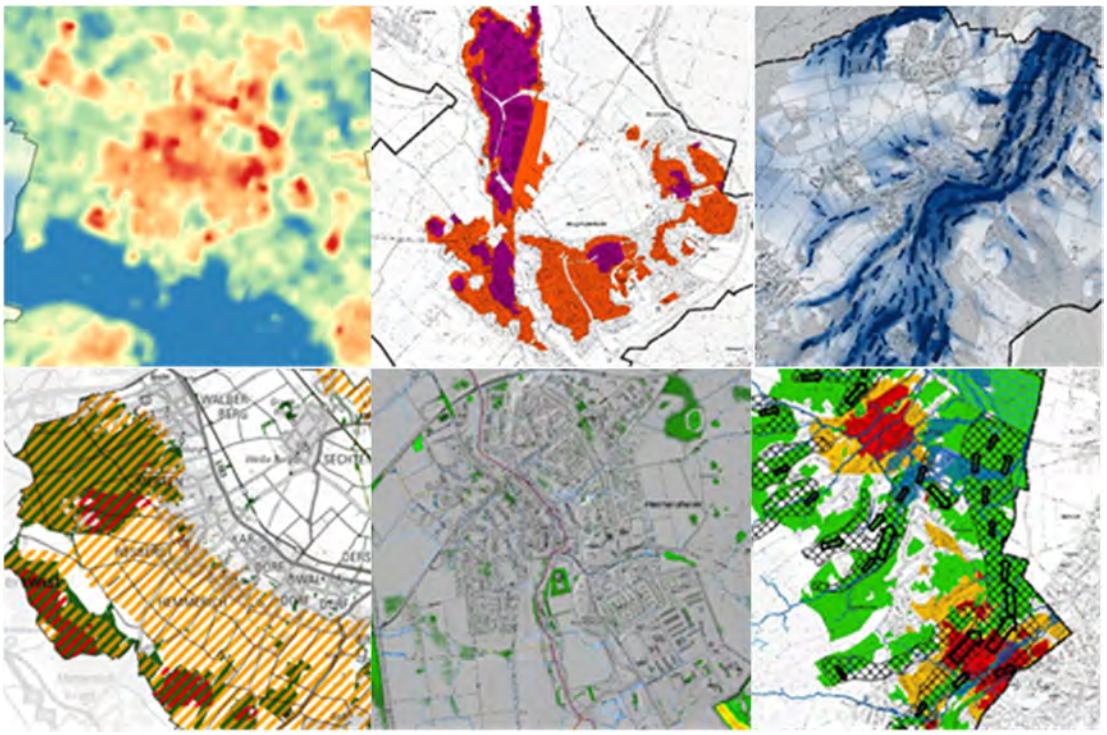
KLIMAREGION Rhein-Voreifel

K.PLAN Klima.Umwelt & Planung

ICM WIR MACHEN KLIMASTÄDTE

Interkommunales Klimaschutzteilkonzept zur Klimaanpassung in der Region Rhein-Voreifel

Alfter, Bornheim, Meckenheim, Rheinbach, Swisttal, Wachtberg



Gefördert durch:

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

NATIONALE KLIMASCHUTZ INITIATIVE

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Hinweis zur Gender-Formulierung:

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit verwenden wir in den Texten vorrangig die männliche Form. Bei allen personenbezogenen Bezeichnungen meint die gewählte Formulierung stets beide Geschlechter.

Auftragnehmer:

INNOVATION CITY MANAGEMENT GMBH
Südring-Center-Promenade 3, D-46242 Bottrop
Telefon +49 2041 70-5000
info@icm.de
www.icm.de
Geschäftsführer:
Burkhard Drescher (Sprecher)
Tobias Clermont
Registergericht - Gelsenkirchen: HRB 11233

K.PLAN - KLIMA.UMWELT & PLANUNG GMBH
Steinring 55, 44789 Bochum
Telefon: +49 234 96648166
info@stadtklima.ruhr
www.k.plan.ruhr
Geschäftsführer:
Dr. Monika Steinrücke
Denis Ahlemann
Steffen Schrödter
Handelsregister Bochum: HRB 15626

Mai 2022

Inhaltsverzeichnis

EINLEITUNG, ZIELE, VORGEHENSWEISE 1

1. BETEILIGUNGSPROZESS 4

2. RISIKO-/ BETROFFENHEITSANALYSE KLIMAFOLGEN FÜR DIE REGION RHEIN-VOREIFEL 6

2.1 Untersuchungen zur Hitzebetroffenheit 7

2.2 Untersuchungen zum Bodenkühlpotenzial 18

2.3 Untersuchungen zur Trockenheitsgefährdung 20

2.4 Untersuchungen zum Sturmrisiko 23

2.5 Untersuchungen zum Überflutungsrisiko 27

3. HANDLUNGSKONZEPT ZUR KLIMAANPASSUNG FÜR DIE REGION RHEIN-VOREIFEL 33

3.1 Die Handlungskarte Klimaanpassung für die Region Rhein-Voreifel 33

3.2 Leitfaden für die räumliche Planung 46

4. MAßNAHMENKATALOGE UND MAßNAHMENUMSETZUNG BEI BEISPIELPROJEKTEN IN DER REGION RHEIN-VOREIFEL 52

4.1 Zusammenstellung geeigneter Maßnahmen zur Klimaanpassung 52

4.1.1 Klimaanpassungsmaßnahmen in der Land- und Forstwirtschaft 52

4.1.2 Klimaanpassungsmaßnahmen für Gewerbe und Industrie 56

4.1.3 Raumbezogene Maßnahmen zur Hitzeprävention und zum Überflutungsschutz (Region, Quartier, Gebäude) 63

4.2 Zusammenstellung von Fördermöglichkeiten zur Klimaanpassung 139

4.3 Integration von Klimaanpassungsmaßnahmen in ausgewählte Beispielprojekte in der Region Rhein-Voreifel 141

4.3.1 Klimaanpassung im gewerblichen Bereich: Beispielprojekt Gewerbegebiet Alfter-Nord 142

4.3.2 Ermittlung von sinnvollen Grünquotienten für Stadtbautypen am Beispiel von Rheinbach 158

4.3.3 Beispielprojekt Swisttal: Gestaltung einer innerstädtischen Grünfläche zum Erhalt/ zur Verbesserung der Belüftungsfunktion 169

4.3.4 Klimaanpassung im Schulumfeld: Beispielprojekte Meckenheim (Neubau) und Wachtberg (Bestand) 188

4.3.5 Klimaanpassung im innerstädtischen Bereich: Beispielprojekt Gestaltungsleitfaden ISEK 211

5. VERSTETIGUNG DER KLIMAANPASSUNGSSTRATEGIE FÜR DIE REGION RHEIN-VOREIFEL 213

5.1 Controlling-Konzept 214

5.2 Kommunikationsstrategie 214

EINLEITUNG

Mit der Nationalen Klimaschutzinitiative initiiert und fördert das Bundesumweltministerium seit 2008 zahlreiche Projekte, die einen Beitrag zur Senkung der Treibhausgasemissionen leisten. Ihre Programme und Projekte decken ein breites Spektrum an Klimaschutzaktivitäten ab: Von der Entwicklung langfristiger Strategien bis hin zu konkreten Hilfestellungen und investiven Fördermaßnahmen. Diese Vielfalt ist Garant für gute Ideen. Die Nationale Klimaschutzinitiative trägt zu einer Verankerung des Klimaschutzes vor Ort bei. Von ihr profitieren Verbraucherinnen und Verbraucher ebenso wie Unternehmen, Kommunen oder Bildungseinrichtungen.

Mit dem Integrierten Klimaschutzkonzept haben die sechs Kommunen der Klimaregion Rhein-Voreifel – Alfter, Bornheim, Meckenheim, Rheinbach, Swisttal und Wachtberg – seit 2012 eine grundlegende Planungshilfe zur CO_2-Einsparung in der Region vorliegen. Die vorausschauende und strategische Anpassung an den Klimawandel war jedoch kein Bestandteil des damaligen Konzeptes. Daher hat die Region Rhein-Voreifel nun, ein Interkommunales Klimaschutzteilkonzept zur Anpassung an den Klimawandel für die Region Rhein-Voreifel erstellen lassen. Zu diesem Zweck haben sich die sechs Kommunen erfolgreich um eine Förderung im Rahmen der Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten in sozialen, kulturellen und öffentlichen Einrichtungen (Kommunalrichtlinie) im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) mit Stand vom 22. Juni 2016 beworben.

Die Erstellung des interkommunalen Klimaschutzteilkonzeptes ist eine Querschnittsaufgabe. Dementsprechend setzt sich das Projektteam aus einem Querschnittsspektrum von Experten zusammen. Durch die Zusammenarbeit von zwei jeweils inhaltlich breit aufgestellten Beratungs- und Planungsunternehmen konnte das notwendige geforderte Spektrum in einer übersichtlichen Konstellation angeboten werden. Die Zusammensetzung wurde so gewählt, dass ein interdisziplinäres Team aus diesen zwei Unternehmen mit unterschiedlichen Erfahrungen und Kompetenzen alle Bausteine des Erarbeitungsprozesses fachlich kompetent und fundiert bearbeiten konnte.

ZIELE

Die Entwicklung von Konzepten wie die der Anpassung an die Klimawandelfolgen erfolgen zumeist nach einem bestimmten Muster mit gewissen Standardinstrumenten, die nicht zuletzt auch vom Fördergeber größtenteils vorgegeben sind. So liefert ausgehend von einer Bestandserfassung und Potenzialanalyse die zu erstellende Gesamtstrategie den Handlungsrahmen für die spätere Umsetzung. Ein zu erarbeitender Maßnahmenkatalog gibt Überblick über die Handlungsempfehlungen für den Untersuchungsraum. Solche beschriebenen Instrumente werden seit langer Zeit genutzt, ihr Einsatz wird kontinuierlich optimiert und hat sich bewährt, was sich durch zahlreiche erfolgreich abgeschlossenen Projekte nachweisen lässt. Der Einsatz dieser Instrumente kann dabei dennoch nicht von Seiten der Auftragnehmer die erfolgreiche Realisierung des Anpassungskonzeptes in letzter Konsequenz garantieren, da mit dem Projektabschluss der Auftrag endet. Deshalb zählen eine Verstetigungsstrategie und ein Controllingkonzept ebenfalls zum bewährten Instrumentarium und sollen die künftige Realisierung des Konzeptes sicherstellen.

Städte, Kreise und Gemeinden sind das Rückgrat einer praktischen Anpassung an die Folgen des Klimawandels. Sie setzen um, was auf nationaler und europäischer Ebene entschieden wird. Dies können sie jedoch nicht allein realisieren, sondern sie sind auf die Unterstützung aus Politik und Öffentlichkeit

angewiesen. Daher ist das wichtigste Ziel der Auftragnehmer, möglichst alle relevanten Akteursgruppen nicht nur im theoretischen Sinne für die Umsetzung zu befähigen, sondern mit ihnen gemeinsam einen Weg zu finden, bereits erste Schritte in Richtung Praxis zu gehen. Hierfür können u.a. Best-Practice-Beispiele aus anderen Kreisen und Kommunen und deren Herangehensweise bei der Umsetzung von klimarelevanten Konzepten herangezogen werden. Welche Schritte sind nötig, um die Durchführungs- und Entscheidungsstrukturen in den relevanten Verwaltungseinheiten des der Region Rhein-Voreifel und seiner Kommunen nachhaltig zu etablieren, die für die Umsetzung eines gemeinsam zu verabschiedenden Konzepts notwendig sind?

Die Diskussionen um den Klimawandel haben eine bislang nicht dagewesene Präsenz in der Bevölkerung erreicht. Obwohl es einerseits zu bedauern ist, dass „erst jetzt“ ein solch großes Bewusstsein für den Klimawandel besteht, ist dies eine wahrzunehmende Chance, diese „Welle“ als Anschubkraft zur Umsetzung des zu entwickelnden Anpassungskonzeptes zu nutzen. Die Notwendigkeit der Klimawandelanpassung kann bereits heute aus dem kommunalen Alltag nicht mehr ausgeblendet werden. Durch die Extremwetterereignisse der vergangenen Jahre (z.B. die starken Überschwemmungen vom 14. Juli 2021) sind die Folgen des Klimawandels stärker als bisher in das Bewusstsein der Bevölkerung und in den Fokus der kommunalen Verantwortlichen gerückt. Immer mehr Kommunen beginnen, sich mit Fragen der Adaption an den Klimawandel zu beschäftigen. Durch einen kontinuierlichen Wissenssaustausch zwischen der Forschung und der Praxis sowie Politik und Bevölkerung muss das Risikobewusstsein gefördert und die Akzeptanz für Maßnahmen gesichert werden. Die notwendigen Anpassungen ersetzen jedoch in keinem Fall Maßnahmen zum Klimaschutz, die weiterhin stringent und mit großem Einsatz umgesetzt werden müssen. Entsprechend sind Klimaschutz und Klimafolgenanpassung als zwei Seiten einer Medaille zu sehen.

In städtischen Gebieten mit hoher Bevölkerungs- und Bebauungsdichte liegen die durchschnittlichen Temperaturen bereits heute höher als im unbebauten Umland. Hier wird man in Zukunft damit rechnen müssen, stärker als andere Gebiete von Hitzebelastungen betroffen zu sein. Auch sind die Auswirkungen von Starkregenereignissen oder Stürmen in dicht bebauten und stark versiegelten Gebieten oft gravierender mit mehr (materiellen) Schäden als außerhalb der Siedlungen. Aus diesen Gründen müssen sich Kommunen verstärkt und frühzeitig um Anpassungsmaßnahmen an die Folgen des Klimawandels kümmern. Auch der Städtebau der Zukunft kann nicht auf Baukörper, befestigte Straßen und Plätze verzichten. Hier ist das frühzeitige Einbringen von Wissen über mögliche Anpassungsmaßnahmen zur Abmilderung der Klimawandel-Auswirkungen notwendig. Da bei einem nachhaltigen Stadtumbau mit langwierigen Prozessen gerechnet werden muss, müssen rechtzeitig - das heißt jetzt - Maßnahmen getroffen werden, um die negativen Auswirkungen des Klimawandels zu verringern. Dabei ist eine integrierte Herangehensweise an das Thema Anpassung unter Beteiligung verschiedener Akteure innerhalb der kommunalen Planung, aber auch von Kommunalpolitikern, Architekten, Planungsbüros, Hauseigentümern, der Immobilienwirtschaft und der interessierten Öffentlichkeit allgemein notwendig.

Schwerpunkt der umfassenden Untersuchungen ist die Entwicklung einer interkommunalen Strategie zur Anpassung an den Klimawandel. Aus der Darstellung der durch den Klimawandel besonders betroffenen Gebiete in der Region Rhein-Voreifel wurden Anpassungsmaßnahmen entwickelt. Diese wurden in einem Maßnahmenkatalog zusammengestellt, der zusammen mit der Akteursbeteiligung in eine kommunale Gesamtstrategie zur Adaption mündete. Es werden folgende drei Themenblöcke behandelt:

- Problemerfassung: Bestandsaufnahme und Handlungsbedarf,

- Lösungsmöglichkeiten: Beispielhafte Lösungen für städtische Teilräume, Handlungskarten, Anpassungsoptionen und Maßnahmenkatalog,
- Praktische Umsetzung: Akteursbeteiligung, Öffentlichkeitsarbeit und Controllingkonzept

VORGEHENSWEISE

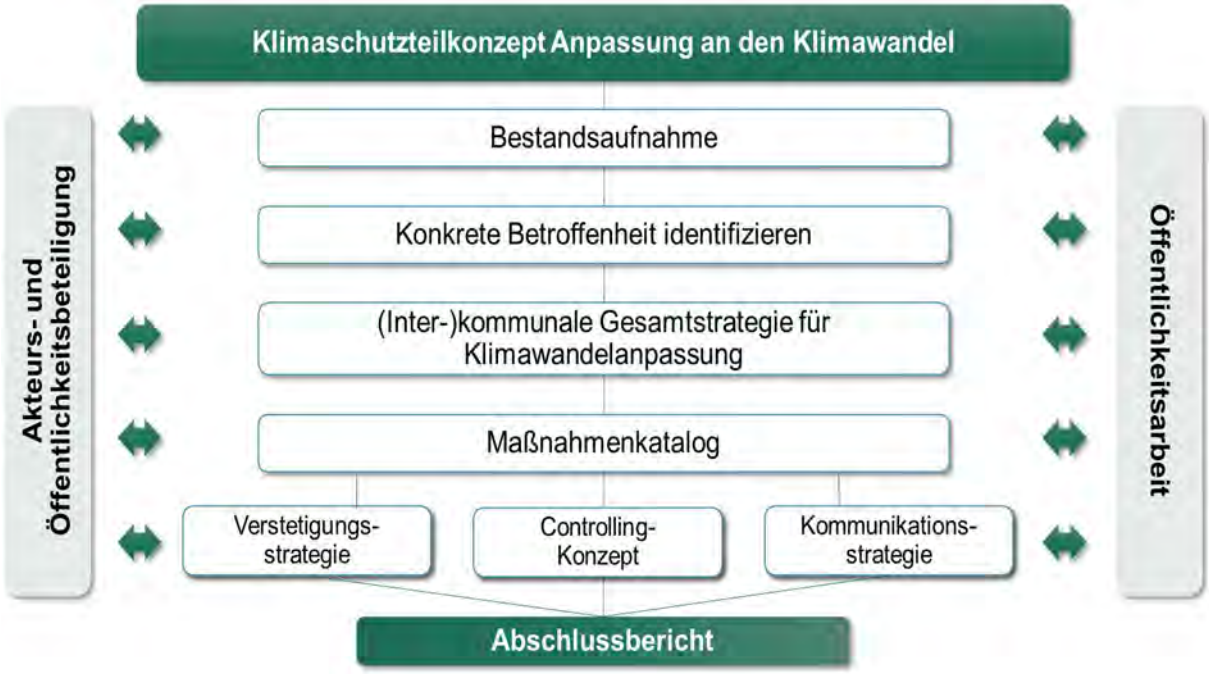
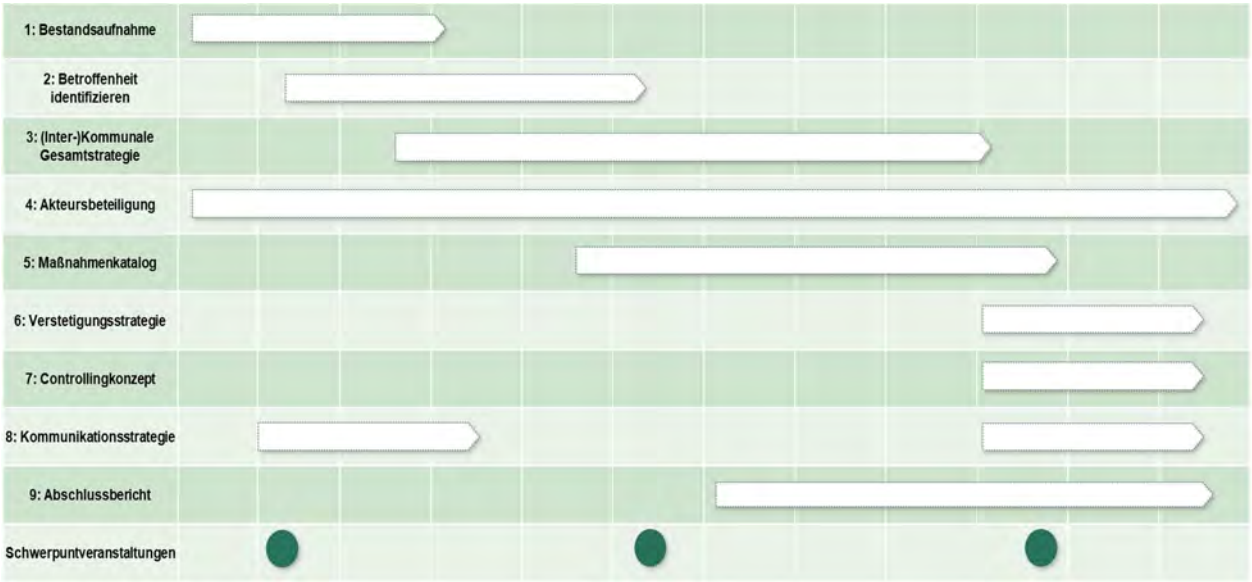


Abb. 1 Übersicht der Arbeitsschritte

Tab. 1 Ablaufplan zur Bearbeitung der Arbeitspakete



1. BETEILIGUNGSPROZESS

Bei der Erstellung des vorliegenden Klimafolgenanpassungskonzepts ist die Beteiligung von betroffenen Akteuren elementar. Eine Umsetzung von notwendigen Maßnahmen kann nur gelingen, wenn die Hintergründe und Ziele des Konzepts, aber auch die finanziellen, technischen und organisatorischen Möglichkeiten aller Akteure bekannt sind. Hinzu kommt die Berücksichtigung von Planungen und individuellen Interessen, die ebenfalls zu Einschränkungen bei möglichen Maßnahmen führen können.

Aus diesem Grund wurde im Rahmen der Erstellung des Klimafolgenanpassungskonzepts für die Region Rhein-Voreifel ein intensiver Beteiligungsprozess geplant und umgesetzt. Dabei wurden folgende Akteursgruppen eingebunden:

- Kommunale Arbeitsgruppe (AG) Klimaschutz
- Interkommunaler Klimafolgenbeirat
- Projektgruppe „Energie & Klima“
- Fachexperten aus Forst- und Landwirtschaft
- Allgemeine Öffentlichkeit

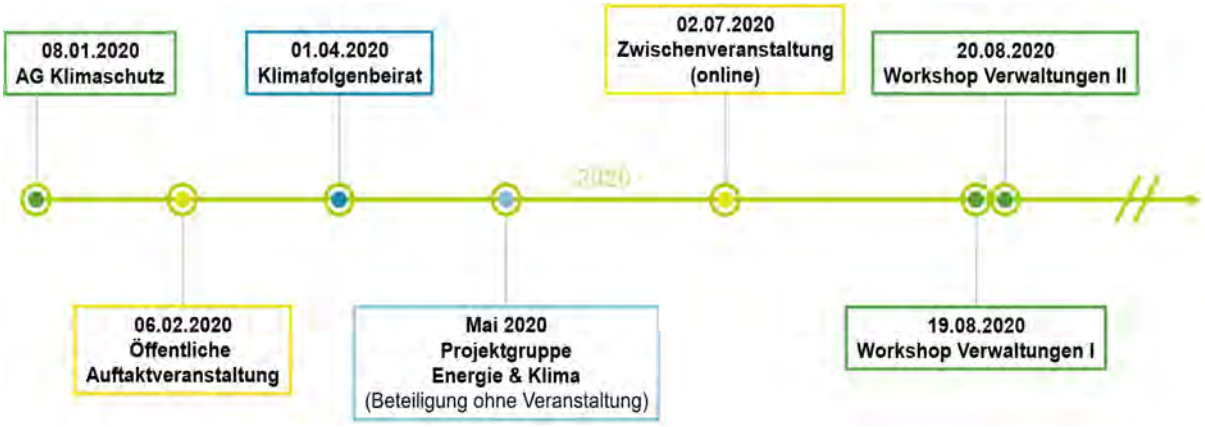


Abb. 1.1 Übersicht der Beteiligungsveranstaltungen im Jahr 2020 (Quelle: ICM)

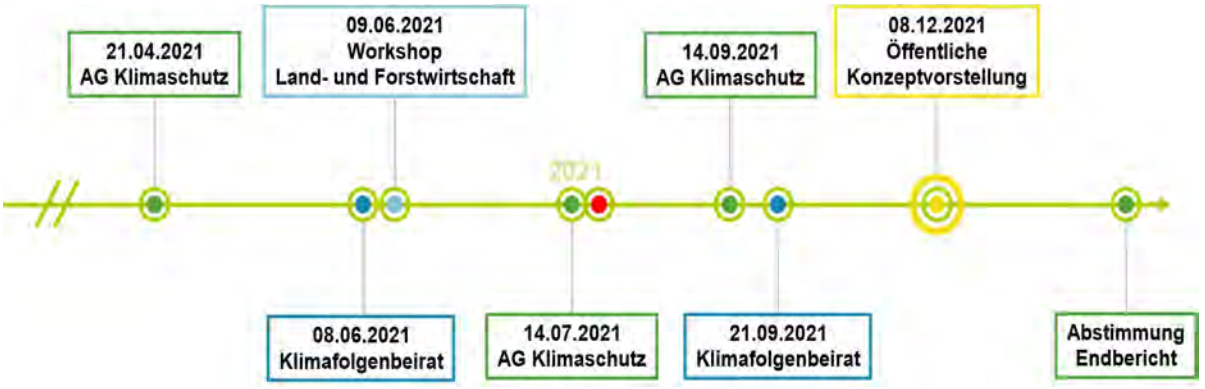


Abb. 1.2 Übersicht der Beteiligungsveranstaltungen im Jahr 2021 (Quelle: ICM)

Wie in

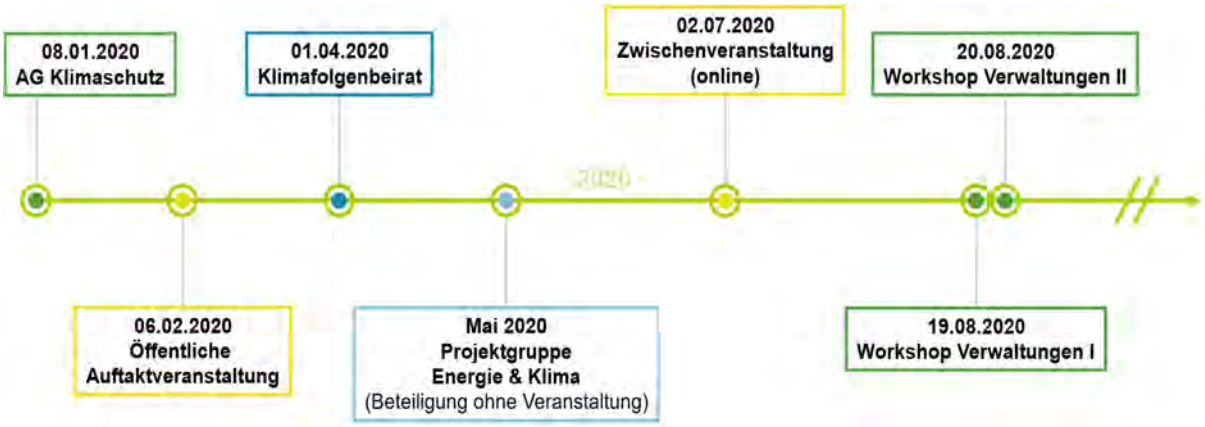


Abb. 1.1Übersicht der Beteiligungsveranstaltungen im Jahr 2020 (Quelle: ICM).1 und

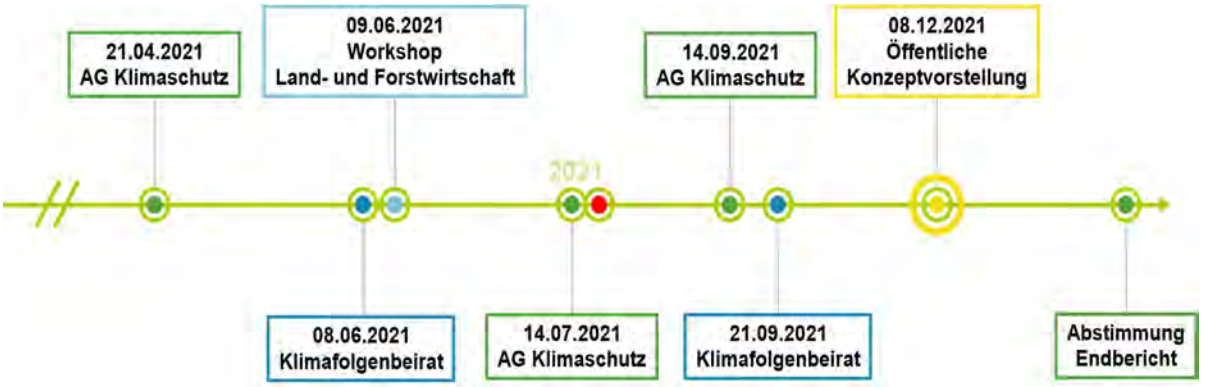


Abb. 1.2 dargestellt, fanden über den gesamten Zeitraum der Konzepterstellung unterschiedliche Abstimmungstermine, vorrangig mit der AG Klimaschutz und dem Klimafolgenbeirat, statt. Dabei wurden Datengrundlagen, Kartenmaterial sowie Zwischenergebnisse präsentiert und abgestimmt, sodass die beteiligten Kommunen aktuelle Entwicklungen, beispielsweise bei den Pilotprojekten, einfließen lassen konnten. Darüber hinaus wurden Workshops mit bestimmten Akteursgruppen sowie drei Schwerpunktveranstaltungen durchgeführt, in die insbesondere auch die allgemeine Öffentlichkeit eingebunden wurde.

KlimaMap

Die KlimaMap unter http://www.rhein-voreifel.klimamap.de wurde im Verlauf der Konzepterstellung genutzt, um sowohl individuelle Betroffenheiten durch Hitze, Starkregen, Trockenheit und Sturm, als auch Maßnahmenvorschläge zu den entsprechenden Themen sowie zur Begrünung abzufragen. Sie ergänzt bzw. ersetzt die ursprünglich geplanten Beteiligungsformate, die aufgrund der Corona-Pandemie nicht wie geplant durchgeführt werden konnten.

Die erste Beteiligung zu Betroffenheiten wurde von Dezember 2020 bis Ende März 2021 durchgeführt. Dabei wurden insgesamt 31 Eingaben gesammelt, die sich überwiegend auf das Ortgebiet von Meckenheim bezogen. Inhaltlich bezogen diese sich häufig auf Trockenheit im Sommer und im Frühjahr sowie auf Spätfrost-Ereignisse, die zu Schäden im Obstbau geführt haben.

Ab März 2021 wurde die inhaltliche Ausrichtung der KlimaMap dahingehend geändert, dass Nutzer hier konkrete Vorschläge und Anregungen für Maßnahmen einbringen konnten, die die Klimaresilienz

stärken und Betroffenheiten durch den Klimawandel reduzieren. Hier wurden bis Dezember 2021 454 Einträge registriert, die bei der Konzepterstellung berücksichtigt wurden.

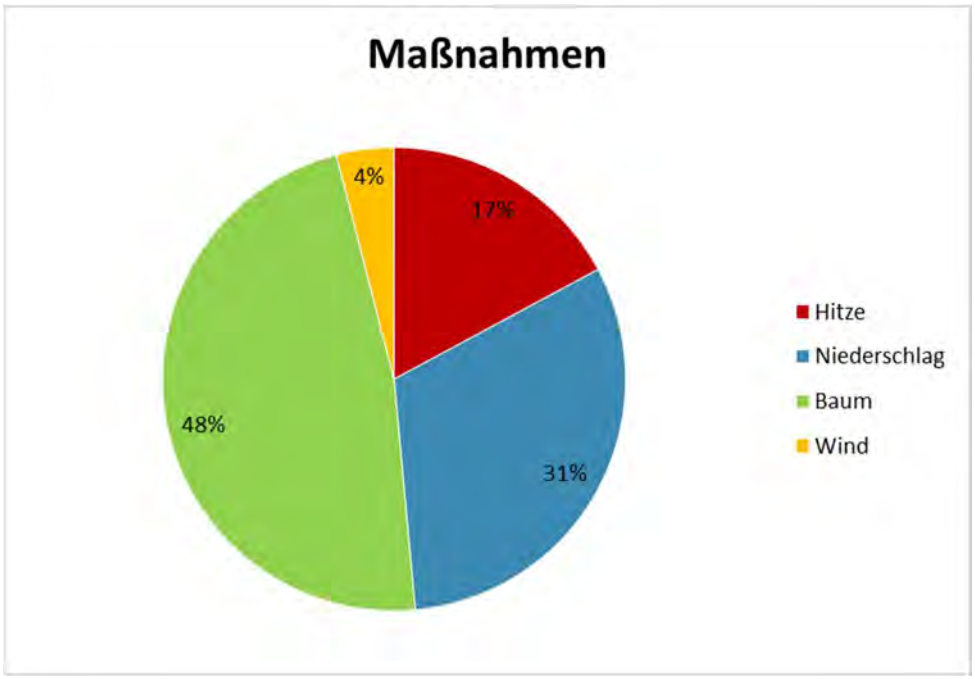


Abb. 1.3 Verteilung der Maßnahmenvorschläge aus der KlimaMap auf die vier Themenfelder

2. Risiko-/ Betroffenheitsanalyse Klimafolgen für die Region Rhein-Voreifel

Während der Klimaschutz seit vielen Jahren fester Bestandteil der Kommunalpolitik in Nordrhein-Westfalen ist und zahlreiche Städte und Gemeinden eigene Klimaschutzziele und Klimaschutzstrategien haben, beginnt man auf der kommunalen Ebene in den letzten Jahren damit, sich auf die nicht mehr abwendbaren Folgen des Klimawandels einzustellen. Anpassung an den Klimawandel wird zu einem Schwerpunktthema. Das Klimafolgenanpassungskonzept für die Region Rhein-Voreifel bildet für die beteiligten Kommunen Alfter, Bornheim, Meckenheim, Rheinbach, Swisttal und Wachtberg eine Arbeitsgrundlage dafür. Die den Lebensalltag beeinflussenden Veränderungen des Klimas gehen mit erheblichen Belastungen und Risiken einher. Dort, wo Menschen eng zusammenleben und eine funktionierende Infrastruktur sehr wichtig ist, steigt die Anfälligkeit für Störungen durch Wetterereignisse und die Risiken und Gefährdungen sind dort besonders ausgeprägt. Daher kommen in den Städten ebenso wie in ländlichen Regionen der vorsorgenden Planung und der Durchführung von präventiven Maßnahmen eine große Bedeutung zu. Deshalb ist es notwendig, zukünftig die zu erwartenden negativen Folgen des Klimawandels in ihren Wirkungen durch geeignete Maßnahmen abzumildern. Auch wenn die exakten Vorhersagen des Klimawandels und dessen Folgen für die Region Rhein-Voreifel im Detail unsicher sind, gilt, dass es zu viel Anpassung nicht gibt. Anpassung an das Klima und dessen Wandel ist immer auch mit einer Steigerung der Umwelt- und Lebensqualität verbunden und deshalb niemals überflüssig. Die kommunalen Handlungsfelder zur Klimaanpassung umfassen neben organisatorischen vor allem planerische und bauliche Maßnahmen insbesondere für folgende Problemkreise:

- Überhitzung in verdichteten Stadtteilen
- Überflutungsgefahr durch Starkregenereignisse
- Dürregefahr bei sommerlichen Trockenperioden
- Gefahren durch Sturmereignisse

Jeder Mensch, die arbeitende Bevölkerung, aber insbesondere ältere Menschen, die aufgrund des demographischen Wandels bald einen großen Teil der Gesamtbevölkerung ausmachen werden, sowie Säuglinge, Kleinkinder und Kranke leiden verstärkt unter langen Hitzeperioden oder größeren Temperaturschwankungen. In städtischen Gebieten mit hoher Bevölkerungs- und Bebauungsdichte liegen die durchschnittlichen Temperaturen bereits heute höher als im unbebauten Umland. Hier wird man in Zukunft damit rechnen müssen, stärker als andere Gebiete von Hitzebelastungen betroffen zu sein. In einer sommerlichen Nacht bei Strahlungswetterlagen (wolkenloser Himmel und nur geringe Windgeschwindigkeiten) kann es in den Stadtzentren um 6 bis 8 Kelvin (Temperaturänderungen werden in Kelvin angegeben, Schrittweite entspricht der °C-Skala) wärmer sein als im unbebauten Umland. Die daraus resultierenden Handlungserfordernisse werden in ihrer Dringlichkeit erheblich verschärft durch die in den nächsten Jahrzehnten absehbaren Klimaveränderungen. Nicht der mittlere globale Temperaturanstieg von rund 2 bis 4 Kelvin in den nächsten 50 bis 100 Jahren ist von Bedeutung für Klimaanpassungsmaßnahmen, sondern die aus der Verschiebung der Temperaturverteilung resultierende zunehmende Hitzebelastung in den Innenstädten sowie die Zunahme von Extremwetterereignissen.

Zur Beurteilung der stadtklimatischen Situation wurden alle vorhandenen Klimauntersuchungen und städtische Daten der Kommunen herangezogen. Aus der Auswertung lassen sich Belastungsgebiete, in denen aktuell oder zukünftig bedingt durch den Klimawandel verschärft Probleme auftreten werden, berechnen. Die folgenden Kapitel stellen die Ergebnisse der Risiko-/ Betroffenheitsanalyse für die Region Rhein-Voreifel vor.

2.1 Untersuchungen zur Hitzebetroffenheit

Um flächendeckende Informationen über die Temperaturverhältnisse in der Region Rhein-Voreifel zu bekommen, wurde zu Beginn der Untersuchungen eine für den Sommer typische Infrarotaufnahme des Landsat 8 – Satelliten vom 29.06.2019 ausgewertet. Nur wenige Bilder des Satelliten liefern eine wolkenfreie Aufnahme im Infrarotspektrum, die für die vorliegende Auswertung notwendig ist. Die Legende der Karte der Oberflächentemperaturen (Abb. 2.1) weist die ansteigenden Oberflächentemperaturen von kalten zu warmen Oberflächen in den Farbstufen Blau, Gelb und Rot aus. Die höchsten Oberflächentemperaturen treten in den Industrie- und Gewerbegebieten auf. Aber auch trockene, abgeerntete Felder können tagsüber sehr hohe Oberflächentemperaturen erreichen.

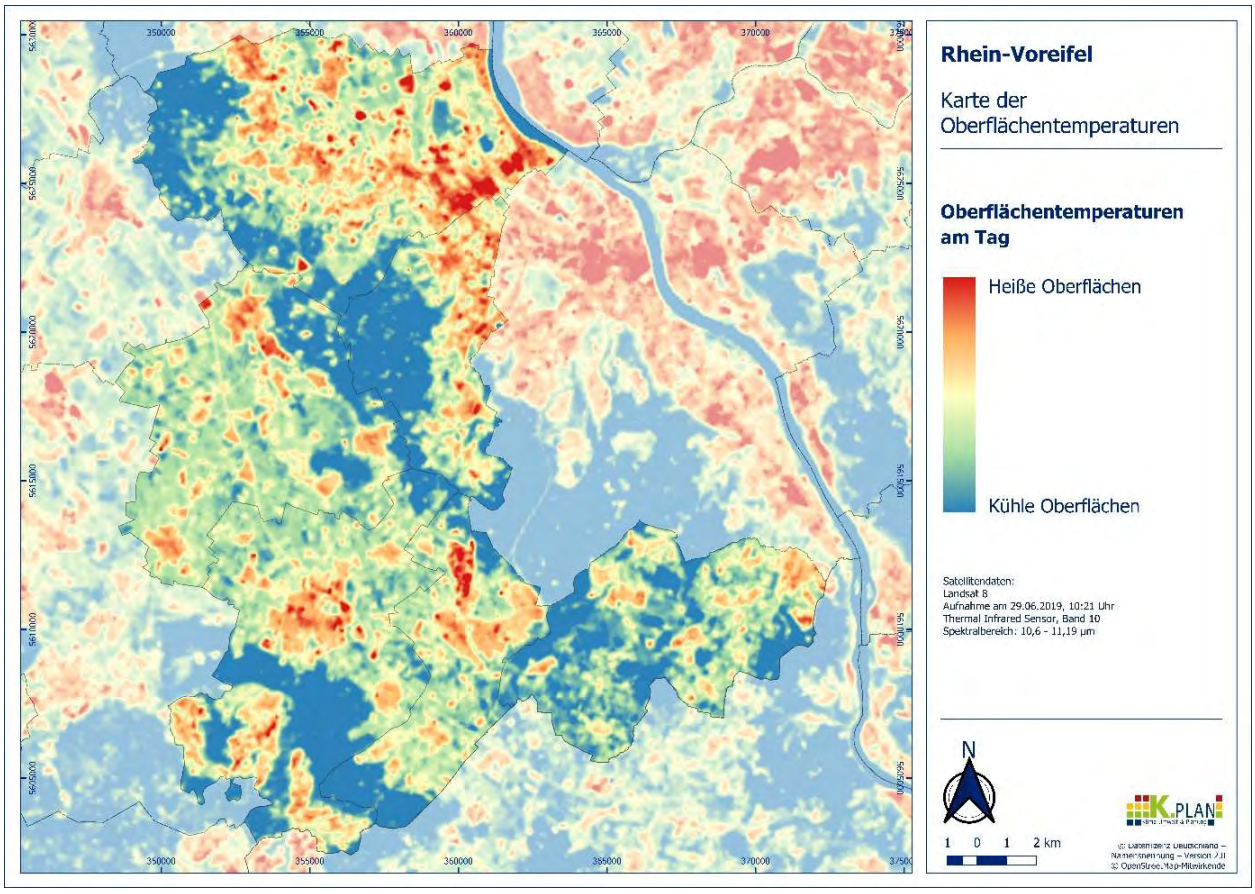


Abb. 2.1 Infrarotkarte für die Region Rhein-Voreifel (Oberflächentemperaturen, Aufnahme Landsat 8 vom 29.06.2019)

Thermalbilder sind in ihrer Eigenschaft der strikten Abbildung der Oberflächentemperaturen für die Beurteilung der stadtklimatischen Situation zunächst nur indirekt nutzbar. Aus der Thermalkarte lassen sich aber Rückschlüsse auf die Lufttemperatur-Situation in einem Gebiet ziehen. Die Luft wird über den Oberflächen erwärmt oder abgekühlt, das heißt, dass sehr warme Oberflächen zu erhöhten Lufttemperaturen führen. Versiegelte Flächen und Bebauungen speichern viel Energie und kühlen sich auch nachts nur langsam ab. In Verbindung mit einem geringen Luftaustausch in bebauten Stadtgebieten führt dies zur Ausprägung von Wärmeinseln. Freiflächen kühlen nachts sehr schnell ab und haben niedrige Oberflächentemperaturen. Diese kühlen die darüber liegenden Luftschichten und führen zu einer nächtlichen Kaltluftbildung auf den Flächen. Bei austauscharmen Wetterlagen mit geringen Windgeschwindigkeiten können die entsprechend der Geländeneigung abfließenden Kaltluftmassen

einen erheblichen Betrag zur Belüftung und Kühlung von erwärmten Stadtgebieten leisten. Im Winter kann es dagegen im Bereich von Kaltluftbildungs-, Kaltluftabfluss- und Kaltluftsammelgebieten zu vermehrter Nebel- oder Frostbildung kommen.

Ein wichtiges Ziel der Klimaanpassung ist es, Wärmeinseleffekte in Städten zu verringern und so den Hitzestress für die Bevölkerung zu minimieren. Hierfür sind unter anderem genügend Frischluftschneisen erforderlich. Die in windschwachen Strahlungsnächten auftretenden Kaltluftströmungen könnten bei entsprechender Anbindung an überhitzte Stadtteile zur Abschwächung von Hitzebelastungen führen. Unter bestimmten meteorologischen Bedingungen können sich nachts über rauhigkeitsarmem Gelände sogenannte Kaltluftabflüsse bilden. Dabei fließt in Bodennähe gebildete kalte Luft hangabwärts.

Die Kaltluftberechnungen wurden mit dem vom Deutschen Wetterdienst entwickelten Kaltluftabflussmodell KLAM_21 (Sievers, U., 2005. In: Berichte des Deutschen Wetterdienstes, Band 227, Offenbach am Main) durchgeführt. KLAM_21 ist ein zweidimensionales, mathematisch-physikalisches Simulationsmodell zur Berechnung von Kaltluftflüssen in orographisch gegliedertem Gelände für Fragen der Standort-, Stadt- und Regionalplanung. KLAM_21 ist in der Lage, Kaltluftbewegungen in ihrer Dynamik und zeitlichen Entwicklung flächendeckend wiederzugeben. Die physikalische Basis des Modells bildet eine vereinfachte Bewegungsgleichung und eine Energiebilanzgleichung, mit der der Energieverlust und damit der „Kälteinhalt“ der Kaltluftschicht bestimmt wird. Aus dem Kälteinhalt einer jeden Säule wird dann die Kaltlufthöhe errechnet. Als Ergebnis erhält man die flächenhafte Verteilung der Kaltlufthöhe und ihrer mittleren Fließgeschwindigkeit oder der Volumenströme zu beliebig abgreifbaren Simulationszeitpunkten.

Das Modell simuliert die Entwicklung von Kaltluftflüssen und die Ansammlung von Kaltluft in einem auswählbaren, rechteckig begrenzten Untersuchungsgebiet. Über diese Fläche wird ein numerisches Gitter gelegt. Jedem Gitterpunkt werden eine Flächennutzung (standardmäßig schematisiert in 9 Nutzungsklassen) sowie eine Geländehöhe zugeordnet. Jeder Landnutzungsklasse wiederum entspricht eine fest vorgegebene Kälteproduktionsrate und eine Rauigkeit als Maß für den aerodynamischen Widerstand. Die Produktionsrate von Kaltluft hängt stark von der Landnutzung ab: Freilandflächen weisen die höchsten Kaltluftproduktionsraten (zwischen 10 und 20 m^3/m^2h) auf, für Waldflächen schwanken die Literaturangaben sehr stark (zwischen 1 m^3/m^2h in ebenem Gelände und 30– 40 m^3/m^2h am Hang). Die natürliche Kaltluftproduktion einer Fläche ist auch von der Orographie bzw. dem Relief sowie den thermischen Eigenschaften abhängig. Mit Zunahme der Hangneigung nimmt auch die Kaltluftproduktion zu, da diese permanent in Richtung Talsohle abfließen kann und sich in den tieferen Lagen ansammelt bzw. dem natürlichen Gefälle folgt. Kaltluft ist schwerer als die Umgebungsluft und folgt daher bodennah dem Geländegefälle. Durch diesen „Abtransport“ der Kaltluft entsteht in den höheren Lagen ein Defizit, welches durch erneute Kaltluftproduktion ausgeglichen wird. Somit wird bei entsprechenden Witterungsbedingungen, das sind wolkenarme, windschwache Strahlungswetterlagen, in der Nacht kontinuierlich Kaltluft produziert. Entsprechend der Orographie können die einzelnen Kaltluftströme zusammenfließen oder auch aufgrund von Barrieren oder Geländevertiefungen in Kaltluftsenken teilweise oder vollständig akkumulieren. Bebaute Gebiete verhalten sich bezüglich der Kaltluftproduktion neutral bis kontraproduktiv (städtische Wärmeinsel). Hoch versiegelte Bereiche können durch deutliche Erwärmung der herangeführten Luftschichten zum Abbau von Kaltluft führen.

Für die Region Rhein-Voreifel wurde ein 36 km x 36 km großes Modellgebiet mit einer horizontalen Rasterauflösung von 12 m berechnet. Das Modell berechnet die zeitliche Entwicklung der Kaltluftströmung, ausgehend vom Ruhezustand (keine Strömung) bei gegebener zeitlich konstanter Kaltluftproduktionsrate. Die Mächtigkeit einer Kaltluftschicht kann in Abhängigkeit des Nachtzeitpunktes, der Größe des Kaltlufteinzugsgebietes sowie den meteorologischen Rahmenbedingungen stark schwanken. Im Allgemeinen beträgt sie zwischen 1 und 50 m. Staut sich der Kaltluftabfluss an Hindernissen oder in Senken, bildet sich ein sogenannter Kaltluftsee, in dem die Kaltluft zum Stehen kommt. In solchen Kaltluftseen kann die Kaltluftschichtdicke auch deutlich größere Mächtigkeiten annehmen. Die Strömungsgeschwindigkeiten innerhalb eines Kaltluftabflusses liegen typischerweise in einer Größenordnung von 0,5 bis 3 m/s. Aufgrund der oftmals nur sehr flachen Ausprägung und den geringen Strömungsgeschwindigkeiten sind Kaltluftabflüsse sehr störanfällig, sodass Hindernisse wie Gebäude, Wälle oder Lärmschutzwände unter gewissen Randbedingungen zu einem Strömungsabbruch führen können. Da das großräumige Kaltluftmodell nicht mit einzelnen Bauwerksstrukturen, sondern nur über Flächennutzungsklassen arbeitet, werden einzelne Strömungshindernisse wie Gebäude im Kaltluftfluss nicht direkt, sondern nur parametrisiert über die Landnutzungsklasse berücksichtigt und die Ergebnisse sind als potenzielle Kaltluftbewegungen in der Region zu verstehen.

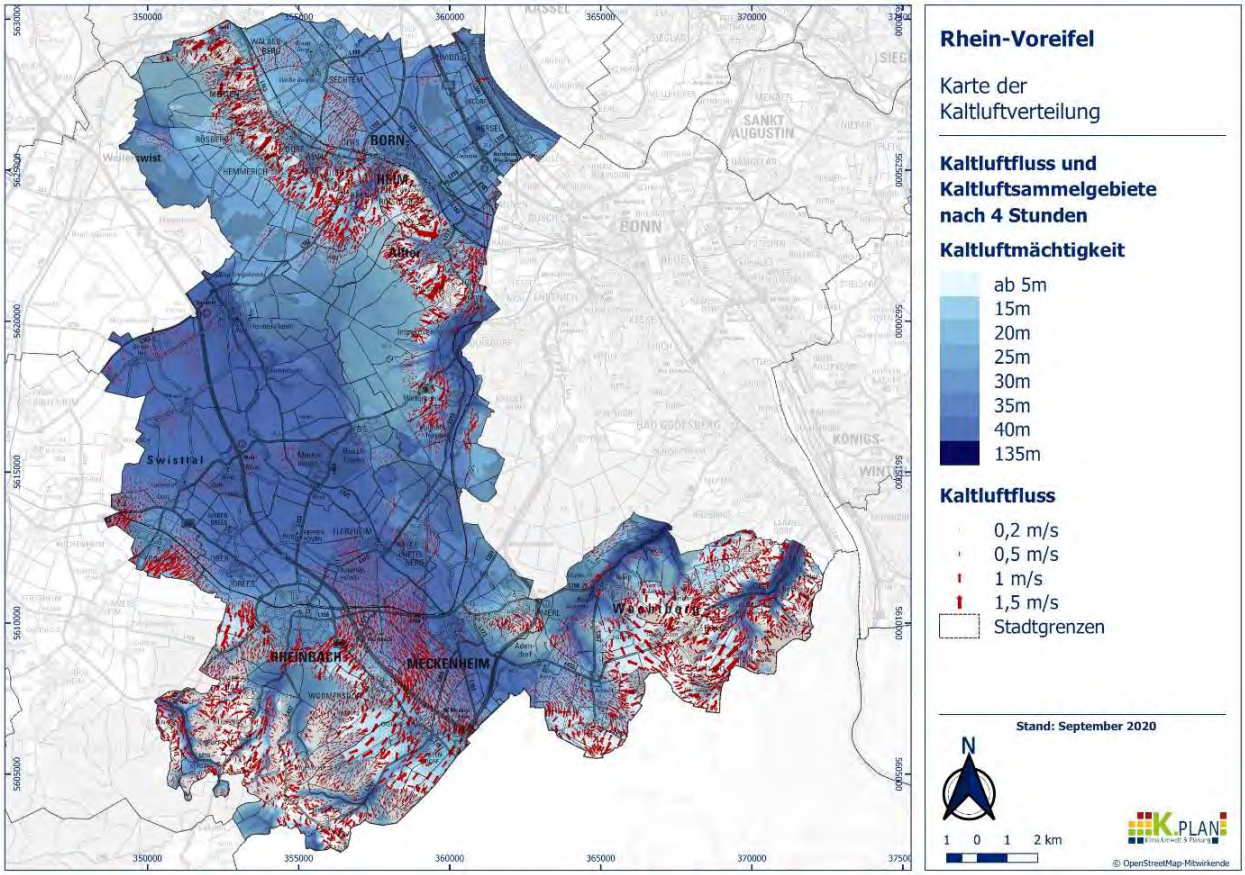


Abb. 2.2 Kaltlufthöhe und Kaltluftfluss in der Region Rhein-Voreifel 4 Stunden nach Sonnenuntergang

Für die Berechnung wurde eine typische sommerliche Strahlungsnacht ohne übergeordneten Regionalwind angenommen, das heißt die Berechnungsergebnisse zeigen das reine, thermisch bedingte Kaltluftgeschehen. Der Start der Simulation liegt kurz vor Sonnenuntergang. Zu diesem Zeitpunkt wird eine Atmosphäre vorausgesetzt, in der keine horizontalen Gradienten der Lufttemperatur und der

Luftdichte vorhanden sind. Es werden während der gesamten Nacht gleichbleibend gute Ausstrahlungsbedingungen, d. h. eine geringe Bewölkung, angenommen. Zur Verdeutlichung des großräumigen Kaltluftgeschehens innerhalb des gesamten Untersuchungsgebietes werden die simulierten Kaltluftmächtigkeiten (Abb. 2.2) und der Kaltluftvolumenstrom (Abb. 2.3) vier Stunden nach Sonnenuntergang dargestellt. Wie zu erwarten, ist die Kaltluft in den tiefergelegenen Tallagen am mächtigsten. Die Täler füllen sich im Laufe der Nacht mit Kaltluft auf. In den Hangbereichen entstehen keine großen Kaltluftmächtigkeiten, da die Kaltluft hangabwärts fließt und die Täler füllt, die Kaltluftsammelgebiete darstellen. Die Orte, an denen sich die Kaltluft bewegt, sind anhand der roten Pfeilen erkennbar. In den Hangbereichen sind teilweise intensive Kaltluftströmungen anzutreffen. Sofern die oberen Hangbereiche Freiland oder nur lockere Bebauung aufweisen, bilden sich Kaltluftabflüsse aus, die die thermischen Verhältnisse in den Stadtgebieten günstig beeinflussen können.

Zur Quantifizierung von Kaltluftabflüssen wird in der Regel der Kaltluftvolumenstrom herangezogen. Der Kaltluftvolumenstrom ist das Produkt aus der mittleren Strömungsgeschwindigkeit innerhalb der Kaltluftsäule sowie der Kaltluftschichtdicke und gibt an, wie viel Kaltluft in einer definierten Zeit (z. B. 1 s) durch einen 1 m breiten Querschnitt strömt. Anhand der Karte zum Kaltluftvolumenstrom (Abb. 2.3) lassen sich Luftleitbahnen deutlich ausweisen. Die Karte zu den Volumenströmen zeigt ein deutlich differenzierteres Bild als die reinen Kaltluftmächtigkeiten. So werden konkrete Kaltluftabflusslinien und Luftleitbahnen für die Region Rhein-Voreifel Rheinbach erkennbar. Die Verbindungen zwischen den Kaltluftentstehungsgebieten (Freiflächen) und den Wirkgebieten der Kaltluft werden durch die Darstellung des Kaltluftvolumenstroms sichtbar. Beispielsweise fließt Kaltluft von Süden direkt bis in das Zentrum von Rheinbach.

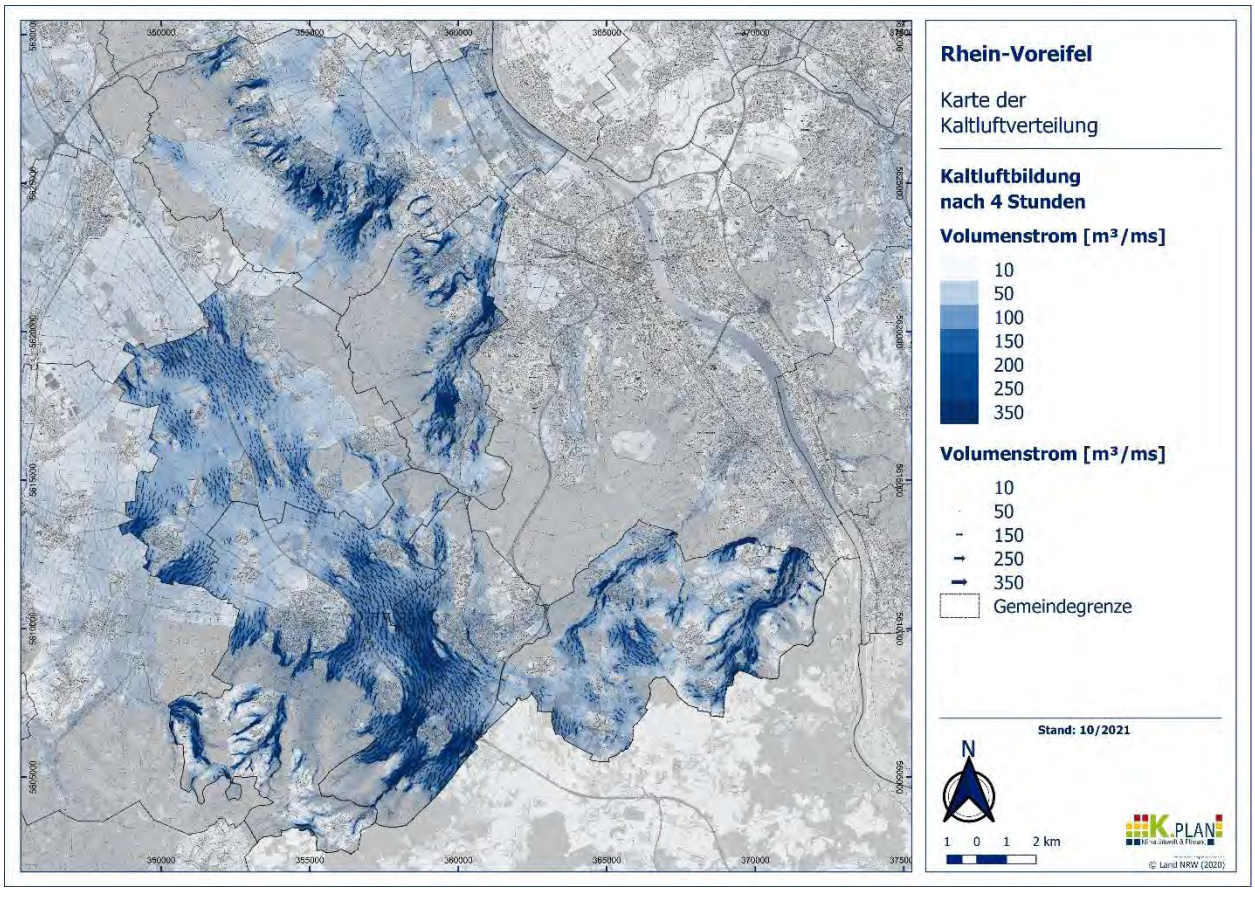


Abb. 2.3 Kaltluftvolumenstrom in der Region Rhein-Voreifel 4 Stunden nach Sonnenuntergang

Vor allem in engen Tälern werden hohe Volumenströme erreicht. Im Laufe der Nacht nehmen mit zunehmenden Kaltluftmächtigkeiten die Kaltluftströme leicht ab. Für die Ausweisung von relevanten Kaltluftbahnen ist deshalb die Situation in der ersten Nachthälfte entscheidend. Aufgrund der differenzierten Orographie der Region Rhein-Voreifel ergeben sich für die einzelnen Kommunen lokale und regionale Phänomene bei der Bildung und dem Abfluss von Kaltluft. Diese sollten lokalspezifisch genauer untersucht und bei zukünftigen Bauvorhaben unbedingt berücksichtigt werden, um eine Kühlung der Kommunen weiterhin gewährleisten zu können.

Kaltluft hat aber nicht nur positive Effekte in Bezug auf die Kühlung von sommerlich überhitzten Stadtteilen, sondern kann in der Landwirtschaft, insbesondere im Bereich der Obsthaine auch zu einer Verstärkung von Schäden bei Früh- und Spätfrösten führen. In den Kaltluftströmen können die Lufttemperaturen um mehrere Grad unter denen der Umgebung liegen. In der Abbildung 2.4 sind deshalb die Kaltluftgebiete mit den jeweiligen Fließrichtungen der Kaltluftvolumenströme im Zusammenhang mit den in der Region vorhandenen Obsthainen dargestellt. Insbesondere die Obsthaine rund um Meckenheim liegen überwiegend in einem Hauptkaltluftstrom. Sie werden zukünftig häufiger durch Spätfröste im Frühjahr gefährdet sein, da aufgrund des Klimawandels der Beginn der Vegetationsperiode immer früher im Jahr sein wird. Dadurch vergrößern sich die Schäden durch Fröste im Frühjahr erheblich, insbesondere im Bereich der in der Abbildung 2.4 ausgewiesenen Kaltluftströme.

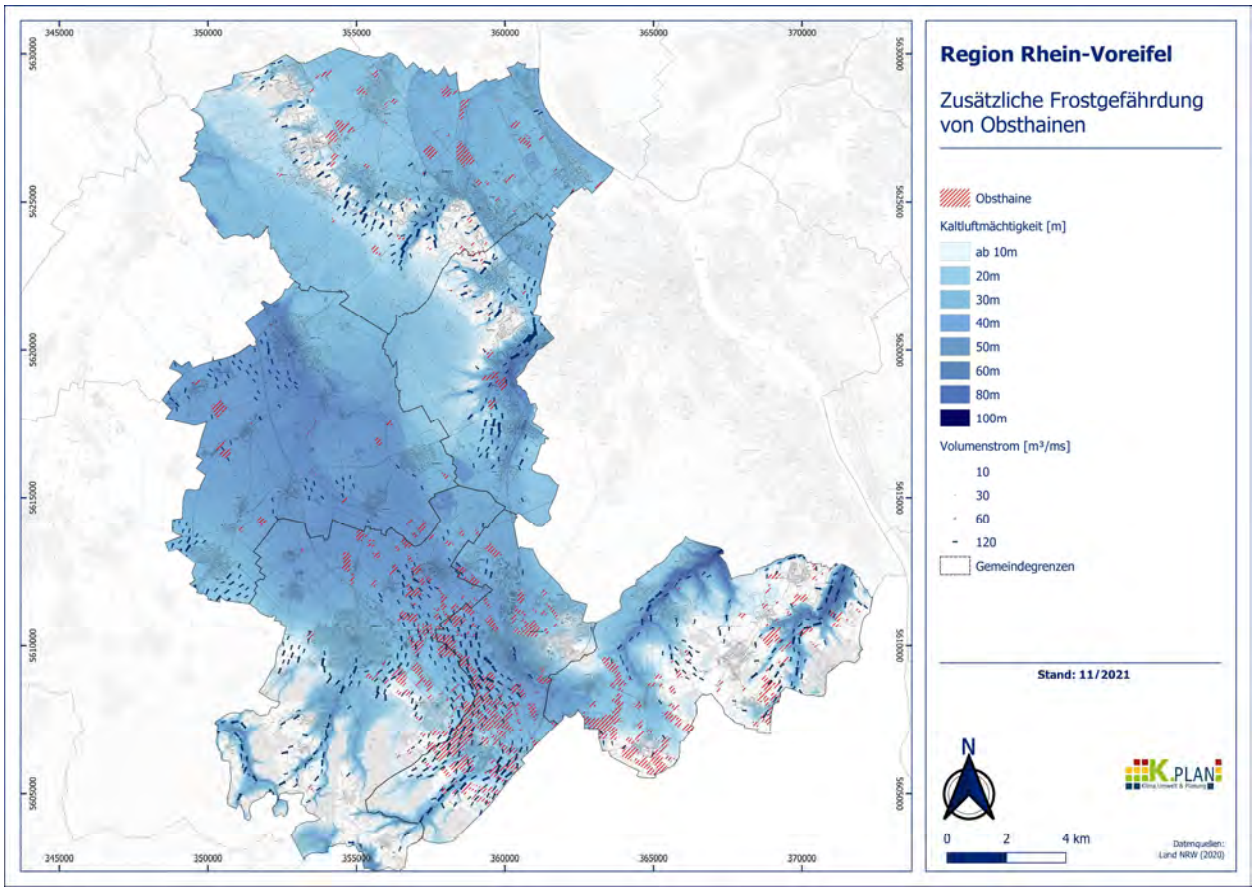


Abb. 2.4 Mögliche zusätzliche Frostgefährdung von Obsthainen in der Region Rhein-Voreifel

In der Abbildung 2.5 ist der Ablauf zur Erstellung der Klimatopkarte zusammengefasst dargestellt. Unter dem Begriff *Klimatop* werden Stadtbereiche mit gleicher Struktur und klimatischer Ausprägung

zusammengefasst. Bestimmend für die Einteilung von Stadtgebieten in Klimatope sind die dominierende Nutzungsart sowie die thermale Situation an dem jeweiligen Ort. Entsprechend dienen als Grundlage für die Berechnung der Klimatopkarten in der Region Rhein-Voreifel die Realnutzungskarten (ATKIS, Stand 2019, aktualisiert) sowie eine Karte der Oberflächentemperaturen (siehe Abb. 2.1). Die im Folgenden erläuterte rechnergestützte Modellierung der Auswirkung anthropogener Beeinflussung des Klimas in Form einer Klimatopkarte bietet einige Vorteile. Die erfassten Daten bleiben in einer konsistenten Form gespeichert und erleichtern damit eine Fortführung des Kartenmaterials. Durch die Festlegung eines einheitlichen Analyseansatzes und eine nachvollziehbare Gewichtung können subjektive Einflüsse reduziert bzw. verifiziert werden. Im Ergebnis präsentiert sich eine berechnete Klimatopkarte detailliert und räumlich hoch aufgelöst. Starre Grenzen zwischen den Klimatopen werden vermieden, die digitale Klimatopkarte weist einen Übergangsbereich durch eine Verzahnung von Klimatopen aus. Hierdurch wird eine Darstellung erreicht, welche die Stadtstrukturen im klimatischen Sinne realitätsnäher abbilden kann.

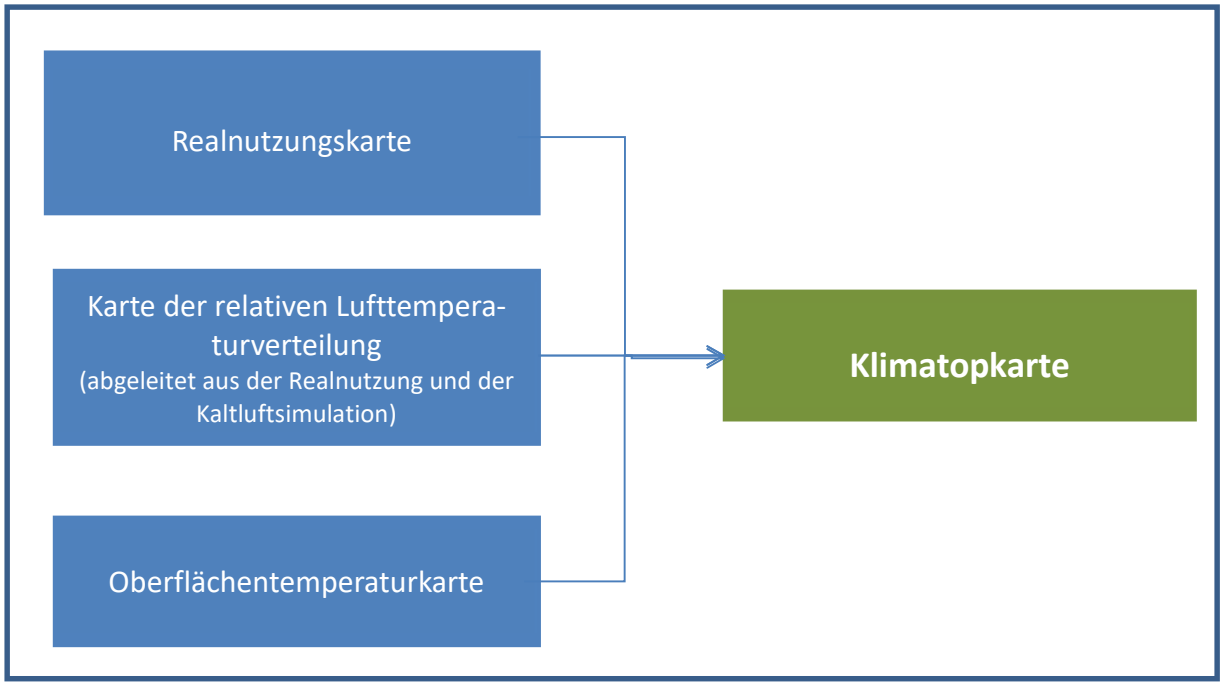


Abb. 2.5 Ablauf zur Berechnung der Klimatope im Gebiet der Region Rhein-Voreifel

Um zu bestimmen, welche Areale in das Klimatop der dörflichen Strukturen, in das Siedlungs-, Stadt- oder Innenstadtklimatop einzuordnen sind, muss für jedes dieser Klimatope einzeln eine Berechnung durchgeführt werden, welche den Grad der Eignung widerspiegelt. Da die Inhalte der Eingangskarten, also die Nutzungsstruktur und die Infrarotkarte, im Sinne der rechnergestützten Verarbeitung mit GIS nicht untereinander verrechenbar sind, müssen die Eingangsparameter zunächst standardisiert werden. Diese Standardisierung dient gleichzeitig als Maß für die Bestimmung der Eignung der jeweiligen Parameter (0 = keine Eignung, 100 = sehr gute Eignung) für die Zuordnung zu einem der vier Klimatope. Auf diesem Weg wird für jedes der betroffenen Klimatope eine Karte erstellt, welche für jeden Bildpunkt die jeweilige Eignung darstellt. Die anschließende Verschneidung mit GIS, also die Zuordnung eines jeden Bildpunktes zu dem an genau diesem Punkt dominanten Klimatop, erzeugt eine Darstellung, in welcher eine überprüfbare räumliche Verteilung des Dorf-, Siedlungs-, Stadt- und Innenstadtklimatops abgebildet ist. Im Folgenden werden die aufgrund der Flächennutzungskartierung ab-

gegrenzten Klimatope der Freiland-, Gewässer-, Wald- und Parkbereiche mit den berechneten Klimatopen verschnitten, womit eine Gesamtdarstellung der Verteilung der Klimatope in der Region erreicht wird. Die Abbildung 2.6 zeigt das Ergebnis, die digitale Klimatopkarte der Region Rhein-Voreifel im IST-Zustand.

Wichtiger Hinweis: Hinsichtlich der Abgrenzung der Klimatope ist anzumerken, dass sich klimatische Prozesse nicht linienscharf an Bebauungs- und Nutzungsgrenzen anpassen, sondern fließende Übergänge zu benachbarten Flächen aufweisen. Daher dürfen die Abgrenzungen der Klimatope innerhalb der Klimatopkarte nicht als flächenscharfe Grenzziehungen dargestellt werden. In den Übergangsbereichen zwischen den Klimatopen treten in der Regel zwei verschiedene Klimatoptypen eng miteinander verzahnt auf.

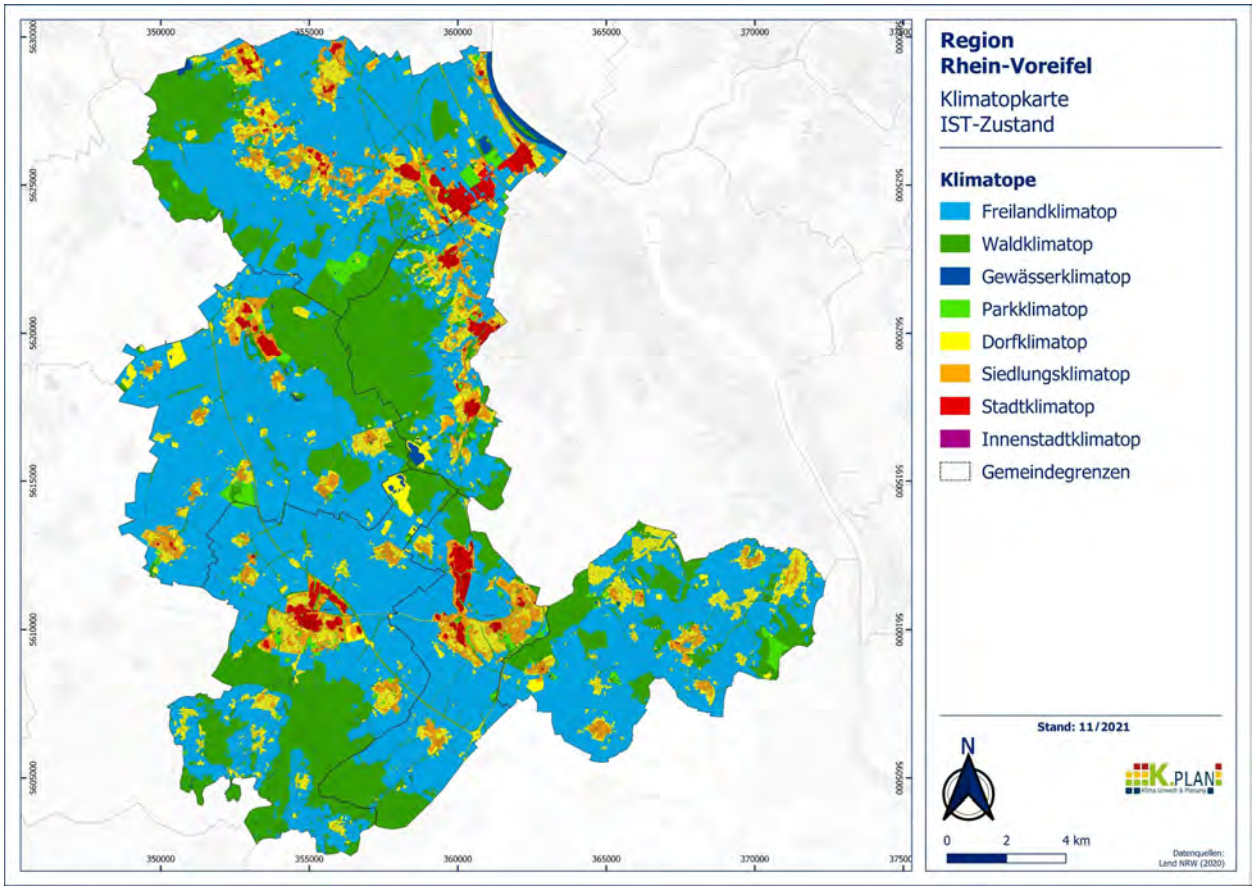


Abb. 2.6 Klimatopkarte der Region Rhein-Voreifel im IST-Zustand

Gewerbe- und Industriegebiete mit den dazugehörigen Produktions-, Lager- und Umschlagstätten prägen das Mikroklima. Bedingt durch den hohen Versiegelungsgrad kommt es verstärkt zu bioklimatischen Konfliktsituationen. Die insgesamt hohe Flächenversiegelung bewirkt in diesen Bereichen eine starke Aufheizung tagsüber und eine deutliche Überwärmung nachts. Der nächtliche Überwärmungseffekt kann hier eine dem Stadtklimatop analoge Ausprägung erreichen. Gewerbe- und Industriegebiete werden wie alle bebauten Flächen in die Klimatopberechnungen einbezogen. Aufgelockerte und durchgrünte Gewerbeflächen werden dabei eher den Siedlungs- bis Stadtklimatopen zugeordnet, hoch versiegelte Industriegebiete zeigen die Ausprägungen des Stadtklimatops.

Innenstadtklimatop

Das Innenstadtklimatop zeichnet sich durch die Ausbildung einer deutlichen Wärmeinsel und einer hohen Überwärmung aus. Kennzeichnend für die Nutzungsstruktur ist eine ausgesprochen dichte Bebauung mit einem geringen Grünanteil. In den Kommunen der Region Rhein-Voreifel kommt dieser Klimatoptyp nicht vor, er ist eher in Großstädten vertreten.

Stadtklimatop

Kennzeichnend für das Stadtklima ist eine überwiegend dichte, geschlossene Zeilen- und Blockbebauung mit meist hohen Baukörpern und vielen Straßen. Während austauscharmer Strahlungsnächte kommt es bedingt durch den hohen Versiegelungsgrad, die hohen Oberflächenrauhigkeiten und geringen Grünflächenanteile zu einer Zunahme der Überwärmungstendenz. Die dichte städtische Bebauung verursacht ausgeprägte Wärmeinseln mit eingeschränkten Austauschbedingungen, die z. T. mit ungünstigen bioklimatischen Verhältnissen gekoppelt sind.

Siedlungsklimatop

Das Siedlungsklima unterscheidet sich vom Klima der lockeren Bebauung in erster Linie durch zwei Aspekte: zum einen durch eine dichtere Bebauung und zum anderen durch einen geringeren Grünflächenanteil. Dennoch handelt es sich um Bereiche mit einer mäßigen Bebauung und einer relativ guten Durchgrünung. Hieraus resultiert eine nur schwache Ausprägung von Wärmeinseln, und es werden ein ausreichender Luftaustausch sowie in der Regel gute bioklimatische Bedingungen in diesen Stadtteilen gewährleistet.

Charakteristisch für die dem Siedlungsklimatop zuzuordnenden Wohngebiete ist, dass die stadtklimatischen Effekte nur einen geringen und selten belastenden Ausprägungsgrad erreichen. Dies ist nicht zuletzt auch eine Folge des Auftretens von Überlagerungseffekten durch geländeklimatische Faktoren wie Kaltluftströme oder Belüftung über Luftleitbahnen. Nachts zeichnen sich die Gebiete durch eine deutliche Abkühlung aus, tagsüber kommt es nur zu leichten Erwärmungsraten. Das Windfeld weist Strömungsveränderungen auf, die meist nicht erheblich sind. Durch die relative Nähe zu regionalen und lokalen Ausgleichsräumen ist eine Frischluft- und Kaltluftzufuhr auch während windschwacher Wetterlagen gewährleistet.

Dorfklimatop

Das Klima der lockeren Bebauung oder das „Dorfklimatop“ bildet den Übergangsbereich zwischen den Klimatopen der bebauten Flächen und den Klimatopen des Freilandes. Charakteristisch für Flächen, die dem Dorfklimatop zugeordnet werden, sind in erster Linie Bebauungsstrukturen mit einem geringeren Versiegelungsgrad und starker Durchgrünung mit Baum- und Strauchvegetation. Dieser Klimatoptyp ist charakteristisch für dörfliche Einzelsiedlungen und Vorstadtsiedlungen, die im unmittelbaren Einflussbereich des Freilandes stehen und dadurch günstige bioklimatische Verhältnisse aufweisen. Das Klima in den Vorstadtsiedlungen zeichnet sich durch eine leichte Dämpfung der Klimaelemente Temperatur, Feuchte, Wind und Strahlung aus. Die Windgeschwindigkeit liegt niedriger als im Freiland, aber deutlich höher als in den Innenstädten.

Parkklimatop

Parkklimatope sind gekennzeichnet durch aufgelockerte Vegetationsstrukturen mit Rasenflächen und reich strukturierten lockeren Gebüsch- oder Baumbeständen. Sowohl tagsüber als auch in der Nacht treten die Park- und Grünanlagen als Kälteinseln hervor (Oaseneffekte). Die klimatischen Verhältnisse von Park- und Grünanlagen sind zwischen Freiland- und Waldklima einzustufen. In Abhängigkeit von der Größe der Parkanlagen, deren Ausstattung sowie von der Anbindung an die Bebauung variiert die klimatische Reichweite von Parkflächen. Die Auswirkungen in die Randbereiche der Umgebung sind meist gering und auf die direkt umgebende Bebauung beschränkt.

Gewässerklimatop

Gewässerklimate zeichnen sich tagsüber durch deutlich reduzierte Erwärmungsraten auf, so dass bei gleichzeitig hoher Verdunstung der fühlbare Wärmestrom herabgesetzt wird. Während Wasserflächen am Tag relativ kühl sind, sind sie nachts relativ warm. Dieses Phänomen ist auf die hohe Wärmespeicherkapazität des Wassers zurückzuführen, die nur schwache tagesperiodische Temperaturunterschiede an der Gewässeroberfläche ermöglicht. Die Lufttemperaturen in diesem Klimatop weisen einen ausgeglichenen Tagesgang mit abgeschwächten Minima und Maxima auf. Ein zusätzlich positiver Effekt für die klimatische Situation wird durch die geringe Rauhigkeit von Gewässerflächen bewirkt, wodurch Austausch- und Ventilationsverhältnisse begünstigt werden.

Waldklimatop

Typische Ausprägungen des Waldklimas sind stark gedämpfte Temperatur- und Feuchteamplituden, die eine Folge des Energieumsatzes im Stammraum (verminderte Ein- und Ausstrahlung) sind. Waldflächen erweisen sich daher aufgrund sehr geringer thermischer und bioklimatischer Belastungen als wertvolle Regenerations- und Erholungsräume. Bei geringen oder fehlenden Emissionen sind Waldflächen darüber hinaus Frischluftentstehungsgebiete, können jedoch aufgrund der hohen Rauhigkeit im Gegensatz zu den unbewaldeten Freiflächen keine Luftleitfunktion übernehmen. Daher zeichnen sie sich auch durch niedrige Windgeschwindigkeiten im Stammraum aus. Oberhalb des Kronenraumes, der auch als Hauptumsatzfläche für energetische Prozesse betrachtet werden kann, oder im Stammraum ohne oder mit nur geringem Unterwuchs kann auch bei Waldbeständen Kaltluft gebildet und durchgeleitet werden. Hervorzuheben ist weiterhin die Filterkapazität der Waldflächen gegenüber Luftschadstoffen. Durch Ad- und Absorption vermögen Waldflächen gas- und partikelförmige Luftschadstoffe auszufiltern.

Freilandklimatop

Dieser Klimatoptyp gibt die Verhältnisse des Freilandes wieder. Freilandklimate stellen sich über den überwiegend landwirtschaftlich genutzten Außenbereichen ein und zeichnen sich durch ausgeprägte Tagesgänge von Temperatur und Feuchte sowie nur wenig lokal beeinflusste Windströmungsbedingungen aus. Da zudem in diesen Bereichen überwiegend keine Emittenten angesiedelt sind, handelt es sich um bedeutsame Frischluftgebiete mit einer hohen Ausgleichswirkung für die in bioklimatischer und immissionsklimatischer Hinsicht belasteten Gebiete mit Wohnbebauung. Bei geeigneten Wetterlagen tragen landwirtschaftlich genutzte Flächen darüber hinaus zur Kaltluftbildung bei.

Für die Berechnung der **Klimatopkarte im Zukunftsszenario** (Abb. 2.7) wurden einerseits Bauvorhaben, die noch nicht umgesetzt sind, aber einen Aufstellungsbeschluss haben und zeitnah angegangen werden, in die die Realnutzungskarte integriert. Für die Modellierung erfolgte die Annahme, dass diese Bauvorhaben noch nicht klimaangepasst sind. Weitere für die Zukunft geplante Bauprojekte können in den folgenden Jahren jederzeit in die Klimatopkarte eingerechnet werden. Ein Aspekt des Klimawandels ist der je nach Szenario prognostizierte globale Anstieg der Jahresmitteltemperaturen um mindestens 2 Kelvin bis zum Jahr 2050 (Zukunftsszenario). Die Jahresmitteltemperatur ist für die sommerliche Hitzebelastung nicht ausschlaggebend, aber die in Zukunft längeren Hitzeperioden führen zu einer größeren Temperaturdifferenz zwischen Stadt und Freiland. Dass schwerwiegende Folgen von Hitzewellen vor allem in Städten auftreten, liegt an der Wärmespeicherung in der Bebauung und an der Bedeutung der Nachttemperaturen für die Erholungsphase des Menschen. Die Auswertung verschiedener Hitzewellen in Städten zeigt, dass im Verlauf einer mehrtägigen Hitzewelle die nächtlichen Lufttemperaturen von Tag zu Tag ansteigen und schon nach drei bis vier Tagen um 2 bis 4 Kelvin zugenommen haben. Dabei verstärken sich auch die Temperaturunterschiede zwischen dem Freiland und der dichter bebauten Stadt, die bis zu 10 Grad betragen können. Entsprechend der Versiegelungsrate und der Dichte der Bebauung wurde zur Berechnung einer Klimatopkarte im Zukunftsszenario der Temperaturunterschied zwischen Freiland und bebauten Gebieten erhöht. Auf dieser Grundlage wurde mit gleich bleibenden Gewichtungen und Grenzwerten eine Klimatopkarte der Zukunftsprojektion für die Dekade 2050-2060 berechnet (Abbildung 2.7). Im Zukunftsszenario kommt es zu einer geringfügigen Ausweitung der Flächen des Stadtklimatops. Unberücksichtigt bleiben bei dieser Berechnung eines möglichen Zukunftsszenarios zusätzliche in den nächsten Jahrzehnten mögliche Bauprojekte, die je nach Lage zu einer weiteren Verschärfung der Belastungen durch Hitze führen könnten.

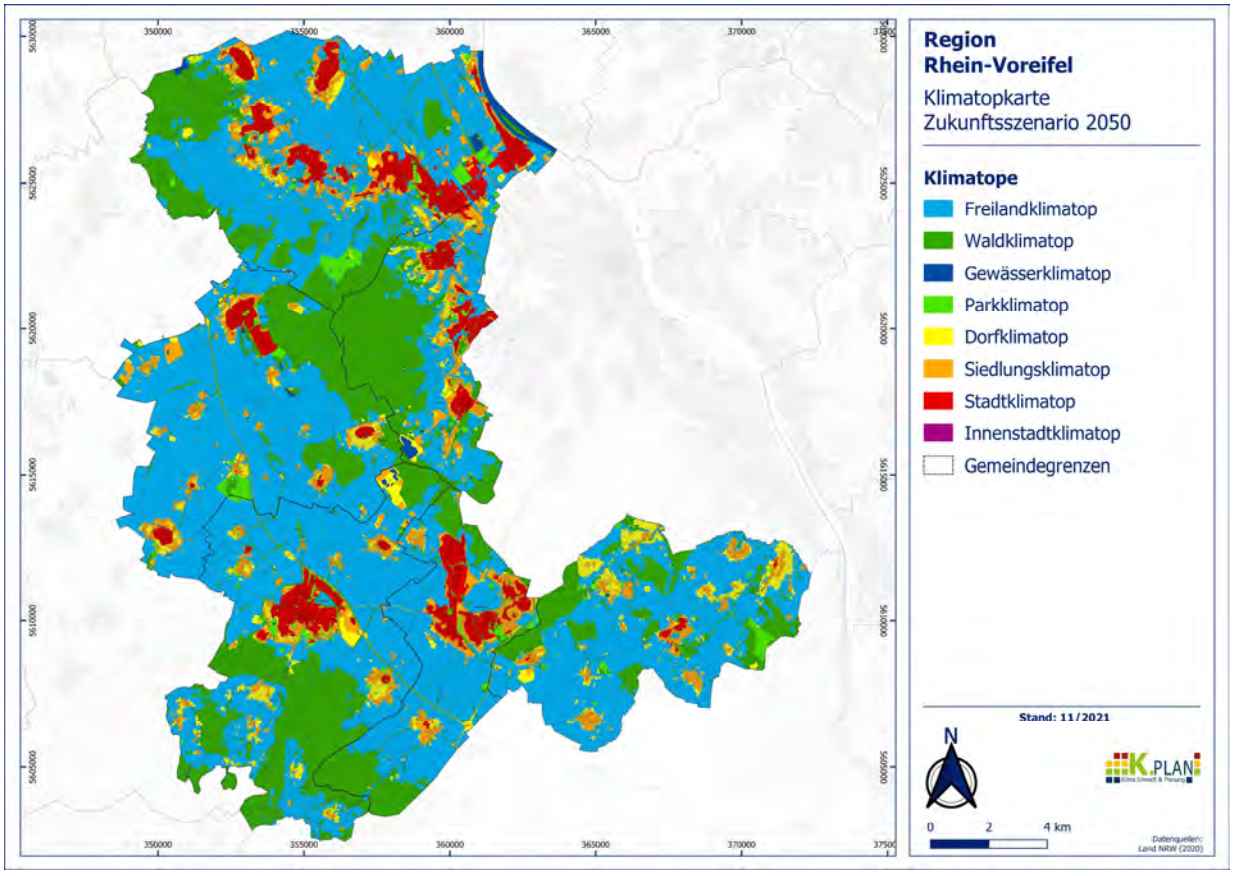


Abb. 2.7 Klimatopkarte der Region Rhein-Voreifel im Zukunftsszenario

Grundlagen für die Abgrenzung von potenziellen Problemgebieten unter dem Aspekt der Hitzebelastung des Menschen liefern die Klimatope des „Stadtklimas“ sowie des „Innenstadtklimas“ (das in den Kommunen der Region nicht vorkommt) aus den Klimatopkarten für den IST-Zustand und für das Zukunftsszenario. In diesen Bereichen bilden sich aufgrund der hohen Versiegelung die städtischen Wärmeinseln so stark aus, dass es zu einer Belastung des menschlichen Organismus kommt. Zusätzlich wird die Durchlüftung durch die Bebauungsstrukturen behindert. Diese Flächen wurden als Hitzeareale in die Karte der Hitzebelastungen (Abb. 2.8) übernommen.

Die Hitzeinseln im IST-Zustand sind in der Abb. 2.8 in lila (= Stadtklimatop im IST-Zustand) dargestellt. Sie liegen vorwiegend in den Innenstadtbereichen und in den Industrie- und Gewerbegebieten. Die zukünftige Ausweitung der Hitzebelastungen ist anhand der orangenen Flächen in der Abbildung 2.8 zu erkennen. In den bisher schon von Hitze betroffenen Gebieten nimmt die Belastung im Zukunftsszenario deutlich zu. Am stärksten betroffen von einer zunehmenden Hitzebelastung aufgrund des Klimawandels werden die versiegelten ausgedehnten Industrie- und Gewerbeflächen sein. Eine räumliche Ausweitung der Hitzebelastung in die locker bebauten Stadtteile findet dagegen nur punktuell statt. Zum einen ist die Versiegelungsrate hier deutlich geringer, zum anderen sind diese Stadtteile von unbebautem Freiland umgeben und werden dadurch auch während einer Hitzewetterlage noch ausreichend gekühlt.

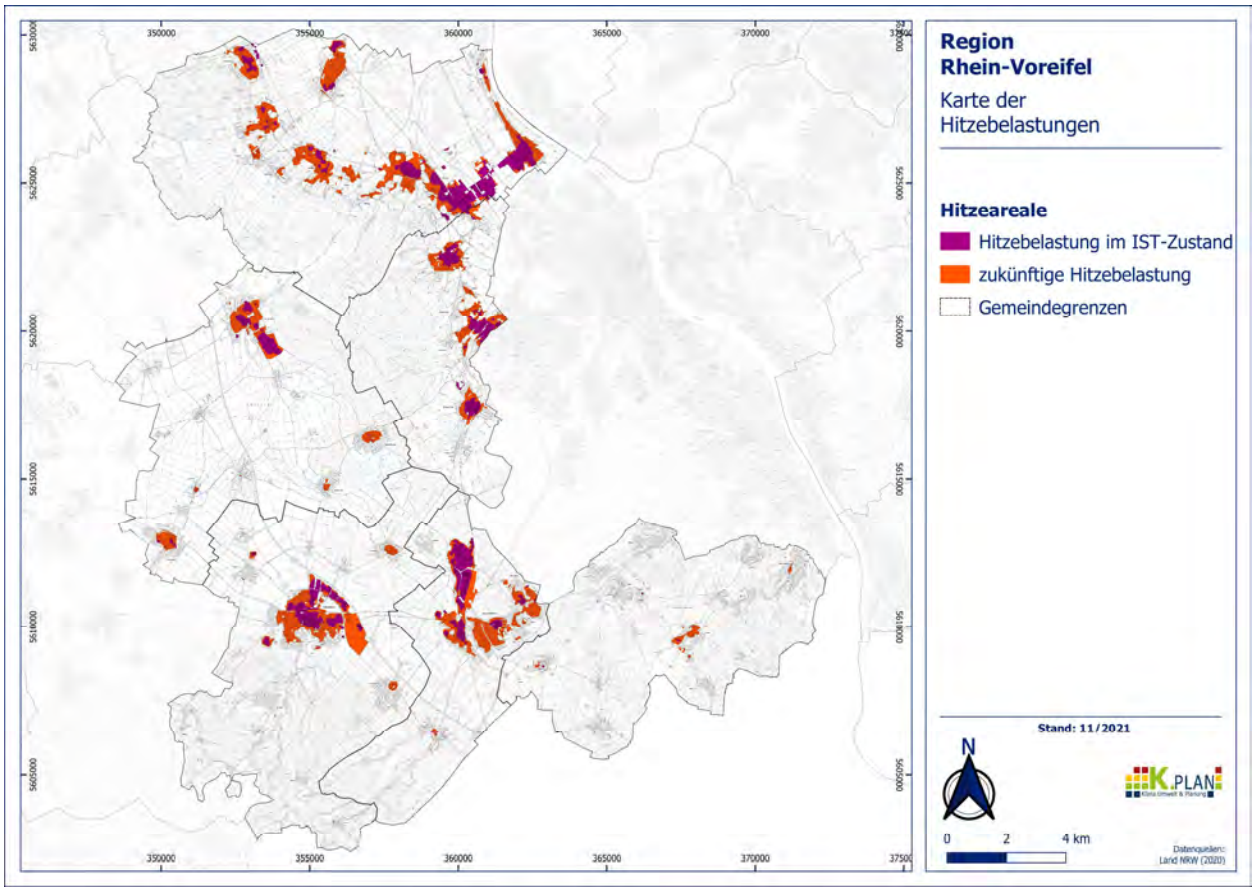


Abb. 2.8 Hitzebelastungen Ist und Zukunft in der Region Rhein-Voreifel

2.2 Untersuchungen zum Bodenkühlpotenzial

Die gigantischen Energietransferleistungen des Bodens, die durch „Versiegelung“ unterbunden werden, lenken den Blick auf das Potential der Böden zur Kühlung der städtischen Atmosphäre. Bodenraumeinheiten mit hohen und mittleren Bodenkühlleistungen, die ehemals vorhanden waren, treten in urban geprägten Räumen kaum noch auf, bedingt durch mächtige Aufschüttungen und die heute dominierenden urban-industriellen Böden. Somit bieten die überprägten Böden Potentialflächen z.B. für Ausgleichsmaßnahmen, um der innerstädtischen Überwärmung durch Verbesserung dieser Böden auf nachhaltige Art entgegenzuwirken.

Die Wärmespeicherkapazität und die Wärmeleitfähigkeit eines Bodens spielen die entscheidende Rolle für die Aufheizung der Bodenoberfläche und damit der darüberliegenden Luftschichten. Versiegelte Böden sind deshalb in der Regel deutlich wärmer als die Luft und führen zur Aufheizung, während Freilandflächen im Laufe des Abends und der Nacht kühlend auf die Luft wirken. Um einer weiteren Erwärmung der Städte entgegenzuwirken, sollten Böden mit hohen pflanzenverfügbaren Wasserspeicherleistungen und/oder Grundwasseranschluss in stadtklimatisch relevanten Frischluftschneisen und Erholungsräumen von Überbauung, Abgrabung und Aufschüttung freigehalten werden. Diese Böden wirken ganzjährig ausgleichend auf die Lufttemperaturen und kühlend in den Sommermonaten.

Im Überblick lässt sich das Aufheizungsverhalten von Oberflächen und damit das Bodenkühlleistungspotential auf die Art der Flächennutzung, die Bepflanzung und den Zustand der Böden zurückführen. Besonders der Wasserhaushalt des Bodens und die darüber beeinflusste Verdunstung der Pflanzen sind wesentliche Stellschrauben für die potenzielle Bodenkühlleistung auf Freiflächen. Der Anteil an Versiegelung, Art und Dichte der Vegetation sowie die Bodeneigenschaften werden als Haupteinflüsse auf die Kaltluftbildung verstanden.

1. Die Wärmespeicherkapazität und die Wärmeleitfähigkeit eines Bodens spielen die entscheidende Rolle für die Aufheizung der Bodenoberfläche und damit der darüberliegenden Luftschichten. Versiegelte Böden sind deshalb in der Regel deutlich wärmer als die Luft und führen zur Aufheizung, während Freilandflächen im Laufe des Abends und der Nacht kühlend auf die Luft wirken.
2. Die Evapotranspiration trägt dadurch, dass sie der Luft Energie für den Verdunstungsvorgang entzieht, maßgeblich zum Kühlleistungspotential bei. Aber Pflanzen können nur die Wassermenge verdunsten, die für sie verfügbar im Boden gespeichert ist. Bei Böden mit hohem Grundwasserstand ist außerdem die Menge Wasser hinzuzurechnen, die den effektiven Wurzelraum über den kapillaren Aufstieg erreicht. In den von der menschlichen Tätigkeit überprägten Böden der Städte schränken oft Verdichtungen und grobe Bestandteile beispielsweise aus Bauschutt oder Schlacken den Speicherraum für pflanzenverfügbar gespeichertes Wasser ein. Sie stellen außerdem für die Pflanzenwurzeln physiologische Barrieren dar, begrenzen also die Durchwurzelbarkeit und damit die effektive Durchwurzelungstiefe. Der während des Winterhalbjahrs aufgefüllte Bodenwasservorrat ist deshalb oft schon nach den ersten Sommertagen oder -wochen aufgebraucht, und die Vegetation reduziert aktiv ihre Verdunstungsleistung. Die Größe der Bodenwasserspeicherkapazität ist daher trotz der hohen mittleren Jahresniederschläge in Deutschland sehr wichtig für die Klimawirksamkeit der Böden. Wie viel Wasser den Pflanzen zur Verdunstung zur Verfügung steht, ist vom Aufbau und den Eigenschaften eines Bodens abhängig. Das Wasserspeicher- und Wasserhaltevermögen wird wesentlich von Bodenart (Körnung), Humusgehalt, Gefüge, Trockenrohdichte und dem daraus resultierenden Porenraum bestimmt.

Eine Verschneidung von Bodenkarten (BK50), Grundwasserkarten und der Realnutzungen des gesamten Gebietes führt zu einem ersten Bewertungsschema der potenziellen Bodenkühlleistung von Flächen in der Region Rhein-Voreifel. Das Ergebnis ist in der Abbildung 2.9 dargestellt.

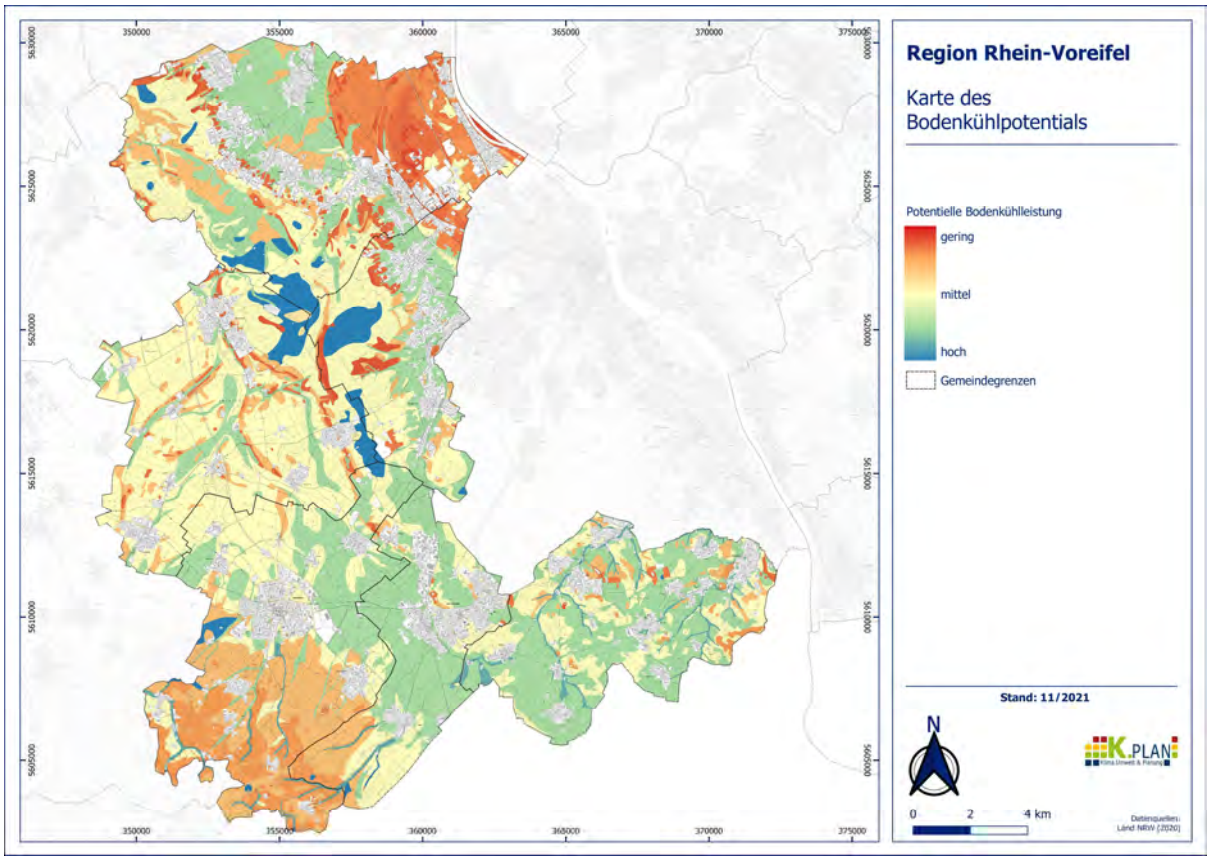


Abb. 2.9 Bodenkühlpotenzial in der Region Rhein-Voreifel

Die Integration des Bausteins „Bodenkühlung“ in die kommunale Klimaanpassung erfordert eine dreistufige Vorgehensweise:

- Zunächst müssen die Freiflächen im Stadtgebiet bezüglich ihrer Bedeutung für die Abschwächung der städtischen Überwärmung beurteilt werden. Hierbei spielt das übergeordnete Windsystem während austauscharmer Strahlungswetterlagen mit hohen Lufttemperaturen eine Rolle. Ebenso ist die Lage und damit Anbindung der Freiflächen über Luftleitbahnen von großer Bedeutung. Eine wirksame Abschwächung der Hitzebelastung in Städten durch das Kühlungspotenzial von Freiflächen kann nur entstehen, wenn der Luftaustausch zwischen den bebauten und den unversiegelten Stadtgebieten gewährleistet ist.
- Das Kühlungspotenzial der für die Abschwächung der städtischen Überwärmung relevanten Freiflächen kann auf Grundlage der Ausstattung der Freifläche mit Vegetation, des Wasserangebotes sowie der Bodenparameter abgeschätzt werden.
- In einem dritten Schritt kann die jeweilige Beurteilung des Kühlungspotenzials einer Freifläche dazu führen, dass die Fläche bei guter Beurteilung als Schutzzone ausgewiesen wird. Eine Veränderung, insbesondere Versiegelung sollte in diesem Fall vermieden werden. Stadtklimatisch relevante Freiflächen (siehe Zone 3 der Handlungskarte Klimaanpassung, Kapitel 3.1) mit einem aktuell geringen Kühlungspotenzial können mit Verbesserungsmaßnahmen belegt werden. Dies kann sowohl die Bodenparameter wie auch die Vegetationsausstattung oder die Wasserversorgung betreffen.

2.3 Untersuchungen zur Trockenheitsgefährdung

Durch den Klimawandel verursachte geänderte klimatische Bedingungen mit zunehmender Sommerhitze in den Städten und damit verbundenen sommerlichen Trockenperioden haben erhebliche Auswirkungen auf die urbane Vegetation und die Land- und Forstwirtschaft. Eine Kühlungsfunktion der Vegetation durch Evapotranspiration setzt eine ausreichende Wasserversorgung der Pflanzen voraus. Eine Möglichkeit zur Anpassung an diese neuen Bedingungen ist die künstliche Bewässerung derjenigen begrünten innerstädtischen Flächen, auf denen während Trockenperioden zu wenig Grundwasser oder Bodenfeuchtigkeit zur Verfügung steht. Zunehmende Sommerhitze kann zudem zur Austrocknung nichtversiegelter Flächen führen. Diese erfüllen aber eine wichtige Funktion für die Niederschlagsversickerung. Stark ausgetrocknete Böden führen beim nächsten Niederschlagsereignis dazu, dass ein größerer Teil des Wassers nicht versickern kann und deshalb oberflächlich abfließt. Dies hat negative Auswirkungen auf die Bodenerosion und die Grundwasserneubildung und erhöht das Überschwemmungsrisiko beim nächsten Starkregen.

Als ein erster Schritt zur Ermittlung der Trockenheitsgefährdungen in der Region Rhein-Voreifel wurde eine einfache Trockenheitsanalyse durchgeführt. Dabei spielen insbesondere Boden- und Geländeparameter eine entscheidende Rolle für das Auftreten von Schäden bei Trockenheit:

- Die Größe der Bodenwasserspeicherkapazität ist sehr wichtig für die Klimawirksamkeit der Böden. Wie viel Wasser den Pflanzen zur Verdunstung zur Verfügung steht, ist vom Aufbau und den Eigenschaften eines Bodens abhängig. Für die Berechnung der Trockenheitsgefährdung wurde deshalb die nutzbare Feldkapazität der Böden (nFK) herangezogen, die als Wert flächendeckend aus der Bodenkarte (BK50) für die Region zur Verfügung steht.
- Abhängig von der Sonneneinstrahlung können die oberen Bodenschichten mehr oder weniger stark austrocknen. Dieser Aspekt wurde durch die Einbeziehung der Hangexposition in die Berechnung der Trockenheitsgefährdung berücksichtigt. Südhänge weisen dementsprechend ein deutlich höheres Gefährdungspotenzial für eine Austrocknung des Bodens auf.
- Als dritter Parameter geht auch die Hangneigung in die Berechnung zur Trockenheitsgefährdung ein. Entsprechend der Stärke der Hangneigung führt der Abfluss von Wasser zu einer zunehmenden Trockenheit im Bodenwasserhaushalt.

Das Ergebnis der Berechnung der Trockenheitsgefährdung ist in der Abbildung 2.10 dargestellt. Die potenzielle Trockenheitsgefährdung ist in der Region fast flächendeckend mittel bis hoch. In Rheinnähe kann das durch einen hohen Grundwasserstand noch aufgefangen werden. In den Siedlungsbereichen können die natürlichen Böden zerstört sein und der typische „Stadtboden“ mit Einbringung von anthropogenem Material in den Boden (Bauschutt) hat in der Regel eine sehr geringe nutzbare Feldkapazität und ist damit kleinräumig betrachtet extrem trockenheitsanfällig. Grünanlagen in der Stadt, die ein natürliches Bodenprofil im Untergrund aufweisen, trocknen dagegen während sommerlicher Trockenperioden weniger stark aus.

Bei der Pflanzung von Stadtbäumen spielt die Trockenheitsgefährdung eine Rolle. Bäume müssen sich auf veränderte, durch den Klimawandel verursachte Bedingungen einstellen. Insbesondere die zunehmende Sommerhitze in den Städten und damit verbundene sommerliche Trockenperioden erfordern eine gezielte Auswahl von geeigneten Stadtbäumen für die Zukunft. Wärmeresistente Pflanzenarten mit geringem Wasserbedarf sind zukünftig besser für innerstädtische Grünanlagen geeignet. Um

eine ausreichende Vielfalt mit Pflanzenarten, die eine sehr hohe Trockenstresstoleranz haben, zu erreichen, ist es notwendig, neben heimischen Arten auch Arten aus Herkunftsgebieten mit verstärkten Sommertrockenzeiten zur Bepflanzung heranzuziehen. Durch eine erhöhte Artenvielfalt im städtischen Raum kann möglichen Risiken durch neue, wärmeliebende Schädlinge vorgebeugt werden. Durch innovative Bewässerungsverfahren können im Einzelfall auch weniger trockenresistente Arten zum Einsatz kommen. Die Kühlung während trockener Hitzeperioden durch Evapotranspiration der Vegetation wirkt vor allem im Bereich der verdichteten Stadtquartiere. Während sommerlicher Trockenperioden sollte sich die Bewässerung von Parkanlagen auf diese Bereiche konzentrieren, um die Funktionen der Grünflächen zu erhalten bzw. zu optimieren.

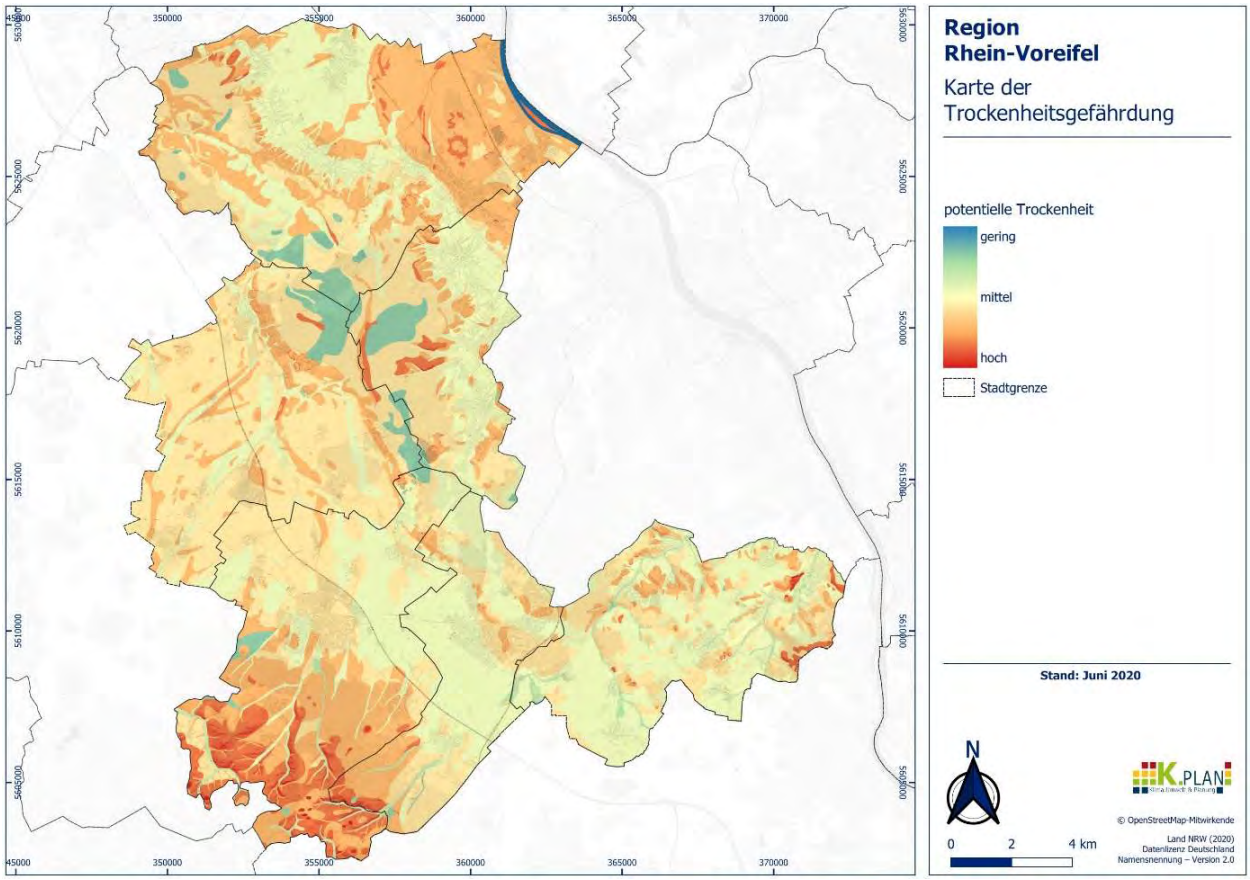


Abb. 2.10 Trockenheitsgefährdung in der Region Rhein-Voreifel

Außerhalb des Siedlungsraums sind auch die Wälder und die landwirtschaftlichen Flächen, insbesondere die Obsthaine durch eine Zunahme der Trockenheit betroffen. In der Abbildung 2.11 sind die Bereiche der mittleren bis hohen Trockenheitsgefährdung verschnitten mit den Anbauflächen für Obst und den Waldflächen in der Region Rhein-Voreifel. Eine solche Verschneidung von Gefährdung und Nutzungstypen ist auch für andere Themen denkbar, beispielsweise Trockenheitsgefährdung für städtische Grünflächen und Straßenbegrünung. Auf Grundlage der für die Kommunen nach Abschluss des Projektes bereitgestellten GIS-Daten kann das zukünftig von den Fachmitarbeiter*innen selbst durchgeführt werden.

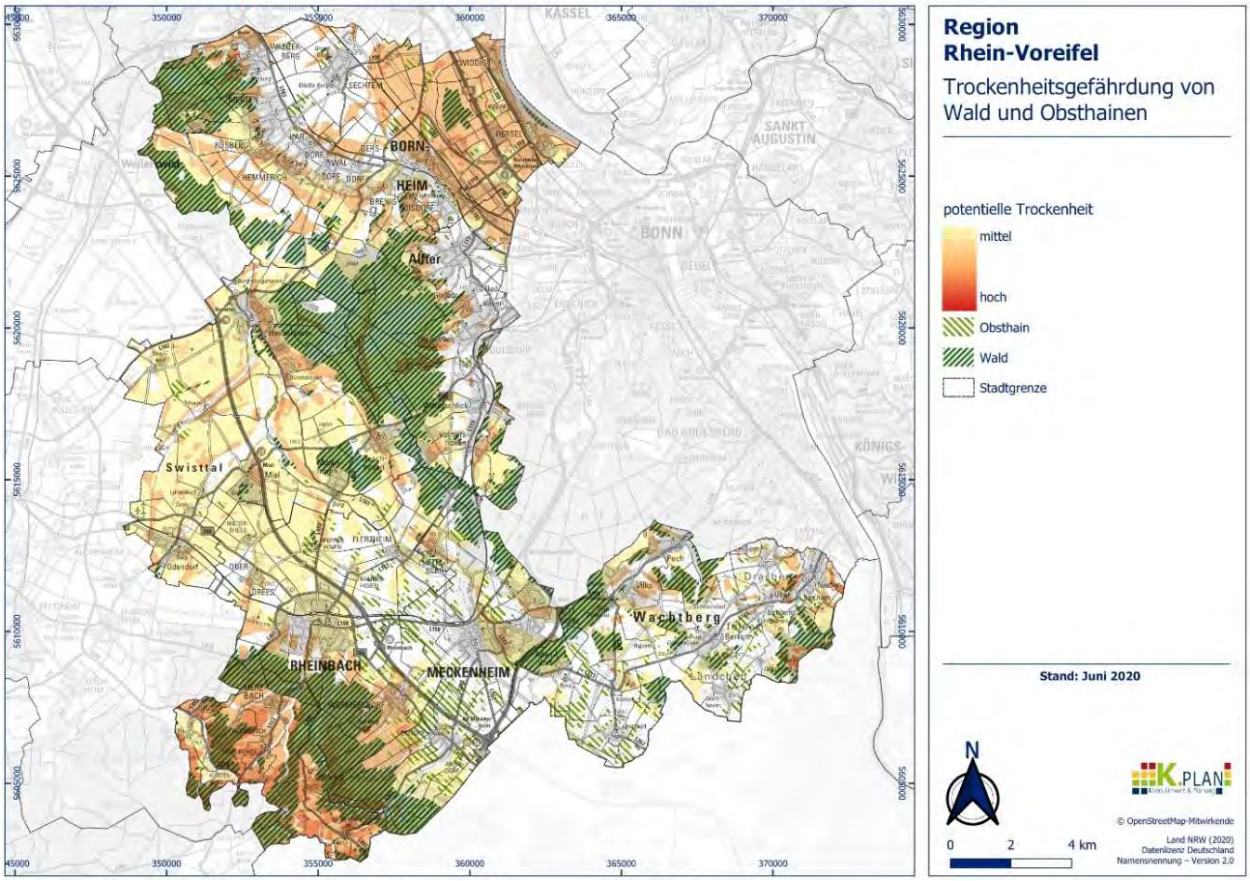


Abb. 2.11 Trockenheitsgefährdungen von Wald und Obsthainen in der Region Rhein-Voreifel

Ein weiterer Faktor, der zur Austrocknung von Böden bei lang anhaltenden Trockenperioden führen kann, ist der Wind. Dieser Aspekt wurde in einem während der Projektlaufzeit durchgeführten Fachgespräch mit Vertretern der Land- und Forstwirtschaft angesprochen und daraufhin in die Analyse aufgenommen.

Zunehmende Windgeschwindigkeiten führen zu einer ansteigenden Verdunstung der Bodenfeuchte der oberen Bodenschichten und damit zu einer größeren potenziellen Trockenheitsgefährdung. Um diesen Aspekt zu berücksichtigen, wurde das langjährige Mittel der Windgeschwindigkeiten in der Region mit der Trockenheitsgefährdung aufgrund der Boden- und Geländeparameter (Abb. 2.10) verschnitten. Als Ergebnis ergibt sich ein noch differenzierteres Bild der Trockenheitsgefährdung in der Region Rhein-Voreifel (Abb. 2.12).

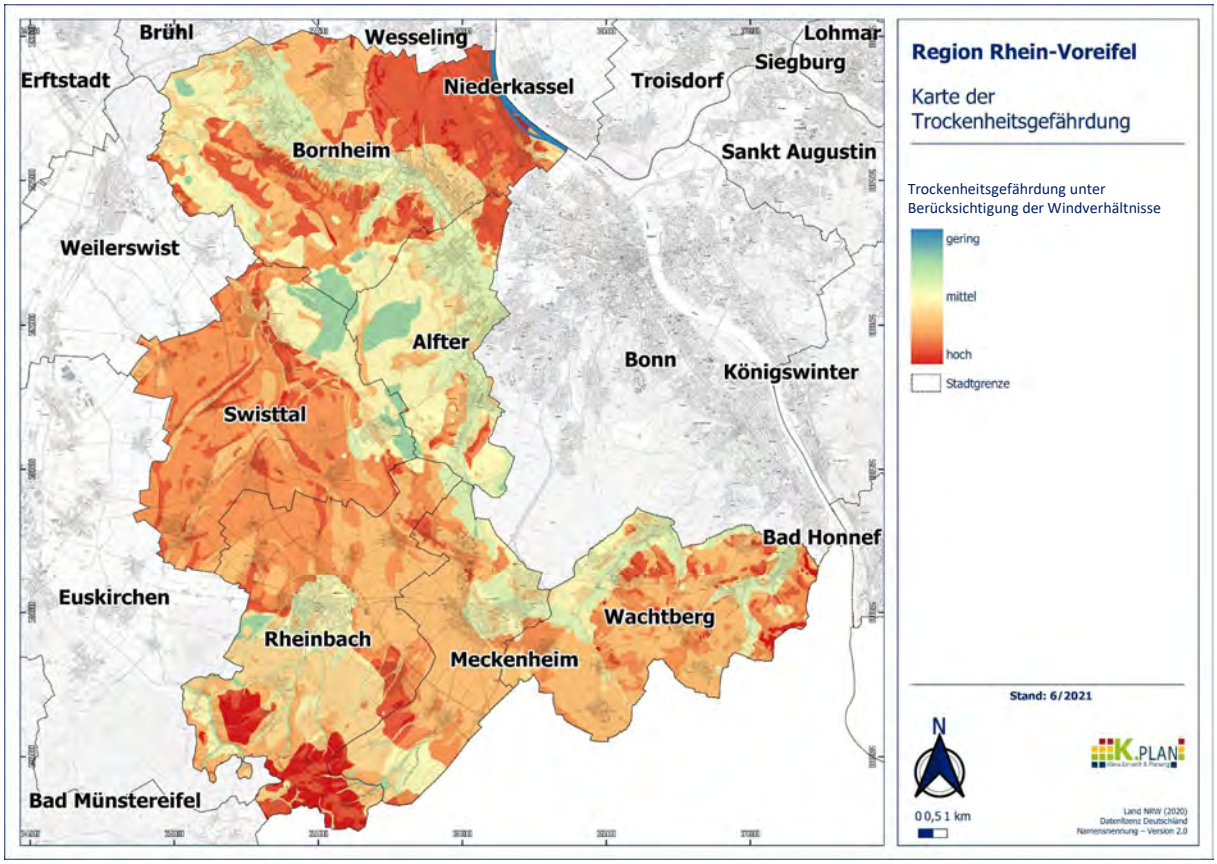


Abb. 2.12 Trockenheitsgefährdung mit Berücksichtigung der mittleren Windverhältnisse

2.4 Untersuchungen zum Sturmrisiko

Die Region Rhein-Voreifel wurde hinsichtlich der Gefährdungen und der Anfälligkeiten gegenüber Starkwind und Sturm untersucht. Die Windverhältnisse werden durch das Relief und die Landnutzung intensiv beeinflusst. Das wirkt sich sowohl auf die Windgeschwindigkeit als auch die Windrichtungsverteilung aus. Im Jahresmittel treten entsprechend der Lage in der Westwindzone großräumig Winde aus südwestlichen Richtungen am häufigsten auf. Umlenkungen und Kanalisierungen können dabei zu abweichenden Windrichtungen führen. Bei gradientschwachen Wetterlagen, z. B. Hitzewetterlagen können sich eigenständige lokale und regionale Windsysteme ausbilden.

Zunächst wird der langjährige Jahresmittelwert der Windgeschwindigkeit als Indikator für die Belüftungssituation im Untersuchungsgebiet betrachtet. Dazu wird auf einen Datensatz des DWD (Deutscher Wetterdienst, Climate Data Center (CDC), Version V0.1, 2014) zurückgegriffen. Das Statistische Windfeldmodell mit dem Bezugszeitraum 1981-2000 des Deutschen Wetterdiensts wird erstellt aus einem Zusammenspiel der Daten von 218 Windmessstationen in Deutschland und weiteren Einflussfaktoren, wie der Höhe über dem Meeresspiegel, der geographischen Lage und der Geländeform. Die Originaldaten sind insofern bereinigt, dass der Einfluss von Hindernissen (Gebäude, Wälder etc.) auf die Windgeschwindigkeit entfernt wurde. Daraus wurden deutschlandweite Datensätze für mehrere Höhen über Grund im 200 m Raster berechnet und vom DWD bereitgestellt. Der für diese Aufgaben-

stellung ausgewählte Datensatz stellt die für stadtklimatische Aspekte relevante Höhe von 10 m über Grund dar und wurde auf ein feineres Raster interpoliert.

Auf der anderen Seite können die durch die unterschiedlichen Flächennutzungen und die Bebauungsstruktur hervorgerufenen Rauhigkeiten bei Starkwinden durch Böeneffekte extrem hohe Windgeschwindigkeiten erzeugen. Diese können lokal eine starke Gefährdung durch Sturmschäden verursachen. Deshalb wurde zur Beurteilung der Sturmgefährdung eine detaillierte Böenanalyse durchgeführt. Von einer Böe wird gesprochen, wenn der zehnminütige Mittelwert der Windgeschwindigkeit in einem Zeitintervall von 3 bis 20 Sekunden um mindestens 5 m/s überschritten wird. Zusätzlich zur Änderung der Windgeschwindigkeit geht eine Böe oft mit einer plötzlichen Windrichtungsänderung einher. Die physikalischen Mechanismen der turbulenten Böengenerierung am Boden sind die vorherrschende Windgeschwindigkeit und die Geländerauigkeit. Die Geländerauigkeit wird zunächst empirisch aufgrund der Landnutzung klassifiziert und weist Nutzungstypen Werte von 0,001 für Wasserflächen bis 2,0 für Städte oder geschlossene Laubwälder zu. Um verlässliche und flächendeckende Informationen zur Höhe von Gebäuden und Bäumen zu erhalten, wird zusätzlich ein digitales Oberflächenmodell genutzt, welches aus Daten einer Befliegung mit einem 3D Laserscanner erzeugt wird. Die Daten werden von Geobasis NRW zur Verwendung unter der Lizenz „Datenlizenz Deutschland – Zero – Version 2.0“ zum Download zur Verfügung gestellt. Die Methode zur flugzeuggestützten Gewinnung von Höhendaten des Geländes durch einen aktiven Scanner ist sowohl in der horizontalen als auch der vertikalen Komponente auf wenige Zentimeter genau aufgelöst. Durch die bei der Erfassung erzeugten Mehrfachreflexionen an der Geländeoberfläche und an darüber stehenden Objekten, wie Vegetation ist sowohl die Interpretation der Geländeoberfläche als auch die Ableitung der Höhen der darüber befindlichen Objekte möglich. Ist die Höhe der oberflächlichen Objekte berechnet, können diese hochpassgefiltert werden, um lokale Abweichungen vom gleitenden Mittel zu erhalten. Diese Abweichungen stellen im Windprofil ein Hindernis dar und können somit als Rauigkeit benannt und berechnet werden. Die Berechnung der Böengefährdung aus den Grundlagen der Rauigkeit und der mittleren Windgeschwindigkeit wird nach dem Ansatz von Schulz und Heise durchgeführt und kommt ähnlich im Wettervorhersagemodell COSMO zur Anwendung, das seit 1999 vom DWD betrieben wird. Gemäß dem Charakter und der Variabilität von klimatologischen Größen sind die errechneten Werte nicht als absolute Böengeschwindigkeiten, sondern vielmehr als Größenordnung einer Gefährdung zu bewerten.

Bei einem Starkwindereignis kann davon ausgegangen werden, dass sich die Windgeschwindigkeiten im Bereich der hohen Böengefährdungen nochmal erheblich verstärken. Lokal ist bei einem Sturm hier von einer besonderen Gefährdung durch Sturmschäden auszugehen. Lokal erhöhte Böengeschwindigkeiten werden deshalb als Indikator für eine erhöhte Gefährdung durch Sturmschäden herangezogen. Um eine Starkwindbetroffenheit für die Region Rhein-Voreifel zu berechnen, die sowohl das erhöhte Risiko des Auftretens von Stürmen wie auch eine Vulnerabilität der Bevölkerung und Infrastruktur einbezieht, werden im Folgenden die einzelnen Einflussparameter aufgeführt, die einerseits die Starkwind- und Sturmgefährdung beeinflussen und andererseits die Starkwindanfälligkeit beschreiben.

Die verschiedenen Bereiche der Region sind entsprechend ihrer topographischen Ausgestaltung (Relief und Flächennutzung) unterschiedlich stark einer Gefährdung durch Starkwinde und Stürme ausgesetzt. Bestimmte topographische Eigenschaften können zu einer lokalen Erhöhung der Windstärke führen. Für die Ausweisung einer Gefährdung gegenüber dem Auftreten von Starkwinden oder Sturm wurden fünf Indikatoren herangezogen:

- Windgeschwindigkeit
- Böengefährdung
- Kuppenlagen
- Hangneigungen
- Oberflächenrauhigkeiten

Durch Verschneidung dieser Indikatoren kann eine Abstufung der Sturmgefährdung durchgeführt werden. Trifft für eine Fläche nur ein Indikator zu, ist eine nur geringe Gefährdung ausgewiesen. Bei zwei Indikatoren, die die Eigenschaft der Fläche beschreiben, existiert eine mittlere Gefährdung für das Auftreten von Starkwinden oder Sturm. Treffen drei oder mehr Indikatoren für eine Fläche zu, ist das Sturmrisiko erhöht.

In der Abbildung 2.13 wurden beispielhaft die Bereiche mit einer mittleren und einer erhöhten Gefährdung durch Starkwind und Stürme mit den Waldflächen in der Region Rhein-Voreifel verschnitten. Diese Analyse zeigt, dass alle Waldgebiete einer mindestens mittleren Gefährdung für Stürme ausgesetzt sind.

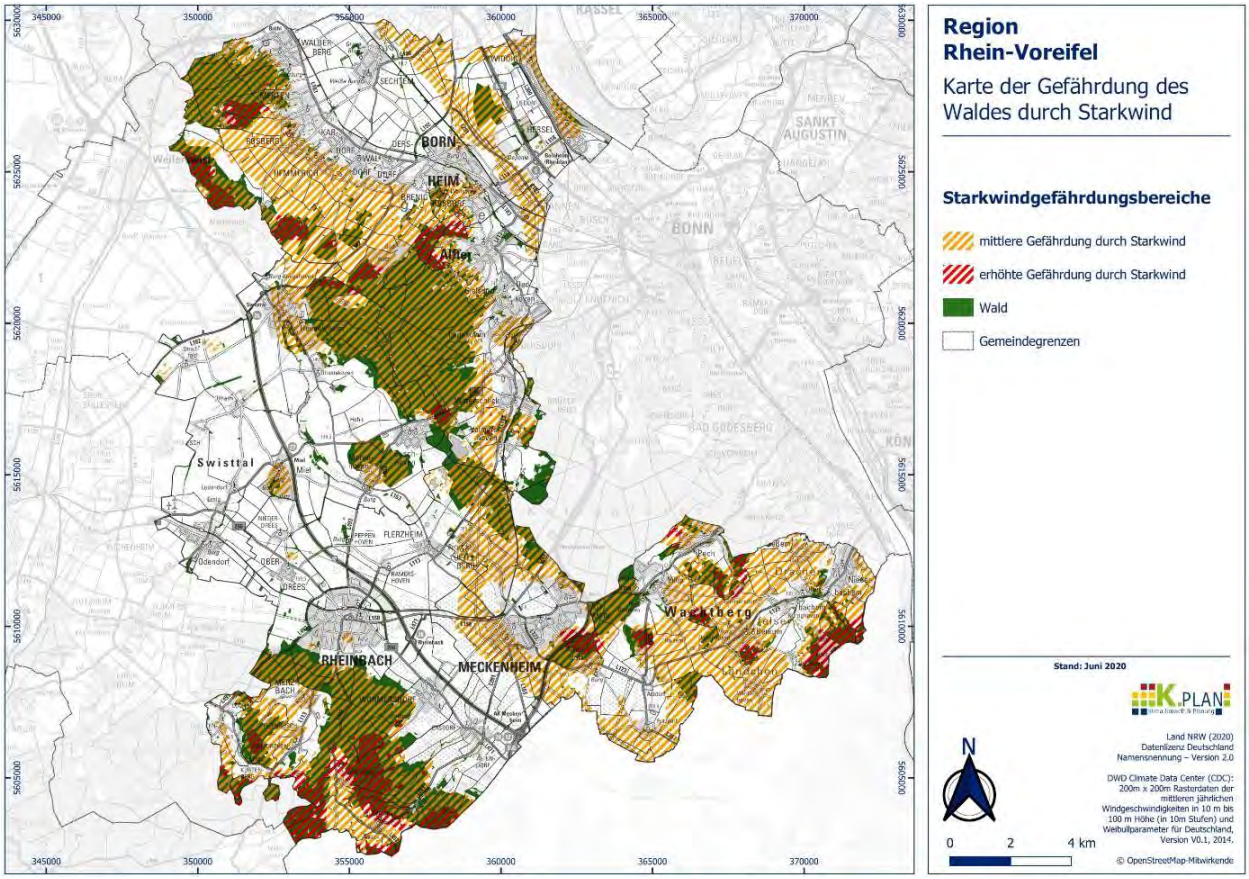


Abb. 2.13 Gefährdung von Waldgebieten durch Starkwind in der Region Rhein-Voreifel

Die Anfälligkeit gegenüber Starkwind und Sturm ergibt sich aus den verschiedenen Nutzungen der Flächen in der Region. Baustrukturen sowohl im Wohn- wie auch im Gewerbebereich können erhebliche Schäden erleiden. Wald- und Straßenbäume sind ebenso sturmgefährdet. Für die Ausweisung einer Anfälligkeit gegenüber den Auswirkungen von Starkwinden oder Sturm wurden deshalb vier Indikatoren herangezogen:

- Siedlungsflächen
- Industrie- und Gewerbenutzung
- Verkehrswege
- Waldflächen

Durch Verschneidung dieser vier Indikatoren zeigt sich für die Region Rhein-Voreifel eine abgestufte Anfälligkeit gegenüber den Auswirkungen von Starkwind- und Sturmereignissen. Für einige Flächen trifft keiner der Indikatoren zu, hier ist von keiner oder nur einer sehr geringen Anfälligkeit auszugehen. Trifft für eine Fläche nur ein Indikator zu, ist eine nur geringe Anfälligkeit ausgewiesen. Bei zwei Indikatoren, die die Eigenschaft der Fläche beschreiben, existiert eine mittlere Anfälligkeit gegenüber den Schäden durch Starkwind oder Sturm. Treffen drei oder mehr Indikatoren für eine Fläche zu, ist die Anfälligkeit erhöht. Die Ergebnisse der Berechnungen zur Anfälligkeit gegenüber Schäden durch Starkwinde und Stürme sind in der Abbildung 2.14 dargestellt.

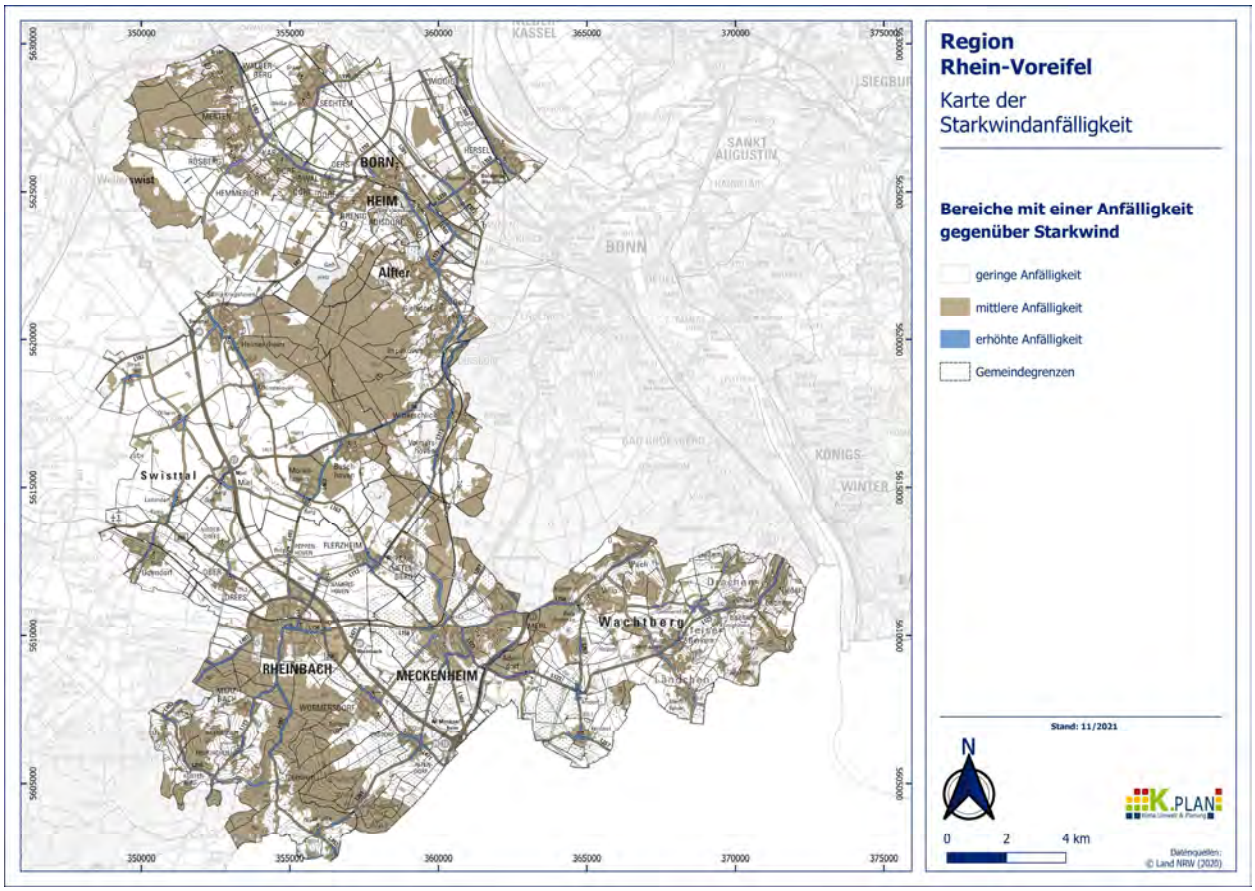


Abb. 2.14 Anfälligkeitsstufen gegenüber Starkwind und Sturm in der Region Rhein-Voreifel

Aus der Verschneidung der Karten zur Starkwindgefährdung, also dem höheren Risiko, dass Starkwinde und Stürme in einem Bereich auftreten, und der Anfälligkeit gegenüber den Auswirkungen der Stürme ergibt sich als Gesamtergebnis eine Betroffenheitskarte für das Themenfeld Starkwind (Abb. 2.15).

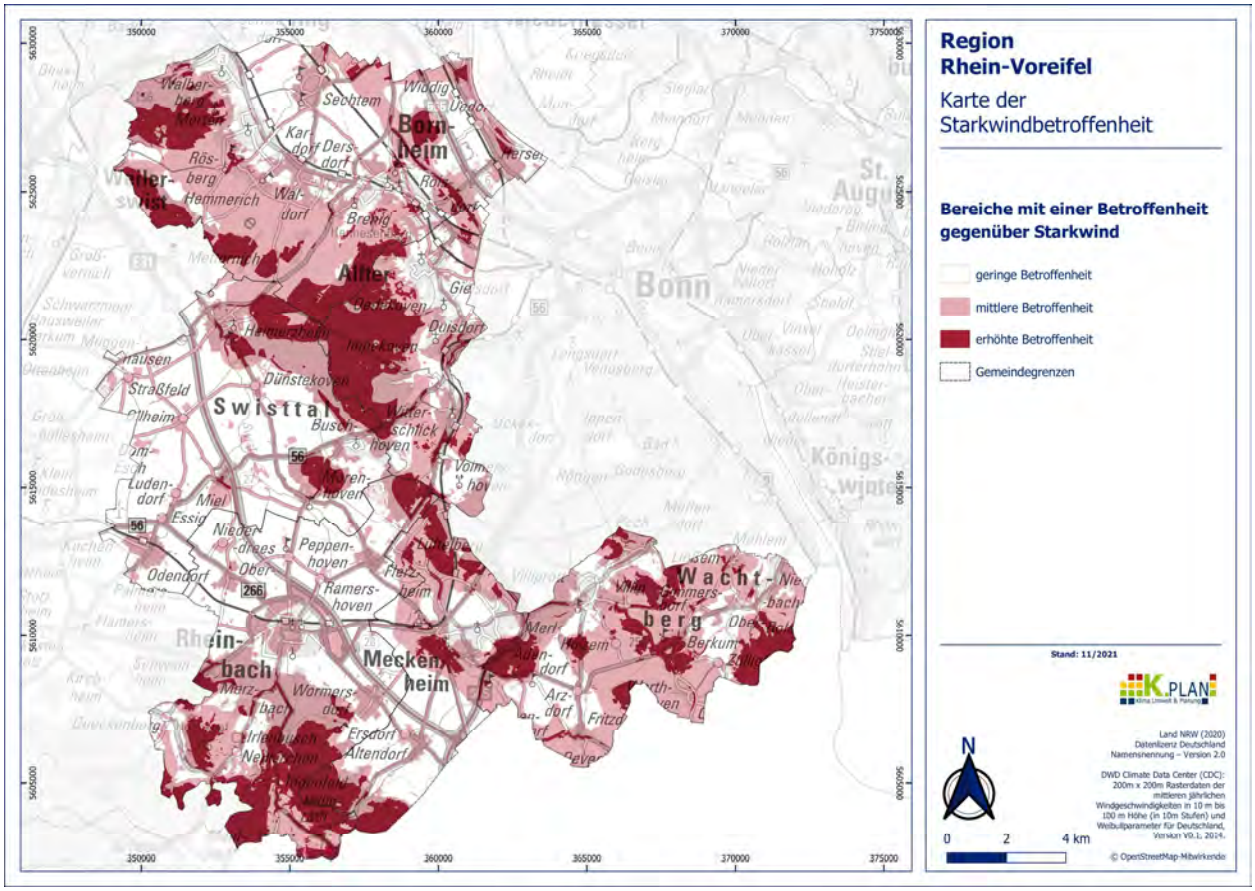


Abb. 2.15 Anfälligkeitsstufen gegenüber Starkwind und Sturm in der Region Rhein-Voreifel

2.5 Untersuchungen zum Überflutungsrisiko

Die Region Rhein-Voreifel wurde am 14. Juli 2021 von einem extremen Starkregenereignis getroffen, das zu erheblichen Schäden geführt hat. Zudem haben diese Ereignisse auch zu einer grundlegenden Verunsicherung der Bürger beigetragen. Im Zuge des Klimawandels gilt eine Zunahme außergewöhnlicher und extremer Starkregen als sehr wahrscheinlich. Extreme Niederschlagsereignisse sind meist räumlich begrenzt und lassen sich äußerst schwer vorhersagen. Um jedoch gezielt Vorsorge zu treffen, muss man zunächst besonders risikobehaftete Bereiche identifizieren. Für die Region Rhein-Voreifel wurden daher die amtlich ausgewiesenen Überflutungsflächen von Fließgewässern herangezogen und durch eine Fließwege- und Senkenanalyse ergänzt.

Besondere Auswirkungen für die Siedlungswasserwirtschaft wird das zukünftige Niederschlagsverhalten haben. Dazu zählen neben den extremen Niederschlägen auch die erwarteten wärmeren und niederschlagsreicheren Wintermonate. Dies kann besonders in Gebieten mit grundsätzlich hohem Grundwasserstand zu einer Verschärfung der Wasserentsorgung führen. Gebiete, die bis jetzt noch ohne Entwässerungspumpwerke auskommen, könnten bei geringem Grundwasserflurabstand überschwemmt werden. Aktuelle statistische Untersuchungen der Niederschlagsdaten in Deutschland für die Jahre 1951 bis 2000 zeigen deutlich, dass Starkregenereignisse zunehmend häufiger auftreten und die statistischen Wiederkehrintervalle nur noch bedingt gültig sind (DWD 2005). Weitere Studien er-

warten ebenfalls eine durch den Klimawandel bedingte Zunahme an extremen Wetterereignissen (Bartels et al. 2005, Rahmstorf et al. 2007). Mit Hilfe von Klimamodellen können keine Aussagen über die genaue Veränderung der Häufigkeitsverteilung von extremen Starkregen getroffen werden. Es ist jedoch davon auszugehen, dass ein 50-jährliches Starkregenereignis, für das die Kanalisation nach heutigen Bemessungsmaßstäben nicht dimensioniert ist, in Zukunft wesentlich häufiger als alle 50 Jahre stattfinden wird. Da sogar 100-jährliche Ereignisse laut Klimawandelprognosen zukünftig häufiger und mit extremeren Niederschlagsmengen stattfinden werden, macht es als Vorsorge zur Klimafolgenanpassung Sinn, die von Extremereignissen betroffenen Flächen zu betrachten.

Dauerregen und Regen mit hoher Intensität können die Leistungsfähigkeit einer Stadtentwässerung oder eines Teilsystems übersteigen durch die Menge, die nach einiger Zeit nicht mehr durch das Entwässerungssystem aufgenommen werden kann, weil mehr Wasser zufließt, als über Regenüberläufe, Entwässerungspumpwerke oder die Kläranlage aus dem System abgeführt werden kann. Das Resultat ist, dass das Kanalsystem einschließlich vorhandener Regenwasserspeicher vollläuft. Diese Situation wird bei starkem Dauerregen noch verstärkt, wenn die obere Bodenzone nicht versiegelter Flächen wassergesättigt ist und kein Niederschlagswasser mehr aufnimmt. Dann fließt Regenwasser auch von unbefestigten Flächen in die Kanalisation oder in tiefer liegende Räume und Flächen ab. Im Fall eines Regenereignisses mit extremer Intensität ist der Zeitraum des Ereignisses zwar kurz und seine geographische Ausdehnung häufig begrenzt, es kommt aber durch die große Niederschlagsmenge zu einer Überlastung des Entwässerungssystems, weil die anfallende Regenspende den bei der Bemessung des Entwässerungssystems angesetzten Wert zeitweilig wesentlich übersteigt. In diesem Fall können Straßen- und andere Entwässerungseinläufe einen solchen extremen Niederschlagsanfall meist nicht bewältigen, so dass der Niederschlag zum großen Teil oberflächig abfließt. Es entsteht eine Sturzflut. Dabei kann es gleichzeitig dazu kommen, dass sich urbane Entwässerungssysteme vollständig einstauen und schließlich überlaufen. Die Folgen extremer Regenfälle können also überlaufende Straßeneinläufe und Kanalisationsschächte, Sturzfluten auf Straßen und anderen Verkehrsflächen und Überflutungen von Kellern und tiefliegenden baulichen Anlagen wie Tiefgaragen, Unterführungen und Tunnel sein. Je nach anfallenden Wassermengen, Gefälle und Stauhöhen ergeben sich hierdurch vielfältige Risiken für die Bevölkerung, für die städtische Infrastruktur und für private Grundstücke und Anlagen, die es durch geeignete Maßnahmen zu beschränken gilt.

Überflutungsbereiche entlang größerer Fließgewässer

Flutereignisse wurden in der Vergangenheit für Städte über den gewässerseitigen Hochwasserschutz bewertet. Aus der Formulierung ist bereits zu entnehmen, dass die Gefahr von Überflutungen bisher meist von Fließgewässern ausging. In Nordrhein-Westfalen werden seit vielen Jahren die Überschwemmungsgebiete von hochwassergefährdeten Gewässern rechnerisch ermittelt und durch ordnungsbehördliche Verordnung festgesetzt bzw. vorläufig gesichert. Berechnungsgrundlage ist dabei bundeseinheitlich ein Hochwasserereignis, wie es statistisch einmal in 100 Jahren zu erwarten ist. Die Ausweisung von Überschwemmungsgebieten gehört zu den strategischen Vorsorgemaßnahmen im Hochwasserschutz mit unmittelbaren planungsrechtlichen Auswirkungen, wie z.B. Restriktionen bei der Ausweisung oder Erweiterung kommunaler Baugebiete (https://www.lanuv.nrw.de/umwelt/wasser/hochwasserschutz/ueberschwemmungsgebiete).

Hochwassergefahrenkarten stellen die örtliche Hochwassersituation für ein Extremhochwasser (übersteigt die Regenmenge eines 100jährlichen Ereignisses), für ein 100-jährliches Ereignis und auch für

ein 20-jährliches Hochwasserereignis dar. Für alle drei Szenarien wird die Wassertiefe ausgewiesen. Die Hochwassergefahrenkarten für NRW stehen im Internet unter NRW Umweltdaten vor Ort (https://www.uvo.nrw.de/uvo.html?lang=de) zur Ansicht oder als PDF-Dokument unter FLUSSGEBIETE NRW (https://www.flussgebiete.nrw.de/hochwassergefahrenkarten-und-hochwasserrisikokarten-8406) zur Ansicht und zum Download bereit.

In der Karte der Flusshochwasser (Abb. 2.16) sind die Überschwemmungsgebiete extremer Hochwasserereignisse und überlagert, falls in den Berechnungen vorhanden, die Überflutungstiefen bei Extremereignissen dargestellt. Kleinere Bäche und Fließgewässer bleiben bei dieser Betrachtung aber unberücksichtigt, da sie nicht in amtlich festgelegte Kategorien der hochwassergefährdeten Gewässer eingeordnet sind.

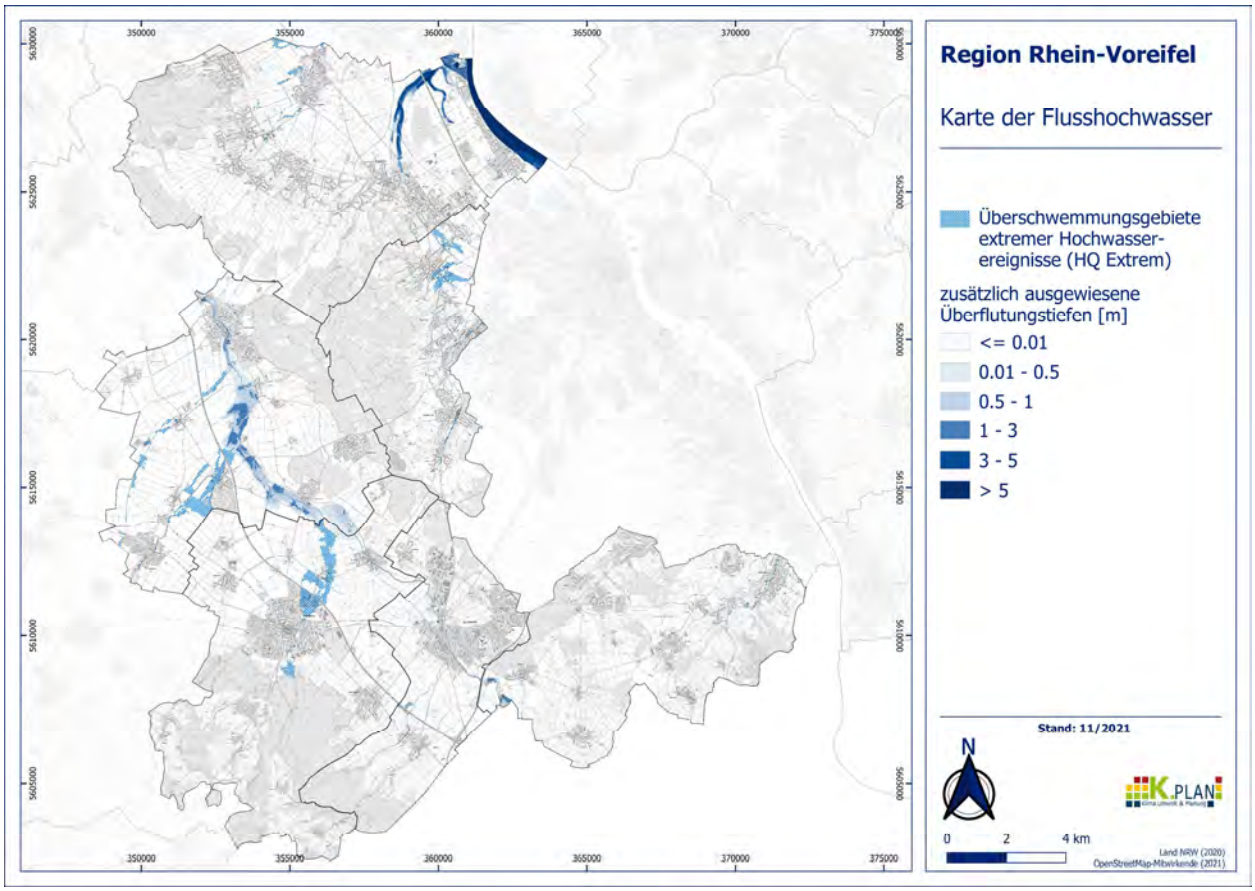


Abb. 2.16 Hochwasserrisikobereiche für seltene Hochwasserereignisse (HQextrem) in der Region Rhein-Voreifel

Methode der Fließwege- und Senkenanalyse

Vom Gewässernetz unabhängige, lediglich durch lokale Niederschläge herbeigeführte Flutereignisse werden erst seit einigen Jahren untersucht. Die dominanten Abflussprozesse bei Stark- und Extremniederschlagsereignissen finden an der Oberfläche statt. Die hohe Flächenversieglung in Gemeinden verstärkt das Problem durch die vermehrte Bildung von Oberflächenabfluss. Maßgebend für die Identifikation von Gefahrenzonen ist primär die Topographie. Die Entwässerungsrichtung wird durch das natürliche Relief (Rücken, Täler, Hänge, Senken) bestimmt, während kleine natürliche und anthropogene Geländeelemente (Dämme, Mauern) die Fließwege zusätzlich beeinflussen können. Abflusslose Senken stellen besondere Gefahrenbereiche dar, da das Wasser hier nur von der Kanalisation, falls

vorhanden, abgeführt werden könnte. Das Problem verstärkt sich durch eine oft reliefbedingte Häufung von Überstaueffekten, wodurch zusätzliches Wasser in die Senke gelangt. Überstaueffekte der Kanalisation können über den hier verfolgten Ansatz nicht vorhergesagt werden. Das aus der Kanalisation austretende Wasser unterliegt an der Oberfläche jedoch wieder genau den hier betrachteten Gesetzmäßigkeiten und wird über die Fließwege an der Oberfläche abgeführt.

Zur Bewertung der Region Rhein-Voreifel im Hinblick auf Hauptfließwege und eine Überflutungsgefährdung bei Stark- oder Extremniederschlägen wurde eine Fließwege- und Senkenanalyse durchgeführt. Für frei abfließendes Oberflächenwasser in städtischen Einzugsgebieten bestimmt die Regenmenge maßgeblich das Auftreten von freiem Oberflächenabfluss. Während der Niederschlag eines normalen Regenereignisses über die Kanalisation abgeführt wird, entstehen bei Extremniederschlagsereignissen stark wasserführende Fließwege.

Das Kanalnetz ist auf verhältnismäßig häufige Regenereignisse dimensioniert. Daher ist es für eine Kommune besonders hilfreich zu wissen, welche Fließwege Regenwasser bei außergewöhnlichen Starkregenereignissen nimmt und wo es sich sammelt. Dazu gibt es die topografische Analyse, in der Fließwege und Senken über das gesamte Stadtgebiet herausgearbeitet werden. Auf Basis eines digitalen und hydraulisch plausibilisierten Geländemodells wurden eine Fließwegakkumulation und Senkenberechnung für die Region Rhein-Voreifel durchgeführt. Fließweg- und Senkenanalysen sind an kein Niederschlagsereignis gekoppelt und geben eine generelle Gefährdungsabschätzung. Die Fließwege zeigen in der Ergebnisdarstellung, welche Flächen über die jeweiligen Fließwege entwässern.

Die Berechnungen basieren auf einem hochaufgelösten digitalen Geländemodell aus Laserscandaten vom Land NRW mit Stand 2015. Die Laserscandaten werden als OpenData vom Land NRW zur Verfügung gestellt. Das hochaufgelöste digitale Geländemodell hat eine Rasterweite von 25 cm. Während der Bearbeitung wird ein Modell erstellt, welches im gesamten Modellbereich kein Gegengefälle aufweist. Sämtliche Geländesenken werden dabei von der Höhenlage fiktiv angehoben, bis ein nächst niedriger (Abfluss-) Punkt entstanden ist. Die Tiefe der Geländesenken ergibt sich aus der Differenz des fiktiven Geländemodells ohne Gegengefälle und dem Geländemodell aus den Laserscandaten. Die oberflächlichen Fließwege wurden auf dem ausgefüllten digitalen Geländemodell ermittelt. Für die Berechnung der Fließwege wurde eine Multi-Flow Direction (MFD) Methode angewendet. Die Ergebnisse der Fließwege- und Senkenanalyse sind für Fachpersonal gut zu interpretieren und weiterzuverarbeiten. Für Laien sind solche Fließwege- und Senkenanalysen oft schwer zu deuten.

Ergebnisse der Fließwege- und Senkenanalyse

Die folgende Abbildung zeigt das Ergebnis der Senkenberechung und der Fließwegeakkumulation für das gesamte Untersuchungsgebiet der Region Rhein-Voreifel. Jeder der sechs Kommunen wird eine eigene hochaufgelöste Fließwegekarte zur Verfügung gestellt. Je mehr die Fließwege in den Farbtönen rot/lila eingefärbt sind, desto größer ist das Einzugsgebiet, welches bis zu dieser Stelle auf der Geländeoberfläche entwässert. Fließwege, an denen ein kleines Einzugsgebiet angebunden ist, werden in hellen Blautönen dargestellt. Je weiter dem Fließweg gefolgt wird, desto größer wird das dazugehörige Einzugsgebiet und damit die potenziell bei Starkregen abfließende Wassermasse. Die Darstellung des Fließweges geht dann von den hellen Blautönen über in dunklere Blautöne bis hin zu einer violetten Darstellung (Abb. 2.17).

Zusätzlich enthält diese Darstellung das Ergebnis der Senkenberechnung. Die Einfärbung der Senken erfolgt je nach Tiefe von einigen Zentimetern bis zu mehreren Metern, dabei reicht die Farbskala von grün nach orange. Durch die Darstellung der Fließwege in der Karte wird deutlich, dass sich der Oberflächenabfluss häufig an natürlichen Gewässerläufen orientiert. Auch die Senken liegen oft im Bereich von Gewässern. Einige Senken enthalten Teiche und sind deshalb bei Starkregenereignissen nicht zwingend überflutungsgefährdet. Dies wird bei der Übernahme der Analysedaten in die „Handlungskarte Klimaanpassung“ (Kapitel 2.1) berücksichtigt.

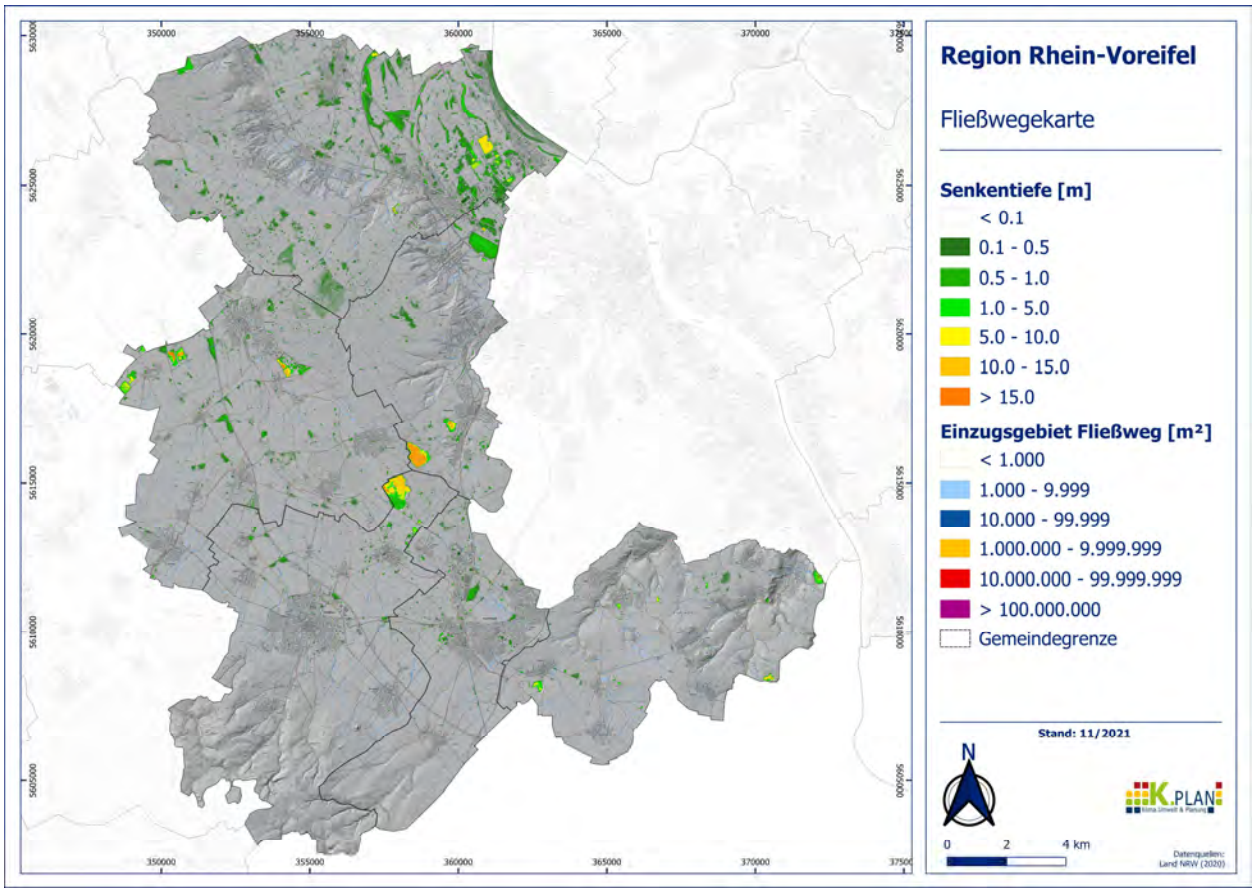


Abb. 2.17 Hauptfließwege und abflusslose Senken in der Region Rhein-Voreifel

Die Fließweg- und Senkendaten sind Grundlage für weiterführende Arbeiten zur Risikobetrachtung zum Thema Starkregen. Über eine Verknüpfung zwischen Senken und Fließwegen kann jeder Senke einer Fläche zugeordnet werden, die die jeweilige Senke mit Wasser speist. Über vereinfachte hydrologische Ansätze kann so abgeschätzt werden, welches Volumen sich bei einem bestimmten Modellregenereignis in der Senke sammelt. Bei den Fließwegen geben insbesondere Zusammenflüsse und Gefällewechsel entlang des Fließweges Hinweise für Gefährdungsbereiche bei Starkregen. Für die Generalentwässerungsplanung kann das Abflussverhalten von aus dem Kanal austretendem Wasser abgeschätzt werden. Gleichzeitig wird deutlich, wie Grünflächen und Außengebiete entwässern und dieses Wasser unter Umständen dem Kanalnetz zufließt.

Bei der Arbeit mit den Ergebnissen der Fließwege- und Senkenanalyse sind die folgenden methodenbedingten Punkte zu berücksichtigen:

- Die Aktualität der zugrundeliegenden digitalen Geländedaten ist zu beachten. Die Daten des DGM stammen aus einer Laserscannerbefliegung von 2015, daher sind aktuelle Geländemodifikationen nicht berücksichtigt.
- Verrohrungen und Durchlässe durch Dammbauten sind im Geländemodell nicht berücksichtigt. Kleinere Durchlässe oder Verrohrungen können sich bei Starkregen aber auch sehr schnell zusetzen, so dass der Wasserweg wieder dem in der Karte (Abb. 1.17) dargestellten entspricht.
- Senken müssen zunächst im Modell verfüllt werden, um den weiteren Fließweg bei Volllaufen der Senke darstellen zu können. Dadurch kann es im Bereich von größeren Senken zu einem nicht der Realität entsprechenden Verlauf von Fließwegen kommen.

Seit Ende Oktober 2021 steht mit der Starkregenhinweiskarte für NRW des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie (BKG) flächendeckend für Nordrhein–Westfalen eine Übersicht zur Verfügung, wie stark sich Starkregenereignisse außerhalb von Fließgewässern auswirken können. Dort, wo kommunale Starkregengefahrenkarten bereits existieren, sollten diese konsultiert werden, da örtliche Gegebenheiten auf der lokalen Skala wesentlich besser dargestellt werden können als auf der Skala von Nordrhein–Westfalen. Für Kommunen, in denen noch keine kommunalen Karten zur Starkregengefahr existieren, liefert die Starkregenhinweiskarte NRW des BKG erste valide Erkenntnisse über die im Rahmen dieses Konzeptes erstellten Fließwegekarte hinaus, die im Rahmen der „Arbeitshilfe kommunales Starkregenrisikomanagement“ vertieft werden sollten (www.klimaanpassung-karte.nrw.de/).

3. HANDLUNGSKONZEPT ZUR KLIMAANPASSUNG FÜR DIE REGION RHEIN-VOREIFEL

Die große Herausforderung für die kommenden Jahre wird es sein, das interkommunale Klimaschutzteilkonzept zur Klimaanpassung in der Region Rhein-Voreifel in die kommunalen Planungsabläufe der Kommunen Alfter, Bornheim, Meckenheim, Rheinbach, Swisttal und Wachtberg zu integrieren. Auf diesem Wege enthält das Konzept nicht bloß gut gemeinte Handlungsempfehlungen und ist ein hilfestellender Ratgeber, , sondern wird ein fester, und vor allem für die beteiligten Fachämter hilfegebender Bestandteil der Stadtplanung. Eine verwaltungsintern vorgeschriebene Berücksichtigung des Ablaufschemas (Abb. 3.2) zur Integration von Klimaanpassung in die Planungsprozesse der einzelnen Kommunen (Kapitel 3.2) ist notwendig. Basis für das Ablaufschema ist die Handlungskarte zur Klimaanpassung, die im Kapitel 2.1 vorgestellt wird, sowie das Maßnahmenkonzept zur Klimafolgenanpassung (Teil 3 des Endberichtes). Die Handlungskarte Klimaanpassung und das Maßnahmenkonzept wurden auf der Grundlage der Risiko-/ Betroffenheitsanalyse im Teil 1 erarbeitet. Da bei einem nachhaltigen Stadtumbau mit langwierigen Prozessen gerechnet werden muss, müssen rechtzeitig - das heißt jetzt - Maßnahmen getroffen werden, um die Anfälligkeit von Menschen und Umwelt gegenüber den Folgen des Klimawandels zu verringern. Dabei wirken sich die Effekte von Anpassungsmaßnahmen unmittelbar „vor Ort“ positiv aus. Jede Strategie zur kommunalen Anpassung an die Folgen des Klimawandels sollte unter dem übergeordneten Leitbild einer „nachhaltigen Stadtentwicklung“ stehen. Dabei geht es um die Sicherung und Verbesserung der Lebensqualität in einer Kommune unter der Voraussetzung, notwendige räumliche und wirtschaftliche Entwicklungen zuzulassen. Um eine Gesamtstrategie zur Klimaanpassung entwickeln zu können, müssen drei Kernfragen zur Klimafolgenanpassung behandelt werden:

Warum?	• Lokale Ausprägungen des Klimas in der Region Rhein-Voreifel (städtische Hitzeinseln, Luftleitbahnen, Fließwege und Überflutungsbereiche) • Auswirkungen des Klimawandels in den nächsten 50 Jahren (extreme Zunahme der sommerlichen Hitze und Trockenheit, Zunahme von Starkniederschlägen und Stürmen)
Wo?	• Lage der Hitzeareale in den Kommunen • Lage der Überflutungsbereiche in der Region Rhein-Voreifel • Lage von trockenheitsgefährdeten Bereichen • Lage von sturmexponierten Flächen
Womit?	• Handlungskarte mit Empfehlungen zur Klimafolgenanpassung • Katalog möglicher Anpassungsmaßnahmen • Entwicklung von lokalen Projekten zur Klimaanpassung • Controllingkonzept zur Verstetigung der Klimaanpassung

3.1 Die Handlungskarte Klimaanpassung für die Region Rhein-Voreifel

Die „Handlungskarte Klimaanpassung“ für die Region Rhein-Voreifel sowie die Einzelkarten für die 6 Kommunen Alfter, Bornheim, Meckenheim, Rheinbach, Swisttal und Wachtberg sind das Ergebnis aller bestehenden Untersuchungen zum Klima in der Region, insbesondere der Ergebnisse aus der Risiko-/

Betroffenheitsanalyse zu den verschiedenen Klimafolgen. In diesen Karten werden bei einem bestehenden oder zukünftigen Konfliktpotential zwischen einer Flächennutzung und der jeweiligen Klimafunktion Flächen ausgewiesen, für die bestimmte Maßnahmen sinnvoll werden, um den Folgen des Klimawandels zu begegnen. Hier sollten jetzt und zukünftig konkrete Maßnahmenbündel zur Hitzereduktion und zum Erhalt der Kühlleistungen oder zum Regenrückhalt erarbeitet und zeitnah umgesetzt werden. Die Handlungskarte stellt in einem Überblick schon geeignete Klimaanpassungsmaßnahmen vor, die auf die jeweils typischen Konfliktpotentiale der in der Karte dargestellten verschiedenen Zonen (Hitze, Belüftung, Überschwemmung) abgestimmt sind. Damit werden den an einem Prozess beteiligten Planern und Akteuren konkrete Vorschläge zur Klimaanpassung an die Hand gegeben, um die Region nachhaltig vor den Folgen des Klimawandels zu schützen. Das Thema „Klimaanpassung“ wird durch das BauGB gestärkt, ist aber letztendlich ein Belang von vielen, die in einen Abwägungsprozess einfließen müssen.

Zusätzlich zum ausgewiesenen Handlungsbedarf bezüglich Hitze und potenzieller Überflutungsgefahr enthält die Handlungskarte Klimaanpassung auch zwei unterschiedliche Typen von Funktionsflächen (stadtklimarelevante Grün- und Freiräume sowie Gebiete der Luftleitbahnen). Im gesamten Untersuchungsgebiet der 6 Kommunen wurden Grünflächen und Freiräume bezüglich ihrer Relevanz für das Klima bewertet. Neben innerstädtischen Parks haben vor allem Grünflächen im städtischen Randbereich, die die Hitzeinseln begrenzen können, und Freiflächen mit stadtklimarelevantem Kaltluftbildungspotential eine hohe Bedeutung. Diese Flächen wurden als Gebiete der stadtklimarelevanten Grün- und Freiräume (Zone 3) in die Handlungskarte übernommen.

Eine gute Belüftungssituation trägt wesentlich zur Qualität des Mikroklimas bei. Durch einen guten Luftaustausch können überwärmte Luftmassen aus dem Stadtgebiet abgeführt und durch kühlere aus dem Umland ersetzt werden. Weiterhin können mit Schadstoffen angereicherte Luftmassen durch Frischluft ersetzt und die vertikale Durchmischung der Luft erhöht werden. Aufgrund ihrer Lage, der geringen Oberflächenrauhigkeit bzw. des geringen Strömungswiderstandes und der Ausrichtung können einzelne Flächen im Stadtgebiet zu einer wirkungsvollen Stadtbelüftung beitragen. Dabei sind die vorherrschenden Strömungsrichtungen des Windes bei austauscharmen Warm- und Hitzewetterlagen zu berücksichtigen und die Ergebnisse der Kaltluftsimulationen einzubeziehen. Die relevanten Luftleitbahnen mit Anschluss an überhitzte Stadtgebiete wurden identifiziert und als Zone 4 in die Handlungskarte übernommen.

Zusätzlich zur Gefährdung durch Oberflächenabfluss bei Stark- oder Extremniederschlägen muss insbesondere auch die Überflutungsgefahr entlang von Gewässern betrachtet werden. In der Handlungskarte sind die Haupt-Oberflächenfließwege, Senkenbereiche und die Hochwassergefahrenbereiche für seltene, extreme Hochwasserereignisse (aus den amtlichen Hochwasserkarten der Bezirksregierung) in der Region Rhein-Voreifel dargestellt.

Als unmarkierte „weiße Flächen“ verbleiben in der Handlungskarte Klimaanpassung solche Bereiche, die keine oder nur eine sehr geringe Betroffenheit durch insbesondere nächtliche Hitzebelastung oder Überflutungen aufweisen und großflächige Freiräume ohne besondere stadtklimatische Beziehungen. Aber auch bei diesen Flächen ist es für den weiteren Planungsprozess mit Blick auf die Zukunft wünschenswert, dass mögliche Änderungen des Klimas und potenziell damit verbundene, notwendige Anpassungsmaßnahmen berücksichtigt werden. Grundsätzlich bewirken Klimaanpassungsmaßnahmen eine Erhöhung der Umweltqualität und damit eine Aufwertung des Gebietes, in dem sie umgesetzt werden.

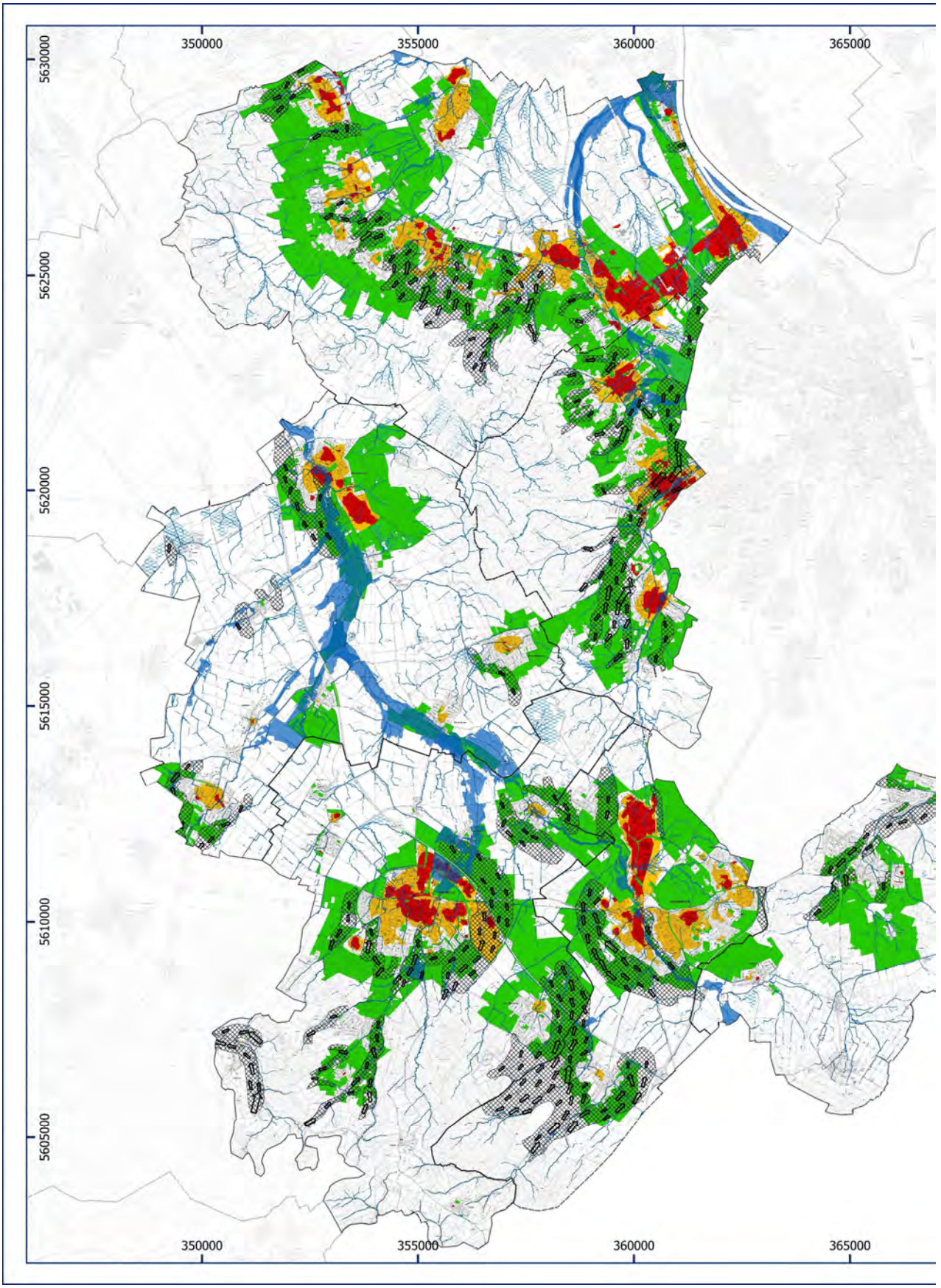
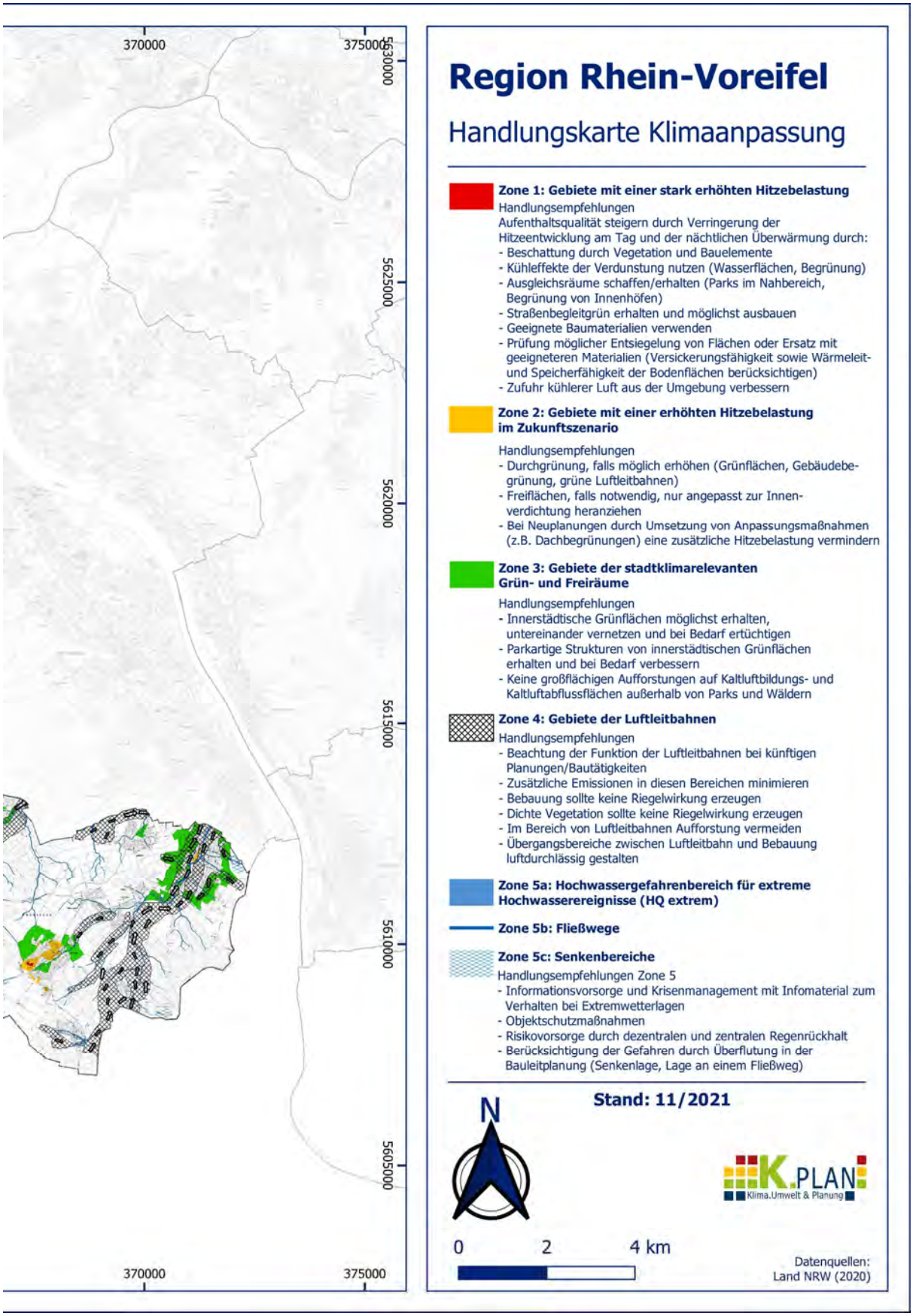


Abb. 3.1 Handlungskarte Klimaanpassung für die Region Rhein-Voreifel


370000
375000
5630000
5625000
5620000
5615000
5610000
5605000
Region Rhein-Voreifel
Handlungskarte Klimaanpassung
Zone 1: Gebiete mit einer stark erhöhten Hitzebelastung
Handlungsempfehlungen
Aufenthaltsqualität steigern durch Verringerung der Hitzeentwicklung am Tag und der nächtlichen Überwärmung durch:
- Beschattung durch Vegetation und Bauelemente
- Kühleffekte der Verdunstung nutzen (Wasserflächen, Begrünung)
- Ausgleichsräume schaffen/erhalten (Parks im Nahbereich, Begrünung von Innenhöfen)
- Straßenbegleitgrün erhalten und möglichst ausbauen
- Geeignete Baumaterialien verwenden
- Prüfung möglicher Entsiegelung von Flächen oder Ersatz mit geeigneteren Materialien (Versickerungsfähigkeit sowie Wärmeleit- und Speicherfähigkeit der Bodenflächen berücksichtigen)
- Zufuhr kühlerer Luft aus der Umgebung verbessern
Zone 2: Gebiete mit einer erhöhten Hitzebelastung im Zukunftszenario
Handlungsempfehlungen
- Durchgrünung, falls möglich erhöhen (Grünflächen, Gebäudebegrünung, grüne Luftleitbahnen)
- Freiflächen, falls notwendig, nur angepasst zur Innenverdichtung heranziehen
- Bei Neuplanungen durch Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen (z.B. Dachbegrünungen) eine zusätzliche Hitzebelastung vermindern
Zone 3: Gebiete der stadtklimarelevanten Grün- und Freiräume
Handlungsempfehlungen
- Innerstädtische Grünflächen möglichst erhalten, untereinander vernetzen und bei Bedarf ertüchtigen
- Parkartige Strukturen von innerstädtischen Grünflächen erhalten und bei Bedarf verbessern
- Keine großflächigen Aufforstungen auf Kaltluftbildungs- und Kaltluftabflussflächen außerhalb von Parks und Wäldern
Zone 4: Gebiete der Luftleitbahnen
Handlungsempfehlungen
- Beachtung der Funktion der Luftleitbahnen bei künftigen Planungen/Bautätigkeiten
- Zusätzliche Emissionen in diesen Bereichen minimieren
- Bebauung sollte keine Riegelwirkung erzeugen
- Dichte Vegetation sollte keine Riegelwirkung erzeugen
- Im Bereich von Luftleitbahnen Aufforstung vermeiden
- Übergangsbereiche zwischen Luftleitbahn und Bebauung luftdurchlässig gestalten
Zone 5a: Hochwassergefahrenbereich für extreme Hochwasserereignisse (HQ extrem)
Zone 5b: Fließwege
Zone 5c: Senkenbereiche
Handlungsempfehlungen Zone 5
- Informationsvorsorge und Krisenmanagement mit Infomaterial zum Verhalten bei Extremwetterlagen
- Objektschutzmaßnahmen
- Risikovorsorge durch dezentralen und zentralen Regenrückhalt
- Berücksichtigung der Gefahren durch Überflutung in der Bauleitplanung (Senkenlage, Lage an einem Fließweg)
Stand: 11/2021
N
0
2
4 km
Datenquellen:
Land NRW (2020)

Nachfolgend werden die einzelnen Zonen der Handlungskarte ausführlich beschrieben. Für die Entwicklung von Maßnahmenbündeln im nächsten Schritt der konkreten Umsetzungsphase werden für die jeweilige Zone schon erste geeignete Anpassungsmaßnahmen vorgeschlagen.

Zone 1: Gebiete mit einer stark erhöhten Hitzebelastung

Die Zone 1 ist ein Lastraum mit hoher Hitzeeinwirkung schon im IST-Zustand und zugleich hoher Betroffenheit. Die Hitzeeinwirkung wird im Zuge des Klimawandels sowohl in ihrer Intensität wie auch in der Andauer von Hitzewellen verstärkt. Zone 1 umfasst Gebiete mit einer hohen Flächenkonkurrenz. Platzmangel setzt hier enge Grenzen für Maßnahmen zur klimatischen Optimierung, bioklimatische Extreme können nur abgemildert werden. Eine Ausdehnung von Flächen dieses Lastraums im Stadtgebiet ist möglichst zu vermeiden, eventuell durch Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen bei zukünftigen Bauvorhaben.

Die generelle Anfälligkeit gegenüber einer Hitzebelastung ergibt sich in der Zone 1 der Handlungskarte aus der typischen, hoch versiegelten Bebauungsstruktur der Stadtzentren, insbesondere die Bereiche, die überwiegend als Dienstleistungszentrum genutzt werden. Dies sind Problemgebiete mit anderer Anfälligkeit als reine Wohngebiete. Bei einem Aufenthalt in den Innenstädten tagsüber kann einer Hitzebelastung durch Standortwechsel und Vermeidung von besonnten Standorten entgegengewirkt werden. Da dies von Seiten der Stadt und der Geschäftsleute nicht gewünscht sein kann, ist eine Verbesserung der Innenstadtattraktivität auch im Sinne der Klimaanpassung anzustreben.

Darüber hinaus fallen in diese Zone auch fast alle Kernbereiche der Gewerbe- und Industrieflächen. Die insgesamt hohe Flächenversiegelung teilweise bis zu 90 % bewirkt in diesen Bereichen eine starke Aufheizung tagsüber und eine deutliche Überwärmung nachts. Die Hitze tagsüber kann zu einer gesundheitlichen Gefährdung und Verminderung der Produktivität der in diesen Bereichen beschäftigten Menschen führen. Der nächtliche Überwärmungseffekt kann hier eine der Innenstadt analoge Ausprägung erreichen. Aufgrund der Gebäudeanordnungen und der hohen Rauhigkeit in den Gewerbe- und Industriegebieten wird das Windfeld stark verändert. Dies kann sich äußern durch Düseneffekte im Bereich der Werkhallen, die jedoch keine immissionsverbessernden Effekte haben müssen. Besonders problematisch sind unmittelbar an das Zentrum angrenzende Gewerbe- oder Industriekomplexe, die aufgrund der hohen Versiegelungsrate eine stark eingeschränkte nächtliche Abkühlung aufweisen. Im Zusammenspiel mit dichter Stadtbebauung könnten sich große Wärmeinseln ausbilden. Die dicht bebauten Industrie- und Gewerbegebiete sind aus klimatischer wie auch aus lufthygienischer Sicht als ausgeprägte Lasträume zu bezeichnen. Einige Gewerbegebiete, z. B. in Meckenheim, weisen zum Teil eine stärker durchgrünte Struktur auf und sind dann etwas weniger stark von Hitzebelastung betroffen. Ein häufiges Problem der hoch verdichteten Innenstadt- sowie Industrie- und Gewerbeflächen ist auch, dass hier über den erhitzten Oberflächen die Kaltluft aufgezehrt wird und den angrenzenden Gebieten nicht mehr im vollen Umfang zur Verfügung steht.

Maßnahmenvorschläge:

Sinnvolle Maßnahmen in den innerstädtischen Bereichen haben zum Ziel, die Aufenthaltsqualität zu steigern durch Verringerung der Hitzeentwicklung am Tag. Hierzu können Maßnahmen auf Gebäudeebene und Maßnahmen zur Anpassung der städtischen Infrastruktur herangezogen werden wie:

- Beschattung durch Vegetation und Bauelemente (z. B. Pergola, Arkaden, Sonnensegel)
- Kühleffekte der Verdunstung nutzen (offene und bewegte Wasserflächen, Begrünung)
- Helle Farben für Oberflächen und Hausfassaden verwenden, um die Hitzeaufnahme der Materialien zu reduzieren
- Entsiegelung von Flächen (z. B. Straßenbankette, Mittelstreifen, Innenhöfe)
- Verbesserung der Zufuhr kühler Luft

Viele Verkehrsflächen leisten aufgrund ihrer dunklen Farbe und Materialien einen großen Beitrag zur Aufheizung dieser Stadtgebiete. Verschattungen oder hellere Farben können hier einen Beitrag sowohl zur Hitzevermeidung am Tag wie auch zur Verringerung der nächtlichen Überwärmung leisten. Ein weiterer Aspekt in Synergie mit Überlegungen zur Mobilität ist die Verschattung und/ oder Begrünung und damit Verringerung der Aufheizung von ÖPNV-Haltestellen, die als Folge besser genutzt werden könnten. Allerdings kann dadurch ein Konflikt mit der Beleuchtung und damit dem Sicherheitsgedanken entstehen. Über eine Mehrfachnutzung versiegelter Flächen, zum Beispiel von Parkplätzen, die tagsüber von Angestellten und abends von Gastronomiebesuchern genutzt werden, kann eine Reduzierung der Versiegelung erreicht werden. Da bewegtes Wasser einen besonders großen Beitrag zur Kühlung der Luft leisten kann, ist es sinnvoll zu erkunden, an welchen Stellen zusätzlich verrohrte Wasserläufe reaktiviert werden können. Hier gilt es, Synergien mit dem Überflutungsschutz zu finden und gemeinsame Lösungen zu erarbeiten.

Hitzebelastungen in Industrie- und Gewerbegebieten betreffen in erster Linie die tagsüber dort tätigen Menschen. Hier sind Klimaanpassungsmaßnahmen notwendig, um die Produktivität zu erhalten und gesunde Arbeitsbedingungen zu schaffen. Im Sinne des Klimaschutzes gilt es zu vermeiden, den Stromverbrauch, beispielsweise durch Klimaanlagen, zu erhöhen. Maßnahmen, die zu einer Verbesserung der Situation in den Lasträumen der Gewerbe- und Industrieflächen führen, bestehen in erster Linie in der Entsiegelung und dem Erhalt sowie der Erweiterung von Grün- und Brachflächen. Die Erfordernisse gewerblich-industrieller Nutzungen bestimmen maßgeblich die Gestaltung der Gebiete und schränken somit den Rahmen für klimaverbessernde Maßnahmen ein. Es entstehen Zielkonflikte zwischen einer anzustrebenden Verbesserung der Grünstruktur und Verringerung des Versiegelungsgrades einerseits und einer notwendigen Vollversiegelung betrieblicher Funktionsbereiche auch zum Schutz des Grundwassers andererseits. Lösungsmöglichkeiten sind in diesem Fall in einer ausreichenden Gliederung von hochversiegelten Bauflächen und betrieblichen Funktionsbereichen wie Lager- und Freiflächen durch breite Pflanzstreifen und Grünzüge zu suchen. Darüber hinaus bieten sich oft Stellplatzanlagen, Randsituationen und das Umfeld von Verwaltungsgebäuden für Begrünungen an. Weitere sinnvolle Maßnahmen sind die Begrünung von Fassaden und Dächern sowie die Nutzung von gespeichertem Regenwasser zur Kühlung. Der Rückhalt von Regenwasser kann zudem wirtschaftliche Vorteile (Abwassergebühren sinken) und ein positives Image für den jeweiligen Betrieb bringen.

Bei Neuplanungen von Gewerbe- und Industriegebieten ist darauf zu achten, in den jeweiligen Planungsstufen die Belange von Klimaanpassung zu berücksichtigen. Zu nennen sind die Rahmenplanung, die Flächennutzungsplanung, die Bebauungsplanung, die Vorhaben- und Erschließungsplanung sowie das Baugenehmigungsverfahren. Klimawirksame Maßnahmen lassen sich insbesondere in der Bauleit-

planung für neue und zu erweiternde Standorte umsetzen. So ist im Rahmen der Eingriffsregelung darauf zu achten, soweit möglich die Kompensationsmaßnahmen auf dem Gelände selbst durchzuführen, um für eine Verbesserung der klimatischen und lufthygienischen Bedingungen vor Ort zu sorgen. Mit Hilfe geeigneter Festsetzungen ist im Bebauungsplan eine Begrenzung der Flächeninanspruchnahme sowie eine ausreichende Grünausstattung zu sichern. Weiterhin ist durch eine geeignete Baukörperanordnung und die Beschränkung bestimmter Bauhöhen eine optimale Durchlüftung zu gewährleisten. Durch die Wahl eines geeigneten Areals zur Sicherung einer hinreichenden Be- und Entlüftung kann die Ausbildung großflächiger Wärmeinseln vermieden werden. Dazu kann auch ein bepflanzter Freiraum als Puffer zu angrenzenden Flächen dienen.

In Bereichen der Hitzeinsel mit einer hohen Wohnbevölkerung müssen Maßnahmen zur Klimaanpassung einerseits die Aufenthaltsqualität steigern durch Verringerung der Hitzeentwicklung am Tag. Andererseits müssen aber auch Maßnahmen ergriffen werden, die die nächtliche Überwärmung verringern. Hierzu können Maßnahmen herangezogen werden wie:

- Nächtliche Überwärmung verringern durch eine Verringerung der Hitzeentwicklung am Tag (Beschattung, Verdunstung, helle Farben, Entsiegelung)
- Zufuhr kühlerer Luft aus der Umgebung
- Ausgleichsräume schaffen/erhalten (Parks im Nahbereich, Begrünung von Innenhöfen)
- Reduzieren der Versiegelung, Freiflächen möglichst nicht zur Innenverdichtung heranziehen (neben planerischen auch informelle Instrumente nutzen, z.B. Aufklärungskampagnen)
- Gebäude und Gebäudeumfeld begrünen, insbesondere Dachbegrünungen anstreben

Eine Erhöhung des Grünanteils durch Baumpflanzungen im verdichteten Bereich der Zone 1 ist nur unter der Berücksichtigung der Belüftung, die durch die Maßnahme nicht eingeschränkt werden darf, anzustreben. In schlecht durchlüfteten Bereichen ist eine dichte Vegetation zu vermeiden. Hier sind Detailuntersuchungen vor der Durchführung von Begrünungsmaßnahmen notwendig. Für Baumpflanzungen bieten sich besonders größere Plätze und Stellplatzanlagen an. Hierbei steigern insbesondere großkronige Laubbäume durch ihren Schattenwurf die Aufenthaltsqualität. An Hauptverkehrsstraßen bestehen meist weitreichende Restriktionen durch Leitungen und Kanäle im Boden. Die Neuanpflanzung von innerstädtischen (Straßen-)Bäumen ist eine sinnvolle Maßnahme zur Reduzierung der Hitzebelastungen. Bei der Entwicklung von konkreten Pflanzprojekten sind die Aspekte weiterer Klimawandelfolgen mit zu berücksichtigen. So können die prognostizierten sommerlichen Trockenperioden oder die Zunahme von Sturmereignissen zu Stress bei Stadtbäumen führen. Eine Optimierung der Baumscheiben-Standorte, der Bewässerungspläne sowie der Auswahl geeigneter Baumarten ist zukünftig notwendig. Hierzu geben die Maßnahmensteckbriefe im Katalog der Anpassungsmaßnahmen detaillierte Informationen und Hinweise.

Tagsüber müssen Ausgleichsräume für die Bevölkerung geschaffen werden, z.B. Parks in Nahbereich (siehe Zone 3). Parkanlagen, aber auch Friedhöfe, Kleingartenanlagen und Spielplätze können lokale Klimaoasen sein, die der Erholung vor Ort dienen und bei entsprechender Größe auch zur Abkühlung der direkten Umgebung beitragen können. Bewegte Wasserflächen oder Springbrunnen im Park erhöhen das Kühlpotential der Grünanlage. Durch Beschattung von Straßenräumen mit Bäumen kann der Hitzeeintrag am Tag reduziert werden, was wiederum die Überwärmung in der Nacht vermindert. Bei einem geringen bis fehlenden Platzangebot für die Neuanlage von Grünflächen im dicht bebauten

innerstädtischen Bereich können ergänzend Fassaden- und Dachbegrünungen zur Verbesserung des Mikroklimas durchgeführt werden. Zur Begrenzung von Neuversiegelung und zum Erhalt von Freiflächen sind beispielsweise Festsetzungen im Bebauungsplan zur Gestaltung von Stellplätzen heranzuziehen. In schon bebauten Gebieten sollten Entsiegelungen überall dort erfolgen, wo sie aufgrund der jeweiligen Nutzung möglich sind. Abseits der öffentlichen Straßen können Bodenversiegelungen durch den Einsatz von durchlässigen Oberflächenbefestigungen vermieden bzw. reduziert werden und zwar vor allem dann, wenn die Nutzungsform der Flächen nicht unbedingt hochresistente Beläge wie Beton oder Asphalt voraussetzt. Zur notwendigen Reduzierung der nächtliche Überwärmung sind Maßnahmen zur Anpassung der gesamten Stadtstruktur notwendig, damit die Zufuhr kühlerer Luft aus der Umgebung verbessert wird. Frischluftschneisen und Luftleitbahnen (siehe Zone 4) spielen für diese Hitzegefährdungsgebiete eine wichtige Rolle.

Raumbezogene Maßnahmen zur Hitzeprävention werden im Kapitel 3.1.3 in Form von Steckbriefen detailliert beschrieben.

Zone 2: Gebiete mit einer erhöhten Hitzebelastung im Zukunftsszenario

Die Hitzeareale der Zone 2 fallen im IST-Zustand noch in das Siedlungsklimatop mit nur geringen Hitzebelastungen. Im Zuge des Klimawandels mit vermehrten und länger andauernden Hitzewellen sind diese Gebiete aber zukünftig dem Stadtklimatop mit einer erhöhten Hitzebelastung zuzuordnen. Durch eine Ausweitung der Hitzeinseln im Zuge des Klimawandels kommen im Zukunftsszenario 2050 insbesondere im Randbereich der Stadtviertel Gebiete dazu, die von einer hohen Hitzebelastung betroffen sein werden.

Wohngebiete um die Siedlungskerne der Kommunen und Randbereiche der Industrie- und Gewerbegebiete machen den Hauptanteil dieser Belastungszone aus. Die meist dichte, mehrstöckige Bebauung in den Wohngebieten erschwert den Abtransport von tagsüber aufgenommener Hitze deutlich. Für Begrünungen ist in der Regel wenig Platz. In diesen Bereichen spielt insbesondere die fehlende nächtliche Abkühlung, die zu einer Belastung des menschlichen Organismus führen kann, eine entscheidende Rolle für das Belastungspotenzial. Während langanhaltender Hitzeperioden bleiben die Nachttemperaturen zukünftig deutlich über 20 °C und eine Lüftung zur Kühlung von aufgeheizten Innenräumen ist nicht mehr möglich.

Maßnahmenvorschläge:

- Die Anpassungsmaßnahmen der Zone 1 sollten auch im Bereich der Zone 2 zur Anwendung kommen, auch wenn die Hitzebelastung momentan noch nicht so ausgeprägt ist
- Freiflächen, falls notwendig, nur klimasensibel zur Innenverdichtung heranziehen

Anpassungsmaßnahmen für Veränderungen, die sich erst in der Zukunft ergeben, müssen bereits heute beginnen. Durch geeignete Maßnahmen kann einer Ausweitung der Hitzeinseln in der Zukunft entgegengewirkt werden. Momentan noch vorhandene Freiflächen in dieser Zone, die für eine Innenverdichtung herangezogen werden sollen, dürfen nur klimasensibel umgenutzt werden. Hier sollten neue Belastungen durch sinnvolle Maßnahmen abgemildert werden. Die Neuplanung von stark durchgrünten Wohngebieten mit einer aufgelockerten Bebauungsstruktur, die kühle Freilandluft tief eindringen lässt, sind möglich. Im Bereich der privaten Hausbesitzer muss mit Aufklärungskampagnen dem Trend

der versiegelten Vorgärten oder den Steingärten entgegengewirkt werden. Im Neubau sind hierzu Vorgaben festzuschreiben, um den Versiegelungsgrad zu verringern.

Zone 3: Gebiete der stadtklimarelevanten Grün- und Freiräume

Im gesamten Untersuchungsgebiet der 6 Kommunen wurden alle Grünflächen und Freiräume bezüglich ihrer Relevanz für das Stadtklima bewertet. Vegetationsflächen haben eine bedeutende Wirkung auf das Lokalklima, da sie einerseits die nächtliche Frisch- und Kaltluftproduktion ermöglichen und andererseits tagsüber thermisch ausgleichend sind. Innerstädtische und siedlungsnahe Grünflächen beeinflussen die direkte Umgebung in mikroklimatischer Sicht positiv. Sie spielen eine Rolle als lokale, innenstadt- und siedlungsnahe Aufenthaltsräume, die es als klimatische Gunsträume und zur Naherholung zu erhalten gilt.

Freiflächen mit einer hohen Klimaaktivität sind vor allem Gebiete mit direktem Bezug zu den Hitze-Belastungsgebieten wie z.B. innerstädtische und siedlungsnahe Grünflächen oder solche, die im Einzugsgebiet eines Kaltluftsystems liegen. Innerhalb der bebauten Bereiche sind vorhandene Grünflächen überwiegend mit den höchsten Empfindlichkeiten und Restriktionen gegenüber Nutzungsänderungen versehen. Vegetationsflächen am Siedlungsrand fördern den Luftaustausch. Größere zusammenhängende Vegetationsflächen stellen ein klimatisch-lufthygienische Regenerationspotential dar. Aufgrund der Ergebnisse der Kaltluftberechnungen sind viele Flächen im Außenbereich über Luftleitbahnen an überhitzte Stadtteile angebunden. Entsprechend sind diese Freiflächen oder auch Waldgebiete als Kaltluftlieferanten schützenswert.

Maßnahmenvorschläge:

Die Flächen der Zone 3 sind mit einer hohen Empfindlichkeit gegenüber nutzungsändernden Eingriffen bewertet; d.h. bauliche und zur Versiegelung beitragende Nutzungen können zu bedenklichen klimatischen Beeinträchtigungen führen. Sinnvolle Maßnahmen in dieser Zone der Handlungskarte sind:

- Innerstädtische Grünflächen möglichst erhalten, untereinander vernetzen und bei Bedarf ertüchtigen
- Parkartige Strukturen von innerstädtischen Grünflächen erhalten und bei Bedarf verbessern
- Straßenbegleitgrün erhalten und bei Bedarf erhöhen
- Übergänge zu den bebauten Bereichen durchlässig gestalten.

Im Bereich der stadtklimarelevanten Kaltluftentstehungsgebiete, die über den Anschluss mit einer Luftleitbahn kühle Umgebungsluft für die überwärmten Stadtbereiche bereitstellen können, sollten außerhalb von Waldgebieten keine großflächigen Aufforstungen stattfinden, um die Bildung und den Transport der Kaltluft nicht zu behindern. Stadtnahe und innerstädtische Grünflächen sollten zur Abmilderung der Hitzebelastungen erhalten und gegebenenfalls weiterentwickelt werden. Zur Sicherung einer guten Belüftung sollten auch hier großflächige Aufforstungen vermieden werden. Innerstädtische Grünflächen sollten eine parkartige Struktur mit Einzelbäumen, Baumgruppen und Büschen aufweisen und möglichst nicht als reine Rasenflächen angelegt oder erhalten werden. Großkronige Einzelbäume oder Baumgruppen als Schattenspender sind auf diesen Flächen sinnvoll. Die Funktionen der Grün- und Freiflächen sind auch im Zusammenhang mit weiteren Klimawandelfolgen zu betrachten. Die Zunahme von Trockenperioden und Stürmen sollte eine Rolle spielen bei der Auswahl geeig-

neter Pflanzenarten zur Begrünung. Grünflächen können als multifunktionale Flächen gerade innerstädtisch einen wertvollen Beitrag zur Retention und damit zur Abschwächung der Folgen von Starkregenereignissen spielen.

Diese Schutzzone ist bei der Bauleitplanung in die Abwägung einzustellen, die Auswirkungen von Eingriffen in die betroffenen Flächen können klimatisch relevant sein. Sollten Flächen aus dieser Zone dennoch bebaut werden, sollen entsprechende Maßnahmen, wie unter Zone 2 beschrieben, ergriffen werden, um die Auswirkungen abzumildern.

Zone 4: Gebiete der Luftleitbahnen

Eine gute Belüftungssituation in der Region trägt wesentlich zur Qualität ihres Mikroklimas bei. Durch einen guten Luftaustausch können überwärmte Luftmassen aus den Stadtgebieten abgeführt und durch kühlere aus dem Umland ersetzt werden. Weiterhin können mit Schadstoffen angereicherte Luftmassen durch Frischluft ersetzt und die vertikale Durchmischung der Luft erhöht werden. Neben der Schutzzone der stadtklimarelevanten Grün- und Freiflächen werden auch die für den Luftaustausch wichtigen Leitbahnen als Schutzzone in der Handlungskarte ausgewiesen.

Die stadtklimarelevanten Luftbewegungen des autochthonen (eigenbürtigen, lokalen) Windfeldes aus der Kaltluftsimulation sind in die Handlungskarte übernommen. Entlang dieser mit Pfeilen gekennzeichneten Bereiche findet bei Schwachwindlagen eine Belüftung des überwärmten Bereichs durch Kaltluftzufluss oder Flurwinde statt. Kaltluftströme sind empfindlich gegenüber Störungen wie Hindernisse. Die in der Handlungskarte ausgewiesenen Bereiche der Zone 4 sind aus klimatischer Sicht für die lokalen Windströmungen während austauscharmer Wetterlagen von besonderer Bedeutung. Bauliche Eingriffe in diese Bereiche werden zu Einschränkungen der lokalen thermisch induzierten Windsysteme führen. Die Folgen können eine geringere Abkühlung in heißen Sommernächten und ein verringerter Luftaustausch sein.

Maßnahmenvorschläge:

Die in der Handlungskarte ausgewiesenen Luftleitbahnen sind aufgrund ihrer Bedeutung für die klimatische Situation im Bereich der Hitzebelastungsgebiete wichtig und ihre Funktion ist schützenswert. Zur Unterstützung der Funktion von Luftleitbahnen sollten hier die folgenden Maßnahmen eingehalten werden:

- Beachtung der Funktion der Luftleitbahnen bei künftigen Planungen/Bautätigkeiten
- Zusätzliche Emittenten vermeiden, Minimierung und Optimierung bestehender Emittenten durch neue Technologien
- Bebauung sollte keine Riegelwirkung erzeugen
- Hohe und dichte Vegetation (Sträucher und Bäume) als Strömungshindernis im Bereich von Luftleitbahnen vermeiden, Aufforstungen in diesen Bereichen vermeiden
- Übergangsbereiche zwischen den Luftleitbahnen und der Bebauung sollten offen gestaltet werden, um einen guten Luftaustausch zu fördern.

Zur Unterstützung der Belüftungsfunktion wird die Anlage zusätzlicher rauhigkeitsarmer Grünzonen im Umfeld einer Luftleitbahn empfohlen. Hierzu sollte entlang der Belüftungsbahn unbedingt auf weitere Strömungshindernisse verzichtet und im bebauten Bereich die Entsiegelung von Flächen angestrebt

werden, dies kann schwerpunktmäßig im Rahmen einer Umnutzung von Flächen oder auch in Verbindung mit Begrünungsmaßnahmen und einer Grünvernetzung geschehen.

Diese Schutzzone ist bei der Bauleitplanung mit einer sehr hohen Priorität in die Abwägung einzustellen, die Auswirkungen von Eingriffen in die betroffenen Flächen sind im Rahmen des Umweltberichtes entsprechend zu berücksichtigen. Es wird empfohlen, die Auswirkungen geplanter Veränderungen durch eine mikroskalige Modellierung zu überprüfen.

Zone 5: Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde die Zone 5 in drei Unterzonen dargestellt.

Zone 5a: Hochwassergefahrenbereich für extreme Hochwasserereignisse (HQ extrem)

Als Hochwasserrisikobereich wurden die Überschwemmungsgebiete niedriger Wahrscheinlichkeit bei Extremereignissen (HQ extrem) aus den Hochwassergefahrenkarten für NRW dargestellt. Sie beziehen sich nur auf die Überschwemmungsgebiete von hochwassergefährdeten Gewässern. Kleinere Bäche und Fließgewässer bleiben bei dieser Betrachtung aber unberücksichtigt, da sie nicht in amtlich festgelegte Kategorien der hochwassergefährdeten Gewässer eingeordnet sind.

Zone 5b: Fließwege

Für frei abfließendes Oberflächenwasser bestimmt die Regenmenge maßgeblich das Auftreten von freiem Oberflächenabfluss. Während der Niederschlag eines normalen Regenereignisses über die Kanalisation abgeführt wird, entstehen bei Extremniederschlagsereignissen stark wasserführende Fließwege. Von den in der Fließwege- und Senkenanalyse (Kapitel 1.5) berechneten Oberflächenfließwegen sind die Hauptfließwege ab einem Einzugsgebiet von 50.000 m^2 in die Handlungskarte übernommen.

Zone 5c: Senkenbereiche

Senkenbereiche sind abflusslose Vertiefungen im Gelände, die abfließende Regenmengen aufnehmen und bei Stark- und Extremregenereignissen voll- und überlaufen können. Einige Senken enthalten Teiche, diese sind in der Handlungskarte ausgespart.

Potenzielle Belastungsbereiche finden sich dort, wo ein großes Oberflächenabflussvolumen auf Siedlungen, Gebäudekomplexe oder städtische Infrastruktur trifft. Im Fall von unversiegelten Gebieten mit hohem Oberflächenabfluss und im Bereich von abflusslosen Senken besteht momentan noch keine Gefährdung von Infrastruktur. Bei einer geplanten Nutzungsänderung / Bebauung ist aber mit einem Gefährdungspotential durch Überflutungen zu rechnen. Kleinräumig müssen darüber hinaus Senken als Belastungsgebiete Beachtung finden. In solchen Senken kann das Wasser nur über die Kanalisation abgeführt werden. Insbesondere während intensiver Starkregenereignisse kann die überlastete Kanalisation dies nicht leisten.

Maßnahmenvorschläge:

Ein erster Schritt ist die hier erfolgte Erfassung und Visualisierung der Fließwege und der abflusslosen Senken im Gemeindegebiet. Weitere erforderliche Schritte sind daraus zu entwickelnde Starkregenge-

fahren- und Starkregenrisikokarten und die Entwicklung von Maßnahmen für eine Überflutungsvorsorge. Eine 2D-Oberflächenberechnung liefert allgemeinverständliche Ergebnisse durch Wasserstände und Fließgeschwindigkeiten bei verschiedenen Starkregenereignissen. Diese Karte eignet sich zur Kommunikation mit Politik und Bürgern, sowie zur Veröffentlichung. Dabei werden hauptsächlich Starkregenereignisse berechnet, bei denen aufgrund der Wassermenge der Kanal kaum noch einen Einfluss hat.

Allgemein zusammengefasst sind in den ausgewiesenen Belastungsbereichen der Zone 5, in denen eine hohe Überflutungstiefe zur Gefährdung von Infrastruktur führen kann, neben technischen Maßnahmen des Objektschutzes Maßnahmen erforderlich, die die Abflussmenge reduzieren und Abflussspitzen durch verzögerten Abfluss verringern. Dazu gehören in erster Linie:

- Entsiegelung und Begrünung der hoch versiegelten Bereiche zur Reduzierung des Oberflächenabflusses und Verbesserung des Stadtklimas
- Retentionsmaßnahmen in Form von Überlaufbecken (techn. Bauwerke) oder Überflutungsflächen mit Entlastungspotential für extreme Regenereignisse

Durch Entsiegelungs- und Begrünungsprogramme kann jeweils auch eine Verbesserung des Stadtklimas erreicht werden. Multifunktionale Überflutungsflächen sollten einhergehen mit stärker begrünten und entsiegelten Stadtbereichen. Ein bewusstes Wasserwegenetz steigert die Wohnqualität und bietet gleichzeitig Möglichkeiten für eine gezielte Ableitung des Direktabflusses. Untersuchungen zeigen deutlich, dass Begrünungs- und Entsiegelungsmaßnahmen auf die Direktabflussmenge von seltenen Starkregenereignissen nur eine verhältnismäßig geringe Auswirkung haben. Als reine Anpassungsmaßnahme an Starkregen ist die Wirkung von Entsiegelungsprogrammen eher gering, während sich Retentionsmaßnahmen in Form von Überlaufbecken oder Überflutungsflächen als sehr effektiv erwiesen haben. Neben der hohen Effektivität von Retentionsbecken und dem geringen Flächenverbrauch, besteht ein weiterer Vorteil in der schnellen und einmaligen Umsetzung. Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen müssten sukzessive umgesetzt werden, so dass eine maximal mögliche Wirkung erst nach langer Zeit erreicht werden könnte. Entsiegelte und begrünte Flächen entfalten ihre Wirkung vor allem in ihrer alltäglichen Wirkung. Neben einer deutlichen Aufwertung des innerstädtischen Klimas wird die Lebensqualität deutlich verbessert. Aus hydrologischer Sicht zeigen sich die Vorteile des reduzierten Oberflächenabflusses insbesondere bei mittleren Niederschlagsereignissen. Hier verringert sich das Verhältnis aus Gesamtniederschlag und Oberflächenabflussvolumen. Während beispielsweise die Speicherkapazität eines Gründaches bei einem 50-jährlichen Niederschlagsereignis schnell erschöpft ist, kann die gleiche Fläche einen gewöhnlichen sommerlichen Starkregen nahezu vollkommen aufnehmen. Wird die Aufnahmekapazität überschritten, werden trotzdem die Abflussspitzen deutlich verringert.

Die Karte der Fließwegakkumulation und Senkenberechnung liefert Hinweise auf Stellen im Untersuchungsgebiet, an denen Vorsorgemaßnahmen ergriffen werden sollten. Diese Maßnahmen können sich beziehen auf:

- Informationsvorsorge
- Objektschutzmaßnahmen
- Flächenvorsorge
- Risikovorsorge.

Ein weiterer Schritt nach Erstellung einer Starkregengefahrenkarte wäre eine flächige Risikoanalyse für Starkregenereignisse unter Berücksichtigung der öffentlichen Gebäude und Infrastruktureinrichtungen, die Informationsvorsorge für die Bürgerschaft und die Anpassung des Krisenmanagements. Eine Bestimmung der Vulnerabilität bzw. der Schadenspotentialklasse ermöglicht eine Selektion bzw. stellt ein Hilfsmittel für die Priorisierung von Maßnahmen dar. Die Zuordnung zu einer Schadenspotentialkasse erfolgt über die Gebäudenutzung.

In der zukünftigen Bauleitplanung sind die Erkenntnisse der Starkregensimulation außerdem zu berücksichtigen (kommunale Flächenvorsorge). Unter Betrachtung dieser Analyse eignen sich manche Flächen nicht zur Bebauung, sondern eher zur Rückhaltung von Hochwasser oder Starkregenabflüsse. Bei der Bebauung gefährdeter Flächen ist in jedem Fall auf eine angepasste Bauweise zu achten.

Als nächstes sind diese Stellen zu erfassen und geeignete Maßnahmen zu entwickeln und zu priorisieren. Die Ergebnisdaten aus der hier vorliegenden Fließwegeanalyse werden als Rasterdaten (GeoTiff-Dateien) übergeben, so dass diese in eine GIS-Anwendung implementiert werden können. Dies ermöglicht zudem Synergieeffekte im Bestand und Planung, da weitere Themen/Fragestellungen/Aufgaben mit dem Ergebnis verschnitten werden können. Wenn beispielsweise im GIS deutlich wird, dass sich eine sanierungsbedürftige Straße mit einem größeren Fließweg überlagert, wäre eine Planung mit einer abflussoptimierten Profilierung der Straße denkbar. Außerdem können bestehende und geplante Gründächer hinsichtlich einer Eignung zum Starkregenrückhalt bewertet werden. Für geplante Neubaugebiete kann beurteilt werden, welche Maßnahmen ergriffen werden müssen, um Schäden durch Starkregen in der Zukunft zu vermeiden.

Zusammengefasst werden im Rahmen des Klimaanpassungskonzeptes die folgenden Maßnahmen, die anhand von Steckbriefen im Maßnahmenkatalog weiter erläutert werden, vorgeschlagen:

- Erstellung einer Starkregengefahrenkarte mit Einstautiefen für extreme Regenereignisse
- Beauftragung einer Risikoanalyse auf der Grundlage der Starkregengefahrenkarte und der Bevölkerungs- und Gebäude-Vulnerabilitäten
- Objektschutzmaßnahmen
- Berücksichtigung der Gefahren durch Überflutung in der Bauleitplanung (Senkenlage, Lage an einem Fließweg)
- Krisenmanagement mit Bereitstellung von Infomaterial zum Verhalten bei Extremwetterlagen (Starkregen und Hitze)

Da einzelne Kommunen schon Starkregengefahrenkarten erstellt oder in Beantragung haben, treffen die oben zusammengefassten Maßnahmen nicht auf alle Kommunen der Region Rhein-Voreifel gleichermaßen zu.

3.2 Leitfaden für die räumliche Planung

Das vorliegende Klimafolgen-Anpassungskonzept für die Region Rhein-Voreifel ist ein Instrument zur Integration von Klimaanpassungen in alle raumbezogenen Vorhaben in den Kommunen sowie in das langfristige Verwaltungshandeln. Er dient auch der gezielten Sensibilisierung der Öffentlichkeit für das Thema.

Die räumliche Planung beschäftigt sich im Zuge der Klimaanpassung in der Rhein-Voreifel Region primär mit flächenhaften Anpassungsstrategien. Dazu zählt das Anlegen von Grünflächen und Retentionsräumen, die Entsiegelung bestehender Strukturen und der Rückbau von durch Extremwetterereignisse gefährdeten baulichen Anlagen. Diese Strategien sollen die Auswirkungen von Hochwasser- und Starkregenereignissen reduzieren. Hitzeereignissen sowie dem allgemeinen Temperaturanstieg innerhalb der Städte wird ebenfalls durch Grünflächen, Entsiegelung aber auch durch die Etablierung von Luftleitbahnen entgegengewirkt (vgl. BBSR S.10[1]). Die Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen erfolgt über formelle und informelle städtebauliche Entwicklungsinstrumente. Diese befinden sich auf verschiedenen räumlichen Ebenen, der Flächennutzungsplanebene, der Bebauungsplanebene und der Gebäudeebene.

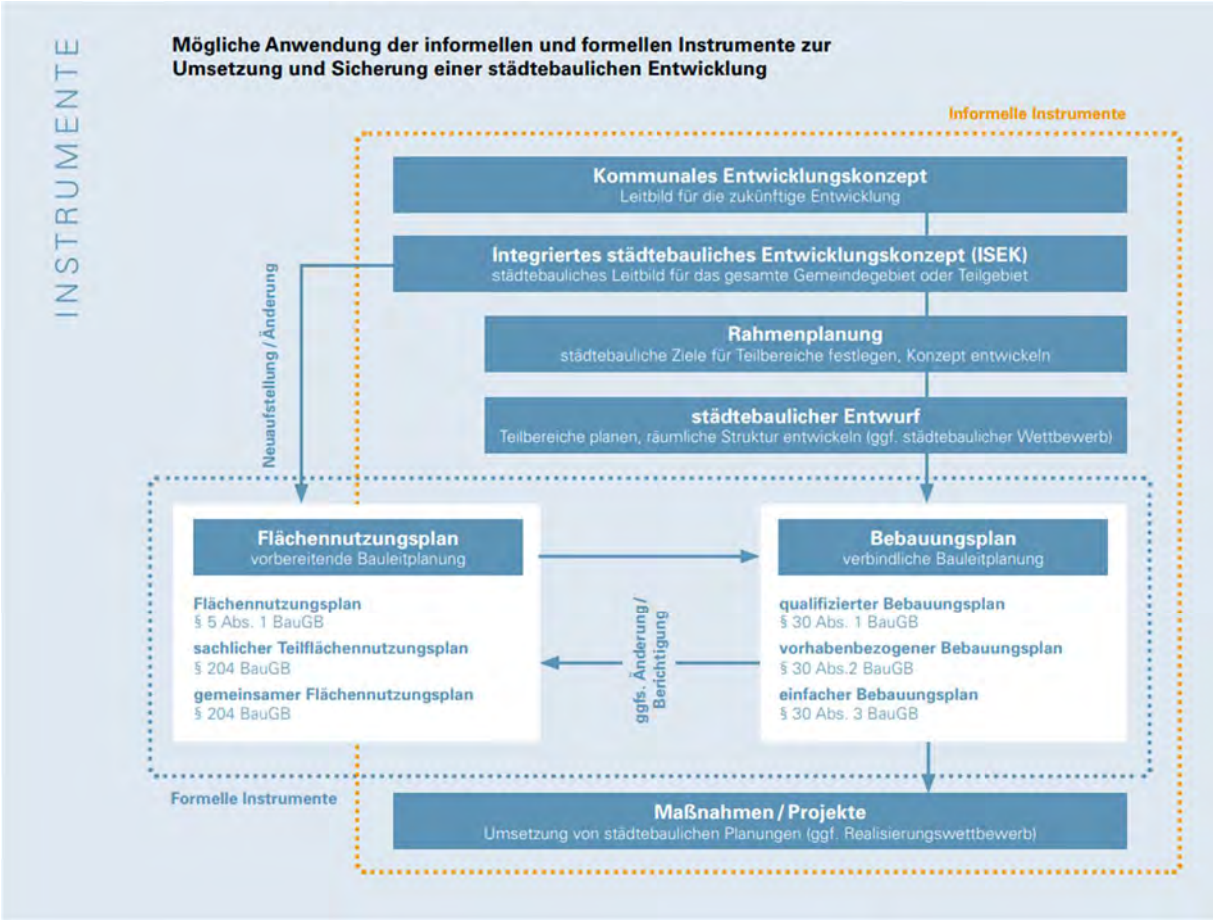


Abb. 3.2 Instrumente der räumlichen Planung; Quelle: https://www.stmb.bayern.de/assets/stmi/buw/staedtebau/zukunftsweisender-staedtebau.pdf

[1] Quelle: Klimaanpassung in der räumlichen Planung – Gestaltungsmöglichkeiten der Raumordnung und Bauleitplanung; Umweltbundesamt; abgerufen unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/klimaanpassung_in_der_raeumlichen_planung_praxishilfe_02-2020.pdf

Auf der Flächennutzungsplanebene werden besonders großräumige Klimaanpassungsmaßnahmen festgehalten. Dabei handelt es sich unter anderem um den Schutz von Mooren, Feuchtgebieten und Auen, Oberflächengewässern, des Grundwassers und den natürlichen und technischen Hochwasserschutz. Diese werden auf interkommunaler Ebene beschlossen. Ein für diese Ebene relevantes Instrument ist das integrierte städtebauliche Entwicklungskonzept (ISEK). Das ISEK ist allerdings auch für die beiden anderen räumlichen Ebenen wichtig, da es übergreifende Empfehlungen zur städtebaulichen Entwicklung enthält. Es umfasst Anregungen über Flächennutzungen, wodurch eine regionale Klimaanpassung ermöglicht werden soll. Diese finden Eingang in den Flächennutzungsplan (FNP), sachliche Teilflächennutzungspläne und gemeinsame Flächennutzungspläne.

Eine beispielhafte Maßnahme auf der Flächennutzungsplanebene ist die Freihaltung von Kalt- und Frischluftarealen. Dies hat das Ziel das urbane Gebiet mit Kalt- und Frischluft zu versorgen, welche sich auf großen, vegetationsgeprägten Grünflächen am Stadtrand bildet. Für Kaltluft eignen sich besonders Äcker, während Frischluft besser in Wäldern gebildet werden kann. Daher empfiehlt es sich entsprechende Flächen auf Flächennutzungsplanebene zu sichern. Ist dies nicht gewährleistet kann ein integriertes städtebauliches Konzept darauf hinweisen und so eine Neuaufstellung des FNPs anstoßen. Ein auf Grundlage des ISEKs angepasster Flächennutzungsplan kann zudem Wärmeinseln abschwächen, klimatische Regenerationsräume schaffen und das gesamte Stadtklima verbessern.

Die Bebauungsplanebene ist eine kleinräumigere Ebene, welche detailliertere Maßnahmen abbildet. Diese reichen von der Schaffung von Parks über die Auswahl besonders resilienter Pflanzen, der Entsiegelung und Verschattung bis zum Niederschlagsmanagement. Dabei umfasst die Ebene viele informelle Instrumente, wie kommunale Entwicklungskonzepte, ISEKs, Rahmenplanungen, städtebaulichen Entwürfe und konkreten Maßnahmen. Das kommunale Leitbild bildet dabei das großräumigste Instrument, welches leitbildhaft die zukünftig geplante Entwicklung beschreibt. Räumlich darunter folgt das bereits behandelte ISEK und die Rahmenplanung. Diese gibt die städtebaulichen Ziele für Teilräume der Stadt wieder und entwickelt Konzepte zu deren Umsetzung. Das Instrument des städtebaulichen Entwurfs entwickelt daraus konkrete räumliche Strukturen, welche in das formale Instrument der verschiedenen Bebauungspläne übersetzt werden. Zu deren Ausführung werden verschiedene Maßnahmen und Projekte durchgeführt.

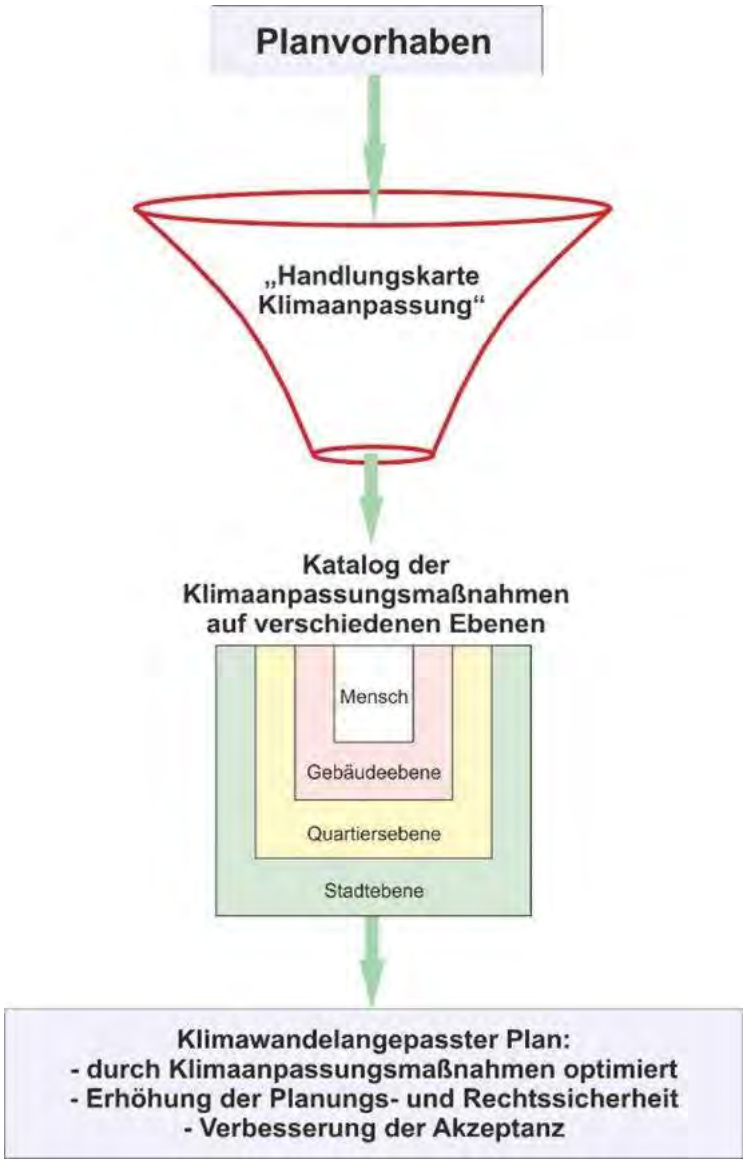
Eine mögliche Maßnahme zur Klimaanpassung auf Bebauungsplanebene ist die Integrierung von Mikrogrün im öffentlichen Raum. Als Mikrogrün werden kleine und daher meist nur schwer begrünbare Flächen bezeichnet. Dabei kann es sich beispielsweise um einen Gleisabschnitt, eine Verkehrsinsel, Grün in Innenhöfen oder Straßenbegleitgrün handeln. Durch innovative Konzepte gelingt es dabei häufig, bestehende kleinräumige Strukturen zu entsiegeln und für Mikrogrün nutzbar zu machen. Es werden zum Beispiel sonst ungenutzte, mit Steinen bedeckte Bahnflächen mit Gras bedeckt, Stellplätze komplett bepflanzt oder mit Rasengittersteinen ausgestattet. Die Maßnahme wird im Rahmen von Bebauungsplänen festgehalten und in Zusammenarbeit mit Grundstückseigentümern, Straßenbau und Naturschutz umgesetzt.

Die kleinste räumliche Ebene bildet die Gebäudeebene. Auf ihr erfolgen durch den Gebäudeeigentümer Klimaanpassungsmaßnahmen wie Dach- und Fassadenbegrünung, energetische Sanierungen und die Auswahl geeigneter Baumaterialien. Dabei werden die angewandten Maßnahmen oft durch räumlich übergeordnete Ebenen unterstützt oder auch in Bebauungsplänen verpflichtend festgehalten.

Durch die vielen unterschiedlichen formellen und informellen Instrumente auf den verschiedenen räumlichen Ebenen soll eine vollumfängliche Klimaanpassung gewährleistet werden. Dabei ist die Im-

plementation der informellen Instrumente in formelle Pläne von entscheidender Bedeutung, um eine Umsetzung der notwendigen Maßnahmen sicherzustellen.

Bevor es zu einer Entscheidung über ein Planvorhaben oder über eine Entwicklung einer konkreten Fläche kommt, sollte vorab verwaltungsintern mit Hilfe der „Handlungskarte Klimaanpassung“ abgeglichen werden, ob auf der angestrebten Fläche ein dort ausgewiesenes Handlungserfordernis bezüglich der Folgen des Klimawandels gegeben ist. Ist dies zutreffend, so muss geklärt werden, um welche Art von Konfliktpotenzial, z. B. Hitzebelastung, die Belüftungs- oder Kühlfunktion einer Fläche oder Überflutungsgefährdung es sich handelt. Ab diesem Zeitpunkt müssen Maßnahmen aufgezeigt und in den weiteren Schritten des Planungsverfahren mitberücksichtigt werden. Die kommunalen Planungen müssen als Weichenstellung für die zukünftige Stadtentwicklung verstanden werden



Eine weitreichende Kommunikation der „Handlungskarte Klimaanpassung“ in die Öffentlichkeit hinein erleichtert außerdem die Anwendung des Maßnahmenkatalogs auch im Bereich privater Grundstücksflächen. Abbildung 3.3 zeigt die Abfolge für alle zukünftigen Planungen mit räumlichem Bezug in den Kommunen Alfter, Bornheim, Meckenheim, Rheinbach, Swisttal und Wachtberg auf. Als Grundlage für das Ablaufschema dienen neben der Handlungskarte Klimaanpassung die in einem Katalog zusammengestellten Klimaanpassungsmaßnahmen. Die Inhalte des Ablaufschemas sind in der Tabelle 3.1 beschrieben.

Abb. 3.3 Ablaufschema für Planvorhaben in den Kommunen der Region Rhein-Voreifel

Tab. 3.1 Inhalte des Ablaufschemas für Planvorhaben in den Kommunen der Region Rhein-Voreifel

Planvorhaben	Der größte Spielraum für Anpassungsmöglichkeiten liegt weniger bei Planungen im Bestand, sondern bei Neubauprojekten oder städtebaulichen Entwicklungen. Der größte Handlungsbedarf liegt aber im Bestand. Wichtige Maßnahmen neben dem klassischen Bebauungsplanverfahren sind: • Klimagerechte Planung von Straßenräumen (Artenauswahl, Anzahl und Anordnung von Bäumen und sonstigem Grün, etc....), • Planung von öffentlichen Grün- und Freiflächen, • Schutz von bereits vorhandenem Baumbestand: die Bauleitplanung sollte so weit wie möglich Rücksicht auf vorhandene, insbesondere großkronige alte Bäume, die für die Klimaanpassung wertvoll sein können, nehmen, • Klimawandelgerechte Entwässerungsplanung, Rückhalteflächen, Abkopplung etc., • Anpassungsmaßnahmen an privaten bestehenden Gebäuden (Fassadenbegrünung und -farbe, Innenhofentsiegelung, ggf. Dachbegrünung, Abkopplungsmaßnahmen für Regenwasser). • Freihalten von Frischluftbahnen Dies bedeutet für den Instrumentenkasten, stärker auch folgende Aspekte zu beachten: • Information von Eigentümern, Sensibilisierung und Verhaltensempfehlungen für die Bevölkerung, • die Berücksichtigung von Anpassungsmaßnahmen in Stadtteilsanierungen, Stadterneuerungsstrategien, etc., • bei Wettbewerben Vorgaben für Klimaanpassungsmaßnahmen formulieren, vertragliche Vereinbarungen mit Bauherren und Investoren (z. B. Städtebauliche Verträge).
Handlungskarte Klimaanpassung und Katalog der Maßnahmensteckbriefe	Wichtig ist, dass im Rahmen der informellen Ämterbeteiligung den jeweiligen Bearbeitern während des Erstellungsprozesses immer klar ist, um welche Art von klimatischem Belastungsraum nach dem Klimafolgenanpassungskonzept es sich handelt und welche Möglichkeiten für Abhilfe versprechende Klimaanpassungsmaßnahmen sich bieten. Diese lassen sich direkt aus der Handlungskarte und dem Maßnahmenkatalog entnehmen. An dieser Stelle soll außerdem darauf hingewiesen werden, dass es für Flächen, die in keinem klimatischen Belastungsraum nach dem Klimafolgenanpassungskonzept liegen, ebenso wünschenswert ist, dass Anpassungsmaßnahmen berücksichtigt werden. Klimaanpassungsmaßnahmen führen immer auch zu einer Steigerung der Aufenthalts- und Wohnqualität und haben damit positive Auswirkungen auf die Lebensqualität in den Kommunen der Region Rhein-Voreifel.

Klimawandel-angepasster Plan	**Beispiele für planungsrechtliche Umsetzungsinstrumente und Maßnahmen** Vorhandene Instrumente sollten ausgenutzt werden, um Klimaanpassungsmaßnahmen in Planungsprozesse zu integrieren. Flächennutzungs- und Bebauungspläne bieten im Rahmen von Änderungen beziehungsweise der Ausweisung neuer Baugebiete die Möglichkeit, bestimmte Darstellungen (FNP) oder Festsetzungen (B-Pläne) zu enthalten. Im Folgenden sind einige Beispiele aufgelistet, wie konkrete Maßnahmen in Flächennutzungspläne und B-Pläne übernommen werden können. 1 Um **Frei- und Frischluftflächen** zu erhalten beziehungsweise neue Frei- und Frischluftflächen zu schaffen, können in den Flächennutzungsplan (FNP) großräumige Darstellungen von nicht baulichen Nutzungen mit unterschiedlichen Zweckbestimmungen wie Parkanlagen, Dauerkleingärten, Sport-, Spiel-, Zelt- und Badeplätze sowie Friedhöfe integriert werden (nach § 5 Abs. 2 Nr. 5 BauGB). Darüber hinaus können Wasserflächen (als Flächen, die nach § 5 Abs. 2 Nr. 7 BauGB aufgrund des Hochwasserschutzes und der Regelung des Wasserabflusses freizuhalten sind) sowie landwirtschaftliche Flächen und Waldflächen (nach § 5 Abs. 2 Nr. 9 BauGB) dargestellt werden. Im B-Plan kann die Erhaltung beziehungsweise Schaffung von Frei- und Frischluftflächen über die Festsetzung der Grundfläche oder Grundflächenzahl (§ 9 Abs. 1 Nr. 1 BauGB), der überbaubaren und nicht überbaubaren Grundstücksfläche (§ 9 Abs. 1 Nr. 2 BauGB) sowie Flächen, die von der Bebauung freizuhalten sind (§ 9 Abs. 1 Nr. 10 BauGB) gesteuert werden. Ferner ist es möglich im B-Plan öffentliche und private Grünflächen wie Parkanlagen, Dauerkleingärten, Sport-, Spiel-, Zelt- und Badeplätze sowie Friedhöfe festzusetzen (§ 9 Abs. 1 Nr. 15 BauGB). Auch lassen sich Flächen für die Landwirtschaft und Waldflächen festsetzen (§ 9 Abs. 1 Nr. 18 BauGB). Besonders vorteilhaft für das Lokalklima sind **Luftleitbahnen**. Deren Erhalt beziehungsweise Schaffung können durch die oben bereits erwähnten Darstellungen und Festsetzungen zu Frei- und Frischluftflächen im FNP und in den B-Plänen ermöglicht werden. Förderlich kann in diesem Zusammenhang auch sein, in der Begründung zum FNP (§ 5 Abs. 5 BauGB) beziehungsweise B-Plan (§ 9 Abs. 8 BauGB) besonders auf die lokalklimatische Bedeutung der betreffenden Flächen für die Frischluftversorgung des Siedlungsraumes einzugehen.

	2 Maßnahmen wie die **Begrünung von Straßenzügen, Dächern und Fassaden** können durch das Festsetzen von Anpflanzungen und Pflanzenbindungen für einzelne Flächen oder für ein B-Plangebiet beziehungsweise Teile davon in den B-Plan integriert werden (§ 9 Abs. 1 Nr. 25 BauGB). Auf diese Weise ist es beispielsweise möglich, Stellplätze und bauliche Anlagen zu begrünen und zu bepflanzen. Durch die vorgenannten Festsetzungen nach § 9 Abs. 1 Nr. 25 BauGB lassen sich auch die Bepflanzung urbaner Räume mit wärmeresistenten Pflanzenarten mit geringem Wasserbedarf sowie der Einsatz bodenbedeckender Vegetation und die Vermeidung von unbewachsenen Bodenflächen in Bebauungspläne integrieren. Auch lassen sich auf diese Weise Hauswandverschattung und Wärmedämmung durch Begrünung im B-Plan festsetzen. 3 Die Verwendung baulicher **Verschattungselemente** im öffentlichen Raum (z.B. Arkaden, Sonnensegel) lässt sich nicht direkt, sondern nur über Umwege durch das Festsetzen von Verkehrsflächen besonderer Zweckbestimmung, z. B Außengastronomie erreichen. Ganz konkrete Maßnahmen zur **Optimierung der Gebäudeausrichtung** können zum Beispiel die Ausrichtung von Gebäuden zur besseren Durchlüftung eines Baugebietes oder die Planung von Gebäudekomplexen mit Innenhöfen sein. Im Bebauungsplan können zu diesen Zwecken die Bauweise, die überbaubaren und nicht überbaubaren Grundstücksflächen sowie die Stellung der baulichen Anlagen festgesetzt werden (§ 9 Abs. 1 Nr. 2 BauGB). Eine Möglichkeit zur Klimaanpassung in randlichen Bereichen der bebauten, urbanen Gebiete stellt der **Rückbau versiegelter Flächen** dar. Dies kann durch die Festsetzung einer nicht baulichen Nutzung erfolgen (vgl. 1. Frei- und Frischluftflächen). Hier gilt es zu beachten, dass die Umnutzung von Brachflächen und Baulücken in nicht baulich genutzte Grundstücke in der Regel mit Entschädigungsansprüchen nach dem Planungsschadensrecht verbunden ist. Hier ist jeweils eine Einzelfallbetrachtung notwendig. Bei klimarelevanten Flächen insbesondere zur Stadtbelüftung kann ein Aufkauf solcher Flächen sinnvoll sein, auch in Synergie mit der Regenrückhaltung. Rückbau- und Entsiegelungsmaßnahmen (§§ 171a – d BauGB) werden vor allem bei Stadtumbaumaßnahmen gefördert. Beispielsweise kann bei einer Neugestaltung und beabsichtigten Aufwertung von Verkehrsflächen die versiegelte Fläche reduziert werden.

4. Maßnahmenkataloge und Maßnahmenumsetzung bei Beispielprojekten in der Region Rhein-Voreifel

Während es in den heißen Klimazonen der Erde schon immer einen klimaangepassten Städtebau (z.B. enge Gassen mit Verschattung der Hauswände, helle Oberflächen) gegeben hat, ist in unseren Regionen ein Umdenken erforderlich, um eine Anpassung an die Folgen des Klimawandels zu erreichen. Es muss eine Umgestaltung auf Stadt-, Quartiers- und Gebäudeebene stattfinden (siehe Kapitel 3.1), um eine Verminderung der zukünftigen Belastungen durch die Folgen des Klimawandels zu erreichen. Zusätzlich muss sich das Verhalten des Menschen verändern, damit die Anfälligkeit gegenüber Klimafolgen abnimmt.

Die Kommunen Alfter, Bornheim, Meckenheim, Rheinbach, Swisttal und Wachtberg haben sich als Region Rhein-Voreifel zusammengefunden, um gemeinsam ein Konzept zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels zu entwickeln. Dabei sollen Maßnahmen sowohl auf interkommunaler Ebene wie auch als Leuchtturmprojekte und übertragbare Projekte beispielhaft in den einzelnen Kommunen (siehe Kapitel 4.3) entwickelt werden.

4.1 Zusammenstellung geeigneter Maßnahmen zur Klimaanpassung

Im Folgenden werden Tabellen und Kataloge mit verschiedenen Anpassungsmaßnahmen für die Themenfelder Land- und Forstwirtschaft, Gewerbe- und Industrie sowie raumbezogene Maßnahmen zur Hitzeprävention und zum Überflutungsschutz auf den räumlichen Ebenen Region, Quartier, Gebäude zusammengestellt. Die Maßnahmen werden anhand einer Kurzbeschreibung erläutert.

4.1.1 Klimaanpassungsmaßnahmen in der Land- und Forstwirtschaft

Die Land- und Forstwirtschaft in der Region Rhein-Voreifel ist vielfältig von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen. Dazu gehören indirekt auch die großen Schäden durch den Borkenkäfer. Hohe sommerliche Temperaturen mit geringen Niederschlägen haben Auswirkungen auf die Verbreitung von Schädlingen ebenso wie direkt auf die Forst- und Landwirtschaft. Vor dem Hintergrund der extremen Temperaturen in den Jahren 2018 und 2019 wird die Einrichtung von Bewässerungssystemen und der Anbau von angepassten Pflanzensorten und Kulturen deutschlandweit empfohlen. Ziel dieser Maßnahmen ist es jeweils, Ernteausfälle durch Dürre zu minimieren und so die Importe von landwirtschaftlichen Produkten in Zeiten eines extremen Hitzeereignisses zu reduzieren.

Der Klimawandel hat verschiedene Auswirkungen auf die Baumartenzusammensetzung und somit auf die Forstwirtschaft. Einige Baumarten profitieren dabei vom Klimawandel, andere leiden darunter. Graduelle Klimaveränderungen können einerseits das Wachstum der Bäume fördern, weil beispielsweise die Vegetationsperiode länger andauert, anderseits können sie eine schneller fortschreitende Vermehrung von Schaderregern fördern und damit zu geringerem Wachstum beitragen. Das Wachstum wirkt sich wiederum auf den Holzvorrat aus, welcher sich auf den potenziellen Holzeinschlag auswirkt. Für die Umsetzung der Auswirkungen des graduellen Klimawandels auf die Forstwirtschaft wird folglich davon ausgegangen, dass der Holzeinschlag von Fichten im Klimawandelszenario allmählich abnimmt. Da die Fichte als „Brotbaum“ der deutschen Forstwirtschaft gilt, hat dieser Effekt nicht nur Auswirkungen auf die Preise, sondern auch auf die Produktion. Die fehlenden Stämme können einer-

seits durch zusätzliche Importe ausgeglichen werden, anderseits durch verringerte Exporte oder durch einen Ersatz durch andere Baumarten. Bei letzterer Option ist mit zusätzlichen Aufwendungen zu rechnen.

Neben den Grünflächen des Siedlungsraums sind auch die Wälder und die landwirtschaftlichen Flächen, insbesondere die Obsthaine durch eine Zunahme der Trockenheit betroffen. In der Abbildung 2.11 (im Kapitel 2.3) sind die Bereiche der mittleren bis hohen Trockenheitsgefährdung verschnitten mit den Anbauflächen für Obst und den Waldflächen in der Region Rhein-Voreifel. Ein weiterer Faktor, der zur Austrocknung von Böden bei lang anhaltenden Trockenperioden führen kann, ist der Wind. Dieser Aspekt wurde in einem während der Projektlaufzeit durchgeführten Fachgespräch mit Vertretern der Land- und Forstwirtschaft angesprochen und daraufhin in die Analyse aufgenommen. Zunehmende Windgeschwindigkeiten führen zu einer ansteigenden Verdunstung der Bodenfeuchte der oberen Bodenschichten und damit zu einer größeren potenziellen Trockenheitsgefährdung. Um diesen Aspekt zu berücksichtigen, wurde das langjährige Mittel der Windgeschwindigkeiten in der Region mit der Trockenheitsgefährdung aufgrund der Boden- und Geländeparameter (Abb. 2.12 im Kapitel 2.3) verschnitten.

Auch Kaltluft, die der sommerlichen Hitze entgegenwirken kann, hat nicht nur positive Effekte, sondern kann in der Landwirtschaft, insbesondere im Bereich der Obsthaine auch zu einer Verstärkung von Schäden bei Früh- und Spätfrösten führen. In den Kaltluftströmen können die Lufttemperaturen um mehrere Grad unter denen der Umgebung liegen. In der Abbildung 2.4 (im Kapitel 2.1) sind deshalb die Kaltluftgebiete mit den jeweiligen Fließrichtungen der Kaltluftvolumenströme im Zusammenhang mit den in der Region vorhandenen Obsthainen dargestellt. Insbesondere die Obsthaine rund um Meckenheim liegen überwiegend in einem Hauptkaltluftstrom. Sie werden zukünftig häufiger durch Spätfröste im Frühjahr gefährdet sein, da aufgrund des Klimawandels der Beginn der Vegetationsperiode immer früher im Jahr sein wird. Dadurch vergrößern sich die Schäden durch Fröste im Frühjahr erheblich, insbesondere im Bereich der in der Abbildung 2.4 ausgewiesenen Kaltluftströme.

Der Forstwirtschaftssektor ist auch von Schäden durch Windwurf betroffen, da der Bestand bei einem Sturm radikal dezimiert wird. Orkan Kyrill beispielsweise hat in Nordrhein-Westfalen im Januar 2007 rund 15,7 Mio. Festmeter, zumeist Fichtenreinbestände, auf einer Fläche von etwa 50.000 Hektar geworfen oder gebrochen (BMEL 2014). Der ökonomische Verlust wirkt noch bis heute. Da Bäume langsam wachsen, können die Bestände nicht schnell erneuert werden. In der Abbildung 2.13 (im Kapitel 2.4) wurden beispielhaft die Bereiche mit einer mittleren und einer erhöhten Gefährdung durch Starkwind und Stürme mit den Waldflächen in der Region Rhein-Voreifel verschnitten. Diese Analyse zeigt, dass alle Waldgebiete einer mindestens mittleren Gefährdung für Stürme ausgesetzt sind.

Starkregen führt bereits in seiner frühen Phase zu überfluteten Straßen, gefluteten Unterführungen und Kellern. Durch die Wassermassen können Dämme brechen und landwirtschaftliche Flächen werden überflutet.

In den folgenden Tabellen 4.1 bis 4.3 werden für die Themenfelder Hitze/ Trockenheit, Starkregen und Sturm verschiedene Anpassungsmaßnahmen für die Land- und Forstwirtschaft zusammengestellt.

Tab. 4.1 Anpassungsmaßnahmen an Hitze und Trockenheit in der Land- und Forstwirtschaft

Konzentration der Fördermöglichkeiten auf ein Wassermanagement zur Abmilderung der Effekte von Extremwetterlagen, z. B. Trockenphasen
Förderung von Beratung zu wassersparenden Produktionsverfahren (Sortenwahl, Anbauweisen, Bodenbearbeitung)
Wahl geeigneter Versicherungsinstrumente zur Abwendung negativer wirtschaftlicher Folgen von Extremwetterereignissen
Bewässerung bei Trocken- und Hitzestress
Kulturtechnische Maßnahmen zur Vorbeugung und Abwehr von Trocken-, Dürre- und Hitzeschäden
Kulturtechnische Maßnahmen zur Vorbeugung und Abwehr von Strahlungsschäden
Standort- und Sortenwahl, Anlagengestaltung zur Vorbeugung und Abwehr von Trockenstress
Berücksichtigung folgender grundsätzlicher Sorteneigenschaften im Rahmen der Pflanzenzüchtungsforschung: Toleranzen gegenüber natürlicher Sonneneinstrahlung, Hitze, Kälte, temporärem Wassermangel, Resistenzen gegenüber Schaderregern, effiziente Nährstoff- und Wassernutzung.
Erschließung alternativer Wasserquellen für die Beregnung/Bewässerung (u. a. Klarwasserverregnung, Hochwasserspeicherung, Regenrückhaltebecken)
Maßnahmen zur Erhöhung der Grundwasserneubildung durch den Umbau von Nadelwald zu Laubwald

Beim angepassten Waldumbau wird davon ausgegangen, dass vermehrt klimarobuste Mischwälder gefördert werden, was einen vermehrten Anbau von Laubbäumen bedeutet. Die wenigen noch bestehenden Nadelwald-Monokulturen werden dabei durch Laubbäume ergänzt, sodass die Anfälligkeit der Nadelwälder reduziert wird. Gleichzeitig steht dem Holzmarkt weniger Nadelholz und dafür mehr Laubholz zur Verfügung. Knappheit an Nadelholz ist jedoch heute schon spürbar, während Laubholz ausreichend zur Verfügung steht. Das fehlende Nadelholz müsste durch zusätzliche Importe aus dem Ausland ersetzt werden, wenn diese Maßnahme allein umgesetzt wird. Bei der Aufforstung/Wiederaufforstung können vermehrt Douglasien angebaut werden, welche die wenig klimaresilienten Fichten ersetzen sollen. Douglasien haben eine ähnliche Beschaffenheit wie Fichten, daher wird davon ausgegangen, dass sie diese 1:1 ersetzen können. Douglasien zählen ebenfalls zur Holzartengruppe Fichte, machen derzeit aber nur einen Bruchteil am gesamten Holzeinschlag aus. Dadurch, dass Douglasien erst seit wenigen Jahren vermehrt angebaut werden, können sie die fehlenden Fichten noch nicht vollständig ersetzen, es wird jedoch erwartet, dass bis 2050 zwei Drittel der fehlenden Fichten ausgeglichen sein werden. Die Schwierigkeit bei Änderung der Baumartenzusammensetzung ist, dass nicht nur die Forstwirtschaft sich auf fehlende Fichten einstellen muss. Auch die Holzverarbeitungsindustrie hängt stark von Fichten- bzw. Nadelholz ab. So haben im Jahr 2015 Sägewerke 93,5 % des Stammholzvolumens in Form von Nadelholz verarbeitet und nur 6,5 % in Form von Laubholz (Döring et al. 2017).

Zur Umsetzung von Maßnahmen in der Land- und Forstwirtschaft haben Fördermittel eine hohe Bedeutung und sollten genutzt werden. Eine Zusammenstellung von allgemeinen Fördermöglichkeiten zur Klimafolgenanpassung findet sich im Kapitel 4.2.

Tab. 4.2 Anpassungsmaßnahmen an Starkregen in der Land- und Forstwirtschaft

Rückhaltungsorientierte Ackerbewirtschaftung und Erhalt einer guten Bodenstruktur, z. B. durch Vermeidung von Bodenverdichtung und durch Erreichung einer möglichst durchgängig hohen Bodenbedeckung
Erhalt von Ackerrand- und Erosionsschutzstreifen bis hin zum Anlegen von Rückhalteräumen in der Flur
Versickerung im Wald von abfließendem Wasser von Rückegassen, Holzabfuhrwegen und Holzlagerplätzen
Zielgruppengerechte Kommunikation zur Erhöhung des allgemeinen Risikobewusstseins
Initiieren von Expertennetzwerken zur Bündelung, Vermittlung und zum Austausch von methodischen Grundlagen, nutzerspezifischen Datengrundlagen, Anleitungen (Leitfäden) sowie Handlungsmöglichkeiten (fachkundige Beratung und Anleitung zu geeigneten Vorsorgemaßnahmen)
Erhöhung der Grundwasserneubildung und Verdunstung durch eine dezentrale Niederschlagsbewirtschaftung und Niederschlagsrückhaltung (Mulden, Rigolen, Mulden-Rigolen, Gründächer, Regenwassernutzung Staudächer, Drosseln, etc.) zur Reduzierung von Überflutungsschäden
Fließwege bei Oberflächenabfluss: Erhaltung und Freihaltung von Abflusskorridoren, Einrichtung und regelmäßiger Unterhalt von unter anderem Grabensystemen, Leitdämmen, Wällen, Flutmulden, etc., Schaffung von Rückhaltemöglichkeiten

Tab.4.3 Anpassungsmaßnahmen an Sturm und Starkwind in der Land- und Forstwirtschaft

Kulturtechnische Maßnahmen zur Vorbeugung und Abwehr von Sturmschäden (Rückschnitt und Absammeln geschädigten Materials, neues Anheften oder Anleiten der Triebe, Laubärmere Erziehungsvarianten wählen, frühe Heft-/Anleitarbeiten, Hagelschutznetze)
Lagen- und Sortenwahl, Anlagengestaltung zur Vorbeugung und Abwehr von Sturmschäden (Zeilen-/Reihenausrichtung, Windschutzhecken oder Streifen pflanzen, Stabilität Unterstützungsmaterial stärken)
Versicherung (Kernobst) zur Vorbeugung und Abwehr von Sturmschäden
Verstärkte Ausrichtung der Agrarumweltmaßnahmen auf bodenbezogene Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen

4.1.2 Klimaanpassungsmaßnahmen für Gewerbe und Industrie

Gewerbe- und Industriegebiete mit den dazugehörigen Produktions-, Lager- und Umschlagstätten prägen das Mikroklima. Bedingt durch den hohen Versiegelungsgrad kommt es verstärkt zu bioklimatischen Konfliktsituationen. Die insgesamt hohe Flächenversiegelung bewirkt in diesen Bereichen eine starke Aufheizung tagsüber und eine deutliche Überwärmung nachts. Die Hitze tagsüber kann zu einer Verminderung der Produktivität der in diesen Bereichen beschäftigten Menschen führen. Der nächtliche Überwärmungseffekt kann hier eine der Innenstadt analoge Ausprägung erreichen. Aufgrund der Gebäudeanordnungen und der hohen Rauhigkeit in den Gewerbe- und Industriegebieten wird das Windfeld stark verändert. Dies kann sich äußern durch Düseneffekte im Bereich der Werkhallen, die jedoch keine immissionsverbessernden Effekte haben müssen. Besonders problematisch sind unmittelbar an das Zentrum angrenzende Industriekomplexe, die aufgrund der hohen Versiegelungsrate eine stark eingeschränkte nächtliche Abkühlung aufweisen. Im Zusammenspiel mit dichter Stadtbebauung bilden sich große Wärmeinseln aus. Die dicht bebauten Industriegebiete sind aus klimatischer wie auch aus lufthygienischer Sicht als ausgeprägte Lasträume zu bezeichnen. Gewerbegebiete sind von ihrer Nutzung meist stärker durchmischt und sind bei einer etwas besseren Durchgrünung weniger stark von Hitzebelastungen betroffen. Ein häufiges Problem der hoch verdichteten Industrie- und Gewerbeflächen ist auch, dass hier über den erhitzten Oberflächen die Kaltluft aufgezehrt wird und den angrenzenden Gebieten nicht mehr im vollen Umfang zur Verfügung steht.

Auf der anderen Seite erhöht sich mit dem Klimawandel für viele Unternehmen die Gefahr von Schäden und ökonomischen Wertverlusten. Es bestehen potenziell Personenrisiken, z.B. durch Hitze, Sachrisiken, z.B. durch Überflutungen oder Verfügbarkeitsrisiken, z. B. durch Ausfall von Lieferstrecken. Um das Risiko irreversibler Schäden und Ausfälle zu vermindern, sollten frühzeitig Anpassungsmaßnahmen umgesetzt werden. Vor dem Hintergrund einer langfristigen und strategischen Unternehmensführung ist es angebracht, bei Investitions- und Planungsentscheidungen die zukünftigen Klimabedingungen mit einzubeziehen.

Bei Neuplanungen von Gewerbe- und Industriegebieten ist darauf zu achten, in den jeweiligen Planungsstufen die Belange von Klimaanpassung zu berücksichtigen. Zu nennen sind die Rahmenplanung, die Flächennutzungsplanung, die Bebauungsplanung, die Vorhaben- und Erschließungsplanung sowie das Baugenehmigungsverfahren. Klimawirksame Maßnahmen lassen sich insbesondere in der Bauleitplanung für neue und zu erweiternde Standorte umsetzen. So ist im Rahmen der Eingriffsregelung darauf zu achten, soweit möglich die Kompensationsmaßnahmen auf dem Gelände selbst durchzuführen, um für eine Verbesserung der klimatischen und lufthygienischen Bedingungen vor Ort zu sorgen. Mit Hilfe geeigneter Festsetzungen ist im Bebauungsplan eine Begrenzung der Flächeninanspruchnahme sowie eine Grünausstattung zu sichern. Weiterhin ist durch eine geeignete Baukörperanordnung und die Beschränkung bestimmter Bauhöhen eine optimale Durchlüftung zu gewährleisten. Durch die Wahl eines geeigneten Areals zur Sicherung einer hinreichenden Be- und Entlüftung kann die Ausbildung großflächiger Wärmeinseln vermieden werden. Dazu kann auch ein bepflanzter Freiraum als Puffer zu angrenzenden Flächen dienen.

Da das Lokalklima in einem direkten Zusammenhang zur Gestaltung der Umwelt steht, kann durch Veränderungen der Flächen und Gebäude das lokale Klima sowohl zum Positiven als auch zum Negativen verändert werden. Relevant sind dabei der Versiegelungsgrad sowie die Grünflächengestaltung, weniger die Gebäudehöhen. Durch eine optimierte Gestaltung der Gebäudearchitektur kann eine Verminderung der zukünftigen Belastungen durch die Folgen des Klimawandels erreicht werden.

Ziele einer Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen in Industrie- und Gewerbegebieten sind:

1. Minimierung der sommerlichen Hitzeentwicklung vor Ort
2. Abgrenzung der Hitzeareale zu den vorhandenen bebauten Gebieten, insbesondere zur Wohnbebauung
3. Erhalt der lokalen Belüftungsfunktion
4. Vermeidung von Schäden durch Überflutungen
5. Vermeidung von Sturmschäden

Anpassungsmaßnahmen zum Ziel 1 (Minimierung der Hitzeentwicklung)

Hitzebelastungen in Gewerbegebieten betreffen in erster Linie die tagsüber dort tätigen Menschen. Hier sind Klimaanpassungsmaßnahmen notwendig, um die Produktivität zu erhalten und gesunde Arbeitsbedingungen zu schaffen. Im Sinne des Klimaschutzes gilt es zu vermeiden, den Stromverbrauch, beispielsweise durch Klimaanlagen, zu erhöhen. Maßnahmen, die zu einer Verbesserung der Situation in den Lasträumen der Gewerbeflächen führen, bestehen in erster Linie in der Entsiegelung und dem Erhalt sowie der Erweiterung von Grün- und Brachflächen. Die Erfordernisse gewerblich-industrieller Nutzungen bestimmen maßgeblich die Gestaltung der Gebiete und schränken somit den Rahmen für klimaverbessernde Maßnahmen ein. Es entstehen Zielkonflikte zwischen einer anzustrebenden Verbesserung der Grünstruktur und Verringerung des Versiegelungsgrades einerseits und einer notwendigen Vollversiegelung betrieblicher Funktionsbereiche auch zum Schutz des Grundwassers andererseits. Lösungsmöglichkeiten sind in diesem Fall in einer ausreichenden Gliederung von hochversiegelten Bauflächen und betrieblichen Funktionsbereichen wie Lager- und Freiflächen durch breite Pflanzstreifen und Grünzüge zu suchen. Darüber hinaus bieten sich oft Stellplatzanlagen, Randsituationen und das Umfeld von Verwaltungsgebäuden für Begrünungen an. Weitere sinnvolle Maßnahmen sind die Begrünung von Fassaden und Dächern sowie die Nutzung von gespeichertem Regenwasser zur Kühlung. Der Rückhalt von Regenwasser kann zudem wirtschaftliche Vorteile (Abwassergebühren) und ein positives Image für den jeweiligen Betrieb bringen.

Für die Ausbildung einer Hitzebelastung spielen in erster Linie die Bebauung und Versiegelung eines Gebietes eine Rolle. Variationen ergeben sich durch den Einsatz verschiedenen Materialien (je dunkler, desto stärker erwärmen sich Oberflächen) und durch den Durchgrünungsgrad. Vegetation kann durch Schattenwurf und Verdunstung erheblich zur Temperaturabsenkung beitragen. Auf Gebäudeebene können Dach- und Fassadenbegrünungen, Veränderungen im Gebäudedesign, wie Hauswandverschattung, Wärmedämmung und der Einsatz von geeigneten Baumaterialien als Maßnahmen eingesetzt werden.

Die folgende Abbildung 4.1 zeigt die Auswirkungen verschiedener Bodenoberflächen auf die Oberflächentemperaturen (eigene Berechnungen). Während die Asphaltoberflächen um die Mittagszeit Temperaturen von fast 50 °C aufweisen, verhält sich helles Pflaster tagsüber ähnlich wie feuchtes Gras und erwärmt sich nur auf gut 30 °C. Nachts kühlen die natürlichen Oberflächen stärker aus. Trockener unversiegelter Boden kann zwar tagsüber mit über 40 °C sehr warm werden, hält die Wärme aber in den Nachstunden nicht.

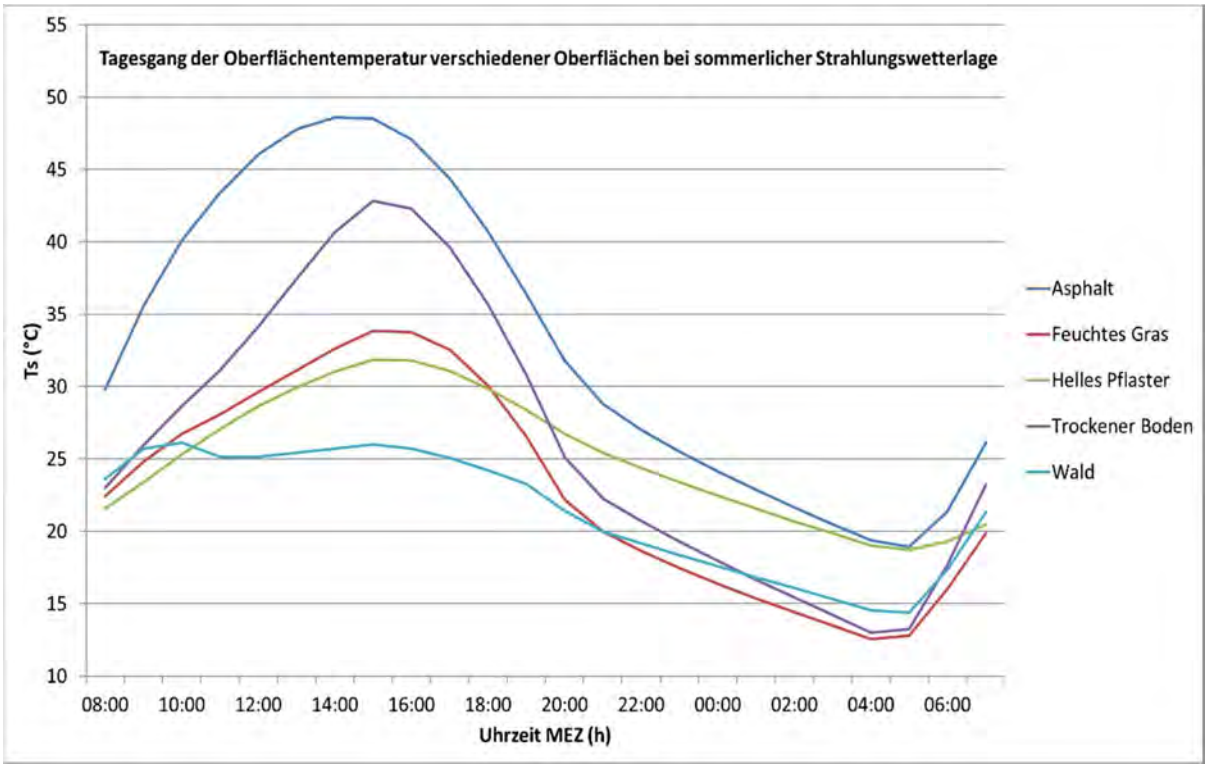
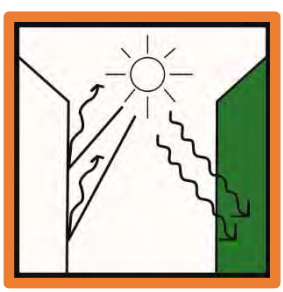


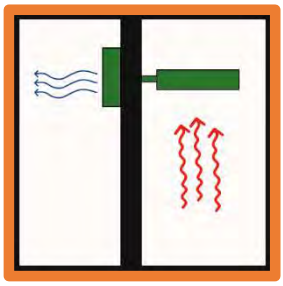
Abb. 4.1 Tagesgang der Oberflächentemperaturen verschiedener Oberflächen

In der Tabelle 4.4 sind die Maßnahmen zur Reduzierung der Hitzebelastungen zusammengefasst.

Tab. 4.4 Maßnahmen zur Minimierung der Hitzeentwicklung in Industrie- und Gewerbegebieten

Flächensparende Bauweise, Vermeidung von Bodenversiegelungen bei Verkehrsflächen und im Umfeld	Ziel der Siedlungsplanung soll sein, dass sowohl beim Gebäude- als auch beim Verkehrswegebau eine flächensparende Bauweise gewählt wird. Bodenversiegelungen können durch den Einsatz von durchlässigen Oberflächenbefestigungen vermieden bzw. reduziert werden und zwar vor allem dann, wenn die Nutzungsform der Flächen nicht unbedingt hochresistente Beläge wie Beton oder Asphalt voraussetzt. Geeignete durchlässige Materialien zur Befestigung von Oberflächen sind mittlerweile für viele Anwendungsbereiche verfügbar. Zu beachten ist allerdings, dass auch der Unterbau und der Untergrund eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit aufweisen müssen. Für Radwege, Gehwege, Zufahrtswege und Parkflächen sind wasserdurchlässige Befestigungen besonders angebracht.
Material- und Farbauswahl unter den Gesichtspunkten der minimalen Aufheizung treffen 	Viele Flächen leisten aufgrund ihrer dunklen Farbe und Materialien einen großen Beitrag zur Aufheizung der Luft. Hellere Farben können hier einen Beitrag sowohl zur Hitzevermeidung am Tag wie auch zur Verringerung der nächtlichen Überwärmung leisten. Wie viel Wärme in welcher Zeit bei zunehmenden Temperaturen von einer Fläche aufgenommen wird, hängt von der Art des Stoffes ab. Dies betrifft sowohl die Gebäudefassaden und Dächer wie auch Verkehrsflächen. Asphaltierte oder gepflasterte Verkehrsflächen erwärmen sich deutlich stärker als natürliche Oberflächen. Zur Verringerung von Erwärmungen ist daher der gezielte Einsatz von Materialen mit geringerer Wärmeleit- und -speicherfähigkeit sinnvoll. Glas und Stahl haben einen hohen, natürliche Materialien wie Holz einen niedrigen Wärmeumsatz. Helle Beläge auf Verkehrsflächen und helle Gebäude reflektieren einen größeren Anteil der eingestrahlten Sonnenenergie so-

	fort wieder (Albedo) und können damit das Aufheizen der Luft erheblich verringern.
Anlage von Grün- und Wasserflächen 	Eine Aufheizung der Luft kann durch Begrünung mit Bäumen und Sträuchern vermindert werden. Der Schattenwurf der Vegetation sowie Verdunstung und Transpiration der Pflanzen reduzieren die Aufheizung der versiegelten Bereiche. Eine Möglichkeit zur besseren Versorgung von städtischen Bäumen mit Wasser ist bei Neupflanzungen die Kombination des Wurzelraums mit einer Rigole, die das aus dem Straßenraum abfließende Regenwasser aufnimmt (Synergie mit der Regenwasserbewirtschaftung) und als Speicher für den Wasservorrat des Baumes dient. Wasserflächen, insbesondere bewegtes Wasser wirkt sich durch Verdunstungskühlung regulierend auf die Umgebungstemperatur aus. Grün- und Wasserflächen bieten zusätzlich attraktive Aufenthalts- und Erholungsflächen.
Dach- und Fassadenbegrünung 	Begrünte Dächer oder Fassaden stellen die kleinsten Grünflächen im Gewerbegebiet dar. Sie haben positive Auswirkungen auf das thermische, lufthygienische und energetische Potential eines Gebäudes. Erst in einem größeren Verbund ergeben sich Auswirkungen auf das Mikroklima eines Gebietes. Die thermischen Effekte von Dach- und Fassadenbegrünungen liegen hauptsächlich in der Abmilderung von Temperaturextremen im Jahresverlauf. Das Blattwerk, das Luftpolster und die Verdunstung in der Vegetationsschicht vermindern das Aufheizen im Sommer und den Wärmeverlust des Gebäudes im Winter. Ein weiterer positiver Effekt von Dachbegrünungen ist die Auswirkung auf den Wasserhaushalt. 70% bis 100% der normalen Niederschläge werden in der Vegetationsschicht aufgefangen und durch Verdunstung wieder an die Stadtluft abgegeben. Dies reduziert den Feuchtemangel und trägt zur Abkühlung der Luft in versiegelten Stadtteilen bei. Bei Starkniederschlägen werden die Spitzenbelastungen abgefangen und zeitverzögert an die Kanalisation abgegeben.
Gebäudedämmung 	Durch Maßnahmen zu Wärmedämmung können nicht nur die betriebliche Energieeffizienz erhöht und Kosten gespart, sondern auch die verminderte Aufheizung von Gebäuden und Absenkung der Innenraumtemperaturen bei Hitzewetterlagen erreicht werden. Der Wärmedurchgangskoeffizient sagt aus, wie lange es dauert, bis die Wärme von der Außenseite der Dämmung an die Innenseite gelangt ist. Bei einer Gebäudedämmung ergeben sich Synergien zwischen der Klimaanpassung und dem Klimaschutz bzw. dem Energieverbrauch für die Heizung von Gebäuden im Winter und die Kühlung von Innenräumen im Sommer.
Errichtung von Verschattungselementen 	Bei der Gebäudeplanung kann ein sommerlicher Hitzeschutz neben der Gebäudeausrichtung auch durch eine Hauswandverschattung mittels Vegetation, durch angebaute Verschattungselemente und sonnenstandgesteuerte Außenrollos - beispielsweise an Bürogebäuden - erreicht werden. Verschattungen, beispielsweise durch eine im Süden des Gebäudes angebrachte Pergola, führen im Sommer bei hochstehender Sonne um die Mittagszeit zur Verschattung, in den Morgen- und Abendstunden und im Winter erreicht die tief stehende Sonne das Haus und verringert den Heizbedarf. Eine Verschattung kann auch bei wichtigen Abschnitten von Versorgungsnetzen (z.B. Wasserleitungen) und Funktions- und Lagerflächen sinnvoll sein.

Abwärmebetriebene Kühlsysteme 	Durch zunehmenden Hitzestress im Sommer kommt der Kühlung von Gebäuden in Zukunft eine steigende Bedeutung zu. Die Nutzung konventioneller Klimaanlagen ließe den Energieverbrauch im Sommer stark ansteigen und hätte damit negative Auswirkungen auf den Klimaschutz. Der Einsatz regenerativer Energien für Klimaanlagen und vor allem die Passivkühlung – beispielsweise über Erdwärmetauscher – können solche Zielkonflikte verhindern. In vielen Betrieben fällt bei Produktionsprozessen Abwärme an, die genutzt werden kann, um die Gebäude über thermisch angetriebene Kälteanlagen zu kühlen. Damit werden Synergien zum Klimaschutz und Energieverbrauch geschaffen.

Anpassungsmaßnahmen zum Ziel 2 (Abgrenzung der Hitzeinsel zum Wohnbestand)

Eine besondere Funktion kommt einem **randlichen Grünstreifen** als Trennungselement zwischen Wohngebieten und Gewerbegebieten zu. Auch kleinräumige Grünzüge fördern durch die Entstehung von Luftaustauschprozessen eine Unterbrechung von Wärmeinseln. Bei einer engen Vernetzung und einer sinnvollen Anordnung tragen daher auch kleinere Grünflächen zur Abmilderung des Wärmeinseleffekts bei.

Anpassungsmaßnahmen zum Ziel 3 (Erhalt der lokalen Belüftungsfunktion)

Kaltluftschneisen und Kaltluftentstehungsgebiete besitzen eine wichtige Ausgleichsfunktion für das lokale Klima und sollten deshalb so weit wie möglich von Bebauung freigehalten werden. Ist eine Bebauung nicht zu vermeiden, sollte sie auf ein Minimum beschränkt werden. Gebäude sollten so ausgerichtet werden, dass ein Luftaustausch entlang der Kaltluftbahn weiterhin möglich ist und die Kaltluft möglichst weit in das Gewerbegebiet eindringen kann.

Zur Unterstützung der Kaltluftbildung und des Kaltluftflusses am Rand von Industrie- und Gewerbegebieten sollten die folgenden Maßnahmen eingehalten werden:

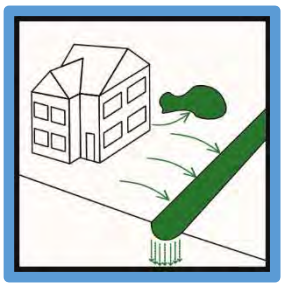
- Die Versiegelungen sollten möglichst gering gehalten werden. Über zusammenhängende Grünflächen (auch unter Einbeziehung von Privatflächen) kann ein Kaltluftpotenzial und eine Kaltluftströmung erhalten werden.
- Eine randliche Bebauung sollte keine Riegelwirkung erzeugen.
- Dichte Vegetation (Sträucher und Bäume) ist als Strömungshindernis im Bereich von Kaltluftströmungen zu vermeiden.
- Übergangsbereiche zwischen Kaltluftflächen und Bebauung sollten offen gestaltet werden, um einen guten Luftaustausch zu fördern.

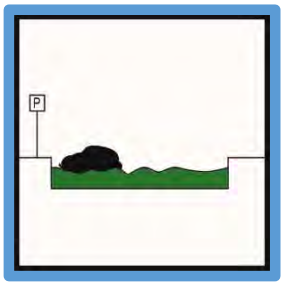
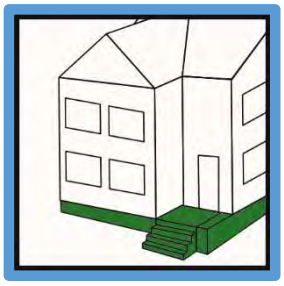
Anpassungsmaßnahmen zum Ziel 4 (Vermeidung von Schäden durch Überflutungen)

Senkenbereiche und Oberflächenfließwege im Bereich von Industrie- und Gewerbegebieten machen die Integration von Anpassungsmaßnahmen für das Themenfeld Wasser erforderlich. Maßnahmen könnten zukünftig in neu zu erschließenden Gebieten Berücksichtigung finden, im Bestand ist die Abkopplung immer auch mit Hinblick auf die Gebührenlage (Niederschlagswassergebühr, Finanzierung der vorhandenen Kanalisation) zu betrachten, also fachübergreifend mit Bereich der Finanzen. In der

Tabelle 4.5 sind die Maßnahmen zur Vermeidung von Schäden durch Überflutungen bei Stark- und Extremniederschlägen zusammengefasst.

Tab. 4.5 Maßnahmen zur Vermeidung von Schäden durch Überflutungen in Industrie- und Gewerbegebieten

Anpassung von Gelände und Fließwegen 	Bei einer Neuplanung ist es möglich, das Gelände vor der Bebauung so anzupassen, dass es nicht zu Wasserstaus in Senkenbereichen kommt. Geländeneigungen können so angepasst werden, dass die Gefahr durch zufließendes Niederschlagswasser verringert wird. Fließwege zur Abführung des Niederschlagswassers können gezielt verändert werden. Dabei ist auf die Vermeidung von Engstellen und Hindernissen zu achten Die Veränderung der Geländeneigungen darf auf der anderen Seite aber nicht zu einer Verschärfung der Überflutungsgefährdung auf umliegenden Grundstücken, innerhalb und außerhalb des Gewerbegebietes, führen.
Rückbau versiegelter Flächen 	Diejenigen Bereiche eines Betriebsgeländes wie Parkplätze, Lagerflächen und wenig befahrene Verkehrsflächen, die keine undurchlässigen Flächenversiegelungen benötigen, können entweder komplett entsiegelt oder mit einer wasserdurchlässigen Befestigung versehen werden. Dazu gehören Schotterrasen, Rasengittersteine oder Betonpflaster mit Dränfugen. Als nicht versiegelte Flächen können auch begrünte Dächer anfallendes Regenwasser teilweise zurückhalten und bei Starkregen zeitverzögert an die überlastete Kanalisation abgeben. Die Wasserspeicherfähigkeit von Gründächern ist abhängig von der Hohe der Substratschicht und der Pflanzenwahl. Unversiegelte oder wasserdurchlässige Flächen heizen sich in der Sonne weniger stark auf, Synergien treten hier zum Thema „Hitzevermeidung“ auf.
Schaffung von Notwasserwegen 	Im Falle eines Starkniederschlagsereignisses kann das Regenwasser nicht vollständig über die Kanalisation abgeleitet werden. Auf Notwasserwegen, das können auch z. B. Nebenstraßen sein, kann das Wasser zwischengespeichert und in weniger empfindliche Bereiche abgeleitet werden. Notwasserwege können durch erhöhte Bordsteine, Gräben, Pflaster- oder Kastenrinnen angelegt werden.
Errichtung von Versickerungsanlagen 	Wenn die natürlichen Gelände- und Bodenverhältnisse es zulassen, kann unbelastetes Niederschlagswasser durch Versickerung dem Grundwasser zugeführt werden. Durch beispielsweise Verkehrsbewegungen belastetes Wasser könnte durch Pflanzenfiltration vor der Versickerung gereinigt werden. Die Versickerung kann breitflächig über Mulden, linienförmig über Rigolen oder punktförmig über Sickerschächte erfolgen. Der Boden muss für die Versickerung ausreichend durchlässig sein. Eine tiefe Durchwurzelung des Bodens steigert die Versickerungsleistung. Bei einer schlechten Versickerungsfähigkeit (kf-Wert) des Bodens kann Wasser alternativ auch über Auffangbecken verdunstet werden und damit gleichzeitig die Luft kühlen.

Zwischenspeicherung von Niederschlagswasser  	Eine multifunktionale Flächennutzung ist sinnvoll, wenn versiegelte oder unversiegelte Freiflächen für vorrangig andere Nutzungen (Parkplatz, Lagerfläche, Grünfläche) im Ausnahmefall bei Starkregen für kurze Zeit gezielt überflutet wird. Dadurch kann Wasser zwischengespeichert werden, um Schäden an Gebäuden und Anlagen abzuwenden. Durch eine bewusste Tieferlegung von Flächen kann das Volumen zum Regenrückhalt erhöht werden. Zwischenspeicherung kann auch auf Dachflächen oder unterirdisch z.B. in Stauraumkanälen oder Zisternen erfolgen.
Gebäudeschutz 	Je nach Lage in einer Senke oder an einem Oberflächenfließweg für Niederschlagswasser sind Gebäudeanpassungen als Maßnahmen zum Überflutungsschutz notwendig. Eine Aufschüttung des Baugrunds stellt bei Neubauten eine kostengünstige und wirksame Maßnahme dar, um das Eindringen von Niederschlagswasser in ein Gebäude zu vermeiden. Aber auch durch eine Erhöhung der Erdgeschossebene können Gebäudeeingänge (Treppen, Rampen) vor dem Eintritt von Oberflächenwasser geschützt werden. Dabei ist die Barrierefreiheit zu berücksichtigen. Ebenso sollten Kellereingänge, Souterrainfenster und Tiefgaragen vor einem Wassereintritt geschützt werden. Rückstausicherungen sind in jedem Fall eine sinnvolle Maßnahme, um Keller und tiefliegende Gebäudeteile vor dem Eindringen von Wasser aus der Kanalisation zu schützen. Empfindliche und hochwertige Objekte und technische Anlagen sollten nach Möglichkeit nicht in den unteren Gebäudeteilen untergebracht werden, wenn diese nicht sehr gut vor eindringendem Wasser geschützt sind.
Grau- und Regenwassernutzung 	Viele Gewerbe- und Industriebetriebe haben nicht nur einen hohen Bedarf an Brauchwasser, sondern bieten mit großen Dachflächen optimale Voraussetzungen für die Nutzung von Regenwasser. Gesammeltes Regenwasser kann aufbereitet und für Nutzungen wiederverwendet werden, bei denen keine Trinkwasserqualität notwendig ist. Synergien bestehen einerseits mit dem temporären Regenrückhalt bei Starkniederschlägen. Andererseits kann über die Regenwassersammlung und Nutzung für die Bewässerung der Vegetation im Umfeld des Betriebes während sommerlicher Trockenzeiten eine Synergie zur Hitzeminderung erreicht werden.

Anpassungsmaßnahmen zum Ziel 5 (Vermeidung von Sturmschäden)

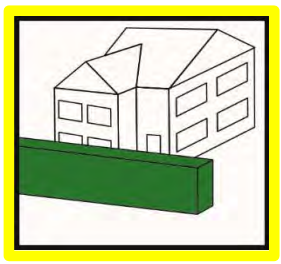
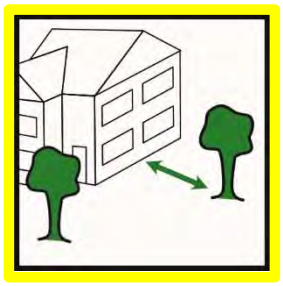
Im Bereich von Industrie- und Gewerbegebieten bestehen aufgrund der Infrastrukturwerte große Anfälligkeiten für die Auswirkungen von Starkwind und Sturm. Deshalb sollten vorsorglich verschiedene Anpassungsmaßnahmen zur Vermeidung von Sturmschäden in Erwägung gezogen werden. Bei der Erarbeitung von Maßnahmen zur Anpassung an die Auswirkungen von Stürmen müssen folgende Aspekte einbezogen werden:

- Sicherung von Straßenbäumen (Trockenheit, Sturm)
- Sicherung von sensiblen Einrichtungen (Prüfung der Windexponiertheit, Baumaßnahmen)
- Sicherung des öffentlichen Raums (Prüfung der Windexponiertheit, Maßnahmen zum Windschutz)

- Sicherung von Anlagen wie Ampeln oder Straßenschildern
- Vorsorge im privaten Bereich (Aufklärung, Information)

In der Tabelle 4.6 sind die Maßnahmen zur Vermeidung von Sturmschäden für Industrie- und Gewerbegebiete zusammengefasst.

Tab. 4.6 Maßnahmen zur Vermeidung von Sturmschäden in Industrie- und Gewerbegebieten

Errichtung von Schutzhecken oder -wänden 	Um windempfindliche Flächen, Anlagen oder Gebäudeteile gezielt vor Windschäden zu schützen, können an exponierten Stellen Windschutzelemente errichtet werden. Hecken bieten zusätzliche Vorteile für die Biodiversität, den Hitzeschutz und die Aufenthaltsqualität, während durch Mauern die windgeschützten Bereiche wärmer werden können. Durch Windschutz kann im Winter auch ein Schutz vor Schäden durch Fröste bei empfindlichen Produkten und Anlagen erreicht und der Heizenergieverbrauch gesenkt werden.
Reduzierung der Windwurfgefahr 	Empfindliche Nutzungen können durch bauliche Ausrichtungen und das Einhalten von Abstandsflächen vor Beschädigungen geschützt werden. Durch eine Ausrichtung der Gebäude längs zur Hauptwindrichtung, die durch die Leitwirkung des Rheintals zwischen Winden aus westlichen bis südlichen Richtungen schwankt, kann die Windlast reduziert werden. Die Längsausrichtung fördert zudem die Belüftung und reduziert damit die Hitzebelastung im Gewerbegebiet. Ein Sicherheitsabstand zu Leichtbauteilen oder Bäumen reduziert das Aufprallrisiko. Andererseits sollten Bäume so dicht an Gebäuden stehen, dass der Schattenwurf zur Kühlung der Gebäudehülle beitragen kann. Bei Bäumen lässt sich das Windwurfrisiko reduzieren durch regelmäßige Pflege und Entfernung von schadhaften Ästen. Ein guter Wuchsort mit ausreichendem Platz für die Baumwurzel, eine gute Wasserversorgung und die klimaangepasste Auswahl der Baumarten sorgt für eine verbesserte Standfestigkeit.

4.1.3 Raumbezogene Maßnahmen zur Hitzeprävention und zum Überflutungsschutz

Anpassungsmaßnahmen auf regionaler/ kommunaler Ebene

Langfristig umzusetzende Maßnahmen fallen in den Bereich der Freiraumplanung und Stadtentwicklung. Aufgrund der notwendigen langfristigen Planungen bei einem nachhaltigen Stadtumbau besteht hier ein hoher Handlungsdruck für die Stadtentwicklungsplanung. Anpassungsmaßnahmen für Veränderungen, die sich erst in der Zukunft ergeben, müssen bereits heute beginnen. Freiwerdende Flächen sind im Sinn der Stadtbelüftung einer sorgfältigen Abwägung über die zukünftige Nutzung zu unterziehen.

Anpassungsmaßnahmen auf Quartiersebene

Kurz- und mittelfristig umzusetzende Maßnahmen zur Anpassung der städtischen Infrastruktur an den Klimawandel sind Begrünungs- und Entsiegelungsmaßnahmen im Straßenraum. Ebenfalls kurz- bis mittelfristig umsetzbar ist die Schaffung von kleineren offenen Wasserflächen im Stadtbereich. Maßnahmen einer baulichen Quartiersumgestaltung sind nur mittel- oder langfristig umsetzbar.

Beispielhafte Möglichkeiten zur Klimaanpassung im Quartier

Maßnahme	Beispiel-Fotos	
Dachbegrünung - extensiv - intensiv		
Fassadenbegrünung		
Farbgestaltung und Materialauswahl der Oberflächen - Verkehrsflächen - Hauswände - Nutzflächen		
Bewegtes Wasser - Springbrunnen - Wasserläufe - Wasserwand - Wasserspielplatz		
Beschattung durch Bäume/ Elemente		

Anpassungsmaßnahmen auf Gebäudeebene

Maßgebliche Akteure auf der Gebäudeebene sind Bauherren und Architekten. Der kommunale Einfluss ist bei kommunalem Gebäudebestand gegeben, bei privatem Gebäudebestand reicht er nur bis zur gesetzlichen Einwirkungsebene. Kurz- bis mittelfristig umzusetzende Maßnahmen zur Reduzierung der Hitzebelastung im städtischen Raum auf Gebäudeebene sind Dach- und Fassadenbegrünungen. Veränderungen im Gebäudedesign, wie die Gebäudeausrichtung, Hauswandverschattung, Wärmedämmung und der Einsatz von geeigneten Baumaterialien bezüglich Hitze oder Wasserschäden können als mittelfristige Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel zusammengefasst werden. Neben dem Gebäude an sich wird auch das direkte Gebäudeumfeld betrachtet, z. B. die Gartengestaltung.

Anpassungsmaßnahmen auf Verhaltensebene

Eine stärkere Vernetzung von kommunalen Akteuren, Verbänden, sozialen Einrichtungen, Investoren und der Bürgerschaft ist zukünftig notwendig, um die Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen voranzutreiben. Dazu gehört auch aufzuzeigen, dass Klimaanpassung immer mit einer Aufwertung von Stadtvierteln und einer besseren Lebensqualität verknüpft ist. Das persönliche Verhalten im Fall von Überflutungen, extremer Trockenheit (Brandgefahr, Bewässerung) und Hitze muss an die zukünftigen Klimabedingungen angepasst werden. Für besonders betroffene Personenkreise wie alte und kranke Menschen sind Pläne zur Verhaltensvorsorge aufzustellen.

Der folgende Katalog der Anpassungsmaßnahmensteckbriefe soll den erforderlichen Werkzeugkasten für eine nachhaltige Klimaanpassung in der Region Rhein-Voreifel bereitstellen. Aus dem Zusammenspiel von „Handlungskarte zur Klimaanpassung“, „Maßnahmensteckbriefen“ und „Beispielprojekten“ in den einzelnen Kommunen können zukünftig konkrete Anpassungsprojekte entwickelt und deren Nutzen abgeschätzt werden. Unabhängig von den nachfolgenden Klimaanpassungsmaßnahmen, die in Form von jeweils zweiseitigen Steckbriefen beschrieben werden, gibt es verschiedene **übergeordnete Aspekte**, die für viele oder alle Anpassungslösungen eine Rolle spielen:

- Bei der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen ist die **Zusammenarbeit verschiedener Bereiche innerhalb der Kommune** ein entscheidender und das Ergebnis beeinflussender Faktor. In vielen Kommunen finden einzelne (planerische) Verfahren (z. B. Bauleitplanung, wasserwirtschaftliche Planung, Pachtverträge, kommunalen Gebäudeunterhaltung) überwiegend getrennt oder zeitlich nachgeschaltet statt. Dementsprechend schwer ist es, unterschiedliche Belange in die jeweils anderen planerischen Verfahren einzubringen. Insbesondere die Belange derjenigen kommunalen Fachbereiche, die lediglich als Träger öffentlicher Belange in Planungsverfahren eingebunden sind (z. B. Gesundheit), finden im Rahmen der Umsetzung nur selten Berücksichtigung. Durch eine integrierte Zusammenarbeit der verschiedenen Planungsbereiche zu einem möglichst frühen Zeitpunkt der Maßnahmenplanung besteht die Möglichkeit, die verschiedenen Belange frühzeitig zu bündeln, besser untereinander abzuwägen und möglichst in Einklang zu bringen. Mögliche Zielkonflikte von Maßnahmen können durch eine integrierte Planung mit Beteiligung verschiedener Fachbereiche entschärft, Synergien aufgedeckt und genutzt werden. Durch die integrierte Zusammenarbeit verschiedener Planungsbereiche kann der Besprechungsaufwand in den Kommunen zwar anwachsen, letztlich wird die Planungsarbeit durch frühzeitige Absprachen aber erleichtert und qualitativ verbessert. Teilaspekte dieses Hinweises können in den Kommunen durchaus schon umgesetzt sein.

- Für einige Anpassungslösungen des Handlungskatalogs, wie zum Beispiel Dachbegrünungen oder die Begrünung von Straßenzügen, müssen zuvor die **baulich-technischen Voraussetzungen** wie Dachstatik oder der Verlauf von Leitungstrassen und Kanälen im Straßenbereich abgeklärt werden. Grundlagen aus dem Fachinformationssystem des LANUV NRW, wie beispielsweise ein Gründachkataster, können dazu erste Anhaltspunkte geben.
- Ein effizienter Einsatz von Anpassungslösungen ist nur dann möglich, wenn man in der Lage ist, Bereiche zu identifizieren, in denen ein Handlungsbedarf besteht (z. B. über die Handlungskarte Klimaanpassung, siehe Kapitel 3.1), und abzuschätzen, mit welcher Strategie und mit welchem Einsatz ein möglichst hoher **Kosten-Nutzen-Quotient** erreicht wird. Sollen Auswirkungen einer beabsichtigten Veränderung der Stadtstruktur durch große, komplexe Vorhaben vorausgesagt werden, ist der Einsatz eines numerischen Simulationsmodells (z.B. ENVI-Met) eine sinnvolle Lösung.
- Übergeordneter Aspekt für fast alle Anpassungslösungen ist auch die **Schaffung eines Bewusstseins** für die Umsetzungsbereitschaft von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel. Neben der Politik sind hier auch die beteiligten Akteure und die Bürgerschaft angesprochen. Diese Überlegungen stellen grundsätzliche Voraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen dar und sollten deshalb am Anfang stehen. Neben den öffentlichen Institutionen sind auch die Bürgerinnen und Bürger aufgerufen, sich in Zukunft verstärkt mit den Fragen des Klimawandels und den Möglichkeiten zur Anpassung im eigenen Umfeld zu engagieren. Bürgerinnen und Bürger treffen Entscheidungen in ihrem privaten Umfeld und können somit einen wichtigen Beitrag zur Klimaanpassung leisten. Das eigene Haus, der eigene Garten und angrenzende Bereiche bieten dazu ein großes Betätigungsfeld. Nicht zuletzt auch gewerbliche und industrielle Investoren können durch ihre raumbestimmenden Entscheidungen einen wichtigen Beitrag zum Gelingen des Anpassungsprozesses beisteuern. Daher sind die Information und aktive Beteiligung von Akteuren, Bürgerinnen und Bürgern sowie von privaten Einrichtungen an den Planungen und Umsetzungen für eine klimaangepasste Stadt besonders wichtig. Ziele dieser Maßnahmen sind neben der Informationsvermittlung vor allem der aktive Einbezug der Beteiligten in Planung und Umsetzung.
- Nicht an jedem Ort innerhalb eines Siedlungsgebietes ist es aus stadtklimatischer Sicht sinnvoll, Begrünungen vorzunehmen. Zusätzlich spielt die **Art der Begrünung** eine große Rolle. Beispielsweise ist bei Bäumen ihre Gestalt von entscheidender Bedeutung: Bäume mit breiten, tief ansetzenden Kronen können Frischluftschneisen beeinträchtigen und somit zumindest örtlich einen negativen Effekt bewirken. Gleiches gilt für breite Strauchbeete mit relativ hochwachsenden Bodendeckern und Hecken, die ebenfalls eine Barriere für schwache Luftströmungen darstellen könnten, wenn sie andererseits auch eine günstige Staubfilterwirkung aufweisen. Das Spektrum an Arten und innerartlichen Sippen bei Begrünungsmaßnahmen in Siedlungen umfasst ein breit gefächertes Inventar, das von heimischen Waldbäumen und Heckensträuchern bis hin zu gärtnerisch generierten Sorten gebietsfremder bis exotischer Gehölzarten reicht. Grundsätzlich sollten die Begrünungselemente in erster Linie der thermischen und der lufthygienischen Komponente des Stadtklimas dienlich sein. Um dem Biodiversitätsschutz entgegen zu kommen, sollte dann die Schnittmenge mit entsprechenden Arten gesucht werden. Dabei muss die ökologische Anpassung an den Ist-Zustand und gleichzeitig an die anzustrebende Klimaanpassung erfolgen. Ein grundsätzliches Patentrezept existiert allerdings nicht, welches eine Allgemeingültigkeit für alle Standortsituationen selbst bei sonst maximaler Vergleichbarkeit versprechen kann. Hinzu kommt, dass bestimmte Eigenschaften von Pflanzen, die als geeignet erscheinen, andererseits hinsichtlich eines anderen

Klimafaktors wiederum ungünstig sein können. So sind Bäume mit großflächigen Blättern als Feinstaubfilter zunächst günstig, eine große Blattoberfläche kann aber ein Problem für zunehmende Trockenheit sein, weil eine höhere Verdunstungsrate erzielt wird; andererseits sind Bäume mit schmalen Blättern besser widerstandsfähig gegenüber Verdunstung, fangen aber erheblich weniger Feinstaub ab. In Wohnvierteln ist der Fokus auf eine gute Verdunstungsleistung und damit Kühlung der Umgebungsluft zu lenken. Schließlich existieren art- und sortenspezifische Wirkungen, die trotz laufender Forschungsprojekte und bereits existenter Arten- und Sortenlisten (für Stadt- bzw. Straßenbäume) nur teilweise bekannt sind. Es ist damit für den jeweilig zu betrachtenden Einzelfall – der jeweilige Straßenzug, die jeweilige Siedlung – nach einer Lösung zu suchen. Baumlisten für andere Städte, wie beispielsweise Düsseldorf, sind bedingt nutzbar. Die Listen geeigneter Stadtbäume werden ständig aufgrund neuer Erkenntnisse fortgeschrieben, die Nutzung der jeweils aktuellen Listen ist deshalb notwendig.

Die im folgenden Katalog der Maßnahmensteckbriefe zur Klimaanpassung zusammengestellten Klimaanpassungsmaßnahmen sind, jeweils als doppelseitiger Steckbrief, unterteilt nach unterschiedlichen Klimafolgen (Hitze und Wasser) und Maßstabsebenen. Der farblich markierte räumliche Bezug unterscheidet:

- Maßnahmen zur Anpassung auf regionaler/ kommunaler Ebene (grün, Steckbriefe S1 bis S5)
- Maßnahmen zur Anpassung auf Quartiersebene (gelb, Steckbriefe Q1 bis Q19)
- Klimaanpassungsmaßnahmen auf Gebäudeebene (rot, Steckbriefe G1 bis G7).
- Maßnahmen zur Anpassung auf Verhaltensebene (weiß, Steckbriefe V1 bis V3):

Zusätzlich werden die Maßnahmen, die in erster Linie der Hitzereduktion dienen, mit einem orangen Titel-Balken gekennzeichnet, Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge mit einem blauen Titel-Balken. Insgesamt umfasst der Maßnahmenkatalog 34 Steckbriefe.

Musteraufbau der Steckbriefe

Titel	**Maßnahmen zur Hitzereduktion**		Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge	
Räuml. Bezug	Kommunale Ebene	Quartier	Gebäude	Verhalten
Relevanz				
Beschreibung				

Zusammenstellung aller Maßnahmensteckbriefe:

S1:	Erhalt und Schaffung von Luftleitbahnen
S2:	Erhalt und Schaffung von Frischluftentstehungsflächen
S3:	Freihalten von Hängen und Luftschneisen
S4:	Festlegen von Siedlungsgrenzen
S5:	Aktivierung der Bodenkühlleistung

Q1:	Parkanlagen schaffen, erhalten und optimieren
Q2:	Erhalt und Schaffung von Mikrogrün
Q3:	Begrünung von Straßenzügen
Q4:	Auswahl von klimawandelangepassten Pflanzenarten
Q5:	Bewässerung urbaner Vegetation
Q6:	Einsatz von bodenbedeckender Vegetation; Vermeidung oder künstliche Abdeckung unbewachsener Bodenflächen
Q7:	Verschattung des öffentlichen Raums/ Plätze
Q8:	Offene Wasserflächen schaffen
Q9:	Materialauswahl bei Verkehrs- und Nutzflächen
Q10:	Klimasensible Nachverdichtung in hitzebelasteten Bereichen
Q11:	Rückbau versiegelter Flächen
Q12:	Geeignete Bepflanzung urbaner Flächen zur Verbesserung der Durchlässigkeit der oberen Bodenschicht (Durchwurzelung)
Q13:	Verbesserung bzw. Ermöglichung der Versickerung: Flächenversickerung
Q14:	Verbesserung bzw. Ermöglichung der Versickerung: Technische Bauwerke
Q15:	Schaffung von Niederschlagswasserzwischenspeichern: Retentionsbecken
Q16:	Schaffung von Niederschlagswasserzwischenspeichern: Wasserplätze
Q17:	Schaffung von Notwasserwegen
Q18:	Unterführungen mit beidseitigen Entwässerungs-/ Versickerungsgräben
Q19:	Klimagerechter Parkplatz

G1:	Dachbegrünung
G2:	Fassadenbegrünung
G3:	Gebäudeausrichtung, Ausstattung und Innenraumplanung optimieren
G4:	Hauswandverschattung, Wärmedämmung
G5:	Geeignete Baumaterialien und Farben verwenden
G6:	Wasserrückhalt in Gebäuden
G7:	Maßnahmen des Objektschutzes

V1:	Ausarbeitung von Checklisten für Planer und private Bauherren
V2:	Warnsysteme, Aktionspläne – Themenfeld Hitze
V3:	Erstellung eines Starkregenmanagements

Titel	S1: Erhalt und Schaffung von Luftleitbahnen
Räuml. Bezug	Stadtebene
Relevanz	Sehr hoch
Beschreibung	Luftleitbahnen verbinden Kaltluftentstehungsgebiete oder Frischluftflächen mit überwärmten städtischen Bereichen und sind somit ein wichtiger Bestandteil des städtischen Luftaustausches. Insbesondere bei austauscharmen Wetterlagen sind sie klimarelevant, da über sie geringer belastete Luftmassen in die belasteten Räume der Stadt transportiert werden (VDI 2003). Luftleitbahnen lassen sich in drei Kategorien einteilen (Weber & Kuttler 2003): • **Ventilationsbahnen** gewährleisten einen Luftmassentransport unabhängig von der thermischen oder lufthygienischen Ausprägung. • **Kaltluftbahnen** transportieren kühle, aber hinsichtlich der lufthygienischen Situation nicht näher spezifizierte Luftmassen. • **Frischluftbahnen** leiten lufthygienisch unbelastete, thermisch aber nicht näher differenzierte Luftmassen. Bahnlinien als Luftleitbahn (Recklinghausen, Foto: K.PLAN) Nach Mayer et al. (1994) sollten effiziente Ventilationsbahnen folgende Mindesteigenschaften aufweisen: eine aerodynamische Rauhigkeit (Unebenheit der Oberfläche) von ≤ 0,5 m bei einem Längen-/Breitenverhältnis von 20:1 (Länge ≥ 1000 m, Breite ≥ 50 m). Das Relief innerhalb und außerhalb eines Stadtkörpers kann im Fall von Tälern zusätzlich zu Kanalisierungseffekten führen. Hierdurch kann frische, kühle Umlandluft weit in den Stadtkörper hineingeführt werden. In Strahlungsnächten kann auch bei entgegengesetzter Strömung in der freien Atmosphäre bodennahe Kaltluft in die Bebauung vordringen und zu einer lokalen Abkühlung im Bereich der städtischen Bebauung führen. Häufig erschweren bereits bestehende Stadtstrukturen die Belüftung über Luftleitbahnen, so dass zumindest die Sicherung von bestehenden Belüftungszonen angestrebt werden sollte. Ein weiterer, den Austausch hemmender Faktor ist in der Wirkung von hoher und dichter Vegetation (Sträucher und Bäume) als Strömungshindernis im Bereich von Luftleitbahnen zu sehen. Hier führt die Vegetation zur Reduzierung der bodennahen Windgeschwindigkeit („Windfänger“), so dass der Austausch erschwert sein kann. Besonders nachteilig wirkt sich dieser Effekt auf strahlungsnächtliche, häufig nur schwach ausgebildete Kaltluftabflüsse aus.

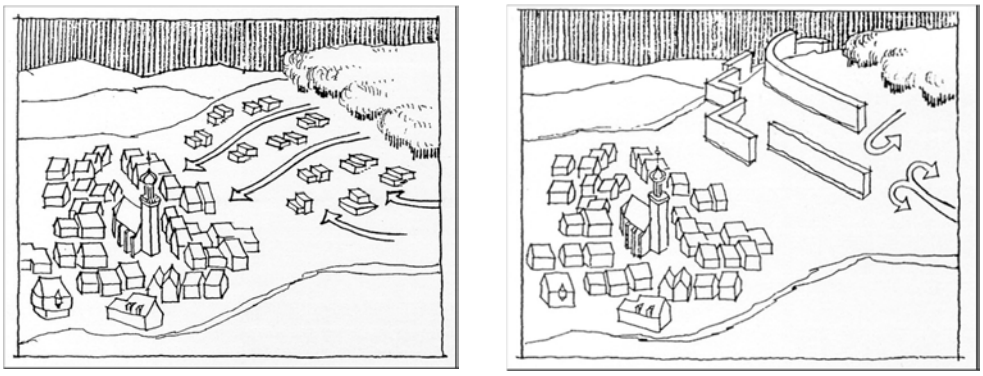
Erwartete Auswirkungen	Hitze	☐ Hitzereduktion tagsüber ☑ Hitzereduktion nachts ☑ Versorgung mit Frischluft
	Wasser	☑ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung
		☐ Objektschutz
Synergien		- Reduzierung des Oberflächenabflusses bei Starkniederschlägen durch Versickerung auf unversiegelten Flächen, Regenrückhaltung - Flächen zur Naherholung und für den Biotop- und Artenschutz - Verbesserung der Luftqualität - Aufenthaltsqualität erhöhen
Zielkonflikte		- Kompakte Stadtstrukturen im Sinne der Verkehrsvermeidung (Klimaschutz) und Landschaftszersiedelung - Erhöhung der Windgeschwindigkeiten bei Sturmereignissen möglich
Akteure		❖ Fachbereiche Umwelt, Planung, Stadtgrün, Regionalplanung
Kooperationspartner		• Grundstückseigentümer, z. B. Landwirte
Zielgruppe		♦ Bewohner in dicht bis sehr dicht bebauten Stadtteilen
Umsetzungsinstrumente		- Darstellungen und Festsetzungen im FNP (nach § 5 Abs. 2 BauGB) und in B-Plänen (nach § 9 Abs. 1 BauGB) - Frischluftschneisen als zeichnerische Darstellung in Flächennutzungspläne übernehmen, Grünentwicklungspläne aufstellen - In der Begründung zum FNP (§ 5 Abs. 5 BauGB) beziehungsweise B-Plan (§ 9 Abs. 8 BauGB) besonders auf die lokalklimatische Bedeutung Flächen für die Frischluftversorgung des Siedlungsraumes eingehen - Ökokonto, CEF-Maßnahmen

Titel	S2: Erhalt und Schaffung von Frischluftentstehungsflächen
Räuml. Bezug	Stadtebene
Relevanz	Sehr hoch
Beschreibung	Als frischluftproduzierende Gebiete gelten vegetationsgeprägte Freiflächen wie Wälder und Parkanlagen sowie landwirtschaftlich genutzte Flächen wie Acker und Grünland. Die Entstehung von Kalt- und Frischluft über einer natürlichen Oberfläche wird durch die thermischen Stoffeigenschaften des Oberflächensubstrates bestimmt. So speichern Böden mit hoher Dichte die Wärme besser und sind daher schlechtere Kaltluftproduzenten als solche mit geringer Dichte und damit geringerer Wärmespeicherfähigkeit (VDI 2003). Feld- und Wiesenflächen kühlen stärker aus und produzieren damit mehr Kaltluft als Waldgebiete. Zusätzlich ist die Wirksamkeit von Frischluftflächen stark von deren Größe abhängig. Durch den Erhalt und die Schaffung zusätzlicher frischluftproduzierender Flächen und deren Vernetzung kann eine Verstärkung ihrer Wirksamkeit erzielt werden. Die Anbindung der Innenstadt an Frischluftflächen trägt zur Unterbrechung oder Abschwächung von Wärmeinseln bei und schafft stadtklimatisch relevante Regenerationsräume. Diese Anbindung über Luftleitbahnen (siehe Maßnahme S1 „Luftleitbahnen“) sollte möglichst ohne Anreicherung mit Schadstoffen erfolgen. Kaltluftbildende Freiflächen (Neuss, Foto: K.PLAN) Flächen, die aufgrund des industriellen und demographischen Wandels frei werden, sollten im Rahmen der Stadtplanung auf ihre Relevanz für ein funktionierendes Stadtbelüftungssystem hin geprüft werden. Bei Wiedernutzung sollte eine klimaangepasste Planung vorgesehen werden. Das Leitbild der kompakten Stadt mit kurzen Wegen, das als dominierendes Siedlungsstrukturkonzept unter den städtebaulichen Leitbildern gilt, kollidiert jedoch stark mit den Maßnahmen zur Schaffung und zum Erhalt von Freiflächen, so dass hier ein Abwägungsprozess stattfinden muss. Zwischen dem Freihalten von innerstädtischen Flächen und den Zielen einer klimaschonenden Stadtentwicklung ergeben sich häufig Zielkonflikte. Eine Bebauung von Freiflächen führt zu kompakten Siedlungsstrukturen, die flächen-, verkehrs- und energiesparend sind. Andererseits wird durch die Verdichtung der Bebauung der Wärmeinseleffekt verstärkt. Eine sorgfältige Gestaltung und Vernetzung innerstädtischer Freiflächen kann den negativen Effekten der Verdichtung entgegenwirken.

Erwartete Auswirkungen	Hitze	☑ Hitzereduktion tagsüber ☑ Hitzereduktion nachts ☑ Versorgung mit Frischluft
	Wasser	☑ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung
		☐ Objektschutz
Synergien		- Deutliche Trennung der Stadtteile im Außenbereich - Stadtnahe Erholungsgebiete - Innerstädtischer Biotopverbund, Biodiversität - Luftreinhaltung, Retentionsfläche
Zielkonflikte		- Neuausweisung von Wohnbauflächen bei Bevölkerungszunahme - Neuausweisung von Industrie- und Gewerbeflächen
Akteure		❖ Fachbereiche Umwelt, Planung, Stadtgrün, Regionalplanung
Kooperations-partner		• Grundstückseigentümer, z. B. Landwirte
Zielgruppe		♦ Bewohner in dicht bis sehr dicht bebauten Stadtteilen
Umsetzungsin-strumente		- Verschiedene Darstellungen im FNP (nach § 5 Abs. 2 BauGB) und Festsetzungen in B-Plänen (nach § 9 Abs. 1 BauGB) - In der Begründung zum FNP (§ 5 Abs. 5 BauGB) beziehungsweise B-Plan (§ 9 Abs. 8 BauGB) besonders auf die lokalklimatische Bedeutung der betreffenden Flächen für die Frischluftversorgung des Siedlungsraumes eingehen - Biotopverbundplanung, Fachbereich Stadtgrün

Anmerkungen:

Freiflächen in direkter Randlage zu den Siedlungsgebieten oder zwischen großflächigen Industrie- und Gewerbegebieten sind aufgrund ihrer sehr bedeutenden Funktion als schutzwürdig eingestuft. Freiflächen mit einer Lage direkt in einer Luftleitbahn oder mit einem direkten Anschluss an diese sind ebenfalls hoch schutzwürdig, da sie wirkungsvolle kühle Frischluft für die verdichteten Stadtteile bereitstellen können.

Titel	S3: Freihalten von Hängen und Luftschneisen
Räuml. Bezug	Stadtebene
Relevanz	Sehr hoch
Beschreibung	Große Freiflächen mit Kaltluftproduktion und Tallagen mit Fließrichtung Stadt gelten als besonders sensible Flächen zur Stadtbelüftung, die auch bei Schwachwind zu einer Stadtbelüftung durch Kaltlufttransport beitragen. Dabei spielt die Hangneigung und die relative Lage zum Siedlungsgebiet eine wichtige Rolle für die Klimarelevanz einer Fläche. Damit Frischluft auch bei schwachen Windströmungen von außen in die Stadt gelangen kann, darf die Bebauung am Stadtrand keine abriegelnden Bebauungsgürtel bilden (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg 2012). Hänge entlang von Kaltluftbahnen sollten von hangparalleler Riegelbebauung freigehalten werden. Negative Auswirkungen des Reliefs entstehen dort, wo die Talsohle und die Talhänge urbane Flächennutzungen aufweisen. Die Bebauung kann die bodennahe Ventilation verringern. Im ungünstigsten Fall bildet eine quer zur Talachse oder längs zur Hangausrichtung orientierte Bebauung einen Strömungsriegel (siehe Abbildung), der bei schwachen Bodenwinden eine Ventilation der leeseitigen Bebauung beeinträchtigen kann. Hangbebauungen sollten, wo nicht auf sie verzichtet werden kann, mit großen Abständen und mit niedrigen Höhen erfolgen. Die positive Wirkung von Lüftungsschneisen entsteht nur bei zusammenhängenden Freiflächen (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg 2012). Bei Berücksichtigung dieser Aspekte ist es möglich, einen Zielkonflikt zwischen den positiven Auswirkungen von Hangbebauungen aus energetischen Gesichtspunkten für den Klimaschutz und den Anforderungen der Stadtbelüftung zu vermeiden.  Durchlässige Hangbebauung (links) und hangparallele Zeilenbebauung mit Riegelwirkung (rechts) (Quelle: Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg 2012) In geringerem Maße gilt dies auch für großflächige Aufforstungen im Bereich von hangabwärts gerichteten Belüftungsbahnen. Dichter Wald kann diese Belüftung behindern, besonders nachteilig wirkt sich dieser Effekt auf strahlungsnächtliche, häufig nur schwach ausgebildete Kaltluftabflüsse aus. Einzelbäume und lichte Baumgruppen sind dagegen unschädlich für die Luftströmung.

Erwartete Auswirkungen	Hitze	☑ Hitzereduktion tagsüber ☑ Hitzereduktion nachts ☑ Versorgung mit Frischluft
	Wasser	☑ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung
		☐ Objektschutz
Synergien	- Verbesserung der Luftqualität	
Zielkonflikte	- Kompakte Stadtstrukturen im Sinne des Klimaschutzes - Aufforstung	
Akteure	❖ Fachbereiche Umwelt, Planung, Stadtgrün, Regionalplanung	
Kooperations-partner	• Investoren, Architekten	
Zielgruppe	♦ Bewohner in dicht bis sehr dicht bebauten Stadtteilen	
Umsetzungsin-strumente	- Festsetzen der Stellung der baulichen Anlagen (nach § 9 (1) Nr. 2 BauGB) in B-Plänen - Festsetzen von Art und Maß der baulichen Nutzung (nach § 9 (1) Nr. 1 BauGB), konkretisiert insbesondere durch §§ 16 (3), 17, 19 BauNVO und von Mindest-maßen der Baugrundstücke und von Höchstmaßen für Wohnbaugrundstücke (nach § 9 (1) Nr. 3 BauGB) in B-Plänen - Frischluftschneisen als zeichnerische Darstellung in Flächennutzungspläne übernehmen - Biotopverbundplanung - Wettbewerbsausschreibungen - (Städtebauliche) Verträge - Gestaltungssatzungen und Gestaltungsfestsetzungen im B-Plan	

Titel	S4: Festlegen von Siedlungsgrenzen
Räuml. Bezug	Stadtebene
Relevanz	Sehr hoch
Beschreibung	Um auch bei schwachen Strömungen eine ausreichende Stadtbelüftung zu gewährleisten, ist eine geringe Flächenausdehnung und Bebauungsdichte der Siedlungskörper erforderlich. So kann durch das Heranführen von Frisch- und Kaltluft aus der Umgebung die Hitzebelastung in den Innenstädten deutlich abgemildert und die lufthygienische Situation dort verbessert werden.

Siedlungsrand (Recklinghausen, Foto: K.PLAN)

Im Umland einer Stadt sollten daher ausreichend Freiflächen für den Luftaustausch mit der Innenstadt zur Verfügung stehen. Insbesondere wenn nur wenige Freiflächen als Pufferraum zwischen dicht nebeneinander liegenden Stadtteilen vorhanden sind oder durch weitere Baumaßnahmen mit einer Einschränkung der Frischluftzufuhr zu rechnen ist, sollten im Ortsrandbereich klimatische Baugrenzen angestrebt werden. Damit kann der Erhalt klimatisch wertvoller Freiräume gesichert und einer Zersiedelung des Stadtgebietes entgegengewirkt werden.

Um ein Zusammenwachsen der Siedlungsgebiete außerhalb des innerstädtischen Bereichs zu verhindern, sollten die Freilandbereiche zwischen den Siedlungsflächen und vor allem zwischen Siedlungs- und Gewerbegebieten vor Bebauung geschützt werden.

Innerstädtische Grünzüge sollten – wo immer möglich – vernetzt werden. Zur Sicherung der Stadtbelüftung über innerstädtische Grünzüge und Frischluftschneisen können auch diese Räume durch Festsetzung von Siedlungsgrenzen freigehalten werden.

Durch das Anstreben von klimatischen Baugrenzen werden somit folgende Ziele verfolgt:

- Schutz des Außenraumes vor weitergehender Bebauung
- Schutz innerstädtischer Regenerationsflächen vor zusätzlicher Bebauung

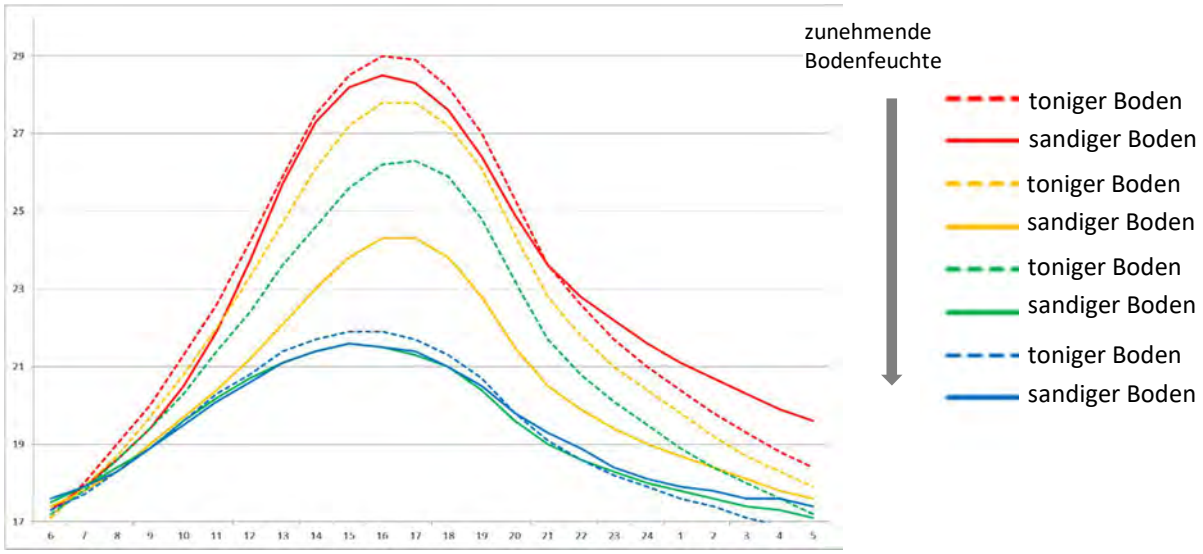
Eine sorgfältige Gestaltung der verbleibenden innerstädtischen Freiflächen und Stadtrandflächen kann den negativen Effekten der Verdichtung entgegenwirken.

Erwartete Auswirkungen	Hitze	☑ Hitzereduktion tagsüber ☑ Hitzereduktion nachts ☑ Versorgung mit Frischluft
	Wasser	☑ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung
		☐ Objektschutz
Synergien		- Kompakte Stadtstrukturen im Sinne der geringen Landschaftszersiedelung - Sicherung von Freiflächen für die Regenwasserversickerung - Grünentwicklung und Biotopverbundplanung
Zielkonflikte		- Ausweisung von Wohnbauflächen bei Bevölkerungszunahme - Ausweisung von Gewerbegebieten
Akteure		❖ Fachbereiche Umwelt, Planung, Stadtgrün, Regionalplanung
Kooperations-partner		• Grundstückseigentümer, z. B. Landwirte
Zielgruppe		♦ Bewohner in dicht bis sehr dicht bebauten Stadtteilen
Umsetzungsin-strumente		- Darstellen von Bauflächen und Baugebieten im FNP - Festsetzen von Art und Maß der baulichen Nutzung (nach § 9 (1) Nr. 1 BauGB), Festsetzen der Bauweise, der überbaubaren und der nicht überbaubaren Grundstücksflächen sowie der Stellung der baulichen Anlagen (nach § 9 (1) Nr. 2 BauGB) in B-Plänen - Freiraumplanung, GEP, Biotopverbundplanung - In der Begründung zum FNP (§ 5 Abs. 5 BauGB) beziehungsweise B-Plan (§ 9 Abs. 8 BauGB) besonders auf die lokalklimatische Bedeutung der betreffenden Flächen für die Frischluftversorgung des Siedlungsraumes eingehen.

Titel	S5: Aktivierung der Bodenkühlleistung
Räuml. Bezug	Stadtebene
Relevanz	Sehr hoch
Beschreibung	Eine bisher wenig beachtete Möglichkeit, um der durch den Klimawandel zunehmenden städtischen Überwärmung entgegenzuwirken, ist der Schutz oder die Wiederherstellung und die gezielte Nutzung der sogenannten Kühlfunktion des Bodens. Die natürliche Kühlleistung der Böden ist durch Versiegelung, Grundwasserabsenkungen und Bodenveränderungen in vielen Städten bereits heute in großem Umfang stark reduziert. Von großer Bedeutung für die Klimaanpassung im städtischen Raum ist die Einbindung von Kaltluftproduktionsflächen und Frischluftschneisen in die Maßnahmen zur Reduktion der sommerlichen Hitzeinsel. Dabei wird von einer grundsätzlichen Kühlleistung von unversiegelten Flächen ausgegangen, und die Sicherung innerstädtischer Grünanlagen und Frischluftschneisen ist aktuell ein Thema in der Stadtplanung. Die gigantischen Energietransferleistungen des Bodens, die durch „Versiegelung“ unterbunden werden, lenken den Blick auf das Potential der Böden zur Kühlung der städtischen Atmosphäre. Bodenraumeinheiten mit hohen und mittleren Bodenkühlleistungen, die ehemals vorhanden waren, treten in urban geprägten Räumen kaum noch auf, bedingt durch mächtige Aufschüttungen und die heute dominierenden urban-industriellen Böden. Somit bieten die überprägten Böden Potentialflächen z.B. für Ausgleichsmaßnahmen, um der innerstädtischen Überwärmung durch Verbesserung dieser Böden auf nachhaltige Art entgegenzuwirken. Profil eines typischen Stadtbodens mit sehr geringem Kühlleistungspotential (Foto: K.PLAN) Um einer weiteren Erwärmung der Städte entgegenzuwirken, sollten Böden mit hohen pflanzenverfügbaren Wasserspeicherleistungen und/oder Grundwasseranschluss in stadtklimatisch relevanten Frischluftschneisen und Erholungsräumen von Überbauung, Abgrabung und Aufschüttung freigehalten werden. Diese Böden wirken ganzjährig ausgleichend auf die Lufttemperaturen und kühlend in den Sommermonaten.

Erwartete Auswirkungen	Hitze	☐ Hitzereduktion tagsüber ☑ Hitzereduktion nachts ☑ Versorgung mit Frischluft
	Wasser	☑ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung
		☐ Objektschutz
Synergien	- Bodenschutz	
Zielkonflikte	- Ausweisung von Wohn-, Gewerbe- und Industriegebieten	
Akteure	❖ Fachbereiche Umwelt, Planung, Stadtgrün	
Kooperations-partner	• Landwirte	
Zielgruppe	♦ Bewohner in dicht bis sehr dicht bewohnten Stadtteilen	
Umsetzungsin-strumente	- In der Begründung zum FNP (§ 5 Abs. 5 BauGB) beziehungsweise B-Plan (§ 9 Abs. 8 BauGB) besonders auf die lokalklimatische Bedeutung der betreffenden Flächen für die Frischluftversorgung des Siedlungsraumes eingehen. - Bodenschutzmanagement - Ausgleichsmaßnahmen	

Die **Wärmespeicherkapazität** und die **Wärmeleitfähigkeit** eines Bodens spielen die entscheidende Rolle für die Aufheizung der Bodenoberfläche und damit der darüberliegenden Luftschichten. Versiegelte Böden sind deshalb in der Regel deutlich wärmer als die Luft und führen zur Aufheizung, während Freilandflächen im Laufe des Abends und der Nacht kühlend auf die Luft wirken. Die Größe der Bodenwasserspeicherkapazität ist sehr wichtig für die Klimawirksamkeit der Böden. Wie viel Wasser den Pflanzen zur Verdunstung zur Verfügung steht, ist vom Aufbau und den Eigenschaften eines Bodens abhängig.



Simulierte Tagesgänge der Lufttemperaturen (2 m Höhe) über Freiland mit Variation der Bodenart und -feuchte

Titel	Q1: Parkanlagen schaffen, erhalten und optimieren
Räuml. Bezug	Quartiersebene
Relevanz	Sehr hoch
Beschreibung	Urbane Grünflächen haben eine hohe Bedeutung für das Lokalklima, da von ihnen eine kühlende Wirkung ausgeht. Tagsüber führt eine Freifläche, die idealerweise aus Wiese mit Sträuchern und lockerem Baumbestand besteht, durch Schattenwurf und Energieverbrauch aufgrund von Evapotranspiration zu einem thermisch ausgleichenden Bereich für die bebaute Umgebung. Nachts können Freiflächen durch Kaltluftbildung und Luftaustausch kühlend auf die Umgebung wirken.

Klimamessungen im Revierpark Gysenberg (Foto: K.PLAN)

Untersuchungen haben gezeigt, dass Kühlungseffekte ab einer Parkgröße von 2,5 ha zu messen sind und die Reichweite der kühlenden Wirkung eines innerstädtischen Parks etwa dem Durchmesser des Parks entspricht (Upmanis et al. 1998). Diese Wirkung ist bereits bei kleineren Grünflächen ab ca. 500 m^2 nachzuweisen. Umliegende Bebauungsstrukturen können dann im Nahbereich (< 200 m) profitieren.

Eine klimatische Fernwirkung über die direkt anschließende Bebauungsreihe hinaus ergibt sich erst bei ausgedehnten Parkanlagen ab 50 ha (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg 2012). Bei einer engen Vernetzung (Biotopverbund) tragen auch kleinere Grünflächen zur Abmilderung der Wärmeinsel bei.

Als klimawirksame Grünflächen zählen auch große innerstädtische Friedhöfe, insbesondere wenn sie mit einem hohen Baumbestand ausgestattet sind. Parkanlagen mit einem dichten Baumbestand haben einen Oaseneffekt, der für die unmittelbare Klimaverbesserung vor Ort wichtig ist für die Bevölkerung. Bei einer offenen Gestaltung der Parkanlagen zur angrenzenden Bebauung hin kann die positive Klimawirkung weiter in die Umgebung hineinwirken.

Erwartete Auswirkungen	Hitze	☑ Hitzereduktion tagsüber ☑ Hitzereduktion nachts ☑ Versorgung mit Frischluft
	Wasser	☑ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung
		☐ Objektschutz
Synergien		- Erweiterung der Multifunktionalität von Friedhöfen und Kleingartenanlagen - Attraktivitätssteigerung von Innenstädten - Lebensqualität sichern - Naherholung, Gesundheitsvorsorge
Zielkonflikte		- Ausweisung von zentrumsnahen Wohnbauflächen
Akteure	❖	Fachbereiche Umwelt, Planung, Stadtgrün, Regionalplanung
Kooperationspartner	•	Grundstückseigentümer, Nutzer, Naturschutzverbände, Landschaftsarchitekten
Zielgruppe	♦	Bewohner in den jeweils angrenzenden Stadtquartieren
Umsetzungsinstrumente		- Darstellen von Grünflächen wie Parkanlagen (nach § 5 (2) Nr. 5 BauGB) im FNP - Grünordnungsleitplan - Festsetzen der öffentlichen und privaten Grünflächen wie Parkanlagen (nach § 9 (1) Nr. 15 BauGB) in B-Plänen

Die vorhandenen Grünanlagen sind auch aus klimatischen Gründen unersetzbar. Sie führen zu einer Abschwächung und Begrenzung der innerstädtischen Wärmeinsel ebenso wie sie Rückzugsorte an heißen Tagen darstellen. Der Erhalt der bestehenden Parkanlagen, Friedhöfe, Kleingärten und der privaten Gärten sowie deren Vernetzung untereinander und mit den Freiflächen im Außenbereich sind dringend anzustreben.

Titel	Q2: Erhalt und Schaffung von Mikrogrün
Räuml. Bezug	Quartiersebene
Relevanz	Sehr hoch
Beschreibung	Neben der Bedeutung von Grünflächen als Gliederungselement in den städtischen Siedlungsräumen ist ihre Funktion als innerstädtische Ausgleichsfläche besonders hervorzuheben. Die klimatische Reichweite innerstädtischer Freiflächen variiert dabei in Abhängigkeit von der Flächengröße, ihrer Ausgestaltung mit Grün sowie ihrer Anbindung an die Bebauung. Bei einer ausreichenden Flächengröße ist eine klimaregulierende Funktion der Grünflächen gewährleistet. Eine besondere Funktion kommt den Grüngürteln als Trennungselement zwischen Wohngebieten und emittierenden Industrie- und Gewerbegebieten oder stark befahrenen Straßen zu. Hier bewirken sie durch eine Abstandsfunktion eine Verdünnung von Luftschadstoffen. Darüber hinaus fördern Grünzüge durch die Entstehung kleinräumiger Luftaustauschprozesse eine Unterbrechung von Wärmeinseln. Bei einer engen Vernetzung und einer stadträumlich sinnvollen Anordnung tragen daher auch kleinere Grünflächen zur Abmilderung des Wärmeinseleffekts bei. Kleine, isoliert liegende Grünflächen, wie z. B. begrünte Innenhöfe zeigen zwar keine über die Fläche hinausreichende Wirkung, nehmen aber als „Klimaoasen“ (sogenannte „Pocket-Parks“) gerade in den dicht bebauten Innenstädten wichtige Aufgaben als lokale Freizeit- und Erholungsräume wahr. Begrünter Innenhof (Herne, Foto: K.PLAN) Das größte Hindernis bei der Schaffung von innerstädtischen Grünflächen ist der Platzmangel. Um mehr Vegetationsflächen zu schaffen, sollten daher auch unkonventionelle Möglichkeiten wie das Begrünen von Straßenbanketten genutzt werden. Die ökologischen Effekte von Rasen oder Vegetationsmatten erreichen bei Weitem nicht die von Bäumen und Sträuchern, führen jedoch zu einem zeitverzögerten Niederschlagsabfluss, erhöhter Verdunstung und Abkühlung.

Erwartete Auswirkungen	Hitze	☑ Hitzereduktion tagsüber ☑ Hitzereduktion nachts ☐ Versorgung mit Frischluft
	Wasser	☑ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung
		☐ Objektschutz
Synergien		- Attraktivitätssteigerung von Innenstädten - Lebensqualität sichern
Zielkonflikte		- Ausweisung von zentrumsnahen Wohnbauflächen - Pflegeaufwand
Akteure	❖	Fachbereiche Umwelt, Planung, Stadtgrün, kommunale Servicebetriebe (Bauhof)
Kooperations-partner	•	Grundstückseigentümer, Nutzer, Straßenbau, Naturschutzverbände
Zielgruppe	♦	Bewohner in dicht bis sehr dicht bebauten Stadtteilen
Umsetzungsin-strumente		- Festsetzen von öffentlichen und privaten Grünflächen wie Parkanlagen, Dauerkleingärten, Sport-, Spiel-, Zelt- und Badeplätze, Friedhöfe (nach § 9 (1) Nr. 15 BauGB) in B-Plänen

Aufgrund des Platzmangels in Innenstädten können hier keine größeren Flächen entsiegelt und begrünt werden. Da in diesem Bereich aber ein auffälliger Mangel an Grünflächen herrscht, müssen auch kleinste Flächen wie Straßenbankette, Baulücken, Innenhöfe, Plätze, Stellplätze und Garagenhöfe zur Begrünung genutzt werden.

Begrünte Straßenbankette (Herne, Foto: K.PLAN)

Weitere Möglichkeiten bieten die Kombinationen mit Begrünungen von Straßenzügen (siehe Steckbrief Q3) und von Gebäuden (Steckbriefe G1 und G2).

Titel	Q3: Begrünung von Straßenzügen
Räuml. Bezug	Quartiersebene
Relevanz	Hoch
Beschreibung	Im innerstädtischen Bereich kann eine Aufheizung der Luft durch Begrünung von Straßenzügen mit Bäumen und Sträuchern vermindert werden. Der Schattenwurf der Vegetation sowie Verdunstung und Transpiration der Pflanzen reduzieren die Aufheizung der versiegelten Stadtbereiche. Im Bereich von Luftleitbahnen sollten Anpflanzungen so gewählt werden, dass sie keine Hindernisse für Kalt- und Frischluftströmungen bilden. Bei der Auswahl von geeigneten Straßenbäumen ist zu beachten, dass ein geschlossenes Baumkronendach in einer Straßenschlucht durch verminderten Luftaustausch zu einer Anreicherung von Luftschadstoffen im unteren Straßenraum führen kann. Auf stark befahrenen Straßen ist in der Regel nur eine einseitige Baumanpflanzung entlang der Straßen, möglichst auf der Sonnenseite zu empfehlen. Es gibt auf der anderen Seite aber auch Straßenabschnitte mit einer sehr guten Durchlüftungssituation, bei denen zwei Baumreihen aus lufthygienischer Sicht unbedenklich sind. (Herne, Foto: K.PLAN) Lufthygienische Bedenken gegen eine Begrünung mit Bäumen gelten nur dort, wo sich unterhalb der Baumkrone signifikante Emissionsquellen befinden. Wenig befahrene Straßenabschnitte, Plätze und Fußgängerzonen können durch eine Begrünung mit Straßenbäumen lokalklimatisch deutlich verbessert werden. Zu kleine Bäume bei zu großem Straßenquerschnitt entwickeln allerdings keine klimatischen Verbesserungen. Im Bereich der engen Stadtstraßen sind Baumpflanzungen mit schmalkronigen, auf den innerstädtischen Plätzen mit großkronigen Einzelbäumen erforderlich. Sie kühlen im Sommer durch Schattenwurf und Verdunstung und können bei starkem Wind die Düsenwirkung abschwächen. Damit kann die Aufenthalts- und Wohnqualität in innerstädtischen Bereichen deutlich erhöht werden. Bei der Auswahl der Baumarten zur Straßenbegrünung ist neben der typischen Kronenausprägung und Größe des Baumes auch die Anpassung an den Klimawandel und die Streusalzverträglichkeit zu bedenken (siehe Steckbrief Q4). Bei einer Neupflanzung sollten die Voraussetzung für eine optimale Wasserversorgung bei Trockenperioden mitgeplant und umgesetzt werden (siehe auch Steckbrief Q5).

Erwartete Auswirkungen	Hitze	☑ Hitzereduktion tagsüber ☑ Hitzereduktion nachts ☐ Versorgung mit Frischluft
	Wasser	☑ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung
		☐ Objektschutz
Synergien		- Filterung von Luftschadstoffen - Aufenthalts-, Wohnqualität - Gesundheitsvorsorge
Zielkonflikte		- Mögliche Behinderung des Luftaustausches bei geschlossenem Kronendach - (Leitungs-)Kanäle entlang der Straßen - Straßenparallele Parkstreifen
Akteure		❖ Fachbereiche Umwelt, Planung, Stadtgrün, Tiefbau, Verkehr, Kommunale Servicebetriebe
Kooperationspartner		• Anwohner über Baumpartenschaften, Naturschutzverbände
Zielgruppe		♦ Bewohner in dicht bis sehr dicht bebauten Stadtteilen
Umsetzungsinstrumente		- Festsetzungen von Anpflanzungen und Pflanzenbindungen für einzelne Flächen/ für ein Gebiet in B-Plänen möglich (§ 9 Abs. 1 Nr. 25 BauGB) - Gestaltungssatzungen und Gestaltungsfestsetzungen im B-Plan

Beispielsweise kann das Straßenbegleitgrün ausgebaut werden, um die Gestalt- und Aufenthaltsqualität zu verbessern und das städtische Mikroklima positiv zu beeinflussen. Dafür muss für entsprechende Straßenabschnitte untersucht werden, ob Baumpflanzungen aus verkehrlicher und technischer Sicht machbar sind. Zusätzlich kann der vorhandene Straßenbaumbestand ergänzt und optimiert werden, wenn es sich überwiegend um Altbestand mit witterungsbedingten Lücken und teilweise sehr kleinen Baumscheiben handelt. Eine Vergrößerung der vorhandenen Baumscheiben und die Ergänzung mit Jungbäumen führen dazu, dass mehr offene Flächen für die Regenwasserversickerung entstehen und in dichtbesiedelten Bereichen eine Verbesserung des Kleinklimas erreicht wird. Für diese Maßnahmen können Fördermittel aus der Städtebauförderung beantragt werden.

Titel	Q4: Auswahl von klimawandelangepassten Pflanzenarten
Räuml. Bezug	Quartiersebene
Relevanz	Hoch
Beschreibung	Im innerstädtischen Bereichen fällt bereits die Menge an thermophilen Pflanzenarten wie Kleines und Japanisches Liebesgras und verschiedene Hirsearten auf, die eindeutige Hinweise für eine Klimaerwärmung darstellen. Allerdings sind nur vergleichsweise wenige dieser Arten geeignet, um im Rahmen eines Klimafolgenanpassungskonzeptes maßgebliche Beiträge zu liefern. Bei der Auswahl von geeigneten Baumsorten für die Begrünung im innerstädtischen Raum, dies gilt für eine Begrünung von Straßenzügen ebenso wie bei Parkbäumen, sind neben Faktoren wie Standortansprüchen und Verkehrssicherheit zwei Dinge zu beachten. Zum einen emittieren verschiedene Baumarten unterschiedlich große Mengen an flüchtigen organischen Stoffen, die zur Bildung von Ozon beitragen. Diese Bäume können so zu einer Erhöhung der Ozonbelastung beitragen und sind nicht zur Straßenbegrünung geeignet. Eine Auswahl an Pflanzenarten, die wenig biogene Kohlenwasserstoffe emittieren, findet sich bei Benjamin und Winer (1998). Zum anderen müssen sich Stadtbäume auf veränderte, durch den Klimawandel verursachte Bedingungen einstellen. Insbesondere die zunehmende Sommerhitze in den Städten und damit verbundene sommerliche Trockenperioden erfordern eine gezielte Auswahl von geeigneten Stadtbäumen für die Zukunft. Wärmeresistente Pflanzenarten mit geringem Wasserbedarf sind zukünftig besser für innerstädtische Grünanlagen geeignet. Um eine ausreichende Vielfalt mit Pflanzenarten, die eine sehr hohe Trockenstresstoleranz haben, zu erreichen, ist es notwendig, neben heimischen Arten auch Arten aus Herkunftsgebieten mit verstärkten Sommertrockenzeiten zur Bepflanzung heranzuziehen. Durch eine erhöhte Artenvielfalt im städtischen Raum kann möglichen Risiken durch neue, wärmeliebende Schädlinge vorgebeugt werden. Durch innovative Bewässerungsverfahren (siehe Q5) können im Einzelfall auch weniger trockenresistente Arten zum Einsatz kommen. In einer vom Bund deutscher Baumschulen (BdB) in Auftrag gegebenen Studie wurden am Lehrstuhl für Forstbotanik der TU Dresden (Roloff & Gillner 2007) 250 Gehölzarten auf ihre Eignung als Stadtbäume bei einem prognostizierten Klimawandel bewertet. Dafür wurde eine neue Klima-Arten-Matrix (KLAM) entwickelt, die Trockenstress-Toleranz und Winterhärte in jeweils 4 Abstufungen (sehr geeignet, geeignet, problematisch, sehr eingeschränkt geeignet) als entscheidende Kriterien heranzieht. Neben schon bisher im innerstädtischen Bereich verwendeten Gehölzen wurden auch nichtheimische Baumarten aus Herkunftsgebieten mit ähnlichen Wintertemperaturen und verstärkten Sommertrockenzeiten in die Bewertung aufgenommen. Bei den Baumarten zeigt sich vermehrt, dass eigentlich auch gut verwendbare Arten bzw. Sorten mit zunehmendem Alter schneller abgängig sein können, mindestens aber aufgrund des Trockenstresses in der Stadt früher Herbstfärbung und Blattabwurf vornehmen können. Diesem Umstand könnte man begegnen, indem man dort, wo hinreichend Platz ist, einige Jahre nach der Ursprungspflanzung bereits einen jüngeren Baum nachpflanzt. Wenn die älteren Bäume dann entfernt werden müssen, bleiben die jüngeren Exemplare und ersetzen die Altbäume.

Erwartete Auswirkungen	Hitze	☑ Hitzereduktion tagsüber ☑ Hitzereduktion nachts ☐ Versorgung mit Frischluft
	Wasser	☑ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung
		☐ Objektschutz
Synergien	- Biotopschutz, Biodiversität	
Zielkonflikte	- Klimaangepasste Arten sind eventuell gebietsfremde Arten (Neophyten)	
Akteure	❖ Fachbereiche Umwelt, Planung, Stadtgrün, kommunale Servicebetriebe (Bauhof)	
Kooperations-partner	• Gartenbaubetriebe, Friedhofsamt, Naturschutzverbände, Landschaftarchitekten	
Zielgruppe	♦ Bewohner in dicht bis sehr dicht bebauten Stadtteilen, Stadtfauna	
Umsetzungsin-strumente	- Festsetzungen von Anpflanzungen und Pflanzenbindungen für einzelne Flächen/ für ein Gebiet in B-Plänen möglich (§ 9 Abs. 1 Nr. 25 BauGB) - Gestaltungssatzungen und Gestaltungsfestsetzungen im B-Plan	

Die Klima-Arten-Matrix für Stadtbaumarten (Roloff & Gillner 2007) soll eine Entscheidungshilfe bei der Verwendung von Bäumen in der Stadt liefern. Eine weitere Straßenbaumliste mit fachlichen Empfehlungen wird vom Arbeitskreis Stadtbäume der Grünflächenamtsleiterkonferenz (https://www.galk.de/arbeitskreise/stadtbaeume/themenuebersicht/strassenbaumliste) herausgegeben und aktualisiert. Es werden verschiedene Baumarten auf ihre innerstädtische Eignung für den Extremstandort Straße in verschiedenen Regionen in Deutschland getestet. Das Ziel des GALK-Arbeitskreises ist es, die Artenvielfalt in den Städten zu erhöhen und damit möglichen Risiken durch neue, wärmeliebende Schädlinge vorzubeugen (Abicht 2009). Neuere Erkenntnisse zur Eignung von neuen Baumarten im städtischen Raum sind auch aus Forschungsprojekten in Bayern (Stadtgrün 2021: www.lwg.bayern.de/landespflege/urbanes_gruen/085113/index.php) und Schleswig-Holstein (Klimawandel und Baumsortiment der Zukunft – Stadtgrün 2025: https://www.lksh.de/fileadmin/PDFs/Gartenbau/EIP_Abschlussbericht_Klimawandelbaeume.pdf) abzuleiten.

Bei der Auswahl von Bäumen muss zwischen Standorten entlang von Straßen und Standorten in Parkanlagen, Friedhöfen etc. unterschieden werden. Die Neuanpflanzung von Straßenbäumen muss sich prioritär an den Maßgaben der Klimaanpassung orientieren. Entsprechend sind hier häufig hochstämmige Bäume mit höher ansetzender, schmaler Krone geeignet. Unter Berücksichtigung der regionalen Pflanztraditionen und verwandter einheimischer Sippen werden daher entsprechende Sorten des Spitz-Ahorns (*Acer platanoides*) und der Hainbuche (*Carpinus betulus*) vorgeschlagen. Im Falle des Spitz-Ahorns handelt es sich bei der Sorte 'Columnare' um die nach GALK-Straßenbaumliste (GALK 2015) empfehlenswerteste Sorte. Bezüglich der Hainbuche ist die Sorte 'Frans Fontaine' am besten geeignet.

Der Bewuchs auf Baumscheiben unterhalb sollte niedrig gehalten werden. Um die Biodiversität zu fördern, sind daher heimische Formen der Wilden Malve (*Malva sylvestris*) geeignet, um hier einen entsprechend niedrigen Wuchs zu erhalten.

Titel	Zu Q4: Kommentierte Liste der Zukunfts-Straßenbäume
Räuml. Bezug	Quartiersebene
Relevanz	Hoch

Die Stadt Düsseldorf (Törkel 2015) legte eine Zukunftsbaumliste für ihren Zuständigkeitsbereich vor, die mit der GALK-Straßenbaumliste (GALK 2015) abgestimmt ist. Diese Liste berücksichtigt alle wesentlichen Aspekte für die Eignung entsprechender Baumarten und -sorten im Rahmen der Erfordernisse einer Klimaanpassung, stellt insofern einen wichtigen Meilenstein dar, ist jedoch zu umfangreich, um die sinnvollen Sippen herauszufiltern und enthält viele Sorten, bei denen Sinn, Nutzen und Tradition für eine regelmäßige Verwendung angezweifelt werden kann. Viele der dort angeführten Aspekte sind auch für die Region Rhein-Voreifel von Bedeutung und können dort nachgeschlagen werden, wenn es um konkrete Verwendungen vor Ort geht. Um Aspekte der Kulturtradition und Biodiversität hinreichend zu berücksichtigen, wurde eine Liste von Bäumen für die Verwendung im Straßenraum erarbeitet. Dass es nicht *den* Baum gibt, der ausschließlich günstige Eigenschaften aufweist, wird bei derzeitigen Versuchen immer deutlicher (z. B. die Untersuchungen zu Hitzeschäden durch Uehre 2015). Es ist aber wichtig, sinnvolle Kompromisslösungen und maximal geeignete Bäume zu finden. In Städten können abseits von Straßen weitere Sippen gepflanzt werden, z. B. wird man nicht grundsätzlich auf Platanen in Parkanlagen verzichten mögen. Im Folgenden sind geeignete Bäume für die „Liste der Straßenbäume“ zusammengestellt:

Acer campestre – Feld-Ahorn
Diese möglicherweise einheimische Art spielt generell bei zukünftigen Pflanzungen eine bedeutende Rolle, in der Ursprungsform allerdings mehr als Einzel- und Gruppenpflanzungen in Parks und Anlagen sowie Straßen mit breitem Gehölzsaum. Für Siedlungsstraßen eignen sich die säulenförmigen bzw. aufrechten Sorten ’Fastigiata’ und ’Huibers Elegant’.

Acer monspessulanum – Französischer Ahorn

Acer platanoides – Spitz-Ahorn
Die Ursprungsform kann in ähnlicher Weise wie Feld-Ahorn und Eschen-Ahorn genutzt werden; da diese häufig spontan auftritt, kann ihr Vorkommen an entsprechenden Stellen geduldet oder gefördert werden. Besonders bedeutsam erscheint die Sorte ’Columnare’ (Typ 1, 2, 3) für enge Straßen (säulenförmig) sowie die Sorte ’Globosum’ mit kugelförmiger Krone (traditioneller Straßenbaum).

Aesculus carnea – Rote Rosskastanie
Auf nicht zu verdichteten Böden und bei geringerem Versiegelungsgrad erheblich besser geeignet als die Gewöhnliche Rosskastanie, besonders in der attraktiven Sorte ’Briotii’.

Alnus cordata – Italienische Erle
Spätfrostgefährdung und Schneebruchgefahr dürften in Zukunft eine geringere Rolle spielen, so dass dieser sonst bestens geeignete Stadtbaum (weiterhin) empfehlenswert ist. An geeigneten Stellen können Verjüngungen geduldet oder gefördert werden.

Alnus x spaethii – Purpur-Erle

Carpinus betulus – Hainbuche
Geeignet sind die säulenförmigen Sorten ’Frans Fontaine’ und ’Fastigiata’, wobei die erstgenannte für dauernde Pflanzungen zu bevorzugen ist.

Celtis australis – Europäischer Zürgelbaum

Cornus mas – Kornelkirsche
Hochstämmige Kultivare sind als kleine Straßenbäume gut geeignet.

Corylus colurna – Baumhasel

Als Straßenbaum insgesamt bewährt, in der Fruchtzeit allerdings unter Umständen sehr viele große Fruchtkomplexe abwerfend.

Crataegus monogyna – Eingriffeliger Weißdorn
Die Sorte 'Stricta' ist als kleiner Straßenbaum geeignet.

Fraxinus angustifolia – Schmalblättrige Esche
Ist als Ursprungsform und in der Sorte 'Raywood' als Stadtbaum geeignet.

Ginkgo biloba – Ginkgobaum
Geeignet als männliche Pflanzen (weibliche sollten wegen der stinkenden Früchte vermieden werden), vor allem die säulenförmige Sorte 'Fastigiata Blagon'.

Gleditsia triacanthos 'Skyline' – Säulen-Gleditschie

Liquidamber styraciflua – Amberbaum
Die Ursprungsform und die Sorten sind bewährte, nicht zu stark wachsende Straßenbäume; für zu basische Böden nicht empfehlenswert.

Magnolia kobus – Baum-Magnolie

Malus tschonoskii – Woll-Apfel
Unter allen Apfelarten scheint nur diese Art besonders geeignet als Straßenbaum.

Mespilus germanica – Echte Mispel
An geeigneten Stellen (nicht zu schmale Straßen) geeigneter Kleinbaum, jedoch eher einzeln.

Ostrya carpinifolia – Europäische Hopfenbuche

Parrotia persica 'Vanessa' – Eisenholzbaum

Platanus acerifolia 'Hispanica' – Platane

Prunus cerasifera – Kirschpflaume
In verschiedenen Sorten an nicht zu schmalen Straßen geeignet; abwechselndes Pflanzen von weiß-, rosa- und tiefrosablütigen Sorten kann eine attraktive Abwechslung ergeben.

Quercus cerris – Zerr-Eiche
An nicht zu schmalen Straßen geeignet; verjüngt sich oft in Menge, an sinnvollen Stellen kann Jungwuchs geduldet bzw. gefördert werden.

Quercus frainetto als Art und als Sorte 'Trump' – Ungarische Eiche

Sophora japonica – Schnurbaum
In den Sorten 'Columnaris' und 'Princeton Upright' gut als städtischer Straßenbaum geeignet, auch an stärker versiegelten Stellen.

Sorbus aria – Mehlbeere
Vor allem in der Sorte 'Magnifica' als Straßenbaum gut geeignet, auch an schmaleren Straßen.

Sorbus intermedia – Schwedische Mehlbeere
Als Straßenbaum bewährt und geeignet, sehr windfest, vor allem die schmaler wachsende Sorte 'Brouwers'.

Tilia x europaea – Kaiser-Linde
In der Sorte 'Pallida' gut geeignet, wenn die Straßen nicht zu schmal sind.

Tilia tomentosa 'Brabant' – Brabanter Silber-Linde

Ulmus 'Lobel' und 'Rebona' – Ulme

Zelkova serrata 'Green Vase' – Japanische Zelkove

Titel	Q5: Bewässerung urbaner Vegetation
Räuml. Bezug	Quartiersebene
Relevanz	Hoch
Beschreibung	Eine Kühlungsfunktion der Vegetation durch Evapotranspiration setzt eine ausreichende Wasserversorgung der Pflanzen voraus. Durch den Klimawandel verursachte geänderte klimatische Bedingungen mit zunehmender Sommerhitze in den Städten und damit verbundenen sommerlichen Trockenperioden haben erhebliche Auswirkungen auf die urbane Vegetation. Eine Möglichkeit zur Anpassung an diese neuen Bedingungen ist die künstliche Bewässerung derjenigen begrünten Flächen, auf denen während Trockenperioden zu wenig Grundwasser oder Bodenfeuchtigkeit zur Verfügung steht. Künstliche Bewässerung von Grünanlagen in Kombination mit Kühlung der Umgebungsluft (Paris, Foto: K.PLAN) Diese Lösung verursacht allerdings Konflikte mit der Sicherung der allgemeinen Wasserversorgung während längerer Trockenperioden im Sommer. Eine Alternative zur künstlichen Bewässerung von Flächenbegrünung auf sommertrockenen Standorten im urbanen Raum ist daher ggf. der Ersatz von einheimischen Arten durch Bepflanzung mit trockenresistenten Arten (siehe Steckbrief Q4). Auf der anderen Seite können Regenwasserspeicher als Lieferanten des notwendigen Wassers dienen und weisen damit Synergien mit der Abmilderung der Folgen von Extremniederschlägen auf. Für eine effektive Bewässerung von Straßenbäumen spielen die Faktoren „Baumscheibengröße“, „Speichergröße“ im Wurzelraum und „Bodendecker“ auf den Baumscheiben zur Minimierung von Verdunstungsverlusten eine entscheidende Rolle.

Erwartete Auswirkungen	Hitze	☑ Hitzereduktion tagsüber ☑ Hitzereduktion nachts ☐ Versorgung mit Frischluft
	Wasser	☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☑ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung
		☐ Objektschutz
Synergien	- Nutzung von überschüssigem Regenwasser durch Zwischenspeicherung - Kosteneinsparung - Erhalt der Artenvielfalt	
Zielkonflikte	- Bewässerung in Trockenperioden notwendig, wenn wenig Wasser zur Verfügung steht	
Akteure **Kooperationspartner** **Zielgruppe**	❖ Fachbereiche Tiefbau, Verkehr, Stadtgrün, kommunale Servicebetriebe (Bauhof) • Grundstückseigentümer, Anwohner, Baumpatenschaften ♦ Bewohner in dicht bis sehr dicht bebauten Stadtteilen	
Umsetzungsinstrumente	- Leistungsverzeichnisse im Rahmen von Vergaben - Information - Notfallpläne	

Die Kühlung während trockener Hitzeperioden durch Evapotranspiration der Vegetation wird vor allem im Bereich von hoch verdichteten Bebauung in den Innenstädten benötigt. Während sommerlicher Trockenperioden sollte sich die Bewässerung von Parkanlagen auf diese Bereiche konzentrieren, um die Funktionen der Grünflächen zu erhalten bzw. zu optimieren.

Beispiel: Baumrigolen zur Wasserspeicherung und Versorgung des Baums

Eine Möglichkeit zur besseren Versorgung von städtischen Straßenbäumen mit Wasser ist bei Neupflanzungen die Kombination des Wurzelraums mit einer Rigole, die das aus dem Straßenraum abfließende Regenwasser aufnimmt (Synergie mit der Regenwasserbewirtschaftung) und als Speicher für den Wasservorrat des Baumes dient. Erste Untersuchungen hierzu werden vom Tiefbauamt in Bochum unternommen.

Bau einer Baumrigole für einen Straßenbaum in Bochum (Foto: K.PLAN)

Titel	Q6: Einsatz von bodenbedeckender Vegetation; Vermeidung oder künstliche Abdeckung unbewachsener Bodenflächen
Räuml. Bezug	Quartiersebene
Relevanz	Mittel
Beschreibung	Zunehmende Sommerhitze in den Städten kann zur Austrocknung nichtversiegelter Flächen führen. Diese erfüllen aber eine wichtige Funktion für die Niederschlagsversickerung im urbanen Raum. Stark ausgetrocknete Böden führen beim nächsten Niederschlagsereignis dazu, dass ein größerer Teil des Wassers nicht versickern kann und deshalb oberflächlich abfließt. Dies hat negative Auswirkungen auf die Bodenerosion und die Grundwasserneubildung und erhöht das Überschwemmungsrisiko beim nächsten Starkregen. Die Bepflanzung solcher Flächen mit bodenbedeckender Vegetation verringert die Austrocknung des Bodens und verbessert damit das Versickerungsvermögen und die Kühlleistung des Bodens. Blumenwiesen bringen zusätzlich Vorteile für die Biodiversität und den Lebensraum für Insekten. Wo eine Bepflanzung nicht möglich oder sinnvoll ist, können unbewachsene Bodenflächen mit (künstlichen) Materialien wie z. B. Mulch abgedeckt werden, um die Verdunstung aus dem Boden zu verringern und die Kühlleistung zu erhalten. Innerstädtische Bepflanzung mit bodenbedeckender Vegetation (Foto: K.PLAN)

Erwartete Auswirkungen	Hitze	☑ Hitzereduktion tagsüber ☑ Hitzereduktion nachts ☐ Versorgung mit Frischluft
	Wasser	☑ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung
		☐ Objektschutz
Synergien		- Verbesserung des Stadtklimas und der Niederschlagswasserversickerung - Biodiversität
Zielkonflikte		
Akteure	❖	Fachbereiche Umwelt, Planung, Stadtgrün
Kooperations-partner	•	Grundstückseigentümer, Anwohner
Zielgruppe	♦	Bewohner in dicht bis sehr dicht bebauten Stadtteilen
Umsetzungsin-strumente		- Festsetzungen von Anpflanzungen und Pflanzenbindungen für einzelne Flächen / für ein Gebiet in B-Plänen möglich (§ 9 Abs. 1 Nr. 25 BauGB) - Gestaltungssatzungen und Gestaltungsfestsetzungen im B-Plan

Diese Maßnahme der bodendeckenden Vegetation ist im gesamten Stadtgebiet sinnvoll, da sich auch Böden im Außenbereich bei sommerlichen Hitzewetterlagen tagsüber ohne Beschattung extrem stark aufheizen können.

Ausgetrocknete Böden können insbesondere im Umfeld von Oberflächenfließwegen bei Extremniederschlagsereignissen die Versickerung verschlechtern und damit zu einer Verstärkung von oberflächigem Wasserabfluss und Überschwemmungen führen.

Dicht bewachsene Baumscheiben in einer Fußgängerzone (Herne, Foto: K.PLAN)

Titel	Q7: Verschattung des öffentlichen Raums/ von Plätzen
Räuml. Bezug	Quartiersebene
Relevanz	Hoch
Beschreibung	Neben den Anforderungen der Wohnbevölkerung an den Schutz vor Auswirkungen des Klimawandels ist auch der Aspekt der Beeinträchtigung der Aufenthaltsqualität und der Produktivität der arbeitenden Bevölkerung im innerstädtischen Bereich zu berücksichtigen. Eine einfache Möglichkeit, die Hitzebelastungen aufgrund direkter Sonneneinstrahlung am Tage zu verringern, ist der Einbau von Verschattungselementen. Dabei reichen die Methoden der Verschattung von Plätzen durch Bäume über Sonnensegel als Schattenspender bis hin zu Arkaden, die die Aufenthaltsqualität in stark besonnten Einkaufsstraßen erhöhen.

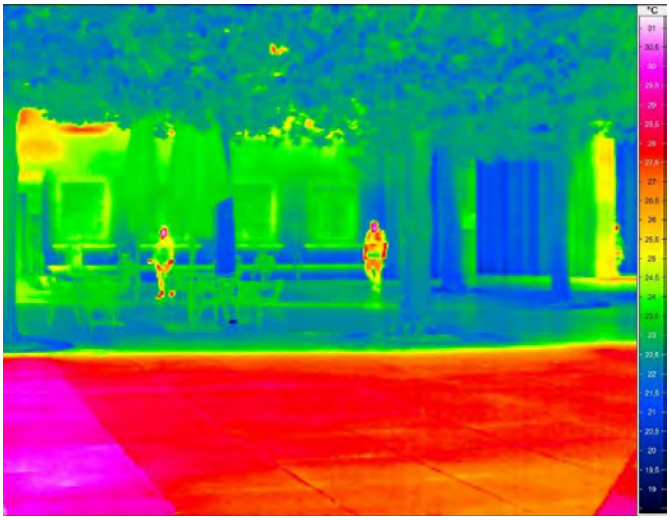
Verschattete Fußgängerzone (Foto: K.PLAN)

Darüber hinaus spielt auch die Verschattung von Orten, an denen sich Menschen gezwungenermaßen aufhalten, wie beispielsweise Haltestellen des öffentlichen Nahverkehrs, eine Rolle, da sie hier der Hitzeeinwirkung nicht ausweichen können.

Begrünte Bushaltestelle in Manchester

Erwartete Auswirkungen	Hitze	☑ Hitzereduktion tagsüber ☐ Hitzereduktion nachts ☐ Versorgung mit Frischluft
	Wasser	☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung
		☐ Objektschutz
Synergien	- Steigerung der Aufenthaltsqualität und damit der Attraktivität von Innenstädten - Verbesserung von Stadtklima und Lufthygiene	
Zielkonflikte	- möglicherweise mit Veranstaltungen, Märkte auf Plätzen	
Akteure **Kooperations-partner** **Zielgruppe**	❖ Fachbereiche Umwelt, Planung, Stadtgrün, Tiefbau und Verkehr, Investoren, Bauordnung • Anlieger, Eigentümer, Gewerbetreibende ♦ Bewohner, Beschäftigte, Nutzer in dicht bis sehr dicht bebauten Stadtteilen	
Umsetzungsin-strumente	- Festsetzen von Anpflanzungen und Pflanzbindungen für einzelne Flächen oder für ein B-Plangebiet sowie für Teile baulicher Anlagen (nach § 9 (1) Nr. 25 BauGB) in B-Plänen - Gestaltungssatzungen und Gestaltungsfestsetzungen im B-Plan - Information von Eigentümern, Nutzern - Partizipation von Bürgern beispielsweise durch Workshops	

Um die Aufenthaltsqualität in den Innenstädten zu erhöhen, sollten die innerstädtischen Plätze und Freiflächen im Sommer ausreichend beschattet werden. Im Idealfall werden großkronige Bäume zur Verschattung genutzt. Wählt man eine Beschattung durch Bäume, hat dies gleichzeitig positive Effekte auf das Stadtklima und die Lufthygiene. Es können hierbei aber Konflikte zwischen dem Wurzelwerk der Bäume und existierenden Leitungstrassen, Verteilungsnetzen und Kanälen entstehen, weshalb dann ggf. auf bauliche Verschattungsmaßnahmen zurückgegriffen werden muss.

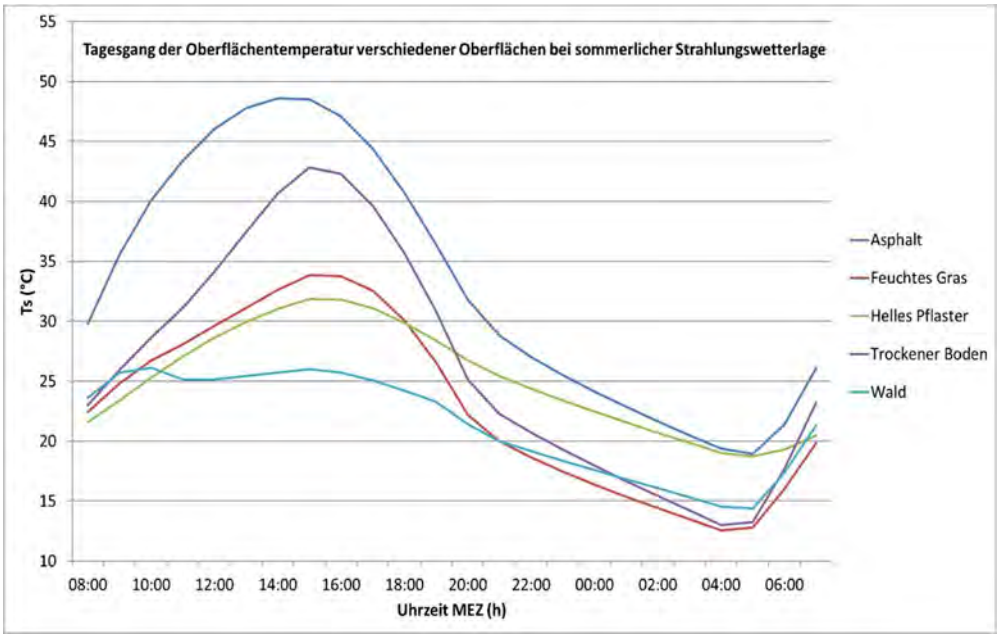


An heißen Sommertagen liegt die Aufenthaltsqualität im Schatten der Bäume deutlich höher als auf dem unbeschatteten Platzbereich. Die Oberflächentemperaturen liegen im Schatten unter den Bäumen um 10 Grad niedriger als auf der Sonnenseite des Platzes. Der innerstädtischen Hitze kann so lokal auf kurzen Weg ausgewichen werden. Neben größeren Parkanlagen spielen diese lokalen Ausgleichsräume eine große Rolle für die Lebensqualität der Bevölkerung vor Ort.

(Bochum, Foto: K.PLAN)

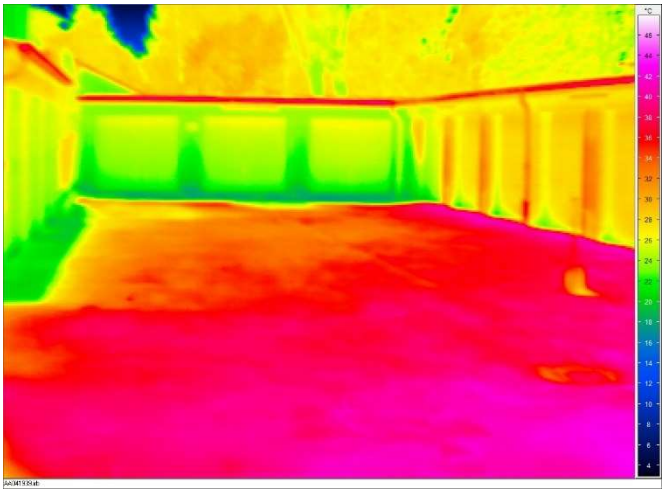
Titel	Q8: Offene Wasserflächen schaffen
Räuml. Bezug	Quartiersebene
Relevanz	Hoch
Beschreibung	Die Verdunstung von Wasser verbraucht Wärmeenergie aus der Luft und trägt so zur Abkühlung der aufgeheizten Innenstadtluft bei. Über eine Steigerung des Anteils von Wasser- und Grünflächen in Städten kann damit ein Abkühlungseffekt erzielt und gleichzeitig in der meist relativ trockenen Stadtatmosphäre die Luftfeuchtigkeit erhöht werden. Dabei wiegt in der Regel die positive Wirkung des Abkühlungseffektes durch die Verdunstung die Nachteile einer eventuell häufiger auftretenden Schwüle im urbanen Gebiet auf. Bewegtes Wasser wie innerstädtische Springbrunnen oder Wasserzerstäuber tragen insgesamt in größerem Maß zur Verdunstungskühlung bei als stehende Wasserflächen. Eine höhere Sonneneinstrahlung stellt mehr Energie zur Wasserverdunstung zur Verfügung, damit erhöht sich der Abkühlungsbetrag. Sonnige Standorte sollten deshalb die bevorzugten Standorte für geplante Brunnen werden. Im direkten Umfeld eines Springbrunnens kann die Lufttemperatur um mehrere Grad niedriger liegen als in der Umgebung. Je nach Belüftungsrichtung kann die Abkühlung bis zu 100 m Entfernung noch nachgewiesen werden. Baumscheiben-Wasservernebeler in London Wasserspiel in Aahus (Fotos: K.PLAN) Offene Wasserflächen in Form von Springbrunnen, Wasserzerstäubern oder kleinen Wasserläufen sind sinnvolle Maßnahmen im Bereich der aktuell vorhandenen Hitzeinseln. Hoch versiegelte Bereiche der Innenstädte können durch offene Wasserflächen auch optisch aufgewertet werden. Wasserspielplätze sind eine weitere Option im Quartier. Offene Wasserflächen haben zudem eine ausgleichende Wirkung auf die Lufttemperaturen in der Umgebung. Wasser erwärmt sich im Vergleich zur Luft verhältnismäßig langsam, dadurch sind Wasserflächen im Sommer relativ kühl und im Winter relativ warm. In der Regel sind Brunnen in der Winterzeit abgestellt.

Erwartete Auswirkungen	Hitze	☑ Hitzereduktion tagsüber ☐ Hitzereduktion nachts ☐ Versorgung mit Frischluft
	Wasser	☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☑ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung
		☐ Objektschutz
Synergien		- Gestaltungselement, Erhöhung der Aufenthaltsqualität - Kühlung - Wasserzwischenspeicherung möglich
Zielkonflikte		- Energieverbrauch, deshalb Nutzung von PV sinnvoll - Kostenaufwand und Sauberkeit - Nutzungskonflikte auf innerstädtischen Plätzen (Märkte etc.)
Akteure **Kooperations-partner** **Zielgruppe**		❖ Fachbereiche Umwelt, Planung, Stadtgrün, Tiefbau und Verkehr ● Geschäftsleute, Wasserversorger ♦ Bewohner in dicht bebauten Stadtteilen, Besucher von Innenstädten
Umsetzungsin-strumente		- Darstellen von Wasserflächen (nach § 5 (2) Nr. 7 BauGB) im FNP - Festsetzen von Wasserflächen (nach § 9 (1) Nr. 16 BauGB), Festsetzen von Bindungen für Bepflanzungen und für die Erhaltung von Bäumen, Sträuchern und sonstigen Bepflanzungen sowie von Gewässern (nach § 9 (1) Nr. 25. b) BauGB) in B-Plänen - Gestaltungssatzungen und Gestaltungsfestsetzungen im B-Plan - (Städtebauliche) Verträge

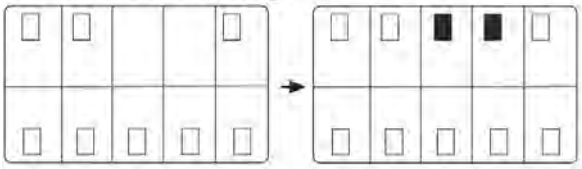
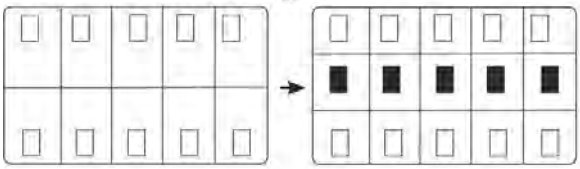
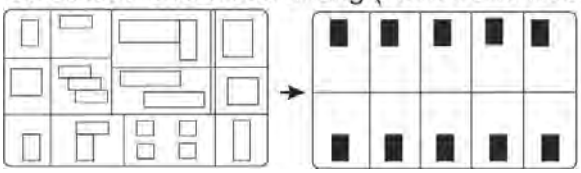
Titel	Q9: Materialauswahl bei Verkehrs- und Nutzflächen
Räuml. Bezug	Quartiersebene
Relevanz	Hoch
Beschreibung	Wie viel Wärme in welcher Zeit bei zunehmenden Temperaturen von einem Baukörper aufgenommen wird, hängt von der Art des Stoffes ab. Asphaltierte oder gepflasterte Verkehrsflächen erwärmen sich deutlich stärker als natürliche Oberflächen. Da Straßen und Verkehrswege in Städten rund 20 % und in den Zentren der Innenstädte sogar bis zu 40 % der Fläche ausmachen, können sie erheblich zum Erwärmungseffekt beitragen. Zur Verringerung von Bodenerwärmungen ist daher der gezielte Einsatz von Materialen mit geringerer Wärmeleit- und -speicherfähigkeit sinnvoll. Helle Beläge auf Verkehrsflächen reflektieren im Gegensatz zu dunklem Asphalt einen größeren Anteil der eingestrahlten Sonnenenergie sofort wieder (Albedo) und können damit das Aufheizen der Stadtluft erheblich verringern. Die folgenden Abbildungen zeigen die Auswirkungen von verschiedenen Bodenoberflächen auf die Oberflächentemperaturen (eigene Berechnungen):  Während die Asphaltoberflächen um die Mittagszeit Temperaturen von fast 50 °C aufweisen, verhält sich helles Pflaster tagsüber ähnlich wie feuchtes Gras und erwärmt sich nur auf gut 30 °C. Nachts kühlen die natürlichen Oberflächen stärker aus. Trockener unversiegelter Boden kann zwar tagsüber mit über 40 °C sehr warm werden, hält die Wärme aber in den Nachstunden nicht. Zur nächtlichen Wärmeinsel tragen unabhängig von den Oberflächentemperaturen am Tag nur die technischen Bodenbeläge wie Asphalt und Pflaster bei.

Erwartete Auswirkungen	Hitze	☑ Hitzereduktion tagsüber ☑ Hitzereduktion nachts ☐ Versorgung mit Frischluft
	Wasser	☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung
		☐ Objektschutz
Synergien		- Stadtgestaltung, shared spaces - Erhöhung der Aufenthaltsqualität auf Plätzen und in Fußgängerzonen
Zielkonflikte		- Möglicherweise höhere Kosten für hellere Asphaltmischungen - Höherer Pflegeaufwand möglich
Akteure	❖	Fachbereiche Umwelt, Planung, Tiefbau und Verkehr
Kooperations-partner	•	Architekten, Einzelhändler, Industrie und Gewerbe
Zielgruppe	♦	Bewohner in dicht bis sehr dicht bebauten Stadtteilen
Umsetzungsin-strumente		- Gestaltungssatzungen und Gestaltungsfestsetzungen im B-Plan - (Städtebauliche) Verträge

Dort, wo eine Versiegelung von Flächen aus Gründen der Nutzung als Verkehrsfläche nicht vermieden werden kann, sollte auf eine hohe Albedo, also auf eine möglichst helle Farbgestaltung der Oberflächen Wert gelegt werden, um die Reflexion der Sonneneinstrahlung zu erhöhen. Damit heizen sich die Verkehrsflächen tagsüber nicht so stark auf. Diese Maßnahme spielt überall dort eine Rolle, wo versiegelte Flächen und Hitzeinseln zusammenfallen.



Hohe Oberflächentemperaturen in einem versiegelten Garagenhof (Herne, Foto: K.PLAN)

Titel	Q10: Klimasensible Nachverdichtung in hitzebelasteten Bereichen
Räuml. Bezug	Quartiersebene
Relevanz	Hoch
Beschreibung	Städtebauliche Nachverdichtung vor dem Hintergrund der bundesweiten Zielvorgabe einer verstärkten Innenentwicklung bedeutet einerseits die Schonung von Flächenressourcen im Außenbereich. Auf der anderen Seite führt sie aber zu einer baulichen Verdichtung der städtischen Struktur. Dies darf in hitzebelasteten Stadtquartieren nur unter Beachtung der klimatischen Auswirkungen erfolgen, da die zunehmende Verdichtung des Stadtkörpers zu einer zunehmenden thermischen Belastung führt. Eine Nachverdichtung muss nicht zwangsläufig zu einer Bebauung einer bisher unbebauten Fläche innerhalb einer bereits bestehenden Bebauung führen. Es gibt auch Formen der Umnutzung von Flächen und Gebäuden. Flächenbezogene Nachverdichtung (die Varianten 1 und 3 sind aus klimatischer Sicht verträglich oder sogar positiv, Variante 2 kann negative Auswirkungen auf das Lokalklima haben): Baulückenschließung  Blockinnenverdichtung  Städtebauliche Neuordnung (Abriss und Neubau)  Gebäudebezogene Nachverdichtung: • Aufstockungen • Anbauten • Umnutzung von bestehenden Gebäuden Generell können sich städtebauliche Nachverdichtungen auf das Temperatur- und Belüftungsverhältnis im Quartier auswirken. Relevant sind dabei der versiegelungsgrad sowie die Grünflächengestaltung, weniger die Gebäudehöhen. Einzelprojekte haben für sich genommen wenig Auswirkungen auf das Mikroklima, im Verbund sind aber negative Effekte auf das Klima im Quartier möglich.

Erwartete Auswirkungen	Hitze	☑ Hitzereduktion tagsüber ☑ Hitzereduktion nachts ☐ Versorgung mit Frischluft
	Wasser	☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung
		☐ Objektschutz
Synergien	- Städtebauliche Qualität - Möglichkeit der Niederschlagswasserversickerung - Naherholung	
Zielkonflikte	- Zielvorgabe der verstärkten Innenentwicklung	
Akteure	❖ Fachbereiche Umwelt, Planung, Stadtgrün, Grundstückseigentümer	
Kooperationspartner	• Bewohner, Nutzer	
Zielgruppe	♦ Bewohner	
Umsetzungsinstrumente	- Festsetzen von öffentlichen und privaten Grünflächen wie Parkanlagen, Dauerkleingärten, Sport-, Spiel-, Zelt- und Badeplätze, Friedhöfe (nach § 9 (1) Nr. 15 BauGB) in B-Plänen - Festsetzen von Art und Maß der baulichen Nutzung (nach § 9 (1) Nr. 1 BauGB), konkretisiert insbesondere durch §§ 16 (3), 17, 19 BauNVO und von Mindestmaßen der Baugrundstücke und von Höchstmaßen für Wohnbaugrundstücke (nach § 9 (1) Nr. 3 BauGB) in B-Plänen	

Bei einer Blockinnenverdichtung (Hinterliegerbebauung) geht die aufgelockerte Struktur des Quartiers verloren. Die verlorenen Freiflächen wirken nicht mehr kühlend auf die Umgebung und Retentionsraum für Niederschläge geht verloren. Nachverdichtungsprojekte werden eher zufällig im Stadtgebiet genehmigt. Notwendig sind strategische Konzepte zur Nachverdichtung, die gesamtstädtisch und quartiersbezogen Aspekte der Klimarelevanz und Freiraumausstattung einbeziehen.
Sinnvoll ist die Erstellung eines Baulücken- und Brachflächenkatasters. Daraus können Beispiele für eine maßvolle Innenverdichtung entwickelt werden.

Titel	Q11: Rückbau versiegelter Flächen
Räuml. Bezug	Quartiersebene
Relevanz	Hoch
Beschreibung	Der Grad der Versiegelung nimmt durch fortschreitende Siedlungstätigkeit bzw. Nachversiegelung in bestehenden Siedlungen zu (z. B. Umbau von Freiflächen in Parkplätze). Die Flächenversiegelung greift in den natürlichen Wasserkreislauf entscheidend ein: Der Anteil des oberirdischen Abflusses erhöht und die Neubildung des Grundwassers verringert sich. Ziel der Siedlungsplanung soll sein, dass sowohl beim Gebäude- als auch beim Verkehrswegebau eine flächensparende Bauweise gewählt wird. In schon bebauten Gebieten ist eine vollständige Entsiegelung nur vertretbar, wenn die Funktion des Gebäudes bzw. des Verkehrsweges darunter nicht leidet. Bodenversiegelungen können durch den Einsatz von durchlässigen Oberflächenbefestigungen vermieden bzw. reduziert werden und zwar vor allem dann, wenn die Nutzungsform der Flächen nicht unbedingt hochresistente Beläge wie Beton oder Asphalt voraussetzt. Geeignete durchlässige Materialien zur Befestigung von Oberflächen sind mittlerweile für viele Anwendungsbereiche verfügbar. Zu beachten ist allerdings, dass auch der Unterbau und der Untergrund eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit aufweisen müssen. Für Hofflächen, Terrassen, Gartenwege, Radwege, Gehwege, Zufahrtswege und Parkflächen sind wasserdurchlässige Befestigungen besonders angebracht. Geeignete Beläge sind: • Schotterrasen • Rasengittersteine • Kunststoffrasengitter • Rasenfugenpflaster • Betonpflastersteine • Kies-/Splittabdeckung • Splittfugenpflaster • Porenpflaster u. ä. Teilentsiegelter und beschatteter Parkplatz (Herne, Foto: K.PLAN) Dränasphaltdecken oder Dränbetondecken sind versickerungsfähige, hohlraumreiche Decken, die auch lärmmindernd wirken. Diese Befestigungen eignen sich besonders für Straßen und Wege, Markt- und Parkplätze, Rad- und Gehwege, Hof- und Lagerflächen. Ein Teil des Wassers fließt nicht oberirdisch ab und kann entweder direkt versickern oder wird in angeschlossene Versickerungsanlagen geleitet.

Erwartete Auswirkungen	Hitze	☑ Hitzereduktion tagsüber ☑ Hitzereduktion nachts ☐ Versorgung mit Frischluft
	Wasser	☑ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung
		☐ Objektschutz
Synergien		- Geringere Aufheizung der Oberflächen - Möglichkeit der Niederschlagswasserversickerung mit Grundwasserneubildung - Biodiversität
Zielkonflikte		- Einschränkung der Nutzungsmöglichkeiten, Entschädigungsansprüche - Barrierefreiheit - Nicht möglich bei vorhandenen Bodenbelastungen
Akteure		❖ Fachbereiche Umwelt, Planung, Stadtgrün, Grundstückseigentümer, Fachbereiche Tiefbau und Verkehr
Kooperationspartner		• Bewohner, Nutzer, Investoren
Zielgruppe		♦ Bewohner und Gewerbetreibende in hoch versiegelten Bereichen, in abflusslosen Senken und entlang von Fließwegen
Umsetzungsinstrumente		- Festsetzung nicht überbaubarer Grundstücksflächen bzw. Flächen, die von Bebauung freizuhalten sind (§ 9 Abs. 1 Nr. 2 und Nr. 10 BauGB) in B-Plänen - Rückbau- und Entsiegelungsmaßnahmen (§§ 171a – d BauGB) werden vor allem bei Stadtumbaumaßnahmen gefördert - Gebührensatzung (Reduzierung der Abwassergebühr bei Entsiegelung)

Im privaten Bereich verstärkt sich aktuell die Tendenz zu versiegelten Flächen und Schottervorgärten. Damit wird das aktuell gute Klima in Einfamilienhausbereichen zukünftig gefährdet. Informationskampagnen und Gestaltungsvorgaben für zukünftige Wohnquartiere sind sinnvolle Werkzeuge, um dem entgegen zu wirken.

Negativ: Stellplatzflächen im privaten Hausumfeld (Soest, Foto: K.PLAN)

Titel	Q12: Geeignete Bepflanzung urbaner Flächen zur Verbesserung der Durchlässigkeit der oberen Bodenschicht (Durchwurzelung)
Räuml. Bezug	Quartiersebene
Relevanz	Mittel
Beschreibung	Wesentlichen Einfluss auf die Siedlungswasserwirtschaft gewinnt die hitzebedingte Austrocknung der oberen Bodenzone dadurch, dass die ersten Niederschläge nach einer Trockenperiode nicht in den ausgetrockneten Boden eindringen können, sondern oberflächig abfließen. Die Folgen können eine höhere Bodenerosion, eine verringerte Grundwassererneuerungsrate und insbesondere deutlich erhöhte Niederschlagsabflüsse in die Siedlungsentwässerungssysteme, in die nächsten Oberflächengewässer und – je nach Leistungsfähigkeit der Entwässerungssysteme – auch in tiefer liegende Siedlungsgebiete und Infrastrukturanlagen sein. Zusätzlich besteht die Gefahr der Verschlammung in tieferliegenden Bereichen. Eine verbesserte Versickerung wird erreicht, indem urbane Flächen mit Vegetation bepflanzt werden, deren Wurzelwerk den Untergrund auflockert. Durch eine gleichmäßige Durchwurzelung der oberen Bodenschichten wird die Durchlässigkeit von Böden verbessert. Die Pflanzenauswahl orientiert sich an den Anforderungen einer extensiven Pflege und benötigt überwiegend trockenheitsverträgliche, aber überstautolerante Arten. Der Wirkungsgrad von Stauden auf die Bodendurchlässigkeit liegt im Schnitt etwa um ein Drittel höher als der von Rasen. Ursache hierfür ist die bei Stauden intensivere Durchwurzelung des Bodens. Bedingt durch ein vergleichsweise geringes Angebot an wasserspeichernden Poren in der Oberbodenauflage werden die Pflanzen gezwungen, auch tiefer liegende Bodenschichten intensiver zu erschließen. Die Wurzelaktivität begünstigt die Kapillarität und Porosität im Untergrund, was sich positiv auf die Versickerungsleistung auswirkt. Im Fall von Rasen befindet sich mehr als 95 % der Wurzelmasse in Oberbodenschichten bis 20 cm Dicke. Bei Stauden können dagegen artabhängig innerhalb von fünf Jahren bereits bis zu 75 % der Wurzeln 40 cm tief in den Boden einwachsen (Eppel-Hotz 2008). Beispiel für Staudenbewuchs (Foto: Ahlemann, K.PLAN)

Erwartete Auswirkungen	Hitze	☑ Hitzereduktion tagsüber ☑ Hitzereduktion nachts ☐ Versorgung mit Frischluft
	Wasser	☑ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung
		☐ Objektschutz
Synergien		- Verbesserung des Stadtklimas - Verbesserung des Wasserhaushaltes
Zielkonflikte		- Nicht möglich bei belasteten Stadtböden - Pflegeaufwand
Akteure		❖ Fachbereiche Umwelt, Planung, Stadtgrün, kommunale Servicebetriebe (Bauhof)
Kooperations-partner		• Grundstückseigentümer
Zielgruppe		♦ Bewohner in dicht bis sehr dicht bebauten Stadtteilen
Umsetzungsin-strumente		- Festsetzungen von Anpflanzungen und Pflanzenbindungen für einzelne Flächen / für ein Gebiet in B-Plänen möglich (§ 9 Abs. 1 Nr. 25 BauGB) - Gestaltungsrichtlinien - Beratung, Informationsmaterial

Negativ: Schottervorgärten im privaten Hausumfeld (Soest, Foto: K.PLAN)

Neben einer geeigneten Bepflanzung aller Flächen der städtischen Parkanlagen gilt diese Maßnahme auch als sinnvoll für Bereiche in abflusslosen Senken, die Anschluss an Oberflächen-Fließwege haben. Hier kommen im Fall von Stark- und Extremniederschlägen große Wassermengen zusammen, die möglichst schnell versickert werden sollten.

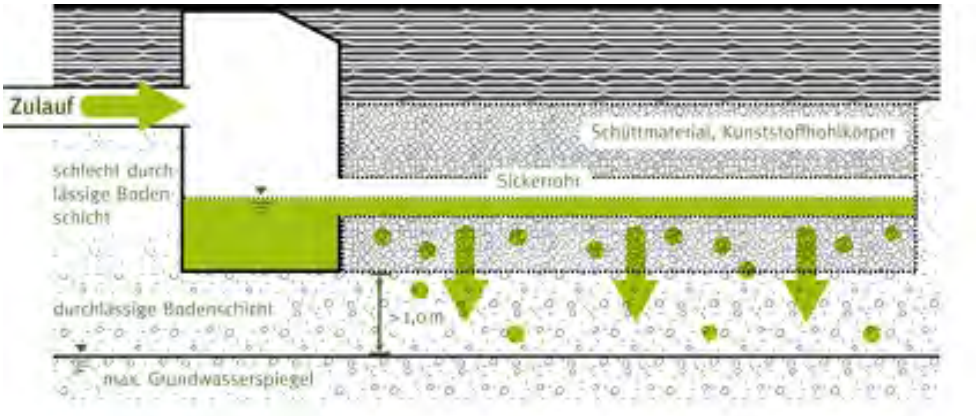
Hier können auch Privatgrundstücke betroffen sein, die durch eine geeignete Auswahl an Pflanzen in ihrer Versickerungsleistung verbessert werden können. Reine Schottervorgärten sollten vermieden werden. Hier sind Informations- und Aufklärungskampagnen notwendig.

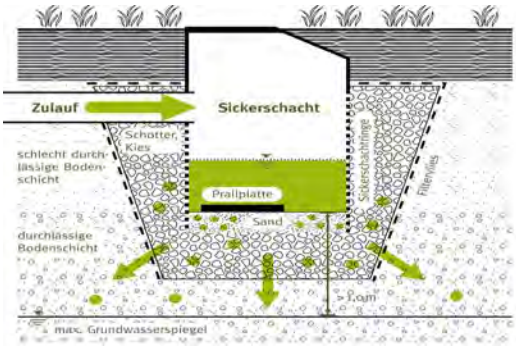
Titel	Q13: Verbesserung bzw. Ermöglichung der Versickerung: Flächenversickerung
Räuml. Bezug	Quartiersebene
Relevanz	Hoch
Beschreibung	In Flächen mit hohem Versiegelungsgrad können die anfallenden Niederschlagswassermengen nicht ohne weiteres in den Boden eindringen und versickern. Eine verbesserte Versickerung wird durch Entsiegelung von bebauten Flächen erreicht, ebenso durch ausreichende Vegetation, deren Wurzelwerk den Untergrund auflockert. Um das Entwässerungssystem oder Vorfluter zu entlasten, sind Versickerungs- bzw. Verrieselungsanlagen hilfreich. Hierbei kann es sich um unbelastetes aber auch belastetes Niederschlagswasser handeln. Verrieselung ist die Einbringung belasteter, zu behandelnder Wässer in den Untergrund auf eine Art und Weise, dass dabei eine den Schutz des Grundwassers entsprechende Reinigung im Verlauf der Rieselstrecke (Sickerstrecke) erfolgt. Flächen-Versickerung Bei der Flächenversickerung wird das Niederschlagswasser nicht gefasst, sondern ohne technische Einrichtungen großflächig versickert. Das auf der Fläche selbst anfallende und von benachbarten Flächen zugeleitete Niederschlagswasser wird ohne Zwischenspeicherung flächenhaft in den Untergrund abgeleitet. Vorteile: • keine punktuelle Bodenbelastung aufgrund flächiger Versickerung • über bewachsenen Mutterboden gute Reinigungsleistung • in Eigenarbeit zu erstellen • hohe Lebensdauer und geringe Kosten Nachteile: • Großer Flächenbedarf • Keine Zwischenspeicherung möglich Mulden- bzw. Beckenversickerung Bei großen Flächen, wie z. B. bei Wohnsiedlungen oder Gewerbegebieten, empfiehlt sich die Beckenversickerung. Dabei wird der Niederschlag über eine Vielzahl von Regenwasserleitungen einer zentralen Versickerungsanlage zugeführt. Die Becken und Teiche können naturnah gestaltet werden. Bepflanzte Teichbiotope passen sich sehr gut in die Landschaft ein und tragen zur Verbesserung des Mikroklimas bei. Vorteile: • Versickerungszone biologisch aktiv • Gute Retentionswirkung • Biotope als gestalterisches Element • Gute Wartungsmöglichkeiten • Verbesserung des Mikroklimas Nachteile: • Eventuell Einfriedung erforderlich • Selbstverdichtung der Sickerschicht bei unsachgemäßer Wartung • Gute Untergrundverhältnisse erforderlich

Erwartete Auswirkungen	Hitze	☐ Hitzereduktion tagsüber ☐ Hitzereduktion nachts ☐ Versorgung mit Frischluft
	Wasser	☑ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☑ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung
		☐ Objektschutz
Synergien	- Entlastung der Kanalisation	
Zielkonflikte	- Kosten	
Akteure	❖ Privatpersonen, Gesellschaften und Stadtentwässerung, Fachbereiche Umwelt und Planung	
Kooperationspartner	• Hauseigentümer, Wohnungsbaugesellschaften, Grundstückseigentümer, Wirtschaftsförderung	
Zielgruppe	♦ Bewohner und Gewerbetreibende in hoch versiegelten Bereichen, in abflusslosen Senken und entlang von Fließwegen	
Umsetzungsinstrumente	- Festsetzung von Flächen für die Abfall- und Abwasserbeseitigung, einschließlich der Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser (§9 Abs. 1 Nr. 14 BauGB) - Festsetzen von Flächen für die Wasserwirtschaft, für Hochwasserschutzanlagen und für die Regelung des Wasserabflusses (§9 Abs. 1 Nr. 16 BauGB) - LWG §51a - Städtebauliche Verträge - Beratung von Eigentümern	

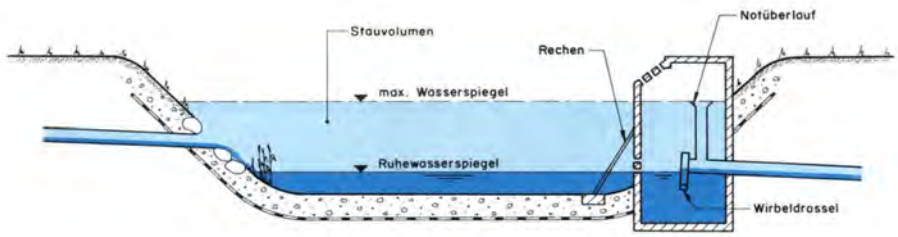
Flächenversickerung (Foto: K.PLAN)

Möglichkeit zur Flächenversickerung (Foto: K.PLAN)

Titel	Q14: Verbesserung bzw. Ermöglichung der Versickerung: Technische Bauwerke
Räuml. Bezug	Quartiersebene
Relevanz	Hoch
Beschreibung	Rigolenversickerung, Rohrversickerung Rigolen sind mit grobem Kies oder Schotter, mit Lavagranulat oder mit Hohlkörpern aus Kunststoff gefüllte Gräben. Das in diese Rigolen eingeleitete Regenwasser wird dort zwischengespeichert und langsam an den Boden abgegeben. Eventuell kann in diesen Gräben zusätzlich ein gelochtes Rohr (Sickerrohr) verlegt werden, um die Speicherkapazität noch zu erhöhen bzw. um in der Rigole eine gleichmäßige Verteilung des Regenwassers zu gewährleisten. In diesem Falle spricht man von Rigolen-Rohrversickerung. Diese Systeme werden eingesetzt, wenn die Flächen zum Bau einer Mulde nicht ausreichen oder der Boden nicht ausreichend durchlässig ist. Außerdem eignen sich Rigolen beispielsweise als Überlauf von Gründächern oder von Regenwassernutzungsanlagen.  Rigolenversickerung, Rohrversickerung (Quelle: Kompatscher 2008) Vorteile: • Durchdringung schlechter Sickerschichten • Leichte Verbindung zu tieferen, aufnahmefähigeren Schichten • Geringer Flächenbedarf • Gutes Retentionsvermögen • Kaum Einschränkung der Nutzbarkeit der Oberfläche Nachteile: • Geringe Reinigungsleistung • Keine Wartungsmöglichkeiten • Schwebstofffreies Wasser erforderlich Mulden-Rigolen-Versickerung Bei diesem System wird an der Oberfläche der Rigole eine begrünte Mulde ausgebildet; somit wird durch die Muldenversickerung eine sehr gute Reinigungsleistung erzielt und durch die darunter liegende Rigole der Speichereffekt vergrößert. Diese Systemkombination eignet sich vor allem bei gering durchlässigen Böden. Schachtversickerung

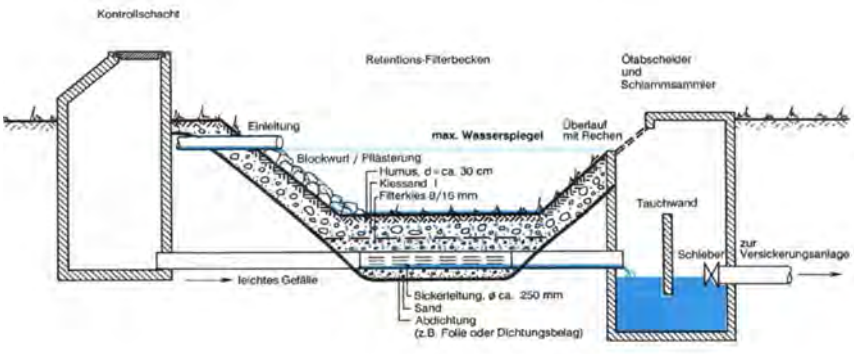
	Die Schachtversickerung stellt eine Variante zur Rigolenversickerung dar, wobei in diesem Falle das Regenwasser punktförmig mittels Versickerungsschacht in den Untergrund gelangt. Diese Versickerungsanlage ist besonders für innerstädtische Gebiete mit geringem Flächenangebot geeignet, da ein minimaler Flächenbedarf (weniger als 1% der angeschlossenen Fläche) notwendig ist. Wie bei der Rigolen-/Rohrversickerung dürfen nur gering verunreinigte Regenwässer eingeleitet werden.  Schachtversickerung (Quelle: Kompatscher 2008) Vorteile: • Äußerst geringer Flächenbedarf, gutes Retentionsvermögen • Kaum eingeschränkte Nutzbarkeit der Oberfläche Nachteile: • Geringe Leistungsfähigkeit, kaum Reinigungsleistung • Geringe Wartungsmöglichkeiten, schwebstofffreies Wasser erforderlich
Erwartete Auswirkungen	Hitze ☐ Hitzereduktion tagsüber ☐ Hitzereduktion nachts ☐ Versorgung mit Frischluft Wasser ☑ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☑ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung ☑ Objektschutz
Synergien	- Entlastung der Kanalisation
Zielkonflikte	- Kosten-
Akteure	❖ Privatpersonen, Gesellschaften und Stadtentwässerung, Fachbereiche Umwelt und Planung
Kooperationspartner	• Hauseigentümer, Wohnungsbaugesellschaften, Grundstückseigentümer, Wirtschaftsförderung
Zielgruppe	♦ Bewohner und Gewerbetreibende in abflusslosen Senken und an Fließwegen
Umsetzungsinstrumente	- Festsetzung von Flächen für die Abfall- und Abwasserbeseitigung, einschließlich der Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser (§9 Abs. 1 Nr. 14 BauGB) - Festsetzen von Flächen für die Wasserwirtschaft, für Hochwasserschutzanlagen und für die Regelung des Wasserabflusses (§9 Abs. 1 Nr. 16 BauGB) - LWG §51a - Städtebauliche Verträge

Titel	Q15: Schaffung von Niederschlagswasserzwischenspeichern: Retentionsbecken
Räuml. Bezug	Quartiersebene
Relevanz	Sehr hoch
Beschreibung	Wenn Entwässerungssysteme bei Starkniederschlägen überlaufen, müssen die dann oberirdisch abfließende Wassermengen gezielt in die natürlichen Vorfluter geleitet oder Retentionsanlagen und –flächen zugeführt werden, damit Schäden an Infrastruktur und Gebäuden verhindert werden können. Wassermengen aus Niederschlägen können in Retentionsbecken mit oder ohne Filteranlagen zurückgehalten und verzögert an das Entwässerungssystem abgegeben werden, sobald das dort eingestaute Mischwasser abgelaufen ist.



Retentionsbecken (Quelle: Kanton Solothurn 1997)

Im Speichervolumen des gegenüber dem Untergrund abgedichteten Retentionsbeckens wird kurzfristig Wasser zurückgehalten und verzögert abgeleitet. Durch die belebte Bodenschicht finden eine biologische Reinigung und ein Rückhalt von partikulären sowie gelösten Stoffen statt.



Filterretentionsbecken (Quelle: Kanton Solothurn 1997)

Eine zusätzliche Filterung ist beim Filterretentionsbecken gegeben. Verunreinigungen werden herausgefiltert, so dass die Wasserqualität verbessert werden kann. Kontrollschächte ermöglichen zusätzlich Interventionen bei Störfällen. Zudem sind auch diverse Varianten möglich, beispielsweise:

- Nutzung eines Beckens als Teichanlage oder Biotop
- Nachschaltung von Versickerungs- oder Brunnenanlagen und Wasserspielen
- Nachschaltung von Pflanzbeeten oder anderen Reinigungsanlagen

Erwartete Auswirkungen	Hitze	☐ Hitzereduktion tagsüber ☐ Hitzereduktion nachts ☐ Versorgung mit Frischluft
	Wasser	☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☑ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung
	☑ Objektschutz	
Synergien	- Einsparungspotenzial bei Entwässerungsgebühren	
Zielkonflikte	- Platzbedarf der Anlagen	
Akteure	❖ Privatpersonen, Gesellschaften, Stadtentwässerung, Tiefbau, Fachbereiche Umwelt und Planung	
Kooperationspartner	• Hauseigentümer, Wohnungsbaugesellschaften, Grundstückseigentümer, Wirtschaftsförderung	
Zielgruppe	♦ Bewohner und Gewerbetreibende in hoch versiegelten Bereichen, in abflusslosen Senken und entlang von Fließwegen	
Umsetzungsinstrumente	- Festsetzung von Flächen für die Abfall- und Abwasserbeseitigung, einschließlich der Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser (§9 Abs. 1 Nr. 14 BauGB) - Festsetzen von Flächen für die Wasserwirtschaft, für Hochwasserschutzanlagen und für die Regelung des Wasserabflusses (§9 Abs. 1 Nr. 16 BauGB) - (Städtebauliche) Verträge - Beratung von Eigentümern	

Dort, wo ergiebige Oberflächen-Fließwege nach Starkregenereignissen auf Siedlungsbereiche treffen, ist es sinnvoll, über Niederschlagszwischenspeicher die Wassermengen, die im Siedlungsbereich Schäden anrichten könnten, zu reduzieren. Insbesondere die Gebiete im Bereich von abflusslosen Senken sind bei Extremniederschlägen (Jahrhundertereignissen) von der Gefahr einer Überflutung betroffen.

Titel	Q16: Schaffung von Niederschlagswasserzwischenspeichern: Wasserplätze
Räuml. Bezug	Quartiersebene
Relevanz	Hoch
Beschreibung	Vor allem in den verdichteten Innenstadtbereichen, die gleichzeitig das höchste Schadenspotenzial gegenüber Extremwettern verzeichnen, stehen kaum Flächen für die Abkopplung oder zur Retention von Niederschlagswasser zur Verfügung. Lösungen dafür sind die Schaffung von Flächen oder Orten, wo Niederschlagswasser zeitweise gespeichert werden kann, um es dann zu nutzen oder es verzögert abzugeben. Wasserplätze bilden ein Netzwerk von öffentlichen Plätzen, die das Niederschlagswasser temporär zurückhalten können, bevor es einem Entwässerungssystem oder Oberflächengewässer zugeführt wird. Diese Flächen können Aufenthalts- oder Erholungsflächen (Sportplätze, Parkanlagen, Parkplätze etc.) sein, sind den Großteil des Jahres trocken und übernehmen nur bei Starkniederschlägen kurzzeitig die Funktion einer Retentionsfläche. Eine Kombination zwischen Retentionsfläche und Erholungsraum ist möglich. Der gängigste Typ des Wasserplatzes sieht eine vertiefte Stelle der Platzfläche vor, in der das anfallende Regenwasser aufgefangen und zeitverzögert an das Grundwasser oder das Entwässerungssystem abgegeben wird. Niederschlagswasser-Ableitung als gestalterisches Element zum Schutz von tieferliegenden Stadtteilen (Recklinghausen, Foto: K.PLAN)

Erwartete Auswirkungen	Hitze	☐ Hitzereduktion tagsüber ☐ Hitzereduktion nachts ☐ Versorgung mit Frischluft
	Wasser	☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☑ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung
	☑ Objektschutz	
Synergien	- Nutzung als gestalterisches Element	
Zielkonflikte	- Nutzungseinschränkung des Platzes - Verschmutzungen	
Akteure	❖ Gesellschaften, Stadtentwässerung, Tiefbau und Verkehr, Fachbereiche Umwelt und Planung	
Kooperationspartner	• Hauseigentümer, Wohnungsbaugesellschaften, Grundstückseigentümer	
Zielgruppe	♦ Bewohner und Gewerbetreibende in hoch versiegelten Bereichen, in abflusslosen Senken und entlang von Fließwegen	
Umsetzungsinstrumente	- Festsetzung von Flächen für die Abfall- und Abwasserbeseitigung, einschließlich der Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser (§9 Abs. 1 Nr. 14 BauGB) - Festsetzen von Flächen für die Wasserwirtschaft, für Hochwasserschutzanlagen und für die Regelung des Wasserabflusses (§9 Abs. 1 Nr. 16 BauGB) - (Städtebauliche) Verträge - Beratung von Eigentümern	

Beispiel: Wasserspielplatz mit Zwischenspeicherung (Neuss, Foto: K.PLAN)

Wenn Oberflächen-Fließwege und abflusslose Senken im Bereich von bebauten Flächen liegen, ist für eine Versickerung von großen Regenwassermengen, die bei Extremniederschlägen anfallen können, oft kein Platz vorhanden.

Hier kann die Anlage von Wasserplätzen, die in der übrigen Zeit eine andere Funktion, beispielsweise als Parkplatz oder Spielplatz haben, helfen, Überschwemmungen und Schäden an Gebäuden zu vermeiden (siehe auch Steckbrief G7: „Maßnahmen des Objektschutzes“).

Titel	Q17: Schaffung von Notwasserwegen
Räuml. Bezug	Quartiersebene
Relevanz	Sehr hoch
Beschreibung	Wasserrückhalt im Straßenraum: Bei Straßen und Wegen, die keine Hauptverbindungsfunktion erfüllen, können die Fahrbahn oder die Parkstreifen als Notwasserwege und temporäre Wasserspeicher dienen. Dies ist beispielsweise durch Anordnung erhöhter Bordsteine möglich, die die Wassermengen führen, kurzzeitiges Speichervolumen schaffen und ein seitliches Abfließen verhindern. Die geringen Wassertiefen bei großer Flächenausdehnung verursachen in der Regel keine Schäden an Fahrzeugen. Tiefer liegende Parkplätze und Grünanlagen neben oder am Ende solcher Notwasserwege können bei entsprechender Ausstattung mit Entwässerungseinrichtungen und Hinweisen für die Bevölkerung zusätzlichen Retentionsraum bieten. Wasserrinnen für die Abführung von normalen Niederschlägen können mit zusätzlichem Stauraum für den Fall eines Extremniederschlags ausgelegt werden. Graben zur Abführung von Niederschlagswasser (Herne, Foto: K.PLAN)

Erwartete Auswirkungen	Hitze	☐ Hitzereduktion tagsüber ☐ Hitzereduktion nachts ☐ Versorgung mit Frischluft
	Wasser	☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☑ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung
	☑ Objektschutz	
Synergien	- Kostenersparnis für Kanalsanierungen	
Zielkonflikte	- Barrierefreiheit	
Akteure **Kooperations-partner** **Zielgruppe**	• Fachbereiche Umwelt und Planung, Gesellschaften, Stadtentwässerung, Tiefbau und Verkehr • Hauseigentümer, Wohnungsbaugesellschaften, Grundstückseigentümer, Wirtschaftsförderung ♦ Bewohner und Gewerbetreibende in hoch versiegelten Bereichen, in abflusslosen Senken und entlang von Fließwegen	
Umsetzungsin-strumente	- Festsetzen von Flächen für die Wasserwirtschaft, für Hochwasserschutzanlagen und für die Regelung des Wasserabflusses (§9 Abs. 1 Nr. 16 BauGB) - (Städtebauliche) Verträge - Beratung von Eigentümern	

Bei einer dezentralen Niederschlagsbewirtschaftung mit einer Abführung des anfallenden Niederschlags an der Oberfläche sollten die Wasserwege mit ausreichend Puffer für den Extremfall ausgestattet sein.

Dezentrale Niederschlagswasserabführung im Quartier (Neuss, Foto: K.PLAN)

Im Notfall können extrem hohe Regenmengen auch zeitweise gezielt über Straßen abgeführt werden, wenn im dicht besiedelten Raum keine Ausweichflächen zur Verfügung stehen. Notwasserwege helfen, Überschwemmungen und Schäden an Gebäuden zu vermeiden.

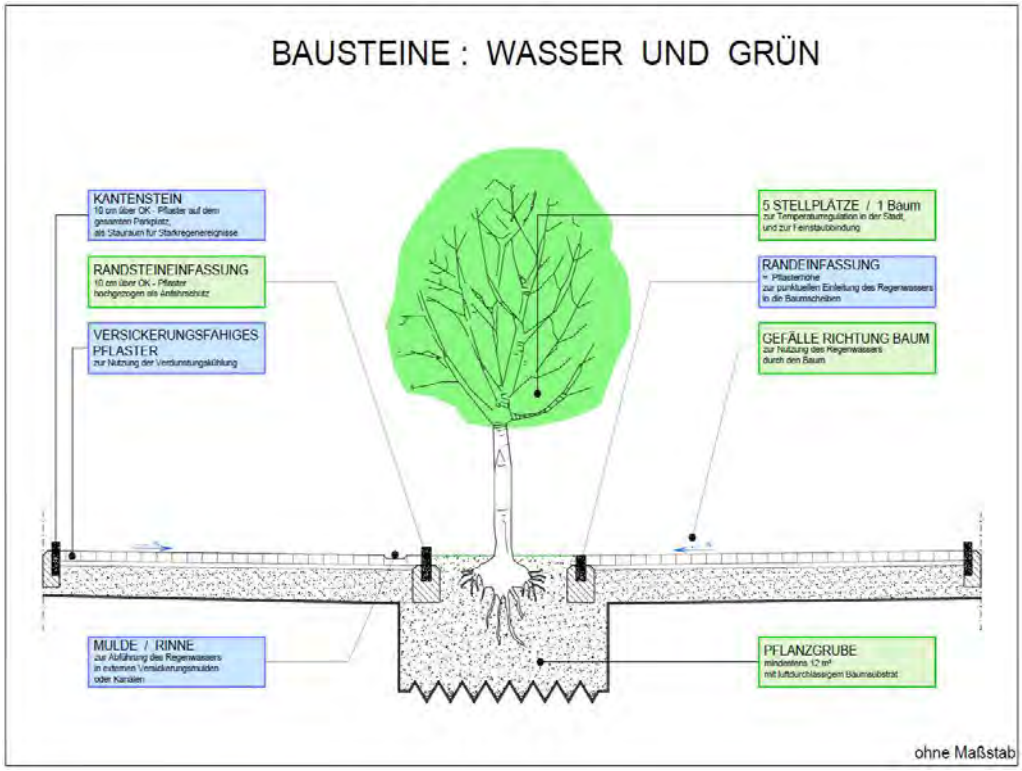
Titel	Q18: Unterführungen mit beidseitigen Entwässerungs-/ Versickerungsgräben
Räuml. Bezug	Quartiersebene
Relevanz	Sehr hoch
Beschreibung	Wasser sammelt sich nach Stark- und Extremniederschlägen häufig in tiefer liegenden Punkten des Stadtgebiets, wie z. B. Unterführungen oder Tunneln, weil die dortige Entwässerung die eindringenden Wassermassen nicht bewältigen kann. Eine Gefährdung geht von solchen überfluteten Engstellen aus, wenn diese aufgrund der Wassermassen oder liegen gebliebener Fahrzeuge zeitweise nicht mehr für Einsatz- oder Rettungskräfte zu passieren sind.

Tieferliegende Unterführung ohne ausreichenden Abfluss (Herne, Foto: K.PLAN)

Überflutungsgefahr besteht vor allem dort, wo ein tief liegender Bereich ausschließlich über die städtische Kanalisation entwässert wird. Bei Stark- und Extremniederschlägen und örtlich überlaufendem Kanalsystem erfolgt die Ableitung nur verzögert oder gar nicht, so dass eine Unterführung oder ein Tunnel ohne leistungsfähige oberflächige Entwässerung schnell überflutet werden kann. Hilfreich können hier offene Retentions- oder Entwässerungsgräben sein, die ein- oder beidseitig von der Fahrbahnfläche angelegt und nicht an die Kanalisation angeschlossen sind. Eine weitere Möglichkeit sind ausreichend groß dimensionierte unterirdische Zwischenspeicher.

Von entscheidender Bedeutung ist es, im Umkreis von Unterführungen oder Tunneln bei einer voll integrierten Stadt- und Entwässerungsplanung durch bauliche Maßnahmen dafür zu sorgen, dass oberflächig ablaufendes Niederschlagswasser möglichst nicht in Unterführungen oder Tunnel laufen kann.

Erwartete Auswirkungen	Hitze	☐ Hitzereduktion tagsüber ☐ Hitzereduktion nachts ☐ Versorgung mit Frischluft
	Wasser	☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung
	☑ Objektschutz	
Synergien	- Kostenersparnis für Kanalsanierungen	
Zielkonflikte	- Platzmangel entlang von Unterführungen	
Akteure	❖ Stadtentwässerung, Tiefbau und Verkehr, Fachbereich Planun	
Kooperations-partner	• Grundstückseigentümer	
Zielgruppe	♦ Feuerwehr und Notdienste, ÖPNV, Anlieger	
Umsetzungsin-strumente	- Festsetzen von Flächen für die Wasserwirtschaft, für Hochwasserschutzanlagen und für die Regelung des Wasserabflusses (§9 Abs. 1 Nr. 16 BauGB) - Temporäre Sperrung von Unterführungen	

Titel	Q19: Klimagerechter Parkplatz
Räuml. Bezug	Quartiersebene
Relevanz	Mittel
Beschreibung	Mit dem „Klimagerechten Parkplatz“ soll nicht nur ein grüneres Ortsbild entstehen, sondern durch die Wohlfahrtswirkung der Bäume in Hitzeperioden und bei Starkregen, die Lebensqualität der Anwohner erhöht werden. Durch die Bäume wird die Verdunstungsrate erhöht, die Gesamtfläche durch Verschattung gekühlt sowie Feinstaub gebunden. Durch die Schaffung eines Anstauraumes wird bei Starkregen aktiver Überflutungsschutz betrieben. Konkret besteht der klimagerechte Parkplatz aus den folgenden Bausteinen, die in vorhergehenden Steckbriefen genauer beschrieben sind: – Intensive Begrünung: Pflanzung mindestens eines hochstämmigen Baumes pro 5 Stellplätze zur ausreichenden Verschattung (siehe auch Q2 bis Q7) – Baumgrube mindestens 12 m^3 groß und möglichst als Baumrigole ausgebaut (siehe auch Q5) – Versickerungsfähige, möglichst helle Oberfläche (Q9, Q11) – Parkplätze als Anstaufläche/Retentionsraum bei Starkregenereignissen (Bauliche Absenkung um 10-20 cm) (Q13 bis Q15) – Wasserversorgung der Bäume durch Zuleitung von Regenwasser (Q5) 

Erwartete Auswirkungen	Hitze	☑ Hitzereduktion tagsüber ☑ Hitzereduktion nachts ☐ Versorgung mit Frischluft
	Wasser	☑ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☑ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung
	☐ Objektschutz	
Synergien	- Biotopschutz, Biodiversität - Wasserrückhalt und Kühlung - Vitalität vom Bäumen	
Zielkonflikte	- Leichte Reduzierung der Anzahl von Parkplätzen	
Akteure	❖ Fachbereiche Tiefbau, Verkehr, Stadtgrün, Stadtentwässerung	
Kooperations-partner	• Fachfirmen des Straßenbaues und der Landschaftsbaues, Ing. Büros für Straßen-planung, Landschaftsarchitektur	
Zielgruppe	♦ Anwohner, Investoren	
Umsetzungsin-strumente	– Richtlinie, die die baulichen Instrumente des Klimaparkplatzes definiert, – Fördergelder zur Umsetzung	

Titel	G1: Dachbegrünung
Räuml. Bezug	Gebäudeebene
Relevanz	Mittel
Beschreibung	Begrünte Dächer stellen die kleinsten Grünflächen im Stadtgebiet dar. Sie haben positive Auswirkungen auf das thermische, lufthygienische und energetische Potential eines Gebäudes. Erst in einem größeren Verbund ergeben sich Auswirkungen auf das Mikroklima eines Stadtviertels. Die thermischen Effekte von Dachbegrünungen liegen hauptsächlich in der Abmilderung von Temperaturextremen im Jahresverlauf. Das Blattwerk, das Luftpolster und die Verdunstung in der Vegetationsschicht vermindern das Aufheizen der Dachfläche im Sommer und den Wärmeverlust des Hauses im Winter. Dies führt zu einer ausgeglicheneren Klimatisierung der darunter liegenden Räume. Zusätzlich ist das Dach selbst geschützt, was auf lange Sicht zu einer Kostenersparnis führen kann.

Intensive Dachbegrünung mit Gartennutzung

Ein weiterer positiver Effekt von Dachbegrünungen ist die Auswirkung auf den Wasserhaushalt. 70% bis 100% der normalen Niederschläge werden in der Vegetationsschicht aufgefangen und durch Verdunstung wieder an die Stadtluft abgegeben. Dies reduziert den Feuchtemangel und trägt zur Abkühlung der Luft in versiegelten Stadtteilen bei. Bei Starkniederschlägen werden die Spitzenbelastungen abgefangen und zeitverzögert an die Kanalisation abgegeben, wodurch das Stadtentwässerungsnetz entlastet wird.

Dachbegrünung von Hallen im Gewerbegebiet (Foto: K.PLAN)

Nicht nur Flachdächer, sondern auch leicht geneigte Dächer eignen sich zur Begrünung. Extensive Dachbegrünungen sind dank ihres geringen Gewichts im Unterschied zu intensiv bepflanzten Dachgärten auf fast allen Gebäuden auch nachträglich noch aufsetzbar.

Erwartete Auswirkungen	Hitze	☑ Hitzereduktion tagsüber ☑ Hitzereduktion nachts ☐ Versorgung mit Frischluft
	Wasser	☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☑ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung
	☑ Objektschutz	
Synergien	- Angenehmes Innenraumklima - Energieeinsparung durch gedämmte Dachflächen (Grünauflage) - Rückhalt von Niederschlagswasser, Einsparung von Entwässerungsgebühren - Erhöhung der Effizienz von gleichzeitig auf dem Dach installierten Photovoltaik-Anlagen (Kühlung der Anlagen) - Biodiversität, Lebensraum für Insekten, Luftqualität - Stadtgestaltung	
Zielkonflikte	- Statik der Dachflächen, Dachlasten - Bewässerung in Trockenperioden zum Erhalt der Kühlfunktion	
Akteure	❖ Gebäudeeigentümer, Fachbereiche Stadtgrün, Umwelt und Planung	
Kooperations-partner	• Wohnungsbaugesellschaften und Wirtschaftsförderung, Landes-Förderprogramme	
Zielgruppe	♦ Bewohner in dicht bis sehr dicht bebauten Stadtteilen, Gewerbetreibende	
Umsetzungsin-strumente	- Festsetzungen von Anpflanzungen und Pflanzenbindungen für einzelne Flächen/ für ein Gebiet in B-Plänen möglich (§ 9 Abs. 1 Nr. 25 BauGB) - Information von Eigentümern - Förderprogramme auf Landesebene Zur Förderung von Gründächern stehen den Kommunen unterschiedliche Instrumente zur Verfügung. Im Einzelfall können Förderprogramme des Landes für die finanzielle Bezuschussung von Dachbegrünungsmaßnahmen herangezogen werden. Neben finanziell geförderten Dachbegrünungen können bei Neubauvorhaben im Rahmen der Bauleitplanung Dachbegrünungen in Bebauungsplänen festgeschrieben werden oder im Rahmen der Eingriffs- und Ausgleichsregelung als Maßnahme zur Eingriffsminderung angerechnet werden (Holzmüller 2009). Eine Kostenersparnis bietet die Abwassergebührenordnung, indem über eine reduzierte Gebühr für die jeweilige Fläche Anreize für Dachbegrünungen geschaffen werden.	

Titel	G2: Fassadenbegrünung
Räuml. Bezug	Gebäudeebene
Relevanz	Mittel
Beschreibung	Die Begrünung von Hausfassaden wirkt ähnlich wie die Dachbegrünung positiv auf das thermische, lufthygienische und energetische Potential eines Gebäudes. Fassadenbegrünungen verbessern in erster Linie die mikroklimatischen Verhältnisse im direkten Umfeld des Gebäudes. Die thermischen Effekte von Fassadenbegrünungen bestehen in der Abmilderung von Temperaturextremen im Jahresverlauf. Das Blattwerk, das Luftpolster und die Verdunstung in der Vegetationsschicht vermindern das Aufheizen der Hauswand bei intensiver Sonneneinstrahlung und den Wärmeverlust des Hauses im Winter. Um die Wärme der winterlichen Sonneneinstrahlung nutzen zu können, kann eine Fassade mit laubabwerfenden Pflanzen (z. B. wilder Wein) begrünt werden.

Intensive Fassadenbegrünung mit wildem Wein (Emmerich, Foto: K.PLAN)

Durch den Schutz des Blattwerks verringert sich auch die Feuchtebelastung des Mauerwerks. Schäden durch die Begrünung sind bei intaktem Mauerwerk ohne Risse nicht zu erwarten, sollte jedoch im Einzelfall geprüft werden. Alternativ können Rankgitter verwendet werden. Neben klimatischen Effekten können Fassadenbegrünungen auch positiv auf die lufthygienische Situation im Innenstadtbereich wirken, da sie Luftverunreinigungen - bei immergrünem Laub vor allem Feinstaub - herausfiltern. Insbesondere in engen Straßenschluchten ohne Platz für andere Begrünungsmaßnahmen stellen Fassadenbegrünungen eine wirkungsvolle Alternative dar.

Erwartete Auswirkungen	Hitze	☑ Hitzereduktion tagsüber ☑ Hitzereduktion nachts ☐ Versorgung mit Frischluft
	Wasser	☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung
		☐ Objektschutz
Synergien		- Energieeinsparung durch Dämmwirkung der begrünten Wandflächen - Schutz des Mauerwerks vor Alterung - Verbesserung der Luftqualität durch Schadstofffilterung - Biodiversität, Lebensraum für Insekten - Positive Auswirkungen einer grünen Wand auf die Psyche - Reduzierung von Vandalismusschäden
Zielkonflikte		- Verringerte Besonnung der Hauswand im Winterhalbjahr, durch Wahl von laubabwerfenden Begrünungsarten (z.B. wilder Wein) kann hier Abhilfe geschaffen werden - Pflegeaufwand
Akteure		❖ Gebäudeeigentümer, Fachbereiche Umwelt und Planung
Kooperationspartner		• Wohnungsbaugesellschaften und Wirtschaftsförderung, Landes-Förderprogramme
Zielgruppe		♦ Bewohner in dicht bis sehr dicht bebauten Stadtteilen, Gewerbetreibende
Umsetzungsinstrumente		- Festsetzungen von Anpflanzungen und Pflanzenbindungen für einzelne Flächen/ für ein Gebiet in B-Plänen möglich (§ 9 Abs. 1 Nr. 25 BauGB) - Information von Eigentümern - Förderprogramme des Landes

Großflächige Fassadenbegrünung (Foto: K.PLAN)

Diese Maßnahme ist stadtweit sinnvoll. Auch Giebelwände bieten sich zur Begrünung an. Im innerstädtischen Raum ist häufig für flächige Begrünungen (Pocket-Parks) kein Platz, hier kann mit Fassadenbegrünungen gearbeitet werden.

Titel	G3: Gebäudeausrichtung, Ausstattung und Innenraumplanung optimieren
Räuml. Bezug	Gebäudeebene
Relevanz	Mittel
Beschreibung	Während es in den heißen Klimazonen der Erde schon immer einen klimaangepassten Städtebau (z. B. enge Gassen mit Verschattung der Hauswände, helle Oberflächen) gegeben hat, ist hier in unseren Regionen ein Umdenken erforderlich. Um die künftige zusätzliche Hitzebelastung im Sommer zu verringern, sollte die Stadt- und Gebäudearchitektur angepasst werden, ohne dabei die Vorteile der Sonnennutzung - insbesondere im Winter - aus den Augen zu lassen. Primär geht es darum, durch eine intelligente Gebäudeausrichtung den direkten Hitzeeintrag zu reduzieren. Eine sekundäre Strategie ist es, eine gute Durchlüftung mit ihrer kühlenden Wirkung zu erreichen. Bei der Gebäudeneuplanung kann ein sommerlicher Hitzeschutz durch eine geeignete Gebäudeausrichtung erreicht werden. Die räumliche Anordnung von Gebäuden sollte dazu unter Berücksichtigung der Sonnen- und Windexposition erfolgen. Dabei ist auch auf die Jahreszeiten Rücksicht zu nehmen, so dass es sinnvoll ist, bei der Gebäudeausrichtung beispielsweise Schlafräume so einzuplanen, dass der sommerliche Hitzeeintrag minimiert wird. Diese Maßnahme zur Anpassung an den Klimawandel lässt sich lediglich bei Planungen von Neubaugebieten und nicht im Bestand anwenden. Im Bestand kann durch eine Umgestaltung der Fensterflächen und der Wohnraumanordnung einem Hitzeeintrag auf das Innenraumklima entgegengewirkt werden. Durch Verschattungen von außen (siehe auch Steckbrief G4) kann eine höhere Flexibilität in der Raumnutzung erreicht werden. Verringerung der Fensterflächen auf der Südseite eines Wohngebäudes (Soest, Foto: K.PLAN)

Erwartete Auswirkungen	Hitze	☑ Hitzereduktion tagsüber ☑ Hitzereduktion nachts ☐ Versorgung mit Frischluft
	Wasser	☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung
		☐ Objektschutz
Synergien	- Energieeinsparung bei der Gebäudekühlung (z.B. Klimaanlagen) im Sommer	
Zielkonflikte	- Durchlüftung vs. kompakte Bebauungsstrukturen	
Akteure	❖ Fachbereiche Umwelt und Planung, Bauordnung, Investoren, Architekten	
Kooperations-partner	• Privatpersonen, Wohnungsbaugesellschaften und Wirtschaftsförderung	
Zielgruppe	♦ Bewohner und Gewerbetreibende in dicht bis sehr dicht bebauten Stadtteilen	
Umsetzungsin-strumente	- Festsetzung der Bauweise und der überbaubaren und nicht überbaubaren Grundstücksflächen (§ 9 Abs. 1 Nr. 2 BauGB) in B-Plänen - (Städtebauliche) Verträge - Gestaltungssatzungen und Gestaltungsfestsetzungen im B-Plan - Information von Eigentümern	

Die Ausrichtung von Gebäuden, dies betrifft sowohl Wohngebäude wie auch Bauten in Industrie- und Gewerbegebieten, sollte sich zukünftig auch an der Besonnungs- und Belüftungssituation der Baufläche orientieren.

Die Reduzierung des Hitzeeintrags durch direkte Sonneneinstrahlung auf das Gebäude sowie die optimale Nutzung der Kühlung durch die vorhandene Belüftung, z. B. im Umfeld von Luftleitbahnen sollte Ziel einer überlegten Gebäudeausrichtung sein. Zur Nutzung von kühler Nachtluft könnten in Strömungsrichtung angebrachte Belüftungsklappen zur Passivkühlung des Hauses herangezogen werden.

Natürliche und mechanische Nachtbelüftung (Abbildung: www.bosy-online.de)

Titel	G4: Hauswandverschattung, Wärmedämmung
Räuml. Bezug	Gebäudeebene
Relevanz	Hoch
Beschreibung	Durch zunehmenden Hitzestress im Sommer kommt der Kühlung von Gebäuden in Zukunft eine steigende Bedeutung zu. Die Nutzung konventioneller Klimaanlagen ließe den Energieverbrauch im Sommer stark ansteigen und hätte damit negative Auswirkungen auf den Klimaschutz. Der Einsatz regenerativer Energien für Klimaanlagen und vor allem die Passivkühlung – beispielsweise über Erdwärmetauscher – können solche Zielkonflikte verhindern. Bei der Gebäudeplanung kann ein sommerlicher Hitzeschutz neben der Gebäudeausrichtung auch durch eine Hauswandverschattung mittels Vegetation, durch angebaute Verschattungselemente, sonnenstandgesteuerte Außenrollos - beispielsweise an Bürogebäuden - und mittels Wärmedämmung erreicht werden. Dabei haben viele Maßnahmen beim Hausbau, die eigentlich der Energieeinsparung und damit dem Klimaschutz dienen, auch positive Effekte auf die Klimaanpassung. Eine gute Wärmedämmung gegen Energieverluste im Winter wirkt beispielsweise auch als Hitzeschutz gegen eine übermäßige Aufheizung der Wohnungswände im Sommer. Passivhäuser mit einem hohen Potential an Energieeinsparung sind im Sommer aufgrund des serienmäßigen Lüftungssystems angenehm kühl. Verschattungen, beispielsweise durch eine im Süden des Gebäudes angebrachte Pergola, führen im Sommer bei hochstehender Sonne um die Mittagszeit zur Verschattung, in den Morgen- und Abendstunden und im Winter erreicht die tief stehende Sonne das Haus. Diese Maßnahme lässt sich auch nachträglich zur Optimierung von Gebäuden einsetzen und damit auch im Bestand anwenden. Gebäude mit Außenrollos (Bochum, Foto: K.PLAN)

Erwartete Auswirkungen	Hitze	☑ Hitzereduktion tagsüber ☐ Hitzereduktion nachts ☐ Versorgung mit Frischluft
	Wasser	☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung
		☐ Objektschutz
Synergien	- Energieeinsparung bei der Gebäudekühlung (z.B. Klimaanlagen) im Sommer - Einsatz von Photovoltaikanlagen zur Verschattung	
Zielkonflikte	- Sturmschäden möglich	
Akteure	❖ Hauseigentümer, Wohnungsbaugesellschaften, Bauordnung, Firmeninhaber, Architekten, Fachbereich Planung	
Kooperations-partner	• Mieter, Gewerbetreibende, Wirtschaftsförderung	
Zielgruppe	♦ Bewohner, Beschäftigte in dicht bis sehr dicht bebauten Stadtteilen	
Umsetzungsin-strumente	- Festsetzung der Bauweise (§ 9 Abs. 1 Nr. 2 BauGB) in B-Plänen - Information von Eigentümern/ Nutzern	

Diese Maßnahme spielt überall dort eine Rolle, wo eine sommerliche Hitzereduktion notwendig ist. Neben dem innerstädtischen Raum sind auch Gebäude in Industrie- und Gewerbegebieten von einer zu starken Aufheizung tagsüber bei sommerlichem Hitzewetter betroffen. Verschattungen der Gebäude kann sowohl die Aufenthaltsqualität wie auch die Arbeitsproduktivität erhöhen.

Durch eine Verschattung der Südseitenfenster mit PV-Anlagen kann eine Synergie zum Klimaschutz erreicht werden.

Verschattung durch PV-Anlagen (Foto: Stadt Wuppertal)

Titel	G5: Geeignete Baumaterialien und Farben verwenden
Räuml. Bezug	Gebäudeebene
Relevanz	Hoch

Beschreibung

Durch Wärmezufuhr bzw. -abfuhr wird die Temperatur eines Körpers verändert. Wieviel Wärme pro Zeiteinheit unter Temperaturzunahme aufgenommen wird, hängt von der Art des Stoffes ab. Technogene Baumaterialien erwärmen sich deutlich stärker als natürliche Oberflächen. Insbesondere Stahl und Glas haben einen großen Wärmeumsatz, d. h. sie erwärmen sich tagsüber stark und geben nachts viel Energie an die Umgebungsluft ab. Das Gegenteil ist bei natürlichen Baumaterialien wie z. B. Holz der Fall. Um die Wärmebelastungen zu verringern, ist daher der gezielte Einsatz von Baumaterialen nach ihren thermischen Eigenschaften sinnvoll.

Wärmeleitfähigkeit verschiedener Materialien:

Holz	0,09 – 0,19 W/(m K)
Glas	0,76 W/(m K)
Ziegel	0,5 – 1,4 W/(m K)
Beton	2,1 W/(m K)
Stahl	15 – 58 W/(m K)

Abhängig von der Oberfläche des Materials wird ein Teil der eingestrahlten Sonnenenergie sofort wieder reflektiert (Albedo) und steht damit nicht zur Erwärmung zu Verfügung. Helle Baumaterialien erhöhen diesen Effekt, reflektieren also mehr kurzwellige Sonneneinstrahlung. Dadurch heizen sich hell gestrichene Häuser oder Straßen mit hellem Asphaltbelag weniger stark auf. Großflächig in der Stadtplanung angewandt, kann somit der Wärmeinseleffekt verringert werden (siehe auch Steckbrief Q9: Materialauswahl bei Verkehrs- und Nutzflächen).

Albedo verschiedener Oberflächen:

Frischer Schnee	70 – 95 %
Wasserflächen	3 – 10 %
Sandflächen	18 – 28 %
Grasflächen	10 – 20 %
Dunkler Ackerboden	7 – 10 %
Asphalt	5 - 15 %

Je heller und glatter eine Oberfläche ist, desto mehr Strahlung wird reflektiert und desto weniger stark erwärmt sich eine Fläche.

Starke Aufheizungen durch den gewählten Farbton führten dazu, dass die mineralischen Putzschichten die Spannungen nicht aushalten konnten und als Folge der sommerlichen Hitze aufplatzten.

Südseite einer Hauswand mit Hitzeschaden (Foto: K.PLAN)

Erwartete Auswirkungen	Hitze	☑ Hitzereduktion tagsüber ☑ Hitzereduktion nachts ☐ Versorgung mit Frischluft
	Wasser	☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung
	☑ Objektschutz	
Synergien	- Energieeinsparung bei der Gebäudekühlung (z.B. Klimaanlagen) im Sommer	
Zielkonflikte	- Material- und Farbgestaltungsvorgaben	
Akteure	❖ Eigentümer, Wohnungsbaugesellschaften, Fachbereiche Umwelt und Planung, Architekten	
Kooperations-partner	• Mieter, Wirtschaftsförderung	
Zielgruppe	♦ Bewohner, Beschäftigte in dicht bis sehr dicht bebauten Stadtteilen	
Umsetzungsin-strumente	- Gestaltungssatzungen und Gestaltungsfestsetzungen im B-Plan - (Städtebauliche) Verträge - Information von Eigentümern/ Nutzern	

Vorgaben zur Material- und Farbgestaltung von Seiten der Stadt kann es geben sowohl bei Festsetzungen im Bebauungsplan als auch durch eine eigene Gestaltungssatzung zu einem Gebiet. Dementsprechend muss jeder Gebäudeeigentümer vorab klären, ob sein Gebäude gegebenenfalls von solchen Festsetzungen im Bebauungsplan oder einer Gestaltungssatzung betroffen ist. Aber auch Baudenkmäler sind bei der Materialauswahl und Farbgestaltung eingeschränkt.

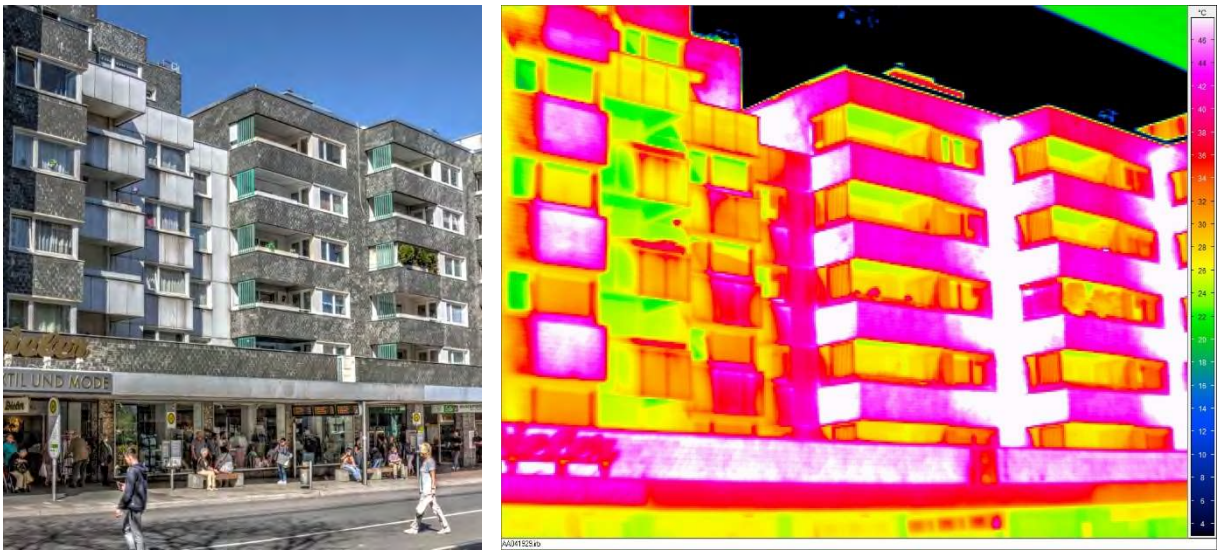


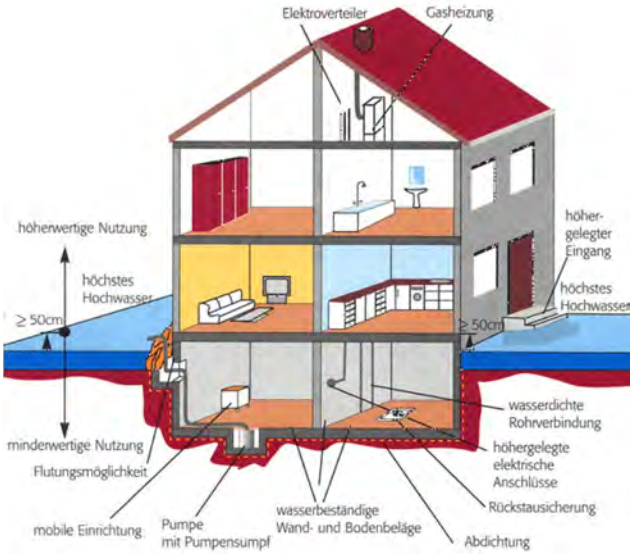
Foto und Thermalaufnahme (Oberflächentemperaturen) einer Hausfassade mit hellen und dunklen Elementen (Herne, Fotos: K.PLAN)

Titel	G6: Wasserrückhalt in Gebäuden
Räuml. Bezug	Gebäudeebene
Relevanz	Niedrig
Beschreibung	Das Gebäude wirkt hier als Wasserspeicher bzw. Wassernutzer. Mögliche Maßnahmen sind die Nutzung von Grün- und Wasserdächern. Dank ihres geringen Gewichts sind Extensiv-Gründächer im Unterschied zu intensiv bepflanzten Dachgärten auf fast allen Gebäuden auch nachträglich noch aufsetzbar. Neben dem Rückhalt von Niederschlägen sind ökologische Effekte wie Staubbindung und eine Reduzierung der sommerlichen Aufheizung zu verzeichnen. Abflusswasser von begrünten Dachflächen ist durch die vorgelagerte Filterung als unbedenklich eingestuft und kann deshalb problemlos versickert oder zur weiteren Nutzung in Zisternen gespeichert werden (ATV-A 138). Eine Nutzung als Brauchwasser ist möglich, kann aber abhängig vom Dachsubstrat eine Färbung aufweisen. Während die Wasseraufnahmekapazität von Gründächern bei Starkniederschlägen begrenzt ist, können größere Mengen durch Wasserdächer aufgenommen werden. Neben gestalterischen Vorteilen trägt es durch einen Kühleffekt zu einer Verbesserung des Lokalklimas bei. Aufgrund statischer Probleme ist eine Umrüstung bei Altbauten problematisch, während bei einer Neuplanung dieser Aspekt einkalkulierbar ist. (Foto: K.PLAN) Neben der Retention auf Dachflächen ist auch ein Rückhalt innerhalb von Gebäuden möglich. Wasserkeller, wie z. B. Tiefgaragen, Keller oder Räume unterhalb von gewerblichen und industriellen Betrieben können bei Extremniederschlägen große Mengen an Wasser aufnehmen, wenn sie als temporäre Zisternen angelegt sind. Das gesammelte Wasser kann als Brauchwasser (Kühlwasser, Bewässerung) genutzt werden, durch wasserdurchlässigen Bodenbelag verzögert versickern oder nachträglich einem Entwässerungssystem oder einem Oberflächengewässer zugeführt werden. Im Kanalsystem werden durch Staukanäle zusätzliche Speichervolumen geschaffen, an dessen Ende ein gedrosselter Abfluss erfolgt. Dadurch wird die maximale Abflussmenge reduziert. Diese Lösung kann angewendet werden, wo oberflächliche Retentionsmöglichkeiten nicht gegeben sind (z. B. in dicht überbauten Gebieten).

Erwartete Auswirkungen	Hitze	☑ Hitzereduktion tagsüber ☐ Hitzereduktion nachts ☐ Versorgung mit Frischluft
	Wasser	☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☑ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung
	☑ Objektschutz	
Synergien	- Kühleffekt bei Hitzewetterlagen	
Zielkonflikte	- Nutzungskonflikte des benötigten Raumes	
Akteure	❖ Gebäudeeigentümer, Bauordnung, Architekten, Investoren	
Kooperations-partner	• Bewohner, Nutzer	
Zielgruppe	♦ Bewohner und Gewerbetreibende in hoch versiegelten Bereichen, in abflusslosen Senken und entlang von Fließwegen	
Umsetzungsin-strumente	- Beratung von Eigentümern - Stadtentwässerung	

In Bereichen mit einem hohen Wasseraufkommen bei Stark- oder Extremniederschlägen und/oder bei Flusshochwasser, die keine ausreichenden Flächen zur Versickerung oder Zwischenspeicherung von Wasser zur Verfügung stellen können, ist diese Maßnahme eine sinnvolle Alternative.

Titel	G7: Maßnahmen des Objektschutzes
Räuml. Bezug	Gebäudeebene
Relevanz	Sehr hoch
Beschreibung	Befindet sich ein Gebäude in einem durch Sturzfluten oder Überflutungen gefährdeten Bereich, so kann die Bauvorsorge das Schadenspotenzial kurzfristig und nachhaltig verringern. Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die Möglichkeiten der Bauvorsorge für ein einzelnes Haus.



Strategie der Bauvorsorge (Quelle: BMVBW 2003)

Neben dem Schutz gegen Wassereintritt durch oberflächliche Wassermengen (Bauwerkabdichtungen, dichte Kellerfenster und -türen, höher gelegene Eingänge, gesicherte Tiefgarageneinfahrten u. a.) ist ein ausreichender Schutz gegen Wassereintritt durch die Kanalisation notwendig. Bei fehlenden oder nicht ausreichenden Rückstausicherungen oder Hebeanlagen kann sich Wasser aus der Kanalisation durch Sanitäranlagen und Hausanschlüsse zurückstauen und Kellerräume überschwemmen. Deshalb fordern kommunale Entwässerungssatzungen fast überall Rückstauklappen und andere geeignete Schutzmaßnahmen.

Ist ein Wassereintritt nicht zu verhindern, so kann eine hochwasserangepasste Gebäudenutzung das Schadenspotenzial reduzieren. Kostenintensive Kellerausbauten, tief gelegene elektrische Anschlüsse und andere sensible Versorgungseinrichtungen im Keller (z. B. Datenleitungen, EDV-Anlagen) sind in überflutungsgefährdeten Gebieten zu vermeiden. Zum Schutz der Bausubstanz und zur Minimierung der Aufräum- und Wiederherstellungskosten sollten Kellerräume mit wasserbeständigen Baumaterialien (Naturstein, Kunststoff, beschichtete Metalle u. Ä.) und mobiler Inneneinrichtung ausgestattet werden.

Bauvorsorge funktioniert nur, wenn die Bevölkerung ausreichend über die Möglichkeiten informiert ist. Leitfäden zum privaten Objektschutz (insbesondere zum Einbau und Unterhalt von Rückstauklappen) sind sinnvoll.

Erwartete Auswirkungen	Hitze	☐ Hitzereduktion tagsüber ☐ Hitzereduktion nachts ☐ Versorgung mit Frischluft
	Wasser	☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung
	☑ Objektschutz	
Synergien	-	
Zielkonflikte	- Nutzungskonflikte im Haus	
Akteure	❖ Hauseigentümer	
Kooperations-partner	• Bewohner, Nutzer	
Zielgruppe	♦ Bewohner und Gewerbetreibende in hoch versiegelten Bereichen, in abflusslosen Senken und entlang von Fließwegen	
Umsetzungsin-strumente	- Beratung von Eigentümern	

In Bereichen mit einem hohen Wasseraufkommen bei Stark- oder Extremniederschlägen und/oder bei Flusshochwasser, die keine ausreichenden Flächen zur Versickerung oder Zwischenspeicherung von Wasser zur Verfügung stellen können, sind alle Maßnahmen des Objektschutzes eine sinnvolle Alternative.

Beispiel: Temporäre Sicherung von Kellerfenstern (Foto: K.PLAN).

Tieferliegende Infrastrukturen (z. B. Gebäude- und Parkplatzflächen) im Einflussbereich von Oberflächen-Fließwegen bei Starkniederschlägen können beispielsweise durch ein Schleusentor und einen Damm entlang der höher gelegenen Straße geschützt werden.

Beispiel: Damm und Schleusentor entlang eines Niederschlags-Hauptfließweges (Soest, Foto: K.PLAN)

Titel	V1: Ausarbeitung von Checklisten für Planer und private Bauherren
Relevanz	Sehr hoch
Beschreibung	Zur Umsetzung des Klimafolgenanpassungskonzeptes der Region Rhein-Voreifel in den nächsten Jahren ist eine verbindliche Vorgehensweise für alle raumrelevanten Planungen notwendig. Zu diesem Zweck soll ein Prüfraster zur Anwendung des Anpassungskonzeptes erstellt werden. Dazu werden Checklisten erarbeitet, die die folgenden Bereiche abdecken: • Checkliste zur Integration der Klimaanpassung in die kommunalen Planungsvorhaben: Durch die Abarbeitung der Checkliste sollen passende Klimaanpassungsmaßnahmen gefunden und priorisiert werden, die in die nachfolgenden Abwägungen aller raumbezogenen Planungen integriert werden. • Checkliste für Investoren: Erarbeitet wird eine Checkliste für Bauprojekte, getrennt nach Wohnbauprojekten und nach gewerblich-/ industriellen Projekten, die der Sensibilisierung und Motivation von Investoren bezüglich der Klimaanpassung in Verbindung mit Lebens- oder Arbeitsqualitätssteigerung dienen soll. • Checkliste für private Bauherren: Mit der Korrespondenz zu Bauanträgen soll eine Checkliste an Privatpersonen verschickt werden, die im privaten Bereich die Notwendigkeiten und Möglichkeiten zur Klimaanpassung abfragt. Dabei gibt es Hinweise insbesondere zur Überprüfung der Überflutungs- und/ oder Hitzegefährdung des Standortes und zu den entsprechenden Maßnahmenoptionen. Die Checkliste dient der Sensibilisierung und Information der Bürgerinnen und Bürger. Die Checklisten sollen zum einen Anregungen geben, welche Maßnahmen zur Klimaanpassung mit welchen Instrumenten in der Stadt-, Erschließungs- und Freiraumplanung umsetzbar sind. Zum anderen ermöglichen die Checklisten dem Planenden eine schnelle Einschätzung, welche Maßnahmen bereits bedacht wurden bzw. an welchen Stellen eine Integration nötig ist. Eine schnelle Einschätzung im Hinblick auf die Notwendigkeit der Ergreifung von Maßnahmen (z. B. überflutungsgefährdete Bereiche), auf die nötigen Voraussetzungen (z. B. Versickerungsfähigkeit des Bodens) oder auf andere Belange, die einer Maßnahme entgegenstehen können (z. B. Barrierefreiheit) werden so ermöglicht. Die Checklisten werden thematisch nach den Aufgabenfeldern der Stadtplanung, Freiraumplanung und Erschließungsplanung geordnet.

Erwartete Auswirkungen	Hitze	☑ Hitzereduktion tagsüber ☑ Hitzereduktion nachts ☑ Versorgung mit Frischluft
	Wasser	☑ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☑ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung
	☑ Schutz des Menschen, Objektschutz	
Synergien	- Lebensqualität, Attraktivität der Kommunen - Gesundheitsvorsorge, Schadenminimierung	
Zielkonflikte	keine	
Akteure	❖	Fachbereiche Umwelt, Planung, Tiefbau und Verkehr, Investoren, Architekten, private Bauherren
Kooperations-partner	●	
Zielgruppe	♦	Bevölkerung
Umsetzungsin-strumente	- Bauleitplanung - Investorenwettbewerbe	

Titel	V2: Warnsysteme, Aktionspläne – Themenfeld Hitze
Relevanz	Hoch
Beschreibung	Die Hitzewellen der Jahre 2003 und 2018 haben deutlich gezeigt, welche Folgen der Klimawandel für das Leben in Städten haben kann. Über 35.000 vorwiegend ältere Menschen sind 2003 dieser Hitzewelle in Europa zum Opfer gefallen, entsprechende Zahlen werden für 2018 erwartet. Ein Hitze-Warnsystem und ein auf Hitzebelastungen zugeschnittenes Informationsmanagement können die gesundheitlichen Risiken von Hitzewellen verringern. Der Deutsche Wetterdienst hat ein deutschlandweites Hitzewarnsystem eingerichtet und verfügt damit über die Möglichkeit, Hitzewarnungen auszugeben und so vor einer Wetterlage mit hohen Temperaturen, geringen Windbewegungen und intensiver Sonneneinstrahlung zu warnen: (www.dwd.de/DE/leistungen/hitzewarnung/hitzewarnung.html). Der Deutsche Wetterdienst gibt täglich die amtlichen Wetter- und Unwetterwarnungen heraus: www.wettergefahren.de/warnungen/warnsituation.html. NRW-spezifische Informationen zum Hitzewarnsystem des Deutschen Wetterdienstes sowie Verhaltensempfehlungen, mit deren Hilfe Gesundheitsrisiken bei extremen Hitzeereignissen vermieden werden können, liefert auch das Hitzeportal Nordrhein-Westfalen (www.hitze.nrw.de). Ein System zur Verbreitung von Hitzewarnungen über die örtliche Presse (Lokalzeitung, Lokalradio) kann darauf aufgebaut werden. Allerdings kann gerade über Printmedien keine schnelle Verbreitung von Hitzewarnungen sichergestellt werden. Hitzewarnungen müssen vor allem auch über den Aufbau und/oder die Nutzung eigener Verwaltungskanäle verbreitet werden. Im Moment kommt die bundesweite Warn-App NINA in Frage. Außerdem sollte das Thema „Hitzewarnungen“ auch noch einmal mit Grundinformationen auf der städtischen Internetseite aufbereitet werden. Die Bevölkerung muss in geeigneter Form (z. B. angepasste Ansprache für die verschiedenen sozialen Gruppen) über Gefährdungen, mögliche Vorsorgemaßnahmen und empfohlenes Verhalten informiert und vor Extremwetterereignissen gewarnt werden. Zu den Maßnahmen der Informationsvorsorge gehören beispielsweise die Veröffentlichung von Risiko- und Gefahrenkarten, die Verbreitung von Informationsmaterialien zu persönlichen Vorsorgemaßnahmen und der Aufbau eines Netzwerkes beispielsweise mit Schulen. Klimaanpassung hat zum Teil auch ein hohes Klimaschutzpotenzial, beispielsweise bietet eine Gebäudedämmung auch Schutz vor Hitze. Diese Informationen sind bei vielen Kommunen und Behörden als Broschüren, Handzettel und Plakate vorhanden, aber vielen Bürgern nicht ausreichend bekannt. Diese Informationsangebote müssen insbesondere Bürger in potenziellen Risikogebieten aktiv zur Kenntnis gebracht und einfach zugänglich gemacht werden. Es ist daher zu empfehlen, dass unter Beachtung der heterogenen Zielgruppe auf die Bürger aktiv zugegangen wird, in dem man beispielsweise auf Bürgerversammlungen, in Ausstellungen oder durch Postwurfsendungen informiert. Hilfreich sind auch Lehrpfade, die Informationen zur Eigenvorsorge geben. Diese können beispielsweise mit Hilfe kleiner Info-Tafeln in innerstädtischen Parks oder in Fußgängerzonen auf positive Umsetzungen zur Klimaanpassung hinweisen oder Vorschläge für ein hitzeangepasstes Verhalten, z. B. Rasten im Schatten, machen. Zentrales Mittel der Stadtverwaltung zum Umgang mit zukünftigen Belastungen durch Hitze sollte ein „**Hitzeaktionsplan**“ sein, der ein Netzwerk aufbaut mit Bildungs- und Gesundheitseinrichtungen, Quartiers- und Nachbarschaftsvereinen sowie Ordnungs- und Notfallstellen. Um die Gesundheit des Menschen zu schützen, müssen Präventionsmaßnahmen auf verschiedenen Ebenen initiiert werden. Dazu gehören zum Beispiel das Nutzen von Frühwarnsystemen und das rechtzeitige Aufklären der Öffentlichkeit. Besonders berücksich-

tigt werden müssen hier auch betroffene Einrichtungen, wie zum Beispiel Altenheime/Pflegeheime, Krankenhäuser und Kindertageseinrichtungen, um die vulnerablen Personengruppen zu erreichen. Ziel eines kommunalen Hitzeaktionsplan ist es, hitzebedingte Erkrankungen und Todesfälle durch Prävention (z. B. Bereitstellung von „kühlen Orten“) zu vermeiden.

Verhaltensvorsorge ist die Basis für schadensmindernde Maßnahmen, bevor die nächste Hitzeperiode beginnt. Gefährdete Menschen müssen frühzeitig informiert und das Personal bzw. betreuende Angehörige ausgebildet werden, damit im Notfall jeder Betroffene situationsbedingt korrekt handeln kann. Maßnahmen zur Verhaltensvorsorge umfassen alle Vorbereitungen für den Not- und Katastrophenfall, um eine Krise zu bewältigen.

Die folgenden Arbeitsschritte sind zur Erstellung eines **Hitzeaktionsplans** durchzuführen:

- Aufbau einer kommunalen zentralen Koordinierungsstelle
- Nutzung von Hitzewarnsystemen
- Aufbau und Pflege eines Kommunikationsnetzwerkes (Internet, Presse, …)
- Aufbau eines Netzwerkes mit betroffenen Einrichtungen, Vereinen, … unter Einbezug von bestehenden Plattformen aus dem Gesundheitsbereich (z.B. Gesundheitswoche, Präventions- und Gesundheitskonferenz)
- Verknüpfung zum Klimaschutzkonzept: Identifikation von Räumen zur Verknüpfung von Gesundheitsprävention, Gesundheitsförderung, Klimaschutz und Klimaanpassung
- Identifizieren von besonderen Risikogruppen und Belastungsschwerpunkten
- Erarbeitung von kurzfristigen Maßnahmen zur Minderung von Hitzeauswirkungen (z. B. Wasserzerstäuber zur Kühlung)
- Weiterbildung von Personal der Pflege- und Sozialeinrichtungen
- Umsetzung von langfristigen Maßnahmen in der Stadtplanung zur Reduzierung der Hitzebelastungen.

Erwartete Auswirkungen	Hitze	☑ Hitzereduktion tagsüber ☑ Hitzereduktion nachts ☑ Versorgung mit Frischluft
	Wasser	☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☐ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung
	☑ Schutz des Menschen	
Synergien	- Gesundheitsvorsorge, - Schadenminimierung	
Zielkonflikte	keine	
Akteure	❖ Wetterdienste, Ämter, Lokalpresse, Radio	
Kooperationspartner	• Pflegedienste, Ärzte, Notfalldienste, Feuerwehr, Altenheime, Krankenhäuser	
Zielgruppe	♦ Bevölkerung	
Umsetzungsinstrumente	- Aktuelle Information der Bevölkerung (Presse) - Informationsmaterial (Flyer,...) - Notfallpläne	

Titel	V3: Erstellung eines Starkregenmanagements
Relevanz	Hoch
Beschreibung	Grundlage eines Starkregenmanagements ist die Bereitstellung von detaillierten Starkregengefahrenkarten, die Auskunft über Fließwege und Überflutungsbereiche für verschiedene Niederschlagsszenarien beinhaltet. Hierzu kann in den Kommunen auf ganz unterschiedliche Grundlagen zurückgegriffen werden. Von den Fachbereichen Tiefbau und Verkehr sowie Umwelt und Planung, der Feuerwehr und den Rettungsdiensten muss ein Starkregenmanagement erarbeitet werden. Sinnvoll ist ein mehrstufiges Vorgehen: • Regional übergreifende detaillierte Fließwegekarten erarbeiten (ist in Planung) und darauf aufbauend eine Risikoanalyse (beispielsweise die Betroffenheit von Einrichtungen wie Schulen, Kitas, Seniorenheime, Infrastruktur usw. betrachten) und ein Handlungskonzept erstellen. • Verstärkt die Entsiegelung von Flächen bewerben und fördern. • Koordinierung der Oberflächenabflüsse mit Schwachstellen in der Kanalisation, Abflusshindernissen etc. • Ausarbeitung von Plänen zur Niederschlagswasserzwischenspeicherung und Fließwegeumleitung im Extremniederschlagsfall. Hierzu kann ein Brachflächenkataster einen Betrag leisten. • Aktionspläne für den Katastrophenfall vorhalten: Die Bevölkerung muss in geeigneter Form über Gefährdungen, mögliche Vorsorgemaßnahmen und empfohlenes Verhalten informiert und vor Extremwetterereignissen gewarnt werden. Zu den Maßnahmen der Informationsvorsorge gehören beispielsweise die Veröffentlichung von Risiko- und Gefahrenkarten, die Verbreitung von Informationsmaterialien zu persönlichen Vorsorgemaßnahmen und der Aufbau eines Netzwerkes beispielsweise mit Schulen, Altenheimen und Krankenhäusern. Um die Gesundheit des Menschen zu schützen, müssen Präventionsmaßnahmen auf verschiedenen Ebenen initiiert werden. Dazu gehören zum Beispiel das Nutzen von Frühwarnsystemen und das rechtzeitige Aufklären der Öffentlichkeit. Besonders berücksichtigt werden müssen hier auch betroffene Einrichtungen, wie zum Beispiel Altenheime/Pflegeheime, Krankenhäuser und Kindertageseinrichtungen, um die vulnerablen Personengruppen zu erreichen. Verhaltensvorsorge ist die Basis für schadensmindernde Maßnahmen, bevor das nächste Ereignis beginnt. Gefährdete Menschen müssen frühzeitig informiert und ausgebildet werden, damit im Notfall jeder Betroffene situationsbedingt korrekt handeln kann. Maßnahmen zur Verhaltensvorsorge umfassen alle Vorbereitungen für den Not- und Katastrophenfall, um eine Krise zu bewältigen. Dazu gehören u. a.: • Veröffentlichungen von Informationsmaterialien zum Verhalten in Not- und Katastrophenfällen • Veranstaltung zu diesem Thema im Rahmen einer Gesundheitswoche • Beratung durch kommunale Stellen • Bereitstellung von Infrastruktur und Material für den Ereignisfall

- Organisation einer Nachbarschaftshilfe
- Nutzung von Quartiersnetzwerken
- Klärung der Zuständigkeiten innerhalb der Familie/ Institutionen
- Anlegen eines Wasservorrats
- Räumen mobiler Gegenstände in obere Etagen
- Abdrehen von Haupthähnen und Umlegen von Schaltern für Gas, Wasser, Strom, u. a.
- Evakuierungsübungen durchführen

Erwartete Auswirkungen	Hitze	☐ Hitzereduktion tagsüber ☐ Hitzereduktion nachts ☐ Versorgung mit Frischluft
	Wasser	☑ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Versickerung ☑ Reduktion des Überflutungsrisikos durch Zwischenspeicherung
	☑ Schutz des Menschen, Objektschutz	
Synergien	- Gesundheitsvorsorge - Schadenminimierung	
Zielkonflikte	keine	
Akteure **Kooperations-partner** **Zielgruppe**	❖ Ordnungsamt, Kreis, Katastrophenschutz und Fachbereiche Tiefbau, Verkehr, Umwelt und Planung • Hauseigentümer, Feuerwehr, Altenheime, Krankenhäuser ♦ Bevölkerung	
Umsetzungsin-strumente	- Aktuelle Information der Bevölkerung (Presse) - Informationsmaterial (Flyer,...) - Notfallpläne	

4.2 Zusammenstellung von Fördermöglichkeiten zur Klimaanpassung

Die Klimaanpassung ist europaweit ein besonders wichtiges Thema. Daher gibt es viele verschiedene Fördermöglichkeiten, die die Klimaanpassung vorantreiben sollen. Es sollen Anpassungsmaßnahmen gefördert werden, die innerstädtisches Grün stärken, erneuerbare Energien fördern, Gebäude energieeffizienter machen und vor Extremwetterereignissen schützen. Konkret werden dabei die Anlage von Grün- und Wasserflächen, Dach- und Fassadenbegrünung, die Installation von Photovoltaikanlagen und Gebäudedämmung, die Einrichtung von Verschattungselementen und Versickerungsanalgen sowie Fließgutachten und Versickerungsanlagen gefördert. Allgemeine Fördermittel werden von EU, Bund oder Ländern bereitgestellt, während Kommunen private Anpassungsmaßnahmen fördern. Dementsprechend unterscheidet sich auch die jeweilige Förderregion und Antragsstelle für die Maßnahmen. Die Art der Förderung erfolgt über Zuschüsse, Kredite oder Darlehen in verschiedenen Höhen. Die förderbare Summe für ein Projekt ist von Förderquote und Förderhöhe abhängig und zeitlich durch die Programmlaufzeit limitiert. Städte und Gemeinden aber auch Unternehmen, Vereine und Privatpersonen können antragsberechtigt sein. Wie dies bei den konkreten Klimaanpassungsmaßnahmen geregelt ist, ist im Anhang nachlesbar.

Die notwendige personelle Infrastruktur ist ebenfalls förderfähig. Im Rahmen der kommunalen Qualitätsmanagementsysteme zur Klimafolgenanpassung des Landes NRW wird der Aufbau der notwendigen Verwaltungsinfrastruktur gefördert und die kontinuierliche Umsetzung durch die Kommunalverwaltung unterstützt.

Allgemeine Informationen zu Förderprogrammen sind unter den folgenden Links zu finden:

https://zentrum-klimaanpassung.de/foerderberatung

https://www.umwelt.nrw.de/umwelt/klimawandel-und-anpassung/klimaanpassung-in-nrw

https://kommunalberatung-klimaanpassung-nrw.de/foerderprogramme/

In der Tabelle 4.7 sind verschiedene Fördermitteln für Maßnahmen zur Klimafolgenanpassung zusammengestellt. Die ausführliche Tabelle findet sich im digitalen Anhang zu diesem Bericht.

Tab. 4.7 Zusammenstellung von Fördermitteln für Maßnahmen zur Klimafolgenanpassung (ausführliche Tabelle als Anhang im Excel-Format)

Bezeichnung	Fördermaßnahme	Förderregion	Programmlaufzeit
Personalstelle zur Umsetzung des Klimaanpassungskonzeptes	Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten im kommunalen Umfeld (Kommunalrichtlinie) im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) - Einsatz eines Umsetzungsmanagements	bundesweit	Bis Ende 2027
Anlage von Grün- und Wasserflächen	Bund-Länder-Programm „Wachstum und nachhaltige Erneuerung“ im Rahmen der Städtebauförderung	bundesweit	01.01.2020 bis 31.12.2022
Photovoltaik	KfW-Förderkredit 270 "Erneuerbare Energien – Standard" (Kredit , Stand 01.01.2022)	In- und Ausland	(---)

Gebäudedämmung	Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude – Nichtwohngebäude (BEG NWG) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (Stand 07.01.2021)	bundesweit	01.07.2021 bis 31.12.2030
Innovative Modellprojekte für die Klimawandelanpassung	Förderrichtlinie: Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels	bundesweit	15.09.2021 bis 31.12.2024
Renaturierung von Bundeswasserstraßen und ihren Auen	Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen im Rahmen des Bundesprogramms „Blaues Band Deutschland“ (Förderprogramm Auen)	bundesweit	Seit 19.02.2019 fortlaufend
Errichtung von Verschattungselementen	Kommunalrichtlinie der Nationalen Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (Investive Maßnahme: Einbau außenliegender Verschattungsvorrichtungen mit Tageslichtnutzung)	bundesweit	01.08.2020 bis 31.12.2022
IKK & IKU - Energetische Stadtsanierung - Quartiersversorgung	Energieeffizienz, Klimaschutz und Klimaanpassung im Quartier	bundesweit	laufend
Detailliertes Fließwegegutachten (inkl. Geländeneumodellierung), aufgeführt unter 3. Stufe Priorisierung der Maßnahmen	Förderrichtlinie Hochwasserrisikomanagement und Wasserrahmenrichtlinie – FöRL HWRM/WRRL	NRW	Anträge sind bis zum 30.10. des vorhergehenden Haushaltsjahres zu stellen - 31.12.2027
Errichtung von Versickerungsanlagen	Förderbereich 4.1: Misch- und Niederschlagswasserbehandlung sowie -rückhaltung der Förderrichtlinie Ressourceneffiziente Abwasserbeseitigung NRW II (ResA II) des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW	NRW	10.04.2017 bis 31.12.2022
Zwischenspeicherung von Niederschlagswasser	Förderbereich 4.1: Misch- und Niederschlagswasserbehandlung sowie -rückhaltung der Förderrichtlinie Ressourceneffiziente Abwasserbeseitigung NRW II (ResA II) des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW	NRW	10.04.2017 bis 31.12.2022
Kompensationsleistungen für Gemeinden und Kreise	Billigkeitsrichtlinie	NRW	12.2021 bis 12.2023 (Antragsfrist: 30.11.2022)
Extremwetter-Richtlinie	Zur Unterstützung bei der Schadensbewältigung im Wald und der Wiederbewaldung stellt das Umweltministerium Nordrhein-Westfalen Förderangebote nach der Extremwetterfolgenrichtlinie bereit. Fördermittel sollen ab diesem Jahr vorrangig für die Wiederaufforstung eingesetzt werden.	NRW	laufend

4.3 Integration von Klimaanpassungsmaßnahmen in ausgewählte Beispielprojekte in der Region Rhein-Voreifel

Konkret wurden im Verlauf der Projektbearbeitung für die beteiligten Kommunen Einzelprojekte erarbeitet, um die Integration von Klimaanpassungsmaßnahmen voranzutreiben und Best Practice Beispiele zu erzeugen, die übertragbar auf andere Kommunen sind. In der Abbildung 4.2 ist der Ablauf der Untersuchungen zu verschiedenen Anpassungsmaßnahmen in den von den Kommunen ausgewählten Beispielprojekten im Überblick dargestellt. Der vierstufige Prozess führt über die Überprüfung der Notwendigkeit zur Klimaanpassung, die Auswahl und Priorisierung von Anpassungsmaßnahmen bis zu den Möglichkeiten zur Umsetzung.

Im ersten Schritt wird die Betroffenheit des geplanten Projektes durch die Folgen des Klimawandels analysiert. Als Grundlage dienen hierzu die kommunale Handlungskarte zur Klimaanpassung (siehe Kapitel 3.1, Abb. 3.1) sowie die Einzelkarten zu den klimatischen Belastungen in der Region Rhein-Voreifel (Hitzebelastungen, Kaltluftbahnen, Hochwassergefährdung, Trockenheitsgefährdung, Gefährdung durch Starkwind, siehe Kapitel 2).

Entsprechend des aus dem Schritt 1 abgeleiteten Konfliktpotenzials bezüglich des Lokalklimas werden in der 2. Stufe des Prozesses geeignete Klimaanpassungsmaßnahmen zusammengestellt. Diese reichen von der Ebene der Gesamtfläche der Kommune über die Quartiersebene bis zur Gebäudeebene. Dabei können verschiedene Maßnahmen auch zur Abschwächung von mehreren klimatischen Belastungen wie beispielsweise Überflutung und Hitze führen.

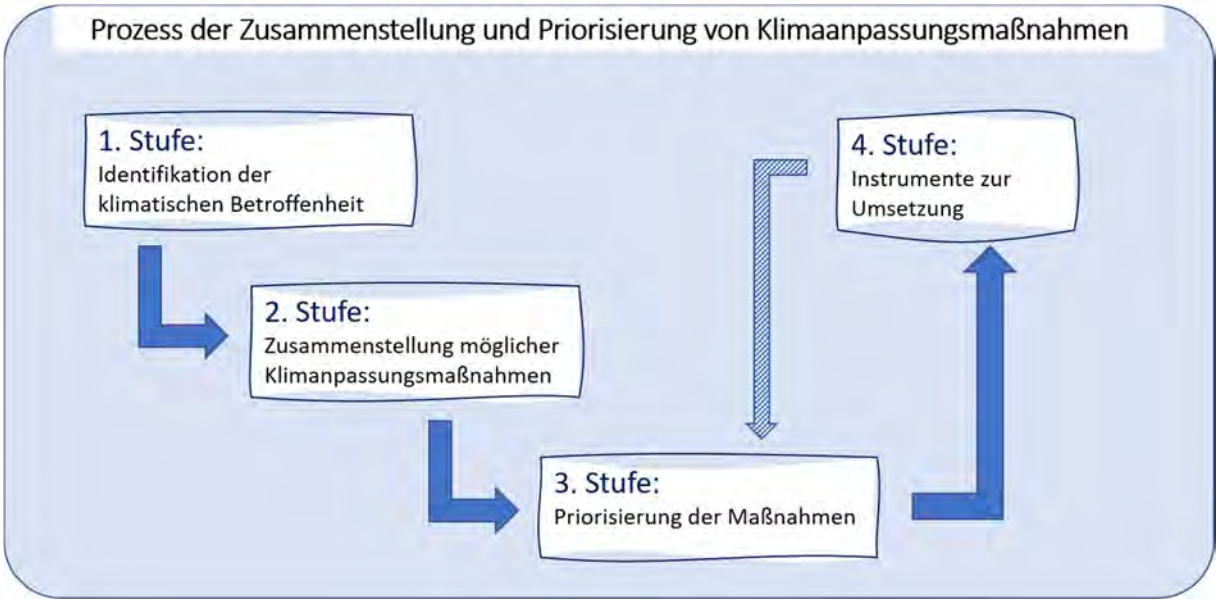


Abb. 4.2 Prozess der Zusammenstellung und Priorisierung von Klimaanpassungsmaßnahmen

In der 3. Stufe werden passend zu dem geplanten Vorhaben Maßnahmen aus der Stufe 2 priorisiert. Dabei werden sowohl die vorrangigen Ziele der speziellen Klimaanpassungsmaßnahmen im Projekt, also beispielsweise Reduktion von Hitzebelastungen oder Schutz vor Überflutung, berücksichtigt, als auch die Wirkung der Maßnahmen in die Priorisierung einbezogen. Falls möglich, sind Synergien zu nutzen.

Die in der 4. Stufe zusammengestellten Instrumente zur Umsetzung, einschließlich einer qualitativen Kosten-/ Nutzen-Einschätzung führen in einer Schleife wieder zu einem weiteren Kriterium für die Priorisierung von Maßnahmen. Leicht umzusetzende Maßnahmen und Maßnahmen mit einem guten Kosten-/ Nutzenverhältnis werden bevorzugt vorgeschlagen.

4.3.1 Klimaanpassung im gewerblichen Bereich: Beispielprojekt Gewerbegebiet Alfter Nord

Bei Neuplanungen von Gewerbe- und Industriegebieten ist darauf zu achten, in den jeweiligen Planungsstufen die Belange von Klimaanpassung zu berücksichtigen.

Abb. 4.3 Rahmenplan-Entwurf zum Gewerbegebiet Alfter Nord, Teilbereich 2
(Quelle des Luftbildes: TIM-Online NRW – Datenlizenz Deutschland – ZERO, Quelle Rahmenplan: Wirtschaftsförderung Alfter (WFA) und ulrich hartung GmbH)

In der Abbildung 2 ist der Rahmenplanentwurf zum Gewerbegebiet Alfter Nord, Teilbereich 2, dargestellt. Zusammen mit den sich nördlich anschließenden Teilbereichen 1 und 1a bildet die Erweiterung des Gewerbegebietes eine große zusammenhängende Fläche, für die im Folgenden:

- die Einwirkungen des Klimas und der Klimawandelfolgen auf die Fläche (Hitze, Extremniederschlag, Sturm),
- die möglichen Auswirkungen der Planungen auf das Lokalklima (Ausweitung der Hitze, Beeinträchtigung von Kühl- und Belüftungsfunktionen)

untersucht werden. Darauf basierend werden in den Untersuchungsschritten 2 – 4 passende Klimaanpassungsmaßnahmen zusammengestellt und priorisiert.

1. Stufe Identifikation der klimatischen Betroffenheit im Untersuchungsgebiet

Auf der Grundlage der klimatischen Betroffenheitsanalyse für die Region Rhein-Voreifel werden die Konfliktpotenziale bezüglich des Lokalklimas und der Folgen des Klimawandels für die nächsten Planungsschritte zum Vorhaben „Erweiterung des Gewerbegebietes Alfter Nord“ abgeleitet.

In den Karten der Betroffenheitsanalyse werden entsprechend ihrem Konfliktpotenzial Flächen ausgewiesen, für die bestimmte Maßnahmen notwendig werden, um den Folgen des Klimawandels zu begegnen. Auf der anderen Seite können einzelne Flächen aufgrund ihrer Lage, der geringen Oberflächenrauhigkeit bzw. des geringen Strömungswiderstandes und der Ausrichtung zu einer wirkungsvollen Kühlung und/oder Belüftung beitragen. Wenn die Funktion über das Stadtgebiet hinausgeht, besitzen solche Flächen eine regionale Bedeutung. Außerdem sollte ein neues Bauvorhaben wie die Erweiterung eines Gewerbegebietes in Alfter auch vor Ort für die zukünftigen Nutzer und die Bewohner der weiteren Umgebung keine klimatischen Belastungen unter den Bedingungen des Klimawandels aufweisen.

In dieser ersten Stufe der Untersuchung werden

- die Hitzebetroffenheit,
- das Kühlpotenzial und die Belüftungsfunktion,
- die Überflutungsgefährdung
- und das Sturmrisiko

der betroffenen Flächen und der weiteren Umgebung untersucht.

Untersuchungen zur Hitzebetroffenheit

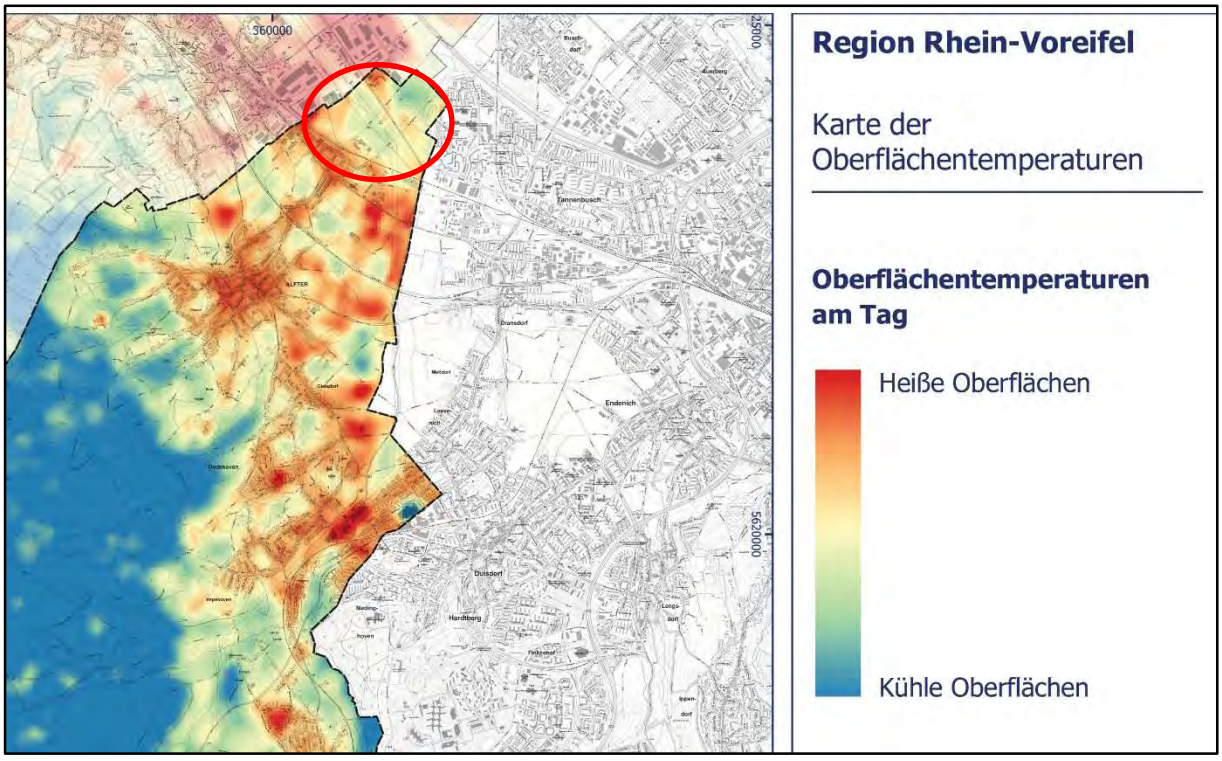


Abb. 4.4 Ausschnitt aus der Infrarotkarte für Alfter (Oberflächentemperaturen, Aufnahme Landsat 8 vom 29.06.2019)

Um flächendeckende Informationen über die Temperaturverhältnisse in der Region Rhein-Voreifel zu bekommen, wurde zu Beginn der Untersuchungen eine Infrarotaufnahme des Landsat 8 – Satelliten vom 29.06.2019 ausgewertet. Die Legende der Karte der Oberflächentemperaturen (Abb. 4.4) weist die ansteigenden Oberflächentemperaturen von kalten zu warmen Oberflächen in den Farbstufen Blau, Gelb und Rot aus. Die höchsten Oberflächentemperaturen treten in den Industrie- und Gewerbegebieten auf. Aus der Thermalkarte lassen sich Rückschlüsse auf die Lufttemperatur-Situation in einem Gebiet ziehen. Die Luft wird über den Oberflächen erwärmt oder abgekühlt, das heißt, dass sehr warme Oberflächen zu erhöhten Lufttemperaturen führen. Versiegelte Flächen und Bebauungen speichern viel Energie und kühlen sich auch nachts nur langsam ab. In Verbindung mit einem geringen Luftaustausch in bebauten Stadtgebieten führt dies zur Ausprägung von Wärmeinseln. Freiflächen kühlen nachts sehr schnell ab und haben niedrige Oberflächentemperaturen. Diese kühlen die darüber liegenden Luftschichten und führen zu einer nächtlichen Kaltluftbildung auf den Flächen. Die bestehende Gewerbeflächen rund um Alfter Nord weisen sehr hohe Oberflächentemperaturen auf. Die Erweiterungsflächen sind im IST-Zustand noch relativ kühl und unterbrechen die bestehenden überwärmten Bereiche im Nordwesten auf der Gemeindefläche von Bornheim und im sich südlich anschließenden Mischgebiet von Alfter.

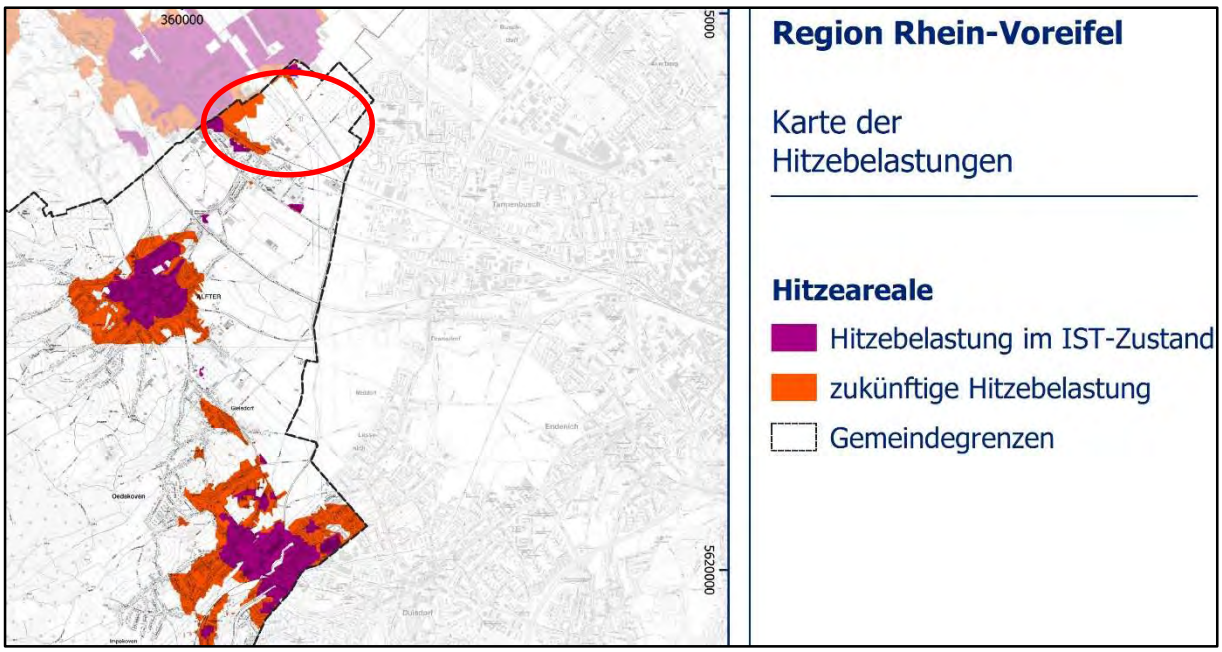


Abb. 4.5 Ausschnitt aus der Karte der Hitzebelastungen für Alfter

Grundlagen für die Abgrenzung von potenziellen Problemgebieten unter dem Aspekt der Hitzebelastung des Menschen liefern die Klimatope des „Stadtklimas“ aus den Klimatopkarten für den IST-Zustand und das Zukunftsszenario, die im Rahmen der Betroffenheitsanalyse erstellt wurden. In diesen Bereichen bilden sich aufgrund der hohen Versiegelung die Wärmeinseln so stark aus, dass es zu einer Belastung des menschlichen Organismus kommt. Zusätzlich wird die Durchlüftung durch die Bebauungsstrukturen behindert. Diese Flächen wurden als Hitzeareale in die Karte der Hitzebelastungen (Abb. 4.5) übernommen. Die Hitzeinseln im IST-Zustand sind in der Abb. 4.5 in lila dargestellt. Sie liegen vorwiegend in den Innenstadtbereichen und in den Industrie- und Gewerbegebieten. In diesen bisher schon von Hitze betroffenen Gebieten nimmt die Belastung im Zukunftsszenario deutlich zu.

Am stärksten betroffen von einer zunehmenden Hitzebelastung aufgrund des Klimawandels werden die versiegelten ausgedehnten Industrie- und Gewerbeflächen sein. Hier ist eine Betrachtung über die Stadtgrenze hinaus in das Gewerbegebiet von Bornheim wichtig. Dieses sehr große Hitzeareal wird bisher durch kühlere Freiflächen von den Hitzearealen in Alfter getrennt.

Die zukünftige Ausweitung der Hitzebelastungen (nur aufgrund des Klimawandels) ist anhand der orangenen Flächen in der Abbildung 4.5 zu erkennen. Zukünftig fällt auch das Mischgebiet südlich der Gewerbeflächenerweiterung von Alfter Nord unter die Belastungsgebiete mit Hitze. Durch die Realisierung der Gewerbeflächen kann hier im Zusammenhang mit den Bornheimern Gewerbeflächen eine sehr ausgedehnte Hitzebelastung für das gesamte nördliche Gebiet von Alfter entstehen.

Untersuchungen zum Kühlpotenzial und die Belüftungsfunktion der Flächen

Ein wichtiges Ziel der Klimaanpassung ist es, Wärmeinseleffekte zu verringern und so den Hitzestress für die Bevölkerung zu minimieren. Hierfür sind unter anderem genügend Frischluftschneisen erforderlich. Die in windschwachen Strahlungsnächten auftretenden Kaltluftströmungen könnten bei entsprechender Anbindung an überhitzte Stadtteile zur Abschwächung von Hitzebelastungen führen. Zur Quantifizierung von Kaltluftabflüssen wird in der Regel der Kaltluftvolumenstrom herangezogen. Der Kaltluftvolumenstrom ist das Produkt aus der mittleren Strömungsgeschwindigkeit innerhalb der Kaltluftsäule sowie der Kaltluftschichtdicke und gibt an, wie viel Kaltluft in einer definierten Zeit (z. B. 1 s) durch einen 1 m breiten Querschnitt strömt. Anhand der Karte zum Kaltluftvolumenstrom (Abb. 4.6) lassen sich Luftleitbahnen in Alfter deutlich ausweisen. Die Verbindungen zwischen den Kaltluftentstehungsgebieten (Freiflächen) und den Wirkgebieten der Kaltluft werden durch die Darstellung des Kaltluftvolumenstroms sichtbar.

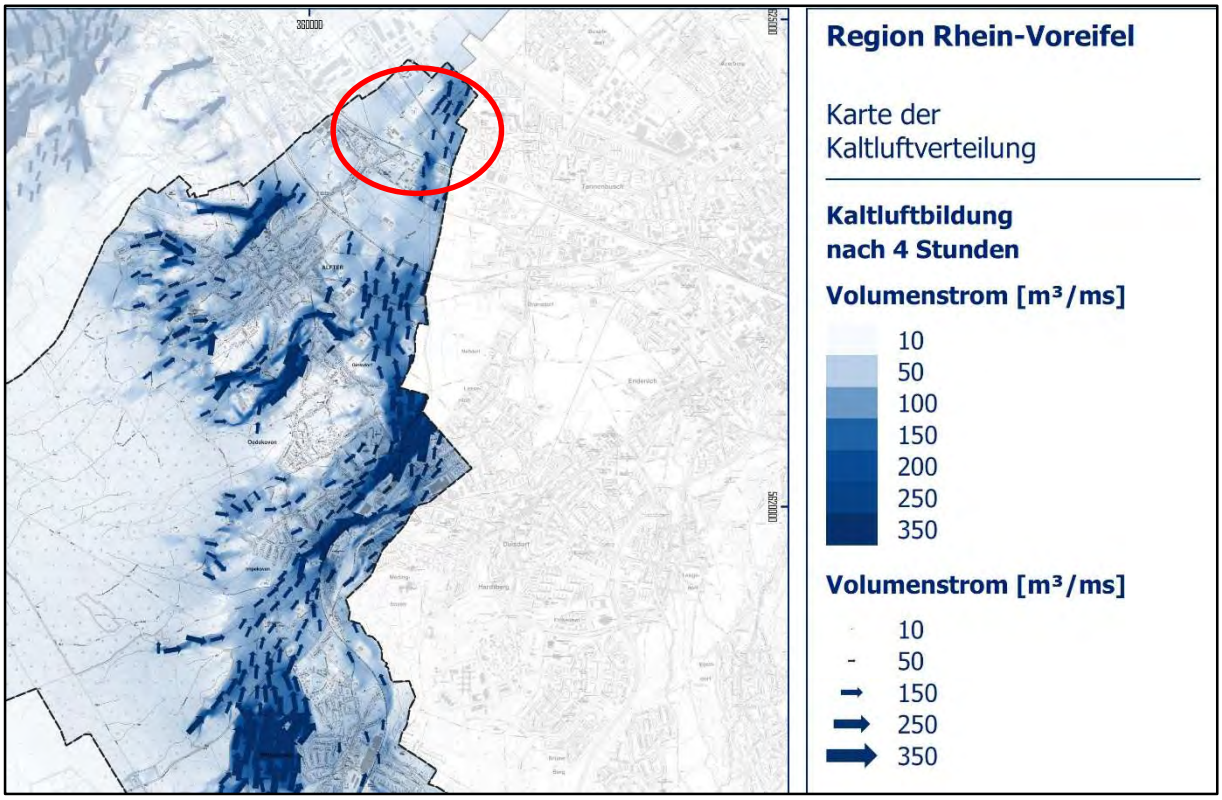


Abb. 4.6 Ausschnitt aus der Karte des Kaltluftvolumenstroms 4 Stunden nach Sonnenuntergang für Alfter

Für Alfter Nord wird einerseits über den Freiflächen Kaltluft gebildet, andererseits ist ein Kaltluftfluss nur am Ostrand des Untersuchungsgebietes zu erkennen. Hier fließt Kaltluft mit einer geringen Abflussgeschwindigkeit Richtung Norden zum Bonner Stadtgebiet ab. Die Stadtteile der Gemeinde Alfter profitieren nicht von dieser Kaltluftströmung. Im Rahmen einer interkommunalen Betrachtung sollte trotzdem die am östlichen Rand der geplanten Gewerbeflächenerweiterung entlangfließende Kaltluft bei den Planungen berücksichtigt werden.

Um einer weiteren Erwärmung der Städte entgegenzuwirken, sollten Böden mit hohen pflanzenverfügbaren Wasserspeicherleistungen und/oder Grundwasseranschluss in stadtklimatisch relevanten Frischluftschneisen und Erholungsräumen von Überbauung, Abgrabung und Aufschüttung freigehalten werden. Diese Böden wirken ganzjährig ausgleichend auf die Lufttemperaturen und kühlend in den Sommermonaten. Die in der Abbildung 4.7 dargestellte potenzielle Bodenkühlleistung zeigt, dass für die natürlichen Böden der geplanten Gewerbeflächenerweiterung in Alfter Nord nur ein geringes Kühlpotenzial vorhanden ist. Dies könnte auf eine geringe Wasserspeicherkapazität der Böden und damit eine verringerte Abkühlung der Flächen zurückzuführen sein. Die Schutzwürdigkeit der Böden bezüglich des Kühlpotenzials ist dementsprechend nicht mit einer hohen Priorität zu versehen. Im Vergleich zu versiegelten Oberflächen ist das Kühlpotenzial aber deutlich höher und führt im IST-Zustand zu geringeren Oberflächentemperaturen im Vergleich zu Gewerbegebieten (siehe auch Abb. 4.4).

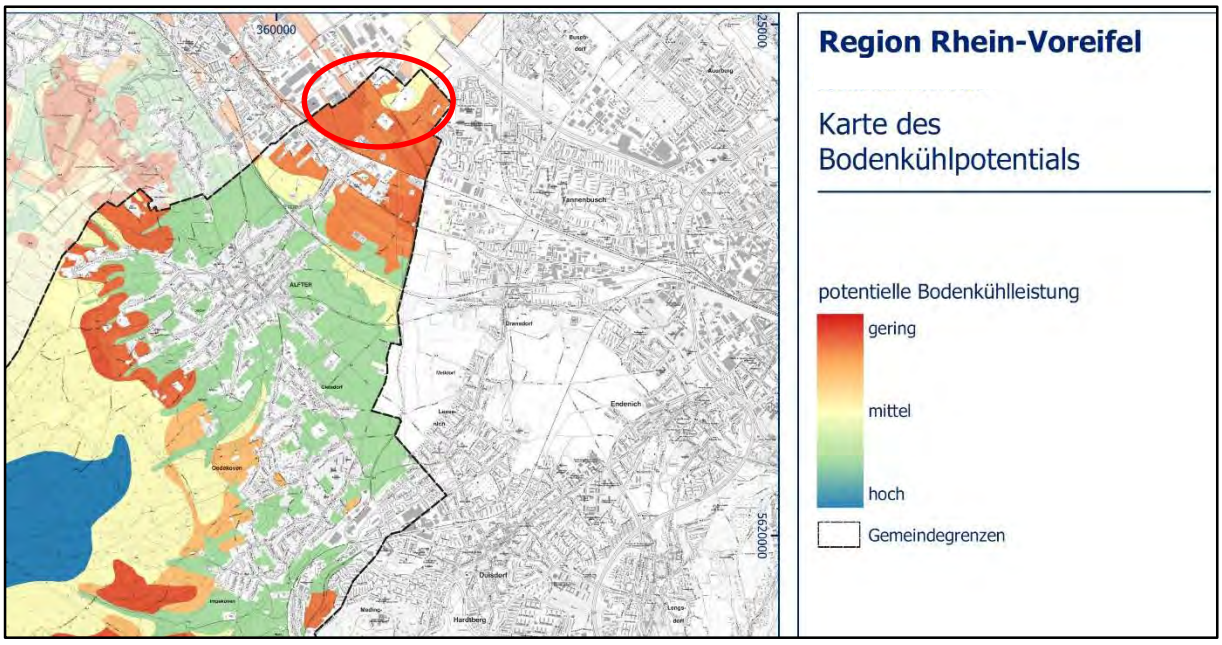


Abb. 4.7 Ausschnitt aus der Karte des Bodenkühlpotenzial für Alfter

Untersuchungen zur Überflutungsgefährdung

Besondere Auswirkungen für die Siedlungswasserwirtschaft wird das zukünftige Niederschlagsverhalten haben. Dazu zählen neben den extremen Niederschlägen auch die erwarteten wärmeren und niederschlagsreicheren Wintermonate. Aktuelle statistische Untersuchungen der Niederschlagsdaten in Deutschland für die Jahre 1951 bis 2000 zeigen deutlich, dass Starkregenereignisse zunehmend häufiger auftreten und die statistischen Wiederkehrintervalle nur noch bedingt gültig sind (DWD 2005).

Weitere Studien erwarten ebenfalls eine durch den Klimawandel bedingte Zunahme an extremen Wetterereignissen.

Für die Betrachtung der Überflutungsgefährdung von Flächen muss zwischen direkt an der Oberfläche abfließendem Niederschlagswasser und über die Ufer tretenden Fließgewässern unterschieden werden. Flutereignisse wurden in der Vergangenheit über den gewässerseitigen Hochwasserschutz bewertet. Aus der Formulierung ist bereits zu entnehmen, dass die Gefahr von Überflutungen bisher meist von Fließgewässern ausging. Die dominanten Abflussprozesse bei Stark- und Extremniederschlagsereignissen finden an der Oberfläche statt. Zur Bewertung des Untersuchungsgebietes Alfter Nord im Hinblick auf Hauptfließwege und eine Überflutungsgefährdung bei Stark- oder Extremniederschlägen ist in der Abbildung 4.8 das Ergebnis der einfachen Fließwegeanalyse dargestellt.

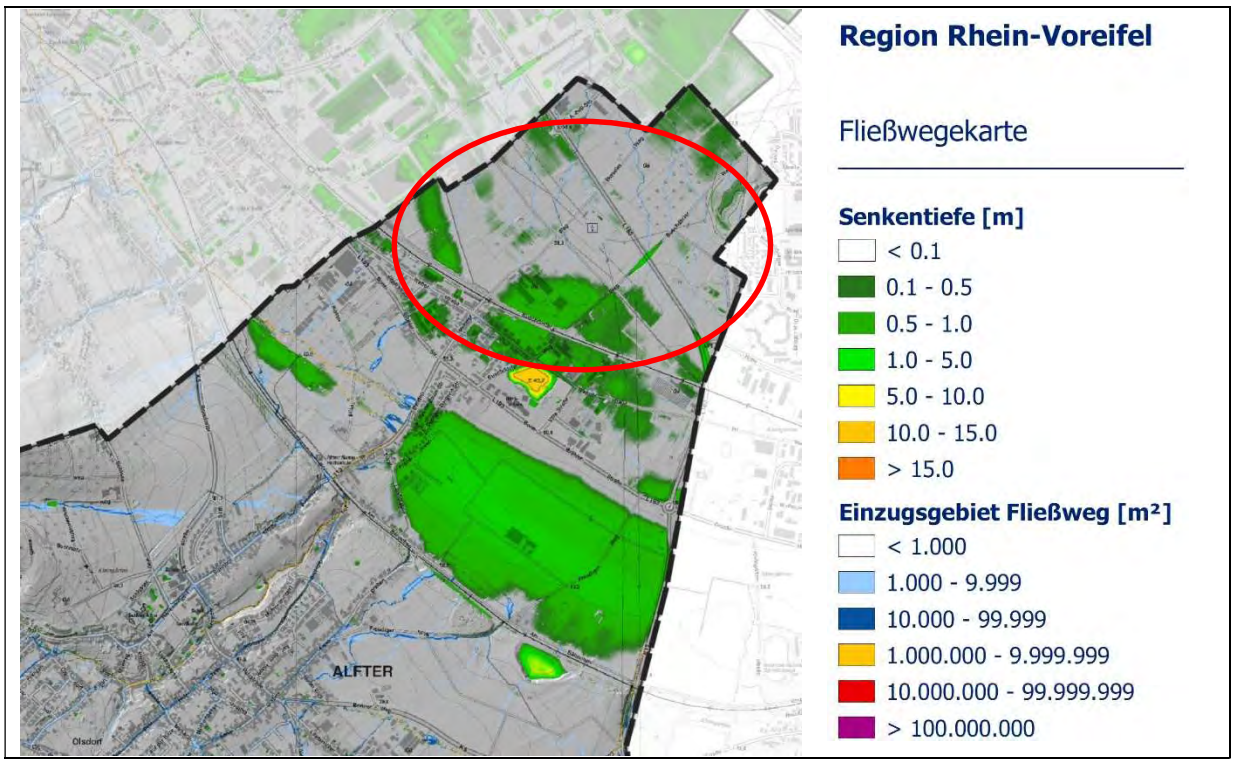


Abb. 4.8 Ausschnitt aus der Fließwegekarte für Alfter

Im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes befinden sich mehrere ausgedehnte Senkenbereiche, in die bei einem Starkregenereignis Oberflächenwasser aus der Umgebung fließen kann. Je nach anfallenden Wassermengen, Gefälle und Stauhöhen ergeben sich hierdurch vielfältige Risiken für die Bevölkerung, für die Infrastruktur und für private Grundstücke und Anlagen, die es durch geeignete Maßnahmen zu beschränken gilt.

Zusätzlich zur Gefährdung durch Oberflächenabfluss bei Stark- oder Extremniederschlägen muss der Vollständigkeit halber auch die Überflutungsgefahr entlang von Gewässern betrachtet werden. In der Abbildung 4.9 sind die Überflutungstiefen und Bereiche der Überschwemmungsgebiete seltener aber extremer Überflutungsereignisse (HQextrem – Ereignisse) entlang der Fließgewässer in Alfter dargestellt. Hier ist keine Gefährdung für das Untersuchungsgebiet Alfter Nord zu erkennen.

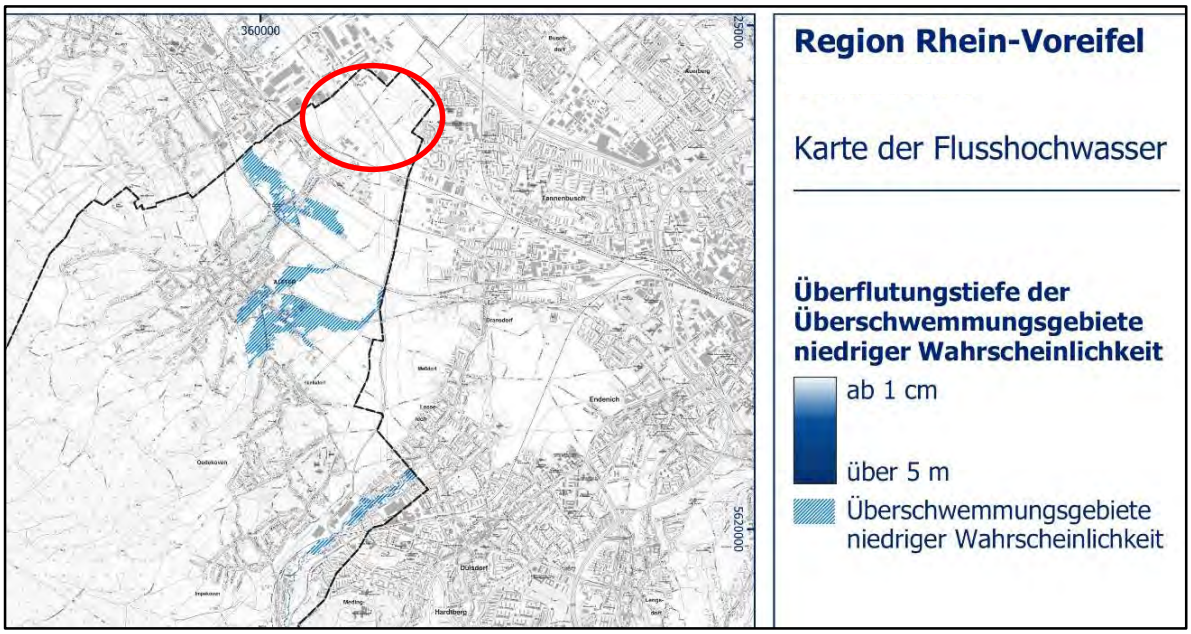


Abb. 4.9 Ausschnitt aus der Karte zum Flusshochwasser HQextrem in Alfter

Untersuchungen zum Sturmrisiko

Die Region Rhein-Voreifel wurde hinsichtlich der Gefährdungen und der Anfälligkeiten gegenüber Starkwind und Sturm untersucht. Die Windverhältnisse werden durch das Relief und die Landnutzung intensiv beeinflusst. Das wirkt sich sowohl auf die Windgeschwindigkeit als auch die Windrichtungsverteilung aus. Im Jahresmittel treten entsprechend der Lage in der Westwindzone großräumig Winde aus südwestlichen Richtungen am häufigsten auf. Umlenkungen und Kanalisierungen können dabei zu abweichenden Windrichtungen führen. Bei gradientschwachen Wetterlagen, z. B. Hitzewetterlagen können sich eigenständige lokale und regionale Windsysteme ausbilden. Für das Untersuchungsgebiet wurde eine mittlere Gefährdung durch das Auftreten von Starkwind oder Sturm berechnet (Abb.4.10). Daraus ergibt sich eine Notwendigkeit, Anpassungsmaßnahmen für Sturmereignisse einzuplanen.

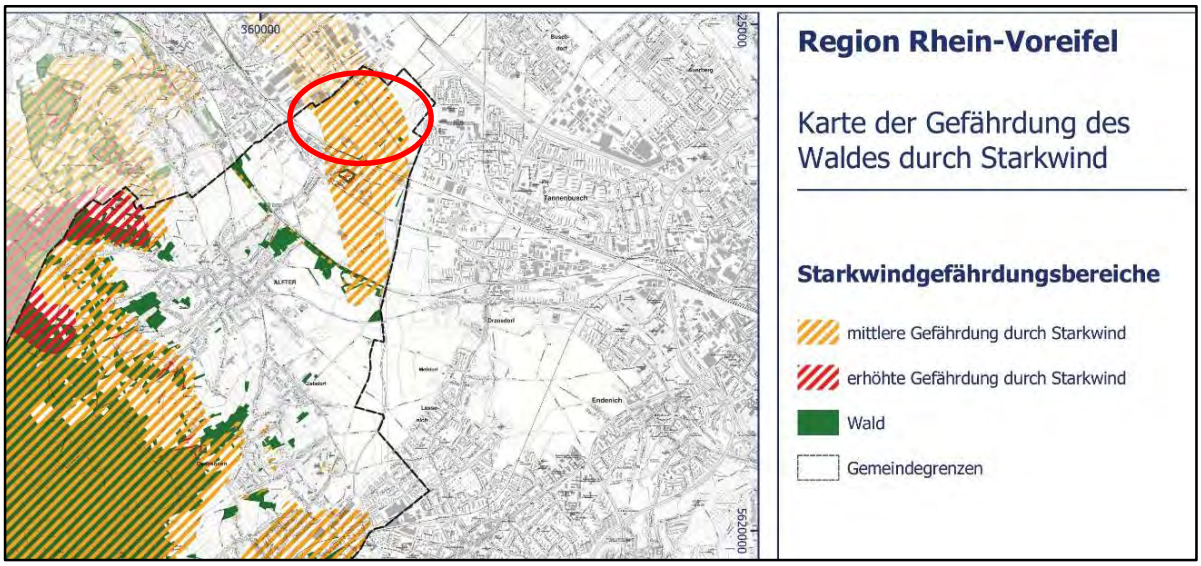


Abb. 4.10 Ausschnitt aus der Karte zur Sturmgefährdung für Alfter

Fazit der Betroffenheitsanalyse

Nicht alle Gewerbeflächen und -betriebe sind gleichermaßen anfällig für die zu erwartenden Klimafolgen. Um Anpassungsmaßnahmen gezielt einzusetzen und möglichst effektiv umsetzen zu können, gilt es, die Klimaauswirkungen zu identifizieren, die eine besondere Verwundbarkeit im Untersuchungsgebiet Alfter Nord aufweisen. Die Anfälligkeit gegenüber dem Klima und den Klimawandelfolgen ist in erster Linie abhängig von dem Standort des Gewerbegebietes, aber auch von der Branchenzugehörigkeit der Betriebe (betriebsspezifische Arbeitsprozesse) und nicht zuletzt von den baulich-räumlichen Eigenschaften der Fläche.

Die klimatischen Belastungen und Konfliktpotenziale, die sich aus der Lage des Gewerbegebietes ergeben, wurden in diesem Arbeitsschritt erarbeitet und werden im Folgenden zusammengefasst. Die Anfälligkeiten bezüglich der Branchenzugehörigkeit werden hier nicht weiter betrachtet, da hierzu keine Informationen vorliegen. Für die Ausgestaltung der baulich-räumlichen Eigenschaften der Flächen des Untersuchungsgebietes werden in den folgenden Arbeitsschritten in Abhängigkeit von den klimatischen Belastungen Empfehlungen gegeben.

Anfälligkeiten und Konfliktpotenziale gegenüber Hitze:
- Unmittelbarer Anschluss an bestehende Hitzeareale
- Nähe zu Mischgebiet mit Wohnbevölkerung, dadurch gesundheitliche Auswirkungen möglich
- Randlich vorhandene Kaltluftströmung, die versiegen könnte
- Überhitzung kann die Leistungs- und Konzentrationsfähigkeit der Beschäftigten beeinträchtigen
- Bei Hitzewellen kann es durch Überhitzung zu Schäden an Infrastruktur und technischen Anlagen kommen
- Erhöhter Bedarf an Kühlung, der nicht durch Klimaanlagen (Stromverbrauch!) erfüllt werden sollte
- Erhöhter Bedarf an Wasser (Trinkwasser und Bewässerung der Vegetation)

Anfälligkeiten und Konfliktpotenziale gegenüber Überflutungen:
- In Senkenlagen können lokale Sturzfluten bei Stark- und Extremniederschlägen zu Schäden führen
- Oberflächenfließwege können bei Starkregen zu Verschmutzungen und Schäden führen
- Überflutungen von Gebäuden und Funktionsflächen möglich

Anfälligkeiten und Konfliktpotenziale gegenüber Sturm:
- Es besteht eine leicht erhöhte Gefährdung für Starkwind und Sturmereignisse
- Durch Windlast können Schäden an Gebäuden entstehen
- Umstürzende Bäume können Schäden anrichten
- Personenschäden durch herumfliegende Gegenstände sind möglich

2. Stufe Zusammenstellung möglicher Klimaanpassungsmaßnahmen

Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel können auf mehreren räumlichen Ebenen und in unterschiedlichen Umsetzungszeiträumen getroffen werden. Sie lassen sich in planerische, baulich-technische und organisatorische Maßnahmen unterteilen. Da es im Vorliegenden Fall um eine Gewerbegebietserweiterung, also Neubau geht, liegt der Fokus auf präventiven Maßnahmen im planerischen und baulichen Bereich. Die hier zusammengestellten Anpassungsmaßnahmen sind auf andere Gewerbegebiete/Bauvorhaben in anderen Kommunen übertragbar.

Da das Lokalklima in einem direkten Zusammenhang zur Gestaltung der Umwelt steht, kann durch Veränderungen der Flächennutzung das lokale Klima sowohl zum Positiven als auch zum Negativen verändert werden. Generell können sich neue Bauvorhaben auf das Temperatur- und Belüftungsverhältnis im gesamten Stadtgebiet auswirken. Relevant sind dabei der Versiegelungsgrad sowie die Grünflächengestaltung, weniger die Gebäudehöhen. Durch eine optimierte Gestaltung der Gebäudearchitektur kann eine Verminderung der zukünftigen Belastungen durch die Folgen der geplanten Nutzungsveränderungen erreicht werden. Dies wird auch unter den Gegebenheiten des Klimawandels betrachtet.

Ziele einer klimaangepassten Bebauung von Gewerbegebieten und damit auch für das Untersuchungsgebiet „Gewerbegebietserweiterung Alfter Nord“ sind:

1. Minimierung der sommerlichen Hitzeentwicklung vor Ort
2. Abgrenzung der Hitzeareale zu den vorhandenen bebauten Gebieten, insbesondere zur Wohnbebauung im südlich angrenzenden Mischgebiet
3. Erhalt der lokalen Belüftungsfunktion des östlichen Randbereichs
4. Vermeidung von Schäden durch Überflutungen
5. Vermeidung von Sturmschäden

Im Kapitel 4.1.2 sind Klimaanpassungsmaßnahmen für Industrie- und Gewerbegebiete zusammengestellt, mit denen diese Ziele erreicht werden können. Insbesondere Maßnahmen zur Minimierung der Hitzeentwicklung in Gewerbegebieten (Tab. 4.4), Maßnahmen zur Vermeidung von Schäden durch Überflutungen in Gewerbegebieten (Tab. 4.5) und Maßnahmen zur Vermeidung von Sturmschäden in Gewerbegebieten (Tab. 4.6) sind in diesem Kapitel zusammengestellt und sollten als Grundlage für die klimaangepasste Gestaltung des Gewerbegebietes Alfter-Nord dienen.

3. Stufe Priorisierung der Maßnahmen

Im Folgenden werden die in der Stufe 2 des Anpassungsprozesses vorgeschlagenen Anpassungsmaßnahmen konkret im Untersuchungsgebiet anhand des Rahmenplans verortet und priorisiert. Insgesamt ist immer die Umsetzung von Maßnahmenbündeln gegenüber Einzelmaßnahmen vorzuziehen. Dabei können Maßnahmen wie Anpflanzung von Straßenbäumen, Dachbegrünungen und Vermeidung der Versiegelung von zu vielen Flächen sowie Wechsel des Bodenbelags kombiniert werden. Auch das Einbringen von Wasser zur Erhöhung der Verdunstungsrate und die Reduzierung der Rauhigkeiten in den potenziellen Belüftungsbahnen ist sinnvoll.

Ein konkretes Beispiel für die Umsetzung eines Maßnahmenbündels ist die Gestaltung von „Klimagerechten Parkplätzen“. Mit dem „Klimagerechten Parkplatz“ soll nicht nur ein grüneres Bild entstehen, sondern durch die Wohlfahrtswirkung der Bäume in Hitzeperioden und bei Starkregen die Aufenthaltsqualität erhöht werden. Durch die Bäume wird die Verdunstungsrate erhöht, die Gesamtfläche durch Verschattung gekühlt sowie Feinstaub gebunden. Durch die Schaffung eines Anstauraumes wird bei Starkregen aktiver Überflutungsschutz betrieben. Da das gesamte Plangebiet in einer Wasserschutzzone liegt, ist Versickerung auf den Parkplatzflächen nicht möglich. Konkret kann ein klimagerechter Parkplatz im Untersuchungsgebiet deshalb noch aus den folgenden Bausteinen bestehen:

- Intensive Begrünung: Pflanzung mindestens eines hochstämmigen Baumes pro 5 Stellplätze
- Baumgrube mindestens 12 m^3 groß ausgebaut

- Möglichst helle Oberflächen
- Parkplätze als Anstaufläche/Retentionsraum bei Starkregenereignissen (bauliche Absenkung um 10-20 cm) mit verzögerten Abgabe an die Kanalisation anlegen
- Wasserversorgung der Bäume durch Zuleitung von Regenwasser von unbefestigten Flächen prüfen.

Anpassungsmaßnahmen zur Hitzeprävention

Im gesamten Gewerbegebiet sollten für die Gebäude und alle versiegelten Verkehrs- und Funktionsflächen möglichst helle Farben und Materialien mit geringem Wärmeumsatz festgeschrieben werden. Ebenso ist für alle Gebäude eine Dachbegrünung, möglichst in Kombination mit Photovoltaik vorzusehen. Fassadenbegrünungen sind an den Süd- und Südwestfassaden der Gebäude besonders wirkungsvoll und sollten alternativ eingesetzt werden, wenn eine Beschattung der Fassaden durch Bäume aus funktionalen Gründen nicht möglich ist. Dies gilt auch für bauliche Verschattungen insbesondere der Gebäude-Südseiten.

Begrünungen sind auf allen nicht für eine bestimmte andere Nutzung vorgesehenen Flächen vorzusehen. Dabei sind sowohl „Schottergärten“ als auch reine Rasenflächen zu vermeiden, da diese nicht zu einer Abkühlung der Luft führen. Die höchste Priorisierung für Begrünungsmaßnahmen sind in den als Grünpuffer markierten Bereichen der folgenden Abbildung 4.11 zu sehen. Grünpuffer können durch einen Streifen unversiegelter begrünter Fläche mit schattenwerfenden Bäumen und Hecken erreicht werden. Am Nordwestrand des Untersuchungsgebietes kann durch einen schmalen Grünpuffer mit möglichst dichter Vegetation, z. B. einer Baum- oder hohen Heckenreihe ein „Überschwappen“ der überhitzten Luft aus dem bestehenden Gewerbegebiet auf Bornheimer Seite verringert werden. Südlich des Untersuchungsgebietes sollte eine aufgelockerte Begrünung als Grenze zu der südlich anschließenden Bestandsbebauung vorgesehen werden, um eine Ausweitung der durch die geplante Bebauung unvermeidlichen Hitzeentwicklung in die weitere Umgebung vorzubeugen. Da bei Hitzewetterlagen der Kaltluftzufluss und die Belüftung häufig von Süden erfolgt, sollte der Grünpuffer am Südrand im Gegensatz zu dem am Nordwestrand des Plangebietes keine abriegelnde Wirkung erzielen, sondern über Vegetation und Wasserverdunstung die Luft in der direkten Umgebung abkühlen.

Die Funktion der Kaltluftbahn, die nur am östlichen Rand das Untersuchungsgebiet streift, wird von der geplanten Bebauung nicht gestört. Positiv ist im Entwurf die Gebäudestellung zu sehen, die durch die Anordnung und die in der Mitte des Gebietes vorgesehene Grünschneise eine Belüftung auch bei windschwachen Wetterlagen zulässt. Hier sind aus Sicht der klimatischen Optimierung keine Anpassungen notwendig.

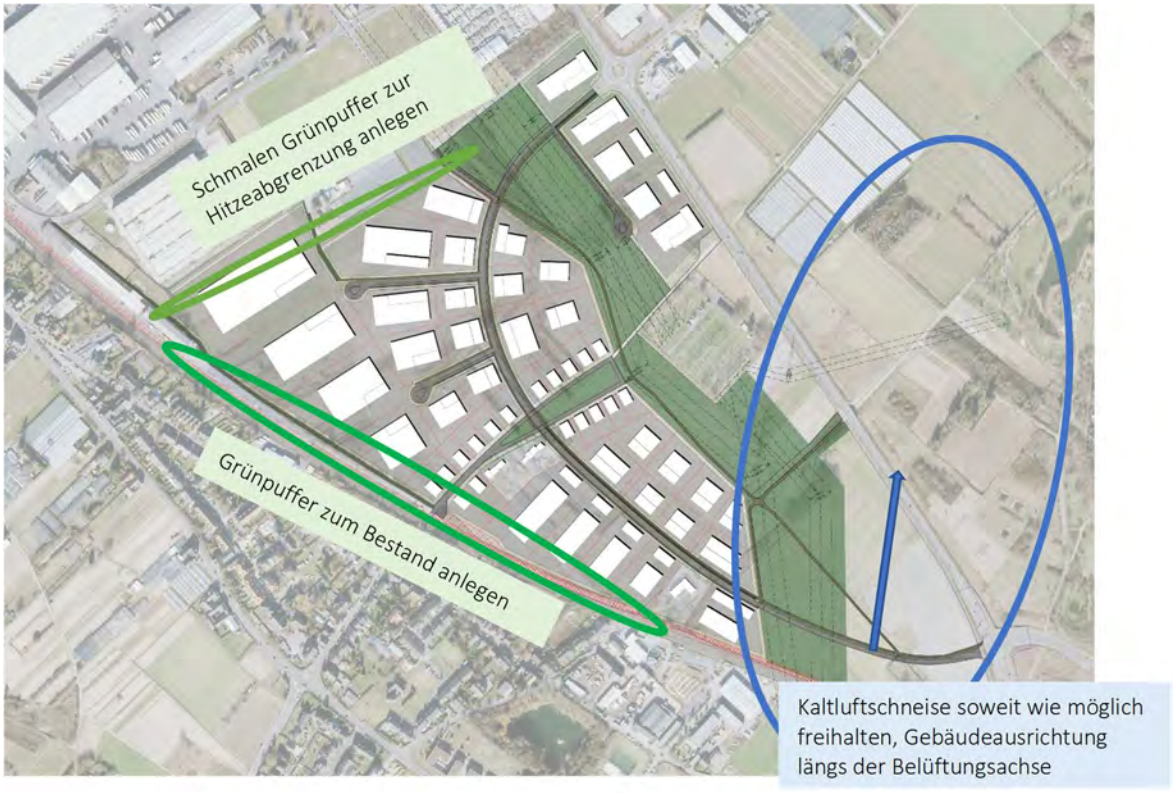


Abb. 4.11 Verortung von Maßnahmen zur Hitzeprävention anhand des Rahmenplans Alfter Nord Teilbereich 2 (Quelle des Luftbildes: TIM-Online NRW – Datenlizenz Deutschland – ZERO, Quelle Rahmenplan: Wirtschaftsförderung Alfter (WFA) und ulrich hartung GmbH)

Eine große Rolle bei der Umsetzung und Wirksamkeit von Begrünungsmaßnahmen spielt die Wasserversorgung der Vegetation. Durch den Klimawandel verursachte geänderte klimatische Bedingungen mit zunehmender Sommerhitze und damit verbundenen sommerlichen Trockenperioden haben erhebliche Auswirkungen auf die urbane Vegetation. Eine Kühlungsfunktion der Vegetation durch Evapotranspiration setzt eine ausreichende Wasserversorgung der Pflanzen voraus. Eine Möglichkeit zur Anpassung an diese neuen Bedingungen ist die künstliche Bewässerung derjenigen begrünten Flächen, auf denen während Trockenperioden zu wenig Grundwasser oder Bodenfeuchtigkeit zur Verfügung steht. Das Ergebnis der Analyse zur Trockenheitsgefährdung zeigt für den Bereich Alfter Nord ein leicht erhöhtes Gefährdungspotenzial. Zunehmende Sommerhitze kann zudem zur Austrocknung nichtversiegelter Flächen führen. Diese erfüllen aber eine wichtige Funktion für die Niederschlagsversickerung. Stark ausgetrocknete Böden führen beim nächsten Niederschlagsereignis dazu, dass ein größerer Teil des Wassers nicht versickern kann und deshalb oberflächlich abfließt. Dies hat negative Auswirkungen auf die Bodenerosion und die Grundwasserneubildung und erhöht das Überschwemmungsrisiko beim nächsten Starkregen. Deshalb sollten Freiflächen auch nicht temporär ohne Bewuchs gelassen werden.

Die zunehmenden sommerlichen Trockenperioden erfordern eine gezielte Auswahl von geeigneten Stadtbäumen für die Zukunft. Wärmeresistente Pflanzenarten mit geringem Wasserbedarf sind zukünftig besser geeignet. Um eine ausreichende Vielfalt mit Pflanzenarten, die eine sehr hohe Trockenstresstoleranz haben, zu erreichen, ist es notwendig, neben heimischen Arten auch Arten aus Herkunftsgebieten mit verstärkten Sommertrockenzeiten zur Bepflanzung heranzuziehen. Durch eine erhöhte Artenvielfalt im städtischen Raum kann möglichen Risiken durch neue, wärmeliebende Schäd-

linge vorgebeugt werden. Durch innovative Bewässerungsverfahren, beispielsweise Baumrigolen und Bewässerung durch Brauchwasser können im Einzelfall auch weniger trockenresistente Arten zum Einsatz kommen.

Anpassungsmaßnahmen zur Überflutungsprävention

Im Vorfeld der Bebauungen auf der Gewerbegebietserweiterung Alfter Nord sollte über detaillierte Fließwegegutachten eine Gelände-Neumodellierung berechnet werden, um die Gefährdungsbereiche der Senken zu kompensieren (siehe Abb. 4.12). Über die verbleibenden Fließwege für Niederschlagswasser können Firmengelände identifiziert werden, für die technische Maßnahmen zum Überflutungsschutz notwendig sein können.

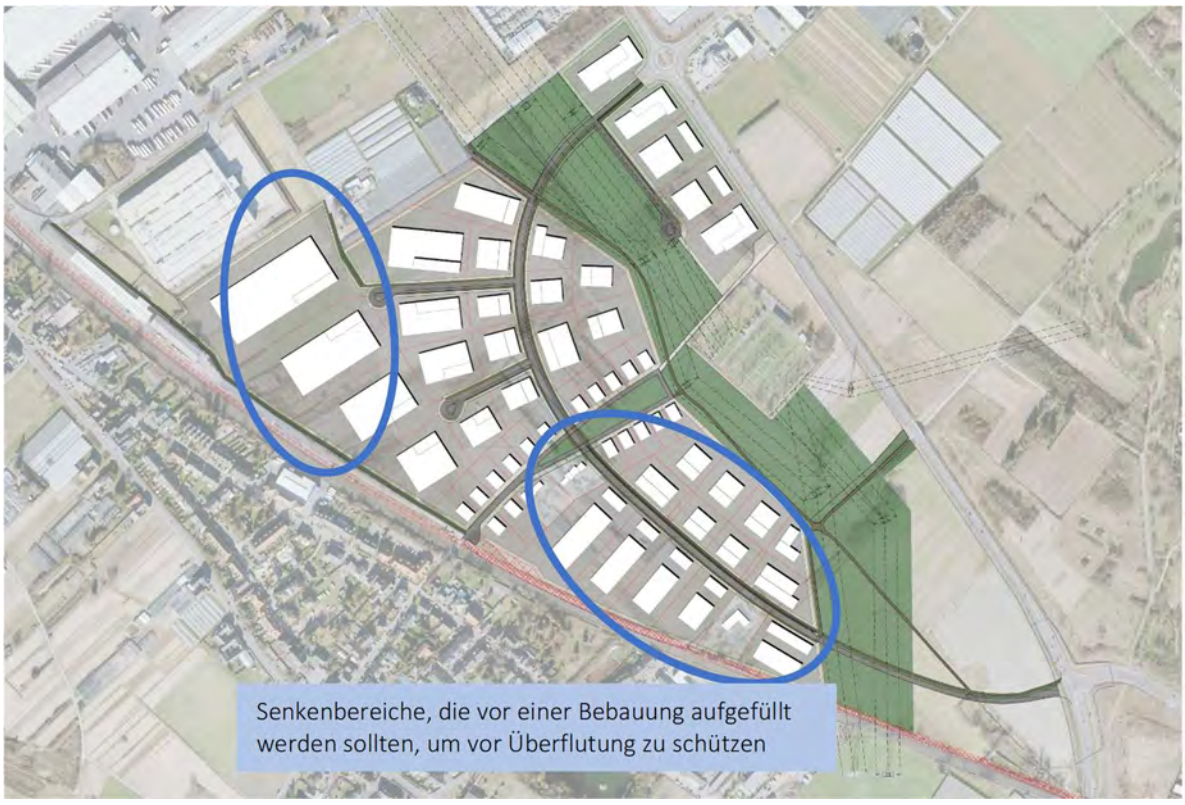


Abb. 4.12 Verortung von Maßnahmen zur Überflutungsprävention anhand des Rahmenplans Alfter Nord Tb 2 (Quelle des Luftbildes: TIM-Online NRW – Datenlizenz Deutschland – ZERO, Quelle Rahmenplan: Wirtschaftsförderung Alfter (WFA) und ulrich hartung GmbH)

Da das gesamte Plangebiet in der Wasserschutzzone IIIB des Wasserwerkes Wesseling-Urfeld liegt, müssen alle Niederschläge von befahrbaren Verkehrsflächen, Hofflächen etc. zwingend in die Kanalisation eingeleitet werden. Eine Versickerung von Niederschlägen von solchen Flächen ist nicht zulässig – auch nicht über Rigolen. Es sollte geprüft werden, ob das anfallende Wasser von Wirtschaftswegen, welche der landwirtschaftlichen Nutzung sowie dem Fuß- und Radverkehr vorbehalten sind, versickert oder zur Bewässerung genutzt werden kann. Ebenso ist eine Grau- und Regenwassernutzung von auf Dachflächen gesammeltem Regenwasser zu prüfen.

Unabhängig davon können von Beginn an multifunktionale Flächen mit Anschluss an die Fließwege geplant werden, auf denen neben der eigentlichen Funktion, also z.B. Parken, Wasser zwischengespeichert und zeitverzögert an die Kanalisation abgegeben werden kann. Auch hierzu ist nach erfolgter

Geländemodellierung eine detailliere Fließwegebetrachtung notwendig. Über die künstliche Schaffung von Wasserwegen kann das Niederschlagswasser auch gezielt den Zwischenspeichern zugeführt werden.

Um die anfallenden Wassermengen direkt vor Ort zu reduzieren, sind die Versiegelungen zu minimieren und Dachbegrünungen festzuschreiben. Über die Nutzung von Niederschlagswasser zur Bewässerung der Vegetation können Synergien zur Hitzeprävention erreicht werden.

Sonstige Anpassungsmaßnahmen

Weitere Maßnahmen sind nachrangig zu sehen und können auch nach erfolgter Inbetriebnahme des Gewerbegebietes noch umgesetzt werden. Je nach angesiedelter Branche kann eine individuelle Anfälligkeit für bestimmte Klimaauswirkungen bestehen. Diese kann bei Bedarf gezielt anhand der Betroffenheitsanalyse (Stufe 1 in diesem Prozess) analysiert werden. Im Plangebiet besteht eine leicht überdurchschnittliche Gefahr für Starkwind/Sturm. Hier sind bei Bedarf individuell Lösungsansätze aus der Tabelle 3 umzusetzen.

4. Stufe Instrumente zur Umsetzung

Synergien zum Klimaschutz

Ohne Klimaschutz wird auch die beste Klimaanpassung in der Zukunft nicht ausreichen, um die Folgen des Klimawandel abzufangen. Das Zusammenspiel von Klimaanpassung und Klimaschutz ist dabei nicht einfach, es können sowohl Konflikte zwischen unterschiedlichen Zielen, aber auch Synergien auftreten. In den beiden folgenden Tabellen 4.8 und 4.9 sind verschiedene Konflikte und Synergien zwischen beiden aufgelistet. Synergien führen häufig auch zu Einsparungen im Energiesektor und sind deshalb gut als Argumente für eine Umsetzung geeignet.

Tab. 4.8 Konflikte zwischen den Zielen von Klimaschutz und Klimaanpassung

Konflikte	
Klimaschutz	**Klimaanpassung**
Klimaschutzmaßnahmen können zu erhöhter Verletzlichkeit gegenüber den Klimawandelfolgen führen • z. B. Innen- vor Außenentwicklung ohne Rücksicht auf Überhitzung und Belüftung • Kompaktheit der Bebauung anstelle von Schaffung lokaler Grünflächen	Klimaanpassungsmaßnahmen können Maßnahmen zum Klimaschutz beeinträchtigen • z. B. Schutz vor Hitze durch den Einsatz von Klimaanlagen erhöht den Energieverbrauch • Permanente Verschattungsmaßnahmen können zur Erhöhung des Wärmebedarfs im Winter führen

Tab. 4.9 Synergien zwischen Maßnahmen zum Klimaschutz und zur Klimaanpassung

Synergien	
Klimaschutz	**Klimaanpassung**
Klimaschutzmaßnahmen können die Verletzlichkeit gegenüber dem Klimawandel senken • Wärmedämmung auch als Hitzeschutz	Dachbegrünungen: • Tragen zur Wärmedämmung des Daches bei • Erhöhen die Effektivität von PV-Anlagen
Kombination von Wärmeversorgung im Winter und Kälteversorgung im Sommer durch Nah- und Fernwärme	Schaffung von innerstädtischen Grünflächen und Straßenbegleitgrün: Erhöhung der Attraktivität von Fußwegen

Möglichkeiten zur Festsetzungen, z.B. im B-Plan

Vorhandene Instrumente sollten ausgenutzt werden, um Klimaanpassungsmaßnahmen in Planungsprozesse zu integrieren. Flächennutzungs- und Bebauungspläne bieten im Rahmen von Änderungen beziehungsweise der Ausweisung neuer Baugebiete die Möglichkeit, bestimmte Darstellungen (FNP) oder Festsetzungen (B-Pläne) zu enthalten. Beispiele für planungsrechtliche Umsetzungsinstrumente und Maßnahmen sind in der Tabelle 3.1 im Kapitel 3.2 aufgelistet.

Informelle Instrumente

Im Folgenden werden verschiedene informelle Instrumente für die Erweiterung des Gewerbegebiets in Alfter-Nord erläutert. Diese erfüllen zum einen den Sinn und Zweck, die verschiedenen Maßnahmen der Klimafolgenanpassung innerhalb der Kommune zu kommunizieren und somit die Planungs- und Steuerungsprozesse zu beeinflussen. Zum anderen soll auch das Potenzial gehoben werden, um die Maßnahmen nach außen zu kommunizieren (u. a. durch Presse bzw. Öffentlichkeitsarbeit), aber auch um verschiedene Möglichkeiten offenzulassen, um mit potenziellen Investoren und Unternehmen in den Austausch zu treten.

So kann zum Beispiel mit einer gezielten Vermarktung und damit einhergehender Öffentlichkeitsarbeit die Erweiterung des Gewerbegebiets in Alfter-Nord die Attraktivität des Standorts erhöht und ein Imagegewinn der Kommune bewirkt werden. Ebenso können dadurch gezielt „grüne“ Unternehmen adressiert werden. Zudem besteht die Möglichkeit einer Zertifizierung im Sinne eines nachhaltigen Gewerbegebietes, z.B. durch die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB), was wiederum eine erhöhte Aufmerksamkeit hervorrufen kann. Zur besseren Strukturierung werden die verschiedenen informellen Instrumente nach

- Information (insb. die Kommunikation nach außen),
- Beteiligung (zur baurechtlichen Gestaltung des Gebietes) und
- Kooperation (v.a. zur Umsetzung von Maßnahmen)

unterteilt.

Information

Die Tabelle 4.10 zeigt eine Übersicht zu den verschiedenen Möglichkeiten zur Information von Bürgern, potenziellen Interessenten und bereits ansässigen Akteuren und Unternehmen.

Tab. 4.10 Übersicht zu den Informationsmöglichkeiten

Informationsmedien	Art der Information
Internetseite der Gemeinde Alfter	- Zusammenfassung zum Thema - Ziele - Möglichkeiten zur Einflussnahme (Beteiligung, Kooperation) - Infoflyer - Förderhinweise - Veranstaltungshinweise
Internetseite der Klimaregion Rhein-Voreifel	- Verlinkung zu den Teilprojekten - Best practice - Sammlung
Flyer und Broschüren	- Zielgruppenspezifische Unterlagen (ggf. nach Thema, Betroffenheit, Förderprogramm, usw.)
General Anzeiger Rhein-Sieg-Zeitung (Tageszeitung)	- Allg. Information zum Projekt sowie zu erreichten oder angestrebten Meilensteinen
Rheinische Anzeigenblätter (Wochenzeitung)	- Allg. Information zum Projekt sowie zu erreichten oder angestrebten Meilensteinen

Neben der zielgruppenspezifischen Staffelung, kann auch die zeitliche Dimension eine besondere Rolle spielen. So müssen z. B. vorhandene Akteure und Unternehmen vor Ort über mögliche bzw. zukünftige Betroffenheiten informiert werden, um durch gezielte Maßnahmen Einfluss nehmen zu können. Natürlich unter dem Vorbehalt, dass die Gefahren und potenziellen Betroffenheiten noch nicht bekannt sind. Dazu eignet sich eine direkte Ansprache, z. B. über die Wirtschaftsförderung oder durch Flyer/ Wurfsendungen mit Hinweisen zu bestimmten Maßnahmen, Fördermöglichkeiten oder Veranstaltungshinweisen.

Ebenso ist es wichtig, alle weiteren Akteure, wie z. B. potenzielle Investoren für freie Bauflächen oder Bürger, zu informieren. Hierzu empfehlen sich öffentlichkeitswirksame Veranstaltungen (z. B. Spatenstich durch eine Neuansiedlung mit Vorstellung der geplanten Maßnahmen) oder lediglich durch eine Information in den Medien (offline & online). Beispielhafte Printmedien sind hierbei der „General Anzeiger Rhein-Sieg-Zeitung“ sowie die „Rheinischen Anzeigenblätter“.

Beteiligung

Eine breite Beteiligung der Öffentlichkeit, insbesondere von Fachexperten (u. a. aus Industrie und Gewerbe) und lokalen Betrieben ist insbesondere zur Abwägung der planungsrechtlichen Umsetzungsinstrumente und Maßnahmen zwingend notwendig. Dadurch soll frühzeitig garantiert werden, dass mögliche Konflikte mit bestehenden sowie zukünftigen Akteuren vermieden werden und zugleich eine zielgerichtete Lösungsfindung erfolgen kann.

Neben den formell vorgeschriebenen Beteiligungsverfahren im B-Plan-Prozess ist es sinnvoll, eine informelle und fachübergreifende Arbeitsgruppe zu gründen. Innerhalb dieser Gruppe können ver-

schiedene Ideen diskutiert werden und ein Rahmen für die zukünftige Ausgestaltung formuliert werden. Dieser Rahmen kann gleichzeitig durch den informellen Charakter als Entscheidungsgrundlage für die kommunale Planung dienen. (vgl. hierzu Gewerbegebiete im Wandel-Leitfaden 2019, S. 17 (3. Absatz)). Denkbar ist in diesem Zusammenhang auch die Entwicklung und Umsetzung von gemeinsam erarbeiteten Qualitätskriterien im Sinne der Klimafolgenanpassung und des Klimaschutzes.

Diese können als Grundlage für die Ausschreibungsprozesse, aber auch für die Vergabe von Gewerbeflächen herangezogen werden. Ergänzend hierzu kann einer fachübergreifende Arbeitsgruppe/ einem Beirat Mitspracherecht bei der Vermarktung von Bauflächen eingeräumt werden. Mittels Bewertung durch Experten, u. a. bestehend aus Politik, Stadtverwaltung, Wirtschaftsförderung, Wirtschaftsverbände, Interessensgemeinschaften, etc., kann z. B. eine Entscheidung auf Grundlage des Zielerfüllungsgrades gefällt werden.

Neben der Regulierung und Abstimmung zu potenziellen Nutzern und Investoren können jedoch auch verschiedene Anreizsysteme entwickelt werden. Diese haben zum Ziel für das Thema Klimafolgenanpassung zu sensibilisieren, Lösungsalternativen für eine bestimmte Aufgabenstellung aufzuzeigen und möglichst Nachahmer-Effekte durch gute Beispiele sowie Auszeichnungen auszulösen.

Im Allgemeinen gilt es zu berücksichtigen, dass verschiedene Festsetzungen, Richtwerte und maßnahmenbezogene Hürden neben den positiven Effekten auch Verdrängungseffekte hervorrufen können. So können zu hohen Anforderungen an eine Ansiedlung dazu führen, dass Unternehmen diese nicht erfüllen können und dadurch andere Standorte wählen. Ebenso können Konkurrenzsituationen zwischen benachbarten Kommunen auftreten, u. a. wenn verschiedene Ansiedlungen subventioniert und gefördert werden (z.B. durch steuerliche Vergünstigungen, Vergütungen durch Regenwasserabkopplung, Förderung von Klimaschutzmaßnahmen).

Kooperation

Für die Umsetzung der vielfältigen Klimaanpassungsmaßnahmen im Gewerbegebiet Alfter Nord (siehe Kapitel 3), ist die Zusammenarbeit einer Vielzahl von Akteuren notwendig. Hierzu ergeben sich viele Ansätze zur Kooperation, insb. für die bestehenden Unternehmen vor Ort. Hierzu können beispielhaft folgende Maßnahmen benannt werden (Auszüge aus BESTKLIMA-Leitfaden 2017, S.76: Ansatzpunkte für Kooperationen):

Der Zusammenarbeit von bereits ansässigen Betrieben kann verschiedene Synergieeffekte mit sich bringen. Ebenso ist es ein gemeinschaftliches Handeln insbesondere bei Maßnahmen zu erwägen, deren Wirkung sich erhöhen lässt, wenn sie großräumiger gedacht und anschließend umgesetzt werden. Dies trifft besonders auf Begrünungsmaßnahmen (u. a. Straßengrün) zu, jedoch auch bei verschiedenen Maßnahmen des Hochwasserschutzes oder der Regenwasserbewirtschaftung durch Rückhaltebecken.

Eine wichtige Grundlage hierfür ist die umfassende Information aller lokaler Unternehmen, die von diversen Maßnahmen - positiv, wie negativ - tangiert werden. Betroffenheiten werden nicht direkt erkannt und zudem kann eine geplante Maßnahme auch indirekt negative Effekte für weitere Akteure hervorrufen, z.B. beim Thema Wasserabfluss, Verschattung, usw.. Neben den negativen Effekten gilt es auch zu beachten, dass diverse Maßnahmen auch erst dann Sinn ergeben, wenn sich eine kritische Masse an Mitmachern für die Umsetzung von Maßnahmen entscheidet. Als Beispiel ist hierbei die gemeinsame Abführung, Sammlung und Nutzung von Regenwasser zu nennen oder auch weitere Maßnahmen zur Überflutungsprävention (vgl. Kap 3.2.). In diesem Zusammenhang ergibt auch die

Zusammenarbeit im Bereich der Notfallprävention Sinn, indem gemeinsame Notfallpläne mit überbetrieblichen Hinweisen, inkl. Verantwortliche und deren Kontaktdaten außerhalb der Betriebszeiten erstellt abgestimmt werden.

Die Vorschläge gilt es, als konstruktiven Vorschlag für die Strukturierung von Kooperationen zu betrachten. Unter Umständen bestehen bereits verschiedene informelle Zusammenschlüsse oder Standortgemeinschaften vor Ort. Diese Formen bedingen auch, dass mit steigender Anzahl der Unternehmen eine (ggf. externe) Modernation notwendig wird. Durch verschiedene Ansprüche und Zielvorstellungen können dadurch Kompromisse erarbeitet werden. Ebenso können Entscheidungsfindungsprozesse zügiger gestaltet werden, sofern diese einer neutralen Moderation unterliegen. (vgl. BEST-KLIMA-Leitfaden 2017, S.77).

4.3.2 Ermittlung von sinnvollen Grünquotienten für Stadtbautypen am Beispiel von Rheinbach

Ziel dieses Beispielprojektes ist die Schaffung von Voraussetzungen zur Entwicklung und Einführung eines planungs- und praxistauglichen Grünquotienten (Durchgrünungsfaktor) in der Bebauungsplanung zum Schutz vor zu hoher baulicher Dichte durch den weitestgehenden Erhalt unversiegelter Flächen sowie durch die Schaffung von grüner und blauer Infrastruktur. Der Durchgrünungsfaktor formuliert klima-ökologische Mindeststandards für bauliche Änderungen und Neubebauungen, wobei sämtliche Begrünungspotenziale wie Höfe, Dächer, Mauern, etc. einbezogen werden sollen. Der Durchgrünungsfaktor stellt dabei einen zu erreichenden Soll-Wert für bauliche Vorhaben dar, der je nach Flächennutzung (Wohnen, Gewerbe, etc.) und Lage im Stadtraum unterschiedlich ausfallen kann. Die Einführung eines solchen Faktors zielt auf die Entlastung klimabelasteter Stadtbereiche bzw. die Prävention zukünftiger Klimabelastungen ab. Hintergrund für die Einführung und Nutzung eines Grünquotienten ist die Zielstellung, das 1,5 Grad-Ziel unter anderem auch mit diesem Werkzeug der Klimafolgenanpassung in Kommunen zu erreichen, also die Erwärmung durch eine höhere Durchgrünung von Stadtvierteln zu begrenzen. Das Verfahren sollte aufgrund der in der Regel stark individuellen und heterogenen Voraussetzungen in den Kommunen eine hohe Flexibilität aufweisen und im Einklang mit bereits bestehenden planungsbegleitenden Instrumenten stehen. Dies gilt insbesondere in Hinblick auf die bewährte Biotopwertermittlung im Rahmen der Eingriffsregelung. Es ist denkbar, dass der klimarelevante Durchgrünungsquotient als spezifischer Teil in eine Biotopwertermittlung integriert wird.

Der Durchgrünungsfaktor sollte sowohl in der Bebauungsplanung als auch bei Bauvorhaben nach § 34 BauGB angewandt werden. Eine Anwendung des Faktors sollte bei baulichen Vorhaben bei Vorliegen einer Klimasensibilität bzw. eines Klimarisikos im jeweiligen Planungsgebiet (siehe Handlungskarte Klimaanpassung, Kapitel 3.1) angestrebt werden. Da bislang erst wenig Erfahrungen mit einem klimarelevanten Durchgrünungsfaktor vorliegen und dieser in vielen Fällen nur als unverbindlicher Hinweis genutzt wird, soll zunächst eine Bestandsaufnahme der Begrünung in Rheinbach durchgeführt und dann die klimatische Wirksamkeit durch die Veränderungen des Grünquotienten dargestellt werden. In der Tabelle 4.11 sind für verschiedene Siedlungsgebiete und sonstige bebaute Flächen Grünfaktoren aus anderen Kommunen zusammengestellt. Die wenigen vorhandenen Beispiele zeigen, dass hier noch Untersuchungsbedarf besteht. Eine Übertragbarkeit auf Rheinbach ist aufgrund der geringen Differenzierung der Richtwerte nicht ausreichend.

Tab. 4.11 Zusammenstellung von verschiedenen Grünfaktoren aus anderen Kommunen

Privates Grün				
Grün- und Gestaltungssatzung		**Biotopflächenfaktor**		
Siedlungstypen nach BauNVO	**Richtwerte[2] für Bauvorhaben** (Neubau o. Änderung)	**Nutzungen**	**Änderungen/ Erweiterung baulicher Anlagen**	**Neubauvorhaben**
Kleinsiedlungsgebiete (WS)	60% (Hildesheim), 40% (Speyer)	Wohnungen	Bis 0,37/ 0,60	0,60
Reine Wohngebiete (WR)	40% (Hildesheim), 40% (Speyer)	Gewerbliche Nutzung	0,30	0,30
Allgemeine Wohngebiete (WA)	40% (Hildesheim), 40% (Speyer)	Kerngebietstypische Nutzungen	0,30	0,30
Besondere Wohngebiete (WB)	20% (Hildesheim), 40% (Speyer)	Öffentliche Einrichtungen (mit kulturellen und sozialen Zwecken)	Bis 0,37/ 0,60	0,60
Dorfgebiete (MD)	20% (Hildesheim)	Schulen	0,30	0,30
Mischgebiete (MI)	20% (Hildesheim), 30% (Speyer)	Kindertagesstätten	Bis 0,29 / 0,60	0,60
Urbane Gebiete (MU)	Einzelfallentscheidung (Hi)	Technische Infrastruktur	0,30	0,30
Kerngebiete (MK)	Einzelfallentscheidung (Hi) 20% (Speyer)			
Gewerbegebiete (GE)	Einzelfallentscheidung (Hi) 20% Speyer			
Industriegebiete (GI)	Einzelfallentscheidung (Hi) 20% Speyer			

Öffentliches Grün	
Städte	**Richtwerte**
Frankfurt	Jeder Einwohner hat Zugang zu einer Grünfläche im Umkreis von 300 Metern
Nürnberg	Quartiersbezogenes öffentliches Grün: 20m² je Einwohner im Geschossbau 10m² je Einwohner im Familieneigenheimgebiet 3,4m² pro Einwohner Kinder- oder Jugendspielfläche

[2] Mindestmaß an Grünflächen je Grundstück

Die Einführung eines Durchgrünungsfaktors im Sinne einer klima-ökologischen Betrachtung kann als Teil der Biotopwertermittlung eine wirksame und bedeutungssteigernde Ergänzung darstellen. Zudem wirkt die Maßnahme als Unterstützung und Umsetzungsbaustein für andere Maßnahmen wie z.B. die Einführung von Mindeststandards zur Klimaanpassung im baulichen Bereich. Um einen Durchgrünungsfaktor in den Kommunen erfolgreich in die Planungspraxis integrieren zu können, sind folgende Umsetzungsschritte notwendig:

1. Sammlung und Zusammenstellung von Erfahrungen anderer Kommunen (siehe Tab. 4.11)
2. Überprüfung der aktuellen Planungspraxis auf die Möglichkeit der Integration eines klimatischen Faktors in bestehende Verfahren wie z.B. die Biotopwertermittlung
3. Festlegung verbindlicher Richtwerte für den Durchgrünungsfaktor in Hinblick auf die unterschiedlichen Stadtlagen und Nutzungstypen
4. Praxiserprobung des Durchgrünungsfaktors anhand einer baulich-planerischen Pilotanwendung
5. Auswertung sowie Überarbeitung der Inhalte und Vorgaben für den Durchgrünungsfaktor
6. Möglicherweise bei Eignung des Werkzeugs zur Kühlung von Quartieren ein politischer Beschluss zur Einführung des „Grünquotienten“.

Zu den Möglichkeiten der Festsetzung von Grünquotienten sind die folgenden Punkte zusammengestellt:

- Bisher ist die Festsetzung von Grünflächenfaktoren nicht verbindlich möglich, jedoch ist seit einigen Jahren im Gespräch, das BauGB zu novellieren (wurde in der Novelle von 2020 jedoch NICHT umgesetzt)
- Es gibt die Möglichkeit, über Satzungen Mindeststandards festzulegen. Bisher wird dies jedoch schwerpunktmäßig in Berlin und Bayern angewendet, da dort die rechtliche Grundlage für solche Satzungen bestehen. Bis 2018 gab es die betreffende Rechtsnorm noch, dass mit Satzungen Vorschriften zur Begrünung oder Bepflanzung getroffen werden konnten. Über Investorenverträge könnten weiterhin solche Mindeststandards erreicht werden.
- Mindeststandards können zudem über Grünordnungspläne oder Landschaftspläne als Ziele festgehalten werden, jedoch ist dort keine rechtliche Verbindlichkeit gegeben.
- Als Orientierungswert ist bisher die GRZ festgelegt. Dazu kann der Grünquotient begleitend angewendet werden.
- Mit Blick auf das öffentliche Grün gibt es bisher wenige Richtwerte, jedoch läuft momentan ein Forschungsprojekt der Bundesregierung mit dem Namen Masterplan Stadtnatur, welches Orientierungswerte für die Grünausstattung und Erholungsversorgung erarbeitet und welches noch bis März 2022 läuft. (Quelle: Deutsches Institut für Urbanistik 2019: Masterplan Stadtnatur. Verfügbar unter: https://difu.de/projekte/masterplan-stadtnatur)

Bestandsaufnahme der Begrünung in Rheinbach

Für die bebauten Bereiche, also Siedlungs-, Misch-, Gewerbe und Industriegebiete, wurden über GIS-Auswertungen die tatsächlichen Durchgrünungsquotienten und die Oberflächentemperaturen im IST-Zustand berechnet. In der Abbildung 4.13 sind die aktuell vorhandenen Grünquotienten der bebauten Bereiche im Stadtgebiet von Rheinbach dargestellt. Den geringsten Grünanteil mit Werten unter 25 % findet man erwartungsgemäß in der mittelalterlichen Kernstadt und den dicht bebauten Industrie- und Gewerbegebieten. Es bestehen in Rheinbach auch locker bebaute Industrie- und Gewerbegebiete mit einer Durchgrünung von 30 – 40 %. Dichte Siedlungsbereiche mit Blockrandbebauung oder Mehrfamilienhäusern, beispielsweise die Bebauung entlang der Koblenzer Straße, zeigen eine Durchgrünung von 20 bis 40 %. In locker bebauten Stadtteilen mit vorwiegend Doppel- oder Einzelhäusern bis hin zu einer dörflichen Struktur nimmt die Durchgrünung weiter zu und liegt weitgehend über 40 %. Die durchschnittlichen Durchgrünungsquotienten für die verschiedenen Bebauungstypen sind in der Tabelle 4.12 aufgelistet.

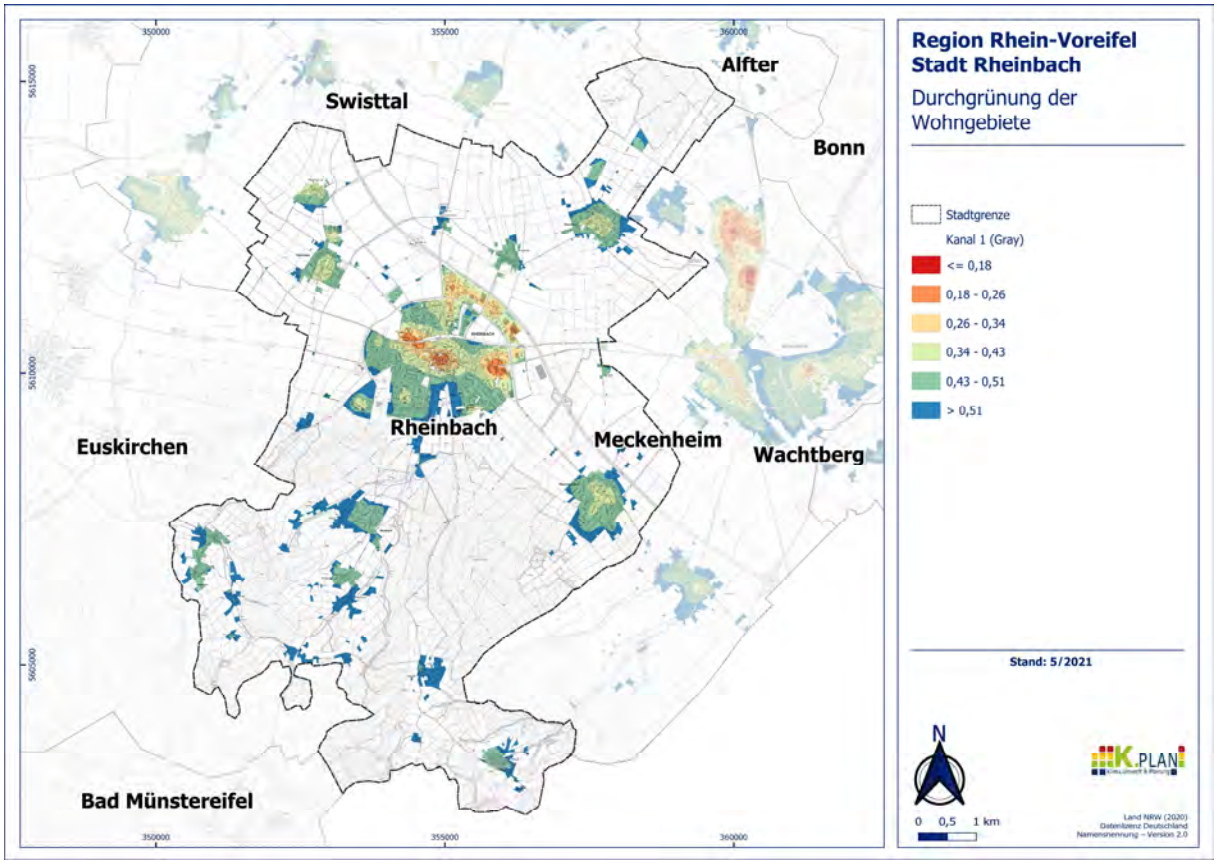


Abb. 4.13 Grünquotient im IST-Zustand für die bebauten Bereiche im Stadtgebiet von Rheinbach

Da die Hitzeaufnahme einer Fläche insbesondere von dem Anteil und der Art der Versiegelung abhängt, können direkte Vergleiche zwischen den Grünquotienten und den (sommerlichen) Oberflächentemperaturen in den verschiedenen Bebauungstypen gemacht werden. Die Oberflächentemperaturen einer typischen Sommersituation mit Hitzegefahr sind für das Stadtgebiet von Rheinbach in der Abbildung 4.14 dargestellt.

Während die Freiflächen Temperaturwerte von unter 34 °C aufweisen, sind die stärker versiegelten Stadtbereiche deutlich heißer mit Oberflächentemperaturen von teilweise über 40 °C. Aus der Verschneidung der verschiedenen Bebauungstypen mit dem Grünquotient im IST-Zustand und den sommerlichen Oberflächentemperaturen lassen sich Zusammenhänge zwischen der Versiegelung und der Aufheizung der Oberflächen quantifizieren. Die Werte sind in der Tabelle 4.12 zusammengestellt.

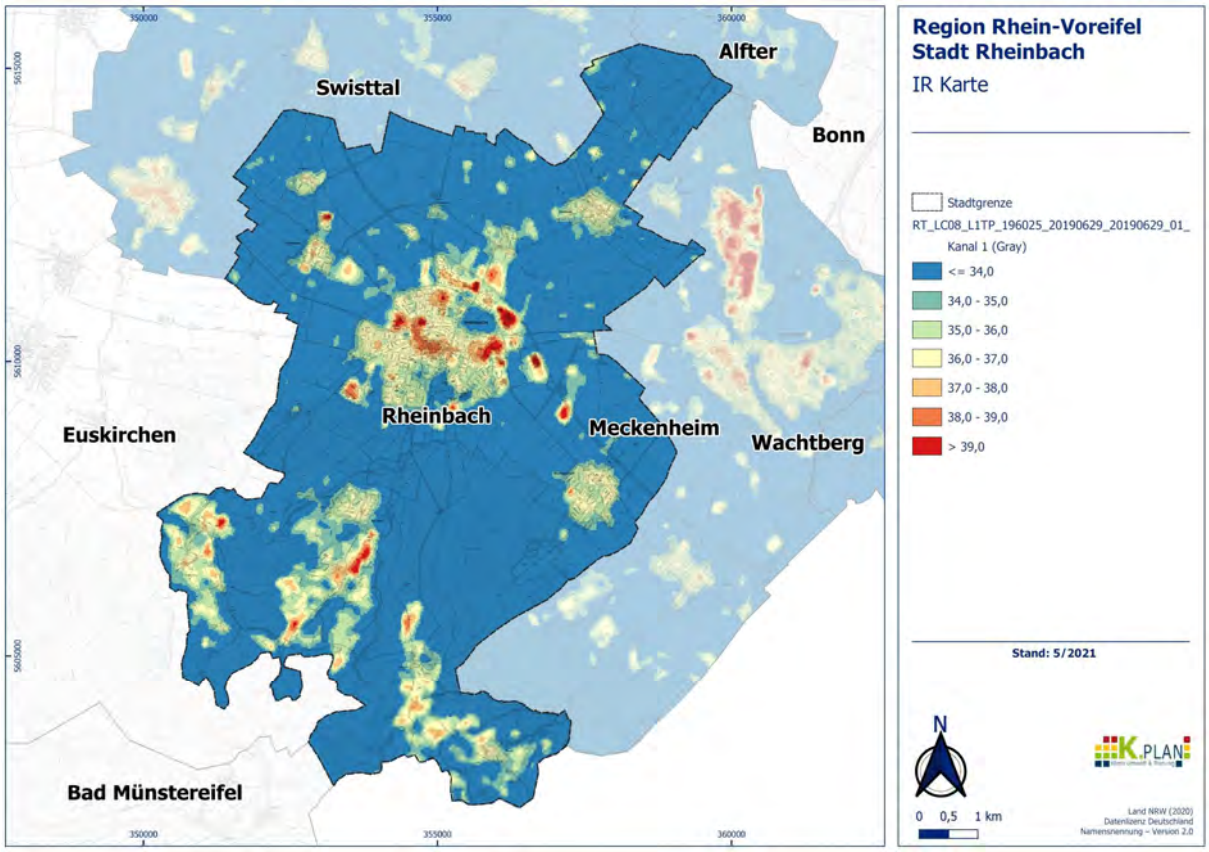


Abb. 4.14 Sommerliche Oberflächentemperaturen im Stadtgebiet von Rheinbach

Tab. 4.12 Durchgrünungsquotient und Oberflächentemperaturen für verschiedene Bebauungstypen in Rheinbach

Bebauungstyp	Mittlerer Durchgrünungsquotient	Mittlere Oberflächentemperatur
Industrie	0,1 – 0,2	38 – 44 °C
Gewerbe	0,15 – 0,35	36 – 42 °C
Mittelalterliche Kernstadt	0,2 – 0,25	37 – 39 °C
Blockrandbebauung	0,2 – 0,35	36 – 38 °C
Mehrfamilienhäuser	0,3 – 0,4	36 – 37 °C
Doppelhaus- und Zeilenbebauung	0,4 – 0,5	35 – 36 °C
Ein- und Zweifamilienhäuser	0,4 – 0,5	34 – 36 °C
Dörfliche Bebauung	0,6 – 0,7	32 – 34 °C

Insbesondere die nächtlichen Lufttemperaturen während einer sommerlichen Hitzewetterlage werden über die mögliche Speicherung von Energie in den Oberflächen und Baukörpern gesteuert. Dadurch können sich zwischen dem unversiegelten Freiland und den dicht bebauten Gebieten (Kernstadt, Industrie und Gewerbe) Unterschiede von 8 bis zu 10 Kelvin (Temperaturunterschiede werden in Kelvin angegeben) ergeben. Diese Zusammenhänge zwischen den Oberflächentemperaturen am Tag (Abb. 4.16) und den nächtlichen Lufttemperaturunterschieden wurden während der letzten Jahre in zahlreichen Städten und Kommunen durch Temperaturmesskampagnen nachgewiesen. Dabei zeigten sich dörfliche Siedlungsstrukturen und Einfamilienhausquartiere nur unerheblich wärmer als Freilandbereiche.

Der direkte Zusammenhang zwischen dem Grünquotient und den Oberflächentemperaturen zeigt dementsprechend an, dass Bebauungstypen mit einem Grünquotient von unter 0,4 eine deutliche Überwärmung während heißer Sommertage aufweisen. Da aber im Sinne der Freiflächensicherung, des Klimaschutzes und der „Stadt der kurzen Wege“ eine Verdichtung von innerstädtischen Quartieren sowie Industrie- und Gewerbegebieten sinnvoll und notwendig ist, muss im nächsten Schritt geprüft werden, mit welcher Mindestdurchgrünung je Bebauungstyp die klimatische Hitzebelastung verringert werden kann.

Klimatische Wirksamkeit von Veränderungen des Grünquotienten

Anhaltpunkte über die Wirksamkeit von einzelnen Anpassungsmaßnahmen kann man über die INKAS-NRW – Wirkungsanalyse, ein Gemeinschaftsprojekt des LANUV NRW und des Deutschen Wetterdienstes (https://www.dwd.de/DE/leistungen/inkas/inkas_nrw_wirkungsanalyse) bekommen. INKAS-NRW ist ein Tool zur hitzeangepassten Quartiersplanung für Städte und Kommunen in Nordrhein-Westfalen und auch für den interessierten Bürger. Es werden in unterschiedlich strukturierten Quartieren von Industrie- und Gewerbegebieten über verschieden dichte städtische bis zu dörflichen Bebauungen die Wirkungen von drei verschiedenen Klimafolgenanpassungsmaßnahmen (Dachfarben, Dachbegrünung, Versiegelungsgrad) untersucht und als Mittelwerte ausgegeben. Die Zusammenhänge sind nicht auf eine bestimmte Stadt oder ein Quartier bezogen, sondern verallgemeinert und für bestimmte, typische Stadtstrukturen von Städten in NRW aufbereitet. Die Auswahl greift auf eine allgemeingültige Datenbank zu, in der bestimmte Kombinationen von Quartierstypen und Anpassungsmaßnahmen mit Werten und Abbildungen als Ergebnis hinterlegt sind.

Unter Zuhilfenahme dieser Datenbank können die Effekte von verschiedenen Durchgrünungsquotienten für die unterschiedlichen Baustrukturen untersucht werden. In den folgenden Abbildungen 4.15 bis 4.19 werden für die Bebauungstypen „Dörfliche Bebauung“, „Ein- und Zweifamilienhäuser“, „Mehrfamilienhäuser“, „Hoch verdichtete Bebauung“ und „Industrie und Gewerbe“ die Wirkungen von Veränderungen der Versiegelung im Quartier auf die Lufttemperaturen gezeigt. Im oberen Teil der Abbildungen sind jeweils die Einstellungen für die Ergebnis-Diagramme in der unteren Hälfte der Abbildungen aufgeführt. Neben dem Bebauungstyp kann auch die Nutzungsstruktur der weiteren Umgebung der Bebauung gewählt werden. Im Fall der „Dörflichen Bebauung“ (Abb. 4.17) ist dies typischerweise eine landwirtschaftliche Nutzung. Die gewählte Anpassungsmaßnahme ist für diese Untersuchung immer der „Versiegelungsgrad zwischen den Gebäuden“.

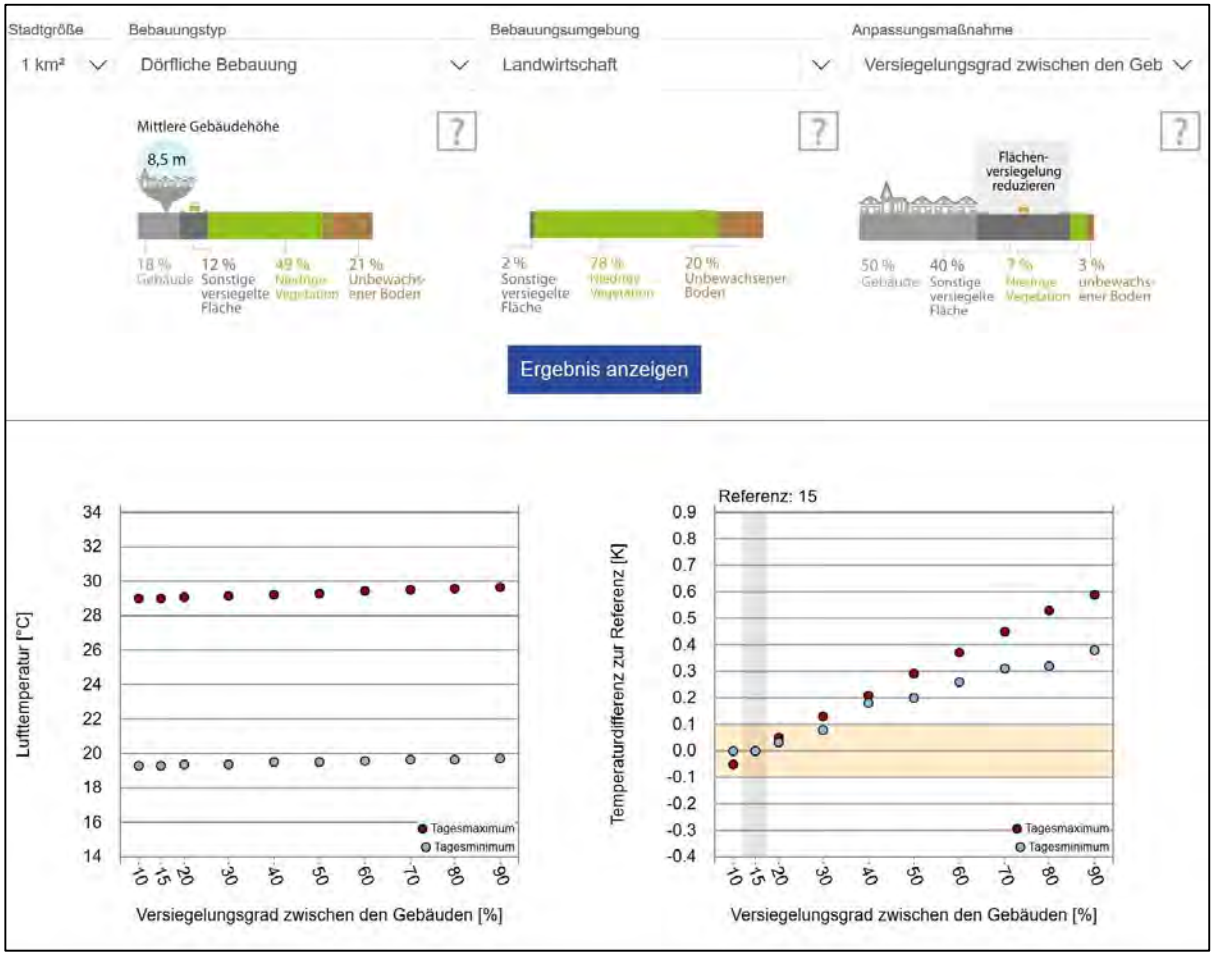


Abb. 4.15 Beispielhafte Wirkungsanalyse für Grünquotienten in dörflicher Bebauung (https://www.dwd.de/DE/leistungen/inkas/inkas_nrw_wirkungsanalyse)

Als typisch für eine „Dörfliche Bebauung“ wird in der INKAS-Analyse eine Versiegelung von 30 % angenommen, dies entspricht den für Rheinbach erhobenen Werten, die für dörfliche Strukturen eine Durchgrünung von 60 bis 70 % aufweisen (Tab. 4.12). Das jeweils linke Ergebnisdiagramm zeigt die Tagesminima und -maxima der Lufttemperaturen eines typischen Sommertages in dem gewählten Bebauungstyp in Abhängigkeit vom Versiegelungsgrad. Das rechte Diagramm zeigt die Differenzen dieser Temperaturen bei Veränderung der Durchgrünung im Vergleich zu einem vorgegebenen Referenzwert. Für den Typ „Dörfliche Bebauung“ ist keine Verbesserung der Durchgrünung notwendig. Die Diagramme (Abb. 4.15) zeigen aber, dass bei einer Verdichtung im Quartier ab einem Grünquotienten von unter 0,4 die Lufttemperaturen, insbesondere das Tagesmaximum deutlich um rund 0,5 Kelvin ansteigen.

In der Abbildung 4.16 sind die Einstellungen und Ergebnisse für die Betrachtung des Grünquotienten im Bebauungstyp „Ein- und Zweifamilienhäuser“ dargestellt. Als Umgebung wurde eine lockere Bebauung gewählt, der mittlere Grünquotient für diesen Typ wird im INKAS mit rund 70 % angenommen. Dies liegt leicht über den Werten von Rheinbach, die für diesen Bebauungstyp nur einen Grünquotienten von 0,4 bis 0,5 aufweisen (Tab. 4.12). Damit sind die Lufttemperaturen in entsprechenden Quartieren in Rheinbach noch nicht belastend, liegen aber um 0,3 bis 0,4 Kelvin (rechtes Diagramm der Abb. 4.16) über dem Landesmittel für vergleichbare Quartiere.

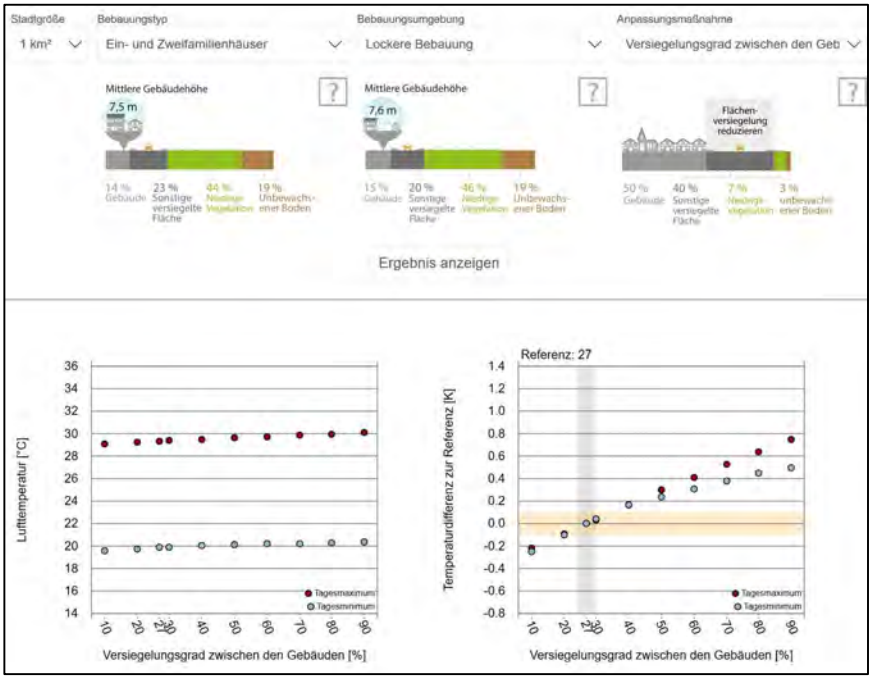


Abb. 4.16 Beispielhafte Wirkungsanalyse für Grünquotienten im Bebauungstyp „Ein- und Zweifamilienhäuser“ (https://www.dwd.de/DE/leistungen/inkas/inkas_nrw_wirkungsanalyse)

Für den Bebauungstyp „Mehrfamilienhäuser“ wurde in Rheinbach ein mittlerer Grünquotient von 0,3 bis 0,4 berechnet (Tab. 4.12). Die INKAS-Analyse geht für diesen Bebauungstyp ebenfalls von einer mittleren Durchgrünung von rund 35 % aus (Abb. 4.17). In einem Quartier mit Mehrfamilienhäusern und Reihenhäusern in einer dicht bebauten Umgebung können potenziell Hitzebelastungen auftreten. Die Lufttemperaturen im Vergleich zur Referenz mit 57% Versiegelungsgrad der Freiflächen zwischen den Gebäuden zeigen insbesondere tagsüber, aber auch in den Nachstunden eine deutlich zunehmende Abkühlung, sobald die Versiegelungsrate zwischen den Gebäuden unter 50% sinkt.

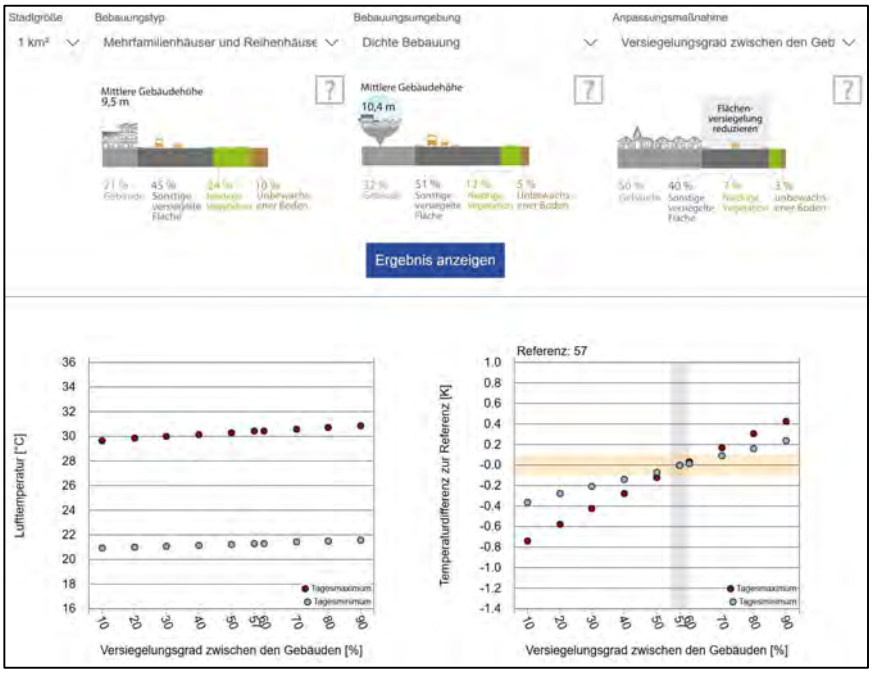


Abb. 4.17 Beispielhafte Wirkungsanalyse für Grünquotienten im Bebauungstyp „Mehrfamilienhäuser“ (https://www.dwd.de/DE/leistungen/inkas/inkas_nrw_wirkungsanalyse)

Hochverdichtete Bebauung findet sich in Rheinbach beispielsweise in der Kernstadt, die nur einen Durchgrünungsquotienten von 0,2 bis 0,3 aufweist (Tab. 4.12). Die INKAS-Analyse geht von einer mittleren Durchgrünung von 14% für diesen Bebauungstyp aus (Abb. 4.18). Damit ist für diesen Bebauungstyp ein großes Potenzial für eine Verminderung der Temperaturen durch Erhöhung des Durchgrünungsgrades gegeben. Ab einem Durchgrünungsquotienten von 0,45 können die Lufttemperaturen bei Hitzewetterlagen dauerhaft um mindesten ein halbes Kelvin gesenkt werden (rechtes Diagramm der Abb. 4.18).

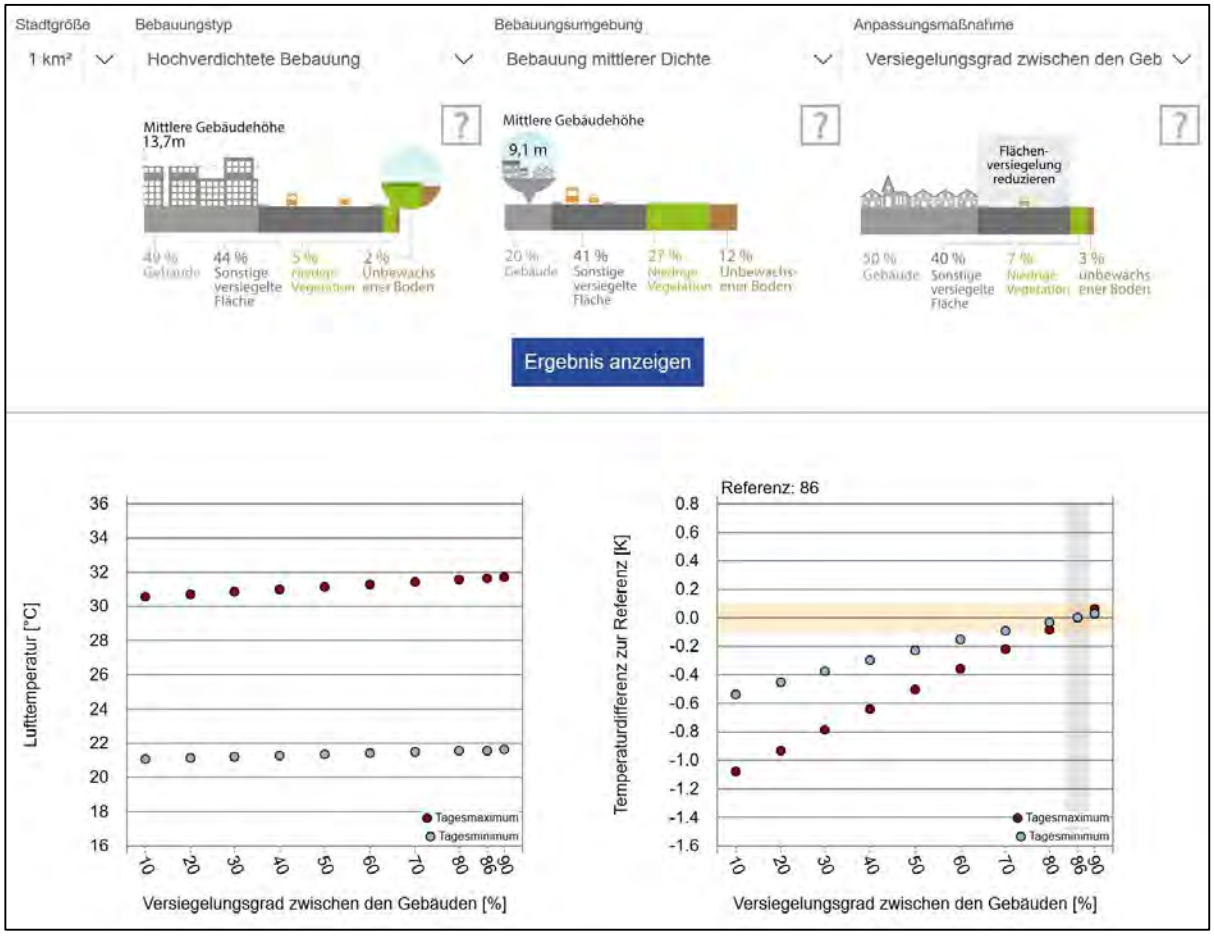


Abb. 4.18 Beispielhafte Wirkungsanalyse für Grünquotienten in hoch verdichteter Bebauung (https://www.dwd.de/DE/leistungen/inkas/inkas_nrw_wirkungsanalyse)

Ähnlich deutlich wird der Zusammenhang zwischen einer Erhöhung der Durchgrünung und der daraus resultierenden Temperaturabsenkung bei der Betrachtung der Ergebnisse der INKAS-Analyse für Industrie- und Gewerbegebiete. Der Grünquotient schwankt in Rheinbach für diesen Bebauungstyp zwischen 0,1 und 0,35 (Tab. 4.12). Die INKAS-Analyse geht für verdichtete Industrie- und Gewerbegebiete von einer Durchgrünung von 0,15 bis 0,2 aus (Abb. 4.19). Um eine Abkühlung von einem halben Grad zu erreichen, müsste die Versiegelung zwischen den Gebäuden auf unter 10 % gesenkt werden. Da dies unrealistisch ist, ist unbedingt auch eine Begrünung der Gebäudedächer in die Berechnung des Grünquotienten und damit in die Senkung der Lufttemperaturen einzubeziehen. Auch diese Maßnahme kann einzeln über eine INKAS-Analyse betrachtet werden. Die Ergebnisse sind in der Abb. 4.20 dargestellt und zeigen, dass mit einer weitreichenden Dachbegrünung die Lufttemperaturen am Tag auch im Quartier um 0,3 Kelvin gesenkt werden können.

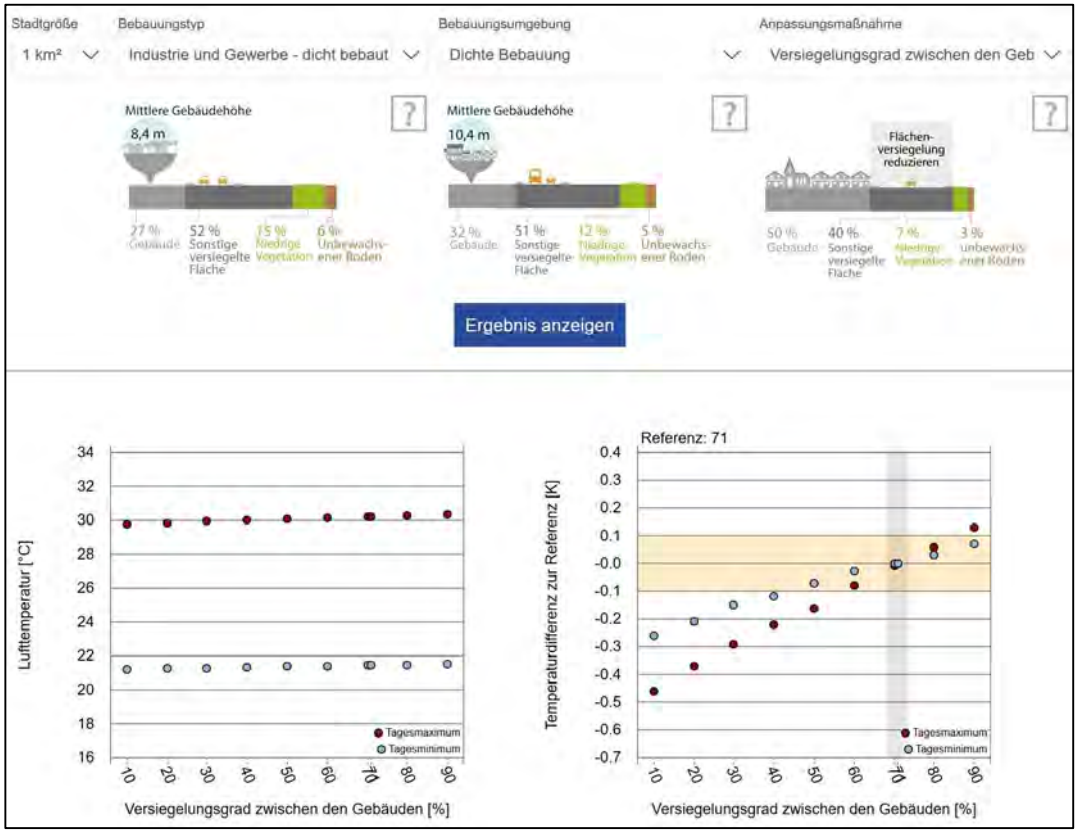


Abb. 4.19 Beispielhafte Wirkungsanalyse für Grünquotienten im Bebauungstyp „Industrie und Gewerbe“ (https://www.dwd.de/DE/leistungen/inkas/inkas_nrw_wirkungsanalyse)

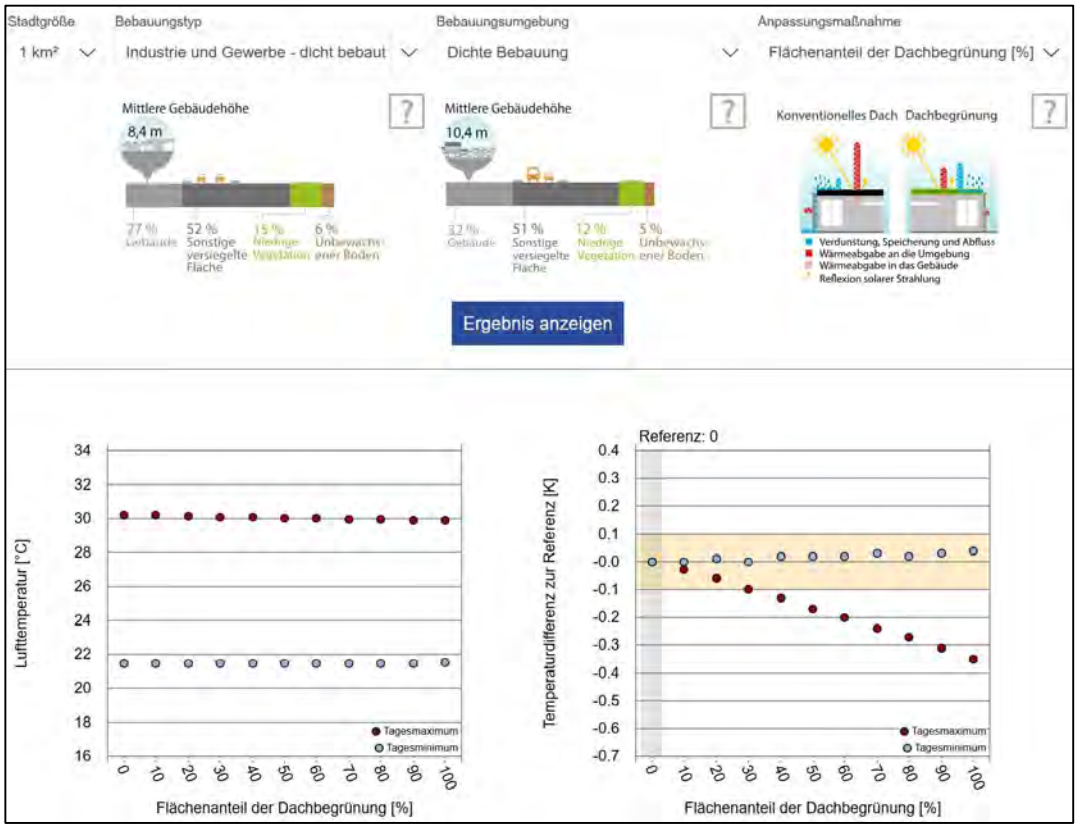


Abb. 4.20 Beispielhafte Wirkungsanalyse für Dachbegrünungen im Bebauungstyp „Industrie und Gewerbe“ (https://www.dwd.de/DE/leistungen/inkas/inkas_nrw_wirkungsanalyse)

Fazit

Versiegelte Oberflächen heizen sich bei sommerlicher Sonneneinstrahlung sehr stark auf. In den beispielhaft für die Kommunen der Region Rhein-Voreifel untersuchten Bebauungstypen von Rheinbach ergeben sich dadurch in Abhängigkeit von den jeweiligen mittleren Grünquotienten Unterschiede von bis zu 12 Kelvin bei den Oberflächentemperaturen. Dies ist typisch für alle Kommunen der Region. **Dabei nehmen die mittleren Oberflächentemperaturen für ein Quartier um rund 1,5 Kelvin zu, wenn der Durchgrünungsquotient um 0,1 abnimmt.** Insbesondere die versiegelten Oberflächen erwärmen im Weiteren dann die darüber liegenden Luftschichten. Die daraus resultierenden Lufttemperaturunterschiede sind aufgrund des gasförmigen Mediums und der Durchmischung der Luft geringer als bei den Oberflächentemperaturen. Insgesamt sind maximale Lufttemperaturunterschiede zwischen einer zu rund 90 % versiegelten Gewerbefläche und einem unversiegelten Freilandstandort von 8 bis 10 Kelvin möglich.

In dicht bebauten Quartieren und in Industrie- und Gewerbegebieten kann eine ausreichende Durchgrünung nicht allein über unversiegelte und begrünte Flächen erreicht werden. Aus Gründen der Platzkonkurrenz und der notwendigen Verdichtung von innerstädtischen Quartieren im Sinne des Klimaschutzes (kurze Wege) und auch der Klimafolgenanpassung (Schutz unbebauter Flächen im Außenbereich) muss ein ausreichender Grünquotient durch zusätzliche Begrünungsalternativen wie Dach- und Fassadenbegrünungen erreicht werden. Ziele der Festlegung von Grünquotienten sollte der Erhalt der klimatisch günstigen Situation in locker bebauten Quartieren und die Verbesserung der thermischen Situation in stärker versiegelten Stadtbereichen sein, um das 1.5 Grad – Ziel der Klimaerwärmung lokal vor Ort in überhitzten Quartieren zu erreichen . Damit ergibt sich eine Abstufung des Grünquotienten je Bebauungstyp. Je stärker ein Quartier versiegelt ist, desto höher wird die erreichte Abkühlung durch eine Erhöhung des Grünquotienten um 0,1 ausfallen. Als Grundlage zur Diskussion von sinnvollen Grünquotienten in den Kommunen der Region Rhein-Voreifel werden für die untersuchten unterschiedlichen Bebauungstypen die folgenden Empfehlungen gegeben:

„Dörfliche Bebauung“ und „Ein- und Zweifamilienhäuser“

Die klimatische Situation unterscheidet sich in diesen Bebauungstypen nur unerheblich vom Freilandklima. Dabei ist aber ein **Grünquotient von mindestens 0,6** zu erhalten bzw. zu erreichen. Hierbei ist darauf zu achten, dass in die Berechnung des Grünquotienten einbezogene vermeintlich grüne (Vor-)gärten nicht für anderweitige Nutzung versiegelt werden (Stellplätze, erweiterte Gartenveranda, Schottergärten).

„Mehrfamilienhäuser“

In Quartieren mit Mehrfamilienhäusern, Doppelhaus- und Zeilenbebauung können lageabhängig (Grad der Verdichtung der Umgebung, keine Versorgung mit Kaltluft aus der Umgebung) Hitzebelastungen auftreten. Hier sollte durch verschiedene Anpassungsmaßnahmen eine Reduzierung der Lufttemperaturen um 1 Kelvin erreicht werden. Dies kann durch eine konsequente Entsiegelung und Begrünung der Flächen zwischen den Gebäuden und zusätzliche Begrünung von Gebäuden erreicht werden. Bei einem daraus zusammengesetzten **Grünquotienten von 0,5** wird die thermische Belastung dieser Quartiere deutlich vermindert.

„Hoch verdichtete Bebauung“ und „Industrie und Gewerbe“

Der höchste Handlungsdruck, aber auch das größte Konfliktpotenzial für Begrünungen besteht in Quartieren mit hoch verdichteter Bebauung, sowohl im Wohn- wie auch im gewerblichen Bereich. Der aktuelle mittlere Grünquotient liegt hier unter 0,3 und führt zu einem sommerlichen Überhitzungspo-

tenzial. Um eine Temperaturabsenkung von rund einem Kelvin zu erreichen, sollte, auch mit Methoden der Gebäudebegrünung, ein **Grünquotient von 0,4** angestrebt werden.

Zur Umsetzung eines Grünquotienten diente bislang die Festlegung der GRZ. Dazu kann der Grünquotient begleitend angewendet werden. Es sollte angestrebt werden, Richtwerte für den Grünquotienten in verschiedenen Quartieren festzulegen und durch Satzungen oder informelle Instrumente wie Investorenverträge umzusetzen.

4.3.3 Beispielprojekt Swisttal: Gestaltung einer innerstädtischen Grünfläche zum Erhalt/ zur Verbesserung der Belüftungsfunktion

Aufgrund ihrer Lage, ihrer Flächennutzung und der Ausrichtung können einzelne Flächen im Stadtgebiet zu einer wirkungsvollen Belüftung beitragen. Wenn die Funktion über das Quartier hinausgeht, besitzen solche Flächen eine stadtklimatische Bedeutung. Auf der anderen Seite sollte ein neu geplanter Platz auch vor Ort für die zukünftigen Nutzer keine klimatischen Belastungen unter den Bedingungen des Klimawandels aufweisen. Im Rahmen der Untersuchungen für das Interkommunale Klimaschutzteilkonzept zur Klimaanpassung in der Region Rhein-Voreifel wurden für die Gemeinde Swisttal die klimatische Bedeutung und die möglichen Auswirkungen durch eine Neugestaltung des Peter-Esser-Platz ermittelt und bewertet. Lokal werden Vorschläge für Klimaanpassungsmaßnahmen zur Abmilderung von zukünftigen Auswirkungen auf das Stadtklima erarbeitet.

Die Bearbeitung des Beispielprojektes „Peter-Esser-Platz“ in Heimerzheim erfolgt in Anlehnung an den vierstufigen Ablauf der Integration von Anpassungsmaßnahmen in die ausgewählten Beispielprojekte der Kommunen (Abbildung 4.2 auf der Seite 142). Der vierstufige Prozess führt über die Überprüfung der Notwendigkeiten zur Klimaanpassung, die Auswahl von Anpassungsmaßnahmen bis zur Überprüfung der Wirksamkeit anhand eines Beispiel-Szenarios und die Optimierung der Maßnahmen.

1. Stufe Identifikation der klimatischen Betroffenheit im Untersuchungsgebiet

Es werden die folgenden Informationen und Karten zur Bewertung der klimatischen Ersteinschätzung der Untersuchungsflächen herangezogen:

- Vorliegende Untersuchungen zum Klimaanpassungskonzept (Klimatopkarte, Hitzekarte, Kaltluftsimulation)
- Flächennutzungsdaten der Gemeinde
- Höhenmodell der Gemeinde

Die klimatische Einschätzung wird unter zwei Gesichtspunkten durchgeführt:

- Beurteilt wird die Bedeutung der Fläche in ihrem jetzigen Zustand auf das Lokalklima der direkten und erweiterten Umgebung. Dabei wird ein Schwerpunkt auf die Belüftung gelegt und abgeleitet, wie sich die Situation bei einer Umgestaltung entwickeln könnte.

- Durch eine Umgestaltung wird es auch zu einer klimatischen Veränderung auf den Flächen selbst kommen. Diese wird in ihren Auswirkungen beschrieben.

Die Ergebnisse der Klimauntersuchungen aus dem Klimafolgenanpassungskonzept werden in einem weiteren Arbeitsschritt durch Klimamodellierungen vertieft und auf die mikroklimatische Ebene verfeinert.

Auf der Basis der klimatischen Betroffenheitsanalyse für die Region Rhein-Voreifel werden die Konfliktpotenziale bezüglich des Lokalklimas und der Folgen des Klimawandels zum Vorhaben der Neugestaltung des Peter-Esser-Platzes in Swisttal Heimerzheim“ bewertet. In den Karten der Betroffenheitsanalyse werden entsprechen ihrem Konfliktpotential Flächen ausgewiesen, für die bestimmte Maßnahmen notwendig werden, um den Folgen des Klimawandels zu begegnen. Auf der anderen Seite können einzelne Flächen aufgrund ihrer Lage, der geringen Oberflächenrauhigkeit bzw. des geringen Strömungswiderstandes und der Ausrichtung zu einer wirkungsvollen Kühlung und/oder Belüftung beitragen.

Für die Untersuchung der Temperaturverhältnisse wurden die Infrarotaufnahme von Landsat 8 vom 29.06.2019 hinzugezogen. In der relativen Verteilung von heißen Oberflächen (rot) zu kalten Oberflächen (blau) treten die höchsten Werte in den dicht bebauten Bereichen mit hoher Oberflächenversiegelung auf (Abb. 4.21). Im Plangebiet Peter-Esser-Platz liegen durchschnittlich moderate Bereiche (gelb/ orange) und in der westlich angrenzenden Bebauung relativ heiße Flächen. In der südlich angrenzenden Fläche Richtung Burg-Heimerzheim liegen relativ niedrige Oberflächentemperaturen vor.

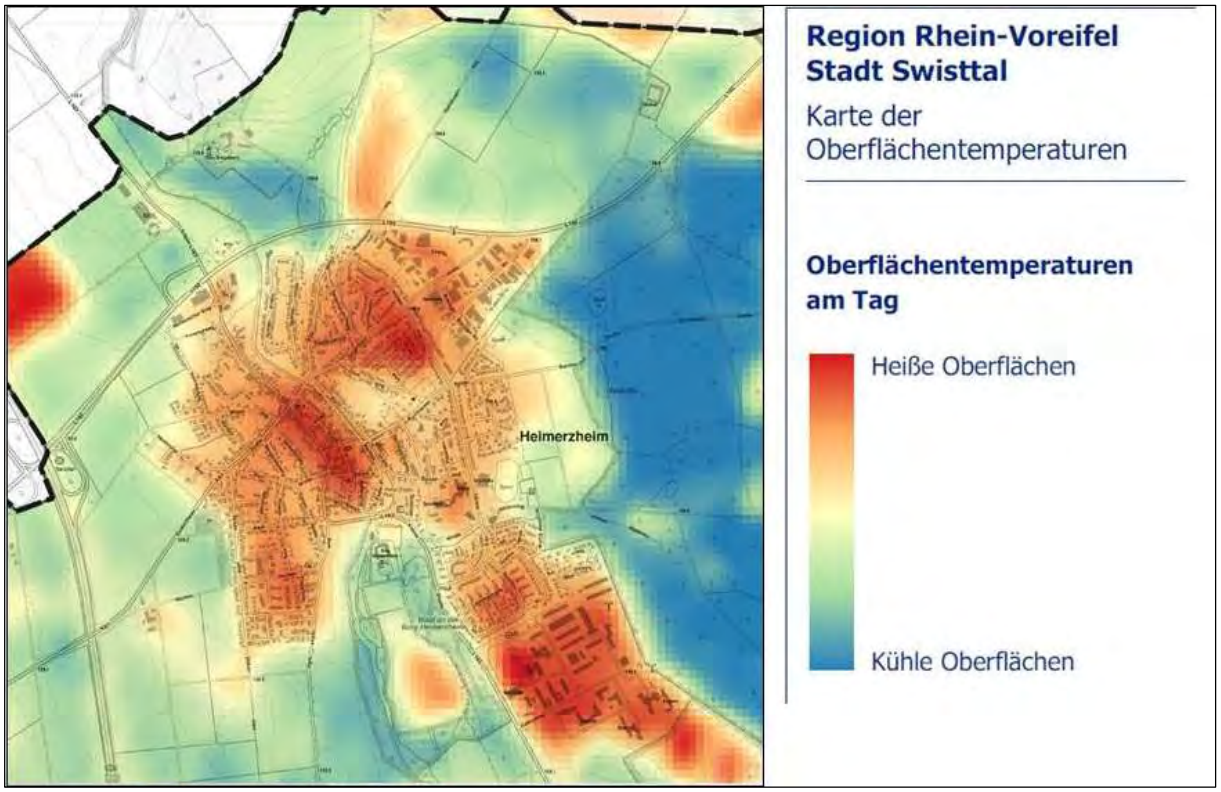


Abb. 4.21 Ausschnitt aus der Infrarotkarte für Swisttal (Oberflächentemperaturen, Aufnahme Landsat 8 vom 29.06.2019)

Dicht bebaute und versiegelte Bereiche, in denen eine erhöhte Hitzebelastung für den Menschen auftreten kann, werden durch einen verringerten Luftaustausch und die hohe Wärmespeicherkapazität der Baumaterialien hervorgerufen. In diesen Bereichen kommt es zu einer deutlichen Ausbildung von Wärmeinseln. Aus den Informationen zu Flächennutzungen, Kühlpotenzial, Versiegelung, Durchgrünung und Oberflächentemperaturen wurden die in Abbildung 4.22 dargestellten Hitzeareale abgeleitet. Der aktuelle Zustand ist für die erhöhte Hitzebelastung in der Farbe Lila dargestellt, die zukünftige Ausweitung der Hitzeareale unter den Bedingungen des Klimawandels in Orange. Für die direkt an den Peter-Esser-Platz angrenzende Bebauung besteht bereits aktuell eine erhöhte Hitzebelastung. Diese wird sich zukünftig im Zuge des Klimawandels über fast die gesamte Bebauung in Heimerzheim ausweiten.

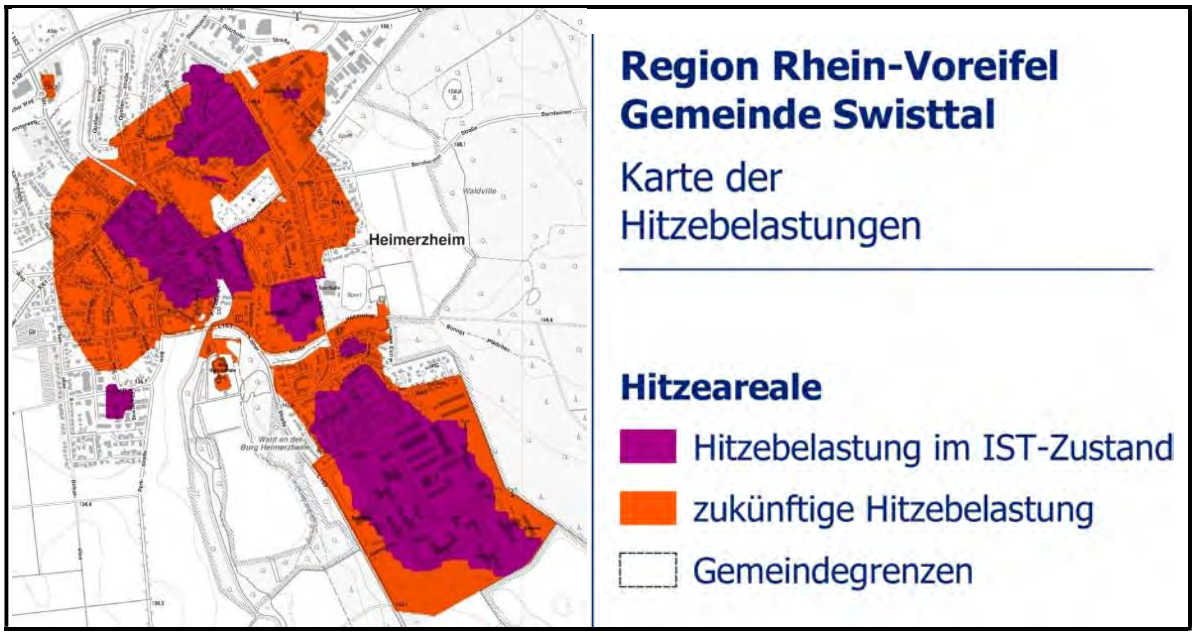


Abb. 4.22 Ausschnitt aus der Karte der Hitzebelastungen für Swisttal

Der Erhalt und die Verbesserung des Luftaustausches in den Bereichen der Wärmeinseln ist für die Verringerung der Hitzebelastung für den Menschen ein entscheidendes Kriterium. Innerstädtische Grünflächen stellen als Klimaoasen wohnortnahe Ausgleichsräume für die Bevölkerung dar. Sie können zu einer Abschwächung und Unterbrechung von Hitzearealen führen und sind deshalb wie im vorliegenden Fall zu schützen. Über Frischluftschneisen sowie nächtliche Kaltluftströmungen kann ein großer Teil der Wärme aus der Stadt abgeführt werden und kühlere Luft aus dem Umland nachströmen. Für den Erhalt der Funktion des Luftaustausches ist die Vermeidung von Strömungshindernissen und der damit verbundenen geringen Oberflächenrauhigkeit notwendig. Innerstädtische Flächen können bei einem ausreichenden Kaltluftvolumenstrom je nach Abflussgeschwindigkeit und Kaltluftmächtigkeit einen erheblichen Beitrag zur Verringerung der Hitzebelastung leisten.

Das Untersuchungsgebiet Peter-Esser-Platz liegt im Übergangsbereich zwischen den sich südlich anschließenden Freiflächen und den bebauten Bereichen von Heimerzheim. Die Karte des Kaltluftvolumenstroms (Abb. 4.23) zeigt deutlich verschiedene Kaltluftflüsse, die in das Dorfgebiet eindringen. Über den Peter-Esser-Platz wird kalte Luft entlang des Bachlaufs der Swist weit in die Bebauung von Heimerzheim hineingeführt. Die angrenzende Wohnbebauung kann durch den Luftaustausch positiv klimatisch beeinflusst werden.

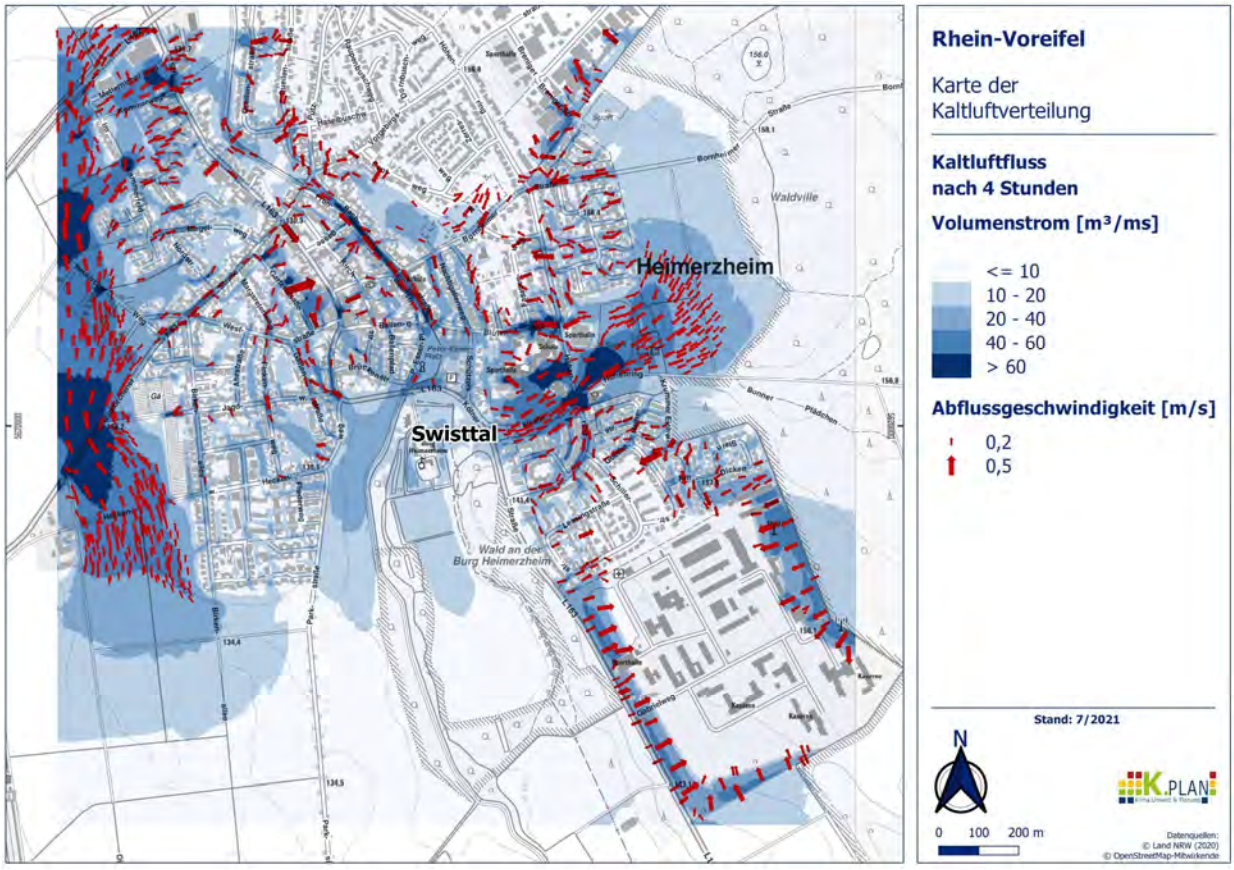


Abb. 4.23 Kaltluftvolumenstrom 4 h nach Sonnenuntergang für Heimerzheim

Der Kaltluftzufluss, der über den Peter-Esser-Platz Richtung Bebauung erfolgt, stammt nicht nur von den südlichen Freiflächen südlich der Burg Heimerzheim, sondern fließt mit einem deutlich höheren Volumenstrom auch von Osten über das Gelände von Sportplatz und Schulen am Höhenring Richtung Peter-Esser-Platz und von dort weiter entlang des Bachtals der Swist. Der Peter-Esser-Platz hat somit eine bedeutende Funktion als Einlass für die Kaltluft in den bebauten Bereich.

Eine weitere Funktion hat der Platz als Park, der einen Ausgleichsraum und eine Klimaoase für die Bevölkerung bietet. Neben einem kühlen Aufenthaltsort kann die Parkfläche entlang des Swistbachs auch als Retentionsraum bei Starkregenereignissen dienen. Diese Bedeutung wird in Zukunft bei häufigeren Hitzewellen und Starkregenereignissen zunehmen. Bei der Neugestaltung des Peter-Esser-Platzes sind der Funktionserhalt als Luftleitbahn sowie die Ausgleichsfunktion gegenüber Hitze und Überflutung zu berücksichtigen.

2. Stufe Zusammenstellung möglicher Klimaanpassungsmaßnahmen

Die Neugestaltung von Flächen innerhalb von Hitzeinseln bietet ein hohes Potential für die Verbesserung der mikroklimatischen Situation. Die gestalterischen Anpassungen können eine zukünftige erhöhte Belastung für die Bevölkerung reduzieren und den Einsatz von aufwendigen kostenintensiven energetisch aufwendigen technischen Lösungen wie z.B. Klimaanlagen vermeiden. Im Folgenden werden Anpassungsmaßnahmen für eine Umgestaltung des Peter-Esser-Platzes dargestellt. Diese sollten vor-

zugsweise als Maßnahmenbündel umgesetzt werden. Erst in der Kombination vieler Einzelmaßnahmen, lassen sich effizient nachhaltige Effekte für eine Klimaanpassung erreichen.

Anpassungsmaßnahmen zum Erhalt und zur Verbesserung der Belüftungssituation

Der Peter-Esser-Platz liegt in einer potenziellen Kaltluftbahn und ist umgeben von einem Bereich der Hitzeinsel mit erheblicher Betroffenheit für die Bevölkerung. Zur Unterstützung der Kühlwirkung des Parks und der Belüftung sowohl über der Untersuchungsfläche als auch in die Umgebung hinein sollten hier die folgenden Maßnahmen eingehalten werden:

- Die Versiegelung im Bereich der geplanten Wege und Plätze sollte möglichst gering gehalten werden, um das Kaltluftpotenzial verbessern zu können. Versiegelte Flächen heizen sich bei Hitzewetterlagen auf und könnten die über das Gelände fließende Kaltluft erwärmen.
- Zur Erhöhung der kühlenden Wirkung der durchströmenden Luft, auch für die angrenzende Bestandsbebauung, sollten Baumstandorte so gewählt werden, dass sie keinen Querriegel für die von Süden und Osten nach Norden transportierte Kaltluft darstellen. Einzelbäume und Baumgruppen sind deshalb sinnvoller als eine dichte, zusammenhängende Waldfläche.
- Damit Frischluft auch bei schwachen Windströmungen durch den Park fließen kann, darf die Neupflanzung von niedriger Strauchvegetation keine abriegelnden Strukturen bilden.
- Um eine gute Durchlüftung für das Quartier zu gewährleisten, sollten die Strömungshindernisse gering bleiben und eine Nord/ Süd Ausrichtung von Baumreihen vorgesehen werden.

Anpassungsmaßnahmen zur Hitzeprävention

Für die Ausbildung einer Hitzebelastung spielt in erster Linie die Versiegelung eines Gebietes eine Rolle. Variationen ergeben sich durch den Einsatz verschiedener Materialien (je dunkler, desto stärker erwärmen sich Oberflächen) und durch den Durchgrünungsgrad. Vegetation kann durch Schattenwurf und Verdunstung erheblich zur Temperaturabsenkung beitragen.

Viele versiegelte Flächen leisten aufgrund ihrer dunklen Farbe und Materialien einen großen Beitrag zur Aufheizung von Stadtgebieten. Verschattungen oder hellere Farben können hier einen Beitrag sowohl zur Hitzevermeidung am Tag wie auch zur Verringerung der nächtlichen Überwärmung leisten. Wie viel Wärme in welcher Zeit bei zunehmenden Temperaturen von einer Verkehrsfläche aufgenommen wird, hängt von der Art des Stoffes ab. Asphaltierte oder gepflasterte Verkehrsflächen erwärmen sich deutlich stärker als natürliche Oberflächen. Helle Beläge auf Verkehrsflächen reflektieren im Gegensatz zu dunklem Asphalt einen größeren Anteil der eingestrahlten Sonnenenergie sofort wieder (Albedo) und können damit das Aufheizen der herangeführten kühlen Luft erheblich verringern. Die folgende Abbildung zeigt die Auswirkungen von verschiedenen Bodenoberflächen auf die Oberflächentemperaturen (eigene Berechnungen). Nachts kühlen die natürlichen Oberflächen stärker aus. Trockener unversiegelter Boden kann zwar tagsüber mit über 40 °C sehr warm werden, hält die Wärme aber in den Nachstunden nicht. Zur nächtlichen Wärmeinsel tragen unabhängig von den Oberflächentemperaturen am Tag nur die technischen Bodenbeläge wie Asphalt und Pflaster bei.

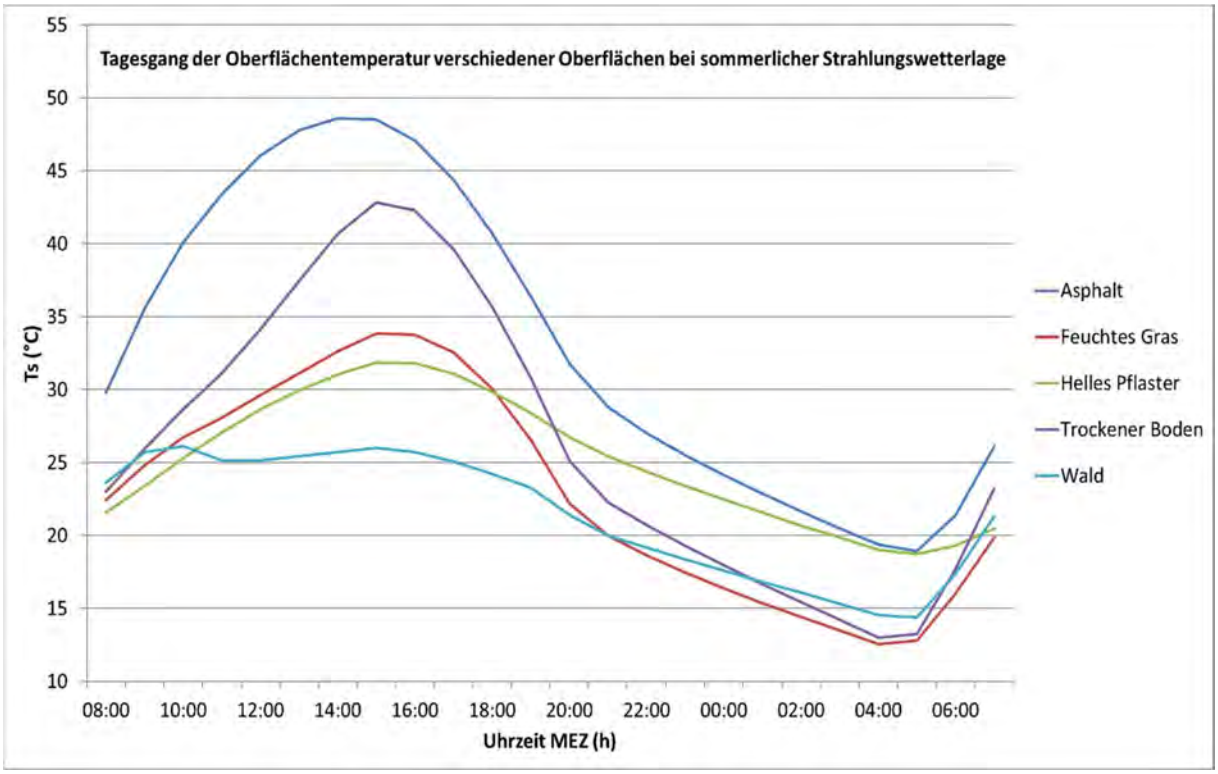


Abb. 4.24 Tagesgang der Oberflächentemperaturen verschiedener Oberflächenmaterialien

Zusätzlich kann eine Aufheizung der Luft durch die Begrünung des fast Nord-Süd verlaufenden Straßenzugs in Verlängerung des Peter-Esser-Platzes mit weiteren Bäumen vermindert werden. Der Schattenwurf der Vegetation sowie Verdunstung und Transpiration der Pflanzen reduzieren die Aufheizung der versiegelten Bereiche. Eine Möglichkeit zur besseren Versorgung von städtischen Straßenbäumen mit Wasser ist bei Neupflanzungen die Kombination des Wurzelraums mit einer Rigole, die das aus dem Straßenraum abfließende Regenwasser aufnimmt (Synergie mit der Regenwasserbewirtschaftung) und als Speicher für den Wasservorrat des Baumes dient. Erste Untersuchungen hierzu werden vom Tiefbauamt in Bochum unternommen.

Zusammengefasst sollten die folgenden Maßnahmen zur Reduzierung der Hitzebelastungen im Untersuchungsgebiet „Peter-Esser-Platz“ umgesetzt werden:

- Vermeidung von Bodenversiegelungen bei Wegen und Plätzen
- Material- und Farbauswahl unter den Gesichtspunkten der minimalen Aufheizung treffen (Entree des Parks)
- Begrünung der unversiegelten Flächen/ Verschattung der versiegelten Flächen
- Weitgehender Erhalt des Baumbestandes in seiner Funktion als Straßenbegleitgrün und als schattenspendende Parkbäume, da neuangepflanzte Bäume erst nach Jahren eine vergleichbare klimatische Wirkung erzielen.

Die exponierte Lage direkt an der Swift bietet hier zusätzlich die Möglichkeit, eine Abkühlung der Luft mit sehr hoher Reichweite durch die Verdunstung von Wasser zu erlangen. Dies kann durch die Erweiterung der Spielflächen als Wasserspielplatz oder durch Brunnen und Wasserfontänen umgesetzt werden.

Anpassungsmaßnahmen zur Überflutungsprävention

Ausgelöst durch den Extremniederschlag im Sommer 2021 sollte für den Peter-Esser-Platz auch die Funktion als Regenrückhalteraum in eine Neuplanung einbezogen werden. Für den Rückhalt von Niederschlagswasser bei Starkregen können Versickerungsmulden in geeigneten oberirdischen Bereichen der Grasfläche eingerichtet werden (Abb. 4.25). Neben der zeitverzögerten Versickerung kann hier das Wasser auch verdunsten und für eine zusätzliche Abkühlung der Lufttemperatur sorgen.

Abb. 4.25 Temporärer Wasserrückhalt in einer Grünanlage (Foto: K.Plan)

Konkrete Maßnahmen müssen Bestandteil eines je nach örtlichen Gegebenheiten gezielten, nachhaltigen Wassermanagements sein. Mögliche Einzelmaßnahmen im Bereich des Peter-Esser-Platzes wären hier:

- Anlage von Wasser-Retentionsflächen
- Sammeln von Niederschlägen, z.B. in Regenrückhaltebecken oder Zisternen und anschließende Nutzung des Wassers, um den Wasserhaushalt in der Landschaft zu erhöhen
- Versickerung vor Ort zu ermöglichen und verbessern, zum Beispiel durch Maßnahmen zur Förderung des Humusaufbaus in Böden. Diese erhöhen die Wasserhaltekapazität der Fläche und verringern die Auswirkungen von Trockenheit und Überschwemmungsereignissen.
- Staudenbepflanzungen, die durch eine intensivere Durchwurzelung des Bodens zur Verbesserung der Versickerung beitragen.
- Anlage von mit Schilf bepflanzten Verdunstungsbecken, die Wasser aufnehmen, speichern und durch Verdunstung die Luft kühlen können (www.transpirant-bottrop.de).

3. Stufe Beispielhafte Überprüfung von Maßnahmenumsetzungen durch mikroskalige Modellierungen

Beispielhaft wird im Folgenden die klimatische Wirksamkeit eines existierenden Konzeptes für die Umgestaltung des Peter-Esser-Platzes durch Modellrechnungen untersucht. Um einen Vergleich zwischen Ist-Zustand und Plan eines Untersuchungsgebietes zu ermöglichen, ist der Einsatz eines mikroskaligen Klimamodells erforderlich. Hierzu wird das Modell ENVI-met eingesetzt (ENVI-met Website: www.envi-met.com, ENVI-met GmbH). ENVI-met ist ein dreidimensionales prognostisches numerisches Strömungs-Energiebilanzmodell. Die physikalischen Grundlagen basieren auf den Gesetzen der Strömungsmechanik, der Thermodynamik und der Atmosphärenphysik. Das Modell dient zur Simulation der Wind-, Temperatur- und Feuchteverteilung in städtischen Strukturen. Es werden Parameter wie Gebäudeoberflächen, Bodenversiegelungsgrad, Bodeneigenschaften, Vegetation und Sonneneinstrahlung einbezogen. Durch die Wechselwirkungen von Sonne und Schatten sowie die unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften der Materialien (spezifische Wärme, Reflexionseigenschaften, ...) entwickeln sich im Laufe eines simulierten Tages unterschiedliche Oberflächentemperaturen, die ihrerseits in Abhängigkeit vom Windfeld ihre Wärme mehr oder minder stark an die Luft abgeben.

ENVI-met versetzt Planer in die Lage, die klimatischen Auswirkungen von Vorhaben zu simulieren und mit dem Istzustand zu vergleichen, ohne dass das untersuchte Gebiet bzw. die Planungsmaßnahmen in der Realität existieren müssen. Es gilt zu untersuchen, wie weit diese Veränderungen des Kleinklimas in die Umgebung hineinwirken. Hauptaugenmerk muss hierbei auf die möglichen Veränderungen der Luftströmungen und Aufheizungen der bebauten Flächen gelegt werden.

Simuliert wird jeweils ein sommerlicher Strahlungstag über 24 Stunden, um eine maximale Erwärmung im Modellgebiet zu erreichen. Neben der Gebäude-, Vegetations- und Oberflächenstruktur des Modellgebietes können meteorologische Parameter für eine mikroskalige Modellierung des Ist-Zustandes sowie des Planentwurfs festgelegt werden. Diese Werte entsprechen den typischen Ausgangsbedingungen einer sommerlichen Strahlungswetterlage mit Hitzebelastung. Sommerliche Strahlungstage sind in der Regel Schwachwindwetterlagen. Bei einer solchen Wetterlage treten lokalklimatische Effekte am deutlichsten hervor und die Auswirkungen von geplanten Veränderungen auf der Untersuchungsfläche auf das Kleinklima können gezeigt werden.

Im Folgenden werden die durchgeführten Modellrechnungen und deren Ergebnisse dargestellt. Die Kartierungsmethodik zur Aufnahme des Untersuchungsgebietes „Peter-Esser-Platz“ in Swisttal Heimerzheim wurde in drei Schritten vollzogen: die Aufnahme der Bauwerksstrukturen (Form und Höhe), die Aufnahme der Straßen und Fußwege (Bodenbelag) sowie die Aufnahme der Vegetation – hauptsächlich Bäume (Gestalt und Höhe). Die Kartierungen erfolgten auf der Grundlage von vorhandenem Kartenmaterial sowie Luftbildern. Die aufgenommenen Daten der Kartierungen wurden dann im nächsten Schritt in das Programm ENVI-met übertragen und dort für eine virtuelle Modellierung vom Ist-Zustand des Untersuchungsgebietes und für das Planszenario verwendet. Das Untersuchungsgebiet für die mikroskalige Betrachtung und das hier beispielhaft untersuchte Plankonzept für eine mögliche Umgestaltung des Peter-Esser-Platzes sind in der Abbildung 4.26 dargestellt. Die Abbildung 4.27 zeigt das Rechen-Modell für den IST-Zustand und das Plan-Szenario.

Abb. 4.26 Ausschnitt aus dem Luftbild (Quelle: Google) und dem beispielhaft untersuchten Plankonzept für das Gebiet „Peter-Esser-Platz“ in Swisttal Heimerzheim

Für die Erstellung der Modelle „IST“ und „Szenario“ wurden die Gebäude, die Vegetation und die Oberflächenbeläge in die Modelle übertragen (Abb. 4.27). Um die möglichen Belastungen einer sommerlichen Hitzewetterlage betrachten zu können, wurde zum Modellstart eine hohe Lufttemperatur und ein schwacher Wind gewählt. Das Modell wurde entsprechend der Ergebnisse der Kaltluftsimulation und der möglichen Luftströmungen bei Hitzewetterlagen mit einer Anströmung aus Süden gerechnet.

Modell-Parameter (Startzeit 6 Uhr MEZ an einem sommerlichen wolkenlosen Tag)

Lufttemperatur (2 m Höhe): 14,0 °C
Windgeschwindigkeit (10 m Höhe): 1,5 m/s, Windrichtung (10 m Höhe): 180 Grad (aus Süd)
Größe des Untersuchungsgebietes: 200 m x180 m
Modellgröße (Grid): x=100; y=140; z=25, Rasterauflösung: dx=2 m, dy=2 m, dz=2 m

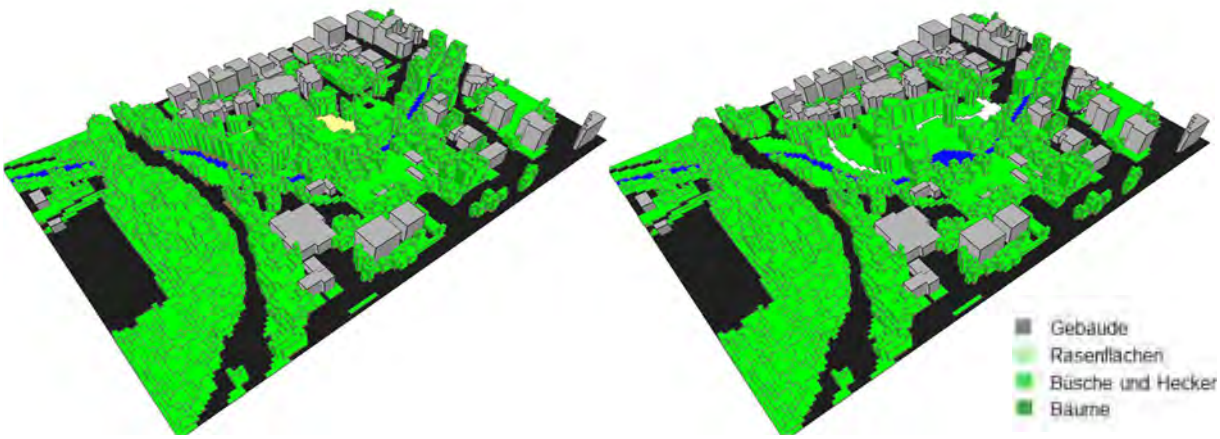


Abb. 4.27 Envi-met Modell für die Berechnung des IST-Zustandes (links) und des Szenarios (rechts) im Untersuchungsgebiet Peter-Esser-Platz

In den folgenden Auswertungen der Modellergebnisse werden für die Tag- und für die Nachtsituation die Lufttemperaturen und die Windverhältnisse betrachtet. Die Ergebnisse des Szenarios aus dem Plankonzept werden im direkten Vergleich mit der IST-Situation durch die Berechnung der Differenzen für die Größen Windgeschwindigkeit, Oberflächentemperaturen, Lufttemperaturen und Bioklimaindex (PMV) dargestellt. Hierbei werden lokale Effekte und auch mögliche Wirkgebiete in angrenzenden Bereichen untersucht. Aus den berechneten Unterschieden der mikroklimatischen Ausprägungen der Modelle werden Rückschlüsse auf die Notwendigkeit von verschiedenen Anpassungsmaßnahmen gezogen. Insbesondere geht es um die folgenden Fragestellungen:

- Wie ist die mikroklimatische IST-Situation während einer sommerlichen Strahlungswetterlage im Untersuchungsgebiet zu beurteilen?
- Welche Auswirkungen können die im Plan vorgesehenen Veränderungen auf die Belüftungssituation in der Umgebung haben?
- Wie ändert sich die Hitzebelastung auf dem Platz und in der unmittelbaren Umgebung?

Zur Beurteilung des Bioklimas in einem städtischen Umfeld wurde der PMV-Index herangezogen. PMV, 1972 vom dänischen Wissenschaftler Ole Fanger entwickelt, steht für „predicted mean vote“ (durchschnittliche erwartete Empfindung) und ist ein bioklimatischer Index, der die thermische Behaglichkeit oder Unbehaglichkeit eines Menschen widerspiegelt. Der Bioklima-Index ist sinnvoll, da die vom Menschen empfundene Wärmebelastung bzw. die wetterbedingte Belastung des Organismus nicht allein von der Lufttemperatur abhängt, sondern auch von anderen Einflussgrößen innerhalb des thermischen Wirkungskomplexes. Die wichtigsten Einflussgrößen, die zur Berechnung des PMV herangezogen werden, sind: Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und die mittlere Strahlungstemperatur. Hinzu kommen noch die körperliche Aktivität des Menschen und der Wärmeleitwiderstand der Kleidung. Der PMV-Wert reicht von -4 bis +4 (siehe Abbildung 4.28 1). Der Wert -4 wird als sehr kalt empfunden und der Wert +4 als sehr heiß mit einer extremen Belastung für den Organismus. Ein neutraler thermischer Komfort entspricht dem PMV-Wert 0. Dabei ist zu beachten, dass in diesem Kontext thermische Ausdrücke, wie etwa kühl, warm oder heiß in Verbindung mit dem entsprechenden PMV-Wert stehen und nicht alleine mit der Lufttemperatur gleichzusetzen sind, sondern in diesem Falle eine Einordnung des Behaglichkeitsempfindens des Menschen auf der PMV-Skala darstellen.

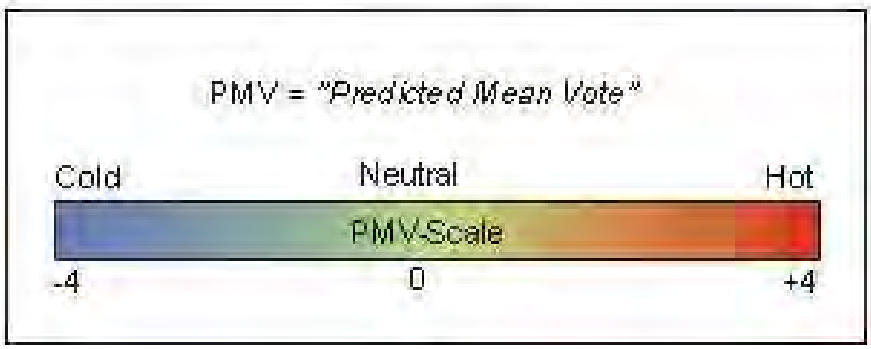


Abb. 4.28 Werteskala PMV Grobeinteilung

Mikroklimatische Bewertung der Belüftungssituation:

Bei einem vorgegebenen Ausgangswind aus Süd mit einer Geschwindigkeit von 1,5 m/s zeigt sich deutlich die abbremsende Wirkung der Bestandsbebauungen. Hier werden zwischen den Gebäuden mit unter 0,1 m/s (dunkelblau) bis zu 0,4 m/s (blau) weitgehend nur sehr geringe Windgeschwindigkeiten erreicht. Eine noch ausreichende Belüftung im bodennahen Bereich bei 2m Höhe wird im IST-Zustand (Abb. 4.29) über der Parkfläche des Peter-Esser-Platzes erkennbar. Hier erreichen die Windgeschwindigkeiten noch bis zu 0,4 m/s (hellblau). Für die übergeordnete Belüftung ist von Bedeutung, dass im Bereich des sehr dichten Baumbestandes die Windgeschwindigkeiten auf unter 0,3 m/s reduziert werden. Hier ist im IST-Zustand des Peter-Esser-Platzes ein deutliches Strömungshindernis für die eindringende Kaltluft von Süden erkennbar.

Das gewählte Beispielszenario (siehe Abb. 4.26, rechts) zeigt eine aufgelockertere Struktur im Baumbestand und lässt eine bessere Durchströmbarkeit des Peter-Esser-Platzes erwarten. In den Abbildungen 4.30 (für 2 m Höhe) und 4.31 (für 10 m Höhe) sind die Differenzen der Windgeschwindigkeiten zwischen dem IST-Zustand und dem Szenario dargestellt. Im Szenario wird die Belüftung in 2 m Höhe leicht und in 10m Höhe deutlich verbessert durch die Reduzierung des Baumbestandes und der damit verbundenen Verringerung des Strömungswiderstandes. Lediglich die direkt angrenzende Bebauung zeigt einen sehr leichten Rückgang der Windgeschwindigkeiten, da jetzt mehr Luft über den Peter-Esser-Platz strömen kann.

Schon im IST-Zustand hat die Untersuchungsfläche eine Belüftungsfunktion für die umgebenen Stadtviertel. Diese kann im Szenario verbessert werden. Die Unterschiede zwischen IST und Szenario in der Belüftung sind nicht auf das direkte Umfeld der Planfläche begrenzt, sondern setzen sich nach Norden in die weitere Umgebung fort. Damit kann der Kaltluftzufluss aus südlichen Richtungen besser und weiter in das bebaute Gebiet von Heimerzheim eindringen.

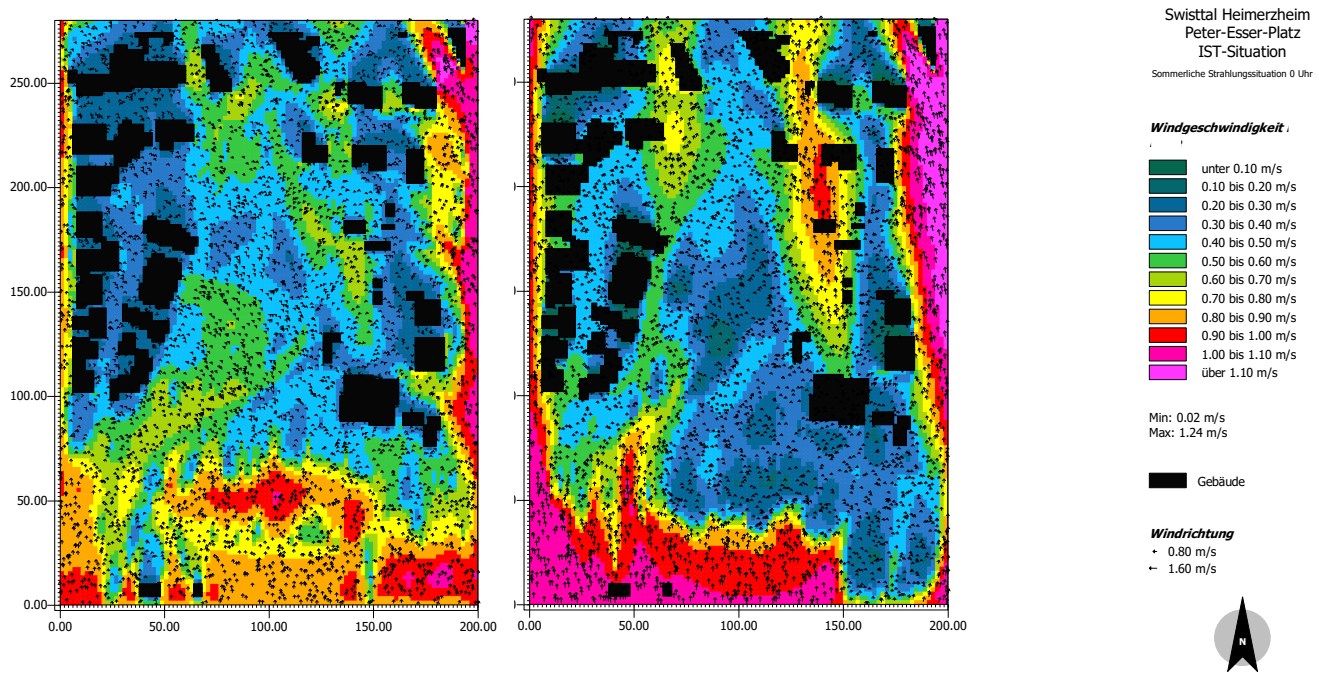


Abb. 4.29 Ergebnis der Berechnungen für die mikroklimatische Situation im IST-Zustand: Nächtliche Windgeschwindigkeit in 2m Höhe (links) und 10m Höhe (rechts) bei Anströmung aus Süd

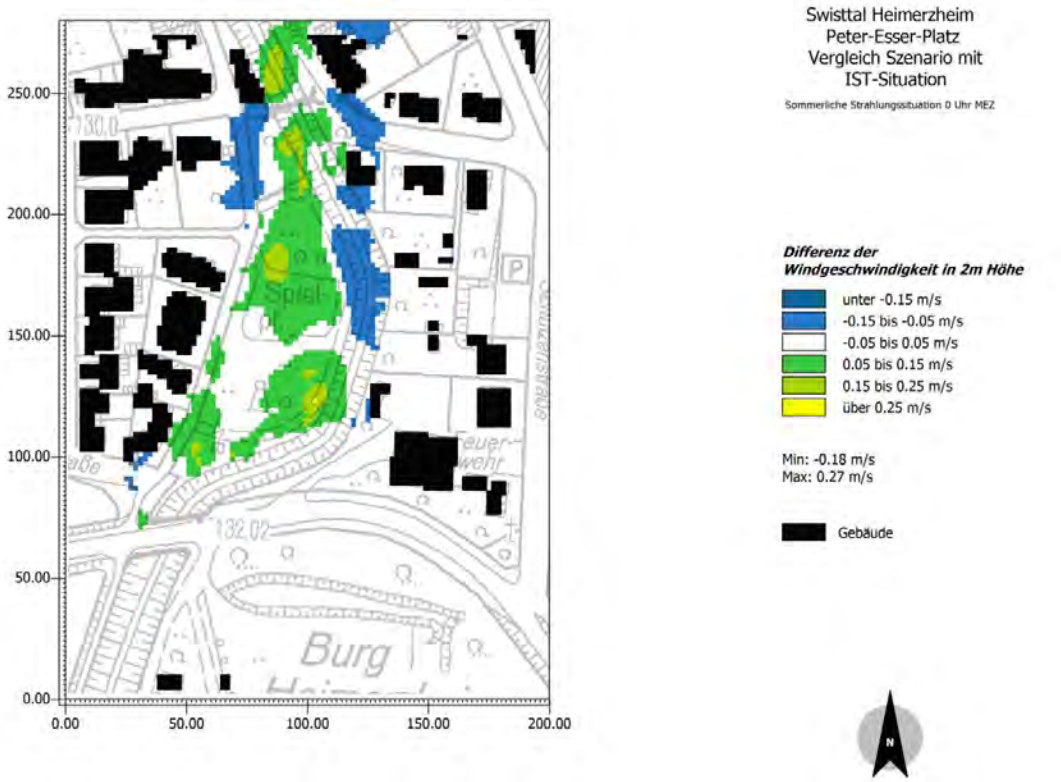


Abb. 4.30 Differenzen Szenario minus IST in 2m Höhe zum Szenario bei Anströmung aus Süd

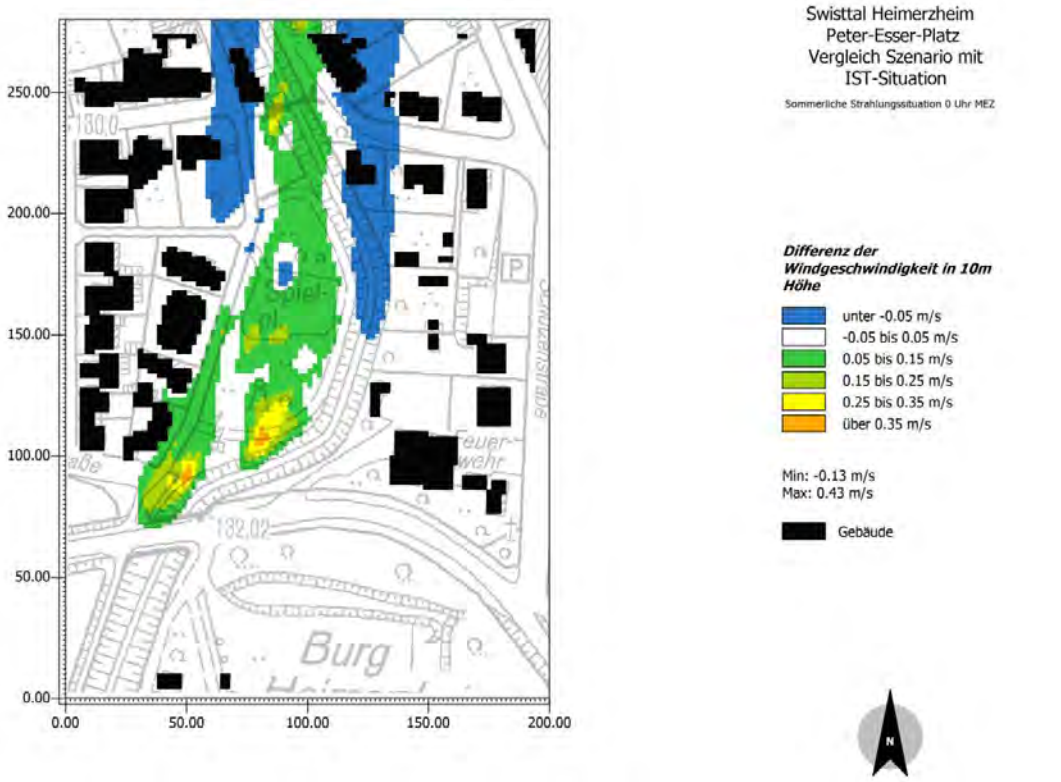


Abb. 4.31 Differenzen Szenario minus IST in 10m Höhe zum Szenario bei Anströmung aus Süd

Mikroskalige Modellierung des Untersuchungsgebietes „Peter-Esser-Platz“: Thermische Situation

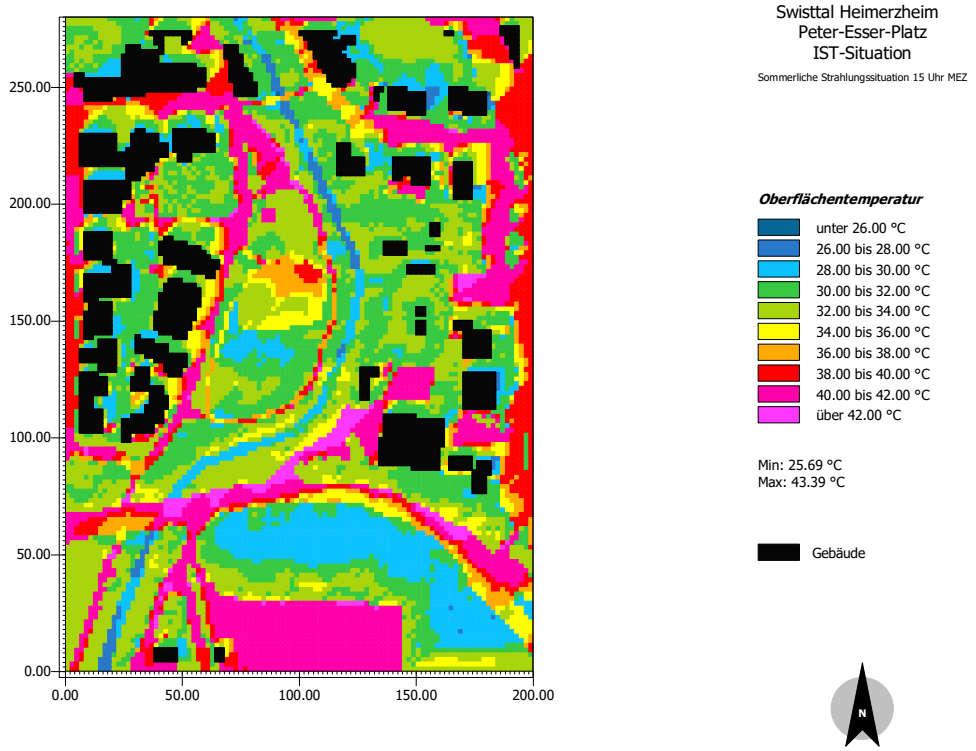


Abb. 4.32 Ergebnis der Berechnungen für die mikroklimatische Situation im IST-Zustand: Oberflächentemperaturen um 15 Uhr

Mikroklimatische Bewertung der thermischen Situation: Oberflächentemperaturen

Die ungehinderte Sonneneinstrahlung an einem wolkenlosen Sommertag, für den die Modellrechnungen durchgeführt wurden, führt zu einer lokal sehr unterschiedlichen Aufheizung von Oberflächen (Abb. 4.32). Auf den asphaltierten Verkehrsflächen erreichen die Oberflächentemperaturen um 15 Uhr MEZ Werte über 40 °C. Hier wird die Luft über den Oberflächen stark erwärmt. Die Bereiche mit Hausverschattung sowie die von Vegetation beschatteten Flächen sind um rund 10 Grad kühler. Unversiegelte und beschattete Flächen im Park sind mit unter 30 °C Oberflächentemperatur die kühlsten Bereiche an einem heißen Sommertag.

Im Szenario verändern sich die Oberflächentemperaturen in einigen Bereichen zum Positiven, in anderen Abschnitten zum Negativen. Abbildung 4.33 zeigt die Differenzen zum IST-Zustand für die Tagsituation, Abbildung 4.34 für die Nacht. Tagsüber können durch den ausgelichteten Baumbestand im Szenario die Oberflächentemperaturen um bis zu 5 Kelvin zunehmen (gelbe bis orange Bereiche in der Abb. 4.33). Andere Flächen werden durch neu geplante Bäume besser verschattet oder im Bereich des Spielplatzes durch Begrünung weniger aufgeheizt und zeigen bis zu 5 K niedrigere Oberflächentemperaturen (grüne Bereiche in der Abb. 4.33). Durch die Entsiegelung des Rundweges werden die Oberflächentemperaturen dort um bis zu 11 Grad reduziert. Durch zusätzliche Versiegelungen mit Betonpflasterstein steigen z.B. im Bereich Entree die Oberflächentemperaturen um bis zu 3 Grad an (gelbe Bereiche in der Abb. 4.33). Da insbesondere die erhöhten Oberflächentemperaturen zu einer Erwärmung der Luft und damit einer erhöhten Hitzebelastung beitragen, könnte hier durch Verschattung Abhilfe geschaffen werden.

Die Verteilung der Oberflächentemperaturen in der Nachtsituation (Abb. 4.34) zeigt deutlich die Überwärmung aller versiegelten Flächen im Untersuchungsgebiet. Hier wird die tagsüber aufgenommene Energie gespeichert und im Verlauf der Nacht an die Umgebung abgegeben. Entsprechend zeigt sich im Szenario deutlich die Erhöhung der Oberflächentemperaturen im Bereich des Entree um ca. 4 Grad.

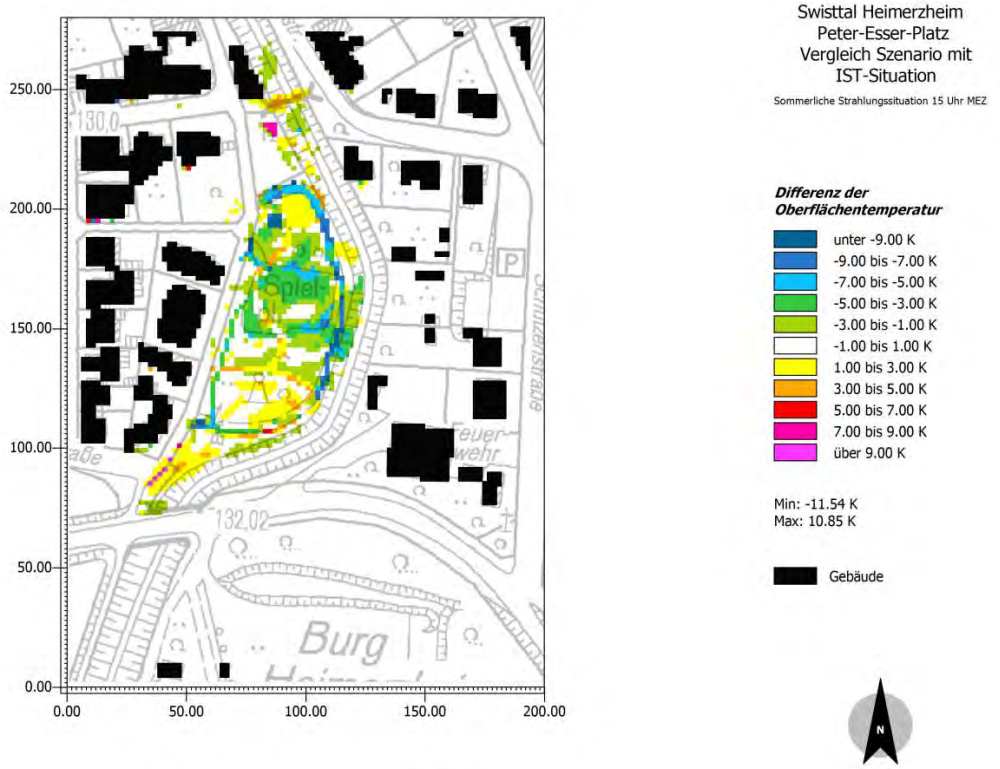


Abb. 4.33 Differenzen Szenario minus IST: Oberflächentemperaturen um 15 Uhr

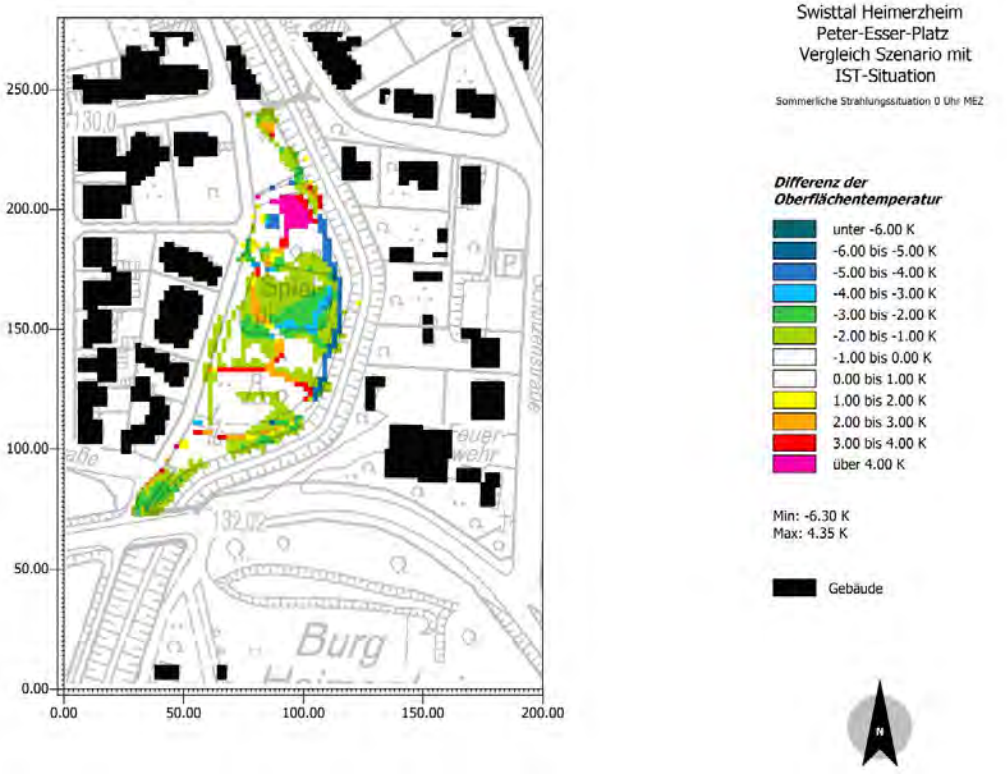


Abb. 4.34 Differenzen Szenario minus IST: Oberflächentemperaturen um 0 Uhr

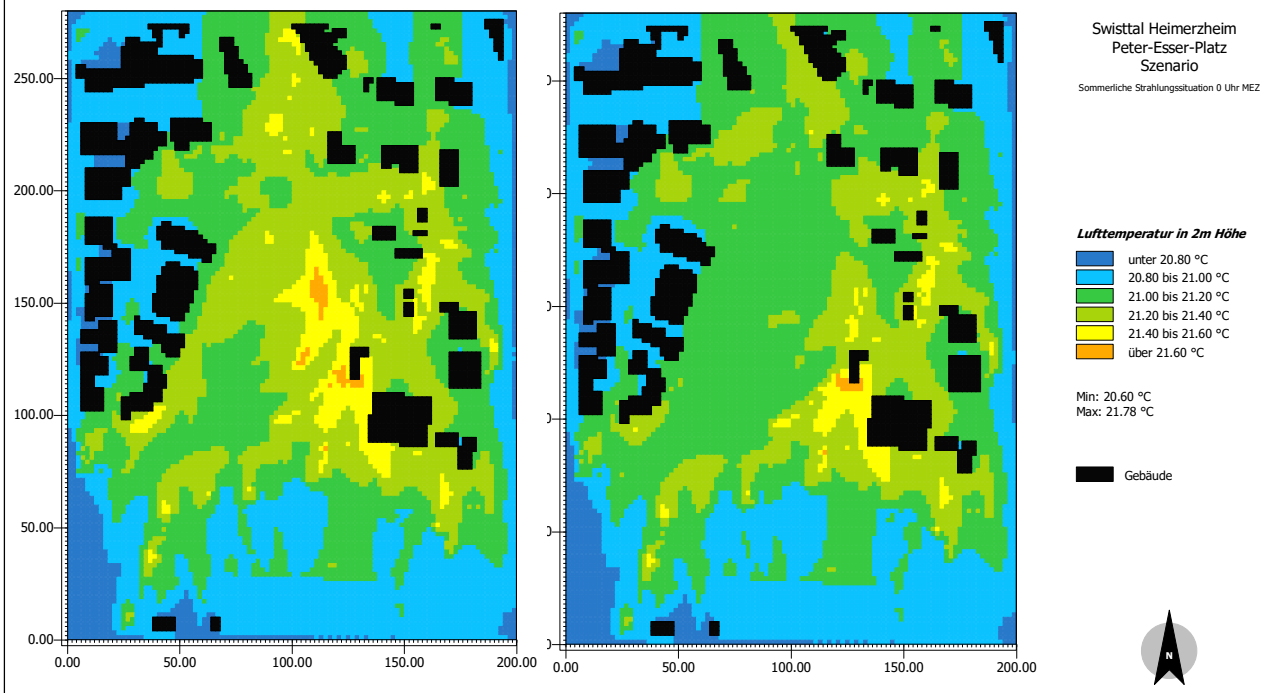


Abb. 4.35 Ergebnis der Berechnungen für die mikroklimatische Situation im IST-Zustand (links) und im Szenario (rechts): Nächtliche Lufttemperaturen bei einer Anströmung aus Süd

Mikroklimatische Bewertung der thermischen Situation: Lufttemperaturen

In den Abbildungen 4.35 bis 4.37 sind die Verteilungen und Veränderungen der Lufttemperaturen dargestellt. Lokale Unterschiede in der thermischen Belastung ergeben sich während der Nachtstunden nur in geringem Umfang. Die nächtlichen Lufttemperaturen in 2 m Höhe liegen im IST-Zustand (Abb. 4.35, links) über der Parkfläche weitgehend auf dem Niveau wie innerhalb der Bebauung.

Im Szenario verringern sich die nächtlichen Lufttemperaturen auf der Parkfläche um rund ein halbes Grad (0,5 K). Die höchsten Differenzen mit bis zu 0,6 treten im Bereich der Uferneugestaltungüber der zusätzlichen Wasserfläche auftreten (Abb. 4.36). Ursache sind die offenen Grasflächen mit einer erhöhten Wärmeabgabe in der Nacht sowie die verbesserte Durchlüftung des Gebietes.

Die Veränderungen der Lufttemperaturen am Tag (Abb. 4.37) zeigen die höchste Reduzierung mit bis zu 1,6 Grad im Bereich des Spielplatzes. Hier wurde die unversiegelte Fläche im Szenario mit Grasbewuchs ausgestattet.

Es gibt Bereiche im Straßenraum zwischen Ballenpfad und Ballengasse, die sich im Szenario in der Nachtsituation geringfügig um bis zu 0,5 Grad (gelb) erwärmen. Innerhalb der Wohnbebauung bleiben die Lufttemperaturen im Vergleich zum IST-Zustand unverändert. Tagsüber reichen die Veränderungen der Lufttemperaturen nur leicht über das Untersuchungsgebiet hinaus. Entsprechend der Anströmung aus Süd ist eine kühle Luftfahne erkennbar, welche bis über die nördlich des Peter-Esser-Platzes anschließende Bestandsbebauung nachweisbar ist.

Insgesamt fällt die Veränderung der Lufttemperaturen in der Nacht nur sehr gering aus und ist vernachlässigbar. Tagsüber kommt es trotz des reduzierten Baumbestandes und der dadurch erhöhten Oberflächentemperaturen in den weniger verschatteten Bereichen zu einem deutlichen Rückgang der Lufttemperaturen im Szenario um bis zu 1,5 K. Eine Abnahme der versiegelten oder unbewachsenen Flächen und eine bessere Durchlüftung führt zu diesen positiven Effekten.

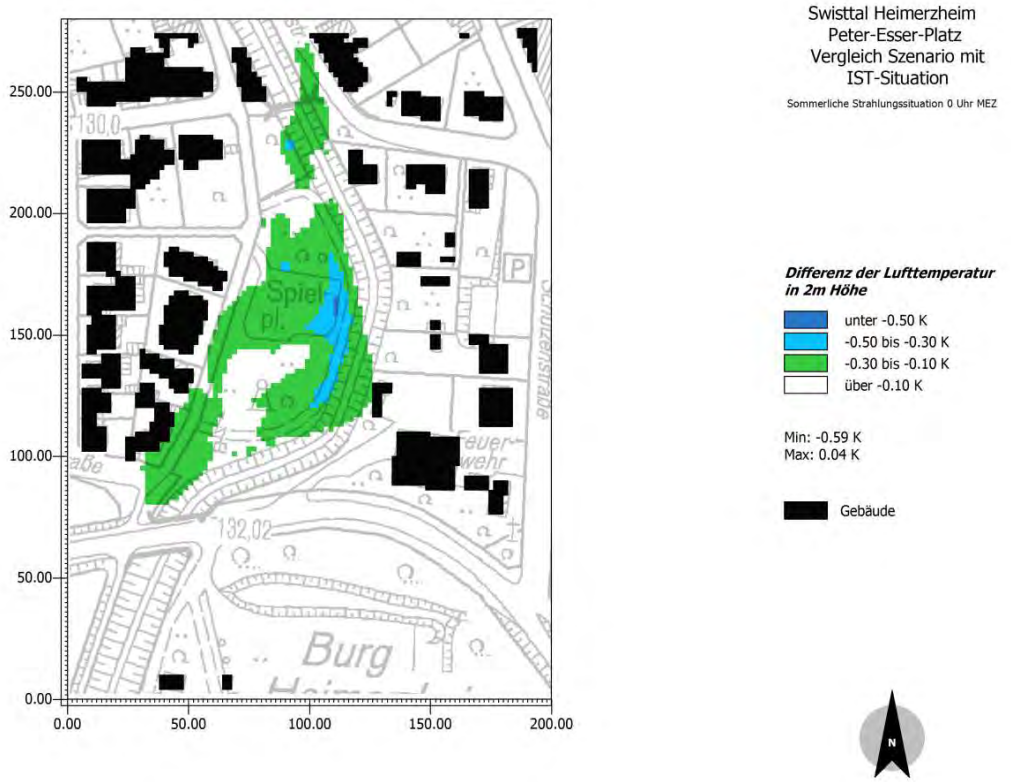


Abb. 4.36 Differenzen Szenario minus IST: Nächtliche Lufttemperaturen bei einer Anströmung aus Süd

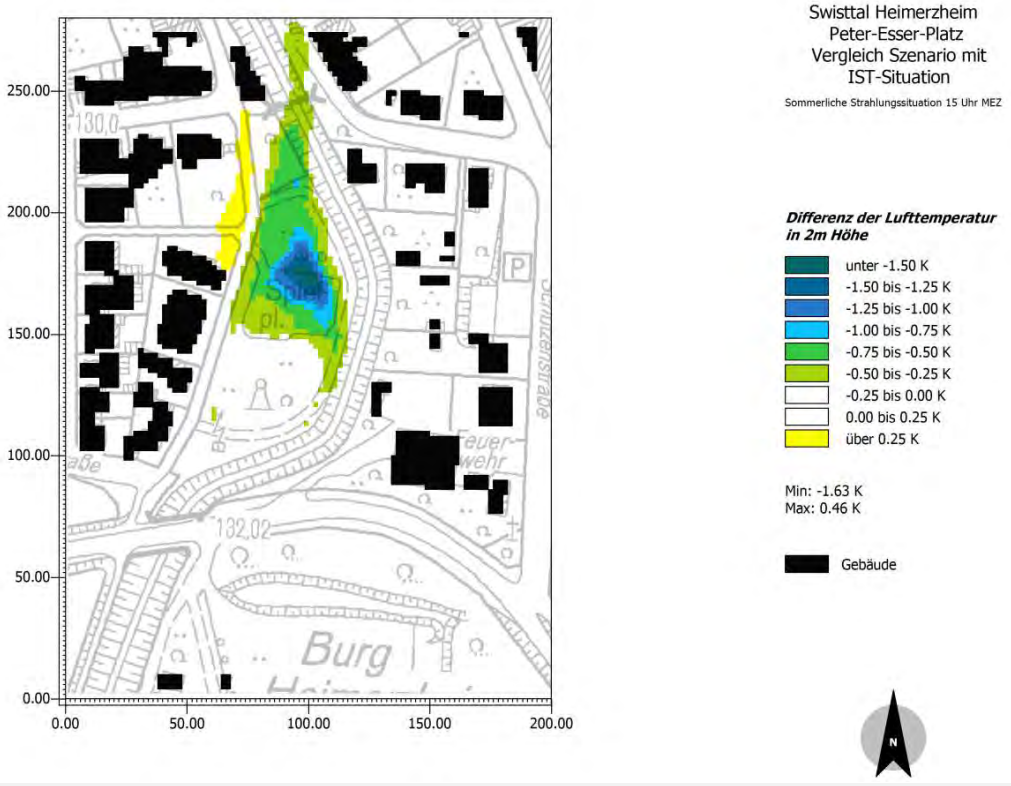


Abb. 4.37 Differenzen Szenario minus IST: Lufttemperaturen um 15 Uhr bei einer Anströmung aus Süd

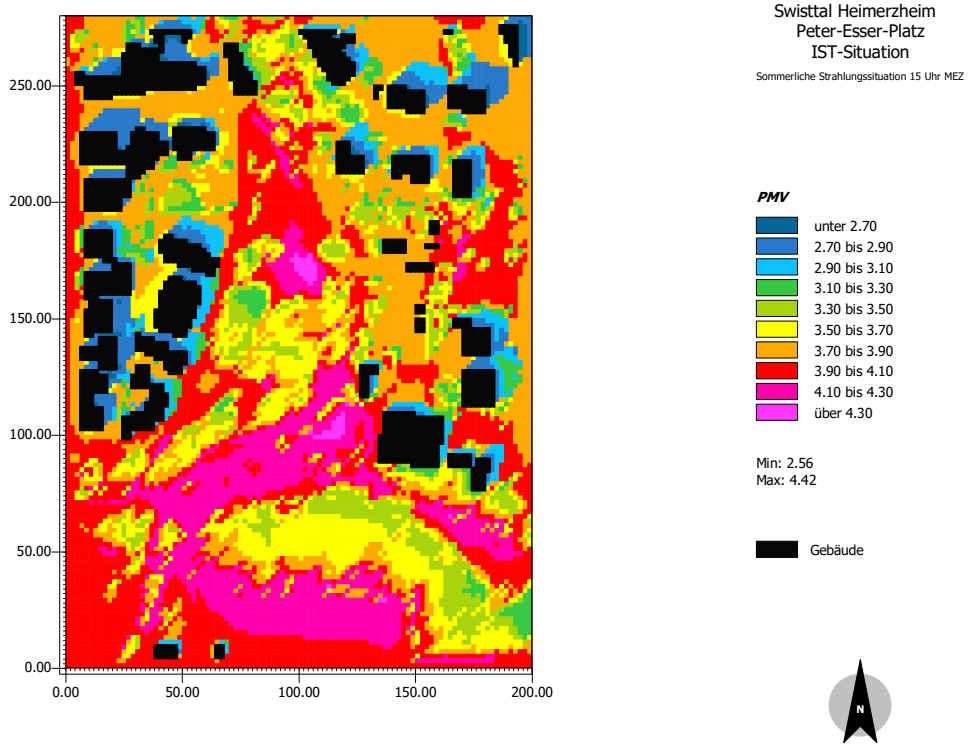


Abb. 4.38 Ergebnis der Berechnungen für die mikroklimatische Situation im IST-Zustand: PMV Werte um 15 h MEZ bei einer Anströmung aus Süd

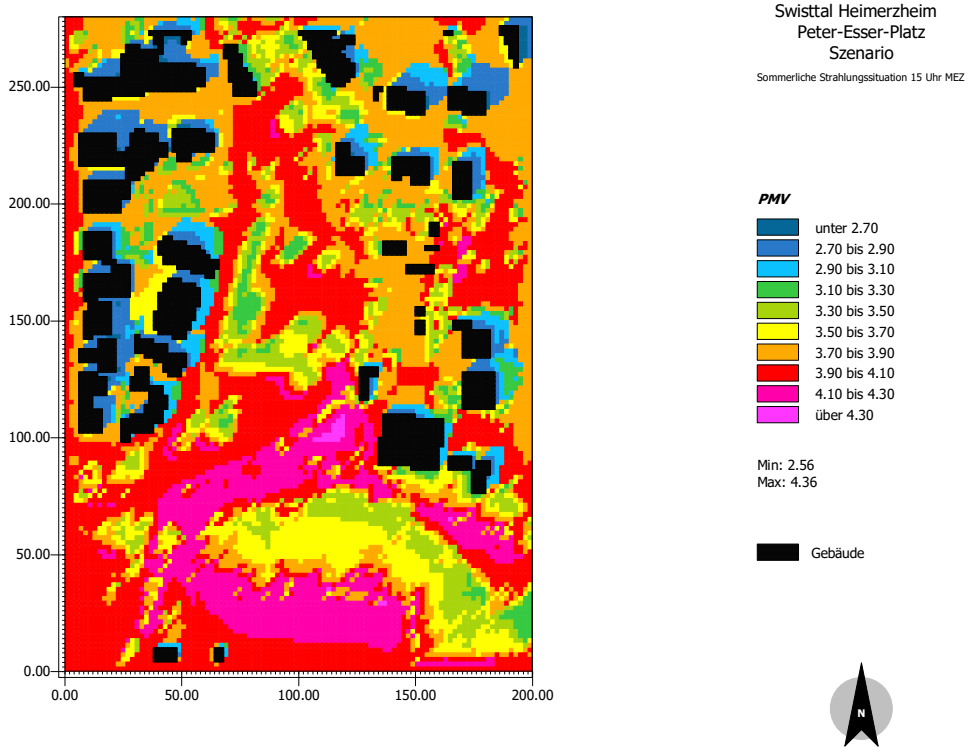


Abb. 4.39 Ergebnis der Berechnungen für die mikroklimatische Situation im Szenario PMV Werte um 15 h MEZ bei einer Anströmung aus Süd

Mikroskalige Modellierung des Untersuchungsgebietes „Peter-Esser-Platz“: Bioklimatische Situation

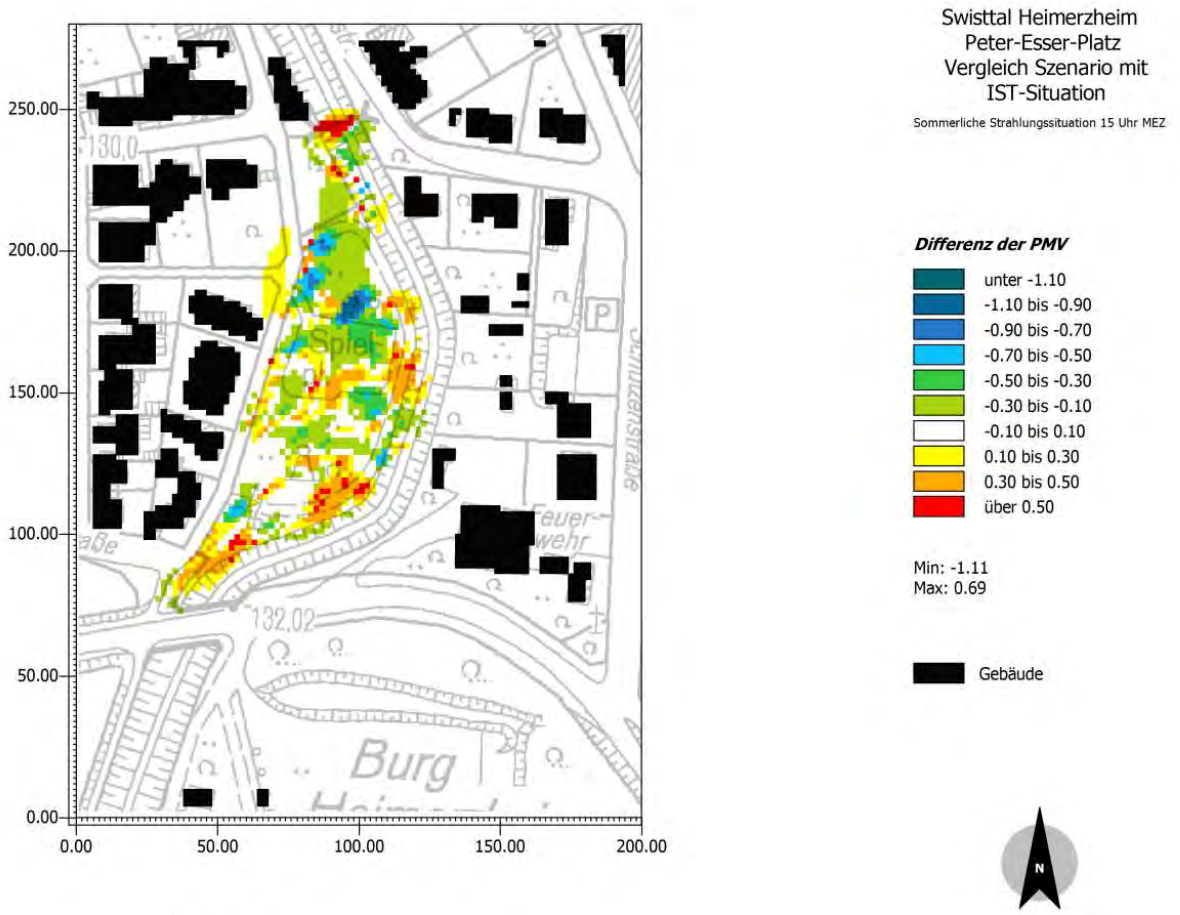


Abb. 4.40 Differenzen Szenario minus IST: PMV Werte um 15 Uhr MEZ bei einer Anströmung aus Süd

Mikroklimatische Bewertung der bioklimatischen Situation: PMV

Zur Beurteilung der bioklimatischen Situation im Untersuchungsgebiet wird der PMV-Wert als bioklimatischer Index herangezogen. In den Abbildungen 4.38 bis 4.40 sind die Verteilungen und Veränderungen der PMV Werte dargestellt. Die tagsüber bei sommerlichen Hitzewetterlagen erreichten PMV-Werte im Untersuchungsgebiet liegen zwischen +2,5 (mäßige Überwärmung) und +4, das als sehr heiß mit extremer Wärmebelastung empfunden wird. In der IST-Situation (Abb. 4.38) kommt es zu einer sehr hohen bioklimatischen Belastung im Straßenraum mit PMV-Werten von über 4. Diese in der Abbildung rot/ lila dargestellten Flächen stellen nach der PMV Skala eine extreme Wärmebelastung dar. Die verschatteten Bereiche der Bebauung weisen reduzierte PMV-Werte zwischen 2,5 und 3 auf, welches einer mäßig bis starken Wärmebelastung entspricht und vom Menschen als heiß empfunden wird.

Im Bereich des Peter-Esser-Platzes liegen die bioklimatischen Belastungen insbesondere unter den Bäumen deutlich niedriger. In diesen Schattenbereichen wird nur eine mäßige Wärmebelastung empfunden. Für die Veränderungen im Szenario wird in der Tagsituation eine kleinräumige mosaikartige Verteilung erkennbar. In vielen Bereichen gibt es eine Reduktion der PMV-Werte um maximal 1,1 (grün bis dunkelblau). Dazwischen liegen Bereiche mit einer Erhöhung der Werte um bis ca. 0,7, da hier Vegetation entfernt wurde.

4. Stufe Vorschläge zur Optimierung der Planungen

Insgesamt bleiben die Veränderungen sowohl für die Belüftung sowie im Hinblick auf die thermischen Situation im Szenario weitgehend lokal auf das Untersuchungsgebiet des Peter-Esser-Platzes beschränkt. Es ist nur eine sehr geringe Auswirkung auf die direkt angrenzende Bestandsbebauung feststellbar. Bei einer Anströmrichtung aus Süd, die der Fließrichtung der Kaltluft Richtung Heimerzheim entspricht, ist eine schwach ausgeprägte kühle Luftfahne nach Norden erkennbar.

Das untersuchte Planvorhaben bietet durch den reduzierten Baumbestand eine leicht verbesserte Durchströmung für den Luftaustausch in nördlicher Richtung. Damit kann die Funktion der Grünfläche als Teil einer Luftleitbahn in Richtung Zentrum von Heimerzheim durch die geplanten Umgestaltungen verbessert werden. Ein reduzierter Baumbestand, der einerseits die Belüftung verbessert, kann auf der anderen Seite aber zu einer Erhöhung der Hitzebelastungen auf dem Platz selbst oder sogar in der Umgebung führen. Dies wurde anhand der Auswertungen zu Luft- und Oberflächentemperaturen und zum Bioklima untersucht. Zusätzlich kann die im Plankonzept vorgesehene Begrünung der unversiegelten Oberflächen zur Verringerung der Lufttemperaturen sogar über die Planfläche hinaus beitragen. Empfohlen wird eine weitere Optimierung des Baumbestandes indem:

- Lücken in Nord-Süd-Richtung und zum Ostrand hin eingeplant werden, um die Durchströmbarkeit für die Kaltluft zu verbessern,
- Großkronige Bäume oder Baumgruppen mit blattlosem Stamm für Neuanpflanzungen gewählt werden, die die Durchströmbarkeit erhalten und gleichzeitig eine gute Verschattung bieten,
- Sträucher nur in sehr geringem Maße zur Begrünung eingesetzt werden, da sie zwischen den Bäumen ein Hindernis für den bodennahen Kaltluftfluss darstellen.

Im Szenario verringern sich die nächtlichen Lufttemperaturen insbesondere im Bereich der Uferneugestaltung über der zusätzlichen Wasserfläche. Dieser positive Effekt in dem Untersuchten Szenario sollte weiter verfolgt und ausgebaut werden. Das vermehrte Einbringen von Wasserflächen, möglichst in Verbindung mit Retentionsräumen zum Regenrückhalt, führt zu einer Verbesserung der Durchlüftung, da Wasserflächen sehr rauhigkeitsarm sind, und zu einer Abkühlung der Luft durch Verdunstung des Wassers. Gleichzeitig sollten hier Überlegungen zum Überflutungsschutz für die entlang der Swist vorhandenen Bebauung in Heimerzheim integriert werden.

Problematisch ist die starke Aufheizung von unbeschatteten versiegelten Flächen auf dem Peter-Esser-Platz, die mit geeigneten Maßnahmen zu verhindern ist. Bereiche, in denen aufgrund der Neugestaltung Vegetation entfernt oder Flächen versiegelt werden, zeigen zwar einen positiven Effekt auf die Durchströmbarkeit des Bereichs, aber auch eine deutliche Erhöhung der bioklimatischen Belastungen. Für signifikante Verbesserungen der klimatischen Situation spielt die Material- und Farbenauswahl des Versiegelungsmaterials eine Rolle und es sollte der zusätzliche Einsatz von großen Bäumen unter Berücksichtigung der Belüftung geprüft werden. Die Wirksamkeit der Verdunstungsleistung durch die Vegetation kann aber erst durch den Einsatz eines Mindestmaßes an Grünvolumen eine spürbare Verbesserung bewirken. Hohe Bäume mit ausgeprägten Baumkronen haben für die Aufenthaltsqualität während des Tages einen lokalen starken Effekt. Diese sollten für eine ausreichende Verschattung von größeren versiegelten Flächen wie z.B. dem Entree eingeplant werden.

4.3.4 Klimaanpassung im Schulumfeld: Beispielprojekte Meckenheim (Neubau) und Wachtberg (Bestand)

Bedingt durch den teilweise hohen Versiegelungsgrad kommt es verstärkt zu bioklimatischen Konfliktsituationen. Die Flächenversiegelungen bewirken in diesen Bereichen eine starke Aufheizung tagsüber und eine deutliche Überwärmung nachts. Die Hitze tagsüber kann zu einer Verminderung der Leistungsfähigkeit sowie der gesundheitlichen Beeinträchtigung der Schüler und Beschäftigten führen. Der nächtliche Überwärmungseffekt kann hier eine der Innenstadt analoge Ausprägung erreichen und trägt zusätzlich zur Entstehung der Hitzeareale bei. Auf der anderen Seite erhöht sich mit dem Klimawandel für viele Einrichtungen die Gefahr von Schäden und ökonomischen Wertverlusten. Es bestehen potenziell Personenrisiken, z.B. durch Hitze, Sachrisiken, z.B. durch Überflutungen oder Verfügbarkeitsrisiken. Um das Risiko irreversibler Schäden und Ausfälle zu vermindern, sollen frühzeitig Anpassungsmaßnahmen umgesetzt werden. Vor dem Hintergrund einer langfristigen und strategischen Planung ist es angebracht, bei Investitions- und Planungsentscheidungen die zukünftigen Klimabedingungen mit einzubeziehen. Bei Erneuerung und Umgestaltung bestehender Objekte ist darauf zu achten, in den jeweiligen Planungsstufen die Belange von Klimaanpassung zu berücksichtigen.

1. Stufe Identifikation der klimatischen Betroffenheit im Untersuchungsgebiet

Meckenheim

Die Stadt Meckenheim plant den Neubau des Konrad-Adenauer-Gymnasiums (KAG) und der Geschwister-Scholl Hauptschule (GSH) auf dem jetzigen Schulcampus. Die weitere auf dem Gelände befindliche Realschule soll in Ihrer bisherigen Form bestehen bleiben. Vorbehaltlich des endgültigen Standortes der neuen Gebäude, entsteht die Außenanlage erst nach Neubau der Schulgebäude und anschließendem Abriss der Bestandsgebäude.

Abb. 4.41 Schulcampus, Meckenheim Merl (Quelle: TIM-Online NRW - Datenlizenz Deutschland – Zero)

In der Abbildung 4.42 ist die Stadt Meckenheim und die Verortung des Untersuchungsgebietes dargestellt. Für den Bereich des Schulcampus, werden im Folgenden die Einwirkungen des Klimas und der Klimawandelfolgen auf die Fläche (Hitze, Extremniederschlag) untersucht. Darauf basierend werden im Untersuchungsschritt 2 passende Klimaanpassungsmaßnahmen für die Freiflächengestaltung zusammengestellt und priorisiert.

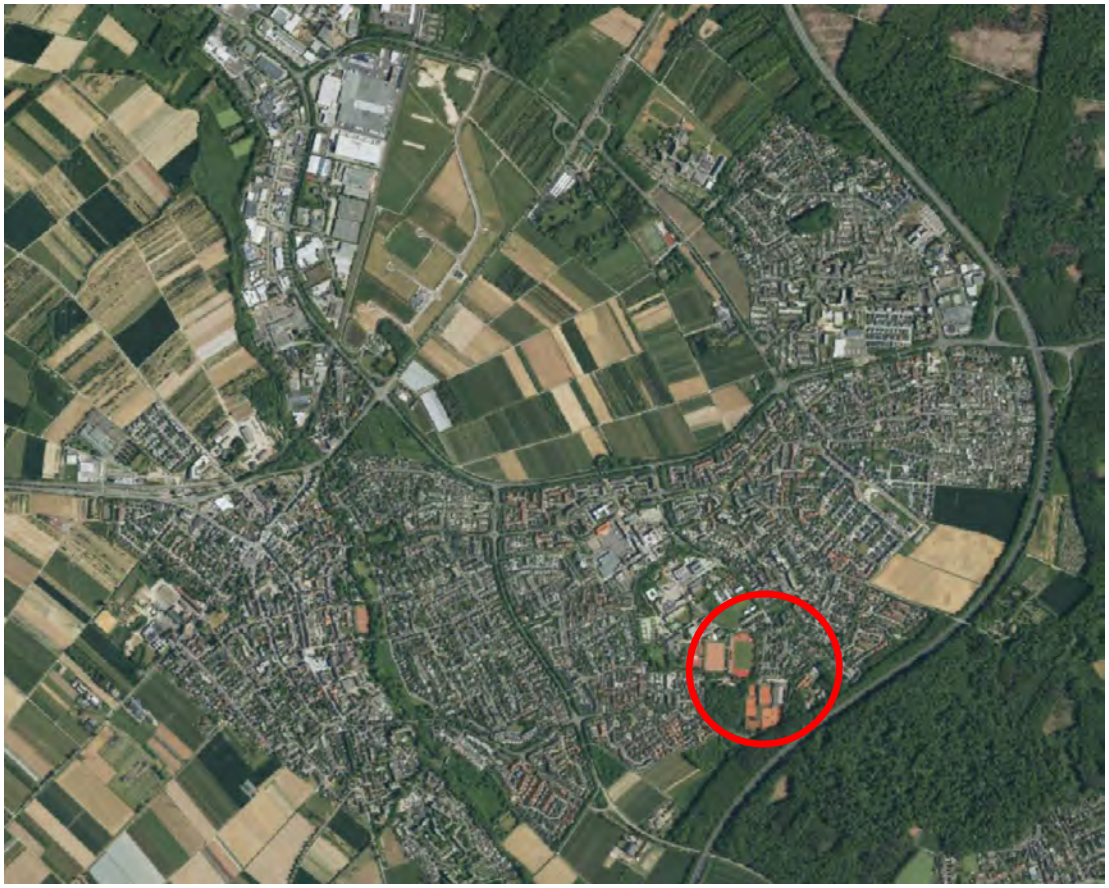


Abb. 4.42 Luftbild Meckenheim (Quelle: TIM-Online NRW - Datenlizenz Deutschland – Zero)

Auf der Grundlage der klimatischen Betroffenheitsanalyse für die Region Rhein-Voreifel werden die Konfliktpotenziale bezüglich des Lokalklimas und der Folgen des Klimawandels für die nächsten Planungsschritte zum Vorhaben „Schulcampusgestaltung Meckenheim“ abgeleitet. In den Karten der Betroffenheitsanalyse werden entsprechen ihrem Konfliktpotential Flächen ausgewiesen, für die bestimmte Maßnahmen notwendig werden, um den Folgen des Klimawandels zu begegnen. Solche Planflächen können durch eine klimaangepasste Neugestaltung wirkungsvoll zur Kühlung und/oder Belüftung beitragen. Wenn die Funktion über das Stadtgebiet hinausgeht, besitzen solche Flächen eine regionale Bedeutung.

In dieser ersten Stufe der Untersuchung werden

- die Hitzebetroffenheit,
- das Kühlpotenzial und die Belüftungsfunktion,
- die Überflutungsgefährdung
- die Trockenheitsgefährdung

der betroffenen Flächen und der weiteren Umgebung untersucht.

Untersuchungen zur Hitzebetroffenheit

Um flächendeckende Informationen über die Betroffenheit des Untersuchungsgebietes zu bekommen, wurde die Karte der Hitzebelastung sowie die Handlungskarte, die im Rahmen des Projektes „Interkommunales Klimaschutzteilkonzept zur Klimaanpassung in der Region Rhein-Voreifel“ erstellt wurden, ausgewertet. Nur das Kerngebiet nördlich des Schulcampus mit seinen großen Verbrauchermärkten und Parkplatzflächen weist schon heute eine starke sommerliche Hitzebelastung auf (lila Bereich in der Abbildung 4.43). Die bestehenden Flächen rund um das Schulgebäude werden bei unveränderter Nutzung erst im Zuge des Klimawandels in den Bereich der Hitzeareale fallen.

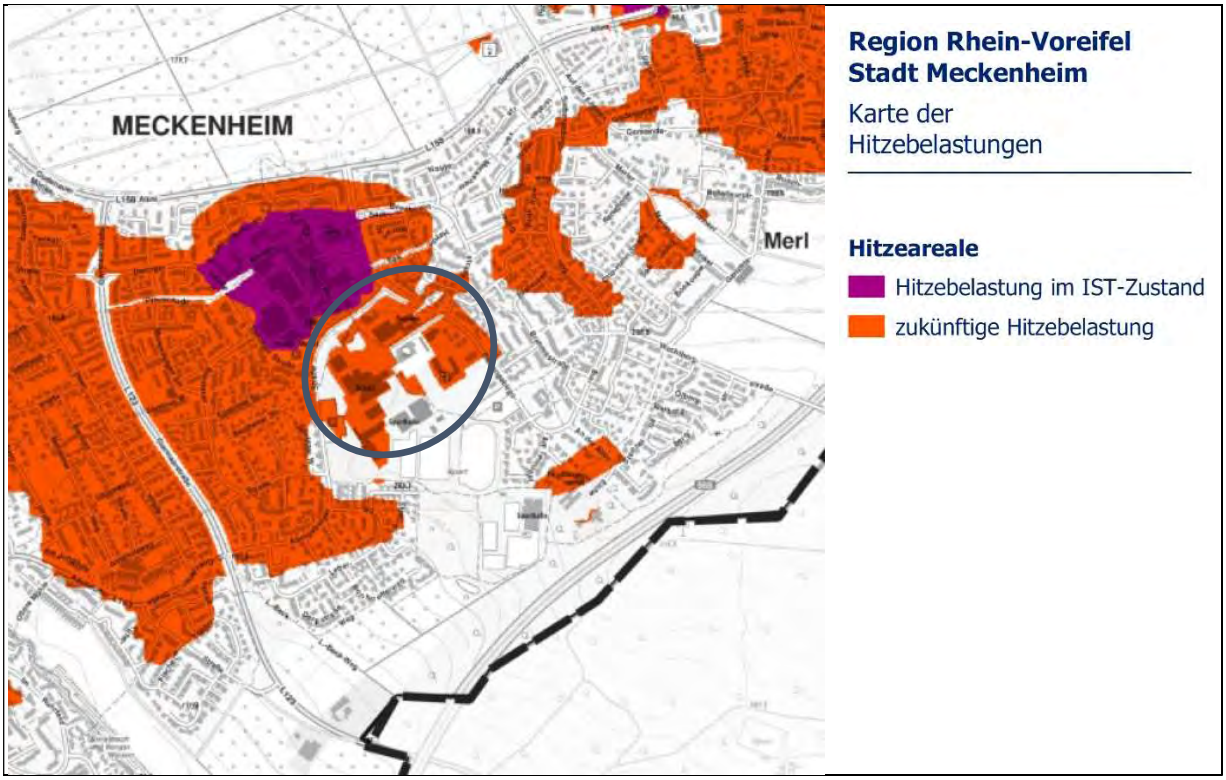


Abb. 4.43 Ausschnitt aus der Karte der Hitzebelastungen für Meckenheim

Das Untersuchungsgebiet des Schulcampus (blaue Umrandung in der Handlungskarte Klimaanpassung, Abb. 4.44) sowie die nähere Umgebung fällt in die Zone 2 der zukünftig erhöhten Hitzebelastung. Aufgrund der heterogen Bebauung, neben den versiegelten Flächen ist auch eine Vielzahl an unversiegelten Freiflächen im Bereich des Schulcampus vorzufinden, gibt es hier Bereiche, die sich im Sommer besonders stark aufheizen. Die thermische Belastung ergibt sich neben hohen Strahlungstemperaturen am Tage aus der Lage in der städtischen Wärmeinsel sowie aus der mangelnden Durchlüftung, wodurch der Abtransport warmer Luft aus der Stadt und die Advektion kühlerer Luft aus dem Umland erschwert werden. In Zukunft werden durch die zunehmende Klimaerwärmung häufiger längere und stärker ausgeprägte Hitzeperioden erwartet. Solche Gebiete, die bereits heute als belastend eingestuft sind, werden zukünftig noch stärker betroffen sein und sich in die Umgebung ausdehnen.

Ein Handlungsbedarf entsteht durch die Funktion des Schulcampus als Aufenthaltsbereich, der zur aktiven Erholung für die Schüler während des Tages dient. Die aktuell vorhandenen Grünflächen sind deshalb als stadtklimarelevant (Zone 3) in der Handlungskarte ausgewiesen.

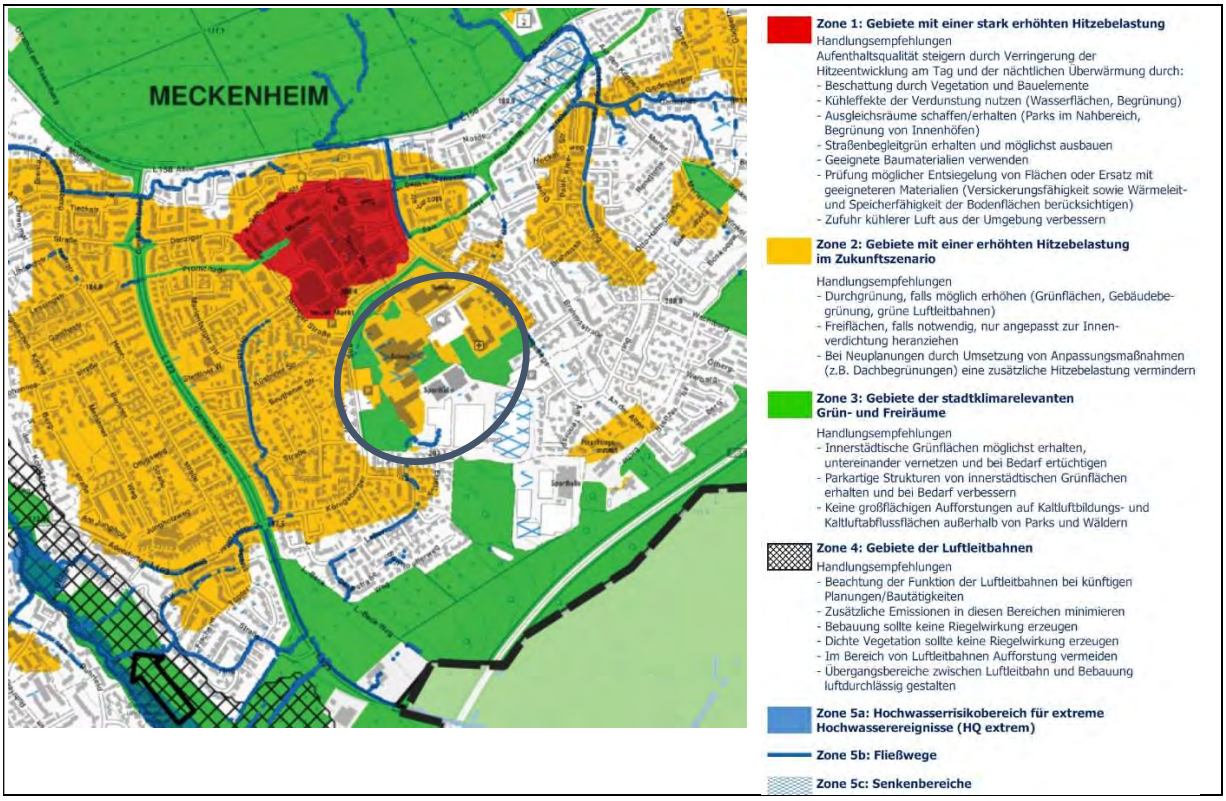


Abb. 4.44 Ausschnitt aus der Handlungskarte Klimaanpassung für Meckenheim

Untersuchungen zum Kühlpotenzial der Flächen

Für Meckenheim wird ein Großteil der Kaltluft über den umliegenden Freiflächen gebildet. Aufgrund der Fließrichtungen dringt dieser hohe Volumenstrom aber kaum in die Wohnbebauung von Meckenheim Merl vor. Der Hauptkaltluftstrom verläuft südwestlich des Untersuchungsgebietes durch das Tal der Swist (Abb. 4.45). Die südlich der Schule gelegenen geringen Kaltluftabflüsse wirken zwar in den Bereich des Schulcampus hinein, sind aber lokal sehr begrenzt und wirken nicht in die weitere Umgebung. Bei einer Neuplanung der Bebauung sollte aber der potenzielle Zufluss von kalter Luft aus Süden im Auge behalten werden. Ansonsten ist das Untersuchungsgebiet auf eine ausgleichende Kühlung durch vor Ort auf den zu planenden Freiflächen gebildeter Kaltluft angewiesen.

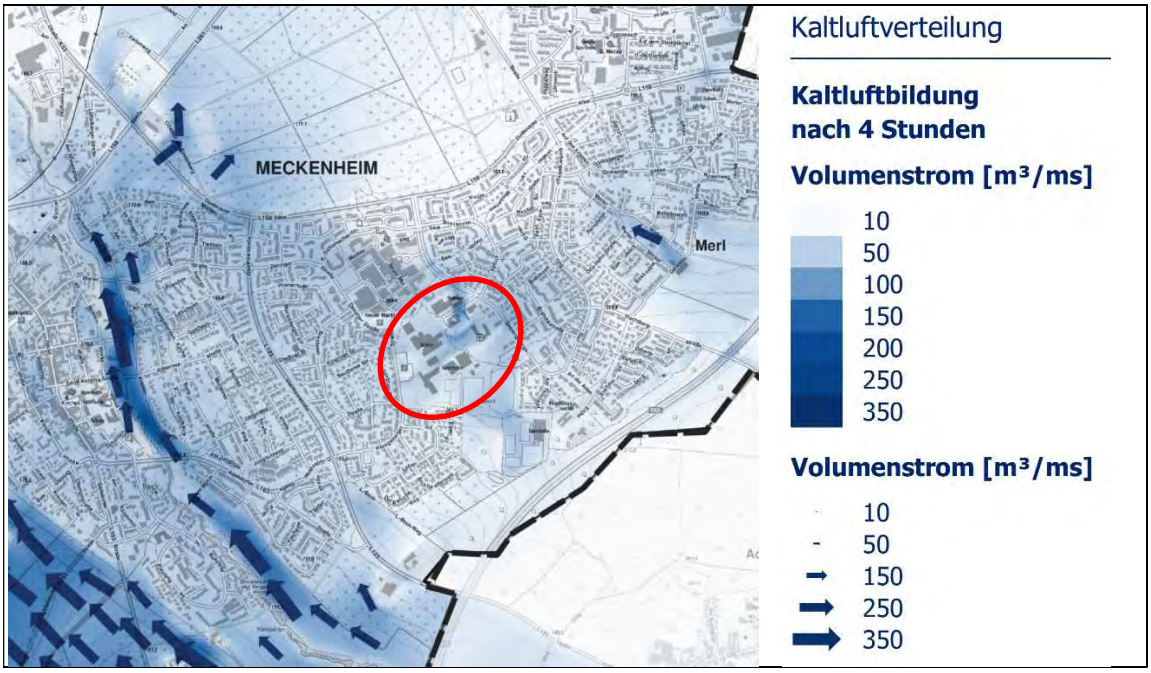


Abb. 4.45 Ausschnitt aus der Karte des Kaltluftvolumenstroms 4 h nach Sonnenuntergang für Meckenheim

Untersuchungen zur Überflutungsgefährdung

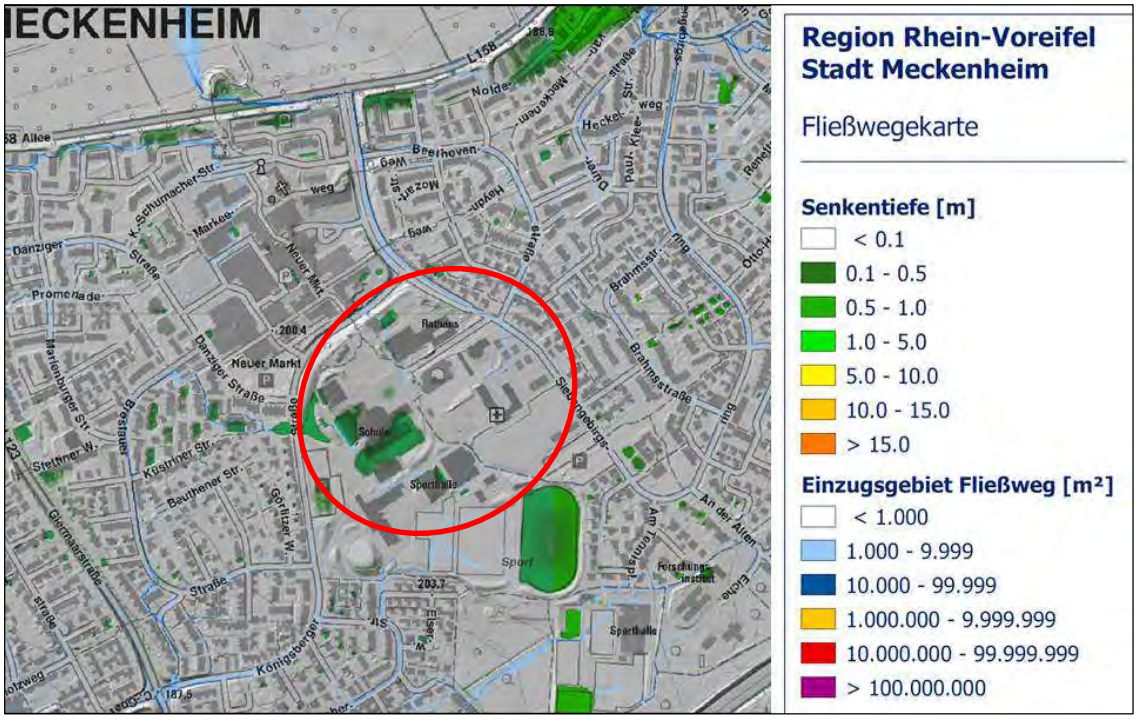


Abb. 4.46 Ausschnitt aus der Fließwegekarte für Meckenheim

Zur Bewertung der Untersuchungsfläche im Hinblick auf Hauptfließwege und eine Überflutungsgefährdung bei Stark- oder Extremniederschlägen ist in der Abbildung 4.46 das Ergebnis der einfachen Fließwege- und Senkenanalyse dargestellt. Aufgrund der leicht erhöhten Lage des Untersuchungsgebietes führen keine größeren Oberflächenfließwege über das Gelände. Lediglich direkt vor Ort anfal-

lende Wassermengen bei Starkniederschlägen können an der Westseite des Schulkomplexes in Richtung des Gebäudes fließen. Je nach anfallenden Wassermengen, Gefälle und Stauhöhen folgt der Oberflächenabfluss dem Fließweg in Richtung der Senke. Eine weitere Senke findet sich an der südlichen Gebäudeseite. Hier entstehen Risiken für die Schüler und das Lehrpersonal sowie für die Infrastruktur, welche durch geeignete Maßnahmen verringert werden können.

Untersuchungen zur Trockenheitsgefährdung

Im Bereich des Untersuchungsgebietes ist für die Böden eine mittlere bis leicht erhöhte Trockenheitsgefährdung berechnet worden (Abb. 4.47). Dabei spielen insbesondere Boden- und Geländeparameter wie die Größe der Bodenwasserspeicherkapazität, die Hangexposition und die Hangneigung eine entscheidende Rolle für das Auftreten von Schäden bei Trockenheit. Bei der Pflanzung von Stadtbäumen spielt die Trockenheitsgefährdung eine Rolle. Bäume müssen sich auf veränderte, durch den Klimawandel verursachte Bedingungen einstellen. Insbesondere die zunehmende Sommerhitze in den Städten und damit verbundene sommerliche Trockenperioden erfordern eine gezielte Auswahl von geeigneten Stadtbäumen für die Zukunft. Wärmeresistente Pflanzenarten mit geringem Wasserbedarf sind zukünftig besser für innerstädtische Grünanlagen geeignet.

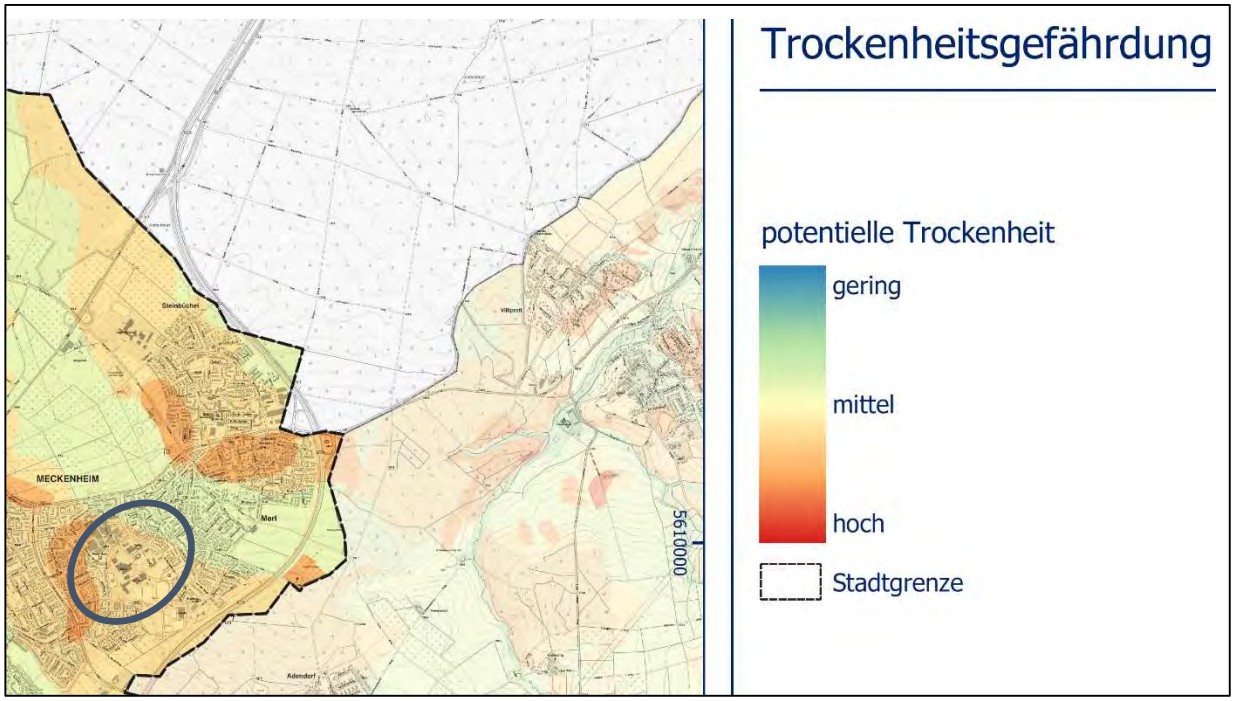


Abb. 4.47 Ausschnitt aus der Karte der Trockenheitsgefährdung für Meckenheim

Fazit der Betroffenheitsanalyse für Meckenheim

Die klimatischen Belastungen und Konfliktpotenziale, die sich aus der Lage des Schulcampus ergeben, wurden in diesem Arbeitsschritt zusammengestellt. Für die Ausgestaltung der Freiflächen im Bereich des Schulcampus werden im folgenden Arbeitsschritt in Abhängigkeit von den klimatischen Belastungen Empfehlungen gegeben. In erster Linie muss das Themenfeld „Hitze und Trockenheit“ in den Fo-

kus rücken. Die Überflutungsgefährdung ist als gering und nur lokal begrenzt einzustufen und es tritt keine lokal erhöhte Sturmgefährdung auf.

Anfälligkeiten und Konfliktpotenziale gegenüber Hitze und Trockenheit:

- Unmittelbare Lage angrenzend an bestehende Hitzeareale, erwartete Ausweitung der Hitzebelastungen auf die Untersuchungsfläche des Schulcampus im Zukunftsszenario
- Überhitzung kann die Leistungs- und Konzentrationsfähigkeit der Schüler beeinträchtigen
- Bei Hitzewellen kann es durch Überhitzung zu Schäden an Infrastruktur und technischen Anlagen kommen
- Erhöhter Bedarf an Kühlung, der nicht durch Klimaanlagen (Stromverbrauch!) gedeckt werden sollte
- Kein großräumiger Zufluss von kühler Luft aus der Umgebung, kühle Ausgleichsflächen müssen vor Ort gesichert werden
- Leicht erhöhte Trockenheitsgefährdung auf den Freiflächen, die eine gezielte Auswahl bei der Begrünung und Wasserversorgung erfordert

Anfälligkeiten und Konfliktpotenziale gegenüber Überflutungen:

- Keine Oberflächenfließwege, die Wasser aus der weiteren Umgebung zuführen
- In Senkenlagen vor einzelnen Gebäuden können lokale Wasseransammlungen bei Stark- und Extremniederschlägen zu Schäden führen
- Nur eng lokal begrenzt Überflutungen von Gebäuden und Funktionsflächen möglich

Wachtberg

Bei Erneuerung und Umgestaltung bestehender Objekte wie den Schulcampus der Hans-Dietrich-Genscher-Schule in Wachtberg-Berkum (Abb. 4.48) ist darauf zu achten, in den jeweiligen Planungsstufen die Belange von Klimaanpassung zu berücksichtigen.

Abb. 4.48 Hans-Dietrich-Genscher-Schule, Wachtberg Berkum (Quelle: Google Earth)

Abb. 4.49 Luftbild 7/2020 Wachtberg Berkum (Quelle: Google Earth)

In der Abbildung 4.49 ist der Gemeindeteil Wachtberg Berkum und die Verortung des Untersuchungsgebietes dargestellt. Für den Bereich der Hans-Dietrich-Genscher-Schule, werden im Folgenden:

- die Einwirkungen des Klimas und der Klimawandelfolgen auf die Fläche (Hitze, Extremniederschlag),
- die möglichen Auswirkungen der Planungen auf das Lokalklima (Ausweitung der Hitze, Beeinträchtigung von Kühl- und Belüftungsfunktionen)

untersucht. Darauf basierend werden im Untersuchungsschritt 2 passende Klimaanpassungsmaßnahmen zusammengestellt und priorisiert.

Auf der Grundlage der klimatischen Betroffenheitsanalyse für die Region Rhein-Voreifel werden die Konfliktpotenziale bezüglich des Lokalklimas und der Folgen des Klimawandels für die nächsten Planungsschritte zum Vorhaben „Schulhofgestaltung Wachtberg Berkum“ abgeleitet. In den Karten der Betroffenheitsanalyse werden entsprechen ihrem Konfliktpotential Flächen ausgewiesen, für die bestimmte Maßnahmen notwendig werden, um den Folgen des Klimawandels zu begegnen. Solche Planflächen können durch eine klimaangepasste Neugestaltung wirkungsvoll zur Kühlung und/oder Belüftung beitragen. Wenn die Funktion über das Stadtgebiet hinausgeht, besitzen solche Flächen eine regionale Bedeutung. Die Anforderungen für eine Abkopplung von Niederschlägen sowie die Berücksichtigung von Fließwegen bei der Neugestaltung von Flächen kann zusätzlich durch die Integration von Wasser als Gestaltungselement ein wirksamer Ansatz zur Vermeidung durch Überflutungsschäden sowie eine Erhöhung der Aufenthaltsqualität bieten.

In dieser ersten Stufe der Untersuchung werden

- die Hitzebetroffenheit,
- das Kühlpotenzial und die Belüftungsfunktion,
- die Überflutungsgefährdung

der betroffenen Flächen und der weiteren Umgebung untersucht.

Untersuchungen zur Hitzebetroffenheit

Um flächendeckende Informationen über die Betroffenheit des Untersuchungsgebietes zu bekommen, wurde die Handlungskarte sowie die Karte der Hitzebelastungen ausgewertet. Die bestehenden Flächen rund um das Schulgebäude weisen sehr hohe Oberflächentemperaturen auf. Die nördlich angrenzenden Flächen sind im IST-Zustand noch relativ kühl.

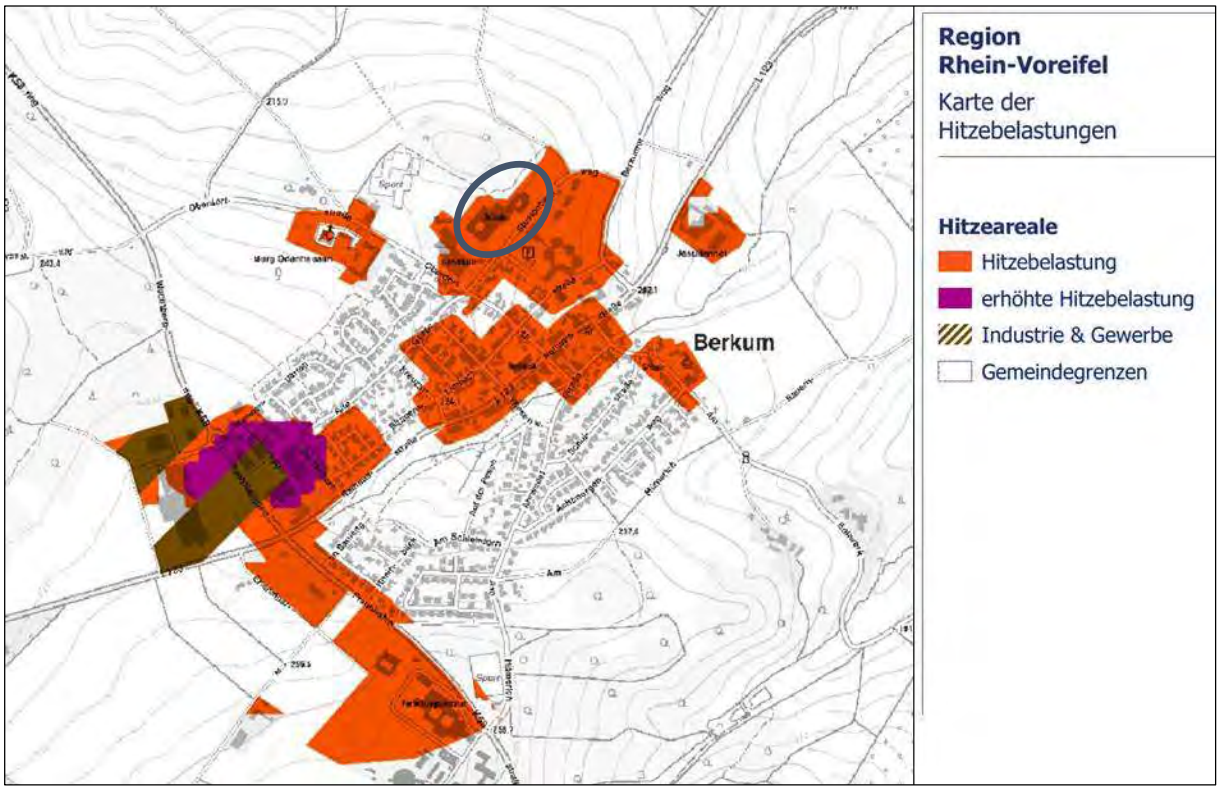


Abb. 4.50 Ausschnitt aus der Karte der Hitzebelastung für die Region Rhein-Voreifel

Das Untersuchungsgebiet an der Hans-Dietrich-Genscher-Schule (blaue Umrandung in den Abbildungen 4.50 und 5.51) sowie die nähere Umgebung fällt in die Zone 2 der Gebiete mit einer erhöhten Hitzebelastung im Zukunftsszenario. Aufgrund der dichten Bebauung und hohen Versiegelung gibt es hier Bereiche, die sich im Sommer besonders stark aufheizen. Die thermische Belastung ergibt sich neben hohen Strahlungstemperaturen am Tage aus der Lage in der städtischen Wärmeinsel sowie aus der mangelnden Durchlüftung, wodurch der Abtransport warmer Luft aus der Stadt und die Advektion kühlerer Luft aus dem Umland erschwert werden. In Zukunft werden durch die zunehmende Klimaerwärmung häufiger längere und stärker ausgeprägte Hitzeperioden erwartet. Solche Gebiete, die bereits heute als belastend eingestuft sind, werden zukünftig noch stärker betroffen sein und sich in die

Umgebung ausdehnen. Ein Handlungsbedarf entsteht durch die Funktion des Schulhofes als Aufenthaltsraum, der zur aktiven Erholung für die Schüler während des Tages dient.

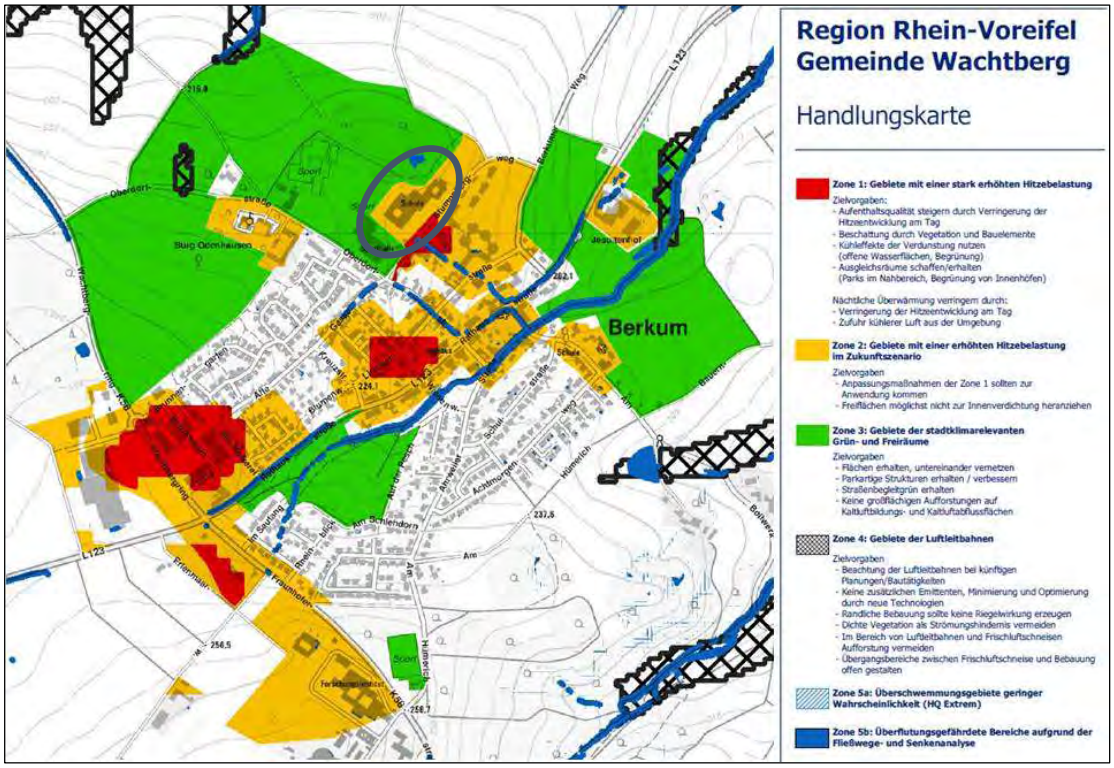


Abb. 4.51 Ausschnitt aus der Handlungskarte Klimaanpassung für Wachtberg

Untersuchungen zum Kühlpotenzial und die Belüftungsfunktion der Flächen

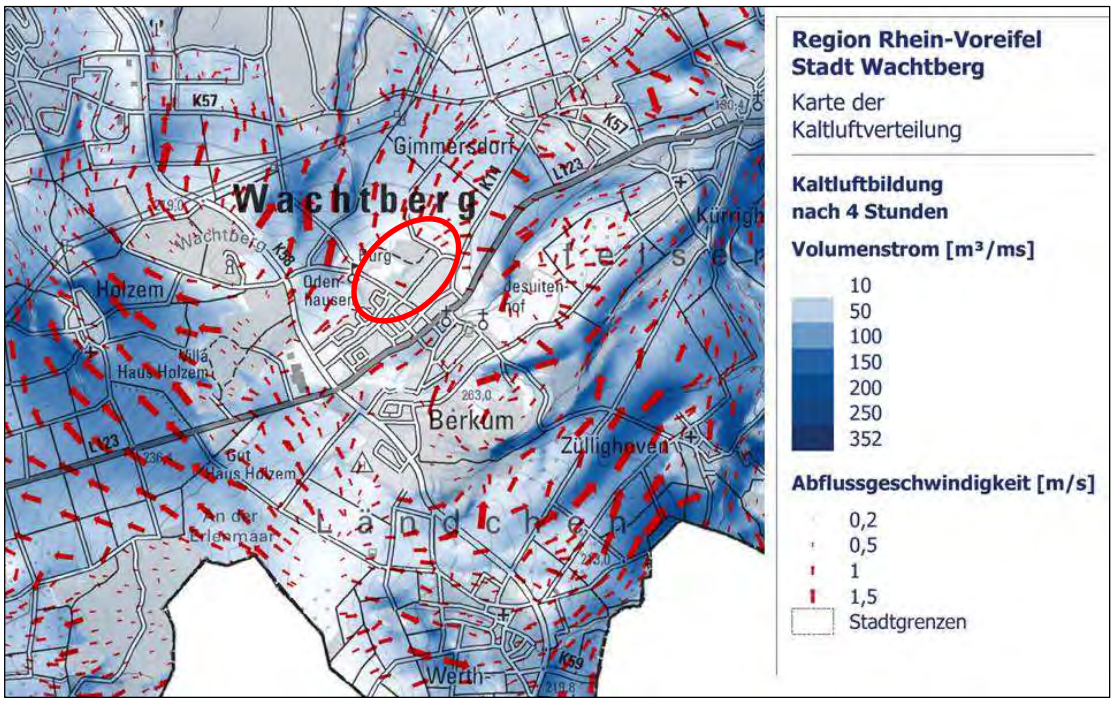


Abb. 4.52 Ausschnitt aus der Karte des Kaltluftvolumenstroms 4 h nach Sonnenuntergang für Wachtberg

Für Wachtberg wird ein Großteil der Kaltluft über den umliegenden Freiflächen gebildet. Aufgrund der Fließrichtungen dringt dieser hohe Volumenstrom aber kaum in die Wohnbebauung von Wachtberg vor. Die nördlich der Schule gelegenen geringen Kaltluftabflüsse wirken nicht in die südliche Bebauung und das Schulgelände kann nicht von einer potenziellen Kaltluftbildung profitieren.

Untersuchungen zur Überflutungsgefährdung

Zur Bewertung der Untersuchungsfläche im Hinblick auf Hauptfließwege und eine Überflutungsgefährdung bei Stark- oder Extremniederschlägen ist in der Abbildung 4.53 das Ergebnis der einfachen Fließwegeanalyse dargestellt. Aufgrund des Gefälles kann bei einem Starkregenereignis das Oberflächenwasser aus der Umgebung nördlich der Schule auf das Schulgelände in Richtung der Gebäude fließen. Je nach anfallenden Wassermengen, Gefälle und Stauhöhen folgt der Oberflächenabfluß dem Fließweg in Richtung Stumpebergweg. Dabei entstehen Risiken für die Schüler und das Lehrpersonal sowie für die Infrastruktur, welche durch geeignete Maßnahmen verringert werden können.

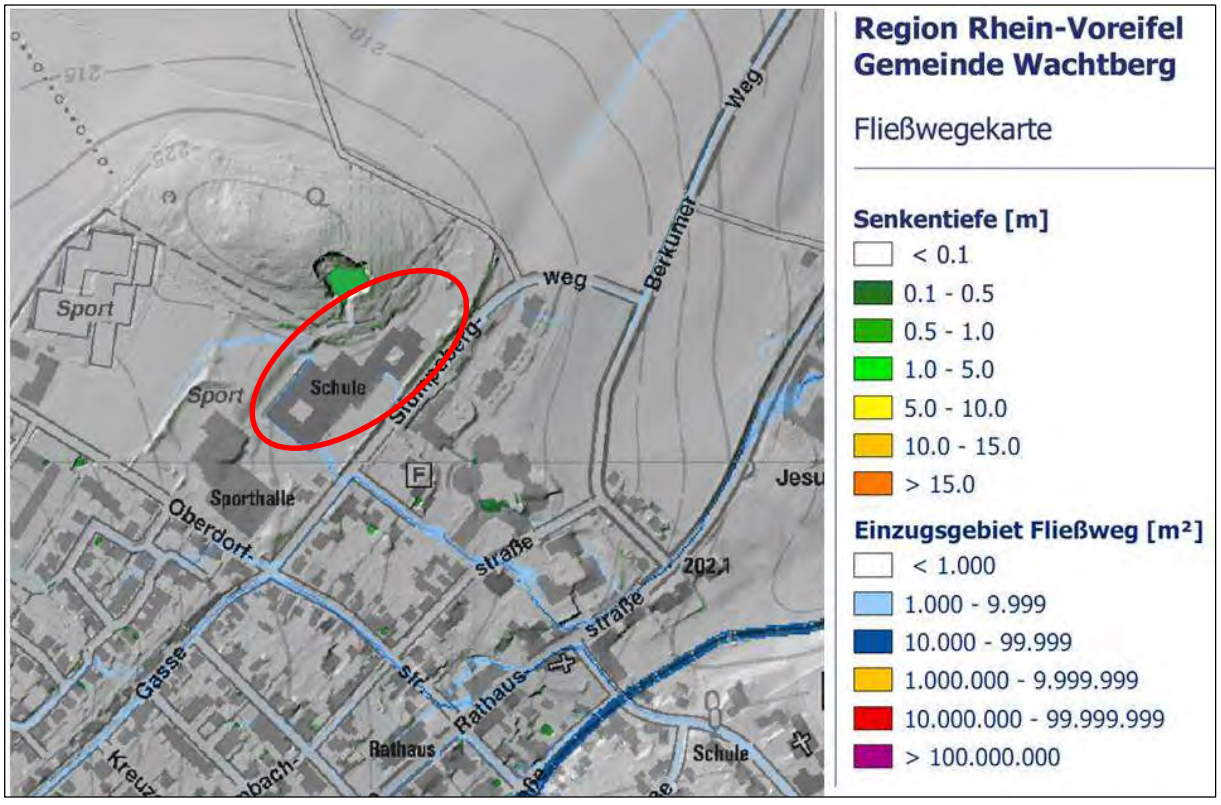


Abb. 4.53 Ausschnitt aus der Fließwegekarte für Wachtberg

Fazit der Betroffenheitsanalyse für Wachtberg

Die klimatischen Belastungen und Konfliktpotenziale, die sich aus der Lage des Schulgeländes ergeben, wurden in diesem Arbeitsschritt erarbeitet und werden im Folgenden zusammengefasst. Für die Ausgestaltung der baulich-räumlichen Eigenschaften der Flächen des Untersuchungsgebietes werden in den folgenden Arbeitsschritten in Abhängigkeit von den klimatischen Belastungen Empfehlungen gegeben.

Anfälligkeiten und Konfliktpotenziale gegenüber Hitze:

- Unmittelbare Lage in bestehendem Hitzeareal
- Überhitzung kann die Leistungs- und Konzentrationsfähigkeit der Schüler beeinträchtigen
- Bei Hitzewellen kann es durch Überhitzung zu Schäden an Infrastruktur und technischen Anlagen kommen
- Erhöhter Bedarf an Kühlung, der nicht durch Klimaanlagen (Stromverbrauch!) erfolgen sollte

Anfälligkeiten und Konfliktpotenziale gegenüber Überflutungen:

- In Senkenlagen können lokale Sturzfluten bei Stark- und Extremniederschlägen zu Schäden führen
- Oberflächenfließwege können bei Starkregen zu Verschmutzungen und Schäden führen
- Überflutungen von Gebäuden und Funktionsflächen möglich

2. Stufe Zusammenstellung möglicher Klimaanpassungsmaßnahmen

Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel können auf mehreren räumlichen Ebenen und in unterschiedlichen Umsetzungszeiträumen getroffen werden. Sie lassen sich in planerische, baulich-technische und organisatorische Maßnahmen unterteilen. Da es im Vorliegenden Fall um eine klimaangepasste Schulhofgestaltung geht, liegt der Fokus auf präventiven Maßnahmen im planerischen und baulichen Bereich. Da das Lokalklima in einem direkten Zusammenhang zur Gestaltung der Umwelt steht, kann durch Veränderungen der Flächennutzung das lokale Klima sowohl zum Positiven als auch zum Negativen verändert werden. Generell können sich neue Vorhaben auf das Temperatur- und Belüftungsverhältnis auswirken. Relevant sind dabei der Versiegelungsgrad sowie die Grünflächengestaltung. Dies wird auch unter den Gegebenheiten des Klimawandels betrachtet.

Argumente für eine klimaangepasste Entwicklung sind:

- Prävention gegen Schäden durch extreme Wetterereignisse (z. B. Starkregen, Hitzeperioden, Stürme)
- Langfristige Einsparung von Folgekosten (z. B. klimaresiliente Pflanzenauswahl, Vermeidung von Gebäudeschäden)
- Lebensqualität langfristig sichern und verbessern (z. B. angenehmes Stadtklima, Aufenthaltsqualität, Förderung Gesundheit)
- Positive Effekte für das Stadtbild (z. B. Grün- und Wasserflächen, hochwertige Materialien)
- Imagegewinn (z. B. nachhaltige und zukunftsorientierte Stadtplanung)

Ziel der Freiraumplanung sollte sein, das Schulcampusumfeld als klimatische Ausgleichs- und Erholungsfläche zu entwickeln. Eine abgestimmte Freiraumplanung bei der Gestaltung von Grün- und Wasserflächen sowie Bepflanzungen kann einen großen Beitrag zur Verbesserung des Mikroklimas leisten und somit zur Anpassung an den Klimawandel beitragen. Dazu muss bereits in der Ausschreibung auf Klimaanpassungsaspekte verwiesen werden, die eingehenden Angebote müssen in Bezug auf Aussagen zur Klimaanpassung geprüft, und diese Bewertungen bei der Entscheidung berücksichtigt werden.

Ziele einer klimaangepassten Freiflächengestaltung der Untersuchungsgebiete „Schulcampus Meckenheim“ und „Schulcampus Wachtberg-Berkum“ sind:

- Minimierung der sommerlichen Hitzeentwicklung vor Ort
- Vermeidung von Schäden durch Überflutungen

Die dazu notwendigen Maßnahmen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Errichtung, Pflege und Vernetzung klimatisch entlastender Grün- und Freiflachen
- Errichtung und Bepflanzung von Wasserflächen, Filterbeeten mit positiver Wirkung auf das Mikroklima
- Pflanzung von klimaangepassten Arten
- Ausrichtung der Bepflanzungen unter Berücksichtigung der Anströmrichtung zur Frischluftzufuhr
- Multifunktionale Flächennutzung mit niedrigen bzw. ohne Schadenspotenzial bei Überflutungen
- Bäume und bauliche Verschattungselemente im öffentlichen Raum dienen dem Hitzeschutz und verbessern die Aufenthaltsqualitäten am Standort

Hitzebelastungen auf dem Schulcampus betreffen in erster Linie die tagsüber dort Lernenden und Lehrenden. Hier sind Klimaanpassungsmaßnahmen notwendig, um die Lernfähigkeit zu erhalten und gesunde Arbeitsbedingungen zu schaffen. Im Sinne des Klimaschutzes gilt es zu vermeiden, den Stromverbrauch, beispielsweise durch Klimaanlagen, zu erhöhen. Maßnahmen, die zu einer Verbesserung der Situation in den Lasträumen des Schulcampus führen, bestehen in erster Linie in der Entsiegelung und dem Erhalt sowie der Erweiterung von Grün- und Brachflächen. Die Erfordernisse schulischer Nutzungen bestimmen maßgeblich die Gestaltung der Gebiete und schränken somit den Rahmen für klimaverbessernde Maßnahmen ein. Es entstehen Zielkonflikte zwischen einer anzustrebenden Verbesserung der Grünstruktur und Verringerung des Versiegelungsgrades einerseits und einer notwendigen Versiegelung schulischer Funktionsbereiche andererseits. Lösungsmöglichkeiten sind in diesem Fall in einer ausreichenden Gliederung von hochversiegelten Bauflächen und schulischen Funktionsbereichen durch breite Pflanzstreifen und Grünzüge zu suchen. Darüber hinaus bieten sich oft Stellplatzanlagen, Randsituationen und das Umfeld von Gebäuden für Begrünungen an. Weitere sinnvolle Maßnahmen sind die Begrünung von Fassaden und Dächern sowie die Nutzung von gespeichertem Regenwasser zur Kühlung. Der Rückhalt von Regenwasser kann zudem wirtschaftliche Vorteile (Abwassergebühren) und ein positives Image für die jeweiligen Schulen bringen.

Anpassungsmaßnahmen zum Ziel 1: Minimierung der Hitzeentwicklung

Für die Ausbildung einer Hitzebelastung spielen in erster Linie die Bebauung und Versiegelung eines Gebietes eine Rolle. Variationen ergeben sich durch den Einsatz verschiedenen Materialien (je dunkler, desto stärker erwärmen sich Oberflächen) und durch den Durchgrünungsgrad. Vegetation kann durch Schattenwurf und Verdunstung erheblich zur Temperaturabsenkung beitragen. Auf Gebäudeebene können Dach- und Fassadenbegrünungen, Veränderungen im Gebäudedesign, wie die Gebäudeausrichtung, Hauswandverschattung, Wärmedämmung und der Einsatz von geeigneten Baumaterialien als Maßnahmen eingesetzt werden.

Während die Asphaltoberflächen um die Mittagszeit Temperaturen von fast 50 °C aufweisen, verhält sich helles Pflaster tagsüber ähnlich wie feuchtes Gras und erwärmt sich nur auf gut 30 °C. Nachts kühlen die natürlichen Oberflächen stärker aus. Trockener unversiegelter Boden kann zwar tagsüber mit über 40 °C sehr warm werden, hält die Wärme aber in den Nachstunden nicht.

In der Tabelle 4.13 sind die Maßnahmen zur Reduzierung der Hitzebelastungen bei der klimaangepassten Schulcampusgestaltung in Meckenheim zusammengefasst.

Tab. 4.13 Maßnahmen zur Minimierung der Hitzeentwicklung in der Schulgeländegestaltung.

Flächensparende Bauweise, Vermeidung von Bodenversiegelungen bei Verkehrsflächen und im Umfeld	Ziel der Freiraumplanung soll sein, dass auch beim Verkehrswegebau eine flächensparende Bauweise gewählt wird. Bodenversiegelungen können durch den Einsatz von durchlässigen Oberflächenbefestigungen vermieden bzw. reduziert werden und zwar vor allem dann, wenn die Nutzungsform der Flächen nicht unbedingt hochresistente Beläge wie Beton oder Asphalt voraussetzt. Geeignete durchlässige Materialien zur Befestigung von Oberflächen sind mittlerweile für viele Anwendungsbereiche verfügbar. Zu beachten ist allerdings, dass auch der Unterbau und der Untergrund eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit aufweisen müssen. Für Radwege, Gehwege, Zufahrtswege und Parkflächen sind wasserdurchlässige Befestigungen besonders angebracht.
Material- und Farbauswahl unter den Gesichtspunkten der minimalen Aufheizung treffen	Viele Flächen leisten aufgrund ihrer dunklen Farbe und Materialien einen großen Beitrag zur Aufheizung der Luft. Hellere Farben können hier einen Beitrag sowohl zur Hitzevermeidung am Tag wie auch zur Verringerung der nächtlichen Überwärmung leisten. Wie viel Wärme in welcher Zeit bei zunehmenden Temperaturen von einer Fläche aufgenommen wird, hängt von der Art des Stoffes ab. Dies betrifft sowohl die Gebäudefassaden und Dächer wie auch Aufenthalts- und Verkehrsflächen. Asphaltierte oder gepflasterte Flächen erwärmen sich deutlich stärker als natürliche Oberflächen. Zur Verringerung von Erwärmungen ist daher der gezielte Einsatz von Materialen mit geringerer Wärmeleit- und -Speicherfähigkeit sinnvoll. Helle Beläge auf versiegelten Flächen reflektieren einen größeren Anteil der eingestrahlten Sonnenenergie sofort wieder (Albedo) und können damit das Aufheizen der Luft erheblich verringern.
Anlage von Grünflächen	Eine Aufheizung der Luft kann durch Begrünung mit Bäumen und Sträuchern vermindert werden. Der Schattenwurf der Vegetation sowie Verdunstung und Transpiration der Pflanzen reduzieren die Aufheizung der versiegelten Bereiche. Eine Möglichkeit zur besseren Versorgung von städtischen Bäumen mit Wasser ist bei Neupflanzungen die Kombination des Wurzelraums mit einer Rigole, die das aus den versiegelten Bereichen abfließendes Regenwasser aufnimmt (Synergie mit der Regenwasserbewirtschaftung) und als Speicher für den Wasservorrat des Baumes dient.
Erhalt der Bestandsbäume	Prioritär muss der vorhandene Baumbestand erhalten, ergänzt und optimiert werden, da Neupflanzungen erst nach Jahrzehnten eine vergleichbare klimatische Funktion erzielen können. Auch ist der Gehölzrückschnitt mit „Augenmaß“ zu betreiben, auch wenn dadurch höhere Kosten entstehen.

Naturnahe, klimagerechte Gestaltung der Freiflächen 	Zur besseren Versorgung der Baumstandorte mit Wasser müssen Möglichkeiten zur gezielten Zuführung von innerstädtisch anfallendem Regenwasser entwickelt werden. Eine Nutzung der Niederschläge für Baumstandorte bedeutet dabei nicht nur eine Verbesserung stadtökologischer und stadtklimatischer Aspekte, sondern auch eine Entlastung des städtischen Kanalnetzes, der Vorfluter und der Gewässer. Voraussetzung ist allerdings, dass das eingeleitete Wasser keine Salzbelastung durch den Winterdienst aufweist. Bei den Baumarten zeigt sich vermehrt, dass eigentlich auch gut verwendbare Arten bzw. Sorten mit zunehmendem Alter aufgrund des Klimawandels und der sich verschlechternden Standortbedingungen schneller vergreisen. Neben der Auswahl standortgerechter Baumarten muss verstärkt auf die optimale Ausgestaltung des unterirdischen Standortes geachtet werden. Nur wenn hier optimale Voraussetzungen für das gesunde Wachstum des Jungbaumes gegeben sind, kann dieser klimabedingte Extremereignisse gut überstehen. Einzelne Bäume und kleine Baumgruppen stellen in der Regel kein Problem für die Belüftung dar. Damit Frischluft auch bei schwachen Windströmungen fließen kann, darf die Neupflanzung von Vegetation jedoch keine abriegelnden Strukturen bilden. Somit ist die Planung der Wuchsorte für neue Bäume eng an die Struktur und Ausrichtung der neuen Gebäude gebunden. Günstig sind Baumreihen parallel zu den Gebäuden, die der Hauswandbeschattung dienen, ungünstig sind Baumgruppen, die die Lücken zwischen den Gebäuden verschließen. Dies gilt insbesondere für Belüftungen aus östlichen bis südlichen Richtungen.
Auswahl klimaangepasster Baumarten	Bei der Auswahl von geeigneten Baumsorten für die Begrünung sind neben Faktoren wie Standortansprüchen und Verkehrssicherheit zwei Dinge zu beachten. Zum einen emittieren verschiedene Baumarten unterschiedlich große Mengen an flüchtigen organischen Stoffen, die zur Bildung von Ozon beitragen. Diese Bäume können so zu einer Erhöhung der Ozonbelastung beitragen und sind nicht zur Straßenbegrünung geeignet. Auf verkehrsfernen Flächen ist aber eine Verwendung möglich. Eine Auswahl an Pflanzenarten, die wenig biogene Kohlenwasserstoffe emittieren, findet sich bei Benjamin und Winer (1998). Zum anderen müssen sich Stadtbäume auf veränderte, durch den Klimawandel verursachte

	Bedingungen einstellen. Insbesondere die zunehmende Sommerhitze in den Städten und damit verbundene sommerliche Trockenperioden erfordern eine gezielte Auswahl von geeigneten Stadtbäumen für die Zukunft. Wärmeresistente Pflanzenarten mit geringem Wasserbedarf sind zukünftig besser für innerstädtische Grünanlagen geeignet. Um eine ausreichende Vielfalt mit Pflanzenarten, die eine sehr hohe Trockenstresstoleranz haben, zu erreichen, ist es notwendig, neben heimischen Arten auch Arten aus Herkunftsgebieten mit verstärkten Sommertrockenzeiten zur Bepflanzung heranzuziehen. Hierbei muss zum einen der Fokus auf der Auswahl standortgerechter Baumarten, die vermehrt Hitze-, Strahlungs- und Trockenstresstolerant sind, liegen. Zum anderen muss vermehrt Wert auf eine vielfältige Baumartenzusammensetzung gelegt werden, um Ausfälle kompensieren zu können. Die GALK-Straßenbaumliste der Deutschen Gartenamtsleiterkonferenz, bietet hier eine Grundlage für die Auswahl von Baumarten.
Einbringen von bewegtem (permanenten oder temporären) Wasser 	Offene Wasserflächen in Form von Springbrunnen, Wasserzerstäubern oder kleinen Wasserläufen sind sinnvolle Maßnahmen in hitzebelasteten Bereichen. Bewegtes Wasser wie Springbrunnen oder Wasserzerstäuber tragen insgesamt in größerem Maß zur Verdunstungskühlung bei als stehende Wasserflächen. Diese sind auf einem Schulcampus auch aus Sicherheitsgründen nicht sinnvoll. Eine höhere Sonneneinstrahlung stellt mehr Energie zur Wasserverdunstung zur Verfügung, damit erhöht sich der Abkühlungsbetrag. Sonnige Standorte sollten deshalb die bevorzugten Standorte für geplante Brunnen werden. Im direkten Umfeld eines Springbrunnens kann die Lufttemperatur um mehrere Grad niedriger liegen als in der Umgebung. Je nach Belüftungsrichtung kann die Abkühlung bis zu 100 m Entfernung noch nachgewiesen werden. Insbesondere in Bereichen, wo sich viele Menschen aufhalten und eine hohe Hitzebelastung aufgrund von Versiegelung und hoher baulicher Dichte besteht, kann so die Aufenthaltsqualität deutlich verbessert werden.
Errichtung von Verschattungselementen *Fehlende Verschattung im Sitzbereich*	Um die Aufenthaltsqualität auf dem Schulcampus zu erhöhen, sollten die Spiel- und Aufenthaltsflächen im Sommer ausreichend beschattet werden. Eine einfache Möglichkeit, die Hitzebelastungen aufgrund direkter Sonneneinstrahlung am Tage zu verringern, ist der Einbau von Verschattungselementen. Dabei reichen die Methoden der Verschattung von Plätzen durch Bäume über Sonnensegel als Schattenspender bis hin zu begrünten Pergola und Laubengängen, die die Aufenthaltsqualität in stark besonnten Bereichen erhöhen. Darüber hinaus spielt auch die Verschattung von Orten, an denen sich Menschen gezwungenermaßen aufhalten, wie beispielsweise Haltestellen des öffentlichen Nahverkehrs, eine Rolle, da sie hier der Hitzeeinwirkung nicht ausweichen können. Im Idealfall werden großkronige Bäume zur Verschattung genutzt. Wählt man eine Beschattung durch Bäume, hat dies gleichzeitig

	positive Effekte auf das Stadtklima und die Lufthygiene. Es können hierbei aber Konflikte zwischen dem Wurzelwerk der Bäume und existierenden Leitungstrassen, Verteilungsnetzen und Kanälen entstehen, weshalb dann ggf. auf bauliche Verschattungsmaßnahmen zurückgegriffen werden muss.
Verschattung von ÖPNV-Haltestellen 	Neben dem direkten Campusgelände spielt auch die Verschattung von Orten, an denen sich Menschen gezwungenermaßen aufhalten, wie beispielsweise Haltestellen des öffentlichen Nahverkehrs, eine Rolle, da sie hier der Hitzeeinwirkung nicht ausweichen können. Hier wäre auch eine Dachbegrünung sinnvoll und möglich. Konflikte können aber durch die Verringerung des Lichteinfalls in Abendstunden und damit Verringerung des Sicherheitsgefühls entstehen.

Für konkrete Anpassungsmaßnahme im Untersuchungsgebiet anhand der Betroffenheit sowie der Vorgaben ist immer die Umsetzung von Maßnahmenbündeln gegenüber Einzelmaßnahmen vorzuziehen. Dabei können Maßnahmen wie Anpflanzung von Vegetation und Entsiegelung von Flächen sowie Wechsel des Bodenbelags kombiniert werden. Auch das Einbringen von Wasser zur Erhöhung der Verdunstungsrate ist sinnvoll.

Ein konkretes Beispiel für die Umsetzung eines Maßnahmenbündels ist die Gestaltung von „Klimagerechten Schulhöfen“. Mit dem „Klimagerechten Schulcampus“ soll nicht nur ein grüneres Bild entstehen, sondern durch die Wohlfahrtswirkung der Bäume und Retentionsflächen in Hitzeperioden und bei Starkregen die Aufenthaltsqualität erhöht werden. Durch die Bäume wird die Verdunstungsrate erhöht, die Gesamtfläche durch Verschattung gekühlt sowie Feinstaub gebunden. Durch die Schaffung eines Anstauraumes wird bei Starkregen aktiver Überflutungsschutz betrieben. Konkret besteht der klimagerechte Schulhof aus den folgenden Bausteinen:

- Begrünung: hochstämmige Bäume
- Baumgrube mindestens 12 m^3 groß und möglichst als Baumrigole ausgebaut
- Versickerungsfähige, möglichst helle Oberfläche
- Spiel- und Aufenthaltsplätze als Anstaufläche/Retentionsraum bei Starkregenereignissen (Bauliche Absenkung um 10-20 cm)
- Schaffung von Wasserwegen durch offene Rasen- oder Pflasterrinne für die Wasserversorgung der Bäume durch Zuleitung von Regenwasser
- Grün- und Wasserflächen mit Oasenfunktion

Beispiel aus der Praxis

Anlage von Grün- und Wasserflächen

Paul-Dohrmann-Schule Scharnhorst-Ost, Dortmund

Regenwasserrückhalt, Teichanlage

Eine Aufheizung der Luft kann durch Begrünung mit Bäumen und Sträuchern vermindert werden. Der Schattenwurf der Vegetation sowie Verdunstung und Transpiration der Pflanzen reduzieren die Aufheizung der versiegelten Bereiche. Wasserflächen, insbesondere bewegtes Wasser wirkt sich durch Verdunstungskühlung regulierend auf die Umgebungstemperatur aus. Grün- und Wasserflächen bieten zusätzlich attraktive Aufenthalts- und Erholungsflächen.

Der Schulhof der Paul-Dohrmann-Schule vor der Umgestaltung

Der Schulhof der Paul-Dohrmann-Schule nach der Umgestaltung: Regenwasser wird für die Schülerinnen und Schüler erlebbar. Von den Gebäudedächern und vom Schulhof gelangt das Regenwasser über eine zentrale offene Wasserrinne in einen Teich

Die Paul-Dohrmann-Schule, die im Jahr 2015 mit der Minister-Stein-Förderschule zusammengelegt wurde, ist der „Neue Umgang mit Regenwasser“ weiterhin Thema im Rahmen der pädagogischen Arbeit. Die Regenwasserableitung von den Gebäudedächern über eine offene Wasserrinne in einen Teich funktioniert nach wie vor einwandfrei. Mit externer Unterstützung möchte die Schule in nächster Zeit eine Entschlammung des Teichs und die Ausdünnung des Pflanzenbesatzes angehen – Arbeiten, die den Pflegeeinsatz der Schülerinnen und Schüler sowie der Pädagoginnen und Pädagogen übersteigen.

Quelle:http://www.wasser-in-der-stadt.de/fileadmin/ Medien/Projekte/Dokumente/ BS_Scharnhorst_Ost_klein.pdf

Anpassungsmaßnahmen zum Ziel 2: Vermeidung von Schäden durch Überflutungen

Leichte Senkenbereiche und lokale Oberflächenfließwege im Bereich der geplanten Schulhofgestaltung machen die Integration von Anpassungsmaßnahmen für das Themenfeld Wasser erforderlich. In der Tabelle 4.14 sind die Maßnahmen zur Vermeidung von Schäden durch Überflutungen bei Stark- und Extremniederschlägen für die klimaangepasste Schulcampusgestaltung zusammengefasst. Die Anforderungen für eine Abkopplung von Niederschlägen sowie die Berücksichtigung von Fließwegen bei der Neugestaltung von Flächen kann zusätzlich durch die Integration von Wasser als Gestaltungselement ein wirksamer Ansatz zur Vermeidung durch Überflutungsschäden sein sowie eine Erhöhung der Aufenthaltsqualität bieten.

Tab. 4.14 Maßnahmen zur Vermeidung von Schäden durch Überflutungen in der Schulgeländegestaltung .

Anpassung von Gelände und Fließwegen 	Bei einer Neuplanung ist es möglich, das Gelände vor der Bebauung so anzupassen, dass es nicht zu Wasserstaus in Senkenbereichen kommt. Geländeneigungen können so angepasst werden, dass die Gefahr durch zufließendes Niederschlagswasser verringert wird. Fließwege zur Abführung des Niederschlagswassers können gezielt verändert werden. Dabei ist auf die Vermeidung von Engstellen und Hindernissen zu achten Die Veränderung der Geländeneigungen darf auf der anderen Seite aber nicht zu einer Verschärfung der Überflutungsgefährdung auf umliegenden Grundstücken, innerhalb und außerhalb des Schulgeländes, führen.
Rückbau versiegelter Flächen 	Diejenigen Bereiche eines Schulgeländes wie Parkplätze, Aufenthaltsflächen und wenig befahrene Verkehrsflächen, z.B. Fahrradwege, die keine undurchlässigen Flächenversiegelungen benötigen, können entweder komplett entsiegelt oder mit einer wasserdurchlässigen Befestigung versehen werden. Dazu gehören Schotterrasen, Rasengittersteine, Betonpflaster mit Dränfugen oder wassergebundene Wegedecken. Unversiegelte oder wasserdurchlässige Flächen heizen sich in der Sonne weniger stark auf, Synergien treten hier zum Thema „Hitzevermeidung“ auf. Als nicht versiegelte Flächen können auch begrünte Dächer anfallendes Regenwasser teilweise zurückhalten und bei Starkregen zeitverzögert an die überlastete Kanalisation abgeben. Die Wasserspeicherfähigkeit von Gründächern ist abhängig von der Höhe der Substratschicht und der Pflanzenwahl.
Schaffung von Notwasserwegen 	Im Falle eines Starkniederschlagsereignisses kann das Regenwasser nicht vollständig über die Kanalisation abgeleitet werden. Auf Notwasserwegen kann das Wasser zwischengespeichert und in weniger empfindliche Bereiche abgeleitet werden. Notwasserwege können durch erhöhte Bordsteine, Gräben, Pflaster- oder Kastenrinnen angelegt werden.

Errichtung von Versickerungsanlagen 	Wenn die natürlichen Gelände- und Bodenverhältnisse es zulassen, kann unbelastetes Niederschlagswasser durch Versickerung dem Grundwasser zugeführt werden. Die Versickerung kann breitflächig über Mulden, linienförmig über Rigolen oder punktförmig über Sickerschächte erfolgen. Der Boden muss für die Versickerung ausreichend durchlässig sein. Eine tiefe Durchwurzelung des Bodens steigert die Versickerungsleistung. Bei einer schlechten Versickerungsfähigkeit des Bodens kann Wasser alternativ auch über bepflanzte Auffangbecken verdunstet werden und damit gleichzeitig die Luft kühlen. Regenrückhalt und Regenwassernutzung, z.B. zur Bewässerung, sind weitere Alternativen.
Zwischenspeicherung von Niederschlagswasser 	Eine multifunktionale Flächennutzung ist sinnvoll, wenn versiegelte oder unversiegelte Freiflächen für vorrangig andere Nutzungen (Parkplatz, Sport- und Spielplatz, Grünfläche) im Ausnahmefall bei Starkregen für kurze Zeit gezielt überflutet werden. Dadurch kann Wasser zwischengespeichert werden, um Schäden an Gebäuden und Anlagen abzuwenden. Durch eine bewusste Tieferlegung von Flächen kann das Volumen zum Regenrückhalt erhöht werden. Zwischenspeicherung kann auch auf Dachflächen oder unterirdisch z.B. in Stauraumkanälen oder Zisternen erfolgen.
Anlage von multifunktionalen Flächen 	Wasserplätze als multifunktionale Flächen können Aufenthalts- oder Erholungsflächen sein, sind den Großteil des Jahres trocken und übernehmen nur bei Starkniederschlägen kurzzeitig die Funktion einer Retentionsfläche. Eine Kombination zwischen Retentionsfläche und Schulungs- oder Erholungsraum ist möglich. Der gängigste Typ des Wasserplatzes sieht eine vertiefte Stelle der Platzfläche vor, in der das anfallende Regenwasser aufgefangen und zeitverzögert an das Grundwasser oder das Entwässerungssystem abgegeben wird. Die Idee der ehemals vorhandenen „Grünen Klassenzimmer“ kann aufgegriffen werden, um Raum für grüne und blaue Infrastruktur zu schaffen. Durch die Gestaltung von erhöhten Sitzflächen können Flächen geschaffen werden, wo Niederschlagswasser zeitweise gespeichert werden kann, um es dann zu nutzen (Bewässerung) oder es verzögert an die Kanalisation abzugeben
Grau- und Regenwassernutzung 	Viele Schulen bieten mit großen Dachflächen optimale Voraussetzungen für die Nutzung von Regenwasser. Gesammeltes Regenwasser kann aufbereitet und für Nutzungen wiederverwendet werden, bei denen keine Trinkwasserqualität notwendig ist. Synergien bestehen einerseits mit dem temporären Regenrückhalt bei Starkniederschlägen. Andererseits kann über die Regenwassersammlung und Nutzung für die Bewässerung der Vegetation im Umfeld während sommerlicher Trockenzeiten eine Synergie zur Hitzeminderung erreicht werden.

Im Vorfeld der Neubebauungen sollte über detaillierte Fließwegegutachten eine Gelände-Neumodellierung berechnet werden, um die Gefährdungsbereiche der Senken zu kompensieren. Unabhängig davon können von Beginn an multifunktionale Flächen mit Anschluss an die Fließwege geplant werden, auf denen neben der eigentlichen Funktion, also z.B. Spielfläche, Wasser zwischengespeichert werden kann. Auch hierzu ist nach erfolgter Geländemodellierung eine detailliere Fließwegebetrachtung notwendig. Über die künstliche Schaffung von Wasserwegen kann das Niederschlagswasser auch gezielt den Zwischenspeichern zugeführt werden. So können z.B. Fließwege von gefährdeten Bereichen weggeführt und in die Retentionsflächen, Teiche etc. umgeleitet werden.

Um die anfallenden Wassermengen direkt vor Ort zu reduzieren, ist die Versiegelung zu minimieren und Dachbegrünungen umzusetzen. Über die Nutzung von zwischengespeichertem Niederschlagswasser zur Bewässerung der Vegetation können Synergien zur Hitzeprävention erreicht werden.

Beispiele aus der Praxis

Errichtung von Versickerungsanlagen	**Versickerungsmulden: Adolf-Reichwein-Schule, Essen** Wenn die natürlichen Gelände- und Bodenverhältnisse es zulassen, kann unbelastetes Niederschlagswasser durch Versickerung dem Grundwasser zugeführt werden. Die Versickerung kann breitflächig über Mulden, linienförmig über Rigolen oder punktförmig über Sickerschächte erfolgen. Der Boden muss für die Versickerung ausreichend durchlässig sein. Eine tiefe Durchwurzelung des Bodens steigert die Versickerungsleistung. Bei einer schlechten Versickerungsfähigkeit des Bodens kann Wasser alternativ auch über Auffangbecken verdunstet werden und damit gleichzeitig die Luft kühlen.

Mit mehreren Mulden sowohl auf dem Schulhof wie auch im Grünbereich auf der rückwärtigen Seite der Schule erfolgt die Regenwasserabkopplung an der Adolf-Reichwein-Schule. 3.000 qm Dach- und Hofflächen entwässern zukünftig nicht mehr in den Mischwasserkanal sondern werden an diese Versickerungsmulden angebunden. Offenen Mulden und Rinnen zeigen den Lauf des Wassers und können auch als Lernbeispiel im Unterricht eingesetzt werden. Die Planung der durch die Emschergenossenschaft geförderten Maßnahme erfolgt durch das Büro Davids, Terfrüchte und Partner aus Essen.

Quelle: http://www.neuewegezumwasser.de/iindex.php?center=projekte/regenwasser/Adolf-Reichwein-Schule.php&navi=navigation/projekte.php&re=projekte/regenwasser/navi.php

Offene Ableitung von Regenwasser über Gräben und Mulden	**Regenwasserabkopplung Schulzentrum Bochum West, Maria-Sibylla-Merian-Gesamtschule** Im Falle eines Starkniederschlagsereignisses kann das Regenwasser nicht vollständig über die Kanalisation abgeleitet werden. Auf Notwasserwegen, das können auch z. B. Nebenstraßen sein, kann das Wasser zwischengespeichert und in weniger empfindliche Bereiche abgeleitet werden. Temporäre Wasserwege können durch erhöhte Bordsteine, Gräben, Pflaster- oder Kastenrinnen angelegt werden.

Entstanden aus dem Projekt „Zukunftsvereinbarung Regenwasser“ mit der Emschergenossenschaft (2011) wurde eine Maßnahme zur Abkopplung des Regenwassers vom Mischwasserkanal von der Stadt Bochum umgesetzt. Durch die Trennung des Regenwassers vom Schmutzwasser wird die Mischwasserkanalisation bedeutend entlastet. Ein Interdisziplinäres Team bestehend aus Schülern, Lehrern, Architekturbüro und Tiefbauamt haben ein gemeinsames Konzept entwickelt, um das Regenwasser möglichst offen abzuleiten und eine Entschleunigung des urbanen Wasserkreislaufes zu bewirken.

In diesem Bereich kann aufgrund der Geländeformation mit Mulden und offenen Gräben die Ableitung des Regenwassers offen über Rasen- und Pflastergerinne erfolgen. Durch die Abkopplung der Dachflächen und der befestigten Flächen des Schulzentrums, ca. 4,53 ha, wird eine wichtige Entlastung des hydraulisch ausgelasteten Mischwasserkanals erfolgen.

Das Oberflächenwasser wird in den abgesenkten Grünstreifen geleitet und kann dort zeitverzögert versickern. Eine Querung wird über niedrige Brücken ermöglicht.

Fazit

Handlungsbedarf entsteht durch die Funktion des Schulcampus als Aufenthaltsbereich, der zur aktiven Erholung für die Schüler während des Tages dient. Die Hitze tagsüber kann zu einer Verminderung der Leistungsfähigkeit sowie der gesundheitlichen Beeinträchtigung der Schüler und Beschäftigten führen. Ziel der Freiraumplanung sollte sein, das Schulcampusumfeld als klimatische Ausgleichs- und Erholungsfläche zu entwickeln. Eine abgestimmte Freiraumplanung bei der Gestaltung von Grün- und Wasserflächen sowie Bepflanzungen kann einen großen Beitrag zur Verbesserung des Mikroklimas leisten und somit zur Anpassung an den Klimawandel beitragen.

Für Meckenheim muss in erster Linie das Themenfeld „Hitze und Trockenheit“ in den Fokus rücken. Die Überflutungsgefährdung ist hier als gering und nur lokal begrenzt einzustufen und es tritt keine lokal erhöhte Sturmgefährdung auf. In Wachtberg spielt auch das Thema Starkregen eine Rolle und ist gleichwertig zur Hitzeprävention zu berücksichtigen. Die für Meckenheim vorhandenen, aber nur geringen Kaltluftabflüsse wirken zwar in den Bereich des Schulcampus hinein, sind aber lokal sehr begrenzt und wirken nicht in die weitere Umgebung. Bei einer Neuplanung der Bebauung sollte aber der potenzielle Zufluss von kalter Luft aus Süden im Auge behalten werden. Ansonsten ist das Untersuchungsgebiet auf eine ausgleichende Kühlung durch vor Ort auf den zu planenden Freiflächen gebildeter Kaltluft angewiesen.

Für konkrete Anpassungsmaßnahme im Untersuchungsgebiet anhand der Betroffenheit sowie der Vorgaben ist immer die Umsetzung von Maßnahmenbündeln gegenüber Einzelmaßnahmen vorzuziehen. Dabei können Maßnahmen wie Anpflanzung von Vegetation und Entsiegelung von Flächen sowie Wechsel des Bodenbelags kombiniert werden. Auch das Einbringen von Wasser zur Erhöhung der Verdunstungsrate ist sinnvoll. Bei der Pflanzung von Stadtbäumen spielt die Trockenheitsgefährdung eine Rolle. Bäume müssen sich auf veränderte, durch den Klimawandel verursachte Bedingungen einstellen. Insbesondere die zunehmende Sommerhitze in den Städten und damit verbundene sommerliche Trockenperioden erfordern eine gezielte Auswahl von geeigneten Stadtbäumen für die Zukunft. Wärmeresistente Pflanzenarten mit geringem Wasserbedarf sind zukünftig besser für innerstädtische Grünanlagen geeignet. Abbildung 4.54 zeigt eine möglich Verortung von Maßnahmen am Beispiel des Schulstandortes in Wachtberg Berkum.

Abb. 4.54 Verortung von Maßnahmen zur Hitzeprävention und zum Überflutungsschutz, Schulhofgestaltung Wachtberg Berkum

4.3.5 Klimaanpassung im innerstädtischen Bereich: Beispielprojekt Gestaltungsleitfaden ISEK

Durch das Voranschreiten des Klimawandels werden Anpassungsstrategien immer wichtiger. Besonders betroffen sind innerstädtische Gebiete. In ihnen entwickeln sich in den immer heißer werdenden Sommern leicht Hitzeinseln und gleichzeitig sind sie besonders anfällig für Starkregenereignisse. Mit Hilfe von Klimaanpassungsmaßnahmen sollen Städte klimaresilienter werden und somit für zukünftige Extremwetterereignisse besser gewappnet sein. Diese werden teilweise auch in Integrierten städtebaulichen Entwicklungskonzepten (ISEK) thematisiert.

Beispielhaft ist dies an der Erstellung des ISEK in der Gemeinde Alfter zu sehen, deren Ortskern umgestaltet wird. Das Plangebiet wurde bisher vorwiegend zum Parken genutzt und wies wenige Synergien mit angrenzenden Institutionen wie der St. Matthäus Kirche, dem Schloss oder der Schule auf. Durch die Neuplanung soll sich dies ändern. Es wurden viele neue Grünflächen geschaffen und der Baumbestand erhöht. Zudem wurde der bisherige großräumige Parkplatz entfernt und in diesem Zuge entsiegelt. Das Plangebiet wird außerdem autofrei, was das Aufheizen der Stadt reduziert und Platz für Grün und Fußgänger schafft.

Die Planung erzeugt durch Entsiegelung und autofreie Zonen Potenziale für Versickerung, kühlt die Stadtluft und schafft qualitativ hochwertige Räume. Allerdings könnte der Entwurf durch die Implementierung eines ISEKs um mehrere Punkte erweitert werden. Beginnend bei der Ausrichtung der Gebäude und einer klimaangepassten Bauweise kann die Hitzeeinwirkung auf die Baukörper reduziert und Kaltluft eingeleitet werden. Des Weiteren muss bei der Planung beachtet werden, dass durch das Pflanzen vieler Bäume keine Luftleitbahnen beeinträchtigt werden und dadurch ungewollte negative Effekte auf das Stadtklima entstehen. Auch der Einsatz kleinerer Pflanzen sollte berücksichtigt werden, da diese neben Bäumen ebenfalls einen nicht zu vernachlässigenden Effekt auf die Luftqualität und Wärmeentwicklung haben. Besonders der Hochwasserschutz sollte in urbanen Gebieten nicht vernachlässigt werden. Dazu sollten die großen Grünflächen oder auch die Flachdächer der Gebäude bestmöglich in die Regenwasserbewirtschaftung miteinbezogen werden. Um die bestehenden Potenziale komplett auszuschöpfen ist es daher empfehlenswert im Planungsprozess ein geeignetes Regenwassermanagement mitzudenken. Bei der Aufstellung des Bebauungsplans sind zudem Maßnahmen an Gebäuden festzulegen. Diese können Dach- und Fassadenbegrünung, eine Auswahl von klimaangepassten Baumaterialien und Anforderungen an die Energieeffizienz der Gebäude umfassen.

In der Abbildung 4.56 sind verschiedene Maßnahmen zur Klimafolgenanpassung im Quartier zusammengefasst.

Abb. 4.55 Projektgebiet ISEK Alfter (Quelle: Kultur- und Sporthalle, Alfter Königs Architekten - Köln (koenigs-architekten.de))

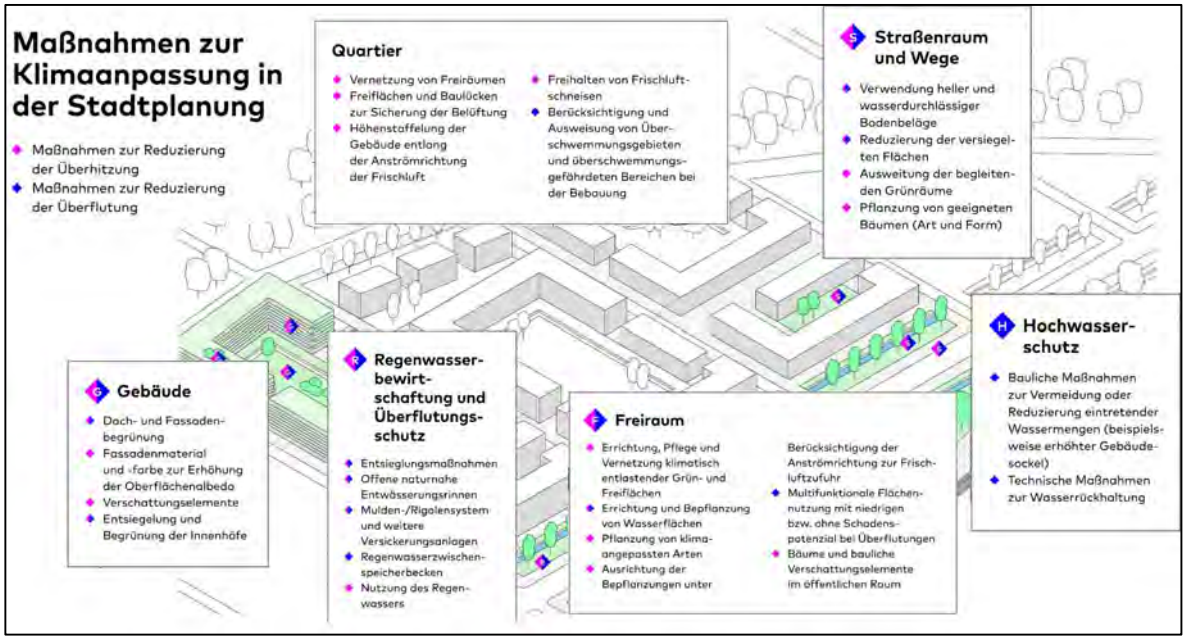


Abb. 4.56 Zusammenstellung von Anpassungsmaßnahmen im Quartier (Difu (Hrsg.) 2017: P4C – Klimaangepasste Planung im Quartier)

5. VERSTETIGUNG DER KLIMAANPASSUNGSSTRATEGIE FÜR DIE REGION RHEIN-VOREIFEL

Nach Fertigstellung des Konzeptes liegt den teilnehmenden Städten und Gemeinden eine informelle Entscheidungsgrundlage vor, um die Themen des Klimawandels und der Klimaanpassung in Zukunft in den kommunalen Prozessen der Planung (Stadt-/Bauleitplanung, Umwelt und Grün, Tiefbau, Immobilienmanagement, etc.) in notwendigem Maße zu berücksichtigen. Hierzu sind nach Abschluss organisatorische Schritte innerhalb der Kommunen und Gemeinden notwendig, um das Thema weiterhin zu treiben und Maßnahmen umzusetzen.

Mit Hilfe der Verstetigungsstrategie sollen verschiedene Möglichkeiten und Wege aufgezeigt werden, um die erarbeiteten Maßnahmen des Klimaanpassungskonzeptes auch nach Abschluss des Projektes weiterzuentwickeln und umzusetzen. Durch die Vielzahl verschiedener Akteure, die am Konzept mitgearbeitet haben, aber auch nach der Umsetzung die Ideen und Maßnahmen berücksichtigen sollen, empfiehlt sich die Fortführung der bestehenden Strukturen (u.a. Klimafolgenbeirat). Ein wesentlicher Vorteil besteht darin, dass trotz der Vielzahl an Akteuren innerhalb der Konzepterarbeitung, die Themen in die einzelnen Fachabteilungen und Organisationsstrukturen der einzelnen Kommunen transportiert werden können.

Auf der kommunalen Ebene ist es wichtig, dass die Inhalte des Konzeptes, im Sinne eines fachübergreifenden Austauschs, an die zuständigen Stellen weitergereicht werden. Um dies zu erreichen, kann das Thema der Klimaanpassung – analog zum Klimaschutz – zentral in der Organisationsstruktur verankert werden. Denkbar wäre hierbei z.B. eine Ansiedlung an die Themenfelder Stadtplanung, Umwelt- und Grün oder gar als eigenständige Stabsstelle, um das Thema möglichst bei allen kommunalen Aufgaben zu berücksichtigen.

Interne und externe Abstimmung zum Thema Klimaanpassung

Der regelmäßige Austausch zum Thema innerhalb der Kommune, aber auch mit externen Akteuren (z.B. Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Unternehmen, etc.) bildet einen wichtigen Baustein für die Umsetzung des Konzeptes. Dazu sollen nach Möglichkeit die bestehenden Formate, die während der Konzeptphase angewandt wurden, beibehalten werden. Für die verschiedenen Beteiligungs- und Informationsformate werden folgende Taktungen und Formate vorgeschlagen:

Tab. 5.1 Akteursgruppen und Taktung zur Beteiligung

Akteursgruppe	Bevorzugtes Format	Taktung
Kommunale Arbeitsgruppe (AG) Klimaschutz	- gemeinsame Abstimmungsrunde (online oder Präsenz)	- pro Quartal
Interkommunaler Klimafolgenbeirat	- gemeinsame Abstimmungsrunde (online oder Präsenz)	- halbjährlich
Fachexperten aus Forst- und Landwirtschaft, Wasserwirtschaft	- Persönliches Gespräch oder gemeinsames Format mit mehreren Fachexperten	- nach Bedarf (ca. jährlich)
Allgemeine Öffentlichkeit	- Veröffentlichungen zum Thema Klimaanpassung auf klima-rv.de - Informationsveranstaltungen	- klima-rv.de bei Bedarf erneuern - Informationsveranstaltungen (bestehende Bürgerformate oder nach Bedarf)

5.1 Controlling-Konzept

Das Controlling beschäftigt sich mit der Kontrolle und Quantifizierung der Ergebnisse, die aus der Umsetzung der Maßnahmenvorschläge innerhalb des Konzeptes resultieren. Dabei ist zwischen „harten" (tangiblen) und „weichen" (intangiblen) Maßnahmen zu unterscheiden. Während „harte" Maßnahmen meist ohne Weiteres quantifiziert werden können, ist für „weiche" Maßnahmen gegebenenfalls die Festlegung von Kennzahlen notwendig. Für die Evaluierung der durchgeführten Prozesse könnten sich beispielhaft folgende Kriterien und dazugehörige Messgrößen eignen:

Tab. 5.2 Übersicht möglicher Maßnahmen und Kriterien zur Erfassung der Umsetzungen

Maßnahme	Kriterium
Schaffung von Wasserflächen	- Anzahl umgesetzter Projekte - Wasser-Flächengröße in m²
Entsiegelung von Flächen / Förderung der Versickerung	- Größe der entsiegelten Flächen in m²
Verschattungsmaßnahmen (privater und (halb) öffentlicher Bereich)	- Größe der verschatteten Flächen in m²
Regenwasserrückhaltung	- Anzahl umgesetzter Projekte; Rückhaltung in m³ (sofern messbar)
Entwicklung und Erhalt von Grün- und Freiflächen (privater und (halb-)öffentlicher Bereich)	- Anzahl umgesetzter Projekte; Flächengröße in m²
Begrünungsmaßnahmen am Gebäude	- Anzahl umgesetzter Projekte; begrünte Fläche in m²
Bepflanzungsmaßnahmen (Bäume und weitere Pflanzen)	- Anzahl umgesetzter Projekte; gepflanzte Bäume bzw. Pflanzen

Die für die Integration von Klimaanpassungsmaßnahmen Verantwortlichen aus den entsprechenden Fachabteilungen haben die Aufgabe, die Grundlageninformationen aktuell zu halten, eine Checkliste für umgesetzte Maßnahmen und Projekte zu erstellen und abzuarbeiten und die städtischen Ziele sowie erfolgte Anpassungsmaßnahmen zu evaluieren.

Als Turnus zur Evaluierung können die vorgeschlagenen Veranstaltungsformate zur Einbindung der Akteursgruppen dienen und die Ergebnisse darin vorgestellt werden.

Ebenso ist es empfehlenswert, bereits umgesetzte Maßnahmen und Projekte zu analysieren und bei Bedarf anzupassen, sofern es die kommunalen, aber auch klimatischen Rahmenbedingungen erfordern. Das Konzept soll somit stetig fortgeschrieben werden und sich den Anforderungen der Kommunen anpassen.

5.2 Kommunikationsstrategie

Die Verankerung des vorliegenden Klimafolgenanpassungskonzepts ist im Wesentlichen, insbesondere innerhalb des organisatorischen Rahmens, die Aufgabe der Verwaltungen der sechs beteiligten Kommunen. Jedoch ist für die Umsetzung die Mitwirkungsbereitschaft eines jeden Einzelnen notwendig.

Während das Thema Klimaschutz durch den politischen und gesellschaftlichen Diskurs bereits in der Öffentlichkeit angekommen ist, sind Maßnahmen zur Klimafolgenanpassung weniger bekannt oder in der Begrifflichkeit diffus. Daher muss die Konzeptumsetzung durch eine intensive, teils niederschwellige Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit begleitet werden. Dabei ist die richtige Verknüpfung von Klimaschutz und der Folgenanpassung besonders wichtig: Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel dürfen nicht als Alternative zum Klimaschutz, sondern als unabdingbare Ergänzung dazu verstanden werden. Das Unwetterereignis im Juli 2021, durch das die untersuchten Kommunen teilweise sehr stark betroffen waren, ist dabei ein sehr deutliches Beispiel dafür, welche Konsequenzen der Klimawandel in den kommenden Jahren haben kann.

Ziele der Kommunikation

Aus den Ergebnissen des Konzepts sowie den oben skizzierten Herausforderungen ergeben sich folgende Ziele für die Kommunikation des Klimafolgenanpassungskonzepts:

Bewusstsein schaffen

Allen Akteuren muss bewusst gemacht werden, dass das Ignorieren des Klimawandels und seiner Folgen nicht nur globale Auswirkungen hat, sondern zu teilweise dramatischen Effekten vor der eigenen Haustür führen kann. Das wurde insbesondere durch das oben genannte Unwetterereignis deutlich.

Wissensvermittlung

Die Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel sind vielfältig und lassen sich in vielen Fällen sinnvoll mit dem Klimaschutz verbinden. Dieses große Spektrum und mögliche Synergien müssen vermittelt werden. Dabei steht nicht im Vordergrund alle Möglichkeiten auf einmal umzusetzen und somit große Investitionen tätigen zu müssen. Viel mehr kann die Summe von verschiedenen kleineren Maßnahmen bereits einen deutlichen Effekt haben.

Information zu konkreten Angeboten

Die Klimaregion Rhein-Voreifel hat in der Vergangenheit bereits unterschiedliche Maßnahmen umgesetzt, die auf die Ziele des Konzepts einzahlen. Diese sollten fortgeführt, und erweitert werden. Dazu ist insbesondere die Bündelung von Informations-, Beratungs- und Finanzierungsangeboten zielführend. Durch eine entsprechende Aufbereitung in Online- und Printmedien können Interessierte auf einen Blick erkennen, wo sie weitere Informationen und Unterstützung erhalten können.

Mitmacher erzeugen

Der letzte und elementarste Schritt ist, die Interessierten schlussendlich zur Umsetzung von Maßnahmen zu motivieren und so „Mitmacher“ zu erzeugen. Dabei sollte der tatsächliche Mehrwehrt vermittelt werden, der sich beispielsweise in optischen, mikroklimatischen oder wertsteigernden Aspekten niederschlagen kann. Eine zielführende Komponente kann dabei die Nutzung von Best Practice-

Beispielen sein. So erfahren Interessierte aus glaubwürdiger Quelle, welche positiven Facetten mit Maßnahmen zur Klimafolgenanpassung einhergehen.

Ausgangslage Klima-Region

Die Klimaregion Rhein-Voreifel betreibt mit der Umsetzung des Klimaschutzkonzepts seit 2015 bereits verschiedene Aktivitäten, die die Themen Klima- und Umweltschutz adressieren. Dadurch sowie durch vorhergehende interkommunale Projekte der Region Rhein-Voreifel sind die lokalen und regionalen Akteure bereits in einem gewissen Ausmaß untereinander vernetzt. Diese Netzwerke sollten unbedingt für die Kommunikation von Ergebnissen und Maßnahmen des Klimafolgenanpassungskonzeptes genutzt und zukünftig weiter aufrecht gehalten werden.

In diesem Kontext wurden zudem bereits verschiedene Kommunikationselemente entwickelt, die für die Vermittlung der Ergebnisse des vorliegenden Konzepts sowie die damit zusammenhängende Öffentlichkeitsarbeit genutzt werden können. Dazu zählen im Wesentlichen die Wort-Bild-Marke „KLIMAREGION Rhein-Voreifel“ sowie die Website www.klima-rv.de. Zum einen schaffen sie ein übergeordnetes „Dach“ mit hohem Wiederkennungswert, das sowohl Klimaschutz als auch Klimafolgenanpassung umfasst. Diese beiden Themen sind für die allgemeine Öffentlichkeit nicht immer klar zu trennen und können auf diesem Weg ohne größere Erläuterung miteinander verwoben werden.

Zum anderen sind beide Elemente bereits etabliert und haben sich als Marke mit entsprechenden Attributen bzw. als Informationsplattform bewährt.

Wege der Informationsvermittlung

Die Vermittlung von Informationen zu Themen und Aspekten, die im direkten und teilweise auch indirekten Zusammenhang mit der Umsetzung des Klimafolgenanpassungskonzepts stehen, ist essenziell für einen Erfolg. Dabei sind das genutzte Medium sowie verfügbare Anlässe für eine Kommunikation entscheidend.

Da von den unterschiedlichen Alters- und Zielgruppen jedoch auch verschiedene Kommunikationskanäle genutzt werden, müssen Informationen möglichst breit gefächert gestreut bzw. zugänglich gemacht werden. Diese Kanäle bieten jeweils unterschiedliche Vor- und Nachteile, die bei der Informationsvermittlung zu beachten sind.

Anlässe, die für die Öffentlichkeitsarbeit genutzt werden können, sind mitunter rar oder nicht direkt zu erkennen. Neben offensichtlichen Themen, die im direkten Kontext zu dem vorliegenden Konzept stehen, sind auch indirekte Aspekte eine Gelegenheit, um einzelne Maßnahmen oder Klimafolgenanpassung im Allgemeinen in den öffentlichen Fokus zu rücken. Dazu können beispielsweise sowohl lokale und auch weltweite Wetterereignisse, Jubiläen sowie auch technologische, wirtschaftliche oder gesellschaftliche Entwicklungen zählen.

Pressearbeit

Print- und Funkmedien sind trotz der zunehmenden Digitalisierung in allen Lebensbereichen immer noch wichtige Kanäle, um insbesondere einen Personenkreis ab einem Alter von ca. 50 Jahren zu erreichen. Dabei liegt der Fokus jedoch in der Regel auf tagesaktuellen Nachrichten, mit unterschiedlichen Bezügen. Während diese Tatsache für die Ankündigung von Veranstaltungen oder die Berichterstattung über konkrete Angebote genutzt werden kann, können emotionale oder ideelle Aspekte in diesem Kontext nur schwer vermittelt werden.

Durch eine Kooperation mit lokalen Tageszeitungen oder weiteren lokalen Pressemedien mit hoher Reichweite, können jedoch auch persönliche Geschichten mit einer emotionalen Wertigkeit transportiert werden. Dies kann zum Beispiel über eine Serie von Artikeln erreicht werden, die Menschen bei der Umsetzung von Maßnahmen zur Klimafolgenanpassung begleitet oder entsprechende positive Erfahrungen aufgreift. So erhalten Interessierte einen Einblick in den tatsächlichen Aufwand, der damit verbunden ist und können bestenfalls überzeugt werden, ebenfalls Maßnahmen umzusetzen.

Website

Vorteile einer durch die Kommunen bzw. durch den interkommunalen Klimaschutzmanager gepflegten Website bestehen darin, dass hier sehr viele unterschiedliche Inhalte – auch kurzfristig – verfügbar gemacht werden können und es bei der Ausgestaltung nur geringe Begrenzungen in Bezug auf Fotos, Videos und Textlängen gibt.

Aus diesem Grund sollte die oben genannte und bereits etablierte Website unter allen Umständen fortgeführt und erweitert werden. Wie bereits in der Phase der Konzepterstellung sollten auch abschließende Konzeptergebnisse dort publiziert und ggf. weiter erläutert werden. Darüber hinaus ist der Ausbau der bereits vorhandenen Linkliste und des Downloadbereichs zu empfehlen. Hier sollte beispielsweise auf Förderprogramme und weitere Informationen verwiesen werden, die eine Umsetzung von Maßnahmen zur Klimafolgenanpassung begünstigen.

Analog zur Pressearbeit sollten auch hier „Home Stories“ aufbereitet werden, die mit Bild- und ggf. Videomaterial anschaulich machen, wie konkrete Maßnahmen zur Klimafolgenanpassung aussehen. Dabei können auch Synergien zwischen beiden Bereichen nutzbar gemacht werden, indem passende Geschichten für die Presse hier vorbereitet oder aus vergangener Berichterstattung übernommen werden können.

Social Media

Das Bespielen von Social-Media-Kanälen zählt in der heutigen Zeit zum Standard der Projekt- und Themenkommunikation. Im Gegensatz zur Website oder Presseberichterstattung kann über Facebook, Twitter etc. ein Dialog mit Einzelnen oder Gruppen von Nutzern aufgebaut und teilweise individuell auf Fragen oder Anmerkungen eingegangen werden. Darüber hinaus können interessante Beiträge sowie Informationen zu Veranstaltungen und Beratungsangeboten tagesaktuell vermittelt werden.

Dies erfordert jedoch auch einen entsprechenden Einsatz von Ressourcen, da für das Zustandekommen eines Dialogs auch eine Reaktion auf Kommentare und Fragen der Nutzer notwendig ist. Der vermeintlich hohe Aufwand sollte dabei jedoch nicht abschreckend wirken. Durch den Fokus auf ausgewählte Social Media-Plattformen kann der Aufwand verringert werden.

Beratungsangebot / Veranstaltungen

Informationsveranstaltungen und Beratungsangebote sind der direkteste Weg der Informationsvermittlung, da hier ein unmittelbarer Dialog mit Interessierten und Ratsuchenden erreicht werden kann. Entsprechend ist hier auch eine spätere Umsetzungswahrscheinlichkeit am höchsten.

Mit einer auf Klimafolgenanpassung bezogenen Sprechstunde des interkommunalen Klimaschutzmanagers oder alternativ durch Verwaltungsmitarbeiter in den sechs beteiligten Kommunen kann ein Angebot geschaffen werden, das konkrete Unterstützung bereitstellt. Dabei ist unter anderem darauf zu achten, dass die Wege kurz und die Zeiten auch arbeitnehmerfreundlich gelegt werden.

Für Veranstaltungen und Beratungsangebote bieten sich unterschiedliche Formate an, die wiederkehrend durchgeführt werden können:

- Themenbezogene Informationsabende (z. B. Fassaden- und Dachbegrünung),
- Stadtspaziergänge mit Stationen an Punkten mit bereits identifizierter Handlungsnotwendigkeit oder umgesetzten Maßnahmen,
- Workshops (z. B. in Kooperation mit Garten- und Landschaftsbauern oder der VHS),
- Präsenz auf Wochenmärkten mit Info-Stand und Exponaten,
- Pop-Up- oder Wanderausstellungen mit Informationen und Beispielen aus der Praxis für unterschiedliche Maßnahmen,
- Kooperation mit Vereinen und Interessengemeinschaften bei dort durchgeführten Veranstaltungen.