

Fachbeitrag Klima

für die Planungsregion Münsterland

Fachbeitrag Klima

für die Planungsregion Münsterland

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
Recklinghausen 2021

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	Ellen Grothues, Niklas Raffalski, Dr. Ingo Wolff (LANUV)
Fachliche Unterstützung	GEO-Net Umweltconsulting (Hannover), Planungsgruppe Umwelt (Hannover).
Titelbild	LANUV (Titel)
Stand	März 2021
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 im Planungsraum Münsterland	16
2.1. Aktuelles Klima und bisherige Entwicklung im Münsterland	19
2.1.1. Lufttemperatur	21
2.1.2. Kenntage Temperatur	24
2.1.3. Niederschlag.....	28
2.1.4. Kenntage Niederschlag	31
2.1.5. Fazit bisherige Klimaveränderungen.....	39
2.2. Projizierter Klimawandel und zukünftige Entwicklung im Münsterland.....	40
2.2.1. RCP-Szenarien und Perzentile	40
2.2.2. Projizierte Klimaveränderung	43
2.2.3. Temperatur	43
2.2.4. Kenntage Temperatur	47
2.2.5. Niederschlag.....	51
2.2.6. Kenntage Niederschlag	54
2.2.7. Fazit projizierte Klimaänderungen.....	55
3. Klimaschutz im Planungsraum Münsterland.....	58
3.1. Treibhausgasemissionen und Klimaschutzziele	59
3.1.1. Treibhausgasemissionen im Plangebiet Münsterland	59
3.1.2. Ziele zur Reduktion von Treibhausgasemissionen	62
3.2. Ausbau der Erneuerbaren Energien in der Region.....	65
3.2.1. Fazit	69
3.3. Weitere Handlungsfelder Klimaschutz	70
3.4. Klima-fachliche Empfehlungen für regionalplanerische Festlegungen zum Klimaschutz	72
4. Klimaanpassung im Planungsraum Münsterland	75
4.1. Hitzebelastung.....	75
4.1.1. Hitzebelastung und regionalplanerische Steuerungsmöglichkeiten	77
4.1.2. Methodik der Klimaanalyse NRW	85
4.1.3. Ergebnisse der Klimaanalyse für den Planungsraum Münsterland	96
4.1.4. Mögliche Umsetzungspfade und Handlungsempfehlungen.....	121
4.2. Weitere Handlungsfelder Klimaanpassung	126
Literatur	131
Gesetze, Verordnungen und Rechtsprechung	144
Anhang A 1: Methodik zur Abgrenzung von Bereichen mit überörtlicher klimaökologischer Bedeutung	146

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Gemeinden und Kreise im Plangebiet Münsterland.....	15
Abbildung 2:	Verlauf rekonstruierter CO ₂ -Gehalte und globaler Temperaturschwankungen der letzten 420.000 Jahre	18
Abbildung 3:	CO ₂ -Gehalte und Temperaturentwicklung seit Beginn der Wetteraufzeichnung bis 2020	18
Abbildung 4:	Topographie und Großlandschaften des Planungsraums Münsterland.	20
Abbildung 5:	Mittlere Jahrestemperatur 1991-2020 im Planungsraum Münsterland	22
Abbildung 6:	Mittlere Anzahl an Heißen Tage pro Jahr 1991-2020 im Planungsraum Münsterland	25
Abbildung 7:	Änderung der mittleren Anzahl an Heißen Tage pro Jahr 1991-2020 bezogen auf 1961-1990 im Planungsraum Münsterland	26
Abbildung 8:	Mittlere Anzahl an Eistagen pro Jahr 1991-2020	27
Abbildung 9:	Änderung der mittleren Anzahl an Eistagen pro Jahr 1991-2020 bezogen auf 1961-1990	28
Abbildung 10:	Mittlerer jährlicher Niederschlag 1991-2020	30
Abbildung 11:	Änderungen des mittleren jährlichen Niederschlags 1991-2020 bezogen auf 1961-1990	31
Abbildung 12:	Lage der DWD-Messstation Coesfeld	33
Abbildung 13:	Mittlere Anzahl an Starkniederschlagstagen (> 10 mm/Tag) pro Jahr 1991-2020 im Planungsraum Münsterland	35
Abbildung 14:	Mittlere Anzahl an Starkniederschlagstagen (> 20 mm/Tag) pro Jahr 1991-2020	36
Abbildung 15:	Änderung der mittleren Anzahl an Starkniederschlagstagen (> 10 mm/Tag) pro Jahr 1991-2020 bezogen auf 1961-1990	37
Abbildung 16:	Mittlere Anzahl an Schneedeckentagen pro Jahr 1991-2020 im Planungsraum Münsterland	38
Abbildung 17:	Änderung der mittleren Anzahl an Schneedeckentagen pro Jahr 1991-2020 bezogen auf 1961-1990 im Planungsraum Münsterland	39
Abbildung 18:	Temperaturverlauf beobachteter Temperaturen in NRW im Vergleich zu Zeitreihendaten der RCP-Projektionen	42
Abbildung 19:	Klimawandel - Temperaturverteilung und Extreme	57
Abbildung 20:	Treibhausgasemissionen und Restbudget in Deutschland	64
Abbildung 21:	Erneuerbare Energien im Planungsraum Münsterland - Stromertrag nach Gemeinden	67
Abbildung 22:	Erneuerbare Energien im Planungsraum Münsterland – Anteil am Stromverbrauch nach Gemeinden	67
Abbildung 23:	Klimaanalyse Nachtsituation	99
Abbildung 24:	Klimaanalyse Nachtsituation – Klimawandel-Vorsorgebereiche (Detailausschnitt)	100
Abbildung 25:	Klimaanalyse Nachtsituation – Detailausschnitt Münster	101
Abbildung 26:	Klimaanalyse Tagsituation	104

Abbildung 27:	Klimaanalyse Tagsituation – Klimawandel-Vorsorgebereiche (Detailausschnitt)	105
Abbildung 28:	Klimaanalyse Tagsituation – Detailausschnitt Münster	106
Abbildung 29:	Klimaanalyse Gesamtbetrachtung	111
Abbildung 30:	Klimaanalyse Gesamtbetrachtung – Klimawandel- Vorsorgebereiche (Detailausschnitt)	112
Abbildung 31:	Klimaanalyse Gesamtbetrachtung – Detailausschnitt Münster	113
Abbildung 32:	Klimaanalyse – Planungsempfehlungen Regionalplanung	117
Abbildung 33:	Klimaanalyse – Legende Planungsempfehlungen Regionalplanung	118

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Mittlere jährliche und saisonale Temperaturen in verschiedenen Klimanormalperioden in °C im Planungsraum Münsterland.....	21
Tabelle 2:	Änderung der mittleren jährlichen und saisonalen Temperaturen 1991-2020 bezogen auf 1961-1990 im Planungsraum Münsterland	22
Tabelle 3:	Anzahl der Temperaturkentage pro Jahr in verschiedenen Klimanormalperioden im Planungsraum Münsterland	24
Tabelle 4:	Änderung der Anzahl der Temperaturkentage pro Jahr 1991-2020 bezogen auf 1961-1990 im Planungsraum Münsterland.....	25
Tabelle 5:	Mittlerer jährlicher und saisonaler Niederschlag in verschiedenen Klimanormalperioden	29
Tabelle 6:	Änderungen des jährlichen und saisonalen Niederschlags 1991-2020 bezogen auf 1961-1990 im Planungsraum Münsterland.....	30
Tabelle 7:	Änderung der mittleren jährlichen und saisonalen Anzahl an Trocken Tagen für die Messstation Coesfeld	33
Tabelle 8:	Anzahl der Starkniederschlagstage pro Jahr im Planungsraum Münsterland: Übersicht	34
Tabelle 9:	Änderung der mittleren Jahrestemperatur im Planungsraum Münsterland - Projektionen für die Mitte des Jahrhunderts (2031-2060) bezogen auf 1971-2000	44
Tabelle 10:	Änderung der mittleren Jahrestemperatur im Planungsraum Münsterland - Projektionen für die ferne Zukunft (2071-2100) bezogen auf 1971-2000	45
Tabelle 11:	Änderung der mittleren saisonalen Temperaturen in Kelvin im Planungsraum Münsterland - Projektionen für die Mitte des Jahrhunderts und ferne Zukunft bezogen auf 1971-2000	46
Tabelle 12:	Änderung der Anzahl an Heißen Tage pro Jahr im Planungsraum Münsterland - Projektionen für die Mitte des Jahrhunderts und ferne Zukunft bezogen auf 1971-2000.....	48
Tabelle 13:	Änderung der Anzahl an Sommertagen pro Jahr im Planungsraum Münsterland - Projektionen für die Mitte des Jahrhunderts und ferne Zukunft bezogen auf 1971-2000.....	49
Tabelle 14:	Änderung der Anzahl an Eistagen pro Jahr im Planungsraum Münsterland - Projektionen für die Mitte des Jahrhunderts und ferne Zukunft bezogen auf 1971-2000.....	50
Tabelle 15:	Änderung der Anzahl an Frosttagen pro Jahr im Planungsraum Münsterland - Projektionen für die Mitte des Jahrhunderts und ferne Zukunft bezogen auf 1971-2000.....	51
Tabelle 16:	Änderung des mittleren jährlichen Niederschlags in Prozent im Planungsraum Münsterland - Projektionen für die Mitte des Jahrhunderts (2031-2060) bezogen auf 1971-2000	52
Tabelle 17:	Änderung des mittleren jährlichen Niederschlags in Prozent - Projektionen für die ferne Zukunft (2071-2100) bezogen auf 1971-2000.....	52

Tabelle 18:	Änderung des saisonalen Niederschlags im Planungsraum Münsterland - Projektionen für die Mitte des Jahrhunderts und ferne Zukunft bezogen auf 1971-2000.....	53
Tabelle 19:	Änderung der Anzahl an Starkniederschlagstagen (> 10 mm/Tag) pro Jahr im Planungsraum Münsterland - Projektionen für die Mitte des Jahrhunderts und ferne Zukunft bezogen auf 1971-2000	54
Tabelle 20:	Änderung der Anzahl an Starkniederschlagstagen (> 20 mm/Tag) pro Jahr im Planungsraum Münsterland - Projektionen für die Mitte des Jahrhunderts und ferne Zukunft bezogen auf 1971-2000	55
Tabelle 21:	Treibhausgasemissionen im Planungsraum Münsterland 2017.....	61
Tabelle 22:	Vergleich der THG-Emissionen 2017 im Planungsraum Münsterland, in NRW und in Deutschland.....	62
Tabelle 23:	Ausbaustand der Erneuerbaren Energien im Planungsraum Münsterland.....	66
Tabelle 24:	Potenziale zum Ausbau der Erneuerbaren Energien im Planungsraum Münsterland	68
Tabelle 25:	Bewertung des Kaltluftvolumenstroms	88
Tabelle 26:	Bewertung der nächtlichen Überwärmung im Siedlungsraum	89
Tabelle 27:	Bewertung der thermischen Belastung anhand der PET	89
Tabelle 28:	Klassenbasierte Gesamtbewertung der thermischen Situation in Siedlungsräumen	90
Tabelle 29:	Matrix zur Verknüpfung der Bewertung von Tag- und Nacht- situation bei Wohnflächen (links) sowie bei Gewerbeflächen	91
Tabelle 30:	Klassenbasierte Gesamtbewertung der thermischen Ausgleichfunktion von Grün- und Freiflächen.....	91
Tabelle 31:	Matrix zur Verknüpfung der Bewertung von Tag- und Nachtsituation bei Grünflächen	92
Tabelle 32:	Klimaanalyse Nachtsituation - Anzahl der betroffenen Bevölke- rung und der Siedlungsfläche im Planungsraum Münsterland.....	98
Tabelle 33:	Klimaanalyse Nachtsituation - Anzahl der betroffenen Bevölkerung und der Siedlungsfläche mit starker thermischer Belastung nach Gemeinden	98
Tabelle 34:	Klimaanalyse Tagsituation - Anzahl der betroffenen Bevölkerung und der Siedlungsfläche im Planungsraum Münsterland.....	102
Tabelle 35:	Klimaanalyse Tagsituation - Anzahl der betroffenen Bevölkerung und der Siedlungsfläche mit extremer thermischer Belastung nach Gemeinden.....	103
Tabelle 36:	Klimaanalyse Gesamtbetrachtung - Anzahl der betroffenen Bevöl- kerung und der Siedlungsfläche im Planungsraum Münsterland ...	107
Tabelle 37:	Klimaanalyse Gesamtbetrachtung - Anzahl der betroffenen Bevölkerung und der Siedlungsfläche mit ungünstiger oder sehr ungünstiger thermischer Situation nach Gemeinden	107
Tabelle 38:	Klimawandel-Vorsorgebereiche - Anzahl der zusätzlich betroffenen Bevölkerung und der Siedlungsfläche mit in Zukunft voraussichtlich ungünstiger oder sehr ungünstiger thermischer Situation	108

Tabelle 39:	Klimawandel-Vorsorgebereiche - Anzahl der zusätzlich betroffenen Bevölkerung und der Siedlungsfläche mit in Zukunft voraussichtlich ungünstiger thermischer Situation nach Gemeinden	108
Tabelle 40:	Klimawandel-Vorsorgebereiche - Anzahl der zusätzlich betroffenen Bevölkerung und der Siedlungsfläche mit in Zukunft voraussichtlich sehr ungünstiger thermischer Situation nach Gemeinden	109
Tabelle 41:	Ungünstige und sehr ungünstige thermische Situation (Gesamtbetrachtung) - Vergleich der aktuell betroffenen und der zukünftig* voraussichtlich betroffenen Bevölkerung	109
Tabelle 42:	Bereiche mit überörtlicher klimaökologischer Bedeutung - Vergleich Planungsraum Münsterland mit NRW.....	120

1. Einführung

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

Im Pariser Klimaschutzabkommen, 2015 von 195 Staaten beschlossen und 2016 in Kraft getreten, haben Deutschland und zahlreiche weitere Länder völkerrechtlich verbindliche Ziele formuliert: So soll die Erderwärmung im Vergleich zum vorindustriellen Niveau (1850-1900) auf deutlich unter 2 Grad Celsius (°C), idealerweise auf 1,5 °C begrenzt werden. Um dies zu erreichen, darf der Mensch spätestens in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts nur noch so viele Treibhausgase ausstoßen, wie der Atmosphäre z. B. durch Wälder oder Moore wieder entzogen wird (so genannte "Treibhausgas-Neutralität"). Erforderlich ist hierfür ein schneller und konsequenter Wandel der Weltwirtschaft, verbunden mit einer deutlichen Verringerung des Kohlenstoff-Umsatzes (Dekarbonisierung). Weitere Ziele des Vertrages sind die bessere Anpassung der Staaten an den Klimawandel oder die Berücksichtigung globaler Finanzflüsse beim Klimaschutz (BMU 2017).

Der Begriff Klima bezeichnet den mittleren Zustand der Atmosphäre an einem bestimmten Ort oder für ein Gebiet und einen bestimmten Zeitraum. Das Klima wird durch statistische Auswertung von verschiedenen meteorologischen Größen über einer Periode von mindestens 30 Jahren (so genannte Klimanormalperiode (KNP)) beschrieben. Es wird in der Regel durch Mittelwerte und Jahressummen (beispielsweise bei Temperatur und Niederschlag), Häufigkeiten (zum Beispiel verschiedene Kenntage) und Andauerzeiten (zum Beispiel Sonnenscheindauer) charakterisiert. Das Klima an einem bestimmten Ort wird wesentlich beeinflusst z. B. durch die Höhenlage, die Nähe zum Meer oder die Nähe zum Äquator. Der Begriff Klima ist dabei klar vom Begriff Wetter abzugrenzen: Das Wetter beschreibt im Gegensatz zum Klima den augenblicklichen physikalischen Zustand der unteren Atmosphäre (Troposphäre) zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem bestimmten Ort. Von Wetter spricht man bei Zeiträumen von lediglich wenigen Stunden bis hin 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 auch lokal bzw. regional auf, und die dadurch erforderlichen planerischen oder physischen Anpassungsmaßnahmen sind konkret räumlich verortet. Der von Haus aus überfachlichen, verschiedene Interessen integrierenden räumlichen Gesamtplanung kommt daher in beiden Handlungsfeldern eine zentrale Bedeutung zu. Dies gilt insbesondere für die Raumplanung auf der kommunalen sowie der regionalen, überörtlichen Ebene.

Die Raumplanung ist daher ein unverzichtbares Instrument, um Maßnahmen zum Klimaschutz sowie zur Anpassung an den anthropogenen Klimawandel zu implementieren. 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 2018).

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

Von den verschiedenen möglichen Wirkfolgen des Klimawandels sowie den Klimaschutzmaßnahmen ist jedoch nur ein Teil unmittelbar raumordnerisch relevant. Manche Handlungsfelder entziehen sich den 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 in drei zentrale Bausteine. In Kapitel 2 werden das Klima und der bereits stattgefunden sowie der für die Zukunft projizierte Klimawandel in der Region beschrieben. Kapitel 3 befasst sich mit dem Handlungsfeld Klimaschutz im Planungsraum Münsterland, unter anderem durch eine Auswertung der regionalen Treibhausgasemissionen sowie der Darstellung von Kenndaten im Bereich der Energieversorgung und dem Ausbau der Erneuerbaren Energien. In Kapitel 4 werden Herausforderungen und Handlungsansätze zur Anpassung an den vom Menschen verursachten Klimawandel im Plangebiet behandelt. Der Fokus liegt hierbei vor allem auf dem Aspekt der thermischen Belastung der Bevölkerung.

Hierzu werden umfassende Daten aus der vom LANUV erstellten landesweiten Klimaanalyse NRW (LANUV 2018) für den Planungsraum ausgewertet.

Nur am Rande behandelt werden dabei die ebenfalls bedeutsamen Auswirkungen des anthropogenen Klimawandels auf die Wasserwirtschaft, was zum Beispiel Problemstellungen wie Sturzfluten in Folge von vermehrten Starkniederschlagsereignissen, vorsorgenden Hochwasserschutz, Gewässermanagement und die Sicherung des (Trink-) Wasserdargebots umfasst. Für diese Aspekte ist nach Klimaschutzplan NRW ein eigenständiger Fachbeitrag „Wasser und Klimawandel“ vorgesehen. Auch die Bereiche Forst- und Landwirtschaft werden nicht im Detail 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 das Plangebiet ebenfalls einen Fokus auf den vom Menschen verursachten Klimawandel legt.

1.1. Rechtsgrundlagen

Der Regionalplan Münsterland legt die räumlichen und strukturellen Entwicklungen in der Region als raumplanerisches Gesamtkonzept fest. Er ist die Planungsgrundlage für die Flächennutzungsplanung seiner Kreise und der kreisfreien Stadt Münster. Die Aufgabe der Regionalplanung ist es dabei, die unterschiedlichen Nutzungsansprüche an den Raum zu koordinieren. (Bezirksregierung Münster 2021)

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.“* Der Landesentwicklungsplan Nordrhein-Westfalen (LEP) vom 6. August 2019 legt im Grundsatz 4-3 fest, dass vorliegende Klimaschutzkonzepte und den Klimaschutz betreffende Fachbeiträge von der Regionalplanung zu berücksichtigen sind.

Das Raumordnungsgesetz (ROG) hat auf Bundesebene die Bedeutung der Belange des Klimawandels in den Grundsätzen der Raumordnung 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 (LPIG 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.

Im Jahr 2019 hat der Bund erstmals ein Klimaschutzgesetz (Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG)) verabschiedet. Zweck des Gesetzes ist es, die Erfüllung der nationalen Klimaschutzziele sowie die Einhaltung der europäischen Zielvorgaben zu gewährleisten. Grundlage hierfür bildet die Verpflichtung nach dem Pariser Klimaabkommen der Vereinten Nationen, wonach der Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf deutlich unter zwei Grad Celsius und möglichst auf 1,5 Grad Celsius gegenüber dem vorindustriellen Niveau begrenzt werden soll. Das Gesetz beinhaltet das Ziel, Treibhausgasemissionen in Deutschland bis zum Zieljahr 2030 um mindestens 55 Prozent im Vergleich zum Jahr 1990 zu verringern. Hierzu werden u. a. jährliche Minderungsziele durch die Vorgabe von Jahresemissionsmengen für die Sektoren Energiewirtschaft, Industrie, Verkehr, Gebäude, Landwirtschaft, sowie Abfallwirtschaft und Sonstiges festgelegt.

Das Klimaschutzgesetz NRW aus dem Jahr 2013 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.

Aktuell arbeitet die Landesregierung an einer Novellierung des Klimaschutzgesetzes. Gleichzeitig soll das bundesweit erste eigenständige Klimaanpassungsgesetz in Kraft treten. Zu beiden Gesetzen liegen Entwürfe vor, die jedoch zum Zeitpunkt der Erarbeitung dieses Fachbeitrages noch nicht vom Landtag verabschiedet wurden (Stand: März 2021). Der Entwurf des Klimaschutzgesetzes vom 11.03.2021 sieht eine Verschärfung des bislang bestehenden Ziels für die Reduktion von Treibhausgasemissionen vor. Demnach verpflichtet sich die Landesregierung, bis 2050 treibhausgasneutral zu wirtschaften. Der Entwurf für das Klimaanpassungsgesetz vom 11.03.2021 sieht u. a. die Erstellung einer Klimaanpassungsstrategie anhand konkreter Handlungsfelder alle fünf Jahre vor, ebenso ein so genanntes Berücksichtigungsgebot, wonach Behörden und Ämter bei politischen und planerischen Entscheidungen deren Klimaanpassungs-Relevanz berücksichtigen müssen. (LAND NRW 2021)

Der 2015 vom Landtag verabschiedete Klimaschutzplan NRW hat 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) 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 vom 06. August 2019 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 Münsterland, für den dieser Fachbeitrag Klima erarbeitet wurde, liegt im Nordwesten Nordrhein-Westfalens. Zum Planungsraum gehören die Kreise Steinfurt (448.220 Einwohner), Borken (371.339), Coesfeld (220.586) und Warendorf (277.840) sowie die kreisfreie Stadt Münster (315.293). Die größten Städte im Plangebiet neben der Großstadt Münster sind die Mittelstädte Rheine (76.218 Einwohner), Bocholt (71.113), Ahlen (52.503) und Ibbenbüren (51.822). Die Einwohnerdichte im gesamten Plangebiet liegt mit 274 Einwohnern pro km² deutlich unter dem Landesdurchschnitt Nordrhein-Westfalens (517 Einwohner pro km²) (IT.NRW, Stand der Daten: 31.12.2019).

Der Planungsraum umfasst die Fläche des Regierungsbezirks Münster ohne den Kreis Recklinghausen und die kreisfreien Städte Gelsenkirchen und Bottrop. Mit einer Fläche von 5.948 Quadratkilometern (594.841 Hektar) und rund 1,63 Millionen Einwohnern bildet das Plangebiet etwa 86 % der gesamten Fläche und ca. 62 % der gesamten Bevölkerung des Regierungsbezirks Münster (Gesamtfläche: 6.918 km²; gesamte Einwohnerzahl: 2,62 Millionen) (STATISTISCHES BUNDESAMT 2020). Das Plangebiet grenzt im Osten an den Regierungsbezirk Detmold, im Süden an den Regierungsbezirk Arnsberg und den Kreis Recklinghausen, im Südwesten an den Regierungsbezirk Düsseldorf, im Norden an Niedersachsen und im Westen an die Niederlande.

Das Plangebiet liegt überwiegend in der naturräumlichen Großlandschaft Westfälische Bucht, hat aber auch Anteile an den Großlandschaften Niederrheinisches Tiefland, Weserbergland und Westfälisches Tiefland (Abbildung 1). Im Nordosten des Plangebietes, im Tecklenburger Land, bestehen Ausläufer des Mittelgebirgszug Teutoburger Wald. Weitere Hügellandschaften

im ansonsten eher flachen Münsterland sind die Baumberge im Kreis Coesfeld und die Beckumer Berge im Kreis Warendorf. Der größte Fluss des Münsterland ist die Ems, deren Oberlauf den Nordosten und Norden des Münsterlandes durchzieht. Zum Einzugsgebiet der Ems zählt der östliche Teil des Münsterlands (u. a. Glane, Bever, Werse, Hessel, Dalke). Die Gewässer im Westen und Nordwesten der Region (u. a. Issel, Bocholter Aa, Schlinge, Berkel und Vechte) fließen in die IJssel, dem ins niederländische IJsselmeer mündenden Arm des Rheindeltas. Der Dortmund-Ems-Kanal durchzieht das Münsterland von Süden nach Norden und verbindet als bedeutende Bundeswasserstraße das Ruhrgebiet mit der Nordsee.

Die Landwirtschaft hat im Münsterland traditionell eine hohe Bedeutung. Insbesondere in den Kreisen Coesfeld, Warendorf und Borken spielt sie eine bedeutende Rolle. In der Region entfallen 1,7% der Bruttowertschöpfung auf den primären Sektor, was den Höchstwert in NRW darstellt (Landesschnitt: 0,5 %). Knapp ein Drittel der landwirtschaftlichen Bruttowertschöpfung Nordrhein-Westfalens entfällt auf das Münsterland. Die Stadt Münster hingegen ist als Dienstleistungszentrum wirtschaftlich u. a. geprägt durch Finanzdienstleistungen und Versicherungen sowie die Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT). Hier entfallen 88,2% der Wertschöpfung auf den Dienstleistungssektor (NRW Bank 2019). Charakteristisch für die fahrradfreundliche Großstadt sind neben wichtigen Verwaltungsstandorten, wie dem Verfassungsgerichtshof und dem Oberverwaltungsgericht für das Land Nordrhein-Westfalen oder dem Landschaftsverband Westfalen-Lippe (LWL), die historische Altstadt. Münster zählt mit seinen über 60.000 Studenten an 10 Hochschulen, u. a. der Westfälischen Wilhelms-Universität (WWU), zu den bedeutendsten Hochschulstandorten in NRW und Deutschland (WWU 2020). Auch der Tourismus spielt für die Region eine große Rolle: Die Landschaft des Münsterlandes lockt zahlreiche Wander-, Reit- und Radtouristen an.

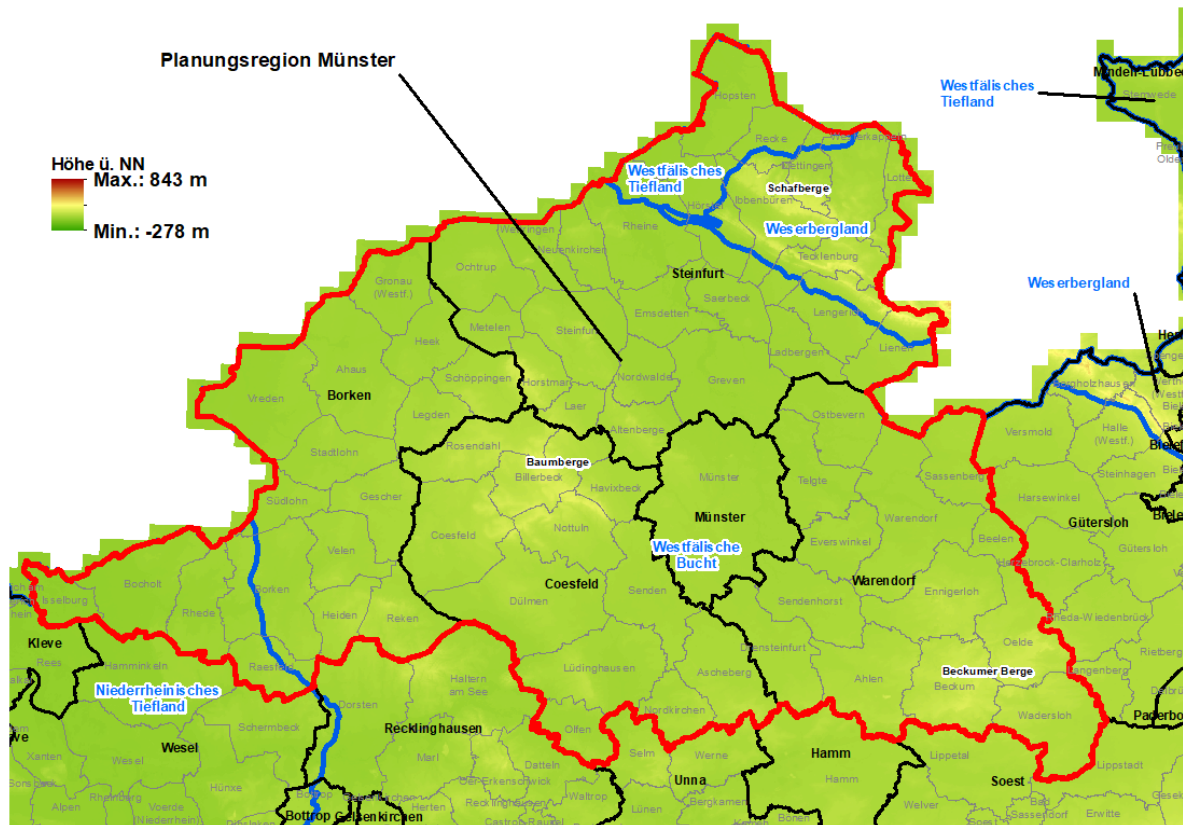


Abbildung 1: Gemeinden und Kreise im Plangebiet Münsterland (rot umrandet, die Großlandschaften sind blau umrandet). Kartengrundlage: LAND NRW (2020) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0)

2. Klimawandel im Planungsraum Münsterland

Der Begriff anthropogener Klimawandel bezeichnet die vom Menschen verursachten Änderungen im globalen Klimasystem. Dazu gehören unter anderem Veränderungen der Durchschnittstemperaturen oder Niederschlagssummen, der Länge der Jahreszeiten, vermehrte Wetterextreme oder Veränderungen von ganzen Wettersystemen durch die Abschwächung des Polarfront-Jetstreams. Im Folgenden wird eine kurze Einführung in die Ursachen des 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 im Planungsraum Münsterland in einen größeren Zusammenhang zu setzen.

Seit der industriellen Revolution, und besonders verstärkt nach 1950, greift der Mensch u. a. durch die Verbrennung von fossilen Energieträgern wie Kohle, Öl oder Gas oder eine intensivierte Landnutzung massiv in die Zusammensetzung der Atmosphäre ein. Durch die daraus resultierende Anreicherung der Atmosphäre mit Treibhausgasen (insbesondere Kohlenstoffdioxid (CO₂)) steigen die globalen Temperaturen stark an. CO₂ ist dabei das Treibhausgas, welches in den mit Abstand größten Mengen vorkommt, vor Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O).

Vor der industriellen Revolution lag der damals noch weitgehend natürliche CO₂-Gehalt in der Atmosphäre bei ungefähr 280 parts per million (PPM), bis zum Jahr 2010 stieg er auf 400 ppm und 2019 erreichte der CO₂-Gehalt erstmals eine Höhe von 414 ppm (NOAA 2021_A). 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) und bedeutet einen Anstieg von über 48 % in sehr kurzer Zeit, der mit seiner Schnelligkeit so auf der Erde mindestens seit 66 Mio. Jahren (ZEEBE et al. 2016) beispiellos ist. Während in den letzten 800.000 Jahren im Schnitt ungefähr 1.000 Jahre für den natürlichen Anstieg des Treibhausgases CO₂ um 35 ppm in der Atmosphäre nötig waren, emittierte der Mensch zuletzt diese Menge an CO₂ zusätzlich in nur 17 Jahren (BEREITER et al. 2015; HENLEY und ABRAM 2017).

Zahlreiche Analysen von Eisbohrkernen und Modellrechnungen belegen den direkten Zusammenhang zwischen CO₂-Gehalt und der durchschnittlichen globalen Temperatur (PARRENIN et al. 2013; GEST et al. 2017; HANSEN et al. 1981). In der für geologische Zeiträume extrem kurzen Zeit seit der industriellen Revolution hat der Mensch nachhaltig dafür gesorgt, dass sämtliche natürlichen Ursachen von Klimaveränderungen, wie den stetigen Wechsel zwischen Warm- und Eiszeiten der letzten 2,5 Millionen Jahre, von den angestiegenen Treibhausgasemissionen überlagert werden (GANOPOLSKI et al. 2016; HANSEN et al. 2017; STEFFEN et al. 2018). Auch die natürlichen Klimaschwankungen der letzten 12.000 Jahre, die in einer wesentlich geringeren Bandbreite stattgefunden haben (MARCOTT et al. 2013), sind bezüglich der Ursachen und der Ausmaße der Erwärmung nicht mit dem derzeit stattfindenden anthropogenen Klimawandel vergleichbar (BJÖRCK 2011; STOCKER et al. 2013b). Mittlerweile zeigen Attributionsstudien, dass man ab dem Jahr 2012 global für jeden einzelnen Tag ein Klimaänderungssignal nachweisen kann, welches auf die anthropogenen Treibhausgasemissionen zurückzuführen ist (SIPPEL et al. 2020). Aufgrund der beispiellosen Zunahme des CO₂-Gehaltes wird der natürliche Treibhauseffekt wesentlich verstärkt, die globale Temperatur und die Mee-

resspiegelhöhe passen sich entsprechend an. 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. Der vom Weltklimarat (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)) veröffentlichte Sonderbericht über die Unterschiede zwischen einer globalen Erwärmung von 1,5 Grad Celsius gegenüber einer Erwärmung von 2 Grad Celsius (IPCC 2018) stellt eine eindringliche Warnung vor den dramatischen Folgen des anthropogenen Klimawandels dar. In den Sonderberichten des IPCC zum Klimawandel auf dem Land (Climate Change and Land, IPCC 2019a), und zum Klimawandel in den Ozeanen und der Kryosphäre (The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate, IPCC 2019b) werden diese Aussagen nochmals verdeutlicht.

In Abbildung 2 wird der für die letzten mehr als 400.000 Jahre annähernd synchrone natürliche Verlauf zwischen dem CO₂-Gehalt in der Atmosphäre und den globalen Temperaturabweichungen gegenüber der globalen Durchschnittstemperatur der international genutzten Klimanormalperiode 1961-1990 dargestellt (Mittlerweile stellt die Klimanormalperiode 1991-2020 die internationale Referenzperiode dar, mit bereits sehr deutlichen Temperaturunterschieden, siehe Kapitel 2.1). 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 heraussteicht.

Abbildung 3 stellt den globalen Anstieg der Temperatur und der CO₂-Konzentration von 1880 bis 2020 dar. Während der Anstieg der Kohlendioxidkonzentration innerhalb des roten Ovals in Abbildung 2 aufgrund der geringen zeitlichen Auflösung senkrecht verläuft, stellt er sich in Abbildung 3 auch bei hoher zeitlichen Auflösung als ein deutlicher Anstieg heraus, der seit den 1980er Jahren sowie in den letzten 5-10 Jahren nochmals steiler verläuft. Die globale Erderwärmung nimmt gut sichtbar ebenfalls verstärkt seit den 1980er Jahren zu. Auch zeichnet sich hier nochmals eine Beschleunigung ab den 2010er Jahren ab.

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 nachhaltig gestörte Energiegleichgewicht der Erde erst nach Jahrzehnten wieder im Gleichgewicht befinden - mit dann höheren Temperaturen in den Ozeanen und auf der Erdoberfläche (HANSEN et al. 2017). Dies bedeutet, dass sich selbst bei einem plötzlichen Ende aller Treibhausgasemissionen die Erde noch weiter erwärmen wird. Die Verweildauer von CO₂ in der Atmosphäre beträgt etwa 50 bis 200 Jahre (IPCC 2001) beziehungsweise bis zu mehreren tausend Jahren (MATTHEWS UND CALDEIRA 2008), je nach Betrachtungsweise im Kohlenstoffzyklus. Ohne zusätzliche Rückkopplungseffekte könnten die Temperaturen noch zwischen 0,5 und 0,7 Kelvin [K] ansteigen (die Temperatureinheiten Grad Celsius und Kelvin haben identische Skalierungen, Temperaturänderungen werden in Kelvin angegeben) (HANSEN et al. 2017) und somit das 1,5 Grad Celsius-Ziel des Pariser Klimaabkommens (UNFCCC 2015), gegenüber dem vorindustriellem Niveau, übertreffen. Der aktuelle Sonderbericht des IPCC zum 1,5 Grad Celsius-Ziel (IPCC

2018) formuliert, dass eine Begrenzung der globalen Temperatur auf dieses Niveau noch gerade so realistisch sein kann. Voraussetzung hierfür sei, dass entscheidende Anstrengungen zum Klimaschutz unternommen werden.

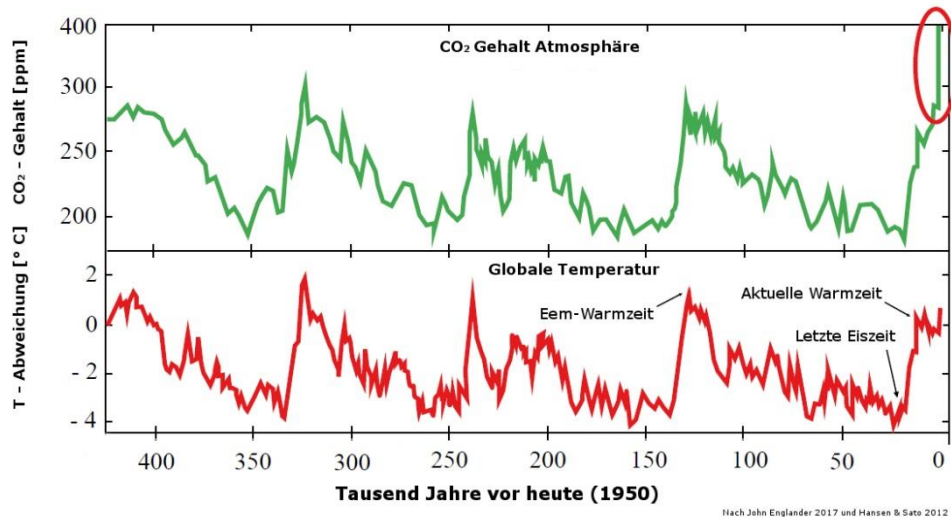


Abbildung 2: Verlauf rekonstruierter CO₂-Gehalte und globaler Temperaturschwankungen der letzten 420.000 Jahre (Historische/aktuelle CO₂-Messungen im roten Oval, verändert nach HANSEN, SATO (2012) und ENGLANDER (2017))

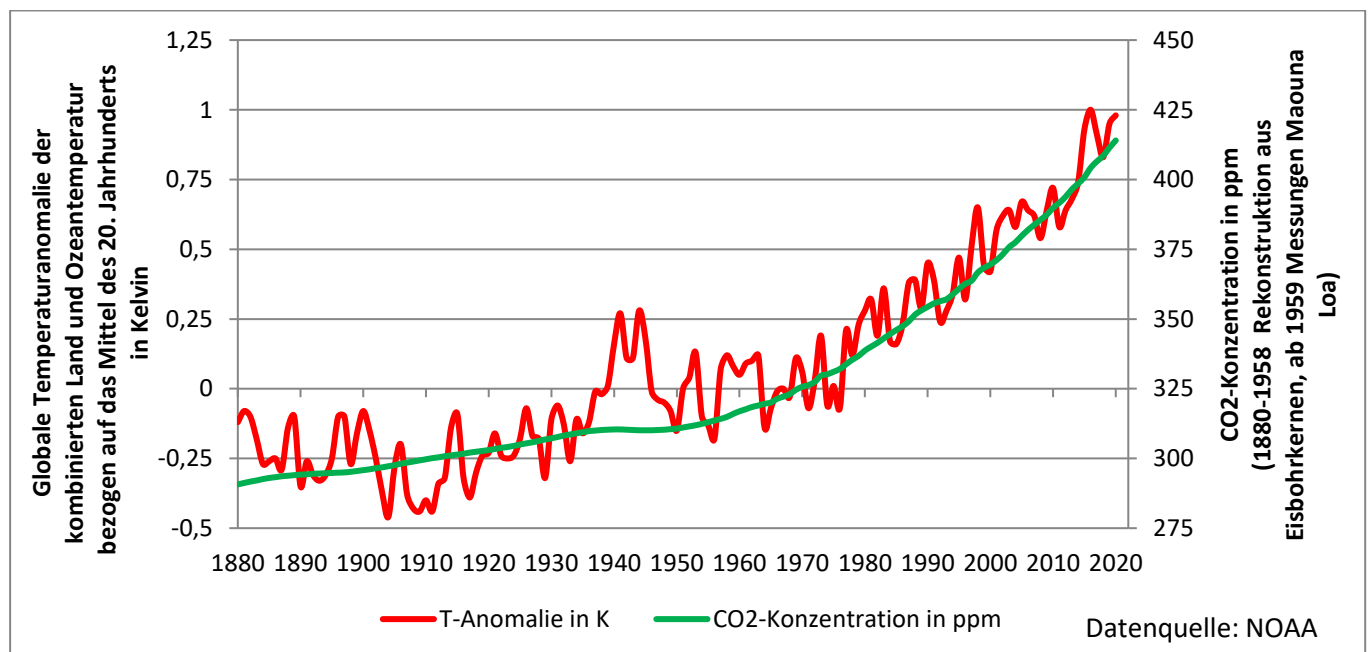


Abbildung 3: CO₂-Gehalte und Temperaturentwicklung seit Beginn der Wetteraufzeichnung bis 2020 (Grafik: LANUV NRW. Daten: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA 2021_B, 2021_C, 2021_D; ETHRI-DGE et al. 1996))

Weltweit sind die mittleren globalen Temperaturen seit Beginn der Wetteraufzeichnungen (im Vergleich der Klimanormalperioden 1881-1910 und 1991-2020) um rund 0,8 Kelvin gestiegen (NASA GODDARD INSTITUTE FOR SPACE STUDIES 2021). In Nordrhein-Westfalen hat sich die mittlere Temperatur im Vergleich um rund 1,6 Kelvin (Quelle: LANUV) erhöht. Vergleicht man die Anfangs- und Endwerte der linearen Trendgeraden, so liegt der globale Temperaturanstieg (1880-2020) bei knapp 1 Kelvin (1,04 nach NASA GODDARD INSTITUTE FOR SPACE STUDIES 2021; 1,06 nach NOAA 2021_B) sowie bei rund 1,7 Kelvin für NRW (1881-2020, Daten vom DWD). Eine Ursache dafür, dass sich NRW und Deutschland schneller erwärmt haben als im globalen Mittel, ist erstens die Lage an Land und zweitens der Effekt der „arctic amplification“, durch den sich die Nordhalbkugel durch den Rückgang des arktischen Meereises besonders schnell erwärmt (siehe zum Beispiel Dai et al. 2019; Cohen et al. 2020, Pithan und Mauritsen 2014) (BEKRYAEV et al. 2010; SCREEN und SIMMONDS 2010). Zudem gab es in Nordrhein-Westfalen innerhalb des Zeitraumes 1881-2020 einen Anstieg der mittleren jährlichen Niederschlagsmenge von 11 %. Weitere Informationen stehen auch auf den Seiten des Klimafolgenmonitorings des LANUV NRW unter www.kfm.nrw.de zur Verfügung.

In den beiden folgenden Abschnitten wird das Klima im Planungsraum Münsterland näher beschrieben. In Kapitel 2.1 wird zunächst das aktuelle Klima und seine bisherige Entwicklung dargestellt. Mit dem Abschluss der Klimanormalperiode 1991-2020 können diese Daten nun beispielsweise mit der vorherigen KNP 1961-1990 verglichen werden. Kapitel 2.2 zeigt die Ergebnisse der modellierten Projektionen für die zukünftige Entwicklung des Klimas im Planungsraum Münsterland.

2.1. Aktuelles Klima und bisherige Entwicklung im Münsterland

Das Münsterland gehört klimatisch zur warmgemäßigten und feuchttemperierten Klimazone (Cfb) nach der Klassifikation von Köppen und Geiger (RUBEL und KOTTEK 2010), die ganz Deutschland und Mitteleuropa mit einschließt. Die Westfälische Bucht und das Niederrheinische Tiefland sind gekennzeichnet durch eher geringe Höhenlagen von rund 20 bis 100 m ü NN. (Abbildung 4). In den höher gelegenen Lagen des Münsterlandes, den Baumbergen im Kreis Coesfeld, den Beckumer Bergen im Kreis Warendorf und dem beginnenden Weserbergland im Kreis Steinfurt, steigt das Relief bis auf Höhen von knapp 240 m ü. NN an. Entsprechend der topographischen Gliederung wirken sich die Höhenunterschiede auf verschiedene klimatische Parameter wie die Lufttemperatur aus.

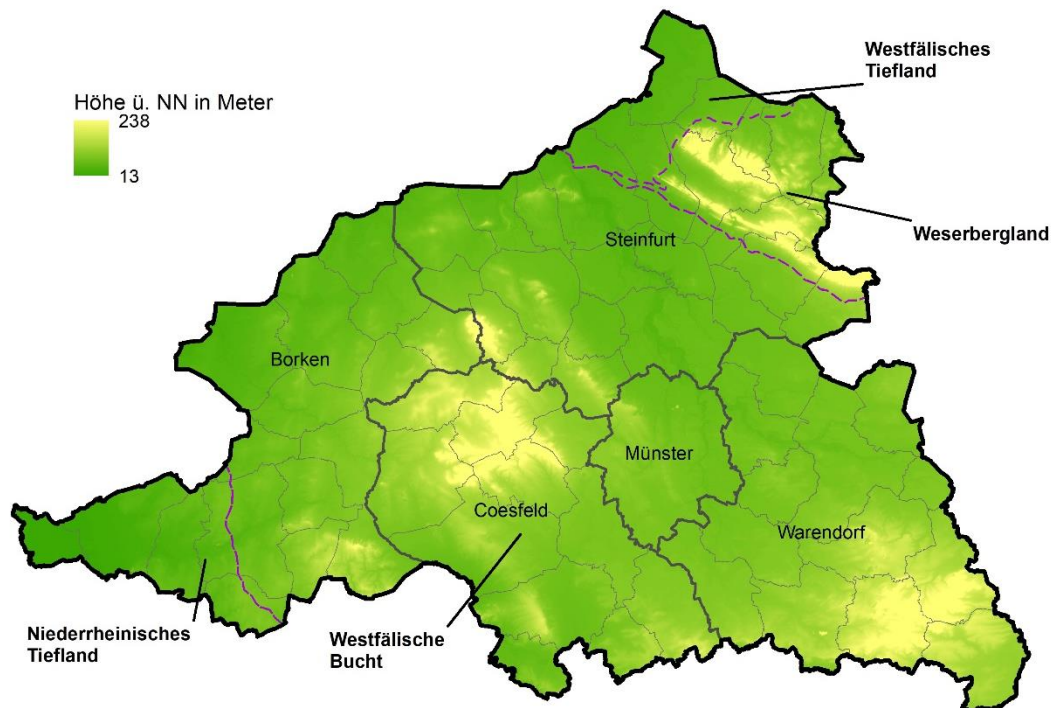


Abbildung 4: Topographie und Großlandschaften (gestrichelte violette Linien) des Planungsraums Münsterland. (Kartengrundlage: LAND NRW (2020) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0).

In den folgenden Unterkapiteln wird näher auf die klimatischen Parameter Lufttemperatur (2.1.1) sowie die klimatischen Kenntage zur Lufttemperatur (2.1.2) eingegangen. Danach erfolgt die Darstellung des Parameters Niederschlag (2.1.3) sowie der dazugehörigen Kenntage und zuletzt der Schneebedeckung (2.1.4). Dabei werden die klimatischen Kenngrößen der aktuellen Klimanormalperiode 1991-2020 mit der Klimanormalperiode 1961-1990 verglichen. In Tabellen werden zudem die Werte der Klimanormalperiode 1971-2000 aufgeführt, da diese Klimanormalperiode die Referenz für die in Kapitel 2.2 dargestellten Zukunftsprojektionen dargestellt. Ergänzt werden die Tabellen mit den Werten der ersten verfügbaren KNP 1881-1910 beziehungsweise 1951-1980. Abschließend werden die beobachteten Klimaänderungen bewertet (2.1.5).

Weitere Informationen zum beobachteten Klimawandel und dessen Monitoring für ganz NRW sind dem aktuellen LANUV-Fachbericht 74 (LANUV 2016), den Factsheets zum Klimawandel in NRW und den Großlandschaften (2019), sowie den Internetangeboten www.klimafolgenmonitoring.nrw.de und www.klimaatlas.nrw.de des LANUV NRW zu entnehmen. Für das Jahr 2021 plant das LANUV, einen neuen Klimabericht zu veröffentlichen.

2.1.1. Lufttemperatur

Die Lufttemperatur ist eine zentrale Größe zur Dokumentation des regionalen Klimas. Sie ist ein wesentlicher Indikator des anthropogenen Klimawandels und wird durch den künstlich erheblich verstärkten Treibhauseffekt beeinflusst.

Die mittlere Jahrestemperatur im Planungsraum Münsterland beträgt für die aktuelle Klimanormalperiode 1991-2020 10,3 °C und liegt damit über dem Mittelwert von NRW (10,0 °C). Die landesweit niedrigere Temperatur resultiert aus dem Einfluss der Höhenlagen des Sauer- und Siegerlandes, des Weserberglandes und der Eifel. Eine Übersicht der mittleren Temperaturen im Plangebiet in den verschiedenen KNP ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Mittlere jährliche und saisonale Temperaturen in verschiedenen Klimanormalperioden in °C im Planungsraum Münsterland (Daten: DWD)

	1881-1910 (°C)	1961-1990 (°C)	1971-2000 (°C)	1991-2020 (°C)
Frühjahr	8,1	8,7	9,1	9,9
Sommer	16,3	16,7	17,1	17,8
Herbst	9,1	9,9	9,9	10,5
Winter	1,3	2,2	2,7	3,1
Jahr	8,7	9,4	9,7	10,3

Die topographische Gliederung der Region spiegelt sich in der räumlichen Ausprägung der mittleren jährlichen Lufttemperatur wieder. Abbildung 5 verdeutlicht, wie sich die Höhenlage auf die durchschnittliche Jahrestemperatur auswirkt. Der größte Flächenanteil des Plangebietes liegt auf einer durchschnittlichen Höhe von etwa 20 bis 100 m ü. NHN. Dort liegt die mittlere Temperatur der KNP 1991-2020 zwischen 10 °C und 11 °C. Kleinere höhergelegene Gebiete, wie die Baumberge im Kreis Coesfeld und das beginnende Weserbergland im Kreis Steinfurt, weisen eine mittlere Temperatur von 9 °C bis 10 °C auf.

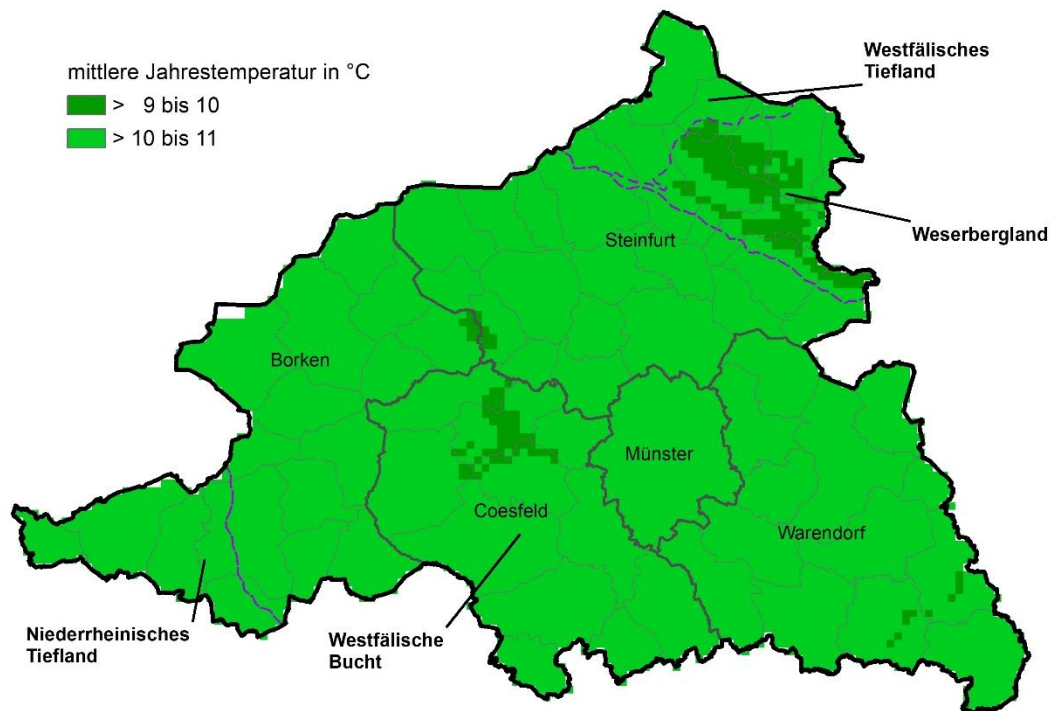


Abbildung 5: Mittlere Jahrestemperatur 1991-2020 im Planungsraum Münsterland (Daten: DWD; Kartengrundlage: LAND NRW (2020) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0) . In gestrichelter violetter Linie sind die Großlandschaften dargestellt.

Die für Nordrhein-Westfalen vorliegenden Rasterdaten der Lufttemperaturen des Deutschen Wetterdienstes zeigen im Vergleich der Klimanormalperiode 1961-1990 und 1991-2020 für das Münsterland bereits deutliche Temperaturveränderungen: Während der KNP 1961-1990 lag im Plangebiet die mittlere Jahrestemperatur bei 9,4 °C, in der aktuellen KNP 1991-2020 liegt sie bei 10,3 °C (Tabelle 2). Dies entspricht einem auf die Fläche gemittelten Temperaturanstieg von rund +0,9 Kelvin (K). Dieser Wert liegt auf ähnlichem Niveau wie der mittlere Temperaturanstieg in gesamt NRW von 1,0 Kelvin (K).

Tabelle 2: Änderung der mittleren jährlichen und saisonalen Temperaturen 1991-2020 bezogen auf 1961-1990 im Planungsraum Münsterland (Werte gerundet; Daten: DWD)

	1961-1990 (°C)	1991-2020 (°C)	Differenz (K)
Frühjahr	8,7	9,9	+1,2
Sommer	16,7	17,8	+1,1
Herbst	9,9	10,5	+0,6
Winter	2,2	3,1	+0,9
Jahr	9,4	10,3	+0,9

Es wird deutlich, dass sich die Temperaturen in allen Jahreszeiten im Vergleich der beiden Klimanormalperioden erhöht haben. Dabei haben sich im Münsterland die mittleren Herbsttemperaturen mit +0,6 Kelvin am moderatesten erhöht, während die mittleren Frühlings- und Sommertemperaturen mit jeweils etwa +1,2 bzw. +1,1 Kelvin am stärksten angestiegen sind. Damit entwickeln sich die Temperaturen der Jahreszeiten im Münsterland mit nur minimalen Abweichungen analog zur landesweiten Temperaturerhöhung: Insgesamt ist der Temperaturanstieg auch dort im Herbst am geringsten und im Frühling und Sommer am höchsten.

Beim Vergleich der KNP 1961-1990 und 1991-2020 gibt es nur wenig räumliche Unterschiede in der Temperaturzunahme. Die Spanne der Temperaturzunahme zwischen diesen beiden Zeiträumen beträgt in der Fläche des Münsterlandes zwischen +0,7 bis +1,2 K. Aussagekräftige Muster in dieser Verteilung der Werte zeigen sich nicht, weshalb auf eine räumliche Darstellung der Temperaturdifferenzen zwischen den beiden KNP verzichtet wird.

Um den mittleren Anstieg von rund +0,9 K im Flächenmittel des Münsterlandes zwischen den Klimanormalperioden 1961-1990 und 1991-2020 einzuordnen und in eine geologische Zeitperspektive zu setzen, ist ein Blick auf die Erwärmungsrate beim natürlichen Übergang von der letzten Eiszeit, die im globalen Mittel „nur“ 4 K kälter war als die Temperaturen im Zeitraum 1850-1900 (Annan und Hargreaves 2013), zur jetzigen Warmzeit (Holozän) vor ungefähr 11.700 Jahren hilfreich (WALKER et al. 2009). Bei diesem Übergang erwärmte sich das Klima global mit durchschnittlich +0,3 bis +0,8 K in 1.000 Jahren (STOCKER et al. 2013b). Die hier gemessene Erwärmung von +0,9 K zwischen der KNP 1961-1990 und der aktuellen KNP 1991-2020 verläuft demnach mindestens um das dreißigfache schneller als am Ende der letzten Eiszeit. Die linearen Trends weisen dabei noch steilere Steigungsraten auf. Auch wenn der Temperaturanstieg in NRW mit den globalen Erwärmungsraten (Land und Ozeane) seit der letzten Eiszeit nicht direkt miteinander vergleichbar ist und lokale Effekte sowie der Breitengrad hier ebenfalls eine Rolle spielen, zeigt dieser Vergleich anschaulich die außergewöhnlich schnelle Erwärmung seit der Mitte des letzten Jahrhunderts. In der eiszeitlichen und frühholozänen Klimageschichte Europas bzw. der Nordhalbkugel hat es zwar bereits ähnlich starke oder sogar stärkere Temperaturanstiege gegeben, allerdings waren diese immer gekoppelt an den Kollaps und Neustart der Atlantischen Thermohalinen Zirkulation (Golfstrom), den sogenannten Dansgaard-Oeschger-Ereignissen (vgl. (HENRY et al. 2016; ZHANG et al. 2014), die nur innerhalb von Eiszeiten eintreten. Neue Erkenntnisse lassen jedoch einen alarmierenden Vergleich dieser Art der abrupten und lokalen Erwärmungsereignisse während der Eiszeiten mit den aktuell stattfindenden Erwärmungsraten in der Arktis zu (JANSEN et al. 2020). Im direkten Vergleich mit sehr hoch aufgelösten Temperaturrekonstruktionen, die über 1.000 Jahre und weiter zurückreichen, ist die bis heute verursachte globale Rate der Erwärmung mit hoher Wahrscheinlichkeit beispiellos (MARCOTT et al. 2013; MANN et al. 2008; SMITH et al. 2015). Basierend auf zahlreichen unterschiedlichen Klimaarchiven wird zudem die zurzeit stattfindende globale Erderwärmung eindeutig als anomal für die letzten 20.000 Jahre bezeichnet (BJÖRCK 2011), zumal diese anthropogene Erwärmung bereits aus einer Warmzeit heraus stattfindet.

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 temperaturspezifische 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 Tageshöchsttemperaturen 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, weshalb in den Wertetabellen Abweichungen zwischen Mittelwerten der KNP und den Differenzen bestehen können. Die Kenntage Heiße Tage und Eistage werden angelehnt an den LANUV-Fachbericht 74 (LANUV 2016) für das Münsterland genauer dargestellt, während Sommer- und Frosttage kürzer behandelt werden.

Heiße Tage

Für die aktuelle Klimanormalperiode 1991-2020 wurden im räumlichen Mittel innerhalb des Münsterlandes 9 Heiße Tage pro Jahr ermittelt (NRW: 8) (Tabelle 3). In Abbildung 6 ist die räumliche Verteilung der mittleren Anzahl der Heißen Tage pro Jahr im Plangebiet dargestellt. Kleinere Bereiche in den höher gelegenen Teilen des Münsterlandes im Weserberglandes weisen 5 bis 7 heiße Tage pro Jahr auf, während die überwiegende Fläche des Münsterlandes auf 7 bis 9 Heiße Tage pro Jahr kommt. In den südlichen Bereichen der Kreise Borken und Coesfeld sowie Teilen der Stadt Münster und des Kreises Warendorf wurden bis zu 11 Heiße Tage pro Jahr erreicht.

Tabelle 3: Anzahl der Temperaturkennttage pro Jahr in verschiedenen Klimanormalperioden im Planungsraum Münsterland (alle Werte auf ganze Zahlen gerundet; Daten: DWD)

	1951-1980	1961-1990	1971-2000	1991-2020
Heiße Tage	3	4	6	9
Sommertage	23	26	29	38
Eistage	14	14	11	9
Frosttage	65	62	56	56

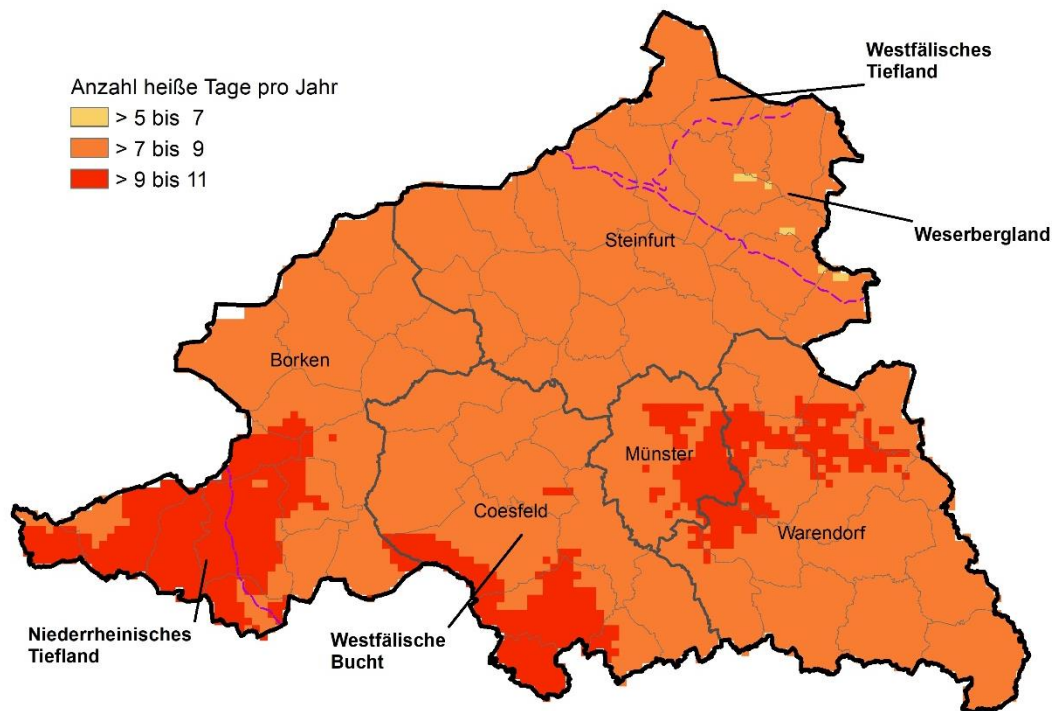


Abbildung 6: Mittlere Anzahl an Heißen Tage pro Jahr 1991-2020 im Planungsraum Münsterland (Daten: DWD; Kartengrundlage: LAND NRW (2020) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0)

In der Klimanormalperiode 1961-1990 gab es im Münsterland im Durchschnitt lediglich 4 Heiße Tage im Jahr (NRW: 4) (Tabelle 4). Für die KNP 1991-2020 ist die Zahl der Heißen Tagen pro Jahr somit um +4 zusätzliche Tage im Vergleich zur vorangegangenen KNP angestiegen.

Tabelle 4: Änderung der Anzahl der Temperaturkentage pro Jahr 1991-2020 bezogen auf 1961-1990 im Planungsraum Münsterland (alle Werte auf ganze Zahlen gerundet; Daten: DWD)

	1961-1990	1991-2020	Differenz
Heiße Tage	4	9	+4
Sommertage	26	38	+12
Eistage	14	9	-5
Frosttage	62	56	-6

Abbildung 7 stellt die räumliche Verteilung der Zunahme der Heißen Tage pro Jahr zwischen den KNP 1991-2020 und 1961-1990 dar. Die Zunahme liegt im Münsterland zwischen 2 und 6 Tagen und ist regional sehr uneinheitlich verteilt.

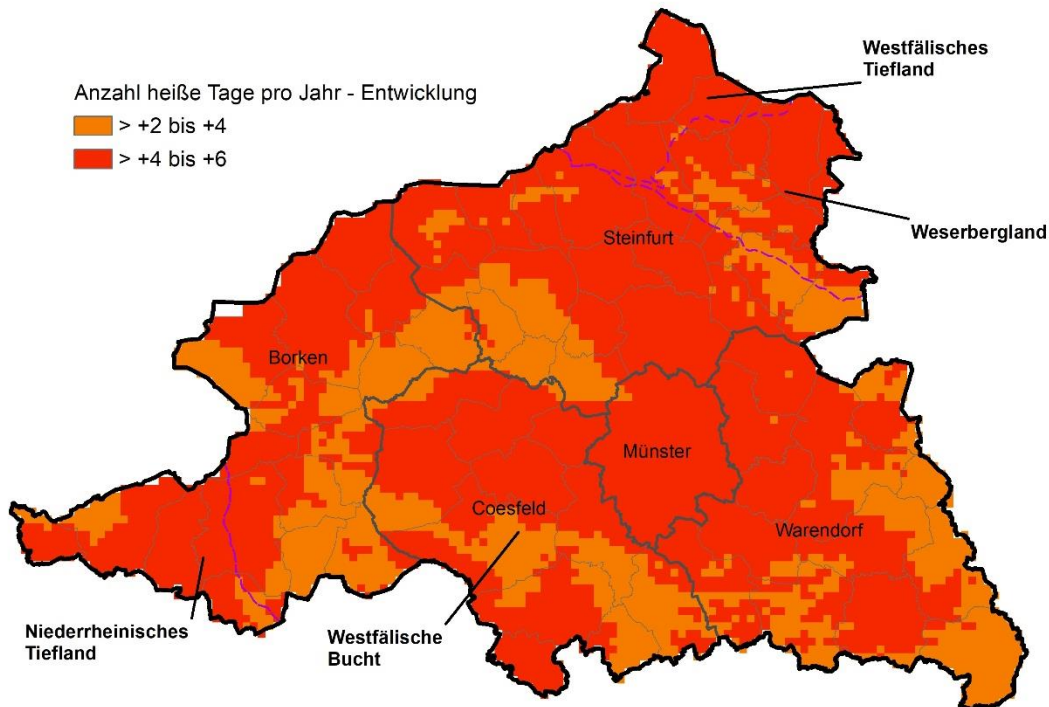


Abbildung 7: Änderung der mittleren Anzahl an Heißen Tage pro Jahr 1991-2020 bezogen auf 1961-1990 im Planungsraum Münsterland (Daten: DWD; Kartengrundlage: LAND NRW (2020) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0)

Sommertage

In der aktuellen Klimanormalperiode 1991-2020 ist für das Münsterland ein räumlicher Mittelwert von rund 38 Sommertagen pro Jahr (NRW: 36) ermittelt worden, während es in der KNP 1961-1990 im Mittel rund 26 Sommertage pro Jahr waren (NRW: 25) (Tabelle 3 und Tabelle 4). Somit ergibt sich ein Anstieg der durchschnittlichen Anzahl an Sommertagen pro Jahr von +12 Tagen (NRW: +11 Tage) seit dem Zeitraum 1961-1990.

Eistage

In der aktuellen Klimanormalperiode 1991-2020 ergibt sich für das ganze Münsterland ein Mittelwert von 9 Eistagen pro Jahr (NRW: 12 Eistage/Jahr) (Tabelle 3 und Tabelle 4). In der Klimanormalperiode 1961-1990 waren es 14 Eistage pro Jahr (NRW: 17 Eistage/Jahr) im Mittelwert. Somit gab es im Mittel einen Rückgang um -5 Eistage für das gesamte Münsterland. In Abbildung 8 wird die räumliche Verteilung der mittleren Anzahl der Eistage pro Jahr während der KNP 1991-2020 präsentiert. Ähnlich wie bei der mittleren Jahrestemperatur machen sich die Höhenunterschiede deutlich bemerkbar. Während im Westfälischen Flachland im Durchschnitt bis zu 10 Eistage pro Jahr auftreten, sind es in den höheren Lagen des Weserberglandes, der Baumberge und der Beckumer Berge zwischen 10 und 20 Eistage pro Jahr.

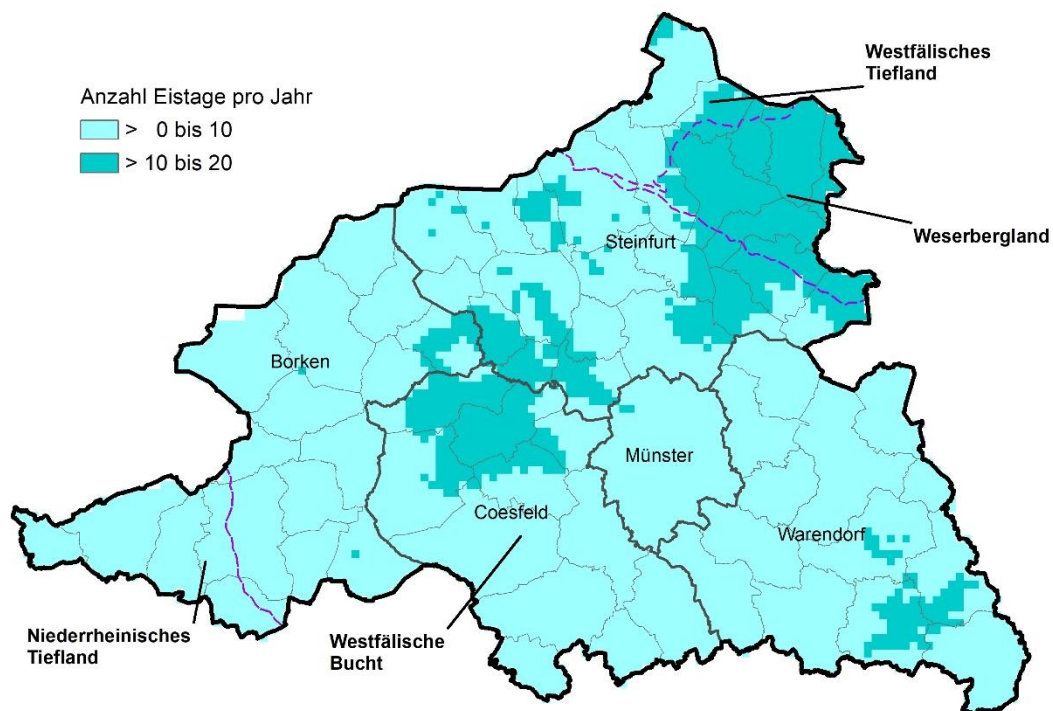


Abbildung 8: Mittlere Anzahl an Eistagen pro Jahr 1991-2020 im Planungsraum Münsterland (Daten: DWD; Kartengrundlage: LAND NRW (2020) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0)

In Abbildung 9 ist die räumliche Verteilung der Abnahme an Eistagen pro Jahr in der KNP 1991-2020 bezogen auf den Zeitraum 1961-1990 dargestellt. Während das überwiegende Gebiet des Münsterlandes einen flächendeckenden Rückgang der Eistage um 4 bis 6 Tage pro Jahr verzeichnet, sind zum Westen des Münsterlandes hin kleinere Rückgänge in den Eistagen feststellbar (bis zu 4 Tage). Im Osten des Münsterlandes, wurden größere Abnahmen von 6 bis 8 Eistagen registriert.

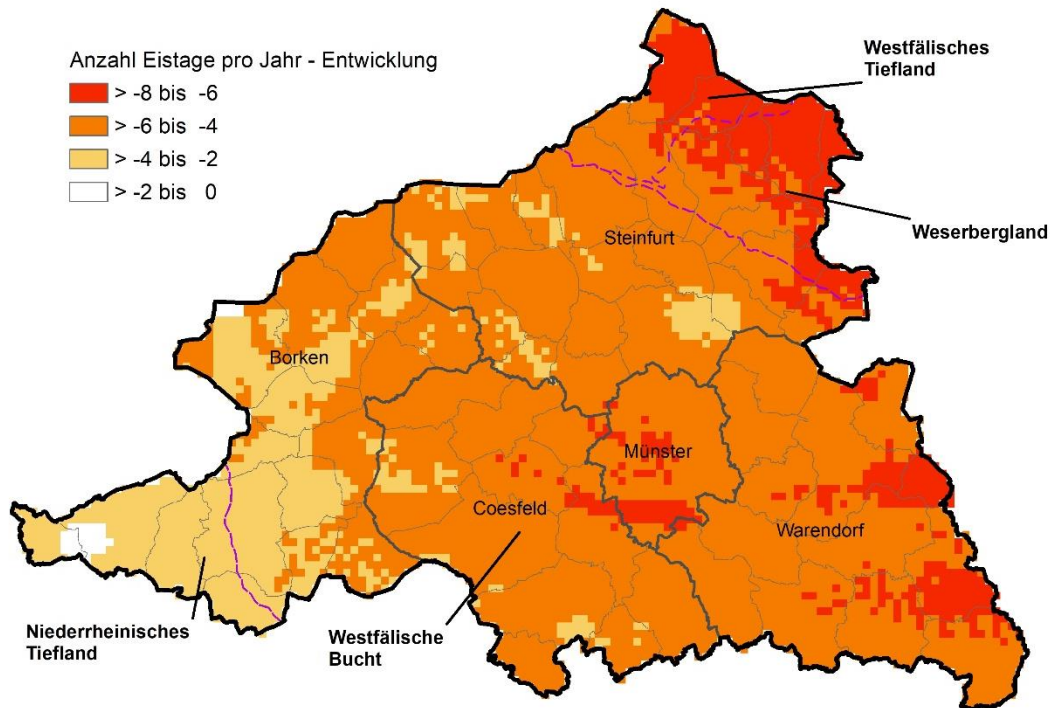


Abbildung 9: Änderung der mittleren Anzahl an Eistagen pro Jahr 1991-2020 bezogen auf 1961-1990 im Planungsraum Münsterland (Daten: DWD; Kartengrundlage: LAND NRW (2020) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0)

Frosttage

Für die Klimanormalperioden 1991-2020 und 1961-1990 werden im Münsterland im Mittel rund 56 (NRW: 62) beziehungsweise 62 Frosttage pro Jahr ermittelt (NRW: 70) (Tabelle 3 und Tabelle 4). Damit hat sich die jährliche Anzahl der Frosttage im Vergleich im Schnitt um rund -6 Tage (NRW: -8) pro Jahr vermindert.

Fazit Temperaturkentage

Bei der vergleichenden Übersicht der Klimanormalperioden 1961-1990 und 1991-2020 in Tabelle 3 und Tabelle 4 lassen sich deutliche Veränderungen bei der Anzahl an Temperaturkentagen feststellen. Die Anzahl der Heißen Tage und der Sommertage haben insgesamt zugenommen, während die Anzahl an Eis- und Frosttagen pro Jahr abgenommen haben.

2.1.3. Niederschlag

Der klimatische Parameter Niederschlag ist deutlich indirekter mit dem durch anthropogene Eingriffe verursachten Klimawandel verknüpft. Zwar kann eine wärmere Atmosphäre auch mehr Wasserdampf aufnehmen, siehe hierzu die Beschreibungen zur Clausius–Clapeyron Gleichung in den Berichten des IPCCs (IPCC 2007, 2012, 2013), und sorgt somit für insgesamt

mehr Niederschlag. Dennoch gibt es zahlreiche weitere Faktoren, welche die Menge, die Häufigkeit und räumliche Verteilung von Niederschlägen beeinflussen. Insbesondere ist der Einfluss des schwindenden Meereises in der Arktis dafür verantwortlich, dass der Polarfront-Jetstream insgesamt instabiler und welliger wird, wodurch sich besonders trockene oder nasse Witterungsabschnitte festsetzen können. Dadurch ist dieser Parameter insgesamt erheblich variabler als der Parameter Lufttemperatur.

Der mittlere jährliche Niederschlag, in Millimetern pro Jahr (mm/a) gemessen, liegt im Münsterland für die aktuelle Klimanormalperiode 1991-2020 bei 791 mm/a. Dieser Wert liegt unter dem Mittelwert von Nordrhein-Westfalen, welcher im gleichen Zeitraum bei 870 mm/a liegt. In Tabelle 5 werden die jahreszeitlichen Unterschiede in der Niederschlagssumme für verschiedene Klimanormalperioden dargestellt.

Tabelle 5: Mittlerer jährlicher und saisonaler Niederschlag in verschiedenen Klimanormalperioden im Planungsraum Münsterland (Daten: DWD)

	1881-1910 (mm)	1961-1990 (mm)	1971-2000 (mm)	1991-2020 (mm)
Frühjahr	154	181	174	155
Sommer	235	218	210	224
Herbst	179	190	204	203
Winter	162	195	199	210
Jahr	730	784	786	791

In Abbildung 10 wird die räumliche Verteilung der mittleren jährlichen Niederschlagssummen der KNP 1991-2020 im Plangebiet dargestellt. Da die Summe der mittleren Niederschläge in der Regel mit der Höhenlage steigt, zeichnet sich hier grob eine Raumstruktur analog zur Topographie im Plangebiet ab. Insbesondere die höheren Lagen im Weserbergland und der Baumberge erreichen mit durchschnittlich über 900 mm/a die höchsten Niederschlagsmengen im Münsterland. In weiten Teilen der Kreise Borken und Coesfeld wurden Niederschlagsmengen zwischen 800 und 900 mm/a verzeichnet. Auch hier machen sich schon leichte Unterschiede in der Topographie bemerkbar. Im übrigen Gebiet liegen die Niederschlagsmengen überwiegend zwischen 700 und 800 mm/a.

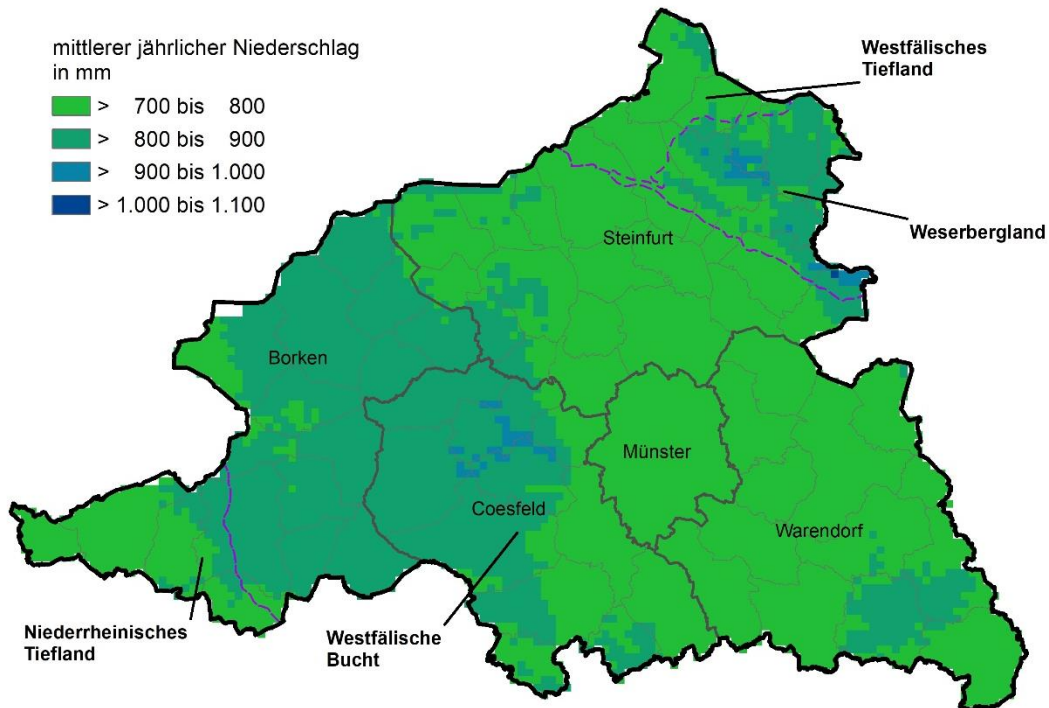


Abbildung 10: Mittlerer jährlicher Niederschlag 1991-2020 im Planungsraum Münsterland (Daten: DWD; Kartengrundlage: LAND NRW (2020) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0)

Die mittlere jährliche Niederschlagssumme hat sich in der Klimanormalperiode 1991-2020 bezogen auf den Zeitraum 1961-1990 im Plangebiet nur geringfügig verändert, von 784 mm/a (NRW: 870 mm/a) auf 791 mm/a (NRW: 875 mm/a). In der folgenden Tabelle 6 werden die mittleren jährlichen und saisonalen Niederschlagssummen der KNP 1961-1990 und 1991-2020 im Vergleich gegenübergestellt. Dabei wird deutlich, dass insbesondere im Herbst (+13 mm) und Winter (+15 mm) Anstiege registriert wurden. Dem gegenüber hat sich die mittlere Niederschlagsmenge des Frühlings mit -26 mm reduziert. Während zu Anfang des 20. Jahrhunderts das Niederschlagsmaximum noch deutlich im Sommer lag (Tab. 5), haben sich die Niederschlagsmengen des Sommers, des Herbstes und des Winters aneinander angeglichen. Der Frühling bleibt daneben deutlich trockener. Dieses Bild zeigt sich ebenso für die Gesamtfläche Nordrhein-Westfalens.

Tabelle 6: Änderungen des jährlichen und saisonalen Niederschlags 1991-2020 bezogen auf 1961-1990 im Planungsraum Münsterland (alle Werte auf ganze Zahlen gerundet; Datengrundlage: DWD)

	1961-1990 (mm)	1991-2020 (mm)	Differenz (mm)
Frühjahr	181	155	-26
Sommer	218	224	+6
Herbst	190	203	+13
Winter	195	210	+15
Jahr	784	791	+7

In Abbildung 11 ist die räumliche Verteilung der Änderungen der mittleren jährlichen Niederschlagssummen in der Klimanormalperiode 1991-2020 bezogen auf den Zeitraum 1961-1990 dargestellt. Dabei zeigt der Großteil der Fläche des Münsterlandes, vor allem der mittlere und nördlichere Teil, eher keine bis kleinen Änderungen hin zu mehr Niederschlag. Im südlicheren Teil des Münsterlandes verzeichnen Gebiete im Vergleich der beiden Klimanormalperioden Rückgänge um bis zu 30 mm, in einzelnen kleinen Gebieten bis zu 60 mm weniger Niederschlag pro Jahr.

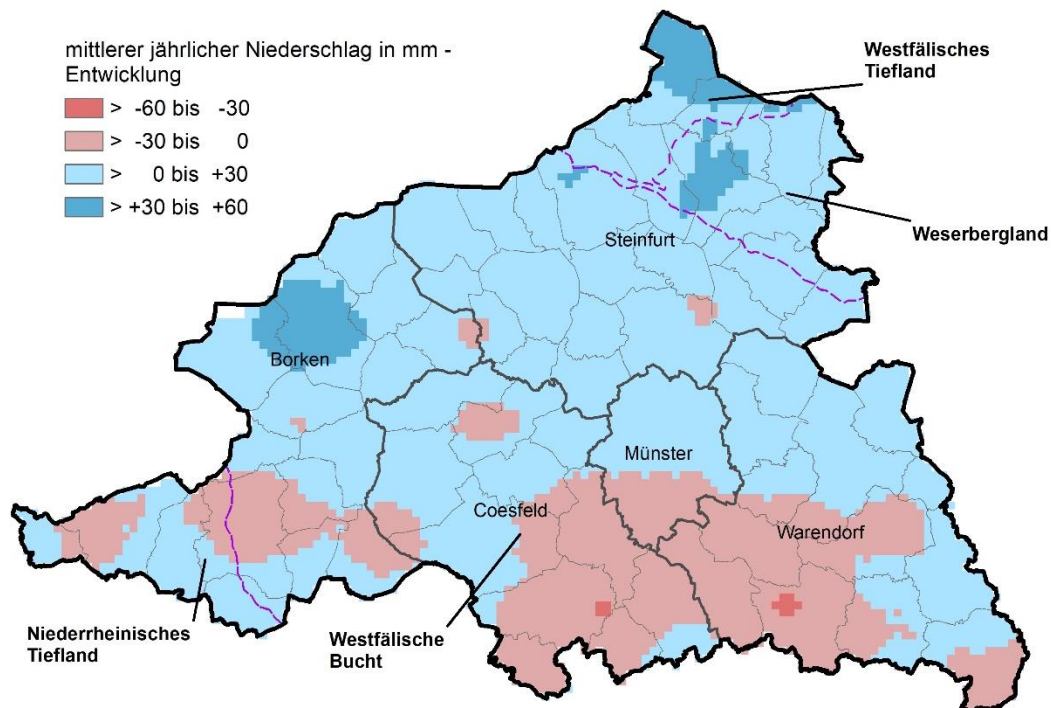


Abbildung 11: Änderungen des mittleren jährlichen Niederschlags 1991-2020 bezogen auf 1961-1990 im Planungsraum Münsterland (Daten: DWD; Kartengrundlage: LAND NRW (2020) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0)

2.1.4. Kenntage Niederschlag

Ähnlich wie bei der Lufttemperatur gibt es für den Niederschlag Kenntage, die durch gewisse Unter- oder Überschreitungen von bestimmten Niederschlagssummen pro Tag definiert sind. In diesem Fachbeitrag werden analog zum LANUV-Fachbericht 74 (LANUV 2016) die Kenntage Trockene Tage (max. 0,1 mm/Tag) und Starkniederschlagstage (jeweils in den Klassen > 10 mm pro Tag, > 20 mm pro Tag und > 30 mm pro Tag) für das Münsterland dargestellt.

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 Regenereig-

nisse 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; IPCC 2007, 2012, 2013). 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 Kenntagen für bestimmte Lufttemperaturen oder den noch folgenden Starkniederschlags- und Schneedeckentagen, liegen für Trockene Tage keine flächendeckenden Rasterdaten für das Plangebiet vor. Als Beispielstation dient die DWD-Station Coesfeld (DWD 2021), die entsprechend der mittleren Anzahl an Trockentagen pro Jahr ausgewertet wurde. Die Datenreihe deckt jeweils die Klimanormalperiode 1961-1990 und die aktuelle Klimanormalperiode 1991-2020 ab.

Abbildung 12 veranschaulicht die Lage der DWD-Station Coesfeld im Planungsraum Münsterland. Die Position südwestlich der Baumberge, eine der wenigen Erhebungen um Münsterland, stellt eine Luv-Lage, also eine der Hauptwindrichtung zugewandte Lage dar, die eher mehr Regentage erwarten lässt, als auf der gegenüber gelegenen Seite der Baumberge. Die anschließende Tabelle 7 zeigt für die Station Coesfeld die Unterschiede zwischen den KNP 1961-1990 und 1991-2020 in Bezug auf die Trockenen Tage.

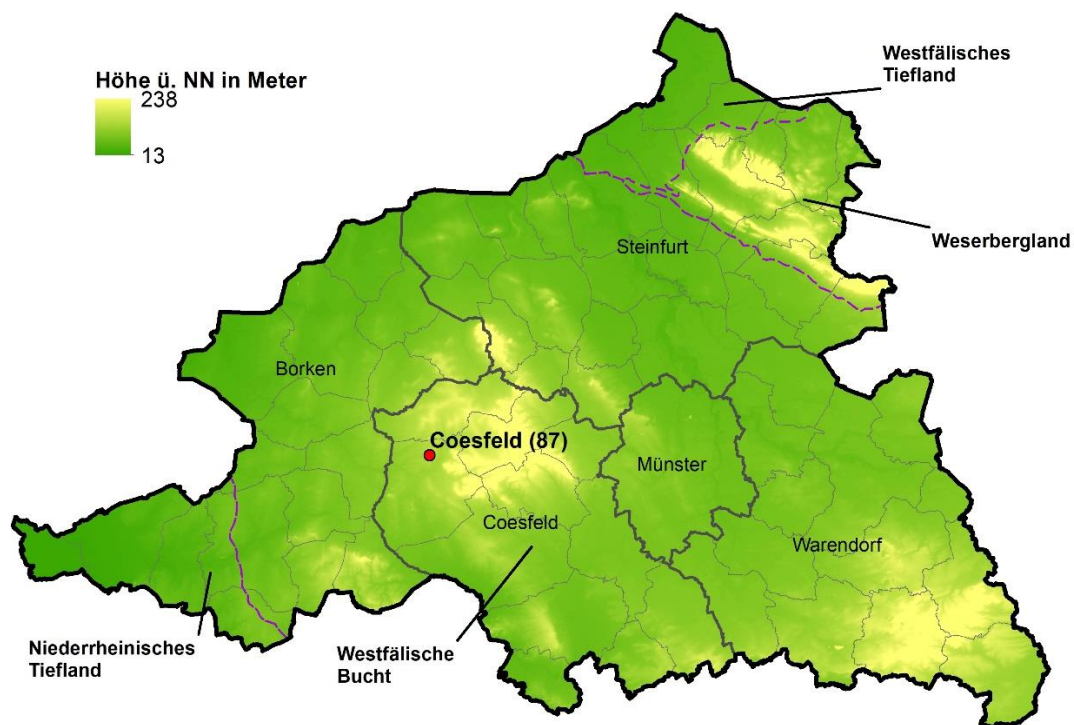


Abbildung 12: Lage der DWD-Messstation Coesfeld im Planungsraum Münsterland (Daten: DWD; Kartengrundlage: LAND NRW (2020) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0)

Tabelle 7: Änderung der mittleren jährlichen und saisonalen Anzahl an Trockenen Tagen für die Messstation Coesfeld (alle Werte auf ganze Zahlen gerundet; Daten: DWD)

KNP	Jahr / Jahreszeit	Trockene Tage Coesfeld	Differenz KNPs
1961-1990	Jahr	195	
	Frühjahr	49	
	Sommer	54	
	Herbst	50	
	Winter	42	
1991-2020	Jahr	181	-13
	Frühjahr	52	+2
	Sommer	48	-5
	Herbst	44	-6
	Winter	37	-5

Wie in Tabelle 7 dargestellt, zeigt sich die seit der KNP 1961-1990 zugenommene Jahresniederschlagsmenge zum Teil auch bei der Anzahl der Trockenen Tage pro Jahr. Mit ungefähr - 13 Trockentagen pro Jahr weniger ist die aktuelle KNP 1991-2020 geringer von Trockentagen

betroffen als die Vorausgegangene. Bei den Jahreszeiten gibt es nur im Frühling aktuell mehr Trockentage pro Jahr (+2), während im Sommer die Anzahl der Trockentage um 5 Tage zurückging, im Herbst um 6 Tage und im Winter wiederum um 5 Tage. Jüngere Trends, wie zum Beispiel die Trockenjahre ab 2018, sind in diesem Vergleich noch nicht erkennbar.

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, z. B. in Bezug auf die Erntesicherheit und Bodenerosion. Starkniederschlagstage werden in diesem Fachbeitrag für Tage mit > 10 mm, > 20 mm und > 30 mm Niederschlag pro Tag ausgewertet. Die Häufigkeit dieser Starkniederschlagstage pro Jahr nimmt ab, je höher die Niederschlagskategorie ist. Die hier vorgestellten Starkniederschlagstage beruhen auf dem Messnetz der Wetterstationen des DWD, ebenso die interpolierten Rasterdaten, deren Auflösung nicht hoch genug ist, um extreme aber nur lokal und kurzfristig auftretende, potentiell zu Sturzfluten führende Konvektivniederschläge registrieren zu können.

Auf die Fläche des Münsterlandes gemittelt ergeben sich innerhalb der aktuellen KNP 1991-2020 rund 21 Starkniederschlagstage > 10 mm Niederschlag pro Jahr (NRW: 24). In der gleichen KNP sind rund 4 Starkniederschlagstage > 20 mm Niederschlag pro Jahr zu verzeichnen (NRW: 5) und ein Tag > 30 mm Starkniederschlag pro Jahr (NRW: 1). Analog zur absoluten Niederschlagssumme liegt die Anzahl der Starkregentage im Münsterland pro Jahr generell etwas niedriger als im Flächenmittel von Nordrhein-Westfalen.

Tabelle 8: Anzahl der Starkniederschlagstage pro Jahr im Planungsraum Münsterland: Übersicht (alle Werte auf ganze Zahlen aufgerundet; Daten: DWD)

KNP	> 10 mm/Tag	> 20 mm/Tag	> 30 mm/Tag
1951-1980	19	3	0
1961-1990	20	4	1
1971-2000	20	4	0
1991-2020	21	4	1
Differenz 1991-2020 zu 1961-1990	1	0	0

In Abbildung 13 wird die räumliche Verteilung der mittleren Anzahl von Starkniederschlagstagen pro Jahr > 10 mm in der KNP 1991-2020 dargestellt. Analog zu der mittleren jährlichen Niederschlagssumme (Abbildung 10) ist auf einen Zusammenhang zur Höhenlage zu schließen. Die östlichen Hochlagen des Weserberglandes und der Beckumer Berge liegen mit rund 20 bis 25 Starkniederschlagstagen pro Jahr höher als das direkte Umland der Kreise Steinfurt und Warendorf. Im Weserbergland werden lokal sogar bis zu 30 Starkniederschlagstage >10 mm erreicht. In den Kreisen Borken und Coesfeld liegt die Anzahl der Starkniederschlagstage bei etwa 20 bis 25 Tagen pro Jahr. Im Kreis Coesfeld stechen die Baumberge mit Werten bis zu 30 Tagen heraus.

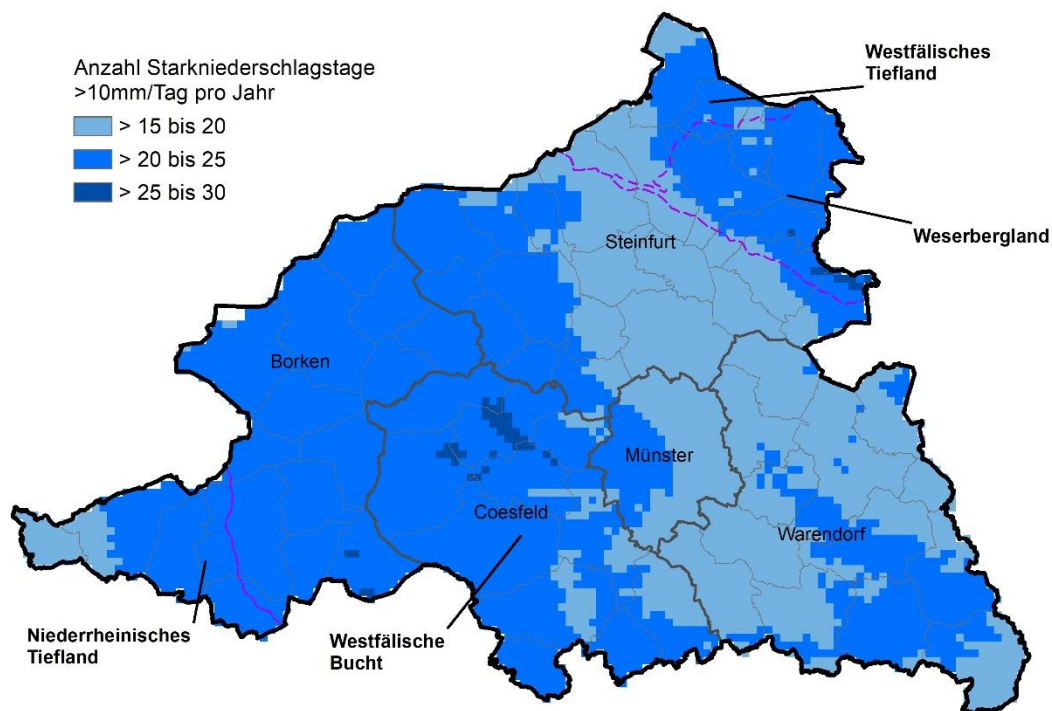


Abbildung 13: Mittlere Anzahl an Starkniederschlagstagen (> 10 mm/Tag) pro Jahr 1991-2020 im Planungsraum Münsterland (Daten: DWD; Kartengrundlage: LAND NRW (2020) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0)

Abbildung 14 stellt die räumliche Verteilung der gemittelten Anzahl von Starkniederschlagstagen pro Jahr > 20 mm während der aktuellen KNP 1991-2020 dar. Hier ist ein Zusammenhang zur Höhenlage nicht mehr erkennbar. Weite Teile des Münsterlandes weisen Starkniederschlagstage mit > 20 mm an 4 bis 6 Tagen im Jahr aus. Kleinere Teile der Kreise Steinfurt und Warendorf 2 bis 4 Tage.

Die räumliche Verteilung der Starkniederschlagstage > 30 mm pro Jahr für die KNP 1991-2020 wird nicht als Karte dargestellt. Auch hier ist kein Zusammenhang zur Höhenlage feststellbar. Die Anzahl der Tage beträgt über die gesamte Fläche des Münsterlandes zwischen 0,7 und 1,3 Starkniederschlagstage > 30 mm pro Jahr.

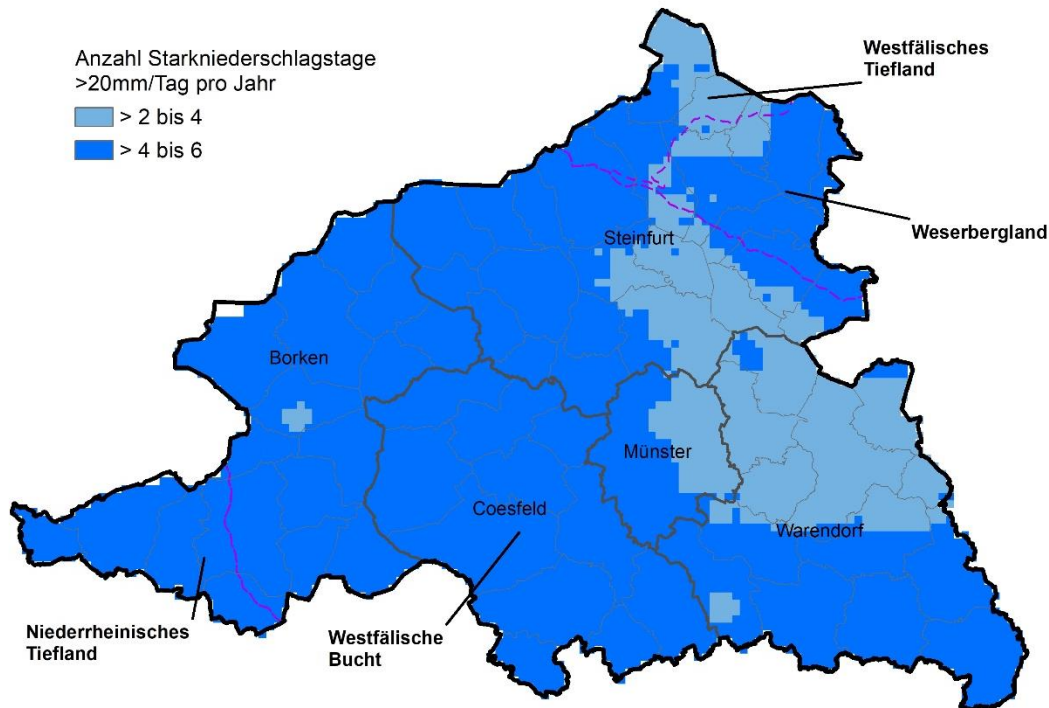


Abbildung 14: Mittlere Anzahl an Starkniederschlagstagen (> 20 mm/Tag) pro Jahr 1991-2020 (Daten: DWD; Kartengrundlage: LAND NRW (2020) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0)

Im Vergleich mit der Klimanormalperiode 1961-1990 hat sich im Flächenmittel die Häufigkeit der Starkniederschlagstage in der aktuellen Klimanormalperiode 1991-2020 kaum verändert (Tabelle 8). Die jährlichen Starkniederschlagstage > 10 mm sind im Mittel um rund einen Tag (NRW: keine Veränderung) häufiger aufgetreten. Im gleichen Zeitraum ist die Anzahl der Tage mit > 20 mm und > 30 mm gleichgeblieben, ebenso wie in NRW.

Abbildung 15 stellt räumlich differenziert die Veränderungen der jährlichen Anzahl an Starkniederschlagstagen >10 mm in der KNP 1991-2020 bezogen auf den Zeitraum 1961-1990 dar. Die überwiegende Fläche des Münsterlandes weist keine Änderungen oder lediglich eine Zunahmen von 1 bis 3 Starkniederschlagstagen auf. In den Veränderungen zwischen den beiden Klimanormalperioden sind keine an die Topographie gekoppelte oder anderweitige Muster zu erkennen. Eine Karte zu den Differenzen der Starkniederschlagstage >20 mm und > 30 mm der beiden Klimanormalperioden wird nicht dargestellt, da hier überwiegend keine Differenzen zwischen den beiden Klimanormalperioden und auch keine Muster erkennbar sind.

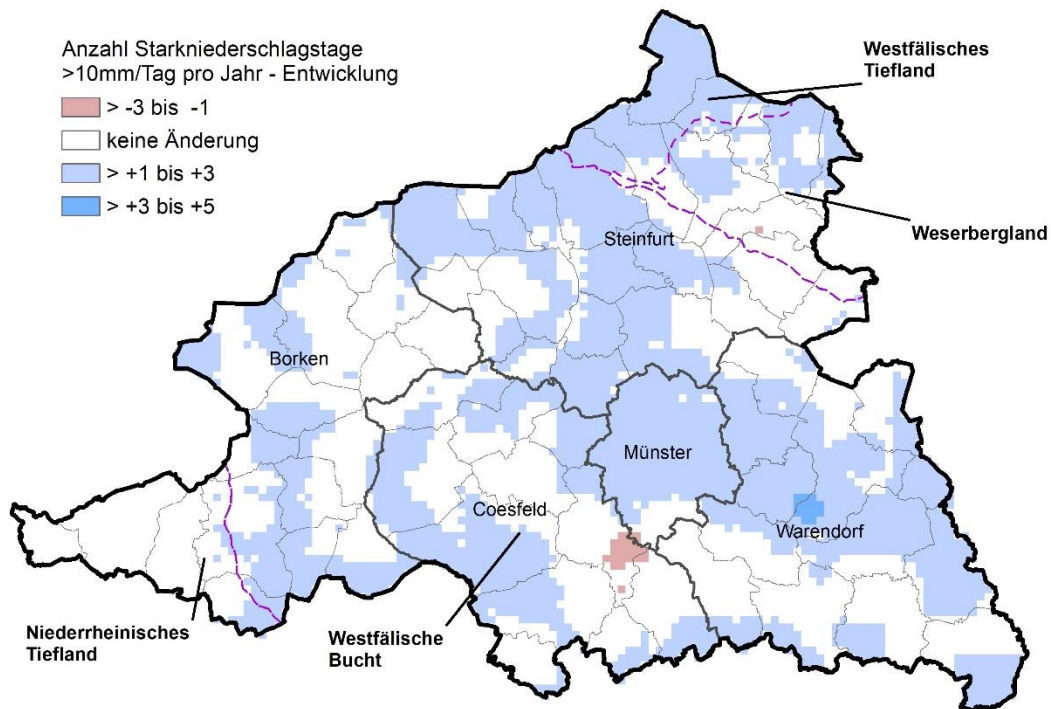


Abbildung 15: Änderung der mittleren Anzahl an Starkniederschlagstagen (> 10 mm/Tag) pro Jahr 1991-2020 bezogen auf 1961-1990 (Daten: DWD; Kartengrundlage: LAND NRW (2020) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0)

Anhand der gezeigten Daten wird deutlich, dass die Anzahl der Starkniederschlagstage im Münsterland beim Vergleich der KNP 1961-1990 und 1991-2020 bisher keine bedeutenden Veränderungen zeigen. Bei der Starkniederschlagsklasse >10 mm ist weitverbreitet keine und in Teilen allenfalls eine Tendenz zu einer leichten Zunahme erkennbar. Dabei ist die Lage und flächige Ausdehnung nicht an die Topographie gekoppelt. Bei den Starkniederschlagsklassen > 20 mm und > 30 mm ist im Münsterlandweit überwiegend keine Zu- oder Abnahme der Anzahl der Starkniederschlagstage zu erkennen.

Schneedeckentage

Schneedeckentage werden definiert als Tage mit einer geschlossenen Schneedecke von mindestens 1 cm Mächtigkeit. Das Auftreten von Schneedeckentagen und die Schneehöhe hängen von der Temperatur und der Niederschlagsmenge ab. Die bereits stattgefundenen und noch zu erwartenden Temperaturerhöhungen als Folge des anthropogenen Klimawandels werden zu Rückgängen der Anzahl der Schneedeckentage führen. In der aktuellen Klimanormalperiode 1991-2020 wurden, gemittelt auf die Fläche des gesamten Münsterlandes, rund 12 Schneedeckentage pro Jahr (NRW: 19) registriert. In der KNP 1971-2000 lag dieser Wert bei rund 16 Tagen pro Jahr (NRW: 26).

Abbildung 16 zeigt die gemittelte Anzahl an Schneedeckentagen pro Jahr während der aktuellen KNP 1991-2020. Dabei ist die Höhenlage und somit vor allem die jährliche Durchschnittstemperatur ein wesentlicher Einflussfaktor. Absolute Höchstwerte von über 20 Schneedeckentagen pro Jahr werden nur vereinzelt im Weserbergland und den Baumbergen erreicht. In den flachen Lagen des Münsterlandes gibt es im Mittel der aktuellen KNP überwiegend zwischen 10 und 20 Schneedeckentage im Jahr. Im westlichen Kreis Borken und südlichen Kreis Coesfeld wurden nur bis zu 10 Tage pro Jahr registriert.

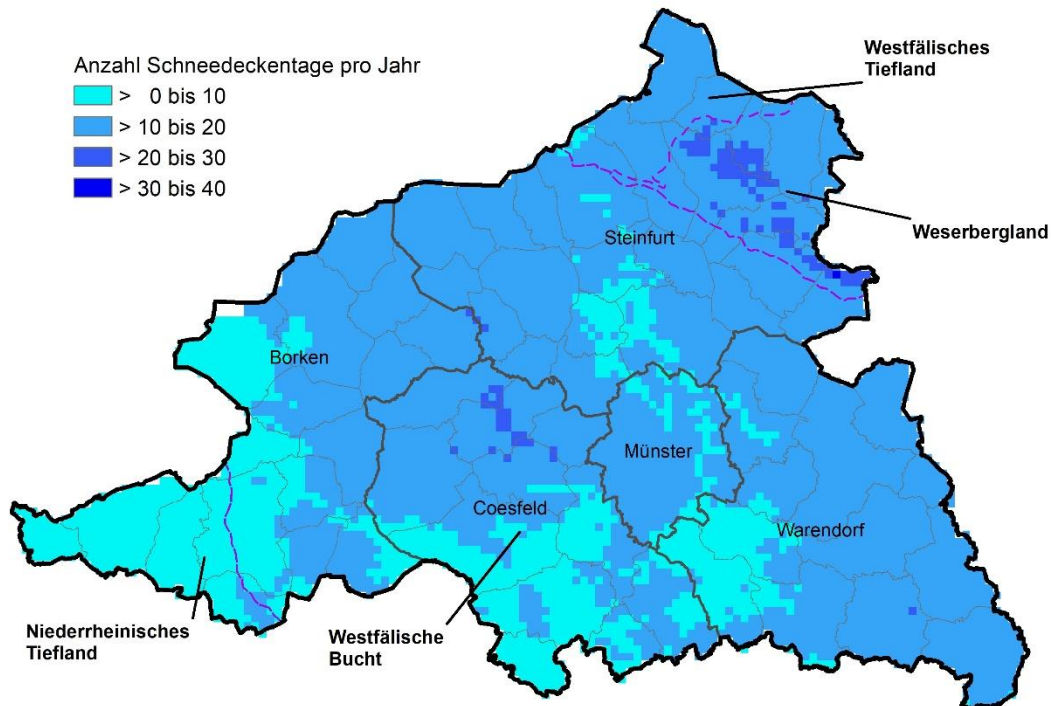


Abbildung 16: Mittlere Anzahl an Schneedeckentagen pro Jahr 1991-2020 im Planungsraum Münsterland (Daten: DWD; Kartengrundlage: LAND NRW (2020) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0)

Während der Klimanormalperiode 1961-1990 gab es bezogen auf die gesamte Fläche des Plangebietes im Mittel rund 22 Schneedeckentage pro Jahr (NRW: 32). Im Vergleich zu diesem Zeitraum reduzierte sich die mittlere Anzahl der Schneedeckentage pro Jahr in der aktuellen KNP 1991-2020 um durchschnittlich gut -10 Schneedeckentage auf die bereits oben genannten 12 Schneedeckentage pro Jahr (NRW: -13).

Abbildung 17 zeigt die räumliche Verteilung der Veränderungen bei den Schneedeckentagen pro Jahr in der KNP 1991-2020 bezogen auf den Zeitraum 1961-1990. Mit Rückgängen von -11 bis -13 Schneedeckentagen pro Jahr sind vor allem das Weserbergland sowie die südlichen Teile der Kreise Coesfeld und Warendorf betroffen. Der übrige Teil des Münsterlandes weist Rückgänge von -9 bis -11 Schneedeckentagen auf. Lediglich im westlichen Teil des Kreis Borken, wo ohnehin weniger Schneedeckentage auftreten, sind die Rückgänge mit bis zu -9 Schneetagen geringer.

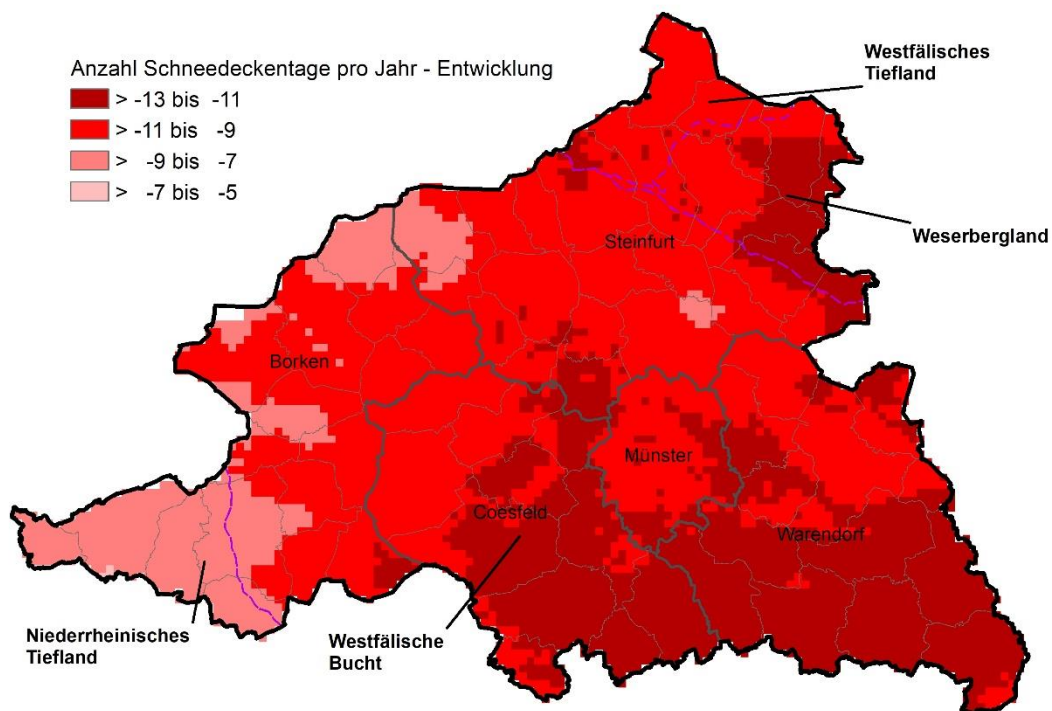


Abbildung 17: Änderung der mittleren Anzahl an Schneedeckentagen pro Jahr 1991-2020 bezogen auf 1961-1990 im Planungsraum Münsterland (Daten: DWD; Kartengrundlage: LAND NRW (2020) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0)

2.1.5. Fazit bisherige Klimaveränderungen

Die in diesem Kapitel beschriebenen Klimaänderungen im Münsterland verdeutlichen den insgesamt sehr starken und schnellen Temperaturanstieg von lokal bis zu +1,2 K im Vergleich der aktuellen Klimanormalperiode 1991-2020 mit dem Zeitraum 1961-1990. Dieser Temperaturanstieg zwischen zwei direkt aufeinanderfolgenden Klimanormalperioden ist extrem und allein dem anthropogenen Klimawandel zuzuschreiben. Die jährlichen Niederschlagsmengen sind nahezu konstant geblieben, wobei die früher typischen Sommermaxima heute durch die vermehrte Angleichung der saisonalen Niederschlagssummen im Sommer, Herbst und Winter so nicht mehr existieren. Die klimatischen Kenntage zeigen recht eindeutig, dass das Plangebiet wärmer und schneeärmer geworden ist. Eine Tendenz der Zunahme der Anzahl an Starkniederschlagtagen pro Jahr > 10 mm und > 20 mm kann nicht festgestellt werden.

Die Auswirkung der schon eingetretenen Klimaveränderungen betrifft viele Bereiche. Neben der Beeinträchtigung der Gesundheit durch extreme Hitzebelastung in den Siedlungszentren hat der Klimawandel im Planungsraum Münsterland verschiedene Auswirkungen, die in Kapitel 4 beschrieben werden.

2.2. Projizierter Klimawandel und zukünftige Entwicklung im Münsterland

Nachdem im Kapitel 2.1 das aktuelle Klima der Klimanormalperiode 1991-2020 im Planungsraum Münsterland und dessen Änderung bezogen auf den Zeitraum 1961-1990 beschrieben wurden, wird in Kapitel 2.2 auf die für die Zukunft projizierten Klimaveränderungen eingegangen. Die Ergebnisse der Projektionen beziehen sich auf die Referenz-Klimanormalperiode 1971-2000, deren Werte ebenfalls in Kapitel 2.1 dargestellt wurden. Zunächst werden in den Abschnitten 2.2.1 und 2.2.2 wesentliche Grundlagen der 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 des Niederschlags, wobei zuerst auf die Niederschlagssummen eingegangen wird und anschließend auf Starkniederschlagstage (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Abschließend wird in Unterkapitel 2.2.7 eine Zusammenfassung über die projizierten Klimaveränderungen gegeben.

2.2.1. RCP-Szenarien und 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. aktuelle CO₂- bzw. Treibhausgaskonzentration, Sonneneinstrahlung, Oberflächentemperatur u. v. m., auch mit Szenarien über die möglichen zukünftigen CO₂- und sonstigen Treibhausgasemissionen, die durch die Menschen verursacht werden. Je nach zugrundeliegendem Szenario über die zukünftige 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 im Münsterland eingegangen wird, sollen die verwendeten Modellszenarien und deren Bandbreiten für die projizierten Klimakenngrößen beschrieben werden.

Exkurs I: Projektionsszenarien bei der Modellierung zukünftiger Klimata

Für Nordrhein-Westfalen und somit auch für das Plangebiet liegen Klimaprojektionen unterschiedlicher Modell-Simulationen basierend auf den sogenannten RCP-Szenarien vor. Die Bezeichnung RCP steht für Representative Concentration Pathways (repräsentative Konzentrationspfade). Diese Konzentrationsszenarien unterscheiden sich von den älteren SRES-Emissionsszenarien dadurch, dass sie von bestimmten Strahlungsantriebswerten im Jahr 2100 ausgehen und - quasi rückwärts - auf mögliche Treibhausgaskonzentrationen rückschließen (MOSS et al. 2010). Dementsprechend werden sie auch nach den Strahlungsantriebswerten, die sie im Jahr 2100 erreichen, bezeichnet. Dabei werden vier RCP-Szenarien unterschieden: RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 und RCP8.5 (nähere Informationen hierzu: DWD 2018_B).

Das optimistische Szenario RCP2.6 geht davon aus, dass ein Maximum der globalen Treibhausgasemission von ca. 490 ppm schon bis deutlich vor 2100 erreicht werden kann (van Vuuren et al. 2011). Anschließend sieht dieses Szenario eine aggressive Emissionsminderung

vor. Nur auf diese Weise könnte das 2015 in Paris vereinbarte Ziel, die Temperaturerhöhung auf deutlich unter 2 °C gegenüber dem Temperaturniveau der vorindustriellen Zeit zu begrenzen, noch erreicht werden. Deshalb wird dieses Szenario auch als „Klimaschutz-Szenario“ bezeichnet.

Das Szenario RCP4.5 ist ein Szenario mit einem „moderaten“, aber in Bezug auf das 2-Grad-Ziel dennoch zu hohen Anstieg der Treibhausgasemissionen auf bis zu 650 ppm im Jahr 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 vorgelegen hat (STOCKER et al. 2013b; PAGANI et al. 2005; ZHANG et al. 2013).

Das Szenario RCP6.0 geht von einem dem alten A1B-Szenario ähnlichen Verlauf an Treibhausgasemissionen aus, was in diesem Fall etwa 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 steigenden Verbrauch fossiler Energieträger und daraus resultierenden weiterhin steigenden Treibhausgasemissionen eintreten. Hier geht man von einer CO₂-Konzentration von ca. 1.370 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 vergleichsweise kurzer Zeit 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 des zukünftigen Klimas in NRW und dem Münsterland wurden in diesem Fachbeitrag die Szenarien RCP2.6, RCP4.5 und RCP8.5 ausgewertet, deren Daten seit dem Jahr 2019 vom Deutschen Wetterdienst auch in einer höheren Auflösung als bisher bereitgestellt werden.

Exkurs II: Darstellung der Klimaprojektionen als Perzentil

Bei der Projektion von zukünftigen Klimaveränderungen wird anstatt einzelner Modelle in der Regel ein Verbund von mehreren, verschiedenen globalen und regionalen Klimamodellen (Modellensembles) verwendet. Dies hat den Vorteil, dass die Projektionen der zukünftigen Klimaänderungen in einer belastbareren Bandbreite simuliert und aufgezeigt werden können. Sämtliche Klimaprojektionen der einzelnen Modelle innerhalb eines solchen Ensembles sind dabei grundsätzlich gleich wahrscheinlich. Um aus der Anzahl der Einzelprojektionen innerhalb der Bandbreite eines Modellensembles dennoch Aussagen über die zu erwarteten Klimaveränderungen herleiten zu können, werden Perzentile verwendet.

Perzentile sind besondere Quantile („Hundertstelwerte“ / Prozentränge) und damit ein Lagemaß der Statistik. Sie geben die Lage bestimmter Werte in einer statistischen Verteilung (hier: die Bandbreite der verschiedenen Modellergebnisse) wieder. Auf die Auswertung und Darstellung der Klimaprojektionen übertragen bedeutet dies, dass zunächst die Ergebnisse aller Klimamodelle für den jeweiligen Parameter der Größe nach geordnet werden. Für die Darstellung der Ergebnisse werden dann das 15 %-Perzentil (15. Perzentil), das 50 %-Perzentil (50. Perzentil) sowie das 85 %-Perzentil (85. Perzentil) betrachtet. Beim Wert des 15. Perzentil

zeigen 15 % der Modelle geringere Ergebnisse bzw. Veränderungen an. Beim Wert des 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. Die Bandbreite zwischen dem 15. Perzentil und dem 85. Perzentil deckt demnach insgesamt 70 % der verschiedenen Modellergebnisse ab, wohingegen mögliche Extremwerte nicht dargestellt werden.

In Abbildung 18 werden die Bandbreiten (15. bis 85. Perzentil) der drei RCP Szenarien für die Zukunft und im Vergleich zu den beobachteten Temperaturen beispielhaft dargestellt. Dabei wird deutlich, wie gut die Modelle den mit Beobachtungsdaten ermittelten tatsächlichen Klimawandel der vergangenen Jahrzehnte (schwarze Linie) abbilden können. Die RCP Daten werden als absolute Zeitreihenwerte dargestellt, um eine direkte Vergleichbarkeit mit den beobachteten Temperaturmittelwerten zu ermöglichen. Alle Daten stammen vom DWD, die Beobachtungsdaten sind auf 5 – jährige gleitende Mittel geglättet, die Projektionswerte auf 10 – jährige gleitende Mittel.

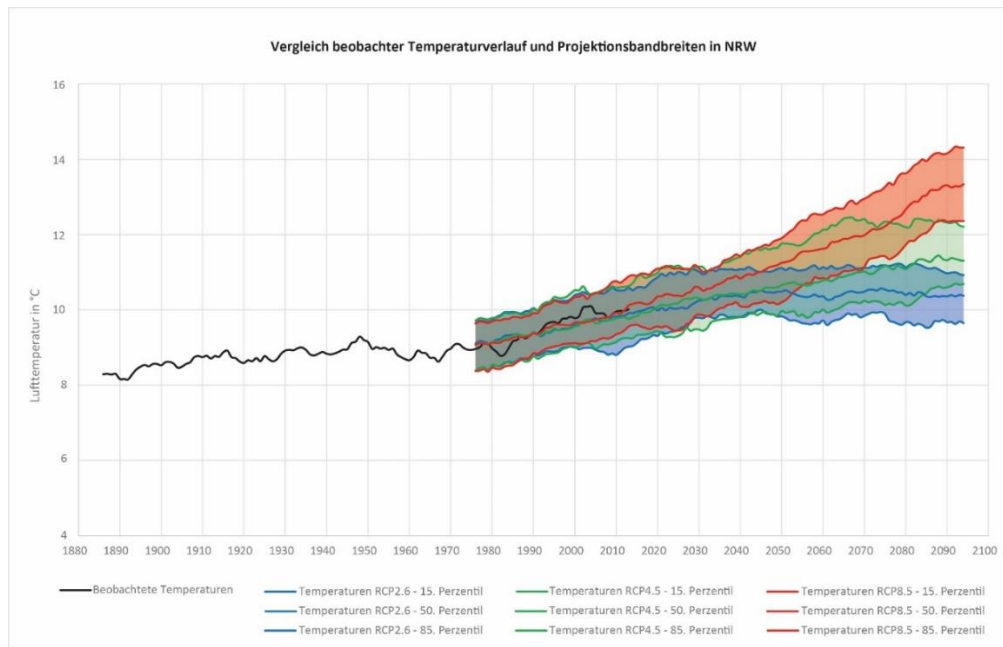


Abbildung 18: Temperaturverlauf beobachteter Temperaturen in NRW im Vergleich zu Zeitreihendaten der RCP-Projektionen (Datenquelle: DWD)

2.2.2. Projizierte Klimaveränderung

Für die Klimaparameter Temperatur und Niederschlag sowie für Temperaturkerntage und Starkniederschlagstage liegen vom Deutschen Wetterdienst regionalisierte Klimaprojektionen für die RCP-Szenarien 2.6, 4.5 und 8.5 vor. Neueste Projektionen verfügen dabei nun über eine bessere räumliche Auflösung von ca. 5 x 5 km Rastergröße (analog zu HYRAS-Beobachtungsdaten; DWD 2019). Die aktuellen Auswertungen der Klimaprojektionen für Nordrhein-Westfalen beruhen auf Auswertungen der Projekte „EURO-CORDEX“ und „REKLIES-DE“ zum Stand Juni 2018 durch den DWD. Für die Szenarien RCP2.6 und RCP4.5 wurde ein Modellensemble aus zehn globalen und regionalen Klimamodellkombinationen ausgewertet, für das Szenario RCP8.5 bestand das Modellensemble aus 20 Modellläufen. Die Ergebnisse der Klimamodelle werden als Änderungswerte für die nahe Zukunft (2031-2060) und die ferne Zukunft (2071-2100) jeweils bezogen auf den Referenzzeitraum 1971-2000 dargestellt.

Auch wenn sich die räumliche Auflösung der Projektionsdaten mittlerweile verbessert hat und auch die Topographie besser abgebildet werden kann (KRÄHENMANN 2019), sollte den Projektionsdaten dennoch nicht eine ähnliche Genauigkeit wie Beobachtungsdaten zugemessen werden. Um möglichst valide räumliche differenzierte Aussagen zu zukünftigen Klimaentwicklungen in einem Gebiet machen zu können, sollten mindestens 3 x 3 Gitterboxen bzw. Pixel à 5 x 5 km den gleichen Änderungswert besitzen (LINKE et al. 2015).

Die projizierten Klimaveränderungen für den Planungsraum Münsterland werden im Folgenden textlich beschrieben und mit Hilfe von Tabellen zusammenfassend für das gesamte Plangebiet dargestellt. Es können jedoch nur eingeschränkt belastbare Aussagen zur räumlichen Ausdifferenzierung zukünftiger möglicher Klimaentwicklung innerhalb des Plangebietes gemacht werden. Daher wird auf Kartendarstellungen bewusst verzichtet. Bei der für Klimamodellierungen vergleichsweise geringen Größe des Plangebietes lassen die räumliche Auflösung bzw. die räumliche Variabilität der meisten Modellergebnisse und Klimaparameter sowie die modellimmanenten Unsicherheiten eine kleinräumige Darstellung nicht mit der notwendigen Belastbarkeit zu.

2.2.3. Temperatur

Zunächst werden die regionalisierten Ergebnisse der Klimamodelle für den Parameter Lufttemperatur für den Zeitraum der Mitte des Jahrhunderts (2031-2060) für die drei RCP-Szenarien dargestellt. Anschließend werden die Projektionen für den Zeitraum der fernen Zukunft (2071-2100) betrachtet.

2031-2060: Mitte des Jahrhunderts

Im Szenario RCP2.6 steigern sich für die Mitte des Jahrhunderts die durchschnittlichen Temperaturen im Vergleich zur Referenz-Klimanormalperiode 1971-2000 räumlich gemittelt auf das Plangebiet um +0,7 K bis +1,4 K an (Tabelle 9). Im Szenario RCP4.5 steigen die Temperaturen um +0,7 K bis +1,9 K im Flächenmittel an. Die projizierten Temperaturveränderungen

des RCP8.5-Szenarios liegen bei einer Temperaturzunahme von +1,3 K bis +2,1 K gegenüber der KNP 1971-2000.

Insgesamt ist damit mit einem Temperaturanstieg zwischen +0,7 °C und 2,1 °C gegenüber dem Zeitraum 1971-2000 bis zur Mitte des Jahrhunderts zu rechnen, je nachdem wie stark die Treibhausgasemissionen reduziert werden können. Die mittlere Jahrestemperatur der vergangenen 30 Jahre (1991-2020) liegt mit +0,6 °C bereits im Bereich dieser Spanne. Eine Temperaturzunahme um bis zu 2,1 °C würde bedeuten, dass die bisher heißesten Jahre seit Beginn der Temperaturaufzeichnung in NRW, nämlich 2018 und 2020 im Mittel (!) zur Normalität werden würden, wobei diese beiden Jahre noch nicht einmal eine Zunahme der extremsten Werte um 2,1 °C gegenüber dem Zeitraum 1971-2000 erreichen. Durch die Schwankungen zwischen den Jahren muss auf Temperaturniveaus eingestellt werden, die heute noch außerhalb des Erfahrungsschatzes für Deutschland, NRW und die Planungsregion Münster liegen.

Tabelle 9: Änderung der mittleren Jahrestemperatur im Planungsraum Münsterland - Projektionen für die Mitte des Jahrhunderts (2031-2060) bezogen auf 1971-2000 (Daten: DWD)

Klimaszenario	Perzentil	Mittel
RCP2.6	15.	+ 0,7 K
	50.	+ 1,1 K
	85.	+ 1,4 K
RCP4.5	15.	+ 0,7 K
	50.	+ 1,3 K
	85.	+ 1,9 K
RCP8.5	15.	+ 1,3 K
	50.	+ 1,8 K
	85.	+ 2,1 K

2071-2100: Ferne Zukunft

Für die ferne Zukunft wird innerhalb des RCP2.6-Szenarios für den Planungsraum Münsterland ein mittlerer Temperaturanstieg im Bereich von rund +0,8 K bis +1,5 K im Vergleich zur Referenz-KNP 1971-2000 projiziert (Tabelle 10). Somit hat sich beim Klimaschutzszenario die Temperatursteigerung für die ferne Zukunft weitgehend stabilisiert. Bei den folgenden Szenarien wird für die ferne Zukunft eine weitere Temperatursteigerung projiziert. Beim RCP4.5-Szenario liegt die projizierte Temperatursteigerung gegenüber der Referenz-KNP bei +1,3 bis rund +2,7 K, während für das RCP8.5-Szenario deutlich stärkere Temperaturabweichungen für das Münsterland projiziert werden. Hier liegen die Zunahmen in einem Bereich zwischen rund +2,7 K und rund +4,3 K gegenüber der Referenz-KNP 1971-2000. Mit dieser starken Temperaturzunahme macht sich der gesteigerte Strahlungsantrieb des RCP8.5-Szenarios gegenüber dem RCP4.5-Szenario und vor allem gegenüber dem RCP2.6-Szenario deutlich bemerkbar. Insgesamt werden somit für die ferne Zukunft Temperaturzunahmen zwischen 0,8 °C und 4,3 °C projiziert. Wie bereits für die nahe Zukunft beschrieben, liegt der Temperaturanstieg bei der aktuellen KNP 1991-2020 mit +0,6 °C gegenüber 1971-2000 bereits nahe an der unteren Grenze von 0,8 °C. Mit einer Temperaturzunahme von mehr als +1,5 °C bis zu

+4,3°C erlebt die Planungsregion Münster in ferner Zukunft möglicherweise Temperaturen, die erst recht außerhalb allen Erlebten stehen und unter allen Umständen verhindert bzw. gemindert werden müssen.

Tabelle 10: Änderung der mittleren Jahrestemperatur im Planungsraum Münsterland - Projektionen für die ferne Zukunft (2071-2100) bezogen auf 1971-2000 (Daten: DWD)

Klimaszenario	Perzentil	Mittel
RCP2.6	15.	+ 0,8 K
	50.	+ 1,0 K
	85.	+ 1,5 K
RCP4.5	15.	+ 1,3 K
	50.	+ 2,0 K
	85.	+ 2,7 K
RCP8.5	15.	+ 2,7 K
	50.	+ 3,5 K
	85.	+ 4,3 K

2.2.3.1. Temperatur: Projizierte Veränderungen im Jahresverlauf

In Kapitel 2.1.1 wurde festgestellt, dass sich im Planungsraum bei der Gegenüberstellung der Klimanormalperiode 1961-1990 mit der aktuellen Klimanormalperiode 1991-2020 die mittleren Herbsttemperaturen am geringsten erhöht haben, während die mittleren Frühlings- und Sommertemperaturen jeweils am stärksten angestiegen sind. Auch bei Vergleichen mit früheren KNP scheint die Erwärmung im Herbst eher langsamer zu sein.

Bei der Auswertung der Projektionen der saisonalen Temperaturanstiege, jeweils für alle RCP-Szenarien und beide Zukunftszeiträume, werden für den Herbst die stärksten Temperaturanstiege projiziert. Die moderatesten Anstiege werden nach den vorliegenden Projektionen im Frühling erwartet. Tabelle 11 stellt die saisonalen Temperaturprojektionen für beide Zukunftszeiträume und die RCP-Szenarien dar.

Für die nahe Zukunft liegt die Höhe der projizierten Temperaturzunahme gegenüber dem Zeitraum 1971-2000 zwischen +0,4°C und 2,5 °C. Diese Spanne ist im Vergleich zum Jahresmittel größer, was zeigt, dass sich die Temperaturzunahme zukünftig in einzelnen Jahreszeiten noch extremer zeigen könnte als im Mittel über das Jahr gesehen. Die untere Grenze dieser Spanne wurde im Münsterland bereits in der Klimanormalperiode 1991-2020 erreicht. Die extremeren Werte über +2 °C würden beispielsweise für den Sommer gesehen im Mittel den Sommern der Jahre 2003 und 2018 entsprechen, die bisher die heißesten seit Beginn der Wetteraufzeichnungen in NRW sind.

Für die ferne Zukunft liegen die Temperaturerhöhungen laut der Klimaprojektionen in den einzelnen Jahreszeiten zwischen +0,5°C bis +5,3 °C. Wie bereits für die mittlere Jahrestemperatur geschrieben, werden hier ohne massive Anstrengungen zum Klimaschutz sehr extreme

Temperaturniveaus erreicht, die im Münsterland bisher sei 1881 noch nicht annähernd aufgezeichnet wurden.

Tabelle 11: Änderung der mittleren saisonalen Temperaturen in Kelvin im Planungsraum Münsterland - Projektionen für die Mitte des Jahrhunderts und ferne Zukunft bezogen auf 1971-2000 (Daten: DWD)

Jahreszeit	Klimaszenario	Perzentil	2031-2060	2071-2100
Frühjahr	RCP2.6	15.	+ 0,4 K	+ 0,5 K
		50.	+ 0,8 K	+ 0,9 K
		85.	+ 1,2 K	+ 1,1 K
	RCP4.5	15.	+ 0,5 K	+ 0,9 K
		50.	+ 1,1 K	+ 1,7 K
		85.	+ 1,5 K	+ 2,1 K
	RCP8.5	15.	+ 1,1 K	+ 2,1 K
		50.	+ 1,3 K	+ 2,9 K
		85.	+ 1,7 K	+ 3,1 K
Sommer	RCP2.6	15.	+ 0,5 K	+1,0 K
		50.	+ 1,1 K	+ 1,1 K
		85.	+ 1,5 K	+ 1,6 K
	RCP 4.5	15.	+ 0,9 K	+ 1,3 K
		50.	+ 1,2 K	+ 1,9 K
		85.	+ 1,6 K	+ 2,5 K
	RCP8.5	15.	+ 1,4 K	+ 2,7 K
		50.	+ 1,7 K	+ 3,5 K
		85.	+ 2,2 K	+ 4,5 K
Herbst	RCP2.6	15.	+ 0,9 K	+ 0,6 K
		50.	+ 1,4 K	+ 1,3 K
		85.	+ 1,9 K	+ 1,9 K
	RCP4.5	15.	+ 0,9 K	+ 1,6 K
		50.	+ 1,3 K	+ 2,3 K
		85.	+ 2,0 K	+ 3,3 K
	RCP8.5	15.	+ 1,5 K	+ 3,0 K
		50.	+ 2,0 K	+ 3,9 K
		85.	+ 2,5 K	+ 5,3 K
Winter	RCP2.6	15.	+ 0,8 K	+ 0,9 K
		50.	+ 1,0 K	+ 1,0 K
		85.	+ 1,3 K	+ 1,3 K
	RCP4.5	15.	+ 0,6 K	+ 1,3 K
		50.	+ 1,4 K	+ 2,0 K
		85.	+ 2,0 K	+ 2,5 K
	RCP8.5	15.	+ 1,0 K	+ 2,9 K
		50.	+ 1,8 K	+ 3,4 K
		85.	+ 2,4 K	+ 4,3 K

Insgesamt zeigen die projizierten Temperaturbandbreiten, sowohl für die Jahresmittelwerte als auch für die Jahreszeiten, sehr eindrücklich, wohin die anthropogene Erderwärmung gesteuert werden kann. Entweder schafft der Mensch eine Temperaturentwicklung analog zum RCP2.6-Szenario und die Temperaturen stabilisieren sich auf einem gerade noch handhabbaren Niveau, oder er geht darüber hinaus in nicht mehr handhabbare Temperaturbereiche mit allen lokalen und globalen Folgen.

2.2.4. Kenntage Temperatur

Für diesen Fachbeitrag wurden zu den Temperaturkenntagen Daten des DWD für die RCP2.6-, RCP4.5- und RCP8.5-Szenarien in der Auflösung von 5 km x 5 km regionalisiert für das Plangebiet ausgewertet. Zunächst werden im Folgenden die Projektionen für die Heißen Tage und Sommertage vorgestellt, anschließend die der Eistage und Frostage. Hierbei werden die Kenntage auf ganze Werte gerundet.

Heiße Tage

Im RCP2.6-Szenario wird für die Mitte des Jahrhunderts (2031-2060) im Münsterland eine durchschnittliche Zunahme von rund +1 bis rund +6 Heißen Tagen (Temperaturmaximum > 30 °C) pro Jahr im Vergleich zur Referenz-KNP 1971-2000 projiziert (Tabelle 12). Innerhalb des RCP4.5-Szenarios liegt die Steigerung der Heißen Tage im Flächenmittel bei rund +2 bis +9 Heißen Tage pro Jahr. Beim RCP8.5-Szenario liegt die Steigerung mit rund +4 bis +9 zusätzlichen Heißen Tagen in einem ähnlichen Bereich. Für die ferne Zukunft (2071-2100) liefert das RCP2.6-Szenario eine geringfügig größere Steigerung von rund +2 bis rund +7 zusätzlichen Heißen Tagen pro Jahr. Das RCP4.5-Szenario zeigt für das Münsterland Werte von rund +5 bis rund +12 Heißen Tagen pro Jahr zusätzlich gegenüber der Referenz-KNP. Besonders deutlich ist die Steigerung im RCP8.5-Szenario, wo die Steigerung der Heißen Tage mit zwischen rund +11 bis rund +23 zusätzlichen Heißen Tagen pro Jahr am stärksten ist.

Insgesamt ist für die nahe Zukunft eine Zunahme der heißen Tage um +1 bis +9 Tage projiziert. Im Münsterland gab es in der KNP 1971-2000 im Mittel 6 Heiße Tage pro Jahr (Tabelle 3) und diese haben bis zur KNP 1991-2020 bereits um 3 Tage zugenommen. Im schlimmsten Fall wird eine Zunahme um weitere 6 Tage auf 15 heiße Tage zur Mitte des Jahrhundert projiziert. In der fernen Zukunft ist mit einer Zunahme von +2 bis +23 Tagen zu rechnen. Diese Spanne ist sehr groß, würde aber bei den höheren Werten klimatische Zustände von derzeit kaum vorstellbaren Ausmaße herbeiführen.

Tabelle 12: Änderung der Anzahl an Heißen Tage pro Jahr im Planungsraum Münsterland - Projektionen für die Mitte des Jahrhunderts und ferne Zukunft bezogen auf 1971-2000 (alle Werte auf ganze Zahlen gerundet; Daten: DWD)

Klimaszenario	Perzentil	2031-2060	2071-2100
RCP2.6	15.	+ 1	+ 2
	50.	+ 3	+ 4
	85.	+ 6	+ 7
RCP4.5	15.	+ 2	+ 5
	50.	+ 4	+ 6
	85.	+ 9	+ 12
RCP8.5	15.	+ 4	+ 11
	50.	+ 6	+ 16
	85.	+ 9	+ 23

Sommertage

Die Ergebnisse der Klimamodelle für das RCP2.6-Szenario zeigen bei der Entwicklung der Sommertage (Temperaturmaximum > 25 °C) für die Mitte des Jahrhunderts (2031-2060) innerhalb des Münsterlandes eine Steigerung von rund +3 bis rund +15 Tagen pro Jahr zusätzlich gegenüber der Referenz-KNP 1971-2000 (Tabelle 13). Beim RCP4.5-Szenario liegt die Steigerung bei rund +4 bis rund +18 Sommertagen pro Jahr zusätzlich, während für das RCP8.5-Szenario eine Steigerung von rund +10 bis rund +18 zusätzlichen Sommertagen pro Jahr im Flächenmittel projiziert wird. Damit liegen für die Mitte des Jahrhunderts noch keine allzu großen Unterschiede zwischen den RCP-Szenarien vor, insgesamt wird eine Zunahme zwischen +3 und +18 Sommertagen projiziert. Im Münsterland wurden im Zeitraum 1971-2000 im Mittel 29 Sommertage pro Jahr registriert (Tabelle 3). Diese haben bis zur KNP 1991-2020 bereits um 9 Tage zugenommen. Damit liegt die beobachtete Zunahme bereits mitten im projizierten Bereich für die nahe Zukunft.

Für den Bereich der fernen Zukunft (2071-2100) werden die Unterschiede deutlicher: So wird für das RCP2.6-Szenario eine auf die Fläche gemittelte Abweichung im Bereich von rund +5 bis rund +12 zusätzlichen Sommertagen pro Jahr projiziert. Beim RCP4.5-Szenario liegt die Steigerung zwischen rund +11 bis rund +22 zusätzlichen Sommertagen pro Jahr und im RCP8.5-Szenario liegt die Steigerung der mittleren Anzahl an Sommertage pro Jahr bei rund +25 bis rund +49 zusätzlichen Sommertagen. Insgesamt werden also zwischen +5 und +49 zusätzliche Sommertage bis zum Ende des 21. Jahrhunderts projiziert. Am oberen Rand der Projektionsbandbreite könnte sich diese Zahl im Vergleich zu den im Zeitraum 1971-2000 ermittelten 29 Sommertage innerhalb von 100 Jahre mehr als verdoppeln. Das würden im Mittel Sommer mit mehr als 2 Monaten an Sommertagen bedeuten und den Sommer 2018 ganz normal erscheinen lassen (NRW: rund 78 Sommertage). Dies sollte durch starke Klimaschutzmaßnahmen dringlichst vermieden werden.

Tabelle 13: Änderung der Anzahl an Sommertagen pro Jahr im Planungsraum Münsterland - Projektionen für die Mitte des Jahrhunderts und ferne Zukunft bezogen auf 1971-2000 (alle Werte auf ganze Zahlen gerundet; Daten: DWD)

Klimaszenario	Perzentil	2031-2060	2071-2100
RCP2.6	15.	+ 3	+ 5
	50.	+ 8	+ 9
	85.	+ 15	+ 12
RCP4.5	15.	+ 4	+ 11
	50.	+ 9	+ 16
	85.	+ 18	+ 22
RCP8.5	15.	+ 10	+ 25
	50.	+ 14	+ 34
	85.	+ 18	+ 49

Eistage

Wie zu Beginn dieses Kapitels beschrieben, wird für die Auswertung der Ergebnisse der verschiedenen Klimamodelle 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 1971-2000, nun negativ abnehmend, am stärksten ausgeprägt sind. Dem entsprechend repräsentiert nun das 85. Perzentil den Bereich mit den geringsten Änderungen innerhalb der verschiedenen Modell-Läufe.

Für das RCP2.6-Szenario wird für die Mitte des Jahrhunderts (2031-2060) einen Rückgang der jährlichen Eistage (Temperaturmaximum $< 0^{\circ}\text{C}$) gegenüber der Referenz-KNP 1971-2000 innerhalb einer Bandbreite von rund -3 bis rund -5 Eistagen pro Jahr weniger projiziert (Tabelle 14). Das RCP4.5-Szenario liefert für die Fläche des Münsterlandes eine mittlere Abnahme der Eistage von rund -1 bis rund -9 Eistage pro Jahr weniger, beim Szenario RCP8.5 liegt die Bandbreite der Abnahme der Eistage zwischen rund -3 und rund -9 Eistagen. Auch hier liegen die Projektionen der Mitte des Jahrhunderts relativ nah beieinander, insgesamt also zwischen -1 und -9 Eistagen im Vergleich zur KNP 1971-2000. Bis zu KNP 1991-2020 haben die Eistage bereits um 2 Tage auf 9 Eistage pro Jahr abgenommen.

Für die ferne Zukunft (2071-2100) wird innerhalb des Planungsraums im Vergleich zur Referenz-KNP für das RCP2.6-Szenario ein gemittelter Rückgang von durchschnittlich -3 bis -7 Eistage pro Jahr projiziert. Im Flächenmittel des RCP4.5-Szenarios betragen die projizierten Werte rund -3 bis rund -9 Eistagen pro Jahr weniger. Für das RCP8.5-Szenario liefern die Projektionen einen Rückgang an Eistagen von rund -7 bis rund -11 Eistagen pro Jahr im Vergleich zur KNP 1971-2000. Bei nur durchschnittlich rund 161 Eistagen pro Jahr während der Referenz-KNP 1971-2000 (Tabelle 3) gäbe es in der fernen Zukunft (2071-2100) somit im Planungsraum nur noch wenige bis gar keine Eistage pro Jahr.

Tabelle 14: Änderung der Anzahl an Eistagen pro Jahr im Planungsraum Münsterland - Projektionen für die Mitte des Jahrhunderts und ferne Zukunft bezogen auf 1971-2000 (alle Werte auf ganze Zahlen gerundet; Daten: DWD)

Klimaszenario	Perzentil	2031-2060	2071-2100
RCP2.6	15.	-5	-7
	50.	-4	-5
	85.	-3	-3
RCP4.5	15.	-9	-9
	50.	-6	-8
	85.	-1	-3
RCP8.5	15.	-9	-11
	50.	-7	-9
	85.	-3	-7

Frosttage

Für die Anzahl an Frosttagen (Temperaturminimum $< 0\text{ °C}$) in der Mitte des Jahrhunderts (2031-2060) wird für das Szenario RCP2.6 ein mittlerer Rückgang gegenüber der Referenz-KNP 1971-2000 in einem Bereich von -11 bis -17 Tagen pro Jahr im Flächenmittel projiziert (Tabelle 15). Für das RCP4.5-Szenario liefern die Projektionen im Flächenmittel einen Rückgang von rund -10 bis rund -25 Frosttagen pro Jahr, für das RCP8.5-Szenario beläuft sich der Rückgang in einer Bandbreite von -15 bis -28 Frosttagen. Insgesamt liegt die Spanne des Rückgangs der Frosttage gegenüber dem Zeitraum 1971-2000 zwischen -11 und -28 Frosttagen pro Jahr. Zum Vergleich: In der KNP 1971-2000 gab es 56 Frosttage pro Jahr.

Für die ferne Zukunft (2071-2100) und das RCP2.6-Szenario wird ein Rückgang im Bereich von -10 bis -18 Frosttagen pro Jahr weniger gegenüber der Referenz-KNP 1971-2000 projiziert. Für das RCP4.5-Szenario steigert sich der Rückgang auf -14 bis -32 Frosttage pro Jahr, für das RCP8.5-Szenario zeigt sich ein nochmals gesteigerter Rückgang der Anzahl an Frosttagen von -33 bis -45 Tagen pro Jahr. Insgesamt liegt die Spanne über die verschiedenen Projektionen gesehen bei -10 bis -45 Frosttagen im Jahr. Im Münsterland gab es im Zeitraum 1971-2000 56 Frosttage. Ohne eine starke Reduzierung der Treibhausgasemissionen würden die Frosttage stark zurückgehen. Das Ausbleiben von Frost kann sich beispielsweise negativ auf Vegetation und Landwirtschaft auswirken, da einige Arten den Frostreiz zum Auskeimen benötigen.

Tabelle 15: Änderung der Anzahl an Frosttagen pro Jahr im Planungsraum Münsterland - Projektionen für die Mitte des Jahrhunderts und ferne Zukunft bezogen auf 1971-2000 (alle Werte auf ganze Zahlen gerundet; Daten: DWD)

Klimaszenario	Perzentil	2031-2060	2071-2100
RCP2.6	15.	-17	-18
	50.	-14	-12
	85.	-11	-10
RCP4.5	15.	-25	-32
	50.	-19	-27
	85.	-10	-14
RCP8.5	15.	-28	-45
	50.	-21	-36
	85.	-15	-33

2.2.5. Niederschlag

Die Klimaprojektionen der mittleren jährlichen Niederschlagssummen liegen für das Münsterland ebenfalls für die Szenarien RCP2.6, RCP4.5 RCP8.5 vor. Bei der Beschreibung der Werte werden die relativen Veränderungen zu der mittleren jährlichen Niederschlagssumme der Referenz-KNP 1971-2000 in Prozent dargestellt. Die jahreszeitliche Differenzierung der Projektionsergebnisse zu den Niederschlägen wird im Unterkapitel 2.2.5.1 beschrieben. Entgegen den projizierten Veränderungen bei der zukünftigen mittleren Lufttemperatur und den Temperaturkenntagen sind die projizierten Veränderungen der mittleren Jahresniederschläge variabler, sowohl räumlich als auch innerhalb der gesamten Breite der Perzentile.

2031-2060: Mitte des Jahrhunderts

Für die Mitte des Jahrhunderts (2031-2060) und das RCP2.6-Szenario wird im Flächenmittel des Münsterlandes eine Niederschlagsveränderung von rund -3 % bis rund +6 % gegenüber der mittleren jährlichen Niederschlagssumme der Referenz-KNP (1971-2000) projiziert (Tabelle 16). Für das RCP4.5-Szenario liegen die Veränderungen in einer Bandbreite zwischen rund -1 % bis rund +8 %, beim RCP8.5-Szenario zwischen rund -1 % und rund +9 % im Flächenmittel gegenüber der Referenz-KNP. Insgesamt liegen auch hier die drei RCP-Szenarien für die Mitte des Jahrhunderts relativ nah beieinander.

Tabelle 16: Änderung des mittleren jährlichen Niederschlags in Prozent im Planungsraum Münsterland - Projektionen für die Mitte des Jahrhunderts (2031-2060) bezogen auf 1971-2000 (alle Werte auf ganze Zahlen gerundet; Daten: DWD)

Klimaszenario	Perzentil	Mittel
RCP2.6	15.	-3 %
	50.	+4 %
	85.	+6 %
RCP4.5	15.	-1 %
	50.	+5 %
	85.	+8 %
RCP8.5	15.	-1 %
	50.	+4 %
	85.	+9 %

2071-2100: Ferne Zukunft

Für das RCP2.6-Szenario wird im Bereich der fernen Zukunft (2071-2100) eine Veränderung der gemittelten Jahresniederschläge in einem Bereich von rund -6 % bis rund +5 % gegenüber der Referenz-KNP 1971-2000 projiziert (Tabelle 17). Für das RCP4.5-Szenario zeigt sich eine Veränderung im Bereich von rund 0 % bis +12 % im Flächenmittel für das Münsterland. Für das RCP8.5-Szenario ist die größte Bandbreite der Veränderungen bei den jährlichen Niederschlagssummen ersichtlich: Hier liegt die Bandbreite der Veränderung der jährlichen Niederschlagssummen im Bereich von rund -2 % bis +15 %.

Tabelle 17: Änderung des mittleren jährlichen Niederschlags in Prozent - Projektionen für die ferne Zukunft (2071-2100) bezogen auf 1971-2000 (alle Werte auf ganze Zahlen gerundet; Daten: DWD)

Klimaszenario	Perzentil	Mittel
RCP2.6	15.	-6 %
	50.	+2 %
	85.	+5 %
RCP4.5	15.	0 %
	50.	+4 %
	85.	+12 %
RCP8.5	15.	-2 %
	50.	+5 %
	85.	+15 %

2.2.5.1 Niederschlag: Projizierte Veränderungen im Jahresverlauf

Die saisonale Betrachtung der bereits stattgefundenen Veränderungen bei den Niederschlagsmengen im Vergleich der KNP 1961-1990 und 1991-2020, dargestellt in Tabelle 5, zeigt eine Angleichung der durchschnittlichen Niederschlagssummen im Sommer, Herbst und Winter bei

einer insgesamt gleich bleibenden mittleren Niederschlagssumme pro Jahr. Der Frühling ist im Vergleich zu den anderen Jahreszeiten trockener.

Tabelle 18: Änderung des saisonalen Niederschlags im Planungsraum Münsterland - Projektionen für die Mitte des Jahrhunderts und ferne Zukunft bezogen auf 1971-2000 (Daten: DWD)

Jahreszeit	Klimaszenario	Perzentil	2031-2060	2071-2100
Frühjahr	RCP2.6	15.	-1 %	-6 %
		50.	11 %	6 %
		85.	14 %	14 %
	RCP4.5	15.	4 %	8 %
		50.	10 %	14 %
		85.	14 %	20 %
	RCP8.5	15.	2 %	0 %
		50.	9 %	14 %
		85.	14 %	24 %
Sommer	RCP2.6	15.	-14 %	-11 %
		50.	0 %	-3 %
		85.	6 %	9 %
	RCP4.5	15.	-13 %	-15 %
		50.	1 %	-5 %
		85.	9 %	9 %
	RCP8.5	15.	-11 %	-21 %
		50.	-2 %	-7 %
		85.	8 %	3 %
Herbst	RCP2.6	15.	-8 %	-9 %
		50.	-1 %	-2 %
		85.	5 %	4 %
	RCP4.5	15.	-7 %	-8 %
		50.	1 %	0 %
		85.	15 %	7 %
	RCP8.5	15.	-9 %	-8 %
		50.	3 %	3 %
		85.	9 %	14 %
Winter	RCP2.6	15.	-2 %	-5 %
		50.	3 %	2 %
		85.	13 %	10 %
	RCP4.5	15.	3 %	-2 %
		50.	6 %	9 %
		85.	12 %	15 %
	RCP8.5	15.	0 %	8 %
		50.	9 %	15 %
		85.	23 %	26 %

Die Projektionen der zukünftigen Niederschlagsentwicklung zeigen auf die Jahreszeiten bezogen für den Sommer eher negative Tendenzen. Für den Herbst und Frühling sind insgesamt in der Tendenz eher keine Änderungen bis Niederschlagszunahmen zu erwarten. Im Winter kann von einer tendenziellen Zunahme der Niederschläge ausgegangen werden. Eine Übersicht der saisonalen Projektionen liefert Tabelle 18.

2.2.6. Kenntage Niederschlag

In diesem Abschnitt werden die Projektionen der zu erwartenden Starkniederschlagstage mit > 10 mm und > 20 mm Niederschlag pro Tag dargestellt. Auch diese Projektionsdaten des Modellensembles liegen für die Szenarien RCP2.6, RCP4.5 und RCP8.5 vor. Wie bei den anderen Projektionsdaten lassen sich hier keine belastbaren Aussagen über räumliche Unterschiede innerhalb des Münsterlandes ableiten. Analog zu den anderen Kenntagen werden im Text die nun beschriebenen Änderungswerte ebenfalls auf ganze Zahlen gerundet.

Starkniederschlagstage > 10 mm pro Tag:

Bei den Tagen mit Starkniederschlägen von mehr als 10 mm wird für die Mitte des Jahrhunderts (2031-2060) für alle drei Szenarien eine Veränderung gegenüber der Referenz-KNP 1971-2000 in einer Bandbreite von rund 0 bis rund +3 zusätzlichen Tagen pro Jahr projiziert (Tabelle 19). Zum Vergleich: In der KNP 1971-2000 gab es im Münsterland im Mittel 20 Starkniederschlagstage > 10mm pro Jahr. Im Bereich der fernen Zukunft (2071-2100) liegt die Bandbreite der Veränderungen an Starkniederschlagstagen > 10 mm pro Jahr für das RCP2.6-Szenario bei rund -1 bis rund +2 zusätzlichen Tagen pro Jahr, für das RCP4.5-Szenario zwischen +1 und +4 zusätzlichen Starkniederschlagstagen pro Jahr und für das RCP8.5-Szenario zwischen +1 und +5 Tagen. Hier wird also ebenso wie für die Mitte des Jahrhunderts eine leichte Zunahme der jährlichen Anzahl an Starkniederschlagstagen mit > 10 mm projiziert.

Tabelle 19: Änderung der Anzahl an Starkniederschlagstagen (> 10 mm pro Tag) pro Jahr im Planungsraum Münsterland - Projektionen für die Mitte des Jahrhunderts und ferne Zukunft bezogen auf 1971-2000 (alle Werte auf ganze Zahlen gerundet; Daten: DWD)

Klimaszenario	Perzentil	2031-2060	2071-2100
RCP2.6	15.	0	-1
	50.	+1	+1
	85.	+3	+2
RCP4.5	15.	0	+1
	50.	+1	+2
	85.	+3	+4
RCP8.5	15.	0	+1
	50.	+2	+3
	85.	+3	+5

Starkniederschlagstage > 20 mm/Tag:

In der Klimanormalperiode 1971-2000 wurden für das Münsterland im Mittel 4 Starkniederschlagstage > 20 mm pro Tag ermittelt. Bei der jährlichen Anzahl an Tagen mit > 20 mm Niederschlag werden für das RCP2.6-Szenario und das RCP4.5-Szenario in der Mitte des Jahrhunderts (2031-2060) eine Veränderung zwischen 0 und rund einem zusätzlichen Tag pro Jahr gegenüber der Referenz-KNP 1971–2000 projiziert (Tabelle 20). Für das RCP8.5-Szenario verändert sich die Anzahl der Starkniederschlagstage > 20 mm im Flächenmittel zwischen keiner Änderung und +2 zusätzlichen Starkniederschlagstagen > 20 mm pro Jahr. Für die ferne Zukunft wird beim RCP2.6-Szenario eine Bandbreite der Änderungen an Starkniederschlagstagen > 20 mm zwischen keinem und rund +1 zusätzlichem Tag pro Jahr gegenüber der Referenz-KNP projiziert. Für das RCP4.5-Szenario steigert sich die Bandbreite gegenüber der Mitte des Jahrhunderts nur geringfügig (keiner bis rund +2 zusätzlichen Tage pro Jahr). Für das RCP8.5-Szenario gibt es Steigerungen in der Bandbreite von einem bis rund +3 zusätzlichen Tagen pro Jahr zusätzlich projiziert. Bei einer derzeitigen Anzahl in der KNP 1971-2000 von 4 Starkniederschlagstagen >20 mm pro Jahr könnte dieser Wert um gut die Hälfte zunehmen.

Tabelle 20: Änderung der Anzahl an Starkniederschlagstagen (> 20 mm/Tag) pro Jahr im Planungsraum Münsterland - Projektionen für die Mitte des Jahrhunderts und ferne Zukunft bezogen auf 1971-2000 (alle Werte auf ganze Zahlen gerundet; Daten: DWD)

Klimaszenario	Perzentil	2031-2060	2071-2100
RCP2.6	15.	0	0
	50.	0	0
	85.	1	1
RCP4.5	15.	0	0
	50.	1	1
	85.	1	2
RCP8.5	15.	0	1
	50.	1	2
	85.	2	3

2.2.7. Fazit projizierte Klimaänderungen

Zu den beschriebenen Ergebnissen der Klimaprojektionen für das Münsterland können im Gegensatz zu den bisher bereits beobachteten Klimaveränderungen kaum Aussagen zu räumlichen Unterschieden innerhalb des Plangebietes gemacht werden. Dennoch liefern die Projektionen der zu erwartenden Klimaveränderungen wichtige Informationen darüber, auf welche Änderungen der klimatischen Verhältnisse sich in Zukunft grundsätzlich auch im Rahmen der Regionalplanung eingestellt werden muss.

Es muss davon ausgegangen werden, dass sich die Trends der bisherigen, messbaren Veränderungen des Klimas im Planungsraum Münsterland auch zukünftig fortsetzen werden. Bis

zur Mitte des Jahrhunderts wird sich die jährliche Durchschnittstemperatur voraussichtlich um +0,7 K bis +2,1 K gegenüber dem Zeitraum 1971-2000 erhöhen, bis zum Ende des Jahrhunderts sogar um +0,8 K bis +4,3 K. Die mittlere Jahrestemperatur hat sich in den vergangenen 30 Jahre (1991-2020) schon um +0,6 °C gegenüber 1971-2000 erhöht und liegt damit bereits fast im unteren Bereich dieser beiden Spannen. Eine Temperaturzunahme um bis zu +2,1 °C würde bedeuten, dass die Jahre 2018 und 2020, also die beiden heißesten Jahre seit Beginn der Temperaturlaufzeichnung in NRW, im Mittel (!) zur Normalität werden würden, wobei diese beiden Jahre noch nicht einmal eine Zunahme der extremsten Werte um 2,1 °C gegenüber dem Zeitraum 1971-200 erreichen. Im Falle eines weiter ungebremsten Ausstoßes an Treibhausgasemissionen ist im Münsterland im RCP8.5-Szenario bis zum Ende des 21. Jahrhunderts mit einem weiteren Anstieg der mittleren Lufttemperatur um bis zu +4,3 °C zu rechnen. Damit würde das Plangebiet in Temperaturniveaus kommen, die bisher nicht einmal in einzelnen Jahren annähernd erlebt wurden. Dadurch, dass diese Werte mittlere Werte über einen 30-jährigen Zeitraum darstellen, muss in einzelnen Jahren mit noch höheren Temperaturwerten als 4,3 °C gerechnet werden.

Die sich fortsetzende Erwärmung zeigt sich analog zur Temperaturzunahme auch bei den Projektionen der temperaturbezogenen Kenntage. Für die jährliche Niederschlagssumme im Plangebiet zeigen die Ergebnisse der Klimaprojektionen uneinheitlichere Ergebnisse zwischen leichten Rückgängen und einem moderaten Anstieg. Die Projektionen der zukünftigen saisonalen Niederschlagsentwicklung zeigen für den Sommer eher negative Tendenzen, während bei Herbst, Frühling und Winter in der Tendenz keine Änderungen bis Niederschlagszunahmen zu erwarten sind. Insbesondere in Anbetracht der projizierten eher rückgängigen Niederschlagsmengen im Sommer in Verbindung mit den möglicherweise stark steigenden Temperaturen muss mit starken Wasserdefiziten im Vergleich zu heute beispielsweise in der Landwirtschaft gerechnet werden.

Die Modellergebnisse zeigen weiter, dass das Klima im Münsterland insgesamt und damit auch das Wetter nicht nur wärmer, sondern auch extremer werden dürfte. Dabei sind sämtliche vorgestellten Projektionen der jeweiligen Klimaparameter Mittelwerte der Fläche des Plangebietes. 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 19 verdeutlicht, wie sich Veränderungen von klimatischen Mittelwerten auf die Auftretenswahrscheinlichkeit von Extremwetterereignissen auswirken können.

Nur energischer Klimaschutz von der lokalen bis zur globalen Skala kann dafür sorgen, dass die zukünftigen Klimaveränderungen im Rahmen der Grenzen des RCP2.6-Szenarios bleiben und sich das Klima bis zum Ende des Jahrhunderts wieder stabilisiert. Die Pfade analog zu den beiden anderen für die Planungsregion Münster betrachteten RCP-Szenarien führen in nur schwer vorstellbare dauerhafte Veränderungen, die für die Menschen gänzlich unbekannt und kaum handhabbar sein dürften. Und das sowohl im Münsterland als auch weltweit.

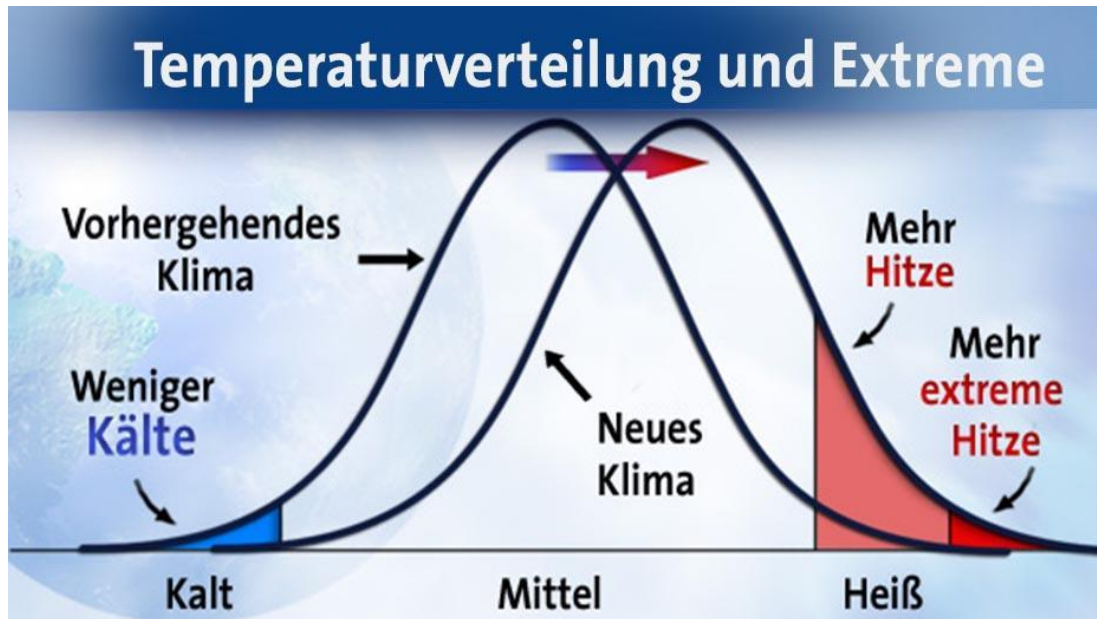


Abbildung 19: Klimawandel - Temperaturverteilung und Extreme (STAEGER 2016).

3. Klimaschutz im Planungsraum Münsterland

Der Begriff Klimaschutz umfasst sämtliche Maßnahmen, die geeignet sind, den anthropogenen Klimawandel zu verhindern oder 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 im Abschnitt 3.1 die Treibhausgasemissionen im Plangebiet Münsterland quantifiziert und eingeordnet sowie die internationalen, bundes- und landesweiten Klimaschutzziele und deren Auswirkungen aufgezeigt. Anschließend wird mit den Erneuerbaren Energien ein wesentlicher Baustein im Bereich Klimaschutz thematisiert: Da der Energiesektor durch den Einsatz fossiler Brennstoffe (Braun- und Steinkohle, Öl, Gas) für einen großen Teil der CO₂-Emissionen verantwortlich ist, kann 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 des Plangebietes zu unterstützen, werden daher in Kapitel 3.2 der aktuelle Bestand und noch ungenutzte Potenziale regenerativer Energien dargestellt und ausgewertet. Grundlage hierfür ist u. a. die „Potenzialstudie Erneuerbare Energien“ des LANUV, die seit dem Jahr 2012 in bislang fünf Einzelstudien die Möglichkeiten zur Nutzung der Windenergie, der Solarenergie, der Biomasse- und Geothermienutzung sowie der Wasserkraft im Land untersucht hat. Zuletzt wurde die Potenzialstudie zur Solarenergie im Jahr 2018 aktualisiert, die Potenzialstudie Windenergie wird derzeit überarbeitet. Die Ergebnisse dieser Überarbeitung lagen für den Fachbeitrag Klima für den Planungsraum Münsterland jedoch noch nicht vor und konnten daher nicht berücksichtigt werden.

Der Fokus liegt insgesamt auf dem Strombereich, da für den Wärmesektor bislang keine vergleichbare Datengrundlage vorliegt. Um die Energiewende auch im Wärmesektor zu unterstützen, werden vom LANUV aktuell weitere Studien erarbeitet, beispielsweise zur Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung. Die Ergebnisse lagen bei Erstellung dieses Fachbeitrags Klima jedoch noch nicht vor. Im Jahr 2019 wurde die Potenzialstudie Industrielle Abwärme veröffentlicht (LANUV 2019_D). Die Studie kommt zu dem Schluss, dass industrielle Abwärme in ganz NRW anfällt, so auch in diversen Unternehmen im Münsterland. Industrielle Abwärme stellt eine Energiequelle dar, die sich sowohl für die Versorgung bevölkerungsstarker Bereiche als auch in ländlichen Regionen zur klimafreundlichen Wärmebereitstellung anbietet. Durch konsequente Nutzung der industriellen Abwärme könnte, v.a. mit Blick auf den erforderlichen Brennstoffwechsel in der Industrie, viel CO₂ eingespart werden. Neben den Informationen in der Potenzialstudie Industrielle Abwärme stellt das LANUV mit dem Wärmekataster (LANUV 2020_B) im Energieatlas.NRW ein innovatives Planungstool zur Verfügung, mit dessen Hilfe potenzielle Wärmequellen und Wärmesenken räumlich miteinander abgeglichen werden können. Hier werden auch die in der Potenzialstudie gewonnenen Daten in anwenderfreundlichen Karten öffentlich zur Verfügung gestellt. So werden Industriebetriebe bei der Suche nach möglichen Abnehmern ihrer Abwärme unterstützt sowie Energieversorgern und Planern klimafreundliche Wärmequellen und mögliche Wärmeabnehmer – bis auf die kommunale

Ebene und teils standortscharf ausgewiesen – aufgezeigt. Weiterhin wurde im Bereich Wärme bereits im Jahr 2018 die Potenzialstudie Warmes Grubenwasser, die die Möglichkeiten zur Nutzung von Erdwärme z. B. aus dem Grubenwasser stillgelegter Bergwerke als Beitrag zur Wärmeversorgung untersucht (LANUV 2018_D). Im Rahmen dieser Studie wurden innerhalb des Plangebietes Potenziale in Ibbenbüren und Mettingen identifiziert. Auch wenn diese Potenziale im Vergleich zu anderen Wärmequellen eher gering sind, so könnte warmes Grubenwasser an diesen Standorten einen Beitrag zum Klimaschutz leisten.

In Kapitel 3.3 werden weitere Bausteine im Bereich Klimaschutz und deren Relevanz für die Regionalplanung im Gebiet des Münsterlandes behandelt. Kapitel 3.4 zeigt abschließend durch klima-fachliche Formulierungsvorschläge zu regionalplanerischen Festlegungen konkrete raumordnerische Steuerungsmöglichkeiten im Bereich Klimaschutz auf.

3.1. Treibhausgasemissionen und Klimaschutzziele

In diesem Abschnitt werden Grundlagen zu Treibhausgasen und dem Monitoring der Emissionen erläutert, sowie die Höhe der Treibhausgasemissionen im Plangebiet Münsterland dargestellt und in das Verhältnis zu den landes- und bundesweiten Werten gesetzt. Grundlage hierfür ist der Bericht „Treibhausgas-Emissionsinventar Nordrhein-Westfalen 2017 – LANUV-Fachbericht 95“ (LANUV 2019_C). Anschließend werden in Abschnitt 3.1.2 die verschiedenen Klimaschutzziele zur Reduktion von Treibhausgasemissionen dokumentiert und deren Anforderungen und Auswirkungen aufgezeigt.

3.1.1. Treibhausgasemissionen im Plangebiet Münsterland

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 werden.

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 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 (UBA 2020).

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 das Münsterland wurden die Daten aus dem nordrhein-westfälischen Treibhausgasinventar 2017 regionalisiert (Tabelle 21). Demnach lag der THG-Ausstoß im Plangebiet bei 18,3 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalenten. Für knapp 78 % der Emissionen in CO₂-Äquivalenten ist demnach der Kohlenstoffdioxid-Ausstoß verantwortlich. Etwa 46 % der THG-Emissionen entstehen in Münsterland in den Sektoren Energiewirtschaft und Industrie (ca. 8,4 Mio. t CO_{2eq}). Der Verkehrssektor (3,2 Mio. t CO_{2eq}) sowie Haushalte und Kleinverbrauch (2,6 Mio. t CO_{2eq}) waren für etwa 18 % bzw. 14 % aller THG-Emissionen in der Region verantwortlich. Der Bereich Landwirtschaft trägt mit 14 % zu den Gesamtemissionen bei, der Abfallbereich mit 0,3 %.

Tabelle 21: Treibhausgasemissionen im Planungsraum Münsterland 2017 (Quelle: LANUV)

Emissionen in 1.000 t CO ₂ eq	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC,PFC SF ₆ , NF ₃	Summe
Energiewirtschaft (1A1)	3.197	4	13	0	3.213
Industrie (1A2/2A-2C)	5.183	1	6	0	5.190
Verkehr (1A3)	3.188	4	43	0	3.235
Haushalte, Kleinverbrauch (1A4-5)	2.612	10	5	0	2.627
Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen (1B)	0	1.078	0	0	1.078
CO ₂ -Transport und Lagerung (1C)	0	0	0	0	0
Produktanwendung/Sonstige (2D-H)	42	1	7	290	340
Landwirtschaft (ohne Landnutzungsänderung) (3)	0	1.692	817	0	2.508
Abfall (4)	0	50	14	0	64
Sonstige (5)	0	0	0	0	0
Summe	14.223	2.839	904	290	18.256

In Tabelle 22 werden die Werte in das Verhältnis zur Einwohnerzahl gesetzt und mit den THG-Emissionen von ganz Nordrhein-Westfalen sowie Deutschland verglichen. Im Ergebnis zeigt sich, dass die vergleichbaren THG-Emissionen im Plangebiet mit etwa 11,2 Tonnen CO₂eq pro Einwohner auf einem ähnlichen Niveau liegen wie der bundesweite Durchschnitt (11,0 Tonnen CO₂eq pro Kopf), allerdings unter den Werten für ganz NRW (15,3 t CO₂eq pro Einwohner). Hauptursache hierfür sind die THG-Emissionen im Sektor Energiewirtschaft, die im Münsterland mit 2,0 t CO₂eq deutlich unter den Pro-Kopf-Werten ganz Nordrhein-Westfalens (7,7 t CO₂eq) und auch leicht unter dem bundesweiten Durchschnitt (3,8 t CO₂eq pro Einwohner) liegen. Beim Sektor Industrie liegt das Münsterland mit 3,2 t CO₂eq pro Einwohner auf gleichem Niveau mit dem NRW-Wert, jedoch etwas höher als der deutschlandweite Wert (2,0 t CO₂eq pro Einwohner). Die Treibhausgasemissionen je Einwohner in den Sektoren Verkehr (2,0 t CO₂eq pro Einwohner) und Haushalte / Kleinverbräuche (1,6 t CO₂eq pro Einwohner) liegen im Plangebiet in etwa auf dem gleichen Niveau wie in ganz NRW oder im Bund. Nicht verwunderlich ist der für das ländlich geprägte Münsterland vergleichsweise hohe Wert im Bereich Landwirtschaft (1,5 t CO₂eq pro Einwohner), der deutlich über den NRW- und Deutschlandwerten liegt (0,4 bzw. 0,8 t CO₂eq pro Einwohner). Einen großen Anteil der Treibhausgasemissionen im Bereich der Industrie (5,2 Mio. t CO₂eq) machen die Gewinnung und Herstellung nicht-metallischer Minerale, vor allem in großen Zement-, Kalk- und Glaswerken, aus.

Tabelle 22: Vergleich der THG-Emissionen 2017 im Planungsraum Münsterland, in NRW und in Deutschland (Werte gerundet, Quelle: LANUV 2019_c, IT.NRW/ Destatis)

Emissionen	Münster- land CO _{2eq} (in 1.000 t)	Münster- land CO _{2eq} / Kopf (t)	NRW CO _{2eq} (in 1.000 t)	NRW CO _{2eq} / Kopf (t)	D CO _{2eq} (in 1.000 t)	D CO _{2eq} / Kopf (t)
Bevölkerung (31.12.2017)	1.626.660		17.912.134		82.792.351	
Energiewirtschaft (1A1)	3.213	2,0	138.300	7,7	313.400	3,8
Industrie (1A2/2A-2C)	5.226	3,2	54.700	3,1	182.100	2,2
Verkehr (1A3)	3.235	2,0	33.700	1,9	168.000	2,0
Haushalte, Kleinverbrauch (1A4-5)	2.627	1,6	31.900	1,8	138.800	1,7
Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen (1B)	1.078	0,7	4.000	0,2	9.900	0,1
Industrieprozesse: 2D-H Produktanwendung/Sonstige (2)	340	0,2	3.800		18.000	
Landwirtschaft (ohne Land- nutzungsänderung) (3)	2.508	1,5	7.700	0,4	66.300	0,8
Abfall (4)	64	0,0	600	0,0	10.200	0,1
Summe	18.256	11,2	274.700	15,3	906.700	11,0

Die mit dem gesamten Bundesdurchschnitt in etwa vergleichbare Höhe der THG-Emissionen pro Einwohner im Plangebiet zeigt, dass auch in dieser Region Maßnahmen zur Reduktion des Treibhausgasausstoßes eine uneingeschränkt hohe Relevanz aufweisen. Zur Erreichung der im Folgenden aufgeführten globalen sowie bundes- und landesweiten Klimaschutzziele ist ein schnelles und entschiedenes Handeln in allen Sektoren und Teilräumen erforderlich. Die hier aufgeführten Daten sind dabei auch als Grundlage für das Monitoring der THG-Emissionen auf regionaler Ebene von Bedeutung.

3.1.2. Ziele zur Reduktion von Treibhausgasemissionen

Auf internationaler, nationaler, und auf Landesebene sind von der Politik mittlerweile verschiedene Zielwerte zur Reduktion von Treibhausgasemissionen beschlossen worden. Im Jahr 1997 wurden auf der Konferenz in Kyoto Ziele zum Klimaschutz auf globaler Ebene festgelegt (Kyoto Protokoll als Zusatzprotokoll zur Ausgestaltung der Klimarahmenkonvention, 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 völkerrechtlich verbindliche Pariser Klimaschutzabkommen (UNFCCC 2015) verabschiedet, welches zum Ziel hat, die globale Erwärmung auf deutlich unter 2 °C im Vergleich zu dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen und Anstrengungen zu unternehmen, sie unter

1,5 Grad zu halten. Deutschland und auch das Land Nordrhein-Westfalen bekennen sich zur Einhaltung dieser Pariser Klimaziele.

Seit Dezember 2019 ist der Europäische Grüne Deal (European Green Deal, EGD) das neue Schlüsselprojekt der EU (BMU 2020). In diesem Rahmen haben sich die Staats- und Regierungschefs der EU zum Ziel der Klimaneutralität bis 2050 bekannt. Bis 2050 sollen also alle Treibhausgasemissionen in der Europäischen Union soweit wie möglich vermieden werden. Die verbleibenden Restemissionen müssen durch Prozesse ausgeglichen werden, die Treibhausgase aus der Atmosphäre entfernen, insbesondere nachhaltig bewirtschaftete Wälder und Böden. Dieses Ziel soll in einem Europäischen Klimagesetz festgeschrieben werden. Die EU hat in ihrem Beitrag zum Übereinkommen von Paris ("Nationally Determined Contribution" – kurz "NDC") hat verpflichtet, ihre Treibhausgasemissionen bis 2030 um mindestens 40 Prozent gegenüber 1990 zu senken. 2020 wurde über den Vorschlag der EU-Kommission debattiert, das EU-Klimaziel hin zu 50 bis 55 Prozent Emissionsminderung bis 2030 zu verstärken.

Die deutsche Bundesregierung hat im November 2016 mit dem Klimaschutzplan 2050 die nationalen Klimaschutzziele bestätigt und weiter präzisiert, wonach Deutschland seine Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2020 um mindestens 40 % reduzieren will, bis 2030 um mindestens 55 % (im Vergleich zu 1990) und bis zum Jahr 2050 weitgehend treibhausgasneutral werden soll (BUNDESREGIERUNG 2020).

Damit steht auch Nordrhein-Westfalen als bedeutender Industriestandort und bevölkerungsreichstes Bundesland vor einer großen Herausforderung. Im Jahr 2013 wurde vom Landtag das erste Klimaschutzgesetz Deutschlands verabschiedet, womit die Wichtigkeit des Klimaschutzes und die Bedeutung für den Standort NRW 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]“. Die Landesregierung hat im Dezember 2020 eine Novelle des Klimaschutzgesetzes angekündigt, in der ambitioniertere Zielwerte zur Treibhausgasreduktion festgeschrieben werden sollen: bis 2030 sollen 55 % an Treibhausgasemissionen gegenüber 1990 eingespart werden und bis 2050 soll das Land NRW treibhausgasneutral wirtschaften (LAND NRW 2020).

Neben den politisch festgesetzten Zielwerten auf europäischer, Bundes- und Landesebene stellt sich aber insbesondere auch die Frage, welche Erfordernisse und Auswirkungen sich aus dem völkerrechtlich verbindlichen Pariser Klimaschutzabkommen und seinem Ziel ergeben, die globale Erwärmung auf deutlich unter 2 Grad im Vergleich zum vorindustriellen Niveau zu begrenzen und Anstrengungen zu unternehmen, sie unter 1,5 Grad zu halten.

Die Begrenzung der globalen Erwärmung auf einen bestimmten Wert erlaubt folgerichtig nur noch die globale Emission einer begrenzten Menge an Treibhausgasen. Um die Ziele des Pariser Klimaabkommens zu erreichen und die globale Erwärmung auf deutlich unter 2 Grad zu begrenzen, sind demnach nur noch begrenzte Treibhausgas-Emissionsbudgets verfügbar. Der Weltklimarat hat hierzu in einem Sondergutachten den Stand der Wissenschaft zusammengefasst und (für Kohlenstoffdioxid) dargestellt, wie hoch die verbleibenden globalen Emis-

sionsbudgets für das Erreichen bestimmter Klimaziele noch ausfallen. Um mit einer Wahrscheinlichkeit von 67 Prozent die globale Erwärmung auf 1,75 Grad begrenzen zu können, verblieben demnach weltweit ab Anfang 2018 noch 800 Gigatonnen CO₂-Emissionen (IPCC 2018).

Legt man den Anteil an der Weltbevölkerung zu Grunde (1,1 %), verfügt Deutschland demnach zur Erreichung der Pariser Klimaschutzziele ab Beginn des Jahres 2019 noch über ein Restbudget von 7,3 Gigatonnen CO₂-Emissionen (RAHMSTORF 2019). Derzeit emittiert Deutschland jährlich rund 0,9 Gigatonnen (Tabelle 22). Um die deutschen Treibhausgasemissionen derart zu reduzieren, dass eine Treibhausgas-Neutralität zu dem Zeitpunkt erreicht wird, in dem das verbleibende deutsche Emissionsbudget vollständig ausgeschöpft ist, ist eine erhebliche jährliche Minderung der Treibhausgasemissionen erforderlich. Ab sofort müssten hierfür die bundesweiten Treibhausgasemissionen konstant jedes Jahr um rund 6 Prozent reduziert werden, so dass ab dem Jahr 2036 das derzeitige CO₂-Restbudget von 7,3 Gigatonnen aufgebraucht und Treibhausgas-Neutralität erreicht würde (Abbildung 20). Einen Spielraum für Treibhausgas-Emissionen nach 2036 könnte nur durch eine anfangs schneller stattfindende Reduktion oder durch negative Emissionen erreicht werden (relevant sind in diesem Zusammenhang die Netto-Emissionen). Zum Vergleich: Wäre schon 1992, nach Abschluss der Klimarahmenkonvention in Rio, mit der Emissionsminderung begonnen worden, hätte eine lineare Reduktion über einen Zeitraum von 62 Jahren (Treibhausgas-Neutralität bis zum Jahr 2052) und somit eine Reduktionsrate von lediglich 1,6 Prozent pro Jahr ausgereicht, um mit demselben Emissionsbudget auszukommen. (RAHMSTORF 2019)

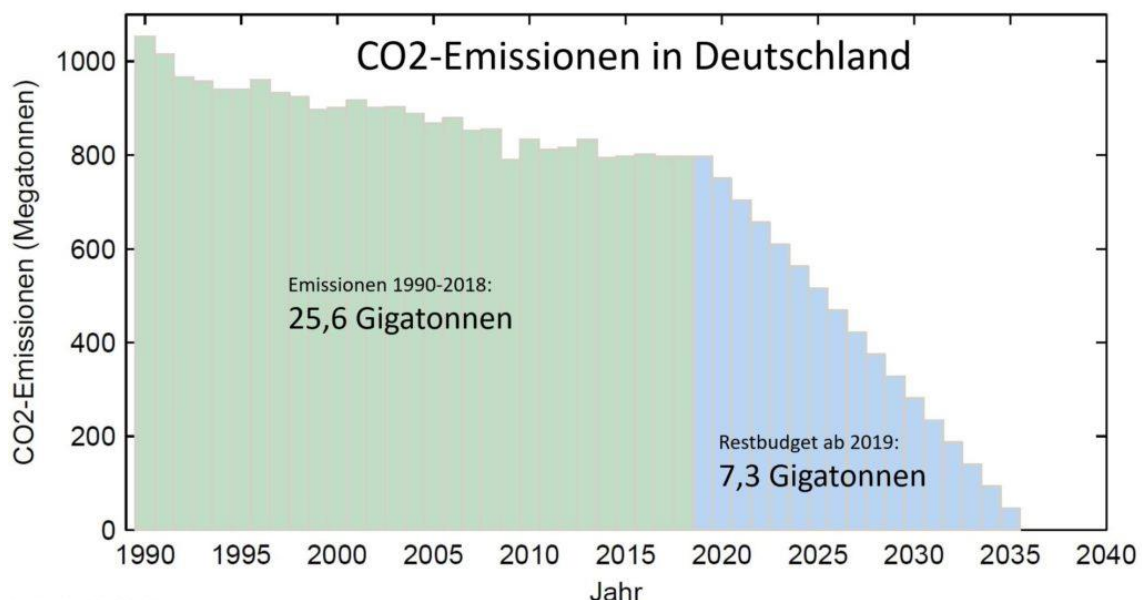


Abbildung 20: Treibhausgasemissionen und Restbudget in Deutschland (Grafik: Prof. Stefan Rahmstorf, Creative Commons BY-SA 4.0)

Die Ziele des Pariser Klimaschutzabkommens erfordern also eine schnelle und konsequente Reduktion der Treibhausgasemissionen. Dies gilt global ebenso wie für Deutschland, Nordrhein-Westfalen oder das Münsterland, das mit Gesamtdeutschland vergleichbare Pro-Kopf-

Emissionen aufweist. Ohne entschiedenes und unverzügliches Handeln auf globaler, nationaler, regionaler und lokaler Ebene können die Pariser Klimaziele nicht mehr erreicht werden. Die Höhe der zukünftigen volkswirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Folgekosten des Klimawandels ist stark abhängig davon, welche Entscheidungen heute getroffen werden.

3.2. Ausbau der Erneuerbaren Energien in der Region

Der Landesentwicklungsplan NRW (letzte Änderung vom 6. August 2019) 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 Voraussetzungen 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 auf den Strombereich, da für den Wärmesektor (mit Ausnahme der regionalplanerisch nicht zu steuernden oberflächennahen Geothermie, sowie der industriellen Abwärme, der Biomasse und für das warme Grubenwasser) bislang eine vergleichbare Datengrundlage noch nicht vorliegt. Derzeit werden im LANUV weitere Potenzialstudien durchgeführt (z. B. zur Kraft-Wärme-Kopplung), um auch im Wärmesektor eine umfassende Informationsbasis zu schaffen. Zudem wird im Stromsektor die Potenzialstudie Windenergie des LANUV aus dem Jahr 2012 derzeit auf Grund veränderter Rahmenbedingungen grundlegend überarbeitet, die Ergebnisse lagen für diesen Fachbeitrag jedoch noch nicht vor.

Wie in Kapitel 3.1 gezeigt, ist der Sektor Energie auch im Plangebiet Münsterland der mit Abstand größte Verursacher von Treibhausgasemissionen. Insgesamt lag der Stromverbrauch im Jahr 2017 im Münsterland bei 13.073 GWh/a (Kreis Borken (2.972 GWh/a), Kreis Coesfeld (1.764 GWh/a), Kreis Steinfurt (3.589 GWh/a), Kreis Warendorf (2.228 GWh/a), Stadt Münster (2.520 GWh/a) (LANUV 2020_B). Der Stromertrag aus Erneuerbaren Energien lag 2019 bei etwa 5.660 GWh (Tabelle 23), so dass Strom aus regenerativen Quellen derzeit etwa 43 % des gesamten Stromverbrauchs im Planungsraum ausmacht (die aktuellsten Daten zum Stromverbrauch auf Ebene der Kreise stammen aus dem Jahr 2017, der jährliche Stromverbrauch liegt jedoch seit Jahren auf einem relativ konstanten Niveau, so dass an dieser Stelle auch Werte aus verschiedenen Jahren verglichen werden). Dadurch kann eine jährliche Einsparung der Treibhausgasemissionen von etwa 2,3 Mio. Tonnen pro Jahr erzielt werden (Emissionsfaktor 2019, geschätzt auf Basis vorliegender Daten: 401 g CO₂/kWh, (UBA 2020)). Zum Vergleich: Die gesamten Emissionen lagen im Plangebiet für das Jahr 2017 bei etwa 18,3 Mio. Tonnen CO_{2eq}. Darin enthalten sind u.a. die Emissionen aus Energiewirtschaft (1A1) und Industrie (1A2) mit zusammen 6,2 Mio. Tonnen CO_{2eq}, die des Verkehrs mit 3,2 Mio. Tonnen CO_{2eq} und der Haushalte und Kleinverbraucher mit 2,6 Mio. Tonnen CO_{2eq} (Kapitel 3.1). Dies verdeutlicht die Potenziale, aber auch die dringliche Notwendigkeit zur Reduktion von Treibhausgasemissionen im Plangebiet durch den weiteren Ausbau der Erneuerbaren Energien.

Tabelle 23 zeigt den Ausbaustand der Erneuerbaren Energien im Plangebiet Münsterland zum 31.12.2019 im Stromsektor. In Bezug auf die installierte Leistung heben sich die Windenergie (131 MW) und die Photovoltaik (137 MW, davon lediglich 0,2 MW an Freiflächen-PV-Anlagen) deutlich von den weiteren erneuerbaren Energieträgern ab (Biomasse: 12 MW, Wasserkraft: 39 MW). In Bezug auf den Stromertrag liegt die Windenergie (246 GWh/a) deutlich vor der Photovoltaik (121 GWh/a), der Wasserkraft (87 GWh/a) und der Biomassenutzung (72 GWh/a).

Tabelle 23: Ausbaustand der Erneuerbaren Energien im Planungsraum Münsterland (Stand: 31.12.2019; Daten: LANUV 2020_B, Werte gerundet)

	Anzahl Anlagen	installierte Leistung (MW)	Stromerzeugung (GWh/a)	Anteil am Stromverbrauch (%)
Windenergie	951	1586	3.098	23,7
Photovoltaik	58.965	1341	1.191	9,1
<i>davon Freiflächen-PV</i>	64	41	37	0,3
Biomasse	423	228	1.367	10,5
Wasserkraft	27	1	5	< 0,1
Gesamt	60.366	3.157	5.660	43,3

Im Plangebiet sind somit zum Stand Ende 2019 insgesamt 60.366 Anlagen zur regenerativen Stromerzeugung mit einer Gesamtleistung von 3.157 MW installiert. Dies entspricht knapp 21 % aller Anlagen in Nordrhein-Westfalen (insgesamt ca. 288.200) und knapp 25 % der landesweit installierten Leistung (insgesamt ca. 12.900 MW). Mit einer Bruttostromerzeugung von etwa 5.660 GWh/a kommen etwa 24 % der in NRW erzeugten Erneuerbaren Energie (insgesamt ca. 23.300 GWh/a) aus dem Münsterland. Mit 43,3 % Anteil am Stromverbrauch liegen die Erneuerbaren Energien im Münsterland deutlich oberhalb des landesweiten Anteils von 16 %, und fast auf dem Niveau des bundesweiten Wertes von ca. 46 % (Stand: 31.12.2019, Quelle: LANUV 2020_B, FRAUNHOFER ISE 2020)

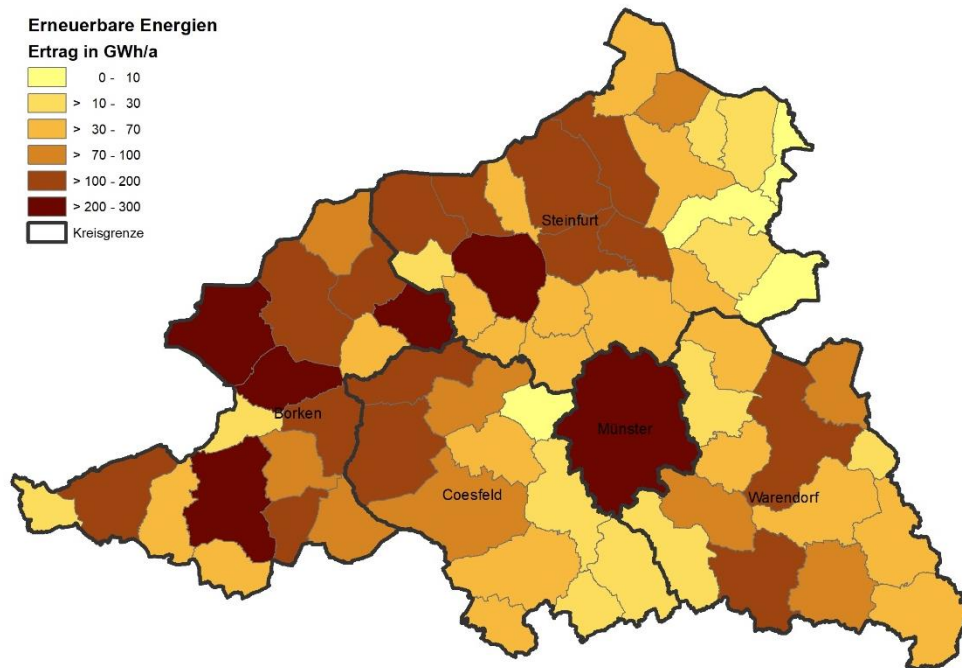


Abbildung 21: Erneuerbare Energien im Planungsraum Münsterland - Stromertrag nach Gemeinden (Stand: 31.12.2019; Quelle: LANUV 2020_B)

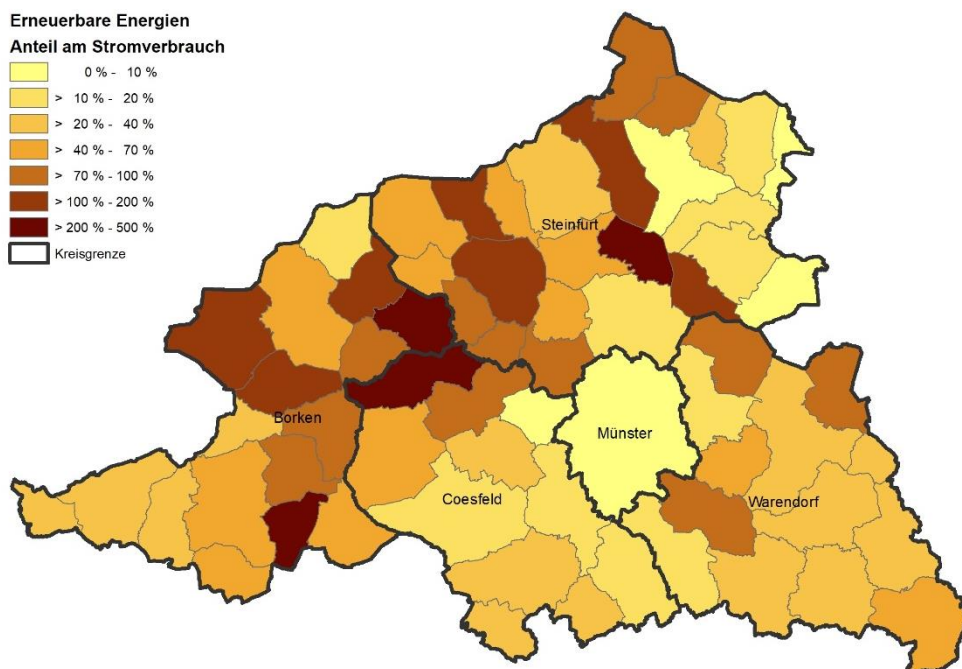


Abbildung 22: Erneuerbare Energien im Planungsraum Münsterland – Anteil am Stromverbrauch nach Gemeinden (Stand EE: 31.12.2019, Stand Stromverbrauch: 31.12.2017; Quelle: 2020_B;))

Abbildung 21 und Abbildung 22 veranschaulichen den Stromertrag aus Erneuerbaren Energien sowie den Anteil Erneuerbarer Energien am Stromverbrauch im Münsterland nach Gemeinden im Jahr 2019. Den absolut höchsten Stromertrag aus Erneuerbaren Energien weist in 2019 die Stadt Steinfurt mit 288 GWh auf, gefolgt von Schöppingen (271 GWh), Münster (240 GWh) und Vreden (230 GWh). Die niedrigsten Stromerträge mit unter 10 GWh wurden in Lienen, Lotte, Havixbeck und Tecklenburg produziert. Der Anteil Erneuerbarer Energien am Stromverbrauch ist in Schöppingen mit 496 % mit Abstand am höchsten, es folgen Saerbeck mit 324 %, Heiden mit 240 % und Rosendahl mit 215 %. Die niedrigsten Anteile mit unter 10 % liefern Lotte, Lienen, Ibbenbüren, Havixbeck und Münster.

Tabelle 24 fasst die Potenziale für den Ausbau der Erneuerbaren Energien im Planungsraum Münsterland zusammen. Hierbei handelt es um Gesamtpotenziale aus der Potenzialstudie Erneuerbare Energien des LANUV, bei denen der aktuelle Anlagenbestand nicht berücksichtigt ist. Für die Ermittlung des noch ungenutzten Potenzials muss daher jeweils das Gesamtpotenzial im Verhältnis zum aktuellen Anlagenbestand betrachtet werden. Dabei muss jedoch auch beachtet werden, dass bestehende Anlagen zum Teil auch auf Flächen stehen, die in der Studie nicht als Potenzialflächen erfasst wurden. Daher stimmt das Gesamtpotenzial abzüglich des derzeitigen Bestandes nicht exakt mit dem noch ungenutzten Potenzial überein.

In Bezug auf die installierbare Leistung weist die Photovoltaik das größte Gesamtpotenzial im Planungsraum auf (17.600 MW, davon 7.500 MW auf Freiflächen), gefolgt von der Windenergie (je nach Szenario: 3.900 bis 4.400 MW) und der Wasserkraft. Für die Biomasse liegen zur installierbaren Leistung keine Potenziale vor. Betrachtet man den potenziellen Ertrag, so weist die Photovoltaik einen potenziellen Ertrag von 15.100 GWh/a auf (davon 6.800 GWh auf Freiflächen), gefolgt von der Windenergie (zwischen 9.400 und 10.400 GWh/a), der Biomasse (5.900 GWh/a, davon 4.700 GWh/a Wärme und 1.200 GWh/a Strom) und der Wasserkraftnutzung (2 GWh/a). Bei vollständiger Ausnutzung des vorhandenen Gesamtpotenzials für regenerative Energie könnte der Stromverbrauch im Münsterland (13.073 GWh/a im Jahr 2017) demnach mit klimafreundlichen Energieträgern mehr als abgedeckt werden.

Tabelle 24: Potenziale zum Ausbau der Erneuerbaren Energien im Planungsraum Münsterland (Werte gerundet, Gesamtpotenzial ohne Berücksichtigung des derzeitigen Bestandes. Daten: Potenzialstudien Erneuerbare Energien des LANUV, Website www.energieatlas.nrw.de)

	potenziell installierbare Leistung in MW	potenzieller Ertrag in GWh/a
Windenergie	3.900 – 4.400	9.400 – 10.400
Photovoltaik (Dachflächen)	10.100	8.300
Photovoltaik (Freiflächen)	7.500	6.800
Wasserkraft	0,6	2
Biomasse	k.A.	Strom: 1.200 Wärme: 4.700

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.

Ebenfalls sollte berücksichtigt werden, dass die Potenzialstudie Windenergie aus dem Jahre 2012 derzeit überarbeitet wird, um aktuelle Entwicklungen und geänderte Rahmenbedingungen zu berücksichtigen. Die Ergebnisse lagen für diesen Fachbeitrag jedoch noch nicht vor, so dass für die Potenziale der Windenergienutzung im Plangebiet auf die Ergebnisse Studie aus dem Jahr 2012 (LANUV 2012) zurückgegriffen wird. Dabei werden die beiden Szenarien „NRW_{alt}“ und „NRW-Leitszenario“ berücksichtigt.

Weitere Informationen zum Ausbaustand der Erneuerbaren Energien in den Gemeinden und Kreisen des Planungsraums Münsterland können auf der Website des Energieatlas NRW (www.energieatlas.nrw.de) online abgerufen werden.

3.2.1. Fazit

Die größten Potenziale für den Klimaschutz und den Umbau der Energieversorgung im Plangebiet liegen, ähnlich wie landes- oder bundesweit, im Ausbau der Solarenergie und der Windenergie. Typisch ist auch 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, ist in den eher ländlich geprägten Teilen des Plangebietes das größte Potenzial zum Ausbau der Windenergie vorhanden.

Zur Erreichung der erforderlichen Treibhausgas-Emissionsreduktion im Stromsektor spielt neben der Energieeinsparung und der Steigerung der Energieeffizienz auch im Münsterland der Ausbau der Erneuerbaren Energien eine wesentliche Rolle. Dadurch, dass Strom aus Erneuerbaren Energien den Strom aus fossilen Energieträgern ersetzt, werden Treibhausgasemissionen vermieden. In einem vereinfachten Ansatz können durch die Multiplikation der (potenziellen) Strommenge aus Erneuerbaren Energien mit dem CO₂-Äquivalentwert des deutschen Strommixes die vermeidbaren CO₂-Emissionen näherungsweise errechnet werden. Bei der Erzeugung einer Kilowattstunde Strom für den Endverbrauch (ohne Berücksichtigung des Stromhandelssaldos) wurden in Deutschland im Jahr 2019 (geschätzt auf der Basis vorläufiger Daten) 401 Gramm pro Kilowattstunde emittiert (CO₂-Äquivalent-Wert für den deutschen Strommix) (UBA 2020). Bei einer derzeitigen Bruttostromerzeugung aus Erneuerbaren Energien von insgesamt etwa 5.660 GWh/a im Münsterland ergibt sich demnach eine Vermeidung von Treibhausgasemissionen von über 2,3 Mio. Tonnen pro Jahr.

Moderne Windenergieanlagen können im Bereich des Münsterlandes Jahresenergieerträge von über 10 GWh (10.000.000 kWh) erzielen (LANUV 2020_B: Windertragsrechner). Durch den

Bau einer Windkraftanlage mit einem Jahresertrag von 10 GWh könnten demnach Treibhausgasemissionen von ca. 4.010 Tonnen eingespart werden, durch einen Windpark mit 10 Anlagen etwa 40.100 Tonnen. Unter der Annahme, dass theoretisch das gesamte Windenergie-Potenzial ausgenutzt werden würde (Potenzialstudie Windenergie des LANUV 2012, Szenario „NRW_{alt}“), könnten im Münsterland 3,8 Mio. Tonnen oder 21 % der gesamten Treibhausgasemissionen vermieden werden. Die Potenziale werden auf Grund veränderter Rahmenbedingungen für die Windenergie (u. a. Mindestabstände zur Wohnbebauung, Windenergienutzung im Wald) bei der aktuellen Überarbeitung der Potenzialstudie jedoch voraussichtlich geringer ausfallen als bei der Studie aus dem Jahr 2012.

Im Jahr 2019 sind im Münsterland insgesamt 3.139 neue PV-Dachanlagen mit einer installierten Leistung von 76 Megawattpeak in Betrieb genommen worden (LANUV 2020_B). Dadurch konnte eine jährliche Stromerzeugung von 68 GWh (68.000 MWh bzw. 68.000.000.000 kWh) erzielt werden. Moderne PV-Anlagen erzeugen im Plangebiet demnach im Schnitt eine Strommenge von 21,7 MWh bzw. 21.700 kWh pro Anlage und Jahr und vermeiden dadurch etwa 8,7 Tonnen Treibhausgasemissionen. Durch den Zubau von beispielsweise 1.000 weiteren Dachflächen-Photovoltaikanlagen könnten im Plangebiet rund 8.700 Tonnen Treibhausgasemissionen vermieden werden. Das Gesamtpotenzial zum Ausbau der Photovoltaik allein auf Dachflächen im Planungsraum liegt dabei deutlich höher: Ein potenzieller Jahresertrag von 8.300 GWh (bzw. 8.300.000.000 kWh, Tabelle 24) entspräche vermiedenen Treibhausgasemissionen in Höhe von 3,3 Mio. Tonnen oder 18 Prozent der gesamten Treibhausgasemissionen im Münsterland (Tabelle 21). Zudem gibt es auch im Münsterland Potenziale zur Nutzung von Freiflächen-PV-Anlagen, wodurch nochmal größere Möglichkeiten zur Einsparung von Treibhausgasemissionen bestehen.

3.3. Weitere Handlungsfelder Klimaschutz

Im Folgenden soll cursorisch auf weitere Handlungsfelder im Bereich Klimaschutz eingegangen werden. Da hier jedoch die verfügbaren Datengrundlagen nicht aussagekräftig genug oder die Steuerungsmöglichkeiten auf der Ebene der Regionalplanung insgesamt eingeschränkt sind, werden diese für den Klimaschutz grundsätzlich ebenfalls äußerst bedeutsamen Themenbereiche an dieser Stelle nur grob umrissen.

Mobilität

Das Handlungsfeld Mobilität weist auch im Münsterland ein erhebliches Potenzial zur Reduktion von Treibhausgasemissionen auf: Etwa 18 % der THG-Gesamtemissionen in der Region entstammen aus dem Verkehrssektor (Tabelle 21). Zur Verringerung verkehrsbedingter CO₂-Emissionen können beispielsweise günstige Siedlungs- und Verkehrsstrukturen beitragen. Dies betrifft vor allem die Möglichkeit zur Verkehrsverlagerung (Bewältigung von Wegstrecken mit Verkehrsmitteln des Umweltverbundes wie Fuß- und Radverkehr, ÖPNV), der Verkehrsvermeidung (Beeinflussung des Bedarfs nach Verkehr und Verkürzung der Wegstrecken), der Verkehrsoptimierung (bessere Auslastung bestehender Kapazitäten) sowie die Minderung der spezifischen Emissionen der Fahrzeuge (z. B. Förderung der Elektro-Mobilität und der dafür benötigten Infrastruktur). (UBA 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 schienengebundenen Personalverkehrs) oder bei der Festsetzung von Zielen zur Begrenzung der Siedlungsentwicklung, zur Nachverdichtung sowie durch grundsätzliche Formulierungen zur Förderung der Elektromobilität. (UBA 2012)

Landwirtschaft

Die Landwirtschaft, die im Münsterland traditionell eine große Bedeutung hat, ist einerseits deutlich von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen, weshalb in diesem Bereich auch Anpassungsmaßnahmen von großer Bedeutung sind (Kapitel 4.2), andererseits trägt die Landwirtschaft durch Treibhausgasemissionen auch zum Klimawandel bei. Knapp 14 % der Treibhausgasemissionen im Münsterland stammen aus diesem Sektor (Tabelle 21).

Die von der Landwirtschaft verursachten Treibhausgasemissionen bestehen zum einen aus Lachgas und Methan, die bei natürlichen Prozessen im Boden, bei der Verdauung in der Tierhaltung oder der Lagerung von Mist und Gülle entstehen. Diese Gase sind deutlich klimawirksamer als Kohlendioxid.

Bei der Umwandlung von Grünland in Ackerland sowie der landwirtschaftlichen Nutzung entwässerter Moorböden wird Kohlenstoffdioxid freigesetzt. Zudem wird in der Landwirtschaft natürlich auch Energie verbraucht, z. B. für Beleuchtungs-, Lüftungs- und Fütterungssysteme. (BMEL 2016)

Die durch die Landwirtschaft verursachten Treibhausgasemissionen lassen sich nicht vollständig vermeiden. Eine Reduzierung und damit ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz kann jedoch z. B. durch eine effizientere Düngung, die Nutzung von Mist und Gülle in Biogasanlagen oder eine verbesserte Fütterung, Tiergesundheit und Tierleistung erreicht werden. (BMEL 2016) Ergänzend ist auf die Notwendigkeit der Reduzierung des Einsatzes mineralischer Stickstoffdüngung hinzuweisen.

Wärmeversorgung, Energieeffizienz

Die Wärmeversorgung von Gebäuden benötigt etwa ein Drittel des gesamten Endenergieverbrauchs in Deutschland, private Haushalte sind für etwa 14 % der Treibhausgasemissionen im Münsterland verantwortlich (Kapitel 3.1). Daher besteht auch im Handlungsfeld Wärmeversorgung ein erhebliches Potenzial zur Einsparung von Treibhausgasemissionen. 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. (UBA 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. Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung, Nah- und Fernwärmeversorgung) gemacht werden, die von der nachfolgenden Ebene der kommunalen Planung zu berücksichtigen und zu konkretisieren sind. (UBA 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 dem Last-Management können auch Energiespeicher einen Teil dieser benötigten 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. Für das Münsterland wurden jedoch keine Potenziale für Pumpspeicher identifiziert.

Kohlenstoffsenken

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

3.4. Klima-fachliche Empfehlungen für regionalplanerische Festlegungen zum Klimaschutz

Aus klimafachlicher Perspektive muss der Regionalplan Münsterland den Ausbau der Erneuerbaren Energien im Rahmen der Vorgaben und Möglichkeiten des Landesentwicklungsplans NRW unterstützen und durch die Formulierung von Zielen und Grundsätzen sichern. Zentrale Kriterien für Steuerungsmöglichkeiten sind die Raumbedeutsamkeit und die überörtliche Bedeutung (nähere Ausführungen hierzu in Kapitel 4.1.1). Dies ist beispielsweise für dach- und fassadengebundene Photovoltaikanlagen oder kleinere Wasserkraftanlagen in der Regel nicht gegeben. Bei Windenergieanlagen, Freiflächen-Photovoltaikanlagen und größeren Wasserkraftanlagen wird in der Regel von einer regionalplanerischen Steuerungsfähigkeit ausgegangen (BMVBS 2011). Bei der Biomasse-Nutzung wird die Errichtung von privilegierten Einzelanlagen in der Regel nicht als raumbedeutsam angesehen, bei mehreren Anlagen in engem zeitlichem und räumlichem Zusammenhang kann aufgrund ihrer kumulativen Wirkungen oder

auch im Zusammenwirken mit dem Biomasseanbau eine Einstufung als raumbedeutsam vorliegen. Bei nicht privilegierten Anlagen kann die immissionsschutzrechtliche Genehmigungsbedürftigkeit gemäß Anhang zur 4. BImSchV zur Einstufung als raumbedeutsames Vorhaben herangezogen werden (BMVBS 2011). Es ist aber auch darauf hinzuweisen, dass § 1 Abs. 4 BauGB Bindungswirkungen der Ziele der Raumordnung auch für nicht raumbedeutsame Planungen beinhaltet.

Grundsätzlich sollten im Regionalplan Münsterland aus Gründen des Klimaschutzes in allen Teilen der Region die Voraussetzungen für eine umwelt- und klimaverträgliche Energieversorgung geschaffen werden. Aus Sicht des LANUV sollten daher planerische Handlungsspielräume und Steuerungsmöglichkeiten möglichst weitgehend ausgenutzt und Festlegungen getroffen werden, die die verstärkte Nutzung regional verfügbarer erneuerbarer Energiequellen zum Ziel haben, auch um den mittelfristigen Ausstieg aus der Nutzung konventioneller Energieträger (Erdöl, Erdgas, Kohle, Uran) kompensieren zu können und lokale Wertschöpfungsketten zu stärken. Zur Förderung des Ausbaus klimafreundlicher Energien im Rahmen einer klimawandelgerechten Regionalplanung sollte dabei auch die Möglichkeit von quantitativen gebietsbezogenen Mengenvorgaben intensiv geprüft werden.

Der Ausbau der Windenergienutzung ist für die Erreichung der Klimaschutzziele im Sektor Energieversorgung von großer Bedeutung und sollte aus klimaschutzfachlicher Sicht des LANUV durch den Regionalplan Münsterland im Rahmen der Vorgaben des LEP NRW besonders unterstützt werden. Eine konkrete räumliche Steuerung durch die Regionalplanung ist durch die Ausweisung von zeichnerischen Vorrang- und Vorbehaltsgebieten möglich, was im bislang geltenden Regionalplan Münsterland bereits umgesetzt wurde. Dies ist somit ein bewährtes Instrument zur räumlichen Steuerung und Absicherung des Ausbaus klimafreundlicher Energieträger. Mögliche weitere raumordnerische Festlegungen können und sollten auch textliche und / oder zeichnerische Regelungen zum Repowering von Windenergieanlagen betreffen. Dabei können im Regionalplan Vorranggebiete für das Repowering festgesetzt werden, in denen die Windenergienutzung nur unter bestimmten Voraussetzungen möglich ist (und in denen z. B. eine Differenzierung hinsichtlich anderweitig geforderter weicher Restriktionen erfolgt), oder regionalplanerische Ausnahmen für das Repowering nach § 6 Abs. 1 ROG formuliert werden.

Der Ersatz alter Windräder durch moderne, leistungsfähigere Anlagen wird durch das Auslaufen der EEG-Förderung für die ersten Anlagen ab dem Jahr 2021 deutlich an Relevanz zunehmen. So werden in ganz NRW 1.235 Windenergieanlagen mit einer installierten Leistung von ca. 1.550 MW (Jahresertrag: etwa 2.250 GWh) zwischen 2021 und 2025 aus der EEG-Förderung fallen, und damit - in Abhängigkeit auch von den Börsenstrompreisen und dem Anlagenzustand - häufig stillgelegt und zurückgebaut werden. Das entspricht etwa 34 % aller Anlagen und knapp 27 % der gesamten installierten Leistung im Land (Stand: 31.12.2018). In einer bundesweiten Befragung von Anlagenbetreibern wurde für 40 % der Windenergieanlagen, die zwischen 2021 und 2025 das EEG-Förderende erreichen, angegeben, dass diese im Umfeld des Standortes nicht repowert werden können. Als Ursache hierfür werden für zwei Drittel dieser Fälle planungsrechtliche Restriktionen angegeben (FA Wind 2018). Auch aus dem Ausnahmetatbestand für Repoweringanlagen in Bezug auf einen pauschalen Abstand zu Wohngebäuden in Ziel 10.2-3 des geänderten Landesentwicklungsplans vom 6. August 2019 ergibt

sich in diesem Bereich ein erhöhter planerischer Steuerungsbedarf. Weitere Hinweise zu regionalplanerischen Gestaltungsmöglichkeiten beim Repowering können z. B. dem Leitfaden „Regionalplanung und Repowering“ (BWE 2017) entnommen werden.

Zur Unterstützung und Steuerung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen sollten textliche oder zeichnerische Festlegungen hinsichtlich ihrer räumlichen Steuerung auf bestimmte Flächen (z. B. versiegelte Flächen, Konversionsflächen, Halden) formuliert werden. In diesen Bereichen sollte der Nutzung von regional bedeutsamen Freiflächen-Photovoltaikanlagen, solange diese nicht landwirtschaftliche Flächen in Anspruch nehmen, ein besonderes Gewicht bei der Abwägung mit konkurrierenden raumbedeutsamen Nutzungen beigemessen werden. Für Dachflächen-Photovoltaikanlagen wäre es vor dem Hintergrund der siedlungsstrukturellen Entwicklung im Münsterland sinnvoll, einen raumordnerischen Grundsatz zu formulieren, nach dem bei der Ausweisung neuer Gewerbegebiete durch die kommunale Bauleitplanung die Belange des Klimaschutzes verstärkt zu berücksichtigen sind. Konkret könnte dies beispielsweise die bauleitplanerische Verpflichtung zur Photovoltaiknutzung auf Dachflächen von industriell oder gewerblich genutzten Neubauten umfassen.

Darüber hinaus ist es im Rahmen der Regionalplanung zumindest denkbar, als übergreifendes Klimaschutzinstrument für Treibhausgase gebietsbezogen konkrete Emissionsminderungsvorgaben festzusetzen. Dieser planungsrechtlich innovative Ansatz wird umfassend in WAGNER 2018 beschrieben und dort hinsichtlich seiner Voraussetzungen, Zulässigkeit und Wirkungen diskutiert. Demnach erfüllen gebietsbezogene Emissionsminderungsziele die Anforderungen an Ziele der Raumordnung nach § 3 Abs.1 Nr.2 ROG und verstoßen weder gegen europäisches noch nationales Emissionshandels- oder Immissionsschutzrecht. Aus raumordnerisch festgesetzten Emissionsminderungszielen ergäbe sich dann die Pflicht des Planungsträgers, treibhausgasemittierende sowie –reduzierende Nutzungen und Funktionen derart zu planen, dass die gebietsweise ausgewiesenen Minderungsziele erreicht würden. Treibhausgasemittierende raumbedeutsame Vorhaben wären dann unzulässig, wenn durch sie die festgesetzten Emissionsminderungsziele verfehlt würden (WAGNER 2018). Für das Monitoring der Treibhausgasemissionen wäre zu prüfen, ob die Daten des Treibhausgas-Emissionsinventars NRW des LANUV herangezogen werden könnten.

Allgemeine Grundsätze sollten im Regionalplan Münsterland darüber hinaus u. a. auch zur Reduktion des Energieverbrauchs oder zur effizienteren Energienutzung festgesetzt werden. Diese Vorgaben sollten sich beispielsweise auf eine energiesparende Siedlungsstruktur und –entwicklung oder eine energiesparende und klimaverträgliche Verkehrsinfrastruktur beziehen.

4. Klimaanpassung im Planungsraum Münsterland

Die Folgen des anthropogenen Klimawandels sind in Nordrhein-Westfalen bereits heute messbar und haben Auswirkungen auf verschiedenste Lebensbereiche. Es ist daher unerlässlich, sich an bereits eingetretene und nicht mehr vermeidbare zukünftige Klimaveränderungen anzupassen, um Schäden für die Gesellschaft und die Natur 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 Folgen des Klimawandels und mögliche Maßnahmen zur Anpassung an den vom Menschen verursachten Klimawandel im Planungsraum Münsterland 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 im Plangebiet 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 Planungsraum Münsterland zählt hierzu die Großstadt Münster (315.293 Einwohner). Aber auch weitere Städte wie Rheine (76.218 Einwohner), Bocholt (71.113), Ahlen (52.503) oder Ibbenbüren (51.822) weisen verstärkt urbane Siedlungsstrukturen auf (Quelle: IT.NRW, Stand der Daten: 31.12.2019).

Vor allem in dicht bebauten und stark versiegelten 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 zur Anpassung an den Klimawandel 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 (DWD 2018_A).

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 bis zu 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 werden.

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 auf der Ebene der regionalen Planung gibt es Steuerungsmöglichkeiten, wenn die hierfür erforderlichen Voraussetzungen (vor allem die 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 landesweiten „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 im Planungsraum Münsterland und für die darauf aufbauenden Empfehlungen herangezogen.

In diesem Kapitel werden zunächst die grundsätzlichen regionalplanerischen Steuerungsmöglichkeiten im Bereich der thermischen 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 im Plangebiet dargestellt (4.1.3). Abschließend werden Handlungsempfehlungen und mögliche regionalplanerische 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 auch 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 (im Gegensatz auch beispielsweise zum Bereich Klimaschutz) fehlende Erfahrungen und Beispiele für die regionalplanerische Steuerung klimaökologischer Belange, 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. Dies hat 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. Vor diesem Hintergrund soll in diesem Abschnitt diskutiert werden, ob und in

welcher Form die von der Regionalplanung bisher kaum durchsetzungsfähig adressierten klimaökologischen Belange regionalplanerisch gesteuert werden können. Dies erfordert auch die Einbeziehung planungsrechtlicher Aspekte, wenngleich diese Fragestellungen (beispielsweise zum Kompetenzrahmen der Raumordnung) selbstverständlich in den Zuständigkeits- und Kompetenzbereich der Landes- und Regionalplanungsbehörden fallen.

Aus § 1 Abs. 2 Raumordnungsgesetz (ROG) lässt sich der deutliche Handlungsauftrag an die Regionalplanung ableiten, wenn von der allgemeinen Leitvorstellung einer nachhaltigen Raumentwicklung gesprochen wird, welche soziale, wirtschaftliche und ökologische Raumanprüche miteinander in Einklang bringt und gleichzeitig gesamträumlich 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 vor allem durch den Landesentwicklungsplan sowie 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 in dem geltenden Landesentwicklungsplan (LEP) NRW vom 06.08.2019 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 Regionalplänen insbesondere auch mit Blick auf die zu erwartenden Auswirkungen des vom Menschen verursachten Klimawandels künftig unverzichtbar. Dies wird auch nochmals durch den Entwurf des Klimaanpassungsgesetzes NRW (Stand: 11.03.2021) unterstrichen. So sieht § 6 des Gesetzentwurfes der Landesregierung ein Berücksichtigungsgebot vor, wonach Träger öffentlicher Aufgaben bei ihren Planungen und Entscheidungen Ziele, Strategien und Maßnahmen zur Klimaanpassung fachübergreifend und integriert zu berücksichtigen haben.

Der Regionalplanung kommt im Rahmen der regionalen Klimaanpassung eine hohe Bedeutung zu (vgl. „Klimawandelgerechter Regionalplan“, BMVI 2017). Vorrangige Ziele einer klimagerechten Regionalplanung sind:

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

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 Klimaanalyse des LANUV. Für die Ableitung möglichst konkreter fachlicher Empfehlungen für die Fortschreibung des Regionalplans Münsterland 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 gesamträumlich gleichwertiger und nicht belastender Lebensverhältnisse unverzichtbar sind. Die landesweite Klimaanalyse 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 Klimaanalyse 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 dem Landesplanungsgesetz NRW – 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 Steuerungswirksamkeit 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 Maßstabsebene 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 Flächen-Knappheit 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 Eintritts-Wahrscheinlichkeit mit modellbedingten Unsicherheiten verbunden ist und die rechtliche Legitimation von Planungs-Entscheidungen allein auf dieser Grundlage somit als fragwürdig 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 Modell-rechnungen 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 Münsterland zu beachten. Den genannten Kompetenzen der Raumordnung stehen somit auch (weitgehend) klar definierte Grenzen gegenüber, die im Folgenden mit dem speziellen 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 überregional 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 „KlimREG – 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 der Überfachlichkeit von Raumordnungsplänen grenzt die Kompetenzen der Raumordnung rechtlich gegenüber den Kompetenzen der verschiedenen Fachplanungen ab. 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 entgegengewirkt werden.

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, Urt.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 räumlicher 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 der Landschaftspflege dar.

Ein Fachbeitrag Klima, wie er in NRW für den Planungsraum Münsterland nun vorliegt, wurde durch das LANUV 2018 erstmals für die Fortschreibung der Regionalpläne Detmold und Köln erstellt. Somit liegt nun ein den Anforderungen an Festlegungen der Raumordnung genügender, einheitlicher Grundlagendatensatz vor, mit dem klimatische Belange stärker in die Raumordnung einbezogen werden können. 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 im Planungsraum Münsterland 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 x 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 („Flurwindsystem“) oder thermisch-orographisch angetrieben (Kaltluftabfluss, „Berg-Talwindsystem“) 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 Handlungsempfehlungen. 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.

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.

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 Lüfthygienekarten 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 32, 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 Münster vollständig übergeben. Dies schließt digitale Geodaten ein.

4.1.2.2 Klimaaanalyse 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 2008) 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 25 dargestellt:

Tabelle 25: Bewertung des Kaltluftvolumenstroms

z-Wert	Kaltluftvolumenstrom	Qualitative Bewertung
>1	>2700 m^3/s^3	sehr hoch
>0 bis 1	>1500 bis 2700 m^3/s^3	hoch
>-1 bis 0	> 300 bis 1500 m^3/s^3	mittel
≤ -1	$\leq 300 \text{ m}^3/\text{s}^3$	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 thermische 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 26).

Die Bewertung der nächtlichen Schlaftemperatur erfolgt zum einen unter der Annahme, dass eine für den Menschen optimale Schlafumgebungstemperatur zwischen 16 und 18 °C liegt (UBA 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. UBA 2015).

Tabelle 26: 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 27).

Tabelle 27: 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 Klimaanalyse 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 Klimaanalysekarten geleistet. Um aus diesen Einzelbetrachtungen eine thermische Gesamtbewertung abzuleiten, greift die Klimaanalysekarte *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 Klimaanalysekarten 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 2008; 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 Klimaanalyse 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 matrixenbasierte Verknüpfung der Bewertungsklassen zu einem Gesamtergebnis. Die Klassifizierung der Gesamtsituation lässt sich dabei nach Tabelle 28 beschreiben:

Tabelle 28: 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. Daher geht die nächtliche Überwärmung stärker gewichtet in die Berechnung ein (Tabelle 29 links). Demgegenüber wird in der Berechnung der Gesamtsituation für Gewerbeflächen die Tagsituation stärker gewichtet (Tabelle 29 rechts). Gewerbeflächen werden vorwiegend tagsüber genutzt,

sodass hier die thermische Belastung am Tage die entscheidende Rolle spielt (Arbeit im Freien, Arbeitswege, Innenraumklima, etc.).

Tabelle 29: Matrix zur Verknüpfung der Bewertung von Tag- und Nachtsituation bei Wohnflächen (links) sowie bei Gewerbeflächen (rechts).

Wohnflächen		nächtl. 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		nächtl. 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 31). Die Klassifizierung der Gesamtsituation lässt sich dabei nach Tabelle 30 beschreiben:

Tabelle 30: 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 31: 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 Klimaanalysekarten *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 Planungsaussagen 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 den Planungsraum Münsterland liegen die Werte zwischen +0,7 K und +2,1 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 29) 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 untersucht, wie viele Menschen in NRW von den jeweils ermittelten klimatischen Belastungen in den Siedlungsräumen betroffen sind. Die Betroffenenzahl wurde ursprünglich auf Grundlage der aus der amtlichen Regionalstatistik entnommenen Einwohnerzahlen abgeschätzt (gemeindespezifische Bevölkerungsdichte für die gesamte Siedlungsfläche). Diesbezüglich hat sich seit der Erarbeitung der Klimaanalyse eine verbesserte Datengrundlage ergeben. So stehen zur Bestimmung der betroffenen Bevölkerung mittlerweile die Daten des ZENSUS 2011 mit Stand vom 09.05.2011 zur Verfügung, welche die Bevölkerungsdaten in einer gitterbasierten Auflösung von 100 x 100 m bereitstellen. Die Bevölkerungsdaten des Zensus weisen zwar einen älteren Stand auf, sind dafür deutlich höher aufgelöst und damit räumlich wesentlich genauer und aussagekräftiger als der bisherige Datensatz.

Die Anzahl der Betroffenen wird bestimmt, in dem die im 100 m x 100 m-Raster vorliegenden Einwohnerdaten mit den klassifizierten Siedlungsflächen der Klimaanalyse verschnitten werden. Somit erhält jede Fläche (auf Basis der Baublöcke der ATKIS-Daten) eine Information über die zugehörige Einwohnerzahl.

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 aufweisen (zum Kriterium der überörtlichen Bedeutung siehe Kapitel 4.1.1). 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 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 im Planungsraum Münsterland sind daher durch die landesweite Perspektive der Untersuchung und dem damit verbundenen Maßstab 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 gegebenenfalls 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 oder Ausgleichsfunktion) sowie einer im landesweiten Maßstab großen Betroffenenzahl angesehen. Die entsprechenden Betroffenenzahlen werden ermittelt durch die Verschneidung der jeweiligen Flächen mit den räumlich hochauflösenden Bevölkerungsdaten des ZENSUS 2011 (4.1.2.6).

Die Betroffenenzahl erlaubt Rückschlüsse auf eine mögliche Überörtlichkeit von klimaökologischen Funktionen. 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 zu. Die als regional bedeutsam eingestuft Bereiche werden zum Teil auch nochmals hinsichtlich ihrer klimaökologischen Bedeutung bzw. Priorität bewertet.

Grundsätzlich handelt es sich bei dem 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.

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.

Überörtlich bedeutsame Bereiche 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 172 Gemeinden in NRW, die in der Nacht Bereiche mit einer starken Überwärmung aufweisen, ergibt sich demnach eine überörtliche Bedeutung dieser Belastung für die 26 Kommunen mit den meisten Betroffenen. Im Ergebnis sind dies alle Städte mit mehr als 3.600 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

Eine überörtlich bedeutende Überhitzung am Tag wird für diejenigen Kommunen angenommen, die landesweit zu den 10 % aller Gemeinden mit den meisten Betroffenen zählen (90 %-Quantil). Dies sind 40 Kommunen in NRW, in denen mindestens 71.000 Einwohner nach der zugrundeliegenden Methodik einer starken oder extremen Hitzebelastung um 15:00 Uhr ausgesetzt sind (PET >35 °C).

Die unterschiedliche Wahl der Schwellenwerte für die Tag- und die Nachtsituation beruht darauf, dass für beide Situationen die belastenden Wirkungen nicht direkt miteinander vergleichbar sind. Die menschliche Physiologie reagiert grundsätzlich sensibler auf zu hoch empfundene Nachttemperaturen, u.a. da hier die Erholung durch den Schlaf erheblich eingeschränkt wird. 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.

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 Klimaanalyse NRW mindestens 5.000 Einwohner 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 Zielfestlegungen geeignet, Leitbahnen mit mittlerer Priorität eher für Grundsatzfestlegungen.

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

Bioklimatische Gunsträume 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 Hauptbelastungsräumen (Gemeinden mit einer überörtlich bedeutenden Überhitzung am Tag)) 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 aufweisen.

4.1.3. Ergebnisse der Klimaanalyse für den Planungsraum Münsterland

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Klimaanalyse für den Planungsraum Münsterland beschrieben. Neben Karten für das gesamte Plangebiet werden, mit dem Ziel einer besseren Lesbarkeit, die Klimawandel-Vorsorgebereiche ebenso separat abgebildet wie beispielhafte

Kartenausschnitte mit den Ergebnissen für den Bereich Münster in einem größeren Maßstab. Hierdurch sollen die Details der Klimaanalyse und ihrer Parameter besser veranschaulicht werden. Darüber hinaus wird für alle Kategorien die Anzahl der jeweils betroffenen Menschen und der jeweiligen Flächengröße angegeben. Der Bezirksregierung Münster werden alle Karten zusätzlich auch digital in einer hochauflösenden Qualität sowie als editierbare Projektdateien für die Bearbeitung in Geoinformationssystemen übergeben.

4.1.3.1 Klimaanalyse Nachtsituation

Die Ergebnisse der Klimaanalyse für die Nachtsituation (Methodik siehe Kapitel 4.1.2.2) im Planungsraum Münsterland 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 (nächtliche Überwärmung) (siehe beispielhaft Detailausschnitt Münster, Abbildung 25)

Dabei wird deutlich, dass im Planungsraum Münsterland die nächtliche Überwärmung, insbesondere im Vergleich zu anderen Landesteilen Nordrhein-Westfalens, eher moderat ausgeprägt ist (Abbildung 23). Hier wirken sich die vergleichsweise geringe Siedlungsdichte und Flächenversiegelung im Plangebiet positiv aus. Siedlungsbereiche mit einer starken nächtlichen Überwärmung sind im Plangebiet dennoch in allen größeren Städten auszumachen, während ein Großteil der Siedlungsfläche von einer mäßigen Überwärmung betroffen ist. In den vegetationsgeprägten Freiräumen des Münsterlandes liegen die Ausgleichsflächen mit den höchsten Kaltluftvolumenströmen im Bereich zwischen Münster und Gronau (Nordwalde, Schöppingen, Altenberge und Billerbeck), in der Gemeinde Lienen sowie nordwestlich von Ibbenbüren (Recke, Mettingen, Hörstel).

Bei näherer Betrachtung des Siedlungsraums (Wohn-, Gewerbe- und Industrieflächen) in der Nachtsituation zeigt sich, dass für knapp 23 % der Bevölkerung (ca. 358.500 Menschen) und etwa der Hälfte der Siedlungsfläche bei der angenommenen sommerlichen Wetterlage keine nächtliche Überwärmung besteht (Temperatur unter 17 °C). Etwa 32 % der Bevölkerung sind von einer schwachen Belastung betroffen (ca. 505.100 Menschen), 41 % sind in der Nacht einer mäßigen nächtlichen Überwärmung ausgesetzt (645.200 Betroffene). Eine als stark einzuschätzende Belastung (> 20 °C Lufttemperatur) tritt in der Nachtsituation im Plangebiet unter den dem Modell zu Grunde liegenden Bedingungen bei etwa 3,4 % der Siedlungsfläche auf, wovon etwa 67.300 Menschen betroffen sind (4 % der Bevölkerung) (Tabelle 32).

Die Stadt mit der größten Anzahl an Menschen, die von einer starken thermischen Belastung in der Nacht betroffen sind, ist Münster (ca. 35.800 Menschen), gefolgt von Bocholt (ca. 16.000). Mit größerem Abstand folgen Rheine (ca. 2.900 Betroffene), Emsdetten (2.200) und Telgte (1.400) (Tabelle 33).

Tabelle 32: Klimaanalyse Nachtsituation - Anzahl der betroffenen Einwohner und der Siedlungsfläche im Planungsraum Münsterland (Werte Einwohner gerundet)

Nächtliche Überwärmung	Anzahl betroffene Einwohner (Anteil Gesamtbevölkerung)	betroffene Siedlungsfläche in km ² (Anteil gesamte Siedlungsfläche)
keine (≤17 °C)	358.500 (22,7 %)	366,6 (50,4 %)
schwach (>17 bis 18,5 °C)	505.100 (32,0 %)	169,4 (23,3 %)
mäßig (>18,5 bis 20 °C)	645.200 (40,9 %)	166,6 (22,9 %)
stark (> 20 °C)	67.300 (4,3 %)	24,9 (3,4 %)

Tabelle 33: Klimaanalyse Nachtsituation - Anzahl der betroffenen Einwohner und der Siedlungsfläche mit starker thermischer Belastung nach Gemeinden (Werte Einwohner gerundet)

Gemeinde	Anzahl betroffene Einwohner (Anteil Gesamtbevölkerung)	betroffene Siedlungsfläche in km ² (Anteil gesamte Siedlungsfläche)
Münster	35.800 (12,4 %)	6,3 (8,7 %)
Bocholt	16.000 (22,5 %)	5,0 (19,4 %)
Rheine	2.900 (4,0 %)	2,1 (7,2 %)
Emsdetten	2.200 (6,3 %)	1,3 (9,0 %)
Telgte	1.400 (7,3 %)	0,6 (6,2 %)
Vreden	1.100 (5,1 %)	0,9 (6,2 %)
Warendorf	1.000 (2,7 %)	0,6 (3,4 %)
Ahlen	1.000 (1,9 %)	0,5 (2,5 %)
Coesfeld	1.000 (2,7 %)	0,3 (1,7 %)
Rhede	900 (4,5 %)	0,6 (7,3 %)

Abbildung 24 zeigt beispielhaft für den Bereich Münster und nordöstliches Umland, wie sich die Situation durch den Klimawandel etwa bis zur Mitte des Jahrhunderts entwickeln könnte. Dabei wird einerseits der Status quo dargestellt, und andererseits die heutige Situation der starken nächtlichen Überwärmung um die Klimawandel-Vorsorgebereiche erweitert (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 nächtliche Überwärmung, > 20 °C). Insbesondere in der Großstadt Münster zeigt sich, wie sich die Problematik der thermischen Belastung in der Nacht zukünftig voraussichtlich verstärken wird. An Hand der Belastung in den Kernbereichen von Telgte oder Ostbevern wird außerdem beispielhaft deutlich, dass zukünftig auch in kleineren Gemeinden mit einer deutlichen Zunahme der nächtlichen Hitzebelastung zu rechnen ist.

Im Freiraum ist im Plangebiet nachts ein Großteil der Flächen von einem mittleren Kaltluftvolumenstrom (zwischen 300 und 1.500 m³/s) geprägt (ca. 3.500 km² bzw. etwa 67 % aller Flächen im Freiraum). Ein hoher Kaltluftvolumenstrom (zwischen 1.500 und 2.700 m³/s) wurde für 25 % aller Flächen im Freiraum berechnet (ca. 1.300 km²). Einen sehr hohen nächtlichen

Kaltluftvolumenstrom von mehr als 2.700 m³/s weisen noch etwa 150 km² und damit ca. 3 % aller Flächen des Freiraums in der Region auf. Etwa 5 % aller Freiraumflächen verfügen über einen lediglich geringen Kaltluftvolumenstrom von weniger als 300 m³/s (ca. 270 km²).

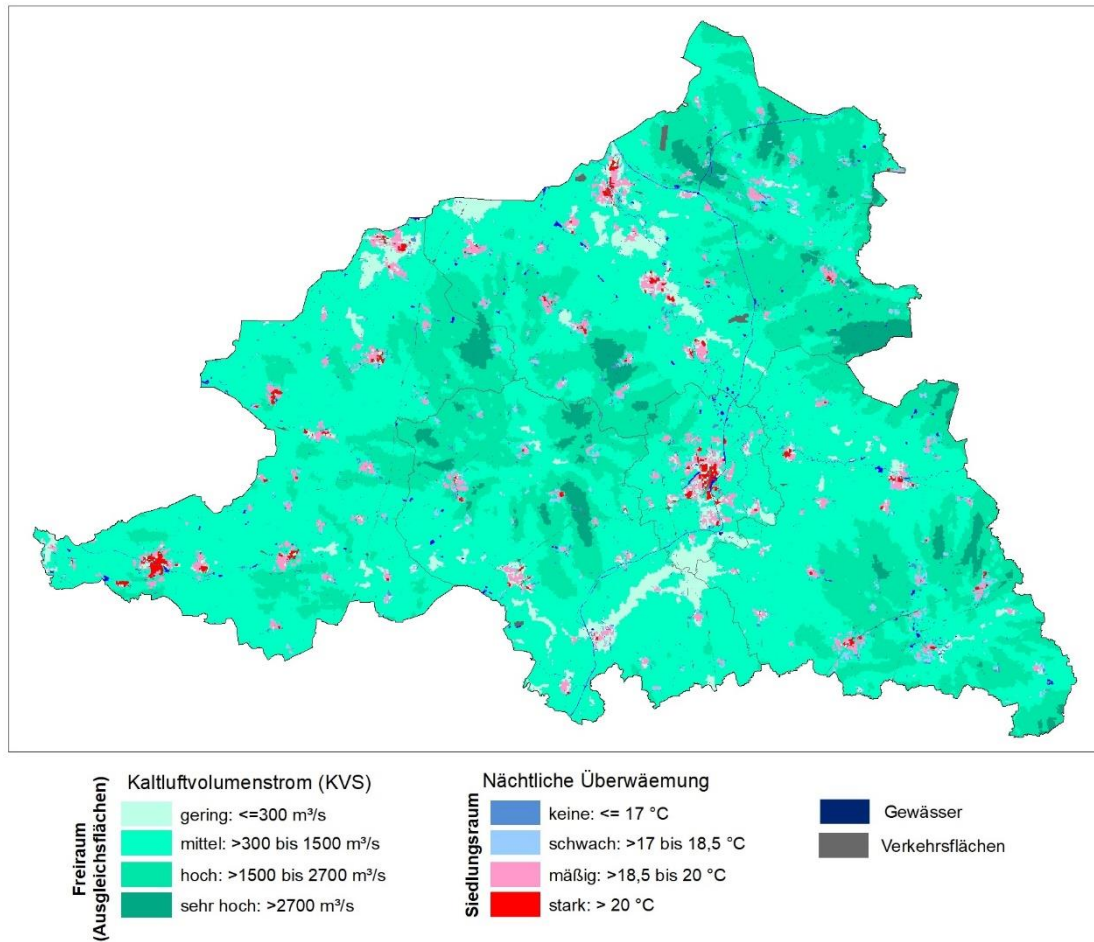
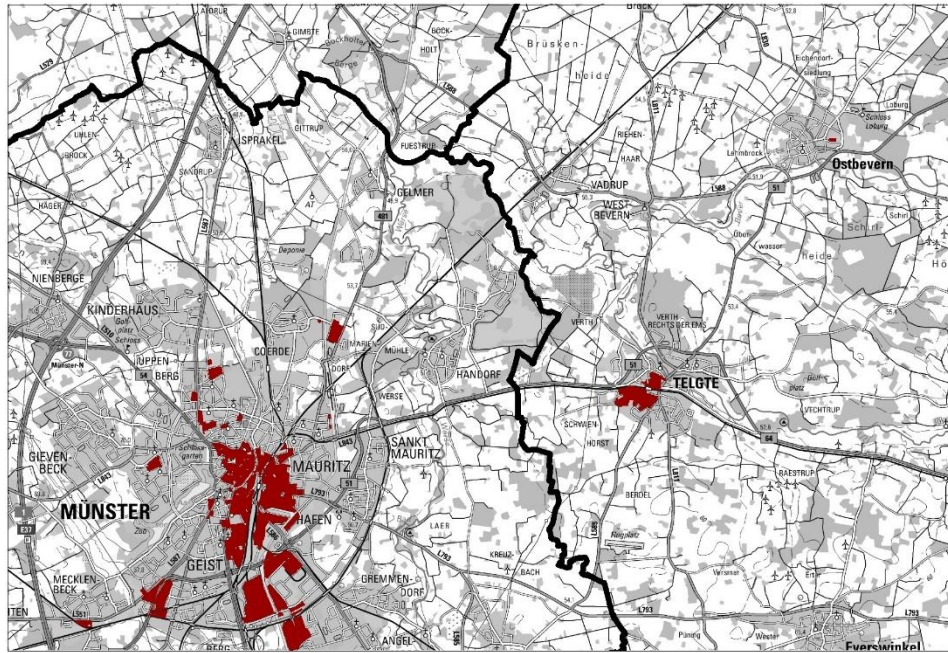
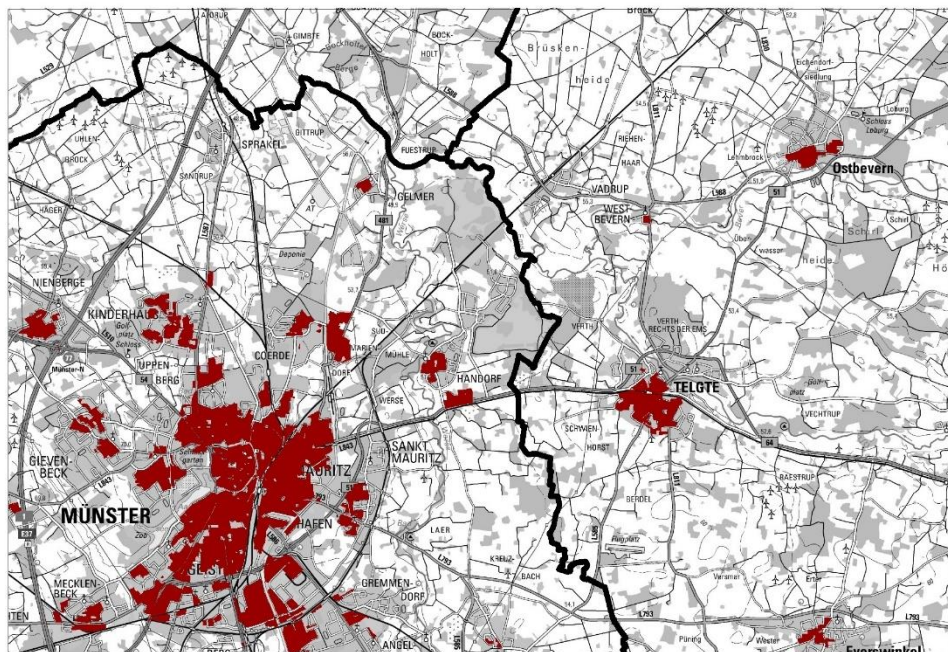


Abbildung 23: Klimaanalyse Nachtsituation (Kartengrundlage: LAND NRW (2020) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0)



Starke Überwärmung: Aktuelle Situation (Nacht)

Siedlungsbereiche mit starker nächtlicher Überwärmung ($>20^{\circ}\text{C}$)



Starke Überwärmung: Zukünftige Situation* (Nacht)

Siedlungsbereiche mit starker nächtlicher Überwärmung ($>20^{\circ}\text{C}$)

* bis etwa 2050, bei der Annahme eines Temperaturanstieges von $+1\text{ K}$

Abbildung 24: Klimaanalyse Nachtsituation – Klimawandel-Vorsorgebereiche (Detailausschnitt) (Kartengrundlage: LAND NRW (2020) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0)

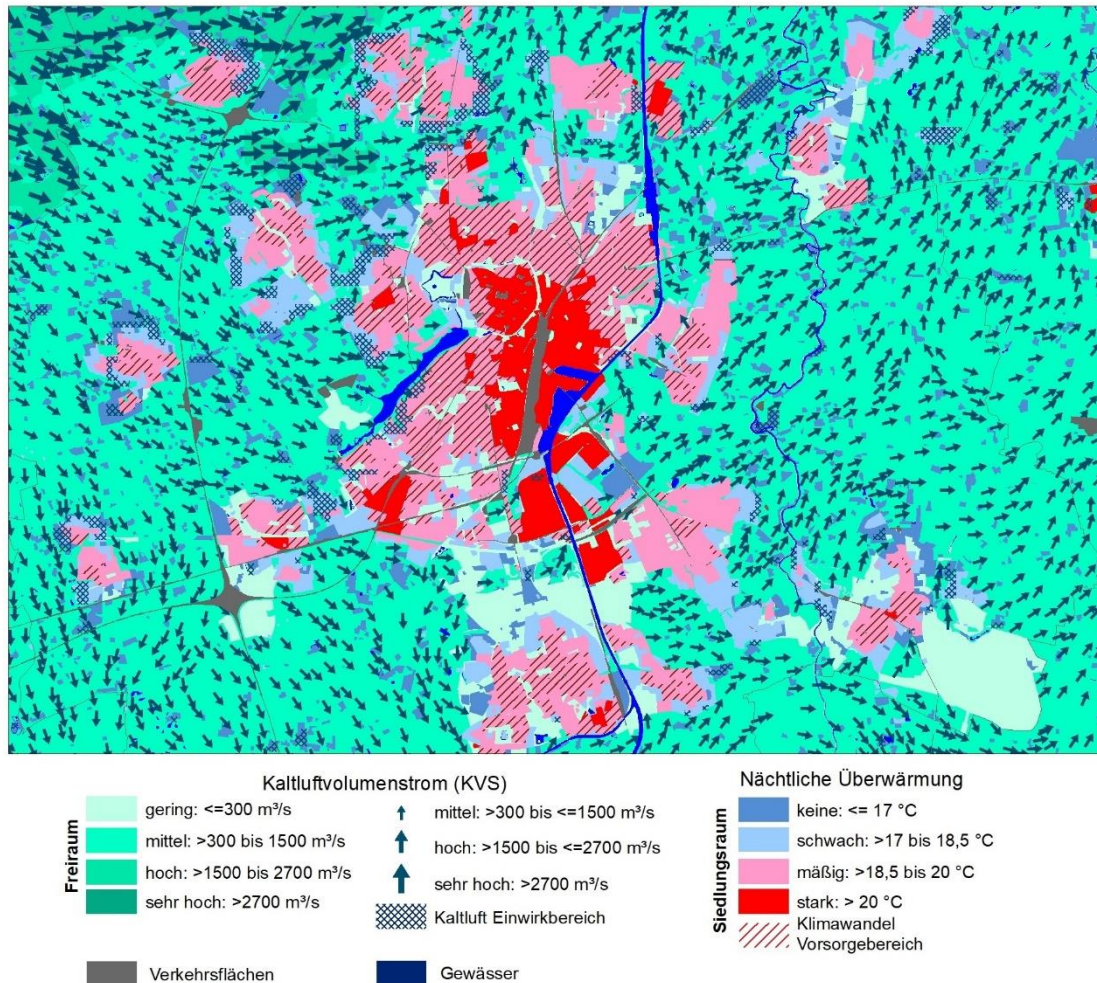


Abbildung 25: Klimaanalyse Nachtsituation – Detailausschnitt Münster (Kartengrundlage: LAND NRW (2020) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0)

4.1.3.2 Klimaanalyse Tagsituation

Für die Tagsituation (15 Uhr) liefert die Klimaanalyse 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 Münster, Abbildung 28).

Die kartographische Darstellung der Ergebnisse der Klimaanalyse zeigt deutlich, dass im Gegensatz zur Nachtsituation am Tage weite Teile des Siedlungsraums im Plangebiet von einer starken thermischen Belastung betroffen sind (zwischen 35 und 41°C PET) (Abbildung 26). Diese Situation betrifft nicht nur die größeren Städte, sondern tritt auch in eher kleineren Gemeinden der Region auf. Im Vergleich zum landesweiten Anteil betrifft auch eine extreme thermische Belastung am Tage im Plangebiet noch relativ viele Bereiche. Im Freiraum zeigt sich für die Tagsituation in weiten Teilen eine extreme thermische Belastung, was vor allem auf

einen geringen Waldanteil im Plangebiet zurückzuführen ist. Während grundsätzlich z. B. landwirtschaftlich genutzte Freiräume eine höhere thermische Belastung aufweisen, ist in Waldbereichen am Tage durch eine hohe Verschattung die physiologisch äquivalente Temperatur deutlich geringer.

Am Tag sind bei sommerlichen Wetterlagen im Plangebiet etwa 191.900 Menschen (12,2 % der Einwohner) von einer extremen thermischen Belastung von mehr als 41 °C PET betroffen. Mit etwa 1,33 Millionen Menschen ist ein Großteil der Einwohner im Planungsraum (84,4 %) unter den beschriebenen Bedingungen von einer starken thermischen Belastung betroffen. Etwa zwei Drittel der gesamten Siedlungsfläche der Region sind dieser Belastungsklasse zuzuordnen (Tabelle 34). Hinzu kommen etwa 46.400 Menschen (ca. 3 % der Gesamtbevölkerung), die einer mäßigen thermischen Belastung ausgesetzt sind. Eine nur schwache thermische Belastung am Tage ist nur für etwa 0,8 % aller Siedlungsflächen oder 5.300 Menschen im Plangebiet zu konstatieren.

Tabelle 34: Klimaanalyse Tagsituation - Anzahl der betroffenen Einwohner und der Siedlungsfläche im Planungsraum Münsterland (Werte Einwohner gerundet)

thermische Belastung	Anzahl betroffene Einwohner (Anteil Gesamtbevölkerung)	betroffene Siedlungsfläche in km² (Anteil gesamte Siedlungsfläche)
schwach (≤29 °C PET)	5.300 (0,3 %)	5,9 (0,8 %)
mäßig (>29 bis 35 °C PET)	46.400 (2,9 %)	22,6 (3,1 %)
stark (>35 bis 41 °C PET)	1.332.400 (84,4 %)	484,1 (66,5 %)
extrem (>41 °C PET)	191.900 (12,2 %)	215,0 (29,6 %)

Mit Münster weist die bevölkerungsreichste Stadt im Planungsraum Münsterland die größte Anzahl von Menschen auf, die von extremer thermischer Belastung am Tage betroffen sind (ca. 13.300 Menschen), gefolgt von Bocholt (ca. 8.100) und Borken (5.900) (Tabelle 35). Auch kleinere Gemeinden wie beispielsweise Vreden oder Lengerich weisen mit 21 % bzw. 17,5 % Anteil an der Gesamtbevölkerung sehr hohe Werte in dieser höchsten Belastungsklasse am Tage auf.

Tabelle 35: Klimaanalyse Tagsituation - Anzahl der betroffenen Einwohner und der Siedlungsfläche mit extremer thermischer Belastung nach Gemeinden (Werte Einwohner gerundet)

Gemeinde	Anzahl betroffene Einwohner (Anteil Gesamtbevölkerung)	betroffene Siedlungsfläche in km ² (Anteil gesamte Siedlungsfläche)
Münster	13.300 (4,6 %)	10,6 (14,5 %)
Bocholt	8.100 (11,4 %)	6,6 (25,5 %)
Borken	5.900 (14,2 %)	7,2 (34,8 %)
Ahaus	5.600 (14,5 %)	6,7 (32,3 %)
Dülmen	5.500 (11,8 %)	5,7 (27,5 %)
Warendorf	5.100 (13,9 %)	5,7 (30,9 %)
Vreden	4.700 (21,0 %)	7,4 (49,5 %)
Rheine	3.900 (5,4 %)	3,5 (12,0 %)
Lengerich	3.800 (17,5 %)	4,9 (38,1 %)
Ahlen	3.700 (7,1 %)	3,5 (18,4 %)

Abbildung 27 zeigt beispielhaft die Tagsituation für einen Ausschnitt des Planungsraums im Bereich Münster die Gegenüberstellung der heutigen Situation mit dem Zustand, wie er bis etwa zur Mitte dieses Jahrhunderts zu erwarten ist (zusätzliche Darstellung der Klimawandel-Vorsorgebereiche). Dabei ist ersichtlich, dass die zukünftige Zunahme der thermischen Belastung durch den Klimawandel für die Tagsituation nicht auf die größeren Städte im Plangebiet beschränkt wäre. Die bis zur Mitte dieses Jahrhunderts voraussichtlich zusätzlich als extrem belastet zu bewertenden Bereiche sind relativ dispers im Planungsraum verteilt und liegen häufig auch am Siedlungsrand.

Mit 3.540 km² weist ein Großteil des Freiraums im Plangebiet tagsüber eine extreme thermische Belastung auf (68% des Freiraums). Darüber hinaus sind am Tage etwa ein Fünftel aller Freiraumbereiche im Planungsraum Münsterland von einer starken thermischen Belastung betroffen (ca. 980 km², 19 %). Als mäßig ist die thermische Belastung für 5 % aller Flächen (260 km²) im Freiraum einzuschätzen. Eine lediglich schwache thermische Belastung am Tage weisen etwa 8 % aller Flächen im Freiraum auf (410 km²), was vor allem auf Waldbereiche zutrifft.

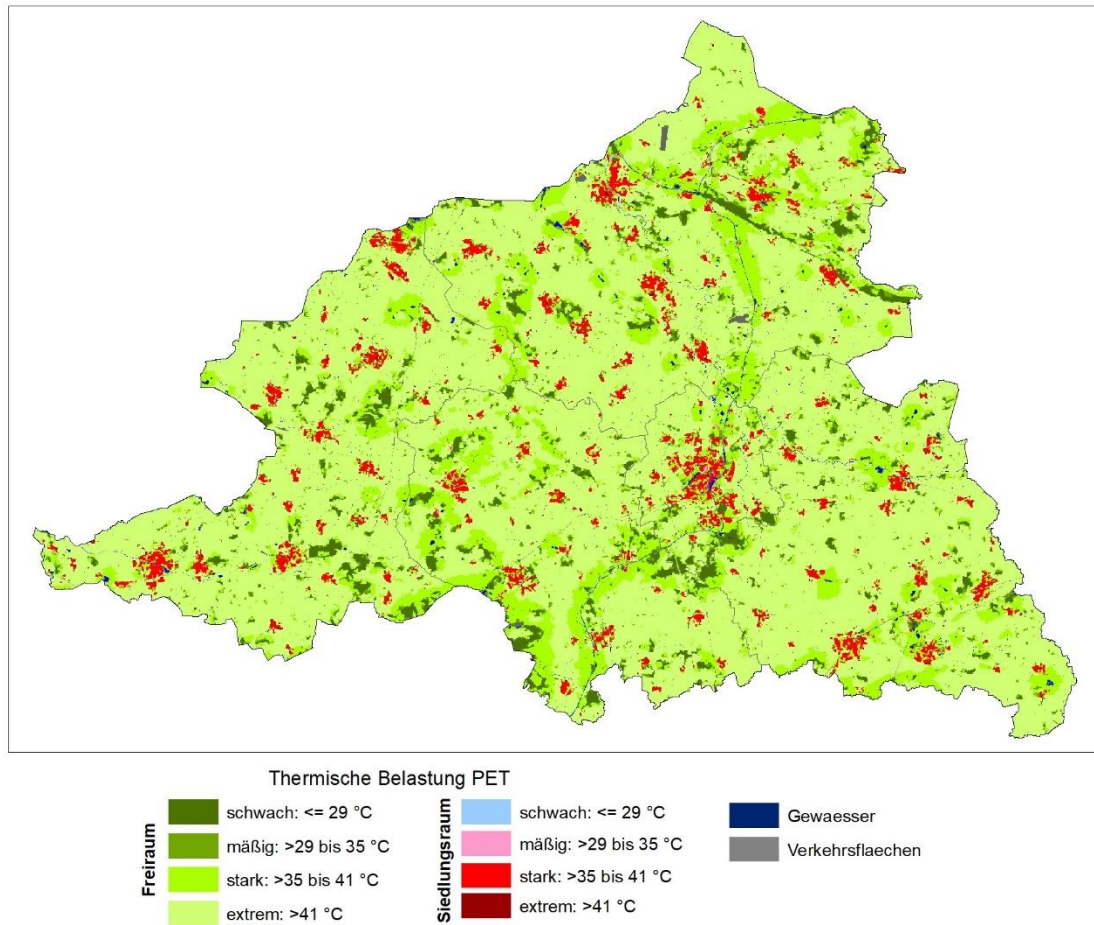


Abbildung 26: Klimaanalyse Tagsituation (Kartengrundlage: LAND NRW (2020) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0)



Extreme thermische Belastung: Aktuelle Situation (Tag)

■ Siedlungsbereiche mit extremer thermischer Belastung am Tag (>41°C PET)



Extreme thermische Belastung: Zukünftige Situation* (Tag)

■ Siedlungsbereiche mit extremer thermischer Belastung am Tag (>41°C PET)

* bis etwa 2050, bei der Annahme eines Temperaturanstieges von +1 K

Abbildung 27: Klimaanalyse Tagsituation – Klimawandel-Vorsorgebereiche (Detaillausschnitt) (Kartengrundlage: LAND NRW (2020) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0)

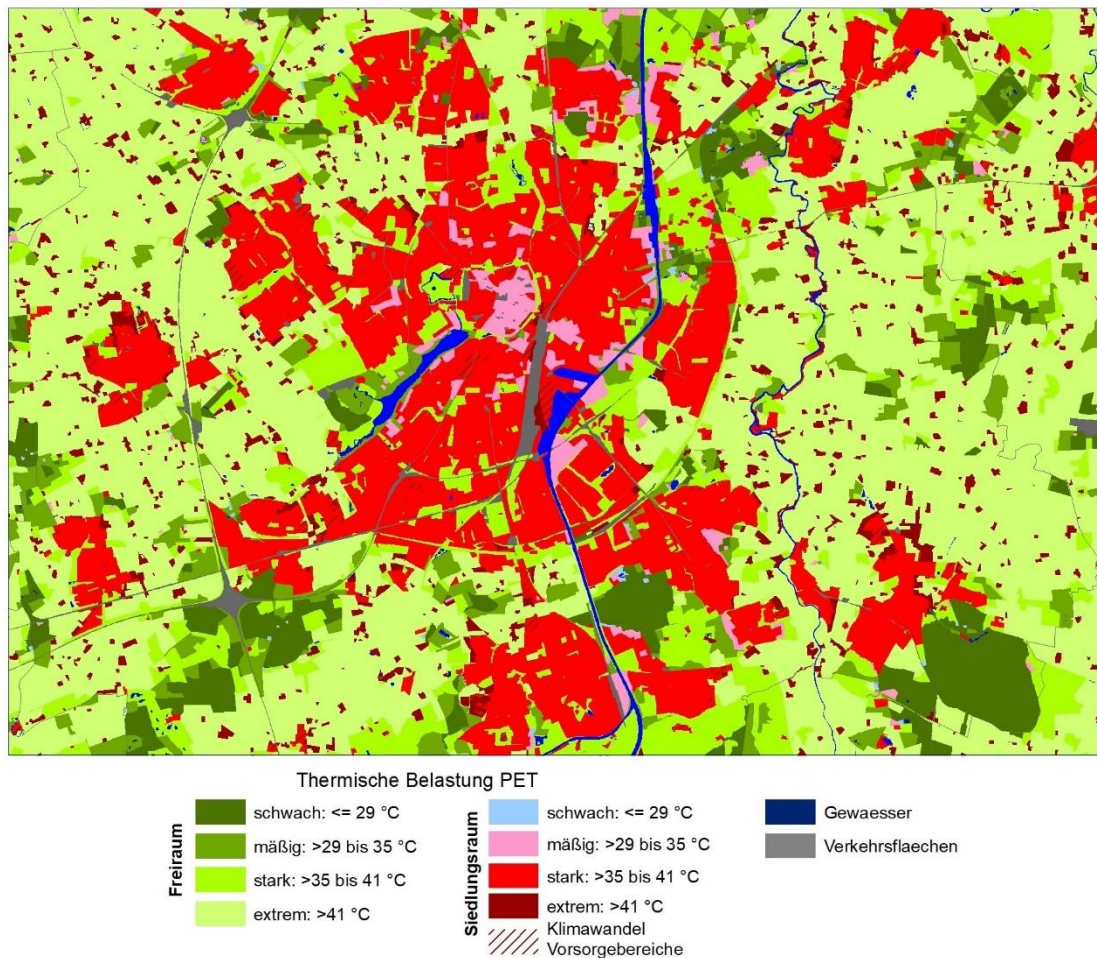


Abbildung 28: Klimaanalyse Tagsituation – Detailausschnitt Münster (Kartengrundlage: LAND NRW (2020) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0)

4.1.3.3 Zusammenfassende Gesamtbetrachtung

Die zusammenfassende Gesamtbetrachtung der Klimaanalyse für den Planungsraum Münsterland, 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 Münster, Abbildung 31). Der überwiegende Teil der Siedlungsflächen im Plangebiet ist durch eine weniger günstige oder sogar ungünstige thermische Situation gekennzeichnet. Eine sehr hohe thermische Ausgleichsfunktion kommt vor allem den Freiräumen am Rand größerer Siedlungsbereiche zu (Abbildung 29).

Eine sehr ungünstige thermische Situation betrifft unter den beschriebenen Ausgangsbedingungen des Modells (sommerliche Strahlungswetterlage) im Plangebiet ca. 42.600 Menschen (2,7 % aller Einwohner). Für Siedlungsflächen im Umfang von 180 km² (24,8 % der gesamten Siedlungsfläche) und damit für etwa 656.500 Menschen ist die thermische Situation als ungünstig zu bewerten (Tabelle 36). Gut 44,2 % aller Menschen in der Region sind von einer

weniger günstigen thermischen Situation betroffen (ca. 698.200 Menschen, 58,6 % aller Siedlungsflächen). Für etwa 11,3 % der Bevölkerung wird die thermische Situation auf Grundlage der Modellergebnisse der Klimaanalyse NRW als günstig oder sehr günstig eingeschätzt.

Tabelle 36: Klimaanalyse Gesamtbetrachtung - Anzahl der betroffenen Einwohner und der Siedlungsfläche im Planungsraum Münsterland (Werte Einwohner gerundet)

Thermische Situation	Anzahl betroffene Einwohner (Anteil Gesamtbevölkerung)	betroffene Siedlungsfläche in km ² (Anteil gesamte Siedlungsfläche)
sehr günstig	6.000 (0,4 %)	7,7 (1,1 %)
günstig	172.800 (10,9 %)	106,8 (14,7 %)
weniger günstig	698.200 (44,2 %)	426,0 (58,6 %)
ungünstig	656.500 (41,6 %)	180,4 (24,8 %)
sehr ungünstig	42.600 (2,7 %)	6,6 (0,9 %)

In der Gesamtbetrachtung ist Münster die Stadt mit der größten Anzahl von Menschen, die bei sommerlichen Strahlungswetterlagen einer hohen thermischen Belastung ausgesetzt sind (ungünstige oder sehr ungünstige thermische Situation). Hiervon sind etwa 70 % der Bevölkerung der Stadt betroffen (ca. 202.300 Menschen). In Bocholt leben etwa 47.600 Einwohner in Siedlungsbereichen, deren thermische Situation als ungünstig oder sehr ungünstig zu bezeichnen ist, gefolgt von Rheine (ca. 44.400) und Gronau (34.500) (Tabelle 37).

Tabelle 37: Klimaanalyse Gesamtbetrachtung - Anzahl der betroffenen Einwohner und der Siedlungsfläche mit ungünstiger oder sehr ungünstiger thermischer Situation nach Gemeinden (Werte Einwohner gerundet)

Gemeinde	Anzahl betroffene Einwohner (Anteil Gesamtbevölkerung)	betroffene Siedlungsfläche in km ² (Anteil gesamte Siedlungsfläche)
Münster	202.300 (69,8 %)	34,1 (46,8 %)
Bocholt	47.600 (66,8 %)	12,0 (46,3 %)
Rheine	44.400 (61,0 %)	13,1 (44,9 %)
Gronau (Westf.)	34.500 (75,8 %)	10,1 (51,5 %)
Emsdetten	23.300 (66,1 %)	6,6 (47,1 %)
Dülmen	22.200 (47,7 %)	5,4 (26,1 %)
Ahaus	19.600 (51,0 %)	6,5 (31,3 %)
Borken	19.100 (45,9 %)	6,4 (30,8 %)
Ahlen	18.600 (35,5 %)	4,3 (22,8 %)
Greven	16.700 (48,0 %)	4,8 (30,9 %)

Die Anzahl an Menschen im Planungsraum Münsterland, die bei den typischen sommerlichen Bedingungen 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 21 %

aller Siedlungsflächen zusätzlich zur Belastungsklasse ungünstige thermische Situation zuzuordnen (Tabelle 38). Die Anzahl der betroffenen Menschen würde um 413.500 ansteigen. Mehr als 300.000 Bewohner, die aktuell in Siedlungsbereichen mit ungünstiger thermischer Situation leben, wären dann von einer sehr ungünstigen thermischen Situation betroffen.

Tabelle 38: Klimawandel-Vorsorgebereiche - Anzahl der zusätzlich betroffenen Einwohner und der Siedlungsfläche mit in Zukunft voraussichtlich ungünstiger oder sehr ungünstiger thermischer Situation (Werte Einwohner gerundet)

Thermische Situation	Anzahl zusätzlich betroffene Einwohner (Anteil Gesamtbevölkerung)	Zusätzlich betroffene Siedlungsfläche in km² (Anteil gesamte Siedlungsfläche)
ungünstig	413.600 (26,2 %)	135,1 (21,0 %)
sehr ungünstig	323.200 (20,5 %)	63,9 (8,8 %)

Besonders in den größeren Städten wird durch die Auswirkungen des Klimawandels die Anzahl der betroffenen Bevölkerung und der Siedlungsfläche mit ungünstiger oder sehr ungünstiger thermischer Situation voraussichtlich zunehmen (Tabelle 39 und Tabelle 40). In Münster wäre mehr als ein Drittel der Gesamtbevölkerung (103.600 Einwohner) zukünftig zusätzlich von einer sehr ungünstigen thermischen Situation betroffen. In Ibbenbüren würden unter den genannten Bedingungen zukünftig mehr als die Hälfte der aktuellen Gesamtbevölkerung zusätzlich in einer ungünstigen thermischen Situation leben. Aber auch in anderen Städten wie Rheine, Ahlen, Gronau oder Emsdetten ist zukünftig vermutlich eine deutlich größere Anzahl von Menschen von einer ungünstigen oder sehr ungünstigen thermischen Situation betroffen.

Tabelle 39: Klimawandel-Vorsorgebereiche - Anzahl der zusätzlich betroffenen Einwohner und der Siedlungsfläche mit in Zukunft voraussichtlich ungünstiger thermischer Situation nach Gemeinden (Werte Einwohner gerundet)

Gemeinde	Anzahl zusätzlich betroffene Einwohner (Anteil Gesamtbevölkerung)	Zusätzlich betroffene Siedlungsfläche in km² (Anteil gesamte Siedlungsfläche)
Münster	47.200 (16,3 %)	13,5 (18,5 %)
Ibbenbüren	25.900 (51,3 %)	8,6 (34,1 %)
Ahlen	17.400 (33,2 %)	5,4 (28,5 %)
Rheine	16.200 (22,2 %)	5,3 (18,0 %)
Beckum	16.000 (44,3 %)	4,6 (30,2 %)
Oelde	13.500 (46,6 %)	4,4 (32,6 %)
Coesfeld	13.500 (37,4 %)	4,5 (27,1 %)
Steinfurt	11.600 (34,6 %)	3,4 (23,7 %)
Borken	10.800 (25,8 %)	3,3 (16,0 %)
Bocholt	10.400 (14,6 %)	3,6 (13,9 %)

Tabelle 40: Klimawandel-Vorsorgebereiche - Anzahl der zusätzlich betroffenen Einwohner und der Siedlungsfläche mit in Zukunft voraussichtlich sehr ungünstiger thermischer Situation nach Gemeinden (Werte Bevölkerung gerundet)

Gemeinde	Anzahl zusätzlich betroffene Einwohner (Anteil Gesamtbevölkerung)	Zusätzlich betroffene Siedlungsfläche in km ² (Anteil gesamte Siedlungsfläche)
Münster	103.600 (35,8 %)	14,3 (19,6 %)
Bocholt	23.000 (32,3 %)	4,8 (18,4 %)
Rheine	21.300 (29,3 %)	4,4 (15,0 %)
Gronau (Westf.)	17.500 (38,4 %)	4,0 (20,4 %)
Emsdetten	16.900 (48,0 %)	1,4 (9,6 %)
Dülmen	13.400 (28,8 %)	2,7 (12,9 %)
Greven	12.100 (34,7 %)	0,5 (2,9 %)
Borken	8.600 (20,7 %)	2,0 (9,7 %)
Ahlen	8.100 (15,5 %)	1,7 (9,2 %)
Ahaus	8.100 (21,1 %)	1,3 (6,2 %)

Im Vergleich zur aktuellen Situation wird sich die Anzahl der Menschen, die von einer ungünstigen oder sehr ungünstigen thermischen Situation betroffen sind, zukünftig deutlich erhöhen (Tabelle 41). So sind hiervon heute insgesamt etwa 700.000 Menschen im Plangebiet betroffen (weniger als 44 % der Gesamtbevölkerung), bei einer angenommenen Temperaturzunahme von +1 K ist bis zur Mitte des Jahrhunderts zeigen die Modellierungen, dass sich diese Zahl auf mehr als 1,1 Millionen Betroffene (etwa 71 % der Gesamtbevölkerung) erhöhen würde. Vor allem in der höchsten Belastungsklasse (sehr ungünstige thermische Situation) ist zukünftig voraussichtlich ein deutlicher Anstieg zu verzeichnen (von 2,7 % auf 23,3 % der Bevölkerung im Münsterland bis zur Mitte des Jahrhunderts).

Tabelle 41: Ungünstige und sehr ungünstige thermische Situation (Gesamtbetrachtung) - Vergleich der aktuell betroffenen und der zukünftig* voraussichtlich betroffenen Einwohner (*bis etwa 2050, bei der Annahme eines Temperaturanstieges von +1 K; Werte Einwohner gerundet)

Thermische Situation	Aktuelle Situation Anzahl betroffene Einwohner (Anteil Gesamtbevölkerung)	Zukünftige Situation Anzahl betroffene Einwohner (Anteil Gesamtbevölkerung)
ungünstig	656.500 (41,6 %)	746.888 (47,3 %)
sehr ungünstig	42.600 (2,7 %)	365.763 (23,2 %)
Summe	699.100 (44,3 %)	1.112.651 (70,5 %)

Die kartographische Darstellung der Vorsorgebereiche am Beispiel des Ausschnitts von Münster und den nordöstlich angrenzenden Gemeinden zeigt, dass die Siedlungsfläche, die bis zur Mitte dieses Jahrhunderts voraussichtlich zusätzlich von einer ungünstigen oder sehr ungünstigen Situation betroffen sein wird, hier deutlich anwachsen wird (Abbildung 30). Dies gilt so-

wohl für die stärker verdichteten Siedlungsschwerpunkte als auch für eher kleinere Gemeinden. Es ist davon auszugehen, dass die thermische Belastung der Bevölkerung im Münsterland zukünftig eine deutlich größer werdende Herausforderung darstellen wird.

Die höchste thermische Ausgleichsfunktion ist im Freiraum des Plangebietes lediglich 1 % der Flächen zuzuweisen (70 km²). Hierzu zählen insbesondere vegetationsgeprägte Freiflächen am Rande größerer Städte. Auch eine sehr hohe Ausgleichsfunktion weisen nur 3 % der Flächen im Freiraum auf (160 km²). Etwa 22 % aller Flächen im Freiraum verfügen über eine hohe thermische Ausgleichsfunktion (ca. 1.150 km²). Während etwa 5 % der Flächen im Freiraum eine mittlere Bedeutung aufweisen (270 km²), ist die Ausgleichsfunktion von mehr als zwei Drittel aller Freiraumbereiche nur als gering zu bewerten (68 %, ca. 3.550 km²).

Eine mögliche Ursache für eine geringe thermische Ausgleichsfunktion im Rahmen dieser Gesamtbewertung der Tag- und Nachtsituation kann auch darin liegen, dass die Flächen zwar einen nennenswerten Kaltluftabfluss aufweisen, von diesem jedoch keine besonders stark 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 größere Ausgleichsfunktion zugemessen wird, müssen für die planerische Bewertung hinzugenommen werden, wenn zukünftig von deren Ausgleichsfunktion neue Siedlungsbereiche profitieren können.

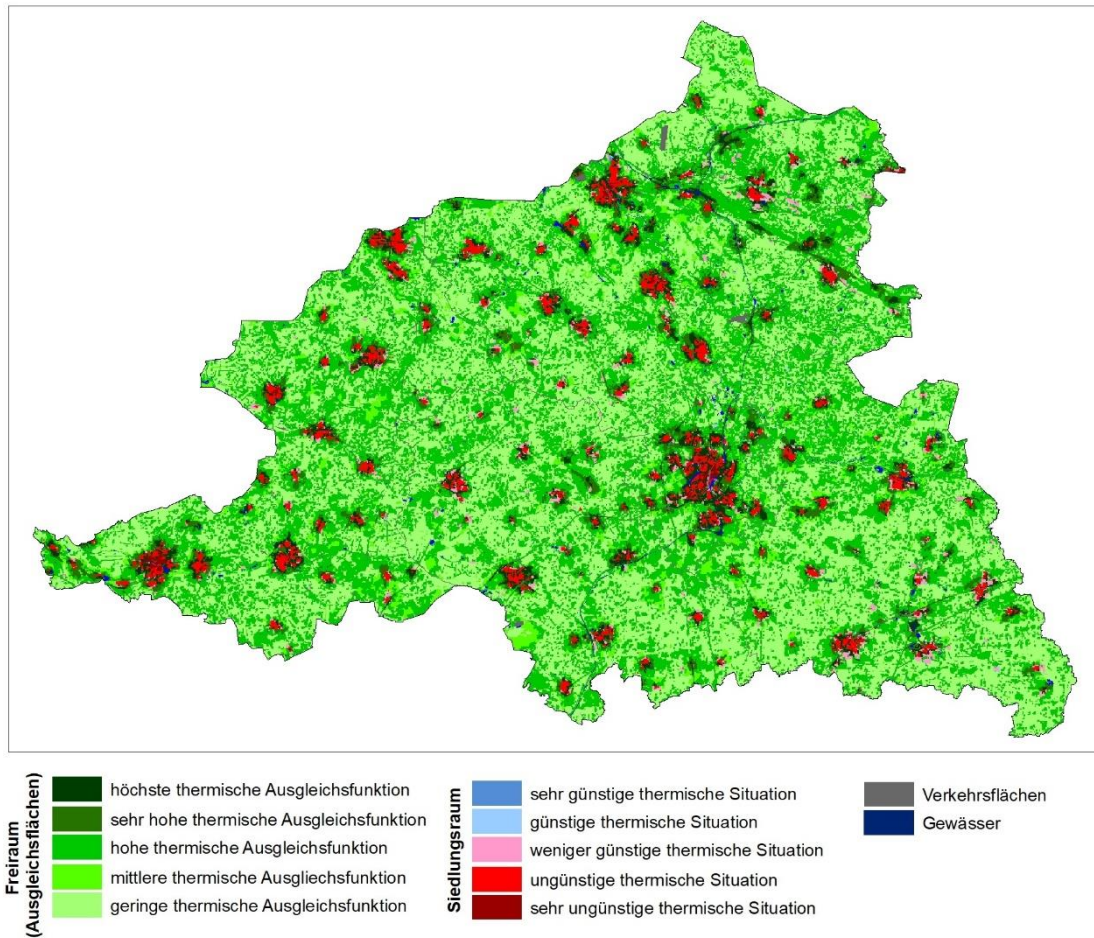
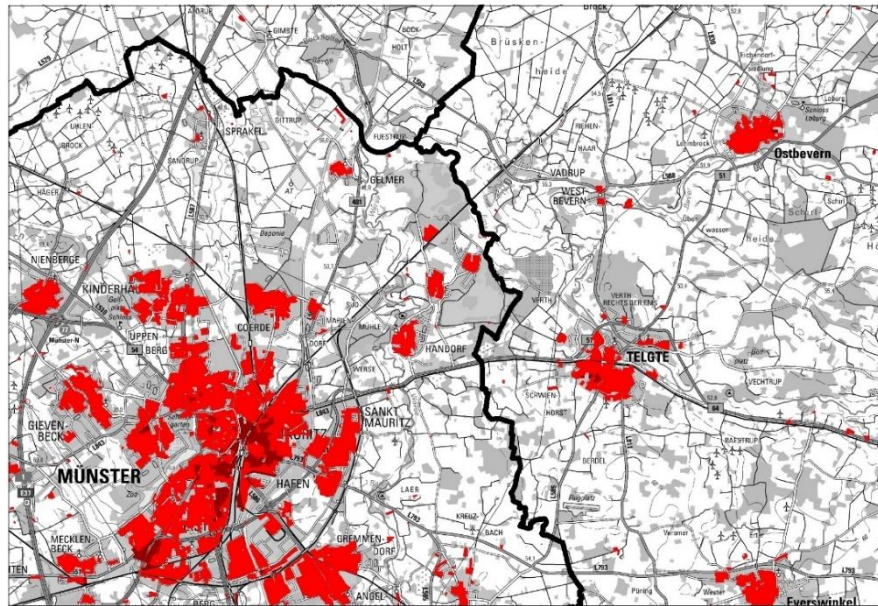
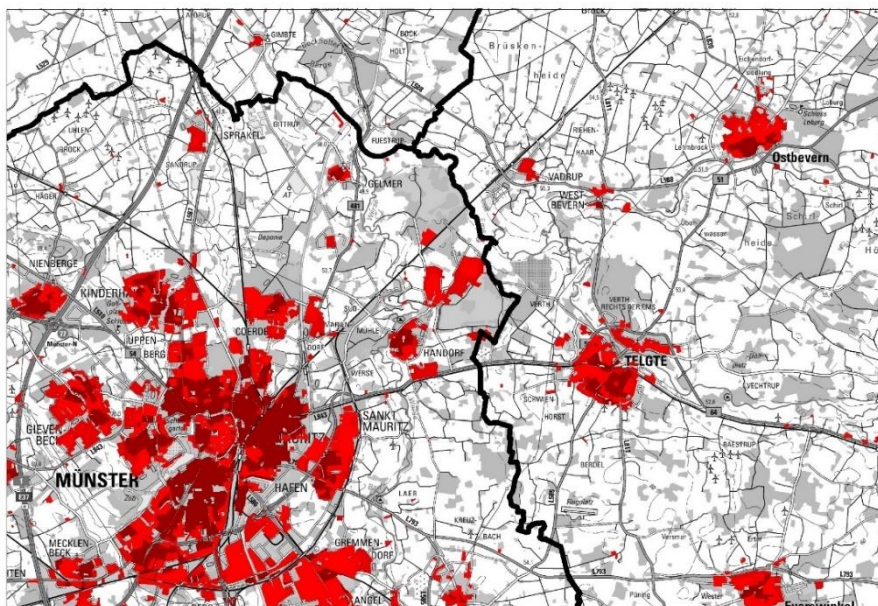


Abbildung 29: Klimaanalyse Gesamtbetrachtung (Kartengrundlage: LAND NRW (2020) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0)



Gesamtbetrachtung: Aktuelle Situation

- Siedlungsbereiche mit ungünstiger thermischer Situation
- Siedlungsbereiche mit sehr ungünstiger thermischer Situation



Gesamtbetrachtung: Zukünftige Situation*

- Siedlungsbereiche mit ungünstiger thermischer Situation
- Siedlungsbereiche mit sehr ungünstiger thermischer Situation

* bis etwa 2050, bei der Annahme eines Temperaturanstieges von +1 K

Abbildung 30 Klimaanalyse Gesamtbetrachtung – Klimawandel-Vorsorgebereiche (Detailausschnitt) (Kartengrundlage: LAND NRW (2020) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0)

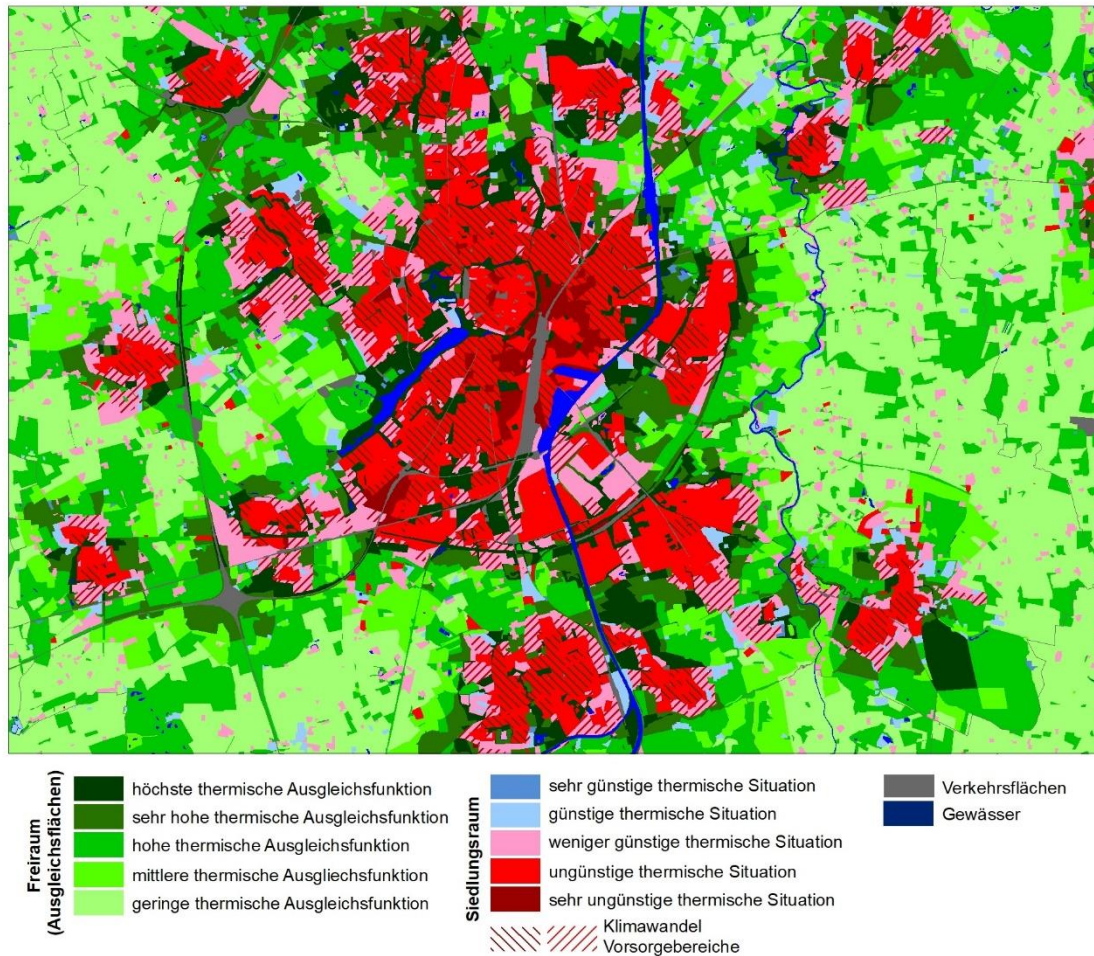


Abbildung 31: Klimaanalyse Gesamtbetrachtung – Detailausschnitt Münster (Kartengrundlage: LAND NRW (2020) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0)

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 klimafachliche Hinweise sowohl an die regionale als auch an die kommunale Planung.

Freiraum

Höchste thermische Ausgleichsfunktion

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 Durchströmbarkeit der angrenzenden Bebauung sollte angestrebt und zur Optimierung der Ökosystemdienstleistung sollte eine Vernetzung mit benachbarten Grün-/Freiflächen erreicht werden (Grünverbindungen).

Sehr hohe thermische Ausgleichsfunktion

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 Durchströmbarkeit der angrenzenden Bebauung angestrebt werden.

Hohe thermische Ausgleichsfunktion

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 Durchströmbarkeit der angrenzenden Bebauung angestrebt werden.

Mittlere thermische Ausgleichsfunktion

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 thermische Ausgleichsfunktion

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 thermische 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 thermische 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 thermische 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 thermische 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 thermische 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 Klimaanalyse für den Planungsraum Münsterland wurden 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 wesentlichen Ergebnisse dieser Untersuchung sind für das Plangebiet in der Karte „Planungsempfehlungen Regionalplanung“ dargestellt (Abbildung 32).

Die Priorität bzw. der Handlungsbedarf von Siedlungsbereichen mit einer im überörtlichen Maßstab bedeutenden nächtlichen Überwärmung wird unterschieden in „vorhanden“ (mehr als 3.800 Betroffene, 85 %-Quantil), „hoch“ (mehr als 10.000 Betroffene, 90 %-Quantil) und „sehr hoch“ (mehr als 39.000 Betroffene, 95 %-Quantil). Für die Tagsituation werden Belastungsräume, die eine Betroffenenanzahl von mehr als 71.000 Menschen (90 %-Quantil) aufweisen, als regional bedeutsam eingestuft.

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 $>1,3 \text{ Mio. m}^2/\text{km}^*\text{s}$; 66 %-Quantil), „hohe Priorität“ (Zufluss $>400.000 \text{ m}^2/\text{km}^*\text{s}$; 33 %-Quantil) und „mittlere Priorität“ (Zufluss $>40.000 \text{ m}^2/\text{km}^*\text{s}$; 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 oder hohen Priorität 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 Grundsatzfestlegungen zweckmäßig.

Bioklimatische Gunsträume von überörtlicher Bedeutung am Tage weisen eine Mindestgröße von 2 km² und eine gute Erreichbarkeit auf (bis 10 km Entfernung zu Hauptbelastungsräumen am Tag), 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 am Tag. 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 Münster auch als shape-Datei übergeben, was das Einladen in Geoinformationssysteme und eine Betrachtung und Auswertung der einzelnen Ebenen und Informationen ermöglicht.

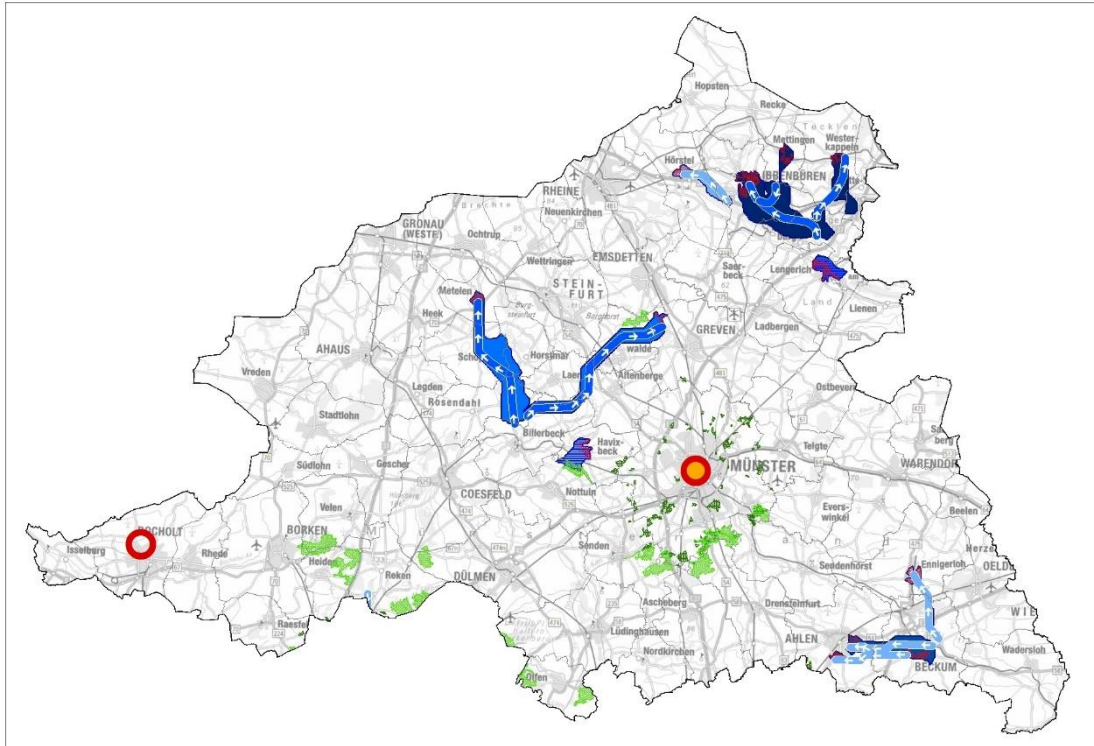


Abbildung 32: Klimaanalyse – Planungsempfehlungen Regionalplanung (Kartengrundlage: LAND NRW (2020) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0)

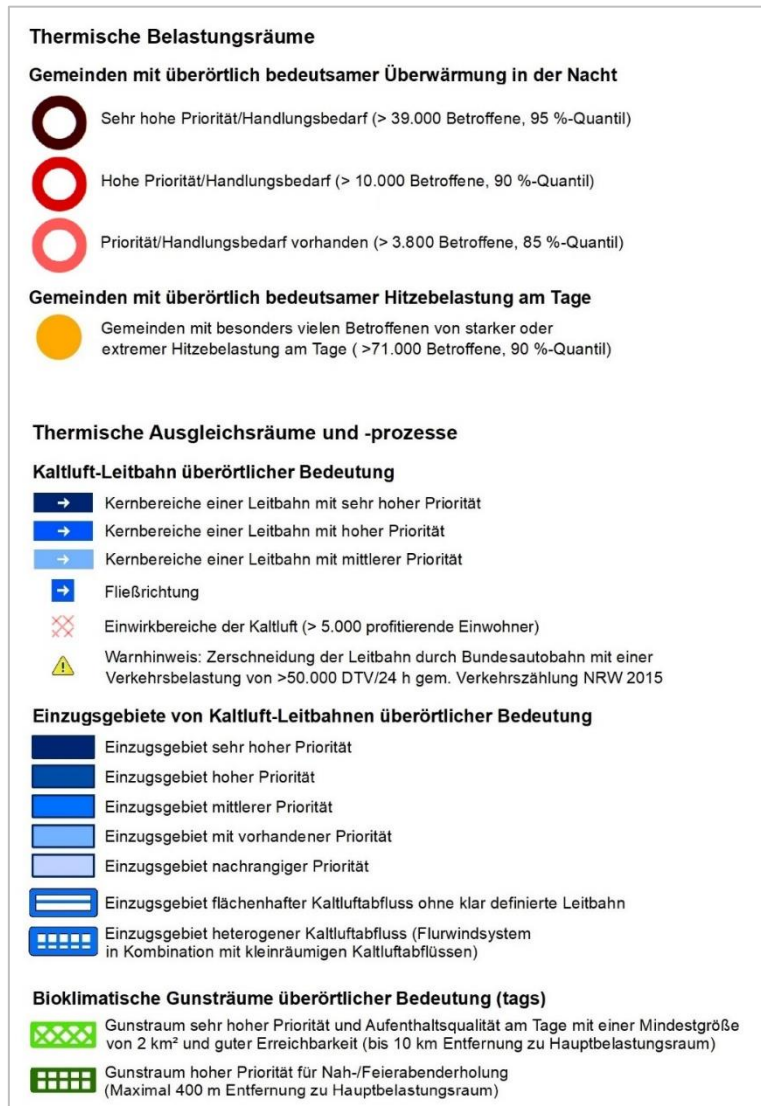


Abbildung 33: Klimaanalyse – Legende Planungsempfehlungen Regionalplanung

Bioklimatische Belastungsräume

Im Planungsraum Münsterland befinden sich mit Münster und Bocholt nach dem landesweit einheitlichen Bewertungsmaßstab zwei Städte mit einer überörtlich bedeutsamen Überwärmung in der Nacht. Für beide Gemeinden wird ein Handlungsbedarf von hoher Priorität (90 %-Quantil) gesehen. Auf Grund der hohen Anzahl an Betroffenen (starke bzw. extreme Hitzebelastung) zeigt die Analyse für Münster auch eine überörtlich bedeutsame thermische Belastung von Siedlungsbereichen am Tag.

Bioklimatische Ausgleichsräume

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

Kaltluftleitbahnen von überörtlicher Bedeutung mit sehr hoher Priorität bestehen im Planungsraum Münsterland nicht. Im Kreis Steinfurt profitieren beispielsweise Metelen und Greven von zwei Kaltluftleitbahnen mit hoher Priorität. Darüber hinaus befinden sich drei Kernbereiche von Kaltluft-Leitbahnen mit hoher Priorität im Raum Ibbenbüren. Leitbahnen mit einer mittleren Priorität versorgen Siedlungsbereiche von Ahlen, Beckum, Ennigerloh und Hörstel.

Bioklimatische Gunsträume mit überörtlicher Bedeutung und hoher Priorität für die Nah- und Feierabenderholung befinden sich im Plangebiet auf Grund des landesweit einheitlichen methodischen Ansatzes nur in Münster, der einzigen Gemeinde im Plangebiet mit einer überörtlich bedeutsamen Hitzebelastung am Tag. Bioklimatische Gunsträume mit sehr hoher Priorität befinden sich insbesondere in den an Münster angrenzenden Bereichen sowie im Südwesten des Plangebiets, wo sich diese Flächen im Umkreis von Hauptbelastungsräumen am Tag außerhalb des Plangebietes befinden (Dorsten, Marl).

Übersicht und landesweiter Vergleich

Um die Ergebnisse der Ableitung von Bereichen und Funktionen mit einer überörtlichen klimaökologischen Bedeutung für den Planungsraum Münsterland hinsichtlich ihrer möglichen räumlichen Konsequenzen einzuordnen, werden diese zusammenfassend in tabellarischer Form dargestellt und mit den Ergebnisse für ganz NRW verglichen (Tabelle 42).

Der Anteil der Menschen, die in Siedlungsbereichen mit im überörtlichen Maßstab bedeuten Hitzebelastungen leben, liegt im Planungsraum Münsterland sowohl für die Tag- als auch die Nachtsituation unterhalb der Werte für ganz NRW. Im Plangebiet leben knapp 17 % der Bevölkerung (ca. 270.000 Menschen) in besonders belasteten Siedlungsräumen von Städten mit überörtlich bedeutender Hitzebelastung am Tag (Münster), während dies in ganz NRW für etwa 44 % der gesamten Bevölkerung (ca. 7,7 Millionen Menschen) in 40 Kommunen zutrifft. In besonders betroffenen Bereichen von Städten mit überörtlich bedeutender nächtlicher Überwärmung leben im Plangebiet gut 3 % der Bevölkerung (ca. 52.000 Menschen, Münster und Bocholt), während hiervon in ganz NRW über 1,1 Mio. Menschen und damit etwa 6,3 % der Gesamtbevölkerung in 26 Kommunen betroffen sind.

Bei dem Vergleich der Ausgleichsräume und –funktionen von überörtlicher Bedeutung im Plangebiet mit den landesweiten Zahlen zeigt sich, dass diese im Planungsraum Münsterland unterdurchschnittlich ausgeprägt sind. So befinden sich, bezogen auf die Länge, etwa 8 % der gesamten landesweiten Kaltluftleitbahnen im Münsterland (Flächenanteil des Plangebietes an gesamter Landesfläche: etwa 17,4 %, Bevölkerungsanteil: 9,1 %). Der Anteil der Einzugsgebiete von Kaltluftleitbahnen überörtlicher Bedeutung an der gesamten Fläche des Plangebietes liegt bei nur 3,6 % und damit deutlich unter dem Wert für ganz NRW (14,9 %). Auch der Flächenanteil bioklimatischer Gunsträume von überörtlicher Bedeutung liegt mit 1,5 % des gesamten Plangebietes unter dem landesweiten Anteil von 6,5 %.

Tabelle 42: Bereiche mit überörtlicher klimaökologischer Bedeutung - Vergleich Planungsraum Münsterland mit NRW

Belastungsräume						
	Plangebiet MS			NRW		
	<i>Anzahl</i>	<i>Einwohner</i>	<i>Anteil</i>	<i>Anzahl</i>	<i>Einwohner</i>	<i>Anteil</i>
im überörtlichen Maßstab bedeutende Bereiche mit nächtlicher Überwärmung	2	51.900	3,3 %	26	1.105.200	6,3 %
Ortslagen mit überörtlich bedeutender Überhitzung (tags)	1	267.300	16,9 %	40	7.707.700	43,9 %
Ausgleichsräume/-funktionen						
Kaltluft-Leitbahnen überörtlicher Bedeutung	Plangebiet MS			NRW		
	<i>Anzahl</i>	<i>Länge</i>	<i>Anteil</i>	<i>Anzahl</i>	<i>Länge</i>	<i>Anteil</i>
sehr hohe Priorität	0	0 km	0 %	35	536 km	37,1 %
hohe Priorität	5	73 km	62,8 %	38	582 km	40,2 %
mittlere Priorität	4	43 km	37,1 %	34	329 km	22,7 %
Summe	9	115 km	100 %	107	1.446 km	100 %
Einzugsgebiete von Kaltluft-Leitbahnen überörtlicher Bedeutung	<i>Anzahl</i>	<i>Fläche</i>	<i>Flächenanteil</i>	<i>Anzahl</i>	<i>Fläche</i>	<i>Flächenanteil</i>
sehr hohe Priorität	1	73 km ²	1,2 %	15	4.581 km ²	13,4 %
hohe Priorität	1	25 km ²	0,4 %	6	78 km ²	0,2 %
mittlere Priorität	1	82 km ²	1,4 %	10	222 km ²	0,6 %
vorhandene Priorität	3	37 km ²	0,6 %	19	160 km ²	0,4 %
nachrangige Priorität	0	0 km ²	0 %	11	38 km ²	0,1 %
Summe	6	216 km ²	3,6 %	54	5.078 km ²	14,9 %
Einzugsgebiete flächenhafter Kaltluftabfluss ohne klar definierte Leitbahn	2	17 km ²	0,3 %	16	297 km ²	0,8 %
Einzugsgebiete heterogener Kaltluftfluss (u. a. Flurwind-systeme)	0	0 km ²	0 %	7	115 km ²	0,3 %
Kaltluft-Einwirkbereiche von überörtlicher Bedeutung	13	26 km ²	0,4 %	231	454 km ²	1,3 %
Bioklimatische Gunsträume überörtlicher Bedeutung (tags)						
	Plangebiet MS			NRW		
		<i>Fläche</i>	<i>Flächenanteil</i>		<i>Fläche</i>	<i>Flächenanteil</i>
sehr hohe Priorität		55 km ²	0,9 %		1.703 km ²	5,0 %
hohe Priorität		20 km ²	0,3 %		525 km ²	1,5 %
Summe		75 km²	1,2 %		2.228 km²	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 im Planungsraum Münsterland 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 Münsterland 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 sowie als Grundlage für die Umweltprüfung,
- 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 zu klimaökologischen Aspekten 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 32) 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 sowie als Grundlage für die Umweltprüfung

Die Inhalte der Karte „Planungsempfehlungen Regionalplanung“ eignen sich neben der Berücksichtigung in Raumordnungsverfahren insbesondere auch für eine angemessene Abwägung im Zuge eigener Planungen, wie etwa bei der Änderung oder Fortschreibung des Regionalplans. Dies dient auch der geforderten Berücksichtigung der Belange der Klimaanpassung (vgl. z. B. § 2 ROG, § 6 Klimaanpassungsgesetz NRW (Entwurf)). 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 siedlungsnahen 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 Münsterland 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 weiter entwickelten 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 häufig 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 Überarbeitungs- und Optimierungspotenzial für derartige multifunktionale Festlegungen im Regionalplan 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. Zu beachten wären hierbei die Vorgaben zu Darstellungen in den Regionalplänen nach § 35 der Verordnung zur Durchführung des Landesplanungsgesetzes NRW (LPIG DVO), wobei Absatz 4 die Abweichung von den in der Regel vorgegebenen Planzeichen regelt.

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 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 Planungsraum Münsterland. 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 Klimafunktionen oder Nachweise, dass das Vorhaben eben nicht gegen die Ziele der Raumordnung verstößt.

4.1.4.2 Hitzebelastung - 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 LPIG 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 Klimaaanalyse NRW sowie des Fachbeitrages Klima des LANUV dienen dabei als Datengrundlage für solche Festlegungen. Dazu sollten die für das Plangebiet 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 Klimaaanalyse 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, vorbehaltlich einer detaillierteren Prüfung der Übereinstimmung mit den Vorgaben des Landesentwicklungsplans NRW, aus klimaökologischer Perspektive folgende Vorschläge für mögliche regionalplanerische Festsetzungen formulieren, die sich zum Teil 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 (am Tage)“. 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 ist der Übergang der siedlungsklimatisch bedeutsamen Bereiche in das Siedlungsgefüge so zu berücksichtigen, dass ihr Wirkungsbereich weiträumige Teile der Siedlung erfasst.

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

(Grundsatz) 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 Reserveflächenüberhänge 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 Freifächensystem Rechnung getragen.

4.2. Weitere Handlungsfelder Klimaanpassung

Im Folgenden sollen weitere Handlungsfelder im Bereich Klimaanpassung dargestellt werden, die für den Regionalplan Münsterland relevant sind. Da zu diesen Aspekten jedoch auch eigenständige, sektorale Fachbeiträge für die Regionalplanung erstellt werden (z. B. Landwirtschaft, Natur- und Artenschutz, Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft), und auch nicht immer direkte regionalplanerische Steuerungsmöglichkeiten gegeben sind, werden an dieser Stelle nur einige wesentliche Aspekte angesprochen, um ein umfassenderes Bild der Herausforderung bei der Anpassung an den anthropogenen Klimawandel im Münsterland zu skizzieren. Für detaillierte Ausführungen wird auf die jeweiligen sektoralen Fachbeiträge verwiesen.

Wasserwirtschaft

Die in Kapitel 2 beschriebenen anthropogenen Klimaänderungen im Plangebiet werden sich 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 entsprechend häufiger zu Überlastungen der Kanalsysteme und Sturzfluten in Siedlungsbereichen führen kann, verbunden mit Risiken für Menschen und 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 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 im Planungsraum auch Abschwemmungen - v. a. auf landwirtschaftlich genutzten Flächen - bewirken, bei denen abbaubare Bodenbestandteile, Nährstoffe, Pflanzenschutzmittel oder Krankheitserreger in die Oberflächengewässer eingetragen werden (MKULNV 2011_A). In gefährdeten Lagen sind daher Maßnahmen zur Reduzierung des Eintragsrisikos vorzusehen (u.a. Filter- und Pufferstreifen, Schaffung von Retentionsräumen etc.).

Auch wenn Nordrhein-Westfalen grundsätzlich ein wasserreiches Land ist, können länger andauernde und stärker ausgeprägte Hitzeperioden lokal zu Wasserstresssituationen führen, was im Plangebiet zu neuen Herausforderungen und einem Anpassungsbedarf führen kann. So können beispielsweise Maßnahmen erforderlich werden, die den ungenutzten Wasserabfluss reduzieren und die Grundwasserneubildung unterstützen. Vor dem Hintergrund zunehmender konkurrierender Wasserbedarfsansprüche ist auch der Schutz nutzbarer Grundwasservorkommen für die öffentliche Wasserversorgung eine wichtige Aufgabe der Regionalplanung. Eine Verringerung der Grundwasserneubildung wirkt sich nicht nur auf das Grundwasserdargebot aus, sondern kann auch zu erhöhten Konzentrationen von Stoffen im Wasser führen. Maßnahmen zur Reduzierung der Einträge - z. B. Nitratauswaschung aus der Landwirtschaft oder Einträge aus undichten Abwasserkanälen - werden eine noch wichtigere Rolle spielen als jetzt.

Außerdem wird davon ausgegangen, dass saisonale Abflussänderungen in Oberflächengewässern (z. B. Abflusszunahme im Winter, Abflussabnahme im Sommer) Auswirkungen auf den Hochwasserschutz und die Gewässerbewirtschaftung haben können. Potenzielle Anpassungsmaßnahmen im Bereich des Hochwasserrisikomanagements 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 im Münsterland werden unter anderem auch durch den Wandel der klimatischen Verhältnisse beeinflusst. Dabei gibt es sowohl Arten, die durch Temperatur- und Niederschlagsveränderungen negativ beeinflusst werden, als auch solche, die von den Änderungen profitieren. Grundzüge der verschiedenen Herausforderungen für den Natur- und Artenschutz bei der Anpassung an den Klimawandel skizziert die Veröffentlichung „Natur im Wandel. Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in Nordrhein-Westfalen“ des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV 2010).

Dort wird - was sinngemäß auf den Planungsraum übertragen werden kann - ausgeführt, dass „grundsätzlich Handlungsbedarf für alle Lebensräume und Arten besteht, die vom Klimawandel negativ beeinflusst werden. Ihre hohe Anzahl erschwert jedoch eine realistische, umsetzbare Maßnahmenplanung. Daher sollten spezielle Anpassungsmaßnahmen in erster Linie für solche Arten ergriffen werden, für die in Nordrhein-Westfalen derzeit ein besonderer Handlungsbedarf besteht.

Dies trifft auf Tierarten 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 (Gefährdungskategorien 1, 2, 3 oder R [...]). Bei den Pflanzenarten ergibt sich ein besonderer Handlungsbedarf für alle vom Klimawandel negativ beeinflussten Arten, die bereits landesweit gefährdet sind (Rote-Liste-Kategorien 1, 2, 3, R) [...] - darunter vor allem solche der Moore und Feuchtgebiete. Bei allen 18 Lebensräumen, die durch den Klimawandel bedroht sind, besteht [ebenfalls] ein besonderer Handlungsbedarf. Die Empfindlichkeitsanalyse lässt vor allem für Moore, Feucht- und Nassgrünland sowie für Erlenbruchwälder stark negative Auswirkungen des Klimawandels erwarten.“

Über diese Grundzüge hinausgehende, konkrete Hinweise und planerische Anforderungen zum Themenkomplex Anpassung an den Klimawandel sowie dessen Folgen mit Bezug zu Natur-, Artenschutz und Landschaftspflege für den Planungsraum Münsterland werden im Fachbeitrag des Naturschutzes und der Landschaftspflege des LANUV nach § 8 LNatSchG NRW dargestellt. Dieser wird durch Abteilung 2 „Naturschutz, Landschaftspflege, Jagdkunde, Fischereiökologie“ des LANUV für den in Aufstellung befindlichen Regionalplan Münsterland erstellt.

Landwirtschaft

Der Landwirtschaft kommt im Münsterland traditionell eine große Bedeutung zu. Die skizzierten Änderungen des Klimas sorgen zukünftig für wesentliche Veränderungen von landwirt-

schaftlichen Standorteignungen und haben Auswirkungen auf die 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. Dadurch könnten sich Anbauoptionen erweitern.

Auf der anderen Seite kann sich der für die Zukunft projizierte Rückgang der sommerlichen Niederschläge negativ auswirken (MKULNV 2011_B). Die erwartete Verringerung der Grundwasserneubildung und der damit verbundene Anstieg der Nitratreintragskonzentrationen führt zu einer erhöhten Notwendigkeit, die Nitratauswaschung zu reduzieren, z.B durch dauerhafte Begrünung. Darüber hinaus bestehen für die Landwirtschaft durch den Klimawandel weitere mögliche Risiken: Die milder werdenden Winter werden Schädlingen und Krankheiten (z. B. Pilzerkrankungen) 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 werden Nutzpflanzen mehr Trockenstress erleben. Durch optimierte Bewässerungssysteme und Maßnahmen zum Wasserrückhalt in der Fläche müssen die verfügbaren Wasserressourcen effizienter genutzt werden

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 Nutztierhaltung zur Fleisch- und Milchproduktion 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 oder die Nutzpflanzen auf den landwirtschaftlichen Flächen angeht. Das Ziel der Regionalplanung sollte dennoch sein, die Voraussetzungen zur Sicherung und Anpassung der Leistungsfähigkeit von Agrarstandorten im Planungsraum 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, erfordern dabei nachhaltig gestaltete acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen, um durch vorsorgenden Bodenschutz zu einer Verringerung der Erosionsgefährdung beizutragen.

Waldökologie, Forstwirtschaft

Die Auswirkungen des Klimawandels auf den Wald und die Forstwirtschaft sind im Plangebiet trotz des vergleichsweise geringen Waldanteils von Relevanz. Das Gebiet des Regionalplans

Münsterland ist deckungsgleich mit dem Bereich der Regionalforstamtes Münsterland, einem von 16 Regionalforstämtern in NRW. Mit knapp 15 % Waldanteil an der gesamten Fläche ist der Anteil von Waldflächen im Münsterland geringer als in ganz NRW (ca. 27 %) und deutlich geringer als in den walddreichen Regionen des Landes (LANDESBETRIEB WALD UND HOLZ NRW 2021). Auf Grund des geringen Waldflächenanteils in der Region sollten den bestehenden Wäldern und den sich durch den Klimawandel ergebenden Herausforderungen eine besondere Bedeutung beigemessen werden.

Anpassungsmaßnahmen im Bereich Waldökologie und Forstwirtschaft müssen auf die zu erwartenden Temperatur- und Niederschlagsveränderungen reagieren (z. B. verlängerte Vegetationszeit, vermehrter Trockenstress), aber auch vermehrte Schäden durch Stürme (Windbruch/-wurf), eine erhöhte Waldbrandgefahr und indirekte Effekte wie erhöhte Belastung durch Schadinsekten berücksichtigen. Insbesondere ist auf Grund der Auswirkungen des Klimawandels die Stabilität und die Anpassungsfähigkeit der Wälder zu erhöhen. Im Rahmen der Klimaanpassungsstrategie für den Wald und die Waldbewirtschaftung in Nordrhein-Westfalen (MKULNV 2015) und den neuen Instrumenten für die Waldbewirtschaftung im Klimawandel (MULNV 2019_A, 2019_B & 2018_A; vor allem Waldbaukonzept NRW (MULNV 2019_D), Wiederbewaldungskonzept NRW (MULNV NRW 2020)) werden hierfür insbesondere standortgerechte und strukturierte Mischbestände aus überwiegend heimischen Baumarten empfohlen. Auch die Verwendung von geeignetem forstlichen Vermehrungsgut ist bedeutend. Es werden auch einige ausgewählte, in NRW nicht heimische Baumarten empfohlen (z. B. Weißtanne, Douglasie), überwiegend als Beimischungen (MULNV 2019_D).

Auch wenn beispielsweise die häufig im Zusammenhang des Klimawandels genannte Fichte im Münsterland nur eine untergeordnete Rolle spielt (9 % Anteil an der Baumartenverteilung), sind auch im Plangebiet die vorkommenden Baumarten (z.B. Kiefer und sonstiges Nadelholz: 24 %, Eiche: 26 %, Buche: 12 %; LANDESBETRIEB WALD UND HOLZ NRW 2021) auf ihre Standortgerechtigkeit zu prüfen. Hierzu liegen verschiedene Untersuchungen des Landesbetriebes Wald und Holz NRW vor. Das Internetportal Waldinfo.NRW (www.waldinfo.nrw.de; MULNV 2019_C) beinhaltet digitale Karten zur standörtlichen Eignung bedeutender Baumarten unter bisherigen Klimabedingungen und angesichts eines ausgewählten Szenarios zu Auswirkungen des Klimawandels (SCHULTE-KELLINGHAUS et al. 2020). Die regionalen und lokalen waldbaulichen Planungen sollten auf der Grundlage des neuen Waldbaukonzepts (MULNV 2019_D), der Boden- und Standortkarten (Geologischer Dienst 2018) sowie der aktuellen Projektionen zu den Auswirkungen des Klimawandels in NRW weiterentwickelt werden. Für die Wiederbewaldung von Kalamitätsflächen beinhaltet das Wiederbewaldungskonzept NRW (MULNV 2020) fachliche Empfehlungen.

Auch die fachlichen Konzepte und Handlungsempfehlungen in Bereichen wie Waldschutz, forstliches Krisenmanagement, forstlicher Wegebau, Waldnaturschutz, Erholungsnutzung im Wald sowie Forschung und Versuchswesen bedürfen im Klimawandel der Weiterentwicklung (MKULNV 2015). Das forstliche Umweltmonitoring NRW des LANUV stellt wichtige Grundlagendaten zur Waldökologie zur Verfügung.

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.
- BAUMGART; TERFRÜCHTE (Hrsg.) (2013): Zukunft der Regionalplanung in Nordrhein-Westfalen. In: Arbeitsberichte der Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL), Nr. 6, Hannover.
- BEKRYAEV, ROMAN V.; POLYAKOV, IGOR V.; ALEXEEV, VLADIMIR A. (2010): Role of Polar Amplification in Long-Term Surface Air Temperature Variations and Modern Arctic Warming. In: J. Climate 23 (14), S. 3888–3906. DOI: 10.1175/2010JCLI3297.1.
- 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.
- BEZIRKSREGIERUNG MÜNSTER (2021): Regionalplan Münsterland. Online verfügbar unter: <https://www.bezreg-muenster.de/de/regionalplanung/regionalplan/index.html> 8zuletzt abgerufen am 01.02.2021)
- 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 ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT [BMEL] 2016: Klimaschutz und Klimawandel. https://www.bmel.de/DE/Landwirtschaft/Nachhaltige-Landnutzung/Klimawandel/_Texte/LandwirtschaftUndKlimaschutz.html;jsessionid=8E4B9F49AE2A0DF225FC33CC38153BFC.1_cid358?nn=310028 (zuletzt aufgerufen am 28.08.2018)
- BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND NUKLEARE SICHERHEIT [BMU] (2020_A): Die Klimakonferenz in Paris. Online verfügbar unter: <https://www.bmu.de/themen/klima-energie/klimaschutz/internationale-klimapolitik/pariser-abkommen>, zuletzt abgerufen am 21.12.2020.

- BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND NUKLEARE SICHERHEIT [BMU] (2020_B): EU-Klimapolitik. Online verfügbar unter: <https://www.bmu.de/themen/klima-energie/klimaschutz/eu-klimapolitik/>, zuletzt abgerufen am 21.12.2020
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG [BMVBS] (2011): Erneuerbare Energien: Zukunftsaufgabe der Regionalplanung. Berlin.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG [BMVBS] (2013₁): Wie kann Regionalplanung zur Anpassung an den Klimawandel beitragen? Bonn.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG [BMVBS] (2013₂) (Hrsg.): Methodenhandbuch zur regionalen Klimafolgenbewertung in der räumlichen Planung – Systematisierung der Grundlagen regionalplanerischer Klimafolgenbewertung. 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.
- BUNDESREGIERUNG (2020): Was tut die Bundesregierung für den Klimaschutz. Online verfügbar unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/bundesregierung-klimapolitik-1637146>. Zuletzt abgerufen am 21.12.2020
- BUNDESVERBAND WINDENERGIE E.V. [BWE] (2017): Regionalplanung und Repowering. Planerische Gestaltungsmöglichkeiten. Berlin / Bremen.
- 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., OTTOBLIESNER, 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.
- DESTATIS (Statistisches Bundesamt): Bevölkerung in Deutschland zum 31.12.2017. <https://www-genesis.destatis.de/genesis//online?operation=table&code=12411-0001&bypass=true&levelindex=0&levelid=1608025002046#abreadcrumb> (zuletzt aufgerufen am 15.12.2020)
- DEUTSCHER WETTERDIENST [DWD] (2019): Wetter und Klima - Deutscher Wetterdienst - Leistungen - HYRAS – Hydrologische Rasterdatensätze. Hg. v. Deutscher Wetterdienst DWD. DWD. Online verfügbar unter <https://www.dwd.de/DE/leistungen/hyras/hyras.html>, zuletzt abgerufen am 08.05.2019
- DEUTSCHER WETTERDIENST [DWD] (2018_A): Bioklima. Hg. v. Deutscher Wetterdienst DWD. Deutscher Wetterdienst DWD. Online verfügbar unter https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/ku_beratung/gesundheit/bioklima/bioklima_node.html, zuletzt abgerufen am 20.07.2018.

- DEUTSCHER WETTERDIENST [DWD] (2018_B): RCP-Szenarien. Hg. v. Deutscher Wetterdienst DWD. Deutscher Wetterdienst DWD. Online verfügbar unter https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimawandel/klimaszenarien/rcp-szenarien_node.html, zuletzt abgerufen am 20.07.2018.
- DEUTSCHER WETTERDIENST [DWD] (2017) - Climate Data Center: http://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/cdc/cdc_node.html (zuletzt aufgerufen am 07.07.2017).
- DEUTSCHER WETTERDIENST [DWD] (2017_B): Wetterlexikon: Föhn. Online verfügbar unter: <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=100784&lv3=100882> (zuletzt abgerufen am 18.08.2017).
- ENGLANDER, JOHN (2017): <http://www.johnenglander.net/sea-level-rise-blog/single-image-proves-human-caused-global-warming/>
- ETHERIDGE, D. M.; STEELE, L. P.; LANGENFELDS, R. L.; FRANCEY, R. J.; BARNOLA, J.-M.; MORGAN, V. I. (1996): Natural and anthropogenic changes in atmospheric CO₂ over the last 1000 years from air in Antarctic ice and firn. In: Journal of Geophysical Research (101), S. 4115–4128.
- EURO-CORDEX: <https://www.euro-cordex.net/>
- 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.
- FACHAGENTUR WINDENERGIE AN LAND [FA WIND] (2018): Was tun nach 20 Jahren? Repowering, Weiterbetrieb oder Stilllegung von Windenergieanlagen nach Förderende. Berlin.
- FRANCE DIPLOMATIE (2015): 2015 Paris Climate Conference (COP21). Hg. v. French Ministry for Europe and Foreign Affairs. Online verfügbar unter <http://www.diplomatie.gouv.fr/en/french-foreign-policy/climate/2015-paris-climate-conference-cop21/>, zuletzt abgerufen am 04.09.2017.
- FRAUNHOFER ISE (2020): Öffentliche Nettostromerzeugung in Deutschland im Jahr 2019. Online verfügbar unter: https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/news/2019/Stromerzeugung_2019_2.pdf (zuletzt abgerufen am 14.12.2020)
- 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.
- GEOLOGISCHER DIENST NRW (2018): Bodenkarten und Forstliche Standortkarten für die Wälder Nordrhein-Westfalens.
- 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.
- HANSEN, J., SATO, M. (2012): Paleoclimate Implications for Human-Made Climate Change. In: *Sijacki, A.B.M. (Ed.), Climate Change. Inferences from Paleoclimate and Regional Aspects. Conference proceedings.*
- 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 abgerufen am 08.08.2017).
- HENRY, L. G.; MCMANUS, J. F.; CURRY, W. B.; ROBERTS, N. L.; PIOTROWSKI, A. M.; KEIGWIN, L. D. (2016): North Atlantic ocean circulation and abrupt climate change during the last glaciation. In: *Science* 353 (6298), S. 470. DOI: 10.1126/science.aaf5529.
- 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) (2019_A): Climate Change and Land. An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. Summary for Policymakers. Hg. v. IPCC. Geneva, Switzerland, zuletzt geprüft am 09.09.2019.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE [IPCC] (Hg.) (2019_B): The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. Unter Mitarbeit von H., O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor et al. IPCC, zuletzt geprüft am 08.10.2019.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE [IPCC] (Hg.) (2018): Global Warming of 1.5 °C. an IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Hg. v. IPCC. IPCC, zuletzt abgerufen am 30.11.2018.
- 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.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE [IPCC] (Hg.) (2012): Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change []. Unter Mitarbeit von Field, C. B, V. Barros, T. F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken et al. Hg. v. Field, C. B, V. Barros, T. F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, et al. IPCC. Cambridge, UK,. Online verfügbar unter http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX_Full_Report.pdf.
- 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] (2006): IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, 2006.
- 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] (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.
- IT.NRW: Bevölkerung am 31.12.2020. <https://www.it.nrw/statistik/eckdaten/bevoelkerung-nach-gemeinden-93051> (zuletzt aufgerufen am 07.01.2021)
- JANSEN, EYSTEIN; CHRISTENSEN, JENS HESSELBJERG; DOKKEN, TROND; NISANCIOGLU, KERIM H.; VINTHER, BO M.; CAPRON, EMILIE ET AL. (2020): Past perspectives on the present era of abrupt Arctic climate change. In: Nature Clim Change 10 (8), S. 714–721. DOI: 10.1038/s41558-020-0860-7.
- KLIMA-UND-RAUM (2018): <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.
- KRÄHENMANN (2019): Statistisches Downscaling und BIAS-Adjustierung der EURO-CORDEX Simulationen über dem HYRAS-Gebiet. Arbeitskonzept Stefan Krähenmann, DWD im BMVI-Expertenetzwerk. DWD, Abteilung Klima- und Umweltberatung. Offenbach a. Main.
- KREIS OLPE (2019): Den Kreis Olpe erleben. Online verfügbar unter: <https://www.kreis-olpe.de/Kreis-Olpe-erleben>, zuletzt abgerufen am 04.03.2019.
- LAND NRW (2021): Klimaschutzgesetz und Klimaanpassungsgesetz im Kabinett verabschiedet. Online verfügbar unter: <https://www.land.nrw/de/pressemitteilung/klimaschutzgesetz-und-klimaanpassungsgesetz-im-kabinett-verabschiedet> (zuletzt abgerufen am 31.03.2021)
- LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN [LANUV] (2020_B): Energieatlas.NRW. <http://www.energieatlas.nrw.de/site> (zuletzt abgerufen am 14.12.2020)
- LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN (2019): Fachbeitrag Klima für die Planungsregion Arnsberg, räumlicher Teilplan Märkischer Kreis, Kreis Olpe und Kreis Siegen-Wittgenstein. Hg. v. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV). Recklinghausen, zuletzt geprüft am 03.02.2021.

- LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN [LANUV] (2019_C): Treibhausgas-Emissionsinventar Nordrhein-Westfalen 2017; LANUV-Fachbericht 95. Recklinghausen.
- LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN [LANUV] (2019_D): Potenzialstudie Industrielle Abwärme, LANUV-Fachbericht 96. Herausgeber: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz. Recklinghausen.
- LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN [LANUV] (2018): Klimaanalyse Nordrhein-Westfalen. LANUV-Fachbericht 86. Recklinghausen.
- LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN [LANUV] (2018_A): Fachbeitrag Klima für die Planungsregion Detmold. Hg. v. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV). Recklinghausen, zuletzt geprüft am 19.02.2019.
- LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN (2018_B): Fachbeitrag Klima für die Planungsregion Köln. Hg. v. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV). Recklinghausen, zuletzt geprüft am 19.02.2019.
- LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN [LANUV] (2018_C): Das landesweite Solarkataster Nordrhein-Westfalen. Ein Instrument zum Ausbau der Solarenergie. LANUV-Info 43. Recklinghausen.
- LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN [LANUV] (2018_D): Potenzialstudie Warmes Grubenwasser. LANUV-Fachbericht 90. Recklinghausen.
- 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] (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 3 - 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).
- LANDESBETRIEB WALD UND HOLZ NRW (2021): Regionalforstamt Münsterland. Wald und Holz NRW in Münster. Online verfügbar unter <https://www.wald-und-holz.nrw.de/ueberuns/einrichtungen/regionalforstaemter/muensterland>, zuletzt abgerufen am 20.01.2021.
- LINKE, C. et al. (2015): Leitlinien zur Interpretation regionaler Klimamodelldaten des Bundes. Länder- Fachgespräch „Interpretation regionaler Klimamodelldaten“. Hg. v. Bundesländer- Fachgespräch "Interpretation regionaler Klimamodelldaten". Hannover
- 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.
- MÄRKISCHER KREIS (2019): Wirtschaft. Online verfügbar unter: <https://www.maerkischer-kreis.de/der-kreis/portrait/wirtschaft.php>, zuletzt abgerufen am 04.03.2019.
- 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] (2011_A): 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] (2011_B): 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.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT, NATUR- UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN [MULNV] (2020): Wiederbewaldungskonzept Nordrhein-Westfalen - Empfehlungen für eine nachhaltige Walderneuerung auf Kalamitätsflächen.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT, NATUR- UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN [MULNV] (2019_A): Landeswaldbericht 2019 – Bericht über Lage und Entwicklung der Forstwirtschaft in NRW.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT, NATUR- UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN [MULNV] (2019_B): Waldbewirtschaftung. Online verfügbar unter: <https://www.umwelt.nrw.de/naturschutz/wald/waldbewirtschaftung/> (zuletzt abgerufen am 11.06.2019)
- MINISTERIUM FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT, NATUR- UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN [MULNV] (2019_C): Waldinformationen NRW. Online verfügbar unter: <https://www.waldinfo.nrw.de/> (zuletzt abgerufen am 11.06.2019)
- MINISTERIUM FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT, NATUR- UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN [MULNV] (2019_D): Waldbaukonzept Nordrhein-Westfalen – Empfehlungen für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung. 2. Auflage.

- MINISTERIUM FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT, NATUR- UND VERBRAUCHER-SCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN [MULNV] (2018_A): Neue Instrumente für die künftige Waldbewirtschaftung in Nordrhein-Westfalen - Ministerin Ursula Heinen-Esser stellt Aspekte der neuen Waldbewirtschaftung in Nordrhein-Westfalen vor.
- 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 (2021): Data.GISS: GISS Surface Temperature Analysis: Analysis Graphs and Plots. Online verfügbar unter https://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v4/customize.html, zuletzt aktualisiert am 12.01.2021, zuletzt abgerufen am 26.01.2021.
- NOAA (2021_A): ftp://aftp.cmdl.noaa.gov/products/trends/co2/co2_weekly_mlo.txt
- NOAA (2021_B): http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/#mlo_full
- NOAA (2021_C): ftp://aftp.cmdl.noaa.gov/products/trends/co2/co2_annmean_mlo.txt
- NOAA (2021_D): <http://www.ncdc.noaa.gov/cag/time-series/global>
- NRW BANK (2019): Regionalwirtschaftliche Profile Nordrhein-Westfalen 2019. Münsterland. Ausgewählte Indikatoren.
- 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.
- RAHMSTORF, STEFAN (2019): Wie viel CO₂ kann Deutschland noch ausstoßen? Online verfügbar unter: <https://scilogs.spektrum.de/klimalounge/wie-viel-co2-kann-deutschland-noch-ausstossen/> (zuletzt abgerufen am 21.12.2020)
- REKLIES-DE: <http://reklies.hlnug.de/home/> (zuletzt abgerufen am 15.09.2017).)
- REGIONALDATENBANK DEUTSCHLAND: <https://www.regionalstatistik.de/genesis/online/logon> (zuletzt aufgerufen am 07.07.2017).
- 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-westsachsen-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.
- SCHULTE-KELLINGHAUS, S., WELLER, A. & WOLFF, I. (2020): Erweiterung der Forstlichen Standortkarte von Nordrhein-Westfalen auf der Grundlage von Klimaprojektionen und zur Entwicklung von Karten zur Eignung von Baumarten und Waldentwicklungstypen – Projektbericht.
- SCREEN, JAMES A.; SIMMONDS, IAN (2010): The central role of diminishing sea ice in recent Arctic temperature amplification. In: *Nature* 464 (7293), S. 1334–1337. DOI: 10.1038/nature09051.
- SIPPEL, SEBASTIAN; MEINSHAUSEN, NICOLAI; FISCHER, ERICH M.; SZÉKELY, ENIKŐ; KNUTTI, RETO (2020): Climate change now detectable from any single day of weather at global scale. In: *Nat. Clim. Chang.* 10 (1), S. 35–41. DOI: 10.1038/s41558-019-0666-7.
- 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 (2019): Landesentwicklungsplan Nordrhein-Westfalen (LEP NRW). In Kraft getreten am 6. August 2019. Düsseldorf.
- STAEGGER, TIM (2016): Temperaturverteilung und Extreme. Hg. v. *tagesschau.de*. *tagesschau.de*. <https://wetter.tagesschau.de/wetterthema/2016/12/02/statistik-und-wetter.html> (zuletzt abgerufen am 15.09.2017).
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2020): Kreisfreie Städte und Landkreise nach Fläche, Bevölkerung und Bevölkerungsdichte am 31.12.2019. Online verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Laender-Regionen/Regionales/Gemeindeverzeichnis/Administrativ/04-kreise.html> (zuletzt abgerufen am 15.12.2020).
- STEFFEN, WILL; ROCKSTRÖM, JOHAN; RICHARDSON, KATHERINE; LENTON, TIMOTHY M.; FOLKE, CARL; LIVERMAN, DIANA et al. (2018): Trajectories of the Earth System in the Anthropocene. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences*. DOI: 10.1073/pnas.1810141115.

- 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] (2012): Strom- und Wärmeversorgung in Zahlen. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/energieversorgung/strom-waermeversorgung-in-zahlen?sprungmarke=Strommix#Kraftwerke> (zuletzt abgerufen am 15.12.2020)
- UMWELTBUNDESAMT [UBA] (2020): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2020, Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2018 <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/berichterstattung-unter-der-klimarahmenkonvention-5>
- 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.
- VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE [VDI] (2004): VDI-Richtlinie 3787 Blatt 9. Umweltmeteorologie. Berücksichtigung von Klima und Lufthygiene.
- VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE [VDI] (2008): Richtlinie VDI 3785, Blatt 1, Methodik und Ergebnisdarstellung von Untersuchungen zum planungsrelevanten Stadtklima, Düsseldorf.
- VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE [VDI] (2008_B): VDI-Richtlinie 3787 Blatt 2. Umweltmeteorologie. Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung. Teil I: Klima.
- VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE [VDI] (2015): Richtlinie VDI 3787 Blatt 1. Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen. Düsseldorf
- WAGNER, STEPHAN (2018): Klimaschutz durch Raumordnung. Zentralinstitut für Raumplanung an der Universität Münster. Beiträge zum Raumplanungsrecht.
- 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.
- WESTFÄLISCHE WILHELMS-UNIVERSITÄT MÜNSTER [WWU] (2020): Willkommen an der WWU. Informationen für Erstsemester und Hochschulwechsler*innen. Sommersemester 2021. ZSB Zentrale Studienberatung.
- 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, XU; LOHMANN, GERRIT; KNORR, GREGOR; PURCELL, CONOR (2014): Abrupt glacial climate shifts controlled by ice sheet changes. In: *Nature* 512, 290 EP -. DOI: 10.1038/nature13592.
- 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-INE-RIS*	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-INNERIS 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: 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) (Quelle: Eigene Darstellung)

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 den im Raster 100 m x 100 m vorliegenden Bevölkerungsdaten des ZENSUS 2011 die flächenspezifischen Betroffenenzahlen abgeschätzt und statistisch ausgewertet.

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 3.800 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 1).

Tabelle A 1: Klassifizierung regional bedeutsamer nächtlicher Belastungsräume

Bewertungsklasse	Quantil	Betroffenheit (gerundete Betroffenenzahl)	Regionalplanerisches Bewertung
sehr hohe Priorität/ sehr hoher Handlungsbedarf	95 %	> 39.000	für Zielfestlegungen geeignet, Berücksichtigung bei Siedlungsentwicklung zwingend
hohe Priorität/ hoher Handlungsbedarf	90 %	> 10.000 und < 39.000	für Zielfestlegungen (ggf. multifunktional) geeignet, Berücksichtigung bei Siedlungsentwicklung zwingend
Priorität vorhanden/ Handlungsbedarf vorhanden	85 %	> 3.800 und < 10.000	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 71.000 (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 Klimaanalyse 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.

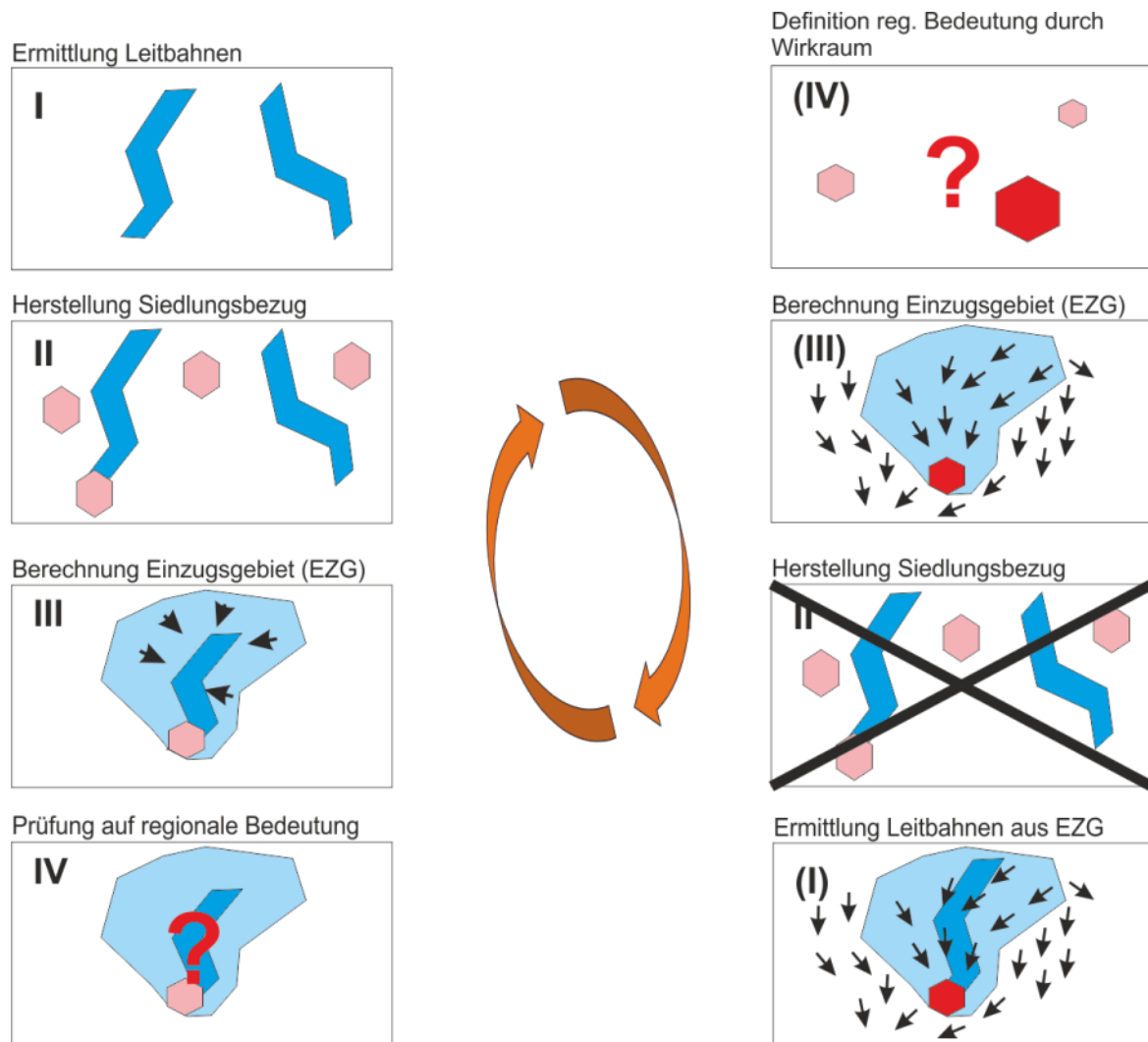


Abbildung A 2: Direkter und indirekter (inverser) Workflow zur Abgrenzung regional bedeutsamer Kaltluft-Leitbahnen und ihrer Einzugsgebiete (Quelle: Eigene Darstellung)

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 Einwirkungsbereichs) und

damit indirekt auch auf die Ausdehnung und Intensität der Leitbahn rückschließen. Da der Kaltluftstrom durch den Siedlungskörper auf Grund zunehmender Oberflächenrauigkeit und Turbulenz gebremst wird, ist ein großer Einwirkbereich im Allgemeinen, und damit in Abhängigkeit von der jeweiligen Bevölkerungsdichte auch eine große Betroffenenzahl, 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 5.000 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 mit den Bevölkerungsdaten des ZENSUS 2011 ermittelt und anschließend alle Einwirkbereiche mit 5.000 Einwohnern und mehr ausgewählt. Die so als regional bedeutsam bewerteten Einwirkbereiche umfassen in Summe in NRW rund 471 km² Siedlungsflächen mit einer geschätzten Gesamt-Einwohnerzahl von ca. 2 Millionen Menschen. Dies entspricht einem Anteil von 21,5 % aller von FITNAH berechneten Einwirkbereiche der Kaltluftzuflüsse in NRW entspricht.

Modellierung der Kaltluftleitbahnen und Einzugsgebiete

Die als regional bedeutsam eingestuften Einwirkbereiche werden nun als Ausflussspunkt (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 (> 5.000 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 Endpunkt, 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.

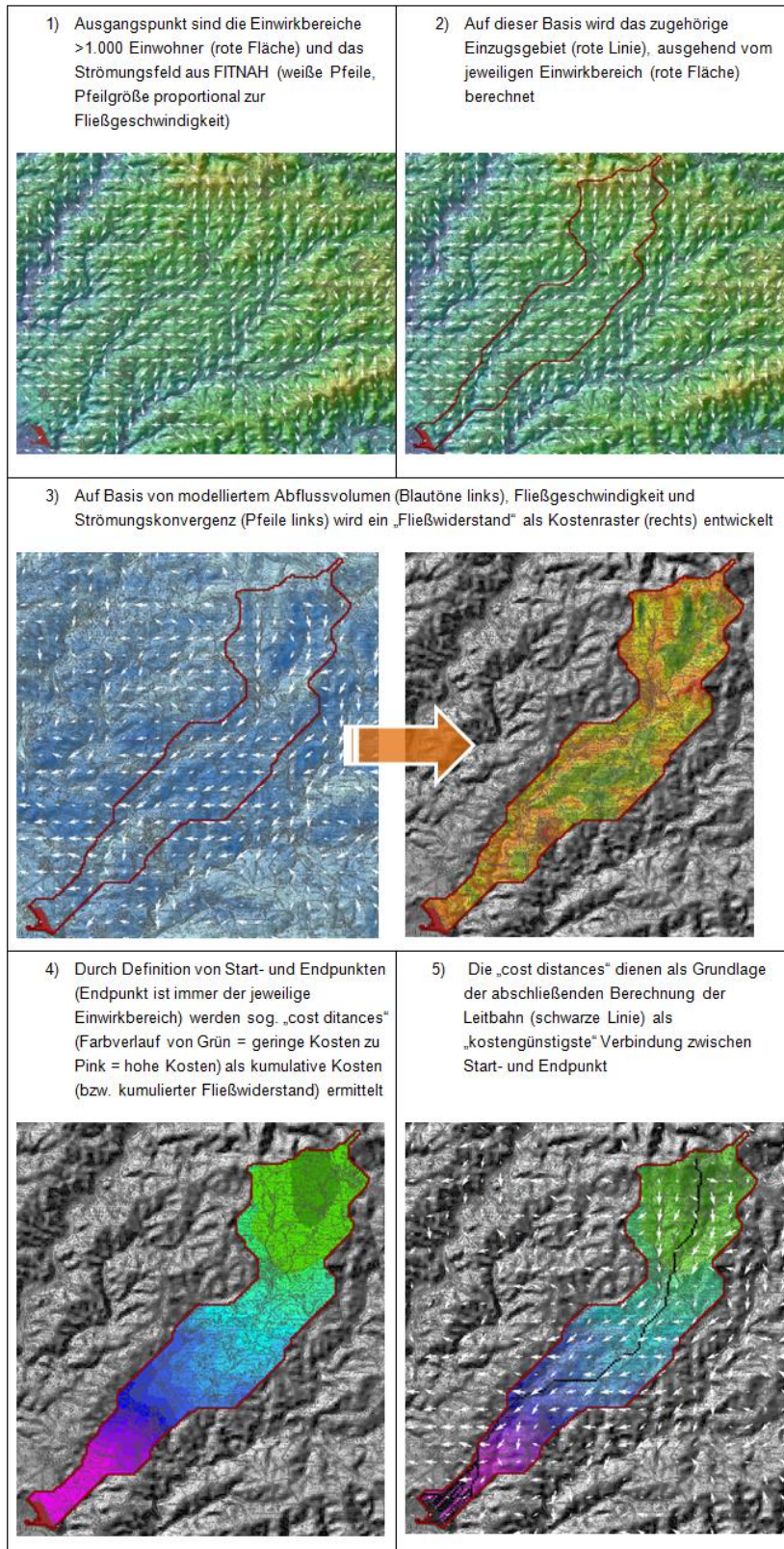


Abbildung A 3: Exemplarischer Ablauf der Ermittlung regional bedeutsamer Kaltluft- Leitbahnen und der zugehörigen Einzugsgebiete (Quelle: Eigene Darstellung)

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 regionalplanerischen 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 2 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 2: 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 3: Klassifizierung regional bedeutsamer Kaltluft-Entstehungsgebiete (Einzugsgebiete der Leitbahnen) nach Kaltluft-Produktivität

Bewertungsklasse	Quantil	Leistungsfähigkeit (gerundetes linienbezogenes Abflussvolumen)
sehr hohe Produktivität	90 %	> 25 Mio. m ³ /s
hohe Produktivität	75 %	>6 Mio. m ³ /s und <25 Mio. m ³ /s
mittlere Produktivität	50 %	>1,7 Mio. m ³ /s und <6 Mio. m ³ /s
mäßige Produktivität	25 %	>500.000 m ³ /s und <1,7 Mio. m ³ /s
geringe Produktivität	0 %	<500.000 m ³ /s

Tabelle A 4: 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 %	>11.000 Einwohner und <20.000 Einwohner
mäßige Bedeutung	25 %	>7.500 Einwohner und <11.000 Einwohner
geringe Bedeutung	0 %	<7.500 Einwohner

Die dargestellten Teil-Ergebnisse werden nun mit Hilfe einer Bewertungsmatrix zu einem Gesamtergebnis miteinander verknüpft. Aufgrund der anthropozentrischen Ausrichtung der Klimaaanalyse 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 5: 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 6: 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 (>5.000 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.

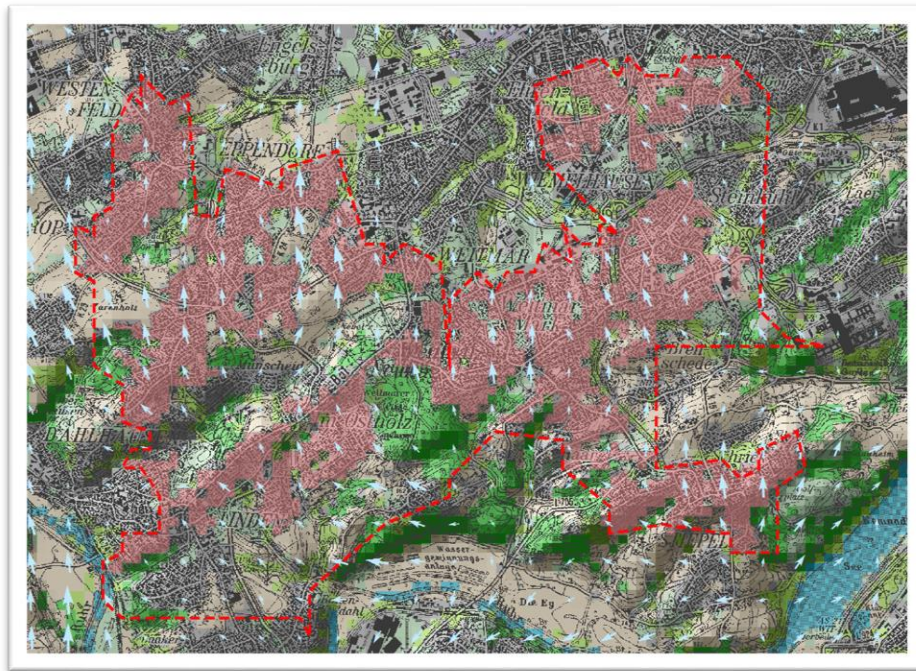


Abbildung A 4: Beispiel eines heterogenen, Flurwind beeinflussten Strömungssystems mit Einzugsgebiet regionale Bedeutung (Quelle: Eigene Darstellung)

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 Einzugsgebiets-Kategorien dargestellt.

A 2.4 Regional bedeutsame Ausgleichsräume mit hoher Aufenthalts-qualität 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 zusammengefasst. 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 am Tag 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