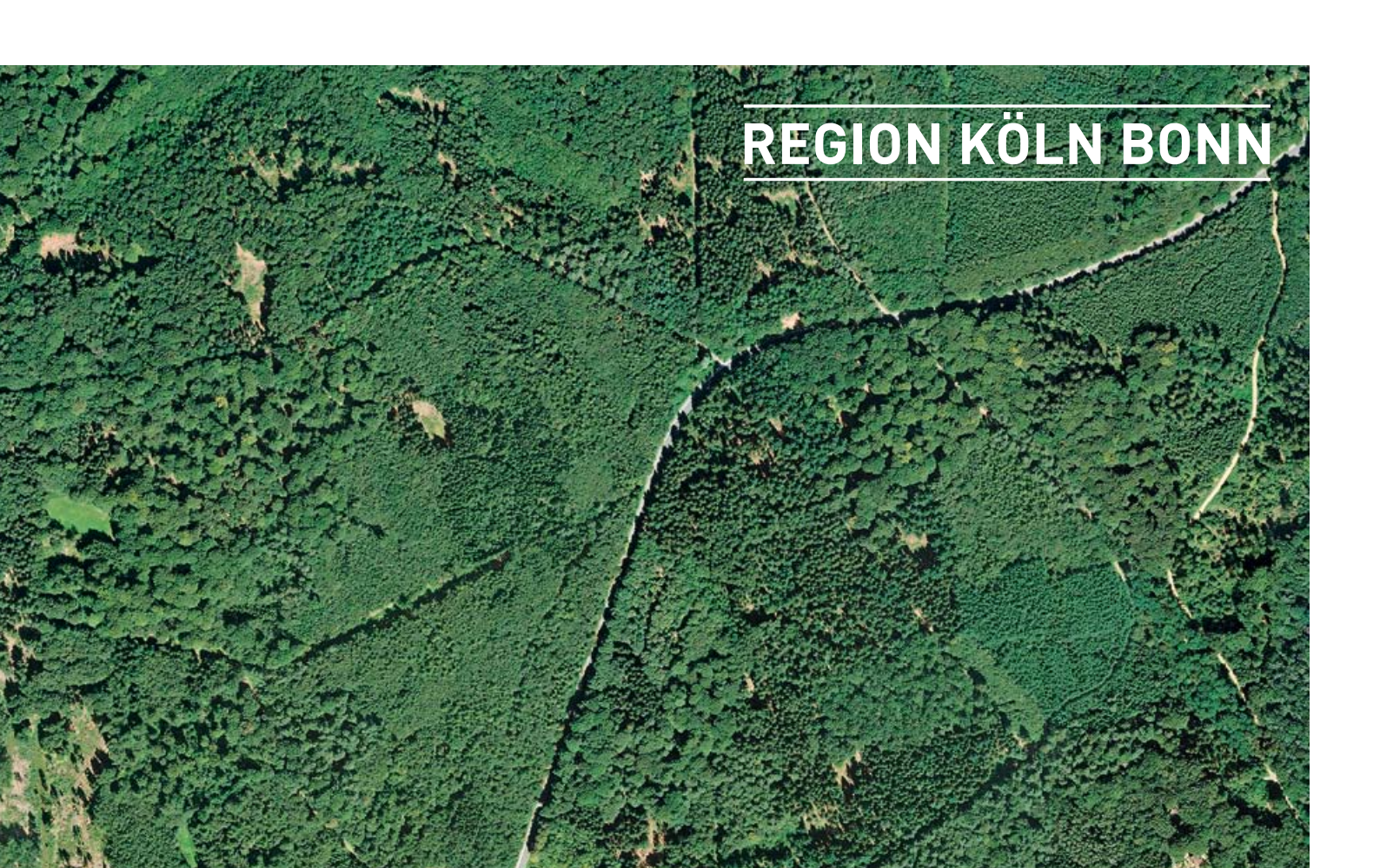




REGION KÖLN BONN



KLIMAWANDELVORSORGESTRATEGIE FÜR DIE REGION KÖLN/BONN

› PRAXISHILFE

Vorwort

Um die Region auf die zunehmend auftretenden Phänomene des Klimawandels zukunftsicher vorzubereiten, erarbeitete der Region Köln/Bonn e.V. in den vergangenen drei Jahren, zusammen mit Fachexpertinnen und Fachexperten sowie Vertreterinnen und Vertretern der regionalen Verwaltungen, eine regionale Klimawandelvorsorgestrategie. Im Ergebnis liegt eine anwendungsorientierte Praxishilfe für die Kommunen und Kreise der Region zum strategischen Umgang mit dem Klimawandel vor.

Der Praxishilfe können Sie entnehmen, wie sich der Klimawandel in verschiedenen Bereichen (Sturzflutgefährdung, Trockenstress für die Landwirtschaft und Wald, Hochwasserrisiko entlang der Flüsse, Hitzeentwicklung in den Städten u.v.m.) in Zukunft in den Kommunen und Kreisen der Region darstellen wird.

Es werden allerdings nicht nur die jeweiligen Betroffenheiten der Kommunen und Kreise aufgezeigt, sondern es wird auch erläutert, welche strategischen Ziele daraus abgeleitet werden können und welche konkreten Maßnahmen vor Ort denkbar sind, um diese Zielsetzungen umzusetzen. Sie ist damit ein Handlungsleitfaden für die Gebietskörperschaften der Region für den Umgang mit dem Klimawandel und Ausdruck der hohen Relevanz der daraus resultierenden Aufgaben. Darüber hinaus gibt die Praxishilfe Hinweise zu Informationsangeboten verschiedener Fachplanungen sowie zu guten Beispielen aus der Planungspraxis.

Die Ergebnisse der regionalen Klimawandelvorsorgestrategie haben wir als Karten für Geoinformationssysteme aufbereitet und auf der Projektwebsite www.klimawandelvorsorge.de zum Download bereitgestellt. Damit ermöglichen wir den relevanten Fachämtern und -institutionen der Region, die Planungshinweise der Praxishilfe unmittelbar in ihre GIS-Systeme zu integrieren. Auf diese Weise können Kartenergebnisse mit vorhandenen kommunalen und weiteren fachbezogenen Datensätzen überlagert und detailliert betrachtet werden. Die digitale Version der Praxishilfe finden Sie dort ebenfalls zum Download.

Für die erfolgreiche Umsetzung der erforderlichen Maßnahmen sind wir alle in der Region gefordert, und es braucht die bewusste und strategische Auseinandersetzung mit dem Klimawandel – im Sinne der Vorsorge.



Stephan Santelmann

Vorsitzender des Region Köln/Bonn e.V.



Danksagung

Wir möchten uns herzlich bei all denjenigen bedanken, die bei der Erarbeitung der regionalen Klimawandelvorsorgestrategie der Region Köln/Bonn mitgewirkt haben. Dieser Dank richtet sich an alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Fachgespräche aus den verschiedensten Behörden und Verbänden in Nordrhein-Westfalen, die durch inhaltliche Beiträge sowie durch die Bereitstellung von Daten eine tiefergehende Analyse der Region überhaupt erst ermöglicht haben. Darüber hinaus bedanken wir uns bei den kommunalen Vertretern, die sich so zahlreich in den Workshops engagiert haben. Besonderer Dank gilt den Mitgliedern der Steuerungsrunde, die den Prozess über drei Jahre begleitet haben: Dr. Joachim Bauer (Stadt Köln); Joachim Helbig (Bundesstadt Bonn); Anne Hölzer (Rheinisch-Bergischer Kreis); Dr. Mehmet Sarikaya (Rhein-Sieg-Kreis).

Weiter bedanken wir uns beim Land Nordrhein-Westfalen, das das Projekt finanziell unterstützt hat: Das Projekt wurde gefördert durch den EFRE NRW und kofinanziert vom Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen.

Abschließend richten wir ein großes Dankeschön an die Teams der Arbeitsgemeinschaft plan + risk consult – Prof. Dr. Greiving & Partner und agl – Hartz • Saad • Wendl – Landschafts-, Stadt- und Raumplanung, welche den Prozess mit äußerst engagierter und gewissenhafter Arbeit organisiert und durchgeführt haben.

Inhalt

1	Warum eine Klimawandelvorsorgestrategie für die Region Köln/Bonn?	5
2	Welchen Beitrag leistet die Klimawandelvorsorgestrategie (KWVS)?	10
3	Was bedeutet der Klimawandel für Region und Kommunen?	13
3.1	Klimatische Einflüsse und ihre Veränderungen in der Region	14
3.2	Unterschiedliche Empfindlichkeit und ihre Veränderung in der Region	20
3.3	Ergebnisse der Klimawirkungsanalyse	28
3.4	Was bedeuten die Ergebnisse für die Kommunen?	37
4	Wie kann die Region dem Klimawandel begegnen?	43
5	Was bedeutet die Strategie für die Kommunen?	47
6	Was ist zu tun?	53
6.1	Thermische Belastung	54
6.2	Regional wirksame Luftleitbahnen und Kaltluft-Einzugsgebiete	60
6.3	Siedlungslagen mit besonderem Hochwasserrisiko	66
6.4	Flusseinzugsgebiete mit Sturzflutgefährdung	72
6.5	Multifunktionales Freiraumsystem der Rheinschiene und des Erftkorridors	78
6.6	Waldgürtel: rechts- und linksrheinisch	84
6.7	Trockenstressrisiko bei Waldflächen	88
6.8	Trockenstressrisiko bei landwirtschaftlichen Nutzflächen	92
6.9	Spätfrostgefährdung im Obstbau	94
6.10	Trinkwassertalsperren und Schutzfunktion des Waldes	96
6.11	Bergbaufolgelandschaften mit Klimaanpassungspotenzial	98
6.12	Niedrigwasserrisiko am Rhein	100
6.13	Systemrisiko für Infrastrukturen durch Windwurf	102
7	Welchen Beitrag leisten die Fachplanungen?	105
7.1	Wasserwirtschaft	106
7.2	Wald und Forstwirtschaft	109
7.3	Landwirtschaft	111
7.4	Naturschutz	113
8	Wie kann die Klimawandelvorsorgestrategie umgesetzt werden?	115
	Anlage: Von guten Beispielen lernen	118
	Verzeichnisse	127
	Abkürzungsverzeichnis	127
	Abbildungsverzeichnis	128
	Tabellenverzeichnis	129
	Quellenverzeichnis	130
	Bildquellenverzeichnis	135
	Impressum	136
	Die Integrierte Planungshinweiskarte finden Sie im Umschlagrücken.	



Klimawandelvorsorge bedeutet, dass sich die Region aktiv mit der Anpassung an den Klimawandel befasst und eine mit anderen Zielen der Raumentwicklung abgestimmte Vorgehensweise verfolgt.

Warum eine Klimawandelvorsorgestrategie für die Region Köln/Bonn?

Der Klimawandel ist eine globale Herausforderung. Deutschland hat sich verpflichtet, einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten: Unter anderem über den Ausbau erneuerbarer Energien oder die energetische Stadtsanierung soll eine Reduktion von Treibhausgasen erzielt und somit dem Klimaschutz Rechnung getragen werden (BMU 2016). Es ist allerdings davon auszugehen, dass der Klimawandel trotz globaler Anstrengungen zum Klimaschutz auch in Deutschland zu unabwendbaren Auswirkungen führen wird. Die Regionen, Kreise und Kommunen sehen sich heute schon zunehmend den Folgen des Klimawandels ausgesetzt: Viele haben bereits Erfahrungen mit Extremereignissen wie Hitzeperioden, Starkregen oder Überschwemmungen durch Hochwasser gemacht, die die Menschen und deren gebaute und natürliche Umwelt betreffen (s. Abb. 1). Art und Weise der Betroffenheit hängen dabei maßgeblich von der jeweiligen regionalen Situation ab. Gerade in dicht besiedelten Gebieten treffen hohe Gefährdungs- mit hohen Schadenspotenzialen zusammen – so auch in der Region Köln/Bonn (BMVBS/BBSR 2009).

Die Städte und Gemeinden der Region Köln/Bonn müssen sich an die Folgen des Klimawandels anpassen. In vielen Kommunen liegen bereits Klimaschutzkonzepte vor. Nur wenige haben bislang jedoch Konzepte erstellt, die sich mit einer räumlichen und strategischen Anpassung an die Folgen des Klimawandels befassen. Auch auf regionaler Ebene fehlt bislang eine Gesamtstrategie zur Klimaanpassung. Deshalb wird im regionalen Orientierungs- und Handlungsrahmen „Zukunft gemeinsam gestalten“ des Region Köln/Bonn e.V. bereits seit 2015 eine integrierte regionale Klimawandelvorsorgestrategie (KWVS) gefordert. Ziel ist, die räumlichen Handlungserfordernisse zur Anpassung an den Klimawandel auf regionaler Ebene zu betrachten und damit eine gemeinsame Handlungs- und Entscheidungsgrundlage zu schaffen (Region Köln/Bonn e.V. 2015).

Die Erarbeitung der KWVS für die Region Köln/Bonn startete 2017 mit dem Anspruch, die Region frühzeitig auf mögliche klimatische, aber auch demografische und stadtstrukturelle Veränderungen vorzubereiten sowie die regionalen und kommunalen Akteure für eine notwendige Anpassung an den Klimawandel zu sensibilisieren. Die nun vorliegende Klimawandelvorsorgestrategie wurde im Rahmen des EFRE-Projektauftrags (Europäischer Fonds für regionale Entwicklung) „Regio.NRW“ von der Europäischen Union (EU) und vom Land Nordrhein-Westfalen (NRW) durch das Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz (MULNV) gefördert (Region Köln/Bonn e.V. 2019a).

Die Klimawandelvorsorgestrategie soll dazu beitragen, die Anpassung an die unvermeidbaren Folgen des Klimawandels perspektivisch im kommunalen und regionalen Handeln zu verankern und die Anpassungskapazitäten innerhalb der Region zu erhöhen. Dabei sollen geeignete Maßnahmen an schon vorhandene Konzepte und Strategien auf regionaler und kommunaler Ebene anknüpfen. Anpassungsstrategien setzen somit eine integrierte und interdisziplinäre Betrachtung voraus. Im Erarbeitungsprozess wirkte daher eine Vielzahl an Expertinnen und Experten aus den Kommunen und verschiedenen Fachbereichen mit.

Für die Region Köln/Bonn wurden zunächst prioritäre Handlungsfelder einer Klimawandelvorsorgestrategie vereinbart. Hierzu zählen die Handlungsfelder Siedlung, Infrastruktur, Wasserwirtschaft, Landwirtschaft sowie Wald und Forstwirtschaft. Die Auswirkungen des Klimawandels in diesen Handlungsfeldern und geeignete Anpassungsmaßnahmen wurden mit Vertreterinnen und Vertretern der Fachplanungen, der Region und der Kommunen diskutiert.

Eine wesentliche Grundlage stellt die im Rahmen der KWVS durchgeführte regionale Klimawirkungsanalyse dar. Die Analyseergebnisse zeigen für die Gegenwart und Zukunft, welche Teilräume der Region Köln/Bonn von einem sich wandelnden klimatischen Einfluss und dessen Auswirkungen potenziell betroffen sind und wies sich diese Betroffenheiten innerhalb der Region unterscheiden. Die Region Köln/Bonn wird sich zukünftig jedoch nicht nur klimatischen, sondern beispielsweise auch demografischen Herausforderungen stellen müssen. Berücksichtigt werden neben den klimatischen Einflüssen deshalb u. a. der sozio-demografische Wandel sowie die Entwicklung der Flächennutzungen. Diese beeinflussen maßgeblich die Sensitivität der Region gegenüber dem Klimawandel und somit die Betroffenheit der Teilräume.

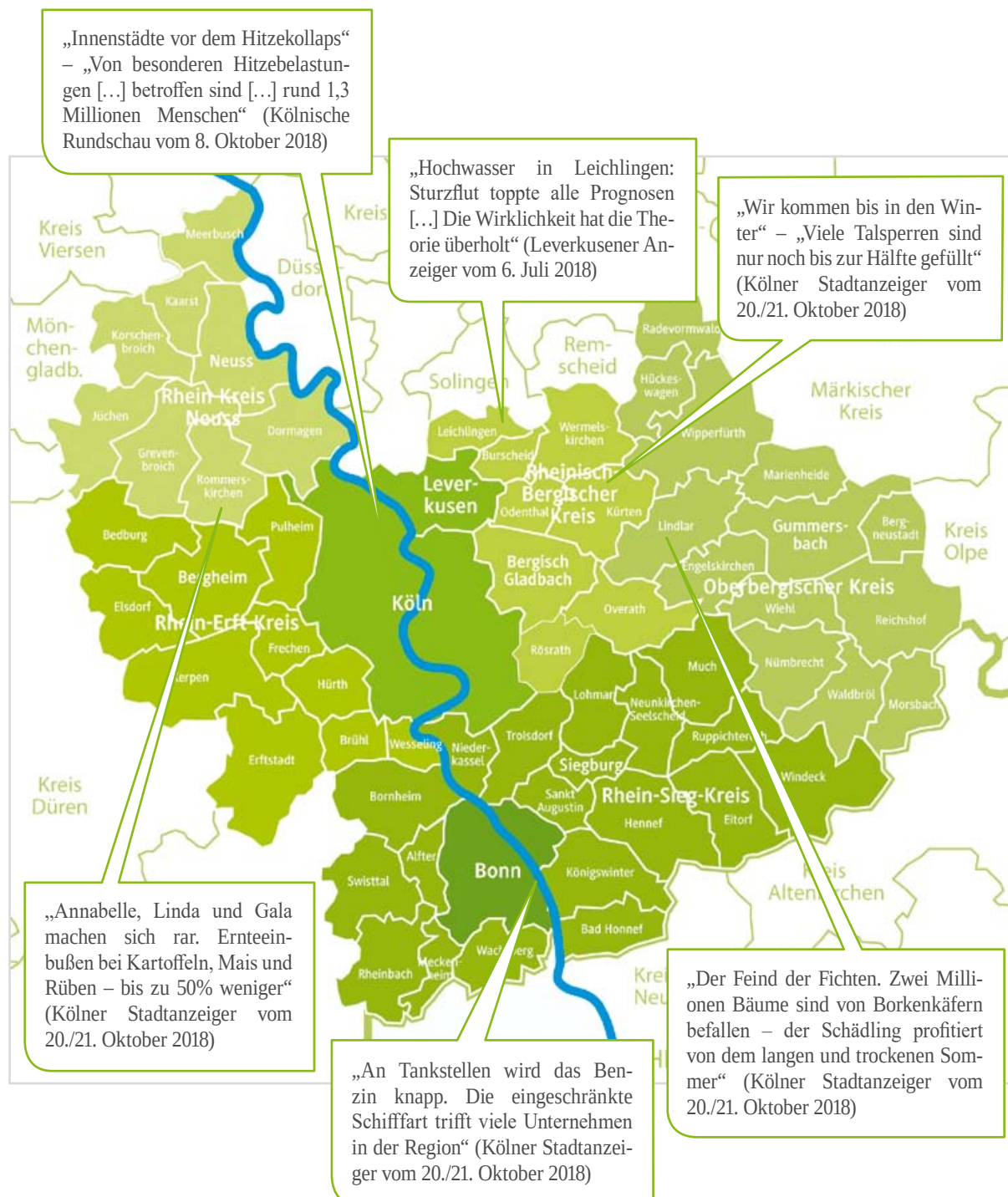
Während in der Rheinschiene die Bevölkerungsdichte steigt, verzeichnet der eher ländlich geprägte Raum insbesondere im Bergischen RheinLand in einigen Bereichen einen Bevölkerungsrückgang. Die aktuellen Bevölkerungsprognosen des Landesbetriebs Information und Technik Nordrhein-Westfalen (IT.NRW) prognostizieren auch in Zukunft eine Verstärkung der heute schon bestehenden Unterschiede zwischen der stark verdichteten und dynamischen Rheinschiene und den angrenzenden ländlichen Teilräumen der Region (IT.NRW 2014). Das starke Bevölkerungswachstum in der Rheinschiene setzt gerade die kreisfreien Städte hinsichtlich ihrer Wohnungspolitik unter Druck, was zu einer verstärkten Nachfrage nach neuen Siedlungsflächen zulasten des Freiraums führt. Jeder weitere Flächenverbrauch erhöht jedoch die ohnehin bereits sehr hohe thermische Belastung in der Rheinschiene; der Hitzeinseleffekt ist hier gerade in den Innenstädten besonders ausgeprägt. Eine zunehmende Flächenversiegelung kann – je nach Lage – auch das Risiko erhöhen, von Hochwasser oder Überflutungen infolge von Starkregen betroffen zu sein (MKULNV NRW 2011d).

Auch im Erftkorridor können Siedlungserweiterungen zu einer Verstärkung der bereits hohen thermischen Belastung und Hochwassergefährdung führen. Im Rheinischen Revier müssen sich die Akteure der Land- und Forstwirtschaft zudem auf den in Zukunft deutlich zunehmenden Trockenstress vorbereiten. Großes Potenzial zur Klimaanpassung bieten die Bergbaufolgelandschaften im Westen der Region: Die Folgenutzung – egal ob land- oder forstwirtschaftlich, für Freizeit und Erholung oder Naturschutz – kann langfristig klimastabil gestaltet werden.

Im stark bewaldeten Bergischen RheinLand stehen die forstwirtschaftlichen Akteure vor der Herausforderung, einen klimagerechten Waldumbau umzusetzen. Denn Stürme, Starkregen, klimawandelbedingter Trockenstress oder Krankheitsbefall können die Waldfunktionen künftig stärker beeinträchtigen und somit die Erholungs-, Nutz- und Schutzfunktionen der Wälder einschränken (adelphi/PRC/EURAC 2015). Damit einhergehend hätte dies u. a. Auswirkungen auf die Regulation des Wasserhaushalts und die Sicherung der Trinkwasserversorgung. Die Wasserversorgung vieler Gemeinden hängt zudem von der zukünftigen Funktionsfähigkeit der zahlreichen Talsperren im Bergischen RheinLand ab, das als wichtiges „Trinkwasserreservoir“ der Region gilt. Der Teilraum ist von einem Netz aus kleineren Bächen und Flüssen durchzogen und besitzt eine bewegte Topografie. In Kombination mit erhöhten Niederschlagswerten ergibt sich hieraus ein besonderes Gefährdungspotenzial für Sturzfluten.

In der Region wurden in den vergangenen Jahren zahlreiche Projekte angestoßen und Konzepte für eine zukunftsfähige Raumentwicklung erarbeitet. So wurde das Agglomerationskonzept für die Region Köln/Bonn auf den Weg gebracht, das Strategien, Ideen und Raumbilder in einen Begründungszusammenhang bringt und verzahnt (Region Köln/Bonn e.V. 2019b). Im Rahmen des regionalen Dialog- und Planungsprozesses werden ein gemeinsames Strukturbild für die räumliche Entwicklung der Region Köln/Bonn sowie Szenarien und Zielbilder für regionale Teilräume im Zeithorizont bis 2040 entwickelt. Das Ziel ist es, Gestaltungsspielräume der Kommunen und Teilräume der Region in der Siedlungs-, Freiraum- und Mobilitätsentwicklung aufzuzeigen und diese für die Region als Ganzes zu sichern.

Abb. 1: Beispiele für Herausforderungen in der Region Köln/Bonn im Klimawandel – Zeitungsberichte
(Quelle: eigene Darstellung; Karte: Region Köln/Bonn e.V. 2018)



Das Agglomerationskonzept priorisiert die Innenentwicklung sowie das Flächenrecycling. Es verfolgt den Ansatz einer dreifachen Innenentwicklung: Die Schaffung und Stärkung von Grünflächen wird mit einer Erhöhung der Nutzungsvielfalt und der baulichen Nutzungsdichte verbunden und mit dem Ausbau der Mobilitätsangebote kombiniert. Vor dem Hintergrund steigender Inanspruchnahme von Flächen für die Siedlungsentwicklung ist die Schaffung von Freiraumqualitäten auch für Erholungszwecke wichtiger Bestandteil beider Konzepte. Durch Projekte wie „RegioGrün“ oder das „Grüne C“ wurden Naherholungsgebiete und ein Landschaftsnetzwerk in der Region gesichert bzw. geschaffen (RegioGrün 2019, Grünes C 2019). Der zukunftsfähige Um- und Ausbau der Mobilitätsstruktur im Zusammenhang mit kompakten Siedlungsstrukturen und einer Verbesserung der Erreichbarkeit von Grünräumen ist Bestandteil der Grundlagenuntersuchung Mobilität, die im Rahmen des Agglomerationskonzepts durchgeführt wurde (ILS/PTV 2018).

Insbesondere die Ziele der Siedlungs- und Freiraumentwicklung des Agglomerationskonzepts wurden in Abstimmung mit der KWVS definiert. Die hochwertigen Freiräume und Waldgürtel wie im Bereich von Börde und Ville auf linksrheinischer Seite, die regionalen Freiraumsysteme im Rheintal sowie die großen Waldlandschaften und Talsperren im Bergischen RheinLand müssen den verschiedensten Nutzungsansprüchen und funktionalen Anforderungen gerecht werden: Sie dienen als Lebensmittellieferanten, Klimaanlagen, Energieproduzenten und Erholungsgebiete und sind deshalb besonders schützenswert. Die qualitativ hochwertigen Grün- und Freiräume reduzieren thermische Belastungen und fördern die Durchlüftung. Sie sorgen für den Wasserrückhalt und erhöhen damit die Retention.

Zusammen leisten die Klimawandelvorsorgestrategie und das Agglomerationskonzept einen bedeutenden Beitrag sowohl zum Klimaschutz als auch zur Klimaanpassung in der Region und treiben eine zwischen den Teilräumen und Ansprüchen der Region balancierte Entwicklung voran. Beide Konzepte nehmen auch die Nachbarräume in den Blick: Dies betrifft in erster Linie die funktionalen Verflechtungen, aber der Klimawandel macht nicht vor administrativen Grenzen halt. Gleichwohl musste sich insbesondere die KWVS aufgrund der Datenverfügbarkeit und aufwändigen Analyse im Wesentlichen auf die Region Köln/Bonn selbst begrenzen.

Darüber hinaus stehen die Ansätze der Klimawandelvorsorgestrategie und des Agglomerationskonzepts im Einklang mit den Zielen des Regionalplans und setzen dessen Grundsätze wie die Anpassung an den Klimawandel, das Leitbild der „nachhaltigen europäischen Stadt“ oder die energieeffiziente und klimagerechte Stadtentwicklung sowie das explizite Ziel des Vorrangs der Innen- vor der Außenentwicklung konsequent um (Bezirksregierung Köln 2019). Die Sicherung, Entwicklung und Vernetzung von regionalen Grünstrukturen sind regionalplanerisch festgelegt und dienen der freiraumgebundenen Erholung, dem klimaökologischen Ausgleich sowie der Biotopvernetzung. Die vielfältigen Funktionen der regionalen Freiraumsysteme werden in der KWVS aufgegriffen; die besondere Schutzwürdigkeit dieser Räume insbesondere vor dem Hintergrund des voranschreitenden Klimawandels wird herausgestellt.

Der Klimawandel hängt von vielen Faktoren ab. Insofern sind die tatsächlichen Veränderungen, auf die sich die Städte und Regionen in den nächsten Jahrzehnten einstellen müssen, nur schwer vorherzusagen. Deshalb soll die Auseinandersetzung mit dem Klimawandel dabei helfen, Entwicklungen zu vermeiden, die mögliche Risiken verstärken können. Darüber hinaus sind Klimaanpassungsstrategien und -maßnahmen so auszugestalten, dass ihre Umsetzung auch unabhängig von den eintreffenden Klimawandelfolgen einen positiven Beitrag zur Regionalentwicklung vor Ort leisten.

Ergänzend zur vorliegenden Praxishilfe zur Klimawandelvorsorge in der Region Köln/Bonn sowie zum Agglomerationskonzept werden alle Inhalte, Karten und Daten auf www.klimawandelvorsorge.de und www.agglomerationskonzept.de zur Verfügung gestellt. Weitere Informationen sind auf der Website des Region Köln/Bonn e.V. unter www.region-koeln-bonn.de verfügbar.



Wie kann sich die wachsende Region Köln/Bonn mit ihren vielfältigen Nutzungsstrukturen und zukünftigen Nutzungsanforderungen an die Auswirkungen des Klimawandels anpassen?



2

Welchen Beitrag leistet die Klimawandelvorsorgestrategie (KWVS)?

Die regionale Klimawandelvorsorgestrategie basiert auf wissenschaftlichen Analysen der gegenwärtigen und zukünftigen klimatischen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Veränderungen sowie einem intensiven regionalen Dialog mit Fachakteuren und kommunalen Akteuren. Die Strategie wurde von Anfang an nicht als „Inselstrategie“ konzipiert, sondern stets im Zusammenhang und in Ergänzung zu weiteren regionalen Prozessen wie der Neuaufstellung des Regionalplans für den Regierungsbezirk Köln oder in Abstimmung mit dem Agglomerationskonzept des Region Köln/Bonn e.V. entwickelt. Als informelles Instrument ergänzt die KWVS die formale Planung und trägt aktiv zu einer nachhaltigen Raumentwicklung bei.

Die künftigen Veränderungsprozesse durch den Klimawandel wie auch den demografischen Wandel erfordern bereits heute eine Anpassung räumlicher und gesellschaftlicher Strukturen. Die Handlungsempfehlungen und Maßnahmen der KWVS legen deshalb einen Schwerpunkt



Die Klimawandelvorsorgestrategie gibt den kommunalen Akteuren ein Werkzeug an die Hand, um frühzeitig und passgenau Maßnahmen zur Klimaanpassung vor Ort umsetzen zu können.

darauf, resiliente Raumstrukturen zu fördern bzw. zu schaffen. Dabei geht es nicht nur um städtebauliche und infrastrukturelle Aspekte, sondern auch um die Menschen in der Region selbst. Denn die Auswirkungen des Klimawandels stehen meist in direktem oder indirektem Zusammenhang zur Lebensqualität und menschlichen Gesundheit. So wird sich beispielsweise der Anstieg „Heißer Tage“ zunehmend belastend auf die Menschen auswirken. Dies gilt insbesondere in urbanen Gebieten und für sensitive Bevölkerungsgruppen wie Kinder, ältere Menschen oder Kranke. Der demografische Wandel verschärft die Situation weiter: Durch eine alternde Bevölkerung entsteht zunehmender Handlungsbedarf, auch in ländlichen Gebieten. Mit einer Reduzierung der thermischen Belastung wird somit auch einer gesundheitsfördernden Raumentwicklung Rechnung getragen. Zahlreiche der vorgeschlagenen Maßnahmen, z. B. die Sicherung von Grünflächen und die Erhöhung ihrer Klimarelevanz, dienen dementsprechend auch der Gesundheitsvorsorge sowie der allgemeinen Steigerung der Lebensqualität in der Region. Die Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen ergibt also nicht nur vor dem Hintergrund des sich ändernden Klimas Sinn. Sie erzeugt auch unabhängig von der Stärke und vom Zeitpunkt klimatischer Änderungen einen gesellschaftlichen und ökonomischen Nutzen.

Auf Grundlage der Analysen und Auswertungen sowie des Dialogprozesses wurden Planungsempfehlungen und Anpassungsmaßnahmen zur Entwicklung und Gestaltung von städtebaulichen Strukturen und Freiräumen, Gewässern und Überschwemmungsflächen, Land- und Forstwirtschaft sowie Natur und Landschaft in den einzelnen Teilräumen der Region abgeleitet. Sie wurden in einer Planungshinweiskarte räumlich differenziert und fachlich strukturiert in Übersichtstabellen zusammengeführt (s. Kap. 4 bis 6).

Neben der Darstellung belasteter Bereiche und klimaökologisch wichtiger Ausgleichsräume in der Planungshinweiskarte stellt die KWVS Maßnahmenvorschläge für die zentralen Handlungsfelder zusammen, deren Umsetzung dazu beiträgt, den Belastungen entgegenzuwirken und schützenswerte Bereiche langfristig zu erhalten und zu entwickeln.

Die KWVS greift bereits bestehende Ansätze und Aktivitäten zur Anpassung an den Klimawandel innerhalb der Region auf. So beschäftigen sich viele Akteure in der Region Köln/Bonn bereits seit Jahren mit dem Klimawandel und seinen Folgen. Sowohl in einigen Kommunen als auch bei verschiedenen Fachplanungen, beispielsweise der Wasserwirtschaft, dem Naturschutz oder der Land- und Forstwirtschaft, liegen Konzepte für Anpassungsstrategien vor (s. Kap. 7). Die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen erfolgt punktuell bereits in vielen Bereichen. Der Beitrag der KWVS liegt darin, die systematische Analyse auf regionaler Ebene mit den vielfältigen lokalen oder auch sektoralen Ansätzen zu verbinden, im Sinne einer regionalen Strategie weiterzuentwickeln und Ansatzpunkte für die Auswahl geeigneter Anpassungsmaßnahmen auf kommunaler Ebene aufzuzeigen.

Die regionale Klimawandelvorsorgestrategie ersetzt dabei weder lokale noch fachplanerische Analysen und Maßnahmenprogramme. Ihr Mehrwert liegt vielmehr darin, Schwerpunkte im regionalen Maßstab zu setzen, um damit die Klimawandelfolgen in der Region „sichtbar“ zu machen und gleichzeitig zentrale Handlungserfordernisse aus regionaler Perspektive zu identifizieren. Die Zusammenarbeit mit den kommunalen und regionalen Expertinnen und Experten während des Prozesses trug dazu bei, das Bewusstsein für die Notwendigkeit von Anpassungsmaßnahmen innerhalb der Region zu erhöhen, relevante Akteure zu vernetzen und das Know-how in der Region zu verfestigen.

Die Klimawandelvorsorgestrategie hat den Anspruch, Kommunalverwaltungen und Kommunalpolitik für die Klimaanpassung zu sensibilisieren. Sie leistet aus der regionalen Perspektive einen Beitrag zu Begründungen und Schwerpunktsetzungen von Anpassungsmaßnahmen auf lokaler Ebene. Die Klimawandelvorsorgestrategie dient dabei als gemeinsame planerische Grundlage und gibt Hinweise für eine schrittweise und konkrete Einbindung von Anpassungsmaßnahmen in die kommunale Planung, die auch einen Mehrwert für die Region erbringen. Die Praxishilfe gibt den kommunalen Akteuren damit ein Werkzeug an die Hand, um frühzeitig Vorsorge betreiben zu können.

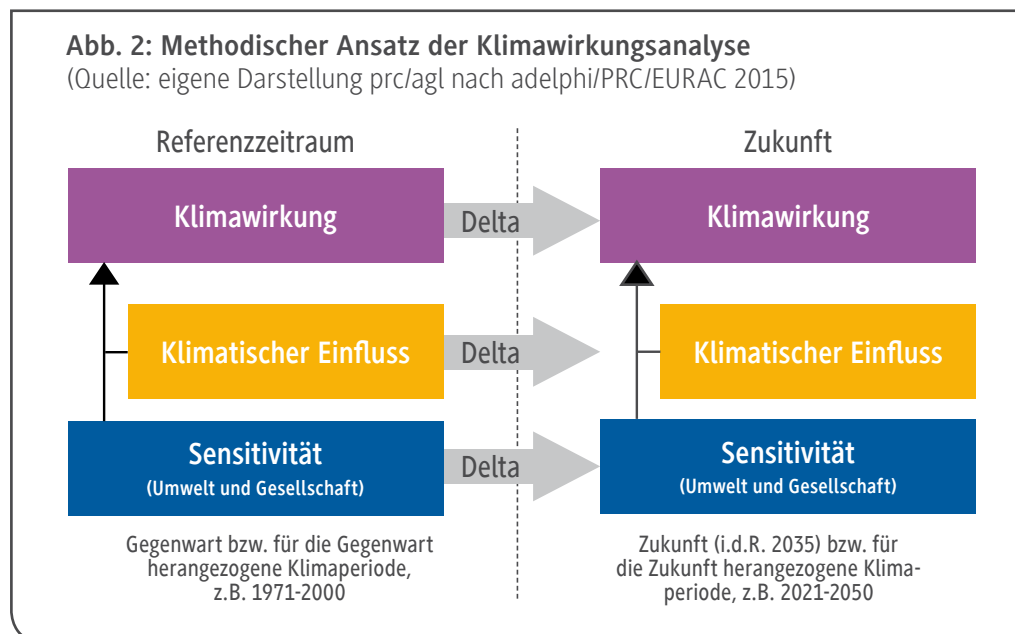
Eine Klimawirkung beschreibt die beobachtete oder potenzielle Wirkung des klimatischen Einflusses auf das System unter Berücksichtigung der entsprechenden Sensitivität und des räumlichen Auftretens.



Was bedeutet der Klimawandel für Region und Kommunen?

Der Klimawandel hat sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf fast alle Bereiche des Lebens. Um die Folgen des Klimawandels für die Region Köln/Bonn abschätzen zu können, bedarf es deshalb einer intensiven Auseinandersetzung mit der regionalklimatischen, sozialen, demografischen und ökologischen Situation. Was das für die Region insgesamt bedeutet und inwiefern die Städte und Gemeinden in der Region von Klimawirkungen betroffen sind, wurde in einer Klimawirkungsanalyse untersucht (s. Kap. 3.3).

Die Analyse setzt den Schwerpunkt auf die Handlungsfelder Siedlung, Infrastruktur, Wasserwirtschaft, Landwirtschaft sowie Wald und Forstwirtschaft und zeigt die Auswirkungen ausgewählter Extremereignisse und anderer klimatischer Parameter in diesen Bereichen. Die Betroffenheit gegenüber dem Klimawandel wird jedoch nicht nur vom Klima und dessen Änderung bestimmt, sondern auch davon, wie empfindlich bzw. sensitiv unsere Gesellschaft sowie Siedlungs- und Infrastrukturen auf den klimatischen Einfluss reagieren. Regionale Betroffenheiten ergeben sich also aus dem Zusammenspiel zwischen Klima und Sensitivität. Diese Betroffenheiten werden sich zukünftig ändern, da sich infolge des Klimawandels der klimatische Einfluss verändern wird, aber auch Siedlungs- und Infrastruktur einer Entwicklungsdynamik unterworfen sind und sich die Gesellschaft stetig wandelt (s. Abb. 2).



Im Dialog mit den regionalen Akteuren wurde vereinbart, in den Handlungsfeldern Siedlung, Infrastruktur, Landwirtschaft, Wald und Forstwirtschaft sowie Wasserwirtschaft Klimawirkungen zu analysieren, die für die Region eine hohe Bedeutung besitzen und in der Regel durch georeferenzierte Daten abgebildet werden können. Mit dieser Auswahl konnten sowohl der Ballungs- als auch der ländliche Raum in der Region bedient werden. Grundlage für die Auswahl waren u. a. vorliegende Studien wie „Anpassung an den Klimawandel – eine Strategie für Nordrhein-Westfalen“ (MUNLV NRW 2009) oder „Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel“ (adelphi/PRC/EURAC 2015). Die „Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel“ (Bundesregierung 2008) nennt zudem noch eine Reihe weiterer Handlungsfelder wie beispielsweise „Biodiversität und Ökosysteme“, „Boden“, „Industrie und Gewerbe“ oder „Energiewirtschaft“. Diese wurden in der Analyse zur KWVS zwar nicht als eigene Handlungsfelder berücksichtigt, deren Belange sind jedoch in den untersuchten Handlungsfeldern zum Teil integriert. Dem Thema Naturschutz wurde darüber hinaus durch eine Schwerpunktsetzung im Rahmen des fachlichen Validierungsworkshops (September 2017) sowie mit einem eigenen Fachworkshop „Naturschutz“ (Mai 2018) Rechnung getragen.

Die Ergebnisse der Klimawirkungsanalyse liegen auf Ebene der kreisangehörigen Städte und Gemeinden bzw. bei den kreisfreien Städten auf Ebene der Stadtbezirke vor. Somit ist ein Vergleich zwischen den Betroffenheiten der verschiedenen Kommunen in der Region Köln/Bonn möglich.

Eine Klimawirkungsanalyse ist immer mit Unsicherheiten verbunden: Niemand kann heute genau abschätzen, in welcher Stärke sich das Klima oder die Einwohnerzahlen verändern werden. Die Betrachtung von Szenarien ist der übliche und auch in dieser Analyse gewählte Weg, um mit den bestehenden Unsicherheiten umzugehen. Dem Szenario „schwacher Wandel“, das durch moderate klimatische und gesellschaftliche Veränderungen charakterisiert ist, steht das Szenario „starker Wandel“ mit deutlichen zukünftigen Änderungsprozessen gegenüber. Innerhalb des Korridors zwischen schwachem und starkem Wandel wird aller Voraussicht nach der Weg in die Zukunft führen.

3.1 Klimatische Einflüsse und ihre Veränderungen in der Region

Die folgenden Kartensequenzen stellen die erwarteten Klimaveränderungen in der Region Köln/Bonn dar. Die erste Karte zeigt die Gegenwart (Referenzzeitraum 1971–2000), die beiden folgenden zeigen die Projektionen für die Klimaperiode 2021 bis 2050 für die beiden Zukunftsszenarien „schwacher Wandel“ und „starker Wandel“. Die Klimadaten wurden vom Deutschen Wetterdienst (DWD) erhoben und vom Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV) bereitgestellt. Je nach verfügbarem Datensatz kann der Beobachtungszeitraum – der sogenannte Referenzzeitraum – variieren. Die Daten zu Hochwassergefahren wurden von der Bezirksregierung Köln zur Verfügung gestellt.

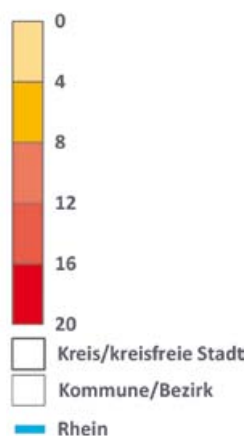
[Heiße Tage]

Die Kartensequenz „Heiße Tage“ zeigt die durchschnittliche Anzahl „Heißer Tage“ pro Jahr und ist somit ein Indikator für das Auftreten hitzebedingter Extreme und Belastungen (s. Abb. 3). „Heiße Tage“ sind Tage, an denen eine Temperatur von mindestens 30°C erreicht wird. Für die Gegenwart zeigt sich ein differenziertes Bild: Während im Jahresmittel zwischen 1971 und 2000 die Zahl der „Heißen Tage“ entlang der Rheinschiene vielerorts bis zu neun Tagen betrug, waren es im Bergischen RheinLand, insbesondere im Oberbergischen Kreis, deutlich weniger – in einigen Bereichen sogar nur ein Tag. Für die Klimaperiode 2021 bis 2050 (im Mittel also 2035) legen die Modellergebnisse für die gesamte Region nahe, dass die Anzahl „Heißer Tage“ beim Szenario „schwacher Wandel“ zwischen einem und neun Tagen pro Jahr liegt, also nur eine geringe Veränderung gegenüber der Periode 1971–2000 eintritt. Beim Szenario „starker Wandel“ jedoch liegt die durchschnittliche Zahl „Heißer Tage“ pro Jahr zwischen etwa 8 und 18 Tagen – eine deutliche Erhöhung gegenüber der gegenwärtigen Situation. Als besonders betroffener Bereich tritt dabei vor allem die Rheinschiene hervor.

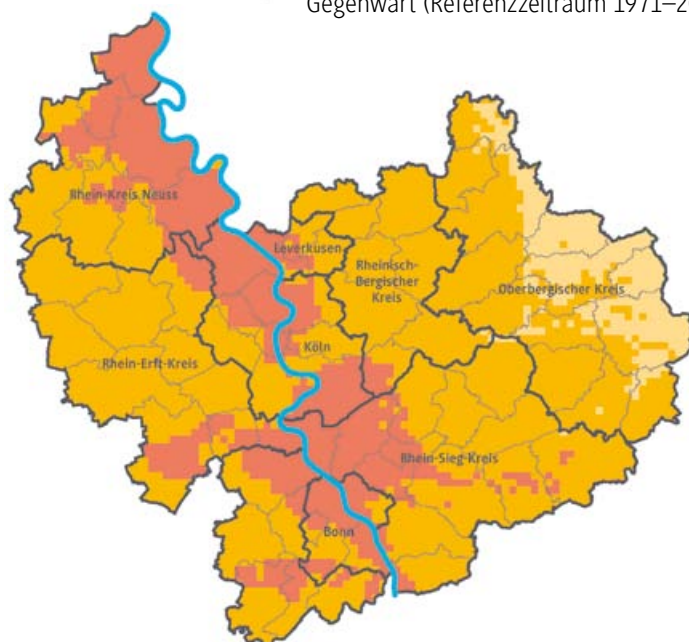
Abb. 3: Anzahl der „Heißen Tage“ in der Region Köln/Bonn

(Quelle: eigene Darstellung prc/agl 2018 auf Basis von Klimadaten des DWD, zur Verfügung gestellt vom LANUV 2017a)

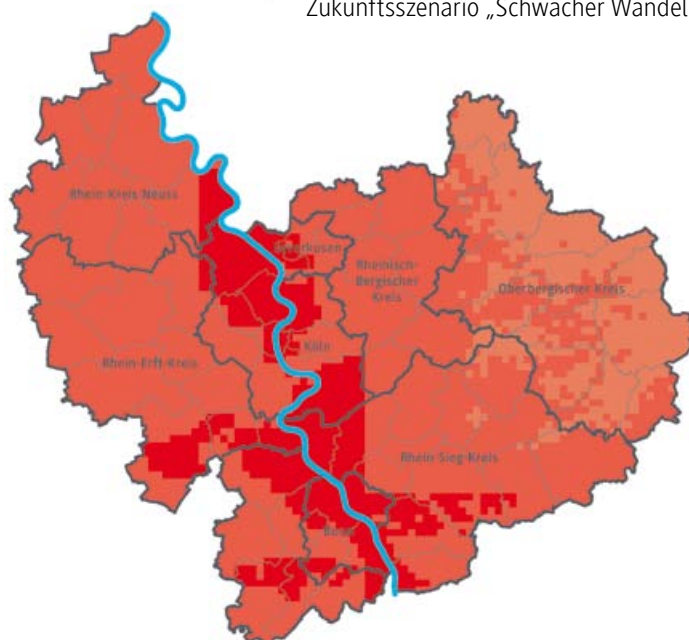
Anzahl Heiße Tage



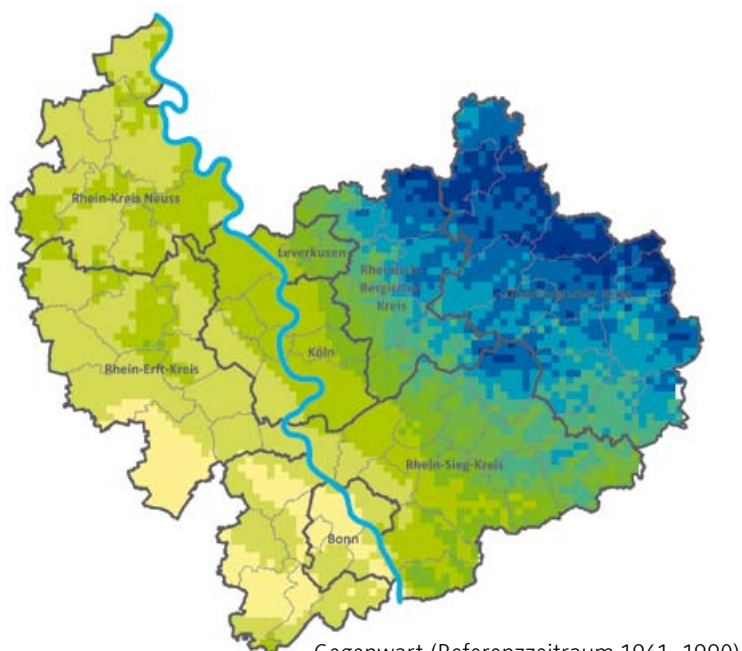
Gegenwart (Referenzzeitraum 1971–2000)



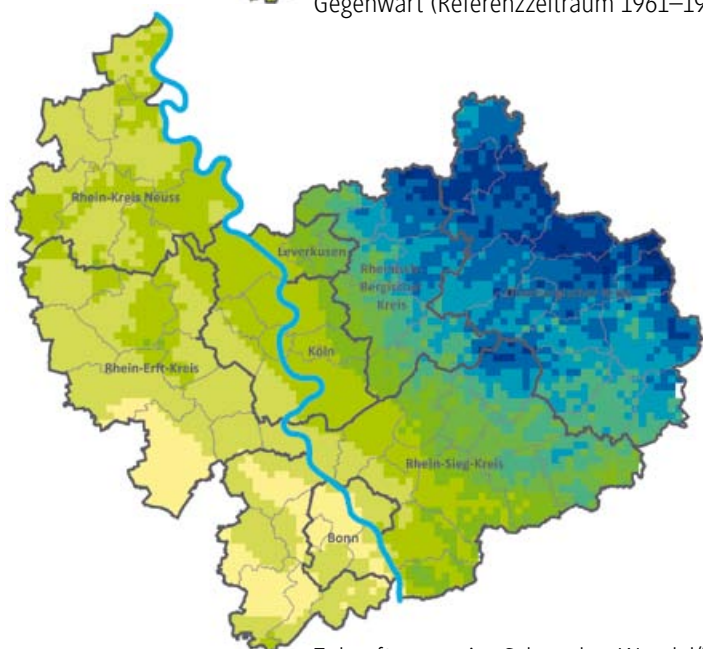
Zukunftsszenario „Schwacher Wandel“



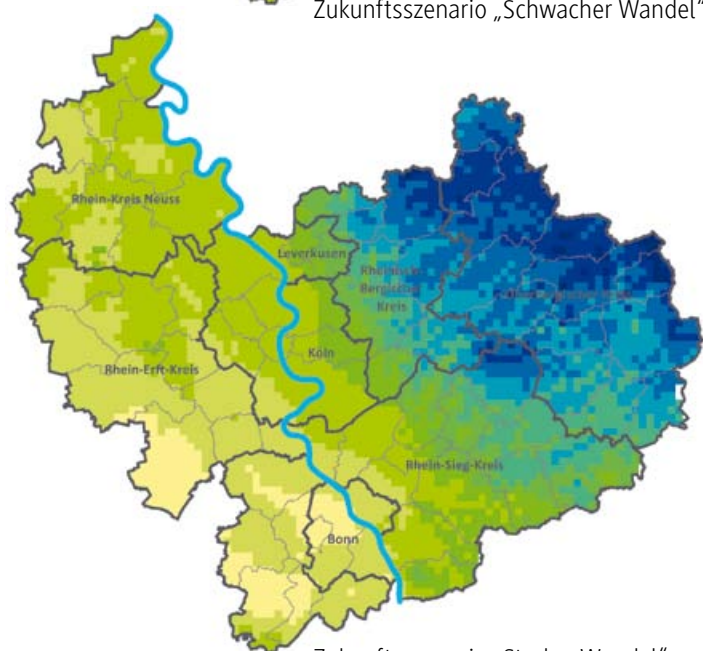
Zukunftsszenario „Starker Wandel“



Gegenwart (Referenzzeitraum 1961–1990)



Zukunftsszenario „Schwacher Wandel“



Zukunftsszenario „Starker Wandel“

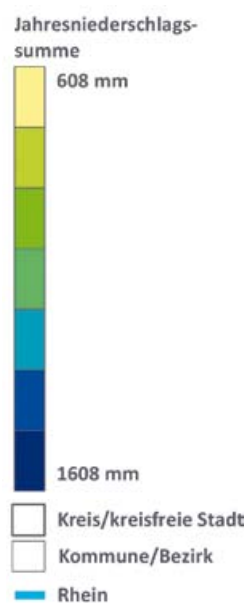
[Jahresnieder- schlagssumme]

Die Niederschläge in der Region Köln/Bonn sind ungleich verteilt (s. Abb. 4): Im Bergischen RheinLand finden sich die höchsten jährlichen Niederschlagssummen und somit eine bis zu dreimal höhere Niederschlagssumme als im linksrheinischen Bereich. An dieser Ungleichverteilung wird sich auch in der Zukunft nichts ändern.

Die Szenarien legen jedoch nahe, dass sich die Jahresniederschlagsmengen zukünftig voraussichtlich erhöhen, wobei die Veränderungen im Kartenbild nur in wenigen Bereichen sichtbar werden. Während sich beim Szenario „schwacher Wandel“ nur minimale Veränderungen zeigen, steigt die Jahresniederschlagssumme beim Szenario „starker Wandel“ moderat an.

Abb. 4: Jahresniederschlagssumme in der Region Köln/Bonn

(Quelle: eigene Darstellung prc/agl 2018 auf Basis von Klimadaten des DWD, zur Verfügung gestellt vom LANUV 2017a)



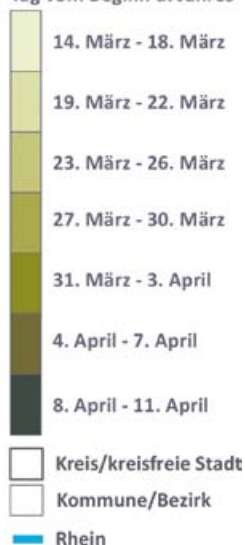
[Beginn der Vegetationsperiode]

Im Zuge des Klimawandels findet eine Verschiebung des Beginns der Vegetationsperiode statt. Dieser wird durch den Beginn der Blüte der Forsythie bestimmt (DWD 2019). Gegenwärtig startet die Vegetationsperiode vor allem in der Kölner Bucht und linksrheinisch am frühesten Tag (84. Tag des Jahres, d. h. am 25. März) und in Teilen des Bergischen Lands bis zu 18 Tage später (84. bis 102. Tag des Jahres, also zwischen dem 25. März und 12. April; s. Abb. 5). In Zukunft könnte sich der Zeitpunkt des Vegetationsbeginns entlang der Rheinschiene und linksrheinisch bei einem „schwachen Wandel“ um bis zu drei Tage und bei einem „starken Wandel“ um bis zu elf Tage nach vorne verschieben, also von Ende März auf Mitte März. Auf rechtsrheinischer Seite würde ein „starker Wandel“ eine Verschiebung von Mitte (102. Tag des Jahres) auf Anfang April (91. Tag des Jahres) verursachen.

Abb. 5: Vegetationsbeginn in der Region Köln/Bonn

(Quelle: eigene Darstellung prc/agl 2018 auf Basis von Klimadaten des DWD, zur Verfügung gestellt vom LANUV 2017a)

Vegetationsbeginn
Tag vom Beginn d. Jahres



Überschwemmte Gebiete HQ_{100} Überschwemmungsgefährdete Gebiete HQ_{100}

[Überschwemmte und überschwemmungsgefährdete Gebiete HQ_{100}]

Die statistische Wahrscheinlichkeit eines Hochwasserereignisses wird als Jährlichkeit angegeben. Ein 100-jährliches Hochwasser (HQ_{100}) tritt statistisch gesehen im Durchschnitt einmal in 100 Jahren auf. Dies ist jedoch nur ein statistischer Wert, der auf Beobachtungen der Vergangenheit beruht. Es ist durchaus möglich, dass in einem kürzeren zeitlichen Abstand mehrere Jahrhunderthochwasser auftreten können. Die Hochwassergefahrenkarten, deren Aufstellung und Fortschreibung seit 2013 für die Flussgebiete verpflichtend ist, unterscheiden zwischen durch HQ_{100} überschwemmten Gebieten ohne technischen Hochwasserschutz (s. Abb. 6 oben) und durch Hochwasserschutzeinrichtungen geschützten Gebieten, die bei einem Versagen der technischen Einrichtungen überflutet werden könnten (s. Abb. 6 unten). Diese Gebiete sind in der Klimawirkungsanalyse als überschwemmungsgefährdete Gebiete bei einem HQ_{100} bezeichnet. Bei einem Versagen der Schutzeinrichtungen könnten insbesondere entlang des Rheins, der Erft sowie der Sieg großflächige Bereiche überschwemmt werden.

Abb. 6: Überschwemmte und überschwemmungsgefährdete Gebiete HQ_{100} in der Region Köln/Bonn

(Quelle: eigene Darstellung prc/agl 2018 auf Basis der Hochwassergefahrenkarten 2013, zur Verfügung gestellt vom LANUV 2017b)

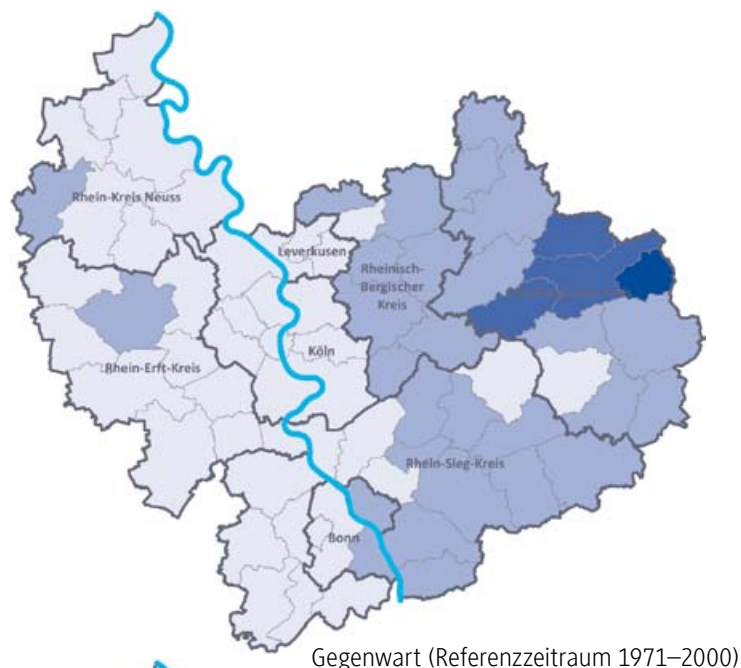
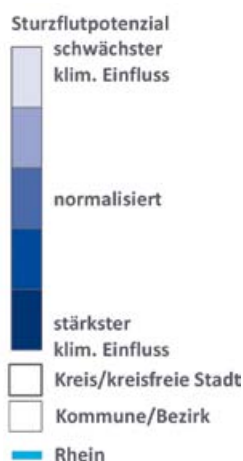


[Sturzflutpotenzial]

Zur Berechnung des Sturzflutpotenzials (s. Kap. 6.4) dienten das „Digitale Geländemodell NRW“ sowie Starkregendaten des DWD als Datengrundlage. Für das zukünftige Sturzflutpotenzial wurde für das Szenario „schwacher Wandel“ das gegenwärtige Sturzflutpotenzial herangezogen (s. Abb. 7). Für das Szenario „starker Wandel“ wurde als „Klimazuschlag“ eine Erhöhung der Häufigkeit von Starkregenereignissen um 10 % angenommen, um einen möglichen Entwicklungspfad aufzuzeigen (Hennegriff et al. 2006). Im Ergebnis zeigt sich im östlichen Teil der Region ein – verglichen mit dem linksrheinischen Bereich – deutlich höheres Sturzflutpotenzial: Hier sind fast alle Kommunen potenziell stärker von Sturzfluten betroffen. Auch im Rheinischen Revier ist aufgrund der durch den Braunkohletagebau bedingten starken Geländeneigungen (Abbaubereiche, Halden) mit höherem Sturzflutpotenzial zu rechnen.

Abb. 7: Sturzflutpotenzial in der Region Köln/Bonn

(Quelle: eigene Darstellung prc/agl 2018 auf Basis von Daten der Bezirksregierung Köln 2017b und Klimadaten des DWD, zur Verfügung gestellt vom LANUV 2017a)



3.2 Unterschiedliche Empfindlichkeit und ihre Veränderung in der Region

Klimawirkungen leiten sich nicht nur aus klimatischen Einflüssen wie Temperatur oder Niederschlag ab, sondern auch aus der Sensitivität bzw. Empfindlichkeit von Raumstrukturen, spezifischen Flächennutzungen und der Bevölkerung. Die Sensitivität dieser Systeme und Strukturen gegenüber klimatischen Einflüssen und ihren Veränderungen ist somit eine wichtige, wenn nicht zentrale Größe bei der Bestimmung von Klimawirkungen. Jeder Raum ist – je nach sozialer, ökologischer, ökonomischer und struktureller Ausstattung – unterschiedlich stark betroffen. Je nach Eigenschaft und Ausstattung des Raums kann seine Sensitivität somit zwischen „eher niedrig“ und „sehr hoch“ beschrieben werden. Demzufolge nimmt die Raumplanung durch die Steuerung von Raumstrukturen mit hoher Lebensdauer nachhaltig Einfluss auf die Sensitivität.

Durch die Abschätzung künftiger Entwicklungen sensibler Nutzungen und der Bevölkerung (Berücksichtigung bestehender Planungen, Durchführung von Modellrechnungen) kann in einigen Fällen auch die künftige Empfindlichkeit bestimmt werden. In der Klimawirkungsanalyse wurde für die Bevölkerung (Bevölkerungsvorausberechnung) sowie für die Wohn- und Mischbauflächen (Siedlungsmodell) die zukünftige Entwicklung abgeschätzt und für die Berechnung der Klimawirkungen verwendet. Besondere Berücksichtigung fanden für die Region Köln/Bonn zudem soziale Infrastrukturen, wie gemeinnützige Einrichtungen oder Bildungstätten, schienen- und straßengebundene Verkehrsinfrastruktur sowie Obstbau-, Wald- und Ackerflächen als sensitive Strukturen bzw. Nutzungen. Allerdings konnte in diesen Fällen die künftige Entwicklung aufgrund fehlender Datengrundlagen nicht abgeschätzt werden.

Die folgenden Karten zeigen die in die Klimawirkungsanalyse eingeflossenen Datengrundlagen, die zur Abbildung der Sensitivität dienten.

[Bevölkerung]

Für viele Klimawirkungen ist die Einwohnerzahl ein wichtiger Indikator. Für die Gegenwart wurde der amtliche Bevölkerungsstand vom 31. Dezember 2013 auf Gemeinde- bzw. Stadtbezirksebene verwendet (IT.NRW 2014). Diese Einwohnerzahl war gleichzeitig der Ausgangspunkt für die Bevölkerungsvorausberechnung von IT.NRW. Für die Zukunft wurde die von IT.NRW für das Jahr 2035 berechnete Einwohnerzahl ausgewählt, da dies mit dem Mittelwert der Klimaperiode 2021–2050 korrespondiert (IT.NRW 2014). Für die Stadtbezirke von Köln, Bonn und Leverkusen wurde die Einwohnerzahl entsprechend den differenzierten kommunalen Prognosen bzw. Fortschreibungen disaggregiert.

Die höchsten Einwohneranzahlen konzentrieren sich entlang der Rheinschiene, insbesondere in Köln, Bonn, Leverkusen und Neuss sowie in Bergisch Gladbach (s. Abb. 8). Sowohl die links- als auch die rechtsrheinischen Randgebiete sind durch eine geringere Einwohnerzahl gekennzeichnet, wobei im Rheinischen Revier im Vergleich zum Bergischen RheinLand mehr Menschen wohnen. Bis 2035 könnten einzelne Gemeinden und Stadtbezirke entlang der Rheinschiene einen Einwohnerzuwachs von mehr als 20 % erwarten, während vor allem im Bergischen RheinLand sowie im Westen der Region Köln/Bonn mit Bevölkerungsverlusten von bis zu -23 % zu rechnen ist (IT.NRW 2014). Die am stärksten wachsenden Räume sind die Stadt Hürth (32 %) sowie die Stadtbezirke Köln-Kalk (23 %) und Köln-Lindenthal (20 %). Der prognostizierte Einwohnerzuwachs der Gesamtstadt Köln bis 2035 beträgt im Durchschnitt 16 %, in Bonn liegt er bei 11 % und in Leverkusen bei 7 % (ausgehend vom Bevölkerungsstand 2013).

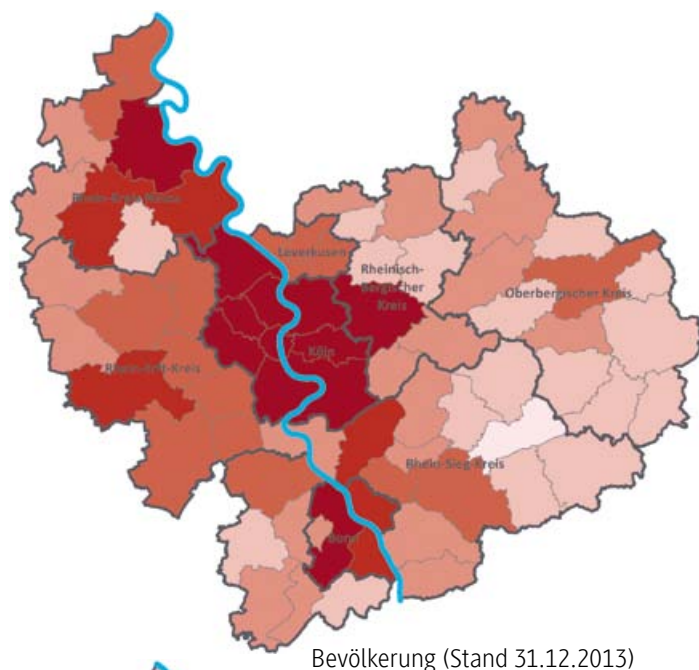
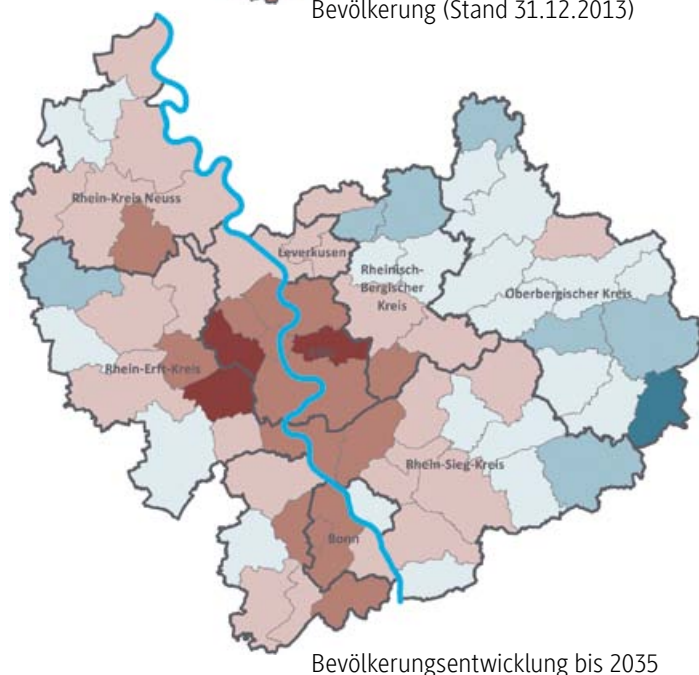
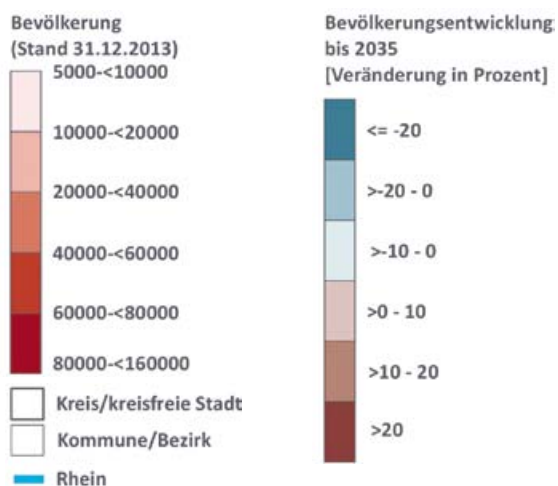


Abb. 8: Aktueller Stand und Entwicklung der Bevölkerungszahlen in der Region Köln/Bonn

(Quelle: eigene Darstellung prc/agl 2018 auf Basis von Bevölkerungsdaten sowie der Bevölkerungsvorausberechnung von IT.NRW 2014)



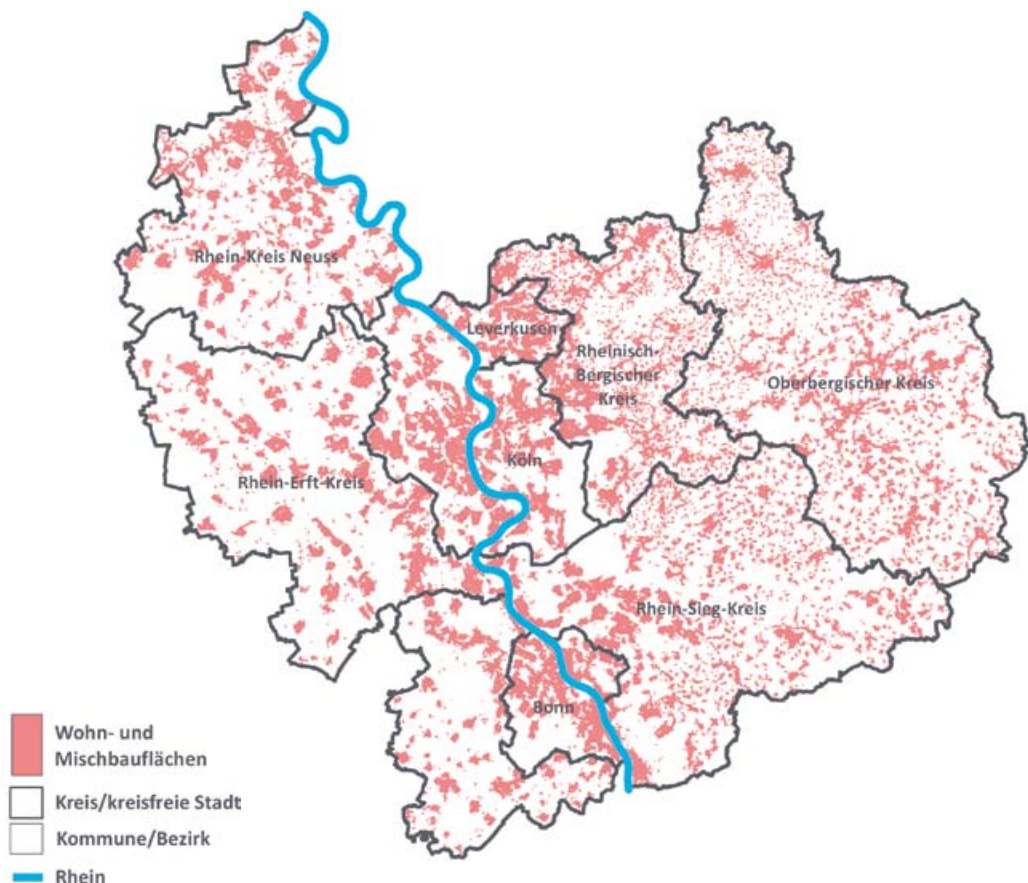
[Wohn- und Mischbauflächen]

Ein weiterer wichtiger Faktor der Sensitivität ist bei vielen Klimawirkungen die Entwicklung der Siedlungsfläche. Im Rahmen der Klimawirkungsanalyse wurden dafür näherungsweise die gegenwärtige und die zukünftige Wohnsiedlungsfläche herangezogen.

Für die Gegenwart wurden die aktuellen Siedlungsflächen mit Wohnnutzung (Wohnbauflächen und Flächen gemischter Nutzung) aus dem Amtlichen Topografisch-Kartografischen Informationssystem ATKIS, Basis-DLM, übernommen (Bezirksregierung Köln 2017a). Das im Rahmen des Projekts erarbeitete Siedlungsentwicklungsmodell berechnet auf Basis der Bevölkerungsvorausberechnung von IT.NRW für jede Stadt oder Gemeinde bzw. jeden Stadtbezirk für das Jahr 2035 einen zusätzlichen Flächenbedarf für den Bereich „Wohnen“ (für Gewerbe- und Industrieflächen sowie Verkehrsflächen wurde keine Zukunftsmodellierung durchgeführt). Zunächst wurde nur die Veränderung der Wohnsiedlungsfläche gemäß Bevölkerungszuwachs in den Kommunen modelliert. In den Städten und Gemeinden, in denen keine ausreichenden Flächenpotenziale für die prognostizierten Einwohnerzahlen zur Verfügung stehen (insbesondere Köln und Bonn), wurde der Mehrbedarf an Wohnbauflächen gekappt, davon ausgehend, dass diese zusätzlichen Einwohnerinnen und Einwohner entweder in den Bestandsflächen oder im regionalen Umland unterkämen.

Abb. 9: Wohn- und Mischbauflächen in der Region Köln/Bonn

(Quelle: eigene Darstellung prc/agl 2018 auf Basis von ATKIS-Geodaten der Bezirksregierung Köln 2017a)

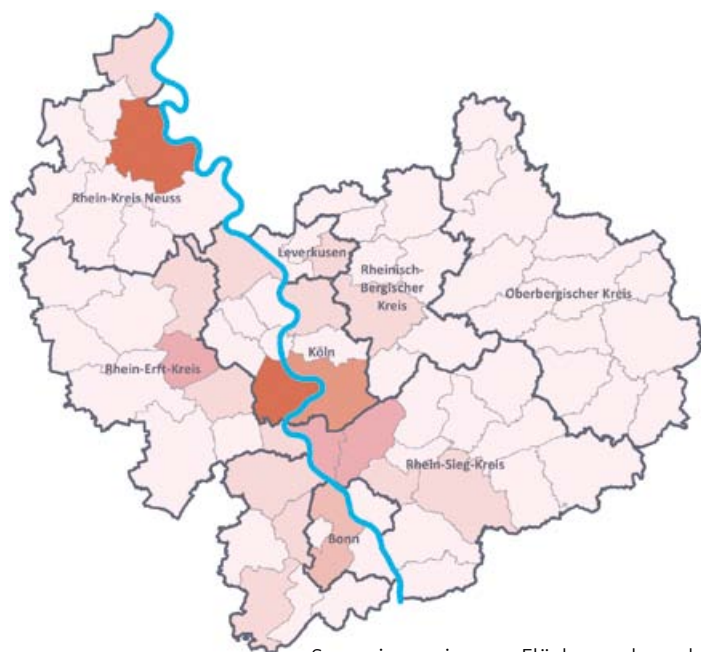
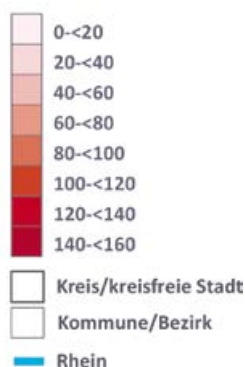


Um für die Zukunft einen Korridor möglicher Entwicklungen aufspannen zu können, wurden die zwei Szenarien „geringerer Flächenverbrauch“ und „höherer Flächenverbrauch“ entwickelt. Das Modell weist eine räumliche Auflösung von 100 m x 100 m Rasterzellen auf; die Ergebnisse werden aber auf gemeindlicher Ebene aggregiert dargestellt.

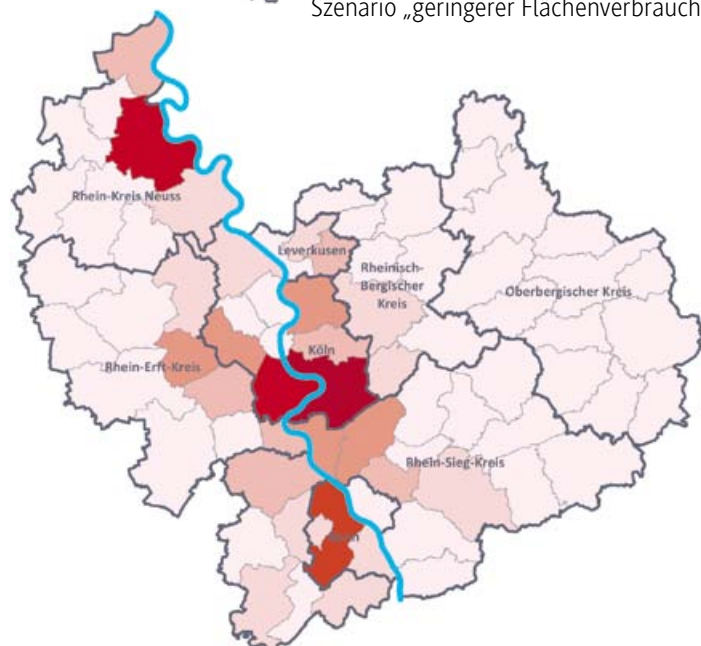
Eine große Dichte an Wohn- und Mischbauflächen ist gegenwärtig entlang des Rheins in den kreisfreien Städten Köln, Bonn und Leverkusen sowie in Bergisch Gladbach und Neuss zu finden (s. Abb. 9). Während die Wohnsiedlungsstruktur auf der linksrheinischen Seite von größeren und weiter auseinanderliegenden Wohn- und Mischbauflächen geprägt ist, fallen im Bergischen RheinLand eher kleinteilig strukturierte Wohn- und Mischbauflächen auf. Im Szenario „höherer Flächenverbrauch“ treten die Veränderungen entlang der Rheinschiene noch einmal deutlicher hervor (s. Abb. 10). Ein hoher Flächenverbrauch wird vor allem in den Stadtbezirken Köln-Rodenkirchen und Köln-Porz, im Stadtbezirk Bonn sowie in Neuss angenommen.

Abb. 10: Entwicklung der Wohn- und Mischbauflächen bis 2035 in der Region Köln/Bonn (Quelle: eigene Darstellung prc/agl 2018 auf Basis von ATKIS-Geodaten der Bezirksregierung Köln 2017a sowie der Bevölkerungsdaten und der Bevölkerungsvorausberechnung von IT.NRW 2014)

Flächenwachstum [ha]



Szenario „geringerer Flächenverbrauch“



Szenario „höherer Flächenverbrauch“

[Soziale Infrastruktur]

Die Karte zur sozialen Infrastruktur zeigt auf Basis der ATKIS-Geodaten (Bezirksregierung Köln 2017a) die gegenwärtigen Flächen der Einrichtungen für die soziale Infrastruktur in der Region Köln/Bonn (s. Abb. 11). In die Analyse wurden neben der klassischen sozialen Infrastruktur, z. B. Pflegeheime, Krankenhäuser, Schulen, Kindergärten und Obdachlosenheime, auch Universitäten und Forschungseinrichtungen einbezogen. Dies liegt in der Flächendefinition der ATKIS-Geodaten begründet, die die gesamten vorgenannten Einrichtungen in einer Kategorie zusammenfasst. Die Karte macht deutlich, dass in allen Kommunen soziale Infrastrukturflächen vorhanden sind. Die Städte Bonn, Köln, Bergisch Gladbach, Leverkusen und Neuss sind aufgrund ihrer Funktion im Zentrale-Orte-System durch eine hohe Anzahl sozialer Infrastrukturen gekennzeichnet und heben sich deutlich von den übrigen Kommunen ab. Eine Konzentration von Einrichtungen der sozialen Infrastruktur ist vor allem entlang des Rheins erkennbar, so beispielsweise auch in den Mittelzentren Siegburg, Sankt Augustin und Troisdorf.

Abb. 11: Soziale Infrastruktur in der Region Köln/Bonn

(Quelle: eigene Darstellung prc/agl 2018 auf Basis von ATKIS-Geodaten der Bezirksregierung Köln 2017a)



[Verkehrsinfrastruktur]

Die Karte bildet das Netz des gegenwärtigen Straßen- und Schienenverkehrs in der Region Köln/Bonn ab (s. Abb. 12). Der Darstellung liegen aus dem ATKIS-Datensatz die Bundesautobahnen, Bundesstraßen, Landesstraßen, Kreisstraßen, Gemeindestraßen sowie die schienegebundene Infrastruktur (Bahnstrecken, Eisenbahn, S-Bahn, Stadtbahn, Straßenbahn und U-Bahn) zugrunde (Bezirksregierung Köln 2017a).

Die hohe Dichte der straßengebundenen Infrastruktur in den Städten und Gemeinden lässt diese im Kartenbild an vielen Stellen nahezu flächig erscheinen. Die Karte verdeutlicht somit auch die Schwerpunkte der Schadenspotenziale und nicht zuletzt die Siedlungsstruktur: Vor allem entlang des Rheins bündelt sich die Verkehrsinfrastruktur. Insbesondere Köln, Bonn und Leverkusen weisen einen hohen Anteil an Verkehrsinfrastrukturflächen auf. Wichtige Verkehrsachsen sind beim Schienenverkehr die Bahntrassen des Regional- und Fernverkehrs entlang des Rheins sowie beim Straßenverkehr u. a. die Bundesautobahn A57, die vom Rhein-Kreis Neuss nach Köln führt, die A555 (Köln–Bonn), die Bundesstraße 9 (Rhein-Kreis Neuss–Bonn), die A59 (Köln–Bonn) und die A3 (Leverkusen–Köln–Rhein-Sieg-Kreis). Das Bergische RheinLand wird neben der straßengebundenen Infrastruktur (u. a. A4) zusätzlich von der Oberbergischen Bahn erschlossen. Auch das Siegtal ist durch die Regional- und S-Bahn-Strecken gut angebunden.

Abb. 12: Verkehrsinfrastruktur in der Region Köln/Bonn

(Quelle: eigene Darstellung prc/agl 2018 auf Basis von ATKIS-Geodaten der Bezirksregierung Köln 2017a)



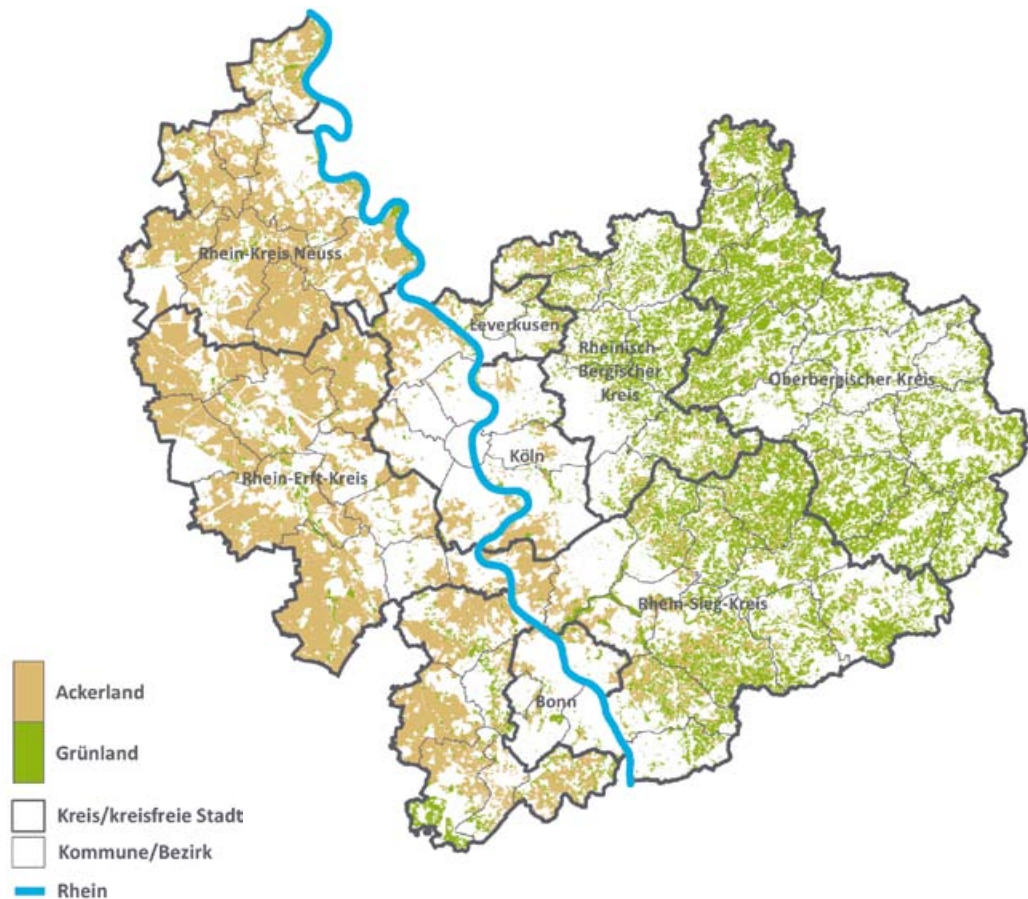
[Acker- und Grünlandflächen]

Auf Basis von ATKIS-Geodaten wird zum einen die Kategorie „Ackerland“, die alle Flächen für den Anbau von Feldfrüchten (z. B. Getreide, Hülsen- oder Hackfrüchte) sowie von Beerenfrüchten umfasst, dargestellt (Bezirksregierung Köln 2017a). Diese Flächen sind in die Berechnung der Klimawirkung „Betroffenheit des Ackerbaus gegenüber Trockenstress“ eingeflossen. Darüber hinaus ist die Kategorie „Grünland“, d. h. Grasflächen, die beweidet und gemäht werden und mindestens 1 ha groß sind, dargestellt. Diese wurde zwar nicht für die Berechnung der genannten Klimawirkung verwendet, zeigt aber die unterschiedliche Struktur der landwirtschaftlichen Flächen in der Region Köln/Bonn.

Abbildung 13 zeigt eine auffällige räumliche Differenzierung: Linksrheinisch sowie in der Rheinebene zwischen Köln und Bonn befinden sich bevorzugt großräumige, zusammenhängende Ackerflächen für den Obstbau. Rechtsrheinisch herrscht eine kleinteilige Grünlandnutzung vor. Demgegenüber verfügen vor allem die kreisfreien Städte Köln, Leverkusen und Bonn über wenige landwirtschaftlich genutzte Flächen. Dies ist auf den hohen Anteil an Flächen für Wohnen, Industrie und Gewerbe sowie Verkehr in Verbindung mit der stetigen Umwandlung von landwirtschaftlichen Flächen in Siedlungsflächen zurückzuführen.

Abb. 13: Acker- und Grünlandflächen in der Region Köln/Bonn

(Quelle: eigene Darstellung prc/agl 2018 auf Basis von ATKIS-Geodaten der Bezirksregierung Köln 2017a)



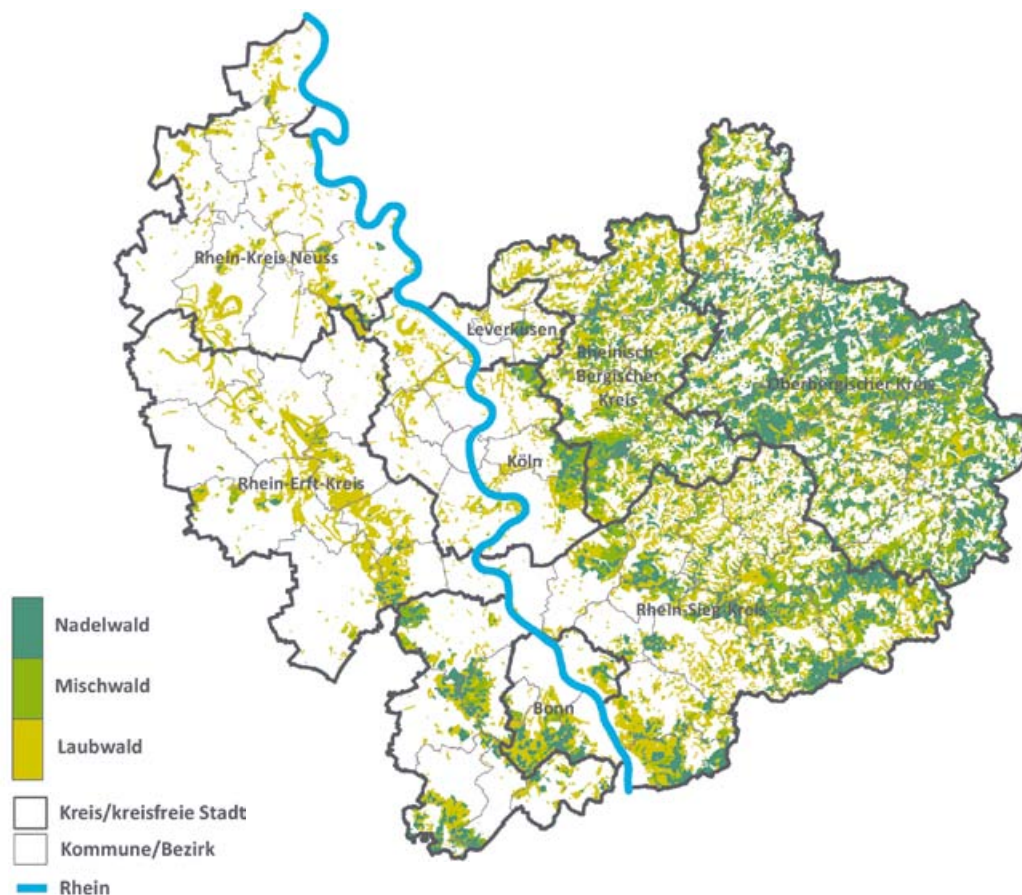
[Waldflächen]

In Abbildung 14 ist die Waldflächenverteilung in der Region Köln/Bonn nach Waldtypen (ATKIS-Geodaten, Bezirksregierung Köln 2017a) dargestellt. Die Karte zeigt Waldflächen ab einer Flächengröße von mehr als 0,1 ha auf und differenziert Laub-, Nadel- und Mischwald.

Im Bergischen RheinLand befinden sich im Vergleich zum westlichen Teil der Region Köln/Bonn viele große, zusammenhängende Mischwälder. Gummersbach, Reichshof und Windeck besitzen mit bis zu 60 km² die größten Waldflächen in der Region. Demgegenüber gibt es linksrheinisch nur wenige Wälder. Ausnahmen bilden das in Nord-Süd-Richtung verlaufende geschlossene Waldgebiet, das die Villewälder und das Waldnaturschutzgebiet Kottenforst umfasst, sowie das Waldnaturschutzgebiet (Knechtsteden) westlich von Dormagen. In den nördlichen Waldgebieten herrschen Laubbäume vor, während die linksrheinischen Gemeinden im Süden Mischwälder aufweisen.

Abb. 14: Waldflächen in der Region Köln/Bonn

(Quelle: eigene Darstellung prc/agl 2018 auf Basis von ATKIS-Geodaten der Bezirksregierung Köln 2017a)



3.3 Ergebnisse der Klimawirkungsanalyse

Methodik der Standardisierung

Die Datensätze liegen in unterschiedlichen Skalen und Maßeinheiten vor, sodass das statistische Verfahren der Normalisierung zur Vereinheitlichung der Werte verwendet wurde. Die Werte der Eingangsdaten wurden auf Gemeindeebene normalisiert und bewegen sich auf einer Skala von Null bis Eins. Das bedeutet, dass der Wert „0“ dem niedrigsten auftretenden Wert und „1“ dem höchsten Wert entspricht. Alle anderen Werte ordnen sich dazwischen an. Am Beispiel der Wärmebelastung der Bevölkerung ist die Klimawirkung besonders stark, wenn – wie in den Verdichtungsräumen entlang der Rheinschiene – eine hohe Bevölkerungszahl und eine hohe Anzahl „Heißer Tage“ aufeinandertreffen. Vergleichsweise gering ist die Klimawirkung, wenn entweder nur eine sehr geringe Zahl „Heißer Tage“ auftritt oder nur eine sehr geringe Anzahl an Menschen betroffen ist – oder beides zusammen.

Zur Darstellung der Auswirkungen des Klimawandels wurden die zentralen Klimawirkungen auf Grundlage von Daten zum klimatischen Einfluss sowie zur Sensitivität der ökologischen und gesellschaftlichen Systeme in der Region berechnet. Um die Klimawirkungen und deren Einflussfaktoren, die in sehr unterschiedlichen Datengrundlagen vorliegen, miteinander vergleichen und in Beziehung setzen zu können, wurden die Daten vor ihrer Verknüpfung zunächst standardisiert. Durch den Klimawandel sind die Raumstrukturen vor allem durch Hitze, Trockenstress und Niedrigwasser sowie durch Hochwasser, Starkregen und Spätfrost betroffen, sodass der Analysefokus auf diese Extremereignisse gerichtet ist.

[Potenzielle Wärmebelastung der Bevölkerung und der sozialen Infrastruktur]

Die Kartensequenz zur potenziellen Wärmebelastung ergibt sich aus der Kombination des Klimasignals (Anzahl „Heißer Tage“ pro Jahr) mit der Sensitivität (Einwohnerzahl und Wohnsiedlungsdichte bzw. Einrichtungen der sozialen Infrastruktur). Im Ergebnis zeigt sich, dass die stärkste potenzielle Wärmebelastung der Wohnbevölkerung – und somit auch der gesundheitlichen Auswirkungen des Klimawandels – entlang der Rheinschiene auftritt, insbesondere in den Kernstädten von Köln, Bonn und Leverkusen, aber auch in Neuss (s. Abb. 15 links). Dort überlagern sich der besonders stark ausgeprägte klimatische Einfluss und eine hohe Sensitivität (Bevölkerungszahl und Wohnsiedlungsdichte). Auch die Wärmebelastung der sozialen Infrastruktur zeigt einen Schwerpunkt in den großen Städten der Rheinschiene (s. Abb. 15 rechts). Dies wird vor allem im Szenario „starker Wandel“ deutlich, während sich das Szenario „schwacher Wandel“ kaum vom Referenzzeitraum abhebt. Die Bundesstadt Bonn sticht hier aufgrund der hohen Dichte an Behörden und Forschungseinrichtungen sowie durch den United Nations Campus besonders hervor. Durch die Lage der Stadt in der Kölner Bucht und der damit vergleichsweise hohen Anzahl „Heißer Tage“ ist die Ausprägung der Klimawirkung als Verbindung von Sensitivität und klimatischem Einfluss in Bonn besonders stark.

Abb. 15: Potenzielle Wärmebelastung der Bevölkerung und der sozialen Infrastruktur in der Region Köln/Bonn
(Quelle: eigene Darstellung prc/agl 2018)



Potenzielle Wärmebelastung der Bevölkerung

Potenzielle Wärmebelastung der sozialen Infrastruktur



Referenzzeitraum



Referenzzeitraum



Zukunftsszenario „Schwacher Wandel“



Zukunftsszenario „Schwacher Wandel“



Zukunftsszenario „Starker Wandel“

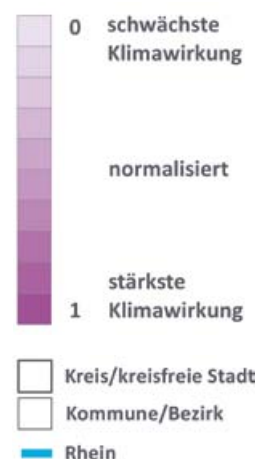


Zukunftsszenario „Starker Wandel“

[Potenzielle Betroffenheit von Wohnsiedlungsbereichen und Verkehrsinfrastruktur durch Flusshochwasser]

Die potenzielle Betroffenheit von Wohnsiedlungsbereichen durch Flusshochwasser zeigt die Verknüpfung des klimatischen Einflusses, hier die potenziellen Überschwemmungsbereiche, mit dem Sensitivitätsfaktor „Wohnsiedlungsfläche“ (s. Abb. 16 links). Zur Ermittlung der Betroffenheit von Verkehrsinfrastrukturen wurden diese, gewichtet durch die Berufspendlerströme, mit den potenziellen Überschwemmungsbereichen überlagert (s. Abb. 16 rechts). Im Szenario „schwacher Wandel“, in dem der Hochwasserschutz bis zum 100-jährlichen Hochwasserereignis (HQ_{100}) berücksichtigt ist, zeigen sich im Vergleich zur Gegenwart kaum Veränderungen in der Betroffenheit der Wohnsiedlungs- und Verkehrsflächen. Beim Szenario „starker Wandel“ hingegen werden die bei einem HQ_{100} überschwemmungsgefährdeten Gebiete, also auch die Bereiche, die im Fall eines HQ_{100} bei einem Versagen der Schutzeinrichtungen oder einer Überschreitung der Bemessungsgrenze überschwemmt werden, betrachtet. Dadurch werden die Risiken „hinter den Deichen“ mit in die Analyse einbezogen. In diesem Fall treten vor allem die dicht besiedelten Städte, Gemeinden und Stadtbezirke aufgrund der dort potenziell hohen Schäden deutlich hervor; diese liegen überwiegend am Rhein, aber auch an Erft und Sieg. Vor allem in den Kernstädten wie Köln, Bonn und Neuss sind zudem die Verkehrsinfrastrukturen und somit eine hohe Zahl von Berufspendlern potenziell stark betroffen.

Abb. 16: Potenzielle Betroffenheit von Wohnsiedlungsbereichen und Verkehrsinfrastruktur durch Flusshochwasser in der Region Köln/Bonn
(Quelle: eigene Darstellung prc/agl 2018)



Potenzielle Betroffenheit
von Wohnsiedlungsbereichen
durch Flusshochwasser



Referenzzeitraum

Potenzielle Betroffenheit
von Verkehrsinfrastruktur
durch Flusshochwasser



Referenzzeitraum



Zukunftsszenario „Schwacher Wandel“



Zukunftsszenario „Schwacher Wandel“



Zukunftsszenario „Starker Wandel“

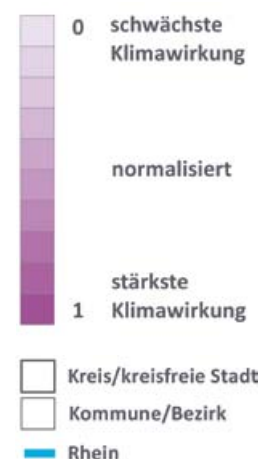


Zukunftsszenario „Starker Wandel“

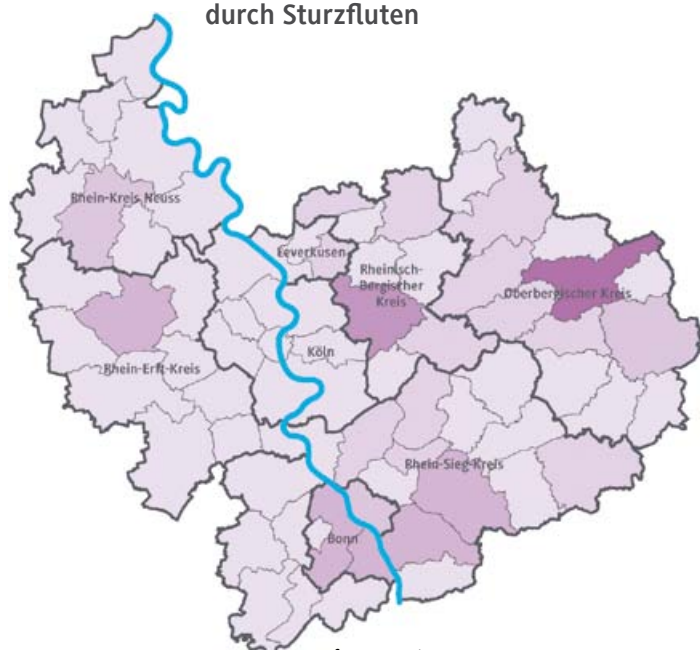
[Potenzielle Betroffenheit von Wohnsiedlungsbereichen und Verkehrsinfrastruktur durch Sturzfluten]

Die potenzielle Betroffenheit von Wohnsiedlungsbereichen durch Sturzfluten ergibt sich aus der Kombination des klimatischen Einflusses und dem Sturzflutpotenzial mit den Wohnsiedlungsflächen (s. Abb. 17 links). Für die potenzielle Betroffenheit der Verkehrsinfrastruktur wurden entsprechend die durch Berufspendlerströme gewichteten Verkehrsinfrastrukturflächen herangezogen (s. Abb. 17 rechts). Der Schwerpunkt potenzieller Betroffenheit liegt in den Kommunen, die einerseits eine bewegte Topografie und andererseits hohe Wohnsiedlungs- bzw. Verkehrsflächenanteile respektive intensiv genutzte Verkehrsinfrastruktur besitzen. Gerade im Bergischen RheinLand wie auch in den linksrheinischen Gemeinden mit Braunkohletagebau trägt die stärkere Geländeneigung zu einem höheren Sturzflutpotenzial bei. Darüber hinaus treten verschiedene Kommunen aufgrund ihrer hohen Berufspendlerzahlen (vor allem Auspendler) hervor, wie z. B. linksrheinisch Kerpen, Bergheim und Grevenbroich sowie rechtsrheinisch Bergisch Gladbach und Gummersbach. Diese sich aus der Analyse ergebenden Schwerpunkte schließen jedoch nicht aus, dass auch in anderen Städten und Gemeinden Starkregen- und Sturzflutereignisse mit erheblichen Schäden auftreten können, wie 2018 beispielsweise in den rheinisch-bergischen Kommunen Leichlingen, Overath und Rösrath.

Abb. 17: Potenzielle Betroffenheit von Wohnsiedlungsbereichen und Verkehrsinfrastruktur durch Sturzfluten in der Region Köln/Bonn
(Quelle: eigene Darstellung prc/agl 2018)



Potenzielle Betroffenheit
von Wohnsiedlungsbereichen
durch Sturzfluten



Referenzzeitraum

Potenzielle Betroffenheit
von Verkehrsinfrastruktur
durch Sturzfluten



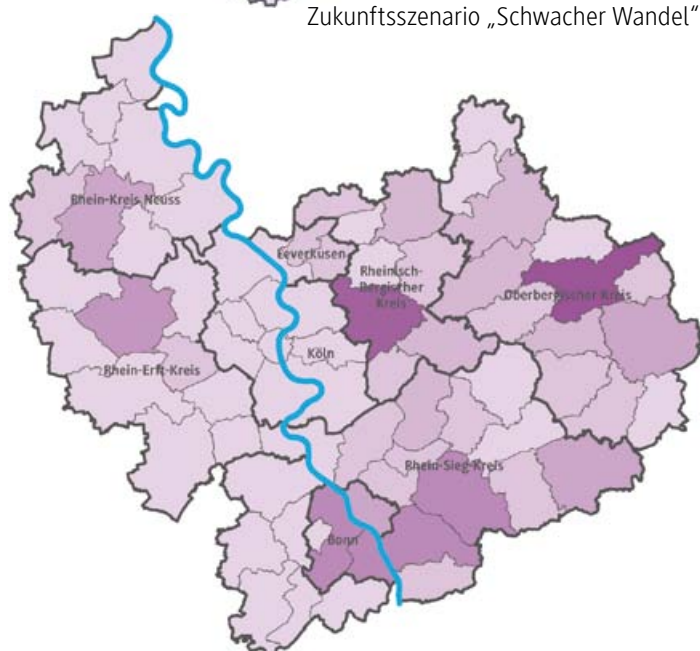
Referenzzeitraum



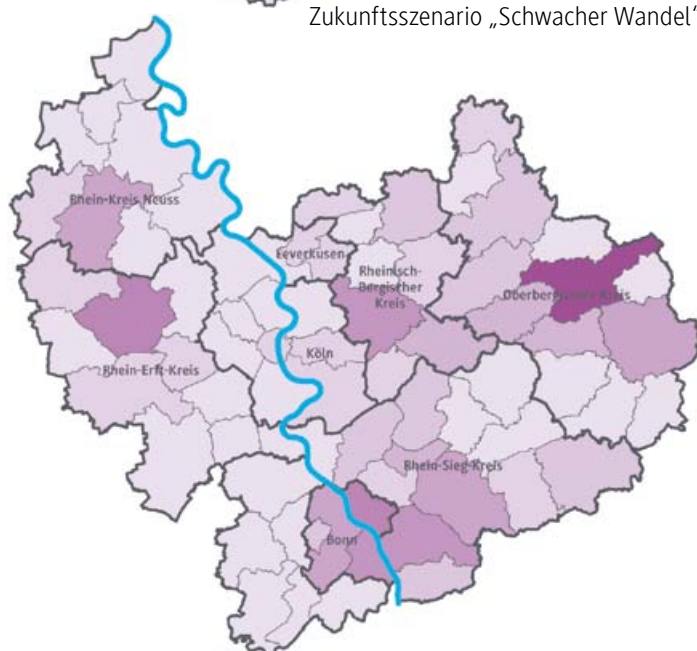
Zukunftsszenario „Schwacher Wandel“



Zukunftsszenario „Schwacher Wandel“



Zukunftsszenario „Starker Wandel“



Zukunftsszenario „Starker Wandel“

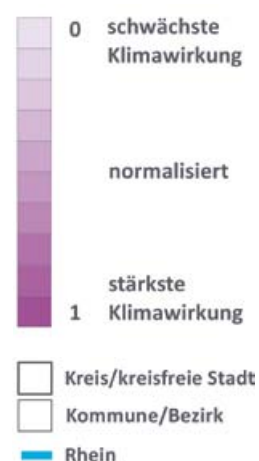
[Potenzielle Betroffenheit von Wäldern durch Trockenstress]

Die potenzielle Betroffenheit von Wäldern durch Trockenstress wirkt sich in Gegenwart und Zukunft insbesondere im Westen und Süden der Region Köln/Bonn aus (s. Abb. 18 links). Im linksrheinischen Bereich gibt es zwar im Vergleich zum Bergischen RheinLand weniger Waldflächen. Da hier jedoch das Trockenstresspotenzial größer ist, liegt in Kommunen mit bedeutenden Waldflächen, beispielsweise Kerpen, Bergheim oder Grevenbroich, ein deutlicher Schwerpunkt. Im Südosten der Region hebt sich die Gemeinde Windeck aufgrund des hohen Anteils an Waldflächen ab. Weitere Gemeinden mit vergleichsweise starker Betroffenheit sind Bergisch Gladbach, Bornheim, Rheinbach, der Bonner Stadtbezirk Bonn sowie die südlichen rechtsrheinischen Gemeinden des Rhein-Sieg-Kreises. Demgegenüber tritt die Klimawirkung in weiten Teilen des Oberbergischen und Rheinisch-Bergischen Kreises sowie einigen linksrheinischen Kommunen kaum hervor.

[Potenzielle Betroffenheit des Ackerbaus durch Trockenstress]

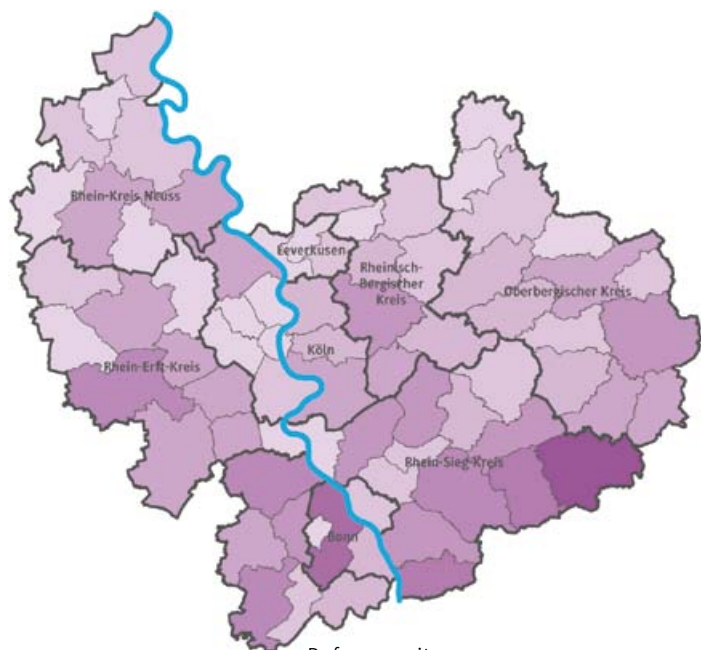
Die potenzielle Betroffenheit des Ackerbaus durch Trockenstress ist sowohl in der Gegenwart als auch in den beiden Zukunftsszenarien im linksrheinischen Bereich am höchsten (s. Abb. 18 rechts). Dort gibt es – insbesondere im Vergleich zum Bergischen RheinLand – große landwirtschaftlich genutzte Flächen, in denen Böden mit geringerer nutzbarer Feldkapazität (Lehmsande) die Sensitivität erhöhen. Gleichzeitig ist das Trockenstresspotenzial in den linksrheinischen Bereichen und entlang der Rheinschiene besonders groß. Daher treten die Kommunen des gesamten Rhein-Erft-Kreises und Rhein-Kreises Neuss sowie die Gebiete des linksrheinischen Rhein-Sieg-Kreises als am stärksten betroffene Bereiche hervor. Demgegenüber ist die Klimawirkung in weiten Teilen des Oberbergischen und Rheinisch-Bergischen Kreises vergleichsweise gering. Da im Szenario „starker Wandel“ eine leicht ansteigende Niederschlagsmenge im Vergleich zum Szenario „schwacher Wandel“ auftritt und sich gleichzeitig die Gesamtfläche ackerbaulicher Nutzung geringfügig verringert, zeigen die Karten für das Zukunftsszenario „starker Wandel“ tendenziell geringere Klimawirkungen an.

Abb. 18: Potenzielle Betroffenheit von Wäldern und Ackerflächen durch Trockenstress in der Region Köln/Bonn
(Quelle: eigene Darstellung prc/agl 2018)



Potenzielle Betroffenheit
von Wäldern durch Trockenstress

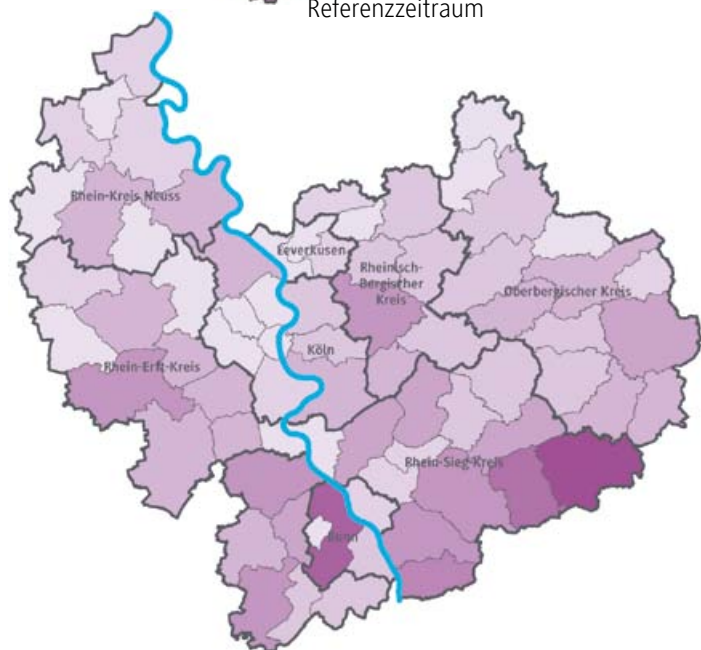
Potenzielle Betroffenheit
von Ackerflächen durch Trockenstress



Referenzzeitraum



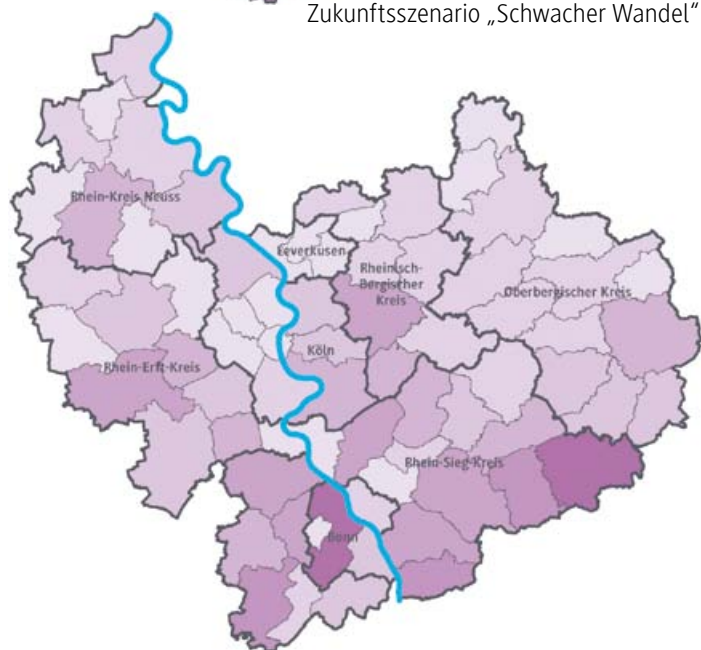
Referenzzeitraum



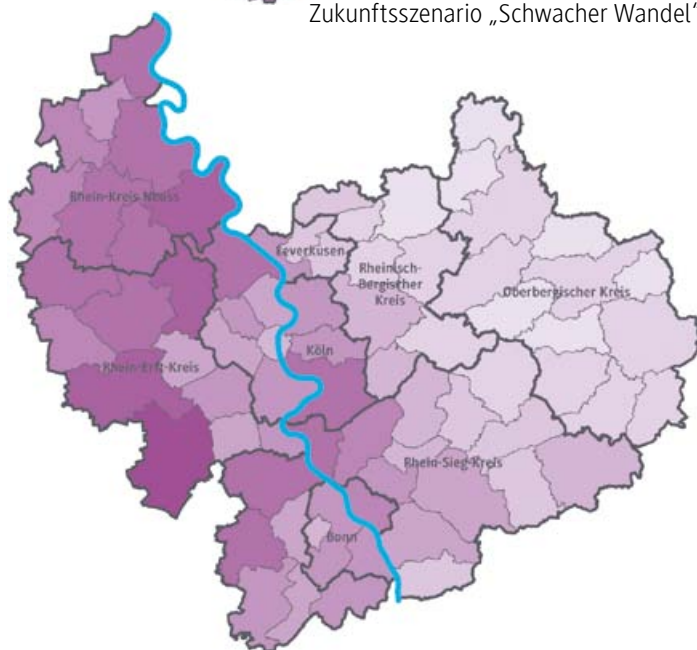
Zukunftsszenario „Schwacher Wandel“



Zukunftsszenario „Schwacher Wandel“



Zukunftsszenario „Starker Wandel“



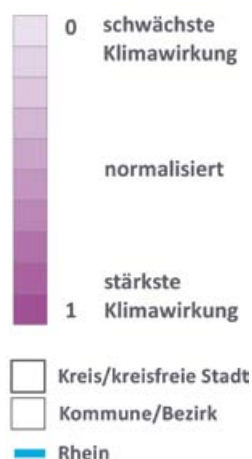
Zukunftsszenario „Starker Wandel“



[Potenzielle Betroffenheit des Obstbaus durch Verschiebung des Vegetationsbeginns (Spätfrostgefährdung)]

Der Obstbau konzentriert sich im Südwesten der Region. Daher sind die Klimawirkungen – also die Höhe der potenziellen Schäden für den Obstbau – in den südlichsten Gemeinden Meckenheim, Wachtberg, Rheinbach und Bornheim am stärksten (s. Abb. 19). Die Klimawirkung tritt ansonsten kaum hervor, da in den meisten Städten und Gemeinden deutlich kleinere kommerzielle Obstbauflächen liegen oder sich diese im öffentlichen Raum oder auf nicht kommerziell genutzten Privatflächen befinden. Dies gilt beispielsweise für Leichlingen und Burscheid im Rheinisch-Bergischen Kreis, die ebenfalls über bedeutende Obstanbauflächen verfügen.

Abb. 19: Potenzielle Betroffenheit des Obstbaus durch Verschiebung des Vegetationsbeginns (Spätfrostgefährdung) in der Region Köln/Bonn
(Quelle: eigene Darstellung prc/agl 2018)



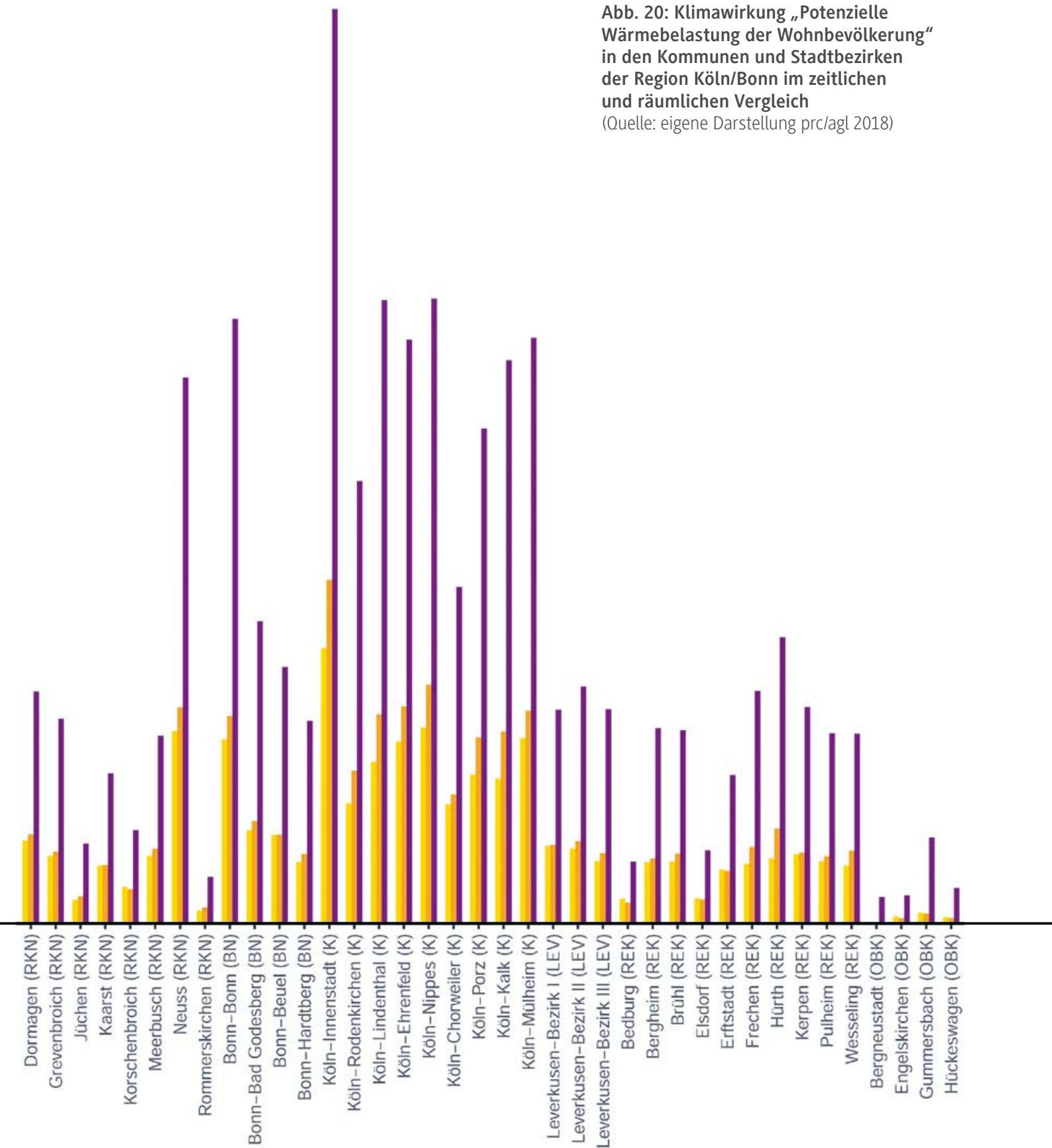
3.4 Was bedeuten die Ergebnisse für die Kommunen?

Die in den Karten in Kapitel 3.3 gezeigten Ergebnisse der Klimawirkungsanalyse lassen sich auch in Diagrammen darstellen, die einen zeitlichen und räumlichen Vergleich auf kommunaler Ebene und in den kreisfreien Städten für jeden Stadtbezirk oder eben auf Kreisebene ermöglichen. Somit werden die Veränderungen zwischen Gegenwart und Zukunft sowie die Unterschiede zwischen den beiden Zukunftsszenarien deutlich. Diese Darstellung zeigt darüber hinaus auch einen Vergleich der Betroffenheit verschiedener Kommunen und Stadtbezirke bzw. Kreise gegenüber der jeweiligen Klimawirkung. Die Abbildungen 20 und 21 veranschaulichen exemplarisch den Vergleich anhand der Klimawirkung „Potenzielle Wärmebelastung der Wohnbevölkerung“. Für die anderen Klimawirkungen finden sich diese Darstellungen zum Download auf der Website www.klimawandelvorsorge.de bzw. auf der Website des Region Köln/Bonn e.V. (www.region-koeln-bonn.de).

An den Grafiken ist deutlich ablesbar, wie stark die Betroffenheit der jeweiligen administrativen Einheit gegenüber der Klimawirkung, hier „Potenzielle Wärmebelastung der Wohnbevölkerung“, ist (s. Abb. 20). Deutlich werden dabei die unterschiedlichen Betroffenheitsprofile der Kommunen und Stadtbezirke sowie der Landkreise und kreisfreien Städte sowie die Veränderung im zeitlichen Verlauf.

Die Darstellung der sogenannten „Boxplots“ zeigt die Betroffenheiten der Kreise: Je weiter oben der farbige Balken im Diagramm angeordnet ist, desto stärker ist die Betroffenheit (s. Abb. 21). Gleichzeitig wird deutlich, wie stark die Betroffenheiten der Gemeinden im jeweiligen Kreis streuen: Jede farbige Säule („Box“) ist in der Mitte durch eine waagerechte Linie geteilt. Diese Linie stellt den Median dar, der alle Betroffenheitswerte der Kommunen im jeweiligen Kreis in zwei gleich große Gruppen teilt. Oberhalb und unterhalb des Medians zeigt die Größe der Säule an, wie stark die Werte des 2. und 3. Quartils (innere 50 %) um den Median streuen. Die senkrechten Linien („Antennen“) oberhalb und unterhalb der Säule zeigen die Streuung der Werte aus den äußeren Quartilen (1. und 4. Quartil). Die Punkte jenseits der Antennen geben einzelne Ausreißerwerte an. Das heißt: Je länger die Säulen (und die Antennen) sind, desto unterschiedlicher ist die Betroffenheit im jeweiligen Kreis ausgeprägt. Eine lange Säule bedeutet, dass es im Kreis sowohl Kommunen gibt, die sehr stark betroffen sind, als auch solche, die eher geringer betroffen sind. Sehr kurze Säulen zeigen an, dass die Kommunen im Kreis alle eine ähnliche Betroffenheit aufweisen.

Abb. 20: Klimawirkung „Potenzielle Wärmebelastung der Wohnbevölkerung“ in den Kommunen und Stadtbezirken der Region Köln/Bonn im zeitlichen und räumlichen Vergleich
(Quelle: eigene Darstellung prc/agl 2018)



Erläuterungen:

Gelb: Gegenwart

Orange: Zukunft „schwacher Wandel“

Violett: Zukunft „starker Wandel“

BN: Bundesstadt Bonn

K: Stadt Köln

LEV: Stadt Leverkusen

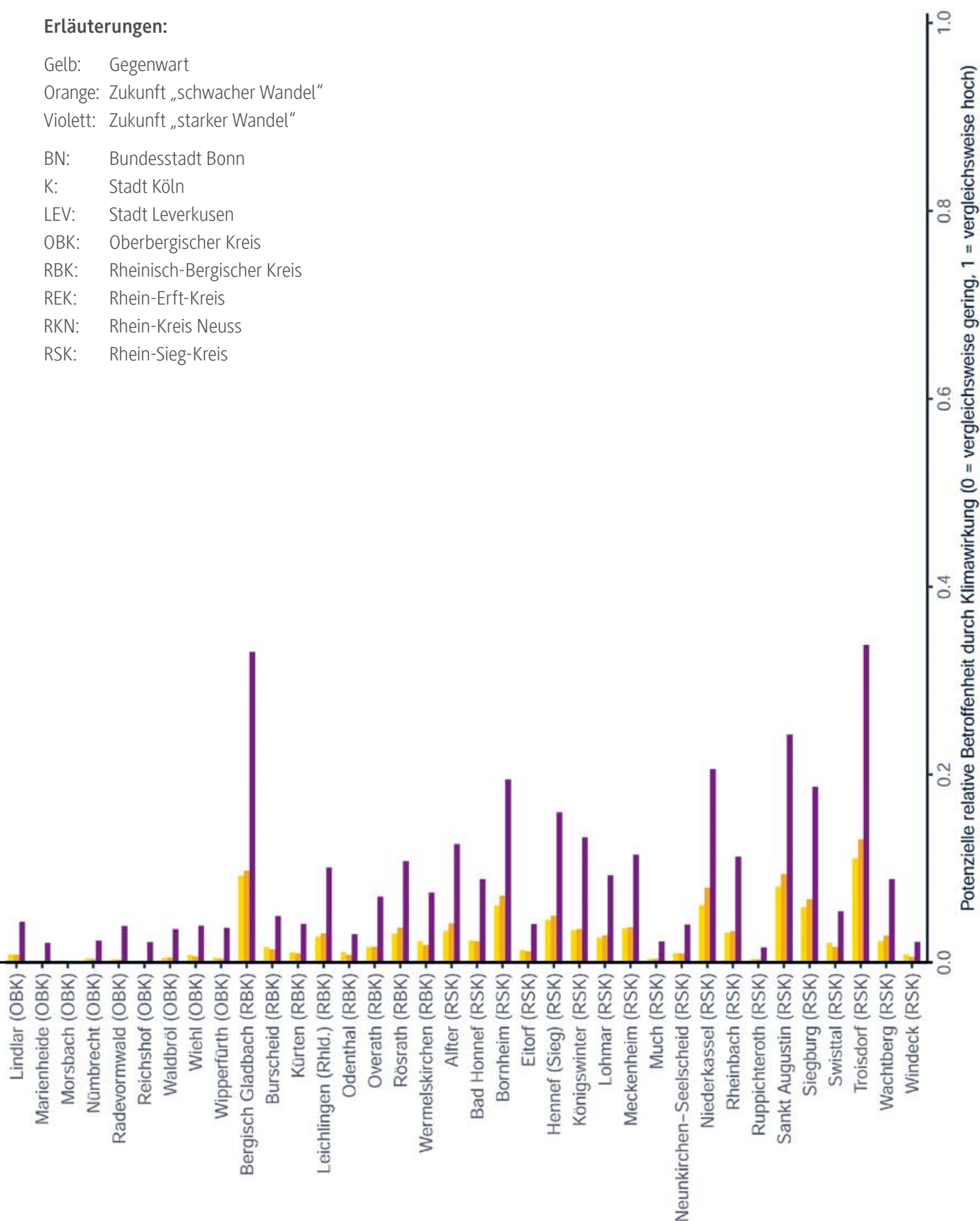
OBK: Oberbergischer Kreis

RBK: Rheinisch-Bergischer Kreis

REK: Rhein-Erft-Kreis

RKN: Rhein-Kreis Neuss

RSK: Rhein-Sieg-Kreis



**Abb. 21: Klimawirkung
„Potenzielle Wärmebelastung
der Wohnbevölkerung“ in der
Region Köln/Bonn im zeitlichen
und räumlichen Vergleich aggregiert
auf Ebene der Kreise und
kreisfreien Städte (Boxplots)**
(Quelle: eigene Darstellung prc/agl 2018)

Erläuterungen:

Gelb: Gegenwart

Orange: Zukunft „schwacher Wandel“

Violett: Zukunft „starker Wandel“

BN: Bundesstadt Bonn

K: Stadt Köln

LEV: Stadt Leverkusen

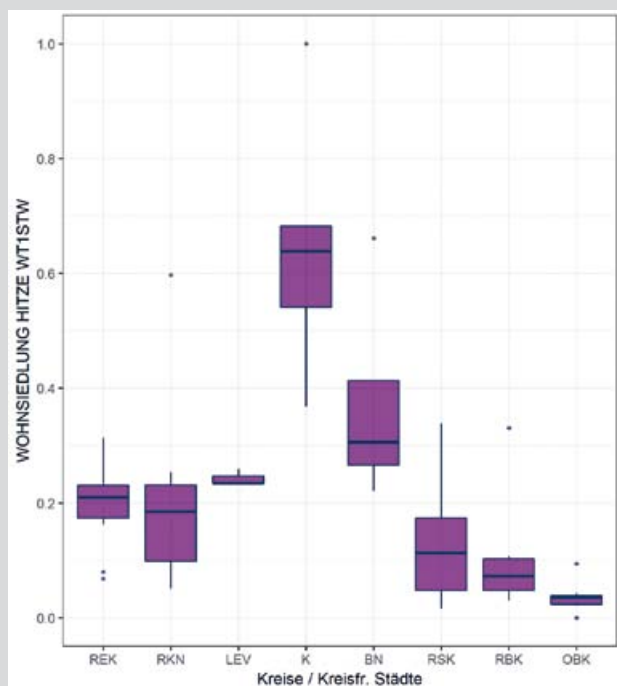
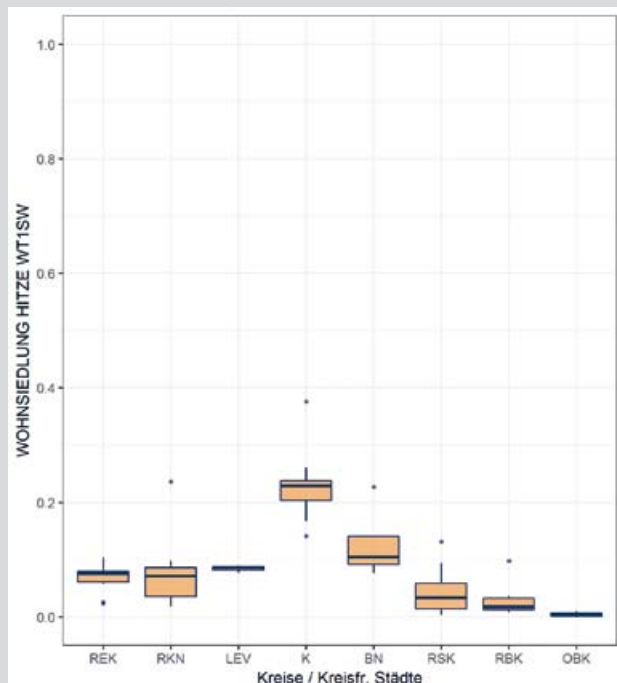
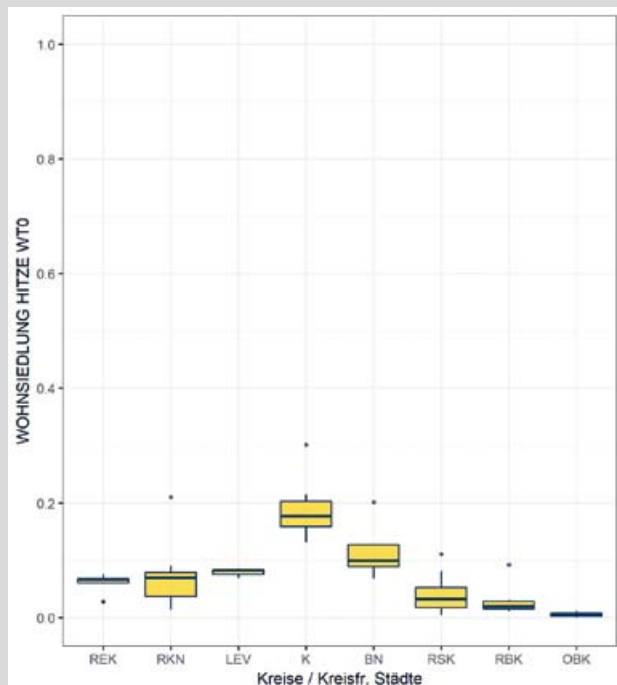
OBK: Oberbergischer Kreis

RBK: Rheinisch-Bergischer Kreis

REK: Rhein-Erft-Kreis

RKN: Rhein-Kreis Neuss

RSK: Rhein-Sieg-Kreis



Grundlegende Schlussfolgerungen aus der Klimawirkungsanalyse

Ausgehend von den Ergebnissen der Klimawirkungsanalyse ergeben sich einige grundlegende Schlussfolgerungen für die Entwicklung einer Klimawandelvorsorgestrategie für die Region Köln/Bonn:

Hohe Betroffenheit in Bezug auf Hitzestress in den verdichteten städtischen Bereichen

Mit Blick auf die zunehmende Hitzebelastung in den Städten bestehen deutliche Zielkonflikte zwischen dem Leitbild der Innenentwicklung und den Erfordernissen der Klimaanpassung. Hier gilt es, eine Balance zwischen beiden Zielrichtungen zu finden – sowohl auf siedlungsstruktureller Ebene durch Freihaltung klimatisch relevanter Freiflächen als auch auf städtebaulicher Ebene (z. B. durch doppelte Innenentwicklung, also die bauliche Bestandsentwicklung in Verbindung mit einer Qualifizierung von Frei- und Grünräumen).

Identifikation von und Umgang mit Gefahren- und Risikobereichen aufgrund von Hochwasser und Sturzfluten

Durch Hochwasser und Sturzfluten gefährdete Bereiche sind mit den vorhandenen bzw. geplanten Flächennutzungen und Infrastrukturen in Beziehung zu setzen, um (Hoch-)Risikobereiche zu identifizieren, Vorsorgemaßnahmen zu treffen und die Flächennutzung (Wohnen, Gewerbe, Infrastruktur) entsprechend anpassen zu können. Hierzu sollten für die Raumentwicklung vorab strategische Aussagen getroffen werden, die dieser Zielrichtung nicht entgegenstehen und die auf städtebaulicher Ebene beispielsweise multifunktionale Flächennutzungen ermöglichen.

Stärkung der grünen und blauen Infrastruktur

Aufgrund überlagernder Risiken ist ein multifunktionaler regionaler Freiraumverbund von entscheidender Bedeutung, um eine effektive Klimaanpassung räumlich und funktional leisten zu können. Hierbei sind die Belange und die Akteure der Wald- und Landwirtschaft aktiv einzubeziehen; zudem eröffnen sich Chancen, Synergien mit dem Naturschutz zu erzielen.

Abwägung zwischen Effizienz und Resilienz der Verkehrsinfrastruktur

Bezüglich der Verkehrs- und allgemein der bandartigen Ver- und Entsorgungsinfrastruktur besteht ein Zielkonflikt darin, dass aus Gründen der Effizienz und des Freiraumschutzes Infrastrukturen einerseits gebündelt werden sollten. Andererseits ist es für eine klimaresiliente Raumentwicklung wichtig, dass die Verkehrsinfrastruktur nicht nur widerstandsfähig, sondern auch redundant ist, im Falle einer Unterbrechung also Ausweichrouten möglich sind. Beiden Aspekten muss in der Raumentwicklung Rechnung getragen werden.

Eine auf wissenschaftlicher Basis erarbeitete und regional abgestimmte Strategie sowie die daraus abgeleiteten Maßnahmen sind Grundlage für eine klimawandelangepasste Raumentwicklung in der Region Köln/Bonn.



Wie kann die Region dem Klimawandel begegnen?



Die Klimawandelvorsorgestrategie für die Region Köln/Bonn besteht im Kern aus einer Planungshinweiskarte, Planungshinweiskategorien und davon abgeleiteten Maßnahmen.

Die Planungshinweiskategorien beziehen sich auf

- unterschiedliche Betroffenheiten, wie beispielsweise thermische Belastung, Hochwasser- und Sturzflutgefährdung oder Trockenstressrisiko sowie auf
- wichtige klimarelevante Strukturen: Dies sind in erster Linie regionale Freiraumsysteme oder Wälder.

Die Planungshinweiskategorien beruhen auf der Klimawirkungsanalyse (s. Kap. 3), konkretisieren jedoch die Flächenkontingente auf Basis weiterer Datengrundlagen. Hierzu zählen insbesondere

- die Klimaanalyse- und Planhinweiskarte des LANUV (LANUV 2019i),
- die Hochwassergefahrenkarten (LANUV 2017b),
- das „Digitale Landschaftsmodell 50“ (DLM 50) inklusive der naturräumlichen Gliederung (Bezirksregierung Köln 2018),
- das „Digitale Geländemodell“ inklusive der Fluss-Teileinzugsgebiete (Bezirksregierung Köln 2017b),
- die Landschaftsräume NRW (LANUV 2017a),
- die Wasserschutzgebiete (LANUV 2017a) sowie
- die Niederschlagsmengen (LANUV 2019a).

Die Vorgehensweise und methodischen Ansätze, die einzelnen Bewertungsschritte und Schritte zur Datenaufbereitung stehen auf der Website www.klimawandelvorsorge.de als Download zur Verfügung.

Die Planungshinweiskarte (s. Abb. 22 und im Umschlagrücken) integriert unterschiedliche Planungshinweiskategorien (s. Tab. 1) und verzichtet zur besseren Lesbarkeit auf einige Detaillierungen. Die Planungshinweiskategorien werden jedoch in Kapitel 6 ausführlich und in Einzelkarten dargestellt. Ihnen werden Maßnahmenbereiche mit grundsätzlich geeigneten Maßnahmen zugeordnet.

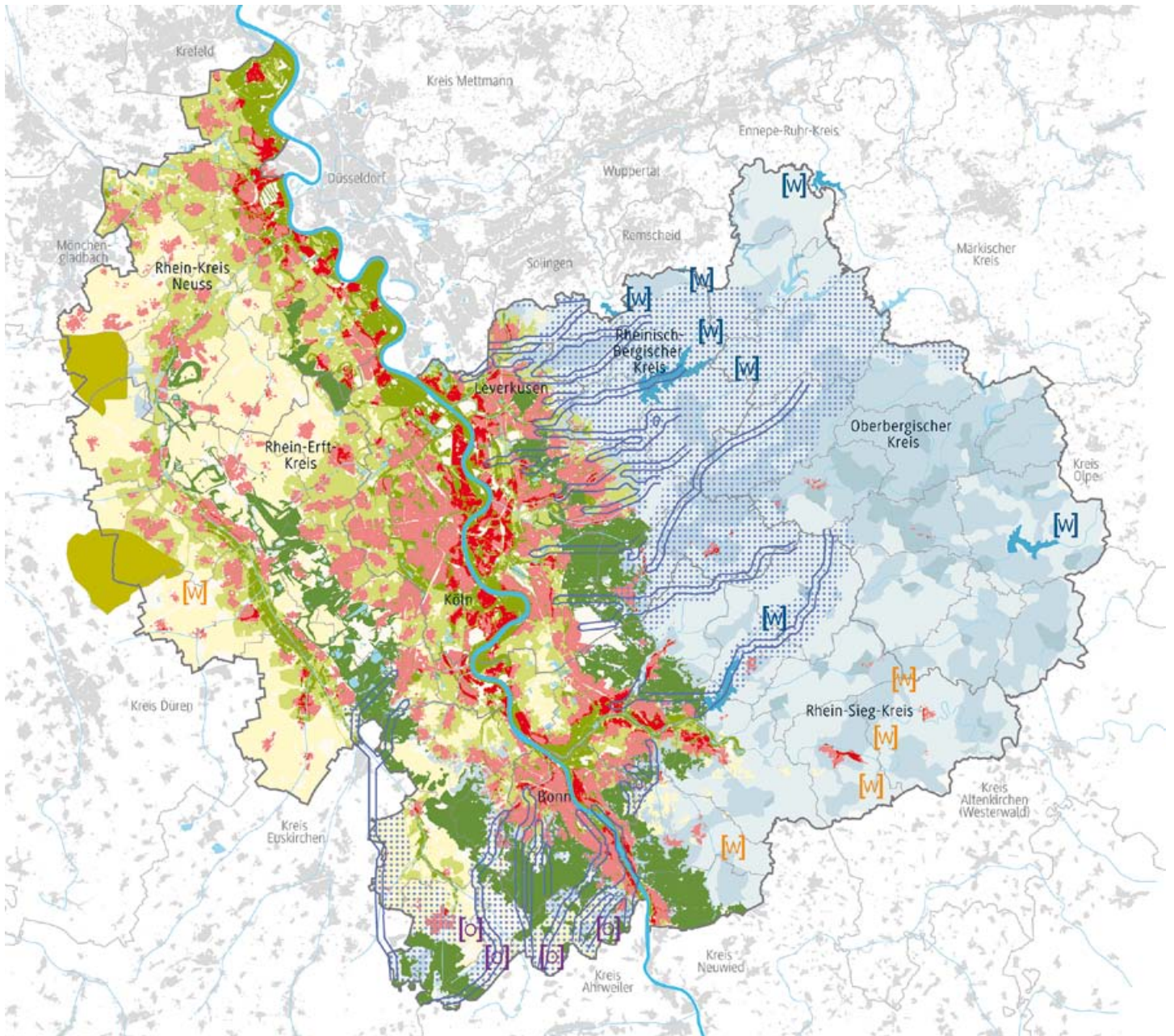
Planungshinweiskarte

Abb. 22: Integrierte Planungshinweiskarte

(Quelle: eigene Darstellung agl/prc 2019)

Legende siehe nebenstehende Tabelle 1

Die Karte befindet sich im Großformat im Umschlagrücken der Broschüre.



Tab. 1: Planungshinweiskategorien

(Quelle: eigene Darstellung agl/prc 2019)

In der Tabelle sind sowohl die Legende der Integrierten Planungshinweiskarte (s. Abb. 22) als auch die weitergehend differenzierten Planungshinweiskategorien aus Kapitel 6 aufgeführt.

Integrierte Planungshinweiskarte		Differenzierte Planungshinweiskategorien (Kap. 6)		Seite
	Thermisch hoch belastete Siedlungen (zudem Siedlungslagen mit hoher thermischer Belastung und besonderem Hochwasserrisiko, s.u.)	Hot Spots der Wärmebelastung der Wohnbevölkerung	(T1)	54
		Thermisch hoch belastete Siedlungen in der Rheinschiene	(T2)	54
		Thermisch hoch belastete Siedlungen außerhalb der Rheinschiene	(T3)	54
	Kaltluft-Leitbahnen mit mittlerer bis sehr hoher Bedeutung	Kaltluft-Leitbahn mit sehr hoher Bedeutung	(L1)	60
		Kaltluft-Leitbahn mit hoher Bedeutung	(L2)	60
		Kaltluft-Leitbahn mit mittlerer Bedeutung	(L3)	60
	Kaltluft-Einzugsgebiete mit mittlerer bis sehr hoher Bedeutung (außerhalb der Rheinschiene sowie der Waldgürtel)	Kaltluft-Einzugsgebiet mit sehr hoher Bedeutung	(K1)	60
		Kaltluft-Einzugsgebiet mit hoher Bedeutung	(K2)	60
		Kaltluft-Einzugsgebiet mit mittlerer Bedeutung	(K3)	60
		Acker- und Grünlandflächen innerhalb der Kaltluft-Einzugsgebiete	(P1)	60
	Siedlungslagen mit hoher thermischer Belastung und besonderem Hochwasserrisiko	Siedlungslagen mit besonderem Hochwasserrisiko	(H1)	66
	Flusseinzugsgebiete mit sehr hohem Sturzflutgefährdungspotenzial		(S1)	72
	Flusseinzugsgebiete mit hohem Sturzflutgefährdungspotenzial		(S2)	72
	Flusseinzugsgebiete mit mittlerem Sturzflutgefährdungspotenzial		(S3)	72
	Freiräume mit sehr hoher multifunktionaler Ausgleichsfunktion in der Rheinschiene und im Erftkorridor	Freiräume mit sehr hoher multifunktionaler Ausgleichsfunktion	(F1)	78
		Freiräume mit hoher multifunktionaler Ausgleichsfunktion	(F2)	78
		Freiräume mit mittlerer multifunktionaler Ausgleichsfunktion	(F3)	78
	Waldgürtel mit multifunktionaler Ausgleichsfunktion und Trockenstressrisiko	Waldgürtel mit hoher bis sehr hoher multifunktionaler Ausgleichsfunktion	(G1)	84
		Waldgürtel mit mittlerer multifunktionaler Ausgleichsfunktion	(G2)	84
	Weitere Waldflächen mit Trockenstressrisiko	Waldflächen mit hohem Trockenstressrisiko	(W1)	88
		Waldflächen mit mittlerem Trockenstressrisiko	(W2)	88
	Landwirtschaftsflächen mit überwiegend sehr hohem und hohem Trockenstressrisiko	Landwirtschaftsflächen mit überwiegend sehr hohem Trockenstressrisiko	(A1)	92
		Landwirtschaftsflächen mit überwiegend hohem Trockenstressrisiko	(A2)	92
	Spätfrostgefährdung im Schwerpunktraum des regionalen Obstbaus	Spätfrostgefährdung im Schwerpunktraum des regionalen Obstbaus	(O1)	94
		Spätfrostgefährdung in weiteren kleinflächigeren Obstanbaugebieten	(O2)	94
	Für die Trinkwasserversorgung genutzte Talsperren		(E1)	96
	Wälder im Einzugsgebiet der Trinkwassertalsperren		(E2)	96
	Bergbaufolgelandschaft mit Klimaanpassungspotenzial		(B1)	98
	Niedrigwasserrisiko am Rhein		(N1)	100
		Systemrisiko durch Windwurf an Bundesautobahnen	(I1)	102
		Systemrisiko durch Windwurf am überörtlichen Schienenverkehr	(I2)	102
		Systemrisiko durch Windwurf an Freileitungen ab 110 kV	(I3)	102

Die KWVS priorisiert die Handlungsbedarfe zur Anpassung an den Klimawandel aus einer regionalen Perspektive und gibt damit Handlungsempfehlungen für die kommunale Ebene.



Was bedeutet die Strategie für die Kommunen?

5

Kommunen sind unterschiedlich stark von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen. Je nach räumlicher Ausprägung der Klimawirkungen können aus regionaler Perspektive Handlungsschwerpunkte auf kommunaler Ebene identifiziert werden, um die Klimaanpassung in der Region Köln/Bonn systematisch voranzubringen.

Diese regionale Perspektive schließt jedoch nicht aus, dass beispielsweise Starkregengefährdung oder Trockenstress auf lokaler Ebene auch andernorts relevant werden könnten. So wird beispielsweise für die thermische Belastung zwischen Hot Spots der Wärmebelastung der Wohnbevölkerung (T1), thermisch hoch belasteten Siedlungen in der Rheinschiene (T2) und thermisch hoch belasteten Siedlungen außerhalb der Rheinschiene (T3) unterschieden. Auch wenn eine Kommune nicht von einer dieser Planungshinweiskategorien betroffen ist, kann es lokal dennoch zu einer relevanten thermischen Belastung kommen. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, wird bei einer Betroffenheit einer Kommune durch die bereits regional priorisierten Planungshinweiskategorien direkt von einer mindestens hohen Relevanz für die betroffene Kommune ausgegangen.

Die Differenzierung, ob die Planungshinweise der KWVS für die Kommune oder den Kreis eine hohe, sehr hohe oder höchste Relevanz besitzen, basiert im Regelfall auf der Flächenbetroffenheit in der Kategorie. Je nach Klimafolge bzw. Planungshinweiskategorie wird entweder die Siedlungsfläche oder die gesamte Gemarkungsfläche zugrunde gelegt.

Tabelle 2 gibt einen Überblick, welche Aufgaben in der Klimaanpassung für die kommunalen Akteure im regionalen Vergleich besonders relevant sind. Sie zeigt über eine Farbcodierung auf, welche Relevanz die unterschiedlichen Planungshinweiskategorien für die Kommune besitzen. Die Tabelle ermöglicht den Kommunen und Kreisen eine schnelle Navigation im Text.

Erläuterung zur Einschätzung der Relevanz der Planungshinweiskategorien in Tabelle 2

- Bei der thermischen Belastung bezieht sich die Relevanz der jeweiligen Planungshinweiskategorie (T1, T2 oder T3) auf die betroffene Siedlungsfläche (bis zu 10 % der Siedlungsfläche bedeutet eine hohe, zwischen 10 % und 20 % eine sehr hohe und über 20 % höchste Relevanz).
- Aufgrund des hohen Schadenspotenzials wird bei Sturzfluten bereits ab einer Betroffenheit durch die entsprechende Planungshinweiskategorie (S1, S2 oder S3) von bis zu 5 % der Siedlungsfläche von hoher Relevanz ausgegangen, bei 5 bis 10 % von sehr hoher Relevanz und bei über 10 % von höchster Relevanz.
- Gleiches gilt für die Siedlungslagen mit besonderem Hochwasserrisiko (H1).
- Bei Kaltluft-Leitbahnen (L1, L2 oder L3) wird unmittelbar von höchster Relevanz ausgegangen, wenn eine (regional priorisierte) Leitbahn im Gemeindegebiet liegt.
- Für Acker- und Grünlandflächen innerhalb der Kaltluft-Einzugsgebiete (P1) wurde wiederum die Flächenbetroffenheit bewertet (kleiner 5 % hohe, 5 bis 15 % sehr hohe und größer 15 % höchste Relevanz).
- Eine generell hohe Relevanz entfalten die Planungshinweiskategorien „Niedrigwasserrisiko am Rhein“ (N1) sowie „Für die Trinkwasserversorgung genutzte Talsperren“ (E1).
- Sehr kleinräumige Flächenkategorien wie die Spätfrostgefährdung in weiteren kleinflächigen Obstanbaugebieten (O2), die in der Planungshinweiskarte nur über Symbole abgebildet werden können, wurden ebenfalls als hoch relevant eingestuft.

Erläuterung:

	Höchste Relevanz
	Sehr hohe Relevanz
	Hohe Relevanz

Was bedeutet die Strategie für die Kreise und Kommunen?

Tab. 2: **Schwerpunkte der Klimaanpassung in den Kreisen, kreisfreien Städten und Kommunen aus regionaler Perspektive** (Quelle: eigene Darstellung agl/prc 2019)

[illegible]

Tab. 2: Schwerpunkte der Klimaanpassung in den Kreisen, kreisfreien Städten und Kommunen aus regionaler Perspektive (Fortsetzung) (Quelle: eigene Darstellung agl/prc 2019)

[illegible]

Tab. 2: Schwerpunkte der Klimaanpassung in den Kreisen, kreisfreien Städten und Kommunen aus regionaler Perspektive (Fortsetzung) (Quelle: eigene Darstellung agl/prc 2019)

[illegible]



Planungshinweise zur Minimierung der Klimawandelfolgen helfen den Kommunen vor Ort, konkrete Maßnahmen zu entwickeln und umzusetzen.

Was ist zu tun?

6

Die Auswirkungen des Klimawandels betreffen zahlreiche Handlungsfelder der kommunalen und regionalen Entwicklung. Eine koordinierte und abgestimmte Herangehensweise kann helfen, Handlungsstrategien effektiv zu gestalten und Maßnahmen passgenau für die Region und für die lokale Ebene zu entwickeln.

In Kapitel 6 werden die einzelnen Planungshinweiskategorien verortet, die erwartete Entwicklung in diesem Bereich aufgezeigt und Zielsetzungen zur Klimaanpassung formuliert. Diese Ziele bilden die Grundlage für die konkreten Handlungsempfehlungen in den unterschiedlichen Maßnahmenbereichen.

Die Hinweise zu strategischen Ansätzen und Maßnahmen in den Tabellen des Kapitels 6 wurden auf Basis der Auswertung von Praxishilfen, Leitfäden und Webtools sowie guten Beispielen aus der Praxis zusammengestellt. Eine Auswahl der verwendeten Grundlagen ist in der Anlage zusammengestellt.

Die Kapitel zu den Planungshinweisen und Maßnahmenbereichen beziehen sich auf

- die thermische Belastung
- regional wirksame Luftleitbahnen und Kaltluft-Einzugsgebiete
- Siedlungslagen mit besonderem Hochwasserrisiko
- Flusseinzugsgebiete mit Sturzflutgefährdung
- das multifunktionale Freiraumsystem der Rheinschneise und des Erftkorridors
- die rechts- und linksrheinischen Waldgürtel
- das Trockenstressrisiko bei Waldflächen
- das Trockenstressrisiko bei landwirtschaftlichen Nutzflächen
- die Spätfrostgefährdung im Obstbau
- Trinkwassertsperren und Schutzfunktion des Waldes
- Bergbaufolgelandschaften mit Klimaanpassungspotenzial
- das Niedrigwasserrisiko am Rhein
- das Systemrisiko für Infrastrukturen durch Windwurf

Maßnahmenbereiche

Aufklären und beraten: Zur Klimaanpassung müssen viele Akteure beitragen, auch die Bevölkerung. Deshalb sind Maßnahmen zur Aufklärung und Beratung von zentraler Bedeutung.

Grundlagenwissen verbessern: Oftmals fehlen bislang Grundlagendaten, um die Gefährdungen oder auch die Sensitivitäten von Raumnutzungen und -funktionen gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels besser einschätzen zu können.

Instrumente anwenden und anpassen: Auf allen Ebenen stehen vielfältige Instrumente zur Verfügung, um die Klimaanpassung systematisch angehen und vorbereiten zu können. Dazu zählen die Instrumente der Gesamtplanung ebenso wie die Instrumente der Fachplanungen.

Konkrete Maßnahmen umsetzen: Vieles lässt sich bereits heute umsetzen. Viele Maßnahmen sind sogenannte „no regret“-Maßnahmen, d. h. sie verbessern die Lebensqualitäten und Raumfunktionen ganz unabhängig davon, wie stark die Auswirkungen des Klimawandels sein werden.

Beitrag zu regionalen und sektorübergreifenden Handlungsansätzen leisten: Ziel der KWVS ist es, für überörtliche Zusammenhänge zu sensibilisieren und interkommunale Projekte zur Klimaanpassung anzuregen.

6.1 Thermische Belastung

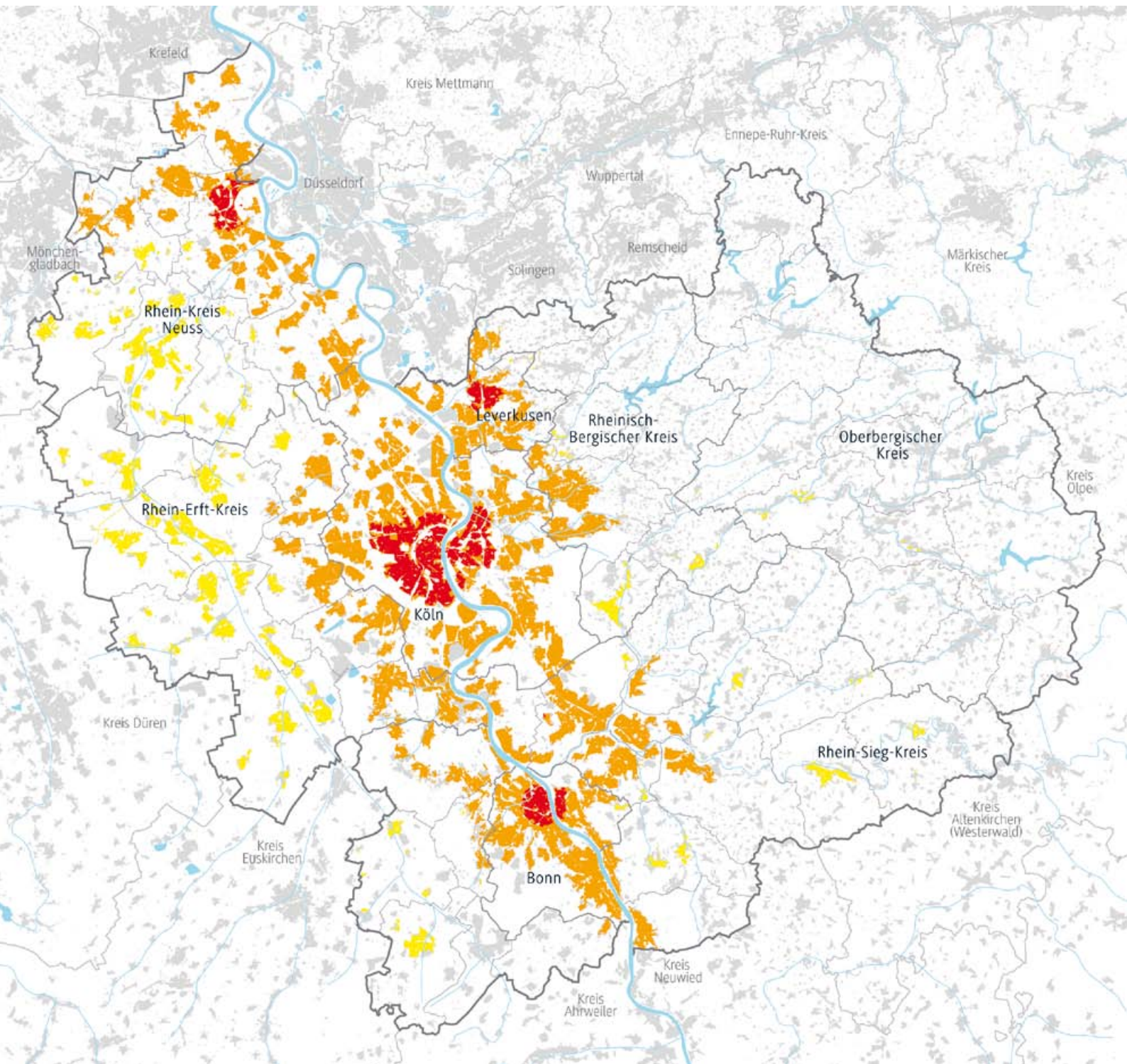


Abb. 23: Thermische Belastung im Siedlungsbereich

(Quelle: eigene Darstellung agl/prc 2019)



(T1)

Hot Spots der Wärmebelastung der Wohnbevölkerung



(T2)

Thermisch hoch belastete Siedlungen in der Rheinschiene



(T3)

Thermisch hoch belastete Siedlungen außerhalb der Rheinschiene

Die Zukunft: der Hitzeinseleffekt nimmt zu

Mit dem Klimawandel nimmt die thermische Belastung zu. In den Städten verstärkt sich der heute schon spürbare Hitzeinseleffekt deutlich. Damit verbinden sich gesundheitliche Risiken und Einbußen in der Lebensqualität. Zu den besonders sensiblen Bevölkerungsgruppen gehören Kinder, Hochaltrige und kranke Menschen.

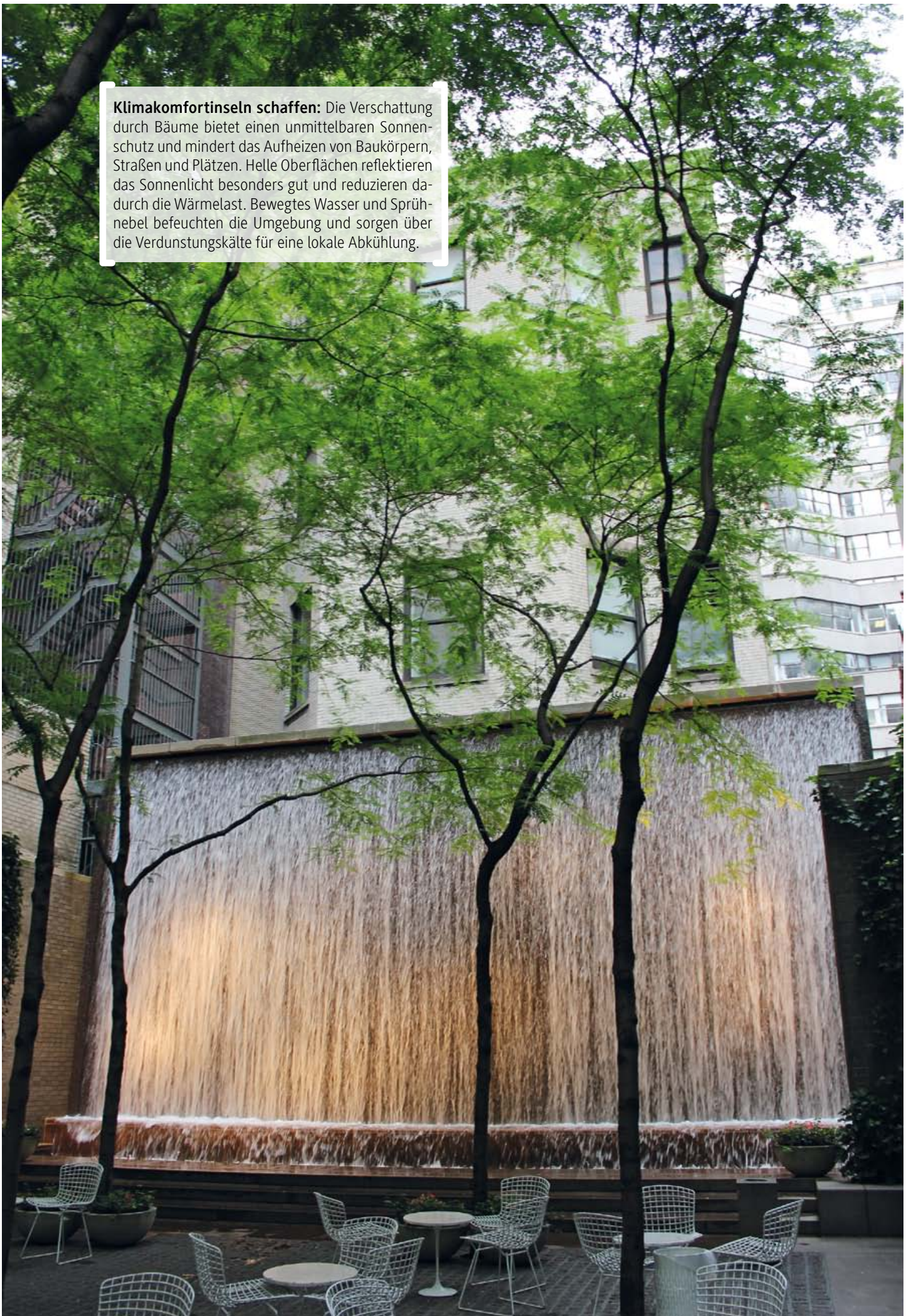
Die Schwerpunkte der thermischen Belastung für die Wohnbevölkerung liegen in der Rheinschiene. Dort zeigen die Ergebnisse der Klimawirkungsanalyse für die nahe Zukunft (Zeitraum 2021–2050, Szenario „starker Wandel“) eine Zunahme von gegenwärtig bis zu 9 (Referenzzeitraum 1971–2000) auf bis zu 18 „Heiße Tage“ pro Jahr. Gleichzeitig wird für die Städte und Gemeinden der Rheinschiene ein starker Anstieg der Bevölkerungszahlen von durchschnittlich über 10 % bis zum Jahr 2035 prognostiziert. Infolge des Klimawandels und der Bevölkerungszunahme werden die thermischen Belastungen im Rheinkorridor zukünftig aller Voraussicht nach sehr stark zunehmen.

Im Bergischen RheinLand wird der Klimawandel – mit Ausnahme der verdichteten Kernstädte – voraussichtlich nur eine moderate Zunahme der thermischen Belastung der Wohnbevölkerung mit sich bringen, da hier die Zunahme „Heißer Tage“ geringer ausfällt, eine geringere Siedlungsdichte besteht und in einigen Teilbereichen sogar mit einem Rückgang der Bevölkerung bis zum Jahr 2035 zu rechnen ist.

Demgegenüber kann davon ausgegangen werden, dass die thermische Belastung im Rheinischen Revier aufgrund der stärkeren Zunahme der „Heißen Tage“, dem weitgehenden Fehlen überörtlicher Kaltluftzuflüsse und einer tendenziellen Zunahme der Bevölkerungszahlen deutlich stärker ansteigen wird als im Bergischen RheinLand. Der Schwerpunkt liegt hier im Erftkorridor.

Erläuterung zu den Planungshinweiskategorien: Die thermischen Belastungsräume (s. Abb. 23) wurden aus der Klimaanalyse des LANUV (LANUV 2019i) abgeleitet. Die „thermisch hoch belasteten Siedlungen“ umfassen die Klassen „ungünstige“ und „sehr ungünstige thermische Situation“ gemäß der Klimaanalyse des LANUV sowie die Klasse „weniger günstige thermische Situation“, sofern diese im räumlichen Zusammenhang zu den stärker belasteten Siedlungsräumen steht. Da ein deutlicher Schwerpunkt thermisch belasteter Siedlungsflächen innerhalb der Rheinschiene liegt, wird bei den thermisch belasteten Siedlungsflächen zwischen der Lage innerhalb und außerhalb der Rheinschiene unterschieden. Zur Abgrenzung der Kategorie „Hot Spots der Wärmebelastung der Wohnbevölkerung“ wurde eine Hot-Spot-Analyse durchgeführt, mit der statistisch im Suchraum von 2 km ausgewertet wurde, welche stark und extrem belasteten Siedlungsbereiche mindestens 90 % Nachbarschaftsflächen gleicher Bewertung aufweisen.

Klimakomfortinseln schaffen: Die Verschattung durch Bäume bietet einen unmittelbaren Sonnenschutz und mindert das Aufheizen von Baukörpern, Straßen und Plätzen. Helle Oberflächen reflektieren das Sonnenlicht besonders gut und reduzieren dadurch die Wärmelast. Bewegtes Wasser und Sprühnebel befeuchten die Umgebung und sorgen über die Verdunstungskälte für eine lokale Abkühlung.



Das Ziel: nächtliche Abkühlung und Klimakomfort am Tag

Zielsetzung:

- ▶ klimaaktive Grünräume im besiedelten Bereich in ihrer Funktion stärken
- ▶ auch kleinräumige Grünzäsuren zwischen den Siedlungslagen sichern
- ▶ umfassendes Maßnahmenbündel zur Verringerung der Wärmebelastung der Bevölkerung umsetzen

In den thermisch belasteten Siedlungsbereichen (s. Abb. 23) zielen die Maßnahmen (s. Tab. 3) in erster Linie darauf ab, klimarelevante Freiräume zu sichern bzw. die Klimarelevanz der Freiräume zu stärken. Darüber hinaus gilt es, insbesondere in den stärker verdichteten Räumen, den Hitzeinseleffekt im bebauten Bereich offensiv zu minimieren. Um die Maßnahmen zielgerichtet umsetzen zu können, müssen in vielen Kommunen zunächst entsprechende Datengrundlagen aufgebaut werden: Dazu zählen neben Vulnerabilitätsanalysen in Bezug auf die thermische Belastung auch die Bestimmung der Funktionalität und Klimarelevanz der Freiräume.

Die Maßnahmen beziehen sich nicht nur auf den öffentlichen, sondern in vielfacher Weise auch auf den privaten Raum, sodass eine Aktivierung von Eigentümern und Nutzern von besonderer Bedeutung ist. In den stark überwärmten Bereichen sollte eine Anwendung des besonderen Städtebaurechts geprüft und ggf. eine Sanierung unter klimaökologischen Gesichtspunkten initiiert werden. Ein Schwerpunkt liegt auf dem Klimakomfort öffentlicher Aufenthaltsräume sowie auf einer Verschattung von Straßen- und Bewegungsräumen.

Merkmale der Hot Spots thermischer Belastung (T1) sind eine sehr hohe Siedlungsflächendichte und Bevölkerungszahl. Hier wird sich der Hitzeinseleffekt durch Nachverdichtung weiter verstärken. Deshalb ist es auch bei geringer Flächenverfügbarkeit erforderlich, ggf. kostenintensivere Maßnahmen zur Kühlung und Durchlüftung sowie zur Schaffung von Klimakomfortinseln im Bestand zu realisieren. Die thermisch hoch belasteten Siedlungen in der Rheinschiene (T2) weisen grundsätzlich die gleiche Problematik auf, verfügen jedoch in der Regel über größere benachbarte Freiflächen, die funktional im Sinne der Klimaanpassung zur Reduktion thermischer Belastung ausgestaltet werden sollten. Diese stehen jedoch in Konkurrenz zu weiteren Siedlungsflächenausweisungen; hier ist eine sorgfältige Abwägung der Belange erforderlich. Die thermisch hoch belasteten Siedlungen außerhalb der Rheinschiene (T3) sind demgegenüber meist durch eine geringere Siedlungsflächendichte und eine andere Höhenlage gekennzeichnet. Gleichwohl bleibt es auch eine zentrale Aufgabe, klimaaktive Ausgleichsflächen zu sichern und die Belastung insbesondere für sensitive Bevölkerungsgruppen zu reduzieren.

Tab. 3: Maßnahmen zur Anpassung an thermische Belastung im Siedlungsbereich
(Quelle: eigene Darstellung agl/prc 2019)

Maßnahme	Erläuterung	T1	T2	T3
Aufklären und beraten				
Aufklärung zu Gesundheitsgefahren und Verhalten bei Hitzewellen	Bevölkerung und relevante Institutionen zu Auswirkungen thermischer Belastung, vor allem auf sensitive Bevölkerungsgruppen, informieren und zu Verhaltens- und Minderungsmaßnahmen beraten (z. B. über Kampagnen, Broschüren, Internet und Social Media)	●	●	●
Beratung zur klimangepassten Gestaltung der Siedlungslagen	Beratung zu städtebaulichen Maßnahmen zur Verringerung des Hitzeinseleffekts und insbesondere zur Stärkung der klimaökologischen Funktion der grün-blauen Infrastruktur	●	●	●
Grundlagenwissen verbessern				
Klima- und Vulnerabilitätsanalysen zur thermischen Belastung erstellen	- räumlich hochauflösende Modellierung der Klimaanalysen zur thermischen Belastung - Betrachtung der Bevölkerungsdichte und unterschiedlicher Risikogruppen - ggf. Analyse des Innenraumklimas - Modellierung von Szenarien zu Klimawandel und Siedlungsentwicklung	●	⊙	⊙
Klimarelevanz von Freiräumen bestimmen	- auf stadtregele Ebene in Bezug auf die Kalt- und Frischluftdynamik (Entstehung, Transport) - auf lokaler Ebene hinsichtlich der Trittsteine für Kühlung und Durchlüftung der Siedlungslagen sowie in Bezug auf den Klimakomfort am Tag	●	●	●
Potenzialflächen für grüne Infrastruktur erkunden	„graue“ Flächenpotenziale, die sich vor allem für eine Begrünung und Verschattung durch Bäume anbieten	●	●	⊙
Instrumente anwenden bzw. anpassen				
Bauleitplanerische Sicherung kleinräumiger klimarelevanter Freiräume	Sicherung bzw. Schaffung klimarelevanter Freiräume im Rahmen der Erstellung von Bebauungsplänen, z. B. - Erhalt und Schaffung von Grün- und Freiflächen nach § 9 Abs. 1 Nrn. 4, 10, 15 oder 18 Baugesetzbuch (BauGB) - von Bebauung freizuhaltende Schutzflächen und ihre Nutzung, z. B. Grünflächen, Wasserflächen, Flächen für Land- und Forstwirtschaft nach § 9 Abs. 1 Nr. 24 BauGB	●	●	⊙
Stadt(teil-)entwicklungspläne mit Schwerpunkt Klimaanpassung	- städtebauliche Rahmenpläne mit Empfehlungen zur ober- und unterirdischen Flächenausnutzung, zur klimaoptimierten Bebauung, Innenentwicklung, Freiflächengestaltung und zum Ausschluss von Bebauung auf Freiflächen - offensive Beteiligung der Bevölkerung im Rahmen der Erarbeitung von Klimaanpassungsmaßnahmen - Herbeiführen politischer Beschlüsse, um die Wirksamkeit der Pläne zu erhöhen	●	●	⊙
Anwendung des besonderen Städtebaurechts prüfen	- Sanierungsgebiet unter klimaökologischen Gesichtspunkten ausweisen (vgl. § 136 Abs. 2 BauGB) - Sanierung hitzebelasteter Gebiete (Gebiete mit mangelnder Durchlüftung bzw. geringer nächtlicher Abkühlung und/oder mangelndem Klimakomfort am Tag)	●	⊙	○
Öffentlich-rechtliche und städtebauliche Verträge	Vereinbarungen von Maßnahmen zur Klimaanpassung im Sinne einer Reduktion der thermischen Belastung bei Vorhaben anderer Institutionen und Privatpersonen vertraglich absichern	●	⊙	○
Hitzeaktionspläne ausarbeiten	neues Instrument möglichst flächendeckend ausrollen, auch in ländlicher geprägten Räumen, um dort sensitive Bevölkerungsgruppen zu schützen bzw. bei Hitzewellen zu unterstützen	●	●	●

Priorität: ● sehr hoch ⊙ hoch ○ mittel

Maßnahme	Erläuterung	T1	T2	T3
Kontinuierliches Monitoring der Ökosystemdienstleistungen und Risikoversorge	- Indikatorensets zur Abbildung von Ökosystemdienstleistungen, z. B. Temperatur oder Bioklimaindex, definieren - Monitoring im Zusammenhang mit der Umweltprüfung zum Flächennutzungs- und/oder Landschaftsplan aufbauen - Prüfung der Optionen zur (kostengünstigen) Implementierung von Messsystemen im Kontext von Smart-City-Projekten (z. B. Sensortechnik)	●	⊙	○
Konkrete Maßnahmen umsetzen				
Sicherung und Entwicklung lufthygienisch gering belasteter bioklimatischer Ausgleichsräume	- großflächige Kaltluftentstehungsgebiete sichern - Kaltluft- und Ventilationsbahnen in ihrer Funktionalität sichern - Freiflächen mit Abkühlungsfunktion im Siedlungszusammenhang sichern	●	●	⊙
Entdichten (Siedlungsrückbau) und Entsiegelung zugunsten von Durchlüftung und Kühlung	Reichweite des Kaltluftabflusses erhöhen: - Durchlässigkeit von Kaltlufttransportbahnen und Durchlüftungssachsen mit Bezug zu thermisch belasteten Siedlungslagen verbessern - Trittsteine für Durchlüftung schaffen	●	⊙	○
Doppelte Innenentwicklung auf Wärmeentlastung ausrichten	Nutzungsintensivierung mit Maßnahmen zur Wärmeentlastung verpflichtend kombinieren, z. B. Verschattung durch Gebäude oder Bäume, Albedo erhöhen, Dach- und Fassadenbegrünung, Wasserinstallationen	●	⊙	○
Klimakomfortinseln in dicht besiedelten Quartieren schaffen	- kleinräumig grüne und teilverschattete Aufenthaltsorte schaffen - Verdunstungsflächen zur Befeuchtung anlegen - Wasserinstallationen mit bewegtem Wasser bzw. Sprühnebel in thermisch sehr hoch belasteten Bereichen errichten - Albedo durch helle Oberflächenmaterialien erhöhen	●	⊙	○
Mobilitätshubs, Straßen- und Bewegungsräume verschatten	- Alleen und Baumreihen bzw. Baumtore anlegen - Umstiegsbereiche klimakomfortabel ausgestalten (Begrünung, Verschattung)	●	●	⊙
Maßnahmen zur Reduktion der Wärmebelastung in (Wohn-)Gebäuden	z. B. außenliegender Sonnenschutz, vor allem in hoch verdichteten Quartieren sowie anfälligen Gebäudetypen (vor allem Wohngebäude der 1970er-Jahre)	●	●	⊙
Kommunale Förderprogramme für private Maßnahmen zur Verringerung der Wärmebelastung auflegen	vor allem in hoch belasteten Quartieren mit wenig öffentlichen Grünflächen	●	⊙	○
Kommunale Förderprogramme zur Unterstützung vulnerabler Gruppen mit wenig finanziellen Ressourcen	haushaltsbezogen oder in thermisch belasteten Quartieren mit hohem Anteil an vulnerablen Bevölkerungsgruppen	●	●	●
Beitrag zu regionalen und sektorübergreifenden Handlungsansätzen leisten				
Sicherung überörtlich wirksamer Luftleitbahnen und Kaltluftentstehungsgebiete	- klimaaktive Ausgleichsflächen mit funktionalen stadtreionalen Bezügen, vor allem großflächige Kaltluftentstehungsgebiete, über die Bauleitplanung sichern - Beiträge zur Reaktivierung überörtlich wirksamer Luftleitbahnen leisten	●	●	●
Hitzefrühwarnsystem fördern	- Beteiligung bei Aufbau und Anwendung von Hitzewarnsystemen - Vernetzung der Akteure, Informations- und Meldekettens bilden	●	●	●

Planungshinweiskategorien



(T1)

Hot Spots der Wärmebelastung der Wohnbevölkerung



(T2)

Thermisch hoch belastete Siedlungen in der Rheinschiene



(T3)

Thermisch hoch belastete Siedlungen außerhalb der Rheinschiene

[62] **6.2 Regional wirksame Luftleitbahnen und Kaltluft-Einzugsgebiete**

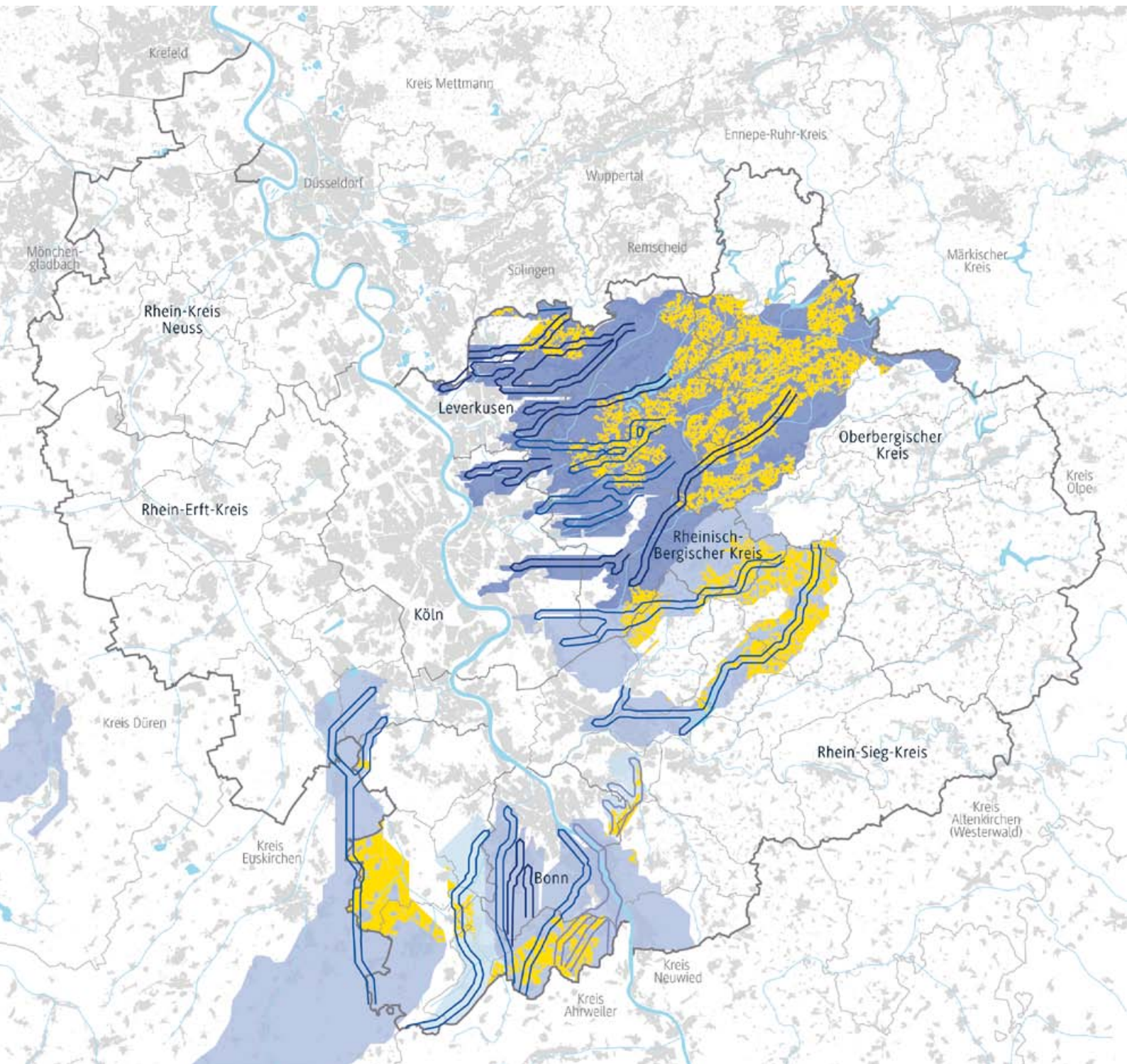


Abb. 24: Regional wirksame Luftleitbahnen und Kaltluft-Einzugsgebiete (Quelle: eigene Darstellung agl/prc 2019)

(L1)
Kaltluft-Leitbahn mit
sehr hoher Bedeutung

(L2)
Kaltluft-Leitbahn mit
hoher Bedeutung

(L3)
Kaltluft-Leitbahn mit
mittlerer Bedeutung

(K1)
Kaltluft-Einzugsgebiet mit
sehr hoher Bedeutung

(K2)
Kaltluft-Einzugsgebiet
mit hoher Bedeutung

(K3)
Kaltluft-Einzugsgebiet
mit mittlerer Bedeutung

(P1)
Acker- und Grünlandflächen inner-
halb der Kaltluft-Einzugsgebiete

Die Zukunft: Kaltluftentstehung und -transport spielen für den Ballungsraum eine immer größere Rolle

Das Prozessgeschehen der Kaltluftdynamik bleibt auch bei weiterer Erwärmung grundsätzlich erhalten. Dabei gewinnt die Abkühlung der thermisch belasteten Siedlungslagen zunehmend an Bedeutung. Der Landnutzungswandel wirkt sich sowohl auf die Kaltluftproduktion als auch auf den Transport über Leitbahnen in die wärmebelasteten Siedlungen aus.

Das Freihalten bestehender Frisch- und Kaltluft-Leitbahnen ist vor dem Hintergrund einer zunehmenden thermischen Belastung sowie der allgemeinen lufthygienischen Situation in den Ballungsräumen unabdingbar und deshalb von höchster Priorität. Da insbesondere in den Städten und Gemeinden der Rheinschiene in Zukunft deutliche Einwohnerzuwächse (10 % und mehr) und eine steigende Nachfrage nach Wohnbauland zu erwarten sind, besteht die Gefahr, dass zum einen mehr innerstädtische Grün- und Freiflächen überbaut werden und somit die innerstädtische Verteilung des Kaltluftzuflusses gestört wird. Zum anderen können hohe Wohnungs- und Mietpreise sowie der Wohnraummangel generell, insbesondere aber in Köln und Bonn, eine verstärkte Nachfrage nach Wohnraum im Umland auslösen. Dieser Effekt würde beispielsweise durch den Ausbau der „Bergischen Mobilitätsachsen“ entlang der rechtsrheinischen Täler in Richtung Bergisches RheinLand noch verstärkt. Dies kann dazu führen, dass neue Wohnstandorte in bestehenden Kaltluft-Leitbahnen gebaut oder auf Acker- und Grünlandflächen, die einen bedeutenden regionalwirksamen Beitrag zur Kaltluftentstehung leisten, realisiert werden. Besonders sensible Teilbereiche sind diesbezüglich die rechtsrheinischen Tallagen in Richtung Bergisches RheinLand und die dortigen Kaltluft-Entstehungsgebiete. Auch im Wachstumsraum Bonn und Umland könnte die verstärkte Baulandnachfrage die Funktion von Kaltluft-Leitbahnen gefährden. Die Hitzebelastung der insbesondere in stark verdichteten Gebieten lebenden Bevölkerung könnte sich dadurch weiter verschärfen. Gegenwärtig verzeichnet die Rheinschiene bis zu 9 „Heiße Tage“ pro Jahr; ausgehend von einem „starken Wandel“ könnte sich die durchschnittliche Zahl auf bis zu 18 „Heiße Tage“ pro Jahr erhöhen. Infolge der zukünftigen Siedlungsentwicklung und damit dem Anstieg der betroffenen Bevölkerung ist auch davon auszugehen, dass zukünftig weitere, aktuell noch nicht so bedeutsame Kaltlufttransportbahnen eine mittlere bis sehr hohe Bedeutung erlangen.

Erläuterung zu den Planungshinweiskategorien: Die Kaltluft-Leitbahnen sowie die überörtlich wirksamen Kaltlufteinzugsgebiete (s. Abb. 24) wurden der Klimaanalyse des LANUV (LANUV 2019i) entnommen. Deren Bedeutung wurde u. a. über ihren Wirkraumbezug und dessen Bevölkerungsdichten ermittelt: So zählen zu den Kaltluft-Einzugsgebieten mit sehr hoher Bedeutung diejenigen Bereiche, deren Gesamtabfluss bei über 2,2 Mio. m³/s liegt (entspricht dem 50 %-Quantil, d. h. 50 % aller Werte liegen unterhalb 2,2 Mio. m³/s) und in deren Wirkraum über 20.500 Betroffene leben (entspricht dem 75 %-Quantil, d. h. bei 75 % aller Werte liegt die Zahl der Einwohnerinnen und Einwohner unter 20.500). Kaltluft-Einzugsgebiete sind Flächen, bei denen es zu einer nächtlichen Abkühlung des Bodens kommt; dies ist insbesondere bei Acker- und Grünlandflächen der Fall (Grundlage: Digitales Landschaftsmodell (DLM 50, Bezirksregierung Köln 2018)).



Entwicklung von Freiraumkorridoren: Im Rahmen des Projekts RegioGrün sind in Köln sechs Freiraumkorridore entwickelt worden, von denen drei die Kölner Grüngürtel mit der Erftaue und der Ville verbinden. Neben dem Effekt des Gliederns und Strukturierens des Stadtraums werden durch die sechs grünen Verbindungsachsen auch wichtige Frischluftschneisen geschaffen und gesichert (Rhein-Erft-Kreis 2019).

Das Ziel: Kaltluft-Leitbahnen und -Einzugsgebiete prioritär sichern

Zielsetzung:

- ▶ zusammenhängende Kaltluftentstehungsgebiete sichern
- ▶ Kaltluft-Leitbahnen in ihrer Funktionalität stärken

Kaltluftströme, die über barrierearme Schneisen in die Siedlungslagen gelangen, sorgen für Abkühlung der thermisch belasteten Bereiche. Dies ist insbesondere an Sommertagen wichtig, da sich stark versiegelte Räume tagsüber deutlich erhitzen und bis in die Nacht Wärme abstrahlen.

Die Abkühlung über Kaltlufttransportbahnen ist bei autochthonen Wetterlagen, d. h. bei windschwachen Luftströmungen, im Jahresverlauf in etwa 17 % der Zeit wirksam (Burmeister 2018). In der übrigen Zeit kann eine Abkühlung durch den Abtransport warmer Luft und den Zustrom kühlerer Luftmassen erfolgen: entweder durch übergeordnete Luftströmungen oder auch durch induzierte Berg-Talwinde, die aus den Randlagen des Rheintals zum Rhein strömen und dort umgelenkt werden (z. B. der „Rheintalwind“ im Bereich von Köln/Bonn). Unbebaute Freiflächen können daher insbesondere bei austauscharmen Wetterlagen eine hohe stadtklimatische Bedeutung erlangen. Die Planungshinweise (s. Abb. 24 und Tab. 4) berücksichtigen nur die Kaltluftbahnen, die in windschwachen sommerlichen Wetterlagen von Bedeutung sind, wenn andere Windsysteme nicht mehr wirksam werden.

Ziel ist eine Funktionssicherung der Kaltluftbildung und des Transports in die wärmebelasteten Siedlungen im Außen- und Innenbereich. Die Freihaltung zusammenhängender Acker- und Grünlandbereiche als maßgebliche Kaltluftproduktionsflächen innerhalb der regional wirksamen Kaltluft-Einzugsgebiete kann durch eine formelle Sicherung der Landwirtschaftsflächen erfolgen. Daneben können Projekte zur Offenhaltung der Landschaft zum Erhalt der Funktion beitragen. Der Transport von Kaltluft erfolgt anhand der Schwerkraft, d. h. über die Hänge und Täler. In Abhängigkeit von Neigung und Höhe des Kaltluftpakets entstehen Kaltluftabflussbahnen, die weit in die Siedlungskörper eindringen können. An den Hängen bleibt ein flächiger Abfluss wirksam, wenn an den Siedlungsrändern keine hangparallele Riegelbebauung vorgenommen wird. Große Kaltluftpakete überströmen die Siedlungen über Dachniveau, wobei sich der Luftaustausch mit der bodennahen Luft verzögert. In Tallagen sammelt sich Kaltluft; diese sollten daher nicht verbaut werden und durchlässig für die Kaltluftströme bleiben, um deren Reichweite im Rheinkorridor zu erhalten. Eine hohe Baudichte im Bereich der regional wirksamen Kaltluft-Leitbahnen ist generell zu vermeiden.

In der Planhinweiskarte des LANUV (LANUV 2019i) sind die auf Landesebene für die Region Köln ermittelten überörtlich bedeutsamen Kaltluft-Leitbahnen mit besonderen Bezügen zu hoch verdichteten Belastungsräumen dargestellt (s. Kap. 6.1). Darüber hinaus gibt es weitere rechts- und linksrheinische Kaltluft-Leitbahnen mit größeren Kaltluftvolumenströmen, die zwar weniger Menschen im Ballungsraum zugutekommen oder aktuelle Siedlungsbereiche gar nicht berühren. Diese können jedoch bei zukünftigen Siedlungserweiterungen eine wichtige Rolle bei der Minimierung der thermischen Belastung spielen. Die Klimaanalysekarte des LANUV (LANUV 2019i) zeigt sowohl Lage als auch Richtung der im Planungsraum bedeutsamen Kaltluft-Leitbahnen.

Tab. 4: Maßnahmen zur Klimaanpassung in regional wirksamen Luftleitbahnen und Kaltluft-Einzugsgebieten (Quelle: eigene Darstellung agl/prc 2019)

Maßnahme	Erläuterung	L1	L2	L3	K1	K2	K3	P1
Aufklären und beraten								
Für die Bedeutung von Kaltluftentstehung und -transport sensibilisieren	über die spezifischen Rahmenbedingungen von Kaltluftentstehung und -transport im Offenland und im Siedlungsgebiet informieren (wichtige Kaltluftproduzenten, Funktionsweise des Transports)	●	●	●	●	●	●	●
Grundlagenwissen verbessern								
Daten zum Kaltlufttransport präzisieren	Funktionalität der prioritären Kaltluft-Leitbahnen vor allem in Bereichen genauer fassen, in denen Siedlungserweiterungen geplant sind, und Verträglichkeit der Bauvorhaben prüfen	●	●	●	●	●	●	●
Kleinräumige Modellierung der Auswirkungen von Bauvorhaben in prioritären Kaltluft-Leitbahnen	bei Siedlungserweiterungen und Bauvorhaben in prioritären Kaltluft-Leitbahnen Auswirkungen der Bebauung modellieren und angepasste Lösungen suchen	●	●	●	●	●	●	●
Instrumente anwenden bzw. anpassen								
Formelle Instrumente zur Sicherung der Kaltluft-Leitbahnen und -Einzugsgebiete nutzen	- Regionalplanung, Flächennutzungsplanung und Landschaftsplanung sowie naturschutzrechtliche Instrumente (Natur-/Landschaftsschutzgebiete) zur Sicherung der Kaltluft-Leitbahnen und -Einzugsgebiete nutzen - in den prioritären Kaltluft-Einzugsgebieten Acker- und Grünlandflächen vorrangig sichern	●	●	●	●	●	●	●
Sicherung der Funktionalität von Kaltluftproduktion und -transport in der verbindlichen Bauleitplanung	Sicherung der Funktionalität prioritärer Kaltluft-Leitbahnen und des Kaltluftabflusses in den prioritären Kaltluft-Entstehungsgebieten im Rahmen der Erstellung von Bebauungsplänen: - Erhalt von Grün- und Freiflächen nach § 9 Abs. 1 Nrn. 4, 10, 15 oder 18 Baugesetzbuch (BauGB) - von Bebauung freizuhaltende Schutzflächen und ihre Nutzung, z. B. Grünflächen, Wasserflächen, Flächen für Land- und Forstwirtschaft nach § 9 Abs. 1 Nr. 24 BauGB - Festlegung der Gebäudestellung nach § 9 Abs. 1 Nr. 2 BauGB, der Gebäudehöhe nach § 18 BauNVO und Bebauungsdichte (Maß der baulichen Nutzung nach § 9 Abs. 1 Nr. 1 BauGB i.V.m. §§ 16–21 BauNVO)	●	●	●	⊙	⊙	⊙	●

Priorität: ● sehr hoch ⊙ hoch ○ mittel

Maßnahme	Erläuterung	L1	L2	L3	K1	K2	K3	P1
Anwendung des besonderen Städtebaurechts prüfen	Sanierungsgebiet unter klimaökologischen Gesichtspunkten ausweisen (vgl. § 136 Abs. 2 BauGB), wenn eine sehr hohe thermische Belastung vorliegt und gleichzeitig die Kaltluftdynamik in den prioritären Abflussbahnen im Innenbereich gestört bzw. durch Bauvorhaben gefährdet ist	●	●	●				
Einsatz öffentlich-rechtlicher und städtebaulicher Verträge bei Bauvorhaben prüfen	Vereinbarungen von Maßnahmen zur Sicherung der Funktionalität prioritärer Kaltluft-Leitbahnen sowie des Kaltluftabflusses in den prioritären Kaltluft-Entstehungsgebieten bei Vorhaben anderer Institutionen und Privatpersonen vertraglich absichern	●	●	●	⊙	⊙	⊙	
Konkrete Maßnahmen umsetzen								
Barrieren für den Kaltlufttransport reduzieren	in für den Kaltlufttransport relevanten Bereichen, vor allem an den Siedlungsrändern und im Bereich der Transportbahnen, auf eine Beseitigung von Barrieren und eine Erhöhung der Durchlässigkeit hinwirken	●	●	●	⊙	⊙	⊙	
Offenhaltung der für die Kaltluftproduktion wichtigen Landwirtschaftsflächen unterstützen	- Ausgleichsmaßnahmen in Bereiche zur Offenhaltung relevanter Landwirtschaftsflächen lenken - Vertragsnaturschutz zur Offenhaltung landwirtschaftlicher Nutzflächen - kommunale Projekte zur Offenhaltung auf Pflegeflächen starten bzw. weiterführen	●	●	●				●
Beitrag zu regionalen und sektorübergreifenden Handlungsansätzen leisten								
Interkommunale Projekte zur Sicherung und Entwicklung der Kaltluft-Leitbahnen initiieren	gemeinsame Initiative mit den Nachbarkommunen und den Kommunen des Wirkraums starten, um die prioritären Kaltluft-Leitbahnen zu sichern und klimaangepasst zu entwickeln	●	●	●				

Planungshinweiskategorien



(L1)

Kaltluft-Leitbahn mit sehr hoher Bedeutung



(L2)

Kaltluft-Leitbahn mit hoher Bedeutung



(L3)

Kaltluft-Leitbahn mit mittlerer Bedeutung



(K1)

Kaltluft-Einzugsgebiet mit sehr hoher Bedeutung



(K2)

Kaltluft-Einzugsgebiet mit hoher Bedeutung



(K3)

Kaltluft-Einzugsgebiet mit mittlerer Bedeutung



(P1)

Acker- und Grünlandflächen innerhalb der Kaltluft-Einzugsgebiete

6.3 Siedlungslagen mit besonderem Hochwasserrisiko

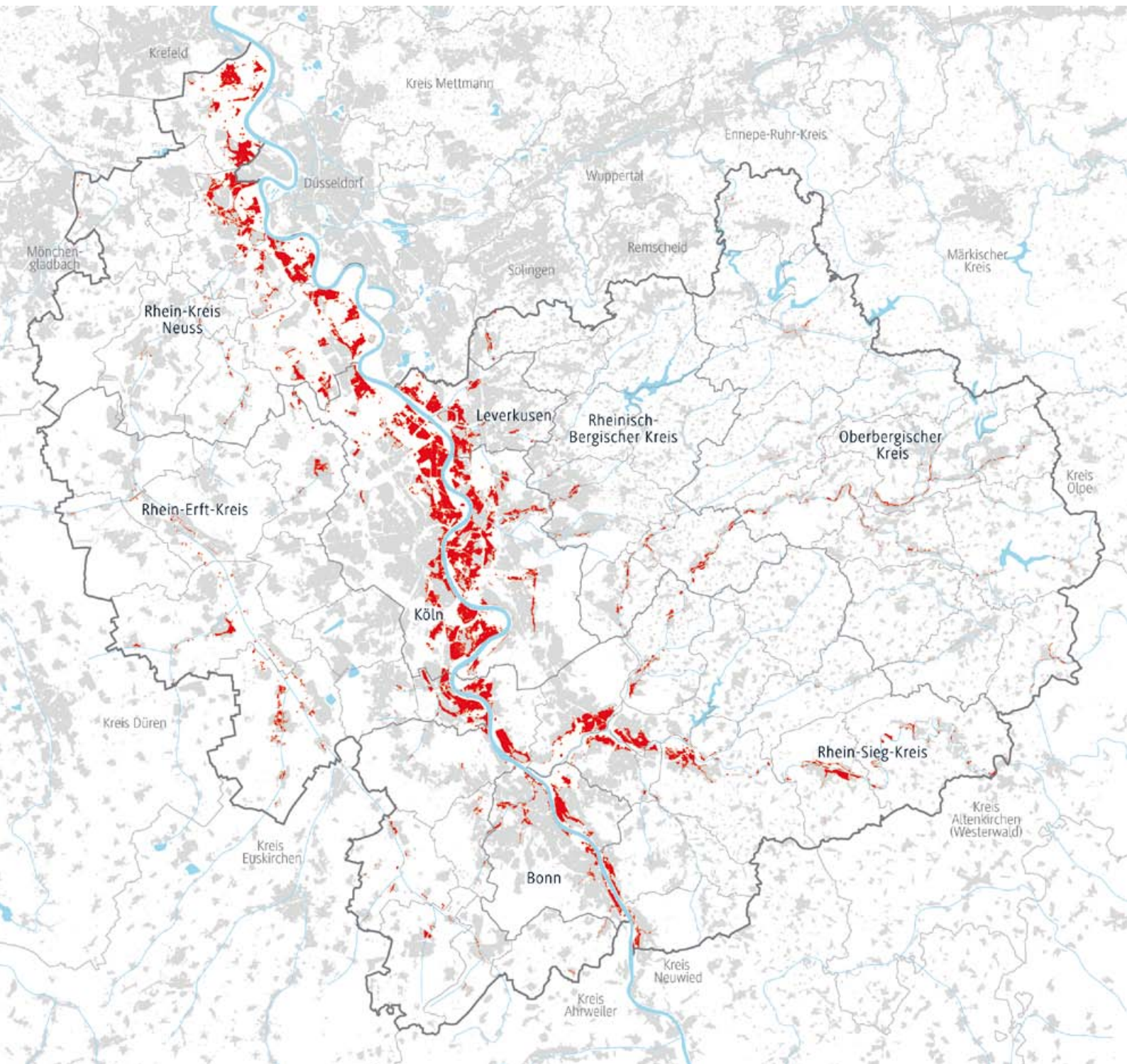


Abb. 25: Siedlungslagen mit besonderem Hochwasserrisiko
(Quelle: eigene Darstellung agl/prc 2019)



(H1)

Siedlungslagen mit besonderem
Hochwasserrisiko

Die Zukunft: das mögliche Schadens- potenzial wächst insbesondere hinter den Deichen weiter

Die Anhäufung von Sachwerten hinter Deichen führt zu möglicherweise wachsenden Schadenspotenzialen. Hochwasserereignisse könnten so zu stark erhöhten Schäden führen.

Vor einem Hochwasser, das statistisch gesehen alle 100 Jahre auftritt (100-jährliches Hochwasser oder auch HQ_{100}), sind die gegenwärtigen Siedlungsbereiche in der Region Köln/Bonn überwiegend geschützt. Extreme Hochwasserereignisse (HQ_{extrem}) mit höheren Einstautiefen und größeren Flächenumgriffen kommen statistisch gesehen deutlich seltener vor. Dennoch haben die Flutkatastrophen der vergangenen Jahrzehnte gezeigt, dass bei diesen Ereignissen das Versagen oder Überströmen technischer Schutzeinrichtungen zu sehr hohen Schäden „hinter den Deichen“ führen kann (BMVI 2017). In Zukunft könnte sich diese Situation vor dem Hintergrund weiterer Eingriffe des Menschen in das Abflussgeschehen zumindest in Teileinzugsgebieten des Rheins in Verbindung mit einer potenziell zunehmenden Wahrscheinlichkeit von Starkregenereignissen unter Umständen verschärfen. Gleichzeitig könnten die durch die Schneeschmelze mit beeinflussten Winterhochwasser am Rhein durch die verringerten winterlichen Schneemengen in den Alpen zurückgehen. Zudem werden sich durch weitere Siedlungstätigkeiten Schadenspotenziale im HQ_{extrem} anhäufen, insbesondere in der sich besonders dynamisch entwickelnden Rheinschiene, im Erftkorridor und entlang der Bergischen Mobilitätsachsen. In diesem Fall sind die dicht besiedelten Städte und Gemeinden entlang des Rheins sowie der Nebengewässer, vor allem der Sieg und Agger, besonders betroffen (u. a. Meerbusch, Dormagen, Köln, Leverkusen, Wesseling, Niederkassel, Troisdorf, Sankt Augustin). Entlang der Erft könnte sich die Hochwassergefahr zukünftig tendenziell verringern, da nach Ende der Tagebauaktivitäten kein Sumpfungswasser mehr eingeleitet wird und die Wasserführung deutlich niedriger sein dürfte.

Erläuterung zur Planungshinweiskategorie: In Abbildung 25 dargestellt sind die bebauten Siedlungsflächen, Wohnbauflächen, Flächen gemischter Nutzung, Flächen besonderer funktionaler Prägung sowie Industrie- und Gewerbeflächen (Grundlage: Digitales Landschaftsmodell (DLM 50, Bezirksregierung Köln 2018)), die in den überschwemmten Gebieten des Extremhochwassers (HQ_{extrem}) liegen (Hochwassergefahrenkarte, LANUV 2017b).



Renaturierung der Erft: 2005 wurde das Konzept zur Umgestaltung der Erft gemäß EU-WRRRL entwickelt und 2008 die Rahmenvereinbarung dazu unterzeichnet. Ziel ist es, den Gewässerzustand zu verbessern und den Gewässerlauf mit Blick auf das Auslaufen des Braunkohletagebaus auf die geringeren Abflussmengen auszurichten. Zu den Maßnahmen, die nach und nach an der Erft umgesetzt werden, zählen unter anderem die eigendynamische Gewässerentwicklung, eine Reaktivierung der Aue, standortgerechte Nutzungen (Auwald) sowie die Schaffung ruhiger Naherholungsbereiche (Hoevel 2017).

Das Ziel: Hochwasservorsorge auch hinter den Deichen verstärken

Zielsetzung:

- ▶ hochwasserangepasste Bauweisen fördern
- ▶ auf angemessene Schutzmaßnahmen für empfindliche und kritische Infrastrukturen achten
- ▶ ggf. Rückbau in besonders gefährdeten Bereichen prüfen

Hochwasser ist ein natürliches Phänomen und unvermeidbar. Durch die Siedlungstätigkeiten in flussnahen Gebieten kommt es jedoch immer wieder zu großen Schäden an Wohngebäuden und Gewerbebetrieben wie auch an der Verkehrs- und Versorgungsinfrastruktur. Wenn sogenannte kritische Infrastrukturen betroffen sind, kann es zu großräumigen Störungen im Verkehrs- und Versorgungssystem kommen (s. Abb. 25 und Tab. 5).

Ein wesentliches Ziel ist es daher, eine Abschätzung von Hochwasserrisiken auch hinter den Deichen im Umgriff des HQ_{extrem} vorzunehmen. Dies wird in einem ersten Ansatz im Kontext des wasserwirtschaftlichen Hochwasserrisikomanagements für die Risikogewässer durchgeführt, in der Regel jedoch nicht an Gewässern in kommunaler Zuständigkeit (inklusive Zweckverbänden). Hier bietet es sich an, einzugsgebietsbezogene Hochwasserschutzkonzepte zu erarbeiten und darauf aufbauend Schutzmaßnahmen zu realisieren.

Hochwasserschutzkonzepte sollten hochwasserangepasste Bauweisen definieren bzw. konkretisieren, damit Genehmigungs- und Planungsbehörden eine Orientierung im Zuge von Baugenehmigungen oder Neuausweisungen erhalten. Zumindest in größeren Städten sollten auch technische Maßnahmen zur Siedlungsentwässerung im Hochwasserfall betrachtet sowie ein möglicher Rückbau von gefährdeten oder gefährdenden Infrastrukturen und Anlagen in Risikogebieten ins Kalkül gezogen werden.

Eine Minimierung der Folgen katastrophaler Hochwasserereignisse kann zudem durch eine Erhöhung der Schutzziele und durch entsprechende Schutzmaßnahmen für empfindliche Schutzgüter (u. a. sensitive Bevölkerungsgruppen und kritische Infrastrukturen) erfolgen.

Regionale und kommunale Aufgabe bleibt es, die raumordnerische, bauleitplanerische und wasserwirtschaftliche Sicherung bzw. Schaffung von Retentionsräumen vorzunehmen und das Abflussgeschehen durch eine Reaktivierung von Abflussrinnen und Abflussbereichen zu steuern.

Tab. 5: Maßnahmen zur Klimaanpassung in Siedlungslagen mit besonderem Hochwasserrisiko
(Quelle: eigene Darstellung agl/prc 2019)

Maßnahme	Erläuterung	H1
Aufklären und beraten		
Über Gefahrensituation „hinter den Deichen“ aufklären	Information zu Hochwasserrisiken im Umgriff des HQ _{extrem} , differenziert nach Gefährdungspotenzialen (z. B. über Einstautiefen und Fließgeschwindigkeit)	●
Zu Verhalten im Katastrophenfall und Eigenvorsorge aufklären	breit angelegte Informationskampagnen zur Aufklärung über angepasstes Verhalten im Katastrophenfall und Maßnahmen zur Eigenvorsorge an Gebäuden und im Bereich privater Grünflächen	●
Sensitive Bevölkerungsgruppen und Einrichtungen informieren	aktive Ansprache und aufsuchende Beteiligung sensibler Bevölkerungsgruppen und Einrichtungen zur Information über Vorsorgemaßnahmen und angepasstes Verhalten im Katastrophenfall	●
Grundlagenwissen verbessern		
Abschätzung von Hochwasserrisiken für kritische und sensible bzw. gefährdende Infrastrukturen	- Folgewirkungen eines Hochwassers, die durch den Ausfall von Infrastrukturen entstehen, besser abschätzen (z. B. keine Erreichbarkeit kritischer Infrastrukturen wie Krankenhäuser aufgrund der Überflutung von Zufahrtsstraßen) - Abschätzen des Gefährdungspotenzials, das von Anlagen bei Überflutung oder Ausfall ausgehen kann (Kaskadeneffekte, etwa Ausfall der Trinkwasserversorgung bei Stromausfall, Kontamination der Umwelt bei Flutung von nicht ausreichend gesicherten Produktionsanlagen, Tanks oder Lagern)	●
Abschätzung der Gefährdung durch Rückstau in der Kanalisation oder grundwasserbedingte Überschwemmungen	- Berücksichtigung von relevanten Gefahren und Risiken, die üblicherweise nicht Gegenstand von Hochwassergefahren- und -risikokarten sind: Der Umgriff exponierter Flächen kann durch Rückstau in der Kanalisation oder grundwasserbedingte Überschwemmungen deutlich erhöht werden - Beeinträchtigung der Siedlungsentwässerung abschätzen (Abführen von Schmutzwasser)	⊙
Instrumente anwenden bzw. anpassen		
Stärkung der Hochwasservorsorge in gefährdeten Siedlungslagen über formelle Instrumente	- Regionalplanung, Flächennutzungsplanung und Landschaftsplanung sowie wasserrechtliche Instrumente (Überschwemmungsgebiete) zur Stärkung der Hochwasservorsorge in gefährdeten Siedlungslagen auch „hinter den Deichen“ nutzen - Differenzierung der Schutzziele entsprechend den Gefährdungsintensitäten - auf hochwasserangepasste Bauweisen hinwirken - Bauverbote in hoch gefährdeten Bereichen (Abflusssrinnen) im HQ_{extrem}-Umgriff - ggf. auf Rückbau gefährdeter oder gefährdender Infrastrukturen und Anlagen in hoch gefährdeten Bereichen (Abflusssrinnen) im HQ_{extrem}-Umgriff hinwirken	●
Festsetzungen für den Hochwasserschutz im Bebauungsplan vornehmen	Festsetzungen zur Hochwasservorsorge im Rahmen der Erstellung von Bebauungsplänen treffen: - Erhalt von Grün- und Freiflächen nach § 9 Abs. 1 Nrn. 10, 15 BauGB bzw. Schaffung von Flächen für die Abwasserbeseitigung nach § 14 BauGB - von Bebauung freizuhalten Schutzflächen und ihre Nutzung, z. B. Grünflächen, Wasserflächen, Flächen für Land- und Forstwirtschaft nach § 9 Abs. 1 Nr. 24 BauGB - Gebiete, in denen bei der Errichtung baulicher Anlagen bestimmte bauliche oder technische Maßnahmen getroffen werden müssen, die der Vermeidung oder Verringerung von Hochwasserschäden einschließlich Schäden durch Starkregen dienen, sowie die Art dieser Maßnahmen nach § 9 Abs. 1 Nrn. 16c, d BauGB - weitere Festsetzungen sind möglich, z. B. Festsetzungen zur Sicherung von Hochbauten gegen eindringendes Wasser und Option der Flutung; Festsetzung der Höhe von Erdgeschossfußboden und Straßenoberkanten; Festsetzung von Flächen für die Wasserwirtschaft zur Starkregenableitung	●
Hochwassergefahren-, -risiko- und -managementkarten für Gewässer II. Ordnung und sonstige Gewässer erstellen	- Hochwassergefahren und -risiken auch an Gewässern II. Ordnung und sonstigen Gewässern erkennen und Optionen zur Gefahrenabwehr eruieren - differenzierte Schutzziele definieren und Maßnahmen zum Schutz von Schutzgütern (Menschen, Kultur- und Sachgüter, Landnutzungen, Biodiversität etc.) entwickeln	⊙

Maßnahme	Erläuterung	H1
Kommunale Hochwasserschutzkonzepte und Konzepte einer wassersensiblen Stadtgestaltung erstellen	- Maßnahmenprogramme für technischen Hochwasserschutz (z. B. mobile Schutzwände) - Strategien zur Sicherstellung der Siedlungsentwässerung - Strategien und Maßnahmenkonzepte zum hochwasserangepassten Bauen - Strategien und Projekte zur Umsetzung einer wassersensiblen Stadtgestaltung - Fördermaßnahmen zur Unterstützung der Eigenvorsorge	⊙
Integrierte Stadtteilkonzepte zur Förderung einer wassersensiblen Stadtgestaltung in Quartieren	- integrierte städtebauliche und freiraumplanerische Ansätze zur Förderung einer wassersensiblen Stadtgestaltung - offensive Beteiligung der Bevölkerung zur multifunktionalen Ausrichtung der Maßnahmen	⊙
Konkrete Maßnahmen umsetzen		
Hochwasserschutzanlagen errichten	- Errichtung (auch mobiler) Hochwasserschutzanlagen - Schwerpunkt: Schutz sensibler und kritischer Infrastrukturen hinter den Deichen (Insellösung)	●
Technische Maßnahmen zur Gewährleistung der Siedlungsentwässerung im Hochwasserfall	- wasserdichte, auftriebs- und rückstaugesicherte Entwässerungskanäle errichten; alternativ: Entwässerung in Geländeauffüllung verlegen und Retentionsraumverlust ausgleichen - Betrieb im Hochwasserfall durch Pumpwerke sicherstellen, insbesondere in Kommunen mit hoher Bevölkerungsdichte	⊙
Kommunale Bauvorsorge und Objektschutz vorantreiben	- Objektschutzmaßnahmen, u. a. (mobile) Schutzmauern, Verschlüsse für Gebäudeöffnungen - hochwasserangepasstes Bauen, z. B. Aufständigung, Auftriebssicherung, Verlegen der Stromversorgung über Niveau des HQ_{extrem} - wasser- und auftriebssichere Gestaltung unterirdischer Objekte wie U-Bahnen, Tiefgaragen oder genutzter Kelleretagen	●
Rückbau von Gebäuden und Infrastrukturen in Risikogebieten	ggf. Rückbau von Gebäuden und gefährdeten bzw. gefährdenden Infrastrukturen mit hohem Risikopotenzial (hohe Überschwemmungshäufigkeit und hohes Schadensausmaß) in überschwemmungsgefährdeten Gebieten	○
Gestaltungsmaßnahmen der wassersensiblen Stadt umsetzen	- in Bereichen mit häufigem, insbesondere durch Starkregen induzierten Hochwasser niedriger Überflutungshöhe Maßnahmen zur Förderung des Wasserrückhalts (Entsiegelung, Versickerung auf den Grundstücken, Abkopplung der Kanalisation) ergreifen - Straßen, Plätze, Parkanlagen, Sportflächen und Stellplatzflächen als temporären Regenwasserstauraum anlegen: Versickerungsfähigkeit der Oberflächen erhöhen, Ableitung mit Mulden-Rigolen-Systemen, Alleen mit Baum-Rigolen ausgestalten - Anlage von Gründächern zum Wasserrückhalt fördern - Straßen, Grünflächen und Teile von Baugrundstücken als Notwasserwege zur gezielten Leitung von urbanen Sturzfluten ausgestalten	●
Gewässerunterhaltung zur Vermeidung von Verklausungen	Freihaltung von Brücken und Durchlässen vor Verklausung (Schwemmholz)	⊙
Beitrag zu regionalen und sektorübergreifenden Handlungsansätzen leisten		
Hochwasserpartnerschaften aufbauen	- Vernetzung von Akteuren unterschiedlicher Sektoren und Sphären (z. B. Kommunalplanung – Wasserzweckverbände) - interkommunale Maßnahmen zur Hochwasservorsorge durchführen - Erfahrungsaustausch organisieren	●

Planungshinweiskategorie



(H1)

Siedlungslagen mit besonderem Hochwasserrisiko

6.4 Flusseinzugsgebiete mit Sturzflutgefährdung

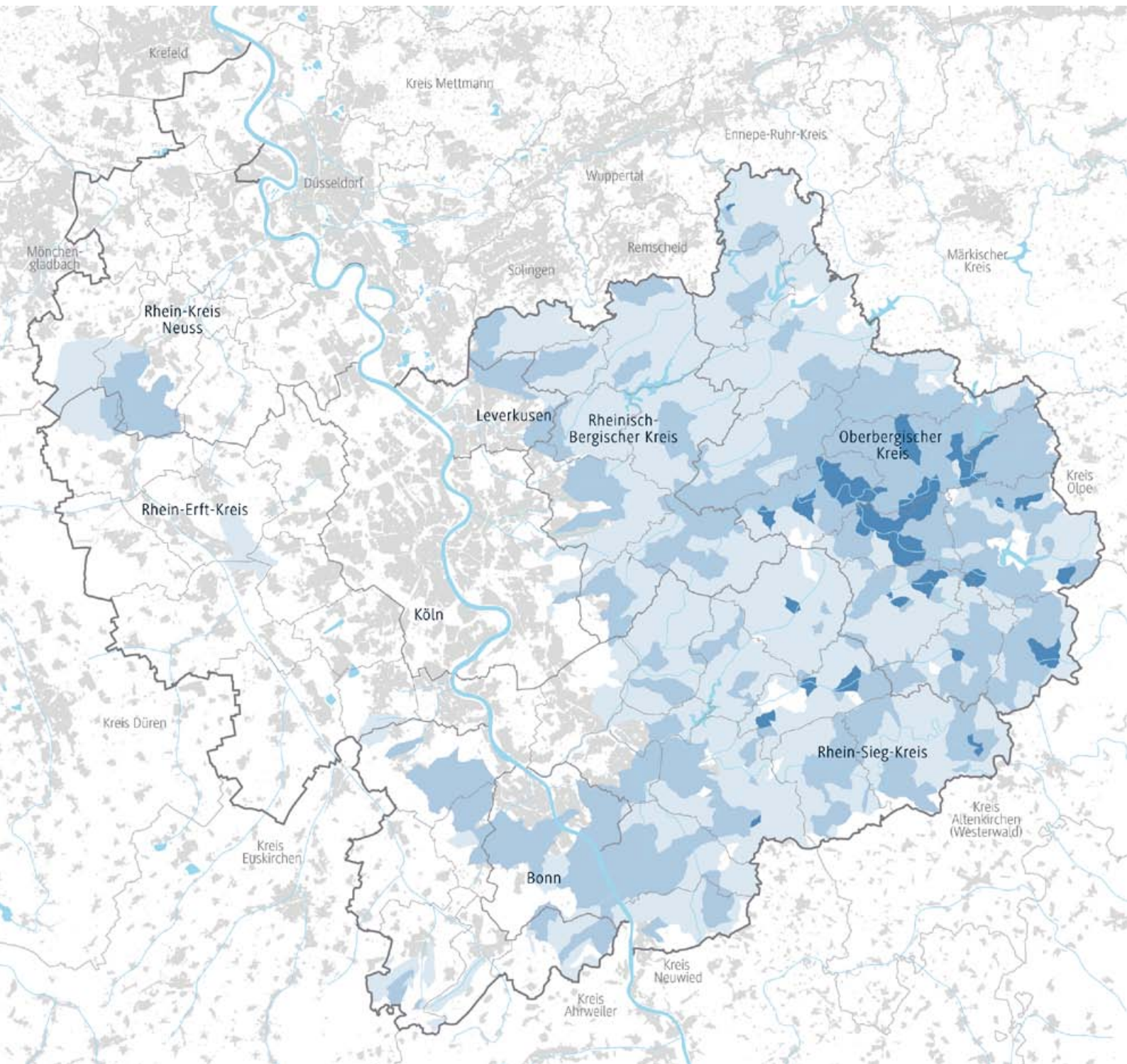
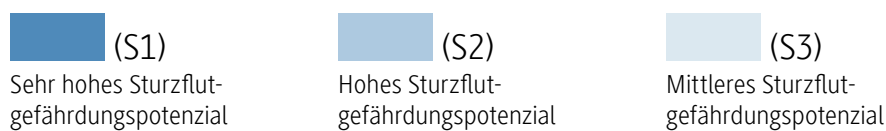


Abb. 26: Flusseinzugsgebiete mit Sturzflutgefährdung

(Quelle: eigene Darstellung agl/prc 2019)



Die Zukunft: Starkregengefährdung und Sturzflutgefährdungs- potenzial nehmen zu

Starkregenereignisse können überall auftreten – in der Ebene und in Hanglagen. Im Mittelgebirge bzw. in stark reliefierten Bereichen erhöht sich jedoch die Fließgeschwindigkeit der Wassermengen; so können Sturzfluten zu einer besonderen Gefährdung für die Siedlungslagen werden.

Die Auswirkungen von Starkregenereignissen korrelieren in ihrer Stärke v.a. mit den Niederschlagsmengen, aber auch mit anderen Ursachen, wie beispielsweise einem hohen Versiegelungsgrad der Oberflächen. Es wird davon ausgegangen, dass mit zunehmendem Klimawandel die Intensität und Häufigkeit von konvektiven Starkniederschlägen insbesondere über stark verdichteten Gebieten zunehmen und der Siedlungsausbau bzw. die Nachverdichtung des Siedlungsbestandes die Effekte verstärken kann. Dies trifft vor allem auf die Rheinschiene zu, wo sich zudem die Hochwasserrisiken konzentrieren (s. Kap. 6.3).

Das Sturzflutpotenzial hingegen ist im östlichen Teil der Region – im teilweise stark reliefierten und von Flusstälern durchzogenen Bergland – deutlich höher: Hier sind fast alle Kommunen potenziell stärker von Sturzfluten betroffen. Die Priorisierung des Sturzflutgefährdungspotenzials ergibt sich in Abhängigkeit von der Hangneigung und dem Siedlungsflächenanteil im kleinräumigen Einzugsgebiet. Während die Topographie ein weitgehend konstanter Faktor bleibt, kann es im Zuge des Klimawandels mit sich ändernden Niederschlagsmustern zu einer Zunahme von Starkregenereignissen und damit von Sturzfluten kommen. Das Gefährdungspotenzial wird durch eine verstärkte Siedlungstätigkeit weiter erhöht.

Erläuterung zu den Planungshinweiskategorien: Sturzfluten entstehen bei Starkregenereignissen in Verbindung mit einer hohen Reliefenergie. Schwerpunkte des Sturzflutgefährdungspotenzials liegen in dicht besiedelten Gebieten mit starker Reliefierung (s. Abb. 26). Die Siedlungsdichte wurde anhand der Siedlungsflächen (Wohnbauflächen, Flächen gemischter Nutzung, Flächen besonderer funktionaler Prägung, Industrie- und Gewerbeflächen) auf Grundlage des Digitalen Landschaftsmodells (DLM 50, Bezirksregierung Köln 2018) im jeweiligen Teil-Flusseinzugsgebiet (LANUV 2017a) ermittelt. Die Kategorisierung der Siedlungsflächenanteile an den Flusseinzugsgebieten erfolgte mittels Quartilen, wobei die beiden mittleren Quartile zusammengefasst wurden: Über 22,58 % Siedlungsflächenanteil gilt demnach als hoch, 2,98 % bis 22,58 % als mittel und unter 2,98 % als gering. Die Hangneigung wurde mit dem digitalen Geländemodell Köln/Bonn (Bezirksregierung Köln 2017b) errechnet. Dabei wurde der Anteil der Hangneigungsflächen ab 3° am jeweiligen Teil-Flusseinzugsgebiet berechnet und ebenfalls mittels Quartileinteilung bewertet: Über 89,25 % wurde als hoch, 30,29 bis 89,25 % als mittel und unter 30,29 % als gering eingestuft. Beide Bewertungen wurden auf die Flusseinzugsgebiete übertragen und mittels einer Matrix in drei Stufen bezüglich des Sturzflutgefährdungspotenzials eingeteilt.



Den Wasserrückhalt in der Fläche fördern: Dies bedeutet, die Landnutzungen so zu gestalten, dass Wasser nach Regenereignissen versickern kann oder erst verzögert in die Fließgewässer abgeleitet wird. Im Falle von Starkregen sollte das Wasser weitgehend schadlos abfließen können.

Das Ziel: Siedlungen und Infra- strukturen wassersensibel planen und (um)bauen

Zielsetzung:

- ▶ Siedlungen an den Rändern vor Außengebietswasser und Hangabflüssen schützen
- ▶ wassersensible Siedlungsstrukturen entwickeln

Starkregen und Sturzfluten kann trotz ubiquitären Auftretens durch gezielte Schutzmaßnahmen begegnet werden (s. Abb. 26 und Tab. 6). Hierzu ist ein Risikomanagement erforderlich, in dessen Rahmen zunächst die Starkregen- bzw. Sturzflutgefährdung modelliert sowie vulnerable Siedlungs- und Infrastrukturen identifiziert werden. Von besonderer Bedeutung ist die Aufklärung und Information von Bevölkerung und Infrastrukturbetreibern über Maßnahmen zur Eigenvorsorge.

In Bereichen mit hohem Gefährdungspotenzial gilt es, die Siedlungsränder und Infrastrukturen durch eine Ableitung von Hangabflüssen durch Aufwallungen, Schutzmauern oder Gräben zu schützen sowie die Kanalisation vor übergroßen Mengen an Außengebietswasser zu bewahren. Zudem unterstützt eine konsequente Renaturierung oder Offenlegung von Fließgewässern im Siedlungsbestand, Sturzfluten rasch ab- und dem Vorfluter zuzuleiten. In den Siedlungslagen kann die Wasserableitung auch über Notwasserwege organisiert werden. Vorhandene Strukturen wie Mauern und Borde, aber auch Plätze und Grünflächen können hier herangezogen werden.

Die wassersensible Umgestaltung von Siedlungsstrukturen dient dazu, den Wasserrückhalt deutlich zu erhöhen und Ereignisse mit niedriger Überschwemmungshöhe abzuf puffern. Dies kann über eine wassersensible Ausgestaltung von Dächern, Vorgärten, Straßen und Wegen, Plätzen und Freiräumen (Grünanlagen, Sport- und Erholungsflächen) erfolgen. Die multifunktionale Infrastruktur dient der Retention und Versickerung von Niederschlägen dort, wo der Untergrund eine Versickerung zulässt.



Wassersensibel planen und (um)bauen: Im Berliner Stadtteil Adlershof zeigt sich die Leistungsfähigkeit von privaten und öffentlichen Freiräumen, die als Retentions- und Versickerungsflächen ausgestaltet sind. Im Technologiepark wurden die Eigentümer vertraglich verpflichtet, die Entwässerung abflusslos zu gewährleisten.

Tab. 6: Maßnahmen zur Klimaanpassung in Flusseinzugsgebieten mit Sturzflutgefährdung

(Quelle: eigene Darstellung agl/prc 2019)

Maßnahme	Erläuterung	S1	S2	S3
Aufklären und beraten				
Für die Bedeutung von Retentionsräumen und Nutzungsanpassung zum Wasserrückhalt sensibilisieren	- Akteure der Land- und Forstwirtschaft in Bezug auf den Wasserrückhalt in der Fläche und zur Verhinderung von Verklausungen sensibilisieren - über angepasste Bewirtschaftungsformen insbesondere an Siedlungsrändern informieren	●	●	●
Zu Gefahren, Verhaltensmaßnahmen und Eigenvorsorge bei Sturzflutereignissen aufklären	Grundstückseigentümer mit Informationsbroschüren bzw. über Veranstaltungen zu Gefahren und Verhaltensmaßnahmen bei Sturzfluten und zum Objektschutz aufklären	●	●	●
Grundlagenwissen verbessern				
Erstellung von Starkregen-gefahrenkarten	- Erarbeitung von Starkregen Gefahrenkarten mit hoher räumlicher Auflösung im Siedlungskontext, inklusive Erfassung der den Oberflächenabfluss beeinflussenden Bauwerke und Strukturen, wie z. B. Durchlässe, Kanalsysteme oder Mauern - Modellierung mittels 2D-hydraulischer Gefährdungsanalyse (statt GIS-Analyse) in Gebieten mit sehr hohem Sturzflutgefährdungspotenzial	●	⊙	○
Vulnerabilitätsanalyse zur Erfassung sensibler und kritischer Infrastrukturen sowie gefährdender Anlagen	- Identifikation sensibler Einrichtungen und kritischer Infrastrukturen, z. B. Altenheime, Kindertagesstätten, Krankenhäuser, ggf. Museen sowie wichtige Infrastrukturen der Energie-, Nachrichten- und Wasserversorgung - Verortung gefährdender Anlagen, z. B. Tankstellen oder Gewerbebetriebe, von denen im Überflutungsfall besondere Gefahren ausgehen können	●	⊙	○
Ermittlung von Potenzialflächen zur Retention und Ableitung von Außen-gebietswasser	- Identifikation möglicher Retentionsflächen im Bereich der Siedlungsränder oder von Gräben zur Ableitung des Außen-gebietswassers in die Landschaft (statt in die Kanalisation sowie ins Straßennetz) - Optionen zur Renaturierung von Fließgewässern ausloten	●	●	●
Instrumente anwenden bzw. anpassen				
Kennzeichnung von Gefahrenbereichen im Flächennutzungsplan	- Kennzeichnung von Bau- und Verkehrsflächen sowie Infrastrukturen, die bauliche Sicherungsmaßnahmen erfordern, im Flächennutzungsplan - Hinweiskarte zur Starkregenvorsorge für Eigentümer und Landnutzer	●	⊙	○
Festsetzungen für den Schutz vor Starkregen im Bebauungsplan vornehmen	Festsetzungen für den Schutz vor Starkregen im Rahmen der Erstellung von Bebauungsplänen treffen: - Erhalt von Grün- und Freiflächen nach § 9 Abs. 1 Nr. 10, 15 BauGB, bzw. Schaffung von Flächen für die Abwasserbeseitigung nach § 14 BauGB - von Bebauung freizuhaltende Schutzflächen und ihre Nutzung, z. B. Grünflächen, Wasserflächen, Flächen für Land- und Forstwirtschaft nach § 9 Abs. 1 Nr. 24 BauGB - Gebiete, in denen bei der Errichtung baulicher Anlagen bestimmte bauliche oder technische Maßnahmen getroffen werden müssen, die der Vermeidung oder Verringerung von Hochwasserschäden einschließlich Schäden durch Starkregen dienen, sowie die Art dieser Maßnahmen nach § 9 Abs. 1 Nr. 16c, d BauGB	●	⊙	⊙

Priorität: ● sehr hoch ⊙ hoch ○ mittel

Maßnahme	Erläuterung	S1	S2	S3
Kommunale Konzepte einer wassersensiblen Stadtgestaltung erstellen	- Strategien zur Sicherstellung der Siedlungsentwässerung - Strategien und Maßnahmenkonzepte zum hochwasserangepassten Bauen - Strategien und Projekte zur Umsetzung einer wassersensiblen Stadtgestaltung - Förderungsmaßnahme zur Unterstützung der Eigenvorsorge	●	⊙	○
Integrierte Stadtteilentwicklungskonzepte zur Förderung einer wassersensiblen Stadtgestaltung in Quartieren	- integrierte städtebauliche und freiraumplanerische Ansätze zur Förderung einer wassersensiblen Stadtgestaltung - offensive Beteiligung der Bevölkerung zur multifunktionalen Ausrichtung der Maßnahmen	●	⊙	○
Einsatz öffentlich-rechtlicher und städtebaulicher Verträge bei Bauvorhaben prüfen	Vereinbarungen zur Umsetzung von Maßnahmen der Starkregenvorsorge bei Bauvorhaben	●	⊙	○
Konkrete Maßnahmen umsetzen				
Maßnahmen an gefährdeten Siedlungsrändern und Infrastrukturen zur Umlenkung von Hangabflüssen	- Aufwallungen zur Minimierung von Schäden durch Sturzfluten bei der Außengebietsentwässerung im Bereich der Stadtränder konsequent umsetzen - ggf. ergänzen durch Geröllfänge (Schlamm und Geröllrückhaltung) bei besonders gefährdeten Siedlungsrändern und Infrastrukturen	●	⊙	○
Wasserrückhalt im Außenbereich verstärken	- Versickerungsmulden und Kleinrückhalte auf landwirtschaftlichen Flächen und in Waldstandorten anlegen - Fließgewässer renaturieren, um den Bächen mehr Raum zu geben und den Wasserabfluss zu verbessern - Gewässerunterhaltung zur Vermeidung von Verklausungen regelmäßig durchführen - Freihaltung von Brücken und Durchlässen	●	●	●
Gestaltungsmaßnahmen der wassersensiblen Stadt umsetzen	- in Bereichen mit hoher Sturzflutgefährdung Maßnahmen zur Förderung des Wasserrückhalts (Entsiegelung, Versickerung auf den Grundstücken, Abkopplung der Kanalisation) ergreifen - Straßen, Plätze, Parkanlagen, Sportflächen und Stellplatzflächen als temporären Regenwasserstauraum anlegen: Versickerungsfähigkeit der Oberflächen erhöhen, Ableitung mit Mulden-Rigolen-Systemen, Alleen mit Baum-Rigolen ausgestalten - Anlage von Gründächern zum Wasserrückhalt fördern - Straßen, Grünflächen und Teile von Baugrundstücken als Notwasserwege zur gezielten Leitung von urbanen Sturzfluten ausgestalten	●	●	●
Beitrag zu regionalen und sektorübergreifenden Handlungsansätzen leisten				
Interkommunale Projekte zum Wasserrückhalt in der Fläche entwickeln	- Bewirtschaftungsformen der Land- und Forstwirtschaft zum Wasserrückhalt in der Fläche, vor allem an Siedlungsrändern, fördern (Grünstreifen, hangparallele Bewirtschaftung) - Feldabflussspeicher anlegen - Wegeführung im Kontext der Flurbereinigung anpassen (Vermeidung des Wasserabflusses in den Siedlungsbereich)	●	⊙	○

Planungshinweiskategorien



(S1)

Sehr hohes Sturzflut-
gefährdungspotenzial

(S2)

Hohes Sturzflut-
gefährdungspotenzial

(S3)

Mittleres Sturzflut-
gefährdungspotenzial

6.5 Multifunktionales Freiraumsystem der Rheinschiene und des Erftkorridors

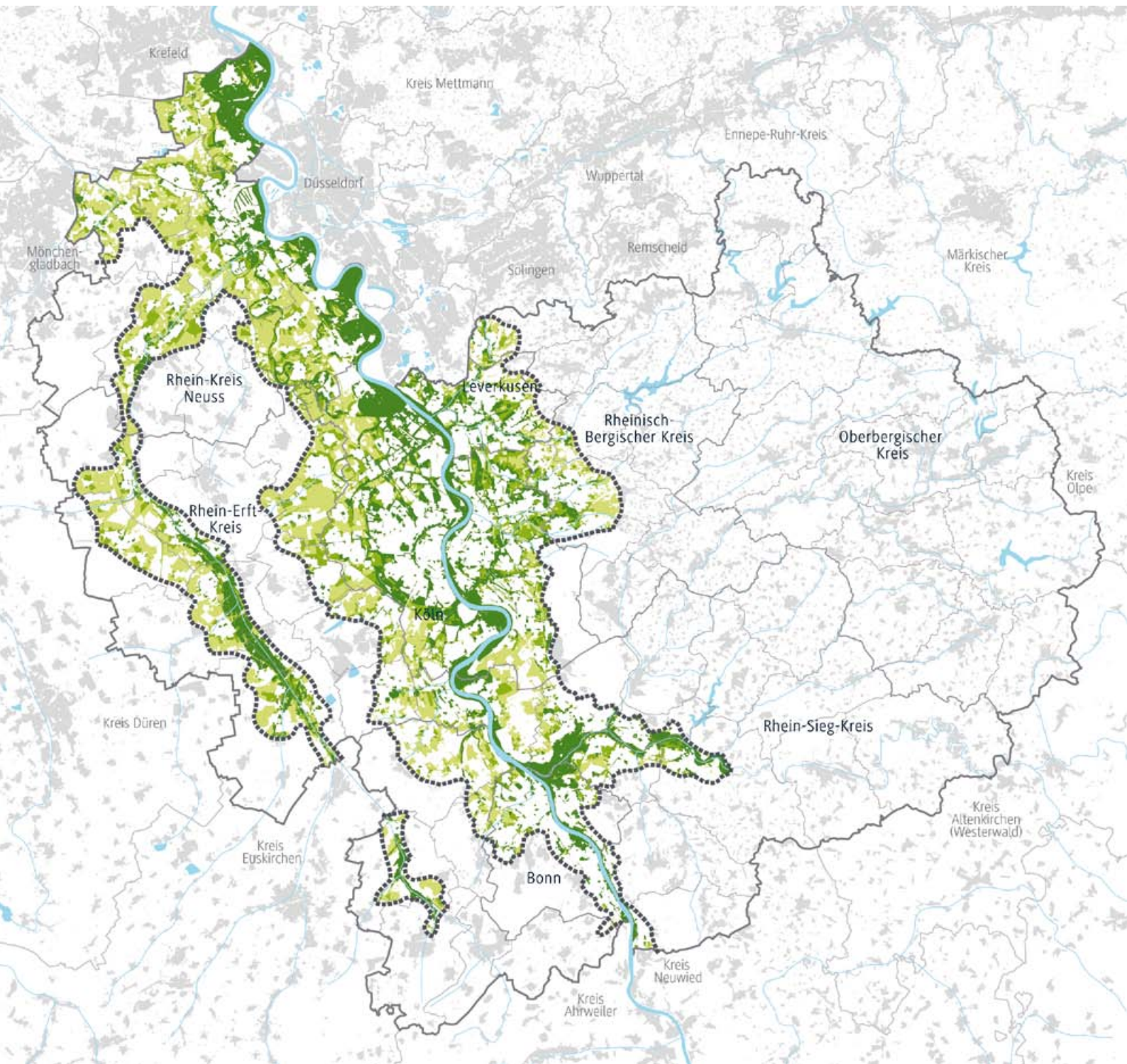
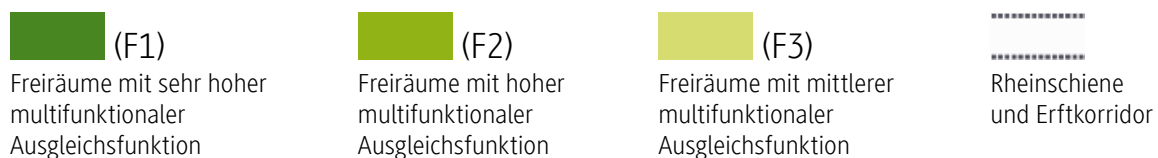


Abb. 27: Multifunktionales Freiraumsystem der Rheinschiene und des Erftkorridors

(Quelle: eigene Darstellung agl/prc 2019)



Die Zukunft: der Freiraum gewinnt an Bedeutung

Die grün-blaue Infrastruktur übernimmt vielfältige Funktionen im Rahmen einer Anpassung von Raumstrukturen an den Klimawandel. Von besonderer Relevanz sind die thermische Ausgleichsfunktion sowie die Retentionsfunktion der Freiräume für die dicht besiedelte Rheinschiene und den Erftkorridor.

Das Freiraumsystem dient dem Wasserrückhalt sowie dem thermischen Ausgleich. Beide Funktionen werden zukünftig an Bedeutung gewinnen, da von einer stark steigenden thermischen Belastung auszugehen ist und eine zunehmende Gefährdung durch extreme Hochwasserereignisse zukünftig nicht ausgeschlossen werden kann. Dies betrifft in erster Linie die Rheinschiene und den Erftkorridor. Zudem gefährdet die steigende Nachfrage nach Wohnbauland- und Gewerbeflächen die Freiraumsysteme. Der Siedlungsdruck ist vor allem in der Rheinschiene sehr hoch, aber auch in der Entwicklungsachse des Erftkorridors zeichnet sich eine verstärkte Siedlungstätigkeit ab. Sollte diese Nachfrage in Gebieten gedeckt werden, die dem Wasserrückhalt in der Fläche, der Kaltluftentstehung oder Kaltluftzufuhr dienen, können die vielfältigen Funktionen des Freiraums erheblich gestört werden und die Klimaauswirkungen im Siedlungsbereich zunehmen.

Erläuterung zu den Planungshinweiskategorien: Freiräume mit thermischer Ausgleichsfunktion sowie Retentions- und Abflussfunktion besitzen im dicht besiedelten Rhein- und Erftkorridor eine besondere Bedeutung (s. Abb. 27). Der Bezugsraum umfasst deshalb die beiden Korridore unter Einbeziehung angrenzender „Grünflächen hoher bis höchster thermischer Ausgleichsfunktion“ aus der Klimaanalyse des LANUV (LANUV 2019i). Die Waldgürtel werden als eigene Kategorie und damit gesondert betrachtet. Grundlage zur Bewertung der Klimarelevanz des Freiraumsystems sind die „Grünflächen mit geringer bis höchster thermischer Ausgleichsfunktion“ der Klimaanalyse des LANUV sowie die überschwemmten Freiflächen in den Gebieten des HQ_{100} und des HQ_{extrem} , differenziert nach den Einstautiefen (Hochwassergefahrenkarte, LANUV 2017b). In der Planungshinweiskategorie werden nur Grünflächen, nicht jedoch Siedlungsflächen mit thermischer Ausgleichsfunktion – z. B. das Gelände des Flughafens Köln/Bonn (Digitales Landschaftsmodell (DLM 50, Bezirksregierung Köln 2018)) – dargestellt. Die Überlagerung der Freiraumfunktionen (thermischer Ausgleich und Retention) wird mittels einer Matrix bewertet und in drei Stufen zusammengefasst.

Essen als Teil des Emscher Landschaftsparks: Als Grüne Hauptstadt Europas ausgezeichnet, hat Essen als erste montanindustriell geprägte Stadt diesen Titel gewonnen. Im Zuge des Strukturwandels setzte die Stadt verstärkt auf die Entwicklung und Vernetzung von Grünflächen; so entstand ein zusammenhängendes Freiraumsystem als Teil des Emscher Landschaftsparks, das sich durch seine ökologischen Funktionen positiv auf das Stadtklima auswirkt (Stadt Essen 2019; MULNV NRW 2019e).



Das Ziel: ein klimaresilientes Rückgrat an Freiräumen stärken

Zielsetzung:

- ▶ zusammenhängendes regionales Freiraumsystem in der Rheinschiene und im Erftkorridor sichern bzw. schaffen
- ▶ Klimarelevanz der Freiräume stärken bzw. wiederherstellen

Gerade in dicht besiedelten Räumen stehen die Freiraumsysteme durch Siedlungsausbau und Nutzungsintensivierung unter Druck. Gleichzeitig erfüllen sie zentrale Funktionen bei der Klimaanpassung (s. Abb. 27 und Tab. 7). Deshalb ist eine Sicherung der Freiraumsysteme mit besonderer Ausgleichsfunktion von entscheidender Bedeutung. Zudem spielen die Gestaltung der Freiräume und damit eine Stärkung der Ausgleichsfunktion eine wichtige Rolle.

Für die Freiraumsicherung stehen die Instrumente der Raumordnung und der Bauleitplanung zur Verfügung. Vor allem in der Rheinschiene ist eine sorgfältige Abwägung der Klimarelevanz der jeweils betroffenen Freiräume in Bezug auf den weiteren Siedlungsausbau und die Nachverdichtung vorzunehmen. Im Erftkorridor ist vor allem darauf zu achten, dass Grünzäsuren zwischen den Siedlungslagen und in den stark hochwassergefährdeten Gebieten erhalten bleiben.

Eine Stärkung der multifunktionalen Ausgleichsfunktion kann über die Anwendung entsprechender Gestaltungsprinzipien erfolgen: So eignen sich durchlässige Strukturen im Freiraum zur Unterstützung von Ventilation und Kaltluftzufuhr für die nächtliche Abkühlung. Großkronige Bäume dienen der Verschattung und dem Klimakomfort am Tage. Für viele Freiräume ergibt sich damit idealerweise das strukturelle Bild einer „Savannenlandschaft“. Daneben sorgen Waldinseln für Frischluft und Kühle.

Für die Hochwasservorsorge sollten die Freiräume je nach Standort entsprechend wasserwirtschaftlichen Vorgaben entweder zur Beschleunigung oder aber zur Verlangsamung des Abflussgeschehens ausgestaltet werden. Die Sicherung und Reaktivierung alter Abflussrinnen – auch hinter den Deichen – kann im Hochwasserfall zu einem beschleunigten Abfluss und zur Gefährdungsminimierung der umgebenden Bereiche beitragen. Gleiches gilt für die Renaturierung von Fließgewässern und ein aktives Sedimentmanagement: Beide Maßnahmen führen zu einer Aufweitung der Abflussquerschnitte. Eine Verlangsamung des Abflussgeschehens – etwa durch Vergrößerung der überschwemmungsfähigen Flächen oder durch Bestockung mit Wald – kann ebenfalls standörtlich sinnvoll sein. Daher sind übergreifende wasserwirtschaftliche Konzepte (kommunale, einzugsgebietsbezogene Hochwasserschutzkonzepte) für eine koordinierte Ausgestaltung der Freiräume zur Hochwasservorsorge sinnvoll.

Tab. 7: Maßnahmen zur Klimaanpassung im multifunktionalen Freiraumsystem der Rheinschiene und des Erftkorridors (Quelle: eigene Darstellung agl/prc 2019)

Maßnahme	Erläuterung	F1	F2	F3
Aufklären und beraten				
Für die Bedeutung klimarelevanter Freiraumsysteme sensibilisieren	- über die Ökosystemdienstleistungen von Freiraumsystemen mit Blick auf Klimaanpassung informieren - über Möglichkeiten einer multifunktionalen und klimaangepassten Nutzung von Freiräumen aufklären	●	●	●
Grundlagenwissen verbessern				
Hochwassergefahren-, -risiko- und -managementkarten für Gewässer II. Ordnung und sonstige Gewässer erstellen	- Hochwassergefahren und -risiken auch an Gewässern II. Ordnung und sonstigen Gewässern erkennen, Optionen zur Gefahrenabwehr ausloten - differenzierte Schutzziele definieren und Maßnahmen zur Sicherung von Schutzgütern (u. a. Menschen, Kultur- und Sachgüter, Landnutzungen, Biodiversität) entwickeln	●	⊙	⊙
Ökosystemleistungen für die Klimaanpassung klären	- Ökosystemdienstleistungen und -funktionen der Freiraumsysteme im Sinne der grün-blauen Infrastruktur analysieren und Klimarelevanz konkretisieren - Potenzialflächen für grün-blaue Infrastruktur im Umfeld bestehender Freiräume aufzeigen	●	⊙	⊙
Instrumente anwenden bzw. anpassen				
Formelle Sicherung des (regionalen) Freiraumsystems	- Regionalplanung, Flächennutzungsplanung und Landschaftsplanung sowie naturschutzrechtliche und wasserrechtliche Instrumente (Naturschutz-/Landschaftsschutzgebiet; Überschwemmungsgebiet) zur Sicherung des Kernnetzes und besonders klimarelevanter Ausgleichsräume nutzen - das multifunktionale regionale Freiraumsystem, insbesondere das Netz hochwirksamer klimarelevanter Freiräume, von Bebauung freihalten - Standorte für Maßnahmen des Hochwasserrisikomanagements, zur Schaffung von Retentionsräumen, zur Sicherung und Reaktivierung von Abflussrinnen formell sichern	●	●	⊙
Sicherung klimarelevanter Freiräume in der verbindlichen Bauleitplanung	Sicherung klimarelevanter Flächen des Freiraumsystems im Rahmen der Erstellung von Bebauungsplänen: - Erhalt von Grün- und Freiflächen nach § 9 Abs. 1 Nrn. 4, 10, 15 oder 18 BauGB - von Bebauung freizuhaltende Schutzflächen und ihre Nutzung, z. B. Grünflächen, Wasserflächen, Flächen für Land- und Forstwirtschaft nach § 9 Abs. 1 Nr. 24 BauGB	●	●	⊙
Integrierte Stadtteilentwicklungskonzepte zur Förderung der grün-blauen Infrastruktur in Quartieren	- Berücksichtigung des Freiraumsystems im Rahmen quartiersbezogener Stadtteilentwicklungskonzepte - offensive Beteiligung der Bevölkerung im Rahmen der Erarbeitung von Qualifizierungsmaßnahmen für Freiräume	●	●	●
Kommunale Hochwasserschutzkonzepte erstellen	Hochwasserschutzkonzepte mit Maßnahmenprogrammen sichern die koordinierte Nutzung der Freiräume für das Abflussgeschehen bzw. für die Retention	●	●	●

Priorität: ● sehr hoch ⊙ hoch ○ mittel

Maßnahme	Erläuterung	F1	F2	F3
Erstellen von Freiraum-entwicklungskonzepten zur Qualifizierung der Freiraumsysteme	- Bedeutung des Freiraumsystems für die Klimaanpassung differenziert aufzeigen - klimaökologische Aspekte des Naturschutzes, der Gesundheit oder Umweltgerechtigkeit integrieren - Kernnetz des klimarelevanten Freiraums definieren und Instrumente zur Sicherung benennen - Maßnahmen zur Qualifizierung der grün-blauen Infrastruktur entsprechend ihrer Funktionalität und Aufwertungspotenziale zur Klimaanpassung erarbeiten - Benennung von Schwerpunkträumen zur weiteren planerischen Differenzierung, beispielsweise im Rahmen eines Integrierten Stadt(teil)entwicklungskonzepts - Maßnahmen zur Qualifizierung von Potenzialflächen für grün-blaue Infrastruktur aufzeigen, klimarelevante „Lücken“ identifizieren - Herbeiführen politischer Beschlüsse, um die Wirksamkeit der Freiraumentwicklungskonzepte zu erhöhen - Maßnahmen der Freiraumentwicklungskonzepte in weitere Konzepte und Instrumente integrieren, insbesondere in Stadt(teil)entwicklungspläne	●	●	●
Konkrete Maßnahmen umsetzen				
Multifunktionale Ausgleichsfunktion des Freiraumsystems im Sinne der Klimaresilienz sichern und stärken	Aufwertung von Freiräumen - zur Hochwasservorsorge: Retentionsräume stärken bzw. schaffen, Sicherung und Reaktivierung von Abflusssinnen - zur Gewässer- und Auenentwicklung: Renaturierung von Fließgewässern, Reaktivierung von Auen - zur Starkregenvorsorge: Wasserrückhalt im Freiraum verbessern - zur Durchlüftung und Kühlung bioklimatisch belasteter Siedlungsbereiche: Ventilations- und Kaltluftleitbahnen sowie Kaltluftentstehungsgebiete sichern und in ihrer Funktionalität stärken - für den Klimakomfort in Erholungs- und Bewegungsräumen: „Savannenlandschaften“ sowie Waldinseln sichern bzw. anlegen, grüne und verschattete Bewegungsachsen schaffen	●	●	●
Graue Potenzialflächen in grün-blaue Infrastruktur umwandeln	- Aufwertung von „grauen Flächen“ durch Entsiegelung und Begrünung, insbesondere im Umfeld hochwirksamer Freiräume - gezielt klimarelevante „Lücken“ im Freiraumsystem schließen	●	●	●
Beitrag zu regionalen und sektorübergreifenden Handlungsansätzen leisten				
Interkommunale Projekte zur Sicherung und Entwicklung der grün-blauen Infrastruktur auf den Weg bringen	als Schwerpunkte interkommunaler Aktivitäten bieten sich an: - Renaturierung von Fließgewässern - Freihaltung und angepasste Landnutzung relevanter Kalt- und Frischluftbahnen	●	●	●
Hochwasserpartnerschaften aufbauen	- Vernetzung von Akteuren unterschiedlicher Sektoren und Sphären (z. B. Kommunalplanung – Wasserzweckverbände) - interkommunale Maßnahmen zur Hochwasservorsorge durchführen	●	●	●

Planungshinweiskategorien



(F1)

Freiräume mit sehr hoher multifunktionaler Ausgleichsfunktion



(F2)

Freiräume mit hoher multifunktionaler Ausgleichsfunktion



(F3)

Freiräume mit mittlerer multifunktionaler Ausgleichsfunktion

6.6 Waldgürtel: rechts- und linksrheinisch

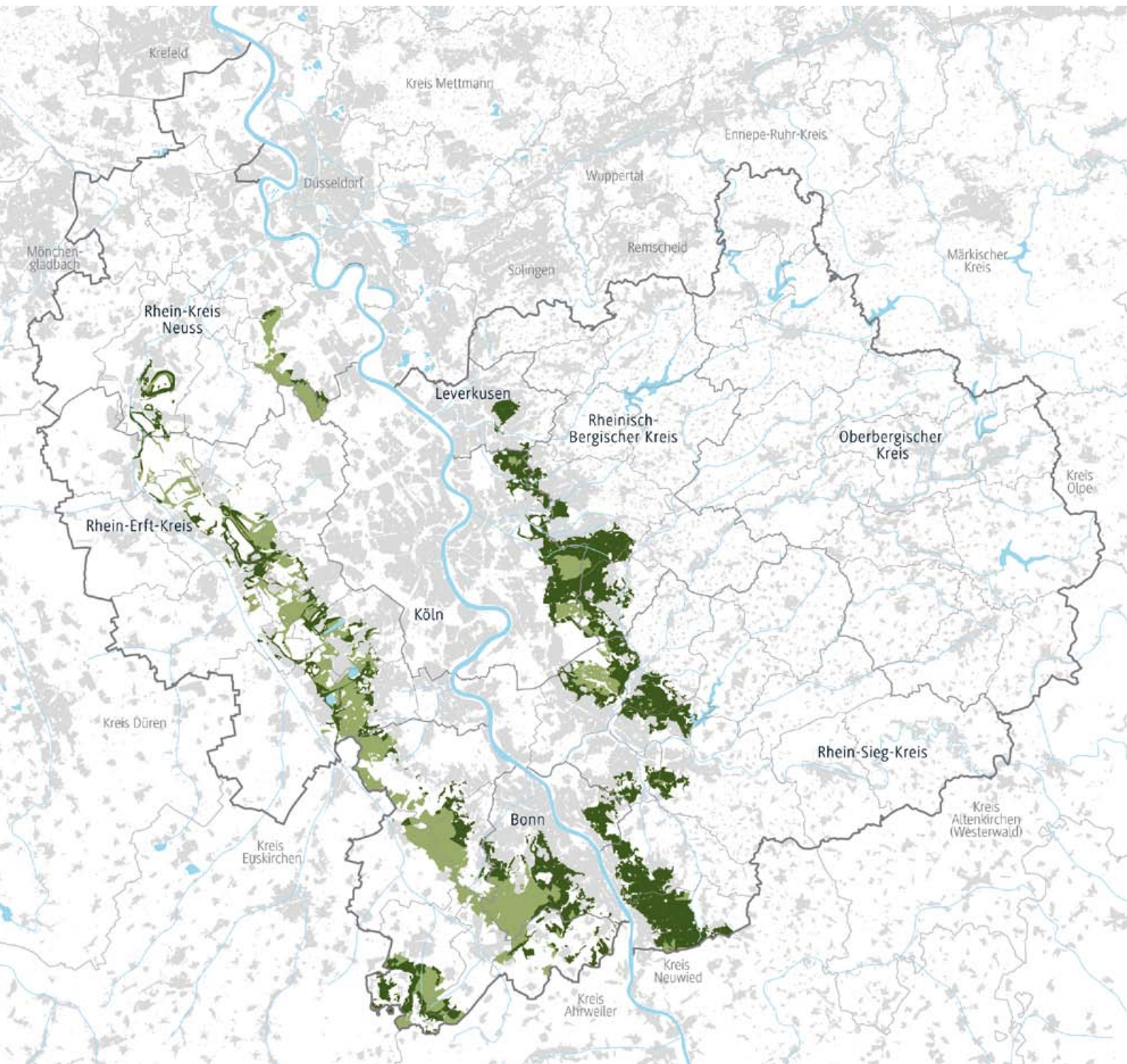


Abb. 28: Rechts- und linksrheinische Waldgürtel

(Quelle: eigene Darstellung agl/prc 2019)



(G1)

Waldgürtel mit hoher bis sehr hoher
multifunktionaler Ausgleichsfunktion



(G2)

Waldgürtel mit mittlerer
multifunktionaler Ausgleichsfunktion

Die Zukunft: die Waldgürtel spielen eine größere Rolle

Zusammenhängende Waldstrukturen wirken thermisch ausgleichend und positiv auf den Wasserrückhalt in der Fläche. Die Waldgürtel gelten deshalb im teilweise stark reliefierten Übergangsbereich von der Rheinschiene zu Ville und Börde sowie zum Bergischen RheinLand als vielfältige Ausgleichsräume.

Der Klimawandel kann die Waldfunktionen maßgeblich beeinträchtigen. Hierzu zählen neben dem thermischen Ausgleich, Wasserrückhalt und Erosionsschutz auch die Funktion als CO₂-Senke, als Lebensraum für Pflanzen und Tiere sowie als Erholungsraum. Der Wald ist in seiner aktuellen Baumartenzusammensetzung noch nicht an ein sich änderndes Klima angepasst. In der Region Köln/Bonn wird sich jedoch in Zukunft der von vielen Waldbesitzern bereits eingeleitete ökologische und klimaangepasste Waldumbau durchgesetzt haben. Damit steigt die Resilienz der Wälder gegenüber Trockenheit, Windwurf oder Schädlingsbefall. Auf diese Weise werden die Waldfunktionen gestärkt. Auf der anderen Seite kann ein zunehmender Bedarf an Wohnsiedlungs- und Gewerbeflächen oder an neuen, auch die peripheren Gebiete der Region erschließenden Verkehrsstrassen in einigen Teilbereichen zu einem Verlust von oder einer Funktionsminderung der Waldflächen führen.

Erläuterung zu den Planungshinweiskategorien: Zu den Waldgürteln zählen zusammenhängende Waldflächen der Ville und nördlich anschließender Landschaftsräume sowie Wälder im Übergang vom Rheintal zum Bergischen RheinLand (s. Abb. 28). Als Grundlage zur Abgrenzung dienten das Digitale Landschaftsmodell (DLM 50, Bezirksregierung Köln 2018) sowie die Landschaftsräume NRW (LANUV 2017a). Zur Bewertung der Funktionalität der Waldflächen wurden die thermischen Ausgleichsflächen der Klimanalyse des LANUV (LANUV 2019i), die Wasserrückhaltefunktion und das Sturzflutgefährdungspotenzial herangezogen. Die Wasserrückhaltefunktion wurde entsprechend den Jahresniederschlagswerten (LANUV 2019a) eingestuft (gering bis zu 653 mm Jahresniederschlag, mittel zwischen 759 mm und 870 mm, hoch über 870 mm). Die Wasserrückhaltefunktion wurde bei reliefreichen Gebieten in Siedlungsnähe, d. h. in Bereichen mit hohem Sturzflutgefährdungspotenzial (s. Kap. 6.4), als besonders relevant eingestuft. Die Bewertung der Waldgürtel erfolgte mittels einer Matrix mit Wasserrückhaltefunktion und thermischer Ausgleichsfunktion.

Das Ziel: die Waldgürtel rechts- wie links- rheinisch sichern

Zielsetzung:

- ▶ die zusammenhängenden Waldflächen sichern und gezielt ergänzen
- ▶ Waldumbau und waldbauliche Maßnahmen zur Stärkung der Klimaresilienz vorantreiben

Bei der Sicherung der rechts- und linksrheinischen Waldgürtel geht es in erster Linie darum, zusammenhängende Waldflächen im Umfeld der Rheinschiene zu erhalten (s. Abb. 28 und Tab. 8). Sie übernehmen spezifische und vielfältige Funktionen, die im Zuge des Klimawandels positiv wirksam werden. Über regional- und bauleitplanerische Instrumente kann der Erhalt der Waldgürtel gewährleistet werden. Eine konsequente Arrondierung kann sinnvoll sein, um die Funktionalität zu stärken. Allerdings ist hier eine Abwägung mit anderen Klimaanpassungszielen, vor allem der Kaltluftentstehung und dem Kaltluftabfluss auf landwirtschaftlichen Flächen, vorzunehmen. Waldbauliche Maßnahmen wie die Naturverjüngung, ein gezielter Waldumbau mit klimaresilienteren Baumarten oder ein Management des Landschaftswasserhaushalts dienen einer Verbesserung der Ausgleichsfunktionen des Waldes.

Die Waldgürtel rechts- wie linksrheinisch in ihren vielfältigen Funktionen stärken: Über die unterschiedlichen Planungsebenen können die wichtigen sozialen, ökologischen und ökonomischen Funktionen des Waldes gesichert werden. Dies erfolgt im regionalen Kontext durch den Regionalplan, auf kommunaler Ebene durch die Bauleitplanung und Landschaftsplanung. Zudem spielen die Forstplanung und die Forstbewirtschaftung eine zentrale Rolle, um die unterschiedlichen Funktionen lokal in Einklang zu bringen.



Tab. 8: Maßnahmen zur Klimaanpassung in den rechts- und linksrheinischen Waldgürteln
(Quelle: eigene Darstellung agl/prc 2019)

Maßnahme	Erläuterung	G1	G2
Aufklären und beraten			
Beratungsangebote zum Thema „Klimawandel und Waldwirtschaft“	Beratung von Privatwaldbesitzern zu Auswirkungen des Klimawandels auf die Waldfunktionen und zu Anpassungsmaßnahmen	●	●
Grundlagenwissen verbessern			
Vulnerabilität des Waldes in Bezug auf die Auswirkungen des Klimawandels analysieren	Veränderung der Stressfaktoren im Zuge des Klimawandels ermitteln, vor allem Trockenheit, Schädlinge, Waldbrand und Windwurf	●	●
Ergänzungsmöglichkeiten der Waldgürtel untersuchen	Bereiche für eine auch kleinflächige Ergänzung der Waldgürtel unter Abwägung potenziell konkurrierender Ziele (auch der Klimaanpassung, wie beispielsweise Freihalten von Kaltluftabflussbahnen) ausloten	●	●
Instrumente anwenden bzw. anpassen			
Formelle Instrumente zur Sicherung und ggf. Erweiterung der Waldgürtel nutzen	- Regionalplanung, Flächennutzungsplanung und Landschaftsplanung sowie naturschutzrechtliche und wasserrechtliche Instrumente (Naturschutz-/Landschaftsschutzgebiet; Überschwemmungsgebiet) zur Sicherung der Waldgürtel nutzen - Bereiche für eine Ergänzung der Waldgürtel formell sichern	●	●
Klimawandelgerechte Waldbaukonzepte entwickeln bzw. bereitstellen	- waldbauliche Maßnahmen für Staats-, Kommunal- und Privatwald auf Basis der Klimawandelfolgen- und Vulnerabilitätsanalysen in Bezug auf die Klimaanpassung konkretisieren - Integration in die Forsteinrichtungswerke	●	●
Konkrete Maßnahmen umsetzen			
Klimawandelangepasste Waldbewirtschaftung und Maßnahmen des Waldumbaus vorantreiben	- Förderung klimaresilienter Wälder unter besonderer Berücksichtigung der Veränderungen des Bodenwasserhaushalts, der Phänologie sowie der Waldbranddynamik - Förderung trockenheitsresistenter Arten wie Stieleiche, Roteiche, Hainbuche, Linde, Vogelkirsche, Edelkastanie und Nussbaum - Umwandlung von Monokulturen in Mischwald - Schwerpunkt auf Naturverjüngung legen - Schutz des Waldbodens als Wasserspeicher und Erosionsschutz - ggf. Wassermanagement (Entwässerung, Vernässung, Erhöhung der Retention in topografisch ebenem Gelände) - Abwägung des Waldumbaus mit den Zielen des Natur- und Artenschutzes	●	⊙
Beitrag zu regionalen und sektorübergreifenden Handlungsansätzen leisten			
Klimawirksame Waldgürtel fördern	interkommunale Projekte und Projekte mit Privatwaldbesitzern zur Stärkung der Waldgürtel in ihren Funktionen für die Klimaanpassung, ggf. mit Ergänzung des Bestands	●	●

Priorität: ● sehr hoch ⊙ hoch ○ mittel

Planungshinweiskategorien



(G1)

Waldgürtel mit hoher bis sehr hoher multifunktionaler Ausgleichsfunktion



(G2)

Waldgürtel mit mittlerer multifunktionaler Ausgleichsfunktion

[90] 6.7 Trockenstressrisiko bei Waldflächen

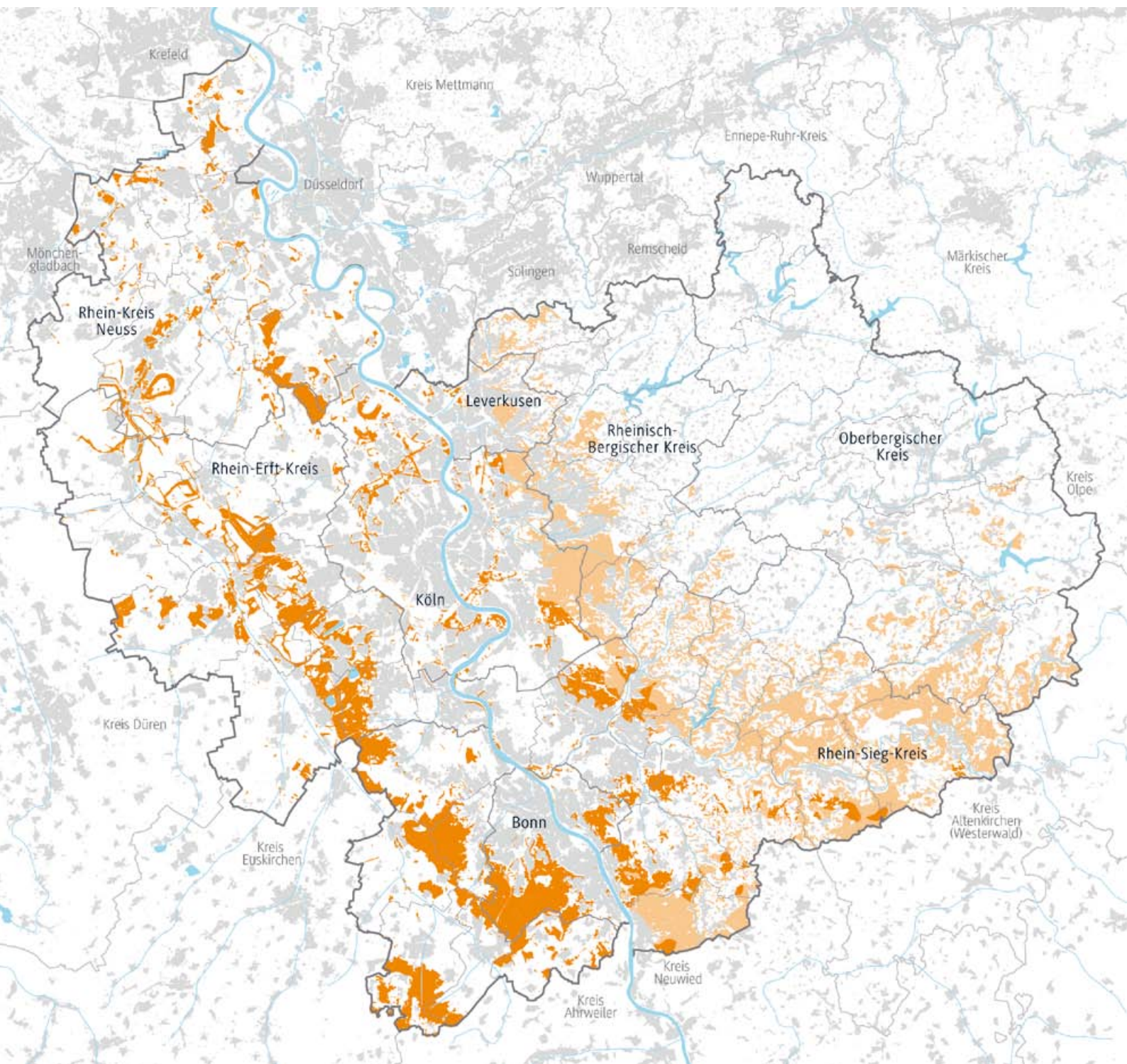


Abb. 29: Trockenstressrisiko bei Waldflächen

(Quelle: eigene Darstellung agl/prc 2019)

(W1)
Waldflächen mit hohem
Trockenstressrisiko

(W2)
Waldflächen mit mittlerem
Trockenstressrisiko

Die Zukunft: das Trockenstressrisiko im Wald erhöht sich

Die Menge der Niederschläge wirkt sich maßgeblich auf das Trockenstresspotenzial der Wälder aus. Bereits heute zeigt sich dieser Stressfaktor in der Region, vor allem im linksrheinischen Bereich.

Zunehmender Trockenstress erhöht die Anfälligkeit der Waldbestände gegenüber Sturm, Schädlingen und anderen Krankheiten sowie gegenüber Waldbränden. Dies schwächt gleichzeitig die Waldfunktionen zum thermischen Ausgleich und zum Wasserrückhalt. Letztlich kann zunehmender Trockenstress auch zu ökonomischen Einbußen führen. Gegenwärtig und in Zukunft ist der Wald im westlichen (Erftkorridor) und südlichen Teilbereich (Rhein-Sieg-Kreis) der Region Köln/Bonn am stärksten von Trockenstress betroffen. Demgegenüber tritt die Klimawirkung in weiten Teilen des Oberbergischen und Rheinisch-Bergischen Kreises kaum hervor. Gründe liegen in der gegenwärtigen und künftigen Niederschlagsverteilung und -entwicklung: Während im Bergischen RheinLand eine Erhöhung der Niederschlagsmengen zu erwarten ist, nehmen sie im linksrheinischen Bereich sowie im Süden der Region Köln/Bonn voraussichtlich ab und tragen somit zur Verschärfung des Trockenstressrisikos der dortigen Wälder bei. Durch den bereits eingeleiteten klimaangepassten Waldumbau mit trockenheitsresistenteren Baumarten können die Veränderungen im Niederschlagsregime langfristig kompensiert werden.

Erläuterung zu den Planungshinweiskategorien: Dargestellt sind die Waldflächen auf Basis des Digitalen Landschaftsmodells (DLM 50, Bezirksregierung Köln 2018), bei denen die Niederschlagsmengen in der Vegetationsperiode (LANUV 2019a, Interpolation der 1 km-Rasterdaten auf 50 m-Rasterzellen) gering sind. Hierzu wurden die Waldflächen mit den Niederschlagsmengen überlagert: Bei Waldflächen mit Niederschlagsmengen bis 450 mm in der Vegetationsperiode wird das Trockenstressrisiko als hoch, bei 451 mm bis 544 mm als mittel bewertet (s. Abb. 29).

Das Ziel: durch klimagerechten Waldbau Wald- bestände stabilisieren

Zielsetzung:

- waldbauliche Maßnahmen konsequent auf die Auswirkungen des Klimawandels ausrichten

Die Herausforderung besteht darin, die besonderen Funktionen der Waldbestände auch unter den durch den Klimawandel verursachten Veränderungen zu sichern und einen klimangepassten Waldbau zu etablieren (s. Abb. 29 und Tab. 9). Wesentliche Faktoren sind die Baumarten- wie auch die Bestandszusammensetzung. Aufgrund zukünftig vermehrter Hitze- und Trockenheitsphasen ist der Anbau von Baumarten zu empfehlen, die auf trockenen und warmen Standorten vital sind. Die Anpassungsfähigkeit einzelner Bäume gegenüber sich verändernden Umweltbedingungen ist genetisch verankert, sodass bei der Auswahl auf die verschiedenen Herkünfte einer Baumart geachtet werden sollte.

Ein artenreicher und altersgemischter Waldbestand kann flexibler auf Störungen reagieren als ein monostrukturierter Wald mit einheitlichen Altersklassen. Das heißt, Erhalt und Förderung von Mischwäldern sind wichtige Bausteine einer Strategie zur Klimaanpassung und sollten aufgrund der langen Produktionszeit frühzeitig umgesetzt werden (Landesbetrieb Hessen-Forst 2017). Da weit über die Hälfte des Waldes in NRW im Privatbesitz liegt, kann hierfür das Instrument des Vertragsnaturschutzes zum Einsatz kommen: Verträge zwischen Kommunen und Privatwaldbesitzern können zuvor ausgehandelte Zielsetzungen zur Anpassung der Waldbestände festlegen.



Der klimawandelgerechte Umbau des Waldes erfordert eine Gesamtstrategie, da sich der Wald in den Händen vieler Waldbesitzer befindet. Das Waldbaukonzept NRW bietet für alle Waldeigentumsarten Empfehlungen, wie der Erhalt und die Bewirtschaftung des Waldes vor dem Hintergrund des Klimawandels zukunftsgerichtet weitergeführt werden kann. Das Konzept nimmt beispielsweise Bezug auf die Entwicklung standortgerechter Waldbestände. (MULNV NRW 2018c)

Tab. 9: Maßnahmen zur Klimaanpassung in den Wäldern

(Quelle: eigene Darstellung agl/prc 2019)

Maßnahme	Erläuterung	W1	W2
Aufklären und beraten			
Beratungsangebote zum Thema „Klimawandel und Waldwirtschaft“	Beratung von Privatwaldbesitzern zu Auswirkungen des Klimawandels auf die Waldfunktionen und zu Anpassungsmaßnahmen	●	●
Grundlagenwissen verbessern			
Vulnerabilität des Waldes gegenüber vermehrtem Trockenstress ermitteln	Auswirkungen vermehrter Trockenheit im Zuge des Klimawandels ermitteln, vor allem in Bezug auf Schädlinge/Krankheiten, Waldbrand und Windwurf	⊙	○
Instrumente anwenden bzw. anpassen			
Klimawandelgerechte Waldbaukonzepte entwickeln bzw. bereitstellen	- waldbauliche Maßnahmen für den Staats-, Kommunal- und Privatwald auf Basis der Klimawandelfolgen- und Vulnerabilitätsanalysen in Bezug auf die Klimaanpassung konkretisieren - Integration in die Forsteinrichtungswerke	●	●
Konkrete Maßnahmen umsetzen			
Klimawandelangepasste Waldbewirtschaftung und Maßnahmen des Waldumbaus vorantreiben	- Förderung klimaresilienter Wälder unter besonderer Berücksichtigung der Veränderungen des Bodenwasserhaushalts, der Phänologie sowie der Waldbranddynamik - Umwandlung von Monokulturen in Mischwald - Schwerpunkt auf Naturverjüngung legen - Schutz des Waldbodens als Wasserspeicher und Erosionsschutz - ggf. Wassermanagement (Entwässerung, Vernässung, Erhöhung der Retention in topografisch ebenem Gelände) - Abwägung des Waldumbaus mit den Zielen des Natur- und Artenschutzes	●	⊙
Trockenheitsresistenz der Wälder gezielt fördern	- Förderung trockenheitsresistenter Arten wie Stieleiche, Roteiche, Hainbuche, Linde, Vogelkirsche, Edelkastanie und Nussbaum (Abwägung der Baumartenförderung mit den Zielen des Natur- und Artenschutzes) - Förderung tiefgreifender Wurzelwerke durch waldbauliche Maßnahmen bei jungen Kulturen - Entwicklung mehrstöckiger Waldbestände als Maßnahme der Resilienz-erhöhung gegenüber Waldbränden (höherer Wasseranteil)	●	⊙

Priorität: ● sehr hoch ⊙ hoch ○ mittel

Planungshinweiskategorien

(W1)

Waldflächen mit hohem
Trockenstressrisiko

(W2)

Waldflächen mit mittlerem
Trockenstressrisiko

[94] **6.8 Trockenstressrisiko bei landwirtschaftlichen Nutzflächen**

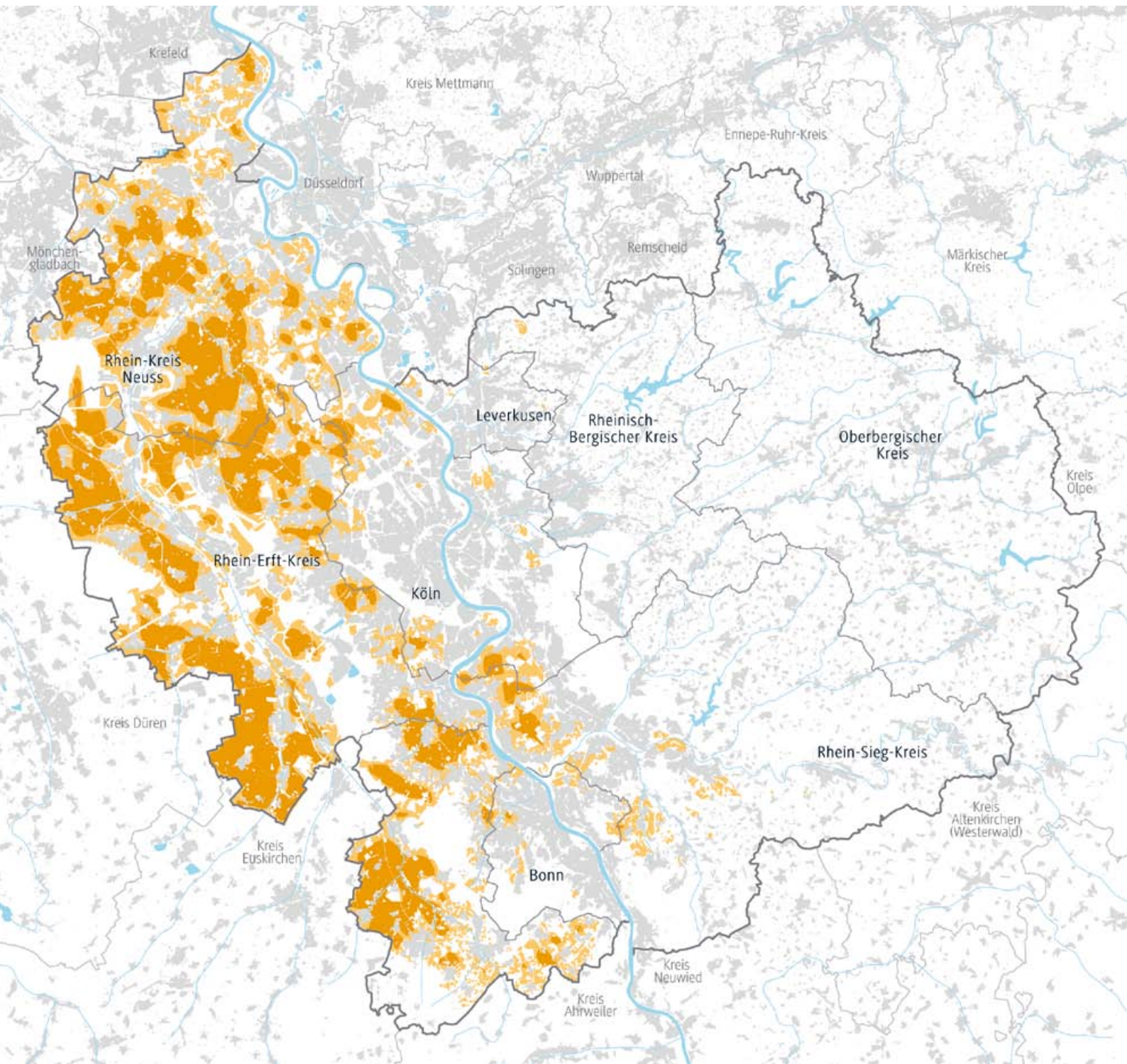


Abb. 30: Trockenstressrisiko bei landwirtschaftlichen Nutzflächen

(Quelle: eigene Darstellung agl/prc 2019)

(A1)
Landwirtschaftsflächen mit überwiegend
sehr hohem Trockenstressrisiko

(A2)
Landwirtschaftsflächen mit überwiegend
hohem Trockenstressrisiko

Die Zukunft: das Trockenstressrisiko in der Landwirtschaft verstärkt sich

Bereits heute zeigen sich die Auswirkungen der Trockenperioden für die Vegetation und damit auch für die landwirtschaftliche Produktion. Aufgrund der geringen Niederschlagsmengen ist das Trockenstressrisiko im linksrheinischen Bereich besonders ausgeprägt.

Die Landwirtschaft sieht sich einem zunehmenden Trockenstressrisiko ausgesetzt (s. Abb. 30). Insbesondere die Landwirtschaft der Ville und Börde mit ihren großen landwirtschaftlichen Flächen muss sich künftig an die klimatischen Veränderungen anpassen: Zwar werden sich die Jahresniederschlagsmengen wohl nur geringfügig ändern, dennoch nimmt die Wahrscheinlichkeit lang anhaltender Trockenperioden voraussichtlich zu. Die lehmig-sandigen Böden dieses Raums besitzen im Vergleich zu anderen Böden eine geringere Wasserspeicherkapazität, was sich in den trockeneren Perioden als Stressfaktor für Pflanzen erweist. Dies macht auch die landwirtschaftliche Ernte gegenüber Trockenstress anfälliger. Auch die Kommunen des Rhein-Erft-Kreises sowie des Rhein-Kreises Neuss sind stark betroffen. Demgegenüber ist das Trockenstresspotenzial in weiten Teilen des Oberbergischen und Rheinisch-Bergischen Kreises vergleichsweise gering. Dennoch können auch hier lang anhaltende Trockenperioden zu regionalen und lokalen Betroffenheiten in der Landwirtschaft führen, vor allem zur Futtermittelknappheit in der Weidewirtschaft.

Das Ziel: landwirtschaftliche Nutzung an das sich verändernde Klima anpassen

Zielsetzung:

- ▶ Bewässerung optimieren
- ▶ Umstellung auf klimarobuste Pflanzenarten und -sorten
- ▶ Sicherung der Futtermittelversorgung

Das Zusammenwirken von steigenden Temperaturen und geringen Niederschlägen bzw. Trockenperioden kann zu erheblichen Ertragseinbußen oder gar zu Ernteaussfällen führen. Speziell bei Getreide – dem am meisten angebauten landwirtschaftlichen Produkt in NRW – beschleunigt eine höhere Durchschnittstemperatur die Pflanzenentwicklung und führt so zu sinkenden Kornerträgen. Eine kurzfristige Lösung ist zunächst die Ausdehnung der Bewässerung in den Trockenperioden, um durch eine ausreichende Wasserversorgung Ernteeinbußen zu vermeiden (LWK NRW 2019a).

Langfristig kann eine Umstellung des Anbaus auf klimarobuste Pflanzenarten und -sorten, d. h. Pflanzen mit geringem Wasserbedarf und höherer Hitzetoleranz, erfolgen. Auch mit einer Umstellung auf Pflanzenarten, die sich noch vor den üblichen Trockenphasen entwickeln, könnte eine Anpassung erreicht werden. Neben der Pflanzenauswahl sollten die verfügbaren Wasserressourcen effizienter genutzt werden: Möglichkeiten einer optimierten Bewässerung stellen beispielsweise Präzisionsbewässerung oder der Einsatz von Wassertanks dar.

Bei langanhaltenden Trockenperioden ist auch beim Grünland mit Wachstumseinbußen zu rechnen, so dass ggf. eine ergänzende Versorgung mit Futtermitteln erfolgen muss.

Erläuterung zu den Planungshinweiskategorien: Das Trockenstressrisiko wird bestimmt durch den Anteil der landwirtschaftlichen Fläche pro Gebietseinheit und der Niederschlagsmenge in der Vegetationsperiode (LANUV 2019a) (s. Abb. 30). Hierbei gilt: Je höher der Anteil der landwirtschaftlichen Fläche und je niedriger die Niederschlagsmenge in der Vegetationsperiode, desto höher ist das Trockenstressrisiko. Um das Trockenstressrisiko möglichst genau darstellen zu können, wurde der Ackerflächenanteil an den 1 km x 1 km großen Rasterzellen errechnet; die normalisierten Werte wurden mit den als Raster vorliegenden normalisierten Niederschlagswerten verrechnet. Das statistische Verfahren der Normalisierung wird durchgeführt, um die Ergebnisse vergleichbarer zu machen. Anschließend wurden die bewerteten Rasterflächen interpoliert (Rastergröße 50 m) und auf die Ackerflächen (Digitales Landschaftsmodell (DLM 50, Bezirksregierung Köln 2018)) zugeschnitten.

[96] **6.9 Spätfrostgefährdung im Obstbau**

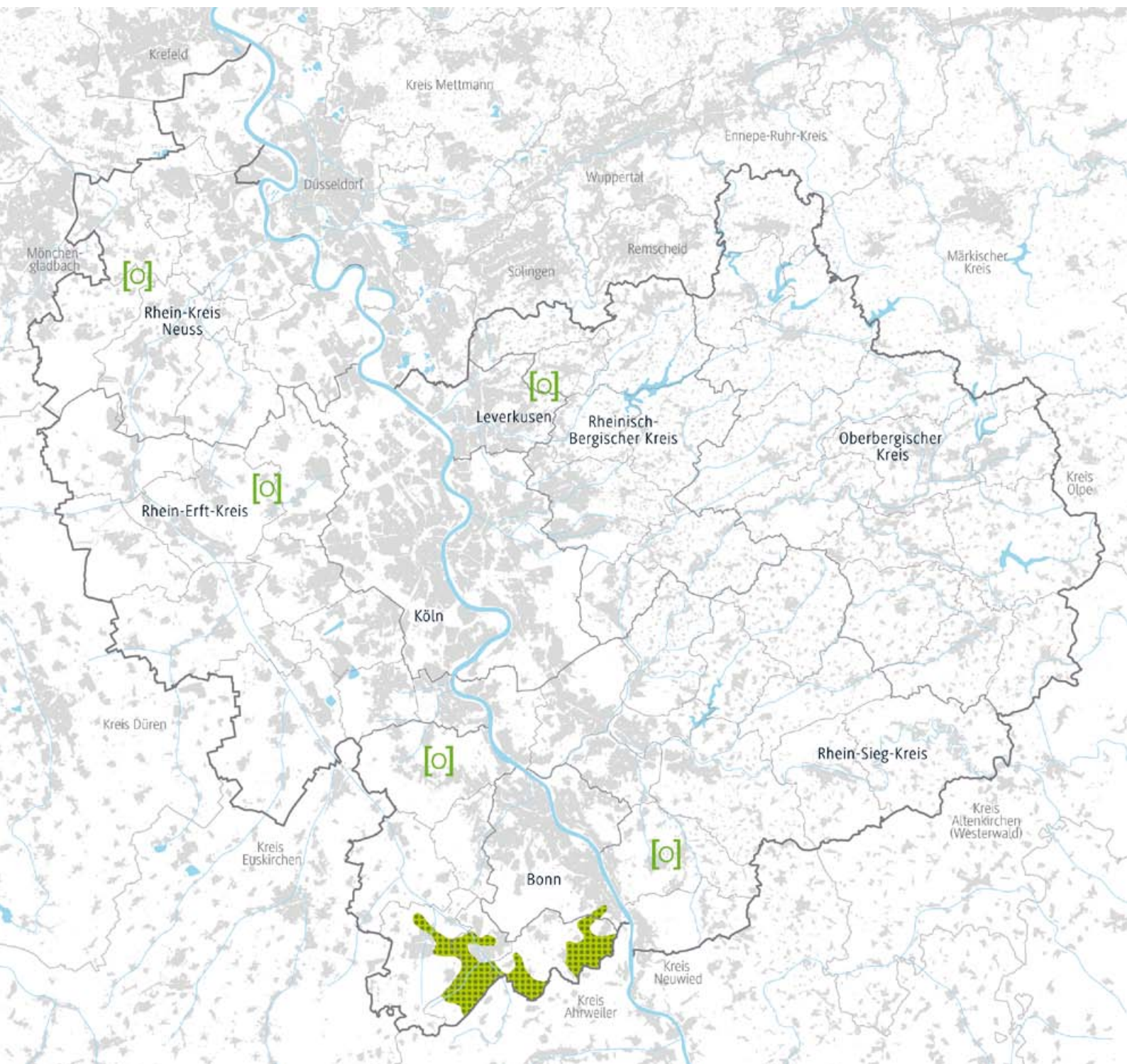


Abb. 31: Spätfrostgefährdung im Obstbau

(Quelle: eigene Darstellung agl/prc 2019)



(O1)
Spätfrostgefährdung im Schwerpunkt-
raum des regionalen Obstbaus



(O2)
Spätfrostgefährdung in weiteren
kleinflächigeren Obstanbaubereichen

Die Zukunft: die Spätfrost- gefährdung im Obstbau nimmt zu

Durch den Klimawandel beginnt die Vegetationsperiode zunehmend früher im Jahr. Dadurch steigt die Gefahr, dass die sensiblen Blüten und Knospen im Obstbau durch späte Frostphasen beschädigt werden.

Das Ziel: gegen Spätfröste im Obstbau wappnen

Zielsetzung:

- ▶ Maßnahmen zur Vermeidung von Schäden durch Spätfröste ergreifen
- ▶ Anbau von frostrobusten Pflanzen

Spätfrostgefahr besteht, wenn Frost nach dem Vegetationsbeginn eintritt und somit die Neuaustriebe beschädigt bzw. absterben lässt. In der Region Köln/Bonn startet die Vegetationsperiode vor allem in der Rheinschiene und im linksrheinischen Bereich am 84. Tag des Jahres, d. h. am 25. März, während in Teilen des Bergischen Rheinlandes der Vegetationsbeginn bis zu 18 Tage später eintritt, also zwischen dem 25. März und dem 12. April (zwischen dem 84. und 102. Tag des Jahres). Bis zum Jahr 2050 ist eine Vorverlegung des Beginns der Vegetationsperiode für die gesamte Region zu erwarten, in einigen Teilbereichen um bis zu 14 Tage. Da Spätfröste jedoch auch in Zukunft noch im April oder Mai auftreten können, verlängert sich die Periode der Spätfrostgefährdung. Prinzipiell sind hiervon alle landwirtschaftlichen Erträge betroffen, vor allem die Ernte im Obstbau kann starken Schaden nehmen oder sogar gänzlich ausfallen. Dies schließt die kommerziell betriebenen Obstplantagen, die überwiegend im Süden der Region zu finden sind, ein. Insbesondere im Rhein-Sieg-Kreis (vor allem Wachtberg, Meckenheim, Bornheim und Rheinbach) befinden sich große Obstanbauflächen. Auch im Rhein-Kreis Neuss (vor allem Jüchen und Korschenbroich), im Rheinisch-Bergischen Kreis (vor allem Leichlingen und Burscheid) und in vereinzelt weiteren Teilbereichen in Bonn, Leverkusen, Köln und im Rhein-Erft-Kreis wird in größerem Umfang kommerzieller Obstbau betrieben, der potenziell durch Spätfrostgefahr bedroht ist (s. Abb. 31).

Um der Spätfrostgefahr zu begegnen, ist die Wahl des Standorts wie auch die Auswahl geeigneter Obstarten und -sorten ausschlaggebend: Die verschiedenen Entstehungsarten von Frost (Strahlungsfrost, Strömungsfrost, Verdunstungskälte) werden durch bestimmte Lagen begünstigt, sodass mit dem Wissen um die Standorteigenschaften geeignete Präventionsmaßnahmen eingeleitet werden können, denn nicht jede Methode ist auch für jede Lage und Obstsorte sinnvoll. Je nach Situation kann der Frostgefahr mit Überkronenberegnungen, Luftumwälzung oder Heizen begegnet werden. Eine Beregnung mit Wasser bewirkt einen Temperaturanstieg, da Wasser beim Gefrieren Wärme an seine Umgebung abgibt. Die Umwälzung von Luftschichten durch Wind- und Gebläsemaschinen führt dazu, dass die sich in oberen Luftschichten befindende wärmere Luft nach unten geleitet wird. Eine weitere Möglichkeit ist das Beheizen der Pflanzen mit sogenannten Frostschutzkerzen. In jedem Fall ist es sinnvoll, mit anderen Betroffenen Erfahrungen auszutauschen. (Szalatnay/Wieland 2018)

Erläuterung zu den Planungshinweiskategorien: Die Anteile an Obstanbauflächen in den Kommunen wurden auf Basis des Digitalen Landschaftsmodells (DLM 50, Bezirksregierung Köln 2018) berechnet. Ab 3 % Flächenanteil an der Gemeindefläche wurde der Obstbau dargestellt und um angrenzende Obstanbauflächen benachbarter Gemeinden erweitert. Mit Signaturen wurden zudem kleinflächigere Obstanbaugebiete in der Region markiert (s. Abb. 31).

6.10 Trinkwassertalsperren und Schutzfunktion des Waldes

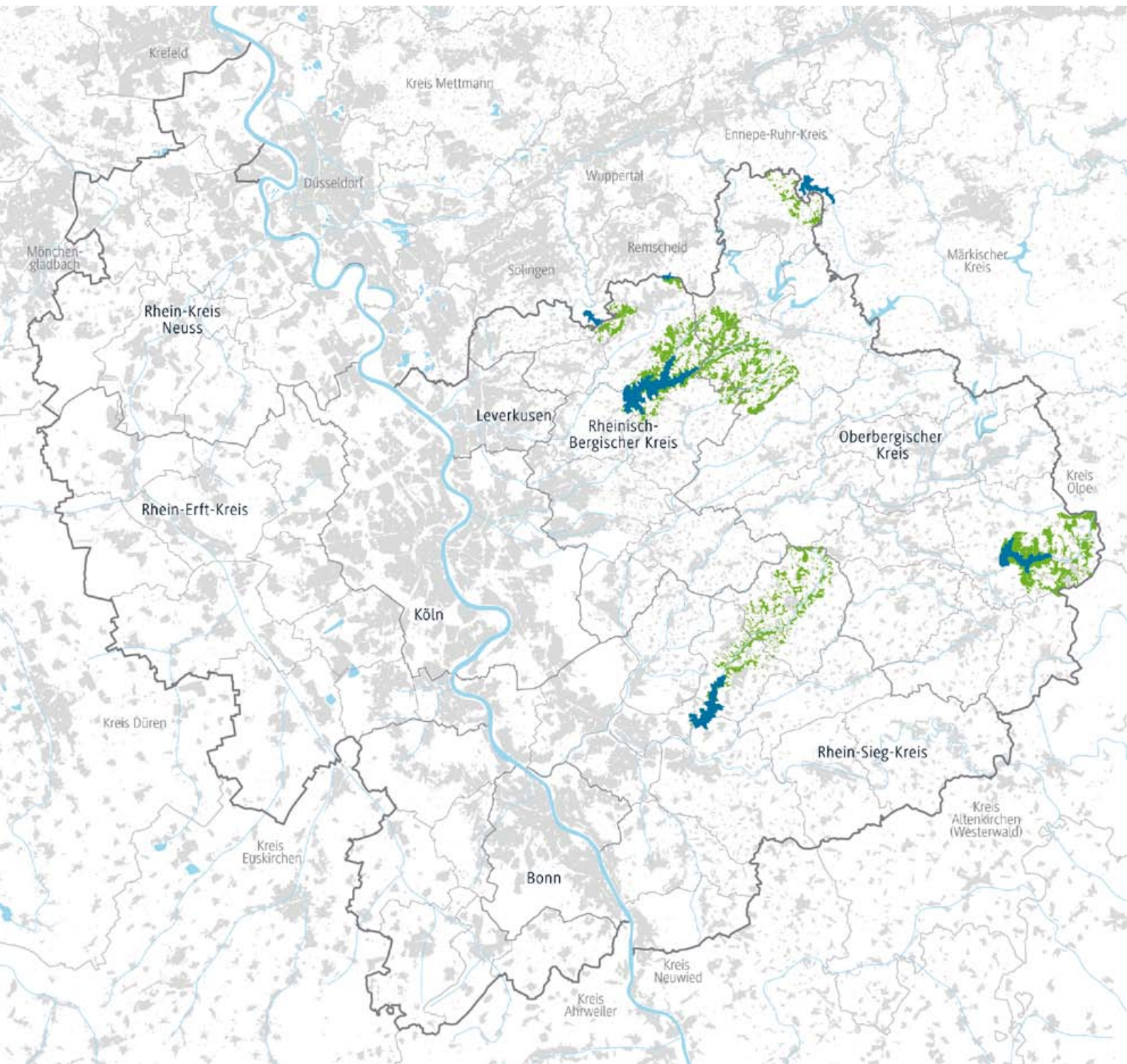


Abb. 32: Trinkwassertalsperren und Schutzfunktion des Waldes

(Quelle: eigene Darstellung agl/prc 2019)



(E1)

Für die Trinkwasserversorgung
genutzte Talsperren



(E2)

Wälder im Einzugsgebiet
der Trinkwassertalsperren

Die Zukunft: Talsperren gewähr- leisten die Trink- wasserversorgung

Auf die Gewinnung von Trinkwasser aus Talsperren ist im Zuge des Klimawandels ein besonderes Augenmerk zu legen, da das Bergische RheinLand aufgrund der hohen Talsperrendichte als wichtiger Wasserlieferant der Region gilt und die Wasserversorgung vieler Kommunen sichert.

Die Gewinnung von Wasser aus See- und Talsperren sowie aus Quellen ist stärker von klimatischen Einflüssen abhängig als die Gewinnung aus Grundwasserschichten und Uferfiltrat. Je nach Gewinnungsart zeigen sich im Klimawandel unterschiedliche Betroffenheiten (s. Abb. 32): Linksrheinisch trifft eine für Wassermenge und -qualität ungünstige klimatische Entwicklung (hohe Temperaturen, geringer Niederschlag) auf weniger sensitive Trinkwassergewinnungsarten (Grundwasser, Uferfiltrat). Rechtsrheinisch sind zwar sensitivere Wassergewinnungsarten (Talsperren, Quellen) vorhanden, dafür bestehen aber günstigere klimatische Einflüsse (niedrigere Temperaturen, mehr Niederschläge). Für das Bergische RheinLand, das Sauerland und das Siegerland stehen als Folgen des Klimawandels eine Verminderung der Grundwasserneubildung und verringerte Quellschüttungen sowie der stärkere Eintrag von Verunreinigungen in Oberflächengewässer infolge häufigerer Abschwemmungen durch Starkregen im Vordergrund. Den innerhalb der Einzugsgebiete der Talsperren liegenden Wäldern kommt daher eine wichtige Funktion als Wasserfilter und -speicher zu. Durch klimawandelbedingten Trockenstress, Windwurf oder Krankheitsbefall können die Waldfunktionen für die Trinkwasserproduktion zukünftig beeinträchtigt werden.

Das Ziel: die Wälder im Einzugs- gebiet der Trinkwasser- talsperren schützen

Zielsetzung:

- ▶ Erhalt bestehender, vor allem zusammenhängender Wälder
- ▶ nachhaltige und schonende Bewirtschaftung sowie klimaangepassten Waldumbau fördern
- ▶ kommunale Wasserversorgungskonzepte erstellen

Die Waldbestände in den Einzugsgebieten der Trinkwassertalsperren dienen der Regulierung des Wasserhaushalts und damit der Sicherung der Trinkwasserversorgung. Über regional- und bauleitplanerische Instrumente kann der Erhalt des Waldes gewährleistet werden. Eine konsequente Arrondierung der Wälder kann sinnvoll sein und deren Funktionalität stärken; hier ist eine Abwägung mit anderen Klimaanpassungszielen (vor allem Kaltluftentstehung und -abfluss auf landwirtschaftlichen Flächen) vorzunehmen.

Waldbauliche Maßnahmen, wie Naturverjüngung, Waldumbau mit klimaresilienten Baumarten oder Management des Landschaftswasserhaushalts können die Ausgleichsfunktionen des Waldes erhöhen. Ein artenreicher und altersgemischter Waldbestand kann flexibler auf Störungen reagieren als ein monostrukturierter Wald mit einheitlichen Altersklassen. Für die genannten Anpassungsschritte steht u. a. das Instrument des Vertragsnaturschutzes zur Verfügung.

Mit dem Inkrafttreten des neuen Landeswassergesetzes (LWG NRW) 2018 sind Gemeinden verpflichtet, ein Wasserversorgungskonzept vorzulegen und in regelmäßigen Abständen fortzuschreiben. Im Rahmen dieser Konzepte sollte auf den Zustand und potenzielle Beeinträchtigungen der Wasserfilter- und -speicherfunktion von Wäldern innerhalb des Einzugsgebiets eingegangen werden.

Erläuterung zu den Planungshinweiskategorien: Die Planungshinweiskarte (s. Abb. 32) zeigt die für die Trinkwasserversorgung in der Region Köln/Bonn bedeutenden Talsperren: Große Dhünn-Talsperre und Eschbachtalsperre (Wupperverband), Wiehltalsperre (Aggerverband) sowie Wahnachtalsperre (Wahnachtalsperrenverband). Darüber hinaus werden Trinkwassertalsperren dargestellt, deren Einzugsgebiete (LANUV 2017a) innerhalb der Region Köln/Bonn liegen, wenngleich die Talsperren selbst der Trinkwasserversorgung außerhalb der Region dienen: Ennepetal-sperre (Ruhrverband) und Sengbachtalsperre (Stadtwerke Solingen). In Abbildung 32 werden die Wälder, die innerhalb der Wassereinzugsgebiete der Talsperren liegen, auf Basis des Digitalen Landschaftsmodells (DLM 50, Bezirksregierung Köln 2018) dargestellt. Ihnen kommt eine wichtige Schutzfunktion für die Produktion und Qualität des Trinkwassers aus den Talsperren zu (vor allem Wasserfilter- und -speicherfunktionen). Die übrigen Waldflächen (s. Abb. 14) sind aus Gründen der Übersichtlichkeit in dieser Planungshinweiskarte nicht dargestellt.

6.11 Bergbaufolgelandschaften mit Klimaanpassungspotenzial

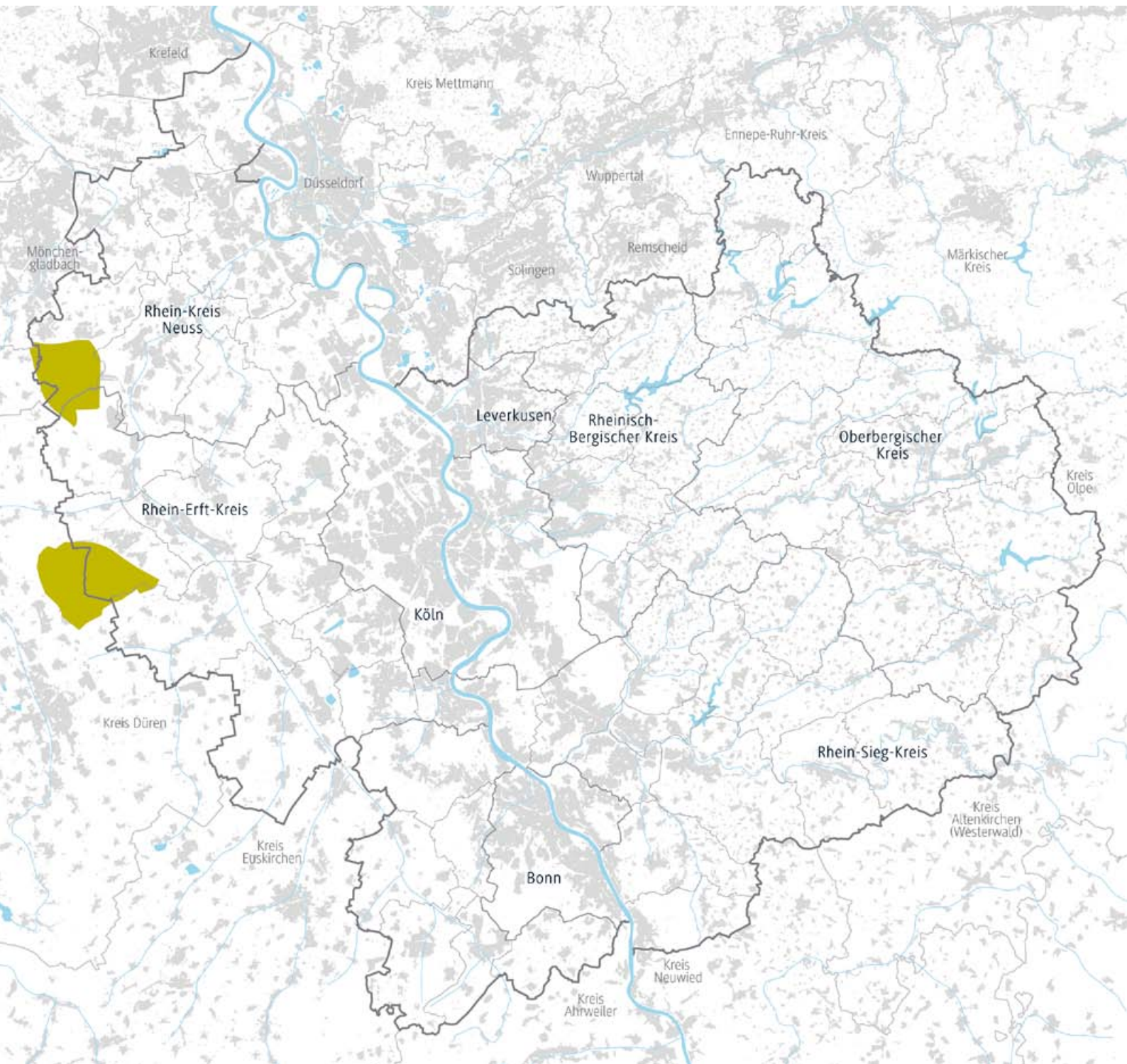


Abb. 33: Bergbaufolgelandschaften mit Klimaanpassungspotenzial

(Quelle: eigene Darstellung agl/prc 2019)



(B1)

Bergbaufolgelandschaft
mit Klimaanpassungspotenzial

Die Zukunft: Bergbaufolge- landschaften bieten Flächenpotenzial zur Klimaanpassung

Ehemalige und heute noch aktive Tagebaue und Kraftwerke prägen das Landschaftsbild des Rheinischen Reviers. Die anstehenden Transformationsprozesse der Bergbaufolgelandschaften bieten die Chance, die Neustrukturierung klimaangepasst zu gestalten.

Das Ziel: Klimawirksame Neugestaltung der Bergbaufolge- landschaften

Zielsetzung:

- ▶ Bergbaufolgelandschaften klimaangepasst entwickeln
- ▶ mit dem regionalen Freiraumsystem vernetzen
- ▶ Seenlandschaft als Frischluftschneise nutzen
- ▶ Wasserhaushalt klimaangepasst entwickeln

Bis 2030 ist der Braunkohleabbau im Rheinischen Revier gesichert. In den heute noch aktiven Großtagebauen in der Ville- und Börderegion, Garzweiler II, Hambach oder im unmittelbar an die Region Köln/Bonn angrenzenden Inden II, wird die Braunkohleförderung voraussichtlich in den kommenden 20 bis 30 Jahren eingestellt werden. Die Region steht vor der Aufgabe, die Folgelandschaften des Abbaus in ökologischer und ökonomischer Hinsicht strukturell zu transformieren. Hinsichtlich der klimatischen Veränderungen können die Bergbaufolgelandschaften in ihrer Nachnutzung und Rekultivierung zur Anpassung des Klimawandels genutzt und mit forstwirtschaftlichen, landwirtschaftlichen und dem Naturschutz dienenden Funktionen ausgestattet werden (s. Abb. 33).

Das Rheinische Revier gilt als größtes europäisches Braunkohleabbaugebiet. Bisher wurden ca. 300 km² Fläche für die Braunkohleförderung beansprucht, von denen mittlerweile ca. 210 km² rekultiviert sind (Krings 2019). Gemäß Bundesberggesetz (BBergG) ist eine Wiedernutzbarmachung bzw. Rekultivierung der Bergbaufolgelandschaften zwingend. Diese Neustrukturierung bietet ein besonderes Potenzial zur Anpassung an den Klimawandel. Nachnutzungen können forst- oder landwirtschaftlicher Art sein bzw. der Schaffung, Erhaltung und Vernetzung von Ökosystemen dienen. Künstlich angelegte Seen stellen einerseits Naherholungsgebiete dar, andererseits können sie Abkühlungseffekte erzeugen und als Flächen zum Wasserrückhalt genutzt werden.

Durch die Absenkung des Grundwassers wird Sumpfungswasser in die Erft geleitet. Nach Ende der Bergbauaktivitäten wird eine Umgestaltung des Wasserhaushalts notwendig: Zum einen sind langfristige Auswirkungen wie die Verschmutzung des Grundwassers, die Absenkung des Grundwasserspiegels und eine Verringerung der Trinkwasserqualität zu vermeiden (Gerstner et al. 2002). Zum anderen lassen sich Potenziale aus der Schaffung und Gestaltung von Seenlandschaften sowie aus einer geringeren Hochwassergefährdung aufgrund des zukünftig geringeren Durchflusses der Erft ziehen.

Erläuterung zur Planungshinweiskategorie: Die Nutzungskategorien Tagebau, Grube und Steinbruchflächen mit einer Flächengröße über 1.000 ha (Digitales Landschaftsmodell (DLM 50, Bezirksregierung Köln 2018)) wurden für die Darstellung herangezogen und leicht arrondiert (s. Abb. 33).

6.12 Niedrigwasserrisiko am Rhein

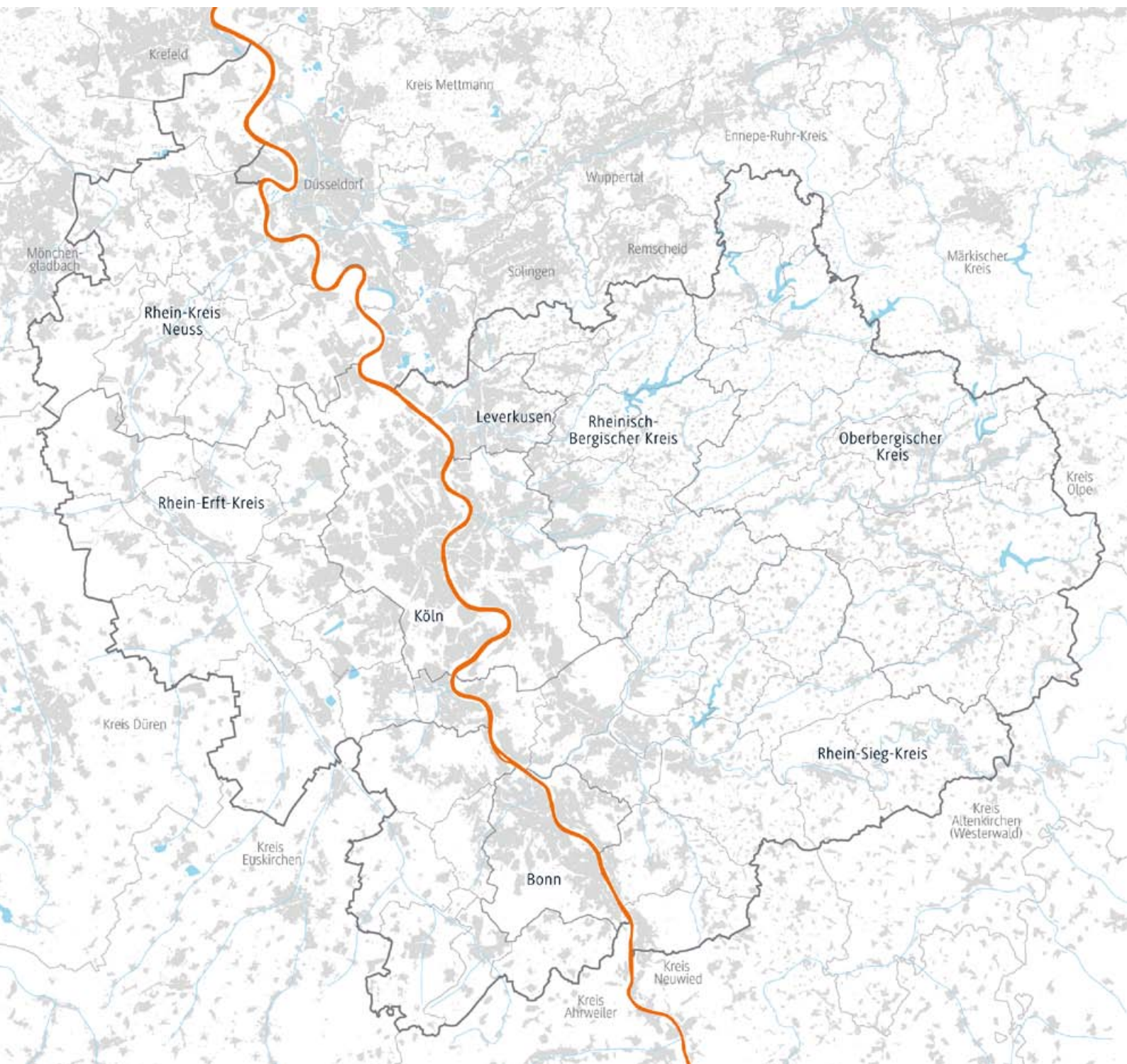


Abb. 34: Niedrigwasserrisiko am Rhein

(Quelle: eigene Darstellung agl/prc 2019)



(N1)

Niedrigwasserrisiko am Rhein

Die Zukunft: das Niedrigwasserrisiko steigt und damit die Gefahr von Versorgungsengpässen

Das Niedrigwasser am Rhein im Jahr 2018 als Folge einer langen Trockenperiode hat gezeigt, welche Konsequenzen damit für die Energiewirtschaft, Wasserversorgung, Binnenschifffahrt und Gewässerökologie verbunden sein können.

Das Ziel: Versorgungssicherheit gewährleisten

Zielsetzung:

- Maßnahmen zur Anpassung an Folgen von Niedrigwasser

Mit dem Anstieg der Jahresmitteltemperatur im Zuge des Klimawandels werden Hitzewellen und lang anhaltende Trockenperioden deutlich zunehmen. Dadurch steigt das Niedrigwasserrisiko am Rhein (s. Abb. 34). Beeinträchtigungen bei der Energieerzeugung und der Versorgung mit Gütern, die zum Großteil per Binnenschifffahrt in die Region Köln/Bonn gelangen, können somit zukünftig häufiger auftreten. Gleichzeitig ist aufgrund steigender Einwohnerzahlen und anhaltender wirtschaftlicher Dynamik in der Region Köln/Bonn zukünftig von einer potenziell höheren Nachfrage nach Energie, bestimmten Gütern (z. B. Kraftstoff) oder auch nach Trink- und Brauchwasser auszugehen. Darüber hinaus dürfte die Nachfrage nach Wasser zum Zweck der Bewässerung und der Kühlung steigen. Die Situation könnte also durch eine steigende Nachfrage zusätzlich verschärft werden.

Anlagen zur Energieversorgung, die auf die Nutzung von Kühlwasser aus Fließgewässern angewiesen sind, können im Falle von Niedrigwasserereignissen in ihrer Leistung nachhaltig beeinträchtigt werden. Kraftwerke können so nicht mehr die volle Leistung fahren oder müssen ganz vom Netz genommen werden. Wirtschaftliche Nachteile entstehen zudem durch eine geringere Stromproduktion und durch Versorgungsengpässe auf Wasserstraßen bei Einschränkung der Binnenschifffahrt. Durch die Unterschreitung des nautisch relevanten gleichwertigen Wasserstands sind die Transportkapazitäten eingeschränkt.

Dies führte beispielsweise im Hitzesommer 2018 in der Region Köln/Bonn zu Lieferengpässen bei Benzin- und Dieselmotorkraftstoff. Ausweichende Transportmöglichkeiten auf Schienen und Straßen sind nicht möglich, da auch hier die Kapazitäten unzureichend sind. Die Wasser- und Energiewirtschaft sowie weitere betroffene Wirtschaftssektoren stehen vor der Herausforderung, alternative Transportketten und Versorgungsmöglichkeiten aufzuzeigen.

Erläuterung zur Planungshinweiskategorie: Der Rhein ist als schiffbares Gewässer eine zentrale Verkehrsachse in der Region. Die Gewässerfläche (Digitales Landschaftsmodell (DLM 50, Bezirksregierung Köln 2018)) wurde leicht generalisiert (s. Abb. 34).

[104] **6.13 Systemrisiko für Infrastrukturen durch Windwurf**

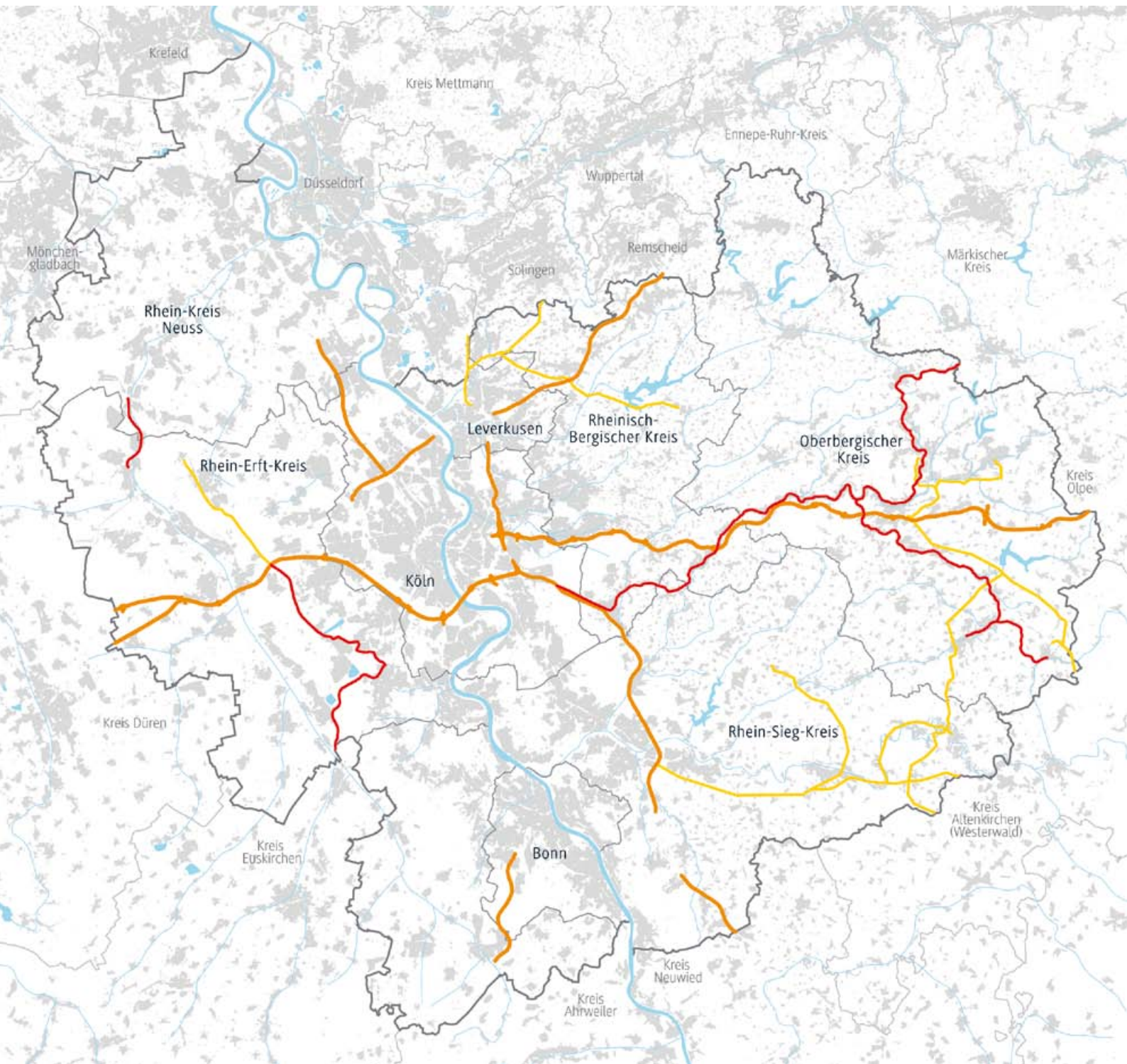


Abb. 35: Systemrisiko für Infrastrukturen durch Windwurf
(Quelle: eigene Darstellung agl/prc 2019)

— (I1)

Systemrisiko durch Windwurf
an Bundesautobahnen

— (I2)

Systemrisiko durch Windwurf
am überörtlichen Schienenverkehr

— (I3)

Systemrisiko durch Windwurf
an Freileitungen ab 110 kV

Die Zukunft: steigendes Systemrisiko bei Infrastrukturnetzen durch Windwurf

Stürme können durch Windwurf massive Schäden an Infrastrukturen anrichten. Gegenwärtig können aus den Klimamodellrechnungen zwar noch keine belastbaren Schlüsse gezogen werden, dennoch müssen Risiken durch möglicherweise zunehmende Starkwind- und Sturmereignisse vorsorgend Berücksichtigung finden.

Das Ziel: Reduzierung des Systemrisikos durch Windwurf

Zielsetzung:

- ▶ Abstände zu kritischen Infrastrukturen einhalten
- ▶ Waldränder zur Reduktion des Windwurfrisikos umbauen
- ▶ Infrastrukturen gegenüber Windwurf sichern

Umgeknickte und entwurzelte Bäume können auf Straßen, Schienen und Leitungen fallen und so das Verkehrswege- und Energienetz erheblich beeinträchtigen. Die Störungen reichen bei Infrastrukturnetzen oftmals weit über den direkten Einwirkungsort hinaus. Dies kann zu systemischen Störungen großräumiger Einheiten des Infrastrukturnetzes führen. Deshalb ist ein Sicherheitsabstand zu Gehölzstreifen und Wäldern zu gewährleisten. Im Sinne der Risikovorsorge ist deshalb wichtig, mittel- bis langfristig einen klima- und insbesondere windstabilen Waldumbau voranzutreiben. Die Anpassung des Waldes ist heute schon Aufgabe der öffentlichen und privaten Waldbesitzer.

Aber auch ein Ausbau und eine intensivere Nutzung der Verkehrs- und Versorgungsinfrastruktur in der Region können das Systemrisiko durch Windwurf erhöhen; umso wichtiger ist die Sicherung der Infrastrukturen im Bereich systemrelevanter Mobilitätsachsen und Energieversorgungsstrassen.

Die potenziellen Beeinträchtigungen oder Unterbrechungen von Infrastrukturen, die beispielsweise die Versorgung der Bevölkerung mit Gütern und Dienstleistungen oder überregionale Transportketten sicherstellen, machen eine Betrachtung des Systemrisikos durch Windwurf notwendig. Maßnahmen zur Reduktion des Systemrisikos zielen zum einen darauf ab, ausreichende Abstände zwischen Infrastrukturtrassen und Waldflächen sowie Gehölzstreifen einzuhalten und diese auch konsequent umzusetzen. Zum anderen geht es um eine klimaangepasste, windstabile Entwicklung der Waldränder. Gestufte Waldränder können Sturmschäden reduzieren: Vorgelagerte Baumreihen unterschiedlicher Höhe mindern die Kraft, die auf den dahinterliegenden Wald wirkt (StMELF 2018).

Zur Anpassung der Waldbestände kann u. a. das Instrument des Vertragsnaturschutzes angewendet werden. Vor dem Hintergrund, dass 63 % des Waldes in NRW im Privatbesitz sind, bieten sich Vertragsschlüsse zwischen Verwaltung und privaten Waldbesitzern an (MULNV NRW 2018c). In einigen Bereichen existieren bereits heute bauliche Anlagen (z. B. größere Beton-schutzwände entlang der A3 um Köln und der A4 südlich von Köln), die die Windwurfgefährdung verringern. Diese Anlagen gilt es auch zukünftig zu sichern.

Erläuterung zu den Planungshinweiskategorien: Die Planungshinweiskategorie zeigt die für die Region bedeutsamen Infrastrukturen: das regional bedeutsame Straßennetz (Autobahnen), die schienengebundene Verkehrsinfrastruktur (Bahn) auf Basis des Digitalen Landschaftsmodells (DLM 50, Bezirksregierung Köln 2018) sowie das Energienetz (110-kV-Leitungen, LANUV 2017a). Befinden sich in einem Abstand von 30 m zu diesen Infrastrukturen Waldflächen (DLM 50, Bezirksregierung Köln 2018), so wird von einem erhöhten Systemrisiko durch Windwurf ausgegangen. Allerdings können auch Gehölzstreifen oder Einzelbäume entlang von Infrastrukturtrassen eine Gefährdung darstellen und das Systemrisiko erhöhen. Hier fehlen detailliertere Datengrundlagen. Insofern stellt die Karte eine erste Annäherung an das Systemrisiko für Infrastrukturen durch Windwurf dar und verdeutlicht insbesondere den Zusammenhang zwischen einem lokalen Schadensereignis und dessen regionalen Auswirkungen.



Welchen Beitrag leisten die Fachplanungen?

Den überörtlichen wie auch den kommunalen Fachplanungen kommt eine wichtige Rolle bei der Anpassung an den Klimawandel zu. Die Akteure der unterschiedlichen Fachsektoren, wie Wasserwirtschaft, Landwirtschaft, Wald und Forstwirtschaft oder Naturschutz, verfügen über spezifische Kompetenzen, Informationen und Ressourcen, die eine wichtige Hilfestellung bei der Konzeption und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen darstellen können. Dieses Kapitel verweist auf die verschiedenen Informationsquellen und Angebote, die von den Fachplanungen zur Anpassung an den Klimawandel zur Verfügung gestellt und von den privaten, gewerblichen und kommunalen Akteuren in der Region Köln/Bonn genutzt werden können.

Die kommunale Ebene hat im Hinblick auf die Umsetzung von Maßnahmen eine tragende Rolle. Die vielfältigen Beiträge der Fachplanungen werden durch fachspezifische Informationsangebote ergänzt und fügen sich in die Gesamtstrategie ein.

7.1 Wasserwirtschaft

Die Wasserwirtschaft ist eines der zentralen Handlungsfelder, wenn es um die Anpassung an den Klimawandel geht. In erster Linie geht es um die möglichen Veränderungen in der Häufigkeit und Intensität von Hochwasserereignissen mit der Folge von Überschwemmungen, Starkregenereignissen und Sturzfluten. Darüber hinaus bestehen auch Herausforderungen für weitere Bereiche der Wasserwirtschaft, wie beispielsweise Trinkwasserversorgung, Grundwasserstände, Wasserqualität, Gewässerökologie oder Kühlwasserverfügbarkeit. Veränderte Temperatur- und Niederschlagsmuster werden vermutlich alle Bereiche der Wasserwirtschaft betreffen.

Für die Kommunen in der Region Köln/Bonn sind die Herausforderungen im Handlungsfeld Wasserwirtschaft daher vielfältig und reichen von der Risikovorsorge gegenüber Überschwemmungs- und Sturzflutereignissen über die Trinkwasserver- und Abwasserentsorgung bis hin zu Aspekten wie Nutzungskonkurrenzen bei der Bewässerung oder Freizeitnutzung von Gewässern.

Seit dem Inkrafttreten des neuen Landeswassergesetzes (LWG NRW) 2018 sind Gemeinden verpflichtet, ein **Wasserversorgungskonzept** vorzulegen und in regelmäßigen Abständen fortzuschreiben. Darin sind neben dem aktuellen Stand der Wasserversorgung die zukünftige Sicherung der Trinkwasserversorgung und -qualität zu beschreiben. In die Bewertung der zukünftigen Wasserversorgung sollen auch Gefährdungen durch äußere Einflüsse einbezogen werden, wozu neben extremer Trockenheit beispielsweise Hochwasser- und Starkregenereignisse zählen. Somit bilden die kommunalen Wasserversorgungskonzepte eine Klammer zur integrierten und zukunftsgerichteten Betrachtung wasserwirtschaftlicher Herausforderungen vor dem Hintergrund des Klimawandels.

Maßnahmenswerpunkte zur Anpassung der Wasserwirtschaft im Rahmen der Klimawandelvorsorge betreffen die Bereiche Hochwasser und Überschwemmungen, Starkregen und Sturzfluten sowie Trinkwasser:

- Hochwasser und Überschwemmungen:
 - Festsetzung von Überschwemmungsgebieten
 - Sicherung bzw. Reaktivierung von Abflussrinnen und Abflussbereichen
 - Sicherung und Schaffung von Retentionsräumen
 - technischer Hochwasserschutz
 - Vorbereitung von Gefahrenabwehr und Katastrophenschutz
 - Risiko- und Bauvorsorge
 - Information der Bevölkerung sowie Öffentlichkeitsarbeit
 - Definition und Erfassung hochwassersensibler und kritischer Infrastrukturen, z. B. kulturelle/soziale Einrichtungen, technische Infrastruktur (Telekommunikation, Energiewirtschaft, Verkehr etc.),
 - Entwicklung von Prüfinstrumenten für die Selbstprüfung gefährdeter Unternehmen
 - Umsetzung von Projekten zum Hochwasserrisikomanagement, zur wassersensiblen Stadtentwicklung, zum hochwasserangepassten Bauen, zur Erhöhung des Schutzniveaus kritischer/sensibler Infrastrukturen sowie zur Gewässer- und Auenentwicklung
- Starkregen und Sturzfluten:
 - Definition und Erfassung von durch Sturzfluten besonders gefährdeten Bereichen
 - Umsetzung von Projekten zur Erhöhung des Schutzniveaus kritischer und sensibler Infrastrukturen sowie von Siedlungsrandern in besonders durch Sturzfluten gefährdeten Bereichen
 - Information der Bevölkerung sowie Öffentlichkeitsarbeit
- Trinkwasser:
 - Anpassung von Bewirtschaftungsplänen der Talsperrenbetreiber
 - Diversifizierung der Trinkwasserversorgung durch die kommunalen Wasserversorger

Zur Deckung des Bedarfs an Informationen und Hilfestellungen zur Gestaltung der Wasserpolitik auf kommunaler Ebene wird von den Fachbehörden ein großes Angebot, insbesondere zum Bereich Hochwasser, zur Verfügung gestellt.

Unterstützungsangebote des Ministeriums für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MULNV NRW)

Das MULNV NRW unterstützt sowohl Kommunen als auch Bevölkerung, Gewerbetreibende und weitere Fachakteure durch ein umfangreiches Informationsangebot. Ausgangspunkt ist die in der Publikation „Klimawandel und Wasserwirtschaft – Maßnahmen und Handlungskonzepte in der Wasserwirtschaft zur Anpassung an den Klimawandel“ (MKULNV NRW 2011c) skizzierte Strategie zum Umgang mit den vielfältigen Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft. Zentraler Anlaufpunkt für Kommunen ist das Portal „Flussgebiete NRW“ (MULNV NRW 2019h), das Informationen zur Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (Richtlinie 2000/60/EG) und der Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (Richtlinie 2007/60/EG) für Akteure auf der kommunalen Ebene vorhält. Vor dem Hintergrund des Klimawandels müssen sich Kommunen bezüglich der eigenen Entwicklungsabsichten insbesondere fragen, wie sie den aus Hochwasser- und Starkregenereignissen entstehenden Risiken entgegentreten sollen. Zum Risikomanagement in Kommunen bietet „Flussgebiete NRW“ verschiedene Informationsquellen und praxisorientierte Handlungshilfen (MULNV NRW 2019b).

Arbeitshilfe kommunales Starkregenrisikomanagement

Starkregenereignisse wie im Juni 2016, als in der Region Köln/Bonn vor allem Wachtberg im Rhein-Sieg-Kreis und der Rhein-Kreis Neuss oder im Juni 2018 die Städte Leichlingen, Overath und Rösrath im Rheinisch-Bergischen Kreis betroffen waren, zeigen immer wieder die erheblichen Sachschäden, die durch extreme Niederschlagsereignisse hervorgerufen werden und dass auch Menschen unmittelbar gefährdet sind. Infolge des Klimawandels können diese Ereignisse zukünftig häufiger auftreten. Daher sind kommunale Konzepte zum Umgang mit Starkregenereignissen insbesondere in hochgefährdeten Lagen notwendig. Das MULNV NRW hat zu diesem Zweck die „Arbeitshilfe kommunales Starkregenrisikomanagement“ (MULNV NRW 2018a) erstellt, die praxisorientierte Hilfestellungen und ein einheitliches Vorgehen zur Risikominderung bietet.

Informationsquellen zu Hochwassergefahren und Hochwasserrisiken

Auch der Umgang mit den von Fließgewässern ausgehenden Überschwemmungsgefahren fordert die Kommunen in der Region Köln/Bonn heraus. Hochwassergefahren bestehen nicht nur am Rhein, sondern auch an dessen Zuflüssen wie Erft, Sieg oder Wupper und an den weiteren Nebengewässern. Eine wichtige Informationsgrundlage für die Planung und Umsetzung von Maßnahmen sowie die Eigenvorsorge auf kommunaler Ebene sind die Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten, die über die Seite „Flussgebiete NRW“ zugänglich sind (MULNV NRW 2019i). Zur Unterstützung bei der Auswertung der Karten stellt die Seite eine Lesehilfe sowie für jede Kommune eine Zusammenfassung der wichtigsten Informationen in einem Steckbrief zur Verfügung (MULNV NRW 2019d). Adressgenau lassen sich Gefährdungen über die Seite „NRW Umweltdaten vor Ort“ (MULNV NRW 2019f) oder das Fachinformationssystem für die Wasserwirtschaft in NRW, ELWAS (MULNV NRW 2019g), prüfen.

Zur verbesserten Zusammenarbeit der Beteiligten bei Hochwasserschutz und Überflutungsschutz auf kommunaler Ebene hat die Kommunalagentur mit Förderung des Landes NRW den Praxisleitfaden „Hochwasser- und Überflutungsschutz – Ansätze für eine fachübergreifende Zusammenarbeit innerhalb der Kommunalverwaltung zum Hochwasserrisikomanagement“ erstellt. Dieser zeigt auf, wie kommunale Akteure gemeinsam die Herausforderungen, die sich sowohl aus dem Hochwasser- als auch dem Überflutungsschutz ergeben, meistern können (Kommunalagentur 2015).

Unterstützung bei der Planung und Umsetzung von Maßnahmen

Für die Planung und Umsetzung von Maßnahmen zum Hochwasserrisikomanagement stehen neben den kommunalen Steckbriefen auch Broschüren mit vertiefenden Informationen zum Risikomanagement sowie Textbausteine für die Vermittlung von Informationen an die Bevölkerung über Hochwassergefahren und Möglichkeiten zur Eigenvorsorge zur Verfügung (Kommunalagentur 2015).

Die sich für die Kommunen aus dem Klimawandel ergebenden Herausforderungen der Stadtentwässerung

zung greift das LANUV im Fachbericht „Klimawandel in Stadtentwässerung und Stadtentwicklung“ (KISS; LANUV 2013) auf. Insbesondere die Potenziale ämterübergreifender Planung werden hier dargestellt.

Stärkung der Eigenvorsorge der Bevölkerung

Anpassungsmaßnahmen auf kommunaler Ebene können potenziell großen Schaden mindern, bringen allerdings nicht alleine die Lösung. Sie müssen durch eine umfassende Risikovorsorge an den Gebäuden selbst flankiert werden. Das geht nicht ohne ein Mitwirken der Bevölkerung. Es reicht nicht aus, auf die Hochwasser- und Starkregengefahr hinzuweisen: Es muss auch zur Eigenvorsorge angeregt werden. Mit dem Hochwasser-Pass, einer Initiative des Hochwasser-KompetenzCentrums e.V., können sich Betroffene ein Bild über ihr individuelles Überschwemmungsrisiko machen. Dazu finden sich auf der Website die wichtigsten Informationen zu möglichen Gefahren in verständlicher Sprache (HKC 2019).

Fachinformationssystem (FIS) Klimaanpassung des LANUV

Das LANUV stellt im FIS Klimaanpassung ausgewählte Grundlagendaten und Informationen zur möglichen, durch den Klimawandel bedingten Entwicklung der Wasserhaushaltsgrößen Gesamtabfluss, Evapotranspiration, Grundwasserneubildung sowie der klimatischen Wasserbilanz zur Verfügung (LANUV 2019d). Für das Klimafolgenmonitoring in NRW wurden für den Umweltbereich Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz folgende Indikatoren ausgewählt: klimatische Wasserbilanz, Gewassertemperatur, mittlerer Abfluss, Grundwasserstand, Grundwasserneubildung sowie Evapotranspiration (LANUV 2018a). Außer für die klimatische Wasserbilanz und Evapotranspiration werden die Messungen an Beispielstationen durchgeführt. Zudem verweist das LANUV auf den Hochwassermeldedienst NRW, über den aktuelle Pegelstände und Warnhinweise abrufbar sind.

Aktivitäten der Wasserverbände

Wichtige Akteure im Bereich des Hochwasserschutzes und der Trinkwasserversorgung sind zudem die Wasserverbände. Für die Region Köln/Bonn sind insbesondere der Aggerverband, der Erftverband, der Wahnbachtalsperrenverband, der Wasserverband Rhein-Sieg-Kreis und der Wupperverband zu nennen. Je nach Aufgaben und Rahmenbedingungen im jeweiligen Zuständigkeitsbereich greifen die Verbände das Thema Klimawandel unterschiedlich auf. Zentrale Fragen sind beispielsweise Trockenzeiten und Trinkwasserversorgung, Niedrigwasseraufhöhung, Gewässerentwicklung und Abwasserreinigung, Hochwasserschutz und Starkregen. Im Rahmen vielfältiger Forschungsaktivitäten konnten hierzu wichtige Erkenntnisse gewonnen werden, u. a. folgende Projekte

- WASKlim – Wasserwirtschaftliche Anpassungsstrategien an den Klimawandel (2007–2009, im Auftrag des UBA; UDATA GmbH 2010), unter Beteiligung des Wupperverbands
- BINGO – Bringing innovation to ongoing water management – a better future under climate change (2015–2019, gefördert im Rahmen von Horizon 2020; LNEC 2017), unter Beteiligung des Wupperverbands
- TASK – Talsperren Anpassungsstrategie Klimawandel (2017–2019, gefördert vom BMU; SYDRO Consult GmbH 2019), unter Beteiligung von Aggerverband, Wahnbachtalsperrenverband und Wupperverband

Im Verbundprojekt dynaklim – Dynamische Anpassung regionaler Planungs- und Entwicklungsprozesse an die Auswirkungen des Klimawandels (2009–2014, gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF; FiW 2018) haben das IWW Zentrum Wasser und die Rheinisch-Westfälische Wasserversorgungsgesellschaft im Teilprojekt „Sichere Wasserversorgung im Klimawandel“ Wege zur Klimawandelanpassung der Trinkwasserversorgung erarbeitet. Über eine im Projekt entwickelte Analyse-methode für die Wasserversorgungssicherheit im Klimawandel wurden mögliche Anpassungsoptionen an sich verändernde Rahmenbedingungen abgeleitet. Die in der Emscherregion erarbeiteten Ergebnisse sind für andere Wasserversorger in der Broschüre „Sichere Wasserversorgung im Klimawandel“ praxisnah aufbereitet (IWW Zentrum Wasser 2014).

7.2 Wald und Forstwirtschaft

Die Klimaänderungen bringen für die Waldwirtschaft vielfältige Herausforderungen mit sich: Hierzu zählen die notwendige Neubewertung der Standorteignung von Baumarten aufgrund veränderter Temperatur- und Niederschlagsmuster, möglicherweise zunehmende Windwurfisiken oder die potenzielle Zunahme von Schädlingsbefall (MULNV NRW 2018b).

Für die Städte und Gemeinden in der Region Köln/Bonn bestehen Handlungserfordernisse vor allem dann, wenn eigene Waldgebiete bewirtschaftet werden. Die kommunalen und privaten Waldbesitzer wie auch die staatlichen Forstämter müssen sich die Frage stellen, wie die vielfältigen Waldfunktionen bzw. Ökosystemleistungen der Wälder aufrechterhalten und verbessert werden können – gerade dann, wenn sich das Klima ändert. Maßnahmenswerpunkte im Bereich der Forstwirtschaft im Rahmen der regionalen KWVS betreffen

- den Erhalt der klimawirksamen Waldgürtel und die Stärkung ihrer klimaökologischen Funktionen,
- die konsequente Umsetzung einer klimawandelangepassten Waldwirtschaft (Erhöhung der Stabilität und Resilienz der Wälder sowie Verringerung des Risikos von Waldschäden für die Forstbetriebe),
- den Waldumbau zur Begegnung des Windwurfisikos, insbesondere im Umfeld sensibler Infrastrukturen,
- die Prüfung, ob ggf. eine systematische Waldmehrung in Teilbereichen der Region den klimaökologischen Ausgleich unterstützen könnte, und
- Bildungsangebote zum Thema „Waldwirtschaft im Klimawandel“.

Die Fachplanungen stellen eine Reihe von Informationsmaterialien und Instrumenten zur Verfügung.

Anpassungsstrategie „Wald und Waldmanagement im Klimawandel“ des MULNV NRW

Die vom MULNV NRW veröffentlichte Anpassungsstrategie „Wald und Waldmanagement im Klimawandel“ (MULNV NRW 2018d) beschreibt die Auswirkungen des Klimawandels auf Wälder und Waldbewirtschaftung in NRW sowie Maßnahmen zur Anpassung der Wälder und des Waldmanagements. Für die vier Themenbereiche „Wald und Waldbewirtschaftung“, „Biodiversität im Wald und Waldnaturschutz“, „Forst- und Holzwirtschaft“ sowie „Wald und Gesellschaft“ skizziert die Strategie 49 Umsetzungsmaßnahmen in 18 Handlungsfeldern. Ziel ist es, die Stabilität und Widerstandskraft (Resilienz) der Wälder im Klimawandel zu erhöhen und das Risiko von Waldschäden zu verringern. Dies soll dazu dienen, die vielfältigen Waldfunktionen auch zukünftig sicherzustellen. Bei der Anpassung der Wälder kommt standortgerechten und strukturierten Mischbeständen aus überwiegend heimischen Baumarten eine besondere Rolle zu.

Waldbaukonzept Nordrhein-Westfalen

Die im „Waldbaukonzept Nordrhein-Westfalen“ (MULNV NRW 2018c) veröffentlichten Empfehlungen für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung basieren auf aktuellen forstwirtschaftlichen Erkenntnissen und richten sich an alle Waldakteure. Das Waldbaukonzept thematisiert waldbauliche Grundsätze und spezifische Waldentwicklungstypen mit Standortbezug und Baumartenmischungen, gibt konkrete waldbauliche Behandlungsempfehlungen für Waldbestände sowie Hinweise zu Naturschutz, Wildmanagement, Waldschutz und Holzverwendung. Darüber hinaus werden auch das Klima und dessen Veränderung angesprochen, z. B. die Veränderung der Standortfaktoren im Klimawandel. Der Landesbetrieb Wald und Holz NRW bietet im Rahmen des forstlichen Fortbildungsprogramms spezifische Schulungen zum neuen Waldbaukonzept an. Über die Forstämter und die Fachstelle Waldbau gibt es Beratungen. Über die Förderrichtlinien für forstliche Maßnahmen im Privat- und Kommunalwald können waldbauliche Maßnahmen finanziell gefördert werden.

Forstliche Boden- und Standortkarten

Die forstlichen Boden- und Standortkarten sind eine wichtige Informationsgrundlage für die waldbauliche Planung und die Anwendung des neuen Waldbaukonzepts. Der Geologische Dienst NRW erstellt die forstlichen Boden- und Standortkarten für die Landesforstverwaltung NRW (GD NRW 2019). Für große Teile von Nordrhein-Westfalen ist die hochauflösende forstliche Bodenkarte im Maßstab 1:5.000 verfügbar, so auch nahezu flächendeckend für das Rheinland. Ergänzend ist seit Ende 2018 auch eine landesweite forstliche Standortkarte in geringerer Auflösung verfügbar. Die forstlichen Boden- und Standortkarten erlauben eine Zuordnung der Eignung von forstlichen Hauptbaumarten zu verschiedenen Standortbedingungen. Dies wird um verschiedene Szenarien des Klimawandels ergänzt. Seit Ende 2018 wird ein Großteil der forstlichen Boden- und Standortkarten in digitaler Form angeboten, insbesondere über das neue Internetportal Waldinfo.NRW. Der Dienst kann auch in ein GIS bzw. WebGIS (z. B. TIM-Online, GEOviewer des GEOportal.NRW oder lokales GIS) eingebunden werden (GD NRW 2019).

Internetportal Waldinfo.NRW

Das Internetportal Waldinfo.NRW (MULNV NRW 2019c) umfasst öffentlich zugängliche Informationen zu den Wäldern Nordrhein-Westfalens in Form von digitalen Karten, u. a. zu Waldfläche, Waldtypen, Boden- und Standorteigenschaften, Klima, Waldbewirtschaftung, Waldnaturschutz, Erholungsnutzung im Wald, Gefahrenabwehr und Forstverwaltung. Das Internetportal Waldinfo.NRW hält auch die forstlichen Boden- und Standortkarten als wichtige Grundlage für die waldbauliche Planung und die Anwendung des neuen Waldbaukonzepts NRW vor. Aus einem Forschungsprojekt der Landesforstverwaltung mit der Universität Göttingen wurden zudem Karten zur Eignung ausgewählter Hauptbaumarten für ein be-

stimmtes Klimawandelszenario eingestellt. Darüber hinaus verweist das Portal auf Fachpublikationen der Landesforstverwaltung und weiterführende Websites der Landesverwaltung (MULNV NRW 2019c).

Informationen des MULNV NRW

Auf den Websites „Wald und Klima“ sowie „Waldbewirtschaftung“ (MULNV NRW 2019j, k) finden sich ein Überblick zum Thema Wald und Waldbewirtschaftung im Klimawandel sowie eine Waldfunktionenkarte und die Wald-CO₂-Inventur für Nordrhein-Westfalen. Dies gilt gleichermaßen für die Anwendung „Forsteinrichtung“ des Waldinformati-onssystems NRW (KlimaWIS.NRW-FE) der Landesforstverwaltung.

Informationen des Landesbetriebs Wald und Holz NRW

Auch der Landesbetrieb Wald und Holz NRW stellt Informationen zum Thema Wald im Klimawandel zur Verfügung. Auf der Website finden sich Informationen zu vielfältigen Aspekten wie forstlichen Standorten, Waldbau, forstlichem Vermehrungsgut, Forstplanung, Waldschutz, Waldnaturschutz, Erholungsnutzung im Wald und Waldarbeit (Landesbetrieb Wald und Holz NRW 2019). Darüber hinaus hat der Landesbetrieb den „Forstlichen Fachbeitrag für die Fortschreibung des Regionalplanes der Bezirksregierung Köln“ erstellt, in dem Fakten zum Waldbestand im Regierungsbezirk Köln zusammengetragen und Ziele dazu formuliert sind, wie die Gesellschaft mit den Wäldern umgehen soll (Landesbetrieb Wald und Holz NRW 2018). Für den Regierungsbezirk Düsseldorf wurde der „Forstliche Fachbeitrag zum Regionalplan Planungsregion Düsseldorf“ erarbeitet (Landesbetrieb Wald und Holz NRW 2013). In beiden Fachbeiträgen werden auch die Herausforderungen durch den Klimawandel thematisiert.

Informationen des LANUV

Das LANUV stellt die auch für die Waldbewirtschaftung relevanten Klimadaten und Prognosen zum Klimawandel bereit. Über das forstliche Umweltmonitoring werden zudem wichtige Grundlagendaten erhoben und im Rahmen der Umweltindikatoren und der Berichterstattung des Waldzustandsberichts veröffentlicht. Das Klimafolgenmonitoring Nordrhein-Westfalen informiert für den Umweltbereich Forstwirtschaft über die veränderten klimatischen Bedingungen in NRW zur Waldbrandgefahr sowie zur Phänologie der Buche (LANUV 2019h). Das LANUV stellt über das Fachinformationssystem (FIS) Klimaanpassung Grundlagendaten und Informationen zum Handlungsfeld Wald und Forstwirtschaft bereit. Anhand des Parameters Waldbrandrisiko werden exemplarisch die Auswirkungen des Klimawandels auf den Wald aufgezeigt (LANUV 2019g). Speziell für den Regierungsbezirk Köln nennt das LANUV im „Fachbeitrag Klima für die Planungsregion Köln“ (LANUV 2018c) Optionen zur Anpassung an den Klimawandel für die Themen Waldökologie und Forstwirtschaft. Für den Regierungsbezirk Düsseldorf liegt bislang noch kein Fachbeitrag vor. Für die Funktion von Wäldern im siedlungs- bzw. stadtklimatischen Zusammenhang werden in der Klimaanalyse Nordrhein-Westfalen stadtklimatische Ökosystemleistungen von Grünflächen und Wäldern für die hitzebelasteten Innenstädte hervorgehoben und Planungsempfehlungen gegeben (LANUV 2018d).

7.3 Landwirtschaft

In der Landwirtschaft werden zukünftige Veränderungen des Klimas zu einer Anpassung bei Anbauformen und Anbauprodukten führen. Im Gegensatz zu anderen Sektoren kann die Landwirtschaft mit der Ausgestaltung ihrer landwirtschaftlichen Produktion kurzfristig auf veränderte klimatische Rahmenbedingungen reagieren. Insgesamt kann der Klimawandel für die Landwirtschaft in Nordrhein-Westfalen nach Einschätzung des MULNV NRW sowohl positive als auch negative Auswirkungen haben: positiv, da höhere Temperaturen längere Vegetationsperioden mit sich bringen, die in vielen landwirtschaftlichen Teilräumen höhere Erträge ermöglichen. Als negative Auswirkungen sind hingegen Ertragsrückgänge in Gebieten mit geringer Wasserspeicherkapazität des Bodens, eine zunehmende Schädlingsverbreitung sowie eine steigende Gefahr der Bodenerosion bei Starkregenereignissen zu befürchten. Darüber hinaus spielt die generelle lokale Wasserverfügbarkeit – auch mit Blick auf eine vielerorts notwendige Bewässerung landwirtschaftlicher Kulturen – eine Rolle (MULNV NRW 2019a).

Die landwirtschaftliche Nutzung prägt weite Teile der Region Köln/Bonn. Landwirtschaftliche Betriebe sind Teil der Wertschöpfung von Städten und Gemeinden. Eine Schnittstelle zur Siedlungsentwicklung besteht bei Nutzungskonkurrenzen zwischen landwirtschaftlichen Flächen und Wohnbaulandbedarf sowie insbesondere bei der Gefährdung von Siedlungsrändern durch Bodenerosion auf angrenzenden Landwirtschaftsflächen. Maßnahmenswerpunkte für die Landwirtschaft im Rahmen der regionalen Klimawandelvorsorgestrategie betreffen

- die Sicherung der klimaökologischen Ausgleichsfunktion von Landwirtschaftsflächen,
- die Förderung klimawandelangepasster Bewirtschaftungsformen,
- die Unterstützung der Landwirtschaft bei der Entwicklung von ressourcenschonenden Formen der Bewässerung und
- die Unterstützung der Landwirtschaft bei der Entwicklung von Erosionsschutzmaßnahmen an Siedlungsrändern.

Das Thema Klimawandel und Landwirtschaft wird von verschiedenen Fachakteuren aufgegriffen.

Informationen des MULNV NRW

Das MULNV NRW hat die Broschüren „Klimawandel und Landwirtschaft – Auswirkungen der globalen Erwärmung auf die Entwicklung der Pflanzenproduktion in Nordrhein-Westfalen“ (MKULNV NRW 2011a) sowie „Klimawandel und Boden – Auswirkungen der globalen Erwärmung auf den Boden als Pflanzenstandort“ (MKULNV NRW 2011b) herausgegeben. Die Publikationen beschreiben den zukünftigen Klimawandel in Nordrhein-Westfalen und dessen Auswirkungen auf die Landwirtschaft. Es werden mögliche Anpassungsmaßnahmen für die Produktion und die Bodenbewirtschaftung, wie beispielsweise eine veränderte Sortenwahl oder eine durchgehende Bepflanzung als Erosionsschutz, vorgestellt.

Fachinformationssystem „Klimaanpassung“ und Klimafolgenmonitoring des LANUV

Das LANUV stellt im FIS Klimaanpassung ausgewählte Grundlagendaten und Informationen für die Landwirtschaft bereit (LANUV 2019b). Für Winterweizen und Silomais wird die zukünftige Ertragsentwicklung modelliert und in Karten dargestellt. Dabei ist die Region Köln/Bonn in die Boden-Klima-Räume Köln-Aachener Bucht, Rheinland, Bergisches Land und Sauerland differenziert. Das Klimafolgenmonitoring Nordrhein-Westfalen informiert über die Folgen der veränderten klimatischen Bedingungen in NRW für den Beginn der Apfelblüte sowie für Aussaat und Auflaufen von Mais und Winterweizen (LANUV 2019c).

Informationen der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen

Als wichtiger Fachakteur kümmert sich auch die Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (LWK) um die Herausforderungen für die Landwirtschaft im Klimawandel (LWK NRW 2016a). In der Broschüre „Klimawandel und Landwirtschaft in NRW“ wurden eigene Beobachtungen und Erfahrungen sowie Versuchsergebnisse als Grundlage genommen, um dar-

aus Strategien zu entwickeln, wie landwirtschaftliche und Gartenbaubetriebe auf die Herausforderung des Klimawandels reagieren können (LWK NRW 2012a). Auch die Fachausschüsse des Verbands der Landwirtschaftskammern sprechen die Themen Klimafolgenabschätzung und Anpassungsmaßnahmen an. Der Fachausschuss Pflanzenbau hat dazu das Positionspapier „Klimawandel und Landwirtschaft – Anpassungsstrategien im Ackerbau“ (LWK NRW 2019b) erarbeitet, der Fachausschuss Tierhaltung und Tierzucht die Fachinformation „Klimawandel und Landwirtschaft: Anpassungsstrategien im Bereich Tierhaltung“ (LWK NRW 2012b). Darüber hinaus hat die Landwirtschaftskammer regionale Fachbeiträge erstellt: den „Landwirtschaftlichen Fachbeitrag zum Regionalplan Düsseldorf – Daten, Fakten, Entwicklungen der Landwirtschaft im ländlichen, suburbanen und urbanen Raum“ (LWK NRW 2013) und die Broschüre „Landwirtschaft im Regierungsbezirk Köln – Herausforderungen. Chancen. Perspektiven.“ (LWK NRW 2016b). Die Fachbeiträge greifen das Thema Klimawandel im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Wasserversorgung und Ernährungssicherheit sowie im Hinblick auf den Klimaschutz auf.

Querbezüge bestehen zwischen der Landwirtschaft und den anderen Fachplanungen, insbesondere der Wasserwirtschaft und dem Naturschutz. So erschweren in einigen Teilen der Region Nutzungskonkurrenzen eine Beregnung landwirtschaftlicher Kulturen. Beispielsweise wird im Rheinischen Revier aufgrund der Braunkohleförderung das Wasser abgepumpt, sodass im Bereich der Erftscholle gegenwärtig noch deutlich weniger Wasser zur Verfügung steht (Erftverband 2016). Dies ist ein Aspekt, der angesichts sich bereits ändernder Niederschlagsmuster einer besonderen Aufmerksamkeit bedarf. Darüber hinaus bedarf es abgestimmter Strategien zwischen der Landwirtschaft und dem Naturschutz, um die klimarelevanten Freiraumfunktionen in der Region zu erhalten und zu stärken. Hier stellen Initiativen wie das „Grüne C“ (Entwicklung Kulturlandschaft, Offenhaltung von Landschaftsräumen, Sicherung ländlicher Strukturen) oder der „Masterplan Grün“ (Kulturlandschaftsnetzwerk für die Region Köln/Bonn, Region Köln/Bonn e.V. 2019c) geeignete Plattformen dar.

7.4 Naturschutz

Vielfältige Naturräume und Kulturlandschaften kennzeichnen die Region Köln/Bonn: Hierzu gehören die Rheinniederung, die Bördenlandschaft im Vorland der Mittelgebirge, die Landschaft der Ville im Rheinischen Revier oder das rechtsrheinische Bergland. Sie bieten eine Vielzahl an Lebensräumen für die in der Region vorkommenden Tier- und Pflanzenarten. Für die Entwicklung und Verbreitung von Arten und Lebensräumen spielen das Klima und dessen Veränderung eine entscheidende Rolle (Behrens et al. 2009). In NRW ist der Klimawandel in der Natur bereits spürbar. So haben nach einer Studie des MULNV NRW bereits viele Tier- und Pflanzenarten negativ auf das wärmere Klima reagiert. Von 48 untersuchten Lebensräumen werden in 18 Lebensräumen Tier- und Pflanzenarten unter den Änderungen des Klimas leiden; besonders betroffen sind Moore, Feucht- und Nassgrünland sowie Erlenbuchenwälder (MKULNV NRW 2010).

Für die Kommunen in der Region Köln/Bonn bestehen die Herausforderungen insbesondere im Umgang mit den häufig sich entgegenstehenden Anforderungen an den Naturschutz einerseits und in der Siedlungsentwicklung andererseits. Es ergeben sich aber auch vielfach Synergien zwischen Maßnahmen des Naturschutzes und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel, beispielsweise bei der Verbesserung der Lebensqualität in Städten, bei der Schaffung von Retentionsräumen oder der Entwicklung der Kulturlandschaft. Zu den Maßnahmenswerpunkten für den Naturschutz im Rahmen der regionalen KWVS zählen

- der Aufbau eines multifunktionalen regionalen Freiraumverbunds zur Stärkung der bioklimatischen Ausgleichsfunktion und der Retentionsfunktion, insbesondere in den hochverdichteten Bereichen der Region,
- die Stärkung und Ausweitung von Auenbereichen durch Förderung des Biotopverbunds und der biologischen Vielfalt,
- die Sicherung regionaler Luftleit- und Ventilationsbahnen,
- interkommunale Projekte zur Qualifizierung von Grünzügen und -zäsuren sowie
- die Erhaltung und Wiederherstellung von Feucht- und Moorbiotopen unter Klimawandelbedingungen.

Informationen des MULNV NRW

Das MULNV NRW greift das Thema Naturschutz und Klimawandel in der Broschüre „Natur im Wandel – Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in Nordrhein-Westfalen“ (MKULNV NRW 2010b) auf und thematisiert die Auswirkungen der Klimaänderungen auf verschiedene Pflanzen- und Tierarten sowie den Einfluss des Klimawandels auf verschiedene Lebensräume wie Moore, Sümpfe, Wälder und Fließgewässer. Außerdem enthält die Broschüre eine Grundlage für eine Strategie zum Umgang mit dem Klimawandel.

Das Fachinformationssystem des LANUV

Vonseiten des Landes ist vor allem das Angebot des LANUV für die Kommunen in der Region Köln/Bonn von Bedeutung. Das LANUV unterhält hierzu zwei Fachinformationssysteme: Das FIS Natur- und Artenschutz bietet Daten und Informationen von gesetzlichen Grundlagen über Informationen zu einzelnen Arten bis hin zu Fragen des praktischen Artenschutzes vor Ort (LANUV 2019e). Das FIS Klimaanpassung enthält Grundlagendaten und Informationen zum Klimawandel für die Themen „Biologische Vielfalt“ und „Naturschutz“. Dort werden die Parameter „Vegetationsbeginn“ sowie „Länge der Vegetationsperiode“ betrachtet (LANUV 2019f). Für das Klimafolgenmonitoring Nordrhein-Westfalen hat das LANUV für die Umweltbereiche „terrestrische Ökosysteme“ und „Biodiversität“ die Indikatoren ausgewählt, beispielsweise „Länge der Vegetationsperiode“, „Beginn der phänologischen Jahreszeiten“, „Dauer der phänologischen Jahreszeiten“ oder „klimasensitive Vogelarten“ (LANUV 2018b). Darüber hinaus erstellte das LANUV den „Fachbeitrag des Naturschutzes und der Landschaftspflege für die Planungsregion Düsseldorf“ (LANUV 2014). Der „Fachbeitrag Naturschutz“ für den Regionalplan Köln ist noch in Arbeit. Die Fachbeiträge dienen als Grundlage für die Regionalpläne als Landschaftsrahmenpläne sowie auch für die Landschaftspläne der Kreise und kreisfreien Städte (Träger der Landschaftsplanung).

Weitere zentrale Akteure sind die **Bezirksregierungen** Düsseldorf und Köln, die in ihren Regionalplänen, die gleichzeitig die Funktion eines Landschaftsrahmenplans erfüllen, die regionalen Erfordernisse und Maßnahmen zur Verwirklichung des Naturschutzes und der Landschaftspflege festlegen.



Wie kann die Klimawandelvorsorgestrategie umgesetzt werden?

Die Klimawandelvorsorgestrategie für die Region Köln/Bonn liegt nun vor: Analyseergebnisse sind aufbereitet und anhand von Karten und Diagrammen in der Praxishilfe und auf der Website des Region Köln/Bonn e.V. zur Verfügung gestellt. Auf Grundlage der Klimawirkungsanalyse und der vielfältigen Fachgespräche sowie in Abstimmung mit weiteren regionalen Plänen und Fachkonzepten wurden für die Region Köln/Bonn räumlich differenzierte Planungshinweiskategorien ermittelt (s. Kap. 4). Diese Planungshinweiskategorien münden in Maßnahmenvorschläge, die einen Beitrag zur Anpassung der Region insgesamt, aber auch der einzelnen Kommunen leisten können (s. Kap. 6).

Nun stellt sich die Frage, wie die Klimawandelvorsorgestrategie und die unterschiedlichen Maßnahmen auf den Weg gebracht werden können. Die Frage steht am Ende dieser Praxishilfe, zugleich markiert sie aber den Anfang eines systematischen Umsetzungsprozesses zur Anpassung an den Klimawandel in der Region Köln/Bonn. Die Umsetzung der KWVS ist eine Aufgabe, die in den nächsten Jahren von einer Vielzahl von Akteuren vorangetrieben werden wird: von der Landesebene über die regionale und Kreisebene bis hin zu Städten, Gemeinden und privaten Akteuren auf kommunaler Ebene. Dabei gilt es, eigene Kompetenzen und Ressourcen einzubringen, aber auch im gegenseitigen Austausch und in der Kooperation voneinander zu lernen, sich mit Ideen, Wissen und Daten zu unterstützen.

Es sind alle räumlichen Ebenen gefragt, wenn es um die Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen geht. Gemeinsam gilt es, über Verwaltungsgrenzen und Fachabteilungen hinaus zu denken, voneinander zu lernen und miteinander zu kooperieren.

Was kann der Region Köln/Bonn e.V. zur Umsetzung beitragen?

Mit der vorliegenden Klimawandelvorsorgestrategie trägt der Region Köln/Bonn e.V. bereits dazu bei, einigen der zentralen Herausforderungen bei der Anpassung an den Klimawandel zu begegnen. Der regionale Ansatz ermöglicht eine überörtliche Perspektive, die den Auswirkungen des Klimawandels und Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel gerecht wird. So überlagern überschwemmungsgefährdete Bereiche kommunale Grenzen, Schäden an Verkehrs- und Versorgungsinfrastruktur durch Windwurf, Sturzfluten oder Überschwemmungen führen zu großräumigen Störungen. Auch die Anpassung hat eine regionale Dimension, beispielsweise mit dem Erhalt regionaler Grünzüge, der Freihaltung regional bedeutsamer Frischluftleitbahnen oder der Schaffung von Retentionsräumen im Flusseinzugsgebiet.

Mit der Klimawandelvorsorgestrategie fördert der Region Köln/Bonn e.V. zugleich die überfachliche Perspektive, denn die Anpassung an den Klimawandel ist eine Querschnittsaufgabe verschiedener Fachdisziplinen und erfordert Koordination und Kooperation zur Nutzung von Synergien zwischen Maßnahmen verschiedener Fachrichtungen und zur Abstimmung fachlicher Ziele.

Der Region Köln/Bonn e.V. wird auch weiterhin seinen Beitrag zur Umsetzung der KWVS leisten. Um den bereits in Gang gesetzten Anpassungsprozess, der sich nicht an großen Sprüngen, sondern an einer Vielzahl kleiner Schritte auf der regionalen und kommunalen Ebene bei den Fachplanungen, der räumlichen Gesamtplanung, privaten und wirtschaftlichen Akteuren und der Öffentlichkeit ablesen lässt, weiter zu unterstützen, werden die Analyseergebnisse, Planungshinweise und Maßnahmenvorschläge auf der Website zum Download bereitgestellt. Der Region Köln/Bonn e.V. wird in seinem Informationsangebot auf Angebote des Landes und der Fachplanungen verweisen, um Kooperationen und Erfahrungsaustausch zu initiieren. Schließlich bietet das Agglomerationsprogramm die Möglichkeit, gezielt Anpassungsmaßnahmen in der Region zu unterstützen.

Die Ergebnisse der regionalen Klimawandelvorsorgestrategie sind für Geoinformationssysteme aufbereitet und auf der Projektwebsite www.klimawandelvorsorge.de zum Download bereitgestellt. Damit können die betroffenen Fachämter und -institutionen der Region die Planungshinweise der Praxishilfe in ihre GIS-Systeme integrieren. So lassen sich Kartenergebnisse mit vorhandenen kommunalen und weiteren fachbezogenen Datensätzen überlagern und detailliert betrachten. Die digitale Version der Praxishilfe ist ebenfalls als Download verfügbar.

Was können die Kommunen tun, um die KWVS umzusetzen?

Zunächst einmal können die Kreise, kreisfreien Städte und Kommunen in der Region Köln/Bonn direkt die Ergebnisse und Hinweise aus der Klimawandelvorsorgestrategie aufgreifen, um einen Überblick über die Klimawirkungen auf kommunaler Ebene im regionalen Vergleich zu erhalten. Die KWVS kann helfen, die relevanten und prioritären Handlungsfelder zur Klimaanpassung auf kommunaler Ebene zu identifizieren und grundsätzlich geeignete Anpassungsmaßnahmen abzuleiten.

In Abhängigkeit von der räumlichen Lage und Betroffenheit gegenüber dem Klimawandel wird es erforderlich sein, genauere kleinräumige Schwerpunktuntersuchungen durchzuführen, beispielsweise mikroskalige Stadtklimaanalysen oder Fließweganalysen, die eine Grundlage für kleinräumige Anpassungsmaßnahmen von kommunaler Seite, aber auch von privater Seite sein können. Dabei sind die kommunalen Anpassungsmaßnahmen in eine Strategie einzubinden, die einerseits auf den örtlichen Handlungserfordernissen und Belangen beruht, sich andererseits aber in die regionalen Anpassungserfordernisse eingliedert – womit sich der Kreis zur Klimawandelvorsorgestrategie schließt.

Um den Anpassungsprozess auf der kommunalen Ebene weiter voranzubringen, kommt der Kommunalverwaltung eine zentrale Rolle zu: Ausgehend von Planungs- und Umweltämtern muss das Thema Klimaanpassung in alle betroffenen kommunalen Fachabteilungen hineingetragen werden, beispielsweise über gemeinsame Sitzungen und durch intensive Gremienarbeit. Dieser Transferprozess ist jedoch kein Selbstläufer: Er erfordert Initiative, aber auch personelle Ressourcen.

Zudem wirkt die Kommunalverwaltung nach außen, d. h. sie ist ein maßgeblicher Akteur im Zusammenspiel von öffentlichen und privaten Akteuren im kommunalen Entwicklungsprozess. Ein wesentlicher Aspekt ist hier die Frage, welche Entscheidungen für den öffentlichen Raum zu treffen sind. Ein besonderer Gestaltungsspielraum ergibt sich einerseits bei den öffentlichen Flächen (Verkehrswege, Grünflächen), die bei anstehenden Veränderungen unter den Kriterien der Klimaanpassung entwickelt und/oder umgestaltet werden können. Des Weiteren bieten Neuplanungen und Ergänzungsplanungen Optionen zur Klimaanpassung. Schließlich üben Kommunen auch Vorbildcharakter für private Akteure aus.

Kommunen können kommunale Anpassungsstrategien auf vielfältige Art und Weise in Planungsverfahren implementieren: Mögliche Instrumente reichen vom Flächennutzungs-, Bebauungs- und Landschaftsplan über städtebauliche Entwicklungskonzepte und Entwürfe bis hin zu informellen Konzepten und Leitfäden. Darüber hinaus ist der Klimawandel in der Umweltprüfung zu berücksichtigen.

Wichtig ist es, Klimaanpassung als Querschnittsthema zu begreifen, das in nahezu alle kommunalen Handlungsfelder integriert werden kann und in der Kreis-, Stadt- und Gemeindeentwicklung grundsätzlich mitgedacht werden sollte. Anders als beim Klimaschutz, der sich auf bestimmte Verursacher und Ursachen von Treibhausgasemissionen konzentriert, weist die klimawandelorientierte Entwicklung eine Vielzahl an Berührungspunkten mit anderen anpassungsrelevanten Themen wie Städtebau, Landschaft und Freiraum, Transport/Verkehr, Tourismus, Wasserver- und -entsorgung oder Bildung und Gesundheit auf.

Bei der Anpassung an den Klimawandel werden die Kommunen jedoch nicht alleingelassen: Neben den überörtlichen konzeptionellen und planerischen Orientierungsmöglichkeiten – hierzu zählen vor allem der Regionalplan, die Klimawandelvorsorgestrategie und das Agglomerationskonzept – steht den Kommunen eine ganze Reihe an Informations- und Unterstützungsmöglichkeiten vonseiten der Landesministerien und den ihnen nachgeordneten Behörden sowie weiteren Fachakteuren zur Verfügung, wie sie in Kapitel 7 dieser Praxishilfe zusammengetragen sind.

Schließlich gilt es, die große Bandbreite an Fördermöglichkeiten zu nutzen. Diese können entweder zur Unterstützung integrierter Anpassungskonzepte, z. B. Klimaschutzteilkonzepte im Rahmen der Kommunalrichtlinie oder der kommunalen Leuchtturmvorhaben des BMU, sowie für spezifische fachliche Anforderungen eingesetzt werden, beispielsweise Förderungen im Bereich Wasserwirtschaft, Hochwasserschutz oder Naturschutz. Einen guten Überblick über Förderlinien, die auch zur Anpassung an den Klimawandel eingesetzt und in regionale bzw. kommunale Strategien eingebunden werden können, bietet beispielsweise die NRW.BANK (NRW.BANK 2019). In personeller Hinsicht erhalten Kommunen Fördermittel, über die ein Einsatz von Klimaschutz- bzw. Klimaanpassungsmanagerinnen und -managern ermöglicht wird. Auch über die Klimanetzwerker der EnergieAgentur.NRW (EnergieAgentur.NRW 2019) können die Kommunen Unterstützung erhalten.

Insgesamt muss die Anpassung der Region Köln/Bonn an den Klimawandel von einer Vielzahl von Akteuren getragen und umgesetzt werden. Die KWVS möchte den Impuls setzen: Klimaanpassung jetzt! Konkret! Vor Ort!

Anlage:

Von guten Beispielen lernen

Die nachfolgende Sammlung von praxisnahen Forschungsprojekten sowie kommunalen Plänen und Vorhaben gibt einen Überblick zum Stand der Diskussion in der Klimaanpassung, zu methodischen Ansätzen, Maßnahmenkatalogen und Umsetzungsprojekten. Diese Beispiele bieten teilweise einen komplexen Überblick zu zahlreichen Klimawirkungen, teilweise legen sie den Fokus auf ein spezifisches Thema wie die thermische Belastung oder den Hochwasserschutz.

Überblick gewinnen

Handlungshilfe Klimawandelgerechter Regionalplan – Ergebnisse des Forschungsprojekts KlimREG für die Praxis und WEBTOOL-KLIMREG

- ▶ <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/ministerien/MOROPraxis/2017/moro-praxis-6-17-dl.pdf>
- ▶ http://www.klimamoro.de/fileadmin/Dateien/Ver%C3%B6ffentlichungen/KlimREG/BMVI_2017_KlimREG_Klimawandelgerechter_Regionalplan.pdf
- ▶ <https://klimreg.de/>

Die Planungshilfe stellt die derzeitige Planungspraxis der Klimaanpassung auf Basis einer bundesweiten Querschnittsauswertung dar. Sie behandelt die Handlungsfelder Vorbeugender Hochwasserschutz, Schutz vor Hitzefolgen, Regionale Wasserknappheiten und Küstenschutz der Ministerkonferenz für Raumordnung (MKRO). Sie zeigt anhand von Beispielen für raumordnerische Festlegungen die Regelungsmöglichkeiten der Regionalplanung auf. Anhand von Steckbriefen werden innovative Instrumente und Good Practices zusammengestellt. Im wissenschaftlichen Endbericht „KlimREG – Klimawandelgerechter Regionalplan“ (BMVI-Online-Publikation Nr. 01/2017) werden die Ergebnisse ausführlich dokumentiert. Als ein Produkt des Modellvorhabens der Raumordnung (MORO) „KlimREG – Klimawandelgerechter Regionalplan“ wurde ein Webwerkzeug entwickelt, das Planerinnen und Planer bei der Erarbeitung von regionalplanerischen Festlegungen unterstützt. So werden zum Schutz der Siedlungsbereiche vor Hitzefolgen insbesondere Kalt- und Frischluftentstehungsgebiete bzw. -transportbahnen gesichert: Die Ausweisung von Vorranggebieten für den Kaltlufttransport stellt dabei ein innovatives monofunktionales Instrument dar, während die Sicherung von Grünzügen multifunktional ausgerichtet und begründet wird.

UBA-Praxishilfe: Gestaltungsmöglichkeiten der Raumordnung und Bauleitplanung. Klimaanpassung in der räumlichen Planung

- ▶ https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/klimaanpassung_in_der_raeumlichen_planung_praxishilfe.pdf

Die Broschüre von 2016 stellt die Möglichkeiten zur Ausgestaltung von Anpassungsmaßnahmen im Bereich der Raumordnung und Bauleitplanung sehr ausführlich dar. Sie handelt dabei unterschiedliche Gefahren ab: Starkregen, Hochwasser, Massenbewegungen, Hitze und Dürre. Für planungspraktische Zwecke dienen Beispiele und Handlungsempfehlungen auf Basis einer deutschlandweiten Fallstudiensammlung. Diese Praxishilfe ist eine Ergänzung zur 2012 vom Umweltbundesamt (UBA) herausgegebenen Praxishilfe „Klimaschutz in der räumlichen Planung – Gestaltungsmöglichkeiten der Raumordnung und Bauleitplanung“ (UBA 2012).

Stadtklimalotse

- <http://www.stadtklimalotse.net/klimaanpassung/>

Als Beratungsinstrument zur Abschätzung der Betroffenheit durch den Klimawandel und zur Entwicklung geeigneter Maßnahmen stellt der webbasierte Stadtklimalotse eine Vielzahl von Maßnahmen, Instrumenten und Praxisbeispielen zur Verfügung.

Tatenbank des Umweltbundesamts

- <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/werkzeuge-der-anpassung/tatenbank>

Die Tatenbank des Umweltbundesamts verweist auf erfolgreiche Klimaanpassungsprojekte. Die Projekte können nach Handlungsfeldern (z. B. Landwirtschaft), Klimafolgen (z. B. Trockenheit) oder Maßnahmenträgern (z. B. Nichtregierungsorganisationen, öffentliche Verwaltung, Unternehmen) differenziert werden.

Schwerpunkt „thermische Belastung“

INKAS – Informationsportal Klimaanpassung in Städten

- <https://www.dwd.de/DE/leistungen/inkas/inkasstart.html>

Das vom Deutschen Wetterdienst entwickelte internetbasierte Beratungswerkzeug ermöglicht die idealtypische Analyse des Gefährdungspotenzials vorhandener städtischer Bebauungstypen gegenüber thermischer Belastung. Für diese Flächenanalyse werden auf Grundlage zahlreicher Messungen und Modellsimulationen die Lufttemperaturunterschiede der Bebauungsstrukturtypen im Vergleich zu Freiflächen analysiert. Mit dem Werkzeug der Wirkungsanalyse kann der Einfluss unterschiedlicher Maßnahmen wie Dachbegrünung, Veränderung der Oberflächenalbedo, Bebauungsdichte oder Versiegelungsgrad bestimmt werden. Kleine und mittlere Städte können so auch ohne Stadtklimaanalyse die Auswirkungen von Stadtentwicklungsprojekten und Maßnahmen abschätzen.

Bonn: Klimaanalysekarte und Planungshinweiskarten

- <https://www.zures.de/>
- <https://www.bonn.de/zures>

Detaillierte Klimaanalyse- und Planungshinweiskarten zur bioklimatischen Belastung des Menschen auf kommunaler Ebene ergänzen vor allem in verdichteten Agglomerationen die regionalen Analysegrundlagen und Planungshinweise. Im Rahmen des BMBF-Forschungsprojekts ZURES wurden Klimaanalysekarten für Bonn entwickelt, die die thermische Belastung in der Stadt für die Nacht- und Tagsituation aufzeigen: Neben der Ist-Situation wird die zukünftige Entwicklung hochauflösend im Raster von 10 m x 10 m modelliert. Darauf aufbauend stellen Planungshinweiskarten nicht nur dar, wo Belastungen auftreten und Maßnahmen zu deren Reduzierung erfolgen müssen, sondern auch, wo in wichtigen Ausgleichsräumen Klimafunktionen wie Kaltluftbildung und Transport gesichert werden sollten.

Karlsruhe – Städtebaulicher Rahmenplan Klimaanpassung

- <https://www.karlsruhe.de/b3/bauen/projekte/klimaanpassung.de>

Der 2015 vom Stadtrat beschlossene Städtebauliche Rahmenplan Klimaanpassung identifiziert Hot Spots der thermischen Belastung und differenziert sensitive Bevölkerungsgruppen. Für zwölf Stadtstrukturtypen zeigt der Rahmenplan konkrete Handlungsansätze auf. Gestalterische Maßnahmen für die einzelnen Stadtstrukturtypen werden anschaulich in Grafiken und Abbildungen präsentiert. Weitergehend werden auch Handlungsansätze wie die Förderung der Nachbarschaftshilfe aufgegriffen. Der Rahmenplan ist als Abwägungsgrundlage in der Bauleitplanung zu berücksichtigen und wird bei sonstigen Prozessen wie etwa städtebaulichen Wettbewerben herangezogen.

Karlsruhe – Innenstadt Ost: Klimaökologische Sanierung des Siedlungsbestands nach § 136 BauGB

- https://web3.karlsruhe.de/Gemeinderat/ris/bi/vo0050.php?__kvonr=35724&voselect=4632
- https://www.karlsruhe.de/b3/bauen/sanierung/innenstadt_ost/sanierungszielsetzung.de

Die vorbereitenden Untersuchungen nach § 141 BauGB zur Beurteilung des Sanierungsbedarfs wurden auch unter klimatologischen Gesichtspunkten durchgeführt, um die Handlungsbedarfe in diesem Hot Spot thermischer Belastung zu identifizieren. Eine Eigentümerbefragung diente dazu, den Gebäudezustand hinsichtlich der Anpassungsbedarfe an den Klimawandel zu bewerten. So floss das Vorhandensein von Klimaanlage, Rollläden bzw. Markisen, Sonnenschutzverglasung und automatischem Sonnenschutz ebenso in die Bewertung ein wie die Art der Nutzung in den Dachgeschossen. Darüber hinaus wurden die Blockinnenbereiche und Freiräume hinsichtlich ihrer klimatischen Situation analysiert und Bedarfe zur Klimafolgenanpassung ermittelt. Die Ausweisung eines Sanierungsgebiets nach § 136 BauGB erfolgte 2018.

Berlin – Klimaanalysen, Planungshinweiskarte Stadtklima, Maßnahmenkatalog, indikatorgestütztes Klimafolgenmonitoring, Konzept zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels in Berlin

- http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/download/Planungshinweise_StadtklimaBerlin_2015.pdf
- https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp?loginkey=showMap&mapId=wmsk_0411021_planungshin_haupt@senstadt
- <https://www.berlin.de/senuvk/klimaschutz/klimawandel/index.shtml>
- https://www.berlin.de/senuvk/klimaschutz/klimawandel/de/anpassungskonzept_berlin/index.shtml

2015 wurde auf Grundlage neuerer Klimaanalysen die Planungshinweiskarte Stadtklima für das Land Berlin erstellt. Die im Internet verfügbare Hauptkarte befasst sich insbesondere mit den thermischen Wirkungen für das Stadtklima und dient als Abwägungsgrundlage für gesamtstädtische Fragestellungen. Diese wird durch weitere Kartenwerke zu Planungshinweisen und Maßnahmen ergänzt. Die Planungshinweise nehmen auf spezifische Themen der Stadtentwicklung Bezug, etwa die Verortung von Bereichen mit stadtklimatischen Missständen, die Vulnerabilität spezifischer Bevölkerungsgruppen oder sensibler Einrichtungen bzw. die Vulnerabilität aufgrund mangelnder Grünversorgung. Sie dienen der Fachplanung und der Maßnahmenpriorisierung. Ein Maßnahmenkatalog beschreibt Handlungsoptionen, die einzelnen Siedlungs- und Freiraumtypen zugeordnet sind. Ergänzt werden die Bemühungen

zur Klimaanpassung u. a. durch ein indikatorengestütztes Klimafolgenmonitoring sowie das 2016 veröffentlichte Konzept zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels in Berlin. Das Konzept betrachtet die Betroffenheiten und Verwundbarkeiten aller vom Klimawandel tangierten Bereiche und stellt eine der am besten ausgearbeiteten Verwundbarkeitsanalysen in Deutschland dar. Über das Bioklima und die Verwundbarkeit der menschlichen Gesundheit hinaus wird die Verwundbarkeit der natürlichen, ökonomischen und gesellschaftlichen Systeme untersucht.

Berlin – „Stadtentwicklungsplan Klima“ mit Aktionsplan

- https://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/stadtentwicklungsplanung/download/klima/step_klima_broschuere.pdf

Der Stadtentwicklungsplan Klima versteht sich als Orientierungsrahmen für eine an den Klimawandel angepasste Stadtentwicklungsplanung. So sollen die städtebaulichen Leitbilder der „Stadt der kurzen Wege“ und der „kompakten Stadt“ unter Bewahrung klimawirksamer Grün- und Freiräume weiterverfolgt; damit soll die Innenentwicklung auf ein angemessenes Maß begrenzt werden. Der Aktionsplan verortet Handlungsschwerpunkte im Stadtgebiet und zeigt Schlüsselprojekte auf.

Region Stuttgart – Stadt Esslingen: Interkommunales Verbundprojekt KARS mit umfassenden Maßnahmenvorschlägen zur Begegnung von thermischer Belastung in der Stadt

- <https://www.region-stuttgart.org/regionalplanung/projekte/kars/>
- <https://www.esslingen.de/kars>

Das Projekt „Klimaanpassung in der Region Stuttgart“ ist ein sehr gutes Beispiel dafür, wie Klimaanpassungsstrategien und Maßnahmen in der räumlichen Planung auf regionaler und kommunaler Ebene eingebunden werden können. Maßnahmen wurden in den Themenfeldern „Wasser und Stadt“, „Grünflächen in der Stadt“, „helle und reflektierende Oberflächen“ und „Verschattung“ erarbeitet. Die Verankerung auf kommunaler Ebene erfolgte in Esslingen über thematische Strategiekarten als informelle Instrumente zum Flächennutzungsplan. Kernaussagen sind darüber hinaus als Signaturen im Vorentwurf des Flächennutzungsplans verankert. Die Nutzung der Karten als Layer im Geoinformationssystem (GIS) ermöglicht, die Informationen auch in anderen Bereichen der Stadtentwicklung zu nutzen und Klimaanpassungsmaßnahmen zu berücksichtigen.

Urban Heat Island-Strategieplan der Stadt Wien

- <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/uhi-strategieplan.pdf>

Der Urban Heat Island-Strategieplan beschreibt ein detailliertes Maßnahmenportfolio zur Minimierung der thermischen Belastung in der Stadt und bietet eine Entscheidungshilfe bei der Konzeption konkreter Einzelmaßnahmen. Die sowohl gesamtstädtisch als auch lokal wirkenden Maßnahmen werden in Steckbriefen beschrieben und in ihrer Wirksamkeit beurteilt. Dabei werden die Wirkungen für Mesoklima, Mikroklima, Biodiversität und Lebensqualität abgeschätzt. Für Maßnahmenträger erfolgt eine qualitative Beurteilung der Kosten für die Umsetzung der Maßnahmen und die Unterhaltung. Umsetzungsbeispiele geben Anregungen und Ideen für die Realisierung im kommunalen Kontext.

Wien – Parklets und Grätzloasen als Beitrag zum lokalen Klimakomfort

► <https://www.streetlife.wien/parklet/>

Parklets und Grätzloasen dienen als temporäre Zwischennutzungen für „graue“ Freiräume, insbesondere für Parkierungsflächen in Straßenräumen. Es handelt sich dabei um kreativ gestaltete Kommunikationsorte zur Belebung der Stadt. Kurzzeitige alternative Nutzungen, d. h. zweiwöchig oder saisonal, von beispielsweise zwei oder drei nebeneinanderliegenden Parkständen verwandeln die Straße in belebte konsumfreie Aufenthaltsbereiche. Mit Pflanztrögen gestaltet werden sie zu mikroklimatischen Wohlfühlloasen auf Zeit. Wanderbäume können an unterschiedlichen Orten wirksam werden. Auch andere kulturelle Themen (z. B. „Straße als Fitnessbank“) werden abgedeckt.

Magdeburg – Baubeschränkungsbereiche in der Flächennutzungsplanung

► https://ratsinfo.magdeburg.de/vo0050.asp?__kvonr=225480

Besonders klimarelevante Flächen für die Kalt- und Frischluftversorgung der Innenstadt von Magdeburg werden als Baubeschränkungsbereiche ausgewiesen und per Ratsbeschluss als Beiplan in den Flächennutzungsplan Magdeburg 2030 aufgenommen. Sie bilden somit eine Fachinformation für die Planung. Ausnahmen von Baubeschränkungen bleiben weiterhin möglich. Jedoch müssen Eingriffe einer gesonderten Eingriffsbewertung und ggf. Einzelfallbegutachtungen unterzogen werden, die eine Beurteilung über die Zulässigkeit des Vorhabens ermöglichen. Ein planinterner Ausgleich bzw. ein planexterner Ersatz oder andere zwingende Gründe können eine Zulässigkeit zwar weiterhin begründen, jedoch erlangen die stadtklimatischen Belange ein weitaus höheres Gewicht bei der Abwägung von baulichen Vorhaben.

Saarbrücken – Freiraumplanung als Handlungsfeld für Adaptationsmaßnahmen

► https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/ExWoSt/Forschungsfelder/2010/UrbaneStrategienKlimawandel/Forschungsschwerpunkt1/Modellvorhaben/MV_Saarbruecken.html

Im Jahr 2012 hat die Stadt Saarbrücken ihr Freiraumentwicklungsprogramm überarbeitet, um das Thema Klimaanpassung in die Qualifizierung der städtischen Freiräume zu integrieren. Das Vorhaben wurde im Rahmen des ExWoSt-Forschungsfelds „Urbane Strategien zum Klimawandel“ gefördert. Beim Handlungsschwerpunkt „Hitze in der Stadt“ wurden die Klimarelevanz der Freiräume und deren Leistungen für die Abkühlung der Stadt auf drei Ebenen betrachtet: Freiräume mit Bedeutung für die stadtregionale Ebene (stadtregionaler nächtlicher Luftaustausch), für lokale nächtliche Luftaustauschprozesse und den Klimakomfort am Tage (lokale, vom stadtregionalen System isolierte Freiräume) sowie Freiräume innerhalb der Siedlungsstruktur (differenziert nach Porosität, Grünvolumen und Albedo innerhalb der Siedlungsstrukturtypen). Die Anpassungs- und Handlungsbedarfe wurden für die Freiräume ermittelt, planerische Sicherungs- und Gestaltungsmaßnahmen für ein Aktionsprogramm auf Ebene der Stadtteile erarbeitet. Dieses umfasst u. a. Maßnahmen zur Optimierung und Freihaltung von Freiflächen, die der Kaltluftentstehung bzw. dem Frischluftaustausch dienen, die Erhöhung des Grünvolumens, der Albedo oder der Verschattung. Auch Maßnahmen zur Hochwasservorsorge werden integriert. Das Aktionsprogramm wurde vom Stadtrat beschlossen.

Schwerpunkt „Hochwasser und Sturzfluten“

Handbuch zur Ausgestaltung der Hochwasservorsorge in der Raumordnung

- ▶ <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/ministerien/MOROPraxis/2017/moro-praxis-10-17-dl.pdf>

Die Ergebnisse des MORO „Regionalentwicklung und Hochwasserschutz in Flussgebieten“ wurden im Handbuch anschaulich für die Planungspraxis aufbereitet. Es werden alle Handlungsfelder der MKRO zum Hochwasserschutz angesprochen, zudem die beiden neuen Handlungsfelder Siedlungsrückzug und Lastenausgleich thematisiert. Für alle Regelungsbedarfe werden Vorschläge für Festlegungen in Raumordnungsplänen formuliert und durch gute Beispiele veranschaulicht.

Stadtentwässerungsbetriebe Köln – Hochwasser- und Überflutungsschutz

- ▶ <https://www.steb-koeln.de/hochwasser-und-ueberflutungsschutz/akutes-hochwasser/die-hochwassergefahrenkarte/die-hochwassergefahrenkarte.jsp>

Die Stadtentwässerungsbetriebe Köln geben auf ihren Websites umfassende Informationen zum Hochwasserschutz. Neben den Hochwassergefahren werden die Gefahren durch Grundhochwasser am Rhein beschrieben, die in den Hochwassergefahrenkarten in der Regel nicht abgebildet werden. Im Hochwasserfall verändert das Grundhochwasser den Umgriff der Überschwemmungen und damit der Exposition gegenüber der Hochwassergefährdung. Wichtige Maßnahmen zum Hochwasserschutz in der Stadt Köln werden durch die Stadtentwässerungsbetriebe umgesetzt; hierzu zählen u. a. Hochwasserpumpwerke, Maßnahmen der Gewässerunterhaltung oder die Gestaltung von Retentionsflächen. Zudem werden Informationen zur Eigenvorsorge angeboten.

Portal „Hochwasser Baden-Württemberg“

- ▶ <https://www.hochwasser.baden-wuerttemberg.de/kommunen>

Das Portal „Hochwasser Baden-Württemberg“ bietet zahlreiche Informationen zu Hochwassergefahren, Hochwasserrisiken und Maßnahmen in Form von Leitfäden. Diese richten sich sowohl an die Kommunen, etwa zur Aufstellung eines kommunalen Hochwasserschutzplans, als auch an Betreiber sensibler und kritischer Infrastrukturen.

Praxisleitfaden Hochwasser- und Überflutungsschutz der Kommunalagentur NRW

- ▶ https://www.bezreg-muenster.de/zentralablage/dokumente/umwelt_und_natur/hochwasserschutz/Praxisleitfaden-Hochwasser--und-Ueberflutungsschutz.pdf

Ansätze für eine fachübergreifende Zusammenarbeit zeigt der Praxisleitfaden Hochwasser- und Überflutungsschutz der Kommunalagentur NRW auf. Aufgaben und Verantwortlichkeiten kommunaler Stellen im Kontext des Hochwasserschutzes, Instrumente, organisatorische Implementierung innerhalb der Kommunen und Informationsvorsorge werden praxisnah beschrieben und bieten wertvolle Hilfestellungen für die praktische Arbeit.

Stadtentwässerungsbetriebe Köln – Leitfaden für eine wassersensible Stadt- und Freiraumgestaltung

- ▶ <https://www.steb-koeln.de/hochwasser-und-ueberflutungsschutz/starkregen-und-sturzfluten/starkregen-und-sturzfluten.jsp>

Die Stadtentwässerungsbetriebe Köln geben auf ihrer Website und vertieft in Broschüren differenzierte Hinweise über die Gefährdung von Starkregen und Maßnahmen zum Schutz vor Überschwemmungen sowie zur Minimierung des Schadensrisikos. Mithilfe von Starkregenkarten lässt sich die Gefährdung differenziert verorten. Leitfäden mit möglichen Handlungsoptionen sind sowohl an die Fachverwaltungen der Kommunen als auch an die Bevölkerung gerichtet. Der Leitfaden für eine wassersensible Stadt- und Freiraumgestaltung erläutert die Standards der Starkregenvorsorge im Kontext der Planung neuer Baugebiete. Darin werden das Schwammstadtprinzip aufgegriffen und Handlungsoptionen an praktischen Beispielen illustriert.

Grafschaft – Website „Stark gegen Starkregen in der Gemeinde Grafschaft“

- ▶ <https://hochwasser-grafschaft.de/>

Die Website der Gemeinde Grafschaft-Ringen im Kreis Ahrweiler zielt darauf ab, Bevölkerung und Wirtschaft gegenüber Starkregengefahren zu sensibilisieren. Sehr anschaulich wird vermittelt, wie die Kommune ein umfassendes Hochwasserschutzkonzept entwickelt und mit der Bevölkerung diskutiert, wie sich Bürgerinnen und Bürger, aber auch Landbewirtschafter und Gewerbetreibende gegenüber Starkregen schützen können. Zahlreiche praxisnahe Maßnahmenvorschläge werden detailliert vorgestellt. Das Konzept dient zudem als Grundlage für zukünftige Bauprojekte in der Gemeinde.

Arbeitshilfe MURIEL – Multifunktionale Retentionsflächen

- ▶ <https://www.steb-koeln.de/hochwasser-und-ueberflutungsschutz/starkregen-und-sturzfluten/starkregen-und-sturzfluten.jsp>

Die Arbeitshilfe richtet sich an die Freiraum- und Stadtplanung. Sie gibt Hinweise zu Gestaltung, Realisierung und Betrieb multifunktionaler, der Retention dienender Freiräume. Die Konzeptentwicklung und konkrete Entwurfsbeispiele aus unterschiedlichen Städten werden präsentiert und die finanziellen Implikationen dargelegt. Die Arbeitshilfe ist primär auf die Entwicklung öffentlicher Freiräume ausgelegt.

Solingen: Kommunale Überflutungsvorsorge in Zeiten des Klimawandels – Konzept und Umsetzung in Solingen

- ▶ https://www.youtube.com/watch?v=11MYEFM_-qM
- ▶ <https://www.solingen.de/de/inhalt/starkregen-schutz-vor-ueberflutung-stadt/>

Insbesondere beim Überflutungsschutz gilt es, oberflächlich zu handeln: Abflussvermeidung durch Entsiegelung, Begrünung; Abflusssdrosselung durch Retention; Notwasserwege zum schadlosen Abfluss durch Siedlungsgebiete; Ausnutzung vorhandener Kanalreserven; schadlose Nutzung der Vorfluter. Zur Identifikation von Überflutungsschwerpunkten sind 2015 Analyse- und Simulationsverfahren entwickelt und angepasst worden. Zur Bewertung der kommunalen Infrastruktur und Funktionen wird seit 2016 das Risikopotenzial untersucht. Seit 2017 werden kommunale Infrastrukturplanungen hinsichtlich ihres Beitrags zum Überflutungsschutz abgestimmt. Zur Information der Bevölkerung baut die Stadt aktuell ein Beratungs-, Warn- und Informationskonzept auf, das neben Flyern eine Website, Beratungsangebote, eine Online-Selbsteinschätzung und eine Starkregen-Warn-App umfasst.

Dortmund – oberflächliche Niederschlagswasserableitung in Grünkorridoren, Projekt Phoenixsee

- ▶ [https://dosys01.digistadt.de/dosys/gremniedweb1.nsf/0/cadc32c1bc1d5575c1257d7a0017a892/\\$FILE/TOP%207.1%20EB%2070.pdf](https://dosys01.digistadt.de/dosys/gremniedweb1.nsf/0/cadc32c1bc1d5575c1257d7a0017a892/$FILE/TOP%207.1%20EB%2070.pdf)

Das Projekt Phoenixsee stellt ein sehr gutes Maßnahmenbeispiel zum Umgang mit Starkregen dar. Die kostengünstige Ableitung von Niederschlagswasser bei reduzierten Aufwendungen zur Abwasserbehandlung trägt zur Förderung eines naturnahen Wasserkreislaufs bei und führt zu einer maßgeblichen Verbesserung der Vorsorge vor Sturzflutereignissen.

Hamburg – RISA Strukturplan Regenwasser 2030

- ▶ <https://www.risa-hamburg.de/download/alle-downloads/>

Das von der Hamburger Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt initiierte Projekt RISA zeigt die Optionen für eine zukunftsfähige Regenwasserbewirtschaftung für Hamburg auf. Der Strukturplan Regenwasser 2030 beschreibt Strategien und Maßnahmen zu Bewirtschaftung und Abführung des Niederschlagswassers. Die Veränderungsnotwendigkeiten und Handlungsoptionen für Planung und Verwaltung werden als Teil der Ergebnisberichtsreihe RISA veröffentlicht. Die RISA-Studie „Wassersensible Freiraumgestaltung: ‚Mitbenutzung‘ des Ohlendorffs Park und der Straße Wiesenhöfen“ zeigt beispielhaft mithilfe von Ideenstudien und Vorentwürfen unterschiedliche Varianten zur Retentionsraumgestaltung in einem Park im Sinne des Schwammstadtprinzips.

Schwerpunkt „Land- und Forstwirtschaft“

NRW – Waldbaukonzept. Empfehlungen für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung

- https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/waldbaukonzept_nrw.pdf

Der Waldbau in NRW bezieht sich in erster Linie auf die waldbauliche Entwicklung standortgerechter und strukturierter Mischbestände aus überwiegend heimischen Baumarten unter Verwendung von geeignetem Vermehrungsgut. Eingeführte Baumarten werden bei wissenschaftlicher Absicherung und langfristigen Anbauerfahrungen in Deutschland empfohlen, überwiegend als Beimischungen. Die waldbaulichen Empfehlungen zielen zudem darauf ab, Stabilität und Resilienz der Wälder im Klimawandel zu erhöhen sowie die forstwirtschaftlichen Risiken zu verringern.

Wald und Waldmanagement im Klimawandel – Anpassungsstrategie für Nordrhein-Westfalen

- https://www.wald-und-holz.nrw.de/fileadmin/Klimawandel/Dokumente/Broschuer_Klimaanpassungsstrategie_Wald_NRW.pdf

Eine zentrale Auswirkung des Klimawandels auf Wälder und Waldmanagement ist die Veränderung der standörtlichen Rahmenbedingungen. Dies hat Folgen für die standörtliche Eignung verschiedener Baumarten und Waldgesellschaften oder Bestandstypen. Eine veränderte Baumartenwahl und angepasste Bewirtschaftungskonzepte können den Auswirkungen des Klimawandels begegnen; sie können zudem einen ökologischen, ökonomischen und gesellschaftlichen Mehrwert erzielen.

Agrarrelevante Extremwetterlagen und Möglichkeiten von Risikomanagementsystemen – eine Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)

- <https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/Klima-und-Umwelt/Klimaschutz/AbschlussberichtProjektExtremwetterlagen.pdf>

Die Studie des Johann Heinrich von Thünen-Instituts beschreibt Möglichkeiten der Land- und Forstwirtschaft zur Anpassung an Extremwetterlagen. Der Bericht präsentiert die Ergebnisse aus einem Verbundforschungsvorhaben des BMEL. Dabei werden die grundsätzlichen Handlungsoptionen hinsichtlich verschiedener Extremereignisse wie Hitze und Trockenheit, Hochwasser und Starkregen sowie Spätfrostgefahr beschrieben. Bei den Anpassungsoptionen für die Landwirtschaft wird zwischen agronomischen Maßnahmen, Wassermanagement (z. B. Bewässerung und Beregnung) und finanziellen Hilfen zur Abwendung wirtschaftlicher Folgen unterschieden. Für die Waldwirtschaft steht der klimaangepasste Waldbau im Vordergrund.

Verzeichnisse

Abkürzungsverzeichnis

ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
BauGB	Baugesetzbuch
BauNVO	Baunutzungsverordnung
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
DLM	Digitales Landschaftsmodell
DWD	Deutscher Wetterdienst
EFRE	Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
EU	Europäische Union
EU-WRRL	Europäische Wasserrahmenrichtlinie (Richtlinie 2000/60/EG)
ExWoSt	Experimenteller Wohnungs- und Städtebau
FNp	Flächennutzungsplan
GIS	Geoinformationssystem
HQ ₁₀₀	100-jährliches Hochwasser
HQ _{extrem}	Extremhochwasser
IT.NRW	Landesbetrieb Information und Technik Nordrhein-Westfalen
KWVS	Klimawandelvorsorgestrategie
LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
LWK	Landwirtschaftskammer
MKRO	Ministerkonferenz für Raumordnung
MORO	Modellvorhaben der Raumordnung
MULNV	Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz
NRW	Nordrhein-Westfalen
UBA	Umweltbundesamt

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Beispiele für Herausforderungen in der Region Köln/Bonn im Klimawandel – Zeitungsberichte	7
Abb. 2:	Methodischer Ansatz der Klimawirkungsanalyse	13
Abb. 3:	Anzahl der „Heißen Tage“ in der Region Köln/Bonn	15
Abb. 4:	Jahresniederschlagssumme in der Region Köln/Bonn	16
Abb. 5:	Vegetationsbeginn in der Region Köln/Bonn	17
Abb. 6:	Überschwemmte und überschwemmungsgefährdete Gebiete HQ_{100} in der Region Köln/Bonn	18
Abb. 7:	Sturzflutpotenzial in der Region Köln/Bonn	19
Abb. 8:	Aktueller Stand und Entwicklung der Bevölkerungszahlen in der Region Köln/Bonn	20
Abb. 9:	Wohn- und Mischbauflächen in der Region Köln/Bonn	22
Abb. 10:	Entwicklung der Wohn- und Mischbauflächen bis 2035 in der Region Köln/Bonn	23
Abb. 11:	Soziale Infrastruktur in der Region Köln/Bonn	24
Abb. 12:	Verkehrsinfrastruktur in der Region Köln/Bonn	25
Abb. 13:	Acker- und Grünlandflächen in der Region Köln/Bonn	26
Abb. 14:	Waldflächen in der Region Köln/Bonn	27
Abb. 15:	Potenzielle Wärmebelastung der Bevölkerung und der sozialen Infrastruktur in der Region Köln/Bonn	29
Abb. 16:	Potenzielle Betroffenheit von Wohnsiedlungsbereichen und Verkehrsinfrastruktur durch Flusshochwasser in der Region Köln/Bonn	31
Abb. 17:	Potenzielle Betroffenheit von Wohnsiedlungsbereichen und Verkehrsinfrastruktur durch Sturzfluten in der Region Köln/Bonn	33
Abb. 18:	Potenzielle Betroffenheit von Wäldern und Ackerflächen durch Trockenstress in der Region Köln/Bonn	35
Abb. 19:	Potenzielle Betroffenheit des Obstbaus durch Verschiebung des Vegetationsbeginns (Spätfrostgefährdung) in der Region Köln/Bonn	36
Abb. 20:	Klimawirkung „Potenzielle Wärmebelastung der Wohnbevölkerung“ in den Kommunen und Stadtbezirken der Region Köln/ Bonn im zeitlichen und räumlichen Vergleich	38
Abb. 21:	Klimawirkung „Potenzielle Wärmebelastung der Wohnbevölkerung“ in der Region Köln/ Bonn im zeitlichen und räumlichen Vergleich aggregiert auf Ebene der Kreise und kreisfreien Städte (Boxplots)	40
Abb. 22:	Integrierte Planungshinweiskarte	44
Abb. 23:	Thermische Belastung im Siedlungsbereich	54
Abb. 24:	Regional wirksame Luftleitbahnen und Kaltluft-Einzugsgebiete	60
Abb. 25:	Siedlungslagen mit besonderem Hochwasserrisiko	66
Abb. 26:	Flusseinzugsgebiete mit Sturzflutgefährdung	72
Abb. 27:	Multifunktionales Freiraumsystem der Rheinschiene und des Erftkorridors	78

Abb. 28: Rechts- und linksrheinische Waldgürtel	84
Abb. 29: Trockenstressrisiko bei Waldflächen	88
Abb. 30: Trockenstressrisiko bei landwirtschaftlichen Nutzflächen	92
Abb. 31: Spätfrostgefährdung im Obstbau	94
Abb. 32: Trinkwassertalsperren und Schutzfunktion des Waldes	96
Abb. 33: Bergbaufolgelandschaften mit Klimaanpassungspotenzial	98
Abb. 34: Niedrigwasserrisiko am Rhein	100
Abb. 35: Systemrisiko für Infrastrukturen durch Windwurf	102

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Planungshinweiskategorien	45
Tab. 2: Schwerpunkte der Klimaanpassung in den Kreisen, kreisfreien Städten und Kommunen aus regionaler Perspektive	48
Tab. 3: Maßnahmen zur Anpassung an thermische Belastung im Siedlungsbereich	58
Tab. 4: Maßnahmen zur Klimaanpassung in regional wirksamen Luftleitbahnen und Kaltluft-Einzugsgebieten	64
Tab. 5: Maßnahmen zur Klimaanpassung in Siedlungslagen mit besonderem Hochwasserrisiko	70
Tab. 6: Maßnahmen zur Klimaanpassung in Flusseinzugsgebieten mit Sturzflutgefährdung	76
Tab. 7: Maßnahmen zur Klimaanpassung im multifunktionalen Freiraumsystem der Rheinschiene und des Erftkorridors	82
Tab. 8: Maßnahmen zur Klimaanpassung in den rechts- und linksrheinischen Waldgürteln	87
Tab. 9: Maßnahmen zur Klimaanpassung in den Wäldern	91

Quellenverzeichnis

adelphi; PRC; EURAC 2015: Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Online verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/climate_change_24_2015_vulnerabilitaet_deutschlands_gegenueber_dem_klimawandel_1.pdf (zugegriffen am 05.09.2019)

Behrens, Martin; Fartmann, Thomas; Hölzel, Norbert 2009: Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Biologische Vielfalt. Pilotstudie zu den voraussichtlichen Auswirkungen des Klimawandels auf ausgewählte Tier- und Pflanzenarten in Nordrhein-Westfalen. Teil 4: Zusammenfassung. Düsseldorf, Münster. Online verfügbar unter: https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/umwelt/klimaaenderungen_biologische_vielfalt_studie_04.pdf (zugegriffen am 05.09.2019)

Bezirksregierung Köln 2017a: Digitales Basis-Landschaftsmodell (Basis-DLM). Online verfügbar unter: https://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk_internet/geobasis/landschaftsmodelle/basis_dlm/index.html (zugegriffen am 17.07.2017)

Bezirksregierung Köln 2017b: Digitale Geländemodelle (DGM). Online verfügbar unter: https://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk_internet/geobasis/hoehenmodelle/gelaendemodelle/index.html (zugegriffen am 17.07.2017)

Bezirksregierung Köln 2018: Digitales Landschaftsmodell 50 (DLM 50). Online verfügbar unter: https://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk_internet/geobasis/landschaftsmodelle/dlm_50/index.html (zugegriffen am 27.06.2018)

Bezirksregierung Köln 2019: Aktueller Regionalplan Köln. Online verfügbar unter: https://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk_internet/leistungen/abteilung03/32/regionalplanung/aktueller_regionalplan/index.html (zugegriffen am 05.09.2019)

BMU [Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit] 2016: Klimaschutzplan 2050: Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. Berlin.

BMVBS [Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung]; BBSR [Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung] 2009: Ursachen und Folgen des Klimawandels durch urbane Konzepte begegnen: Skizzierung einer klimawandelgerechten Stadtentwicklung. BBSR-Online-Publikation, Nr. 22/2009. Berlin, Bonn. Online verfügbar unter: http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSROnline/2009/DL_ON222009.pdf (zugegriffen am 05.09.2019)

BMVI [Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur] 2017: Handbuch zur Ausgestaltung der Hochwasservorsorge in der Raumordnung. MORO Regionalentwicklung und Hochwasserschutz in Flussgebieten, MORO Praxis Heft 10. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. Bonn. Online verfügbar unter: <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/ministerien/MOROPraxis/2017/moro-praxis-10-17-dl.pdf> (zugegriffen am 05.09.2019)

Bundesregierung 2008: Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen. Berlin. Online verfügbar unter: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf (zugegriffen am 05.09.2019)

Burmeister, Cornelia 2018: Klimaanalyse für die Stadt Bonn. Umweltausschuss Bonn, 28.06.2018. Online verfügbar unter: https://www.bonn.de/medien-global/amt-56/klimaschutz/Klimaanalyse_ZURES.pdf (zugegriffen am 22.09.2019)

DWD [Deutscher Wetterdienst] 2019: Vegetationsperiode. Online verfügbar unter: <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=102868&lv3=102890> (zugegriffen am 05.09.2019)

EnergieAgentur.NRW 2019: KLIMA.NETZWERKER. Online verfügbar unter: <https://www.energieagentur.nrw/klimaschutz/klimanetzwerker> (zugegriffen am 30.09.2019)

Erftverband 2016: Grundwasserwiederanstieg im Rheinischen Braunkohlenrevier – Langfristig werden sich die natürlichen vorbergbaulichen Grundwasserverhältnisse wieder einstellen. In: InformationsFluss, Sonderheft S16, S. 3–4. Online verfügbar unter: https://www.erftverband.de/wp-content/uploads/2016/07/ev_sonderheft-s16-web.pdf (zugegriffen am 05.09.2019)

FiW [Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen e.V.] 2018: dynaklim – Dynamische Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels in der Emscher-Lippe-Region (Ruhrgebiet). Online verfügbar unter: <http://www.dynaklim.de> (zugegriffen am 22.09.2019)

GD NRW [Geologischer Dienst NRW] 2019: Forstliche Standortkarte für den Wald der Zukunft. Online verfügbar unter: https://www.gd.nrw.de/bo_dk_forstandortkarten.htm (zugegriffen am 05.09.2019)

Gerstner, Susanne; Jansen, Stefan; Süßer, Michael; Lübert, Claudia 2002: Nachhaltige Erholungsnutzung und Tourismus in Bergbaufolgelandschaften. Ergebnisse aus dem F+E-Vorhaben 899 87 400 des Bundesamts für Naturschutz. Bonn. Online verfügbar unter: <http://neobiota>.

bfn.de/fileadmin/MDB/documents/skript49.pdf (zugegriffen am 05.09.2019)

Grünes C 2019: Grünes C. Online verfügbar unter: <https://www.gruenes-c.de/> (zugegriffen am 05.09.2019)

Hennegriff, Wolfgang; Kolokotronis, Vassilis; Weber, Hans; Bartels, Hella 2006: Klimawandel und Hochwasser. Erkenntnisse und Anpassungsstrategien beim Hochwasserschutz. In: KA WASSER ABFALL, Bd. 53, S. 770–779. Online verfügbar unter: https://www.accc.gv.at/pdf/klimawandel_hochwasser.pdf (zugegriffen am 05.09.2019)

HKC [HochwasserKompetenzCentrum] 2019: Hochwasser-Pass – informieren, vorbeugen, schützen. Online verfügbar unter: <https://www.hochwasser-pass.com> (zugegriffen am 05.09.2019)

Hoevel, Hartmut 2017: Die Umgestaltung der unteren Erft – Umsetzung des Perspektivkonzeptes 2045. Informationsveranstaltung zum Bodenordnungsverfahren Grevenbroich-Langwaden. Erftverband, 16. Februar 2017. Online verfügbar unter: https://www.erftverband.de/wp-content/uploads/2017/02/170216_bodenordnung_wevelinghoven_publ.pdf (zugegriffen am 27.09.2019)

ILS [Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung gGmbH]; PTV Transport Consult GmbH 2018: Grundlagenuntersuchung Mobilität: Agglomerationskonzept. Online verfügbar unter: https://www.agglomerationskonzept.de/fileadmin/user_upload/Dateien/Daten/Downloads/GU_Mobilit%C3%A4t/20181206_GU_Mobilit%C3%A4t_MAIL.pdf (zugegriffen am 05.09.2019)

IT.NRW [Landesbetrieb Information und Technik Nordrhein-Westfalen] 2014: Gemeindemodellrechnung 2014 bis 2040 - Basis - nach Geschlecht - kreisangehörige Gemeinden – Stichtag und Bevölkerungsvorausberechnungen 2014 bis 2040 – Basis - nach Geschlecht - kreisfreie Städte und Kreise - Stichtag. Düsseldorf. (Daten abgerufen am 04.07.2017)

IWW Zentrum Wasser 2014: Sichere Wasserversorgung im Klimawandel – Wege zur Klimawandel-Anpassung der Trinkwasserversorgung im Ruhrgebiet. Online verfügbar unter: <https://iww-online.de/download/dynaklim-sichere-wasserversorgung-im-klimawandel/?wpdmdl=3854&ind=0> (zugegriffen am 05.09.2019)

Kommunalagentur 2015: Praxisleitfaden Hochwasser- und Überflutungsschutz. Online verfügbar unter: https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/atoms/files/praxisleitfaden_hochwasser-_und_ueberflutungsschutz.pdf (zugegriffen am 05.09.2019)

Krings, Kurt 2019: Rekultivierung im Braunkohlebergbau. Bezirksregierung Arnsberg. Online verfügbar unter: https://www.bezreg-arnsberg.nrw.de/themen/r/rekultivierung_braunkohle/index.php (zugegriffen am 05.09.2019)

Landesbetrieb HessenForst 2017: Waldbauliche Anpassung an den Klimawandel. Online verfügbar unter: https://www1.uni-kassel.de/uni/fileadmin/datas/uni/umwelt/CliMA/04_Projekte_KLIMWALD/Waldbauliche_Anpassung_an_den_Klimawandel.pdf (zugegriffen am 05.09.2019)

Landesbetrieb Wald und Holz NRW 2013: Forstlicher Fachbeitrag zum Regionalplan Planungsregion Düsseldorf. Online verfügbar unter: https://www.brd.nrw.de/planen_bauen/regionalplan/pdf_regionalplanfortschreibung/Forstlicher_Fachbeitrag.pdf (zugegriffen am 05.09.2019)

Landesbetrieb Wald und Holz NRW 2018: Forstlicher Fachbeitrag für die Fortschreibung des Regionalplanes der Bezirksregierung Köln. Online verfügbar unter: https://www.wald-und-holz.nrw.de/fileadmin/Publikationen/Broschueren/180907_Finaler_Forstlicher_Fachbeitrag.pdf (zugegriffen am 05.09.2019)

Landesbetrieb Wald und Holz NRW 2019: Klimawandel – Folgen des Klimawandels. Online verfügbar unter: <https://www.wald-und-holz.nrw.de/wald-in-nrw/wald-und-klima> (zugegriffen am 26.09.2019)

LANUV [Landesamt für Natur, Umwelt, und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen] 2013: Klimawandel in Stadtentwässerung und Stadtentwicklung (KISS). Online verfügbar unter: https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/wasser/abwasser/KISS_Bericht.pdf (zugegriffen am 05.09.2019)

LANUV [Landesamt für Natur, Umwelt, und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen] 2014: Fachbeitrag des Naturschutzes und der Landschaftspflege für die Planungsregion Düsseldorf. Online verfügbar unter: https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/6_sonderreihen/Fachbeitrag_Naturschutz_Duesseldorf_neu.pdf (zugegriffen am 05.09.2019)

LANUV [Landesamt für Natur, Umwelt, und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen] 2017a: GEOportal. NRW, Karten und Daten, Geodatenbereitstellung. Zur Verfügung gestellt vom LANUV über das GEOportal. NRW am 18.05.2017 (Daten abrufbar unter <https://www.opengeodata.nrw.de/produkte/>)

LANUV [Landesamt für Natur, Umwelt, und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen] 2017b: Daten Hochwasser (überschwemmte Fläche HQ_{100} mit Einstautiefen; überschwemmte Fläche HQ_{extrem} mit Einstautiefen). Zur Verfügung gestellt vom LANUV am 13.06.2017

LANUV [Landesamt für Natur, Umwelt, und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen] 2018a: Klimafolgenmonitoring. Wasser. Online verfügbar unter: <https://www.lanuv.nrw.de/kfm-indikatoren/index.php?mode=liste&aufzu=2> (zugegriffen am 05.09.2019)

LANUV [Landesamt für Natur, Umwelt, und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen] 2018b: Klimafolgenmonitoring. Ökosysteme und Biodiversität. Online verfügbar unter: <https://www.lanuv.nrw.de/kfm-indikatoren/index.php?mode=liste&aufzu=3> (zugegriffen am 05.09.2019)

LANUV [Landesamt für Natur, Umwelt, und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen] 2018c: Fachbeitrag Klima für die Planungsregion Köln. Online verfügbar unter: https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/6_sonderreihen/Fachbeitrag_Klima_K%C3%B6ln_gesichert.pdf (zugegriffen am 05.09.2019)

LANUV [Landesamt für Natur, Umwelt, und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen] 2018d: Klimaanalyse Nordrhein-Westfalen. Recklinghausen. LANUV-Fachbericht 86. Online verfügbar unter: https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/3_fachberichte/Fachbericht_86_gesichert.pdf (zugegriffen am 05.09.2019)

LANUV [Landesamt für Natur, Umwelt, und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen] 2019a: Niederschlagsdaten. Zur Verfügung gestellt vom LANUV am 20.05.2019.

LANUV [Landesamt für Natur, Umwelt, und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen] 2019b: Parameter. Landwirtschaftliche Ertragsentwicklung. Online verfügbar unter: <https://www.lanuv.nrw.de/klima-alt/fis-klimaanpassung-nordrhein-westfalen/landwirtschaft-und-fischerei/parameter/> (zugegriffen am 05.09.2019)

LANUV [Landesamt für Natur, Umwelt, und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen] 2019c: Klimafolgenmonitoring. Landwirtschaft. Online verfügbar unter: <https://www.lanuv.nrw.de/kfm-indikatoren/index.php?mode=liste&aufzu=5> (zugegriffen am 05.09.2019)

LANUV [Landesamt für Natur, Umwelt, und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen] 2019d: Parameter. Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz. Online verfügbar unter: <https://www.lanuv.nrw.de/klima/fis-klimaanpassung-nordrhein-westfalen/wasserwirtschaft-und-hochwasserschutz/parameter/> (zugegriffen am 05.09.2019)

LANUV [Landesamt für Natur, Umwelt, und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen] 2019e: Artenvielfalt - Artenschutz. Online verfügbar unter: <https://www.lanuv.nrw.de/natur/artenschutz/> (zugegriffen am 05.09.2019)

LANUV [Landesamt für Natur, Umwelt, und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen] 2019f: Parameter. Biologische Vielfalt und Naturschutz. Online verfügbar unter: <https://www.lanuv.nrw.de/klima/fis-klimaanpassung-nordrhein-westfalen/biologische-vielfalt-und-naturschutz/parameter/> (zugegriffen am 05.09.2019)

LANUV [Landesamt für Natur, Umwelt, und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen] 2019g: Parameter. Wald und Forstwirtschaft. Online verfügbar unter: <https://www.lanuv.nrw.de/klima-alt/fis-klimaanpassung-nordrhein-westfalen/wald-und-forstwirtschaft/parameter/> (zugegriffen am 05.09.2019)

LANUV [Landesamt für Natur, Umwelt, und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen] 2019h: Klimafolgenmonitoring. Forstwirtschaft. Online verfügbar unter: <https://www.lanuv.nrw.de/kfm-indikatoren/index.php?mode=liste&aufzu=6> (zugegriffen am 05.09.2019)

LANUV [Landesamt für Natur, Umwelt, und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen] 2019i: Klimaanalyse und Planhinweiskarte NRW. Zur Verfügung gestellt von IT.NRW im Auftrag des LANUV am 24.01.2019. Online verfügbar im FIS Klimaanpassung NRW unter: <https://www.lanuv.nrw.de/klima/klimaanpassung-in-nrw/fis-klimaanpassung-nordrhein-westfalen>

LENEC [Laboratório Nacional de Engenharia Civil] 2017: BINGO – Bringing innovation to ongoing water management – a better future under climate change. Online verfügbar unter: <http://www.projectbingo.eu/> (zugegriffen am 22.09.2019)

LWK NRW [Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen] 2012a: Klimawandel und Landwirtschaft in NRW. Online verfügbar unter: <https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/klima/pdf/klimawandel-landwirtschaft.pdf> (zugegriffen am 05.09.2019)

LWK NRW [Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen] 2012b: Klimawandel und Landwirtschaft. Anpassungsstrategien im Bereich Tierhaltung. Fachinformationen. Online verfügbar unter: <https://www.landwirtschaftskammer.de/extern/vlk/pdf/klima-tier.pdf> (zugegriffen am 05.09.2019)

LWK NRW [Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen] 2013: Landwirtschaftlicher Fachbeitrag zum Regionalplan Düsseldorf. Daten, Fakten, Entwicklungen der Landwirtschaft im ländlichen, suburbanen und urbanen Raum. Online verfügbar unter: <https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/landentwicklung/raumplanung/pdf/fachbeitrag-duesseldorf.pdf> (zugegriffen am 05.09.2019)

LWK NRW [Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen] 2016a: Klima und Klimaschutz. Online verfügbar unter: <https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/klima/index.htm>, zuletzt aktualisiert am 25.01.2016 (zugegriffen am 05.09.2019)

LWK NRW [Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen] 2016b: Landwirtschaft im Regierungsbezirk Köln. Herausforderungen. Chancen. Perspektiven. Online verfügbar unter: <https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/landentwicklung/regionalentwicklung/pdf/landwirtschaft-koeln.pdf> (zugegriffen am 05.09.2019)

LWK NRW [Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen] 2019a: Zeitreihen zur Landwirtschaft in Nordrhein-Westfalen 1960 bis 2017. Münster. Online verfügbar unter: <https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/beratung/pdf/zeitreihe-landwirtschaft-nrw-1960-2017.pdf> (zugegriffen am 05.09.2019)

LWK NRW [Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen] 2019b: Klimawandel und Landwirtschaft. Anpassungsstrategien im Ackerbau. Fachinformationen. Online verfügbar unter: <https://www.landwirtschaftskammer.de/extern/vlk/pdf/klimawandel.pdf> (zugegriffen am 27.09.2019)

MKULNV NRW [Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen] 2010: Natur im Wandel. Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in Nordrhein-Westfalen. Online verfügbar unter: https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/broschuere_natur_im_wandel.pdf (zugegriffen am 05.09.2019)

MKULNV NRW [Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen] 2011a: Klimawandel und Landwirtschaft. Auswirkungen der globalen Erwärmung auf die Entwicklung der Pflanzenproduktion in Nordrhein-Westfalen. Online verfügbar unter: https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/broschuere_klimawandel_landwirtschaft.pdf (zugegriffen am 05.09.2019)

MKULNV NRW [Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen] 2011b: Klimawandel und Boden. Auswirkungen der globalen Erwärmung auf den Boden als Pflanzenstandort. Online verfügbar unter: https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/broschuere_klimawandel_boden.pdf (zugegriffen am 05.09.2019)

MKULNV NRW [Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen] 2011c: Klimawandel und Wasserwirtschaft. Maßnahmen und Handlungskonzepte in der Wasserwirtschaft zur Anpassung an den Klimawandel. Online verfügbar unter: https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/klima/broschuere_klima_und_wasser.pdf (zugegriffen am 05.09.2019)

MKULNV NRW [Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen] 2011d: Handbuch Stadtklima: Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel. Düsseldorf. Online verfügbar unter: https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/handbuch_stadtklima_kurzfassung.pdf (zugegriffen am 05.09.2019)

MULNV NRW [Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen] 2018a: Arbeitshilfe kommunales Starkregenerisikomanagement. Hochwasserrisikomanagementplanung in NRW. Online verfügbar unter: https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/atoms/files/arbeitshilfe_kommunales_starkregenerisikomanagement_2018.pdf (zugegriffen am 05.09.2019)

MULNV NRW [Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen] 2018b: Waldzustandsbericht 2018. Bericht über den ökologischen Zustand des Waldes in NRW. Online verfügbar unter: https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/waldzustandsbericht_2018_lang.pdf (zugegriffen am 05.09.2019)

MULNV NRW [Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen] 2018c: Waldbaukonzept Nordrhein-Westfalen. Empfehlungen für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung. Online verfügbar unter: https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/waldbaukonzept_nrw.pdf (zugegriffen am 05.09.2019)

MULNV NRW [Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen] 2018d: Wald und Waldmanagement im Klimawandel. Anpassungsstrategie für Nordrhein-Westfalen. Online verfügbar unter: https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/Klimaanpassungsstrategie_Wald_NRW.pdf (zugegriffen am 05.09.2019)

MULNV NRW [Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen] 2019a: Klimawandel und -anpassung. Online verfügbar unter: <https://www.umwelt.nrw.de/umwelt/klimawandel-und-anpassung/> (zugegriffen am 05.09.2019)

MULNV NRW [Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen] 2019b: Flussgebiete NRW. Risikomanagement in Kommunen. Online verfügbar unter: <https://www.flussgebiete.nrw.de/risikomanagement-kommunen-200> (zugegriffen am 05.09.2019)

MULNV NRW [Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen] 2019c: Waldinfo.NRW. Waldinformationen NRW. Online verfügbar unter: <https://www.waldinfo.nrw.de/> (zugegriffen am 05.09.2019)

MULNV NRW [Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen] 2019d: Flussgebiete NRW. Kommunale Steckbriefe zum Hochwasserrisikomanagementplan. Online verfügbar unter: <https://www.flussgebiete.nrw.de/node/5741> (zugegriffen am 05.09.2019)

MULNV NRW [Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen] 2019e: Essen ist Grüne Hauptstadt Europas 2017. Online verfügbar unter: <https://www.nachhaltigkeit.nrw.de/projekte/gruene-hauptstadt-europas-essen/> (zugegriffen am 17.09.2019)

MULNV NRW [Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen] 2019f: NRW Umweltdaten vor Ort. Online verfügbar unter: <https://www.uvo.nrw.de/> (zugegriffen am 22.09.2019)

MULNV NRW [Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen] 2019g: Das Fachinformationssystem ELWAS mit dem Auswertungswerkzeug ELWAS-WEB ist ein elektronisches wasserwirtschaftliches Verbundsystem für die Wasserwirtschaftsverwaltung in NRW. Online verfügbar unter: <https://www.elwasweb.nrw.de/> (zugegriffen am 22.09.2019)

MULNV NRW [Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen] 2019h: Flussgebiete NRW. Online verfügbar unter: <https://www.flussgebiete.nrw.de/> (zugegriffen am 26.09.2019)

MULNV NRW [Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen] 2019i: Flussgebiete NRW. Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten. Online verfügbar unter: <https://www.flussgebiete.nrw.de/hochwassergefahrenkarten-und-hochwasserrisikokarten-203> (zugegriffen am 26.09.2019)

MULNV NRW [Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen] 2019j: Wald und Klima. Online verfügbar unter: <https://www.umwelt.nrw.de/naturschutz/wald/wald-und-klima/> (zugegriffen am 26.09.2019)

MULNV NRW [Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen] 2019k: Waldbewirtschaftung. Online verfü-

bar unter: <https://www.umwelt.nrw.de/naturschutz/wald/waldbewirtschaftung/> (zugegriffen am 26.09.2019)

MUNLV NRW [Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen] 2009: Anpassung an den Klimawandel – Eine Strategie für Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf: MUNLV.

NRW.BANK 2019: Die NRW.BANK – Förderprodukte – Förderthemen. Online verfügbar unter: <https://www.nrwbank.de> (zugegriffen am 30.09.2019)

RegioGrün 2019: Willkommen bei RegioGrün!. Online verfügbar unter: <https://www.regio-gruen.de/> (zugegriffen am 05.09.2019)

Region Köln/Bonn e.V. 2015: Regionaler Orientierungs- und Handlungsrahmen: Zukunft gemeinsam gestalten. Online verfügbar unter: https://www.agglomerationskonzept.de/fileadmin/user_upload/Dateien/Daten/Downloads/Regionaler_Orientierungs-_und_Handlungsrahmen_ROHR_01.pdf (zugegriffen am 05.09.2019)

Region Köln/Bonn e.V. 2018: Karte der Region, Stand 2018, zur Verfügung gestellt vom Region Köln/Bonn e.V.

Region Köln/Bonn e.V. 2019a: Regionale Klimawandelvorsorgestrategie. Online verfügbar unter: <https://www.region-koeln-bonn.de/en/themen/integrierte-raumentwicklung/klimawandelvorsorge/index.html> (zugegriffen am 05.09.2019)

Region Köln/Bonn e.V. 2019b: Agglomerationskonzept. Ziele. Online verfügbar unter: <https://www.agglomerationskonzept.de/agglomerationskonzept/ziele/> (zugegriffen am 05.09.2019)

Region Köln/Bonn e.V. 2019c: Netzwerk der Kulturlandschaften. Online verfügbar unter: <https://www.region-koeln-bonn.de/de/themen/natur-und-landschaft/masterplan-gruen/index.html> (zugegriffen am 05.09.2019)

Rhein-Erft-Kreis 2019: Das Konzept: Leitlinien und „Bausteine“ von RegioGrün. Online verfügbar unter: <https://www.regio-gruen.de/regiogruen-verstehen/das-konzept/index.html> (zugegriffen am 17.09.2019)

Stadt Essen 2019: Entwicklung von Grün in Essen. Online verfügbar unter: https://www.essen.de/rathaus/aemter/ordner_67/Gruen_und_Parkanlagen.de.html (zugegriffen am 17.09.2019)

StMELF [Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, und Forsten] 2018: Naturnahe Waldränder – Ein Gewinn nicht nur für die Natur. Online verfügbar unter: <http://www.alf-ln.bayern.de/cms10/aelf-la/forstwirtschaft/wald/104270/index.php> (zugegriffen am 05.09.2019)

SYDRO Consult GmbH 2019: TASK – Talsperren Anpassungsstrategie Klimawandel. Online verfügbar unter: <http://task.sydro.de/> (zugegriffen am 22.09.2019)

Szalatnay, David; Wieland, Sabine 2018: Maßnahmen gegen Frost. Online verfügbar unter: http://kp.eufrin.eu/fileadmin/user_upload/documents/1094-7a24ea9882bd38fa2fb3722571b37fa9.pdf (zugegriffen am 05.09.2019)

UBA [Umweltbundesamt] 2012: Klimaschutz in der räumlichen Planung – Gestaltungsmöglichkeiten der Raumordnung und Bauleitplanung. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4369.pdf> (zugegriffen am 05.09.2019)

UDATA GmbH 2010: WASKlim – Wasserwirtschaftliche Anpassungsstrategien an den Klimawandel. Online verfügbar unter: <http://www.wasklim.de/> (zugegriffen am 22.09.2019)

Gesetzliche Grundlagen:

BauGB [Baugesetzbuch] in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634)

BauNVO [Baunutzungsverordnung] in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. November 2017 (BGBl. I S. 3786)

BBERG [Bundesberggesetz] vom 13. August 1980 (BGBl. I S. 1310), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 4 des Gesetzes vom 20. Juli 2017 (BGBl. I S. 2808) geändert worden ist

LWG NRW [Wassergesetz für das Land Nordrhein-Westfalen] in der Fassung vom 25. Juni 1995. Neu gefasst durch Art. 1 des Änderungsgesetzes vom 08. Juli 2016, in Kraft getreten am 16. Juli 2016

Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasserrahmenrichtlinie, EU-WRRL)

Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken

Bildquellenverzeichnis

Titelfotos: Geobasis Land NRW | **Seite 1:** © Manfred Esser | **Seite 4:** Ralf Schuhmann Foto + Media | **Seite 9,** jeweils von links: 1. Reihe: Roxana Farhangi, Region Köln/Bonn e.V.; Ralf Schuhmann Foto + Media; Region Köln/Bonn e.V.; 2. Reihe: Ralf Schuhmann Foto + Media; pixabay (Foto rechts); 3. Reihe: REGIO-NALE 2025 Agentur; Ralf Schuhmann Foto + Media; 4. Reihe: Ralf Schuhmann Foto + Media; Region Köln/Bonn e.V. (Foto rechts); 5. Reihe: Ralf Schuhmann Foto + Media; Geobasis Land NRW; Ralf Schuhmann Foto + Media | **Seite 10:** Ralf Schuhmann Foto + Media | **Seite 12:** Roxana Farhangi, Region Köln/Bonn e.V. | **Seite 42:** Torsten Wolter / Region Köln/Bonn e.V. | **Seite 46:** Ralf Schuhmann Foto + Media | **Seite 52:** Region Köln/Bonn e.V. | **Seite 56:** agl/Saarbrücken | **Seite 62:** Ralf Schuhmann Foto + Media | **Seite 68:** Erftverband | **Seite 74:** Ralf Schuhmann Foto + Media | **Seite 80:** prc/Dortmund | **Seite 86:** prc/Dortmund | **Seite 90:** Ralf Schuhmann Foto + Media | **Seite 104:** Ralf Schuhmann Foto + Media | **Seite 114:** Jan Danielzok / Region Köln/Bonn e.V.

Mit Ausnahme der Bilder von agl und prc wurden alle Fotos vom Region Köln/Bonn e.V. zur Verfügung gestellt.

Impressum

REGION KÖLN BONN

Herausgeber

Region Köln/Bonn e.V.

Rheingasse 11, 50676 Köln
www.region-koeln-bonn.de

Kontakt: Joris Allofs

Tel.: 0221/925477-64, allofs@region-koeln-bonn.de

V.i.S.d.P.

Dr. Reimar Molitor

Geschäftsführendes Vorstandsmitglied

Fachliche Bearbeitung

plan + risk consult

Prof. Dr. Greiving & Partner, Dortmund
www.plan-risk-consult.de

Kontakt: Prof. Dr. Stefan Greiving, Dr. Mark Fleischhauer
greiving@plan-risk-consult.de, fleischhauer@plan-risk-consult.de

Bearbeitung: Dr. Mark Fleischhauer, Madeleine Kirstein, Florian Hurth,
Marius Lüke, Dr. Christian Lindner, Bich-Hien Nguyen, Prof. Dr. Stefan Greiving



plan + risk consult
Ingenieurgesellschaft für Raum-
planung und Umweltforschung



agl Hartz · Saad · Wendl
Landschafts-, Stadt- und Raumplanung

agl Hartz · Saad · Wendl

Landschafts-, Stadt- und Raumplanung, Saarbrücken
www.agl-online.de

Kontakt: Andrea Hartz, Sascha Saad

andreahartz@agl-online.de, saschasaad@agl-online.de

Bearbeitung: Andrea Hartz, Sascha Saad, Beate Manderla, Stephanie Bächle

Gestaltung und Satz

Stephanie Bächle (agl)

Sandra Anstätt (feinware _ | raum für gestaltung, Saarbrücken)

Druck

Heider Druck GmbH | Paffrather Str. 102-116 | 51465 Bergisch Gladbach

Auflagenhöhe: 1.500 Exemplare

Papier: h'frei hochweiß Offset Target plus Preprint · FSC Mix 70%



Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in der vorliegenden Broschüre auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen in der Regel verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichwohl für beiderlei Geschlecht.

Köln, 30. September 2019

Projektförderung

Das Projekt wird gefördert durch den EFRE NRW und kofinanziert vom Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. Eigenanteile werden vom Region Köln/Bonn e.V. erbracht.



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung



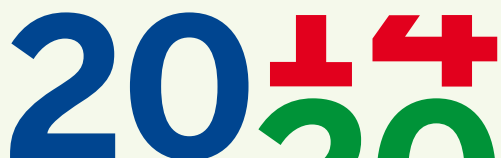
EFRE.NRW

Investitionen in Wachstum
und Beschäftigung

www.klimawandelvorsorge.de



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung



EFRE.NRW

Investitionen in Wachstum
und Beschäftigung

Das Projekt wird gefördert durch den EFRE NRW und kofinanziert vom Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. Eigenanteile werden vom Region Köln/Bonn e.V. erbracht.