweiten Häufigkeitsverteilungen mittels verschiedener Quantile vorgenommen. Tabelle A 11 zeigt die resultierende Klassifizierung für die als regional bedeutsam bewerteten Kaltluft-Leitbahnen. In Zusammenhang mit den ermittelten Leitbahnen ist zu beachten, dass alle abgegrenzten und als regional bedeutsam eingestuften Kaltluft-Leitbahnen grundsätzlich in ihrem Kernbereich (Korridor von 1.000 m Breite) eine besonders hohe Sensibilität gegenüber Strömungshindernissen aufweisen, sodass dieser Bereich unabhängig von der weiter differenzierenden Bewertung eine besondere planerische Priorität zur Sicherung der bestehenden bioklimatischen Funktion aufweist.

Tabelle A 11: Klassifizierung regional bedeutsamer Kaltluft-Leitbahnen (Kernbereiche von 1.000 m Breite) nach Leistungsfähigkeit

Bewertungsklasse	Quantil	Leistungsfähigkeit (gerundetes linienbezogenes Abflussvolumen)	Regionalplanerisches Bewertung
sehr hohe Priorität	66 %	>1,3 Mio. m ³ /km*s	für Zielfestlegungen geeignet, Berücksichtigung bei Siedlungsentwicklung zwingend
hohe Priorität	33 %	>400.000 m ³ /km*s und <1,3 Mio. m ³ /km*s	für Zielfestlegungen geeignet, Berücksichtigung bei Siedlungsentwicklung zwingend
mittlere Priorität	0 %	>40.000 m ³ /km*s und <400.000 m ³ /km*s	für Grundsatzfestlegungen geeignet

Die Klassifizierung der regional bedeutsamen Einzugs- bzw. Kaltluft-Entstehungsgebiete erfolgt anders als bei den Leitbahnen auf Grundlage von zwei Bewertungskriterien: dem jeweils produzierten Gesamtvolumen an Kaltluft sowie der innerhalb des Gebiets beheimateten Einwohnerzahl, denen die verschiedenen, der ermittelten Leitbahn zufließenden Kaltluftabflüsse zugutekommen. Die nachfolgenden Tabellen beschreiben zunächst die Teil-Ergebnisse der beiden Bewertungskriterien.

Tabelle A 12: Klassifizierung regional bedeutsamer Kaltluft-Entstehungsgebiete (Einzugsgebiete der Leitbahnen) nach Kaltluft-Produktivität

Bewertungsklasse	Quantil	Leistungsfähigkeit (gerundetes linienbezogenes Abflussvolumen)
sehr hohe Produktivität	90 %	>25 Mio. m³/s
hohe Produktivität	75 %	>7 Mio. m³/s und <25 Mio. m³/s
mittlere Produktivität	50 %	>2,2 Mio. m³/s und <7 Mio. m³/s
mäßige Produktivität	25 %	>500.000 m³/s und <2,2 Mio. m³/s
geringe Produktivität	0 %	<500.000 m³/s

Tabelle A 13: Klassifizierung regional bedeutsamer Kaltluft-Entstehungsgebiete (Einzugsgebiete der Leitbahnen) nach Anzahl profitierender Einwohnern

Bewertungsklasse	Quantil	Einwohner (geschätzte Einwohnerzahl im gesamten Einzugsgebiet)
sehr hohe Bedeutung	90 %	>50.000 Einwohner
hohe Bedeutung	75 %	>20.000 Einwohner und <50.000 Einwohner
mittlere Bedeutung	50 %	>7.500 Einwohner und <20.000 Einwohner
mäßige Bedeutung	25 %	>5.000 Einwohner und <7.500 Einwohner
geringe Bedeutung	0 %	<5.000 Einwohner

Die dargestellten Teil-Ergebnisse werden nun mit Hilfe einer Bewertungsmatrix zu einem Gesamtergebnis miteinander verknüpft. Aufgrund der anthropozentrischen Ausrichtung der Klimaanalyse und dem Ziel, mit den hier erarbeiteten Hinweisen und fachlichen Planungsempfehlungen insbesondere darauf hinzuwirken, dass durch raumordnerische Festlegungen eine Verbesserung der bioklimatischen Situation für eine möglichst große Anzahl der Bewohner des Landes NRW erreicht werden kann, wird im Zuge dieser Verknüpfung das Kriterium „Anzahl der Einwohner im Einzugsgebiet“ gegenüber der erzeugten Kaltluft-Gesamtmenge geringfügig stärker gewichtet. Nachfolgend sind die verwendete Bewertungsmatrix sowie die resultierenden Bewertungsklassen zur Übersicht dargestellt.

Tabelle A 14: Matrix zur Verknüpfung der Teil-Bewertungen von regional bedeutsamen Kaltluft- Entstehungsgebieten (Einzugsgebieten)

EZG		Einwohner				
		1	2	3	4	5
Volumenstrom	1	1	2	2	3	3
	2	1	2	3	4	4
	3	2	2	3	4	5
	4	2	3	3	5	5
	5	3	4	4	5	5

Tabelle A 15: Zusammengeführte Klassifizierung regional bedeutsamer Kaltluft- Entstehungsgebiete (Einzugsgebiete)

Bewertungsklasse	mögliche Klassenkombinationen (P=Kaltluftproduktion, E=Einwohnerzahl im Gebiet)	Regionalplanerisches Bewertung
sehr hohe Priorität	P4E4, P4E5, P5E4, P5E5, P3E5	Regionalplanerische Sicherung von Teilflächen hoher Kaltluftproduktivität (Grünland, Ackerland, Brachen) vordringlich; Zielfestlegung (ggf. teilräumlich) denkbar
hohe Priorität	P5E2, P5E3, P3E4, P2E4, P2E5	Regionalplanerische Sicherung von Teilflächen hoher Kaltluftproduktivität (Grünland, Ackerland, Brachen) vordringlich; Zielfestlegung (ggf. teilräumlich) denkbar
mittlere Priorität	P5E1, P4E2, P4E3, P3E3, P2E3, P1E4, P1E5	Regionalplanerische Sicherung von Teilflächen hoher Kaltluftproduktivität zweckmäßig; Grundsatzcharakter
vorhandene Priorität	P4E1, P3E1, P3E2, P2E2, P1E2, P1E3	Regionalplanerische Sicherung von Teilflächen hoher Kaltluftproduktivität zweckmäßig; Grundsatzcharakter
nachrangige Priorität	P2E1, P1E1	-/-

Sonderfälle – Regional bedeutsame Einzugsgebiete ohne klassische Leitbahn

Ein kleinerer Anteil der aus den Modell-Ergebnissen ableitbaren regional bedeutsamen Einwirkbereiche (>1.000 Betroffene) weist keine klassische Leitbahn-Struktur auf und wird teils nicht allein von orographisch bedingten oder verstärkten Kaltluftabflüssen geprägt. Es

handelt sich einerseits um flächenhafte Kaltluftabflüsse, die sich entlang von weitgehend geraden, einheitlich strukturierten (homogene Landnutzung) und gleichmäßigen Hangsystemen entwickeln. Andererseits sind dies komplexere, von lokalen Kaltluftabflüssen oder strukturbedingten Ausgleichsströmungen („Flurwindsystem“) gespeiste Kaltluftsysteme, die insbesondere in weniger reliefiertem Gelände zutage treten und von Bedeutung sind.

Die letztgenannten heterogenen Systeme sind insbesondere im landesweiten Betrachtungsmaßstab schwer einzugrenzen und zeichnen sich durch ein scheinbar chaotisches autochthones Strömungsgeschehen aus. Die meist fehlende Anbindung an großräumigere, orographisch induzierte Kaltluftabflüsse mit großen Abflussvolumina führt dazu, dass die Windgeschwindigkeiten und Einzugsgebiete dieser Strömungssysteme deutlich kleiner sind, sodass in der Folge oft auch der zugeordnete Einwirkbereich der Strömungen kleiner und damit auch die Betroffenenzahl geringer ist. Somit sind derartige heterogene Kaltluftflüsse mit regionaler Bedeutung, also einer auch im regionalen Maßstab bedeutenden Betroffenenzahl und Ausdehnung, äußerst selten.

Obgleich also derartige Flurwind geprägten Ausgleichsströmungen („Flurwindssysteme“) auf der hier im Fokus stehenden Planungsebene der Regionalplanung nur vereinzelt von Bedeutung sind, besitzen sie vor allem für wärmebelastete Siedlungskörper im Flachland eine äußerst hohe lokale Relevanz und sind von der kommunalen Planung (u. a. auf Grundlage des im Zuge dieser Studie hochauflösend berechneten Strömungsfeldes) entsprechend zu erfassen und zu sichern.

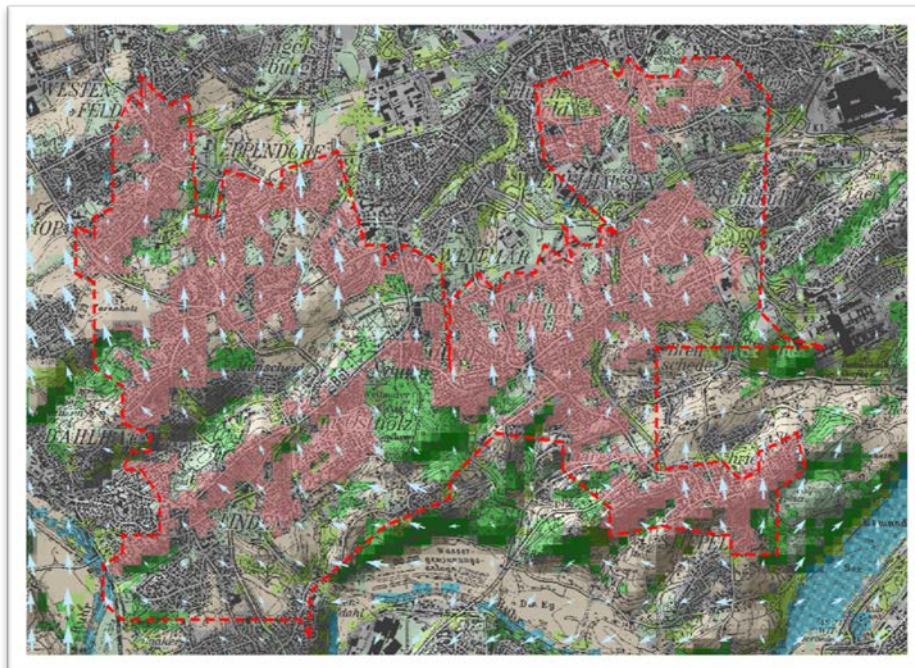


Abbildung A 4: Beispiel eines heterogenen, Flurwind beeinflussten Strömungssystems mit Einzugsgebiet regionale Bedeutung

Sowohl die flächenhaften Kaltluftabflüsse als auch die heterogenen Kaltluftsysteme sind in der Karte „Planungsempfehlungen Regionalplanung– sofern sie eine regionale Bedeutung (Einwirkbereich mit >1.000 Betroffenen) aufweisen – als eigenständige Einzugsgebietskategorien dargestellt.

A 2.4 Regional bedeutsame Ausgleichsräume mit hoher Aufenthaltsqualität am Tage

Die regionale Bedeutsamkeit bioklimatischer Gunsträume für ein Ausweichen der Bevölkerung vor starken oder extremen Hitzebelastungen am Tage sowie zur Erholung von bestehenden Hitzebelastungen lässt sich aus der Anzahl der von derartigen Belastungen betroffenen Einwohner, der bioklimatischen Aufenthaltsqualität der Ausgleichsräume sowie nicht zuletzt auch der Erreichbarkeit dieser Gunsträume ableiten. Eine hohe Betroffenenzahl begründet in diesem Zusammenhang einen hohen Nutzungsdruck auf vorhandene, thermisch günstige Freiflächen im Umfeld der jeweiligen Belastungsräume und somit auch eine überörtliche Bedeutung, da die verfügbaren Gunsträume zu einem großen Teil nicht innerhalb des kommunalen Planungsraumes der betroffenen Gemeinden liegen. Somit kann der Belastungssituation durch lokale Maßnahmen und Pläne allein nicht hinreichend entgegengewirkt werden. Vor diesem Hintergrund werden die nach klimaökologischen Kriterien auszuwählenden Gunsträume anschließend in Abhängigkeit von ihrer Entfernung zu überörtlich relevanten Belastungsräumen als regional bedeutsam oder nicht eingestuft und in der Karte „Planungsempfehlungen Regionalplanung“ dargestellt.

In einem ersten Arbeitsschritt werden alle bioklimatisch besonders günstigen Grünflächen mit einer im Modell berechneten PET von weniger als 28 °C am Nachmittag (15 Uhr), d. h. Flächen mit maximal geringen Hitzebelastungen am Tage, aus dem landesweiten Datensatz ausgewählt. Auf diese Weise ergeben sich zunächst ca. 25 % der landesweit vorhandenen Freiflächen als potenziell regional bedeutsame bioklimatische Gunsträume, die mit einem Anteil von über 96 % klar von Wald- und Gehölzflächen dominiert werden.

Anschließend werden alle ermittelten und direkt aneinander angrenzenden Teilflächen und lediglich durch querende Wege, Straßen oder Leitungsschneisen voneinander getrennte sowie auch weniger als 200 m voneinander entfernte, aber funktional zusammenwirkende Teilflächen zusammen gefasst. Im nächsten Schritt werden die Gunsträume ermittelt, die eine Gesamtfläche von 2 km² und mehr aufweisen. Hintergrund dieser Mindestgröße ist die Tatsache, dass regional bedeutsame bioklimatische Gunsträume dazu geeignet sein müssen, einer möglichst großen Zahl Erholungssuchender Raum zu geben, ohne dabei überlastet zu werden. Zuletzt werden dann über eine räumliche Abfrage aus den verbliebenen, ausreichend großen Freiflächen mit geringer oder gar keiner Wärmebelastung am Tage jene Flächen ermittelt, die maximal 10 km von mindestens einem der zuvor bereits ermittelten Belastungsräume regionaler Bedeutung entfernt liegen und somit als bioklimatische Gunsträume regionaler Bedeutung anzusehen sind.

Die zur Anwendung gebrachte Maximalentfernung von 10 km zwischen Belastungs- und Ausgleichsraum lässt sich aus der Vorgabe einer möglichst kurzfristigen (Reisezeit <1 h) Erreichbarkeit auch ohne Einsatz von PKW oder Krafträdern ableiten. Damit verbunden ist eine gleichzeitig unterstellte, klimafreundliche Fahrradnutzung mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 10 bis 15 km/h, die auch für Familien mit Kindern und ältere Menschen problemlos zu erreichen ist (vgl. u. a. Schwierigkeitsstufen-Einteilung von Radtouren des ADFC). Die verbleibenden Flächen stellen demzufolge bioklimatisch günstige, ausreichend

große und für eine große Zahl von starken bis extremen Hitzebelastungen Betroffener gut zu erreichende Rückzugs- und Erholungsräume dar.

Diese großen, jedoch in der Regel mit einer gezielten Anreise verbundenen Flächen werden ferner ergänzt durch im absoluten Nahbereich der Hauptbelastungsräume gelegene bioklimatische Ausgleichsflächen, welche in kürzester Zeit auch fußläufig zur Nah- und Feierabend-erholung aufgesucht werden können. Dieser in der Fachplanung auch als „siedlungsnaher Freiraum“ oder „Wohnumfeld“ bezeichnete, unmittelbar an Wohnsiedlungen angrenzende Korridor erstreckt sich auf eine Zone, die fußläufig in 5 bis maximal 10 Minuten erreichbar ist. Unter Annahme einer Durchschnittsgeschwindigkeit zu Fuß von 4 km/h und einer Gehzeit von 6 Minuten ergibt sich hieraus der gewählte Radius von 400 m um die jeweilige Siedlung. Für alle innerhalb dieses Korridors gelegene Freiflächen (ausgehend von den Hauptbelastungsräumen regionaler Bedeutung am Tage) mit einer nachmittäglichen PET <28 °C wird aufgrund ihrer hervorragenden Erreichbarkeit die Mindestgröße von 2 km² auf lediglich 3 ha erheblich verringert, da der Gesamtheit dieser Flächen in Verbindung mit dem jeweils assoziierten als regional bedeutsam bewerteten Hauptbelastungsraum eine außerordentlich hohe und überörtlich relevante klimatische Bedeutung zukommt.

Die im Ergebnis der beschriebenen Herleitungsschritte in der Karte „Planungsempfehlungen Regionalplanung“ dargestellten bioklimatischen Gunsträume regionaler Bedeutung sollten von der Regionalplanung, z. B. durch multifunktionale Begründung von erholungsbezogenen Planzeichen, als Rückzugsräume für die Bevölkerung von in besonderem Maße Hitzebelastungen ausgesetzten Siedlungsräumen gesichert und entwickelt werden.

Landesamt für Natur, Umwelt und
Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

Leibnizstraße 10
45659 Recklinghausen
Telefon 02361 305-0
poststelle@lanuv.nrw.de

www.lanuv.nrw.de