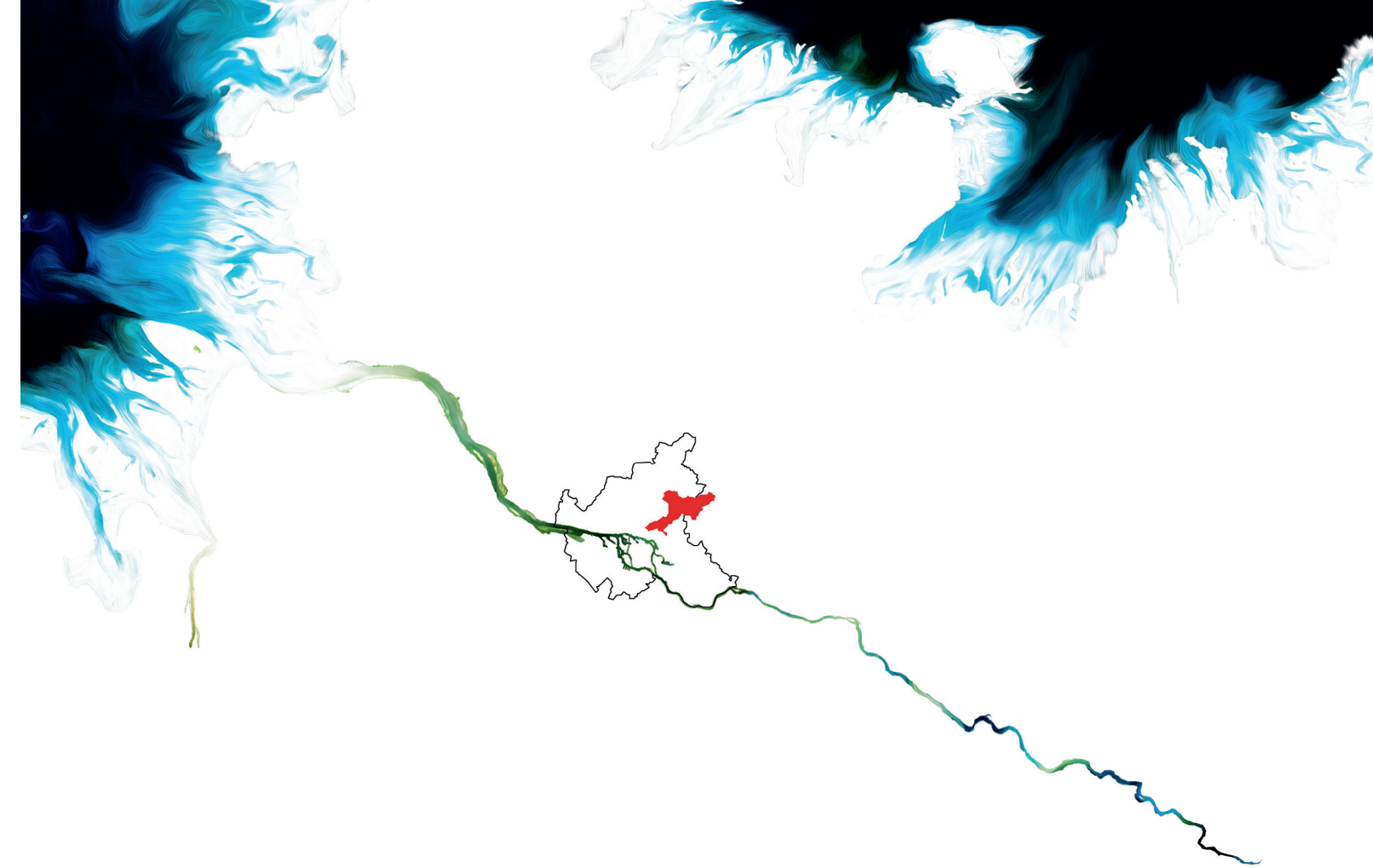


Der Bericht „Stadtentwicklung und Klimaanpassung“ stellt zukünftige Klimafolgen und ihre Auswirkungen bis zum Jahr 2050 für das Einzugsgebiet des Flusses Wandse im Nordosten Hamburgs dar. Am Beispiel dieses Modellgebietes werden übertragbare Konzepte zur Klimaanpassung für unterschiedliche städtische Räume aufgezeigt. Der Bericht präsentiert die Forschungsergebnisse eines interdisziplinären Teams aus Fachexpertinnen und -experten der Architektur, Biologie, Geographie, Meteorologie, Sozialwissenschaften, Stadt- und Freiraumplanung sowie Wasserwirtschaft, das im Rahmen des Verbundprojektes KLIMZUG-NORD zusammengearbeitet hat.

Die Besonderheit der Studie besteht in der Verknüpfung städtebaulicher und freiraumplanerischer Anpassungskonzepte mit Wirkungsanalysen für das Stadtklima und die Wasserwirtschaft. Des Weiteren werden unterschiedliche Instrumente zur Beteiligung und Information der Öffentlichkeit aufgeführt, mit denen eine effektive Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen erreicht werden kann.

Die Veröffentlichung richtet sich an die Fachöffentlichkeit, die in die Stadtentwicklung involviert ist, und bietet kommunalen Fachbehörden, Planenden, Politikerinnen und Politikern sowie allen weiteren Interessierten eine Reihe von Anwendungsbeispielen. Sie stellt zudem eine wichtige Argumentationshilfe dar, um schon heute Anpassungsmaßnahmen bei der Neu- und Umplanung von Quartieren und Gebäuden zu berücksichtigen.



Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten | Band 2

Stadtentwicklung und Klimaanpassung

Klimafolgen, Anpassungskonzepte und
Bewusstseinsbildung beispielhaft dargestellt
am Einzugsgebiet der **WANDSE**, Hamburg

Elke Kruse, Thomas Zimmermann, Anne Kittel,
Wolfgang Dickhaut, Jörg Knieling, Christiane Sörensen (Hrsg.)

Das Verbundprojekt KLIMZUG-NORD wird gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), die Freie und Hansestadt Hamburg und die Metropolregion Hamburg.

Gefördert durch das



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



ISBN: 978-3-941492-68-4



KLIMZUG-NORD
Strategische Anpassungsansätze
zum Klimawandel in der Metropolregion Hamburg

Stadtentwicklung und Klimaanpassung

**Klimafolgen, Anpassungskonzepte und Bewusstseinsbildung
beispielhaft dargestellt am Einzugsgebiet der Wandse, Hamburg**

Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten, Band 2

herausgegeben von:

Elke Kruse, Thomas Zimmermann, Anne Kittel,
Wolfgang Dickhaut, Jörg Knieling, Christiane Sörensen

TuTech Verlag, Hamburg

Vorwort

Das Themenfeld „Stadtentwicklung und Klimawandel“ wird derzeit in verschiedenen Regionen Deutschlands umfassend beforscht. Gefördert werden diese Vorhaben u.a. durch zahlreiche Forschungsprogramme des Bundes und der Länder. Zum einen werden darin Berechnungen für eine möglichst regionale Quantifizierung der Auswirkungen auf die städtischen Klimaparameter, auf den Wasser- und Naturhaushalt sowie die Stadtstrukturen und Gebäude durchgeführt. Zum anderen geht es häufig um mögliche Maßnahmen und Instrumente zur Anpassung der urbanen Räume an den Klimawandel.

Kennzeichnend für das Arbeitsfeld ist ein hohes Maß an Unsicherheit in den Prognosen und Bewertungen des Klimawandels aber auch bezüglich der zukünftigen Gesellschafts-, Wirtschafts- und Stadtentwicklung. Es ist deshalb unerlässlich in langfristigen Perspektiven zu denken und sowohl das heutige als auch das zukünftige Handeln darauf abzustimmen. Die Aufgabenstellung erfordert einen ortspezifischen und damit naturraumbezogenen Ansatz. Zudem sind eine Reihe unterschiedlicher Fachdisziplinen betroffen und auch notwendig, um abgestimmte Anpassungskonzepte zu entwickeln. Dies verlangt ein ungewöhnlich hohes Maß an interdisziplinärer Kooperationsbereitschaft und entsprechende Kompetenzen.

Das hier beschriebene Projekt stellt sich diesen Herausforderungen. Klimarelevante Fragestellungen, die im Kontext der Stadtentwicklung von Bedeutung sind, wurden von einem interdisziplinär zusammengesetzten Team für den Raum Hamburg untersucht und am Beispiel des wasserwirtschaftlichen Einzugsgebietes der Wandse konkretisiert. Eine Besonderheit des Projektes ist die Verknüpfung von Entwürfen bzw. Konzepten zur Klimaanpassung mit wasserwirtschaftlichen und klimarelevanten Modellierungen zur Abschätzung der Wirksamkeit. Die Projektarbeit geschah in regelmäßiger Kooperation mit den „Praxispartnern“ aus den Hamburger Behörden, zum Teil unter Beteiligung von potenziell betroffenen Bürgerinnen und Bürgern.

Die konkrete Einordnung in den Stadtkontext Hamburgs hat zur Folge, dass das Projekt durch aktuelle Entwicklungen beeinflusst wurde und gleichzeitig die langfristige Perspektive bis 2050 nicht aus den Augen verloren werden durfte. Zeitgleich fanden und finden im selben Raum weitere forschungsorientierte Projekte wie bspw. RISA (RegenInfraStrukturanpassung) oder SAWA (Strategic Alliance for Water Management Actions) statt. Das hier ausgearbeitete Konzept lässt sich sehr gut mit den Ergebnissen dieser Projekte kombinieren, teils als Ergänzung, teils als räumliche Vertiefung.

Hervorgehoben werden soll an dieser Stelle, dass im Rahmen der vorliegenden Forschungsstudie eigene grundlegende Annahmen zu möglichen Stadtentwicklungsszenarien ausgearbeitet wurden. Die Zukunftsbilder wurden unabhängig von anderen Szenarien für die Stadt Hamburg erstellt und decken sich folglich nicht mit diesen. Ein Projekt dieser Größenordnung mit zahlreichen Themenstellungen und Beteiligten braucht eine professionelle Koordination. Dies wurde durch ein kleines Team aus der HafenCity Universität Hamburg geleistet, namentlich seien erwähnt Elke Kruse und Thomas Zimmermann sowie Annalen Gruss (bis 2011) und Anne Kittel (ab 2012). Dieses Team hat angenehm beharrlich versucht, eine wirklich interdisziplinäre Arbeit entstehen zu lassen, Bezüge zwischen den einzelnen Disziplinen herzustellen, die Partner aus den Behörden einzubinden und zum Schluss eine Dokumentation zu erzeugen, die auch über Fachgrenzen hinweg lesbar ist.

Ein großer Dank geht an dieser Stelle an Prof. Dr.-Ing. Erik Pasche (TU Hamburg-Harburg), der als Initiator und Gestalter des Projektes immens wichtig gewesen ist und der im November 2011 plötzlich verstarb. Ein Teil seines Engagements und Fachwissens lebt in dieser Studie weiter.



1	Zusammenfassung	1
1	Einleitung	7
2	Grundlagen: Klimawandel und Stadtentwicklung	11
2.1	Projizierte Veränderungen des regionalen Klimas im Raum Hamburg	11
	<i>Robert Schoetter, Peter Hoffmann, Marita Linde, Juliane Petersen, Diana Rechid, K. Heinke Schlünzen</i>	
2.2	Anfälligkeit Hamburgs gegenüber veränderten Niederschlagsverhältnissen und steigenden Temperaturen	17
	<i>Thomas Zimmermann, Johanna Fink, Nikolas Klostermann, Elke Kruse</i>	
2.3	Anpassungsfähigkeit städtischer Strukturen, Fokus: dezentrale Regenwasserbewirtschaftung	29
	<i>Elke Kruse, Juliane Ziegler</i>	
3	Das Einzugsgebiet der Wandse im Klimawandel	33
3.1	Beschreibung des Modellgebietes	35
	<i>Thomas Zimmermann</i>	
3.1.1	Das Stadtklima in Hamburg und im Modellgebiet	42
	<i>Peter Hoffmann, Robert Schoetter, Marita Linde, K. Heinke Schlünzen</i>	
3.1.2	Kanalnetz und Gewässer	43
	<i>Sandra Hellmers, Nina Hüffmeyer</i>	
3.1.3	Habitats für Flora und Fauna	44
	<i>Katharina Schmidt, Julia Stockinger, Esther Verjans, Kai Jensen</i>	
3.2	Folgen des Klimawandels	46
3.2.1	Folgen für das Stadtklima in Hamburg und im Modellgebiet	46
	<i>Peter Hoffmann, Robert Schoetter, Marita Linde, K. Heinke Schlünzen</i>	
3.2.2	Folgen für Kanalnetz und Gewässer	48
	<i>Sandra Hellmers, Nina Hüffmeyer</i>	
3.2.3	Folgen für Flora und Fauna	54
	<i>Katharina Schmidt, Julia Stockinger, Esther Verjans, Kai Jensen</i>	
3.3	Zwischenfazit: Relevanz der Klimafolgen für die Entwicklung des Modellgebietes	57
	<i>Thomas Zimmermann, Elke Kruse, Wolfgang Dickhaut, Jörg Knieling</i>	
4	Konzepte der Stadtentwicklung für die Anpassung an den Klimawandel	59
4.1	Herausforderungen des Klimawandels für die Fokusgebiete	59
	<i>Thomas Zimmermann, Anne Kittel</i>	
4.1.1	Fokusgebiet Wandsbeker Chaussee	63
4.1.2	Fokusgebiet Ostender Teich	69
4.1.3	Fokusgebiet Rahlstedt	75
4.2	Entwicklungsszenarien, Strategien und Anpassungsmaßnahmen	80
	<i>Elena Rottgardt, Robert Schoetter, Elke Kruse, Lisa Kunert, Katharina Schmidt, Julia Stockinger, Esther Verjans</i>	

4.2.1	Szenarien und Strategien im Vergleich	81
4.2.2	Szenario 1: Rück- und Umbau in privater Verantwortung	85
4.2.3	Szenario 2: Florierender Wirtschaftsstandort und Anstieg des anthropogenen Flächenbedarfs	89
4.2.4	Szenario 3: Kompakte Stadt als Zentrum für Innovationen im Bereich Umwelt	93
4.3	Anpassungskonzepte für die Fokusgebiete	99
	<i>Anne Kittel, Beiträge von: Steffen Slama, Elke Kruse, Nina Hüffmeyer, Lydia Ax, Elena Rottgardt, Katharina Schmidt, Julia Stockinger, Esther Verjans, Giovanni Palmaricciotti</i>	
4.3.1	Kompaktes Wandsbek	102
4.3.2	Freizeitlandschaft Ostender Teich	129
4.3.3	Stadtrandmix Rahlstedt	143
4.4	Auswirkungen der stadtstrukturellen Entwicklungen und der Anpassungsmaßnahmen	158
4.4.1	Eingangsparameter für die Modellierung	158
	<i>Elke Kruse, Juliane Ziegler, Nikolas Klostermann, Johanna Fink</i>	
4.4.2	Auswirkungen auf die mittlere Lufttemperatur im Sommer	162
	<i>Marita Linde, Peter Hoffmann, K. Heinke Schlünzen, Robert Schoetter</i>	
4.4.3	Auswirkungen auf Kanalnetz und Gewässer	169
	<i>Sandra Hellmers, Nina Hüffmeyer</i>	
4.5	Zwischenfazit: Integrierte Klimaanpassungsmaßnahmen und ihre Wirkungen	176
	<i>Anne Kittel, Thomas Zimmermann</i>	

5	Governance der Klimaanpassung im Modellgebiet	177
5.1	Klimaanpassung aus Sicht lokaler Akteure	178
	<i>Jannes Fröhlich, Jörg Knieling</i>	
5.2	Informelle Instrumente zur Klima-Governance	182
	<i>Jannes Fröhlich, Jörg Knieling</i>	
5.2.1	Klimafolgen „Vor Ort“ und Anpassungsoptionen im Kontext schulischer Bildung	185
	<i>Christine Katz, Christoph Porschke</i>	
5.2.2	Workshops mit lokalen Akteuren	188
	<i>Thomas Zimmermann, Jannes Fröhlich, Christine Katz, Christoph Porschke</i>	
5.2.3	Online-Diskussion „Prima Klima entlang der Wandse? Klimawandel und Anpassungsmaßnahmen“	192
	<i>Birgit Hohberg</i>	
5.3	Zwischenfazit: Information und Beteiligung als Bausteine einer klimaangepassten Stadtentwicklung	196
	<i>Thomas Zimmermann, Elke Kruse, Jörg Knieling, Wolfgang Dickhaut</i>	

6	Fazit, Ausblick und Handlungsempfehlungen	197
	Summary	202
	Anhang	209
	Strukturtypentabelle	210
	Glossar	222
	Literaturverzeichnis	228
	Abbildungs/Tabellenverzeichnis	236/238
	Beteiligte Partner	240
	Herausgeber/Impressum	242

Zusammenfassung

Der Klimawandel stellt die Stadtentwicklung in Deutschland vor neue Herausforderungen. Hitzeperioden, längere Trockenphasen im Sommer, Starkregenereignisse und daraus resultierende Überschwemmungen beeinträchtigen die Lebensbedingungen in den Städten zunehmend. Eine nachhaltige Stadtentwicklung sollte daher nach Wegen zur Anpassung der Stadtquartiere an die klimatischen Veränderungen suchen.

Bei der Entwicklung von Anpassungskonzepten ist zu beachten, dass sich die Teilräume einer Stadt unterscheiden. Neben der Lage im Stadtgebiet spielen dabei städtebauliche, freiraumbezogene und infrastrukturelle Eigenschaften sowie die Art der Nutzung eine besondere Rolle. Zu den städtebaulichen Merkmalen zählen Größe, Form und Anordnung der Gebäude sowie ihre Zuordnung zu den Freiflächen. Der Anteil an unversiegelten Flächen sowie deren Bewuchs gehören zu den freiraumbezogenen Merkmalen. Sie haben erheblichen Einfluss auf die Möglichkeiten der Klimaanpassung von einzelnen städtischen Teilräumen. Ein wichtiger infrastruktureller Aspekt ist die Anordnung der Leitungstrassen für Wasser und Abwasser.

Anhand von Unterschieden in der Ausprägung der Merkmale können Teilräume zu Stadtstrukturtypen zusammengefasst werden. Die Typen kennzeichnen Raumeinheiten, die im Hinblick auf die genannten Eigenschaften homogen sind. So dominiert z.B. in Stadtstrukturtypen, die durch Einfamilienhäuser, Reihenhäuser, Zeilenbebauung oder Geschosswohnungsbau geprägt sind sowie in Kern- und Mischgebieten, die Wohnnutzung. Weitere Stadtstrukturtypen sind Gewerbe- und Industriegebiete, Hafengebiete, Standorte für Gemeinbedarf und Büros, Flächen für Verkehr bzw. Ver- und Entsorgung sowie Areale von Kleingartenvereinen.

Aufgrund ihrer stadtstrukturellen Eigenschaften unterscheiden sich die Typen sowohl hinsichtlich der Betroffenheit durch die erwarteten klimatischen Veränderungen als auch bezüglich der baulich-räumlichen Voraussetzungen für die Anpassung. Es bieten sich vielfältige Ansatzpunkte, um die einzelnen Stadtstrukturtypen an die Veränderungen anzupassen und auf diese Weise etwa die städtische Überwärmung zu reduzieren, der Überlastung der Flüsse und Kanäle entgegenzuwirken sowie potenzielle Schäden an Gebäuden in überschwemmungsgefährdeten Bereichen zu vermeiden.

Die vorliegende Publikation beschreibt die Folgen der klimatischen Veränderungen für Hamburg und zeigt Möglichkeiten auf, wie die unterschiedlichen städtischen Teilräume bzw. Stadtstrukturtypen an diese Veränderungen angepasst werden können. Sie basiert auf der Arbeit eines interdisziplinären Teams aus Fachexpertinnen und -experten der Meteorologie, Stadt- und Freiraumplanung, Architektur, Wasserwirtschaft, Geographie, Biologie und Sozialwissenschaften, die im Rahmen des Verbundforschungsprojektes KLIMZUG-NORD zusammengearbeitet haben. Den zeitlichen Bezugspunkt der Untersuchungen bildet die Mitte des 21. Jahrhunderts. Als Fallbeispiel dient der innerhalb der Stadtgrenze liegende Abschnitt des Einzugsgebietes des Flusses Wandse. Das Modellgebiet umfasst nahezu das gesamte Spektrum städtischer Strukturen in Hamburg von lockerer Wohnbebauung im östlichen Stadtrandbereich bis hin zu dichter innerstädtischer Bebauung im Westen.

Der interdisziplinären Arbeit liegen vier zentrale Fragestellungen zugrunde, auf die im Weiteren eingegangen wird:

- Mit welchen Klimaveränderungen und daraus resultierenden Auswirkungen ist bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts für die Stadt Hamburg und das Modellgebiet zu rechnen?
- In welchem Umfang lassen sich Anpassungsmaßnahmen stadträumlich integrieren?
- In welchem Umfang können die Anpassungsmaßnahmen die Auswirkungen des Klimawandels kompensieren?
- Wie kann Bewusstsein für die Folgen des Klimawandels und für die Anpassungserfordernisse bei der Bevölkerung und den verantwortlichen Akteuren gebildet werden?

Klimaveränderungen und -folgen

Simulationen der regionalen Klimamodelle REMO und CLM für unterschiedliche Szenarien von Treibhausgasemissionen kommen zu dem Ergebnis, dass in Hamburg bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts die Temperaturen ansteigen und sich die Niederschlagsverhältnisse verändern werden. Im Vergleich zum Referenzzeitraum 1971-2000 wird die durchschnittliche Temperatur im Winter um ca. 1 K bis 3 K und im Sommer um ca. 1 K bis 1,5 K ansteigen. Die Niederschlagsmengen werden im Frühjahr, Herbst und Winter zunehmen, im Sommer etwa gleich bleiben. Gleichzeitig treten wahrscheinlich ganzjährig Starkniederschläge häufiger auf. Für den Sommer projizieren die Simulationen der regionalen Klimamodelle bis zum Ende des Jahrhunderts abnehmende Niederschlagsmengen.

Aus den Folgen der klimatischen Veränderungen ergibt sich für die Stadträume ein Anpassungsbedarf. Er betrifft die unterschiedlichen Handlungsfelder der Stadtentwicklung, wobei im Folgenden stadtklimatische, wasserwirtschaftliche und naturschutzfachliche Aspekte im Vordergrund stehen:

- Für das **Stadtklima** ist entscheidend, dass die Ausbildung einer städtischen Wärmeinsel die Temperaturentwicklung im Modellgebiet beeinflusst. Am Abend und in der Nacht sind die Temperaturen demnach in der Stadt höher als im weniger dicht besiedelten Umland. In Bereichen mit verdichteter Bebauung im Westen des Modellgebiets ist die Wärmeinselintensität am stärksten. Ausdehnung und Intensität der städtischen Wärmeinsel verändern sich bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts lediglich geringfügig. Daher führen Temperaturerhöhungen aufgrund des regionalen Klimawandels vor allem in den dicht bebauten innerstädtischen Bereichen im Westen des Modellgebiets zu einem Anstieg der Wärmebelastung. In den Sommermonaten könnten dort erhöhte Temperaturen besonders nachts das Wohlbefinden der Wohnbevölkerung beeinträchtigen. Tropennächte mit Tagesminimum-Temperaturen über 20 °C werden sehr wahrscheinlich im zukünftigen Klima häufiger auftreten.
- **Wasserwirtschaftlich** wirken zunehmende Starkregenereignisse sowohl auf das Kanalnetz, welches das Niederschlagswasser in den bebauten Bereichen ableitet, als auch auf die Gewässer in Form von höheren Wasserständen. Daraus resultieren im Modellgebiet sowohl flächenhafte Überschwemmungen entlang der Wandse und ihrer Nebengewässer als auch Überflutungen aufgrund eines Überstaus aus dem Kanalsystem oder der Geländetopographie, da sich der immense Oberflächenabfluss in Mulden und Senken sammelt. Die Untersuchungen mit dem hydrodynamischen Kanalnetzmodell Hystem-Extran und dem hydrologischen Niederschlags-Abfluss-Modell Kalypso-Hydrology bestätigen eine mögliche Zunahme der Überflutungsrisiken in den Klimaszenarien. Darüber

hinaus sind nach zukünftig zunehmenden längeren Trockenperioden im Sommer niedrige Wasserstände in den Gewässern wahrscheinlich, die negativ auf die Wasserlebewesen und die Wasserqualität wirken können.

- Für den **Naturschutz** sind klimatisch bedingte Veränderungen von Habitaten für Flora und Fauna von Bedeutung. Trockene Sommer und erhöhte Temperaturen betreffen in besonderem Maße Feuchtlebensräume, die wertvolle Habitate bilden. Darüber hinaus ist damit zu rechnen, dass sich die Verbreitungsschwerpunkte von Tier- und Pflanzenarten als Reaktion auf veränderte klimatische Bedingungen nach Norden und Nordosten verschieben. Allerdings können städtische Strukturen entsprechende Wanderungen bzw. Arealverschiebungen behindern. Zunehmende Hochwasserereignisse beeinflussen die vorhandenen Pflanzenarten kaum. Dagegen können häufige Hochwasser die in und am Wasser lebenden Tierarten beeinträchtigen.

Sowohl aus den städtebaulichen und freiraumbezogenen Merkmalen der Stadtstrukturtypen als auch ihrer Nutzung folgt eine unterschiedliche Betroffenheit durch die beschriebenen Folgen des Klimawandels. Sie treffen vor allem hoch versiegelte städtische Räume. Dazu gehören sowohl Flächen in der Innenstadt, wie Stadt- und Stadtteilzentren oder innerstädtische Wohn- und Mischgebiete, als auch über das Stadtgebiet verteilte Industrie- und Gewerbeflächen. Maßgeblich für die hohe Anfälligkeit ist neben dem hohen Versiegelungsgrad die bauliche Verdichtung, teilweise in Kombination mit anthropogener Abwärme. Für die Anfälligkeit der Industrie- und Gewerbeflächen sowie der Hafenflächen ist die von Maschinen erzeugte Abwärme von hoher Bedeutung. Allerdings hängt die Betroffenheit von den Folgen der klimatischen Veränderungen auch von lage- und naturraumbezogenen Kriterien ab, zu denen keine allgemeingültigen Aussagen möglich sind.

Stadträumliche Integration von Anpassungsmaßnahmen

Stadtstrukturen mit einem geringen Versiegelungsgrad und einer homogenen Eigentümerstruktur erleichtern eine flächendeckende Umsetzung von Maßnahmen zur Anpassung an veränderte Niederschlagsverhältnisse. Dies gilt insbesondere für private Grundstücke. Damit verfügen vor allem die Strukturtypen „Einfamilienhäuser“, „Zeilenbebauung“, „Hochhäuser und Großwohnsiedlungen“ sowie „Kleingartenvereine“ über eine hohe Anpassungsfähigkeit. Dagegen bieten die Strukturtypen „Blockrandbebauung“, „Stadt- und Stadtteilzentren“ sowie „Innerstädtische Wohn- und Mischgebiete“ schlechtere Voraussetzungen für die Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen auf den privaten Grundstücken.

Maßgeblich dafür sind folgende Merkmale:

- Versiegelungsgrad von 50% und mehr,
- kleinteilige Grundstücksaufteilung,
- Gebäude mit überwiegend stark geneigten Dächern, wie Satteldächer, bzw.
- Gebäude, bei denen aufgrund der Statik eine nachträgliche Dachbegrünung nicht zulässig ist.

Neben gegenwärtigen baulich-räumlichen Merkmalen, mit denen die Anpassungsfähigkeit von einzelnen Stadtstrukturtypen beschreibbar ist, beeinflussen gesellschaftliche Veränderungen die zukünftigen Möglichkeiten zur Anpassung der einzelnen Stadtstrukturtypen. Zu ihnen zählen sozio-ökonomische Rahmenbedingungen und der Stellenwert, den eine Gesellschaft der Anpassung an die Folgen der klimatischen Veränderungen beimisst. Die drei Entwicklungsszenarien „Rück- und Umbau in privater Verantwortung“, „Florierender Wirtschaftsstandort und Anstieg des anthropogenen Flächenbedarfs“ sowie „Kompakte Stadt als Zentrum für Innovationen im Bereich Umwelt“ decken daher mögliche Entwicklungspfade für das Modellgebiet bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts ab.

Im **Szenario „Rück- und Umbau in privater Verantwortung“** sind aufgrund der sinkenden wirtschaftlichen Aktivität und dem damit verbundenen Bevölkerungsrückgang öffentliche Mittel nur in einem geringen Maße verfügbar. Da eine verstärkte Suburbanisierung die Siedlungsentwicklung prägt, nimmt der Gebäudeleerstand in den innerstädtischen Stadtteilen zu und Grundstücke fallen z. T. brach. Abrisse sind selten, sodass die bauliche Struktur weitestgehend erhalten bleibt. Bestehende Stadtviertel werden nur sehr kleinräumig und in Einzelfällen durch Nachverdichtung weiterentwickelt. Die Stadt koordiniert Klimaanpassung nicht umfassend und vorausschauend. Vielmehr wartet die Stadt die Folgen der klimatischen Veränderungen ab. Anpassungsmaßnahmen zum Hochwasser- und Überflutungsschutz betroffener Grundstücke oder zum Hitzeschutz setzen private Eigentümerinnen und Eigentümer vereinzelt in eigener Verantwortung um.

Im **Szenario „Florierender Wirtschaftsstandort und Anstieg des anthropogenen Flächenbedarfs“** setzt die Stadt auf eine Förderung der Entwicklung von Hafen und klassischer Industrie. Um den zunehmenden Bedarf nach Wohnraum aufgrund einer wachsenden Bevölkerung zu decken, werden Baulücken geschlossen sowie Blockinnenbereiche, Freiflächen und Kleingartenanlagen bebaut. Darüber hinaus werden auch neue Siedlungsgebiete an den Stadträndern entwickelt. Umweltbelange haben eine niedrige Priorität. Die Stadt verfolgt die Strategie, wichtige Infrastrukturen vor den Folgen des Klimawandels zu schützen. Neben Schutzmaßnahmen setzen private Grundstückseigentümerinnen und -eigentümer bei Neu- oder Umbaumaßnahmen auf eine passive Klimatisierung der Gebäude, eine hellere Dachfarbe zur Vermeidung der Aufheizung sowie die Versickerung und den Rückhalt von Niederschlagswasser auf dem Grundstück. Eine flächendeckende Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen findet jedoch nicht statt.

Im **Szenario „Kompakte Stadt als Zentrum für Innovationen im Bereich Umwelt“** wächst die Wirtschaft dank der Ansiedlung von Industrie und Dienstleistungen aus den Bereichen Umweltschutz und erneuerbare Energien. Damit verbunden steigt die Bevölkerungszahl. Durch gezielte Nachverdichtung und Innenentwicklung nimmt die Bebauungsdichte in der Innenstadt und entlang der Hauptverkehrsachsen dementsprechend zu. Die Aufstockung und der Umbau von Gebäuden verhindert eine weitere Versiegelung. Die Sensibilität für Umweltbelange ist hoch und die Stadt verfolgt Klimaanpassung strategisch mit einem breiten Mix an Anpassungsmaßnahmen sowohl im öffentlichen Raum als auch durch die Unterstützung von Maßnahmen auf privaten Grundstücken. Im öffentlichen Raum umfassen sie u.a. die temporäre Mitbenutzung von Straßen, Spiel- und Sportplätzen, Grünflächen sowie Stadtteilplätzen zum Rückhalt bzw. zur Versickerung von Niederschlagswasser bei Starkregenereignissen, um gefährdete Gebäude oder Bereiche vor Überflutungen zu schützen. Niederschlagswasser wird grundsätzlich auf den Grundstücken, wo es anfällt, versickert, zurückgehalten, verdunstet oder genutzt. Zur Erhöhung der Albedo werden vor allem helle Materialien verwendet.

Für dieses Szenario zeigen detaillierte **Entwürfe** für ausgewählte Fokusgebiete unterschiedlicher städtischer Strukturtypen, wie Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen der klimatischen Veränderungen über die nächsten 35 Jahre auch in Bestandsquartieren integrierbar sind. In Abhängigkeit von der Dichte der Bebauung verlagert sich der Schwerpunkt der Maßnahmen. In städtischen Teilbereichen mit einer geringen Verdichtung werden sie vor allem auf den privaten Grundstücken umgesetzt. Insbesondere in den hochverdichteten Stadtstrukturtypen mit einer kleinteiligen Grundstücksaufteilung wird zunehmend auch der öffentliche Raum in Anspruch genommen.

Wirkungen der Maßnahmen

Die Arbeit an den Entwürfen verdeutlichte, dass folgende Gestaltungsprinzipien zu einer klimaangepassten Stadtentwicklung beitragen:

- Höhen- anstatt Breitenwachstum von Städten durch Aufstockung bestehender Gebäude, um die Zunahme versiegelter Flächen zu vermeiden;
- Kühlung von Gebäuden durch angepasste Orientierung, natürliche Tag- bzw. Nachtlüftung, Fassaden mit hoher Speichermasse und ausreichender Befensterung zur Tageslichtversorgung sowie effiziente Verschattungssysteme;
- Erhöhung des Grünanteils auf privaten Grundstücken und im öffentlichen Raum zur Erhöhung der kühlenden Wirkung von natürlicher Beschattung und Verdunstung vorwiegend durch Entsiegelung, Dachbegrünung sowie Begrünung von öffentlichen und privaten Grundstücken mit heimischen Arten und Zulassung von Spontanvegetation;
- Dezentrale Bewirtschaftung von Niederschlagswasser zur Reduktion der Gefährdung durch Überschwemmungen und Überflutungen durch eine Kombination von Maßnahmen zum Rückhalt, zur Versickerung, Verdunstung und kontrollierten Ableitung von Niederschlagswasser;
- Schaffung von multifunktionalen Flächen im öffentlichen Raum dicht bebauter Stadtstrukturtypen, um das Überschusswasser im Falle von Starkregenereignissen temporär zurückzuhalten und Schäden an Gebäuden oder sonstigen sensiblen Bereichen zu vermeiden;
- Umsetzung eines Biotopverbundsystems zur Verknüpfung von Biotopen und zur Schaffung von Wanderkorridoren für Flora und Fauna, ergänzt um entsprechende Pflegekonzepte;
- Erhöhung der Albedo zur Reduktion der städtischen Überwärmung durch Verwendung von hellen Materialien für die Oberflächen von Gebäuden und Verkehrsflächen.

Aufgrund der hohen Anforderungen an die stadträumliche Integration dieser unterschiedlichen Aspekte ist eine interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen ingenieurwissenschaftlich ausgerichteten und gestalterischen Disziplinen erforderlich. Eine gute Koordination entsprechender Prozesse durch querschnittsorientierte Disziplinen, wie die Stadt- und die Freiraumplanung, ist für das Gelingen entsprechender Konzepte von entscheidender Bedeutung.

Zwischen den drei zuvor skizzierten Szenarien bestehen erhebliche Unterschiede im Hinblick auf die Wirkungen der stadtstrukturellen Veränderungen auf das Stadtklima sowie das Gewässer- und Kanalnetz:

- **Stadtklima:** Die Aussagen zur mittleren Lufttemperatur als einem Parameter des Stadtklimas beruhen auf Untersuchungen mit Hilfe des numerischen meteorologischen Modells METRAS. Sie verdeutlichen, dass eine flächendeckende Umsetzung von Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen der klimatischen Veränderungen selbst bei einer zunehmenden Verdichtung, wie sie das Szenario „Kompakte Stadt“ vorsieht, die mittlere Lufttemperatur im Sommer um etwa 20 % oder 0,2 K reduziert und auch das räumliche Ausmaß der städtischen Wärmeinsel verringert. Insbesondere Gründächer, bei denen auch in sommerlichen Trockenperioden eine ausreichende Substratfeuchtigkeit sichergestellt ist, vermindern die Lufttemperatur sowohl tagsüber als auch nachts. Misst die Stadtentwicklung der Klimaanpassung jedoch nur eine geringe Bedeutung bei, wie in den Szenarien „Rück- und Umbau“ sowie „Florierender Wirtschaftsstandort“, kann die erwartete Temperatursteigerung im Sommer kaum verringert werden. Selbst im Szenario „Kompakte Stadt“ können die untersuchten Anpassungsmaßnahmen die zu erwartenden Klimaänderungen nicht kompensieren.
- **Kanalnetz und Gewässer:** Die getroffenen Aussagen beruhen auf Berechnungen mit dem hydrodynamischen Kanalnetzmodell Hystem-Extran und dem hydrologischen Niederschlags-Abfluss-Modell KalypsoHydrology. Werden umfangreiche Klimaanpassungsmaßnahmen in Form einer dezentralen Bewirtschaftung des Niederschlagswassers auf den Grundstücken bzw. im öffentlichen Raum umgesetzt, wie sie das Szenario „Kompakte Stadt“ vorsieht, entlasten sie sowohl das Kanalnetz als auch die Gewässer bei Starkregenereignissen. Die Maßnahmenkombination bestehend aus Gründächern, Teilentsiegelung und Rückhalt von Niederschlagswasser stellt sich als wirkungsvoll dar. Die Rückhalte- und Versickerungsmaßnahmen (z.B. Mulden, Rigolen) beeinflussen auch nach längeren Trockenperioden den Bodenwasserhaushalt und die niedrigen Wasserstände im Gewässer positiv durch Abmilderung von Wasserstandsschwankungen. Messen die Akteure der Stadtentwicklung der Klimaanpassung eine geringere Bedeutung bei, wie in den Szenarien „Rück- und Umbau in privater Verantwortung“ und „Florierender Wirtschaftsstandort“, kompensieren die Maßnahmen die projizierten klimatischen Änderungen hinsichtlich des Niederschlagsverhaltens und der Nachverdichtung nur begrenzt. In der Folge steigen die Überflutungsprobleme.

Das gegenwärtig vorherrschende stadtplanerische Leitbild der kompakten Stadt, das durch Nachverdichtung ein weiteres Wachstum innerhalb von bestehenden Siedlungsräumen ermöglicht, ist somit in einer grünen Stadt wie Hamburg, mit einer klimaangepassten Entwicklung in Bezug auf Temperatur und Niederschlag vereinbar. Allerdings erfordert es einen flächendeckenden Einsatz von Maßnahmen auf privaten Grundstücken und im öffentlichen Raum, um die aus der zunehmenden Verdichtung resultierenden Folgen für das Stadtklima sowie das Gewässer- und Kanalnetz zu kompensieren. Dabei bestehen zwischen einzelnen Handlungsfeldern der Klimaanpassung Synergieeffekte. Viele der untersuchten Maßnahmen zur Versickerung und zum Rückhalt von Niederschlagswasser wirken gleichzeitig positiv auf das Handlungsfeld „Temperatur“. Beispielsweise trägt eine Dachbegrünung, die Niederschlagswasser im Substrat des Gründachs speichert und verdunstet, sowohl zur Entlastung des Kanal- und Gewässernetzes als auch zu einem besseren Stadtklima bei.

Bewusstseinsbildung

Entscheidend für die Umsetzung von Anpassungskonzepten sind die Handlungsbereitschaft und die Ressourcenausstattung der verantwortlichen Akteure. Allerdings ist das Thema gegenwärtig für einen Großteil von ihnen aufgrund seiner begrenzten Erlebbarkeit von geringer Relevanz, wie Interviews im Modellgebiet verdeutlichen. Maßgeblich dafür ist sowohl die derzeit kaum sichtbare Betroffenheit der Akteure als auch die Unsicherheit über die zukünftigen klimatischen Veränderungen. Die Sensibilisierung für die langfristigen Anpassungserfordernisse, die aus den klimatischen Veränderungen resultieren, kann somit einen Beitrag zur Umsetzung entsprechender Konzepte leisten. Informations- und Beteiligungsinstrumente bilden daher einen wichtigen Bestandteil einer Governance der Klimaanpassung.

Instrumente zur Bewusstseinsbildung, die im Modellgebiet erprobt wurden, sind erforschendes und experimentelles Lernen, Workshops mit lokalen Akteuren und Online-Diskussionen. Sie weisen spezifische Stärken und Schwächen auf:

- **Erforschendes und experimentelles Lernen im Kontext schulischer Bildung** bietet die Möglichkeit, Schülerinnen und Schüler - und damit zukünftige Entscheidende - für die Folgen des Klimawandels zu sensibilisieren, Kompetenzen für den Umgang mit ihnen aufzubauen und ein entsprechendes Handlungsbewusstsein zu bilden. Die gegenwärtig Entscheidenden erreicht das Instrument nicht. Daher eignet sich die Sensibilisierung für Klimafolgen und Anpassungsoptionen für zeitnah erforderliche stadtstrukturelle Veränderungen weniger. Aufgrund von langen Erneuerungszyklen der einzelnen Bestandteile von städtischen Räu-

men, wie Gebäuden und Infrastrukturen, erscheint es jedoch sinnvoll, sie bereits heute anzugehen.

- **Workshops mit lokalen Akteuren** sind ein kreatives und zukunftsorientiertes Instrument, das die Beteiligten zu einer intensiven Auseinandersetzung mit den Folgen des Klimawandels und Anpassungsmaßnahmen anregt. Allerdings erfordert das erprobte Vorgehen hohe personelle Ressourcen für die Organisation und Durchführung des Formats und die Bereitschaft der Teilnehmenden, sich unvoreingenommen mit neuen Handlungsoptionen auseinanderzusetzen. Workshops mit lokalen Akteuren eignen sich daher vor allem für räumlich begrenzte, konkrete Planungen in einem sehr frühen Stadium, bei denen das Denken in Alternativen erwünscht ist.
- **Online-Diskurse** zeichnet aus, dass sie vielfältige Akteure flexibel erreichen können. Jedoch ist ein grundsätzliches Interesse an dem Thema erforderlich, um sie zu einer Teilnahme zu bewegen. Auch schließen die technischen Voraussetzungen bestimmte Bevölkerungsgruppen aus, sodass der Online-Diskurs zusätzlich zu Beteiligungsinstrumenten, welche eine physische Anwesenheit erfordern, eingesetzt werden sollte.

Grundsätzlich erfordern sowohl Workshops mit lokalen Akteuren als auch Online-Diskurse möglichst konkrete Planungsfälle. Ansonsten stellt sich für die Teilnehmenden die Frage, warum sie ihre Zeit für entsprechende Veranstaltungen aufbringen sollten. Klimaanpassung im Kontext schulischer Bildung ist in diesem Punkt offener und stärker für eine langfristig angelegte Bewusstseinsbildung geeignet.

Schlussfolgerungen

Eine nachhaltige Stadtentwicklung sollte die Betroffenheit durch die Klimafolgen bereits heute sowohl durch die Kompensation der Auswirkungen von klimatischen Veränderungen als auch durch die Vermeidung des Schadenspotenzials berücksichtigen. Entsprechende Anpassungsmaßnahmen sind auf den verschiedenen räumlichen Maßstabsebenen von der Stadtregion über die Gesamtstadt und das Quartier bis zu einzelnen Gebäuden und Grundstücken möglich.

Zum einen kann eine klimaangepasste Stadtentwicklung Klimafolgen durch Entsiegelung und Begrünung mindern. Beispielhaft sei auf Maßnahmen verwiesen, die den Rückhalt, die Versickerung sowie die Verdunstung von Niederschlagswasser erhöhen oder den Kaltluftaustausch mit dem Umland verbessern.

Zum anderen kann Stadtentwicklung bestehende Nutzungen an die zu erwartenden Gefährdungen anpassen und damit das Schadenspotenzial reduzieren, z.B. durch an Hochwasser angepasste Bauweisen oder eine passive Klimatisierung von Gebäuden. Einen ähnlichen Ansatz verfolgt die Vernetzung bestehender Habitats mit einem durchgehenden Biotopverbundsystem, um den Austausch zwischen Arten und Wanderungsbewegungen zu fördern.

Eine klimaangepasste Stadtentwicklung stellt hohe Anforderungen an die Integration des Fachwissens unterschiedlicher Disziplinen, wie Architektur, Biologie, Geographie, Sozialwissenschaften, Stadt- und Freiraumplanung sowie Wasserwirtschaft. Dazu bedarf es einer koordinierenden Instanz, die querschnittsorientiert arbeitet, wie die Stadt- oder die Freiraumplanung. Für die Umsetzung entsprechender Strategien und Maßnahmen ist darüber hinaus der politische Wille zur Entwicklung einer kompakten sowie an veränderte Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse angepassten Stadt von entscheidender Bedeutung.

Empfehlung 1: Politischen Stellenwert erhöhen und Bewusstsein schaffen

Die politische Bedeutung einer frühzeitigen klimaangepassten Stadtentwicklung muss erhöht werden. Politik, Verwaltung und Zivilgesellschaft sind für entsprechende Aspekte zu sensibilisieren. Zudem ist es notwendig, Bewusstsein für die Anpassungserfordernisse zu bilden.

Empfehlung 2: Flächendeckend Anpassungsmaßnahmen umsetzen

Die Klimaanpassung wachsender Städte erfordert bei Beibehaltung kompakter Strukturen eine flächendeckende Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen, um die Folgen von Starkregenereignissen und Temperaturanstieg sowie zunehmender Verdichtung zu kompensieren.

Empfehlung 3: Klimaanpassung in der Verwaltung verankern

Eine klimaangepasste Stadtentwicklung erfordert auf allen administrativen Ebenen hochrangig verankerte Beauftragte zur Koordination der interdisziplinären Zusammenarbeit zwischen ingenieur-, natur- und sozialwissenschaftlichen sowie gestalterischen Disziplinen. Weitere Aufgaben bestehen darin, Vorhaben mit übergeordneten Planungszielen abzustimmen sowie Anpassungsmaßnahmen langfristig und kontinuierlich in die laufenden Veränderungen von städtischen Strukturen zu integrieren.

Empfehlung 4: Instrumentenmix ausschöpfen

Um eine klimaangepasste Stadtentwicklung umzusetzen, muss die öffentliche Hand rechtlich bindende Vorgaben treffen, die Umsetzung entsprechender Maßnahmen fördern sowie durch öffentliche Baumaßnahmen selbst gute Beispiele schaffen.

Empfehlung 5: Bilanzierung von Kosten und Nutzen einzelner Maßnahmen

Um Entscheidungen der Stadtentwicklung zielgerichtet zu unterstützen, sollten die Kosten und Nutzen der unterschiedlichen Klimaanpassungsmaßnahmen umfassend bilanziert werden. Neben der Berücksichtigung von stadtklimatischen Aspekten sollten dabei auch die Wirkungen auf weitere Handlungsfelder einer nachhaltigen Stadtentwicklung, wie die Verbesserung der Lebensqualität der Bewohnenden und die Reduktion des Ausstoßes von Treibhausgasen, berücksichtigt werden.

Empfehlung 6: Stadt-regionale Sichtweise

Die Folgen klimatischer Veränderungen entfalten unabhängig von verwaltungspolitischen Grenzen ihre Wirkungen. Deshalb sollte Stadtentwicklung über die eigenen administrativen Grenzen hinaus denken. Erforderlich sind stadt-regionale Strategien und Konzepte sowie eine Kooperation der verantwortlichen Akteure in naturräumlich und funktional abgegrenzten Räumen.

1 Einleitung

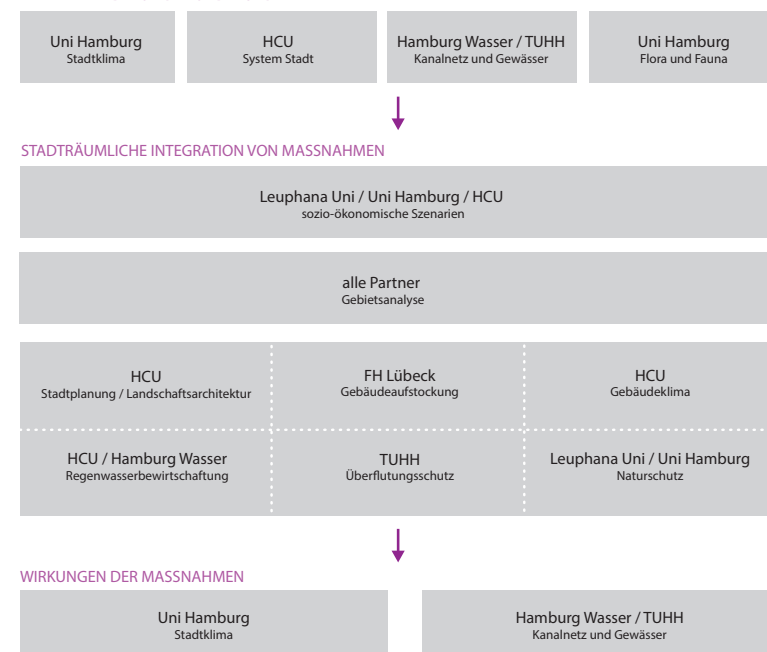
Der Klimawandel stellt die Stadtentwicklung in Deutschland vor neue Herausforderungen. Neben sozio-ökonomischen und technischen Veränderungen beeinflussen zunehmend Hitzeperioden, längere Trockenphasen im Sommer, Starkregenereignisse und Überschwemmungen die Lebensbedingungen der Menschen. Daraus resultierende Handlungsfelder, wie die Reduktion der städtischen Überwärmung, der dezentrale Umgang mit Niederschlagswasser und die Vermeidung potenzieller Schäden an Gebäuden in überschwemmungsgefährdeten Bereichen, gewinnen damit an Bedeutung.

Die Handlungsfelder der Klimaanpassung sind für die Stadtentwicklung nicht vollkommen neu. Niederschlagswasser wird im Neubau heute schon in vielen Fällen auf dem Grundstück versickert. Zudem berücksichtigen einige von Hitze betroffene deutsche Städte entsprechende Aspekte in ihrer Bauleitplanung. Umfassende Anpassungskonzepte, die im Sinne einer gesamtstädtischen Betrachtungsweise die unterschiedlichen Herausforderungen des Klimawandels berücksichtigen und integrieren, sind jedoch bislang noch rar. Dabei kommt gerade dem Umbau und der Qualifizierung bestehender Stadtquartiere eine besondere Bedeutung zu, da sie einen Großteil der städtischen Strukturen ausmachen. Bestandsquartiere lassen sich allerdings aufgrund des Lebenszyklus von Gebäuden und der jeweiligen Eigentümerstruktur meist nur langfristig umgestalten. Zudem muss bei der Konzeption der Anpassungsmaßnahmen beachtet werden, dass städtische Quartiere sich in der Art ihrer Bebauung und der daraus resultierenden Dichte sowie ihrer Nutzung unterscheiden. Diese Unterschiede haben Konsequenzen für die Klimaanpassung: Zum einen sind nicht alle Stadtstrukturtypen gleichermaßen von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen, zum anderen bieten sie unterschiedliche Möglichkeiten der Anpassung und müssen entsprechend differenziert betrachtet werden.

Da eine klimaangepasste Stadtentwicklung eine langfristige Aufgabe ist, setzt sich der vorliegende Bericht mit den Möglichkeiten der Klimaanpassung im städtischen Raum bis zum Jahr 2050 auseinander. Beispielhaft wird dazu das Einzugsgebiet des Flusses Wandse im Nordosten der Stadt Hamburg untersucht. Dieser Raum wird im Folgenden als Modellgebiet bezeichnet. Es handelt sich dabei um einen wasserwirtschaftlich abgegrenzten Bereich, der in die Wandse und seine Nebenflüsse entwässert. Der im stadt- und freiraumplanerischen Kontext ungewöhnliche Zuschnitt des Untersuchungsraums ermöglicht umfassende wasserwirtschaftliche Untersuchungen, insbesondere zu den Auswirkungen von veränderten Niederschlägen auf das Gewässer. Gegenwärtig ist die Betroffenheit des Modellgebietes als „moderat“ einzustufen. Die Frage, inwieweit Klimafolgen und stadtstrukturelle Veränderungen künftig die Hochwassersituation in diesem Raum beeinflussen werden, untersucht der vorliegende Forschungsbericht..

Ein weiteres Merkmal macht das Modellgebiet für vertiefende Untersuchungen interessant: Mit Ausnahme der Hafenterrassen weist es das gesamte Spektrum städtischer Strukturen auf, die in Hamburg vorkommen, so dass an ihm beispielhaft die Betroffenheit unterschiedlicher Strukturtypen und deren Anpassungsfähigkeit an den Klimawandel analysiert werden kann. Zudem ermöglicht das Gebiet die exemplarische Entwicklung siedlungsräumlicher und baulicher Lösungen für eine klimaangepasste Stadt. Die einzelnen Stadtstrukturen sind mit denjenigen anderer deutscher Städte vergleichbar. Dementsprechend ist eine Übertragbarkeit der Ergebnisse gegeben. Anhand dreier Fokusgebiete stellt der Forschungsbericht neben quartiersbezogenen auch kleinräumige Anpassungsmaßnahmen auf den Maßstabsebenen des Gebäudes, des Grundstücks und des Blocks vor. Die Wirkungen dieser Maßnahmen auf das Stadtklima sowie das Gewässer- und Kanalsystem werden auf Basis meteorologischer und wasserwirtschaftlicher Modelle für das Einzugsgebiet bzw. Gesamt-Hamburg dargestellt und quantifiziert.

KLIMAVÄNDERUNGEN UND -FOLGEN



BEWUSSTSEINS-BILDUNG

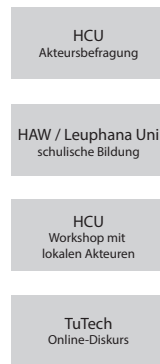


Abb. 1: Teamzusammensetzung und Arbeitsbausteine zur Entwicklung von Konzepten zur Klimaanpassung im Modellgebiet

Die Grundlage für die dokumentierten Forschungsergebnisse bildet die vierjährige Arbeit eines interdisziplinären Teams aus Fachexpertinnen und -experten der Architektur, Biologie, Geographie, Sozialwissenschaften, Stadt- und Freiraumplanung sowie Wasserwirtschaft. Sie haben im Rahmen des Verbundprojektes KLIMZUG-NORD die Möglichkeiten zur Klimaanpassung in städtischen Räumen am Beispiel des Einzugsgebietes der Wandse untersucht. In Abstimmungstreffen und Workshops definierten die Vertreterinnen und Vertreter der einzelnen Disziplinen gemeinsame Fragestellungen, diskutierten Arbeitsergebnisse und entwickelten sie weiter. Darüber hinaus spiegelt sich die Interdisziplinarität auch in der gemeinsamen Bearbeitung von Arbeitsbausteinen durch unterschiedliche Fachdisziplinen wider.

Der Arbeit liegen vier zentrale Fragestellungen zugrunde, auf die der Bericht im Folgenden eingeht:

- Mit welchen Klimaveränderungen und Klimafolgen ist bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts für das Modellgebiet zu rechnen?
- In welchem Umfang lassen sich Anpassungsmaßnahmen unter verschiedenen sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen in unterschiedlichen Quartieren stadträumlich integrieren?
- Können die Anpassungsmaßnahmen die Wirkungen des Klimawandels kompensieren?
- Wie kann Bewusstsein für die Folgen des Klimawandels und für die Anpassungserfordernisse gebildet werden?

Die Zusammensetzung des Teams und die Zuordnung der Arbeitsbausteine zu den vier zentralen Fragestellungen zeigt die folgende Abbildung:

Die interdisziplinäre Zusammensetzung des Teams ermöglichte es, stadtplanerische und freiraumplanerische Konzepte mit Wirkungsanalysen für das Stadtklima und die Wasserwirtschaft zu verknüpfen. Aufgrund des langfristigen Planungshorizonts, der mit Unsicherheiten sowohl hinsichtlich der klimatischen Veränderungen als auch bezüglich der sozio-ökonomischen Entwicklungen einhergeht, liegen der Arbeit drei unterschiedliche Entwicklungsszenarien zugrunde: Szenario 1 geht von einer rückläufigen Wirtschafts- und Einwohnerentwicklung verbunden mit einem geringen Stellenwert von Umwelt- und Klimaanpassungsbelangen in der Gesellschaft aus. Szenario 2 beschreibt Hamburg als florierenden Wirtschaftsstandort, wobei der Schutz von Menschen und Gütern im Mittelpunkt steht. Das Bild einer kompakter werdenden Stadt, in der Nutzungen umfassend an die klimatischen Veränderungen angepasst werden, umreißt Szenario 3. Die drei Szenarien beinhalten somit unterschiedliche Entwicklungsmöglichkeiten und entsprechende strategische Herangehensweisen im Umgang mit den Folgen des Klimawandels für die nächsten 35 Jahre. Ziel der Forschungsstudie ist, sowohl die klimatischen Veränderungen als auch die damit verbundenen Auswirkungen darzustellen und Möglichkeiten zur Klimaanpassung aufzuzeigen.

Die Erkenntnisse dienen dazu:

- Veränderungen für Städte durch den Klimawandel zu benennen,
- städtische Strukturen hinsichtlich ihrer Betroffenheit und Anpassungsmöglichkeiten zu beurteilen,
- Möglichkeiten zur Integration von Anpassungsmaßnahmen für unterschiedliche städtische Strukturen darzustellen,
- Wirkungen von Anpassungsmaßnahmen zu quantifizieren sowie
- Möglichkeiten zur Bewusstseinsbildung aufzuzeigen.

Aufbau des Berichtes

Zu Beginn stellt Kapitel 2 Grundlagen zu den Themenfeldern Klimawandel und Stadtentwicklung dar. Es beschreibt, auf welche absehbaren Klimafolgen sich Hamburg mit großer Wahrscheinlichkeit in den nächsten Jahren und Jahrzehnten einstellen muss. Darüber hinaus geht es auf die Betroffenheit und die Anpassungsfähigkeit der unterschiedlichen städtischen Strukturen ein. Die Analyse greift dazu methodisch auf eine Systematisierung von städtischen Strukturen in Stadtstrukturtypen zurück.

Kapitel 3 beschreibt das Modellgebiet und zeigt mögliche Folgen des Klimawandels für das Stadtklima, das Kanalnetz und die Gewässer sowie für Flora und Fauna auf. Beispielhafte Anpassungskonzepte für das Modellgebiet

stellt Kapitel 4 vor und beschreibt die Wirkungen der eingesetzten Anpassungsmaßnahmen. Da die städtebauliche Entwicklung des Modellgebietes bzw. der Fokusgebiete bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts ungewiss ist, zeigt das Kapitel zunächst drei mögliche Zukunftsszenarien auf. Sie bilden unterschiedliche sozio-ökonomische Trends ab sowie daraus resultierende Haltungen im Umgang mit den Folgen des Klimawandels von Politik, Verwaltung, Unternehmen und Anwohnenden. Darüber hinaus beschreibt das Kapitel die mögliche Entwicklung der Fokusgebiete in den Szenarien.

Anschließend veranschaulichen ortsbezogene Entwürfe, wie unterschiedliche Anpassungsmaßnahmen sowohl stadt- und freiraumplanerisch als auch architektonisch für die Qualifizierung von Bestandsgebieten genutzt und im Neubau integriert werden können. Das Kapitel stellt Konzepte zur nachträglichen Aufstockung von Gebäuden, zur passiven Gebäudekühlung, zu klimaangepassten Pflanz- und Pflegekonzepten, zum Rückhalt, zur Versickerung und kontrollierten Ableitung von Niederschlagswasser auf dem Grundstück, zur multifunktionalen Flächennutzung für den Rückhalt von Niederschlagswasser bei Starkregenereignissen im öffentlichen Raum sowie Möglichkeiten zum Schutz einzelner Gebäude bei Überschwemmung vor.

Ergänzend zu den Fokusgebieten enthält der Bericht übertragbare Kennzahlen für alle baulich geprägten Stadtstrukturtypen, die eine Bewertung der Anpassungskonzepte mit Hilfe meteorologischer und wasserwirtschaftlicher Modelle ermöglichen. Die Quantifizierung der Wirkungen von Anpassungskonzepten in den unterschiedlichen Szenarien auf das Stadtklima, das unterirdische Kanalnetz und die Gewässer rundet das Kapitel ab.

Im Anschluss benennt Kapitel 5 unterschiedliche Akteure im Modellgebiet, die bei der Umsetzung von Anpassungskonzepten beteiligt werden sollten bzw. die Konzeptentwicklung und -umsetzung unterstützen können. Unterschiedliche, bereits bestehende Instrumente zur Information und Beteiligung der Öffentlichkeit werden angeführt, um eine möglichst effektive Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen zu erreichen und Bewusstsein bei den Akteuren für die bestehenden Handlungserfordernisse zu bilden.

Zum Verständnis des Berichtes erläutert ein Glossar im Anhang die verwendeten Fachbegriffe. Zusammenfassungen am Ende der jeweiligen Unterkapitel und Zwischenfazit am Ende der Kapitel stellen für die eiligen Leser die Kerninformation bereit. Einzelne Sachverhalte legt der Bericht z.T. sehr verkürzt dar. Ausführlichere Informationen enthalten Veröffentlichungen der Projektpartner.

2 Grundlagen: Klimawandel und Stadtentwicklung

Mit der Frage, auf welche klimatischen Veränderungen sich Hamburg in den nächsten Jahrzehnten einstellen muss, setzt sich Kapitel 2 auseinander. Es erläutert auf Basis vorhandener Datengrundlagen die projizierten Klimaänderungen für den Raum Hamburg bis Mitte bzw. Ende des 21. Jahrhunderts. Anschließend werden die Auswirkungen der Klimaänderungen für unterschiedliche städtische Strukturen beschrieben, wobei insbesondere Temperaturen und Niederschläge in den Blick genommen werden. Die Einteilung in Stadtstrukturtypen dient dabei als methodischer Ansatz, um einschätzen zu können, welche Strukturen besonders betroffen sind. In einem weiteren Schritt wird ihre Anpassungsfähigkeit an den Klimawandel beurteilt, mit dem Fokus auf Rückhalt, Speicherung und Verdunstung von Niederschlagswasser auf dem Grundstück.

2.1 Projizierte Veränderungen des regionalen Klimas im Raum Hamburg

Robert Schoetter, Peter Hoffmann, Marita Linde, Juliane Petersen, Diana Rechid, K. Heinke Schlünzen

Kapitel 2.1 stellt die projizierten Veränderungen des regionalen Klimas im Raum Hamburg dar. Der Fokus liegt dabei auf Änderungen von Temperatur und Niederschlag. Grundlage der Auswertung bilden Ergebnisse der regionalen Klimamodelle REMO und CLM. Für die Quantifizierung des heutigen Klimazustands und der zukünftigen Klimaänderungen werden jeweils die mittleren Verhältnisse über einen Zeitraum von 30 Jahren, dem so genannten klimatologischen Mittel, betrachtet.

Die Auswertung bezieht sich auf Änderungen des Klimas bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts (2036-2065) und bis zum Ende des 21. Jahrhunderts (2071-2100) gegenüber einem Referenzzeitraum im vergangenen Jahrhundert (1971-2000). Die hier vorgestellten Ergebnisse sind Teil einer Auswertung der regionalen Klimamodellergebnisse für die verschiedenen Modellgebiete des Forschungsverbundes KLIMZUG-NORD.¹

¹ Rechid et al. 2014

Datengrundlage

Als Datengrundlage dienen Simulationen der regionalen Klimamodelle REMO² und CLM³. Die Randwerte der meteorologischen Parameter stammen aus Simulationen des globalen Klimamodells ECHAM5-MPIOM⁴. Die Bandbreite zukünftiger Klimaänderungen in Abhängigkeit von unterschiedlichen Treibhausgasemissionen wird durch die SRES Emissionsszenarien⁵ A1B, A2 und B1 abgebildet. Damit werden mögliche Pfade globaler demografischer, sozio-ökonomischer und technologischer Entwicklungen berücksichtigt. Das A1B Szenario geht von starkem Wirtschaftswachstum, rascher Entwicklung neuer Technologien sowie einem ausgewogenen Energiemix aus. Das B1 Szenario nimmt dagegen eine rasche Konvergenz der Volkswirtschaften und einen schnellen Übergang zur Dienstleistungs- und Informationsgesellschaft an. Folglich ist mit einem geringeren Ressourcenverbrauch und niedrigeren Treibhausgasemissionen als im A1B Szenario zu rechnen. Das A2 Szenario geht von sehr heterogenen Volkswirtschaften und einer stark steigenden Weltbevölkerung aus. Wirtschaftswachstum und technologische Entwicklung verlaufen langsamer als im A1B und B1 Szenario. Die Entwicklung der Treibhausgasemissionen verhält sich bis Mitte des 21. Jahrhunderts ähnlich wie im A1B Szenario, gegen Ende des 21. Jahrhunderts fallen die Werte höher aus. Die SRES Emissionsszenarien dürfen nicht mit den in Kapitel 4.2 dargestellten sozio-ökonomischen Entwicklungsszenarien für das Modellgebiet verwechselt werden.

Für jedes Emissionsszenario werden mehrere Realisierungen berechnet, um die Bandbreite zukünftiger Klimaänderungen aufgrund der natürlichen Klimavariabilität abzuschätzen. Für REMO liegen jeweils drei Realisierungen der Szenarien A1B, A2 und B1 in ca. 10 km horizontaler Auflösung vor⁶, für CLM jeweils zwei Realisierungen der Szenarien A1B und B1 in ca. 18 km horizontaler Auflösung⁷. Es ist zu beachten, dass das vorliegende Ensemble von 13 Simulationen nur einen Teil der Bandbreite möglicher Klimaänderungen abdeckt⁸.

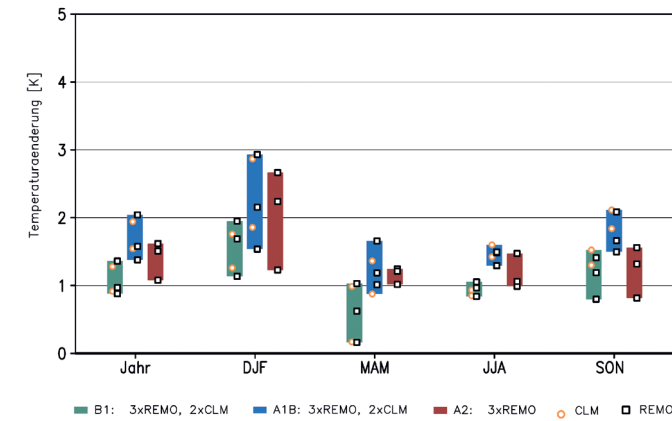
Änderungen der jahreszeitlichen Mittel

Die projizierten Änderungen der jahreszeitlichen Mittel für Temperatur und Niederschlag sind in Abbildung 2 dargestellt. Temperaturänderungen werden den Konventionen entsprechend stets in Kelvin (K) angegeben, d.h., eine Änderung um 1 K entspricht einer Änderung um 1 °C. Die Simulationen ergeben, dass das klimatologische jahreszeitliche Mittel der Temperatur in allen vier Jahreszeiten ansteigen wird, mit dem stärksten Anstieg im Winter (DJF). Bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts sind die ermittelten Werte des projizierten Temperaturanstiegs allerdings mehr von der Wahl des jeweiligen Modells und der Realisierung abhängig als vom Emissionsszenario. Zum Ende des 21. Jahrhunderts ist der Temperaturanstieg für die Szenarien A1B und A2 mit vergleichsweise hohen Treibhausgasemissionen deutlich höher als für das Szenario B1 mit vergleichsweise niedrigen Treibhausgasemissionen. Die klimatologische jahreszeitliche Niederschlagsmenge steigt im Herbst, Winter und Frühjahr an, im Winter gegen Ende des 21. Jahrhunderts ist die stärkste Zunahme zu verzeichnen. Im Sommer zeigt sich gegen Mitte des 21. Jahrhunderts kein klarer Trend. Gegen Ende des 21. Jahrhunderts zeigen im A1B Szenario alle Simulationen eine Abnahme der klimatologischen Niederschlagsmenge. Im B1 und A2 Szenario zeigen einige Simulationen eine Zunahme, andere eine Abnahme der sommerlichen Niederschlagsmenge. Der Einfluss der natürlichen Variabilität des Klimas ist beim Niederschlag deutlich größer als bei der Temperatur. Daher ist auch gegen Ende des 21. Jahrhunderts die Bandbreite innerhalb der einzelnen Szenarien in etwa so groß wie die Bandbreite zwischen den Szenarien.

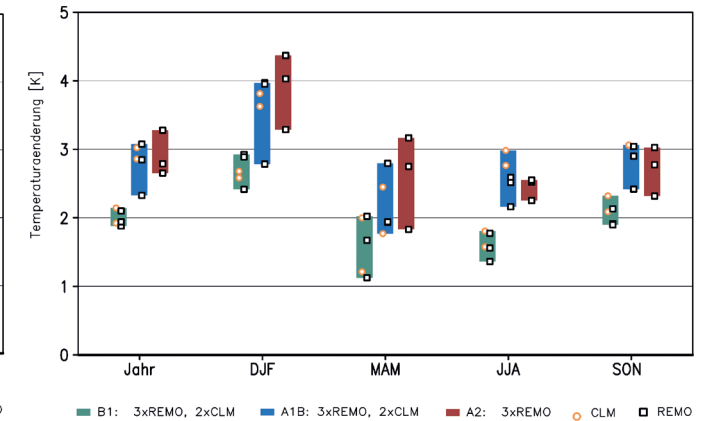
Änderungen der Tageswerte

Abbildung 3 stellt die simulierten Hundertstelwerte, die so genannten Perzentile der Tagesmitteltemperatur im Referenzzeitraum 1971 bis 2000 sowie deren Änderungen dar.⁹ Der Begriff des Perzentils wird im Glossar näher erläutert. Im Winter fällt der Anstieg der niedrigen Perzentile (kalte bis sehr kalte Tage) deutlich stärker aus als der Anstieg der höheren Perzentile (milde Tage). Die mittlere Erwärmung im Winter kommt vor allem dadurch zustande, dass deutlich weniger kalte bis sehr kalte Tage vorkommen. Die Verteilung der simulierten Tagesmitteltemperaturen im Winter wird damit im Zukunftsklima schmaler. Diese Aussage wird durch alle Rechenläufe, sowohl für die Mitte als auch für das Ende des 21. Jahrhunderts, bestätigt.

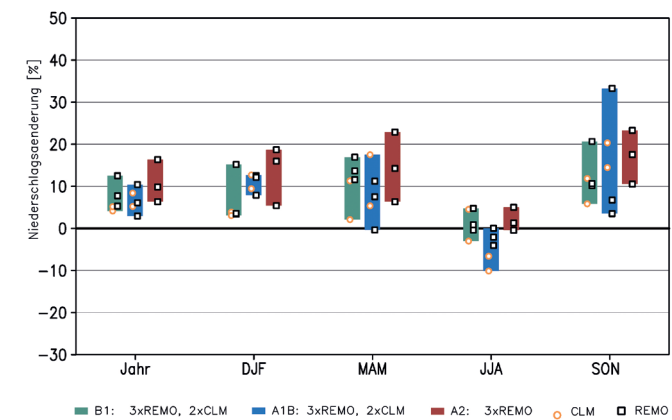
Temperatur 2036-2065



Temperatur 2071-2100



Niederschlag 2036-2065



Niederschlag 2071-2100

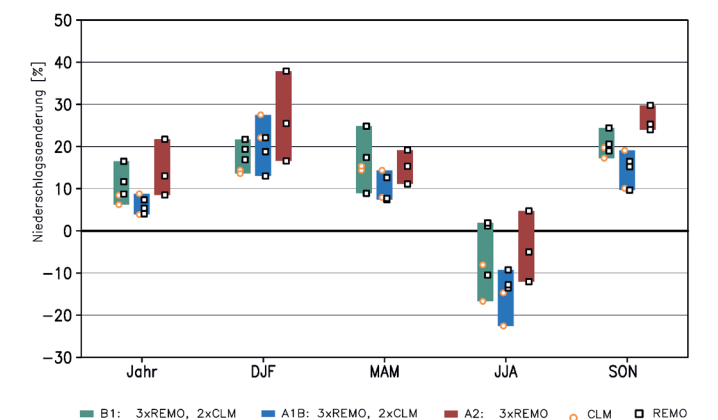


Abb. 2: Projizierte Änderungen der Temperatur und der Niederschlagsmenge für das Hamburger Stadtgebiet, jeweils im klimatologischen jahreszeitlichen Mittel. Der farbige Balken zeigt die Bandbreite der möglichen Klimaveränderung aller für das gegebene Szenario vorliegenden Simulationen an. Die Abkürzungen DJF, MAM, JJA und SON stehen für die meteorologischen Jahreszeiten Dezember-Januar-Februar, März-April-Mai, Juni-Juli-August, September-Oktober-November

Betrachtet man den Zeitraum 2036 bis 2065 im Szenario B1, so stellt sich der für die Sommermonate berechnete Anstieg verschiedener Perzentile sehr ähnlich dar. In den Szenarien A1B und A2 zeigt sich ein etwas stärkerer Anstieg der höheren Perzentile (warme bis heiße Tage) im Vergleich zu den niedrigeren Perzentilen (kühle Tage). In beiden Szenarien ist der für den Zeitraum 2071 bis 2100 ermittelte Anstieg der höheren Perzentile noch etwas ausgeprägter als im Zeitraum 2036 bis 2065. Im B1 Szenario ist keine eindeutige Abhängigkeit des Temperaturanstiegs vom Perzentil erkennbar. Diese Aussagen sind für die beiden regionalen Klimamodelle gleich.

Abbildung 4 stellt die simulierten Perzentile der Tagesniederschlagssummen an Tagen mit mehr als 1 mm Niederschlag im Referenzzeitraum 1971 bis 2000 sowie deren Änderungen dar. Im Sommer wird für Tage mit leichten bis mittleren Niederschlägen eine Abnahme der Niederschlagsintensität projiziert, für Tage mit hoher Niederschlagsintensität dagegen eine Zunahme. Dies zeigt, dass die leichte Abnahme der klimatologischen Niederschlagsmenge im Sommer bis zum Ende des 21. Jahrhunderts mit einer Zunahme der Häufigkeit von Starkniederschlägen verbunden ist.

Der Übergangsbereich zwischen Abnahme und Zunahme der sommerlichen Niederschlagsintensitäten befindet sich in etwa im Bereich des 80. Perzentils mit Tagesniederschlägen von ca. 10 mm im Referenzzeitraum. Im Winter ist eine generelle Zunahme der Niederschlagsintensitäten festzustellen.

Die projizierten Änderungen ausgewählter Kenntage sind in den Abbildungen 5 und 6 dargestellt. Sommer- und Hitzetage werden im zukünftigen Klima deutlich zunehmen, insbesondere gegen Ende des 21. Jahrhunderts. Die Anzahl der Tropennächte steigt absolut betrachtet nur leicht an, da trotz steigender Tagesminimumtemperaturen im zukünftigen Klima die Schwelle von 20 °C Tagesminimumtemperatur nur selten überschritten wird. Die Anzahl der Starkniederschlagstage, d.h. der Tage mit Niederschlägen größer gleich 20 mm, nimmt zu. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass sich die Definition eines Starkniederschlagstags in verschiedenen Disziplinen (bspw. Meteorologie und Wasserwirtschaft) unterscheidet.

2 Jacob 2001
3 Rockel et al. 2008
4 Roeckner et al. 2003, Jungclaus et al. 2006
5 Nakicenovic et al. 2000
6 Jacob 2005, Jacob et al. 2008, Jacob et al. 2012.

7 Hollweg et al. 2008, Lautenschlager et al. 2009, Keuler et al. 2009a, Keuler et al. 2009b

8 Zum einen besteht die Möglichkeit, dass die zukünftigen Treibhausgasemissionen, die durch die Szenarien aufgespannte Bandbreite verlassen, zum anderen wird durch die Auswertung der Ergebnisse von lediglich zwei regionalen Klimamodellen, welche von demselben globalen Klimamodell angetrieben werden, nur ein Teil der Bandbreite auf Grund von Modellunsicherheiten abgedeckt. Ein Vergleich mit größeren Ensembles wie sie in den Projekten PRUDENCE und ENSEMBLES erstellt wurden und in CORDEX zurzeit erweitert werden, bietet sich an, um die in diesem Abschnitt erhaltenen Ergebnisse besser einordnen zu können.

9 Für den Winter wurden alle CLM, sowie die REMO-A1B-1; REMO-A1B-2; REMO-B1-1; REMO-A2-1 Läufe weggelassen, da in den für diese Simulationen verwendeten Modellversionen eine unrealistische Häufung von Tagesmitteltemperaturen um 0°C aufgetreten ist.

TAGESMITTELTEMPERATUR

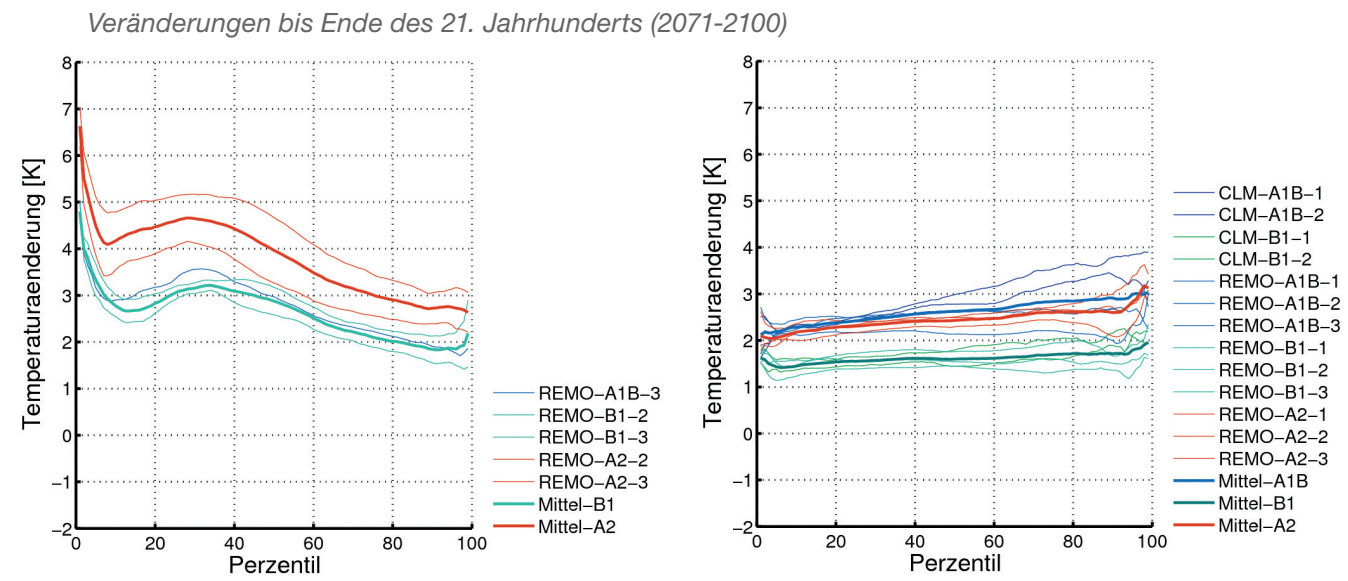
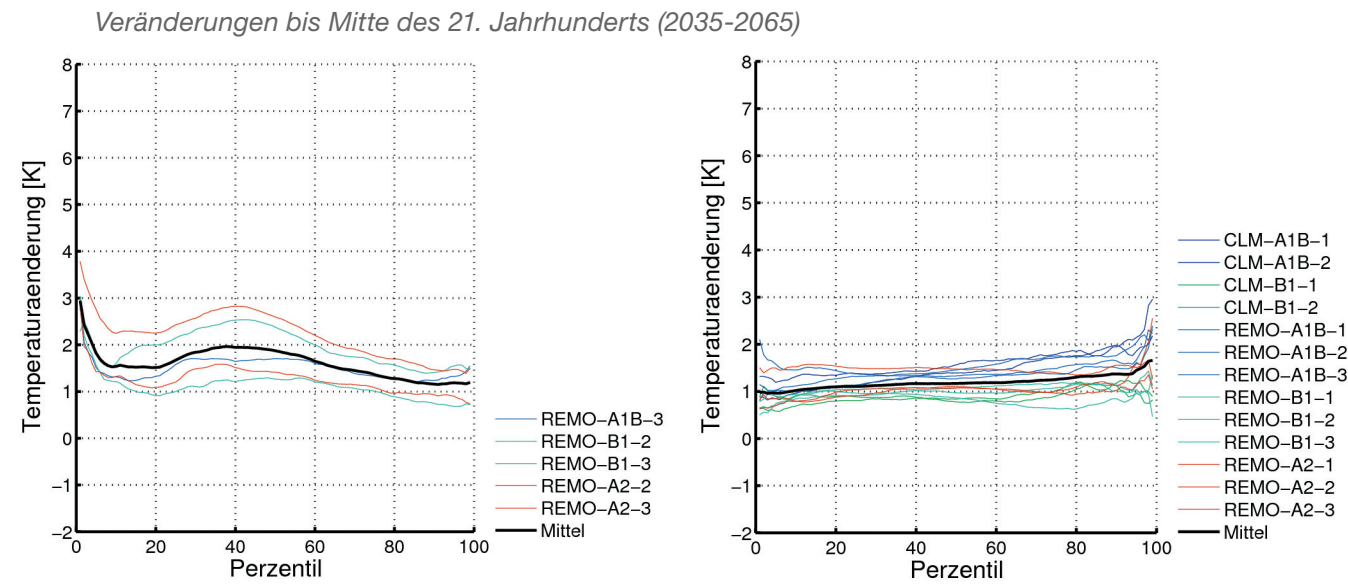
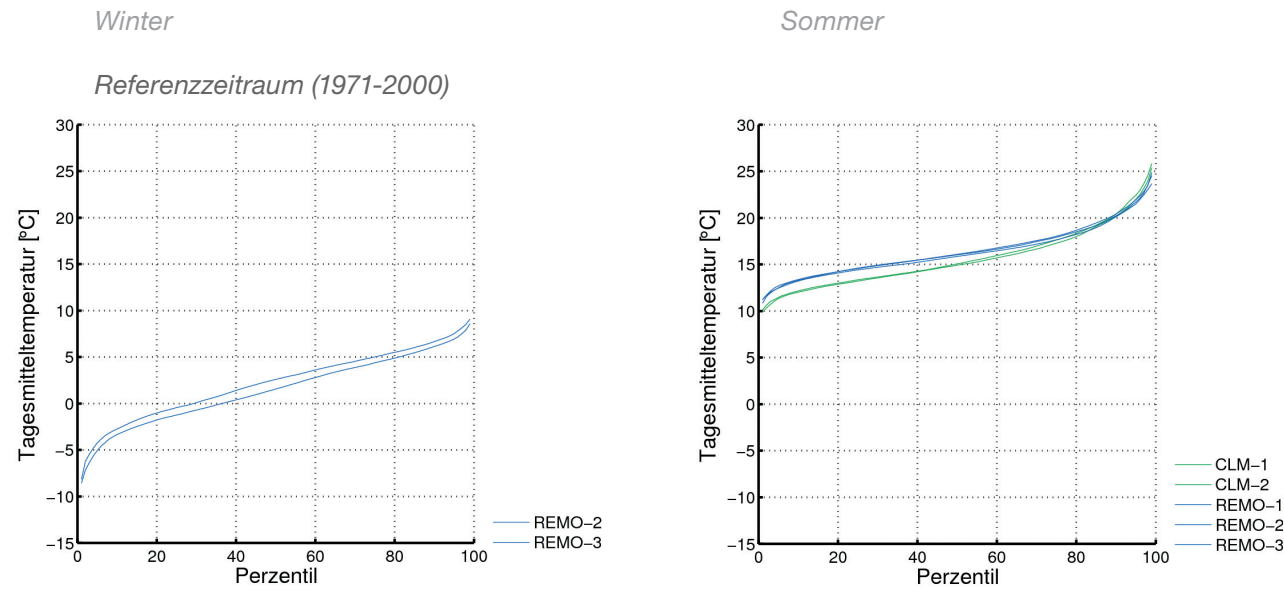


Abb. 3: Simulierte Perzentile der Tagesmitteltemperatur im Referenzzeitraum 1971 bis 2000 sowie projizierte Änderungen für den Zeitraum 2036 bis 2065 und 2071 bis 2100, jeweils dargestellt für Winter und Sommer

TAGESNIEDERSCHLAGSSUMME

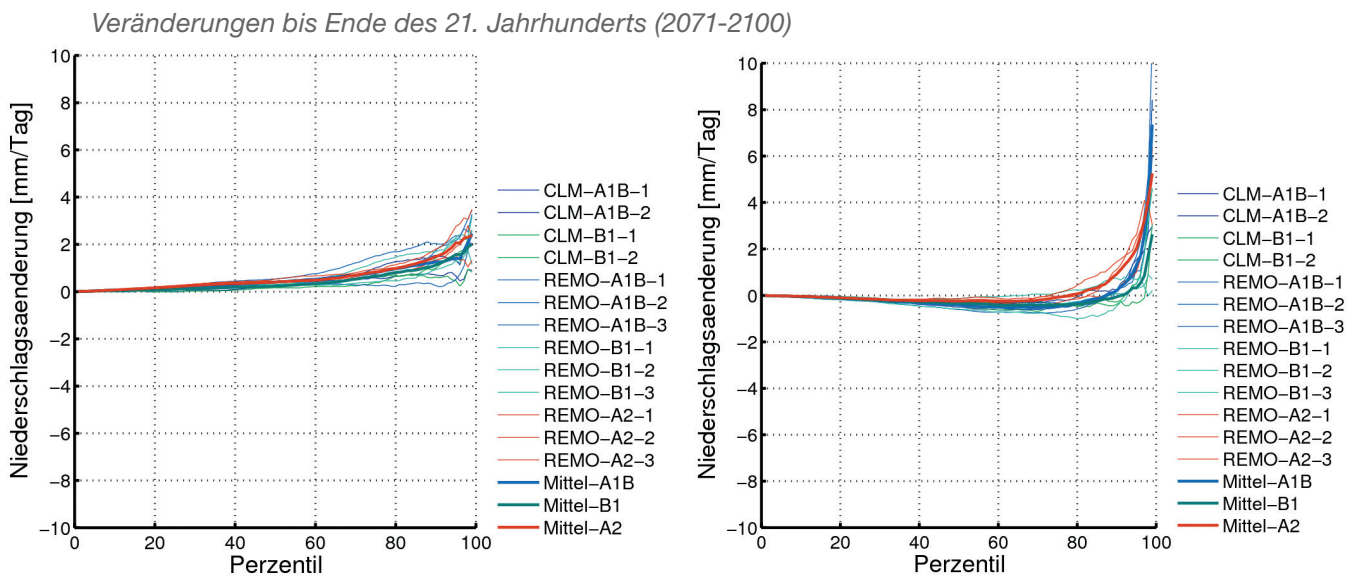
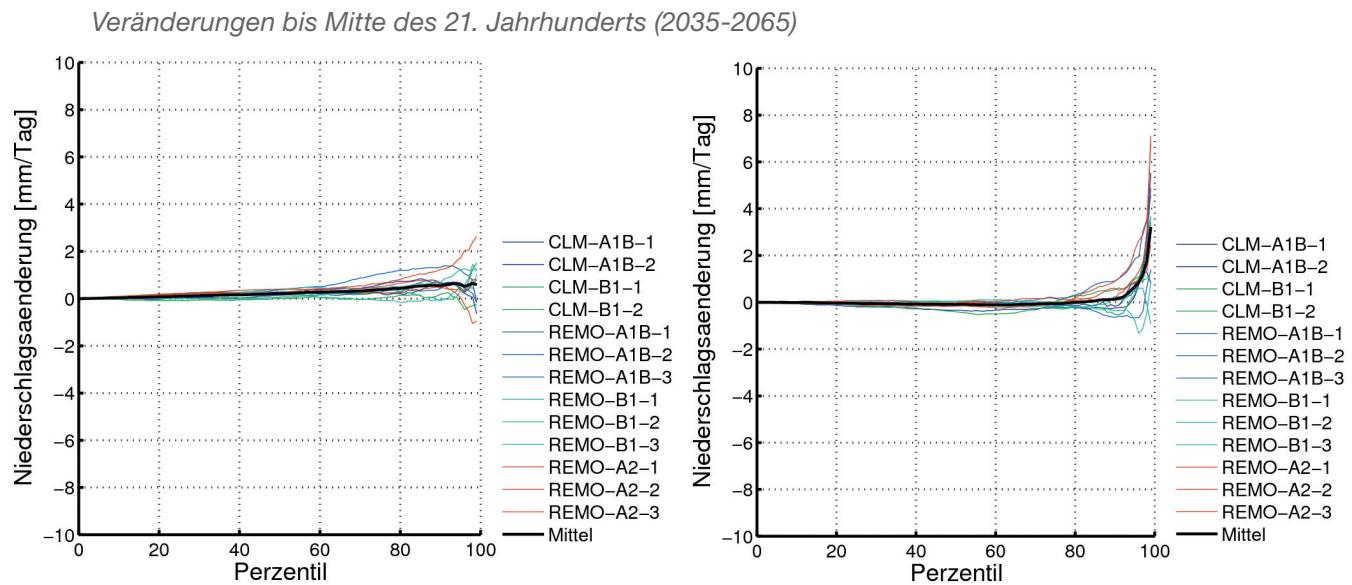
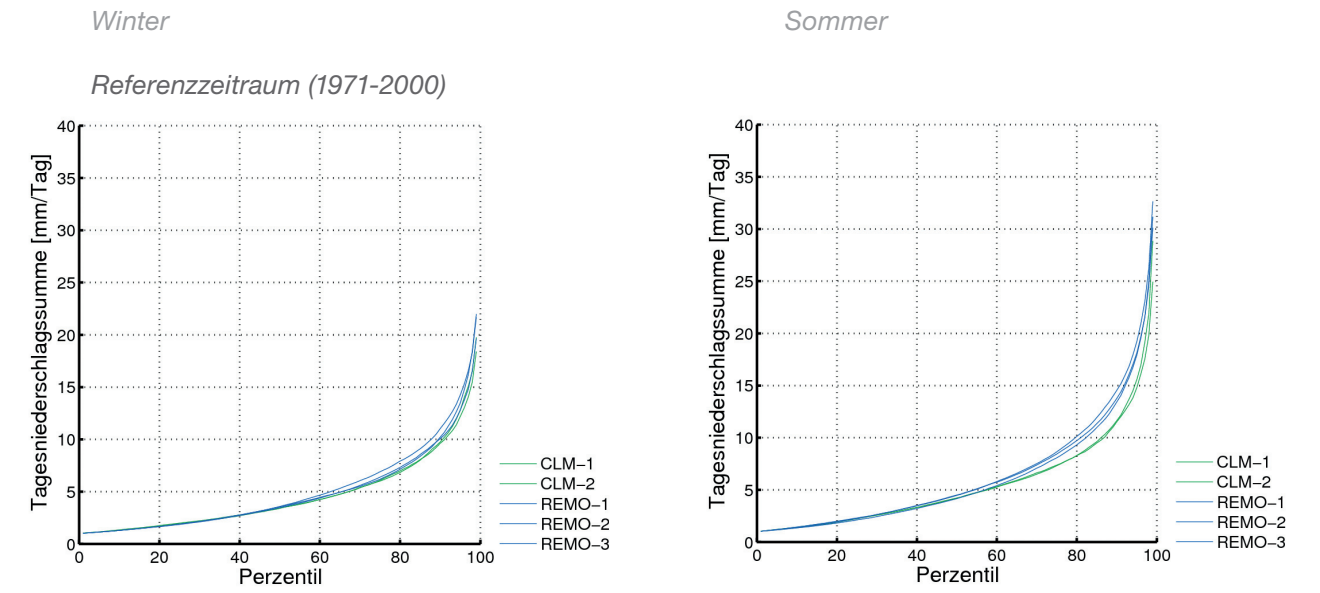
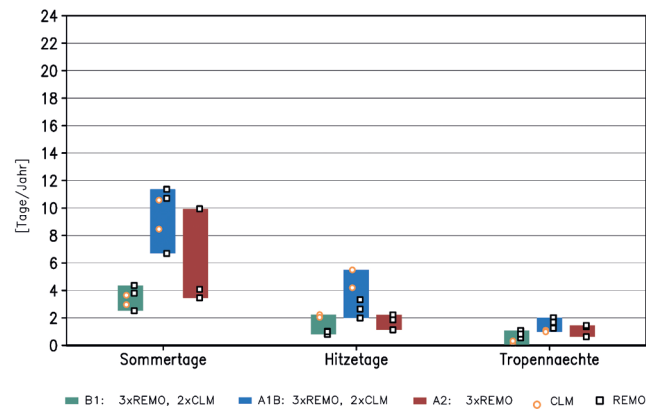


Abb. 4: Simulierte Perzentile der Tagesniederschlagssummen an Tagen mit mehr als 1 mm Niederschlag im Referenzzeitraum 1971 bis 2000 sowie projizierte Änderungen für den Zeitraum 2036 bis 2065 und 2071 bis 2100. Jeweils dargestellt für Winter und Sommer.

Sommer- und Hitzetage, Tropennächte 2036-2065



Sommer- und Hitzetage, Tropennächte 2071-2100

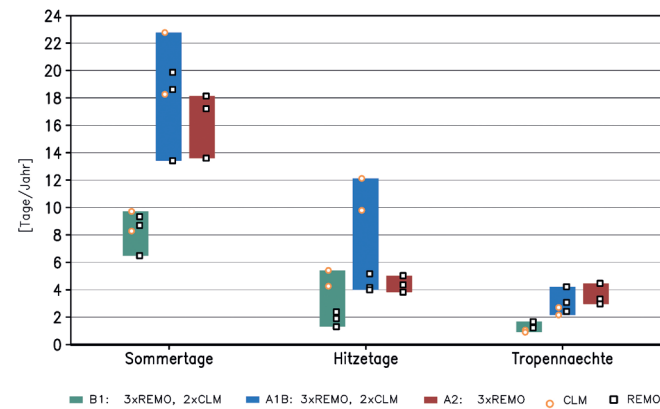
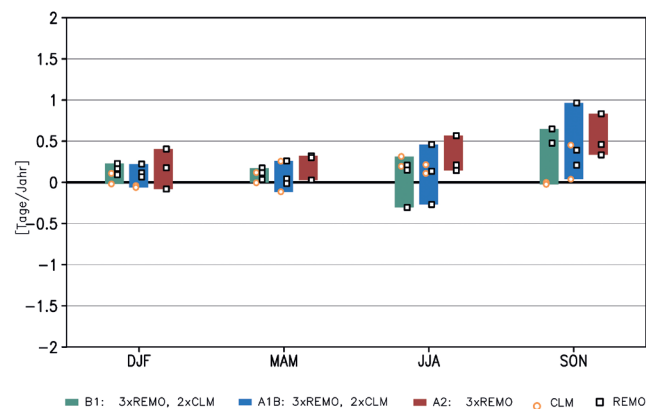


Abb. 5: Projizierte Änderungen der Anzahl von Sommertagen (14 bis 23 Tage pro Jahr im Referenzzeitraum), der Anzahl von Hitzetagen (1 bis 8 Tage pro Jahr im Referenzzeitraum), und der Anzahl von Tropennächten (0,2 bis 0,4 Tage pro Jahr im Referenzzeitraum).

Tage mit Niederschlag über 20mm 2036-2065



Tage mit Niederschlag über 20mm 2071-2100

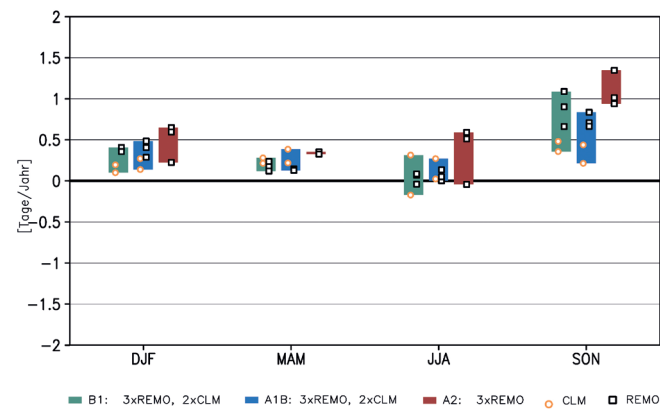


Abb. 6: Projizierte Änderungen der Anzahl von Starkniederschlagstagen (0,3 bis 0,6 Tage pro Jahr in DJF; 0,2 bis 0,5 Tage pro Jahr in MAM; 0,8 bis 2,0 Tage pro Jahr in JJA; und 0,5 bis 1,1 Tage pro Jahr im Referenzzeitraum in SON) für die verschiedenen Jahreszeiten.

Zusammenfassung

Die globalen Klimaänderungen wirken sich regional auf Hamburg aus. Bis Mitte des 21. Jahrhunderts muss sich die Metropole auf steigende Temperaturen einstellen, das bedeutet ca. 1 K bis 3 K höhere Temperaturen im Winter und ca. 1 K bis 1,5 K im Sommer. Der Temperaturanstieg hängt bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts nur geringfügig davon ab, wie hoch die Menge an Treibhausgasen ist, die global ausgestoßen wird. Ab Mitte des 21. Jahrhunderts wird ein deutlicher Unterschied zwischen den Szenarien mit vergleichsweise hohen Treibhausgasemissionen (A1B und A2) und dem Szenario mit vergleichsweise niedrigen Treibhausgasemissionen (B1) erkennbar. Je mehr Treibhausgase ausgestoßen werden, desto höher ist der zu erwartende Temperaturanstieg. Dementsprechend steigt die Anzahl von Sommer- und Hitzetagen künftig an. Dies wird sehr wahrscheinlich tagsüber zu einer erhöhten Hitzebelastung für die Hamburger Bevölkerung führen. Auch die Anzahl der Tropennächte wird steigen, bleibt aber absolut betrachtet mit ein bis vier Tagen pro Jahr auch in Zukunft gering.

Des Weiteren muss sich Hamburg in Zukunft auf zunehmende Niederschlagsmengen einstellen. Einzige Ausnahme ist der Sommer, für den zeigen gegen Ende des 21. Jahrhunderts die meisten Simulationen eine Abnahme der Niederschlagsmengen. Einher geht dies mit einer Zunahme der Häufigkeit von Starkniederschlägen. In allen anderen Jahreszeiten nimmt sowohl die Niederschlagsmenge als auch die Häufigkeit von Starkniederschlägen zu. Beim Niederschlag ist – im Gegensatz zur Temperatur – der Einfluss der global ausgestoßenen Treibhausgasmenge deutlich geringer, der Einfluss der natürlichen Variabilität des Klimas jedoch deutlich höher. Die ausgewerteten Simulationen bilden die lokalen Einflüsse der Stadt Hamburg aufgrund der niedrigen Auflösung regionaler Klimamodelle nur grob ab. Untersuchungen zur Auswirkung des Klimawandels auf das Hamburger Stadtklima mit höher aufgelösten Modellen beschreibt Kapitel 3.2.

2.2 Anfälligkeit Hamburgs gegenüber veränderten Niederschlagsverhältnissen und steigenden Temperaturen

Thomas Zimmermann, Johanna Fink, Nikolas Klostermann, Elke Kruse

Das folgende Kapitel gibt einen Überblick über die Anfälligkeit der städtischen Strukturen Hamburgs gegenüber veränderten Niederschlagsverhältnissen und steigenden Temperaturen. Dazu geht es zunächst auf die für Hamburg relevanten Folgen des Klimawandels ein. Die spezifischen Eigenschaften des städtischen Systems verstärken diese maßgeblich. Eine Bewertung der Anfälligkeit muss deshalb die unterschiedlichen Stadträume in Bezug auf ihre baulich-räumlichen Eigenschaften differenziert betrachten. Damit greift Kapitel 2.2 methodisch auf räumlich-strukturelle Unterschiede innerhalb von Städten zurück, die neben sozio-ökonomischen, kulturellen und ökologischen Faktoren die Sensitivität, d.h. die Anfälligkeit durch die Folgen des Klimawandels,¹⁰ beeinflussen. Die Bewertung der stadträumlichen Strukturen erfolgt verbal-argumentativ auf Basis von Kriterien, die in der Klimafolgen-Diskussion entwickelt wurden.

Für die differenzierte Analyse städtischer Teilbereiche wird im Folgenden eine Unterteilung in Stadtstrukturtypen (SST) vorgenommen. Dabei handelt es sich um Raumeinheiten, die hinsichtlich städtebaulicher Merkmale (Größe, Form und Anordnung der Gebäude sowie Zuordnung von Bebauung und Freiflächen), freiraumbezogener Merkmale (Anteil unversiegelter Flächen, Vegetations- und Gehölzanteil), infrastruktureller Merkmale (Anordnung der Leitungstrassen für Wasser und Abwasser) und ihrer Nutzung weitgehend homogen sind. In der Literatur synonym verwendete Begriffe sind Siedlungsstrukturtyp und Bebauungsstrukturtyp.¹¹ Mit Hilfe von Stadtstrukturtypen kann zwischen der Ebene der Gesamtstadt und des Gebäudes bzw. Strukturelements generalisiert werden, was eine räumliche Übertragbarkeit der Ergebnisse ermöglicht.¹²

Die Bewertung von Stadtstrukturtypen greift auf die in der Hamburger Biotopkartierung (BTK) verwendete Systematisierung¹³ zurück, wobei es in Kapitel 2.2 ausschließlich um die Untersuchung baulich geprägter Raumeinheiten geht. Der in späteren Kapiteln ebenfalls betrachtete Stadtstrukturtyp „Parkanlagen, öffentliche Grün- und Sportflächen“ wird hier nicht bewertet. Die Charakterisierung der einzelnen Stadtstrukturtypen basiert auf Typisierungsansätzen aus der wissenschaftlich anerkannten Fachliteratur,¹⁴ ergänzt um eigene Auswertungen zum Versiegelungsgrad auf Grundlage der Hamburger Biotopkartierung.¹⁵ Die Stadtstrukturtypen dienen in den

folgenden Kapiteln als methodisches Hilfsmittel, um die baustrukturelle Anpassungsfähigkeit zu analysieren und die Wirkungen der Anpassungsmaßnahmen zu quantifizieren (s. Kap. 2.3 und 4.5).

Folgen der projizierten Niederschlagsveränderungen

Baulich geprägte Stadtstrukturtypen werden künftig in besonderem Maße von höheren Niederschlagsmengen und häufigeren Starkregenereignissen betroffen sein.¹⁶ Ursache für die besondere Anfälligkeit urbaner Gebiete ist der anthropogen stark veränderte Wasserkreislauf, der sich vom naturnahen deutlich unterscheidet. In Bereichen, die frei von Versiegelung sind, fällt der Niederschlag auf Vegetation und Boden. Das Wasser verdunstet, versickert, wird von Pflanzen gebunden oder sammelt sich oberflächennah in Mulden, wo es stehen bleibt bis es entweder sukzessive verdunstet oder versickert. Je nach Gefälle fließt ein geringer Anteil der Niederschläge zeitverzögert ins nächste Oberflächengewässer ab.

Bei geringen Niederschlägen entfällt der Ablauf in ein Gewässer gänzlich. Die für urbane Gebiete charakteristische Versiegelung verändert das Verhältnis von Verdunstung, Versickerung und Oberflächenabfluss gravierend. Auf Flächen, die mit festen Materialien bedeckt sind, verdunstet oder versickert nur ein Bruchteil der Niederschläge, sodass das Wasser vorwiegend über die Kanalisation abgeleitet wird. Abhängig vom Entwässerungssystem wird der Regenabfluss anschließend einem Oberflächengewässer zugeführt (Trennkanalisation) oder zusammen mit häuslichem Schmutzwasser zum Klärwerk geleitet (Mischkanalisation).¹⁷

Häufigere Starkregenereignissen führen zu Überlastungen und vermehrten Überlaufereignissen der Kanalisation. Mögliche Folgen sind eine verschlechterte Gewässerqualität der Oberflächengewässer und Überschwemmungen bedingt durch Binnenhochwasser. Schäden entstehen dabei sowohl an Gebäuden als auch am Inventar. Überflutungen beeinträchtigen auch den Transport auf Straßen und Verkehrswegen. Erhöhte Niederschlagsmengen im Winter bewirken sowohl einen Anstieg der Grund-

10 Birkmann 2008; Bohle, Glade 2008

11 Pauleit, Duhme 2000; Sauerwein 2004; Westphal 2008

12 Wickop et al. 1998

13 BSU 2011

14 BSU 2011; Hanschke, Beddig 2005; Sukopp, Wittig 1998; Milošovičová 2010

15 BSU 2008

16 Gill 2004

17 Sieker et al. 2006; DWA 2007; Geiger et al. 2009; Chiffard 2012

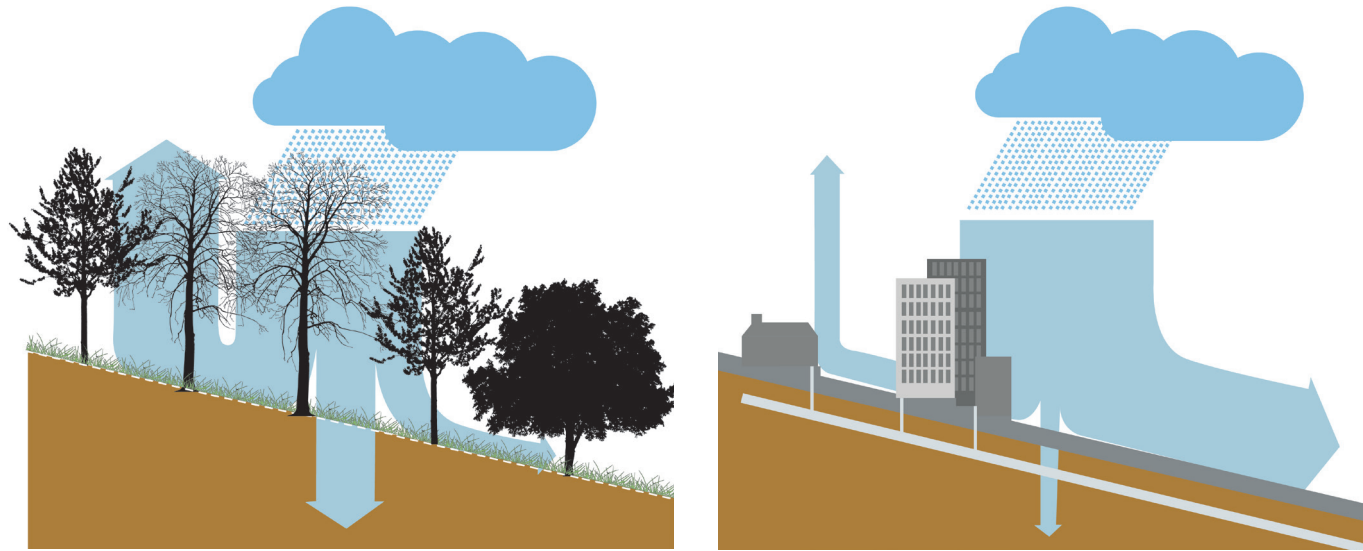


Abb. 7: Der natürliche und der städtische Wasserkreislauf im Vergleich

wasserstände, als auch eine zunehmende Gefährdung durch Binnenhochwasser. Die Folgen für Gebäude und Infrastrukturen sind mit denen von Starkregenereignissen vergleichbar.

Zunehmende Sommertrockenheit führt dagegen zu häufigeren Niedrigwasserperioden bzw. zum Austrocknen kleiner Gewässer. Die Folge ist eine Verschlechterung der Qualität des Oberflächenwassers. Aufgrund einer verringerten Grundwasserneubildung bei Sommertrockenheit können auch Qualität und Quantität des Grundwassers sinken und damit die Trinkwassergewinnung beeinträchtigen. Ökosysteme können durch wenig verfügbares Wasser in Stresssituationen geraten.¹⁸ In der vorliegenden Arbeit stehen die Folgen vermehrter Starkregenereignisse und die jahreszeitliche Zunahme von Niederschlägen im Vordergrund.

Folgen der projizierten Temperaturerhöhung

Die spezifischen Eigenschaften des Stadtklimas verstärken künftig die Wirkungen steigender Temperaturen. Eine der Hauptursachen dafür ist die Bildung so genannter städtischer Wärmeinseln. Ihre Entstehung ist darauf zurückzuführen, dass die Temperaturen in Städten zu bestimmten Zeiten mehrere Grade höher sind als im ländlich geprägten Umland. Bildlich beschreiben lässt sich eine Wärmeinsel als Kuppel warmer Luft, die sich über dem gesamten städtischen Raum ausdehnt.

Die Intensität der städtischen Wärmeinsel variiert mit den Tageszeiten. Während der Mittagszeit sind die Temperaturdifferenzen zwischen Stadt und Umland in den Sommermonaten gering. Unterschiede treten vor allem in Sommernächten auf, wenn sich die Stadt gegenüber dem Umland in geringerem Maße abkühlt.¹⁹

Stadträumliche Charakteristika, die zur Ausbildung städtischer Wärmeinseln führen, sind:

- ein hoher Versiegelungsgrad,
- eine hohe Wärmespeicherefähigkeit der Baumaterialien,
- ein Mangel an Vegetation und damit fehlende Beschattung sowie Kühlung durch Verdunstungsprozesse,
- verringerte Windgeschwindigkeiten infolge von Bebauung, welche die Durchlüftung einschränken,
- anthropogen erzeugte Abwärme durch Kühlung im Sommer, der Betrieb von elektrischen Geräten und die Abwärme von Verbrennungsmotoren,
- fehlende Kaltluftschneisen, die kühle Luft aus Kaltluftentstehungsgebieten in die Städte leiten und
- ein niedriger Sky-View-Faktor.²⁰

Der Sky-View-Faktor beschreibt die Horizonteinengung in einer Straßenschlucht und damit den sichtbaren Anteil des Himmels, der nicht von Gebäuden verdeckt ist. Er kommt insbesondere nach Sonnenuntergang zum Tragen, wenn die Baumaterialien die tagsüber absorbierte Strahlung an die Umgebung abgeben. Mit steigender Tiefe der Straßenschlucht sinkt die Wärmerückstrahlung in die Atmosphäre und damit die nächtliche Abkühlung der Stadt.²¹ Steigende Temperaturen könnten künftig die Gesundheit und Lebensqualität vor allem von älteren oder

kranken Menschen sowie von Kleinkindern sowohl direkt als auch indirekt über eine wärmere Gebäudeinnentemperatur beeinträchtigen.²² Darüber hinaus begünstigen höhere Temperaturen in Verbindung mit veränderten Wasserverhältnissen eine Verschiebung der Arten- und Biotopzusammensetzung, die Invasion neuer Arten sowie durch eine verlängerte Vegetationsperiode der Biomasseproduktion. Das veränderte Konkurrenzgefüge kann zum Verdrängen bzw. Aussterben von Arten führen.²³

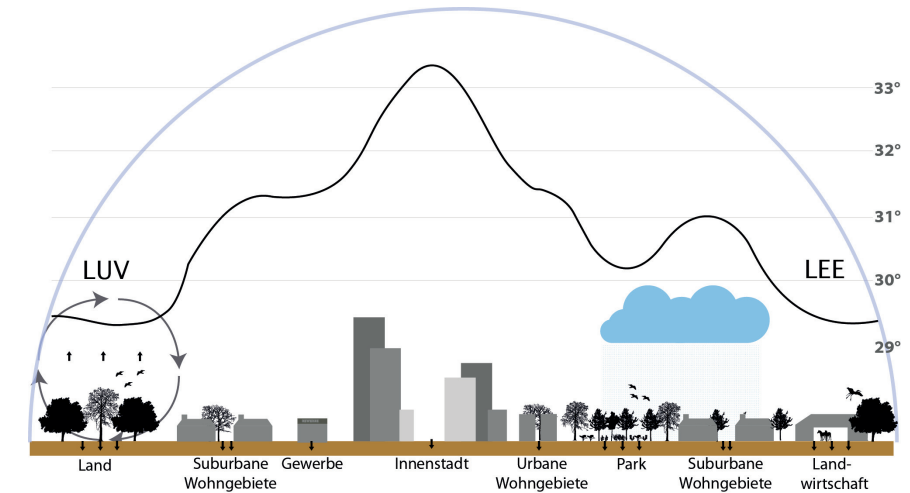


Abb. 8: Profil der städtischen Wärmeinsel

Kriterien für die Bewertung der Anfälligkeit von Stadtstrukturtypen²⁴

Die nachfolgende Bewertung der einzelnen Stadtstrukturtypen nutzt die vier Kriterien Durchlüftung, Sky-View-Faktor, anthropogen erzeugte Abwärme und Versiegelung. Sie decken die wesentlichen Einflussfaktoren für die Bildung städtischer Wärmeinseln und den Abfluss von Niederschlagswasser ab. Aufgrund der Fokussierung auf die strukturellen Merkmale der einzelnen Raumeinheiten werden lage- und naturraumbezogene Gesichtspunkte, wie Nähe zu Gewässern und Frischluftentstehungsgebieten, Bodenbeschaffenheit und Topographie, außer Acht gelassen.

Maßgeblich für die Durchlüftung sind die Kubatur der Gebäude und die bauliche Dichte. Je offener und kleinteiliger die Bauweise ist, desto besser fällt die Bewertung des Stadtstrukturtyps hinsichtlich der Durchlüftung aus. Für den Sky-View-Faktor sind über die bauliche Dichte hinaus die Gebäudehöhe und die Straßenbreite entscheidend. Stark verdichtete Stadtstrukturtypen mit hohen Gebäuden weisen damit einen kleineren Sky-View-Faktor auf als gering verdichtete mit niedrigen Gebäuden und werden damit schlechter bewertet. Das Kriterium Abwärme ist als einziges Kriterium nicht auf baustrukturelle Aspekte fokussiert. Vielmehr bezieht es die nutzungsspezifische, anthropogen erzeugte Abwärme durch elektrische Geräte

und Verkehr in die Bewertung der Betroffenheit einzelner Stadtstrukturtypen ein.

Das Kriterium Versiegelung erfasst die durch Wohn-, Industrie- und Verkehrsbauten wasserundurchlässig befestigten Flächen.²⁵ Eine entscheidende Rolle spielt bei der Bewertung eines Strukturtyps das Verhältnis zwischen Versiegelungsgrad und Grünflächenanteil.

In Bezug auf die Widerstandsfähigkeit gegenüber Klimaveränderungen ist das Verhältnis umgekehrt proportional, d.h., mit zunehmendem Versiegelungsgrad und sinkendem Grünflächenanteil steigt die Anfälligkeit eines Stadtstrukturtyps für die Auswirkungen des Klimawandels.

Bewertung der Anfälligkeit einzelner Stadtstrukturtypen

Als Basis für die Bewertung der Anfälligkeit gegenüber den Folgen des Klimawandels wurden 16 baulich geprägte Stadtstrukturtypen für Hamburg ermittelt. Zur besseren Lesbarkeit und aufgrund struktureller Ähnlichkeiten werden diese Strukturtypen in neun Oberklassen zusammengefasst.

18 Daschkeit, Renken 2009

19 Parlow 2003; Emmanuel 2005

20 Kuttler 2011; Kuttler 2004

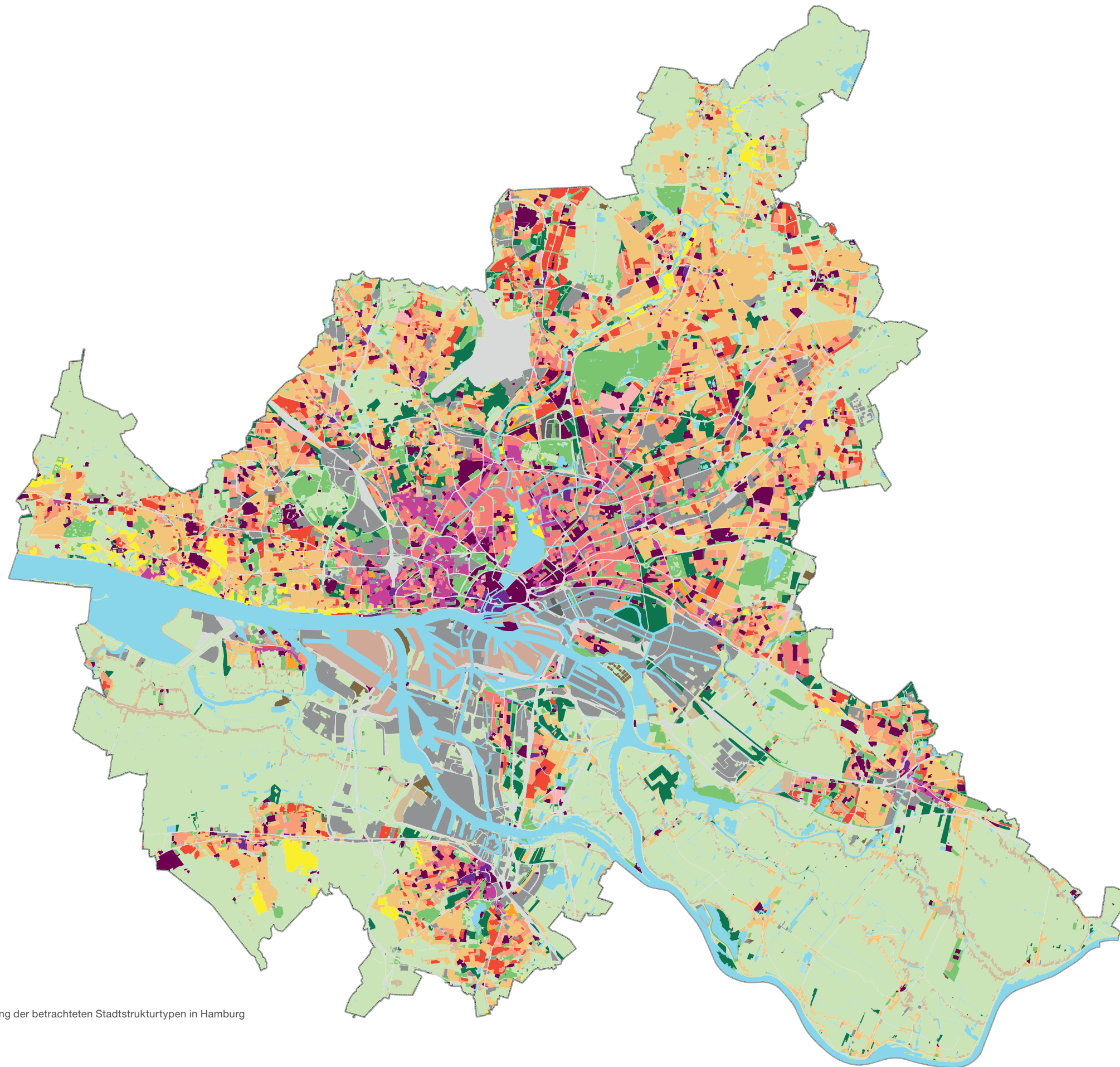
21 Oke 1982, Emmanuel 2005

22 Endlicher 2007

23 Daschkeit, Renken 2009

24 Die Kriterien und die folgende Bewertung der Stadtstrukturtypen basieren auf der Diplomarbeit von Johanna Fink und Nikolas Klostermann

25 Geiger et al. 2009



Stadtstrukturtypen

- Einfamilienhäuser (kleinteilig)
- Einfamilienhäuser (Villen)
- Reihenhäuser
- Zeilenbebauung der 1920er Jahre
- Blockrandbebauung
- Neue Zeilenbebauung
- Hochhäuser, Großwohnsiedlungen
- Stadt- und Stadtteilzentrum
- Innerstädtisches Wohn- u. Mischgebiet
- Gewerbe- und Industriegebiet
- Hafенflächen
- Gemeinbedarf
- Bürostandorte
- Verkehrsflächen
- Flächen der Ver- und Entsorgung
- Kleingärten

- Parkanlage, öffentl. Grün- u. Sportfläche
- Wald, landwirtschaftliche und natürliche Fläche
- Wasserfläche, Uferzone
- sonstige Flächen

Abb. 9: Verteilung der betrachteten Stadtstrukturtypen in Hamburg

01 - FREISTEHENDE WOHNGEBÄUDE

Diese Klasse umfasst die Stadtstrukturtypen „Einfamilienhäuser (kleinteilig)“ und „Einfamilienhäuser (Villen)“. Sie nehmen 14% der Landesfläche Hamburgs ein und befinden sich vorwiegend am Stadtrand. Der Strukturtyp „Einfamilienhäuser (Villen)“ konzentriert sich darüber hinaus auf Wasserlagen in der Innenstadt. Eine offene Bebauung, die an einer Erschließungsstraße orientiert ist, charakterisiert diesen Strukturtyp städtebaulich. An der straßenabgewandten Seite schließen in den Innenbereichen der Baublöcke Gärten an, die i.d.R. durch Hecken und Zäune in einzelne Gartenbereiche segmentiert sind. Sie werden zunehmend mit weiteren Wohngebäuden nachverdichtet. Im Vergleich zu den „Einfamilienhäusern (kleinteilig)“ sind Gebäude und Grundstücke im Strukturtyp „Einfamilienhäuser (Villen)“ größer. Aufgrund der geringen Verdichtung ist dieser Stadtstrukturtyp gut durchlüftet und der Sky-View-Faktor hoch. Der Versiegelungsgrad ist mit einer Spanne von 30-50% bei den „Einfamilienhäusern (kleinteilig)“ und 10-60% bei den „Einfamilienhäusern (Villen)“ überwiegend gering. Wohnnutzungsbedingt wird keine spezifische Abwärme erzeugt. Insgesamt betreffen die Folgen des Klimawandels die beiden Stadtstrukturtypen in geringem Maß.

02 - REIHENHÄUSER / ZEILENBEBAUUNG DER 1920ER JAHRE

Homogen gestaltete und geschlossene Bebauung mit bis zu drei Geschossen kennzeichnet den Stadtstrukturtyp „Reihenhäuser“. Er nimmt etwa 3% der Landesfläche Hamburgs ein. Räumliche Schwerpunkte mit entsprechender Bebauung sind die Stadtrandbereiche. In den Blockinnenbereichen schließen privat genutzte schmale Gärten an. Die geschlossene Bauweise schränkt im Vergleich zu den freistehenden Wohngebäuden die Durchlüftung ein und erhöht den Sky-View-Faktor. Der Versiegelungsgrad ist mit 40-60% höher als bei freistehenden Wohngebäuden. Aufgrund der privat genutzten Gärten in den Blockinnenbereichen ist der Grünflächenanteil hoch. Abwärme erzeugt die Wohnnutzung kaum. Die Betroffenheit dieses Stadtstrukturtyps durch die Folgen des Klimawandels ist damit höher als diejenige des Typs „freistehende Wohngebäude“, insgesamt ist sie jedoch gering.

„Zeilenbebauung der 1920er Jahre“ ähnelt in der städtebaulichen Struktur dem Typ „Reihenhäuser“. Mit zwei bis vier Geschossen sind die Gebäude höher und die Grünflächen in den Blockinnenbereichen halböffentlich. Dieser Stadtstrukturtyp nimmt weniger als 1% der Landesfläche Hamburgs ein. Räumlich konzentriert er sich auf den östlichen Innenstadtrand. Bei den Kriterien Durchlüftung, Abwärme und Versiegelung entspricht „Zeilenbebauung der 1920er Jahre“ dem Typ „Reihenhäuser“. Aus der höheren Geschossanzahl der Gebäude resultiert ein geringerer Sky-View-Faktor, sodass die Folgen des Klimawandels diesen Stadtstrukturtyp geringfügig stärker betreffen.

03 - GESCHOSSWOHNUNGSBAU

Diese Klasse beinhaltet die Stadtstrukturtypen „Blockrandbebauung“, „Neue Zeilenbebauung“ und „Hochhäuser, Großwohnsiedlungen“. Sie nehmen 9% der Hamburger Landesfläche ein. „Blockrandbebauung“ prägt den nördlichen Innenstadtrand. „Neue Zeilenbebauung“ nimmt ausgehend vom Innenstadtrand zum Stadtrandbereich zu, während der Typ „Hochhäuser, Großwohnsiedlungen“ auf mehreren Standorten über das gesamte Stadtgebiet verteilt ist. Im Vergleich zu den vorangegangenen Stadtstrukturtypen ist die Bebauungsdichte im Geschosswohnungsbau höher. Geschlossene Blöcke mit drei bis sechsgeschossigen Gebäuden charakterisieren den Typ „Blockrandbebauung“. Die privaten Blockinnenbereiche sind teilweise begrünt, aber auch durch weitere Bebauung und Stellplatzflächen stark versiegelt.

Zeilenbauweise mit vier bis sechs Geschossen kennzeichnet die städtebauliche Struktur der „Neuen Zeilenbebauung“, die nach dem zweiten Weltkrieg entstand. Die Freiflächen zwischen den einzelnen Gebäuden sind i.d.R. wie beim Strukturtyp „Hochhäuser, Großwohnsiedlungen“ halböffentlich. Letzteren prägen Solitäre, Hochhaus- oder Zeilenketten mit deutlich mehr als vier Geschossen. Die Folgen des Klimawandels betreffen den Geschosswohnungsbau aufgrund der hohen baulichen Dichte in mittlerem Maße. Die Kubatur der Gebäude schränkt die Durchlüftung der Gebiete ein. Der Sky-View-Faktor ist aufgrund der Gebäudehöhen gering. In besonderem Maße schränkt die geschlossene Bauweise des Strukturtyps „Blockrandbebauung“ die Durchlüftung ein und senkt den Sky-View-Faktor. Der Versiegelungsgrad ist mit 40-80% („Blockrandbebauung“), 50-70% („Neue Zeilenbebauung“) und 60-80% („Hochhäuser, Großwohnsiedlungen“) mittel bis hoch. Anthropogen bedingte Abwärme entsteht im Geschosswohnungsbau aufgrund der dominierenden Wohnnutzung kaum.

04 - KERN- UND MISCHGEBIETE

Die Strukturtypen „Stadt- und Stadtteilzentrum“ sowie „Innerstädtisches Wohn- und Mischgebiet“ werden zu Kern- und Mischgebieten zusammengefasst. Sie nehmen knapp 2% der Fläche Hamburgs ein. Stadt- und Stadtteilzentren konzentrieren sich im innerstädtischen Bereich und auf kleineren Standorten im gesamten Stadtgebiet. Der Strukturtyp „Innerstädtische Wohn- und Mischgebiete“ schließt meist an den Typ „Stadt- und Stadtteilzentren“ an. Blockrandbebauung mit hoher baulicher Dichte kennzeichnet die städtebauliche Struktur von Kern- und Mischgebieten. Die Anzahl der Geschosse variiert zwischen vier und sechs bei den „Innerstädtischen Wohn- und Mischgebieten“ bzw. fünf bis sieben bei den „Stadt- und Stadtteilzentren“. Einzelhandel und Büros sind die vorherrschenden Nutzungen. In den „Innerstädtischen Wohn- und Mischgebieten“ findet sich auch Wohnnutzung. Die Folgen des Klimawandels betreffen diese Stadtstrukturtypen in besonderem Maße. Aufgrund der Kubatur der Gebäude und der Blockrandbebauung werden sie kaum durchlüftet. Auch der Sky-View-Faktor ist dementsprechend niedrig. Die Versiegelung ist mit einem Anteil von 80-100% im Strukturtyp „Stadt- und Stadtteilzentren“ sowie 50-100% im Strukturtyp „Innerstädtische Wohn- und Mischgebiete“ hoch, der Grünflächenanteil ist gering. Klimaanlagen für die Gebäudekühlung erzeugen Abwärme und verstärken so in den Kern- und Mischgebieten die Folgen des Klimawandels.

05 - GEWERBE- UND INDUSTRIEGEBIETE / HAFENFLÄCHEN

Die Stadtstrukturtypen „Gewerbe- und Industriegebiete“ sowie „Hafenflächen“ nehmen 8% der Fläche Hamburgs ein. Eine räumliche Konzentration der Hafenflächen besteht in der Elbmarsch. „Gewerbe- und Industriegebiete“ sind hingegen über die gesamte Stadt verteilt. Städtebaulich prägen Hallenbauwerke bzw. Gebäudekomplexe mit großen Bauvolumina die Gewerbe- und Industriegebiete. Aufgrund der Vielzahl an elektrischen Arbeitsgeräten und bedingt durch Produktionsprozesse entsteht hier viel Abwärme. Zudem schränkt die Kubatur der Gebäude die Durchlüftung ein. Gleiches gilt für den Sky-View-Faktor, der wie der Parameter Durchlüftung dem Durchschnitt der unterschiedlichen Stadtstrukturtypen entspricht. Deutlich schlechter fällt die Bewertung des Versiegelungsgrades aus, der sowohl bei „Gewerbe- und Industriegebieten“ als auch bei „Hafenflächen“ einen Anteil von 80-100% erreicht. Grünflächen sind dagegen kaum vorhanden. Damit treffen die Folgen des Klimawandels den Strukturtyp „Gewerbe- und Industriegebiete“ besonders stark.

06 - GEMEINBEDARF / BÜROSTANDORTE

Eine heterogene Bebauung mit meist großen Bauvolumina prägt die Stadtstrukturtypen „Gemeinbedarf“ und „Bürostandorte“, die fast 5% der Fläche Hamburgs einnehmen. Der Strukturtyp „Gemeinbedarf“ ist über das gesamte Stadtgebiet verteilt. Vielfältige Nutzungen, wie Bildungs- und Forschungseinrichtungen, Krankenhäuser, Pflegeheime, Kasernen, Kirchen und Gemeindehäuser sowie Schwimmbäder charakterisieren ihn. „Bürostandorte“ konzentrieren sich auf zwei Bereiche am östlichen Innenstadtrand (City Süd und City Nord) und verteilen sich darüber hinaus über weitere kleine Standorte im gesamten Stadtgebiet. Kennzeichnend ist eine flächige monostrukturelle Nutzung.

Die Folgen des Klimawandels betreffen die beiden Stadtstrukturtypen in mittlerem Ausmaß. Vergleichbar mit den Strukturtypen „Gewerbe- und Industriegebiete“ sowie „Hafenflächen“ schränken die Gebäudekubaturen die Durchlüftung ein. Der Sky-View-Faktor ist aufgrund der Gebäudehöhe, verbunden mit einer meist offenen Bauweise, durchschnittlich. Weit verbreitet sind in Gewerbe- und Industriegebieten Anlagen zur Kühlung von Gebäuden sie führen zu einer hohen Belastung durch anthropogen, bedingte Abwärme. Der Versiegelungsgrad variiert im Strukturtyp „Gemeinbedarf“ mit Werten zwischen 40 und 80% stark. Flächen des Typs „Bürostandorte“ weisen mit 80-100% einen hohen Versiegelungsgrad auf.

07 - VERKEHRSFLÄCHEN

Die großen Verkehrsinfrastrukturen wie Hauptstraßen mit vier und mehr Spuren, Bundesstraßen, Autobahnen, Gleisanlagen des Nah- und Fernverkehrs, Flughäfen und Hubschrauberlandeplätze bilden den Stadtstrukturtyp „Verkehrsflächen“. Neben der Fläche des Flughafens in Fuhlsbüttel im Norden der Stadt durchziehen sie Hamburg linear. Verkehrsflächen nehmen etwa 5% der Gesamtfläche Hamburgs ein. Charakteristisch ist meist ein sehr hoher Anteil an versiegelten Flächen, der je nach Verkehrstyp unterschiedlich hoch ist. Vom Flughafen mit einem Anteil von 40-50% über Bahnanlagen mit 50-60% bis hin zu Straßen mit 80-100% nimmt der Versiegelungsgrad zu. Sofern den Verkehrsflächen Bebauung zugeordnet ist, handelt es sich dabei meist um hohe Hallenbauwerke bzw. kleinere ein- bis zweigeschossige Gebäude. Die Folgen des Klimawandels treffen diesen Stadtstrukturtyp vor allem aufgrund des hohen Versiegelungsgrades und durch von Verbrennungsmotoren erzeugter Abwärme. Der Sky-View-Faktor ist gering und die Durchlüftung ist aufgrund weniger störender Bauwerke gut möglich. Daher können Verkehrsflächen auch als Kaltluftschneisen dienen.

08 - FLÄCHEN DER VER- UND ENTSORGUNG

Der Stadtstrukturtyp „Flächen der Ver- und Entsorgung“ umfasst Standorte der Abfall-, Wasser- und Energiewirtschaft mitsamt den zugehörigen Verwaltungsgebäuden. Die entsprechenden Standorte befinden sich in der Elbmarsch und im Stadtrandbereich. Mit einem Anteil von unter 1% an der Landesfläche Hamburgs sind sie mengenmäßig wenig relevant. Die Bebauung ist meist kleinteilig. Der Versiegelungsgrad variiert stark und liegt mit meist 40-70% im Durchschnitt der Stadtstrukturtypen. Häufig gibt es intensiv gepflegte Grünflächen mit Gehölzen, aber auch naturnahe Grünflächen und Spontanvegetation. Auch der hohe Sky-View-Faktor und die gute Durchlüftung lassen auf eine geringe Betroffenheit durch die Folgen des Klimawandels schließen. Allein die produzierte Abwärme ist überdurchschnittlich hoch.

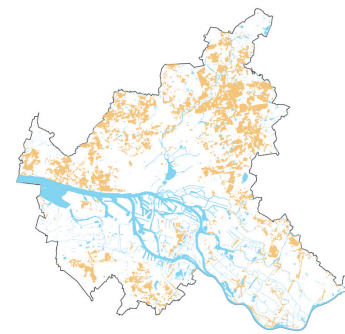
09 - KLEINGARTENVEREINE

Eine intensive Begrünung mit hohem Nutzpflanzenanteil sowie die Gliederung des Gartenareals durch Hecken und Zäune prägen den Stadtstrukturtyp „Kleingärten“. Bauliche Anlagen sind Lauben sowie kleinere Gewächshäuser und Schuppen. Der Versiegelungsgrad kann bis zu 30% erreichen.

Der Stadtstrukturtyp nimmt 3% der gesamten Fläche Hamburgs ein. Er ist über den gesamten Stadtraum mit Ausnahme der inneren Stadt verteilt. Die Folgen des Klimawandels betreffen den Typ „Kleingärten“ aufgrund des hohen Grünflächenanteils und der geringen Überbauung kaum.

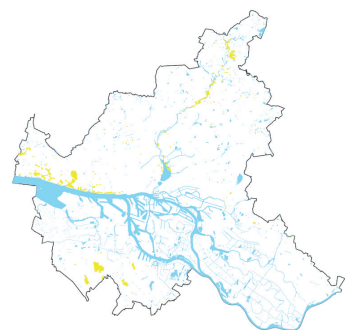
01 - FREISTEHENDE WOHNGBÄUDE

Einfamilienhäuser (kleinteilig)	
Versiegelungsgrad (nach BTK)	30 - 50%
Anteil an der Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV) Hamburgs*	27%
Anteil an Gesamtfläche Hamburg	13%



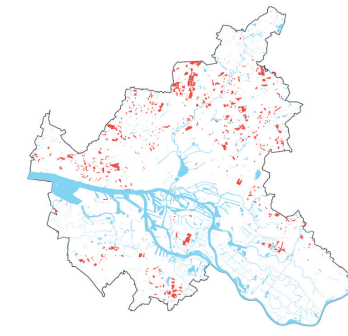
Einfamilienhäuser (Villen)

Versiegelungsgrad (nach BTK)	10 - 60%
Anteil an der Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV) Hamburgs*	2%
Anteil an Gesamtfläche Hamburg	1%



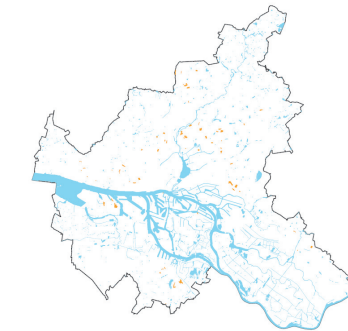
02 - REIHENHÄUSER / ZEILENBEBAUUNG DER 1920er J.

Reihenhäuser	
Versiegelungsgrad (nach BTK)	40 - 60%
Anteil an der Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV) Hamburgs*	6%
Anteil an Gesamtfläche Hamburg	3%



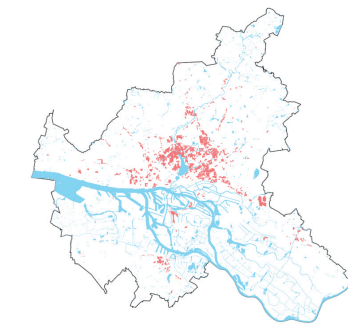
Zeilenbebauung der 1920er Jahre

Versiegelungsgrad (nach BTK)	40 - 60%
Anteil an der Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV) Hamburgs*	1%
Anteil an Gesamtfläche Hamburg	<1%



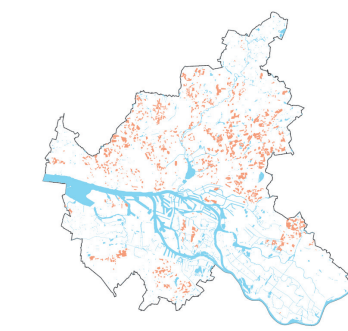
03 - GESCHOSSWOHNUNGSBAU

Blockrandbebauung	
Versiegelungsgrad (nach BTK)	40 - 80%
Anteil an der Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV) Hamburgs*	6%
Anteil an Gesamtfläche Hamburg	3%



neue Zeilenbebauung

Versiegelungsgrad (nach BTK)	50 - 70%
Anteil an der Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV) Hamburgs*	10%
Anteil an Gesamtfläche Hamburg	5%



Hochhäuser, Großwohnsiedlungen

Versiegelungsgrad (nach BTK)	60 - 80%
Anteil an der Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV) Hamburgs*	1%
Anteil an Gesamtfläche Hamburg	1%

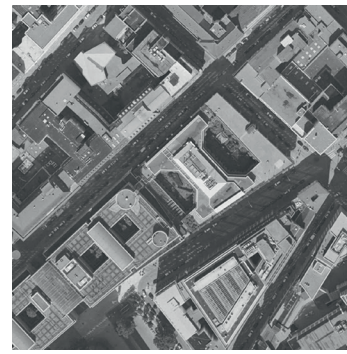


* SuV: entspricht nicht der SuV-Fläche gemäß Statistischem Bundesamt sondern basiert auf der Biotopkartierung der BSU.

04 - KERN- UND MISCHGEBIETE

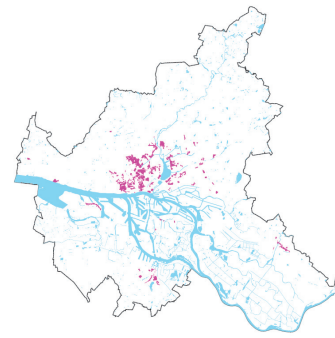
Stadt-/ Stadtteilzentrum

Versiegelungsgrad (nach BTK)	80 - 100%
Anteil an der Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV) Hamburgs*	<1%
Anteil an Gesamtfläche Hamburg	<1%



Innerstädtische Wohn- u. Mischgebiet

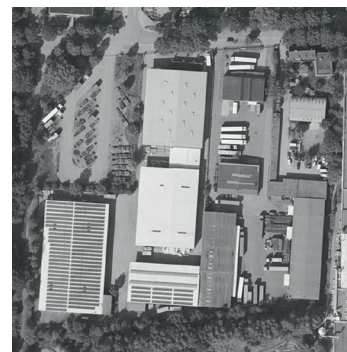
Versiegelungsgrad (nach BTK)	50 - 100%
Anteil an der Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV) Hamburgs*	3%
Anteil an Gesamtfläche Hamburg	1%



05 - GEWERBE- UND INDUSTRIEGEBIETE

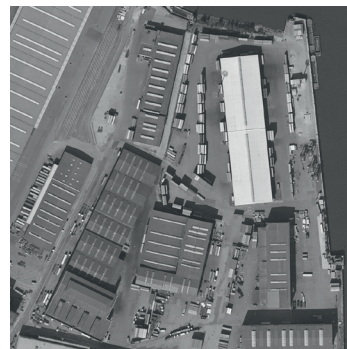
Gewerbe- und Industriegebiet

Versiegelungsgrad (nach BTK)	80 - 100%
Anteil an der Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV) Hamburgs*	14%
Anteil an Gesamtfläche Hamburg	7%



Hafenflächen
(entspricht nicht der Fläche des Hafengebiets)

Versiegelungsgrad (nach BTK)	80 - 100%
Anteil an der Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV) Hamburgs*	3%
Anteil an Gesamtfläche Hamburg	1%

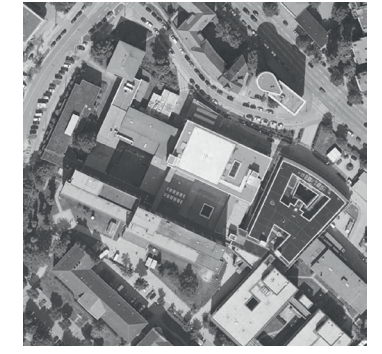
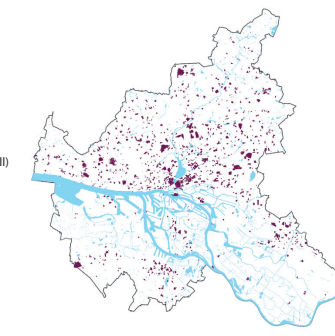


* SuV: entspricht nicht der SuV-Fläche gemäß Statistischem Bundesamt sondern basiert auf der Biotopkartierung der BSU.

06 - GEMEINBEDARF/BÜROSTANDORTE

Gemeinbedarf

Versiegelungsgrad (nach BTK)	40 - 80% <small>(starke Variation im Einzelfall)</small>
Anteil an der Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV) Hamburgs*	8%
Anteil an Gesamtfläche Hamburg	4%



Bürostandorte

Versiegelungsgrad (nach BTK)	80 - 100%
Anteil an der Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV) Hamburgs*	<1%
Anteil an Gesamtfläche Hamburg	<1%



07 - VERKEHRSFLÄCHEN

Verkehrsflächen

Versiegelungsgrad (nach BTK)	30 - 100% <small>(stark variierend)</small>
Anteil an der Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV) Hamburgs*	11%
Anteil an Gesamtfläche Hamburg	5%



08 - FLÄCHEN DER VER- UND ENTSORGUNG

Flächen der Ver- und Entsorgung

Versiegelungsgrad (nach BTK)	40 - 70% <small>(stark variierend)</small>
Anteil an der Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV) Hamburgs*	<1%
Anteil an Gesamtfläche Hamburg	<1%



09 - KLEINGÄRTEN

Kleingartenvereine

Versiegelungsgrad (nach BTK)	max. 30%
Anteil an der Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV) Hamburgs*	6%
Anteil an Gesamtfläche Hamburg	3%

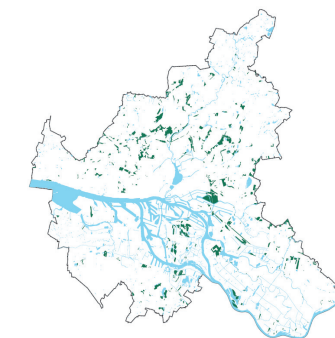


Abb.10: Eigenschaften der 16 baulich geprägten Stadtstrukturtypen

Zusammenfassung

Die einzelnen Stadtstrukturtypen Hamburgs sind von den Folgen des Klimawandels auf unterschiedliche Weise betroffen. Maßgeblich für eine hohe Anfälligkeit ist die bauliche Verdichtung verbunden mit einem hohen Versiegelungsgrad bzw. einem hohen Versiegelungsgrad in Verbindung mit anthropogen erzeugter Abwärme. Dementsprechend werden sich die klimatischen Veränderungen in Hamburg am gravierendsten auf die Stadtstrukturtypen „Stadt- und Stadtteilzentren“, „Innerstädtische Wohn- und Mischgebiete“ sowie „Industrie- und Gewerbegebiete“ auswirken. Im Hinblick auf den geringen Anteil an der gesamten Landesfläche Hamburgs sind die ersten beiden Stadtstrukturtypen bei einer gesamtstädtischen Betrachtung von geringer Bedeutung. Die Mengenverteilung relativiert sich allerdings, wenn man den hohen Anteil der Bewohnerinnen und Bewohner betrachtet, die in dem vom Klimawandel stark betroffenen innerstädtischen Wohn- und Mischgebieten leben. Auch Industrie- und Gewerbegebiete sind durch die Folgen des Klimawandels stark betroffen. Diese ersten Ergebnisse ermöglichen allerdings nur eine grobe Einschätzung der teilsräumlichen Auswirkungen des Klimawandels. Um ein umfassendes Bild der Anfälligkeit gegenüber den Folgen des Klimawandels zu zeichnen, sind neben den Stadtstrukturtypen auch lage- und naturraumbezogene Kriterien in die Bewertung einzubeziehen. Beispielhaft sei an dieser Stelle auf die Hochwassergefährdung von bebauten Flächen entlang von Gewässern verwiesen.

2.3 Anpassungsfähigkeit städtischer Strukturen Fokus: dezentrale Regenwasserbewirtschaftung

Elke Kruse, Juliane Ziegler

Dieses Kapitel analysiert die bereits in Kapitel 2.2 beschriebenen Stadtstrukturtypen hinsichtlich ihrer Anpassungsfähigkeit an die Folgen des Klimawandels. Im Fokus steht dabei der dezentrale Umgang mit Niederschlagswasser als Voraussetzung, um Stadtstrukturen an veränderte Niederschlagsverhältnisse anpassen zu können. Verschiedene Kriterien, die einen Einfluss auf die Umsetzung von dezentralen Maßnahmen zur Versickerung bzw. Rückhaltung von Niederschlagswasser auf dem Grundstück haben, werden in der vergleichenden Untersuchung herangezogen und beziehen sich auf die baustrukturellen Merkmale des jeweiligen Typus.

Methodisches Vorgehen

Die baulich geprägten Stadtstrukturtypen (SST) werden in ihrer derzeitigen Ausgangssituation anhand verschiedener Kriterien analysiert, die für die Umsetzung von Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung (DRWB) im Siedlungsbestand und damit für die Anpassungsfähigkeit des jeweiligen Strukturtyps entscheidend sind:

- **Versiegelungsgrad:**²⁶

Der mittlere Versiegelungsgrad gibt Aufschluss über das Verhältnis von befestigter zu unbefestigter Fläche. Er wird zur Ermittlung des Oberflächenabflusses herangezogen und dient gleichzeitig zur Beurteilung der Platzverfügbarkeit für mögliche Versickerungs- oder Retentionsmaßnahmen auf dem Grundstück.

- **Dachformen:**²⁷

Mit Hilfe dieser Information lassen sich Rückschlüsse ziehen, ob theoretisch eine Dachbegrünung nachträglich auf den bestehenden Dachflächen installiert werden kann. Statische Aspekte können dabei jedoch nicht berücksichtigt werden.

- **Eigentumsverhältnisse:**²⁹

Die Eigentumsverhältnisse geben darüber Aufschluss, wer für die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen zuständig ist, z.B. mehrere Einzelpersonen bei Eigentumswohnungen innerhalb eines Gebäudes oder nur eine Wohnungsbaugesellschaft für einen Häuserblock. Diese Angaben dienen als

Grundlage für die Einschätzung, wie umfangreich Anpassungsmaßnahmen vor allem im Szenario 3 umgesetzt werden.

- **Belastung der Regenabflüsse:**²⁸

Je nachdem auf welchen Oberflächen der Regenabfluss entsteht, ist dieser mit organischen und anorganischen Stoffen verunreinigt. Vom Grad der Belastung hängt die Wahl möglicher Versickerungsmaßnahmen bzw. zusätzlich notwendiger Reinigungsverfahren ab. Hierbei handelt es sich jedoch nur um eine grobe, überschlägige Einschätzung anhand der Strukturtypen. Durch die ungenaue Erfassung der angrenzenden Verkehrsflächen können u.U. auch die Abflüsse aus dem SST „Einzelhausbebauung“ belastet sein. Weitere Einflussfaktoren werden ebenfalls nicht berücksichtigt (bspw. Belastungen aus der Luft).

- **Schwäche bzw. Problem:**³⁰

Hier werden Charakteristika der SST aufgeführt, die bei der Planung von Maßnahmen der DRWB als Rahmenbedingungen zu berücksichtigen sind bzw. die Auswirkungen der Klimafolgen verstärken können und deshalb verbessert werden sollten.

- **Stärke bzw. Potenzial:**³¹

Dieser Punkt beschreibt die Besonderheiten der SST, die sich positiv auf die Umsetzung von Maßnahmen der DRWB auswirken.

- **Anpassungsfähigkeit:**

Die zusammenfassende Betrachtung der zuvor benannten Parameter ergibt die Anpassungsfähigkeit des jeweiligen Strukturtyps. Dabei ist zu beachten, dass die Analyse ohne Berücksichtigung hydrogeologischer Gegebenheiten (Bodenverhältnisse, Grundwasserstand etc.) erfolgt, sondern sich lediglich an den baustrukturellen Merkmalen des jeweiligen Typus orientiert.

- **Mögliche Bewirtschaftungsarten:**

Hier werden mögliche Bewirtschaftungsarten für den jeweiligen SST aufgelistet und in Anlehnung an das technische DWA-Arbeitsblatt 138 aufgelistet.

26 Die Angaben zum mittleren Versiegelungsgrad (Spannbreite) sind der Biotopkartierung (BSU 2008) entnommen.

27 Grundlage: Auswertung beispielhafter Quartiere anhand von Luftbildern

28 Die Einschätzung orientiert sich am DWA-Arbeitsblatt 138 (2005), hrsg. durch die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.

29 Grundlage: Geiger et al. 2009

30 Auswertung anhand von Luftbildern bzw. Ortsbegehungen, inkl. SWOT-Analyse

31 Auswertung anhand von Luftbildern bzw. Ortsbegehungen, inkl. SWOT-Analyse

	Versiegelungsgrad	Dachformen	Eigentümerstruktur	Belastung der Regenabflüsse	Schwäche bzw. Problem	Stärke bzw. Potential	Anpassungsfähigkeit	mögliche Bewirtschaftungsarten (Umsetzung im Bestand)
Einfamilienhäuser (kleinteilig)	30 - 50%	überwiegend Satteldächer	i.d.R. Private	gering	im Verhältnis zur Gebäudegröße / EW-Anzahl z.T. viel befestigte Flächen für Stellplätze, Terrassen, Zuwegung	hoher Grün- u. Freiflächenanteil (private Gärten)	mittel	Versickerung o. Rückhalt, RW-Nutzung für Gartenbewässerung, Dachbegrünung eingeschränkt; oftmals Grabenentwässerung vorhanden
Einfamilienhäuser (Villen)	10 - 60%	überwiegend Satteldächer, z. T. Mischform aus Sattel- u. Flachdach	i.d.R. Private	gering	befestigte Flächen für Stellplätze, Terrassen, Zuwegung	hoher Grünflächenanteil, lockere Baustuktur, teilweise Flachdächer	hoch	Versickerung o. Rückhalt, RW-Nutzung für Gartenbewässerung, teilweise Dachbegrünung
Reihenhäuser	40 - 60%	Sattel- o. Flachdächer	Private o. Genossenschaften, Erstellung oftmals durch Bauträger, ggf. auch in Besitz von Bauträgern	gering	kleine Gärten, hoher Nutzungsdruck	ggf. Flachdächer bzw. flach geneigte Dächer; falls vorhanden: gemeinschaftlich genutzte Freiflächen (hier: Aufwertung des Gemeinschaftsgrüns mit RW möglich)	mittel	Versickerung o. Rückhalt nur eingeschränkt möglich; RW-Nutzung für Gartenbewässerung; oftmals Grabenentwässerung vorhanden
Zeilenbebauung der 1920er Jahre	40 - 60%	überwiegend Satteldächer	i.d.R. Genossenschaften	gering	meist einfache Gestaltung des Gemeinschaftsgrüns, ggf. hoher Nutzungsdruck	relativ hoher Grünflächenanteil	hoch	Versickerung oder Rückhalt, RW-Nutzung für Gartenbewässerung
Blockrandbebauung	40 - 80%	Dachmischformen mit Flachdachanteil	i.d.R. Private o. Genossenschaften	gering	z.T. versiegelte Hinterhöfe, geringer Freiflächenanteil	teilweise Flachdächer, z.T. Entsiegelungsmaßnahmen in den Hinterhöfen möglich (Hinterhofbegrünung)	gering	Entsiegelung, Versickerung o. Rückhalt nur eingeschränkt (überwiegend unterirdisch); Dachbegrünung (teilweise)
Neue Zeilenbebauung	50 - 70%	Sattel- o. Flachdächer	i.d.R. Wohnungsgesellschaften o. Genossenschaften, häufig grundstücksübergreifend	gering	oftmals einfach gestaltetes Gemeinschaftsgrün, z.T. auf Tiefgaragen	große zusammenhängende Grünflächen, halböffentlich u. als Mietergarten genutzt; ggf. Flachdächer bzw. flach geneigte Dächer; Aufwertung des Gemeinschaftsgrüns mit RW möglich	hoch	Versickerung o. Rückhalt, RW-Nutzung für Gartenbewässerung
Hochhäuser, Großwohnsiedlungen	60 - 80%	überwiegend Flachdächer	i.d.R. Wohnungsgesellschaften o. Genossenschaften	gering	z.T. hohe Versiegelung durch Stellplätze, Zuwegung, Feuerwehrauffstellflächen	relativ hoher Grünflächenanteil, teilweise auf Tiefgaragen; Aufwertung des Gemeinschaftsgrüns mit RW möglich	hoch	Versickerung, Rückhalt; RW-Nutzung für Bewässerung der Außenanlagen, Dachbegrünung (teilweise)
Stadt- u. Stadtteilzentrum	80 - 100%	überwiegend Flachdächer, z. T. Mischform aus Sattel- u. Flachdach	Verwaltungsgesellschaften, Genossenschaften u. Einzeleigentümer	mäßig bis stark	hoher Versiegelungsgrad, geringes Freiflächenpotenzial, hoher Nutzungsdruck auf Freiflächen (falls vorhanden)	Flachdächer als Flächenpotenzial	gering	Dachbegrünung, ggf. flächensparende (unterirdische) Versickerung u. Rückhalt
Innerstädtisches Wohn- u. Mischgebiet	50 - 100%	häufig Kombinationen von Flach- u. Satteldächern	heterogen, z.T. kleinteilige Besitzverhältnisse pro Grundstück (Wohnungseigentum), Verwaltungsgesellschaften, Genossenschaften u. Einzeleigentümer	mäßig bis stark	z.T. versiegelte Hinterhöfe, geringer Freiflächenanteil	teilweise Flachdächer, z.T. Entsiegelungsmaßnahmen in den Hinterhöfen möglich (Hinterhofbegrünung)	gering	Entsiegelung, Versickerung o. Rückhalt nur eingeschränkt (überwiegend unterirdisch); Dachbegrünung (teilweise)
Gewerbe- u. Industriegebiet	80 - 100%	überwiegend Flachdächer	heterogen, u.a. Hamburg Port Authority im Hafengebiet	je nach Nutzung u. Lage: sehr stark	extrem hoher Versiegelungsgrad, z.T. kontaminierte Böden; i.d.R. belasteter Regenabfluss	große Hallen mit Flachdächern; kurze Lebenszyklen der Gebäude	mittel	Dachbegrünung, RW-Nutzung für WC o. Prozesswasser. Versickerung o. Rückhalt mit RW-Vorreinigung nur eingeschränkt (unterirdisch)
Hafenflächen	80 - 100%	überwiegend Flachdächer	Hamburg Port Authority	je nach Nutzung u. Lage: sehr stark	extrem hoher Versiegelungsgrad, z.T. kontaminierte Böden; i.d.R. belasteter Regenabfluss	Hallen mit Flachdächern; kurze Lebenszyklen der Gebäude	mittel	Direkteinleitung in den Hafen nach Vorreinigung
Gemeinbedarf	40 - 80%	Sattel- o. Flachdächer	öffentliche Hand, Eigentum von Personenmehrheiten (z.B. Vereine, kirchliche Träger, Schulen, Krankenhäuser, KITA etc.)	je nach Nutzung u. Lage: gering bis stark	je nach Nutzung vulnerable Nutzergruppen, z.T. hohe Versiegelung durch Stellplatzflächen u. Erschließung	je nach Nutzung z.T. hoher Grünflächenanteil	mittel	Je nach Gebäude u. Nutzung: Dachbegrünung, RW-Nutzung für WC o. Bewässerung der Außenanlagen, Versickerung u. Rückhalt
Bürostandorte	80 - 100%	überwiegend Flachdächer	i.d.R. Firmen u. Gesellschaften	gering bis mäßig	hoher Versiegelungsgrad	Flachdächer als Flächenpotenzial, teilweise Gründachflächen auf Tiefgaragen	mittel	Dachbegrünung, RW-Nutzung für WC-Spülungen o. Bewässerung der Außenanlagen (falls vorhanden), ggf. flächensparende (unterirdische) Versickerung u. Rückhalt
Verkehrflächen	30 - 100% (stark variierend)	-	öffentliche Hand	sehr stark	belasteter Regenabfluss, hoher Versiegelungsgrad, wichtige Infrastruktur (Aufrechterhaltung der Funktionsfähigkeit)	straßenbegleitendes Grün	mittel	je nach Belastung des Regenabflusses: Versickerung o. Rückhalt mit RW-Vorreinigung (ggf. in straßenbegleitenden Tiefbeeten)
Flächen der Ver- u. Entsorgung	40 - 70%	Sattel- o. Flachdächer	öffentliche Hand, Unternehmen	gering bis stark	kritische Infrastruktur, z.T. stark versiegelt	teilweise Flachdächer, teilweise hoher Freiflächenanteil	mittel	Dachbegrünung, ggf. RW-Nutzung, Versickerung u. Rückhalt (z.T. unterirdisch)
Kleingärten	max. 30%	Sattel- o. Flachdächer	i.d.R. öffentliche Hand, Pachtung durch den Kleingärtner, organisiert in Kleingartenvereinen	nicht bis gering		hoher Grünflächenanteil, lockere Baustuktur; i.d.R. nicht ans Kanalnetz angeschlossen, da nur geringe Mengen an Regenabfluss anfallen	hoch	RW-Nutzung für Gartenbewässerung, Dachbegrünung, Rückhalt o. Versickerung

Tab. 1: Vergleich der Anpassungsfähigkeit der 16 baulich geprägten Stadtstrukturtypen und deren potenzielle Eignung für die dezentrale Regenwasserbewirtschaftung

Vergleich der Stadtstrukturtypen

Die Gegenüberstellung der 16 baulich geprägten Stadtstrukturtypen in Tabelle 1 verdeutlicht ihre unterschiedliche Anpassungsfähigkeit an veränderte Niederschlagsverhältnisse, die von gering bis hoch eingestuft wird. So weist bspw. der Strukturtyp „Neue Zeilenbebauung“ aufgrund der als Abstands- und Aufenthaltsflächen gemeinschaftlich genutzten Grünflächen zwischen den Gebäuden und des relativ geringen Versiegelungsgrades ein höheres Anpassungspotenzial auf als die verdichtete und kleinteilig parzellierte „Blockrandbebauung“.

Ein geringer Versiegelungsgrad bietet im Allgemeinen bessere Voraussetzungen für die Umsetzung einfacher Maßnahmen zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung, wie z.B. die Flächen- oder Muldenversickerung. Diese können mit einem geringen baulichen und finanziellen Aufwand realisiert werden und sind meist mit anderen Nutzungen vereinbar. Zudem ist der Koordinationsaufwand im Rahmen der Umsetzung bei der „Neuen Zeilenbebauung“ i.d.R. geringer, da vielfach Wohnungsbaugesellschaften bzw. -genossenschaften Eigentümerinnen der Gebäude und Grundstücke sind.

Dagegen weist der Strukturtyp „Gewerbe- und Industriegebiet“ aufgrund der dominierenden Hallenbauweise mit überwiegend Flachdächern ein hohes Potenzial für die Umsetzung extensiver Dachbegrünung auf. Ebenerdig liegt die Herausforderung im Umgang mit dem sehr hohen Versiegelungsgrad von oft über 90% und dem hohen Anteil an Verkehrsflächen. Zudem ist die Belastung der Regenabflüsse von den Verkehrsflächen bei der Maßnahmenauswahl zu beachten. Dementsprechend ist i.d.R. eine Vorreinigung vorzusehen. Eine Erhöhung der Versickerungsleistung durch Entsiegelungsmaßnahmen, z.B. in Form von wasserdurchlässigen Oberflächenmaterialien, ist aufgrund des belasteten Regenabflusses nur bedingt möglich, da eine Kontamination des Grundwassers auszuschließen ist. Die zur Verfügung stehenden Maßnahmen lassen jedoch – je nach Standortbedingungen – verschiedene Möglichkeiten der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung zu. Hier sind platzsparende bzw. unterirdische Möglichkeiten – abhängig von den standörtlichen Gegebenheiten – oftmals möglich. Daraus ergibt sich für den Typus „Gewerbe- und Industriegebiet“ eine mittlere Anpassungsfähigkeit.

Für alle Stadtstrukturtypen gilt, dass für eine flächendeckende Umsetzung von Maßnahmen innerhalb des Typus eine homogene Eigentümerstruktur vorteilhaft ist, wie sie bspw. Zeilenbebauungen aufweisen. Hier kann eine Umsetzung durch eine zentrale Stelle entschieden und in die Wege geleitet werden. Ist jedoch die Eigentümerstruktur heterogen, bedarf eine flächendeckende Umsetzung der Konzepte einer Koordination der unterschiedlichen Eigentümerinnen und Eigentümer, wie bspw. bei „Einfamilienhäusern (Villen)“.

Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Strukturtypen „Blockrandbebauung“, „Stadt- und Stadtteilzentren“ sowie „Innerstädtische Wohn- und Mischgebiete“ eine geringe Anpassungsfähigkeit aufweisen. Maßgeblich dafür sind folgende baustrukturelle Charakteristika:

- Versiegelungsgrad von 50% und mehr,
- kleinteilige Grundstücksaufteilung,
- Gebäude mit überwiegend stark geneigten Dächern, wie z.B. Satteldächer bzw.
- Gebäude, bei denen aufgrund der Statik eine nachträgliche Dachbegrünung nicht zulässig ist.³²

Dagegen weisen die Strukturtypen „Einfamilienhäuser (Villen)“, die beiden Arten der „Zeilenbebauungen“, „Hochhäuser, Großwohnsiedlungen“ sowie „Kleingärten“ eine hohe Anpassungsfähigkeit an veränderte Niederschlagsverhältnisse auf. Grund hierfür sind vor allem der geringe Versiegelungsgrad und die homogene Eigentümerstruktur, die eine flächendeckende Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen erleichtert. Die restlichen acht Strukturtypen weisen dementsprechend eine mittlere Anpassungsfähigkeit auf. Damit stimmen die Ergebnisse für die Anpassungsfähigkeit der einzelnen Strukturtypen weitestgehend mit denjenigen für die Anfälligkeit durch die Folgen des Klimawandels überein. Entscheidendes Kriterium ist dabei der Versiegelungsgrad.

Hinsichtlich der Methode besteht zukünftig weiterer Entwicklungsbedarf. Es ist zu prüfen, ob verallgemeinernde Aussagen über die statischen Voraussetzungen für die Begrünung von Dächern getroffen werden können. Es ist jedoch möglich, dass der Ansatz der Stadtstrukturtypen hier an seine Grenzen stößt. Des Weiteren könnte die Anpassungsfähigkeit auch um sozio-ökonomische Kriterien ergänzt werden, wie z.B. finanzielle Ressourcen der Eigentümerinnen und Eigentümer für die Umsetzung entsprechender Maßnahmen. Ansatzpunkte bietet hierfür die sozialwissenschaftliche Diskussion um die Anpassungskapazität.

3 Das Einzugsgebiet der Wandse im Klimawandel

Kapitel 3 befasst sich am Beispiel des Einzugsgebietes der Wandse exemplarisch mit den Auswirkungen des Klimawandels im Raum Hamburg. Dieser Untersuchungsraum wird im Folgenden als „Modellgebiet“ bezeichnet. Seine Abgrenzung orientiert sich an der naturräumlichen Begrenzung des Flusseinzugsgebietes, ein methodisches Vorgehen, das für Aufgabenstellungen im Kontext der Stadtentwicklung eher ungewöhnlich ist. Dieser Ansatz nimmt einen zentralen Gedanken der Diskussion um nachhaltige Klimaanpassung auf: In der stärkeren Berücksichtigung und Integration naturräumlicher Zusammenhänge wird eine große Herausforderung für die Stadtentwicklung der Zukunft gesehen.³³

Der Einzugsbereich der Wandse repräsentiert einen Querschnitt verschiedener Flächennutzungen in der Hamburger Stadtregion, vom ländlich geprägten Umland bis zu den verdichteten Bereichen in Zentrumsnähe. Mit Ausnahme der „Hafenflächen“ findet sich innerhalb des Einzugsgebietes das gesamte Spektrum unterschiedlicher Stadtstrukturtypen mit ihren jeweils spezifischen Herausforderungen. Darüber hinaus kann auf wasserwirtschaftliche Daten aus Vorgängerprojekten, u.a. aus dem europäischen Interreg IVB-Projekt SAWA - Strategic Alliance for integrated Water Management Actions, zurückgegriffen werden.³⁴

Kapitel 3.1. beschreibt zunächst den gegenwärtigen Zustand des Modellgebietes. Aufbauend auf einer allgemeinen Darstellung der bestehenden Flächennutzungen liegt der Schwerpunkt dabei auf stadtklimatischen und wasserwirtschaftlichen Aspekten sowie auf Flora und Fauna. Die anschließenden Unterkapitel erläutern, mit welchen Klimaveränderungen und -folgen im Modellgebiet bis Mitte bzw. Ende des 21. Jahrhunderts zu rechnen ist.

32 Der Aspekt der Gebäudestatik konnte aufgrund fehlender Informationen in der Analyse nicht berücksichtigt werden.

33 Greiving, Fleischhauer 2008; Ritter 2007

34 Weitere Informationen zu SAWA unter: <http://www.sawa-project.eu/> und Dickhaut

3.1 Beschreibung des Modellgebietes

Thomas Zimmermann

Das Einzugsgebiet der Wandse hat eine Größe von ca. 88 km² und entspricht der Fläche, die in den gleichnamigen Fluss und seine Nebenflüsse entwässert (s. Abb. 11). Die Wandse entspringt nordöstlich von Hamburg im Bundesland Schleswig-Holstein (Kreis Stormarn), westlich des Ortes Siek und hat eine Länge von 20 km.³⁵ Damit ist sie der längste Nebenfluss der Alster. An der Hamburger Stadtgrenze durchfließt der Oberlauf der Wandse das Naturschutzgebiet Höltigbaum. Der im Hamburger Stadtgebiet liegende Mittellauf des Flusses durchquert die Stadtteile Rahlstedt, Farmsen und Tonndorf, die zum Bezirk Wandsbek gehören. In Rahlstedt nimmt die Wandse den Nebenfluss Stellau, in Farmsen die Berner Au und in Tonndorf die Rahlau auf. Der Unterlauf fließt durch die Stadtteile Hamburg-Wandsbek und Eilbek und mündet im Stadtteil Uhlenhorst als Eilbekkanal in die Außenalster.

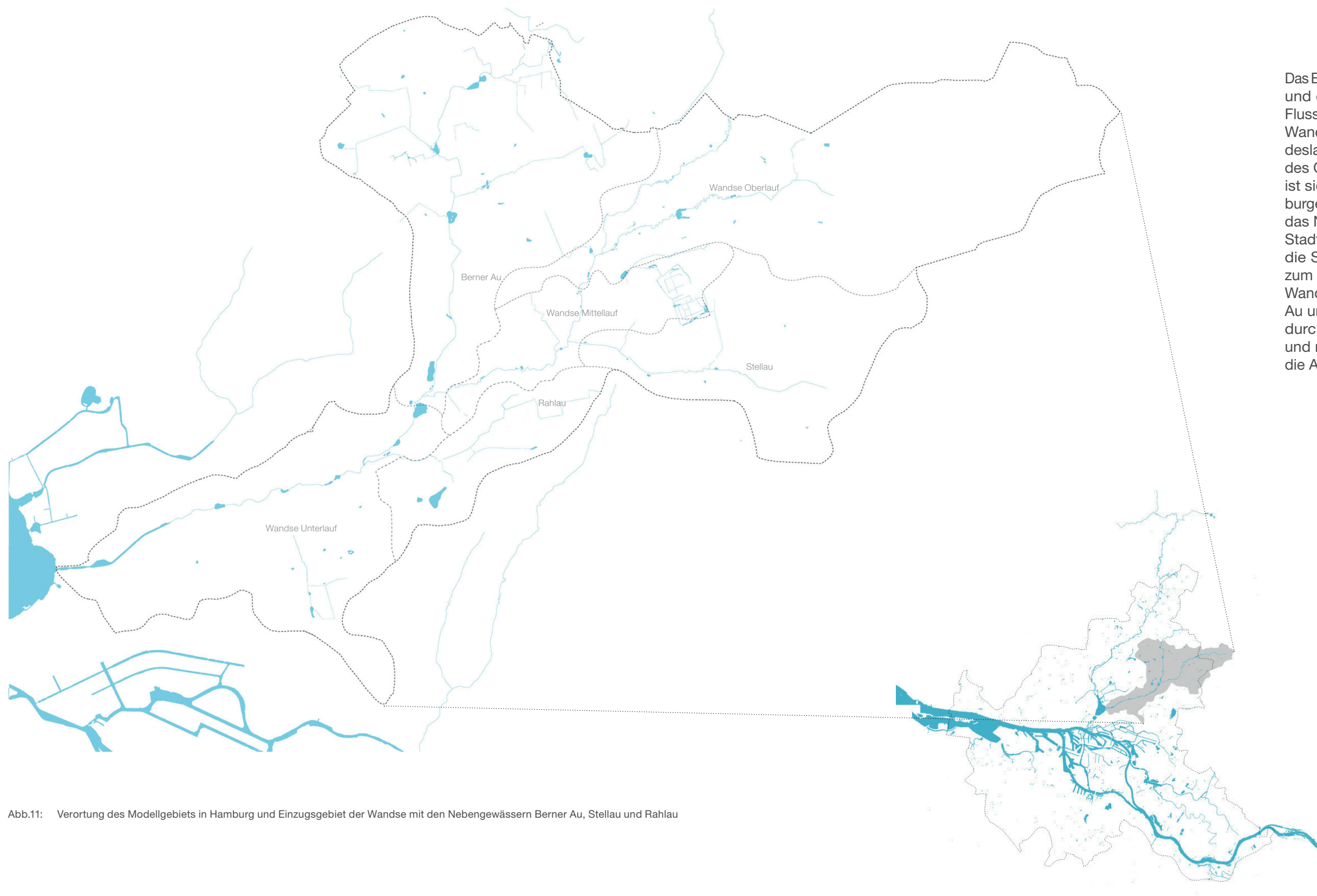


Abb.11: Verortung des Modellgebiets in Hamburg und Einzugsgebiet der Wandse mit den Nebengewässern Berner Au, Stellau und Rahlau



Abb.12: Das Einzugsgebiet im Luftbild

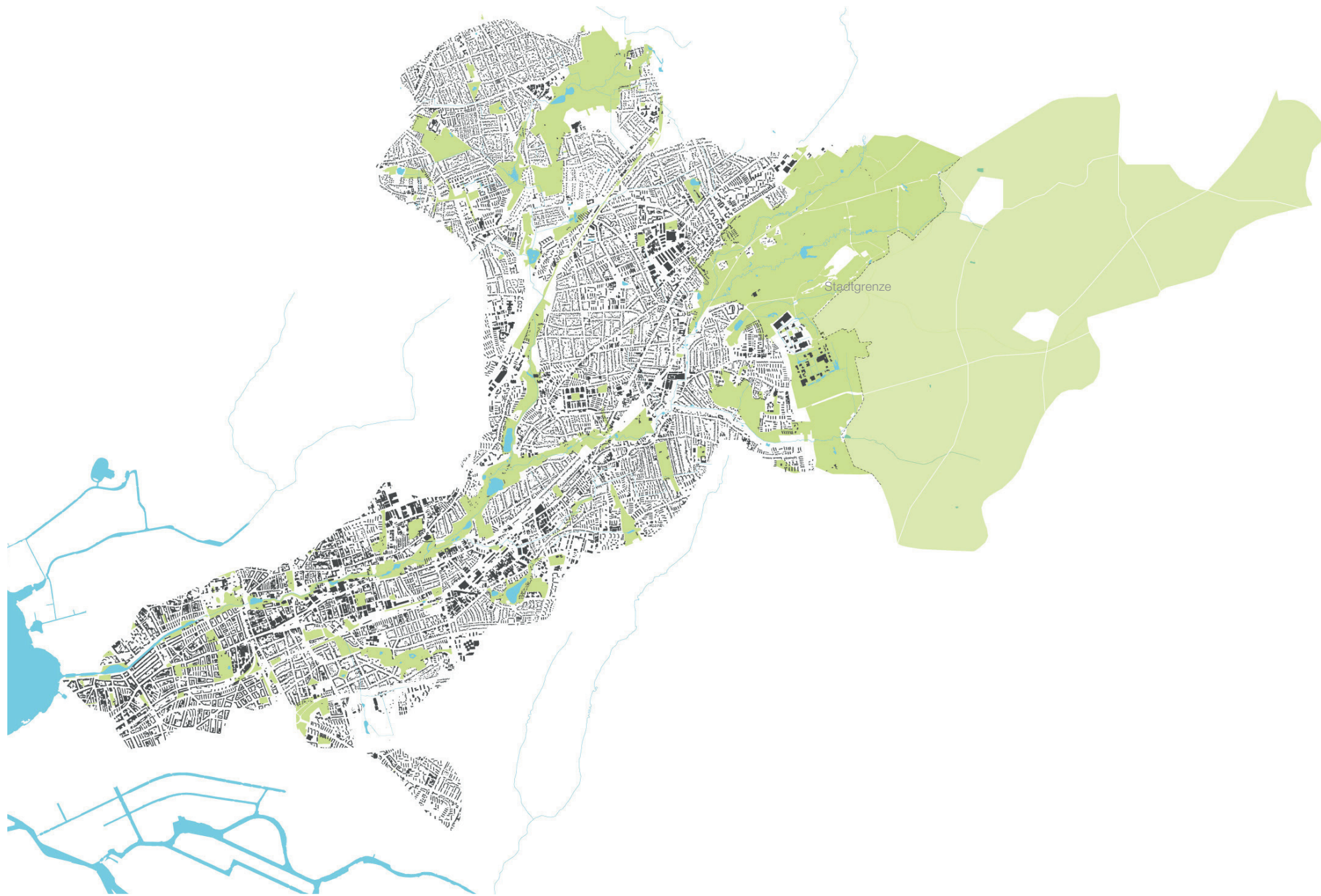


Abb.13: Bebauungs- und Grünstruktur des Modellgebietes

Die Bebauungsdichte im Einzugsgebiet der Wandse nimmt in Richtung Zentrum zu. Im Modellgebiet lassen sich hinsichtlich der vorherrschenden Stadtstrukturen drei Teilbereiche unterscheiden:

1. Östlich der Hamburger Stadtgrenze, in Schleswig-Holstein, befindet sich ein ländlich geprägter Bereich mit land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen und dörflicher Bebauung. Landschafts- oder Naturschutzgebiete bieten hier wertvolle Habitate für Flora und Fauna.
2. Westlich der Stadtgrenze liegt der im Folgenden als Stadtrand bezeichnete Teil des Modellgebietes, welcher die Stadtteile Rahlstedt, Farmsen und Tonndorf umfasst.
3. Der innerstädtische Bereich liegt im Westen des Modellgebietes und umfasst die Stadtteile Wandsbek, Marienthal, Eilbek, Uhlenhorst und Hohenfelde

Im Rahmen der Modellgebietsarbeit wurden für die urban geprägten Gebiete Anpassungskonzepte entwickelt (s. Kap. 4). Die in Schleswig-Holstein gelegenen ländlichen Gebiete wurden nicht weiter berücksichtigt.

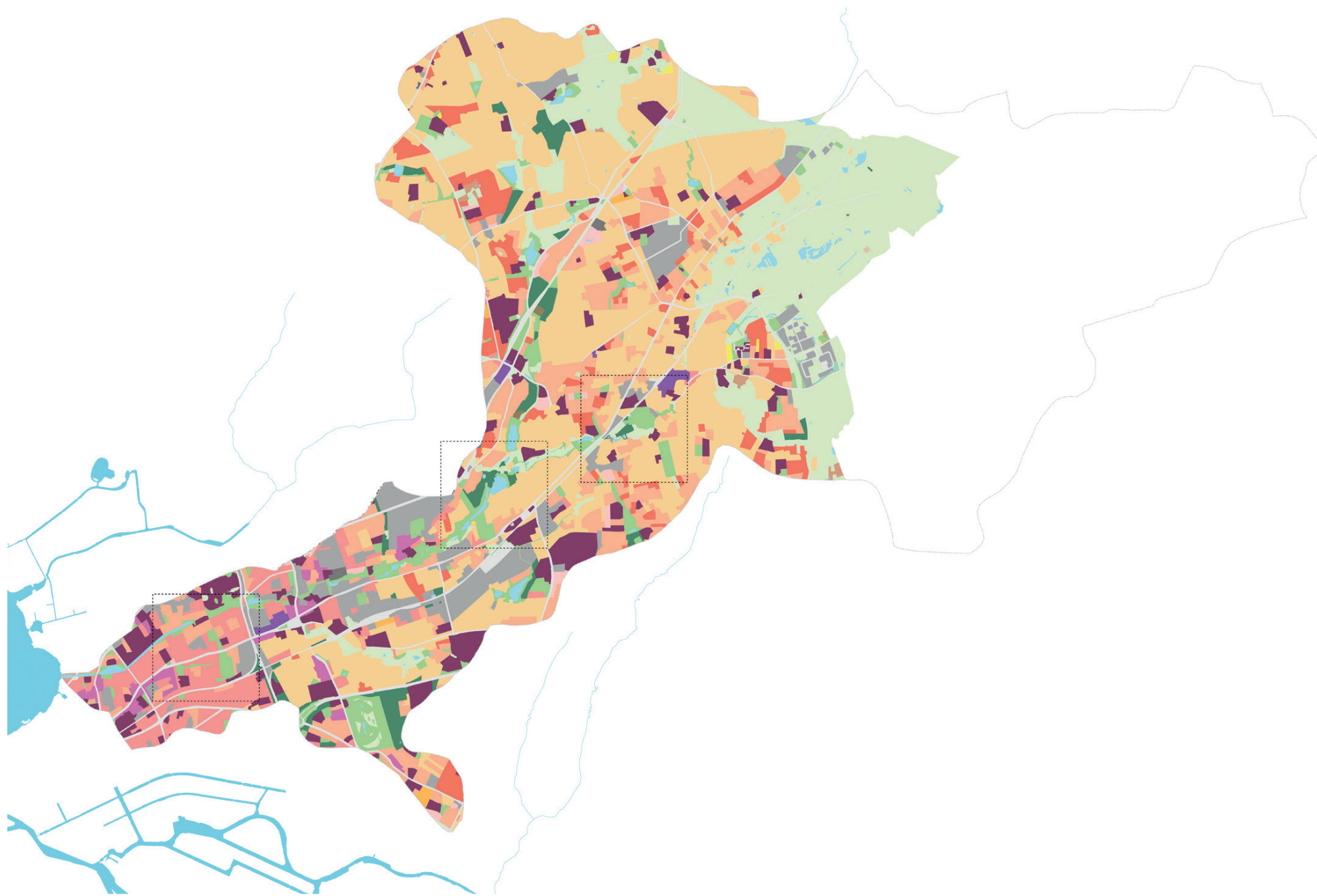


Abb. 14: Verteilung der Stadtstrukturtypen im Modellgebiet

Im Stadtrandbereich befinden sich hauptsächlich Wohngebiete mit lockerer Bebauung. Flächenmäßig dominieren die Strukturtypen „kleinteilige Einfamilienhäuser“ und „Neue Zeilenbebauung“ am Stadtrand. Weitere Stadtstrukturtypen sind in diesem Bereich „Reihenhäuser“, „Gewerbe- und Industriegebiete“, „Gemeinbedarf“ und „Kleingärten“. Im Westen gehen die gering verdichteten Wohngebiete in den Typ „Blockrandbebauung“ über. Ein größeres Naturschutzgebiet, der Höltigbaum, befindet sich im Osten. An den Gewässerlauf der Wandse schließen naturnahe Wiesen und Parkflächen an.

Der innerstädtische Bereich zählt zu den verdichteten Gebieten Hamburgs. Hier dominieren die Strukturtypen „Blockrandbebauung“, „Neue Zeilenbebauung“, „Innerstädtische Wohn- und Mischgebiete“, „Gemeinbedarf“ sowie „Gewerbe- und Industriegebiete“.

Grün- und Freiflächen nehmen einen geringen Flächenanteil ein. Dennoch verfügt der innerstädtische Bereich über größere öffentliche Grünflächen, wie das Wandsbeker Gehölz in Wandsbek/Marienthal und den Jacobipark in Eilbek.

Stadtstrukturtypen:

- Einfamilienhäuser (kleinteilig)
 - Einfamilienhäuser (Villen)
 - Reihenhäuser
 - Zeilenbebauung der 1920er Jahre
 - Blockrandbebauung
 - Neue Zeilenbebauung
 - Hochhäuser, Großwohnsiedlungen
 - Stadt- und Stadtteilzentrum
 - Innerstädtisches Wohn- und Mischgebiet
 - Gewerbe- und Industriegebiet
 - Hafenflächen
 - Gemeinbedarf
 - Bürostandorte
 - Verkehrsflächen
 - Flächen der Ver- und Entsorgung
 - Kleingärten
-
- Parkanlage, öffentliche Grün- und Sportfläche
 - Wald, landwirtschaftliche und natürliche Fläche
 - Wasserfläche, Uferzone
 - sonstige Flächen

3.1.1 Das Stadtklima in Hamburg und im Modellgebiet

Peter Hoffmann, Robert Schoetter, Marita Linde, K. Heinke Schlünzen

Das Klima in den städtisch geprägten Bereichen Hamburgs unterscheidet sich von den klimatischen Verhältnissen im ländlich geprägten Umland durch höhere Lufttemperaturen vor allem in den Abend- und Nachtstunden. Dieses Phänomen wird in der Meteorologie als städtische Wärmeinsel bezeichnet.

Im Gegensatz dazu ist der Unterschied zwischen der Tagesmaximumtemperatur in Hamburg und seinem Umland gering. Ursache für die Bildung der Wärmeinsel sind Unterschiede in der Oberflächenbeschaffenheit von städtischen und ländlichen Gebieten. Die in der Stadt verbauten Materialien speichern im Allgemeinen mehr Wärme als natürliche Böden.

Da die Bebauung aufgrund der Rauigkeit die mittlere Windgeschwindigkeit innerhalb der Stadt reduziert, wird die Wärme ebenfalls zurückgehalten. Die tagsüber durch Sonneneinstrahlung zugeführte und in den Materialien gespeicherte Wärme wird nachts wieder an die Luft abgegeben. Diese Effekte führen bei schwachwindigen und wolkenlosen Wetterlagen zu einer nächtlichen Überwärmung in den bebauten Gebieten.³⁶ Über den nächtlichen Überwärmungseffekt hinaus können die urbanen Bedingungen im Hamburger Raum auch zu einer Verstärkung der Niederschläge im Modellgebiet führen. Zur Quantifizierung des Stadtklimas werden langjährige meteorologische Beobachtungen benötigt. Diese sind für das Hamburger Stadtgebiet nur an wenigen Wetterstationen vorhanden. Im Modellgebiet liegen langjährige Daten nur von einer Station des Deutschen Wetterdienstes (DWD) in Wandsbek Ost bis 2006 vor. Somit ist eine Untersuchung der aktuellen meteorologischen Bedingungen nicht möglich.

Für die Jahre 1988 bis 1997 können jedoch die Differenzen zwischen der DWD Station Wandsbek und der Umlandstation Grambek betrachtet werden. Abbildung 15 zeigt die monatlich gemittelten Differenzen der Tagesminimumtemperatur zwischen drei verfügbaren Hamburger DWD Stationen und der ländlichen Station Grambek. Die Innenstadtstation St. Pauli weist im Monatsmittel eine um bis zu 2,9 K erhöhte Tagesminimumtemperatur auf. An der DWD Station Wandsbek, welche sich im Stadtrandbereich befindet, ist die Tagesminimumtemperatur lediglich um 0,7 K bis 1,1 K erhöht. Ein ausgeprägter Jahresgang, wie er an den anderen Stationen zu finden ist, ist in Wandsbek nicht zu erkennen. Um die räumliche Ausdehnung der Wärmeinsel zu bestimmen, wurde ein statistisch-dynamisches Verfeinerungsverfahren (SDV) entwickelt, welches Ergebnisse des numerischen meteorologischen Modells METRAS nutzt.³⁷ Der Fokus der Untersuchungen liegt dabei auf den Sommermonaten

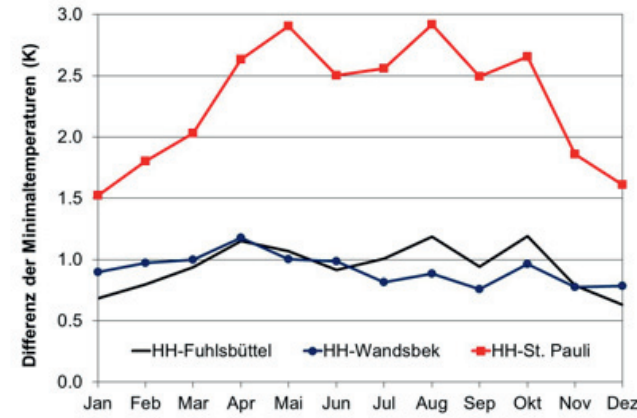


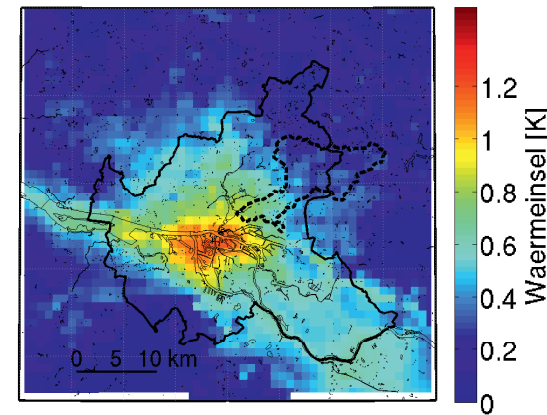
Abb. 15: Jahresgänge der mittleren Differenzen der Tagesminimumtemperatur zwischen den DWD Stationen im Hamburger Stadtgebiet und der ländlichen DWD Station Grambek basierend auf dem Zeitraum 1988 bis 1997.

Juni, Juli und August, da in diesen Monaten Probleme durch Hitzebelastung auftreten können.

Abbildung 16 zeigt die mit METRAS simulierte mittlere abendliche sommerliche Wärmeinsel an Tagen mit einer starken Wärmeinselintensität für das gegenwärtige Klima. Die maximale Wärmeinsel (ca. 1,2 K) bildet sich in der Hamburger Innenstadt sowie im Hamburger Hafen aus (s. Abb. 16a). Die aus Beobachtungen gefundenen Maximalwerte der Wärmeinselintensität s. Abb. 15, (St. Pauli) werden vom meteorologischen Modell um 1 K bis 2 K unterschätzt. Dabei ist zu beachten, dass sich die Messungen auf die Differenz der Tagesminimumtemperatur, die Modellergebnisse jedoch auf die Differenz der mittleren abendlichen Temperaturen (zwischen 20 bis 24 Uhr Lokalzeit) beziehen. Zudem sind die Modellergebnisse auf eine Fläche von 1x1 km² bezogen, in der heterogene Stadtstrukturen vorkommen, während die Messung der Station St. Pauli eher lokal, also auf eine kleinere Fläche begrenzt ist. Das simulierte Muster weist einen starken statistischen Zusammenhang mit dem Wärmeinselmuster auf, welches aus Pflanzendaten³⁸ bzw. Stationsdaten des DWD³⁹ abgeleitet wurde.⁴⁰ Somit kann das Muster für die räumliche Betrachtung der Wärmeinsel verwendet werden. Im Modellgebiet ist die simulierte Wärmeinselintensität niedriger als in der Innenstadt (s. Abb. 16b). Sie nimmt von den dicht bebauten Gebieten im innerstädtischen Bereich (ca. 0,9 K) zum Stadtrandbereich und zum ländlichen Bereich im Osten ab (ca. 0 K-0,3 K). Folglich sind vor allem die dicht bebauten Gebiete von der nächtlichen Überwärmung betroffen. Zu sehen sind aber auch die kühlenden Effekte der sich im Gebiet befindlichen Parkanlagen, wie das Wandsbeker Gehölz, die Horner Rennbahn sowie die Umgebung des Ostender Teichs. Gegenüber den umgebenden Gebieten weisen die Grünflächen eine verringerte Wärmeinselintensität auf.

36 Oke 1987
 37 Hoffmann 2012
 38 Bechtel und Schmidt 2011
 39 Schlünzen et. al. 2010
 40 Hoffmann 2012

a) Hamburg



b) Modellgebiet

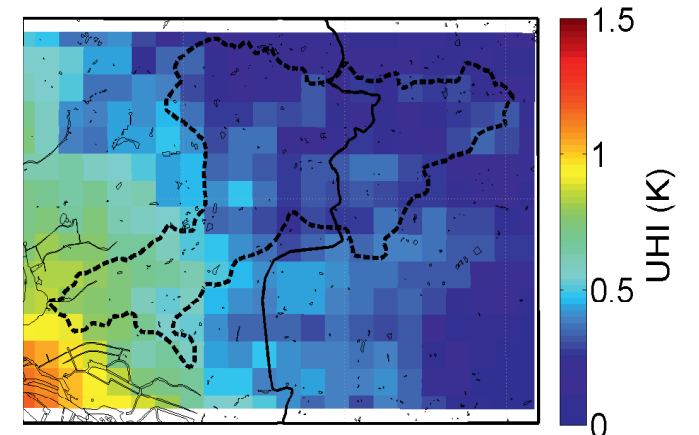


Abb. 16: Städtische Wärmeinsel im Sommer (gemittelt von 20 bis 24 Uhr Lokalzeit) an Tagen mit einer starken Wärmeinselintensität, bestimmt mit Hilfe von statistisch-dynamischer Verfeinerung, basierend auf Daten des Zeitraums 1971 bis 2000.

3.1.2 Kanalnetz und Gewässer

Sandra Hellmers, Nina Hüffmeyer

Im Einzugsgebiet der Wandse wird das Niederschlagswasser von den durch Bebauung geprägten Flächen zu einem großen Teil über Kanalnetze abgeleitet, entweder im Misch- oder im Trennsystem. Am Stadtrand wird auf rund 23 km² der Regenabfluss auf möglichst kurzem Weg der Wandse bzw. ihren Nebengewässern über ca. 200 Regenwasser-Einleitstellen zugeführt (Trennsystem). Im innerstädtischen Bereich werden ca. 10 km² im Mischsystem entwässert (s. Abb. 17). Hier fließt der Niederschlagsabfluss im Normalfall zusammen mit dem anfallenden Schmutzwasser zur Kläranlage. Bei starken Regenfällen und entsprechender Überlastung des Kanalnetzes kann es im Mischsystem zu Überläufen aus dem Kanalnetz kommen, wobei Mischwasser un- oder nur vorbehandelt in das nächstgelegene Gewässer eingeleitet wird. Insgesamt existieren zwölf Mischwasserüberläufe im Einzugsgebiet der Wandse. Das Einzugsgebiet lässt sich in sechs Flussabschnitte einteilen, die sich an den Nebengewässern orientieren (s. Abb. 18).

Elf Rückhaltebecken entlang der Wandse beeinflussen den Abfluss und damit den Wasserstand des Gewässers. Im Oberlauf durchfließt die Wandse das Rückhaltebecken Höltigbaum. Liegt bereits eine höhere Vernässung des Bodens im Naturschutzgebiet (NSG) Höltigbaum vor und ist das Rückhaltebecken im Oberlauf bereits ausgelastet, werden nach Niederschlagsereignissen höhere Wassermengen in die Wandse geleitet. Dies kann zeitverzögert zu einem Anstieg der Wasserstände entlang des Flusses führen. In den Mündungsbereichen der Nebenflüsse Stellau und Berner Au befinden sich Hochwasserrückhaltebecken, die den Zulauf in die Wandse beeinflussen. Nach längeren Trockenperioden können die Wasserverluste durch Verdunstungs- und Versickerungsprozesse im NSG Höltigbaum dazu führen, dass der Abfluss aus dem Rückhaltebecken versiegt. Durch die Auswirkungen des Klimawandels könnte dies das Auftreten von Niedrigwasserabflüssen im Einzugsgebiet beeinflussen.

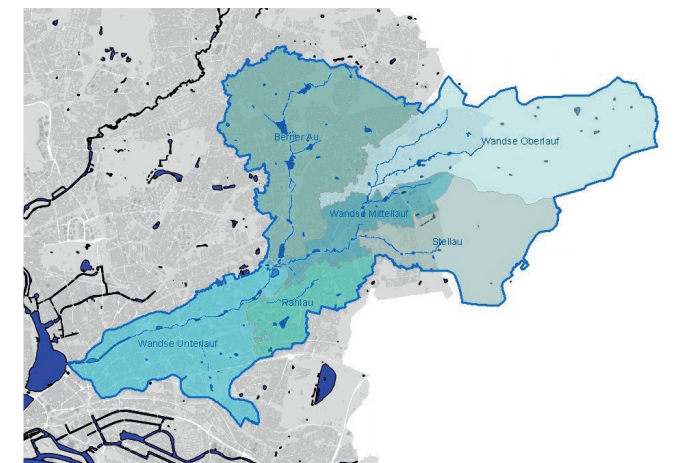
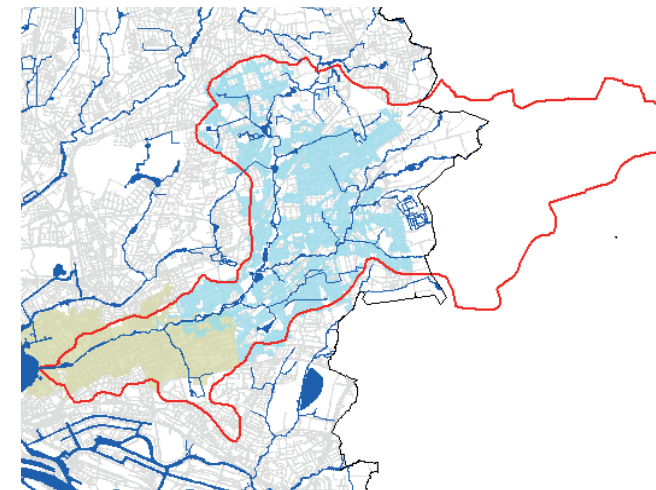


Abb. 17: Einzugsgebiet der Wandse mit vorhandenen Entwässerungsformen der Kanalisation

Abb. 18: Einzugsgebiet der Wandse mit Nebengewässern und Rückhaltebecken

3.2 Die Folgen des Klimawandels

In den vorausgegangenen Kapiteln wurden die Veränderungen des regionalen Klimas im Raum Hamburg sowie die naturräumliche Bestandssituation im Untersuchungsraum dargestellt. Die Ergebnisse dieser Analysen bilden die Grundlage, um in Kapitel 3.2 Aussagen über die Folgen des Klimawandels für das Modellgebiet zu treffen. Dafür wird zunächst die Veränderung der städtischen Wärmeinsel in den Fokus genommen (s. Kap. 3.2.1).

Anschließend setzt sich Kapitel 3.2.2 anhand von Modellierungsergebnissen mit den Auswirkungen veränderter Niederschlagsverhältnisse auf das Kanalnetz und die Gewässer auseinander. Um die Folgen für Flora und Fauna zu ermitteln, werden die Ergebnisse der wissenschaftlichen Diskussion ausgewertet und auf die spezifische Situation im Modellgebiet bezogen (s. Kap. 3.2.3).

3.2.1 Folgen für das Stadtklima in Hamburg und im Modellgebiet

Peter Hoffmann, Robert Schoetter, Marita Linde, K. Heinke Schlünzen

Die Auflösung der regionalen Klimamodelle ist zu grob, um daraus direkte Aussagen zum zukünftigen Stadtklima von Hamburg treffen zu können. Aus diesem Grund müssen die Ergebnisse der regionalen Klimamodelle verfeinert werden. In diesem Abschnitt werden mit Hilfe von statis-

tischen und statistisch-dynamischen Verfeinerungen die Änderungen der Intensität und der räumlichen Ausprägung der Wärmeinsel aufgrund von regionalen Klimaänderungen untersucht. Mögliche Änderungen in der Stadtstruktur werden dabei nicht betrachtet.

Veränderung der Wärmeinselintensität aufgrund des regionalen Klimawandels

Hoffmann et al. (2012) haben ein statistisches Verfeinerungsverfahren für die Intensität der städtischen Wärmeinsel von Hamburg entwickelt. Das Verfahren basiert auf dem statistischen Zusammenhang zwischen der Wärmeinselintensität und den meteorologischen Größen Wolkenbedeckungsgrad, relative Luftfeuchte und Windgeschwindigkeit. Der statistische Zusammenhang wird aus Beobachtungsdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) abgeleitet. Um die Veränderung der Wärmeinselintensität aufgrund regionaler Klimaänderungen zu bestimmen, werden diese meteorologischen Größen aus den Simulationen der regionalen Klimamodelle REMO und CLM ermittelt. Hierbei werden jeweils die ersten beiden Realisierungen des SRES A1B Treibhausgasemissionsszenario verwendet. Als Referenzzeitraum dient 1971 bis 2000. Zum Bestimmen der zukünftigen Veränderungen werden die Wärmeinselintensitäten für die Mitte des 21. Jahrhunderts (2036-2065) und für das Ende des 21. Jahrhunderts (2071-2100) berechnet. Dabei wird angenommen, dass sich die Stadtstruktur in Zukunft nicht ändert. Somit werden nur Veränderungen aufgrund des Klimawandels betrachtet. Für den Referenzzeitraum weichen die aus REMO bzw. CLM Daten bestimmten Wärmeinselintensitäten von den aus Beobachtungsdaten bestimmten Wärmeinselintensitäten ab. Dies lässt sich auf Abweichungen (den sogenannten Bias) der von REMO und CLM simulierten Werte für den Wolkenbedeckungsgrad und die relative Luftfeuchte zurückführen. Um die Abweichungen in der statistisch modellierten Wärmeinselintensität zu verringern, werden diese Größen bias-korrigiert.⁴⁵

Abbildung 20 stellt die mittleren Änderungen der statistisch modellierten Wärmeinselintensität für CLM und REMO in verschiedenen Zeitabschnitten dar. Die Ergebnisse der zwei Realisierungen des A1B Szenarios beider regionaler Klimamodelle werden zusammengefasst dargestellt. Basierend auf Ergebnissen des regionalen Klimamodells REMO sind für die Mitte des 21. Jahrhunderts kaum Änderungen der Wärmeinselintensität zu verzeichnen.

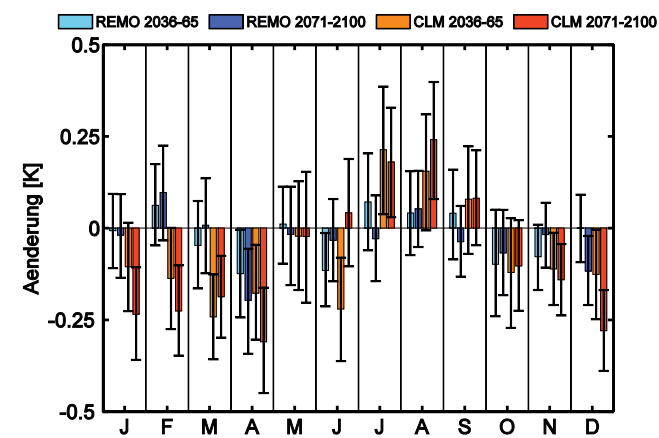


Abb. 20: Änderungen der monatlich gemittelten Wärmeinselintensität gegenüber dem Referenzzeitraum 1971 bis 2000. Die Fehlerbalken stellen den 95%-Vertrauensbereich dar.

Für CLM ergibt sich eine statistisch signifikante Abnahme der Wärmeinselintensität von -0,15 K bis -0,25 K in den Monaten März, April, Juni, November und Dezember, sowie eine signifikante Zunahme im Juli von +0,2 K. Gegen Ende des 21. Jahrhunderts nimmt die Wärmeinsel, basierend auf REMO Ergebnissen, zusätzlich zum

April auch im Dezember statistisch signifikant ab. In den restlichen Monaten sind keine signifikanten Änderungen der mittleren Wärmeinselintensität feststellbar. Die CLM-Ergebnisse weisen eine Abnahme der mittleren

Wärmeinselintensität für die Monate November bis April auf. In den beiden Sommermonaten Juli und August nimmt die Wärmeinselintensität signifikant um +0,2 K bis +0,25 K zu.

Veränderung der räumlichen Ausprägung der Wärmeinsel aufgrund des regionalen Klimawandels

Um Änderungen des Wärmeinselmusters zu bestimmen, erfolgt eine statistisch-dynamische Verfeinerung der regionalen Klimaprojektionen von REMO und CLM.⁴⁶ Das Wärmeinselmuster wird für verschiedene Zeiträume (1971-2000; 2036-2065; 2070-2099) berechnet. Hierfür werden die Wetterlagen sowie die lokalen meteorologischen Größen Wolkenbedeckungsgrad, relative Luftfeuchte und Windgeschwindigkeit aus den regionalen Klimamodellen REMO und CLM bestimmt. Diese Größen wurden, wie auch beim statistischen Modell, bias-korrigiert.⁴⁷

noch gering. Basierend auf REMO Ergebnissen ändert sich das Wärmeinselmuster nicht. In den CLM Ergebnissen wird eine leichte Zunahme der Wärmeinselintensität verzeichnet, vor allem im Westen des Modellgebietes.

Zusätzlich zur Untersuchung des Wärmeinselmusters werden die Änderungen der Häufigkeit von Tagen mit einer stark ausgeprägten Wärmeinsel (Wärmeinselintensität größer als 3 K) für die Sommermonate bestimmt. Für die Mitte des 21. Jahrhunderts sind die Änderungen nicht signifikant, deuten aber, basierend auf Ergebnissen des Modells CLM, auf eine Zunahme solcher Tage hin. Am Ende des Jahrhunderts nimmt deren Anzahl von 25 auf 32 Tage pro Sommer gemäß CLM deutlich zu. Die Zunahme fällt, basierend auf REMO Ergebnissen, mit +5 Tagen geringer aus und ist statistisch nicht signifikant.

Für die Mitte des 21. Jahrhunderts ergeben sich für beide Modelle nur geringfügige Änderungen des Wärmeinselmusters im Modellgebiet (s. Abb. 21 a,b). Erst zum Ende des 21. Jahrhunderts zeigen sich bei CLM größere Änderungen, welche aber vor allem im Westen von Hamburg auftreten. Im Modellgebiet sind sie immer

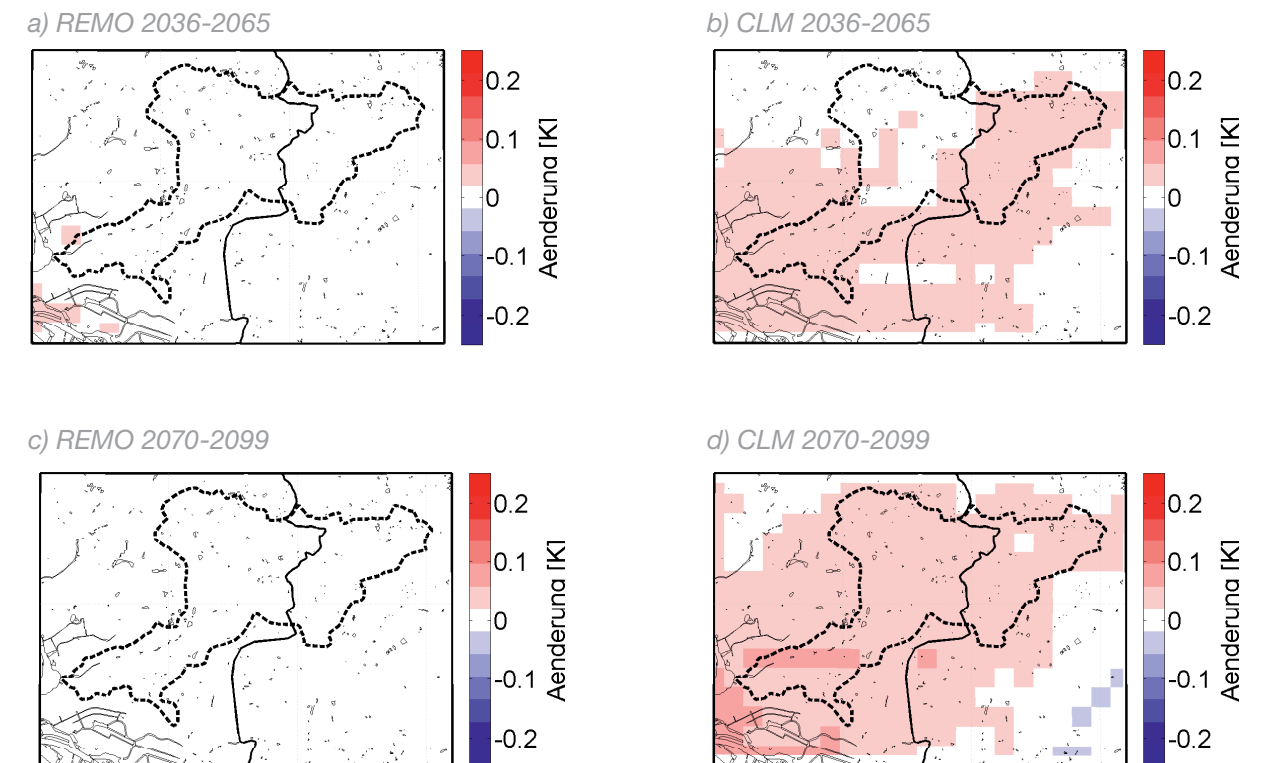


Abb. 21: Änderungen der räumlichen Ausprägung der Wärmeinsel für das Einzugsgebiet der Wandse, bestimmt mit Hilfe von statistisch-dynamischer Verfeinerung.

45 Schoetter et al. 2012

46 Das sogenannt SDV-Verfahren, Hoffmann 2012

47 Schoetter et al. 2012

Mögliche Folgen für das Modellgebiet

Feinstrukturierte METRAS-Modelluntersuchungen zeigen unterschiedliche künftige Entwicklungen der Wärmeinsel, wenn die Statistik der Wetterlagen aus den Klimamodellen REMO und CLM abgeleitet wird. Basierend auf den Wetterlagen aus REMO ändert sich sowohl die Intensität als auch das Muster der sommerlichen Wärmeinsel im künftigen Klima kaum. Die CLM Wetterlagen weisen allerdings auf eine Zunahme von Tagen mit einer hohen Wärmeinselintensität hin. Auch eine geringfügige Veränderung des Wärmeinselmusters wurde aus den CLM Daten abgeleitet. Aus den Ergebnissen kann gefolgert werden, dass sich im zukünftigen Klima die nächtlichen Temperaturunterschiede zwischen Stadt und Umland

nicht grundlegend gegenüber dem Ist-Klima ändern werden, wenn die Stadtstruktur unverändert bleibt. Auch das Auftreten von Wärmeinseln im Sommer wird sich in Zukunft sehr wahrscheinlich nicht verringern. Folglich wird der Anstieg der nächtlichen Temperaturen, in Folge des Klimawandels durch die Bebauung weder verstärkt noch abgeschwächt. Für den dicht bebauten innerstädtischen Bereich im Westen des Modellgebietes folgt, dass über die klimatisch bedingte Erwärmung hinaus vermehrt Nächte mit hoher Wärmebelastung auftreten werden. Diese können das thermische Wohlbefinden der dort lebenden Bevölkerung beeinträchtigen.

3.2.2 Folgen für Kanalnetz und Gewässer

Sandra Hellmers, Nina Hüffmeyer

Die bereits heute vorhandenen Risiken von Überflutungen können durch den Klimawandel, aber auch durch eine zunehmende Versiegelung und bauliche Verdichtung verstärkt werden. Im Folgenden werden zunächst die Auswirkungen sich möglicherweise ändernder Niederschläge untersucht. Starkniederschläge werden hierbei sowohl in Bezug auf die Gesichtspunkte Dauer und Intensität als auch aus Sicht der Meteorologie betrachtet (s. Kap. 2.1). Die genannten Einflussfaktoren führen zu einem veränderten Überflutungsverhalten, das in diesem Kapitel zusammengefasst dargestellt wird. Da die Untersuchungen ergeben haben, dass sich die Niedrigwasserabflüsse des Gewässers und Grundwasserabflüsse im Einzugsgebiet der Wandse nur unwesentlich verändern, werden diese nicht aufgeführt.

Methodische Vorgehen

Zur Untersuchung der möglichen Folgen des Klimawandels für das Kanalnetz und die Gewässer im Einzugsgebiet der Wandse wurden die Niederschlagsdaten der regionalen Klimamodelle REMO⁴⁸ und CLM⁴⁹ verwendet. Neben den in Kapitel 2.1 beschriebenen Auswertungen wurden dabei insbesondere Analysen für seltene, starke Regenereignisse durchgeführt.

Die Klimamodelldaten wurden zunächst anhand der von Hamburg Wasser ermittelten Niederschlagsdaten für den Zeitraum 1971 bis 2000 validiert. Anschließend wurden sie hinsichtlich der Änderung seltener, starker Niederschlagsereignisse in der Zukunft (2071-2100) ausgewertet.

Folgende Datensätze wurden untersucht:

- Klimaszenario A1B der ersten und zweiten Realisierung von REMO und CLM (im Folgenden A1B_1 und A1B_2)
- Klimaszenario B1 der ersten Realisierung von REMO und CLM

Auf Basis der REMO-Niederschlagsdaten wurden danach Simulationen zu den Auswirkungen der veränderten Niederschläge für Kanalnetze und Gewässer durchgeführt. Zum einen wurde dabei mit dem hydrodynamischen Kanalnetzmodell Hystem-Extran die Änderung von Überlauf- und Überstauereignissen seitens des Kanalnetzes untersucht. Zum anderen wurden die Ergebnisse des hydrologischen Niederschlags-Abfluss-Modells KalypsoHydrology hinsichtlich der Entwicklung von Hochwasserereignissen und überschwemmten Flächen ausgewertet.

Änderung des Niederschlagsverhaltens nach regionalen Klimamodellen

Auf Basis der extremwert-statistischen Auswertungen der Niederschlagsdaten können statistische Niederschlagshöhen für bestimmte Wiederkehrzeiten und Niederschlagsdauern berechnet werden. Abbildung 22 zeigt exemplarisch die Niederschlagshöhen in Abhängigkeit von der Dauer der Regenereignisse, wie sie in den Klimamodelldaten theoretisch ein Mal in zwei Jahren ($T_N=2a$) bzw. ein Mal in zehn Jahren ($T_N=10a$) auftreten. Im Vergleich der gemessenen Niederschlagsdaten mit den Klimamodelldaten zeigt sich insbesondere für das Klimamodell REMO eine recht gute Übereinstimmung

der berechneten statistischen Niederschlagshöhen.⁵⁰ CLM scheint insbesondere bei kürzeren Ereignissen unter den Werten der Niederschlagsmessungen zu liegen. Auch im Hinblick auf die zukünftige Entwicklung der Niederschläge ergeben sich Unterschiede zwischen den beiden Modellen. Während sich bei REMO für den Zeitraum 2071 bis 2100 in allen Szenarien eine Erhöhung der Niederschlagssummen um 30% bis 50% zeigt, ergibt sich bei CLM in zwei Szenarioläufen für die kurzen und sehr seltenen Ereignisse keine Änderung bzw. sogar eine Verringerung der Niederschlagshöhen.

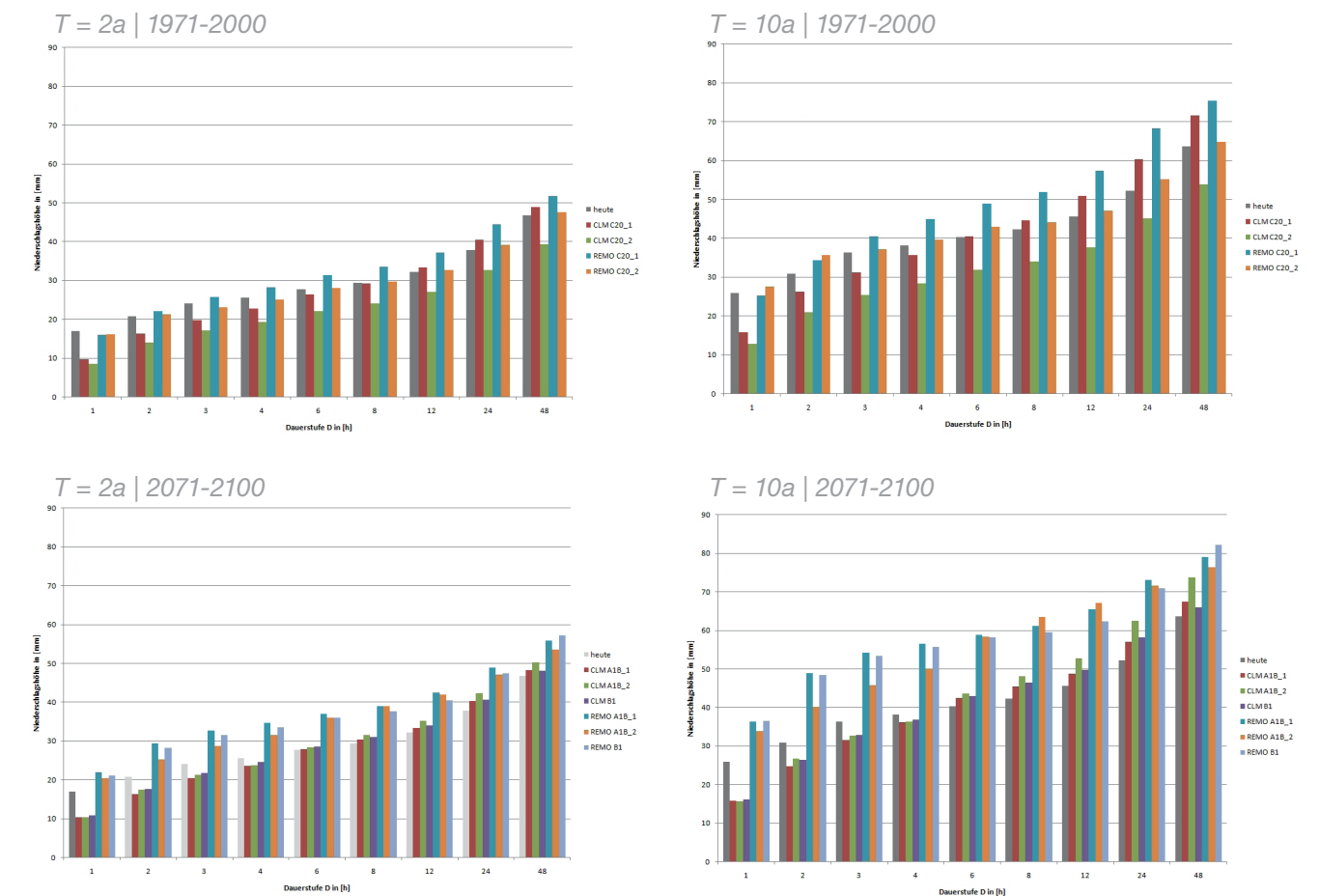


Abb. 22: Niederschlagshöhen verschiedener Dauern nach REMO (A1B_1, A1B_2 und B1) für die Wiederkehrzeiten von ein Mal in zwei Jahren (links) und ein Mal in zehn Jahren (rechts)

Die Auswertung der Niederschlagsdaten ergibt damit kein einheitliches Bild, was die Entwicklung zukünftiger Starkregenereignisse betrifft. Aufgrund der besseren Validierungsergebnisse der Niederschlagsdaten und der eher geringfügigen Änderungen der Niederschläge von kurzer Dauer bei CLM wurden die Kanal- und Gewässersnetzsimulationen lediglich mit den Daten des Modells REMO durchgeführt. Für Kanalnetze und Gewässer stellt dies die Betrachtung des ungünstigsten Falls dar. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Ansatz von extremeren Klimaszenarien zu noch stärkeren Änderungen der Niederschlagsmuster führen könnte. Verschiedene Quellen

der Unsicherheit, die sich z.B. aus der Wahl des Klimamodells oder des Emissionsszenarios ergeben, wurden in den vorherigen Kapiteln bereits diskutiert. Sowohl bei den Kanalnetz- als auch den Gewässersimulationen ist die zeitliche Auflösung der Niederschlagsdaten aus den Klimamodellen problematisch, da üblicherweise mit Niederschlagsdaten höherer zeitlicher Auflösung gerechnet wird. Die Ergebnisse sollten daher mit Vorsicht interpretiert werden.

48 Jacob 2005

49 Rockel et al. 2008

50 Kuchenbecker et al. 2010; Hüffmeyer 2011

Auswirkungen der geänderten Niederschläge auf das Kanalnetz

Ein Anstieg der Niederschlagshöhen starker Regenereignisse würde sich durch erhöhte Zuflüsse zum Kanalnetz auf Überlauf- und Überstauhäufigkeiten auswirken. Basierend auf den Niederschlagsdaten von REMO ergibt sich folglich sowohl für das Misch- als auch für das Trennsystem ein Anstieg der Überstauhäufigkeiten im Laufe des 21. Jahrhunderts. Abbildung 23 zeigt exemplarisch die Anzahl der Tage mit einem Überlauf- bzw. Überstauereignis. Die Höhe des Anstiegs dieser Ereignisse entspricht der von REMO simulierten Änderung der Niederschlagshöhen und würde insbesondere ab

Mitte des 21. Jahrhunderts spürbar. Die Folgen wären eine Erhöhung der Gewässerbelastung durch häufigere Mischwassereinleitungen sowie ein erhöhtes Risiko für Überflutungen durch Kanalnetzüberstau. Bereits die hohe Variabilität des Niederschlags zwischen den Szenarien bzw. Realisierungen von REMO macht sich in den Ergebnissen der Kanalnetzsimulationen bemerkbar. Sie weisen eine hohe Schwankungsbreite der Überlauf- und Überstauereignisse auf. Zusätzliche Simulationen der CLM-Daten würden diese Schwankungsbreite noch weiter erhöhen.

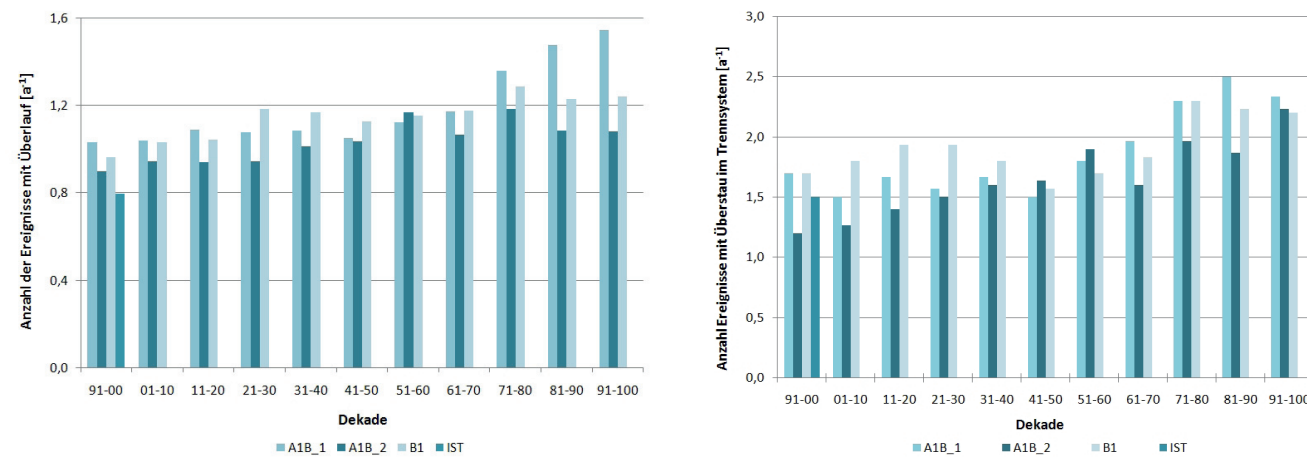


Abb. 23: Entwicklung des Überlauf- und Überstauverhaltens nach REMO: Anzahl der Tage pro Jahr mit Mischwasserüberlauf (links) und Überstau im Trennsystem (rechts)

Der Anstieg der Ereignisse mit Überstau könnte dazu führen, dass es zukünftig lokal in einem nach heutigen Standards nicht mehr vertretbaren Umfang zu Überlastungen von Kanalnetzen kommt. Abbildung 24 zeigt die Kanaleinzugsgebiete, die unter Annahme des REMO-Szenarienlaufs A1B (in dieser Betrachtung der ungünstigste Fall) bis zum Jahr 2100 zu häufig überlastet wären. Hieraus wird ersichtlich, dass die Erarbeitung von möglichen

Anpassungsmaßnahmen erforderlich ist, um negative Klimafolgen zu vermeiden. Gleichwohl unterliegen die Ergebnisse den in den vorherigen Abschnitten erläuterten Unsicherheiten und müssen nicht zwangsweise im hier gezeigten Umfang auftreten. Die Anpassungsmaßnahmen müssen eine derartige Flexibilität aufweisen, damit sie auch im Falle anders gearteter Klimaänderungen nicht versagen oder zu hohe Kosten verursachen.

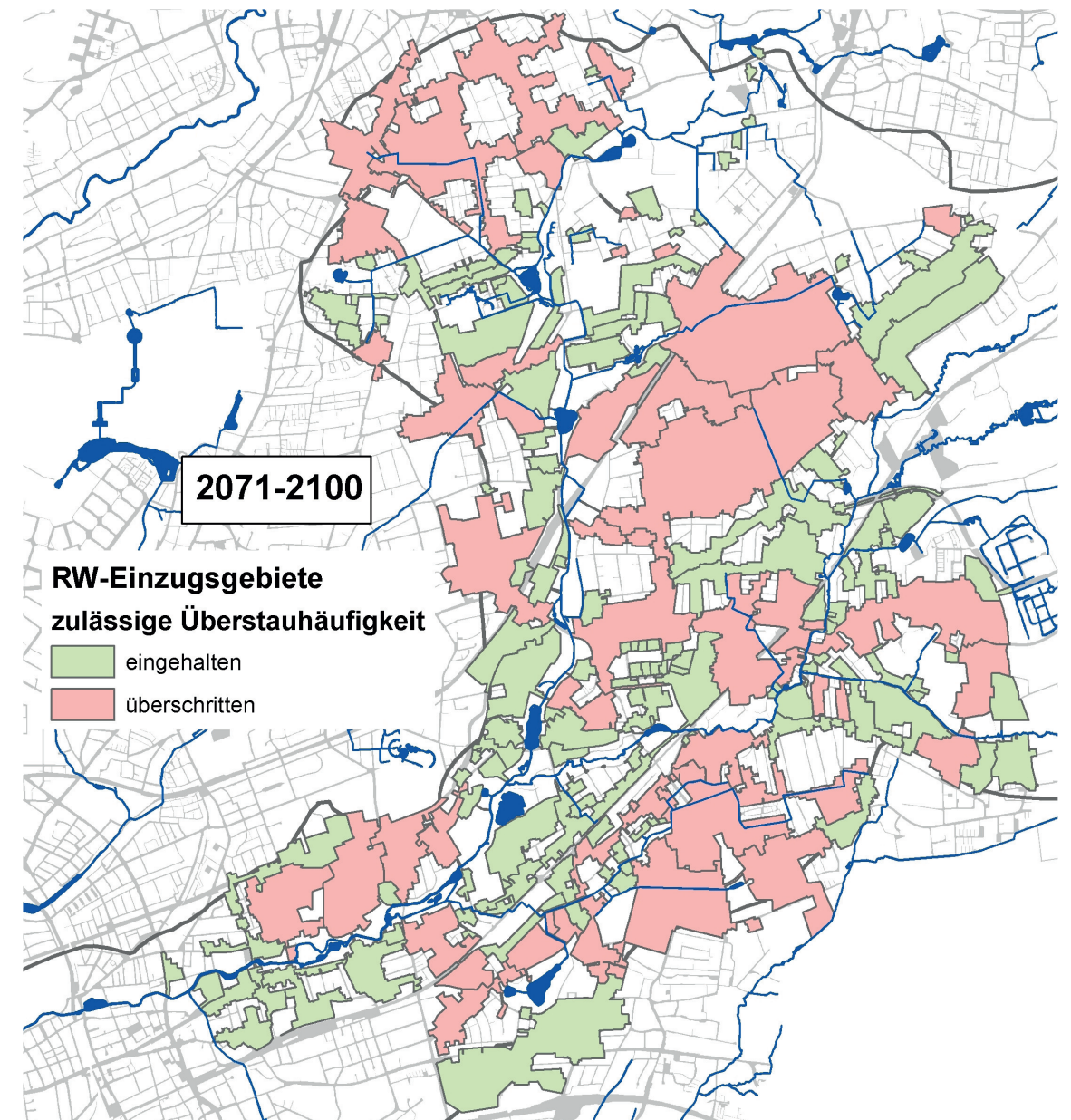


Abb. 24: Zukünftig überlastete Kanaleinzugsgebiete unter Annahme des REMO-Szenarienlaufs A1B

Auswirkungen der geänderten Niederschläge auf die Gewässerabflüsse

Eine Zunahme der Niederschlagsmengen und Niederschlagsereignisse wirkt sich auch auf die Abflüsse in den Gewässern aus. Unter der Annahme des Szenarios A1B, der ersten sowie zweiten Realisierung von REMO, wurden Berechnungen für den Zeitraum 2036 bis 2065 mit KalypsoHydrology durchgeführt. Es wurde hier zum einen mit Niederschlagsdaten gerechnet, bei denen der Niederschlag senkrecht auf die Fläche fällt, zum anderen mit einem Niederschlag, der durch den Wind verdriftet wird. Im weiteren Verlauf wurden Daten mit und ohne die Anwendung einer Bias-Korrektur verwendet. Auf der Grundlage der Auswertung der Niederschlagsdaten des B1-Szenarios liegen die Ergebnisse innerhalb der Spannweite der A1B-Realisierungen, daher wurden für dieses Szenario keine zusätzlichen Berechnungen durchgeführt. Die Auswirkungen auf die Hochwasserabflüsse bestimmter Wiederkehrzeiten sind in Abbildung 25 dargestellt.

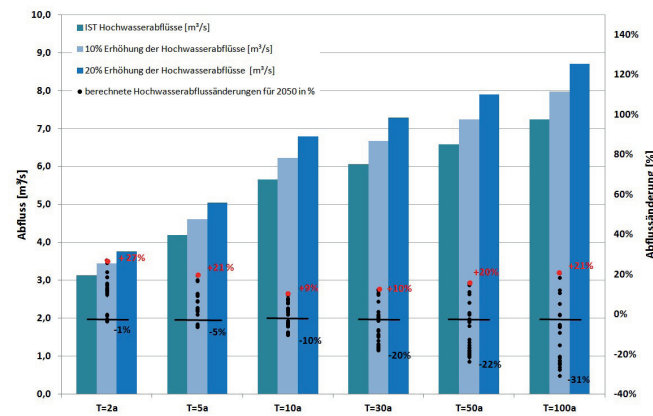


Abb. 25: Spannweite der berechneten Auswirkungen auf die Hochwasserabflüsse in % für bestimmte Wiederkehrzeiten und Auswirkung einer 10% sowie 20% Erhöhung der Abflüsse beispielhaft für den Wandse-Mittellauf (Balkendiagramm) in m³/s.

Wie in den Niederschlagsauswertungen und den Ergebnissen der Kanalnetzsimulationen wird auch hier eine hohe Bandbreite der Auswirkungen für die Gewässerabflüsse berechnet. Die Spannweite der Hochwasserabflussänderungen wird in dem Punktediagramm deutlich. Die Schwankungen der Ergebnisse sind für seltenere Ereignisse mit einer Wiederkehrzeit von ein Mal in 100 Jahren höher. Hier werden Erhöhungen der Hochwasserabflüsse von über 20%, aber auch Verringerungen der Hochwasserabflüsse von über 30% berechnet. Eine Verringerung der Hochwasserabflüsse würde sich positiv auf die Hochwassersituation an der Wandse auswirken. Um jedoch Anpassungsstrategien zur Vermeidung negativer Klimafolgen zu entwickeln, werden die Abflusswerte um einen maximalen Zuschlag von 10% und 20% erhöht. Basierend auf diesen Hochwasserabflusswerten können auch die Folgen für die überschwemmten Flächen berechnet werden. Hierbei sind die aufgeführten Berechnungsergebnisse als Forschungsergebnisse zu betrachten. Abbildung 26 stellt die Veränderung überschwemmter Flächen bei einer Wiederkehrzeit von ein Mal in 100 Jahren beispielhaft für den Mittellauf der Wandse dar. Die Zunahme der überschwemmten Flächen ergibt sich durch die höheren Wasserstände und die vorhandenen topographischen Gegebenheiten. Aufgrund der Topographie ist insbesondere Rahlstedt von einer Erhöhung der Hochwasserabflüsse um 20% betroffen. Hier vergrößert sich die überschwemmte Fläche deutlich, da das Gelände flach ist und sich das Wasser an dieser Stelle ausbreiten kann. Die weiteren Uferbereiche entlang der Wandse liegen erhöht, sodass sich dort die überfluteten Flächen nur geringfügig vergrößern.

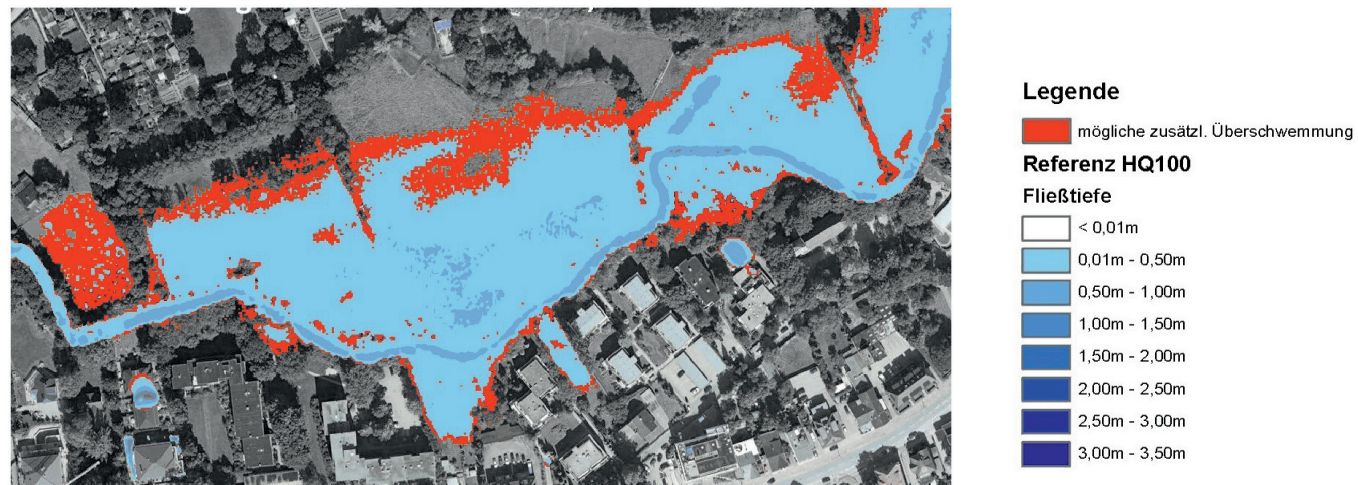


Abb. 26: Mögliche zusätzliche überschwemmte Fläche bei einer Wiederkehrzeit von ein Mal in 100 Jahren, beispielhaft für den Wandsemittellauf bei einer Erhöhung der Hochwasserabflüsse um 20% durch die möglichen Auswirkungen des Klimawandels.

Mögliche Folgen für das Modellgebiet

Basierend auf den aktuellen REMO-Daten werden für die Zukunft mehr Überstau- und Überlaufereignisse für das Kanalnetz sowie höhere Gewässerabflüsse unter der Annahme des ungünstigsten Falls berechnet. Dies scheint sich aus den CLM-Daten nicht oder nur in geringerem Maße zu ergeben. Weitere Unsicherheiten liegen zum einen in der Anwendung der Klimamodelldaten für Kanalnetz- und Niederschlagsabfluss-Simulationen, sie ergeben sich aber zum anderen auch aus den Unsicherheiten der Klimamodelle und der zukünftigen Entwicklung der Treibhausgasemissionen.

Städtische Entwässerungssysteme weisen eine hohe Lebensdauer auf und sowohl Ausbau als auch Unterhaltung sind mit erheblichen Kosten verbunden. Daher muss trotz der unsicheren Datengrundlage bereits heute über mögliche Anpassungen an klimatische Veränderungen nachgedacht werden. Die zunehmende Versiegelung in Hamburg und die daraus resultierenden steigenden Niederschlagsabflüsse können bestehende Probleme verschärfen. Regional wurden die Bemessungsgrundlagen von Kanalnetzen bereits angepasst bzw. die Berücksichtigung von Klimaänderungen festgeschrieben.⁵¹ Diese Vorgehensweise ist nicht nur mit erheblichen Kosten

verbunden, sondern ist in innerstädtischen dicht bebauten Gebieten bautechnisch oftmals schwer umzusetzen, zudem kann sie ökologisch negative Auswirkungen haben. Daher erscheint es für Hamburg nicht sinnvoll, den möglichen Auswirkungen des Klimawandels mit pauschalen Bemessungszuschlägen zu begegnen. Auch innerhalb der für die Bemessung von Kanalnetzen in Deutschland normgebenden DWA besteht fachlicher Konsens darüber, dass eine Anpassung der Bemessungsgrundlagen aufgrund der bislang noch nicht hinreichend konkret absehbaren Folgen des Klimawandels für Starkregen relevanter Dauerstufen nicht sinnvoll ist. Aus diesen Gründen sollten sich alle Anstrengungen zur Entlastung der Kanalnetze und der Gewässer auf eine optimierte Bewirtschaftung der bestehenden Ableitungs- und Speicherkapazitäten sowie eine langfristig ausgerichtete, dezentrale Regenwasserbewirtschaftung konzentrieren. Auch bezüglich des Hochwasserschutzes werden entsprechend der großen Spannweite möglicher Gewässerabflüsse sowie einer möglichen Zunahme überschwemmter Flächen künftig neue Anpassungsstrategien erforderlich, um Gebäude sowie Infrastrukturen mit mobilen bzw. anpassbaren Systemen zu schützen, und das Oberflächenwasser kontrolliert ableiten zu können.

3.2.3 Folgen für Flora und Fauna

Katharina Schmidt, Julia Stockinger, Esther Verjans, Kai Jensen

Die in Kapitel 2.1 beschriebenen projizierten Klimaveränderungen in Hamburg können wichtige abiotische Faktoren verändern. Wenn sich diese Veränderung für heimische Tiere und Pflanzen zu rasch vollzieht, kann die Anpassung einiger Arten nicht schnell genug stattfinden. Daher stellt die Untersuchung von möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf die heimische Flora und Fauna eine wichtige Wissensgrundlage für die Entwick-

Auswirkungen des Klimawandels

Schon heute lassen sich Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf saisonale Effekte identifizieren, z.B. auf die Phänologie von Pflanzen und Tieren. So beginnt die Forsythienblüte heute in Hamburg etwa vier Wochen früher als Mitte des 20. Jahrhunderts.⁵² Auch in Europa setzt die Vegetationsperiode heute früher ein und dauert einige Tage länger als noch vor 50 Jahren.⁵³

Für Städte wurde außerdem festgestellt, dass Pflanzen in urbanen Gebieten früher blühen als in ländlichen Räumen.⁵⁴ Änderungen in der Phänologie können sich negativ auf Pflanzen-Tier-Interaktionen, wie z.B. Bestäubung, oder auch Räuber-Beute-Beziehungen auswirken. Diese können gestört werden, wenn die betroffenen Arten unterschiedlich auf den Klimawandel reagieren.⁵⁵

Allgemein zu erwartende Auswirkungen des Klimawandels auf die städtische Flora und Fauna ergeben sich in unterschiedlichem Ausmaß durch die projizierte Temperaturerhöhung, erhöhte CO₂-Konzentrationen sowie schlechtere Wasserverfügbarkeit durch abnehmende Sommerregen während der Vegetationsperiode (s. Kap. 2.1). Da die Vielfalt der Tierarten mit der Komplexität der Vegetationsstrukturen und dem Artenreichtum von Pflanzen in engem Zusammenhang steht,⁵⁶ sind Veränderungen in der Flora auch für die Fauna relevant.

Im Modellgebiet könnte die Zunahme der Hochwasserhäufigkeit (s. Kap. 3.2.2) vor allem für Tiere von Bedeutung sein. Durch höhere Fließgeschwindigkeiten, die bei Hochwasserereignissen auftreten, wird Sand aus der Flusssohle ausgeschwemmt. Die Sedimente lagern sich flussabwärts wieder ab und verstopfen dort das Lückensystem (Interstitial) im Flussbett, in dem Muscheln und Insektenlarven leben.⁵⁷ Der Stoffaustausch

lung von Schutzzielen und Managementplänen dar, um die Biodiversität langfristig zu erhalten und zu fördern. Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf Flora und Fauna wurden aus der Fachliteratur abgeleitet und auf das Modellgebiet übertragen. Im Folgenden werden die aktuelle Situation und mögliche Auswirkungen des Klimawandels zunächst für die Flora, dann für die Fauna beschrieben.

zwischen diesem Lebensraum und dem Fließgewässer wird unterbrochen und die betroffenen Tiere ersticken. Bei häufigen Wiederholungen kann dies längerfristig zu einer Reduzierung der Biodiversität im Flussbett führen.⁵⁸

Mögliche Auswirkungen der Temperaturerhöhung auf die Flora

Die erwartete Temperaturerhöhung kann dazu führen, dass mehr warme und trockene Habitate entstehen und demnach wärme- und trockenheitsliebende Pflanzenarten ihr Verbreitungsgebiet vergrößern. Möglicherweise wandern Arten auch verstärkt aus südlicheren, d.h. wärmeren und trockeneren Regionen ein. Somit werden sich Verbreitungsgebiete von Pflanzenarten verschieben⁵⁹ und es kann zu einem Verlust der regionalen Artenvielfalt kommen. Auch im Modellgebiet sind daher Artenverschiebungen zu erwarten, vor allem ein Verlust von kalte- und feuchteliebenden Arten, die in Richtung Norden/Nordosten abwandern könnten. Gerade die als „hochgradig wertvoll“ bewerteten Biotoptypen, wie die überwiegend feuchten Lebensräume in stadtferner und demnach etwas kühlerer Lage, sind in Zeiten stetiger Temperaturerhöhung und vermehrten Trockenzeiten für heimische Arten von besonderer Bedeutung. Die Naturschutzgebiete Höltigbaum und Stellmoorer Tunneltal könnten zukünftig einen wichtigen Rückzugsraum für diese Arten darstellen und müssen daher unbedingt als Schutzgebiete erhalten bleiben.

Mögliche Auswirkungen der schlechteren Wasserverfügbarkeit während der Vegetationsperiode auf die Flora

Zukünftig ist eine Niederschlagsabnahme in den Sommermonaten zu erwarten (s. Kap. 2.1.). Vor allem Arten der Feuchtgebiete (z.B. der Feuchtwiesen, aber auch der Bruchwälder im Modellgebiet) könnten durch Trockenstress während der Vegetationsperiode gefährdet sein. Das kann bedeuten, dass diese Arten dort nicht mehr existieren können und sich in feuchtere Gebiete „zurückziehen“ müssen, wie ins rurale Umland. Sie werden dann im ursprünglichen Gebiet durch Arten ersetzt, die besser an die trockeneren Bedingungen angepasst sind. Durch diese Verschiebungen können sich auch Interaktionen zwischen Organismen verändern, z.B. Konkurrenzverhältnisse, und damit neue Artenzusammensetzungen entstehen. Zusätzlicher Trocken- und Hitzestress im Sommer macht Pflanzen anfälliger für Krankheitserreger, diese können ebenfalls Auswirkungen auf Pflanzenwachstum und Artenverbreitung haben.⁶⁰ Bereits heute weisen urbane Räume im Allgemeinen höhere Temperaturen (s. Kap. 3.1.1.) und trockenere Böden auf als rurale Gebiete und bieten demnach Lebensräume für andere Pflanzengemeinschaften.⁶¹ Dies wird sich im Zuge des Klimawandels vermutlich noch verstärken. Auch hier ist damit zu rechnen, dass die Naturschutzgebiete im Modellgebiet zukünftig einen wichtigen Rückzugsraum darstellen. Da Hochwasserereignisse temporär sind, wird nicht erwartet, dass diese die Flora im Modellgebiet künftig stark beeinträchtigen.

Mögliche Auswirkungen der Temperaturerhöhung auf die Fauna

Für die Fauna werden parallel zu den Veränderungen der Vegetation Arealverschiebungen erwartet.⁶² Die Adaptionsfähigkeit und Plastizität der heimischen Arten an kommende Klimaveränderungen wird hierbei entscheidend sein. Es kann zur verstärkten Präsenz von Generalisten kommen, wie es schon jetzt im zentrumsnahen Bereich des Einzugsgebiets der Wandse zu erkennen ist. Gleichzeitig könnte ein Verlust von spezialisierten Arten eintreten. Auch bestimmte Phasen des Lebenszyklus können bei einigen Tierarten durch veränderte Klimabedingungen beeinflusst werden.⁶³ Die Phänologie von Zugvögeln,

insbesondere ihre Frühjahrsankunft, wird seit vielen Jahren dokumentiert. Mittlerweile zeigt sich auch für Hamburg der Trend, dass diese Tiere früher im Jahr ihre Sommerquartiere bei uns erreichen.⁶⁴ Einige Individuen mancher Vogelarten, wie Gänse und Enten, die ursprünglich als Zuggäste aus Skandinavien auch an der Wandse Station machten, verbringen nun den gesamten Winter im Stadtgebiet. Eine Fortsetzung dieser Entwicklung ist auch für die nächsten Jahrzehnte zu erwarten. Milderes Klima im Winter sowie fehlende langanhaltende Frostperioden können eine verstärkte Ausbreitung und Zuwanderung von Pflanzenschädlingen und parasitierenden Organismen unterstützen. Eine verlängerte Reproduktionsphase bei Tieren (v.a. Insekten) kann zu einer starken Vermehrung bestimmter Arten führen.

Mögliche Auswirkungen der schlechteren Wasserverfügbarkeit während der Vegetationsperiode auf die Fauna

Amphibien werden sich bei zunehmender Trockenheit in feuchtere Gebiete zurückziehen. Dies können sowohl mit Teichen ausgestattete Gärten sein als auch das Umfeld von Bachläufen, wo die Luftfeuchtigkeit konstant hoch bleibt. Die Wandse und die unmittelbar angrenzenden Kleingärten bieten wichtige Rückzugsgebiete für empfindliche und feuchteliebende Tierarten. Im Zuge der reduzierten Niederschläge im Sommer, kann es im Hochsommer zum Trockenfallen von Flussbereichen kommen. Hierbei steigt die Wassertemperatur, der Sauerstoffgehalt verringert sich und typische Fließgewässertiere verschwinden. Die im Bachbett lebende Fauna (meist Insekten und Würmer) dient als Nahrungsquelle für terrestrische Tierarten. Wasserspitzmäuse reagieren u.a. auf die Verringerung des Wasserstandes mit Populationsabnahme und -alterung⁶⁵ und könnten so langfristig aus dem Modellgebiet verschwinden.

52 DWD 2013
53 Menzel, Fabian 1999
54 Roetzer et al. 2000
55 Parmesan 2006; Schweiger et al. 2008
56 Faeth et al. 2011
57 Brunke 1999
58 Sagar 1986
59 Walther et al. 2002; Pompe et al. 2008

60 Parmesan 2006
61 McKinney 2002, Wittig 2004
62 Parmesan, Yohe 2003
63 Parmesan, Yohe 2003
64 Ostwald 2009
65 Parnov, Karpenko 2004

Mögliche Folgen des Klimawandels für das Modellgebiet und Einfluss der Stadtentwicklung auf Flora und Fauna

Generell sind Pflanzen und Tiere in der Lage, sich an verändernde Klimabedingungen anzupassen bzw. kompensatorisch zu wandern. Der anthropogen verursachte Klimawandel verläuft allerdings schneller als natürliche Änderungen und kann zu einer starken Belastung von Spezialisten und klimasensitiven Tier- und Pflanzenarten führen. Zudem wird aufgrund der heute stark ausgeprägten Lebensraumzerschneidung durch Straßen und menschliche Siedlungen eine klimabedingte Kompensationswanderung vieler Arten erschwert oder ganz verhindert.⁶⁶ Somit wird der Klimawandel teilweise erst aufgrund zusätzlicher anthropogener Lebensraumveränderungen zu einer ernsthaften Bedrohung für Flora

und Fauna. Große Teile des Modellgebietes sind durch Versiegelung und dichte Bebauung geprägt. Neben den Folgen des Klimawandels wirken für dieses Gebiet die Veränderungen durch fortschreitende Urbanisierung maßgeblich auf Flora und Fauna oder können klimabedingte Anpassungen überlagern (s. auch Kap. 4.2). Für Tierarten kann dies eine zunehmende Habitatzerstörung durch Versiegelung und eine Habitatfragmentierung durch nicht überwindbare Barrieren wie Straßen und damit einhergehende Isolation bedeuten.⁶⁷ Hierdurch wird das dauerhafte Überleben einer Art an einem speziellen Standort bedroht.

66 Faeth et al. 2011

67 Faeth et al. 2011

3.3 Zwischenfazit: Relevanz der Klimafolgen für die Entwicklung des Modellgebietes

Thomas Zimmermann, Elke Kruse, Wolfgang Dickhaut, Jörg Knieling

Am Beispiel des Einzugsgebietes der Wandse werden Auswirkungen des Klimawandels auf den Raum Hamburg exemplarisch untersucht. Das Modellgebiet reicht vom ländlich geprägten Schleswig-Holsteiner Umland im Osten bis zum innerstädtischen Bereich Hamburgs im Westen. Bauliche Dichte und urbaner Charakter des Untersuchungsraums nehmen in Richtung Zentrum zu. Den Oberlauf der Wandse prägen land- und forstwirtschaftlich genutzte Flächen und dörfliche Bebauung. Am westlich anschließenden Stadtrand Hamburgs dominiert lockere Wohnbebauung, die im Westen in dichtere Blockrandbebauung übergeht. Der innerstädtische Bereich im Westen des Modellgebietes ist dagegen dicht bebaut. Das Einzugsgebiet der Wandse umfasst, mit Ausnahme der „Hafenflächen“, das gesamte Spektrum städtischer Strukturtypen, die in Hamburg vorkommen. Daher können an diesem Beispiel verschiedene Problemstellungen der Klimaanpassung von Städten dargestellt werden.

Die projizierten Klimaänderungen werden sich künftig auch im Modellgebiet auswirken und neue Anforderungen an die Stadtentwicklung stellen. Von besonderer Relevanz sind dabei die Parameter Temperatur und Niederschlag. Temperaturerhöhungen betreffen vor allem den dicht bebauten innerstädtischen Bereich im Westen des Modellgebietes. In den Sommermonaten könnten dort erhöhte Temperaturen besonders nachts das Wohlbefinden der Anwohnenden beeinträchtigen. Tropennächte mit Temperaturen über 20 °C nehmen sehr wahrscheinlich in Abhängigkeit von der globalen Erwärmung zu, bleiben aber dennoch selten. Die Stadtentwicklung steht damit vor der Aufgabe, die Auswirkungen der Temperaturerhöhung möglichst gering zu halten. Ansatzpunkte bieten Maßnahmen, welche die Temperaturdifferenz zwischen der Stadt und ihrem Umland, d.h. die städtische Wärmeinsel, reduzieren. Entsprechende Maßnahmen können bspw. bei der Verringerung des Versiegelungsgrades und der anthropogen erzeugten Abwärme ansetzen.

Auch die veränderte jährliche Niederschlagsverteilung mit trockeneren Sommern und feuchteren Wintern sowie vermehrte Starkregenereignisse sind für die künftige Entwicklung des Modellgebietes relevant. Sowohl potenzielle Überschwemmungsflächen entlang der Wandse und ihrer Nebengewässer, als auch Bereiche, die aufgrund eines Überstaus aus dem Kanalsystem, der Geländetopographie oder des immensen Oberflächenabflusses bei Starkregen überflutet würden, müssen näher betrachtet werden. Maßnahmen der Stadtentwicklung können an zwei Stellen ansetzen: Zum einen lässt sich der Versiegelungsgrad städtischer Flächen, Hauptursache für Überschwemmungen und Überflutungen, reduzieren und das Niederschlagswasser mit Hilfe geeigneter Maßnahmen versickern, zurückhalten oder verdunsten. Zum anderen sind in gefährdeten Bereichen Maßnahmen möglich, die Gebäude, Grundstücke und wichtige Infrastrukturen vor

Überschwemmungen bzw. Hochwasser schützen und damit das Schadenspotenzial verringern.

Die beschriebenen klimatischen Veränderungen, insbesondere der Temperaturanstieg, wirken darüber hinaus auch auf die städtische Flora und Fauna. Sie betreffen in besonderem Maße die aus naturschutzfachlicher Sicht wertvollsten Habitate: die Feuchtlebensräume. Um sich an die veränderten klimatischen Veränderungen anzupassen, ist damit zu rechnen, dass Tier- und Pflanzenarten ihre Artenareale nach Norden und Nordosten verschieben. Allerdings können städtische Strukturen entsprechende Wanderungen behindern. Eine an den Klimawandel angepasste Stadtentwicklung sollte darauf achten, die Habitate entsprechender Arten nicht noch weiter zu reduzieren. Stattdessen sollte sie das Ziel verfolgen, bestehende Habitate durch ein durchgehendes Biotopverbundsystem zu vernetzen, um so Artenaustausch und -wanderung zu fördern.

Die Forschungsergebnisse zeigen deutlich, dass eine klimaangepasste Entwicklung des Modellgebietes stadtstruktureller Veränderungen bedarf. Daher stellt sich die Frage, wie sich das Modellgebiet bis zum Jahr 2050 entwickeln wird und wie unter den dargestellten Bedingungen die Folgen des Klimawandels verringert werden können. Auf diese Fragen geht das folgende Kapitel ein.

4 Konzepte der Stadtentwicklung für die Anpassung an den Klimawandel

Kapitel 4 stellt anhand dreier Fokusgebiete mögliche Anpassungskonzepte für das Modellgebiet vor und quantifiziert die Wirkungen der vorgeschlagenen Maßnahmen. Einführend werden zunächst die Charakteristika der Fokusgebiete beschrieben sowie die Herausforderungen, die sich aus den Folgen des Klimawandels ergeben. Da die stadt- und naturräumliche Entwicklung der Fokusgebiete bis zum Jahr 2050 ungewiss ist, zeigt Kapitel 4.2 drei sozio-ökonomische Rahmenszenarien mit unterschiedlichen Entwicklungsmöglichkeiten auf. Sie bilden zukünftige Trends ab sowie daraus resultierende Haltungen im Umgang mit dem Klimawandel seitens Politik, Verwaltung, Unternehmen und Bewohnerschaft. Aus den Szenarien ergeben sich unterschiedliche Handlungsstrategien und Anpassungsmaßnahmen.

Kapitel 4.3 veranschaulicht an interdisziplinär entwickelten Entwürfen, den so genannten „Zoom-Ins“, wie auf den Maßstabsebenen des Baublocks, des Grundstücks und des Gebäudes unterschiedliche Anpassungsmaßnahmen zur Qualifizierung von Bestands- und Neubaugebieten genutzt werden können. Die Wirkungen der Anpassungsmaßnahmen werden in Kapitel 4.4. auf Basis meteorologischer und wasserwirtschaftlicher Modelle dargestellt und quantifiziert.

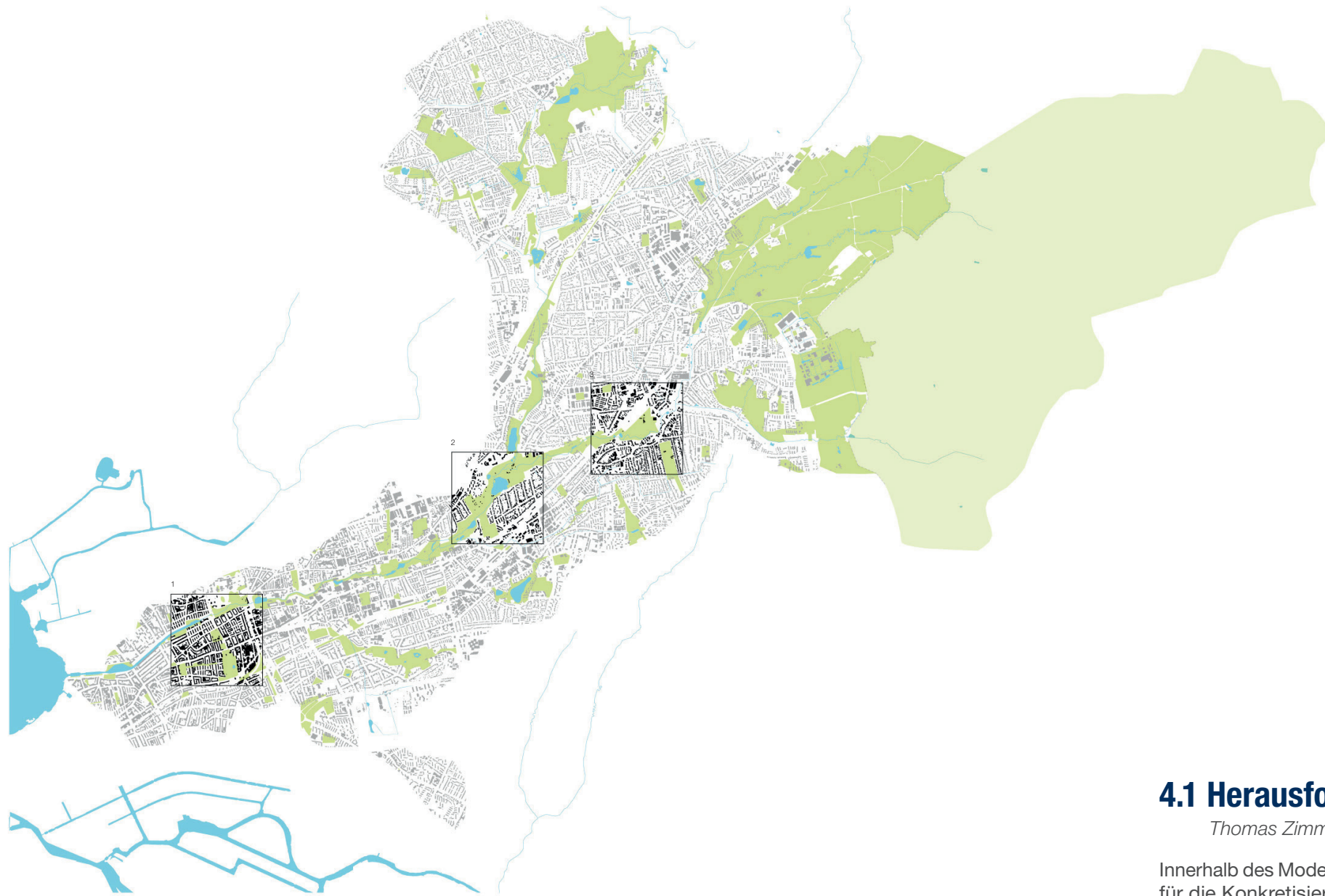


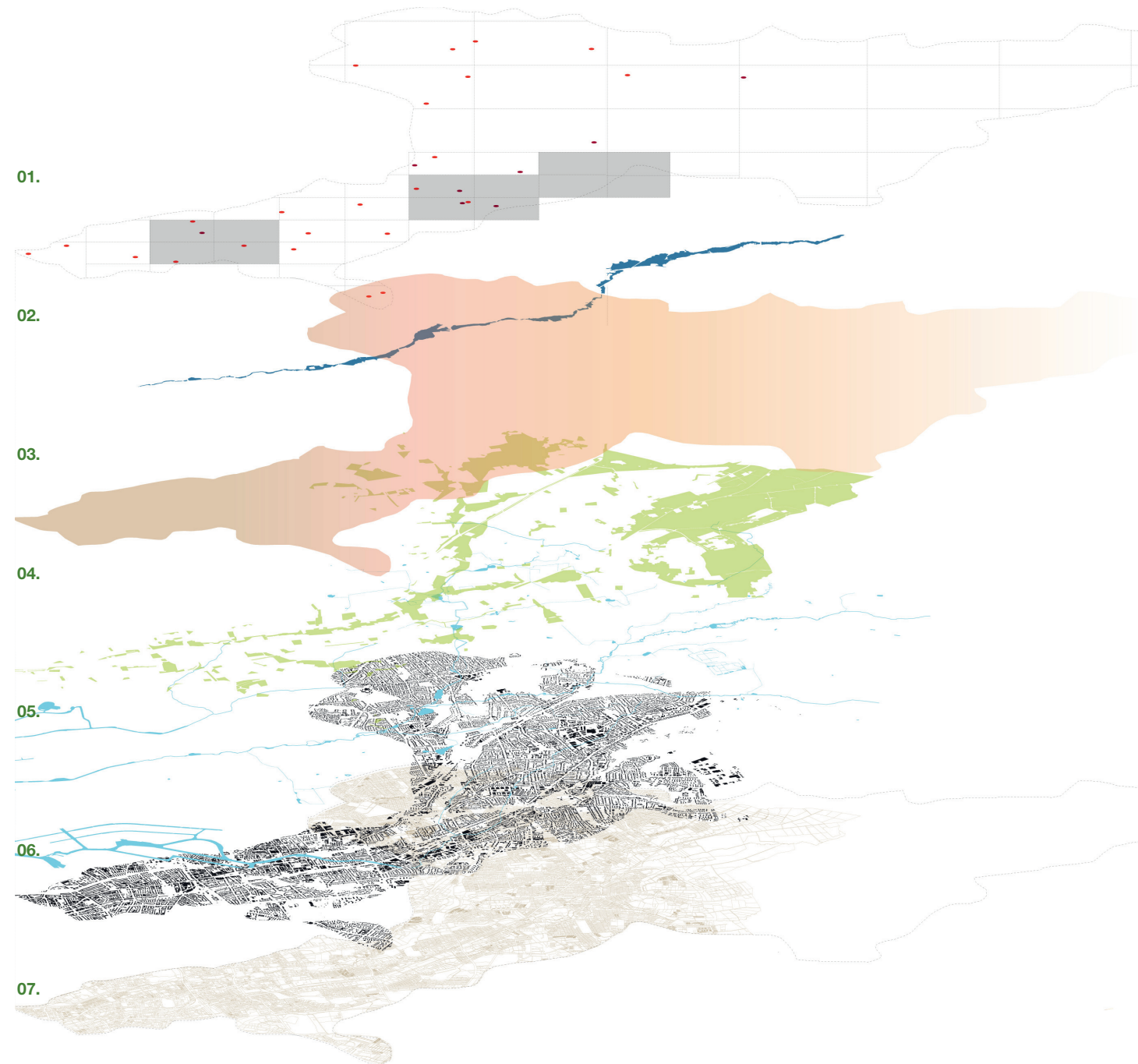
Abb. 27: Verortung der Fokusgebiete innerhalb des Modellgebietes: 1 = Fokusgebiet Wandsbeker Chaussee, 2 = Fokusgebiet Ostender Teich, 3 = Fokusgebiet Rahlstedt

4.1 Herausforderungen des Klimawandels für die Fokusgebiete

Thomas Zimmermann, Anne Kittel

Innerhalb des Modellgebietes wurden drei Fokusgebiete für die Konkretisierung von Maßnahmen ausgewählt: „Wandsbeker Chaussee“, „Ostender Teich“ und „Rahlstedt“. Das Kapitel führt in die spezifischen Charakteristika der Fokusgebiete ein und stellt Chancen und Risiken der

Klimaanpassung dar. Dazu beschreibt es zunächst das Vorgehen bei der Auswahl und Analyse der drei Gebiete. Auf die Chancen und Risiken der Klimaanpassung geht der Hauptteil ein, der auf einer allgemeinen Beschreibung von Lage und vorherrschenden Stadtstrukturtypen aufbaut.



01. Handlungsschwerpunkte Gewässer- und Kanalsystem

04. Biotoptypen

02. Überschwemmungsgebiet HQ 200

05. Gewässernetz

03. Wärmeninseleffekt

06. Bebauung (DSGK) I

07. Infrastruktur (DSGK)

Abb. 28: Karte mit einzelnen thematischen Schichten

Methodisches Vorgehen

Die Auswahl der Fokusgebiete erfolgte in einem dreistufigen Verfahren, das im Folgenden beschrieben wird:

- **Schritt 1:** Identifikation von Teilräumen mit Handlungsbedarfen für die Klimaanpassung
- **Schritt 2:** Überlagerung mit den vorherrschenden Stadtstrukturtypen
- **Schritt 3:** Abstimmung mit Vertretern des Bezirksamts Wandsbek

Die Identifikation von Teilräumen mit Handlungsbedarfen für die Klimaanpassung erfolgte für die in Kapitel 2.2 herausgearbeiteten Bereiche Temperaturerhöhung und Niederschlagsveränderung. Die in Kapitel 3.1.1 beschriebenen Daten dienten als Grundlage für die Analyse der Ausbreitung der städtischen Wärmeinsel. Räumlich differenzierte Aussagen zu den Wirkungen von veränderten Niederschlägen beruhen auf zwei unterschiedlichen Datenquellen. Zum einen sind dies die im Rahmen des KompetenzNetzwerks Hamburg Wasser ermittelten wasserwirtschaftlichen Handlungsschwerpunkte.

Dabei handelt es sich um einen Datensatz, der auf Informationen zu „wasserbedingten“ Feuerwehreinsätzen der Jahre 1999 bis 2006 beruht. Der Datensatz stellt Schwerpunktbereiche dar, in denen wasserbedingte Probleme auftreten. Ergänzend enthalten die Daten Erfahrungen von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern von Hamburg Wasser, des Landesbetriebs Straßen, Brücken und Gewässer (LSBG) und des Bezirksamts Wandsbek.⁶⁸ Zum anderen handelt es sich um bestehende Überschwemmungsgebiete der Wandse bei einem 200-jährlichen Hochwasserereignis (HQ 200). Hier wurde auf eine vergleichsweise hohe Jährlichkeit zurückgegriffen, weil im Zuge des Klimawandels mit einer Zunahme solcher Ereignisse zu rechnen ist. Mit Hilfe der Informationen wurden Rasterflächen identifiziert, die in einem besonderen Maße für die Wirkfolgen des Klimawandels anfällig sind.

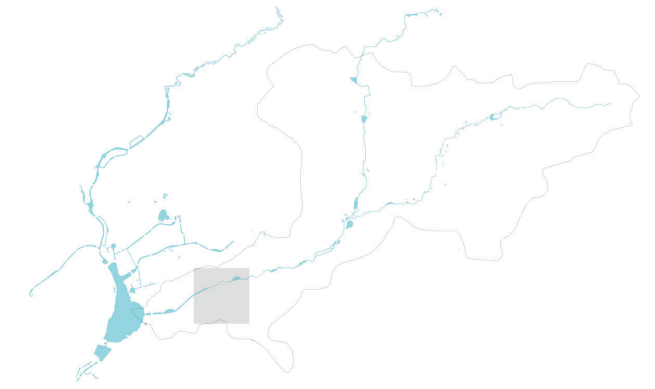
Der zweite Schritt bestand in der Überlagerung dieser besonders für die Wirkfolgen des Klimawandels anfälligen Gebiete mit den ebenfalls in Kapitel 2.2 beschriebenen Stadtstrukturtypen. Hierbei wurden unterschiedliche stadtstrukturelle Situationen betrachtet. In der Folge wurden drei Rasterflächen ausgewählt, die neben unterschiedlichen Betroffenheiten durch die Folgen des Klimawandels auch unterschiedliche Stadtstrukturtypen abdecken. Aus den Rasterflächen identifizierte das Projektteam geeignete Stadtquartiere.

Der dritte Schritt bestand in der Abstimmung der Fokusgebiete mit Mitarbeitern des Bezirksamtes Wandsbek.

Im Anschluss an die Auswahl der Fokusgebiete erfolgte ihre detaillierte interdisziplinäre Analyse. Sechs Arbeitsgruppen, welche die unterschiedlichen beteiligten Disziplinen (Architektur, Biologie, Governance, Landschaftsarchitektur, Meteorologie, Stadtplanung und Wasserwirtschaft) abdecken, nutzten dazu die Methode der SWOT-Analyse, die zwischen Stärken, Schwächen sowie Chancen und Risiken unterscheidet.⁶⁹ Während einer Begehung im Februar/März 2011 identifizierten sie aus ihrem spezifischen disziplinären Hintergrund heraus bestehende Stärken und Schwächen sowie für die zukünftige Entwicklung relevanten Chancen und Risiken und stellten die Informationen in einer Karte dar. Die einzelnen Ergebnisse wurden zu einer übergreifenden Analyse der Fokusgebiete zusammengefügt. Zusätzlich wurden charakteristische Merkmale der Fokusgebiete, wie der flächenmäßige Anteil der einzelnen Strukturtypen und der Versiegelungsgrad anhand der Karten der einzelnen Fokusgebiete bestimmt.

68 Hamburg Wasser 2010

69 Fürst, Scholles 2008



4.1.1 Fokusgebiet Wandsbeker Chaussee

Das Fokusgebiet „Wandsbeker Chaussee“ liegt im Stadtteil Eilbek im Bezirk Wandsbek. Es befindet sich etwa 5 km östlich des Hamburger Stadtzentrums. Grenzen mit Barrierewirkung bilden die S-Bahntrasse im Süden und Osten sowie der Wandselauf im Norden. Die sechsspurige, stark befahrene Wandsbeker Chaussee verläuft in West-Ost-Richtung durch das Fokusgebiet.

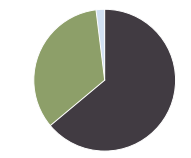
Drei bis viergeschossige, vorwiegend nach Ost-West ausgerichtete Gebäude der Strukturtypen „Neue Zeilenbebauung“ und „Blockrandbebauung“ dominieren die städtebauliche Struktur des Fokusgebietes. Der Typ „Blockrandbebauung“ weist unterschiedliche Dichten auf. Den nordwestlichen und östlichen Teil des Fokusgebietes prägt der Typ „Reihenhausbebauung“. Ein stark versiegeltes „Gewerbe- und Industriegebiet“ befindet sich im Südosten des Fokusgebietes.

Der Grünzug entlang der Wandse, der Jacobipark und der Eilbeker Bürgerpark im Süden des Fokusgebietes bilden wohnungsnaher Freiräume. Zwischen den einzelnen Gebäuden der „Neuen Zeilenbebauung“ befinden sich die für den Stadtstrukturtyp charakteristischen halböffentlichen Grünflächen. Die Reihenhäuser verfügen über private Gärten. Im zentralen Bereich des Fokusgebietes befindet sich die Sportanlage des Sport-Club Eilbek von 1913 e.V., einem traditionsreichen Sportverein mit Fußballplatz und Turnhalle, dessen Gelände einen ganzen Gebäudeblock einnimmt.



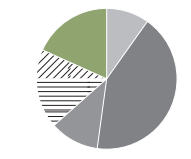
Fokusgebiet

Gesamtfläche 1.015.000 qm



58 % - Versiegelt
39 % - Unversiegelt
3 % - Gewässer

Anteil der versiegelten Fläche je Strukturtyp



11 % - Reihenhäuser
44 % - Blockrand-
bebauung
11 % - Zeilenbebauung
12 % - Gemeinbedarf
8 % - Gewerbe und
Industrie
15 % - Öffentliche Grün-
und Sportflächen

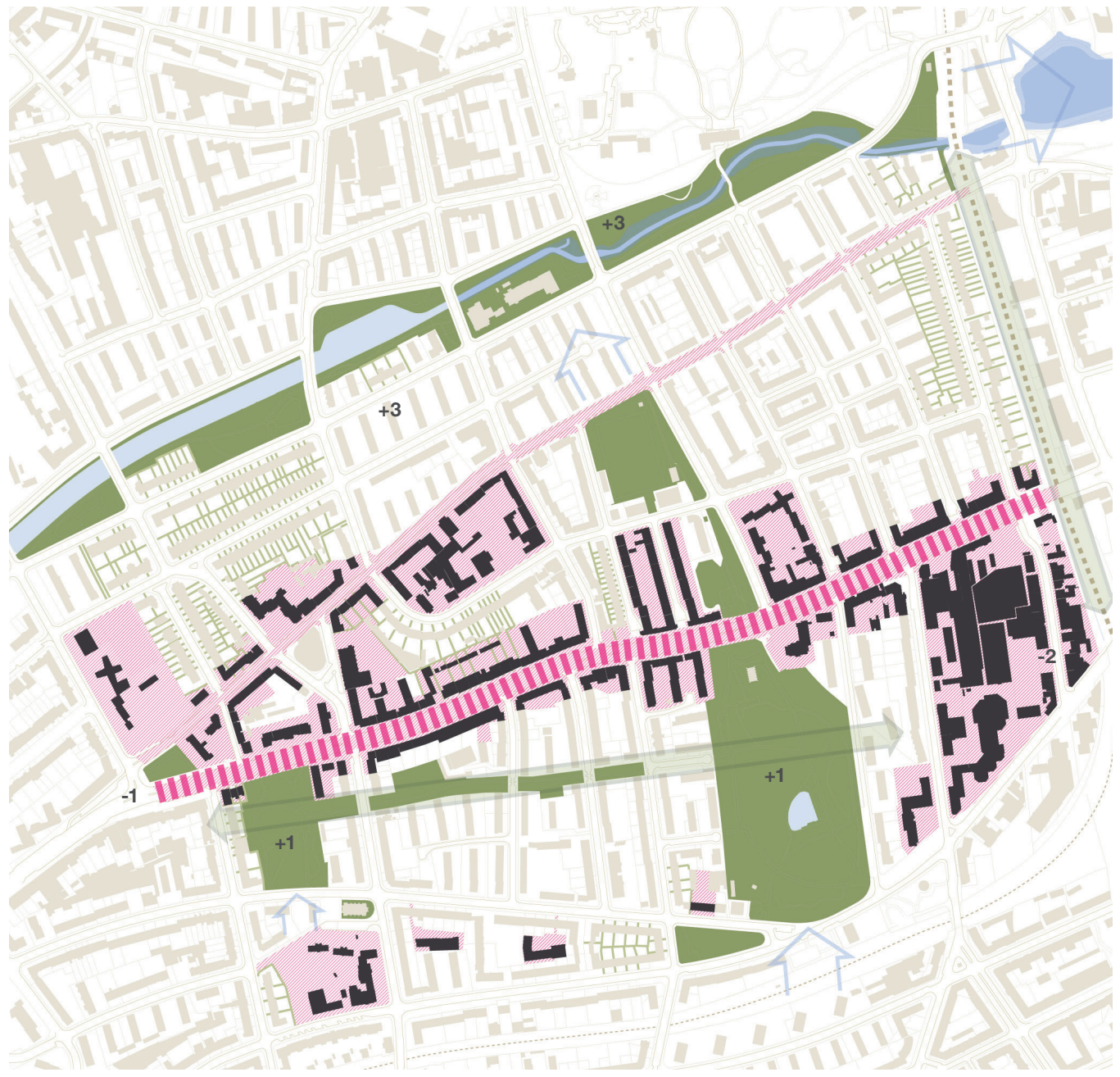
Strukturtypen

Strukturtypen - Ausgangslage*

Strukturtyp	Durchschnittlich versiegelte Fläche %
Reihenhäuser	50 %
Blockrandbebauung	65 %
Zeilenbebauung	50 %
Gemeinbedarf	65 %
Gewerbe und Industrie	80 %
Öffentliche Grün- und Sportflächen	25 %

*Siehe Strukturtypen-tabelle S. 210-221

Abb. 30: Stadträumliche Ausgangssituation Wandseburger Chaussee



Legende:
 + (n) - Stärken
 - (n) - Schwächen

Abb. 31: Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken für eine klimaangepasste Entwicklung des Fokusgebietes



Stärken und Schwächen

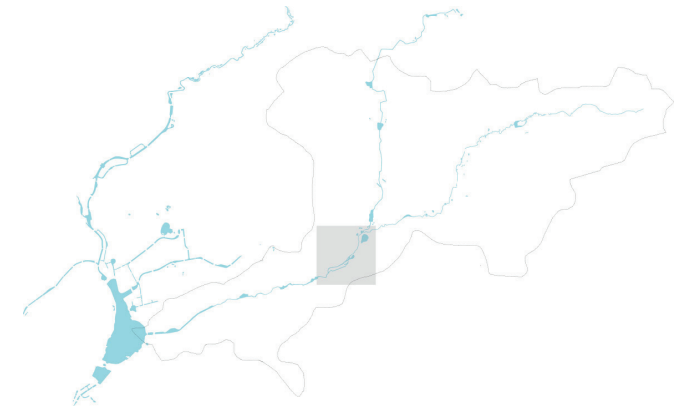
Eine der Stärken des Fokusgebietes besteht in dem für ein innerstädtisches Quartier niedrigen Versiegelungsgrad. Maßgeblich dafür ist die Bebauung in Form des Stadtstrukturtyps „Neue Zeilenbebauung“ (+3). In den großzügigen halböffentlichen Grünflächen zwischen den Gebäuden entsteht aufgrund des umfangreichen Baumbestandes Kaltluft, die auch umgebende Bereiche kühlt. Auch Niederschlagswasser kann hier versickern. Erholungsraum für die Anwohnenden sowie Rückzugs- und Ausbreitungsgebiete für Flora und Fauna bieten

die beiden Parks (+1) und der Grünzug (+2) entlang der Wandse. Schwächen weist das Fokusgebiet in einigen Teilbereichen im Südosten sowie an der Wandsbeker Chaussee (-1) auf. Im Gegensatz zu den ansonsten gering versiegelten Grundstücken, weist das „Gewerbe- und Industriegebiet“ (-2) im Südosten eine dichte Bebauung und einen damit verbundenen hohen Versiegelungsgrad auf. Daraus folgen eine erhöhte Wärmebelastung und ein eingeschränkter Windkomfort aufgrund der schlechten Durchlüftung.

Chancen und Risiken

Chancen für einen dezentralen Umgang mit Niederschlagswasser bieten die halböffentlichen Grünflächen in der „Neuen Zeilenbebauung“ (+1). Darüber hinaus könnte eine extensive Dachbegrünung sowohl bei der „Neuen Zeilenbebauung“ als auch beim „Gewerbe- und Industriegebiet“ (+2) Regenwasser zurückhalten. Entsiegelung bzw. Nutzung von wasserdurchlässigen Belägen könnten einen zusätzlichen Beitrag zur Klimaanpassung leisten und eignen sich insbesondere für Parkplätze und Innenhofflächen. Um bei lokalen Starkregenereignissen temporär Wasser zurückzuhalten, könnten Grün- und Sportflächen (+3) multifunktional genutzt werden.

Ein Risiko für die klimaangepasste Entwicklung des Fokusgebietes bildet möglicherweise das Fortschreiten der Innenverdichtung aufgrund des gegenwärtig bestehenden Wachstumsdrucks. Freiflächen, wie die zentral gelegene Sportfläche (-1), könnten bebaut werden. Dies hätte zur Folge, dass wichtige Grünverbindungen und damit wertvolle Habitate für Wanderung und Ausbreitung verloren gingen. Die vorwiegend in Ost-West-Richtung angeordneten Gebäude der „Neuen Zeilenbebauung“ erschweren aufgrund der vorherrschenden Westwinde die Durchlüftung.



4.1.2 Fokusgebiet Ostender Teich

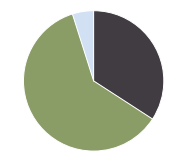
Das Fokusgebiet „Ostender Teich“ befindet sich etwa 10 km nordöstlich des Hamburger Stadtzentrums zwischen den Stadtteilen Tonndorf und Wandsbek-Ost. Im Zentrum liegt der Ostender Teich, der als Freibad genutzt wird und auf diese Weise der Naherholung dient. Die von einem Grünzug begleitete Wandse durchfließt das Fokusgebiet nordwestlich des Teichs von Nordosten nach Südwesten. Im Norden des Fokusgebietes prägen wertvolle Eichen-Hainbuchenwälder und Feuchtgebiete den Grünzug. Im Bereich des Ostender Teichs verändert sich das Erscheinungsbild. Stark anthropogen genutzte parkähnliche Grünflächen kennzeichnen den Abschnitt. Der Stadtstrukturtyp Kleingarten dominiert das Ufer des Teichs und einige weitere Abschnitte entlang der Wandse. Im Westen schließen zwei Friedhöfe das Fokusgebiet ab.

Der Flusslauf Wandse teilt das Fokusgebiet stadtstrukturell in zwei unterschiedliche Teilbereiche. Südlich der Wandse prägt der Stadtstrukturtyp „Einfamilienhäuser (kleinteilig)“ mit offener Bebauung das Gebiet. Der nördliche Teilbereich ist wesentlich dichter bebaut. Hier prägen die Stadtstrukturtypen „Neue Zeilenbebauung“ mit drei bis vier Geschossen und „Hochhäuser, Großwohnsiedlungen“ mit fünf bis acht Geschossen die Stadtstruktur.



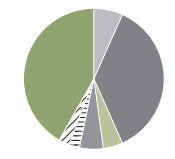
Fokusgebiet

Gesamtfläche 783.800 qm



32 % - Versiegelt
60 % - Unversiegelt
8 % - Gewässer

Anteil der versiegelten Fläche je Strukturtyp



Strukturtypen

8 % - Hochhäuser
37 % - Einfamilienhäuser
6 % - Kleingärten
7 % - Zeilenbebauung
1 % - Gemeinbedarf
1 % - Gewerbe und Industrie
40 % - Öffentliche Grün- und Sportflächen

Strukturtypen - Ausgangslage*

Strukturtyp	Durchschnittlich versiegelte Fläche %
Hochhäuser	50 %
Einfamilienhäuser	40 %
Kleingärten	25 %
Zeilenbebauung	50 %
Gemeinbedarf	65 %
Gewerbe und Industrie	80 %
Öffentliche Grün- und Sportflächen	25 %

*Siehe Strukturtypen-tabelle S. 210-221

Abb. 33: Stadträumliche Ausgangssituation Ostender Teich



Legende:
 + (n) - Stärken
 - (n) - Schwächen

Abb. 34: Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken für eine klimaangepasste Entwicklung des Fokusgebietes

Stärken und Schwächen

Die Stärken des Fokusgebietes liegen in den Freiflächen entlang der Wandse (+1) und an den Ufern des Ostender Teichs. Die Grünräume produzieren Kaltluft, bieten möglichen Retentionsraum bei Hochwasserereignissen und bilden wertvolle Habitate für Flora und Fauna. Von besonders hoher naturschutzfachlicher Bedeutung sind das Feuchtgebiet im Nordosten und der Eichen-Hainbuchenwald im Norden (+2). Die offene Bebauung im südlichen Teilbereich ermöglicht einen Austausch der Kaltluft (+3). Die starke anthropogene Nutzung der Grünflächen durch Kleingärtnerinnen und Kleingärtner, Badegäste (-1)

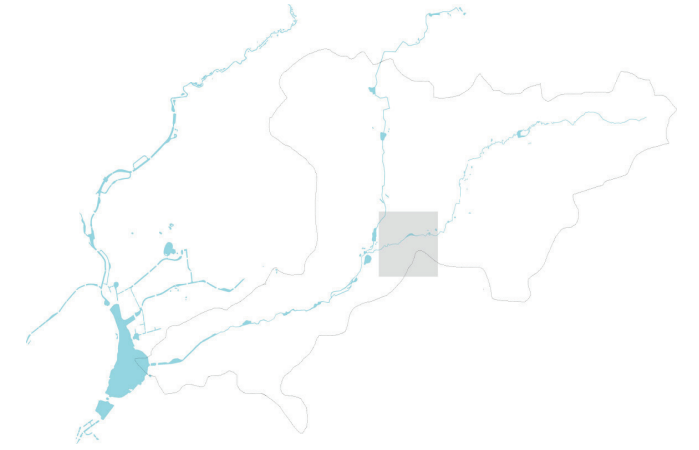
sowie Erholungssuchende schränkt die benannten Funktionen der Freiflächen für die Klimaanpassung ein und stellt damit eine Schwäche des Fokusgebietes dar. Außerhalb des Freibades verhindern Kleingartenanlagen den Zugang zum Ostender Teich (-2). Die Uferstruktur ist in diesen Bereichen stark anthropogen geprägt und aus Sicht des Naturschutzes wenig wertvoll. Ein Teil der Kleingartenanlagen befindet sich in tiefer gelegenen Bereichen und ist im Falle eines 200 jährlichen Hochwassers (HQ 200) überschwemmungsgefährdet (-3).



Chancen und Risiken

Die Neuanlage eines Kleingartenareals an einem hochwassersicheren Ort (+1) bietet die Chance, das Ufer des Ostender Teichs und Uferabschnitte entlang der Wandse zu renaturieren. Damit wird zusätzlicher Retentionsraum (+2) geschaffen. Eine Anbindung an den See könnte ein neuartiges Erschließungssystem schaffen. Die Gartenflächen des Strukturtyps „Einfamilienhäuser (kleinteilig)“ bieten Potenziale für einen dezentralen Umgang mit Niederschlagswasser (+3). Risiken für eine klimaangepasste Entwicklung des Fokusgebietes bestehen vor

allem entlang der Wandse und des Ostender Teichs. Eine zunehmende anthropogene Nutzung der Grünflächen könnte zu Habitatverlusten (-1) führen. Ein weiteres Risiko besteht durch die anhaltende Nachverdichtung (-2) aufgrund des zunehmenden Wohnraumbedarfs in den durch Einfamilienhäuser geprägten Bereichen. Dies könnte zu einer verstärkten Wärmebelastung führen und Ausbreitungskorridore zerschneiden. Eine mögliche Bebauung in Ufernähe wäre bei größeren Hochwasserereignissen überschwemmungsgefährdet.



4.1.3 Fokusgebiet Rahlstedt

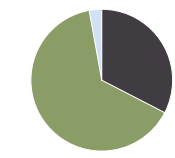
Das „Fokusgebiet Rahlstedt“ liegt etwa 12 km nordöstlich des Hamburger Stadtzentrums im Stadtteil Alt-Rahlstedt. Charakteristisch ist der Gegensatz zwischen Verkehrsstraßen an seinem Rand und naturnahen Landschaftsräumen. Mehrere stark befahrene Straßen begrenzen das Fokusgebiet. Darüber hinaus prägt mit der von Nordwesten nach Südosten verlaufenden Bahntrasse eine weitere stark frequentierte Verkehrsstraße den nordwestlichen Teilbereich. In Mäandern durchfließt die Wandse in einem naturnahen Flussbett den Südosten. Sie umgeben unterschiedliche Freiraumtypen, wie Grünland, Feuchtwiesen und Auwälder, die den zentralen Bereich bilden. Nördlich der Wandse schließt der Stadtstrukturtyp Kleingarten an. Auch eine öffentliche Sportfläche befindet sich hier.

Den Teilbereich nordwestlich der Bahntrasse prägt der Stadtstrukturtyp „Einzelhandels- und Gewerbegebiet“. Darüber hinaus befinden sich hier freistehende „Einfamilienhäuser (kleinteilig)“. Den südlichen Teil des Fokusgebietes, in dem sich der überformte ehemalige Dorfkern von Alt-Rahlstedt mit der Kirche befindet, prägen freistehende „Einfamilienhäuser (freistehend)“ und „Zeilen- und Mehrfamilienhausbebauung“ mit privaten Gartengrundstücken.



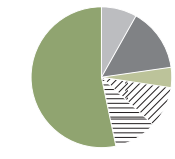
Fokusgebiet

Gesamtfläche 452.000 qm



34 % - Versiegelt
62 % - Unversiegelt
4 % - Gewässer

Anteil der versiegelten Fläche je Strukturtyp



7 % - Reihenhäuser
14 % - Einfamilienhäuser
8 % - Kleingärten
6 % - Gemeinbedarf
10 % - Gewerbe und Industrie
55 % - Öffentliche Grün- und Sportflächen

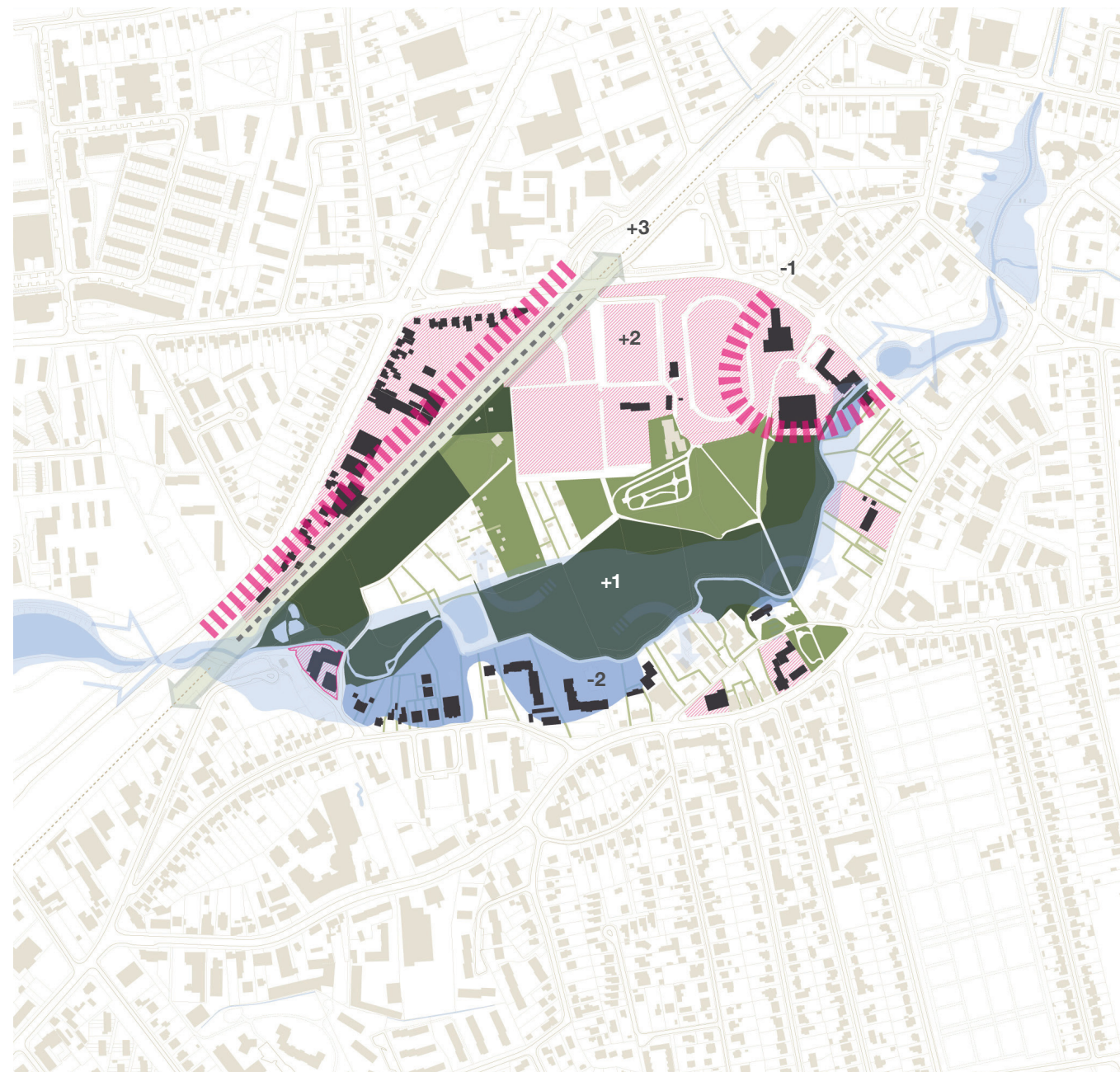
Strukturtypen

Strukturtypen - Ausgangslage*

Strukturtyp	Durchschnittlich versiegelte Fläche %
Reihenhäuser	50 %
Einfamilienhäuser	40 %
Kleingartenanlagen	65 %
Gemeinbedarf	80 %
Gewerbe und Industrie	25 %
Öffentliche Grün- und Sportflächen	25 %

*Siehe Strukturtypen-tabelle S. 210-221

Abb. 36: Stadträumliche Ausgangssituation Rahlstedt



Legende:
 + (n) - Stärken
 - (n) - Schwächen

Abb. 37: Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken für eine klimaangepasste Entwicklung des Fokusgebietes

Stärken und Schwächen

Die Stärken des Fokusgebietes liegen im Hinblick auf die Klimaanpassung in den zentral gelegenen naturnahen Landschaftsräumen, welche Kaltluft produzieren, bei Hochwasserereignissen überschwemmt werden und ein wertvolles Habitat bilden (+1). Darüber hinaus weisen sie eine hohe Aufenthaltsqualität auf. Die lockere Bebauung am Rand des Fokusgebietes und die Sportflächen im Norden ermöglichen den Austausch der Kaltluft mit den Baugebieten. Für die Artenwanderung sind die Bahntrassen mit ihren angrenzenden Freiflächen (+2) als

Habitat-Verbundkorridor und die Umgebung der Alt Rahlstedter Kirche als Verbundtrittstein herauszuheben (+3). Die Schwächen des Fokusgebietes liegen in einem hohen Versiegelungsgrad und der damit verbundenen erhöhten Wärmebelastung des nordwestlichen Teilbereiches (-1), der durch die Bahntrasse von den Landschaftsräumen abgetrennt wird. In den bebauten Bereichen südlich der Wandse können bei extremen Hochwasserereignissen Schäden aufgrund von Überschwemmungen entstehen.



Chancen und Risiken

Chancen für eine klimaangepasste Entwicklung des Fokusgebietes bieten die Erhaltung und Ausweitung der Freiräume im zentralen Bereich (+1). Die südöstlich an die Bahnlinie angrenzenden Wiesen könnten für eine ökologische Landnutzung, z.B. als Weidefläche genutzt werden (+2). Das Gewerbeareal im Nordwesten, sowie die Sportflächen mit den angrenzenden Gebäuden und Parkplätzen verfügen über ein hohes Potenzial zur Entsiegelung (+3). Mit vermehrten Risiken kann der Klimawandel für die Wohngebiete südlich der Wandse

einhergehen. Hier sind häufigere Überschwemmungen wahrscheinlich (-1). Neubebauung und Nachverdichtung der Wohngebiete stellen ein erhöhtes Risiko dar, da sie zum Verlust von Freiflächen führen und damit wertvolle Habitate zerschneiden sowie Retentionsräume und wertvolle Grünflächen dezimieren (-2).

4.2 Entwicklungsszenarien, Strategien und Anpassungsmaßnahmen

Elena Rottgardt, Robert Schoetter, Elke Kruse, Lisa Kunert, Katharina Schmidt, Julia Stockinger, Esther Verjans

In Kapitel 4.2 werden unterschiedliche stadt- und naturräumliche Entwicklungsmöglichkeiten der Fokusgebiete bis 2050 anhand von drei sozio-ökonomischen Entwicklungsszenarien aufgezeigt. Neben den Auswirkungen des Klimawandels prägt eine Vielzahl wirtschaftlicher, gesellschaftlicher und naturräumlicher Faktoren die Stadtentwicklung. Demographische und klimatische Veränderungen, die Globalisierung sowie der Umstieg auf erneuerbare Energien machen eine vorausschauende Planung und Reflektion gegenwärtiger Entscheidungen auf deren langfristige Wirkung hin unabdingbar.⁷⁰ Um zukünftige sozio-ökonomische Veränderungen im Modellgebiet sowie gesellschaftliche Wertvorstellungen in gegenwärtige Planungen zur Anpassung an den Klimawandel mit einbeziehen und berücksichtigen zu können, besteht die Notwendigkeit, sich die Zukunft zu vergegenwärtigen.⁷¹ Die Stadt- und naturräumlichen Bedingungen im Jahr 2050 können auf Grund der Unsicherheiten in den Ausprägungen

der einzelnen Faktoren, welche die Stadtentwicklung beeinflussen, nicht vorhergesagt werden. Daher zeigt dieses Kapitel unterschiedliche Szenarien für Hamburg und das Modellgebiet in Form von logisch zusammenhängenden Pfaden möglicher sozio-ökonomischer Entwicklungen und gesellschaftlicher Wertvorstellungen auf. Zunächst werden verschiedene sozio-ökonomische Rahmenbedingungen definiert und analysiert. Darauf aufbauend erfolgt eine Definition von Strategien zum Umgang mit den Folgen des Klimawandels. Übergeordnetes Ziel ist, eindeutige Trends zu identifizieren, die sich aus einem unterschiedlichen Umgang mit dem Klimawandel ergeben und daraus entsprechende Anpassungsstrategien abzuleiten. Je nach Szenario und Anpassungsstrategie kommen auch unterschiedliche Maßnahmen im Umgang mit den Folgen des Klimawandels zum Einsatz. Diese werden entsprechend zugeordnet und durch eine naturwissenschaftliche Bewertung ergänzt.

Methodisches Vorgehen

Die Methodik der Szenarioentwicklung wird in unterschiedlichen Disziplinen wie den Wirtschaftswissenschaften und der Raumplanung eingesetzt. An prominenter Stelle stehen z.B. der bis heute stetig aktualisierte Bericht „The limits of growth“ des Club of Rome von 1972⁷² und die SRES⁷³-Szenarien zu zukünftigen Treibhausgasemissionen des IPCC, die für eine Vielzahl von Disziplinen wie den Wirtschafts-, Umwelt- und Nachhaltigkeitswissenschaften richtungsweisend sind.

In Anlehnung an die Methodik des Szenarioprozesses des Instituts für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT) wurde zunächst das Szenariofeld bestimmt und im Anschluss daran interdisziplinär mit Vertreterinnen und Vertretern der Stadtplanung, Meteorologie, Landschaftsarchitektur und des Naturschutzes die Treiber (Einflussfaktoren) identifiziert und analysiert. Das Szenariofeld umfasst den Untersuchungsgegenstand (in diesem Fall die künftige, stadt- und naturräumliche Entwicklung des Hamburger Stadtgebiets) und die zeitliche Eingrenzung (hier das Jahr 2050).⁷⁴ Treiber sind zentrale Größen, welche die künftige Entwicklung der Stadt Hamburg steuern.⁷⁵

Im Rahmen eines interdisziplinären Prozesses wurden die demographische Entwicklung, der Wohnungsbau, die Mobilität, die Energiebereitstellung sowie die Entwicklung von gesellschaftlichen Wertvorstellungen zu Umwelt- und Naturschutz als Treiber ausgewählt.

Dementsprechend wurden einschlägige Studien zur möglichen Entwicklung von Demographie,⁷⁶ Wohnungsbau,⁷⁷ Mobilität,⁷⁸ Energiebereitstellung⁷⁹ und von Umwelt- und Naturschutz⁸⁰ ausgewertet sowie eigene Annahmen zu Paradigmen der Stadtstrukturentwicklung und der Klimaanpassung getroffen.

Anhand dieser Informationen wurden Annahmen über die mögliche zukünftige Entwicklung des Hamburger Stadtgebiets getroffen und in Form von Entwicklungsszenarien auf das Modellgebiet übertragen. Da unterschiedliche Entwicklungen von Treibern in verschiedenen Bereichen sehr vielfältige Auswirkungen haben können, wurde darauf verzichtet, die Szenarien nach Kategorien wie „positiv“ und „negativ“ zu sortieren. Stattdessen wurden die Szenarien differenziert betrachtet und einander gegenübergestellt

(s. Tab. 3). Wie sich die sozio-ökonomischen Entwicklungen in den Fokusgebieten darstellen, wird jeweils am Ende der Szenariobeschreibung erläutert.

Abgeleitet aus den Entwicklungsszenarien ergeben sich unterschiedliche Strategien und Maßnahmen im Umgang mit den Folgen des Klimawandels. Der Begriff „Strategie“ bezeichnet ein genau geplantes Vorgehen, bei dem alle wesentlichen Faktoren einbezogen werden.⁸¹ Die Strategien zum Umgang mit den Folgen des Klimawandels basieren auf unterschiedlichen normativen Vorstellungen darüber, in welcher Form Klimaanpassung in den nächsten Jahrzehnten erfolgen sollte. Sie beruhen auf einer Systematisierung grundsätzlicher Anpassungsstrategien, welche für das Beispiel des Umgangs mit dem Meeresspiegelanstieg entwickelt wurden. Der Begriff „Maßnahme“ beschreibt eine Handlung, Regelung o.ä. „die etwas Bestimmtes bewirken soll“. In diesem Bericht sind nur Maßnahmen aufgeführt, die das KLIMZUG-NORD-Team entwickelt bzw. bearbeitet hat. Für jedes Szenario wurden plausible Anpassungsmaßnahmen innerhalb von projektinternen

Entwurfs-Workshops ausgewählt. Im Anschluss werden die genannten Maßnahmen naturschutzfachlich bewertet. Orientierung bietet dabei die Definition des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG), wonach gemäß §7 (1) 2 BNatSchG die Naturgüter Boden, Wasser, Luft, Klima, Tiere und Pflanzen als Bestandteile des Naturhaushalts betrachtet werden. Der Fokus der Einschätzung liegt auf den Naturgütern Boden, Wasser, Tiere und Pflanzen. Es werden nur die Maßnahmen bewertet, die aus naturschutzfachlicher Sicht relevant sind, d. h. durch die erhebliche Auswirkungen auf die Bestandteile des Naturhaushalts zu erwarten sind. In Anlehnung an §14 (1) BNatSchG werden Veränderungen oder Nutzungen von Grundflächen und des mit der belebten Bodenschicht in Verbindung stehenden Grund- und Oberflächenwassers betrachtet. Dabei werden im Sinne des Gesetzes lediglich erhebliche Auswirkungen auf die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts berücksichtigt. Ergibt sich aufgrund der Einschätzungen Handlungsbedarf hinsichtlich Minimierungs- oder Verbesserungsmaßnahmen, wird darauf eingegangen.

4.2.1 Szenarien und Strategien im Vergleich

Das Szenario 2 „Flourierender Wirtschaftsstandort und Anstieg des anthropogenen Flächenbedarfs“ (kurz S2, s. Kap. 4.2.3) stellt den heutigen Status Quo übertragen auf das Jahr 2050 dar. Im Gegensatz dazu wird im Szenario 1 „Rück- und Umbau in privater Verantwortung“ (kurz S1, s. Kap. 4.2.2) mit sinkender Bevölkerung von einer Zurückdrängung der öffentlichen Hand ausgegangen. Dies schränkt die Möglichkeiten öffentlich geplanter und verantworteter Stadtentwicklung ein. Das Szenario 3 „Kompakte Stadt als Zentrum für Innovationen im Bereich Umwelt“ (kurz S3, s. Kap. 4.2.4) mit Schwerpunkt auf positive wirtschaftliche Entwicklungen führt zwar

zu steigendem Flächenbedarf, ermöglicht aber dank der angenommenen guten Situation der öffentlichen Finanzen die Förderung von Umweltschutzmaßnahmen. Die angenommenen Ausprägungen der Treiber wirken sich auf die Entwicklungen der Zukunftsbilder in den drei Szenarien aus. Tabelle 3 stellt diese gegenüber, die ausführliche Beschreibung der Szenarien folgt in den Kapiteln 4.2.3 bis 4.2.5. Einen Überblick über die stadt- und naturräumliche Veränderung der Fokusgebiete gemäß der drei Szenarien stellt Abbildung 38 dar. Auch hier erfolgt eine ausführliche Beschreibung in den nachfolgenden Kapiteln.

70 IZT 2008

71 Stiens 1997

72 Meadows, Randers 1972

73 Nakicenovic et al. 2000

74 Vgl. IZT 2008

75 Vgl. IZT 2008

76 Statistisches Bundesamt 2009; Statistisches Bundesamt 2010

77 Dostal 2001; Horx 1999; Hradil 2001; Niejahr 2001; Robischon 2001; Spellerberg 2001

78 BMVBS 2006

79 Fachausschuss „Nachhaltiges Energiesystem 2050“ des Forschungsverbunds Erneuerbare Energien 2010, International Energy Agency 2010, UBA 2010, BMWi und BMU 2010

80 BUND Hamburg, Diakonie Hamburg; Zukunftsrat Hamburg 2010; Prognos/WWF 2009; Sala et al. 2000; Wolf et al. 2005; Wilby et al. 2009; Grimm et al. 2008

81 Bijlsma 1996

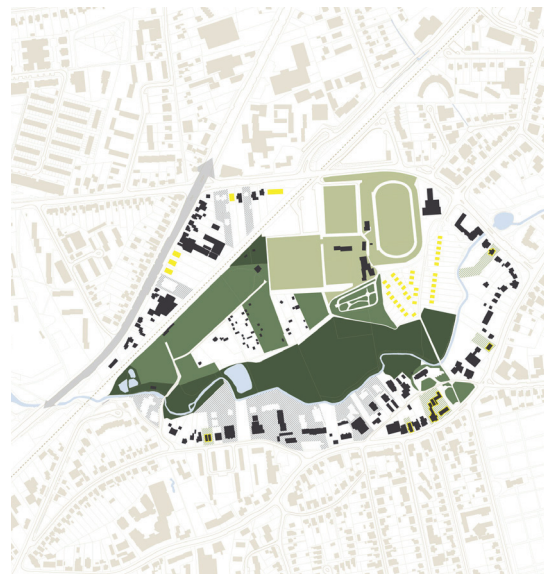
Fokusgebiet Wandsbeker Chaussee



Fokusgebiet Ostender Teich



Fokusgebiet Rahlstedt



Bestand

Szenario 1 „Rück- und Umbau“

Szenario 3 „Kompakte Stadt“

Szenario 2 „Florierender Wirtschaftsstandort“

Abb. 38: Stadt- und naturräumliche Veränderung der Fokusgebiete bis zum Jahr 2050 im Vergleich

Nr.	Szenario	Annahmen künftiger Entwicklung
S1	Rück- und Umbau in privater Verantwortung	Geringe öffentliche Mittel, suburbane Expansion
S2	Florierender Wirtschaftsstandort und Anstieg des anthropogenen Flächenbedarfs	Hohe Priorität für Wirtschaftsförderung
S3	Kompakte Stadt als Zentrum für Innovationen im Bereich Umwelt	Starkes Wachstum, hohe Priorität für Umweltbelange

Tab. 2: Überblick über die im Rahmen von KLIMZUG-NORD entwickelten sozio-ökonomischen Entwicklungsszenarien und Anpassungsstrategien für das Modellgebiet Wandse

Einflussfaktor	Szenario 1 Rück- und Umbau	Szenario 2 Florierender Wirt- schaftsstandort	Szenario 3 Kompakte Stadt
Bevölkerungsentwicklung	-	=	+
Flächenbedarf Innenstadt	-	+	+
Flächenbedarf Stadtrand und Umland	+	+	-
Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV)	-	+	+
Motorisierter Individualverkehr (MIV)	+	-	-
Finanzielle Mittel der öffentlichen Hand	-	+	+
Investitionen in Umwelt und erneuerbare Energien	nur privat	privat und öffentlich	privat und öffentlich
Sensibilisierung für Klimaanpassung	niedrig	niedrig	niedrig
Umsetzung von Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen	nur privat	privat und öffentlich	privat und öffentlich
Steuerung durch Anreize von Seiten der öffentlichen Hand	nur negative Anreize	nur negative Anreize	positive und negative Anreize
Anpassungsstrategie	„Abwarten“	„Schützen“	„Anpassen“

Legende: - Abnahme + Zunahme = in etwa gleich bleibende Verhältnisse

Tab. 3: Kurzgegenüberstellung der für die drei Szenarien verwendeten Treiber und der daraus resultierenden Strategien im Umgang mit dem Klimawandel

4.2.2 Szenario 1: Rück- und Umbau in privater Verantwortung

Die Auswirkungen des demographischen Wandels beeinflussen im Jahr 2050 die räumlichen und sozialen Strukturen der Stadt Hamburg entscheidend. Abnahme und Überalterung der Bevölkerung haben zur Folge, dass die gesamte Stadt seit 2025 Jahr für Jahr Einwohner verliert. Dies ist auch im Modellgebiet der Fall.

Diese Entwicklung hat in der Stadt u.a. die Nachfrage nach Wohnimmobilien entscheidend verändert. Die große Anzahl an Ein-Personen-Haushalten und die Pluralisierung von Lebensstilen und Lebensformen haben zur Folge, dass Wohnimmobilien umgebaut und saniert werden, um auf die veränderten Bedürfnisse zu reagieren. Gleichzeitig ist es trotz sinkender Bevölkerungszahlen nicht gelungen, den Prozess der Siedlungsexpansion verbunden mit der Inanspruchnahme von bisher unversiegelten Flächen im Außenbereich umzukehren. Es entstehen immer noch neue Wohngebiete außerhalb des Stadtzentrums von Hamburg mit geringer infrastruktureller Ausstattung und Dichte, jedoch weniger als noch 2012. Dieser Trend dominiert bis 2050 die Siedlungsentwicklung Hamburgs. Bestehende Stadtviertel werden nur sehr kleinräumig und in Einzelfällen durch Nachverdichtung weiterentwickelt. In innerstädtischen Stadtteilen nimmt der Gebäudeleerstand zu und die Grundstücke fallen brach, während an den Stadträndern, d.h. im Nordosten des Modellgebietes, die Siedlungen weiter wachsen und die Neuinanspruchnahme von Siedlungsflächen anhält. So führt die Ausweitung des Siedlungsraums an den Stadträndern weiterhin zur Zerschneidung von Freiräumen und zusammenhängenden Habitaten. In Innenstadtgebieten setzen hingegen natürliche Sukzessionsprozesse auf ungenutzten Grundstücken ein, sodass hier zufällig neue Habitats entstehen, die teilweise eine hohe Artenvielfalt aufweisen.

Der erforderliche Rück- und Umbau von Gebäuden im Stadtgebiet verläuft aufgrund der sinkenden und veränderten Nachfrage nach Wohnraum schleppend und überwiegend in privater Verantwortung. Wohnungen, die den geänderten Ansprüchen nicht mehr entsprechen oder in einem schlechten baulichen Zustand sind, stehen schnell leer und können nur schwer neu vermietet werden. Daher ist insbesondere in weniger nachgefragten Stadtteilen und auch in Gegenden, die aufgrund des Klimawandels bereits stark betroffen sind, ein höherer Gebäudeleerstand von Wohn- und Gewerbeobjekten zu beobachten. Die Betroffenheit der Bevölkerung durch die Folgen des Klimawandels kann durch unterschiedliche Faktoren hervorgerufen werden: zum einen aufgrund von Überschwemmungen tiefliegender bebauter Gebiete in Flussnähe bzw. aufgrund lokaler Überflutungen durch Oberflächenabfluss in Gebieten mit einem hohem Versiegelungsgrad, zum anderen durch den städtischen Wärmeinsel-Effekt bei kompakten Wohngebieten mit unzureichenden Grünstrukturen sowie einem hohen Versiegelungsgrad und fehlender Durchlüftung.

Aufgrund der Entstehung suburbaner Siedlungen mit niedriger Bevölkerungsdichte und geringer infrastruktureller Ausstattung, nimmt die Auslastung des ÖPNV-Netzes ab. Diese Entwicklung wirkt negativ auf das Angebot des ÖPNV. So werden bspw. Busverbindungen nur noch stündlich angeboten. Damit ist der PKW insbesondere in den Rand- und suburbanen Wohngebieten immer noch das wichtigste Verkehrsmittel. Ein steigender Anteil von Führerscheinbesitzern und zunehmende Seniorenmobilität tragen darüber hinaus zu einem höheren PKW-Bestand bei. Damit verbunden ist ein gesteigener Flächenbedarf für Verkehrs- und Parkplatzflächen in Stadt und Umland sowie eine trotz technischer Weiterentwicklungen hohe Emissionsbelastung durch den motorisierten Individualverkehr (MIV). Dies führt u.a. zum Ausbau von Verkehrsachsen mit negativen Einflüssen auf das Mikroklima in der Umgebung.



Legende:
 ■ Sanierung
 ■ Leerstand
 — Ausbaustrasse

Abb. 39: Mögliche städtebauliche Situation im Szenario 1 „Rück- und Umbau in privater Verantwortung“ in den Fokusgebieten Wandsbeker Chaussee, Ostender Teich und Rahlstedt im Jahr 2050

Stadt- und naturräumliche Veränderung der Fokusgebiete

Die Treiber im Szenario 1 „Rück- und Umbau“ bewirken in den Fokusgebieten „Wandsbeker Chaussee“ und „Ostender Teich“ lediglich eine geringfügige Veränderung der städtischen Struktur. Leerstände wirken sich nicht bzw. nur geringfügig strukturell aus, da es in den seltensten Fällen zu Abrissen kommt (5). So werden bspw. am Ostender Teich die von Überflutung betroffenen Kleingärten entlang der Wandse zwar größtenteils nicht mehr genutzt, ein Rückbau findet dennoch nicht statt. Genauso wenig erfolgt ein Abriss des Sommerbades am Ostender Teich, das aufgrund mangelnder Nachfrage geschlossen wird (1). Mancherorts finden Instandsetzungen an sanierungsbedürftigen Gebäuden statt (6). Diese Entwicklungen betreffen alle Stadtstrukturtypen gleichermaßen.

Den größten stadträumlichen Eingriff stellt der Ausbau der Wandsbeker Chaussee von einer sechs- zu einer achtspurigen Straße im gleichnamigen Fokusgebiet dar (2). Im Fokusgebiet „Rahlstedt“ lässt sich die stärkste stadträumliche Veränderung innerhalb dieses Szenarios erkennen. Sie ist dem Ausbau der Bargtheider Straße (3) und dem Neubau von Einfamilienhäusern auf einer ehemaligen Freifläche neben dem Sportplatz geschuldet (4). Naturräumlich wirken sich im gesamten Modellgebiet vor allem die reduzierten Unterhaltungsmaßnahmen im Bereich der städtischen Freiflächen bzw. entlang des Wandse-Grünzugs sowie auf Grundstücken leerstehender Gebäude aus. Auf diesen Flächen setzt die natürliche Sukzession ein.

Strategien und Maßnahmen im Umgang mit dem Klimawandel

Die Stadt hat sich aufgrund der schlechten Haushaltslage dazu entschlossen, die Veränderungen, die sich durch den Klimawandel ergeben, abzuwarten. Dementsprechend existieren keine übergeordneten Konzepte oder Impulse durch die Stadt. Großräumige Anpassungsmaßnahmen werden aufgrund fehlender öffentlicher Mittel nicht umgesetzt. Die Umsetzung liegt stattdessen in privater Verantwortung. Oftmals werden die Auswirkungen des Klimawandels durch die Hamburger toleriert.

Erst wenn sich eine direkte gesundheitliche oder wirtschaftliche Beeinträchtigung ergibt, werden vor allem Gebäude bezogene Maßnahmen, welche für die Anwohnerinnen und Anwohner sowie die Eigentümerinnen und Eigentümer am einfachsten, günstigsten und effektivsten zu realisieren sind, vereinzelt umgesetzt. Alternativ erwägen Bewohnerinnen und Bewohner auch einen Wohnungswechsel oder Umzug an den Stadtrand bzw. in nicht betroffene Gebiete.

Mögliche Maßnahmen, Schaden abzuwenden:

Maßnahmen auf Grundstücken bzw. in/an Gebäuden:

- mobile Maßnahmen zum Hochwasser- und Überflutungsschutz für betroffene Grundstücke, bspw. Sandsäcke oder mobile Hochwasserdämme;
- einfache Schutzmaßnahmen an Gebäuden zum Schutz vor Hitze durch Verschattung, bspw. Sonnensegel oder außen liegende Rollläden.

EXKURS: Naturschutzfachliche Bewertung ausgewählter Maßnahmen

Mobiler Hochwasser- und Überflutungsschutz für betroffene Grundstücke

Mobiler Hochwasser- und Überflutungsschutz mit Hilfe von Sandsäcken oder mobilen Hochwasserdämmen verursacht kleinräumige Eingriffe in den Naturraum. Sofern diese Maßnahmen in unmittelbarer Nähe zu Gebäuden oder auf den insgesamt zumeist versiegelten Grundstücken zum Einsatz kommen, werden natürliche und naturnahe Bereiche nicht in Mitleidenschaft gezogen.

Wohnungswechsel oder Umzug an den Stadtrand bzw. in nicht betroffene Gebiete

Die Maßnahme des Wohnungswechsels bzw. des Umzugs aus den von Hitze oder Hochwasser betroffenen Bereichen in Wohngebiete am Stadtrand führen nur zu einem geringfügigen Rückgang des Versiegelungsgrades in den zentraler gelegenen Stadtgebieten, wozu bspw. das Fokusgebiet „Wandsbeker Chaussee“ gehört. Sich entwickelnde Brachen haben zwar einen positiven Einfluss auf die Diversität von Pflanzen und Tieren im urbanen Raum, im Umkehrschluss erfolgt jedoch eine Flächeninanspruchnahme bisher unversiegelter, im extremen Fall sogar aus naturschutzfachlicher Sicht besonders schützenswerter Flächen in der Peripherie, wie sie z.B. im Fokusgebiet „Rahlstedt“ derzeit noch vorhanden sind.

Durch die Neuinanspruchnahme von Siedlungsflächen, und damit einhergehend die Versiegelung von Böden, entwickelt diese Maßnahme eine Barrierewirkung zwischen den Naturräumen der Naturschutzgebiete Höltigbaum, Stellmoorer Tunneltal und dem städtischen Raum. Eine Ausweitung der kanalisierten Bereiche der Wandse, insbesondere im Bereich Rahlstedt, lässt eine natürliche sukzessive Verbreitung von Arten entlang des Gewässers nicht mehr zu und gefährdet bzw. verhindert, in letzter Konsequenz, den genetischen Austausch zwischen Populationen. Der Verlust von Freiräumen bedeutet im Zusammenhang mit der Durchgängigkeit des Flusslaufs einen erheblichen Eingriff in die Habitatstruktur. Dies kann u.U. auch für das derzeit entwickelte Biotopverbundsystem von naturschutzrechtlicher Relevanz sein. Die Maßnahme verursacht durch den Verlust naturnaher Strukturen langfristige Veränderungen von Boden, Wasser, Pflanzen und Tieren.

4.2.3 Szenario 2: Florierender Wirtschaftsstandort und Anstieg des anthropogenen Flächenbedarfs

Im Jahr 2050 ist Hamburg eine wirtschaftlich prosperierende Stadt. Investitionen in den weiteren Ausbau herkömmlicher Energiegewinnung und die zunehmende globale Bedeutung des Hamburger Hafens aufgrund der von Postpanamax-Schiffen passierbaren Elbe bilden die Grundlage für die Stärke der Hamburger Wirtschaft. Eine weitreichende Unterstützung des Finanz- und Wirtschaftssektors ist zentrales Anliegen der Bundes- und Landespolitik. Regionale Umweltbelange, sowie die Anpassung an die Folgen des Klimawandels werden als zweitrangig eingestuft.

Die Bevölkerungszahl bleibt in Hamburg bis zum Jahr 2050 in etwa gleich, so auch im Modellgebiet. Es verändert sich jedoch die Zusammensetzung der Altersgruppen: Der Anteil der Personen unter 20 Jahren sinkt, dagegen steigt der Anteil der über 65-Jährigen. Dies führt zu einer sinkenden Nachfrage nach sozialen Einrichtungen für Kinder, Jugendliche und Familien. Gleichzeitig nimmt der Bedarf an seniorengerechtem Wohnen zu. Des Weiteren prägt im Jahr 2050 der Wunsch nach größerem Wohnraum die Bedürfnisse der Bevölkerung. Trotz Stagnation der Bevölkerungszahl kommt es somit zu einem Anstieg des Flächenbedarfs im städtischen Bereich durch den Neubau von ca. 3.000 Wohneinheiten im Jahr. Es werden sowohl Baulücken geschlossen und innerstädtische Blockinnenbereiche bebaut als auch neue Siedlungsgebiete an den Stadträndern entwickelt. Dies führt insgesamt zu einer Erhöhung der Flächenversiegelung. Alte Gebäude werden zum Teil abgerissen und neue Gebäude gebaut. Um den Bedarf an 3.000 Wohneinheiten pro Jahr zu erfüllen, werden im Modellgebiet weiterhin Bereiche, die überflutungsgefährdet sind, bebaut. Zudem werden zunehmend Passivhäuser gebaut. Die Standards des Wohnungsbaus bezüglich der Energieeffizienz haben sich im Vergleich zu 2012 kaum verändert. Auch die Art der Energiebereitstellung ist gleich geblieben.

Bis 2050 nimmt die Anzahl an Autos und damit der Flächenbedarf für Parkplätze ab. Gründe hierfür sind die zu erwartende Preissteigerung des motorisierten Individualverkehrs (MIV) und die verstärkte Subventionierung des ÖPNV – sowohl im urbanen als auch im suburbanen Raum. Die bestehende City-Maut trägt ebenfalls zu einem Rückgang des MIV bei. Die Effizienzsteigerung von PKWs, die Zunahme von Elektromotoren sowie das gesteigerte Bedürfnis nach arbeitsnahem Wohnen führen zu einem Rückgang des Energiebedarfs im Verkehrsbereich um ca. 60%.

Der Naturhaushalt steht 2050 in Hamburg unter deutlich höherem Druck als es 2012 bereits der Fall war. Aufgrund der zunehmenden Flächenversiegelung, des starken Erholungsdrucks auf die bestehenden städtischen Grün- und Freiflächen sowie den hohen bei der Energiegewinnung entstehenden Schadstoffemissionen kommt es zu negativen Auswirkungen auf Natur und Umwelt. Als Folge der gezielten Innenverdichtung gehen bestehende Lebensgemeinschaften und -räume für Flora und Fauna verloren.

Auch politische und sich daraus entwickelnde ökonomische Anreize für die Investition in Umweltbelange treten immer weiter in den Hintergrund. Nur wenige, ausgewählte Umweltprojekte sind ausreichend finanziert.



Abb. 40: Stadt- und naturräumliche Veränderung der Fokusgebiete bis zum Jahr 2050 im Vergleich

Stadt- und naturräumliche Veränderung der Fokusgebiete

Das Szenario 2 „Florierender Wirtschaftsstandort“ bewirkt in allen Fokusgebieten eine stadträumliche Veränderung bedingt durch die wachsende Bautätigkeit im Modellgebiet, die oftmals zu Lasten der Freiflächen (1) geht. Diese werden zunehmend bebaut, wie bspw. der ehemalige Sportplatz am östlichen Rand des Jacobiparks (2) im Fokusgebiet „Wandsbeker Chaussee“. Im Fokusgebiet „Ostender Teich“ verdichtet die Bebauung „in der zweiten Reihe“ die räumliche Struktur des Einfamilienhausgebietes (3). Hier werden die ehemals großzügigen Gärten im rückwärtigen Teil der Grundstücke über die Jahre nach und nach bebaut. Ein- und Zweifamilienhäuser ersetzen die bisherige Kleingartenanlage östlich des Ostender Teichs (4). Zudem entstehen hochwassersichere Stelzenhäuser

am Seeufer (5). Im Fokusgebiet „Rahlstedt“ wird ein Neubaugebiet auf den ehemaligen Wiesenflächen entlang der Bahntrasse angelegt, wodurch ein zusätzliches Angebot von Mehrfamilienhäusern bereitgestellt wird (6). Neben der Schaffung neuer Bauflächen werden in allen Fokusgebieten vereinzelt Gebäude saniert oder sogar ganze Baublöcke abgerissen und durch Neubauten ersetzt. Insgesamt nimmt die Bebauungsdichte in allen Fokusgebieten zu. Der Wandse-Grünzug wird zu einer gut ausgebauten Naherholungszone mit hohem Pflegestandard entwickelt, vor allem im Bereich des Ostender Teichs (7). Wertvolle Biotoptypen wie der Eichen-Hainbuchenwald und Feuchtgebiete werden verdrängt und verschwinden (8).

Strategien und Maßnahmen im Umgang mit dem Klimawandel

Hamburg schützt sich vor den Folgen des Klimawandels. So werden bestehende Infrastrukturen und Siedlungsbereiche durch bauliche Maßnahmen vor den Folgen des Klimawandels geschützt, insbesondere vor vermehrten Überflutungen im Überschwemmungsgebiet der Flüsse. Ein gesamtstädtisches Konzept, um das Hamburger Stadtgebiet an die Folgen des Klimawandels anzupassen, wird nicht entwickelt. Bei Neubauten werden die im Rahmen der Bebauungsplanung geforderten Klimaanpassungsmaßnahmen umgesetzt. Die Stadtplaner nutzen jedoch nicht immer die gesamte Bandbreite an

Festsetzungsmöglichkeiten. Für die Qualifizierung des Siedlungsbestandes bestehen so gut wie keine politischen und ökonomischen Anreize. Bevölkerung und Geschäftsleute werden vor allem dann aktiv, wenn sich die Maßnahmen ökonomisch gewinnbringend für die Vermarktung neuer bzw. für die Werterhaltung bestehender Gebäude und Grundstücke darstellen lassen. Eine flächendeckende Anpassung findet dementsprechend nicht statt. Zudem wird weiterhin in überflutungsgefährdeten Bereichen gebaut, um den aktuellen und zukünftigen Wohnraumbedarf zu decken.

Mögliche Maßnahmen zum Schutz:

Maßnahmen im öffentlichen Raum:

- Bau von Schutzwällen bzw. Erhöhung von Böschungen entlang von Gewässern, um hochwassergefährdete Siedlungen zu schützen;
- mobiler Hochwasserschutz auf den Straßen in Form von Barrieren;
- Anpassung des Rohrquerschnitts maroder Siele an neue Bemessungsniederschläge.

Maßnahmen auf Grundstücken:

- bauliche Schutzmaßnahmen in bzw. an den Gebäuden gegen Überflutung wie bspw. Rückstauklappen im Keller, Sicherung der Kellereingänge und –fenster mit Hilfe von Absperrungen (sogenanntes „Dry Proofing“);
- passive Klimatisierung von Bestandsgebäuden, z.B. durch außenliegende Rollläden oder Jalousien bzw. den Einbau von Regen- und Einbruchschutz, um Nachtlüftung zu ermöglichen;
- Verwendung heller Dachfarben, um ein starkes Aufheizen der Dachgeschosse zu vermeiden;
- Niederschlagswasser auf dem Grundstück bewirtschaften (nutzen, versickern, zurückhalten, verdunsten, gezielt Ableiten), u.a. durch Dachbegrünungen, Versickerungsmulden, Zisternen, offenen Wasserflächen.

EXKURS: Naturschutzfachliche Bewertung ausgewählter Maßnahmen

Bau von Dämmen bzw. Schutzwällen entlang der Wandse und ihrer Nebengewässer

Diese Maßnahme schützt einzelne Siedlungsbereiche vor Hochwasserschäden. Beim Bau von Uferwällen oder Dämmen parallel zur Fließrichtung wird das Flussbett in der Regel vereinheitlicht. Strömungsmodellierende Strukturen wie unregelmäßige Uferformen oder Totholz werden entfernt. Dadurch gehen natürliche Unregelmäßigkeiten im Uferbereich und im Flussbett verloren, die wichtige Habitate für Tiere darstellen. Die Sohle eines regulierten Stadtflusses weist mit ihren „Sandwüsten“ stark verarmte Strukturen auf, in denen sich nur wenige anpassungsfähige Tier- und Pflanzenarten durchsetzen können. Strukturarme Kanäle mit fest verbauten Uferböschungen führen das Wasser rascher ab als Tieflandflüsse mit ihren charakteristisch mäandrierenden Flussbetten. Durch den beschleunigten Abfluss entstehen bei Starkregenereignissen höhere Fließgeschwindigkeiten, die Wasserinsekten (z.B. Eintagsfliegenlarven) und Jungfische fortspülen können und Hochwässer in flussabwärts gelegenen Gebieten verstärken. In Ufernähe brütende Vögel – darunter der gefährdete Eisvogel – sind von solchen Flutereignissen direkt betroffen, wenn ihre Nester fortgespült werden und die Nachkommenschaft dieser Brutsaison damit verloren ist.

Regenwasserbewirtschaftung

Die Errichtung neuer Wohnungsbauten im Modellgebiet führt zu einer zunehmenden Flächenversiegelung und reduziert damit Grün- und Freiflächen, auf denen Niederschlagswasser versickern kann. Durch die Umsetzung von Versickerungs- und Rückhaltemaßnahmen sowie den vermehrten Bau von Gründächern ist zu erwarten, dass die negativen Folgen der Bodenversiegelung auf die Schutzgüter Tiere, Pflanzen und Wasser abgemildert werden können. Dennoch ist mit einer Reduzierung der Artenvielfalt zu rechnen.

Aufgrund der zunehmenden Versiegelung des Modellgebietes sind langfristige Auswirkungen auf den Boden zu erwarten, der einer gesteigerten Schadstoffbelastung ausgesetzt ist. Niederschlagswasser wäscht Streusalz, Reifenabrieb, Schwermetalle u.Ä. von den Straßen auf die umliegenden Grünflächen und in die Flusssysteme.⁸² Bei Regenfällen nach längeren Trockenperioden ist die Schadstofffracht des abfließenden Regenwassers besonders hoch. Dieses ist bei der Aufstellung von Konzepten zur Regenwasserbewirtschaftung zu beachten.

4.2.4 Szenario 3: Kompakte Stadt als Zentrum für Innovationen im Bereich Umwelt

Die Stadt Hamburg hat im Jahr 2050 durch Ansiedlung von Produktionsstätten und Dienstleistungen rund um die erneuerbaren Energien und den Ausbau des Hafens eine starke wirtschaftliche Stellung in Deutschland und Europa. Ein hohes Umweltbewusstsein sowie die Verfügbarkeit öffentlicher Gelder führen zu einem verbesserten Klima- und Umweltschutz.

Die Bevölkerung Hamburgs ist bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts leicht angestiegen. Auf Grund hoher wirtschaftlicher Aktivität bleiben die Stadt Hamburg und auch das Modellgebiet als Wohnort attraktiv, sodass niedrige Geburtenzahlen durch Zuwanderungen und eine höhere Lebenserwartung insgesamt überkompensiert werden. Die Bevölkerung im Modellgebiet ist gegenüber heute im Jahr 2050 leicht angestiegen. Es verschiebt sich jedoch die Aufteilung der verschiedenen Altersgruppen: Der Anteil der Personen unter 20 Jahren nimmt ab, was eine sinkende Nachfrage nach Infrastruktur im Basis-Bildungsbereich (z.B. Grundschulen) sowie Flächen für Freizeitaktivitäten für Familien nach sich zieht. Der Anteil der 65-Jährigen steigt dagegen stark an. Dementsprechend erhöht sich die Nachfrage nach seniorenrechtlichem Wohnen.

Die zunehmende Bevölkerung sowie die positive wirtschaftliche Entwicklung führen zu einem Anstieg des Flächenbedarfs für Wohngebäude und Gewerbeflächen. Des Weiteren hat der Wohnraumbedarf pro Person auf Grund kleinerer Haushalte zugenommen. Um sowohl eine Zersiedlung des Naturraums zu verhindern als auch gleichzeitig das Verkehrsaufkommen in der Stadt zu verringern, hat die Hamburger Politik über die vergangenen Jahrzehnte gezielt eine Innenentwicklung durch Nachverdichtung der bestehenden Stadtquartiere vorangetrieben. Oberste Prämisse ist, eine Erhöhung des Versiegelungsgrades zu vermeiden. Dies wird durch nachträgliche Gebäudeaufstockung erreicht. Zudem werden bebaute Flächen den neuen Ansprüchen entsprechend weiterentwickelt und hinsichtlich des Klimawandels qualifiziert. Darüber hinaus müssen zusätzliche Neubauf Flächen ausgewiesen werden. Für den Bau von Ein- und Mehrfamilienhäusern werden einige der Kleingartenanlagen rückgebaut. Die hohe Zahl an neuen Wohneinheiten im Hamburger Stadtgebiet führt zu einem deutlich reduzierten Wohnbedarf in den an Hamburg angrenzenden Landkreisen. Dort werden kaum neue Flächen versiegelt.

Der Ausbau des ÖPNV und die Einführung von Autobahngebühren führen zu einem gegenüber heute gesunkenen PKW-Bestand und einem reduzierten Flächenbedarf für Parkplätze. Lärm- und Schadstoffbelastung durch den Verkehr nehmen ab. In den innerstädtischen Bereichen und im Hafengebiet ist dagegen aufgrund der Verdichtung eine Reduktion des Baumbestands sowie von Lebensräumen nicht vermeidbar. Der Verlust von Freiflächen und Bäumen wird nach Möglichkeit durch die Schaffung naturschutzfachlich höherwertiger Biotop für den Arten- und Biotopschutz in nahe gelegenen Bereichen ausgeglichen. Das mittlerweile rechtsverbindliche Biotopverbundsystem wird ausgeweitet.

Die konsequente Förderung des Ausbaus erneuerbarer Energien auf Bundesebene wurde in den vergangenen Jahrzehnten von Politik und Gesellschaft in Hamburg und der Metropolregion unterstützt. Diese Sparte hat sich damit über die Jahre zu einem wichtigen Arbeitgeber in Hamburg entwickelt.



Legende:
■ Neubau + Dachaufstockung
■ Sanierung

Abb. 41: Mögliche städtebauliche Situation im Szenario 2 „Florierender Wirtschaftsstandort“ in den Fokusgebieten Wandsbeker Chaussee, Ostender Teich und Rahlstedt im Jahr 2050

Stadt- und naturräumliche Veränderung der Fokusgebiete

Das Szenario 3 „Kompakte Stadt“ wirkt sich im Gegensatz zum Szenario 2 „Florierender Wirtschaftsstandort“ nicht nur in horizontaler, sondern auch in vertikaler Ebene auf die Stadtstrukturen in den Fokusgebieten aus, insbesondere in den innenstadtnahen Lagen. Gebäudeaufstockungen werden – wo möglich – einer flächigen Bebauung vorgezogen, sodass Hamburg in die Höhe wächst. Vor allem im Fokusgebiet „Wandsbeker Chaussee“ und im Gebiet „Rahlstedt“ entlang der Bargtheider Straße werden bestehende Gebäude für Wohnungsbau oder Gewerbe abgerissen und durch neue Gebäude und Nutzungen ersetzt (1). Wo es möglich ist, werden Baulücken geschlossen.

Im Fokusgebiet „Ostender Teich“ findet ein Rückbau der Kleingärten statt, um zusätzlich Neubauf Flächen für Ein- und Mehrfamilienhäuser zu schaffen (2). Diese Flächen befinden sich östlich des Teiches und westlich

der Wandse. Am südlichen Ufer des Ostender Teiches werden hochwassersichere Häuser gebaut (3). Lediglich im Fokusgebiet „Rahlstedt“ werden einige Gebäude im Überschwemmungsgebiet der Wandse abgerissen. Da dies nur punktuell erfolgt, hat diese Entwicklung stadträumlich nur einen geringen Einfluss. Insgesamt werden die kompakteren Bauweisen in allen Fokusgebieten sichtbar und verändern das Aussehen und die Gestalt der jeweiligen Stadtstrukturtypen. Um die negativen Auswirkungen der baulichen Verdichtung auf den Naturraum zu minimieren, wird in allen Fokusgebieten versucht, durch die Schaffung neuer bzw. die Umgestaltung bestehender Grünflächen, die Lücken im Biotopverbund zu schließen. Zudem wird das Renaturierungspotenzial an der Wandse (4) weitestgehend ausgeschöpft. Kleingartenanlagen werden in hochwassersichere Bereiche (5) verlagert, um die Grundstücke zu schützen und der Wandse den nötigen Retentionsraum zu geben.

Strategien und Maßnahmen im Umgang mit dem Klimawandel

Die Hamburger Politik verfolgt die Strategie, die Stadt klimaangepasst umzubauen. Grundlage bildet ein flächendeckendes Anpassungskonzept für das gesamte Hamburger Stadtgebiet, welches in Kooperation mit den angrenzenden Kommunen entwickelt wurde. So werden bspw. Nutzungen aus gefährdeten Bereichen verlagert, um die Auswirkungen des Klimawandels zu minimieren. Im Siedlungsbestand erfolgt eine Qualifizierung der jeweiligen Gebiete sowohl durch die öffentliche Hand als auch durch die Bürgerinnen und Bürger bzw. die jeweiligen Unternehmen. Eine zielgerichtete Öffentlichkeitsarbeit zum Thema unterstützt die Anstrengungen und bindet wichtige Akteure im Anpassungsprozess mit ein. Weiterhin

zeigen langfristig angelegte Förderprogramme der Stadt zur Abkopplung und Entsiegelung von Flächen sowie die in 2012 eingeführte gesplittete Abwassergebühr Erfolge. Bei der Aufstellung von Bebauungsplänen werden sämtliche Festsetzungsmöglichkeiten zur Klimaanpassung ausgeschöpft und auch von den Bauherren umgesetzt. Die Hamburgerinnen und Hamburger wissen um die Anpassungsmöglichkeiten, die ihnen zur Verfügung stehen und nutzen diese auch. Dabei werden sowohl öffentliche als auch private Anpassungsmaßnahmen umgesetzt, die sich auf den Umbau bestehender Gebäude sowie auf den Neubau beziehen.

Mögliche Maßnahmen zur Anpassung:

Maßnahmen im öffentlichen Raum:

- Schutz bestehender und Schaffung neuer Habitate in Verbindung mit der Stärkung des Biotopverbundsystems (siehe Anpassungskonzept Kompaktes Wandsbek, Zoom-In 2 „Gewerbegebiet – grün und flexibel“ (S. 114 ff.) und Anpassungskonzept Freizeitlandschaft Ostender Teich, Zoom-In 1 „Wandsepfad: Natur + Erholung“ (S. 132 ff.))
- Entwicklung nachhaltiger Konzepte für das Pflege-management (siehe Anpassungskonzept Kompaktes Wandsbek, Zoom-In 2 „Gewerbegebiet – grün und flexibel“ (S. 120 f.) und Anpassungskonzept Freizeitlandschaft Ostender Teich, Zoom-In 1 „Wandsepfad: Natur + Erholung“ (S. 134) und Zoom-In 2 „Wohnen am Wasser“ (S. 136 f.))
- Temporäre Mitbenutzung von Straßen, Spiel- und Sportplätzen und Grünflächen und Stadtteilplätzen zum Rückhalt bzw. zur Versickerung von Niederschlagswasser bei Starkregenereignissen (siehe Anpassungskonzept Kompaktes Wandsbek, Zoom-In 3 „Multifunktionale Sport- und Grünfläche“ (S. 124 ff.))

Maßnahmen auf Grundstücken bzw. in/am Gebäude:

- Bau in die Höhe anstatt in die Breite durch mehrgeschossige Dachaufstockungen in Holzbauweise zur Erhaltung des Grünflächenanteils auf Grundstücken (siehe Anpassungskonzept Kompaktes Wandsbek, Zoom-In 1 „Verdichtung im Bestand“ (s. 104 f.) und Anpassungskonzept Freizeitlandschaft Ostender Teich, Zoom-In 3 „Anpassung im eigenen Garten“ (S. 140))
- Bau von hochwasserresilienten Gebäuden, wie Stelzenhäuser oder schwimmende Häuser, entlang von Flussläufen oder größerer Gewässern (siehe Anpassungskonzept Freizeitlandschaft Ostender Teich, Zoom-In 2 „Wohnen am Wasser“ (s. Seite 136 f.))
- passive Klimatisierung von Bestandsgebäuden, z.B. durch außenliegende Rollläden oder Jalousien bzw. den Einbau von Regen- und Einbruchschutz, um Nachtlüftung zu ermöglichen; (siehe Anpassungskonzept Kompaktes Wandsbek, Zoom-In 1b „Neubau als Alternative“ (s. Seite 108 f.) und Zoom-In 2 „Gewerbegebiet – grün und flexibel“ (s. Seite 114 f.))
- Niederschlagswasser auf dem Grundstück versickern, zurückhalten, nutzen, verdunsten bzw. gezielt ableiten, u.a. durch Dachbegrünungen, Versickerungsmulden, Zisternen, offene Wasserflächen (siehe Anpassungskonzept „Kompaktes Wandsbek“, Zoom-In 1 „Verdichtung im Bestand“ (s. Seite 106 f.), Zoom-In 2 „Gewerbegebiet – grün und flexibel“ (s. Seite 118 f.), Anpassungskonzept Freizeitlandschaft Ostender Teich, Zoom-In 3 „Anpassung im eigenen Garten“ (s. Seite 141 ff.), Anpassungskonzept Stadtrandmix Rahlstedt, Zoom-In 1 „Zwischen Landschaft und Infrastruktur“ (s. Seite 148 f.))
- Maßnahmen des sogenannten Wet Proofings von Gebäuden (abwaschbare Böden und Wände, Steckdosen und elektrische Geräte entsprechend der Wasserstände der letzten Starkregenereignisse an höherer Stelle positionieren, Pumpen einsetzen); (siehe Anpassungskonzept Stadtrandmix Rahlstedt, Zoom-In 2 und 3 „Hochwasserschutz auf dem Grundstück“ bzw. Hochwasserschutz am Gebäude“ (S. 152 ff. und 156))
- Verwendung heller Materialien/Farben zur Reduzierung des Albedo-Faktors

EXKURS: Naturschutzfachliche Bewertung ausgewählter Maßnahmen

Aufweitung und Vernetzung von Auenbereichen

Generell sind positive Auswirkungen auf alle vier betrachteten Schutzgüter durch diese Maßnahmen zu erwarten. Durch Aufweitung und Vernetzung von Auenbereichen entlang der Wandse können neue, naturnahe Habitatstrukturen entstehen. Das Entstehen wechselfeuchter Biotope kann viele feuchteliebende Arten fördern. Auch zusätzliche Renaturierungsmaßnahmen des Wandse-Ufers ermöglichen die Ansiedlung weiterer Tier- und Pflanzenarten. Durch eine Einrichtung von Schutzzonen und z.T. Nullnutzungszonen kann die Biodiversität im Gebiet sowohl bewahrt als auch gefördert werden. Um das Biotopverbundsystem auch zukünftig auszuweiten, sollten die neu geschaffenen Habitate eingebunden werden. Dadurch können großräumige Strukturen und Verbindungen für Tiere sowie Pflanzen geschaffen werden. Dies kann jedoch das Ausbreiten invasiver Arten fördern. Daher ist grundsätzlich bei einer Aufweitung von Auenbereichen einer Ausbreitung invasiver Pflanzenarten wie *Fallopia japonica* (Japanischer Staudenknöterich) gegenzusteuern (z.B. Fraß der Jungtriebe durch Ziegen oder Heidschnucken).

Zurückgestuftes Pflegekonzept

Durch die Zurückstufung von Pflegekonzepten sind positive Auswirkungen auf die Schutzgüter Boden, Wasser, Tiere und Pflanzen zu erwarten. Ein zurückgestuftes Pflegekonzept sollte als Schwerpunkt extensive Maßnahmen und möglichst wenig intensive Maßnahmen beinhalten. Ziel ist dabei, natürliche Flächen zu schaffen, damit neue Lebensräume entstehen. Parkähnliche und dadurch stark anthropogen gestaltete Landschaften sollten möglichst wenig vorkommen. So können z.B. Sukzessionsprozesse zugelassen werden, in denen sich eine standortangepasste Vegetation entwickeln kann. Dadurch wird eine Ansiedlung von Pflanzen ermöglicht, die an die Standortbedingungen – und damit auch an herrschende klimatische Bedingungen – besonders gut angepasst sind. Direkte anthropogene Einflüsse, wie Freizeitnutzung, können Störungen des Naturhaushalts hervorrufen. Eine Akzeptanz von Naturschutzmaßnahmen in der Bevölkerung – und folglich eine Reduktion negativer Einflüsse – kann in bestehenden Parks durch mosaikartige Pflegekonzepte (mit verschiedenen Pflegeintensitäten) bewirkt werden. Es können spezielle Schutzzonen für Flora und Fauna eingerichtet werden, die von Pflegemaßnahmen ausgeschlossen sind. In diesen Bereichen sind natürliche Sukzessionsprozesse ungestört möglich. Daneben wären intensiver gepflegte Bereiche denkbar, die z.B. für Freizeitsport genutzt werden könnten. Dadurch werden unterschiedliche Bedürfnisse, wie des Naturschutzes und der Erholung bedient. In den stärker genutzten Bereichen können demnach die positiven Auswirkungen auf die Schutzgüter entsprechend eingeschränkt sein.

Hochwasserresiliente Bauweisen, wie Stelzenhäuser oder schwimmende Häuser, entlang von Flussläufen oder großen Gewässern

Der Bau von Häusern entlang von Flussläufen oder großen Gewässern kann sich negativ auf die vorhandenen Biotopstrukturen, insbesondere auf die Schutzgüter Tiere, Pflanzen und Boden auswirken. In Bezug auf das Schutzgut Wasser kann sich durch solche Maßnahmen das Fließverhalten des Gewässers verändern, was sich wiederum negativ auf den dortigen Naturhaushalt auswirkt. Dementsprechend sollte im Bereich hoch sensibler und schützenswerter, naturnaher Flussabschnitte auf eine Bebauung verzichtet werden. In anthropogen geprägten Flussabschnitten können solche Maßnahmen umgesetzt werden, jedoch sollte dabei eine naturschutzfachliche Begleitung erfolgen und eine im ökologischen Sinne nachhaltige Bauweise angewendet werden. So sollte z.B. auf die Unterstützung einer naturnahen Fließdynamik des Flusslaufs geachtet werden.

Entsiegelung und Reduzierung der Flächenversiegelung

Durch Entsiegelung sind positive Auswirkungen auf die Schutzgüter Boden, Wasser, Tiere und Pflanzen zu erwarten. Die dadurch neu gewonnenen Flächen können als Habitate für Tiere und Pflanzen dienen. Dabei ist zu beachten, dass – wenn möglich – keine vereinzelter Habitate entstehen. Eine solche Verinselung von Biotopen hätte nur einen sehr geringen Mehrwert für Tiere und Pflanzen.

Ableitung von Regenwasser durch Notabflusswege und Mitbenutzung von Grünflächen zum Regenwasserrückhalt

In Abhängigkeit von der Belastung des Regenabflusses⁸³ können sich sowohl positive als auch negative Auswirkungen ergeben. Nur gering belastetes Niederschlagswasser von Dachflächen, Rad- oder Gehwegen kann zu einem Anstieg des pflanzenverfügbaren Bodenwassers beitragen. Dagegen wirkt sich stärker belastetes Niederschlagswasser bspw. von Hof- oder Straßenflächen in Industriegebieten negativ auf die betrachteten Schutzgüter aus. Dabei kann es zu Schadstoffeinträgen in den Boden kommen und die damit in Verbindung stehenden Tiere und Pflanzen schädigen. Auch das Schutzgut Wasser kann hierbei mit Schadstoffen angereichert werden. Folglich sollte zu Beginn der Planung geprüft werden, ob sensible Biotope und Habitatstrukturen beeinträchtigt werden und nachhaltigen Schaden nehmen können. In einem weiteren Schritt ist zu klären, welche Vorkehrungen zu treffen sind, um diese Beeinträchtigung zu minimieren. Parks und sonstige intensiv gepflegte Grünflächen sind besser geeignet als naturnahe Flächen, die ökologisch wertvoller sind und Habitatfunktionen haben.

Dach- und Fassadenbegrünung

Die Maßnahme Dach- und Fassadenbegrünung kann sich positiv auf die Schutzgüter Tiere und Pflanzen auswirken. Auf Boden und Wasser sind keine direkten Auswirkungen von Relevanz zu erwarten. Die Begrünung kann zur Schaffung neuer Habitats beitragen und damit die Biodiversität fördern. Vor allem Insekten und Vögel können Dächer als neue Lebensräume erschließen, aber auch durch Wind und Tiere ausgebreitete Pflanzenarten sind als neue Besiedler denkbar. Neben heimischen Arten kann es jedoch auch zu einer Begünstigung invasiver Arten kommen. Deswegen sollte auf eine naturnahe Bepflanzung mit vorwiegend heimischen Arten sowie ein extensives Management geachtet werden.

Verwendung von Pflanzen, die an höhere Temperaturen angepasst sind

Mögliche Auswirkungen auf die Schutzgüter können, je nach Wechselwirkungen zwischen den verwendeten Pflanzen und dem betreffenden Ökosystem, sehr vielfältig sein. Als Beispiel ist hier die Robinie (*Robinia pseudoacacia*) zu nennen, die in Symbiose mit Bakterien Stickstoff binden kann. Dies kann eine veränderte Artenzusammensetzung der benachbarten Vegetation zur Folge haben. Deswegen sollte bei der Auswahl von Pflanzen, die an höhere Temperaturen angepasst sind, darauf geachtet werden, heimische Arten auszuwählen. Auch nichtheimische Arten, deren Einfluss auf die betreffenden Ökosysteme umfassend abgeschätzt wurde, können in Betracht gezogen werden, da nicht mit negativen Wirkungen auf bereits vorhandene Ökosysteme bzw. mit der Verdrängung ansässiger Arten zu rechnen ist.

4.3 Anpassungskonzepte für die Fokusgebiete

Anne Kittel

Die in Kapitel 4.2 dargestellten Rahmenbedingungen und Entwicklungsstrategien werden in Kapitel 4.3 aufgegriffen und um detaillierte Anpassungskonzepte, die so genannten „Zoom-Ins“, ergänzt. Das Szenario 3 „Kompakte Stadt als Zentrum für Innovationen im Bereich Umwelt“ (s. Kap. 4.2.5) wird als Ausgangssituation angenommen, da sich anhand dieses Szenarios ein besonders großes Spektrum an Klimaanpassungsmaßnahmen aufzeigen lässt.

Methodisches Vorgehen

Die Auswahl der Zoom-In-Gebiete erfolgte in einem dreistufigen Verfahren:

Schritt 1: Identifikation von Teilräumen mit Handlungsbedarf für die Klimaanpassung

Die Auswahl der Zoom-Ins erfolgte anhand der bereits in Kapitel 4.2.1 vorgestellten SWOT-Analyse, die für jedes der drei Fokusgebiete Chancen und Risiken der Klimaanpassung aufzeigt. Da die Ergebnisse der SWOT-Analyse zum Teil sehr kleinräumig ausfielen, konnten diese dazu genutzt werden Raumeinheiten auf Maßstabebene eines Gebäudeblocks, einer Grünfläche oder eines Einzelgebäudes zu ermitteln, anhand derer sich die verschiedenen Anpassungskonzepte darstellen lassen. Drei Themenbereiche wurden schwerpunktmäßig verfolgt: die Reduzierung der städtischen Wärmeinsel, die Entlastung des Kanalnetzes und die Reduzierung der Hochwasserabflüsse.

Schritt 2: Überlagerung mit vorherrschenden Stadtstruktur- und Biotoptypen

In einem zweiten Schritt erfolgte die Überlagerung der ermittelten Problemgebiete mit den für die Fokusgebiete charakteristischen Stadtstruktur- und Biotoptypen. Für jedes Fokusgebiet wurden zwei bis drei Zoom-Ins ausgewählt, die unterschiedliche Stadtstrukturtypen und Biotoptypen abdecken. Mit Hilfe der thematisch sich deutlich unterscheidenden Zoom-Ins wurden die Charakteristika der Fokusgebiete noch einmal detailliert herausgearbeitet und die Chance genutzt, möglichst alle Fachdisziplinen (Architektur, Biologie, Landschaftsarchitektur und Wasserwirtschaft) mit einzubeziehen.

Die Auswahl der Zoom-In-Gebiete erfolgte auf Basis detaillierter Analysen der Fokusgebiete. Im Hauptteil des Kapitels wird an acht strukturell unterschiedlichen Zoom-Ins eine breite Palette konkreter Maßnahmen auf den Maßstabebenen des Baublocks, des Grundstücks und des Gebäudes dargestellt. Die Konzepte entstanden in interdisziplinärer Zusammenarbeit und zeigen eine Vielfalt an Umsetzungsmöglichkeiten.

Schritt 3: Einbeziehung der standörtlichen Rahmenbedingungen

In einem dritten Schritt wurden die standörtlichen Gegebenheiten einbezogen. Die ausgewählten Gebiete unterscheiden sich bezüglich:

- der Nutzung der Gebäude und der Freiflächen auf den Grundstücken,
- der Gebäudetypologien,
- der Naturnähe bzw. dem Grad der anthropogenen Überformung der Landschaft,
- dem Versiegelungsgrad und damit der Flächenverfügbarkeit für die Umsetzung von Maßnahmen und
- der Standortbedingungen, wie bspw. Versickerungsfähigkeit des Bodens, Grundwasserstand oder Belastung des Bodens durch vorherige Nutzungen.

Dementsprechend werden in den Zoom-Ins unterschiedliche Maßnahmen dargestellt. Sie zeigen exemplarisch die Vielfalt an Lösungsmöglichkeiten auf, die je nach Situation einsetzbar sind. Im konkreten Fall können jedoch die Standortbedingungen von den dargestellten Zoom-Ins abweichen. Eine Prüfung vor Ort ist im Einzelfall unerlässlich.

Die Bearbeitung der einzelnen Zoom-In-Konzepte erfolgte interdisziplinär, wobei die Landschaftsarchitektur als Planungsdisziplin nicht nur gestalterisch, sondern auch koordinativ eine besondere Rolle einnahm. Der integrierende Ansatz ermöglichte es, die fachspezifisch für sich stehenden Ergebnisse zu ganzheitlichen Konzepten für die Zoom-Ins zusammenzuführen und diese grafisch umzusetzen. In regelmäßig stattfindenden Treffen wurden die Konzepte mit den einzelnen Disziplinen diskutiert und abgestimmt. Auf einem Abstimmungstreffen im Oktober 2012 verifizierte das gesamte Team die Konzepte für die Zoom-Ins.

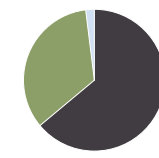
Um neben den am Modellgebiet beteiligten Fachdisziplinen ein möglichst breites Spektrum an weiteren Kommentaren und Vorschlägen zu den Zoom-Ins einzuholen, wurden verschiedene Präsentationsformen gewählt und sowohl die breite Öffentlichkeit als auch Fachplaner angesprochen.

4.3.1 Kompaktes Wandsbek



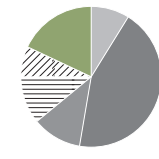
Fokusgebiet

Gesamtfläche 1.080.700 qm



57 % - Versiegelt
40 % - Unversiegelt
3 % - Gewässer

Anteil der versiegelten Fläche je Strukturtyp



10 % - Reihenhäuser
44 % - Blockrandbebauung
11 % - Zeilenbebauung
12 % - Gemeinbedarf
8 % - Gewerbe + Industrie
15 % - Öffentliche Grün- und Sportflächen

Strukturtypen

Strukturtypen in Szenario 3*

Strukturtyp	Durchschnittlich versiegelte Fläche %
Reihenhäuser	50 %
Blockrandbebauung	60 %
Zeilenbebauung	50 %
Gemeinbedarf	65 %
Gewerbe + Industrie	75 %
Öffentliche Grün- und Sportflächen	25 %

*Siehe Strukturtypentabelle S. 210-221

Abb. 42: Anpassungskonzept Kompaktes Wandsbek

Die in Szenario 3 „Kompakte Stadt“ beschriebenen stadträumlichen Veränderungen, verbunden mit dem Wachstum Hamburgs sowohl in der Horizontalen, als auch in der Vertikalen, werden vor allem im Fokusgebiet „Wandsbeker Chaussee“ sichtbar. Die Nachverdichtung erfolgt durch Gebäudeaufstockungen, Neubau von Stelzenhäusern entlang der Wandse und das Schließen von Baulücken. Damit sich der gestiegene Bedarf nach innerstädtischem Wohnraum und die Anforderungen an eine klimaangepasste Stadt vereinen lassen, bedarf es eines Anpassungskonzeptes, welches auf folgenden Zielen basiert:

- Vermeidung weiterer Flächenversiegelung
- Entsiegelung bestehender Flächen
- Stärkung vorhandener Freiräume

Zur Umsetzung des Anpassungskonzeptes sind Maßnahmen im öffentlichen Raum und auf Grundstücken in oder an Gebäuden erforderlich. Im öffentlichen Raum beziehen sich die Maßnahmen vor allem auf die Stärkung des Grünzugs entlang der Wandse und der Grünverbindungen zwischen Wandse und Jacobipark sowie zwischen Jacobi- und Eilbeker Bürgerpark.

Bestehende Habitate werden geschützt und neue Habitate geschaffen um einen Beitrag zur Stärkung des Biotopverbundsystems zu leisten. Bisherige Pflegekonzepte werden zurückgestuft und Räume für Spontanvegetation geschaffen. Die Wandsbeker Chaussee wird durch den Rückbau von Verkehrsflächen, die Anlage von straßenbegleitenden Versickerungsbeeten und Baumpflanzungen begrünt und teilentsiegelt. Der Sportplatz Fichtestraße und einige Grünflächen werden temporär mitbenutzt, um Niederschlagswasser bei Starkregenereignissen zurückzuhalten. Auch auf Grundstücksebene werden Möglichkeiten geschaffen, Niederschlagswasser zurückzuhalten. Stark versiegelte Flächen wie das Gewerbegebiet Wandsbeker Chaussee/Hammer Steindamm werden teilentsiegelt, indem wasserdurchlässige Beläge zum Einsatz kommen. Gebäude mit Dachaufstockungen und geeignete Flachdächer erhalten Dachbegrünungen. Entlang der Wandse werden Stelzenhäuser gebaut, die zusätzlichen Wohnraum bieten, ohne weitere Flächen zu versiegeln.

Wie das Anpassungskonzept räumlich konkret umgesetzt werden kann, wird im Folgenden anhand mehrerer Zoom-Ins beispielhaft aufgezeigt:

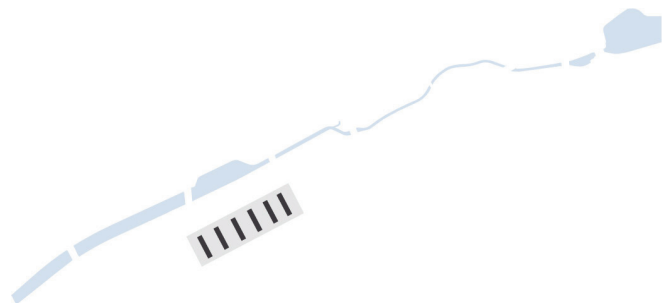
Zoom-In 1 „Verdichtung im Bestand“ illustriert die nachträgliche Dachaufstockung einer bestehenden Zeilenbebauung in der Auenstraße und den Umgang mit Niederschlagswasser auf dem Grundstück. Alternativ werden anhand eines Wohnungsneubaus die Möglichkeiten einer passiven Klimatisierung dargestellt.

Zoom-In 2 „Gewerbegebiet – grün und flexibel“ zeigt am Beispiel des Gewerbegebietes an der Wandsbeker Chaussee, Ecke Hammer Steindamm, die Qualifizierung eines innerstädtischen, stark versiegelten Gebietes auf, bei dem der dezentrale Umgang mit Niederschlagswasser und die Gestaltung klimagerechter Grünflächen zu qualitativ hochwertigen Außenanlagen beitragen. Beispielhaft werden die Sanierung und der Neubau von gewerblich genutzten Gebäuden, mit dem Ziel der passiven Klimatisierung, dargestellt.

Zoom-In 3 „multifunktionale Sport- und Grünfläche“ zeigt am Beispiel der Sportanlage Fichtestraße wie Flächen multifunktional genutzt und stark verdichtete Bestandsgebiete im Falle von Starkregenereignissen vor Überflutungen geschützt werden können. Der Entwurf stellt dar, wie überschüssiges Niederschlagswasser temporär zwischengespeichert werden kann, bevor es nach wenigen Stunden wieder in das Kanalnetz eingespeist wird. Eine multifunktionale Flächennutzung vereint dabei sowohl funktionale als auch ästhetische Themen.



ZOOM IN 1 Wandsbeker Chaussee „Verdichtung im Bestand“



Zoom-In 1: Verdichtung im Bestand

Die charakteristische drei- bis viergeschossige Zeilenbebauung der 1950er Jahre, deren Qualität sich vor allem in den großzügigen Grünflächen widerspiegelt, eignet sich gut für Dachaufstockungen. Die Gebäude befinden sich oftmals im Besitz von Wohnungsbaugesellschaften bzw. -genossenschaften und können in ihrer Gesamtheit klimaangepasst umgebaut werden. Eine zweigeschossige Aufstockung der Zeilenbebauung kann bei gesteigerter Wohnraumnachfrage Abhilfe schaffen. Das vorhandene Satteldach der weispännigen, viergeschossigen Gebäude wird entfernt und um zwei neue Geschosse in

Massivholzbauweise erweitert. Über zwei Aufzüge erreicht man das fünfte Obergeschoss. Hier befinden sich acht ca. 100 m² große Maisonettewohnungen, die durch einen Laubengang erschlossen werden. Dieser entsteht durch einen Versatz des sechsten Obergeschosses. Das Dach der nachträglich aufgestockten Geschosse wird als Flachdach ausgebildet und mit einem extensiven Gründach versehen. Die großzügigen Freiräume zwischen den Gebäuden bieten sich zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung an und erfahren im Zuge einer Umgestaltung eine Aufwertung.

Mehrgeschossige Gebäudeaufstockungen in Massivholzbauweise

Steffen Slama

Bei mehrgeschossigen Gebäudeaufstockungen bietet der Baustoff Holz deutliche Vorteile gegenüber anderen Baustoffen wie Beton oder Mauerwerk. Die Lasten der Aufstockung werden problemlos von der bestehenden Konstruktion aufgenommen, da Massivholz nur 1/4 der Masse von Beton hat. Darüber hinaus lässt sich Holz flexibel an die vorhandene Gebäudestruktur anpassen und verfügt über außergewöhnliche Wärmedämm- und Speichereigenschaften. So besitzt Vollholz im Gegensatz zu Beton einen 14-fach besseren Dämmwert und eine doppelt so hohe Speicherfähigkeit. Je größer die Wärmespeicherfähigkeit der umgebenden Bauteile ist, desto langsamer kühlt ein Raum aus bzw. heizt sich auf.⁸⁵ Die zweigeschossige Aufstockung des hier betrachteten Gebäudes führt zu einigen Änderungen des bestehenden Gebäudeteils hinsichtlich der bauordnungsrechtlichen Anforderungen. So ist in den Treppenträumen jeweils ein Rauchabzug zu installieren und die Decke zu den neuen Geschossen brandschutztechnisch zu ertüchtigen.

Durch die Verwendung eines Massivholzsystems mit hohem Vorfertigungsgrad lässt sich der zeitliche Umfang der Baumaßnahmen reduzieren. So lassen sich sowohl die Zeiten für den Rohbau als auch für den Ausbau erheblich verringern. Das verwendete System bietet die Möglichkeit, die Innenwände in Sichtqualität herzustellen, sodass vor Ort nach Aufstellen der Wände keine weiteren Arbeiten wie Verkleiden oder Tapezieren erforderlich sind.

Ebenfalls kann dank der Vorfertigung ein Großteil der Außendämmung bereits im Werk montiert werden. Auf der Baustelle müssen nur noch die Fassadenarbeiten sowie der Einbau von Fenstern und Türen erfolgen.

Ein Wandaufbau aus Massivholz mit außenliegender Dämmung und hinterlüfteter Fassade bietet ein optimales Innenraumklima. Für die Nutzer bedeutet dies, dass im Winter nur wenig Energie für die Beheizung erforderlich ist und im Sommer ganztägig angenehme Temperaturen im Innenraum herrschen, ohne dass Maßnahmen zur Klimatisierung erforderlich sind.

Neben den vielen Vorteilen der Holzmassivbauweise sind jedoch auch einige Besonderheiten zur Erreichung eines guten Schallschutzes zu beachten und insbesondere bei Gebäuden mit mehreren Wohnungen anzuwenden: Wände, die zwei Wohnungen oder Nutzungen voneinander trennen, müssen höhere schallschutztechnische Anforderungen erbringen und sollten daher zweischalig ausgeführt werden. Alternativ dazu können massive Bauteile entkoppelt gelagert werden, sodass die Schallübertragung unterbrochen wird.

Diese Vorkehrungen sind bereits bei der Planung der Konstruktion zu berücksichtigen und erfordern später, bei der Ausführung, ein besonderes Augenmerk und eine hohe handwerkliche Qualität.⁸⁶

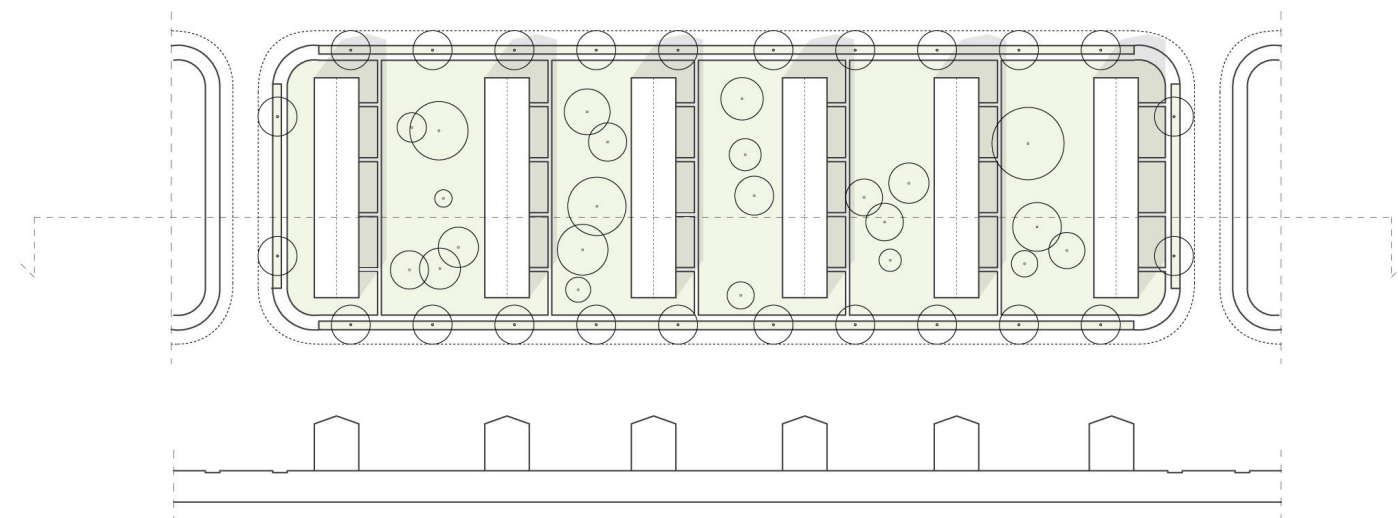


Abb. 44

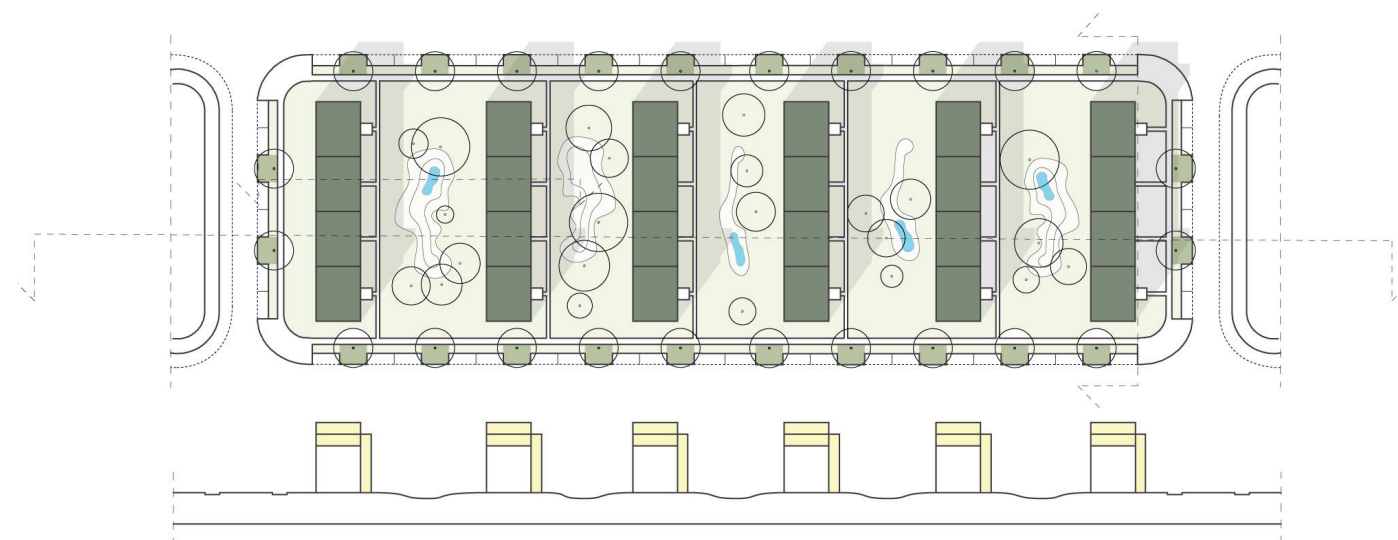


Abb. 45

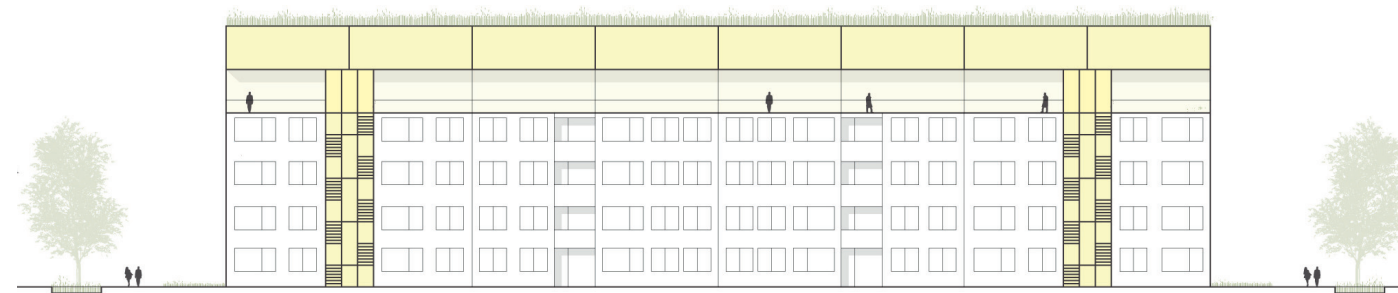


Abb. 46

Abb. 44: Lageplan und Schnitt A-A': bestehende Zeilenbebauung

Abb. 45: Lageplan und Schnitt A-A': bestehende Zeilenbebauung mit zweigeschossiger Aufstockung

Abb. 46: Ansicht: bestehende Zeilenbebauung mit zweigeschossiger Aufstockung und Gründach

85 Lutz et al. 1994

86 Für weitere Informationen siehe Conradi, Slama 2014

Maßnahmenmix zur Regenwasserbewirtschaftung

Elke Kruse, Nina Hüffmeyer, Juliane Ziegler

Ziel der dezentralen Bewirtschaftung des Niederschlagswassers ist, die Menge des Niederschlagswassers zu minimieren, das von den versiegelten Flächen abfließt, und möglichst viel Wasser vor Ort zurückzuhalten bzw. zu versickern oder kontrolliert abzuleiten. Dabei sind verschiedene Faktoren zu berücksichtigen: der Versiegelungsgrad des Grundstücks, die Grundstücksaufteilung, die Eigentumsverhältnisse, die Flächennutzung sowie die Dachformen der Gebäude bzw. die Gebäudestatik (s. Kap. 2.3). Des Weiteren sind die Versickerungsfähigkeit des Bodens, der Grundwasserstand sowie eine mögliche Belastung des Bodens durch vorherige Nutzungen entscheidend für die Wahl der Maßnahmen.

Das hier vorgestellte Entwässerungskonzept setzt sich aus Maßnahmen auf dem privaten Grundstück und aus Maßnahmen im öffentlichen Raum zusammen, die teilweise miteinander kombiniert werden.

Maßnahmen auf dem Grundstück:

Auf dem Grundstück sieht das Konzept vor, die Gebäudeaufstockung für den Bau von Gründächern zu nutzen. Zudem bieten die großzügigen Freiflächen, die typisch für die Zeilenbebauung sind, ausreichend Raum für oberflächennahe Versickerungsanlagen. Im hier gezeigten Zoom-In „Verdichtung im Bestand“ ist ein gut bis sehr gut durchlässiger Boden vorhanden. Aufgrund der Wohnnutzung ist auf eine geringe Verschmutzung des Niederschlagswassers zu schließen, sodass eine Versickerung des Wassers möglich ist.

Die eingesetzten Maßnahmen werden im Folgenden kurz beschrieben:

- **extensive Gründächer:** Sie speichern das auf den Dachflächen anfallende Niederschlagswasser im Dachaufbau bzw. in der Substratschicht und verdunsten es anschließend. Zukünftig sollten vorrangig Begrünungssysteme verwendet werden, die nahezu den gesamten Jahresniederschlag im Dachaufbau zurückhalten.⁸⁷ Lediglich bei starken Regenereignissen kommt es zu einem verzögerten Notüberlauf von den Dachflächen. Der Notüberlauf wird an die im Folgenden beschriebenen Versickerungsmulden angeschlossen.
- **Versickerungsmulden:** Der Regenabfluss von privaten Wegen, Terrassen und sonstigen befestigten Flächen fließt den Mulden zu. Hier staut das Wasser je nach Regenereignis mehr oder weniger stark ein, bevor es nach und nach versickern kann. Die Versickerungsmulden sind durch eine sanfte Geländemodellierung in die gemeinschaftlichen Freiflächen integriert und mit flachen Böschungen versehen, sodass im Normalfall nur eine geringe

Einstauhöhe des Regenwassers von max. 30 cm erreicht wird. Damit werden die entsprechenden rechtlichen und technischen Vorgaben nach DWA-A 138 (2005) erfüllt.

Überflutungsprüfung auf dem Grundstück:

Um auch im Falle eines Starkregens das Wasser auf dem Grundstück zurückzuhalten und es dabei gleichzeitig von den Gebäuden fernzuhalten, fließt sämtliches Niederschlagswasser in die Versickerungsmulden. So sollen Überflutungen bspw. von Keller- und Hauseingängen durch unkontrolliert abfließendes Wasser auf dem Grundstück verhindert werden. Für Extremereignisse ist ein sogenannter Notwasserweg vom Notüberlauf der Mulde auf die Straßenfläche vorgesehen, um das Wasser, das nicht mehr in der Mulde gefasst werden kann, schadlos abzuleiten. Durch die abgestufte Geländemodellierung wird auch bei Starkregenereignissen die Einstauhöhe von 30 cm in den Randbereichen eingehalten.

Maßnahmen im Straßenraum:

- **Bepflanzte Tiefbeete:** Sie werden im Straßenraum zur Entwässerung der Straße und der öffentlichen Gehwege angeordnet. Sie sind mit pflegeextensiven Gräsern, Stauden und Gehölzen bepflanzt, die an den wechselnden Feuchtigkeitsgehalt des Bodens angepasst sind. Geeignete Gehölze sind – je nach Platzverfügbarkeit und Bodenverhältnissen – z.B. Ahorn, Erle, Hartriegel oder kleinwüchsige Weiden. Die Auswahl der Gräser und Stauden richtet sich nach den vorherrschenden Lichtverhältnissen. Die Bepflanzung und die Passage des Regenabflusses durch die belebte Bodenzone sorgen für eine Reinigung des Regenabflusses von Schmutzstoffen. Sofern, die verkehrliche Belastung der Straße dies zulässt, dienen die Tiefbeete gleichzeitig der Verkehrsberuhigung. Dazu werden sie im Straßenraum wechselseitig mit geeignetem Abstand angeordnet.

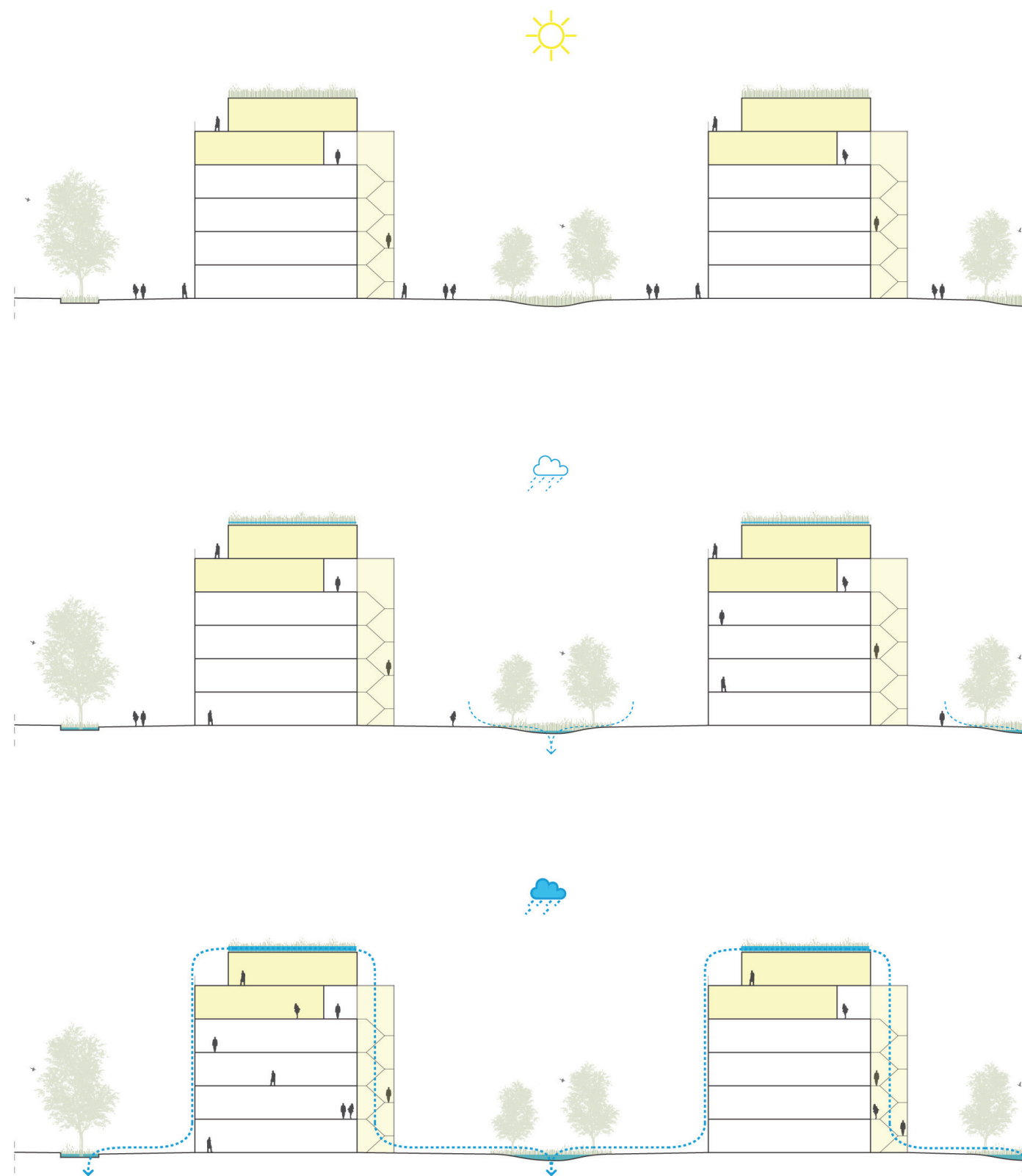


Abb. 47: Schnitte C-C: Entwässerungskonzept, bestehend aus extensiven Gründächern, Versickerungsmulden und bepflanzten Tiefbeeten auf dem Grundstück und im Straßenraum, dargestellt bei unterschiedlichen Wetterverhältnissen

⁸⁷ Diese sind schon heute unter dem Namen „Retentionsdach“ auf dem Markt, werden bisher jedoch nur vereinzelt eingesetzt.



Zoom-In 1B: Neubau als Alternative

Eine Alternative zur Aufstockung der Gebäude bietet der Abriss des kompletten Häuserblocks. Drei- bis viergeschossige Reihenhäuser oder Townhouses treten an Stelle der bisherigen Zeilenbebauung und sind Nordost-Südwest ausgerichtet. Sie orientieren sich an die im Bestand vorgefundenen Gebäudetypen (Reihenhäusern).

Jedes Reihenhaus besteht entweder aus zwei gleichgroßen Maisonette-Wohnungen oder aus einer großen Maisonette-Wohnung und einer kleineren Wohnung. Die Wohnungsgrößen variieren zwischen 50-100 m². Im vierten Geschoss gibt es einen Verbindungsgang, der von den Bewohnern genutzt werden kann, um zu benachbarten Wohnungen zu gelangen. Die Gebäude werden mit extensiven Gründächern versehen. Sie halten das Regenwasser zurück und verdunsten es nach und nach. Die Gestaltung der Fassaden orientiert sich an den Gebäuden in der unmittelbaren Umgebung. Zur Straße erhält jedes Gebäude eine Front aus hellem Klinkerstein. Die gartenseitigen Fassaden werden verputzt und mit einem hellen Anstrich versehen.

Private Außenflächen gibt es nur in Form von Terrassen, die zu den Wohnungen im Erdgeschoss gehören. So kann anstelle kleinteiliger privater Gärten, ein großer gemeinsamer Gartenbereich geschaffen werden, der in verschiedene Nutzungszonen unterteilt ist. Der gemeinschaftlich genutzte Garten besteht aus einer frei beispielbaren, großzügigen Rasenfläche mit einzelnen Solitärgehölzen und einer zentral gelegenen Fläche, in die verschiedene Spielbereiche integriert sind. Einige der Flächen ohne konkrete Spielnutzung sind etwas tiefer angelegt, sodass im Falle eines Starkregenereignisses überschüssiges Regenwasser zurückgehalten werden kann.

Im folgenden Abschnitt werden weitere Gebäudedetails und deren Funktionen beschrieben.

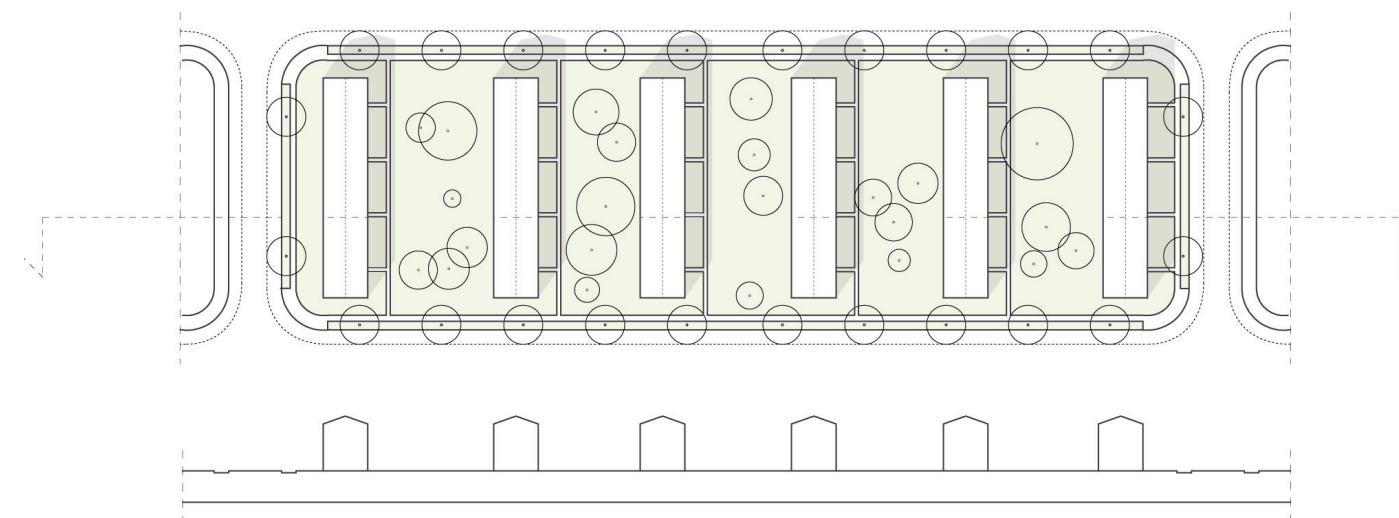


Abb. 48

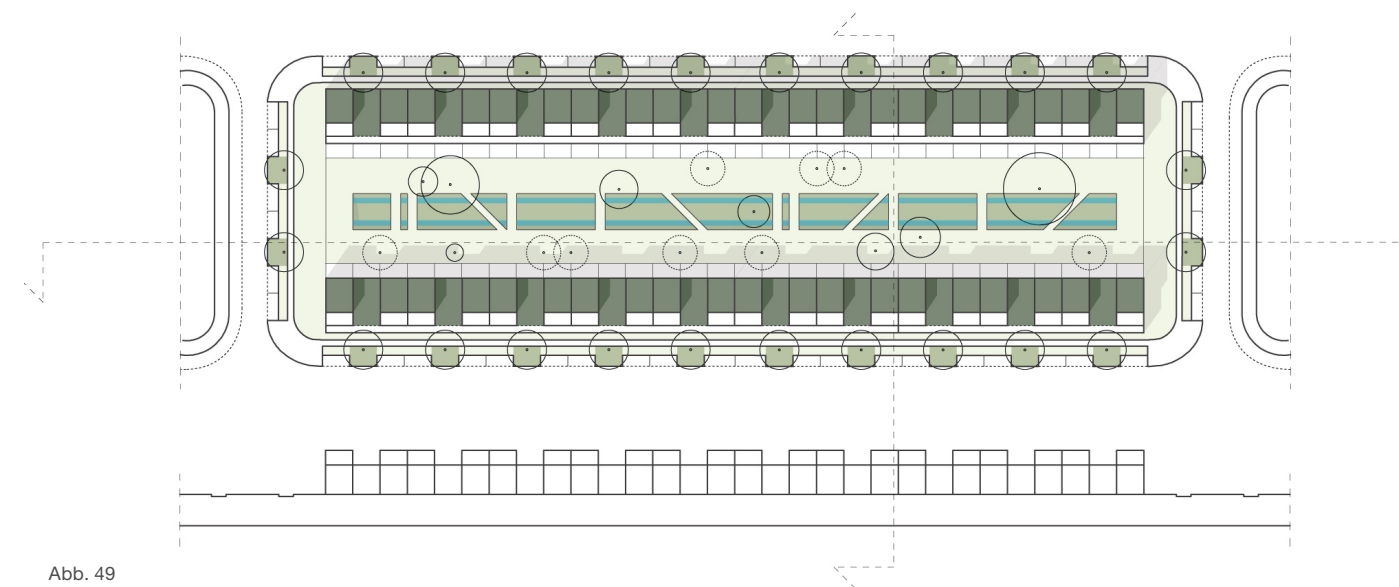


Abb. 49



Abb. 50

Abb. 48: Lageplan und Schnitt A-A': Neubau als Alternative – drei- bis viergeschossige Reihenhäuser

Abb. 49: Schnitt B-B': Neubau als Alternative – Reihenhäuser mit Gemeinschaftsgarten, extensiven Gründächern, Versickerungsmulden und Tiefbeeten im Straßenraum

Abb. 50: Isometrie: Neubau als Alternative – kompletter Baublock

Passive Klimatisierung und sommerlicher Wärmeschutz

Lydia Ax

Um den Auswirkungen des Klimawandels zu begegnen, werden komfortorientierte passive Klimatisierungsmaßnahmen für den Wohnungsbau empfohlen, die den sommerlichen Wärmeschutz gewährleisten und gleichzeitig den Energiebedarf verringern. Die Gebäudehülle bietet hierbei ein hohes Potenzial für nachhaltige, kreative Maßnahmen, aber auch die Gebäudeorientierung und die Flexibilität der Grundrisse stellen weitere wichtige Punkte dar.

Bei der Optimierung der passiven Klimatisierung von Gebäuden⁸⁸ sind generell folgende Punkte zu beachten:

- Orientierung,
- natürliche Durchlüftung,
- Speichermasse,
- Fassaden, Fensterflächen.
- Verschattung.

Orientierung

Während der Sommermonate kann es zu Überhitzung in den zur Sonne gewandten Räumen kommen. Aus diesem Grund sind die Grundrisse der Reihenhäuser so geplant, dass eine Veränderung der Raumnutzung je nach Hauptnutzung und Gewohnheiten der Nutzer möglich ist. Zusätzlich besteht die Möglichkeit je nach Bedarf mit flexiblen Einstellwänden bzw. Raumteilern eine speziell auf die Bewohner abgestimmte Nutzung zu ermöglichen.

Zum Beispiel:

- Elternteil mit Kind – Hauptnutzung der Wohnräume bzw. Küche mit Ausrichtung nach Nordwesten am Nachmittag während der größtmöglichen Überhitzung im Sommer.
- Vollzeitberufstätige – Hauptnutzung der Schlafräume mit Ausrichtung nach Nordwesten

Durch raumhohe Verglasungselemente auf der Südost-, sowie der Nordwestseite ist die Tageslichtsituation in jedem Teil der Wohnung gleichbleibend komfortabel, sodass der Grundriss durch die anpassbare Raumaufteilung verschiedenen Nutzungskonzepten gerecht werden kann.

Natürliche Durchlüftung

Fassaden und Grundrisse der Maisonette-Wohnungen sind so aufeinander abgestimmt, dass ein Durchwohnen und damit auch ein Durchlüften in Längsrichtung von Nordwesten nach Südosten möglich sind. Dazu werden beim Einbau von flexiblen Einstellwänden und/oder Raumteilern Schiebetürkonstruktionen eingebaut, die zwischen zwei gegenüberliegenden Fenstern liegen.

Speichermasse

Um eine ausreichend große Speichermasse zur Aufnahme der Sonnenwärme bereitzustellen, wird der Anteil an Fensterfläche zu Wandfläche im Verhältnis 2/3 zu 1/3 vorgesehen. Eingeplant wurde eine „schwere“ bzw. massive Konstruktion (Massivbauweise), die genügend Speichermasse zur Sicherung des Nutzerkomforts und zur Gewährleistung des sommerlichen Wärmeschutzes zur Verfügung stellt.

Fassaden/Fensterflächen

Eine ausreichende Tageslichtversorgung ist durch den Fensterflächenanteil von 2/3 der Fassade, sowie mit dem Entwurfsprinzip des Durchwohnens im Wohnraum gesichert. Um den Nutzerkomfort zu sichern und die Empfindung von Behaglichkeit zu gewährleisten, sollten die Temperaturen von Wand- und Scheibenoberflächen sowie der Raumluft möglichst gleich sein. Um dies zu gewährleisten und mit Blick auf die geplante EnergieEinsparverordnung (EnEV) 2020⁸⁹ mit Nahe-Nullenergiehäusern im Passivhaus-Standard ist eine dreifache Wärmeschutzverglasung mit niedrigem Energiedurchlassgrad (g-Wert) auch im Hinblick auf die zukünftige Temperaturentwicklung im Sommer als Sonnenschutzverglasung vorgesehen. Die Möglichkeit der Nachtlüftung als Durchlüftung bietet zusätzlichen Nutzerkomfort.

Verschattung

Ein außenliegendes Verschattungssystem mit Schiebeläden aus Holz sorgt für ein individuell verstellbares System, das je nach Tageszeit und Sonneneinstrahlung von den Nutzenden in die gewünschte Position verschoben werden kann. Die großen Holzflächen mit Ihrer nach Tageszeit und Nutzung ständig wechselnden Position prägen das Erscheinungsbild der Fassade. Die Lamellen der Schiebeläden sind je nach Sonnenstand verstellbar, die Möglichkeit der Verriegelung bietet Komfort und Einbruchschutz bei Nachtlüftung.

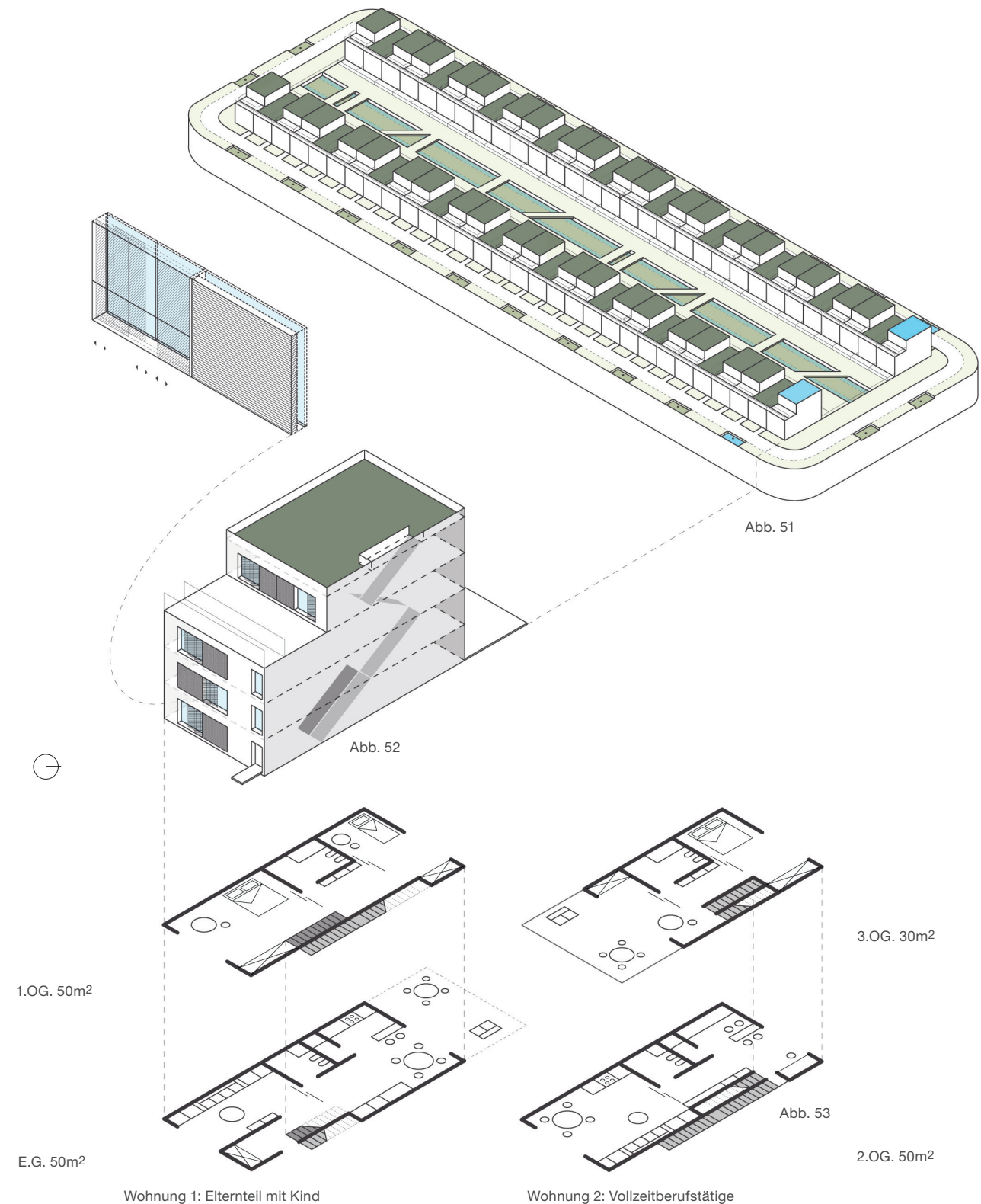


Abb. 51: Isometrie: Neubau als Alternative – kompletter Baublock

Abb. 52: Isometrie und Detail: Reihenhäuser und außenliegendes Verschattungssystem mit Schiebeläden aus Holz

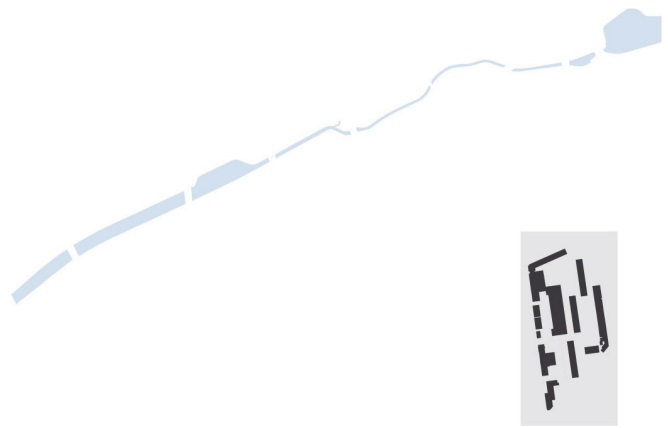
Abb. 53: Grundrisse Maisonette-Wohnungen: Typ1 – Elternteil mit Kind, Typ2 – Vollzeitberufstätige

⁸⁸ Für detailliertere Informationen siehe Ax, Dietrich 2014. Der Leitfaden erhält ergänzend eine Rubrik für Anpassungsmaßnahmen im Wohnungsbau.

⁸⁹ Tuschinski 2013



ZOOM IN 2 Wandsbeker Chaussee „Gewerbegebiet – Grün + Flexibel“



Zoom In 2: Gewerbegebiet – Grün + Flexibel

Ein Konglomerat aus verschiedenartigen Gewerbe- und Verwaltungsbauten charakterisiert das Gewerbegebiet an der Wandsbeker Chaussee. Räumliche oder funktionale Bezüge zwischen den einzelnen Gebäuden scheinen nicht zu bestehen. Der umgebende Freiraum wird hauptsächlich als Fläche zum Anliefern und Parken genutzt. Der hohe Versiegelungsgrad und die teilweise dichte Bebauung führen zu einer erhöhten Wärmebelastung im Sommer und einem hohen Oberflächenabfluss. Um das Gewerbegebiet klimaangepasst zu entwickeln, werden Strategien benötigt, die verschiedene Gesichtspunkte, wie die passive Klimatisierung von Verwaltungsgebäuden, einen dezentralen Umgang mit Niederschlagswasser und ähnliche ökologische Aspekte berücksichtigen. Der Umbau zu einem klimaangepassten Gewerbegebiet bietet zudem die Chance, das Areal sowohl städtebaulich als auch freiraumplanerisch neu zu organisieren.

Die verschiedenen Bestandsgebäude wurden einer intensiven SWOT-Analyse unterzogen, um zu ermitteln, welche der Gebäude sich so sanieren lassen, dass sie veränderten klimatischen Bedingungen langfristig ausgesetzt werden können. Die Analyse ergab, dass sich nur einige der Gebäude sanieren und klimaangepasst umbauen lassen. Aus diesem Grund wird ein Großteil der Gebäude über die nächsten Jahre und Jahrzehnte rückgebaut und bietet somit die Möglichkeit, das Areal funktional und gestalterisch neu zu entwickeln. Statt des vorgefundenen Gebäudekonglomerats sollen künftig drei neue passiv klimatisierte Gebäude das Gewerbegebiet dominieren (s. Seite 116).

Ein Baumraster, bestehend aus verschiedenen schnellwüchsigen, stadtklimaverträglichen Gehölzen, wird mit den bestehenden Gebäuden und eventuellen Neubauten zu einem Ort mit eigener Identität zusammenwachsen. Dabei wird kein definierter Endzustand angestrebt. Die robuste Grundstruktur des Baumrasters wird zukünftige Entwicklungen z.B. Neubauten aufnehmen und bestehende Gebäude einbetten.

In einem ersten Schritt wird eine Mischung aus jungen heimischen Bäumen gepflanzt, die langsam zu einem von Stämmen getragenen, lichten Baumdach zusammenwachsen. Dabei leisten die Bäume sowohl funktionale als auch ästhetische „Pionierarbeit“. Aus diesem Grund kommen vor allem Gehölze zum Einsatz, die besonders anspruchslos sind. Das lichte Blätterdach der Bäume dient im Sommer als Schattenspender. So kann das Aufheizen der Parkplatzflächen und die Entstehung einer Wärmeinsel verhindert werden. Unterschiedlich genutzte Flächen, wie Parkplätze, Wege und platzartige Flächen fügen sich in das Raster ein. Sollten die zukünftigen Baufelder vorerst unbebaut bleiben, können sie zwischengenutzt werden und kleinere Kurzumtriebsplantagen angelegt werden. Im Falle einer Bebauung werden die die Gehölze gerodet und zur Energiegewinnung verwendet.

Um den Grad der Versiegelung möglichst gering zu halten, werden alle zur Erschließung notwendigen Flächen mit versickerungsfähigen Belägen versehen, die eigentlichen Parkplatzflächen erhalten Rasenfugenpflaster. Gehölze, die zwischen den Parkplätzen oder entlang der Erschließungswege stehen – und somit nicht in den Vegetationsflächen –, werden in ein wasserdurchlässiges Schotterbett gepflanzt. Größere Mengen überschüssigen Oberflächenwassers werden in tiefer gelegenen Tiefbeeten bzw. Versickerungstreifen aufgefangen.

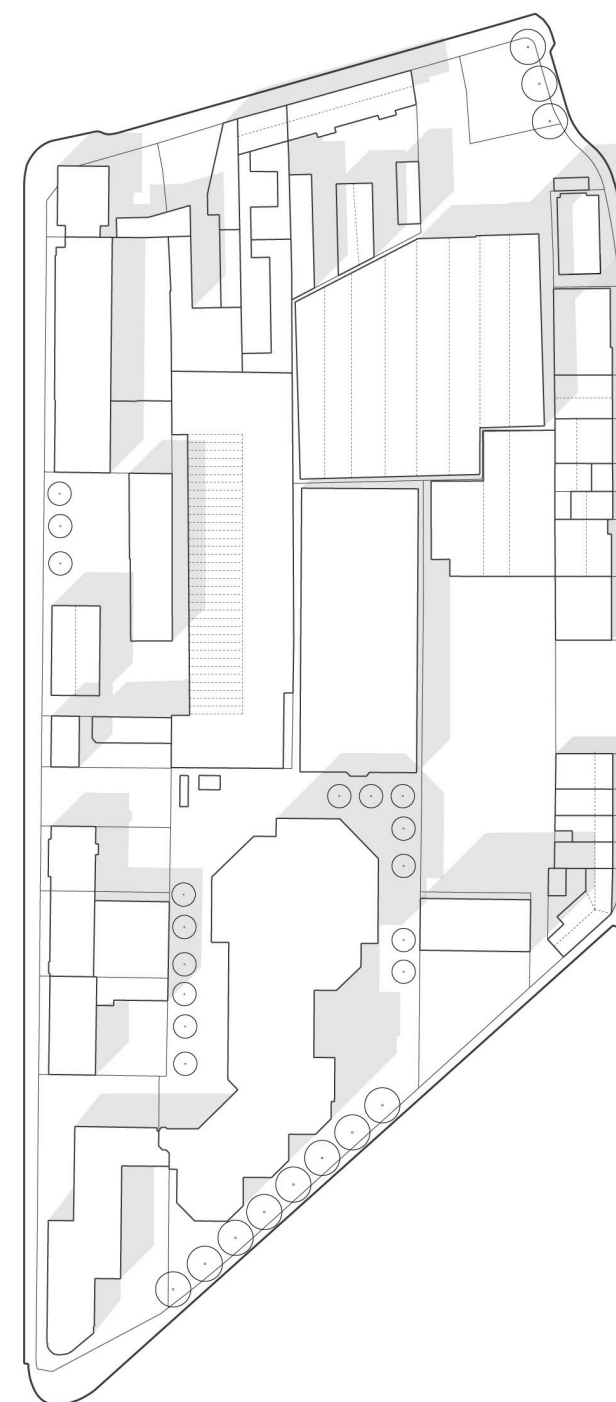


Abb. 55



Abb. 56

Abb. 55: Lageplan: Bestandsplan

Abb. 56: Lageplan: Raster aus einheimischen Gehölzen bildet ein heterogenes Baumdach; Materialienpatchwork aus versickerungsfähigem Asphalt, Rasenfugenpflaster, Schotterflächen und bepflanzten Tiefbeeten

Passive Klimatisierung

Lydia Ax

Bei der Sanierung bzw. Neuplanung eines Verwaltungsbaus sind mit Blick auf prognostizierte Extremwetterereignisse, wie z.B. längere Hitzewellen, die Grundregeln nach DIN 15251⁹⁰ hinsichtlich des Nutzerkomforts und der passiven Klimatisierung zu berücksichtigen. Die hier zu beachtenden Punkte sind identisch mit den Vorgaben für den Wohnungsbau (s. Seite 110), sie sind jedoch unter anderen Gesichtspunkten in den Entwurfsprozess einzubeziehen. Bei einer Sanierung im Verwaltungsbau ist zudem zu prüfen, in wieweit die Umsetzung der passiven Klimatisierungsmaßnahmen wirksam und wirtschaftlich ist. Für einen Ganzglasbau mit sehr tiefen Räumen oder Atrien ist eine Sanierung wenig ratsam. Das untersuchte Bestandsgebäude eignet sich jedoch mit einer Raumtiefe und Raumhöhe von 4,50 m für eine Sanierung. Eine besondere Maßnahme ist hier der Austausch der gesamten Fassade inklusive Verschattungssystem zur Verbesserung des Nutzerkomforts und zur Energieeinsparung.⁹¹

Orientierung

Im Gegensatz zum Wohnungsbau ist im Verwaltungsbau die Nutzung der Längsfassaden sowie das Fassadenbild in der Regel auf beiden Seiten identisch, zudem ist die Ausrichtung häufig durch die Einbettung in den städtebaulichen Kontext vorgegeben. Ein Ausweichen auf einen Raum mit angenehmerem Klima, wie im Wohnungsbau, ist nicht möglich und der Nutzer muss sich zwangsläufig an die Vorteile bzw. Defizite der jeweiligen Ausrichtung seines Büros anpassen. Die Ausrichtung des sanierten Gebäudes nach Nord-West und Süd-Ost ist optimal für ein Verwaltungsgebäude. Im aktuellen Entwurf für die Neubauten ist zu beachten, dass der Nordosten des Bautrakts nur in den frühen Morgenstunden besonnt wird, während auf der Südwest-Seite der Komfort an heißen Nachmittagen durch die tief stehende Sonne beeinträchtigt werden kann. Diese Nachteile sollen durch das Verschattungskonzept (s. Seite 117) ausgeglichen werden. Der Entwurf sieht vor, dass die tragenden Elemente in einem Achsraster von 7,5 m verbaut werden. In den Zwischenräumen befinden sich flexible Elemente, wie Trenn- und Schrankwandssysteme, um eine anpassungsfähige Nutzung der Büro- und Arbeitsräume zu gewährleisten.

Natürliche Durchlüftung

Das Entwurfskonzept sieht auf den Längsseiten Büronutzung und in der mittleren Zone einen 2,0 m breiten Erschließungsflur vor. In den technischen Regeln für Arbeitsstätten wird empfohlen, dass für eine gute natürliche Durchlüftung der Gebäudequerschnitt maximal das

Fünffache der lichten Raumhöhe und weniger als 20,0 m betragen sollte. Eventuelle Barrieren im Innenraum, z.B. Trennwände, müssen Überströmöffnungen zum Durchströmen der Luft enthalten.⁹² Mit einer Breite von ca. 12,0 m und einer lichten Raumhöhe von 5,0 m (bei abgehängter Decke 4,5 m lichte Raumhöhe) sowie Überströmöffnungen in den sich gegenüberliegenden Flurtüren wird das Konzept abgerundet und erfüllt für das Bestandsgebäude und die Neubauten die Anforderungen gemäß der technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR).

Speichermasse

Das Sanierungskonzept sieht eine 2,0 m breite Kombizone innerhalb der Gesamtraumtiefe von 4,5 m vor, welche die Büroräume durch raumhohe Glasschiebeelemente teilt. Durch dieses Konzept ist eine nach Jahreszeiten ausgerichtete Nutzung fast wie im Wohnungsbau möglich (siehe Punkt Verschattung, Seite 117). Allerdings ist das Verhältnis von Wandflächenanteil bzw. Speichermasse zu Fensterflächenanteil in der Fassade von 2/3 zu 1/3 nicht gewährleistet, da es sich dabei um eine Ganzglasfassade handelt. Mit einer effektiven außenliegenden Verschattung auf der innenliegenden zweiten Fensterebene wird dieses Defizit reduziert. Zusätzlich werden PCM – Fertigelemente (Phase Change Materials – Fertigelemente zur Wärme- und Kältespeicherung als temperatenausgleichende Speichermasse) eingebaut, um den Nutzerkomfort und den Wärmeschutz zu gewährleisten.

Fassaden-/Fensterflächen

Eine ausreichende Tageslichtversorgung ist durch das Verhältnis von lichter Raumhöhe und -tiefe von insgesamt 4,50 m gegeben. Es gilt dieselbe Regel wie im Wohnungsbau: Um den Nutzungskomfort zu sichern und die Empfindung von Behaglichkeit zu gewährleisten, müssen die Temperaturen von Wand- und Scheibenoberflächen, sowie der Raumluft möglichst gleich sein.

Um zukünftigen Extremwetterereignissen, wie längeren Hitzewellen, entgegen zu wirken und eine Aufheizung der Arbeitsräume zu verhindern, ist für die äußere Ganzglasfassade eine getönte bzw. intelligente Verglasung vorgesehen. Diese ist so konzipiert, dass die Sonneneinstrahlung/Wärme vor dem Fenster bleibt, das Sonnen-/Tageslicht jedoch ins Innere gelangen kann. Eine übermäßige Kunstlichtnutzung mit zusätzlichem Wärmeeintrag im Sommer soll durch den Tageslichteinfall der intelligenten Verglasung vermieden werden. Auf der inneren Fensterebene ist eine zweifache Verglasung in Kombination mit der geplanten Verschattung ausreichend.

Verschattung

Als Blendschutz werden für das Entwurfskonzept auf der äußeren Fassade außenliegende, leichte Jalousien mit verstellbaren Lamellen empfohlen. Als Einbruchschutz sieht der Entwurf im Erdgeschoss feste, schwere Rollläden zur Gewährleistung der Nachtlüftung vor. Auf der zweiten, inneren Fensterebene ist eine außenliegende, stark reflektierende Verschattung mit geringem Durchlass der Solarstrahlung eingeplant. Wenn die intelligente Verglasung auf der äußeren Fassade überlastet ist, hält diese an besonders heißen Nachmittagen oder am Ende einer langen Hitzeperiode die Raumluft der aufgeheizten Kombizone vom innenliegenden Teil des Büros fern. Durch Nachtlüftung kann die Raumlufttemperatur der Kombizone wieder heruntergeregelt werden. Mit diesem Verschattungskonzept ist eine nach Jahreszeiten ausgerichtete Nutzung der Büroräume möglich.

Im Winter arbeiten die Nutzerinnen und Nutzer vorwiegend in der Kombizone, sitzen somit nah an der Außenfassade und können die wenigen Sonnenstunden des Tages und den Ausblick genießen. Die äußere Verschattung dient als Blendschutz bei Computerarbeit. Im Sommer zieht man sich überwiegend ins kühle Innere zurück. Die Lamellen der innenliegenden Verschattung werden in horizontale Stellung bei 0° für maximalen Wärmeschutz (einfallende Sonnenstrahlen werden abgelenkt) und bestmöglichen Tageslichteinfall gebracht. Der Entwurf bedient sich im Innenraumkonzept klassischer Elemente des Verwaltungsbaus, während die Doppelglasfassade ein Element aus dem Wohnungsbau ist. Dementsprechend sind eine Mischnutzung aus Wohnen und Arbeiten, sowie eine Umnutzung zum Wohnungsbau denkbar. Das Gebäude ist durch die Möglichkeit der Mischnutzung flexibel anpassbar. Einem vorzeitigen Abriss bzw. einer Sanierung wird dadurch präventiv vorgebeugt.

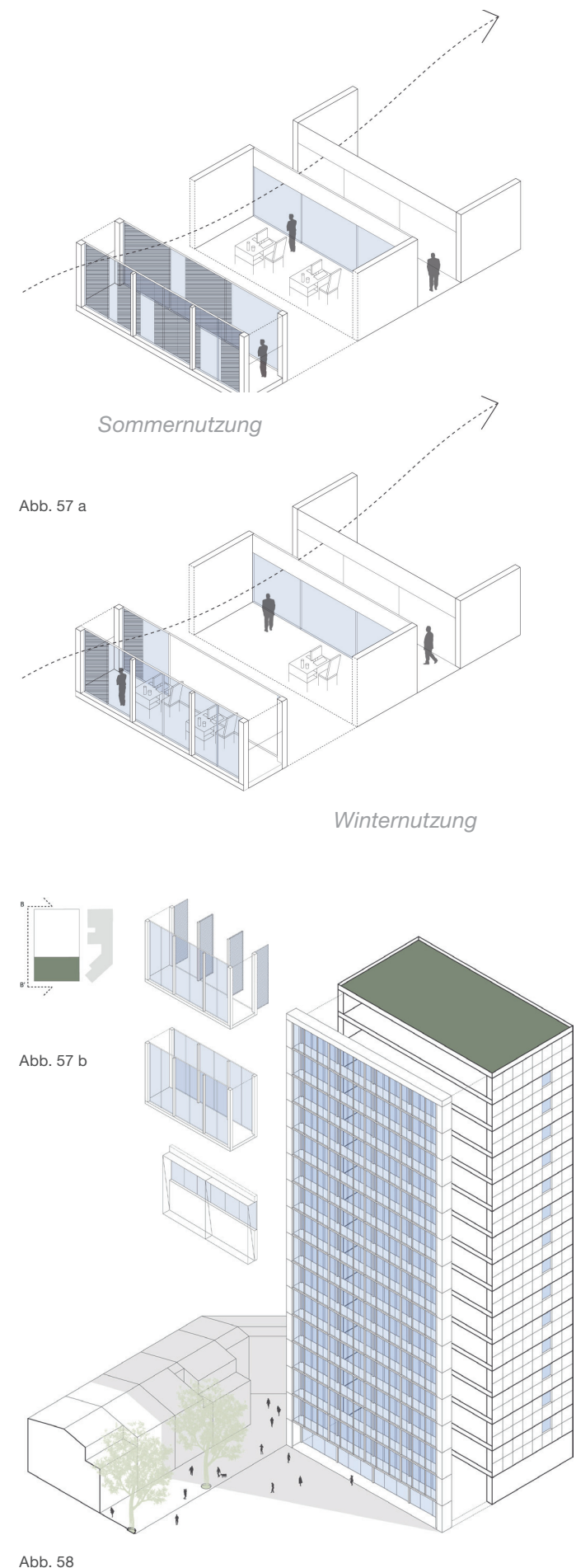


Abb. 58

Abb. 57: a) Verschattungskonzept: flexible Nutzung der Räume im Sommer und im Winter

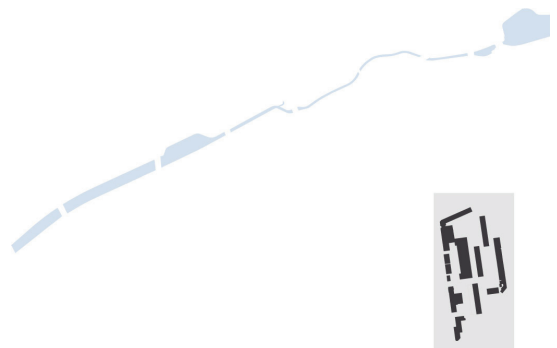
b) Detail Fassade: bestehende Fassade und flexible Doppelglasfassade

Abb. 58: Isometrie: saniertes Bestandsgebäude mit Doppelglasfassade

90 DIN 2007: Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik

91 Für detailliertere Informationen siehe Ax, Dietrich 2014. Der Leitfadens erhält ergänzend eine Rubrik für Anpassungsmaßnahmen im Wohnungsbau

92 BMAS 2012



Maßnahmenmix zur Regenwasserbewirtschaftung

Elke Kruse, Nina Hüffmeyer, Juliane Ziegler

Gewerbegebiete zeichnen sich im Allgemeinen durch einen hohen Anteil versiegelter Flächen aus. Des Weiteren ist der hohe Anteil von Flachdächern charakteristisch. Hier sind Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung zur Verbesserung des lokalen Wasserhaushalts besonders wichtig. Im hier gezeigten Zoom-In „Gewerbegebiet“ ist ein gut bis sehr gut durchlässiger Boden vorhanden, so dass eine Versickerung des Niederschlagswassers auf dem Grundstück möglich ist.⁹³

Das Entwässerungskonzept setzt sich aus folgenden Maßnahmen zusammen, die auf dem privaten Grundstück eingesetzt werden:

- **extensive Gründächer:** Sie werden auf den neuen Gebäuden vorgesehen. Auf den bestehenden Flachdächern werden sie nachträglich aufgebracht, falls die Statik dies zulässt.
- **versickerungsfähige Beläge:** So kann die Menge des von den Parkplatzflächen abfließenden Niederschlagswassers reduziert werden. Dazu werden Rasenfugenpflaster für die Parkplätze und wasser-durchlässige Betonsteine bzw. wasser-durchlässiger Asphalt für die Zufahrten vorgesehen.
- **bepflanzte Tiefbeete:** Sie befinden sich entlang der Fußwege und Parkplätze und dienen zur Aufnahme und Versickerung des Oberflächenabflusses. Die Pflanzen und insbesondere die Versickerung durch die belebte Bodenzone dienen dabei der Reinigung des Niederschlagswassers, das ggf. durch eine starke Befahrung der Parkplatzflächen und Anlieferverkehr belastet ist.

Auf Gewerbeflächen können hohe Sachschäden durch eine Überflutung entstehen, da hier oftmals Lebensmittel, wertvolle Güter oder sensible Stoffe ebenerdig oder in Tiefgeschossen gelagert werden. In solchen Fällen sollten Flächen zum temporären Rückhalt von Starkregen geschaffen werden. Hierzu kann bspw. der Parkplatz dienen, der temporär mitbenutzt wird. Dies bedeutet, dass im Falle eines Starkregens Teilbereiche des Parkplatzes und der angrenzenden Flächen für wenige Stunden gezielt eingestaut werden, um ein Eindringen von Wasser in Gebäude und Kellerräume der Gewerbebetriebe zu verhindern

(s. Abb. 59 und 60). Die mitbenutzten Bereiche sind so zu gestalten, dass eine Überflutung auch an den tiefsten Stellen nur zu geringen Wassertiefen führt, sodass die Verkehrssicherungspflicht gewährleistet bleibt. Zudem bleiben wichtige Wegeverbindungen für den Einsatz von Rettungskräften, aber auch zum Einstieg in die auf den Parkplatzflächen geparkten Autos weiterhin erreichbar. Bei extremen Ereignissen ist je nach Wasservolumen ein Überlauf ins Kanalnetz vorgesehen.

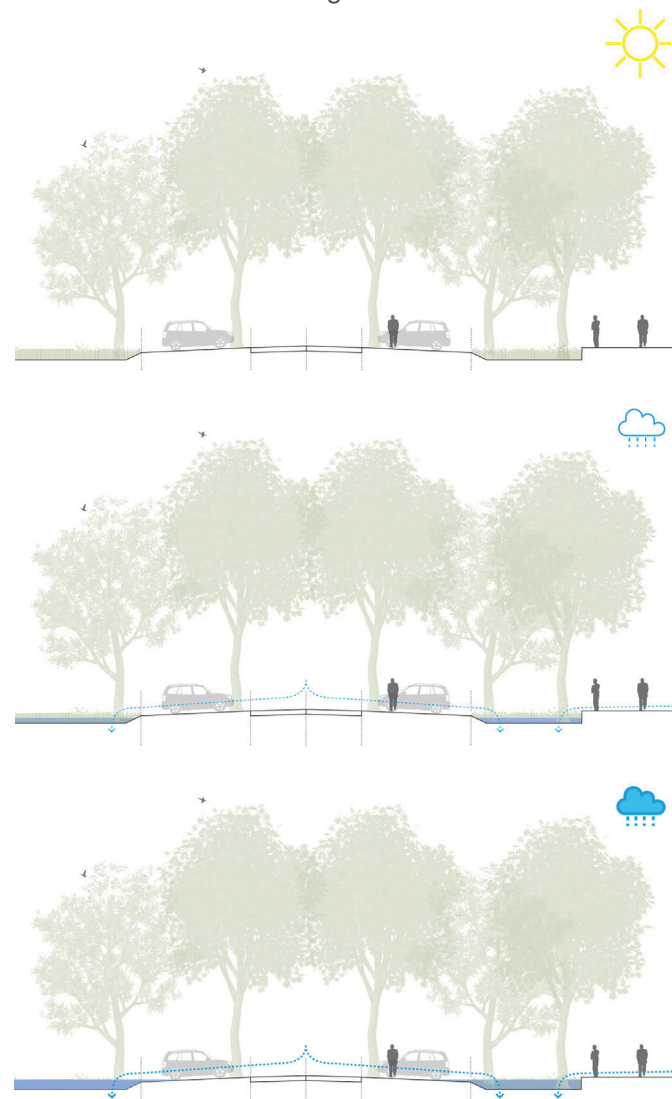


Abb. 59: Schnitte C-C: Erschließungsweg, Parkplätze und Tiefbeete bei unterschiedlich starken Regenereignissen.



Abb. 60: Lagepläne: Darstellung des Gewerbegebiets bei unterschiedlich starken Regenereignissen. Sobald die extensiven Gründächer und Versickerungstreifen ihr Fassungsvermögen erreicht haben, wird ein Teil der Parkplatzfläche temporär geflutet.

⁹³ Eine Prüfung vor Ort ist jedoch im Einzelfall unerlässlich. Falls eine Kontamination des Bodens vorliegen sollte, kann ein ähnlicher Maßnahmenmix wie im Zoom-In 1, Anpassungskonzept Stadtrandmix Rahlstedt (S. 158 f.) angewendet werden.

Naturschutz

Elena Rottgardt, Katharina Schmidt, Julia Stockinger, Esther Verjans

Durch die Flächenentsiegelung und das neue Pflanzkonzept (siehe Erläuterungen Zoom-In 2, Anpassungskonzept „Kompaktes Wandsbek“) werden in einem bisher stark versiegelten urbanen Raum neue Habitate geschaffen, die sich in das gesamtstädtische Biotopverbundsystem integrieren lassen und einen wichtigen Beitrag zur Förderung der städtischen Biodiversität leisten.

Die Anpflanzung verschiedener heimischer Arten in Mischkultur als Baumraster kann Habitate und Nahrung für verschiedene Tierarten schaffen und somit auch einen wichtigen Beitrag zur Förderung der städtischen Biodiversität leisten. Zudem sind Mischbestände weniger anfällig für artspezifische „Schädlinge“, die sonst unter Umständen sofort die ganze Monokultur angreifen bzw. zerstören können. Infolge der zukünftig steigenden Temperaturen könnte es zu einer stärkeren Ausbreitung von Schädlingen kommen.

Geeignete heimische Baumarten für das Baumraster, die an die Folgen des Klimawandels (speziell Trockenperioden im Sommer) angepasst sind, werden im Folgenden aufgeführt.

Geeignete Baumarten insbesondere hinsichtlich Trockentoleranz sind:

Hängebirke (*Betula pendula*), Vogel-Kirsche (*Prunus avium*), Schwedische Mehlbeere (*Sorbus intermedia*), Weiß-Pappel (*Populus alba*), Zitter-Pappel (*Populus tremula*), Spitz-Ahorn (*Acer platanoides*), Hainbuche (*Carpinus betulus*) und Winter-Linde (*Tilia cordata*). Geeignete Sträucher bzw. kleine Bäume sind Feld-Ahorn (*Acer campestre*), Schlehe (*Prunus spinosa*), Kreuzdorn (*Rhamnus cathartica*), Hund-rose (*Rosa canina*), Weißdorn (*Crataegus monogyna*), Sanddorn (*Hippophae rhamnoides*), Sal-Weide (*Salix caprea*) und Kornelkirsche (*Cornus mas*).⁹⁴

Ein nachhaltiges Pflegekonzept ergänzt das Pflanzkonzept des Baumrasters. Größere Bereiche sollen darin bewusst der Sukzession überlassen werden. Andere Bereiche hingegen werden direkt als kleinräumige Kurzumtriebsplantagen (KUP) genutzt. Die Biomasse der KUPs dient der Energieholzgewinnung und leistet einen Beitrag zur regionalen, klimaschonenden Energiegewinnung. Die kleinräumigen KUPs bestehen aus schnellwüchsigen Arten wie Weiden und Pappeln. Um das Ernten der Gehölze nach ca. drei bis fünf Jahren zu ermöglichen, werden Streifen von Weiden und Pappeln gepflanzt. Als Anbauflächen kommen die für eine spätere Bebauung vorgesehenen Flächen in Frage. KUPs leisten einen wertvollen Beitrag zur Artenvielfalt, so können die charakteristischen Heckenstrukturen z.B. als Bruthabitat von Vögeln genutzt werden.

Die Sukzessionsflächen entwickeln sich ähnlich wie Brachen und gelten aus naturschutzfachlicher Sicht als wertvolle temporäre Lebensräume, die durch die Besiedelung mit spontaner Vegetation und den sich daraufhin ansiedelnden Tierarten (z.B. Insekten) zwischengenutzt werden. Urbane Brachen sind in der Regel trockene Lebensräume und bilden häufig artenreiche Habitatsinseln in der städtischen Matrix.

Die geplante Entsiegelung wirkt sich auch förderlich auf Tiere aus. Ein von Vegetation aufgelockerter Boden bietet Lebensraum für kleine Bodenlebewesen sowie Insekten und Kleinsäuger. Die Kleingehölze neben den Parkplätzen können den Lebensraum sinnvoll ergänzen. Mit der Begrünung kann die Fläche somit für Kleintiere passierbar werden und leistet daher einen Beitrag zum Biotopverbundsystem im Einzugsgebiet der Wandse.

Die extensiven Gründächer schaffen zusätzliche Habitate für diverse Tierarten, insbesondere Insekten und Vögel. Zudem bieten sie neue Lebensräume für wind- und tierausgebreitete Pflanzenarten. Vorgesehen ist eine standortgerechte Bepflanzung mit einheimischen Arten sowie extensives Management.

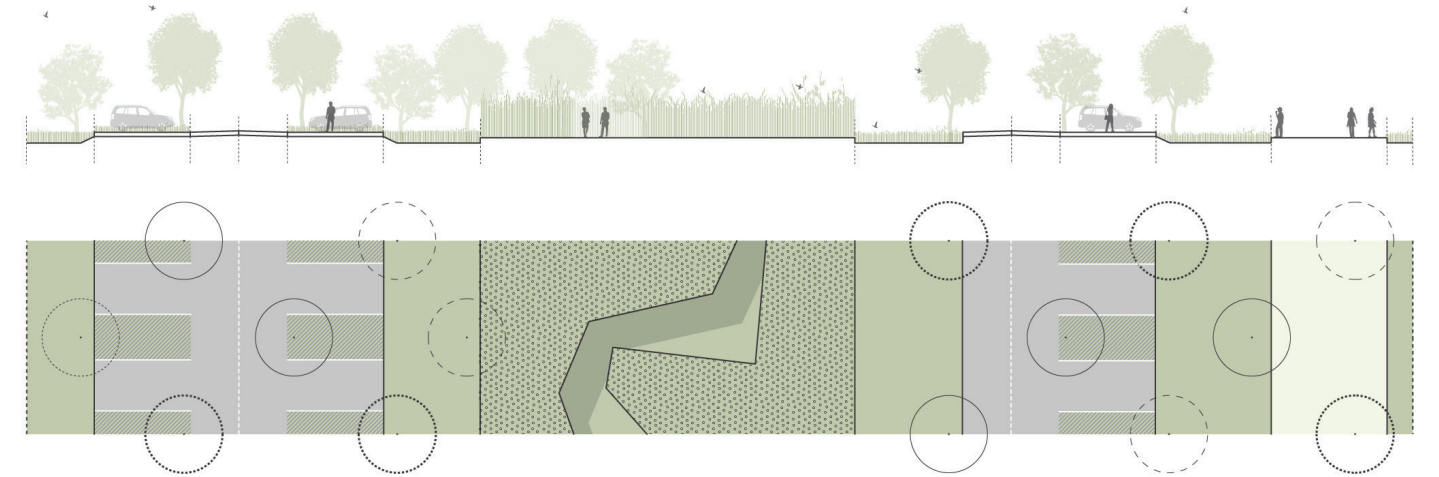


Abb. 61: Lageplan und Schnitt A-A': Raster aus einheimischen Bäumen kurz nach der Pflanzung und Kurzumtriebsplantage als temporäre Zwischenlösung



Abb. 62: Lageplan + Schnitt A-A': ausgewachsenes und gelichtetes Baumdach + Neubau

94 Roloff et al. 2008



ZOOM IN 3 Wandsbeker Chaussee „Multifunktionale Sport- und Grünfläche“

Zoom In 3: Multifunktionale Sport- und Grünfläche

Anne Kittel, Giovanni Palmaricciotti

Die dezentrale Bewirtschaftung des Niederschlags auf dem Grundstück dient dazu, Zuflüsse zu zentralen Entwässerungssystemen wie Kanalnetz oder Gewässer zu vermindern und damit Überlastungen dieser Systeme zu reduzieren. Ein nachhaltiges Konzept der Regenwasserbewirtschaftung berücksichtigt auch extreme Ereignisse, die zu unkontrollierten Abflüssen an der Oberfläche führen können. Durch die Mitbenutzung von Flächen kann zusätzliches Retentionsvolumen geschaffen werden. Die mitbenutzten Flächen (z.B. die Sportanlage Fichtestraße) dienen bei extremen Regenereignissen der temporären Speicherung und der Ableitung von Abflussspitzen. Ziel der Mitbenutzung ist es, Schäden durch unkontrolliert abfließendes Wasser an anderer Stelle zu vermeiden. Extremer Regen tritt i.d.R. seltener als alle fünf Jahre auf. Die Mitbenutzung von Flächen ist daher nicht der Normalfall, sondern die Ausnahme⁹⁵. Aufgrund seiner topografischen Lage innerhalb des Gebiets wird die Sportanlage in der Fichtestraße als Retentionsfläche mitgenutzt. Südöstlich davon befindet sich ein höher gelegener Abschnitt, aus dem das Wasser auf natürliche Weise in den Sportplatz fließen kann. Das Piktogramm stellt das Entwässerungseinzugsgebiet dar, welches eine Größe von ungefähr 10 ha hat und die Schellingstraße sowie mehrere Seitenstraßen umfasst. Die Seitenstraßen sind derzeit beidseitig von Parkstreifen gesäumt. Jeweils einer dieser Parkstreifen wird zu einem begrüntem Graben umgestaltet. Dieser dient sowohl der Entwässerung der Straße als auch der Ableitung des überschüssigen Regenabflusses von anliegenden Grundstücken. Der jeweils andere Streifen steht weiterhin als Parkplatz zur Verfügung.

Der Querschnitt der Straße wird so ausgeführt, dass das Wasser in die Richtung des Grabens fließt, d.h. in den meisten Fällen mit einer Neigung von Ost nach West. Für die Leibnitzstraße sowie für den Teil der Schillerstraße zwischen Kant- und Fichtestraße muss der Querschnitt jedoch mit einer Neigung von West nach Ost ausgebildet werden.

An den Übergangsstellen, z.B. den Hauseingängen, Einfahrten sowie Kreuzungen, verbinden Rohre die Gräben hydraulisch. Das Funktionsprinzip der Entwässerung ist kaskadenartig. In den Straßen südlich der Schellingsstraße wird das Wasser in kleineren Gräben abgeführt. Hier versickert das Wasser und wird in Richtung Schillerstraße abgeleitet. In den Gräben der Schillerstraße sammelt sich das Wasser von der Straße, sowie das weitergeleitete Wasser der südlichen Seite. Hier erfolgt wiederum eine teilweise Versickerung des Wassers und Weiterleitung in Richtung Kantstraße. Nur im westlichen Bereich der Schellingstraße sind kleinere Anpassungen nötig, damit auch hier das Wasser in Richtung Kantstraße ablaufen kann. Da hier das Gelände von Ost nach West leicht absinkt, muss für den Graben eine Neigung von

West nach Ost geschaffen werden. Die Kantstraße ist durch die Schillerstraße in zwei Abschnitte geteilt. Der Graben auf der südlichen Seite dient der Entwässerung dieses Straßenabschnittes. Das Regenwasser wird im straßenbegleitenden Graben gesammelt und in Richtung der Grünverbindung abgeleitet.

Auf der nördlichen Seite der Kantstraße wird das Oberflächenwasser sowie das von der Schillerstraße kommende Wasser gesammelt. In Abhängigkeit von der anfallenden Regenwassermenge werden hier die miteinander verbundenen amorph gestalteten Mulden unterschiedlich gefüllt. Die Gestaltung ergibt sich durch die Positionierung des Baumbestands, dessen nahezu vollständiger Erhalt Voraussetzung für die topografische Überformung des Geländes ist. Die Wegeführung orientiert sich gestalterisch ebenfalls an der Ausformulierung der Mulden und kontrastiert auf diese Weise mit den benachbarten, streng geometrisch ausgeformten Sportflächen. Die geschwungene Mulden- und Wegeführung lockert die längsgestreckte Form beider Grünflächen auf.

Die Tiefe der Mulden beträgt maximal 30 cm. Erst wenn die Retentionskapazität der Mulden überschritten ist, wird das überschüssige Niederschlagswasser durch ein Rohr in den Sportplatz abgeführt. Damit das gesammelte Regenwasser nicht ungefiltert die Sportfläche erreicht, ist die Anpflanzung reinigender Gräser und Stauden vorgesehen. Bei zukünftigen Starkregenereignissen kann das überschüssige Regenwasser auf der tiefer gelegenen Fläche des Sportplatzes zwischengespeichert werden bis der Spitzenabfluss abgeleitet ist. Anschließend wird das Wasser über einen gedrosselten Abfluss sukzessiv dem Kanalnetz zugeführt und der Sportplatz somit entleert. Die eigentliche Sportplatzfläche liegt ca. 1 m tiefer als die umgebenden Flächen und wird von drei umlaufenden Sitzstufen gerahmt, die zum Verweilen einladen.

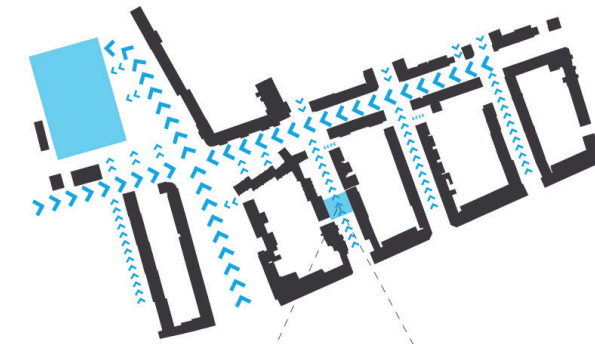


Abb. 64: Schnitt: bestehender Straßenraum

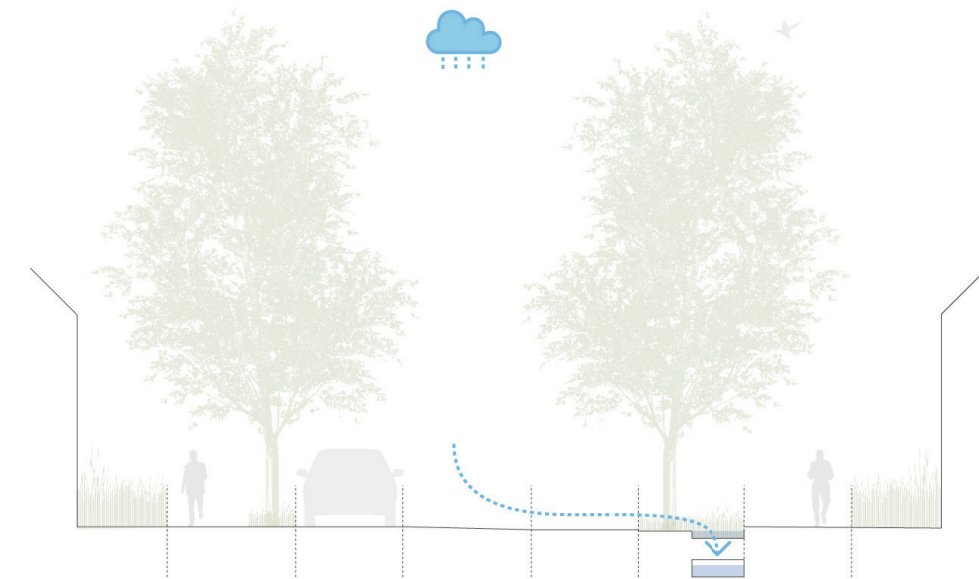


Abb. 65: Schnitt: umgestalteter Straßenraum mit Tiefbeet

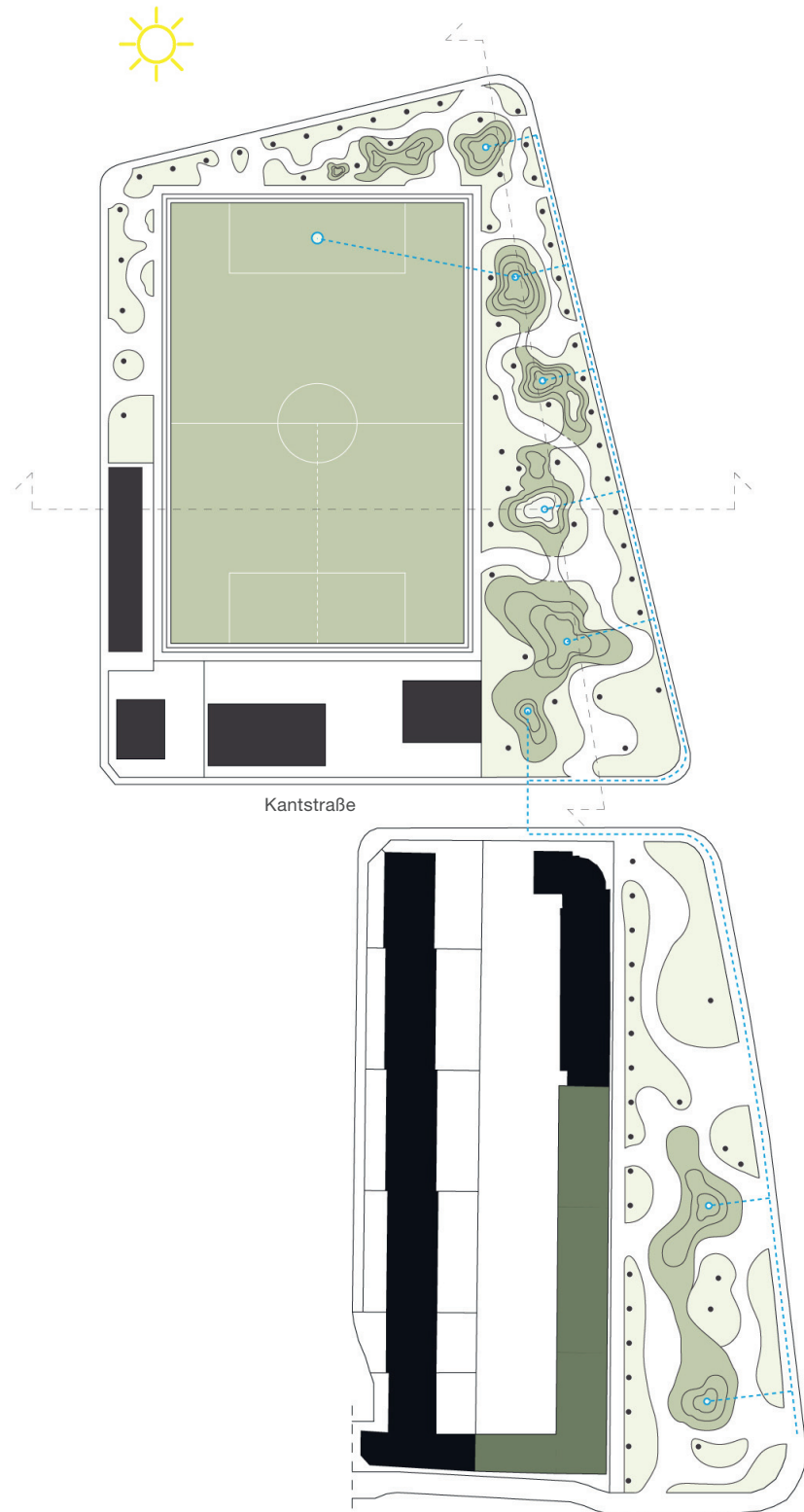


Abb. 66: Lageplan: tiefer liegender Sportplatz mit Anbindung an das Kanalnetz und Grünverbindung mit amorph gestalteter Muldenlandschaft

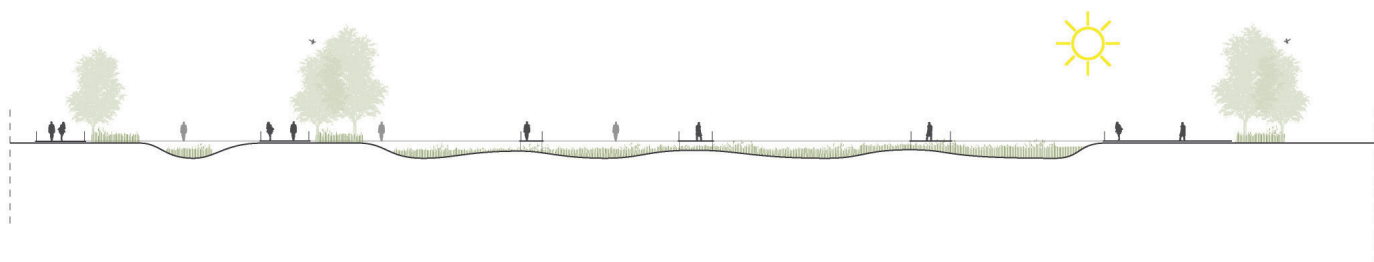


Abb. 67: Schnitte A-A: Muldenlandschaft bei Sonnenschein

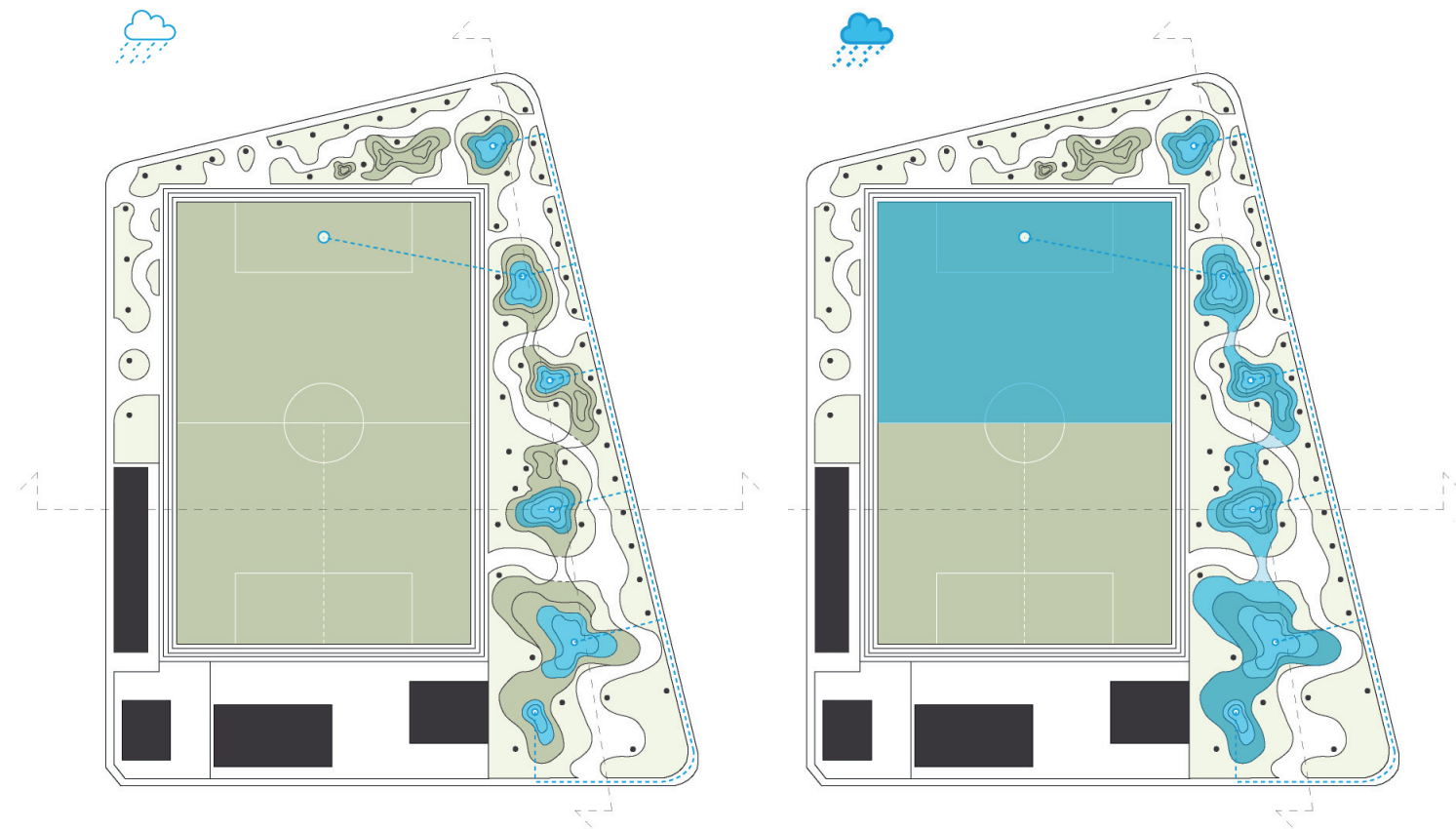


Abb. 68: Lagepläne: Grünstreifen und Sportplatz bei unterschiedlich starken Regenereignissen

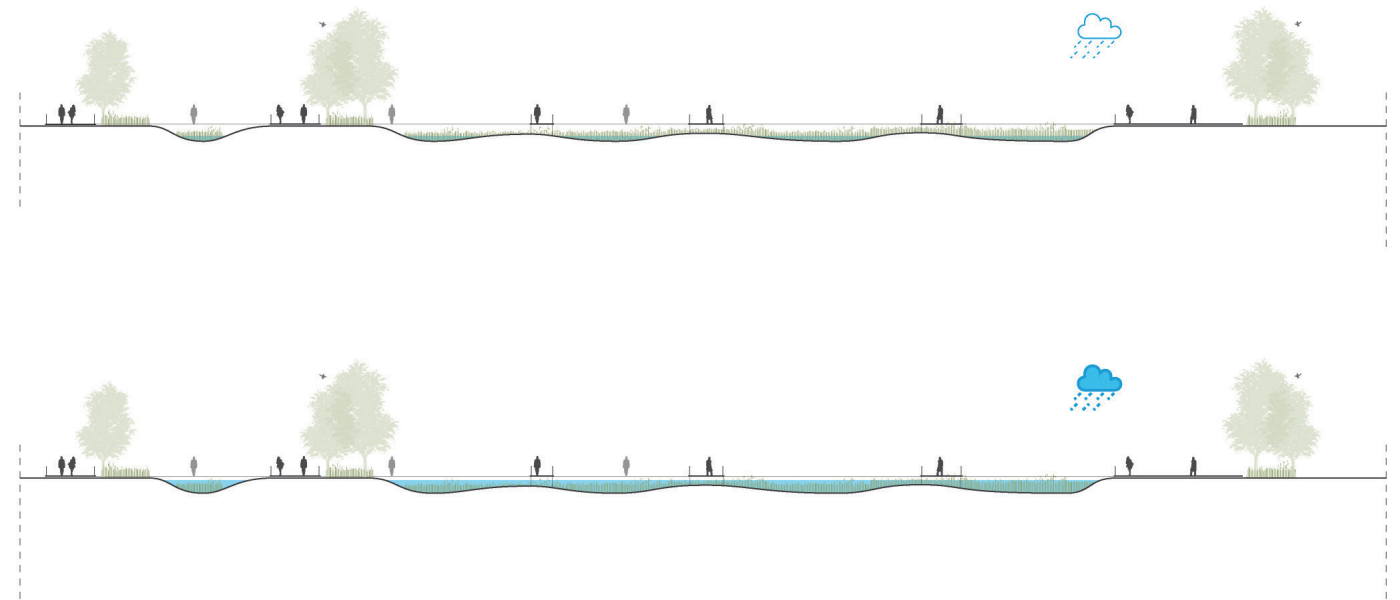


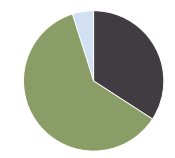
Abb. 69: Schnitte A-A: Muldenlandschaft bei unterschiedlich starken Regenereignissen



4.3.2 Freizeitlandschaft Ostender Teich

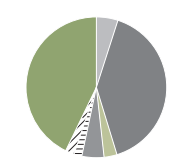
Fokusgebiet

Gesamtfläche 783.800 qm



35 % - Versiegelt
59 % - Unversiegelt
8 % - Gewässer

Anteil der versiegelten Fläche je Strukturtyp



6 % - Hochhäuser
39 % - Einfamilienhäuser
3 % - Kleingarten
6 % - Zeilenbebauung
1 % - Gemeinbedarf
1 % - Gewerbe + Industrie
44 % - Öffentliche Grün- und Sportflächen

Strukturtypen

Strukturtypen in Szenario 3*

Strukturtyp	Durchschnittlich versiegelte Fläche %
Hochhäuser	55 %
Einfamilienhäuser	45 %
Kleingärten	30 %
Zeilenbebauung	50 %
Gemeinbedarf	65 %
Gewerbe + Industrie	75 %
Öffentliche Grün- und Sportflächen	25 %

*Siehe Strukturtypen-tabelle S. 210-221

Abb. 70: Anpassungskonzept Freizeitlandschaft Ostender Teich

Die in Szenario 3 „Kompakte Stadt“ beschriebenen stadträumlichen Veränderungen sind auch für die Entwicklung des Anpassungskonzeptes „Freizeitlandschaft Ostender Teich“ relevant. Ein Teil der Kleingartenanlagen muss rückgebaut werden, um notwendige Neubauflächen für Ein- und Mehrfamilienhäuser zu schaffen. Innerhalb des Einfamilienhausgebietes werden Gebäude aufgestockt, um zusätzlichen Wohnraum zu schaffen. Naturräumliche Veränderungen betreffen vor allem den Wandsegrünzug und die Uferbereiche des Ostender Teiches.

Um den negativen Auswirkungen der baulichen Verdichtung und einem erhöhtem Nutzungsdruck auf den Wandsegrünzug und Ostender Teich zu begegnen, bedarf es eines Anpassungskonzeptes, welches auf folgenden Zielen basiert:

- Vereinbarkeit von Naturschutz und Freizeitnutzung
- Minimierung weiterer Flächenversiegelung
- Erweiterung des Retentionsraums der Wandse
- Schließung des Biotopverbundes

Zur Umsetzung des Anpassungskonzeptes sind Maßnahmen im öffentlichen Raum und auf Grundstücken bzw. in/an Gebäuden nötig. Im öffentlichen Raum beziehen sich die Maßnahmen vor allem auf die Stärkung des Biotopverbundsystems und die Vergrößerung des Wandseretentionsraums. Der Rückbau der Kleingärten im Überschwemmungsgebiet und das Abtragen anthropogener Aufschüttungen bieten die Möglichkeit zum einen den Anteil der Grünflächen zu erhöhen und zum anderen mosaikartige Pflegekonzepte von naturbelassen bis pflegeintensiv zu vereinen. Zurückgestufte Pflegekonzepte schaffen Räume für Spontanvegetation. Ein neues Erschließungssystem verbindet die intensiv zur Erholung genutzten Grünräume mit den Schutzzonen von sensiblen und seltenen Biotopen. Auf Grundstücksebene werden Möglichkeiten geschaffen, Niederschlagswasser zu bewirtschaften und das Rückhaltevolumen zu vergrößern. Die Parkplatzflächen der Mehrfamilienhäuser am Spannisch und entlang der Walddörferstraße werden entsiegelt und mit versickerungsfähigen Belägen versehen. Gebäude mit Dachaufstockungen und geeigneten Flachdächern erhalten Dachbegrünungen. Entlang des Ufers am Ostender Teich werden Stelzenhäuser gebaut, die zusätzlichen Wohnraum bieten, ohne weitere Flächen zu versiegeln.

Wie das Anpassungskonzept räumlich konkret umgesetzt werden kann, wird im Folgenden anhand mehrerer Beispiele (Zoom-Ins) aufgezeigt:

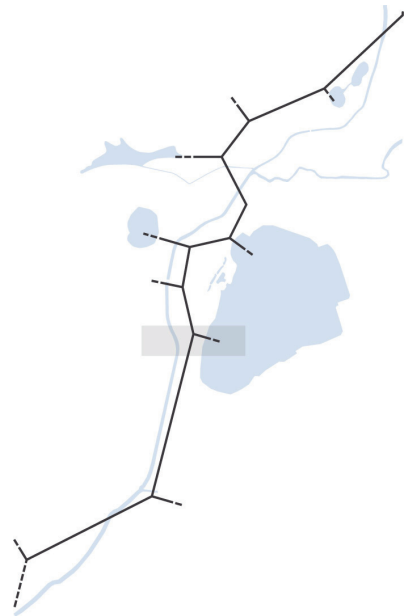
Zoom-In 1 „Wandsepfad – Natur + Erholung“ veranschaulicht die Gestaltung eines (Naturlehr-) Pfades, der neu geschaffene Biotope und Sukzessionsflächen erlebbar macht und sie gleichzeitig vor Zerstörung durch direktes Betreten schützt.

Zoom-In 2 „Wohnen am Wasser“ zeigt die naturnahe Entwicklung der Uferbereiche des Ostender Teiches und den Bau von hochwassersicheren Stelzenhäusern am Tonndorfer Strand.

Zoom-In 3 „Anpassung im eigenen Garten“ beschreibt am Beispiel zweier Einfamilienhausgrundstücke zwischen Tonndorfer Weg und Tongrubenweg, wie eine klimangepasste Nachverdichtung aussehen kann. Der Entwurf stellt dar, wie eine eingeschossige Dachaufstockung umgesetzt und Niederschlagswasser auf dem Grundstück zurückgehalten und gespeichert werden kann.



ZOOM IN 1 Ostender Teich „Wandsepfad - Natur + Erholung“



Zoom In 1: Wandsepfad - Natur + Erholung

Die Neuparzellierung und damit verbundene Verlegung der ehemaligen Kleingärten am Ufer in hochwassersichere Bereiche westlich der Wandse bieten die Möglichkeit, das Westufer des Ostender Teichs und das Ostufer der Wandse neu zu gestalten und erlebbar zu machen. Die anthropogenen Aufschüttungen – ehemals angelegt, um hochwassersichere Kleingartenparzellen zu etablieren – werden abgetragen.

Das Flussbett der Wandse wird aufgeweitet und erhält dadurch mehr Retentionsraum. Die Uferbereiche im Westen des Ostender Teiches werden natürlicher ausgeformt. Es entsteht ein abwechslungsreicher Landschaftsraum, der aus unterschiedlich intensiv genutzten Abschnitten besteht. Ein hochwassersicheres, höher gelegenes Stegsystem, das im Folgenden als „Wandsepfad“ bezeichnet wird, verbindet die unterschiedlichen Landschaftsräume. Kleinere Abzweige führen vom Hauptweg zu einzelnen Aussichtspunkten, welche die verschiedenen Kleingewässer erlebbar machen. Die sensibleren, schützenswerten Uferbereiche werden nicht erschlossen und dadurch dauerhaft geschützt.

Ziel ist, dass sich entlang des Westufers des Ostender Teichs und östlich der Wandse die potenziell natürliche Vegetation wieder ansiedelt. Natürliche Entwicklungsvorgänge werden zugelassen und gegebenenfalls auch gefördert und können hier ungestört ablaufen. Der westliche Bereich der Wandse ist weiterhin für die Spaziergänger und Anwohner zugänglich, sodass ein reizvoller Wechsel zwischen wilden und intensiv gepflegten Bereichen entsteht. Erlebbar ist dieser Landschaftsraum über den Wandsepfad.



Abb. 72: Entwurfskonzept: Wandsepfad verbindet Erholungsräume und Schutzzone

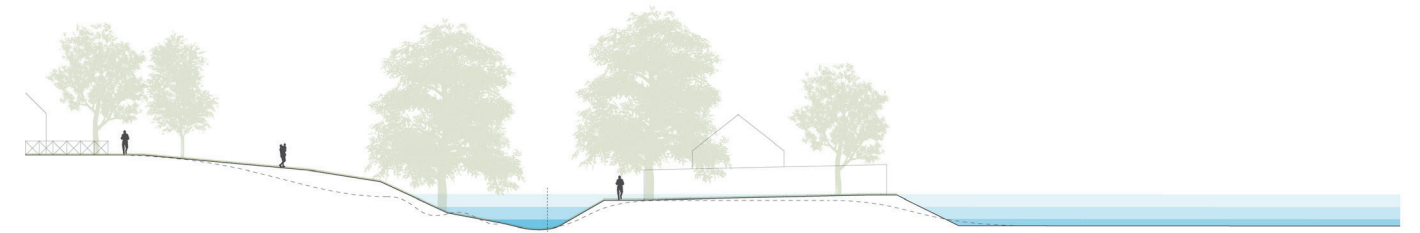


Abb. 73: Schnitt: bestehende Situation mit Kleingartengrundstücken zwischen Ostender Teich und Wandse



Abb. 74: Schnitt: neue Geländemodellierung schafft mehr Retentionsraum, Wandsepfad erschließt das Ufer des Ostender Teiche

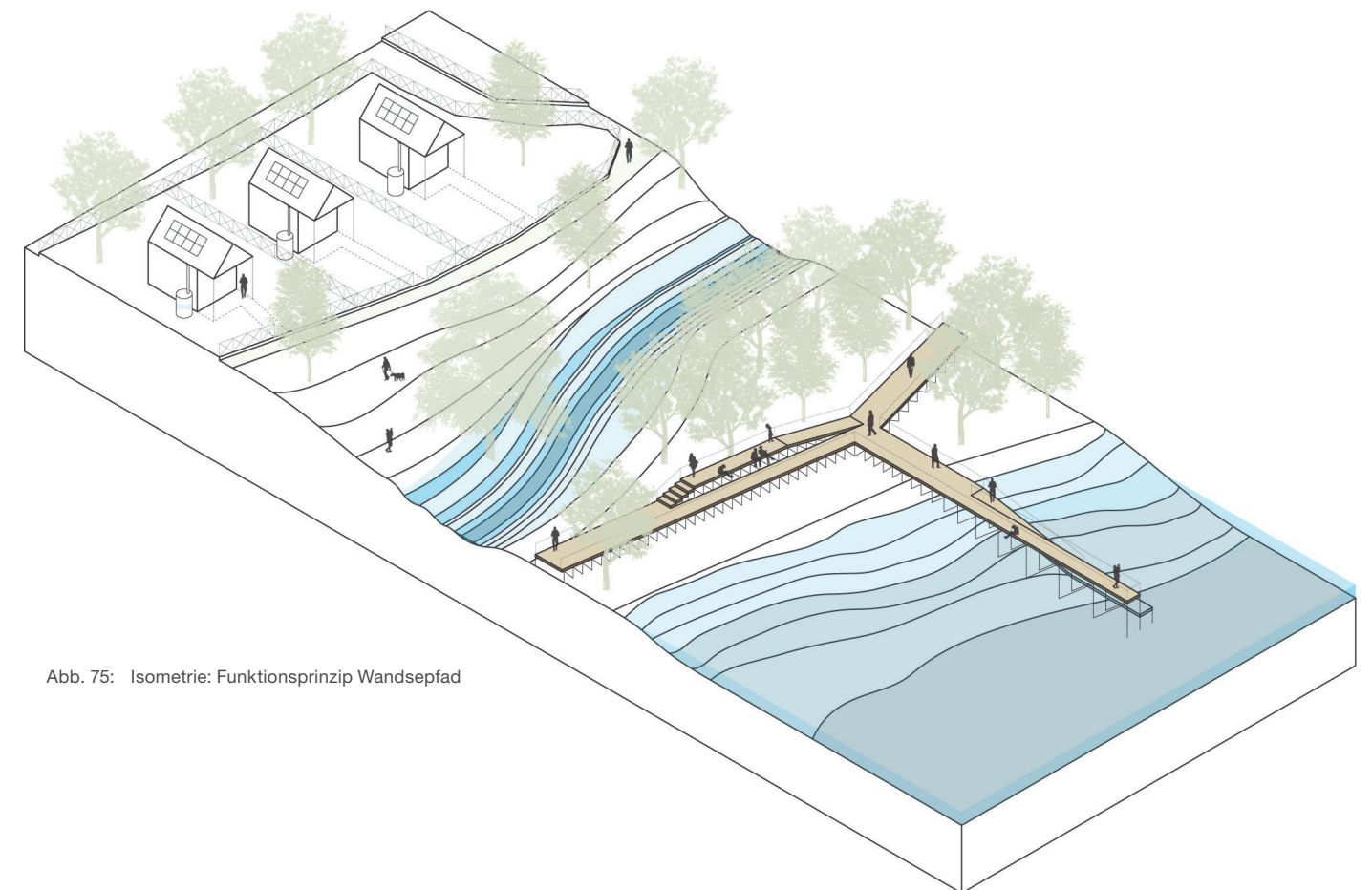


Abb. 75: Isometrie: Funktionsprinzip Wandsepfad

Naturschutz

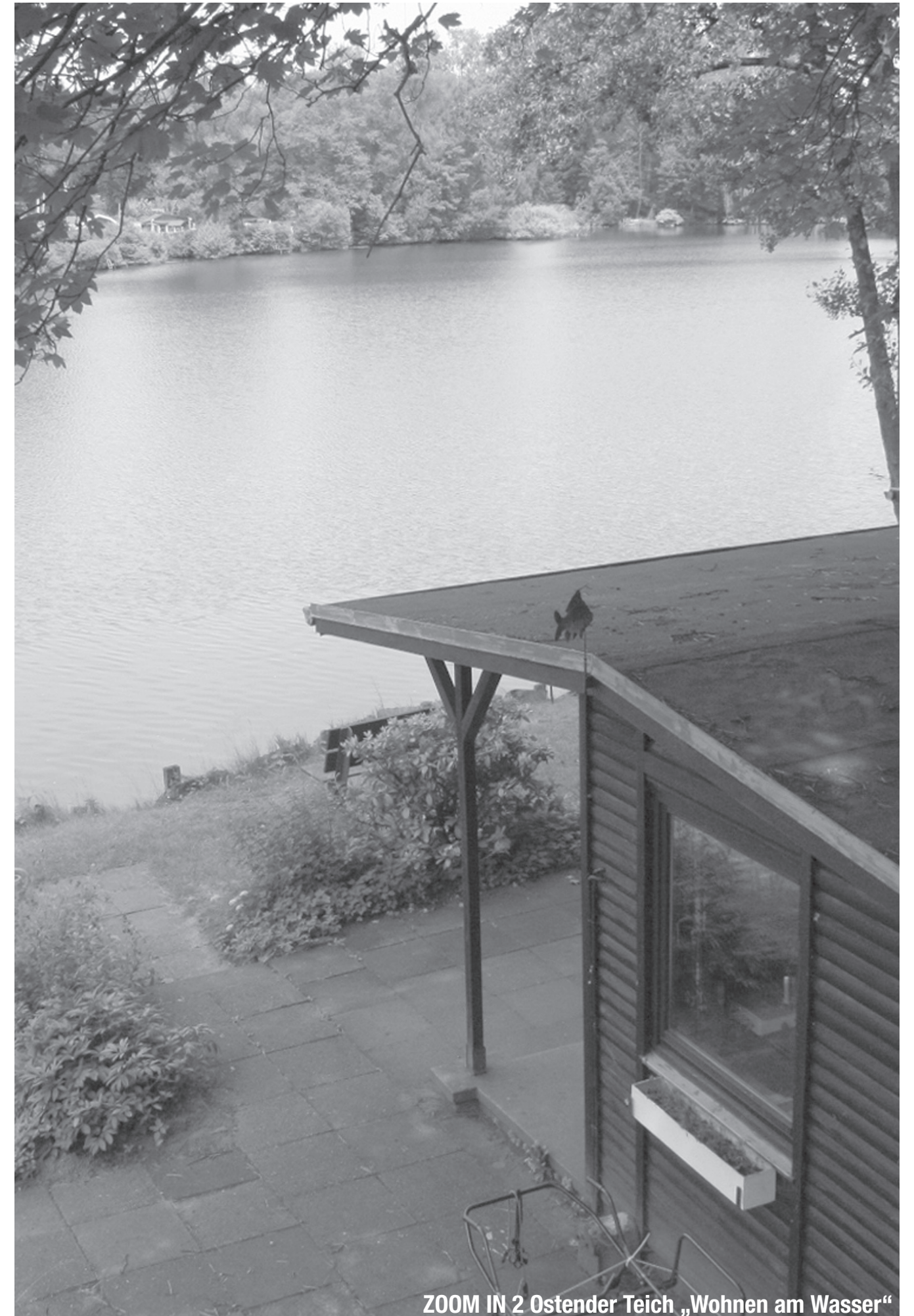
Elena Rottgardt, Katharina Schmidt, Julia Stockinger, Esther Verjans

Der Wandsepfad, speziell die Uferflächen, schaffen Schutz und Entwicklungspotenzial für Flora und Fauna. Diese Habitatstrukturen haben das Potenzial, ein wertvoller Bestandteil des Biotopverbundsystems zu werden. Ungezielte, natürliche Sukzessionsabläufe auf den Uferflächen fördern die Entwicklung standorttypischer Vegetation. Durch das Betretungsverbot wird anthropogene Störung weitestgehend ausgeschlossen - natürliche Prozesse laufen ungestört ab. Es ist zu erwarten, dass sich hier flussautentypische Habitate entwickeln, in denen sich Arten wie Wolfstrapp (*Lycopus europaeus*), Froschlöffel (*Alisma plantago-aquatica*), Baldrian (*Valeriana officinalis*), Hohlzahn (*Galeopsis tetrahit*), Zweizahn (*Bidens sp.*), Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*), Schilf (*Phragmites australis*), Hopfen (*Humulus lupulus*), Schwarzerle (*Alnus glutinosa*), Grünerle (*Alnus incana*), Weide (*Salix sp.*) ansiedeln. Diese Vegetation findet sich bereits heute entlang der Wandse⁹⁶. Die Samen dieser Arten sind in der Lage, die Sukzessionsflächen über die Wandse zu erreichen. Der geplante Wandsepfad kann jedoch auch zu einem verstärkten Ausbreiten invasiver Pflanzenarten führen. Im Fokusgebiet gibt es bereits heute massive Bestände des Japanischen Staudenknöterichs (*Fallopia japonica*) entlang des Flusslaufs. Dieser breitet sich sehr erfolgreich aus, da bereits durch die Verdriftung abgebrochener Pflanzenteile, aus denen neue Triebe gebildet werden können, neue Habitate besiedelt werden. Zudem wächst die Art sehr schnell und bildet Massenbestände, in denen kaum andere Arten vorkommen.

Daher muss die Gefahr einer Besiedlung der Sukzessionsfläche durch *Fallopia japonica* in der Planung frühzeitig berücksichtigt werden und ggf. gegensteuernde Maßnahmen, z.B. Fraß der Jungtriebe durch Ziegen oder Heidschnucken, durchgeführt werden.

Neben der Ausbreitung von Pflanzen begünstigen die Ufer mit charakteristischer Flussauenvegetation auch die Besiedelung durch Tiere, wie bspw. kleine Säugtiere. Gerade in ihrem Bestand gefährdete Spitzmäuse brauchen derartige Uferpflanzen. Insbesondere Pflanzenarten wie Rohrglanzgras (*Phalaris arundinaceae*) und Schilf (*Phragmites australis*) sind für das Vorkommen der seltenen Zwergmaus unabdingbar. Die Mäuse bauen hier im Sommer ihre Nester. Mit dem vermehrten Vorkommen von Mäusen bieten diese Habitate auch für kleinere Raubvögel (z.B. Waldohreule) Nahrungsvorkommen und damit attraktive Bedingungen sich anzusiedeln.

Das Gebiet hat durch die geplanten Maßnahmen auch Potenzial, sich zu einem wertvollen Rückzugsgebiet sowohl für Amphibien als auch für Wasservögel und Insekten zu entwickeln. Amphibien wechseln ihren Lebensraum mehrmals im Jahr und reagieren meist empfindlich auf menschliche Störungen. Feuchtgebiete mit gemischten Strukturelementen (teils offen, teils bewaldet), die weitgehend sich selbst überlassen werden, bieten für diese Tiergruppe daher optimale Lebensbedingungen.



ZOOM IN 2 Ostender Teich „Wohnen am Wasser“

96 Lenzewski 2013



Zoom In 2: Wohnen am Wasser

Auf lange Sicht sollen die Uferbereiche des Ostender Teichs einer anderen Nutzung zugeführt werden. Umsetzbar wird dies, indem bestehende Pachtverträge für Kleingärten mittelfristig auslaufen und nicht verlängert werden.

Bei der Umgestaltung des Uferbereichs wird das Ziel verfolgt, eine naturnahe Ufer- und Böschungszone und gleichzeitig neuen Wohnraum zu schaffen. Dabei wird unmittelbar im Uferbereich keine Bebauung im konventionellen Sinne zugelassen. Vielmehr wird den immer wieder auftretenden Überschwemmungen mit der Errichtung von Stelzenhäusern begegnet, die niveaugleich von der Straße aus erschlossen werden.

Anstatt mit flächigen Fundamenten wird mit einer Tragkonstruktion gearbeitet, die auf Punktfundamenten ruht

und daher nur geringfügig in die sensible Uferzone eingreift. Kriterien wie die Hausgröße von 50–75 m², die barrierefreie Erschließung und die großzügige wettergeschützte Loggia mit Blick auf den Ostender Teich bieten gute Voraussetzungen für altersgerechtes Wohnen. Da das längsgestreckte Gebäude mit der Schmalseite zum Ostender Teich zeigt, verstellt es den Blick auf das Gewässer nur geringfügig. Einfriedungen der Grundstücke sind nicht vorgesehen.

Die anthropogen geschaffene Terrassierung der Uferböschung wird in einen naturnäheren Zustand zurückversetzt und so modelliert, dass zum einen mehr Retentionsraum generiert wird und zum anderen natürliche Vernässungsbereiche entstehen.

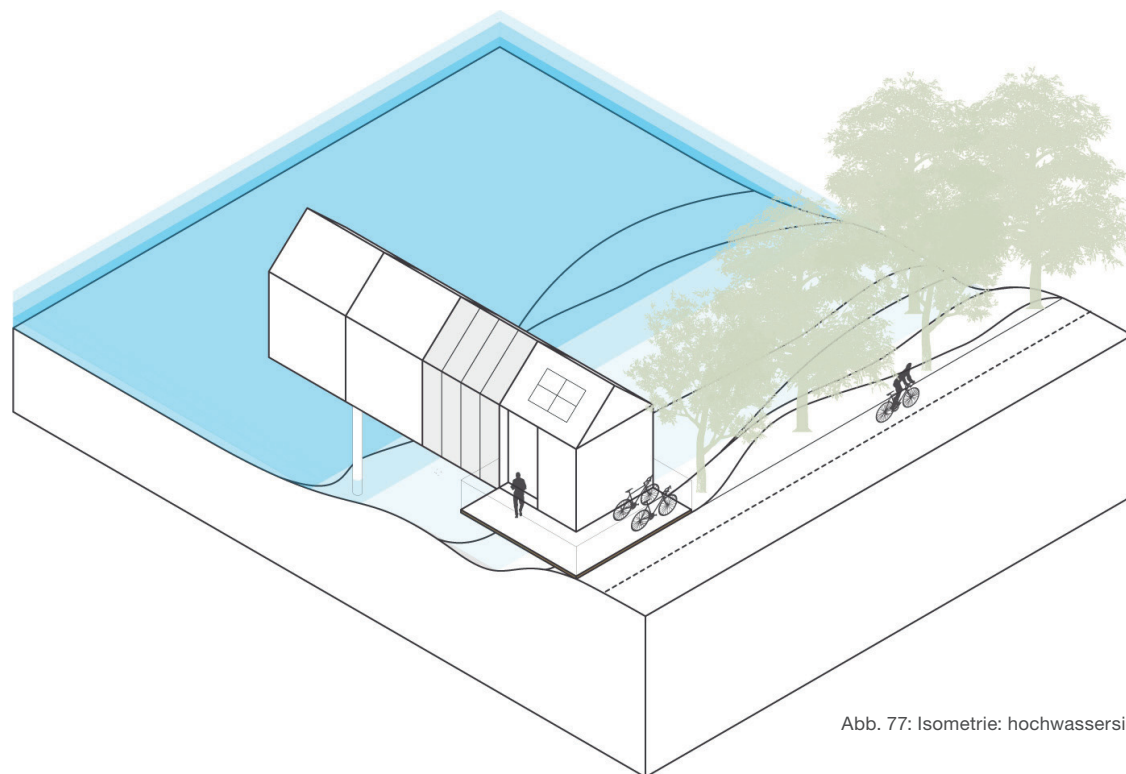


Abb. 77: Isometrie: hochwassersicheres Stelzenhaus

Naturschutz

Elena Rottgard, Katharina Schmidt, Julia Stockinger, Esther Verjans

Die Schaffung neuer Habitatstrukturen (Vernässungsbereiche, naturnahe Sukzessionsflächen etc.) leistet langfristig einen positiven Beitrag zur Bereicherung der lokalen Biodiversität. Insbesondere der ungenutzte Bereich unter den aufgeständerten Häusern bietet wertvolle Nischen für Tiere und Pflanzen. Die Grünflächen (z.B. artenreiche Grünlandvegetation), die sich um die Gebäude herum und bis ans Wasser erstrecken, werden mit heimischen Arten bepflanzt.

In ungestörten Bereichen des Ufergeländes und unter den Häusern können Gebüschstrukturen als Rückzugsräume für Tiere entstehen. Dafür kommen beispielsweise Hartriegelgebüsche (*Cornus sp.*) in Frage, die an den Uferbereichen der Wandse bereits natürlich vorkommen und Rückzugsräume für Kleintiere bieten. Amphibien legen ihre Eier vorzugsweise an besonnten, reich strukturierten Uferbereichen von Teichen ab. Hartriegelgebüsche, deren Zweige teilweise ins Wasser ragen, bieten gute Anheftmöglichkeiten für die Laichschnüre von Erdkröten. Zusätzlich sind diese Gebüsche für Amphibien gut überwindbar und bieten Schutz vor Fressfeinden. Auch Mäuse und Singvögel profitieren von der Möglichkeit, sich bei Störungen in Gebüsche zurückzuziehen.

Um eine naturnahe Entwicklung mit den Bedürfnissen der Anwohner und Anwohnerinnen vereinbaren zu können, ist ein nachhaltiges Managementkonzept mit einem Schwerpunkt auf extensive Pflegemaßnahmen durchzuführen. Durch extensive Beweidung mit Ziegen oder Schafen werden die Flächen um den Ostender Teich offengehalten und Baumwuchs verhindert. Durch das Fraß- und Trittverhalten wird einerseits die Pflanzenvielfalt gefördert und andererseits einer unkontrollierten Ausbreitung bzw. Verbuschung auf den Flächen naturverträglich entgegen gesteuert.



Abb. 78: Schnitt: bestehende Situation an der Straße Tonndorfer Strand, Kleingärten am Ufer

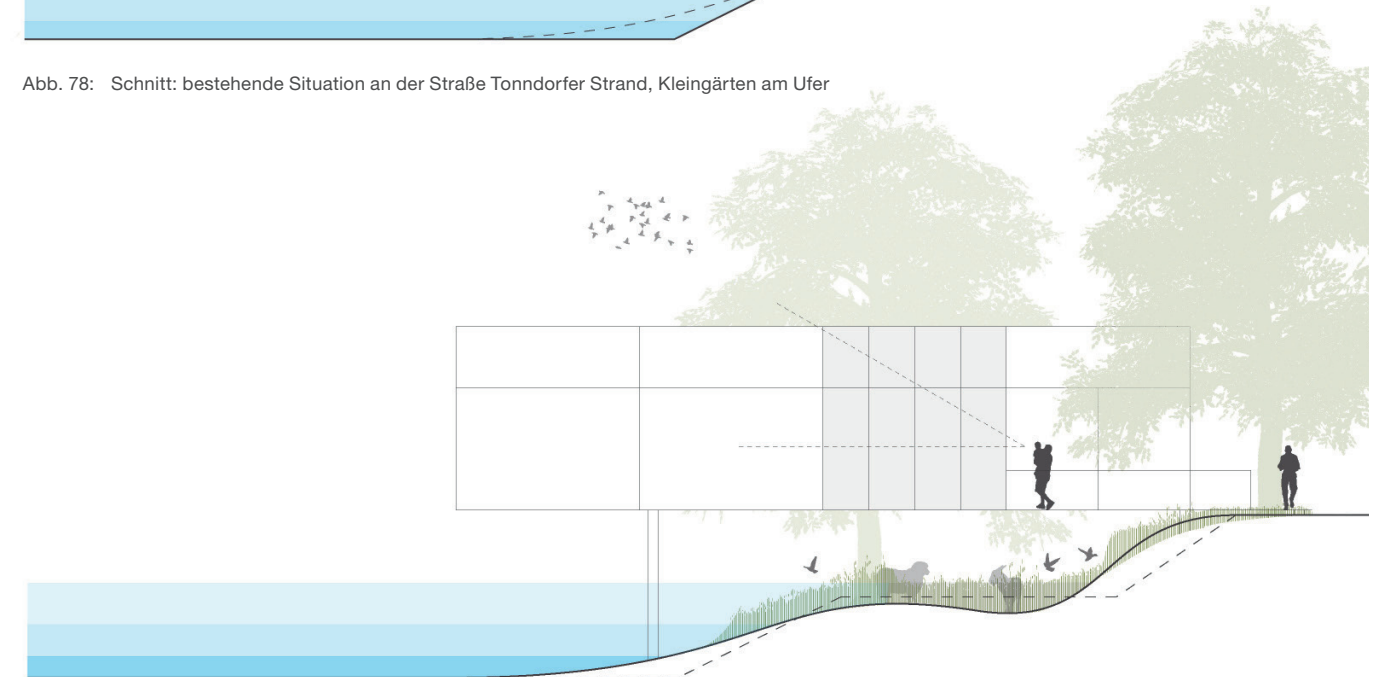


Abb. 79: Schnitt: neue Geländemodellierung schafft mehr Retentionsraum, renaturiertes Ufer mit hochwassersicheren Stelzenhäusern



ZOOM IN 3 Ostender Teich „Anpassung im eigenen Garten“

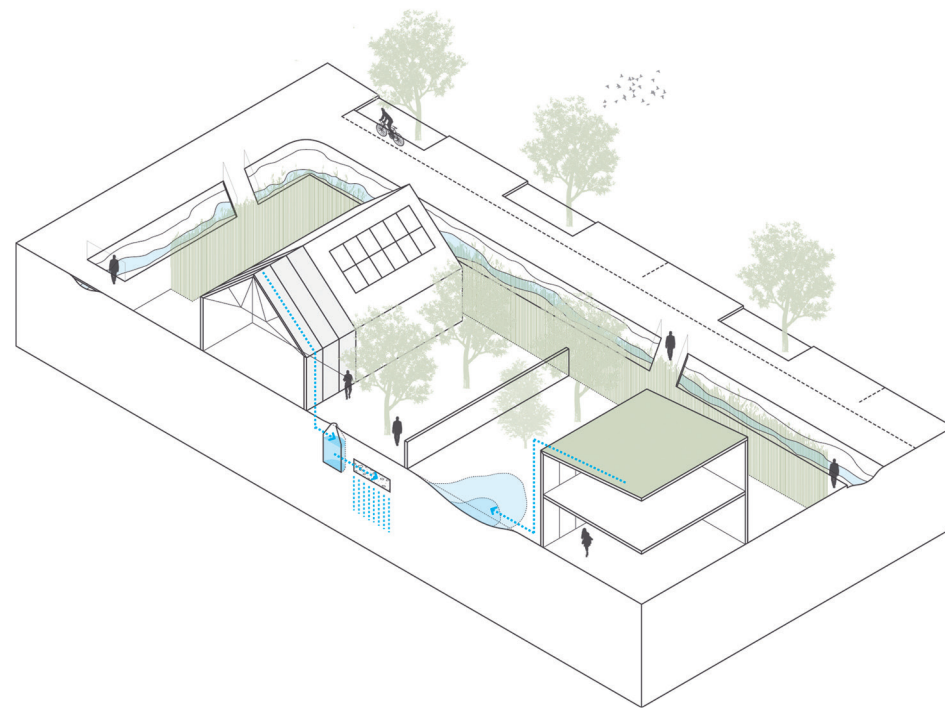


Abb. 81: Isometrie: Schnitt: Entwässerungsprinzipien - Zisterne zur Regenwasserspeicherung mit anschließender Nutzung sowie mit Überlauf in die Rigole. Alternativ sammelt ein Gartenteich den überschüssigen Regenabfluss vom Gründach und den befestigten Flächen auf dem Grundstück.

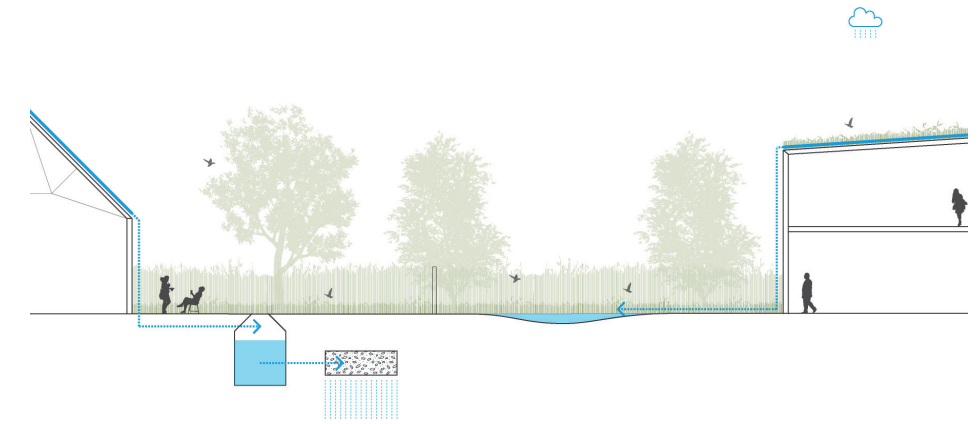


Abb. 82: Schnitt: Entwässerungsprinzipien - Zisterne zur Regenwasserspeicherung mit Überlauf in Rigole sowie Gartenteich zum Sammeln des überschüssigen Regenabflusses vom Gründach und den befestigten Flächen auf dem Grundstück.

Zoom In 3: Anpassung im eigenen Garten

Im Einfamilienhausgebiet können aufgrund der Grundstücksstrukturen und Eigentumsverhältnisse nur kleinteilige Maßnahmen auf den einzelnen Grundstücken umgesetzt werden. Ziel soll es deshalb sein aufzuzeigen, welche Maßnahmen im Rahmen der dezentralen Regenwasserbe-

wirtschaftung auch auf privaten Grundstücken getroffen werden können. Außerdem wird veranschaulicht, wie auch bei kleineren Gebäuden eine Dachaufstockung zur Vergrößerung der Nutzfläche dienen kann.

Gebäudeaufstockung bei Einfamilienhäusern

Steffen Slama

Bei Einfamilienhäusern sind Dachaufstockungen meist eingeschossig. Neben Konstruktionen aus Massivholz können auch Holzrahmen- oder Holzskelettbauten verwendet werden. Bei der hier gewählten Aufstockung in Holzrahmenbauweise wird zur Verbesserung des Innenraumklimas eine speicherfähige Dämmung (z.B. Holzfaser oder Zellulose) eingesetzt und die innere Verkleidung aus Lehm hergestellt. Ein Vorteil der leichteren Konstruktionen ist die Fertigung vor Ort, sodass auf schweres Gerät (Kran) verzichtet werden und der Bauherr selber tätig werden kann.

Schutz der Fassade und zur Verschattung der Fenster berücksichtigt. Dies können z.B. größere Dachüberstände und ein außenliegender Sonnenschutz wie Roll- oder Fensterläden sein.

Im Sinne einer nachhaltigen und ökologischen Bebauung sollten daher neben Holz vorwiegend Baustoffe aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden. Sie haben neben ihrer Bindung von CO₂ auch im Hinblick auf Dämmeigenschaften und atmosphärische Qualität der Innenräume deutliche Vorteile gegenüber herkömmlichen Baustoffen. So bewirkt z.B. die diffusionsoffene Bauweise durch Feuchtetransport und Wasseraufnahme, eine ausgeglichene Luftfeuchte und dies ohne Verlust der Dämmeigenschaften. Die Luftfeuchte bleibt im optimalen Bereich und die Bildung von Schimmel wird wirksam vermieden.

Zur Beschränkung der Gebäudehöhe und zur optimalen Ausnutzung des umbauten Raums werden auch hier begrünte Flachdächer eingesetzt. Da eine Begehung/Nutzung hier nicht erforderlich ist, können die Dachkonstruktion und der Gründachaufbau etwas leichter ausfallen. Bei der Planung des Daches werden Maßnahmen zum

Maßnahmenmix zur Regenwasserbewirtschaftung

Elke Kruse, Nina Hüffmeyer, Juliane Ziegler

Je nach Bodenbedingungen steht eine breite Palette an Maßnahmen von Versickerung über Dachbegrünung bis hin zur Anlage offener Wasserflächen oder von Zisternen für die Regenwassernutzung zur Verfügung. Sie können je nach Standortbedingungen miteinander kombiniert werden. Im hier gezeigten Zoom-In wird von einem nur sehr eingeschränkt versickerungsfähigen Untergrund ausgegangen,⁹⁷ sodass das Bewirtschaftungskonzept im dargestellten Beispiel vor allem auf Rückhaltung, Nutzung und Verdunstung des Niederschlagswassers setzt.

Im Falle eines Starkregenereignisses läuft das überschüssige Wasser aus der Zisterne in eine unterirdische Rigole, wo es temporär gespeichert wird und anschließend nach und nach versickert. Der Gartenteich ist mit einem Überlauf auf die Straße versehen, sodass diese bei extremen Regenereignissen als Notwasserweg dient und ggf. auch temporär zu einem Rückhalt des Wassers beitragen kann. Falls die topografische Situation bei Starkregen zu Überflutungen führen würde, sind einfache Objektschutzmaßnahmen, wie leicht erhöhte Hauseingänge oder durch Aufmauerung geschützte Lichtschächte bzw. Kellerfenster, zu ergreifen.

Folgende Maßnahmen kommen auf den privaten Grundstücken zum Einsatz:

- **Regenwassernutzung:** Ein Charakteristikum bestehender Einfamilienhausgebiete in Hamburg sind die Satteldächer. Das Konzept sieht deshalb vor, das von den Dachflächen abfließende Niederschlagswasser in einer (unterirdischen) Zisterne zu sammeln und anschließend für das WC und die Waschmaschine bzw. für die Gartenbewässerung zu nutzen.
- **Alternativ: offene Wasserflächen** (bspw. als Gartenteich gestaltet): Grundstücke, auf denen eine Regenwassernutzung nicht gewünscht ist, können das Niederschlagswasser in Gartenteichen sammeln und so die Verdunstungsrate fördern. Dies ist auch in Kombination mit Gründächern möglich.

Maßnahmen im Straßenraum

Der Regenabfluss der Anwohnerstraßen wird – je nach Platzverhältnissen - bei nur mäßig versickerungsfähigen Böden über offene Gräben oder über bereits bestehende Regenwassersiele ins nächste Gewässer abgeleitet.

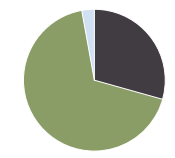
⁹⁷ Eine Prüfung vor Ort ist jedoch im Einzelfall unerlässlich.

4.3.3 Stadtrandmix Rahlstedt



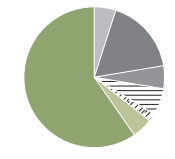
Fokusgebiet

Gesamtfläche 452.800 qm



32 % - Versiegelt
62 % - Unversiegelt
4 % - Gewässer

Anteil der versiegelten Fläche je Strukturtyp



5 % - Reihenhäuser
16 % - Einfamilienhäuser
6 % - Wohn- und Mischgebiet
6 % - Gemeinbedarf
1 % - Gewerbe + Industrie
6 % - Kleingärten
60 % - Öffentliche Grün- und Sportflächen

Strukturtypen

Strukturtypen in Szenario 3*

Strukturtyp	Durchschnittlich versiegelte Fläche %
Reihenhäuser	50 %
Einfamilienhäuser	45 %
Kleingärten	65 %
Wohn- und Mischgebiet	75 %
Gemeinbedarf	30 %
Gewerbe + Industrie	25 %
Öffentliche Grün- und Sportflächen	60 %

*Siehe Strukturtypen-tabelle S. 210-221

Abb. 83: Anpassungskonzept "Stadtrandmix Rahlstedt"

Die in Szenario 3 „Kompakte Stadt“ beschriebenen stadt- und naturräumlichen Veränderungen kommen auch im Fokusgebiet „Rahlstedt“ zum Tragen. Der gestiegene Bedarf an Wohnraum erfordert entsprechende Bau- und Anpassungsmaßnahmen. Anders als in den vorher beschriebenen Fokusgebieten tritt die Wandse hier bei Hochwasser stärker über die Ufer. Es gibt nur wenige Flächen, die als Bauland neu erschlossen werden können, da im Überschwemmungsgebiet der Wandse nicht gebaut werden darf.

Ein Blick in die Vergangenheit zeigt, dass Alt-Rahlstedt schon immer von Hochwasserereignissen betroffen war. Bis in die Mitte des 20. Jahrhunderts versuchte man, nicht im unmittelbaren Überflutungsraum der Wandse zu bauen. Seit den 1950er Jahren wurde damit begonnen auch in der zweiten Reihe – und damit näher als bisher – an der Wandse zu bauen. Hier zeigt sich, dass vor allem diese Gebäude aufgrund ihrer räumlichen Nähe verstärkt von Hochwasserereignissen betroffen sind. Um das Fokusgebiet langfristig an veränderte Klimabedingungen anzupassen, muss ein Teil der Gebäude rückgebaut werden. So erhält die Wandse einen Teil ihres ursprünglichen Retentionsraumes zurück.

In der zweiten Reihe der Bebauung entlang der Rahlstedter Straße und zwischen Bargtheider Straße und S-Bahntrasse entstehen neue Wohnungen.

Damit der Bedarf an zusätzlichem Wohnraum, verbunden mit den Anforderungen an eine klimaangepasste Stadt, gedeckt wird und der naturnahe Landschaftsraum entlang der Wandse trotz steigendem Nutzungsdruck seine Qualität nicht verliert und weiterhin seiner Funktion als Retentionsraum gerecht werden kann, bedarf es eines Anpassungskonzeptes, welches auf folgenden Zielen basiert:

- Sicherung und Entwicklung des naturnahen Landschaftsraumes der Wandse als Retentionsraum, Kaltluftproduzent und Naherholungsgebiet
- Erweiterung des Retentionsraumes
- Schließung des Biotopverbundes
- Entsiegelung bestehender Flächen
- Hochwasserschutz für betroffene Gebäude im Überschwemmungsgebiet
- Ausweisung von Bauland außerhalb des Überschwemmungsgebietes der Wandse

Zur Umsetzung des Anpassungskonzeptes sind Maßnahmen im öffentlichen Raum und auf Grundstücken bzw. in/an Gebäuden notwendig. Im öffentlichen Raum beziehen sich die Maßnahmen vor allem auf die Stärkung des naturnahen Landschaftsraumes entlang der Wandse. Die Heterogenität dieses Landschaftsraumes, bestehend aus den charakteristischen Feuchtwiesen, Grünland- und Auwaldbereichen, wird als Qualität begriffen. Mosaikartige Pflegekonzepte mit unterschiedlichen Pflegeintensitäten unterstützen diese. Um hochwasserverursachte Schäden an Gebäuden zu minimieren, werden verschiedene Maßnahmen ergriffen. Zum einen wird der Retentionsraum der Wandse vergrößert und Gebäude im Überschwemmungsgebiet zurückgebaut. Zum anderen werden temporäre Schutzmaßnahmen am Gebäude und auf dem Grundstück getroffen. Auf Grundstücksebene werden Möglichkeiten für die Bewirtschaftung des Niederschlagswassers und Rückhaltevolumen geschaffen. Bauten mit Flachdächern erhalten Dachbegrünungen.

Wie das Anpassungskonzept räumlich konkret umgesetzt werden kann, wird im Folgenden anhand mehrerer Beispiele (Zoom-Ins) aufgezeigt:

Zoom-In 1 „Wohnen mit Landschaftsbezug zwischen Infrastrukturen“ stellt am Beispiel des ehemals gewerblich genutzten Areals zwischen Bargtheider Straße und Bahntrasse den Umbau in ein Mischgebiet mit Wohnen und gewerblicher Nutzung dar. Die dezentrale Bewirtschaftung von Niederschlagswasser steht dabei im Fokus des Konzeptes.

Zoom-In 2 „Hochwasserschutz auf dem Grundstück“ und **Zoom-In 3 „Hochwasserschutz am Gebäude“** illustrieren am Beispiel zweier hochwassergefährdeter Gebäude welche Maßnahmen sich zum Hochwasserschutz ergreifen lassen. Dabei wird zwischen gebäudebezogenen Maßnahmen und Maßnahmen auf dem Grundstück unterschieden.



ZOOM IN 1 Rahlstedt „Wohnen mit Landschaftsbezug zwischen Infrastrukturen“



Zoom In 1: Wohnen mit Landschaftsbezug zwischen Infrastrukturen

Zwischen B75 (Bargtheiderstraße) und Bahnstrecke gelegen, soll ein neues Quartier mit Wohnungen und Gewerbeeinheiten entstehen. Die unmittelbare Nähe zum Landschaftsraum der Wandse stellt eine große Qualität dar. Als problematisch wird die vormalige Nutzung des Areals als Standort für Gewerbetreibende eingeschätzt. Eine Kontamination des Bodens ist durchaus möglich. Ziel ist, trotz schwieriger Standortbedingungen, ein innovatives, klimaangepasstes Quartier zu entwickeln. Die städtebauliche Struktur des Quartiers vereint zwei Grundgedanken. Inspiriert vom Entwurf 8Tallet vom dänischen Architekturbüro BIG, schotten sich die Gebäude zum Straßenraum ab und öffnen sich zum benachbarten Landschaftsraum.

Das erste Zoom-In zeigt auf, wie dieses Mischgebiet, trotz Barrierewirkung der Bahntrasse, von den Qualitäten des angrenzenden Landschaftsraumes profitieren kann. Aus einer grünen Landschaftsrampe, welche den Blick auf

die Landschaft ermöglicht, entwickelt sich ein Gebäude mit bis zu fünf Etagen.

Damit das langgestreckte, vier- bis fünfgeschossige Gebäude nicht zur stadtklimatischen Barriere wird, öffnet es sich an mehreren Stellen. Auf diese Weise wird eine ausreichende Windzirkulation sichergestellt. Die Dachflächen sind in den begehbaren Bereichen mit einer intensiven, in den übrigen Bereichen mit einer extensiven Dachbegrünung versehen.

Aufgrund der hohen Geräuschbelastung und der Sichtbarriere durch den Bahndamm sind im Erdgeschoss gewerbliche Nutzungen, Parkflächen und Gemeinschaftsräume untergebracht.

Zentrum der gemeinschaftlich genutzten Außenanlage ist ein großes flaches Wasserbecken, das durch Niederschlagswasser gespeist wird. Sitzstufen entlang des Wasserbeckens laden zum Verweilen ein.

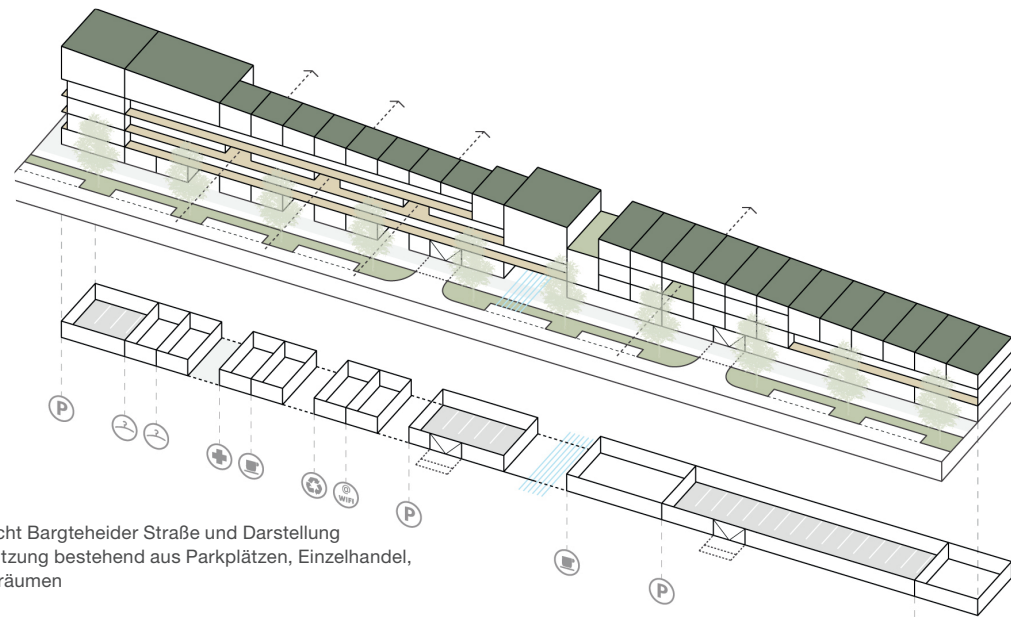


Abb. 85: Isometrie: Ansicht Bargtheider Straße und Darstellung Erdgeschossnutzung bestehend aus Parkplätzen, Einzelhandel, Gemeinschaftsräumen

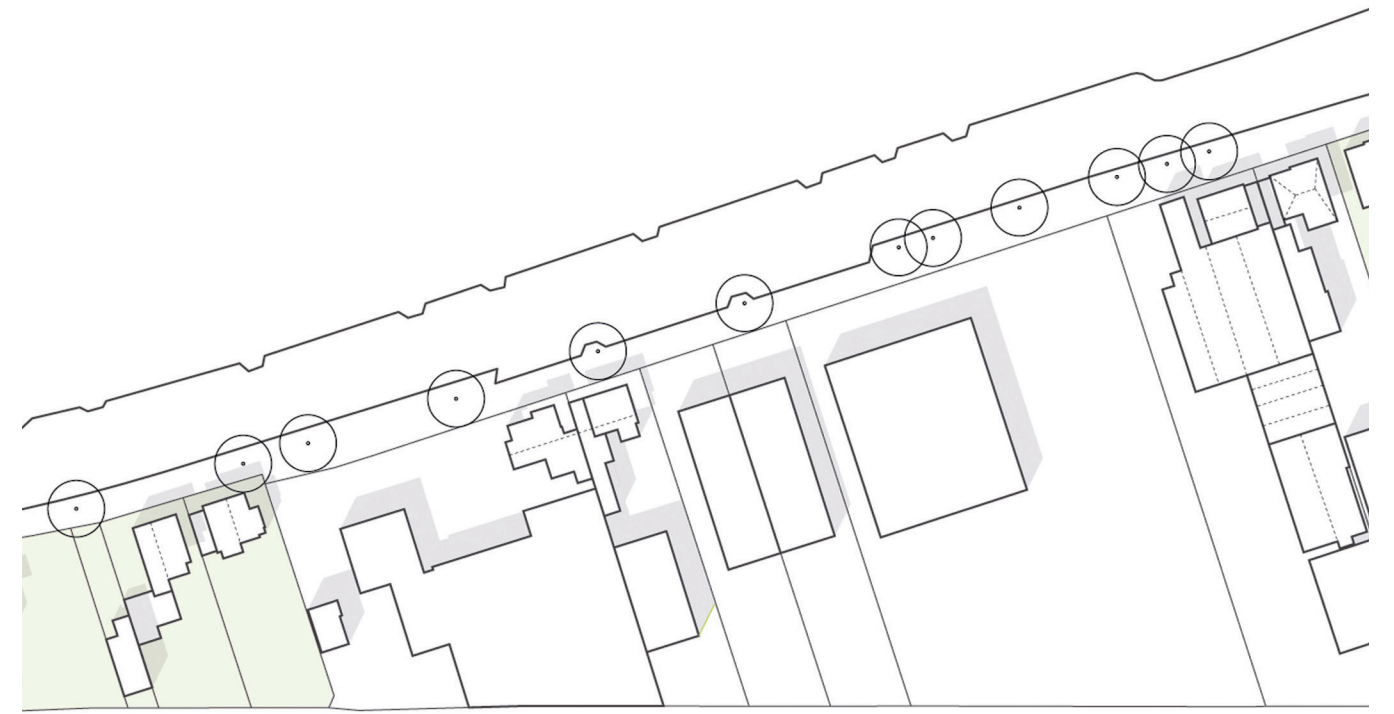


Abb. 86: Bestandsplan

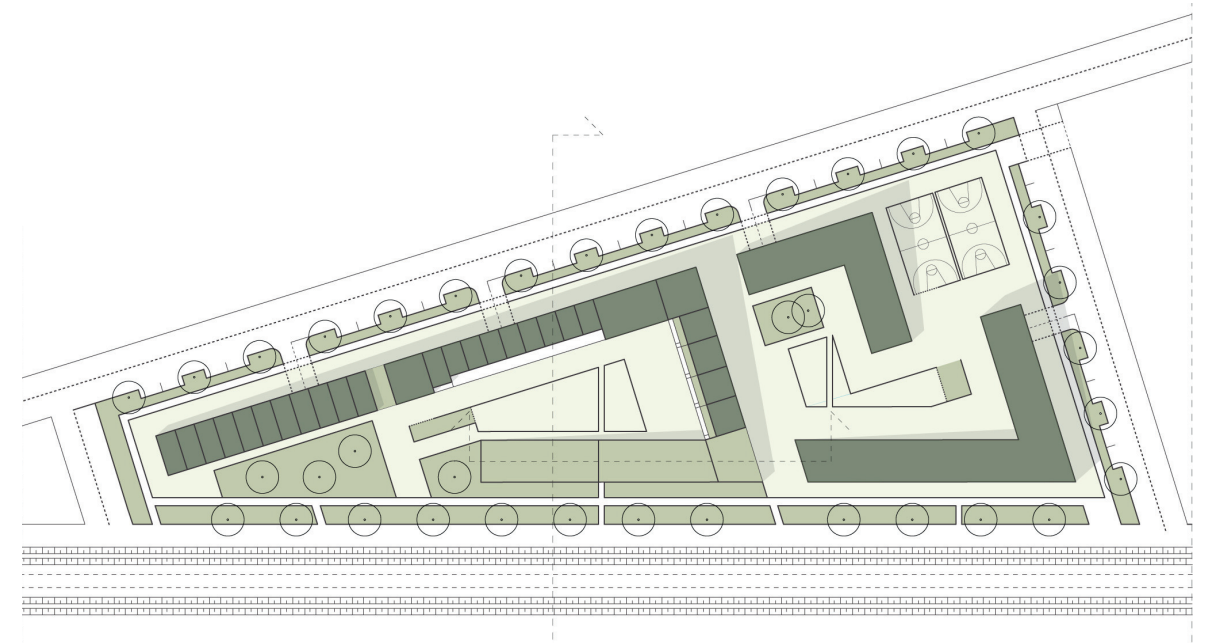


Abb. 87: Lageplan: neues Quartier mit Wohnungen und Gewerberäumen

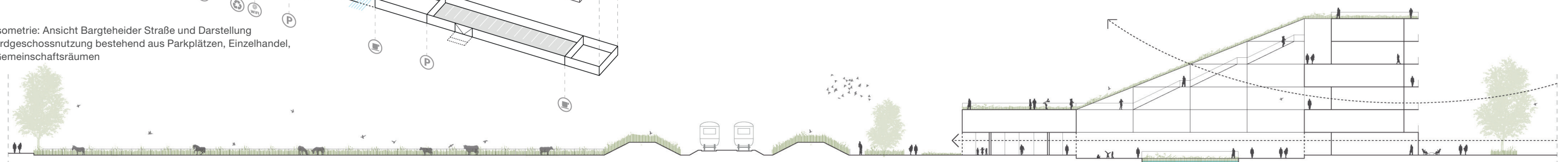


Abb. 88: Schnittansicht B-B: Gebäude öffnet sich zum Landschaftsraum

Maßnahmenmix zur Regenwasserbewirtschaftung

Elke Kruse, Nina Hüffmeyer, Juliane Ziegler

Ehemalige Gewerbenutzungen führen häufig zu einer Kontamination des Untergrundes, sodass dort keine Versickerung des Niederschlagswassers stattfinden darf. Der folgende Zoom-In „Zwischen Landschaft und Infrastruktur“ stellt daher ein Bewirtschaftungskonzept vor, das im Gegensatz zur Gewerbefläche an der Wandsbeker Chaussee (siehe Zoom-In 2 „Gewerbegebiet – grün und flexibel“) auf die Versickerung als Baustein des Anpassungskonzeptes verzichtet und stattdessen alternative Maßnahmen aufzeigt.

Um großzügige Gemeinschaftsflächen bereitstellen zu können, muss im Rahmen der Umgestaltung einzelner Grundstücke steuernd auf deren Zuschnitt Einfluss genommen werden. Folgende Maßnahmen sind auf den Grundstücken vorgesehen:

- **Gründächer:** Auch dieses Konzept enthält Gründächer als wichtigen Baustein der Regenwasserbewirtschaftung (für weitere Erläuterungen siehe „Kompaktes Wandsbek“, Zoom-In 1 „Verdichtung im Bestand“). Überschüssiger Dachabfluss, der nicht im Dachaufbau bzw. in der Substratschicht gespeichert werden kann, fließt über einen Notüberlauf in die im Folgenden beschriebenen offenen Wasserflächen.
- **Offene Wasserflächen:** Sie bilden in diesem Zoom-In eine wichtige Komponente in der Gestaltung der Außenanlagen und dienen gleichzeitig zur Regenwasserbewirtschaftung. Ein mit Schilf bepflanztes Reinigungsbiotop sorgt für eine gute Wasserqualität.

Um auch im Falle eines Starkregens das Wasser von den Gebäuden fernzuhalten, fließt sämtliches Niederschlagswasser zu den offenen Wasserflächen. Dementsprechend vergrößern sie sich bei steigendem Wasserstand. Das überschüssige Wasser wird auf den entsprechend gestalteten Gemeinschaftsflächen zwischengespeichert und zurückgehalten. Bei extremen Regenereignissen, bei denen sowohl die Kapazität der Gründächer als auch der Wasserflächen erschöpft ist, wird das System über einen Notwasserweg vom Grundstück auf die Straße und anschließend in den Kanal entlastet. Dabei begrenzt der Notüberlauf den maximalen Wasserstand durch entsprechende Höhengestaltung, sodass eine Gefährdung der Gebäude ausgeschlossen wird.

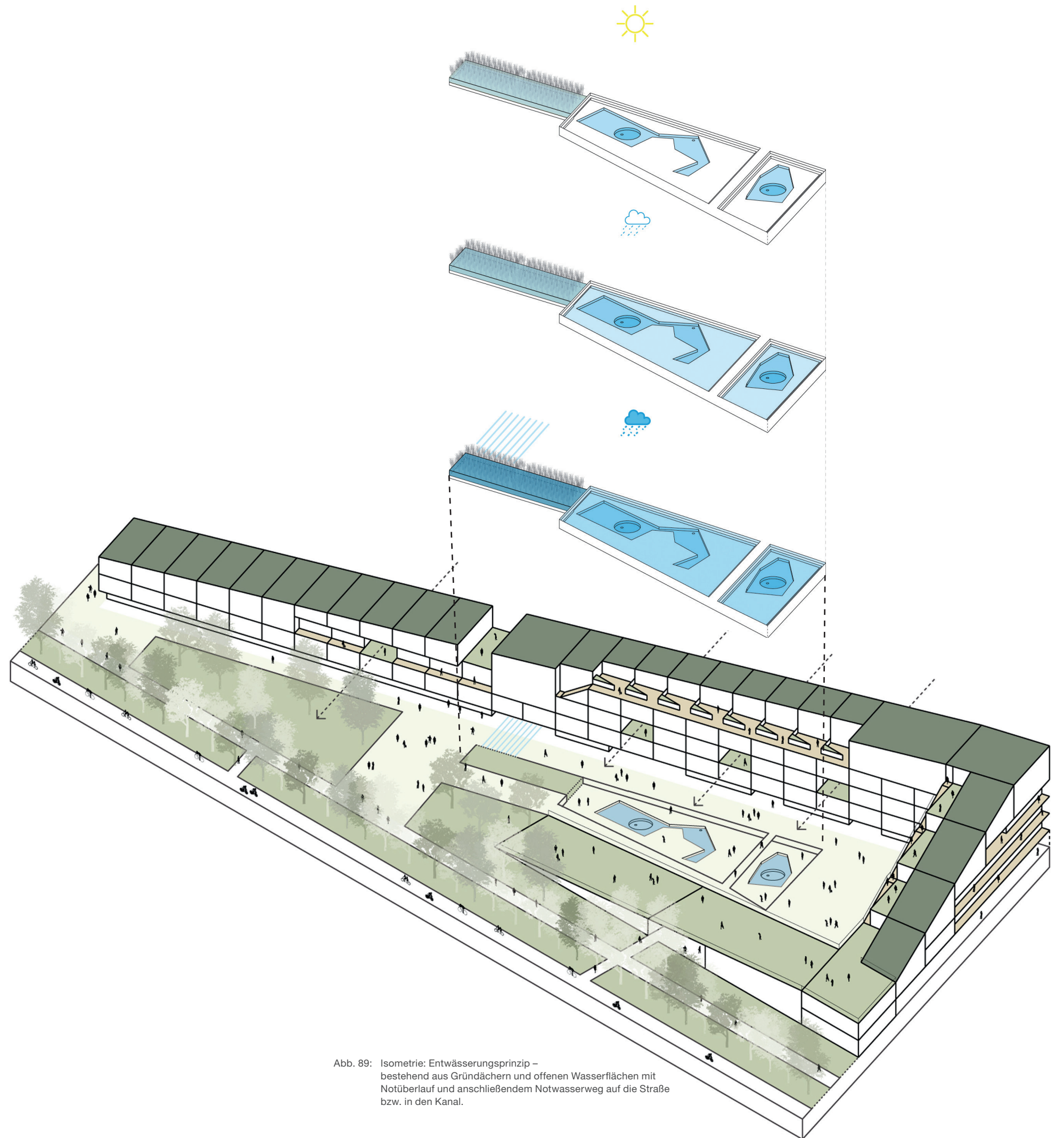


Abb. 89: Isometrie: Entwässerungsprinzip – bestehend aus Gründächern und offenen Wasserflächen mit Notüberlauf und anschließendem Notwasserweg auf die Straße bzw. in den Kanal.



ZOOM IN 2 Rahlstedt „Hochwasserschutz auf dem Grundstück“



Zoom In 2: Hochwasserschutz auf dem Grundstück

Anne Kittel, Giovanni Palmaricciotti

Das Wohnen am Wasser ist durchaus reizvoll. Die exklusive Wohnlage bringt jedoch auch einige Probleme mit sich. Vor allem die Uferbereiche westlich und südlich der Wandse sind von Überschwemmungen betroffen (s. Abb. 77).

Einige Gebäude im Südwesten der Wandse sind aufgrund ihrer topografischen Lage stark hochwassergefährdet, da sie sich im Überflutungsraum befinden. Langfristig sollen einige Gebäude abgerissen werden, um mehr Retentionsraum zu generieren. Die meisten Hauseigentümer und Hauseigentümerinnen müssen sich jedoch anpassen und geeignete Schutzvorkehrungen treffen. Hierfür sind automatisch gesteuerte Hochwasserschutzwände geeignet.

Entlang der Wandse werden lineare Hochwasserschutzwände, sogenannte Spring Dams, mit beweglichen Komponenten auf den Grundstücken errichtet. Unter normalen Bedingungen befinden sich die Spring Dams im passiven Zustand und sind durch ihre unterirdische Lagerung kaum sichtbar. Im Falle eines Hochwassers klappt sich eine schützende Wand automatisch aus und bildet eine Barriere für das steigende Hochwasser. Im Boden eingelassene Sensoren haben zuvor den steigenden Pegel registriert und das Signal zum Öffnen des Spring Dams gesendet. Die Vorteile dieses Schutzsystems liegen in der kurzen Aktivierungszeit und der Praktikabilität. Außerdem ist diese Variante des temporären Hochwasserschutzes äußerst unauffällig und daher optisch gut in die Grundstücke integrierbar.

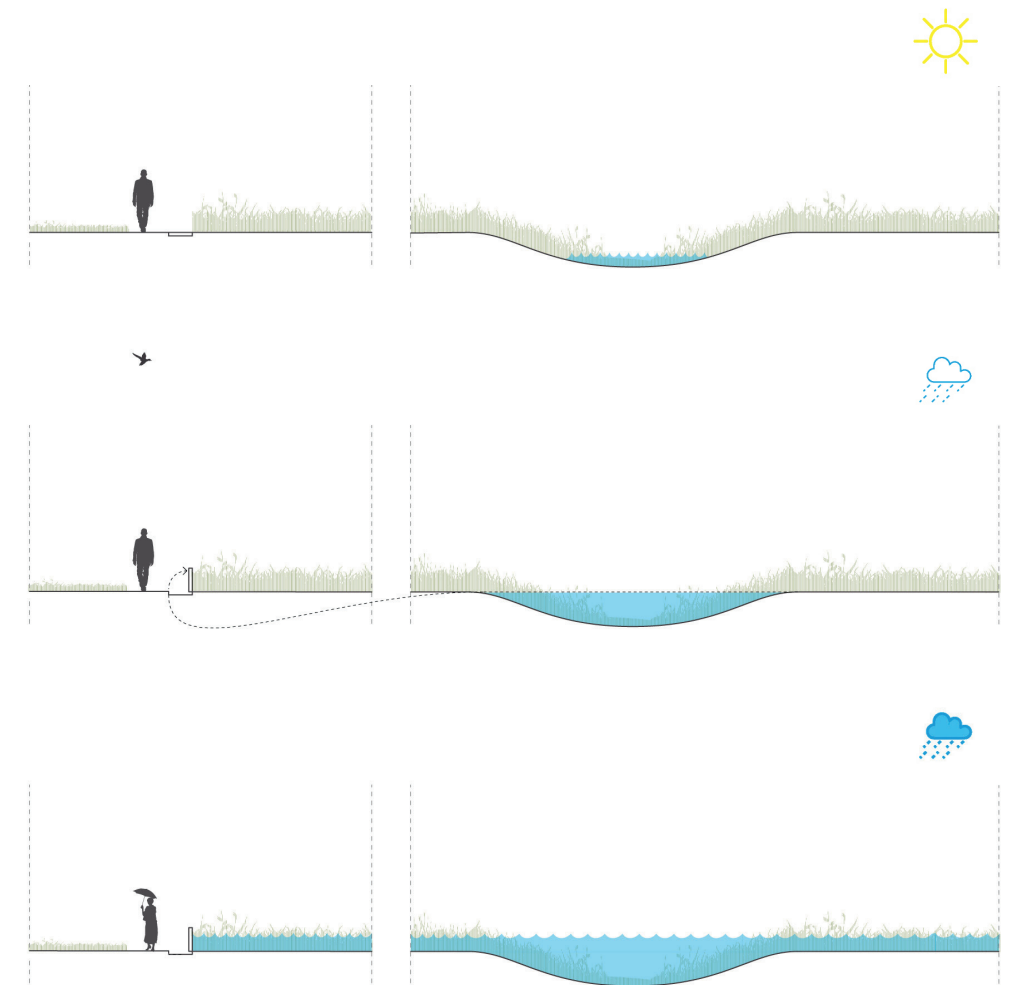


Abb. 91: Isometrie: aktivierter Spring Dam bei Hochwasser

Abb. 92: Funktionsprinzip Spring Dam:
 1. Spring Dam inaktiv,
 2. Sensor stellt steigenden Pegel fest und aktiviert den Spring Dam,
 3. aktivierter Spring Dam hält Hochwasser zurück und verhindert Schäden am Gebäude

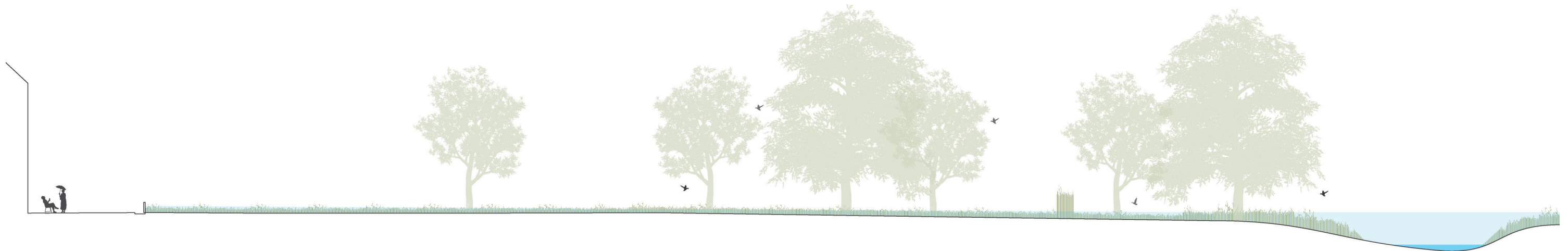


Abb. 93: Schnitt durch den Garten, Spring Dam bei Hochwasser



ZOOM IN 3 Rahlstedt „Hochwasserschutz am Gebäude“

Zoom In 3: Hochwasserschutz am Gebäude

Anne Kittel, Giovanni Palmaricciotti

Nachdem die Wandse bereits durch den Liliencron Teich und unter der Bahnhofsstraße hindurchgeflossen ist, tritt sie von Westen in das Fokusgebiet ein. Die vorhandenen Gebäude, liegen zum Teil deutlich tiefer als das Niveau der Bahnhofsstraße und somit im hochwassergefähr-

deten Bereich. Für diese Gebäude wird die Installation von Hochwasserschutzsystemen an den Gebäudeöffnungen vorgesehen. Diese müssen manuell in bereits angebrachte Halterungen an den Fenster- und Türzargen montiert werden.

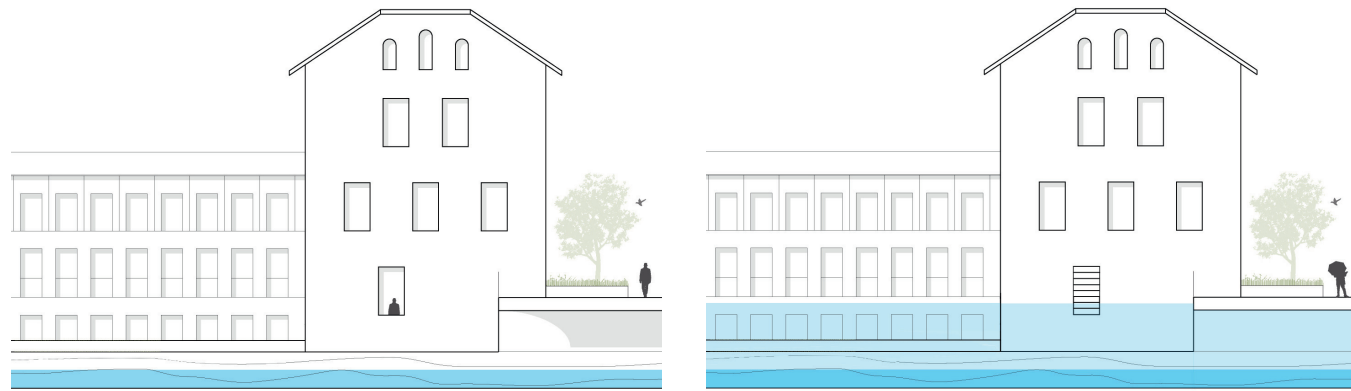


Abb. 95: Schnittansicht: Bahnhofsstraße und angrenzende Bebauung bei Niedrigwasser und bei Hochwasser

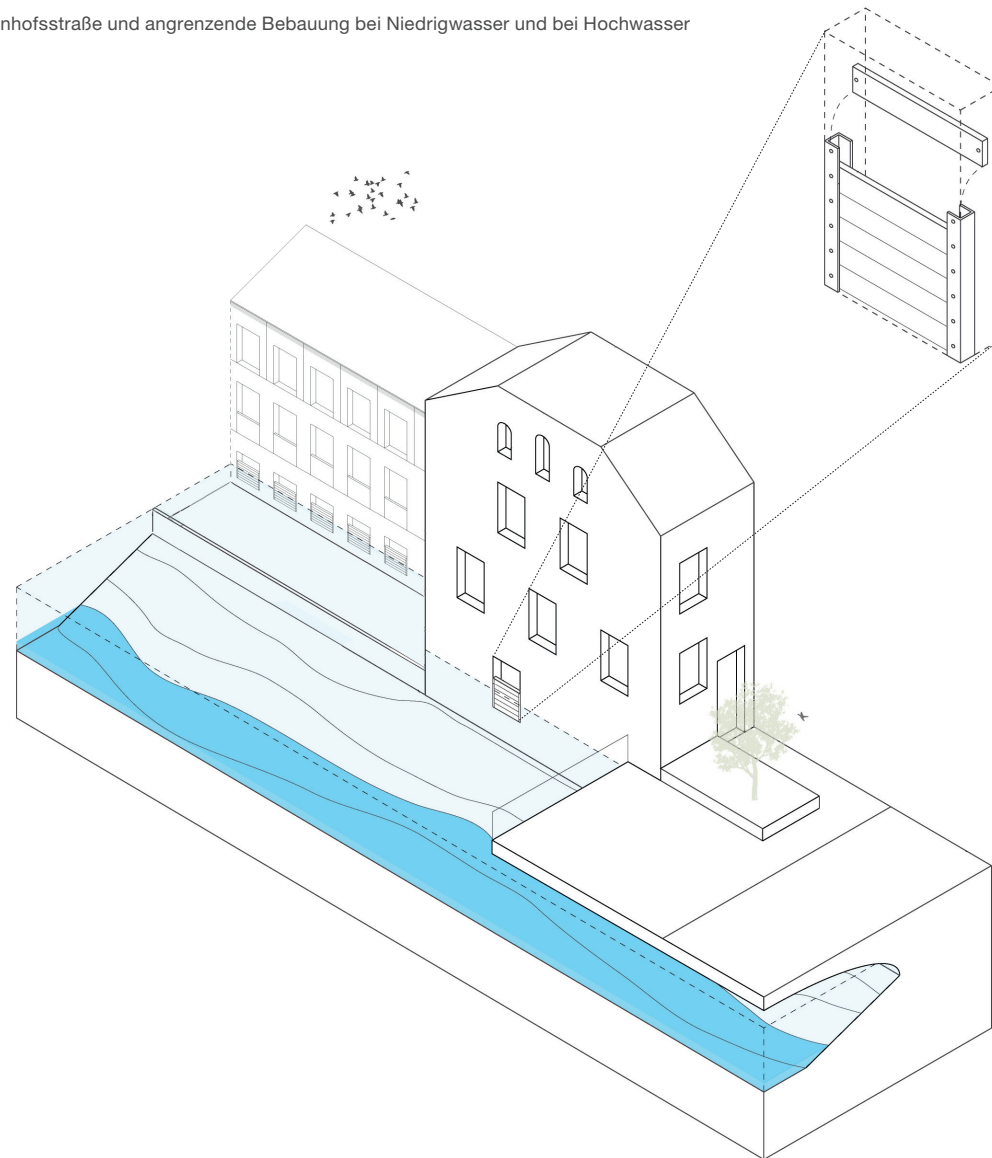


Abb. 96: Isometrie: Bahnhofsstraße mit Brücke und angrenzender Bebauung sowie temporärem Hochwasserschutz

4.4 Auswirkungen der stadtstrukturellen Entwicklungen und der Anpassungsmaßnahmen

Das vorliegende Kapitel berechnet die Wirkungen von Anpassungsmaßnahmen in den drei Stadtentwicklungsszenarien und überprüft, ob sie zu einer Reduktion der städtischen Überwärmung und von Überflutungen beitragen. Dazu greift es auf die Ergebnisse der meteorologischen und wasserwirtschaftlichen Modellierungen aus Kapitel 3 zurück. Erforderlich sind zudem stadtweite bzw. einzugsgebietsbezogene Aussagen zu Landnutzungsänderungen für alle drei Szenarien bis zum Jahr 2050. Entsprechende Aussagen können aus den punktuellen Entwürfen der Zoom-Ins nur bedingt abgeleitet werden. Daher geht Kapitel 4.4 von den in Kapitel 2.3 dargestellten Stadtstrukturtypen und ihrer Anpassungsfähigkeit

an die Folgen des Klimawandels aus. Je nach Szenario wird diese Anpassungsfähigkeit ausgeschöpft bzw. die städtebauliche Situation verändert.

Kapitel 4.4.1 beschreibt zunächst das Vorgehen bei der Bestimmung der Eingangsparameter und schlüsselt die Veränderungen für die jeweiligen Strukturtypen je nach Szenario auf. Im Anschluss werden in den Kapiteln 4.4.2 und 4.4.3 die Wirkungen der Anpassungsmaßnahmen auf das Modellgebiet anhand meteorologischer und wasserwirtschaftlicher Modelle quantifiziert und die Ergebnisse interpretiert.

4.4.1 Eingangsparameter für die Modellierung

Elke Kruse, Juliane Ziegler, Nikolas Klostermann, Johanna Fink⁹⁸

Wie sich eine Veränderung der Stadtstrukturtypen über die nächsten 40 Jahre vollziehen könnte, haben Fink und Klostermann (2012) beispielhaft in städtebaulichen Entwürfen für fünf ausgewählte Strukturtypen dargestellt. Den Bezugsrahmen bildeten dabei die in Kapitel 4.2 beschriebenen Entwicklungsszenarien und Anpassungslogiken. Da die Autoren nicht alle Strukturtypen bearbeitet haben, wurden Aussagen zu den fehlenden Typen aus Entwurfsskizzen abgeleitet und die Entwürfe von Fink und Klostermann überprüft und angepasst. Dabei werden die Veränderungen so aufgeschlüsselt, dass sich möglichst klare und eindeutige Entwicklungs- und Anpassungstrends abzeichnen. Die städtebauliche Veränderung des Typs „Neue Zeilenbebauung“ wird beispielhaft an einem konkreten Baublock dargestellt und erläutert. Der Baublock, der als Ausgangssituation für den städtebaulichen Entwurf genutzt wurde, befindet sich nördlich des Eilbekkanals. (Typische Charakteristika einer Zeilenbebauung können dem Kapitel 2.2 entnommen werden.)

Ausgangslage ist das Jahr 2011/2012. Auf dieser Basis werden die prognostizierten Veränderungen bis zum Jahr 2050 für die drei Szenarien dargestellt, wobei das in Kapitel 2.3 (s. Tab. 1) aufgeführte Anpassungspotenzial Berücksichtigung findet. Die Veränderungen der jeweiligen Baublocks resultieren zum einen aus der städtebaulichen Entwicklung, zum anderen aus dem Einsatz von Schutz- bzw. Anpassungsmaßnahmen entsprechend des jeweiligen Szenarios.

Die städtebauliche Entwicklung des Baublocks wird entsprechend der drei Szenarien auf unterschiedliche Weise geschehen. Die nachfolgende Abbildung stellt die Szenarien im Vergleich zur Ausgangssituation dar.



Abb. 97: Blick auf das untersuchte Areal einer Zeilenbebauung am Eilbekkanal

In **Szenario 1 „Rück- und Umbau in privater Verantwortung“** führt die sinkende Einwohnerzahl und der anhaltende Trend in der Bevölkerung, Wohnlagen am Stadtrand oder im Umland zu bevorzugen, zu hohen Leerständen im städtisch geprägten Wohngebiet am Eilbekkanal. Aufgrund der defizitären finanziellen Situation erfolgt kein Rückbau von Gebäuden oder versiegelten Flächen, sodass die städtebauliche Situation unverändert bleibt.



S1: Rück- und Umbau
Legende:
Leerstand

In **Szenario 2 „Florierender Wirtschaftsstandort und Anstieg des anthropogenen Flächenbedarfs“** führt der Wunsch nach größerem Wohnraum – trotz konstanter Einwohnerzahl – zu einem Anstieg der Bauaktivität. Die Zeilenstruktur wird durch den Bau von zweigeschossigen Kopfbauten (inkl. Gründach) geschlossen. Ergänzend zur Nachverdichtung in der Fläche entsteht weiterer Wohn- und Arbeitsraum durch den Abriss und Neubau von Gebäuden. Die zunehmende Versiegelung von Flächen bewirkt zum einen höhere Mengen an Regenabfluss, zum anderen gehen Grünflächen verloren. Darüber hinaus wirkt die sich allmählich schließende Baustruktur als Barriere für Flora und Fauna, d.h., vorhandene Grünverbindungen werden unterbrochen. Auf diese Weise wird auch das System der bestehenden Trittsteinbiotope beeinträchtigt. Eine weitere Folge der gestiegenen Einwohnerzahlen ist die Erhöhung des Nutzungsdrucks auf die gemeinschaftlich genutzten Grünflächen.



S2: Florierender Wirtschaftsstandort
Legende:
Abriss und Neubau
Neubau inkl. Gründach

Dagegen ist in **Szenario 3 „Kompakte Stadt als Zentrum für Innovationen im Bereich Umwelt“** maßgebliche Prämisse, eine Neuversiegelung zu verhindern. Um den steigenden Wohnungsbedarf aufgrund der wachsenden Bevölkerung zu decken, werden vermehrt Gebäude aufgestockt und Dachgeschosse ausgebaut. So entstehen ca. 74 neue Wohneinheiten, was den Wohnbestand im Gebiet um 15% erhöht. Bedingt durch den Rückgang des motorisierten Individualverkehrs stehen Verkehrsflächen im öffentlichen Raum für Anpassungsmaßnahmen zur Verfügung.



S3: Kompakte Stadt
Legende:
Dachausbau
Dachaufstockung inkl. Gründach

Abb. 98: Schematische Gegenüberstellung der städtebaulichen Veränderungen in den drei Szenarien im Vergleich zur heutigen Ausgangssituation

98 Das Kapitel basiert auf Fink, Klostermann 2012 und Fink et al. 2012.

Ergebnisse für die Quantifizierung

Um die beschriebenen Veränderungen in den drei Szenarien im Vergleich zur Ausgangssituation bewerten zu können, ist eine Detaillierung einiger Parameter erforderlich. Dazu wurden aus den Modellen der Meteorologen und Wasserwirtschaftler⁹⁹ folgende Parameter abgeleitet, die als Basis für die anschließende Quantifizierung dienen.

Parameter für die Quantifizierung:

- Versiegelungsgrad [%] sowie Aufschlüsselung in bebaute und befestigte Fläche [%],
- Anteil teilbefestigter Flächen (versickerungsfähige Beläge) an der gesamten befestigten Fläche,
- durchschnittliche Gebäudehöhe und Geschossanzahl,
- Anteil der Gründachflächen [%] an der gesamten Dachfläche,
- Anteil der Dachflächen mit heller Dachfarbe [%] an der gesamten Dachfläche,
- Anteil der Fläche [%], die nicht an das Siel angeschlossen ist.

Die Daten zur Beschreibung der Ausgangslage wurden für die Parameter „Versiegelungsgrad“, „Anteil teilbefestigter Flächen“, „Anteil der Gründachflächen“ und „Anteil der nicht ans Siel angeschlossenen Flächen“ ergänzend zur Analyse in Kapitel 2.2 mit Auswertungen von Hamburg Wasser abgeglichen und verifiziert. Die Berechnung der Anteile öffentlicher und privater Flächen wurde beispielhaft auf Grundlage von realen Baublöcken berechnet und ist als grobe Abschätzung zu verstehen. Die Angaben zu den Geschosshöhen basieren auf den Informationen aus Kapitel 2.2. Für den Parameter „Anteil der Dachflächen mit heller Dachfarbe“ wurde die Annahme getroffen, dass in der aktuellen Ausgangssituation keine hellen Dächer vorhanden sind. Eine Verifizierung war aufgrund fehlender Datengrundlagen nicht möglich.

Bei allen aufgeführten Parametern handelt es sich um Durchschnittswerte für den jeweiligen Stadtstrukturtyp, sodass sich im konkreten Fall Abweichungen für Einzelgrundstücke ergeben können. Des Weiteren ist zu beachten, dass sich die Formulierung „bebaute Fläche“ auf die Gebäude bezieht, die Formulierung „befestigte Fläche“ auf Wege, Stellplätze, Terrassen und teilweise auch auf Straßen und andere Verkehrsflächen. Die baustrukturellen Veränderungen der Stadtstrukturtypen stellen die Parameter Versiegelungsgrad, Gebäudehöhe und Geschosshöhe.

Die Angabe über die nicht an das unterirdische Kanalnetz angeschlossenen Flächen zeigt auf, wie hoch der Prozentsatz des Niederschlagswassers ist, der dezentral auf dem Grundstück oder im Straßenraum versickert

bzw. zurückgehalten wird. Sowohl Maßnahmen wie die Teilentsiegelung von Flächen als auch der nachträgliche Bau von Gründächern tragen zu einer Verminderung des Regenabflusses bei. Weitere Maßnahmen werden nicht separat ausgeführt, sie wurden aber in den Entwürfen zu den Zoom-Ins in Kapitel 4.3 dargestellt. Stadtklimatisch wirken sich sowohl der Bau von Gründächern, die Erhöhung von teil- oder unversiegelten Flächen als auch die helle Dachfarbe aus.

In der folgenden Tabelle sind die Veränderungen der zuvor aufgeführten Parameter in den jeweiligen Szenarien beispielhaft für den Strukturtyp „Neue Zeilenbebauung“ dargestellt.

Wie oben beschrieben, ergeben sich für das **Szenario 1 „Rück- und Umbau“** trotz sinkender Einwohnerzahlen kaum Änderungen hinsichtlich des Versiegelungsgrades (bebaute / befestigte Fläche). Zudem werden keine Anpassungsmaßnahmen umgesetzt, d.h. die Parameter „Anteil teilbefestigter Flächen“, „Anteil der Gründachflächen“ sowie „Anteil der Dachflächen mit heller Dachfarbe“ bleiben im Vergleich zur Ausgangslage gleich. Dies gilt auch für den Parameter „Anteil der nicht ans Kanalnetz angeschlossenen Flächen“.

Im **Szenario 2 „Florierender Wirtschaftsstandort“** hingegen steigt der Versiegelungsgrad aufgrund von Nachverdichtung und Neubau an. Die Neubaumaßnahmen und Dachaufstockungen können jedoch genutzt werden, um neue Gründächer anzulegen oder die Dächer mit hellen Materialien auszustatten. Darüber hinaus lassen sich weitere Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung umsetzen, was sich in einer Zunahme der nicht an das Kanalnetz angeschlossenen Flächen widerspiegelt.

Im **Szenario 3 „Kompakte Stadt“** bleibt der Versiegelungsgrad trotz wachsender Bevölkerung sowie zunehmender Bautätigkeit insgesamt erhalten. Der Anteil an teilversiegelten Flächen nimmt dagegen deutlich zu. Gleiches gilt für den Anteil der Gründächer und der Gebäude mit hellen Dachfarben. Anpassungsmaßnahmen werden in allen Bereichen in hohem Maße umgesetzt, bspw. durch den Bau von Gründächern oder die Verwendung heller Dachfarben. Dies gilt sowohl für Neubaugebiete als auch für den Umbau von Bestandsgebieten, bei denen eine Abkopplung der befestigten Flächen vom Kanalnetz durch die Umsetzung von Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung erfolgt.

Eine Übersicht für alle Stadtstrukturtypen hinsichtlich ihrer Entwicklung in den drei Szenarien und der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen enthält der Anhang.

Neue Zeilenbebauung	Ausgangslage 2012	Szenario 1 Rück- und Umbau	Szenario 2 Florierender Wirtschaftsstandort	Szenario 3 Kompakte Stadt
Versiegelungsgrad absolut	Ø 50%	45%	60%	50%
davon anteilig:				
bebaute Fläche (Gebäude)	40%	40%	40%	45%
befestigte Fläche	60%	60%	60%	55%
davon öffentl. Straßen/Fußwege	70%	75%	65%	65%
davon private Zufahrten/Wege	30%	25%	35%	35%
Anteil der Teilversiegelung an der befestigten Fläche (ohne Gebäude)	0%	0%	10%	40%
durchschnittliche Veränderung der Gebäudehöhe in Geschossen	4-6 G	0	0	plus 0-1 G
durchschnittliche Gebäudehöhe	12-18 m	12-18 m	12-18 m	13,5-19,5 m
Anteil der Gründachfläche an der bebauten Fläche	0%	0%	15%	40%
Anteil der Gebäude mit heller Dachfarbe	0%	0%	50%	40%
Anteil der nicht ans Kanalnetz angeschlossenen Fläche des Strukturtyps ***	5%	5%	15%	80%**

* mit Überlauf in Versickerungsflächen auf dem Grundstück

** mit Notwasserwegen zur Ableitung des Überschusswassers auf die Straßen

** Maßnahmen: Gründach, Versickerung u. Retention, Nutzung, Tiefbeete an der Straße als Verkehrsberuhigung

Tab. 4: Entwicklung des SST „Neue Zeilenbebauung“ in den drei Szenarien im Vergleich

99 Modelle: statistisches Modell der Hamburger Wärmeinsel, hydrodynamisches Kanalnetzmodell Hystem-Extran, hydrologisches Niederschlags-Abfluss-Modell KalypsoHydrology

4.4.2 Auswirkungen auf die mittlere Lufttemperatur im Sommer

Marita Linde, Peter Hoffmann, K. Heinke Schlünzen, Robert Schoetter

In Kapitel 4.4.2 wird dargestellt, wie sich mögliche Veränderungen der Stadtstrukturen auf die mittlere Lufttemperatur in den Sommermonaten Juni, Juli und August auswirken würden. Der Fokus der Untersuchung liegt auf den Sommermonaten, da in diesem Zeitraum die stärkste gesundheitliche Belastung der Bevölkerung aufgrund von Hitzeperioden auftritt und zudem die städtische Wärmeinsel am stärksten ausgeprägt ist (s. Kap. 3.1.1). Bisherige Studien zeigen, dass kleinräumige Änderungen der Oberflächenbedeckungen lediglich zu kleinräumigen Änderungen der Lufttemperatur führen¹⁰⁰. Die für das Modellgebiet erarbeiteten Änderungen der Stadtstrukturtypen werden daher auf das gesamte Hamburger Stadtgebiet und die umliegende Metropolregion übertragen. Auf Basis der Modellergebnisse wird berechnet, inwiefern sich die Lufttemperatur in Hamburg und somit auch im Modellgebiet verändert.

Änderungen der Stadtstrukturen führen nicht in jeder meteorologischen Situation zu der gleichen Temperaturänderung. Ein Beispiel wäre eine Veränderung der Albedo, welche sich bei hoher Sonneneinstrahlung stärker auswirkt als bei bewölktem Himmel. Aus diesem Grund wurden typische meteorologische Situationen im Sommer bestimmt¹⁰¹ und insgesamt 19 meteorologische Situationen über jeweils drei Tage simuliert. Die meteorologischen Situationen wurden so ausgewählt, dass sie die Häufigkeitsverteilung der gemessenen Lufttemperaturen im Zeitraum 1971-2000 (Ist-Klima) wiedergeben. Alle Modellrechnungen beziehen sich auf den Zeitraum 1971-2000, die Wirkung der Anpassungsmaßnahmen wird für das Ist-Klima untersucht. Potenzielle Rückkopplungen zwischen den regionalen Klimaänderungen und der Wirkung der Anpassungsmaßnahmen werden somit vernachlässigt. Im Kapitel 3.2.1 wurde bereits gezeigt, dass die regionalen Klimaänderungen höchstwahrscheinlich nur zu geringfügigen Änderungen der städtischen Wärmeinsel führen würden, sodass der hier verfolgte Ansatz gerechtfertigt ist.

Die Ergebnisse werden getrennt für Tag und Nacht ausgewertet, da sich eine Reihe von Anpassungsmaßnahmen je nach Tageszeit unterschiedlich auswirkt.

Umsetzung der Konzepte für die Stadtstrukturtypen im Modell

Die Parameter aus Kapitel 4.4.1 wurden so aufbereitet, dass sie als Eingabedaten für das numerische meteorologische Modell METRAS nutzbar sind. Dazu wurden alle Angaben zu stadtstrukturellen Veränderungen in Daten zu geänderten Oberflächenbedeckungen überführt. Diese beschreiben, ob eine Oberfläche z.B. mit Gebäuden bebaut, versiegelt oder bewachsen ist. Unterschieden werden hierbei unter anderem Laub- und Nadelbäume, Gebüsche und Wiesen.

Die Änderungen der Stadtstrukturtypen werden im Modell METRAS über Änderungen der Häufigkeit von Oberflächenbedeckungen sowie über die Einführung neuer Oberflächenbedeckungen (z.B. Gebäude mit Gründach) dargestellt.

Die quantifizierten Anpassungsmaßnahmen sind Änderungen der Dachfarbe (höhere Albedo), Gründächer (höhere Verdunstung), Veränderungen des Versiegelungsgrades (veränderte Wärmespeicherkapazität und Verdunstung) sowie gegebenenfalls die Aufstockung existierender Gebäude (höhere Rauigkeit). In den durchgeführten Simulationen wurden anthropogene Wärmeemissionen vernachlässigt. Diese erhöhen die städtische Wärmeinsel um etwa 0,5 K. Die anthropogenen Wärmeemissionen hängen aber kaum von Stadtstrukturveränderungen ab, sondern davon, welche Gebäudeisolierungen umgesetzt werden. Diese Veränderungen werden in den Szenarien nicht abgebildet, weshalb Veränderungen der anthropogenen Wärmeemissionen auch nicht berücksichtigt werden.

Auswirkungen der Konzepte auf die mittlere Lufttemperatur

Abbildung 99a zeigt die mittlere Lufttemperatur im Sommer (1971-2000) in 10 m über Grund für Hamburg und die Umgebung für die Referenz-Oberflächenbedeckungen. Im Bereich der Hamburger Innenstadt sowie im Elbtal sind die Temperaturen höher als außerhalb Hamburgs oder in den Harburger Bergen. Im Modellgebiet, das mit einer gestrichelten Linie dargestellt ist, nimmt die Temperatur von stärker versiegelten Gebieten nahe der Innenstadt in Richtung Außenbezirke ab. Die allein durch Bebauung und Versiegelung bedingten Unterschiede betragen im Mittel über den Sommer etwa 1 K. Nachts ist der durch Bebauung und Versiegelung bedingte Unterschied noch deutlicher sichtbar (s. Abb. 100a). Tagsüber wird die Temperaturverteilung wesentlich durch Höhenunterschiede geprägt. Die höchsten Temperaturen werden unabhängig von der Bebauung in niedrig gelegenen Gebieten simuliert (s. Abb. 101a).

Szenario 1 „Rück- und Umbau“

Abbildung 99b zeigt die Abweichungen der mittleren Lufttemperatur im Sommer (1971-2000) für die Oberflächenbedeckungen in Szenario 1 „Rück- und Umbau“ gegenüber den Referenz-Oberflächenbedeckungen. Im Mittel ergeben sich den Sommer über nur sehr kleine Änderungen. Während die Entsiegelung zu gering ist, um tagsüber eine Veränderung hervorzurufen (s. Abb. 101b), verursachen die zusätzlichen Grünflächen nachts eine geringfügige Abkühlung (s. Abb. 100b).

Szenario 2 „Florierender Wirtschaftsstandort“

Der Effekt der steigenden Versiegelung in Szenario 2 „Florierender Wirtschaftsstandort“ kann durch die vereinzelt umgesetzten Anpassungsmaßnahmen stadtklimatisch größtenteils kompensiert werden (s. Abb. 99c). Die Temperaturabnahme im Vergleich zu den Referenz-Oberflächenbedeckungen resultiert überwiegend aus der geänderten Albedo der Hausdächer. Die einfallende Sonnenstrahlung wird so besser reflektiert, wodurch die Abkühlung überwiegend tagsüber entsteht (s. Abb. 101c), während nachts durch die höhere Versiegelung lokal auch ein Anstieg der Temperaturen simuliert wird (s. Abb. 100c). Die Bereiche mit nächtlicher Abkühlung sind auf die Wirkung der Gründächer zurückzuführen. Diese wirken tagsüber und nachts abkühlend.

Szenario 3 „Kompakte Stadt“

Für das Szenario 3 „Kompakte Stadt“ mit den gravierendsten Änderungen durch flächendeckend umgesetzte Anpassungsmaßnahmen und dem Ansatz des kompakten Bauens ergeben sich die größten Änderungen der mittleren Lufttemperatur (s. Abb. 99d). Für weite Bereiche beträgt die Temperaturabnahme im Sommer im Mittel etwa 0,2 K. Auch die simulierte Temperaturüberhöhung für die Referenz-Oberflächenbedeckungen wird in den städtischen Gebieten im Vergleich zum Umland um etwa 20% reduziert. Insbesondere die Gründächer führen tagsüber und nachts zu einer Abkühlung. Tagsüber verstärkt die geänderte Albedo den abkühlenden Effekt. Daher ist die Abkühlung tagsüber (s. Abb. 101d) etwas stärker ausgeprägt als nachts (s. Abb. 100d).

Auswirkungen der Konzepte auf die Wärmeinsel

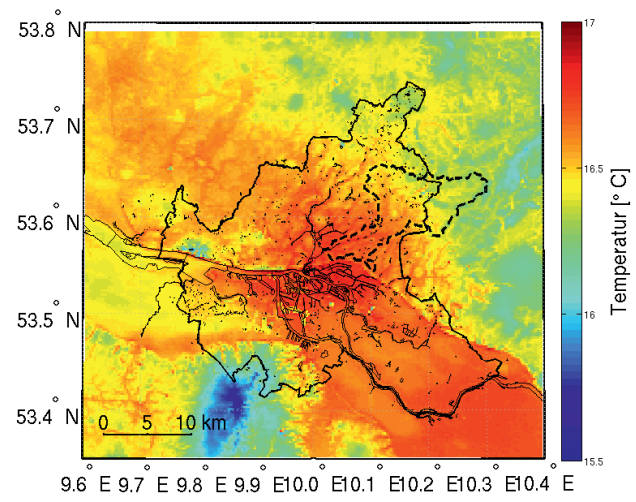
Abb. 102 zeigt die Differenz der mittleren Lufttemperatur (1971-2000) zwischen 20:00h und 24:00h zu einem Referenzpunkt in der ländlichen Umgebung von Hamburg in Analogie zu vorherigen Untersuchungen.¹⁰² Für die Referenz-Oberflächenbedeckungen (s. Abb. 102a) treten die stärksten Temperaturüberhöhungen in den Hafen- und Innenstadtgebieten auf. Dies liegt an dem hohen Anteil an Wasserflächen, die in den Abendstunden wärmend wirken, sowie an der hohen Wärmespeicherkapazität dicht bebauter Gebiete. Für die Szenarien „Rück- und Umbau“ (S1, s. Abb. 102b) und „Florierender Wirtschaftsstandort“ (S2, s. Abb. 102c) entstehen geringfügige Änderungen, für das Szenario „Kompakte Stadt“ (S3, s. Abb. 102d) reduziert sich die Wärmeinsel deutlich.

100 Honjo, Takakura 1991

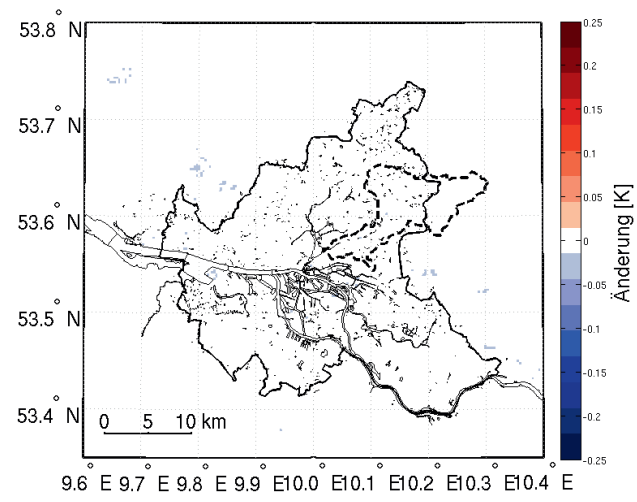
101 Hoffmann 2012

102 Schlünzen et al. 2010

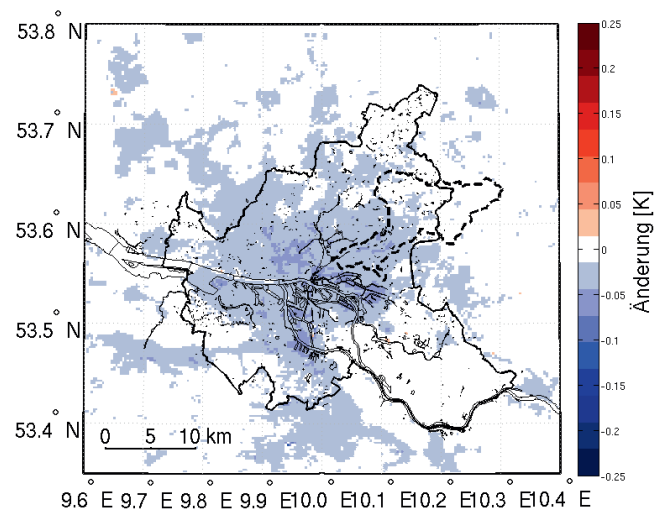
a) Referenz



b) S1 „Rück- und Umbau“



c) S2 „Flourierender Wirtschaftsstandort“



d) S3 „Kompakte Stadt“

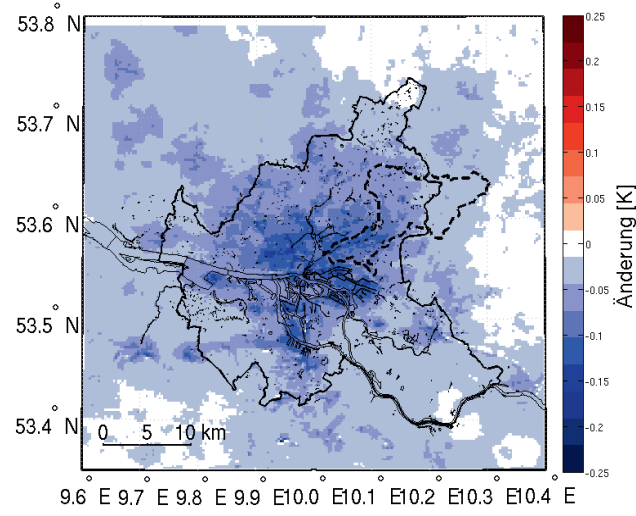
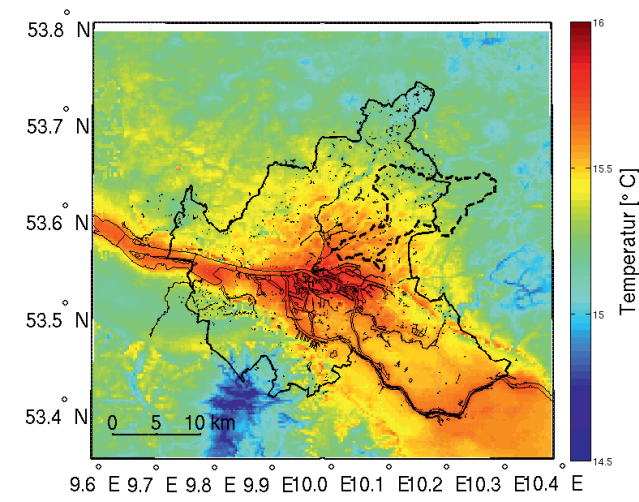
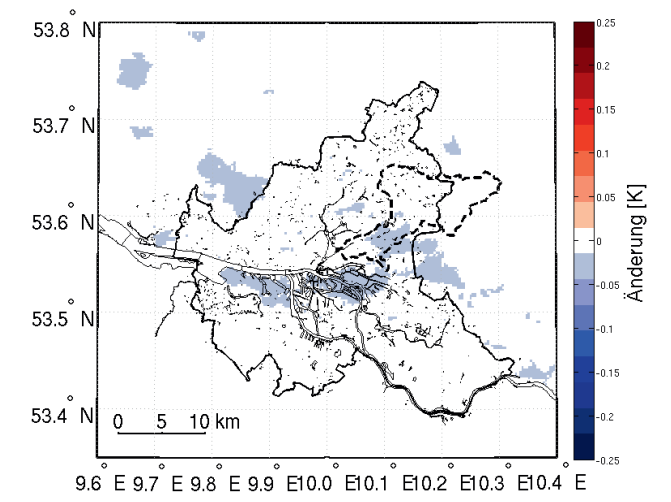


Abb. 99: Simulierte mittlere Lufttemperatur in den Sommermonaten (Juni, Juli und August) in 10 m über Grund für Hamburg und Umgebung im Zeitraum 1971-2000 für die Referenz-Oberflächenbedeckungen (a) sowie die simulierten Änderungen der Lufttemperatur für die Oberflächenbedeckungen in den drei Szenarien (b), (c), (d). Das Modellgebiet ist mit gestrichelten Linien dargestellt.

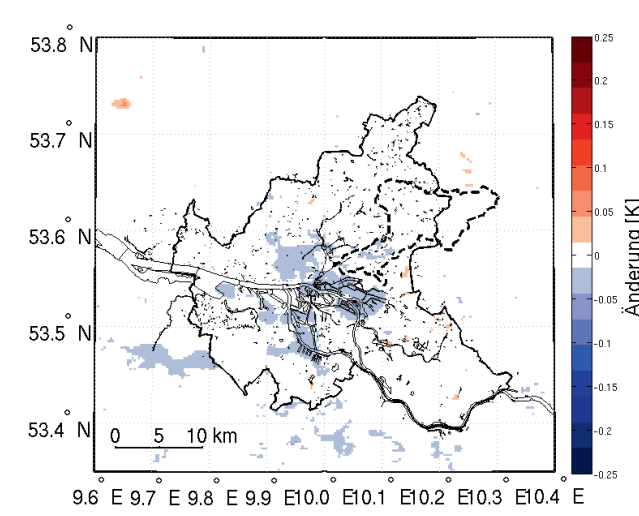
a) Referenz



b) S1 „Rück- und Umbau“



c) S2 „Flourierender Wirtschaftsstandort“



d) S3 „Kompakte Stadt“

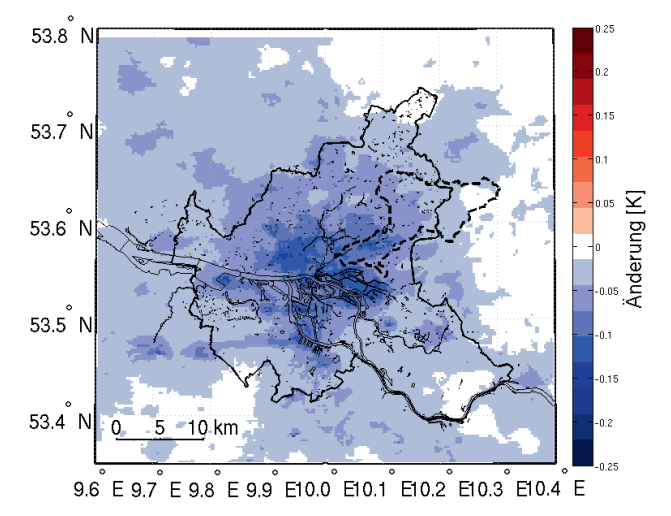
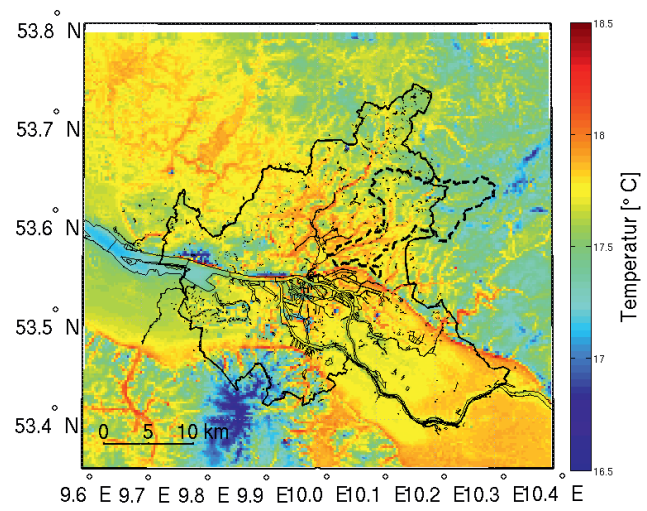
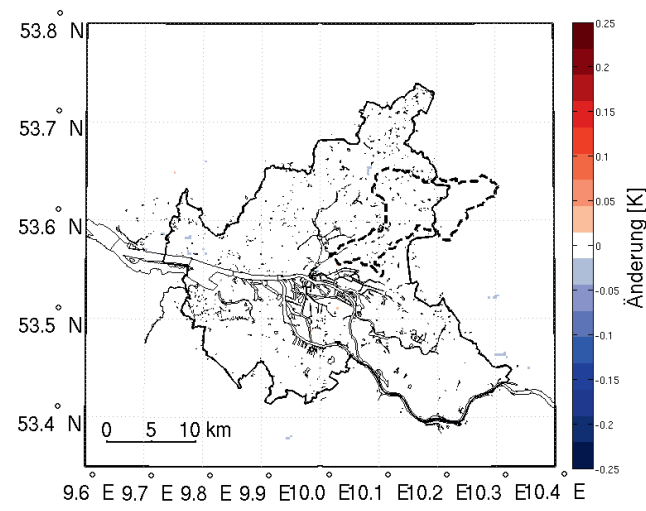


Abb. 100: Simulierte mittlere Lufttemperatur während der Nacht in den Sommermonaten (Juni, Juli und August) in 10 m über Grund für Hamburg und Umgebung im Zeitraum 1971-2000 für die Referenz-Oberflächenbedeckungen (a) sowie die simulierten Änderungen der Lufttemperatur für die Oberflächenbedeckungen in den drei Szenarien (b), (c), (d). Das Modellgebiet ist mit gestrichelten Linien dargestellt.

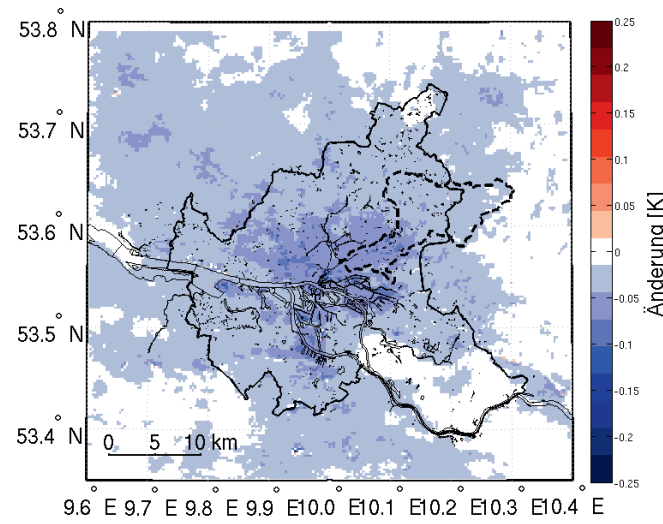
a) Referenz Tag



b) S1 „Rück- und Umbau“



c) S2 „Flourierender Wirtschaftsstandort“



d) S3 „Kompakte Stadt“

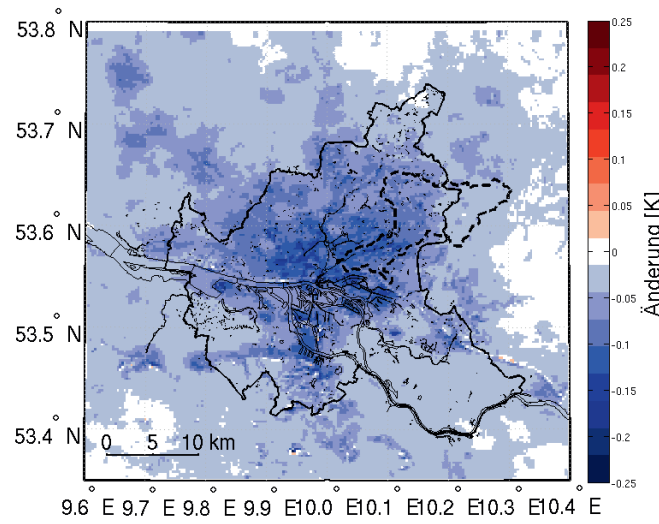
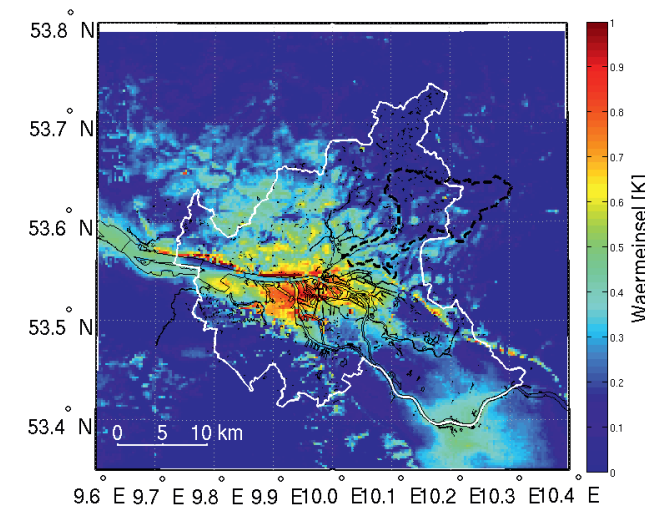
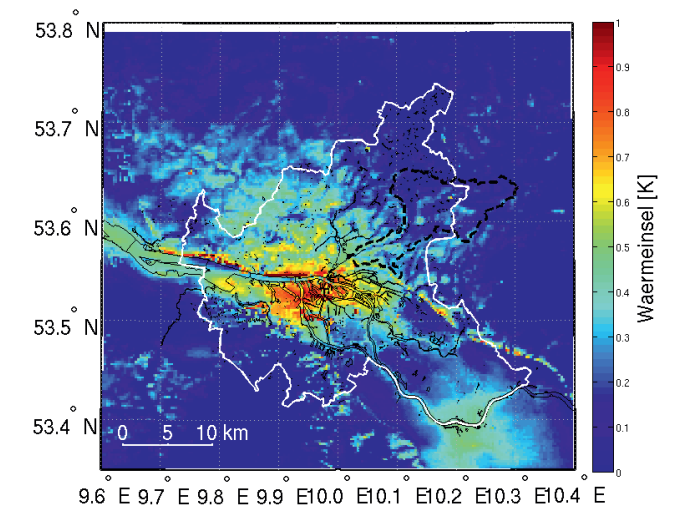


Abb. 101: Simulierte mittlere Lufttemperatur während des Tages in den Sommermonaten (Juni, Juli und August) in 10 m über Grund für Hamburg und Umgebung im Zeitraum 1971-2000 für die Referenz-Oberflächenbedeckungen (a) sowie die simulierten Änderungen der Lufttemperatur für die Oberflächenbedeckungen in den drei Szenarien (b), (c), (d). Das Modellgebiet ist mit gestrichelten Linien dargestellt.

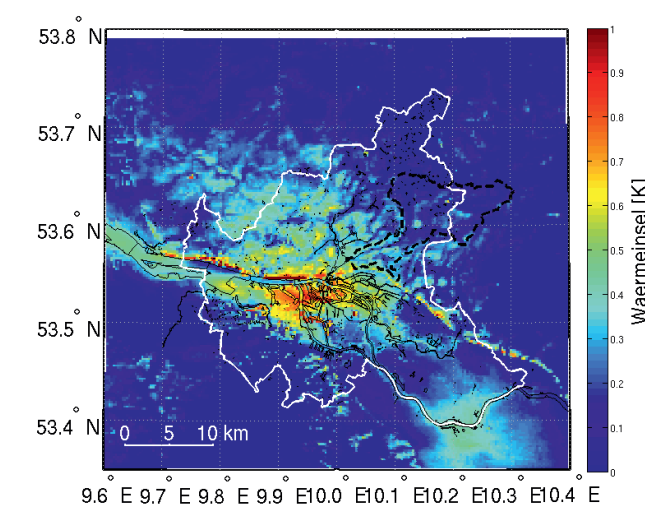
a) Referenz



b) S1 „Rück- und Umbau“



c) S2 „Flourierender Wirtschaftsstandort“



d) S3 „Kompakte Stadt“

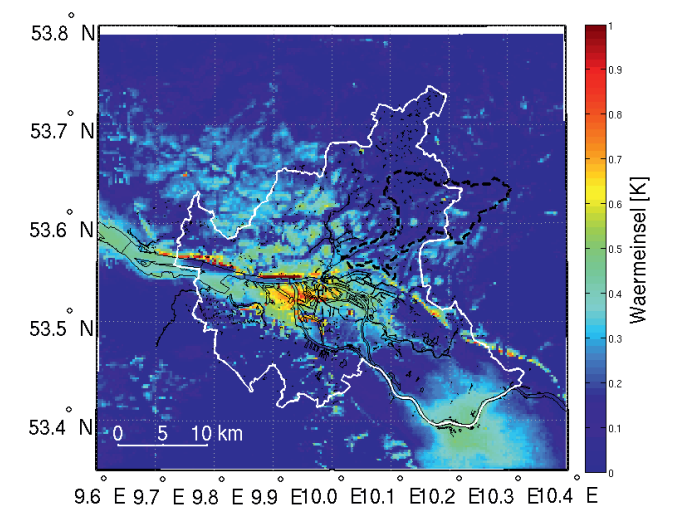


Abb. 102: Die städtische Wärmeinsel während der Nacht in den Sommermonaten (Juni, Juli und August) in 10 m über Grund für Hamburg und Umgebung im Zeitraum 1971-2000 für die Referenz-Oberflächenbedeckungen (a) sowie für die drei Szenarien (b), (c), (d). Das Modellgebiet ist mit gestrichelten Linien dargestellt.

Zusammenfassung

Sozio-ökonomische Rahmenbedingungen und Maßnahmen zur Klimaanpassung werden in Zukunft zu stadtstrukturellen Veränderungen führen, die Einfluss auf die Temperaturentwicklung haben. Die Auswirkungen dieser Veränderungen auf die mittlere Lufttemperatur in den Sommermonaten (1971-2000) wurden mit Hilfe des numerischen meteorologischen Modells METRAS quantifiziert. Die Untersuchung für die verschiedenen Szenarien zeigt, dass die Änderungen der Oberflächenbedeckungen in den Szenarien 1 „Rück- und Umbau“ (S1) und 2 „Flourierender Wirtschaftsstandort“ (S2) im Mittel den Sommer über nur zu geringfügigen Reduktionen der mittleren Lufttemperatur führen. Immerhin können aber im Szenario 2 die Anpassungsmaßnahmen den Einfluss der verdichteten Stadt überkompensieren. Für das Szenario 3 „Kompakte Stadt“ (S3) ergibt sich eine deutliche Verkleinerung des überwärmten Gebietes und eine Reduktion der mittleren Temperaturerhöhung um etwa 20% (ca. 0,2 K).

Gründächer vermindern die Lufttemperatur tagsüber und nachts. Bei deren Planung muss beachtet werden, dass eine ausreichende Substratfeuchtigkeit auf den Gründächern sichergestellt wird. Dieses muss in Anbetracht der voraussichtlich vermehrt auftretenden sommerlichen Trockenperioden bereits bei Anlage der Dachbegrünung bedacht werden. Im Falle einer Austrocknung würden Gründächer tagsüber ihre kühlende Wirkung verlieren. Eine erhöhte Albedo trägt vor allem tagsüber zu einer Reduktion der Lufttemperatur bei.

Auch wenn die Temperaturänderungen in den drei Szenarien deutlich geringer sind als der projizierte Temperaturanstieg aufgrund der regionalen Klimaänderungen, so sind die Ergebnisse doch sehr bedeutsam. Insbesondere im Szenario 3 „Kompakte Stadt“, bei dem steigende Einwohnerzahlen und Nachverdichtung vonseiten der Stadtplanung angenommen werden, kommt es aufgrund der gleichzeitig durchgeführten Klimaanpassung nicht zu einer zusätzlichen Erhöhung des Wärmeineffektes, sondern sogar zu einer Reduktion. Dieses Ergebnis zeigt, dass Stadtwachstum nicht automatisch zur Verschlechterung der klimatischen Situation führen muss. Die Situation kann sich sogar verbessern, wenn flächendeckend Anpassungsmaßnahmen umgesetzt werden.

Weiterführend sollte untersucht werden, wie sich die Häufigkeitsverteilungen der simulierten Lufttemperaturen in den Szenarien verändern. Eventuell ergeben sich für Überschreitungen von Schwellwerten (z.B. Minimum der Lufttemperatur größer als 20°C) deutlich höhere Einflüsse als für die mittlere Lufttemperatur im Sommer.

4.4.3 Auswirkungen auf Kanalnetz und Gewässer

Sandra Hellmers, Nina Hüffmeyer

Angaben über stadtstrukturelle Veränderungen und Anpassungsmaßnahmen im Zuge des Klimawandels werden in Kapitel 4.4.3 in das Kanalnetzmodell einerseits und das Gewässermodell andererseits übernommen und quantifiziert. Als Basis der Modellberechnungen dienten u.a. Annahmen über zukünftige Entwicklungen der Flächenversiegelung, des Anschlussgrades an das Kanalnetz und des Ausbaus von begrünten Dächern. Die Folgen des Klimawandels für Kanalnetz und Gewässer wurden bereits in Kapitel 3.2.2 erläutert. Auf Grundlage dieser Ergebnisse wurden Simulationen unter der Annahme von Niederschlagsdaten mit und ohne Klimawandeleffekt durchgeführt. In Kapitel 4.4.3 werden die Auswirkungen der stadtstrukturellen Veränderungen und Anpassungsstrategien in kombinierten Szenarien zusammen untersucht.

Auswirkung auf die Kanalnetze

Für das zukünftige Überstauverhalten des Kanalnetzes ist neben der Veränderung der Niederschlagsdaten die Entwicklung der an die Kanäle angeschlossenen befestigten Flächen ausschlaggebend. Eine Auswertung der Änderung angeschlossener Flächen unter Berücksichtigung der in den Szenarien umgesetzten Anpassungsmaßnahmen ergibt, dass sich in den Szenarien 1 „Rück- und Umbau in privater Verantwortung“ und 2 „Flourierender Wirtschaftsstandort“ keine für das Kanalnetz relevanten Änderungen durch dezentrale Regenwasserbewirtschaftung ergeben (s. Abb. 103). Es kann davon ausgegangen werden, dass eine mögliche Erhöhung der Niederschlagsmengen durch Starkregenereignisse direkt in Form eines gesteigerten Überstauverhaltens auf das Kanalnetz wirkt. Anpassungsmöglichkeiten be-

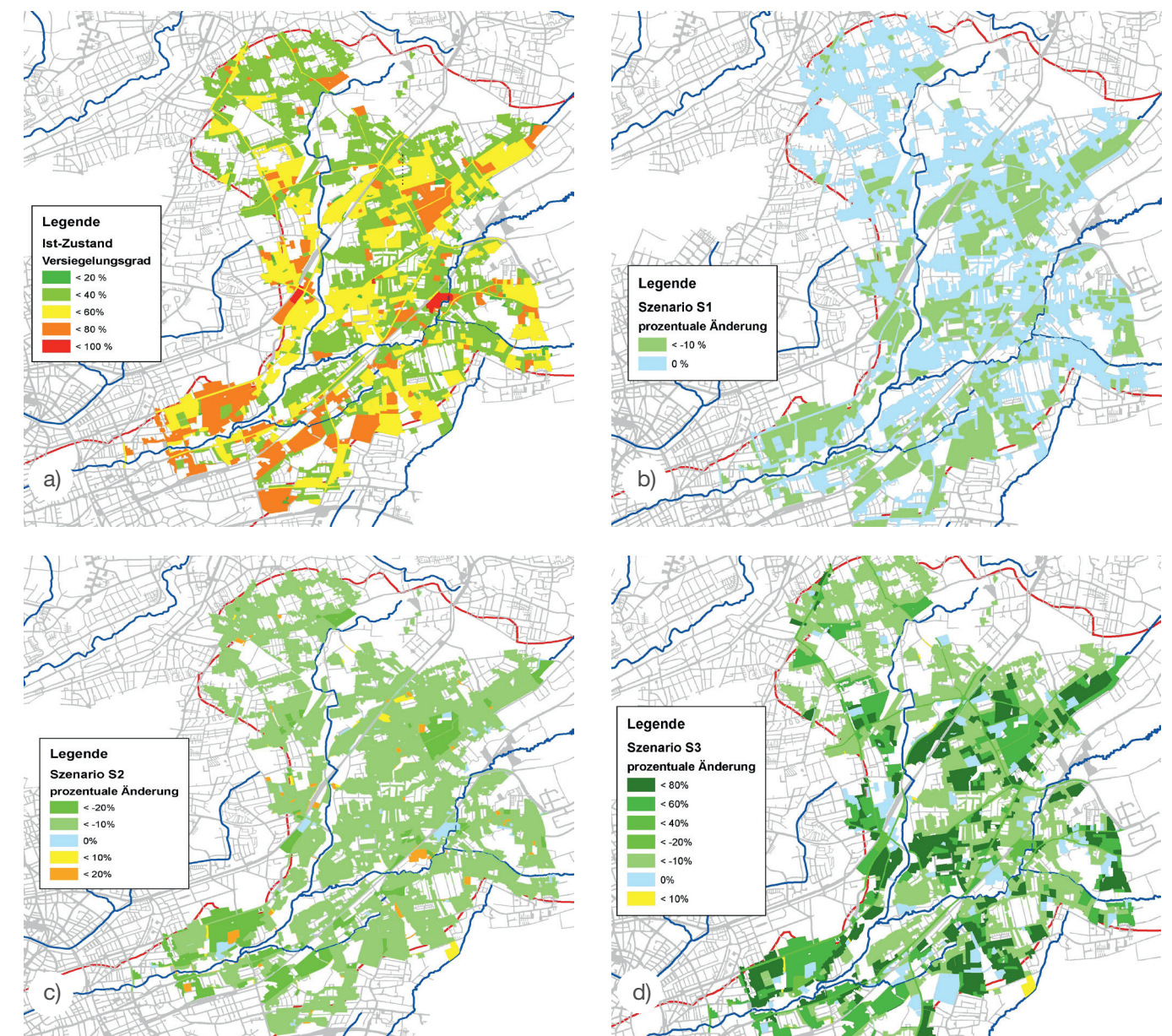


Abb. 103: Versiegelungsgrad entsprechend der Strukturtypen im Ist-Zustand (a). Prozentuale Änderung gegenüber dem Ist-Zustand der an das Kanalnetz angeschlossenen Flächen entsprechend der Annahmen in den Stadtentwicklungsszenarien (b-d).

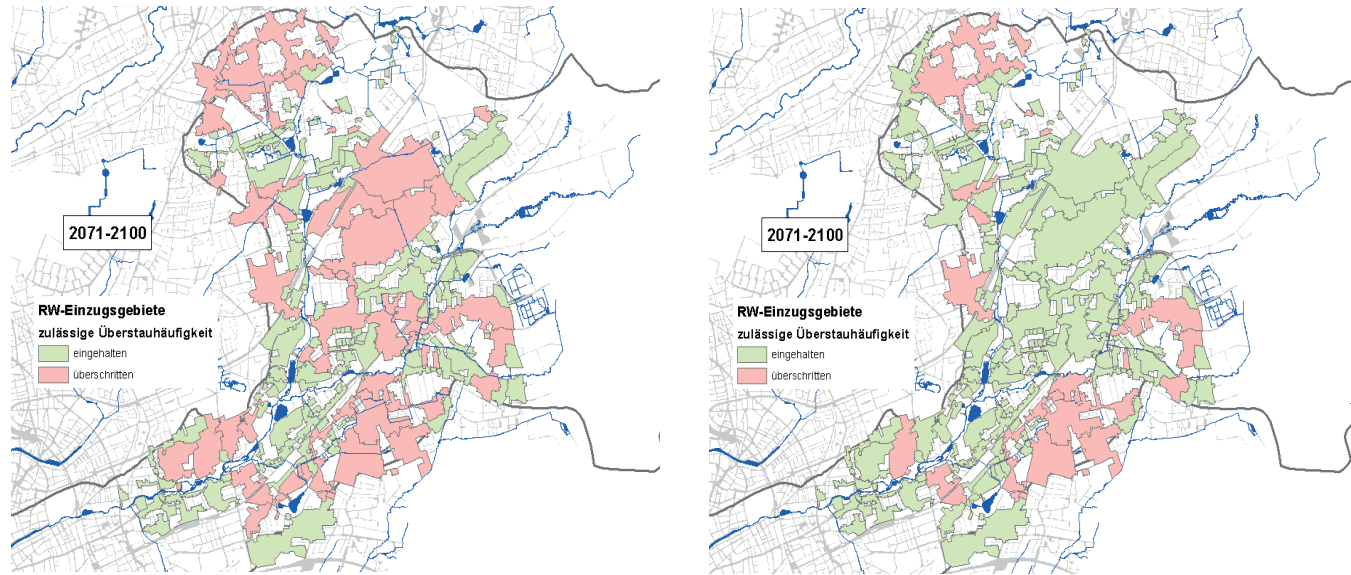


Abb. 104: Überlastete Regenwassereinzugsgebiete im Jahr 2100 unter Annahme des REMO-Szenarios A1B bei heutigen Flächen (links) und nach Umsetzung der Anpassungsmaßnahmen entsprechend des Szenarios 3 „Kompakte Stadt“ (rechts)

stunden hier theoretisch in der Vergrößerung der Siele, in der Aussprache von Einleitmengenbegrenzungen und der daraus zwangsläufig resultierenden zumindest teilweisen Rückhaltung auf den Grundstücken. Auch Objektschutzmaßnahmen, die bei auftretendem Überstau verhindern, dass es zu Überflutungsschäden kommt, könnten ergriffen werden.

Im Szenario 3 „Kompakte Stadt“ verringert sich die an das Kanalnetz angeschlossene, befestigte Fläche. Für dieses Szenario wurden Untersuchungen auf Basis des Klimaverlaufs mit den größten Auswirkungen (30-50%ige Erhöhung der Niederschlagsmengen) infolge des Klimawandels (A1B-Szenario) bei Erhalt der heutigen bestehenden Kanäle durchgeführt. Bei einer Umsetzung der Anpassungsmaßnahmen im angenommenen Umfang könnten die projizierten Auswirkungen des Klimawandels weitestgehend aufgefangen werden. Abbildung 104 zeigt die zum Ende des 21. Jahrhunderts überlasteten Regenwassereinzugsgebiete unter Annahme von REMO-Szenario A1B unter Beibehaltung der Flächen im Status Quo (links) und nach Umsetzung der Anpassungsmaßnahmen entsprechend des Szenarios 3 „Kompakte Stadt“ (rechts). Bei steigenden Niederschlägen könnte es zukünftig in einigen Einzugsgebieten zu häufigeren Überstauungen des Kanalnetzes kommen, die die heute üblichen Standards überschreiten. Dies kann zum Teil auch dadurch bedingt sein, dass bei älteren Sielen historisch bedingt abweichende Standards bei der Dimensionierung zugrunde gelegt wurden oder dass nach Bau der Siele eine stärkere Versiegelung der entwässerten Gebiete erfolgte als ursprünglich angenommen.

Durch die im Szenario 3 „Kompakte Stadt“ ergriffenen Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung kann hier größtenteils entgegengewirkt werden. Es gibt jedoch auch Einzugsgebiete, in denen auch unter Annahme dieser sehr positiven Entwicklung Überstauungsprobleme erhalten bleiben (s. Abb. 104). Als Alternative

zur baulichen Anpassung können in diesen Fällen die für die Szenarien 1 „Rück- und Umbau“ und 2 „Florierender Wirtschaftsstandort“ genannten Handlungsoptionen weiterhelfen: die Aussprache von Einleitmengenbegrenzungen und die Ergreifung von Objektschutzmaßnahmen.

Auswirkung auf die Gewässer (Hochwasser)

Zur Quantifizierung der Auswirkungen von stadtstrukturellen Veränderungen und Anpassungsmaßnahmen auf die Hochwasserabflüsse der Gewässer wurden die Angaben zu den Flächenänderungen in die hydrologischen Modelldaten übernommen. Diese Übertragung der stadtstrukturellen Veränderungen erfolgte in fünf Schritten, wobei auch das Umland im Einzugsgebiet der Wandse mit einbezogen wurde:

1. Übertragung der veränderten Versiegelungsgrade der Flächen mit einem 2 m x 2 m Raster (s. Abb. 106a),
2. Bestimmung der Gründachflächen auf Gebäuden im Einzugsgebiet (s. Abb. 106b),
3. Übertragung der Flächenanteile, die mit einer Teilentsiegelung von 50% modelliert werden, mit einem 2 m x 2 m Raster (s. Abb. 106c),
4. Übertragung der Flächenanteile, die in Versickerungs- und Rückhalteanlagen entwässern (s. Abb. 106d),
5. Bestimmung der Flächen, die zum Rückhalt und zur Versickerung von Regenwasser genutzt werden,
6. Kopplung der Gründachflächen mit den Flächen zur Versickerung und des Rückhaltes.

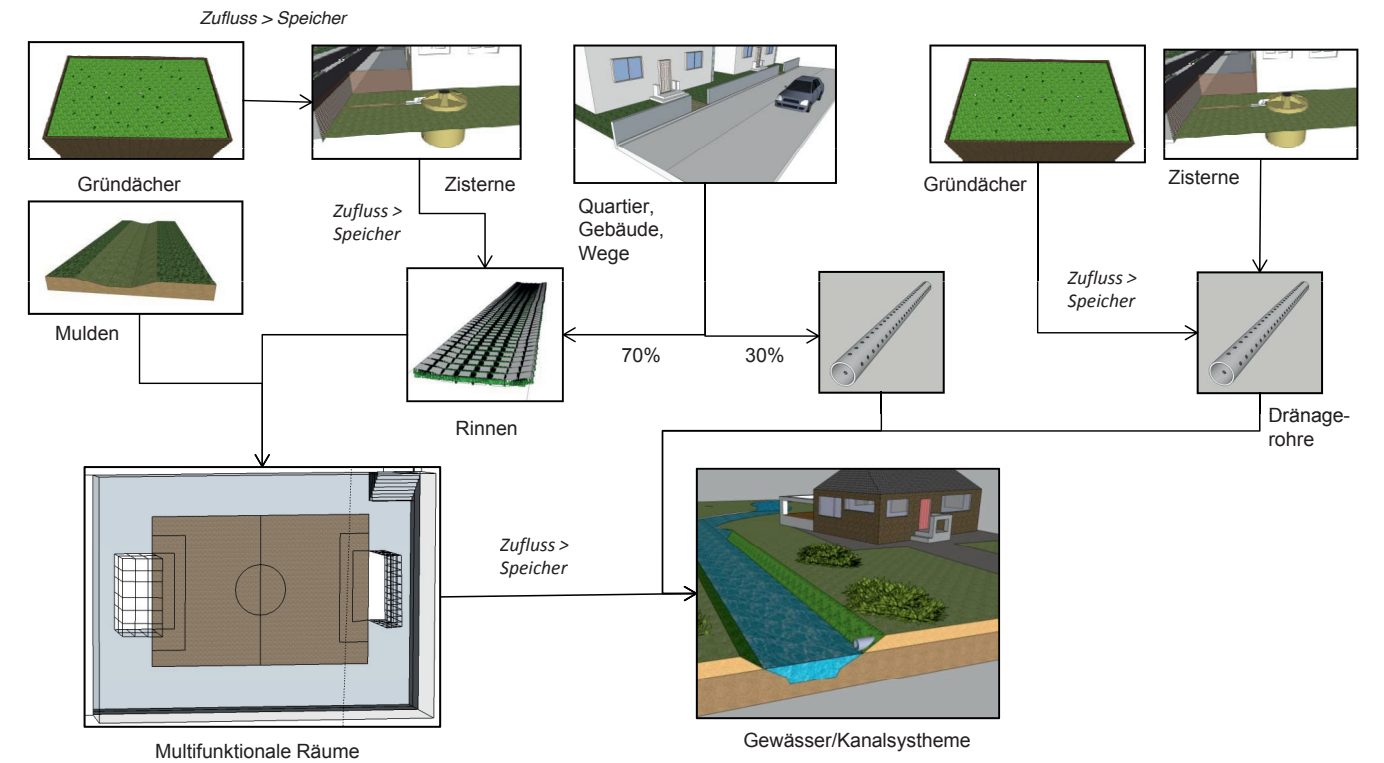


Abb. 105: Maßnahmen zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung und deren Möglichkeiten zur Kopplung

Das Modell KalypsoHydrology wurde im Zuge des Projektes KLIMZUG-NORD dahingehend weiterentwickelt, dass Flächen für die dezentrale Regenwasserbewirtschaftung georeferenziert in das Modell importiert und bearbeitet werden können. Im weiteren Verlauf wurden neue Funktionen zur Modellierung und Kopplung der Maßnahmen im Rechenkern des hydrologischen Modells entwickelt, um die Modellierung der oben genannten Anpassungsmaßnahmen zu ermöglichen.

Es wurde eine Simulation der Gründächer in ihrer Funktion als Retentionsraum durchgeführt, wobei die untere Schicht des Dachaufbaus als Mäandersystem ausgebildet wird. Ein solches Mäandersystem besteht aus einer Vielzahl von Kammern, durch die das Wasser zeitverzögert abfließt. Die Kopplung zwischen den Maßnahmen kann durch Rinnen, Mulden oder Rohre erfolgen. Durch die Kopplung erfolgt eine kontrollierte Ableitung der Überlaufmengen, wenn die Speicherkapazität überschritten wird. Die Kopplungsmöglichkeiten sind in Abbildung 105 schematisch dargestellt.

Im Szenario 1 „Rück- und Umbau“ sind keine stadtstrukturellen Veränderungen zu verzeichnen. Im Szenario 2 „Florierender Wirtschaftsstandort“ wird durch die Nachverdichtung der Anteil versiegelter Flächen vergrößert. Es können nur begrenzt Anpassungsmaßnahmen wie die Begrünung von Dachflächen, Teilentsiegelung oder die Entwässerung in Versickerungs- oder Rückhalteflächen umgesetzt werden. In Szenario 3 „Kompakte Stadt“ kommt es zwar zu einer Neuversiegelung von Flächen, gleichzeitig werden aber auch großflächige Anpassungsmaßnahmen umgesetzt. In Bezug auf die Realisierung von Gründächern wird eine Aufstockung bestehender Gebäude mit Begrünung angenommen. Die Übertragung der stadtstrukturellen Veränderungen

und der Anpassungsmaßnahmen in das hydrologische Modell zeigt Abbildung 106.

Die Folgen des Klimawandels für Kanalnetz und Gewässer wurden in Kap. 3.2.2 dargestellt. In den Klimäläufen mit den größten Veränderungen wurde eine Abflusserhöhung von 20% und im Mittel eine Abflusserhöhung von 10% berechnet. Die Auswirkungen dieser Abflusserhöhungen und der stadtstrukturellen Veränderungen auf die Hochwasserabflüsse der Gewässerabschnitte in den Fokusgebieten stellt Abbildung 107 dar.

In Szenario 1 „Rück- und Umbau“ sind keine stadtstrukturellen Veränderungen zu verzeichnen, die dem Anstieg der Hochwasserabflüsse als Folge des Klimawandels entgegenwirken könnten. In Szenario 2 „Florierender Wirtschaftsstandort“ führt die Zunahme der versiegelten Flächen im Fokusgebiet „Rahlstedt“ zu einem Anstieg der Hochwasserabflüsse. Flussabwärts können die umgesetzten Maßnahmen aber bereits zu einer Reduktion der Abflüsse führen. In Szenario 3 „Kompakte Stadt“ kann eine Reduktion der Hochwasserabflüsse im innerstädtischen Bereich erreicht werden, wo insbesondere Maßnahmen zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung umgesetzt werden. Auf Basis der berechneten Hochwasserabflüsse wurden im Folgenden auch die überschwemmten Flächen entlang der Flussabschnitte in den Fokusgebieten ausgearbeitet (s. Abb. 108). Für diese Bereiche wurde mit einer Zunahme der Hochwasserabflüsse durch den Klimawandel von 20% mit einer Wiederkehrzeit von einmal in 100 Jahren gerechnet. In der Karte sind die überschwemmten Flächen und Fließtiefen auf der Grundlage stadtstruktureller Veränderungen und Anpassungsstrategien dargestellt (oben Szenario 1 „Rück- und Umbau“, in der Mitte Szenario 2 „Florierender Wirtschaftsstandort“ und unten Szenario 3 „Kompakte Stadt“).

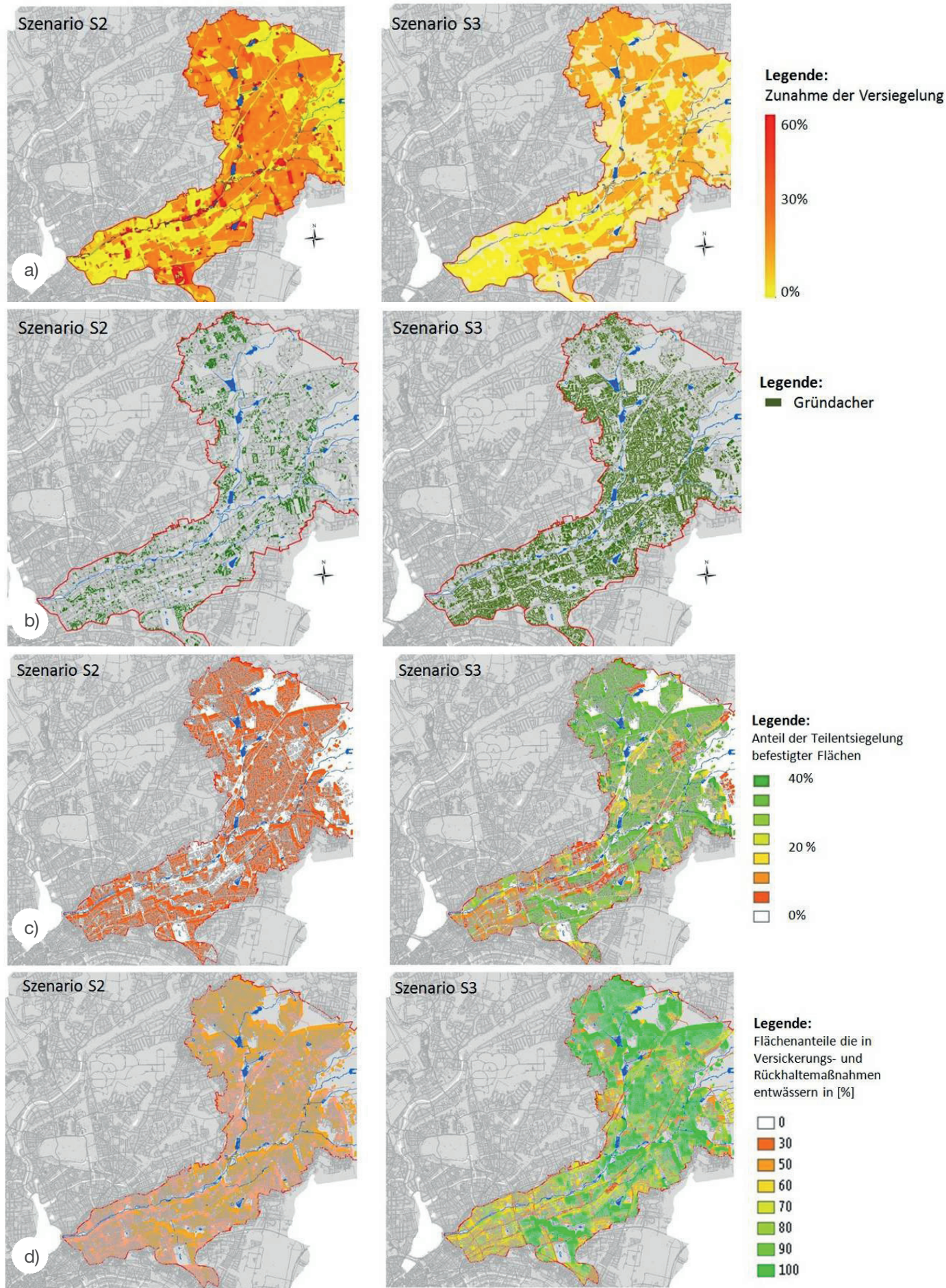


Abb. 106: Übertragung der stadtstrukturellen Veränderungen und der Anpassungsmaßnahmen des Szenarios 2 „Florierender Wirtschaftsstandort“ (S2) und des Szenarios 3 „Kompakte Stadt“ (S3) in das hydrologische Modell (Im Szenario 1 „Rück- und Umbau“ (S1) zeigen sich keine stadtstrukturellen Veränderungen)

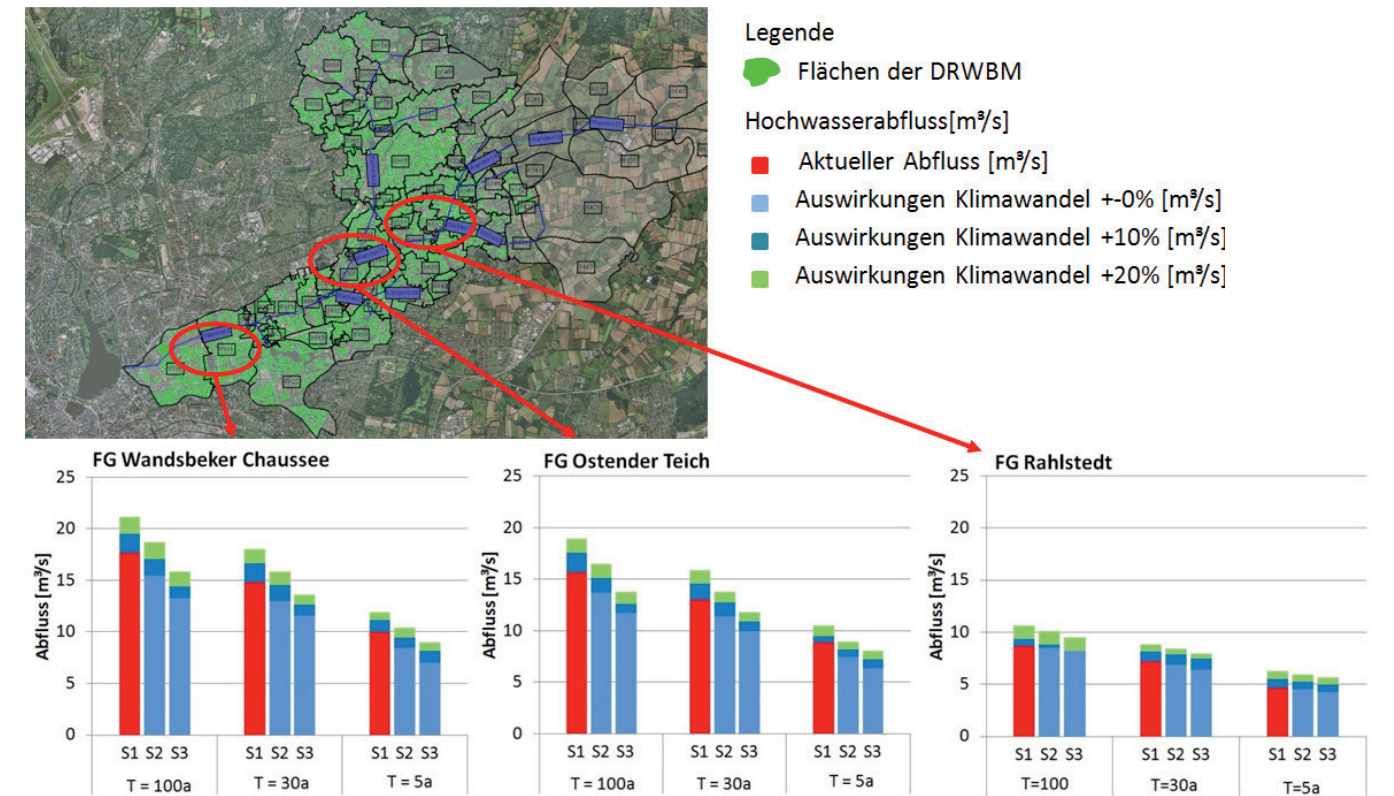


Abb. 107 Hochwasserabflüsse bestimmter Wiederkehrzeiten (T=100a, T=30a, T=5a) der Gewässerabschnitte in den Fokusgebieten auf der Grundlage unterschiedlicher stadtstruktureller Szenarien (S1, S2, S3) und den Auswirkungen durch den Klimawandel (+0%, +10%, +20%). Dargestellt ist im Weiteren die Verteilung der Gründächer sowie Versickerungs- und Retentionsflächen im Szenario 3

Die Karten verdeutlichen, dass die Anpassungsstrategien in Szenario 3 zu einer Reduktion der überschwemmten Flächen in den Fokusgebieten („Ostender Teich“ und „Wandsbeker Chaussee“) beitragen können. Oberhalb des Fokusgebietes „Rahlstedt“ entspringt die Wandse im ländlichen Raum Schleswig-Holsteins und fließt durch

das Naturschutzgebiet Höltigbaum. Die Umsetzung von Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung ist hier nur teilweise möglich. Daher muss die Erhöhung der Abflüsse durch die Auswirkungen des Klimawandels an dieser Stelle durch andere Maßnahmen (z.B. Rückhalteflächen im Wandseoberlauf) erreicht werden.

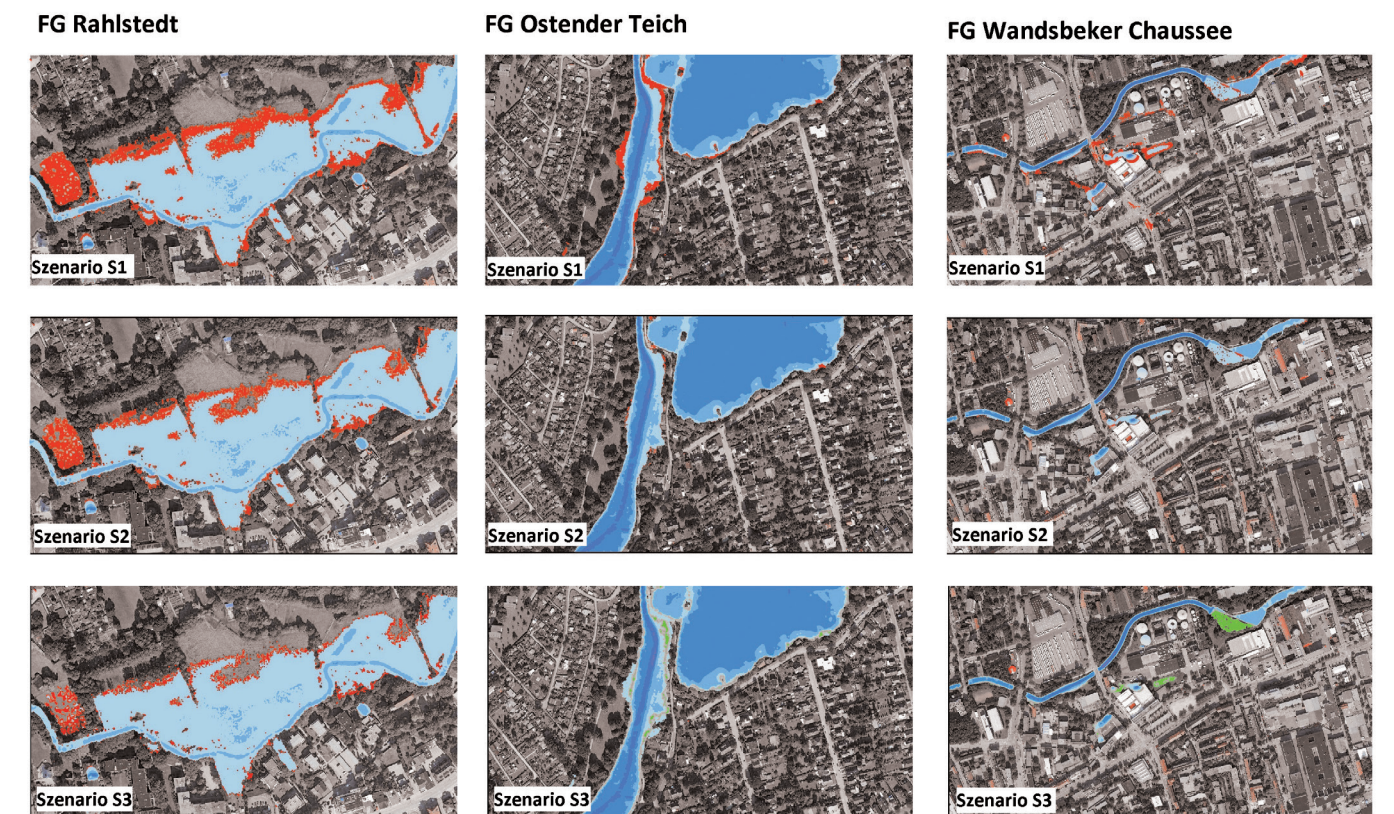


Abb. 108: Veränderung der überschwemmten Flächen mit einer Wiederkehrzeit von einmal in 100 Jahren, berechnet für die Gewässerabschnitte innerhalb der Fokusgebiete auf Grundlage der drei Szenarien S1 (oben), S2 (Mitte), S3 (unten) und einer angenommenen Zunahme der Hochwasserabflüsse durch den Klimawandel von +20%.

Auswirkung auf die Gewässer (Niedrigwasser)

Neben der Hochwasserthematik sind auch die Grundwasserstände und Niedrigwasserabflüsse im Einzugsgebiet der Wandse untersucht worden. Das Thema „Niedrigwasser“ wird bereits in der derzeitigen Situation als wichtig erachtet und sollte neben der Hochwasserproblematik gleichrangig behandelt werden (s. Kap. 5.1 „Klimaanpassung aus Sicht lokaler Akteure“). Durch die Anlage von Versickerungsmulden kann die Grundwasserneubildung im Einzugsgebiet erhöht werden. Eine Erhöhung des Grundwasserstandes hat indes eine Auswirkung auf den Zufluss von Bodenwasser in das Gewässer. Je höher der Grundwasserstand und die Bodenfeuchte, je mehr Wasser kann über einen längeren Zeitraum aus den Bodenschichten in das Gewässer fließen. Diese Entwässerung erfolgt auch in Trockenperioden bei entsprechender Höhe der Grundwasserstände und kann dadurch Abfluss und Wasserstand im Gewässer verändern.

Die Wirkungen von Maßnahmen auf den Bodenwasserhaushalt und die Niedrigwasserabflüsse wurden analysiert und anhand von Langzeitsimulationen über fünf Jahre mit dem Niederschlagsabfluss-Modell KalypsoHydrology ausgewertet. Für Szenario 1 „Rück- und Umbau“ lassen sich aufgrund der geringfügigen stadtstrukturellen Änderungen keine Auswirkungen auf Grundwasserstände und Niedrigwasserabflüsse feststellen. Im Rahmen des Szenarios 2 „Flourierender Wirtschaftsstandort“ ist die Anlage vereinzelter Versickerungsmulden vorgesehen, durch die das Absinken des Grundwassers in Trockenperioden um einige Millimeter reduziert wird. Im Szenario 3 „Kompakte Stadt“ wird eine Reduktion der Grundwasserabsenkung von einigen Zentimetern auch nach längeren Trockenperioden erreicht. Die Ergebnisse der Szenarien werden in Abbildung 109 beispielhaft für einen Zeitraum von sechs Monaten für den Bereich des Fokusgebietes „Ostender Teich“ dargestellt. Durch höhere Grundwasserstände und höherer Bodenfeuchte in Trockenperioden unterliegt der Zufluss aus den Bodenschichten in das Gewässer geringeren Schwankungen. Dadurch wird das Absinken des Niedrigwasserabflusses im Gewässer verlangsamt. Beispielhaft kann dies in den Zeiträumen Anfang Juni, Anfang Juli und Anfang September in Abbildung 109 beobachtet werden.

Die geringeren Schwankungen in den Abflüssen zwischen Hoch- und Niedrigwasser wirken sich auch positiv auf die Speichervolumen in den Rückhaltebecken aus. Die Abbildung Nr. 109 zeigt das Speichervolumen des Rückhaltebeckens „Kupferteich“ im Bereich des Fokusgebietes „Ostender Teich“ auf. Dieses unterliegt im Szenario 3 geringeren Schwankungen über den betrachteten Zeitraum.

Zusammenfassung

Bei einer zukünftigen Stadtentwicklung im Sinne der Szenarien 1 „Rück- und Umbau“ und 2 „Flourierender Wirtschaftsstandort“ werden Maßnahmen zur Reduzierung der an das Kanalnetz angeschlossenen Flächen nur in geringem Umfang realisiert. Hierdurch können mögliche Änderungen der Niederschläge und Folgen einer Nachverdichtung nur begrenzt kompensiert werden. Die Umsetzung weiterer Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung müssen entweder durch gezielte Förderung und Forderung erreicht oder durch zusätzliche Möglichkeiten zur Anpassung ergänzt werden. Wesentliches Element zum Schutz vor einer Überlastung des Kanalnetzes stellt dabei die Begrenzung zulässiger Einleitmengen dar, die bereits seit etlichen Jahren von Hamburg Wasser praktiziert wird und die zwangsläufig zu einer zumindest teilweisen Rückhaltung auf den Grundstücken führt. Auch eine verstärkt oberflächige Ableitung von Überschusswasser und Maßnahmen zum Überflutungsschutz könnten ergriffen werden. Die entsprechend Szenario 3 „Kompakte Stadt“ umgesetzten Abkopplungsmaßnahmen zeigen einen positiven Effekt zur Entlastung des Kanalnetzes und der Gewässer bei Hochwasser. Aber auch hier kann lokal die Umsetzung weiterer Maßnahmen notwendig werden, um mögliche negative Klimafolgen zu vermeiden.

Neben den positiven Auswirkungen zur Reduktion von Hochwasser, können sich die Rückhalte- und Versickerungsmaßnahmen (z.B. Mulden, Rigolen) in der Fläche auch positiv auf den Bodenwasserhaushalt und die Niedrigwasserabflüsse im Gewässer nach längeren Trockenperioden auswirken. Die Schwankungen zwischen höheren und niedrigeren Abflüssen können hier gemildert werden. Dies wirkt sich auch ausgleichend auf das Speichervolumen von Rückhaltebecken im Gewässer aus.

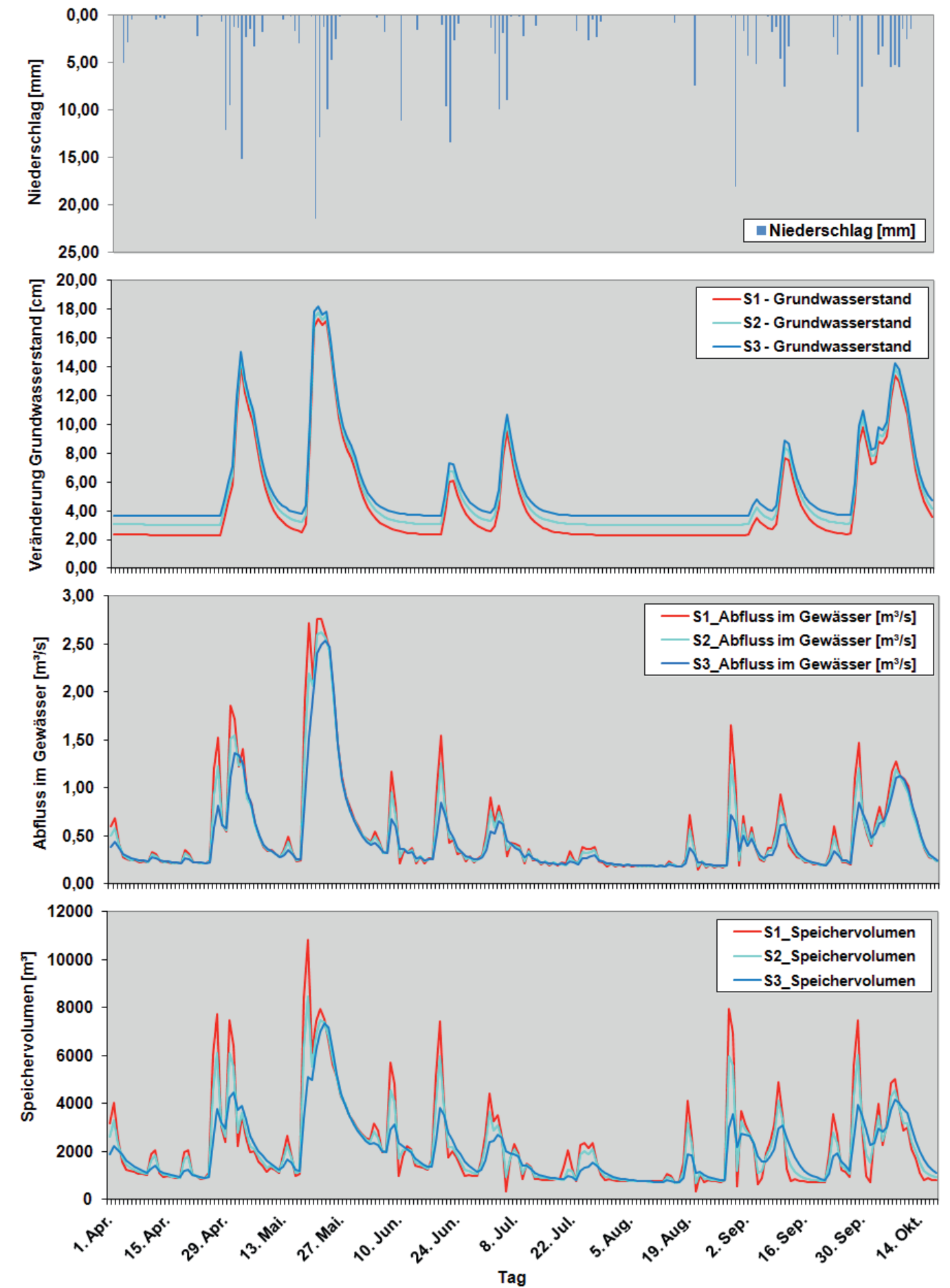


Abb. 109: Veränderung der Grundwasserstände, der Abflüsse und des Speichervolumens (hier Kupferteich) beispielhaft für einen Zeitraum von sechs Monaten für die drei Szenarien S1, S2 und S3.

4.5 Zwischenfazit:

Integrierte Klimaanpassungsmaßnahmen und ihre Wirkungen

Anne Kittel, Thomas Zimmermann

Klimaangepasste Stadtentwicklung erfordert aus zwei Gründen eine langfristige Betrachtungsweise: Zum einen verändern sich klimatische Parameter fortwährend, sodass nachhaltige Ansätze nicht von bestehenden Rahmenbedingungen ausgehen können, sondern sich auf zukünftige Entwicklungen beziehen müssen. Zum anderen sollten Anpassungsmaßnahmen frühzeitig in die Erneuerungszyklen von Gebäuden, Infrastrukturen und Grünflächen integriert werden. Aufgrund der langen Zeiträume sind neben den klimatischen Veränderungen auch Rahmenbedingungen, die auf die Stadtentwicklung einwirken, nicht mit Sicherheit prognostizierbar. Die in Kapitel 4.2 beschriebenen sozio-ökonomischen Szenarien veranschaulichen verschiedene Möglichkeiten, wie sich die Stadt Hamburg entwickeln und welche Strategien und Maßnahmen zur Vorbereitung auf den Klimawandel ergriffen werden könnten.

Wie die Ergebnisse der vergleichenden Quantifizierung gezeigt haben, führen die Anpassungsmaßnahmen in Szenario 3 „Kompakte Stadt als Zentrum für Innovationen im Bereich Umwelt“ zu einer deutlichen Reduzierung der klimatischen Auswirkungen auf Flora und Fauna, den Regenwasserabfluss und damit auch auf den Überlauf des Kanalnetzes und die Entstehung von Überschwemmungen. Trotz zunehmender baulicher Verdichtung bieten die stadtstrukturellen Veränderungen in diesem Szenario gute Voraussetzungen für den Erhalt der Lebensräume von Flora und Fauna. Auch den erhöhten Regenwasserabfluss können die Maßnahmen weitgehend kompensieren. Den Wasserzufluss aus dem ländlich geprägten Flussoberlauf beeinflussen sie allerdings nicht. Daran wird deutlich, dass Städte nicht losgelöst von ihrem Umland an den Klimawandel angepasst werden können. Um Überschwemmungen in den Stadtzentren zu reduzieren, sind demnach auch Maßnahmen zum Regenwasserrückhalt auf land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen im Umland notwendig. Hierzu bedarf es einer Kooperation zwischen Stadt und Region, die stärker als bisher naturräumliche Zusammenhänge wie Flusseinzugsgebiete in den Blick nimmt.

Im Hinblick auf die Temperaturverhältnisse führen die in Szenario 3 vorgeschlagenen Anpassungsmaßnahmen zu einer Reduktion der sommerlichen Temperaturerhöhung. Doch selbst eine flächendeckende Umsetzung dieser Maßnahmen kann den Temperaturanstieg nicht vollständig kompensieren, d.h. die Wirkungen aufgrund der zunehmenden baulichen Verdichtung sind nicht zu unterschätzen. Alle weiteren Anpassungsmaßnahmen, die auf Basis der anderen beiden Szenarien entwickelt wurden, zeigen deutlich geringere bzw. kaum feststellbare Wirkungen.

Die Möglichkeiten zur Klimaanpassung unterscheiden sich auch im Hinblick auf die verschiedenen Teilbereiche der Stadt, die mit Hilfe des Stadtstrukturtypenansatzes untersucht wurden. Dabei wurde deutlich, dass insbe-

sondere Stadtstrukturtypen mit einem hohen Anteil an Grünflächen, wie bei den Typen „Einfamilienhausgebiete“ und „Neue Zeilenbebauung“, oder einer hohen Anzahl an Flachdächern, wie bei den „Gewerbe- und Industriegebieten“, spezifische Chancen für die Klimaanpassung bieten. Eine homogene Eigentümerstruktur, wie sie der Typ „Neue Zeilenbebauung“ aufweist, ermöglicht ebenfalls eine effiziente Umsetzung der Klimaanpassungsmaßnahmen.

Dass die klimaangepasste Entwicklung einer Stadt, die in die Höhe anstatt in die Breite wächst, mit einer hohen gestalterischen Qualität vereinbar ist, verdeutlichen die detaillierten Entwürfe für Teilbereiche, die so genannten Zoom-Ins. Für alle Stadtstrukturtypen weisen sie nach, dass die Integration von Anpassungsmaßnahmen in einer kompakteren Stadt die Lebensqualität der Bewohnerinnen und Bewohner steigern kann.

Aufgrund von hohen Anforderungen an die Integration unterschiedlicher Aspekte ist dazu eine interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen ingenieurwissenschaftlich ausgerichteten und gestalterischen Disziplinen erforderlich. Die Koordination entsprechender Prozesse durch querschnittsorientierte Disziplinen wie die Stadt- und Freiraumplanung ist für das Gelingen entsprechender Konzepte von entscheidender Bedeutung.

Darüber hinaus bestehen vielfältige Synergieeffekte innerhalb der einzelnen Handlungsfelder der Klimaanpassung. Gründächer reduzieren beispielsweise den Regenwasserabfluss, kühlen durch Evapotranspiration der Bepflanzung und können Lebensräume für Flora und Fauna bieten. Beispiele für die Vereinbarkeit von Klimaanpassung und Klimaschutz sind die passive Klimatisierung, die den Energieverbrauch für die Gebäudekühlung und gleichzeitig die anthropogen erzeugte Abwärme senkt. Die Reduktion des motorisierten Individualverkehrs (MIV) bietet Möglichkeiten, Verkehrsflächen zu entsiegeln und neue Grünräume zu schaffen. Auch die Aufstockung bestehender Gebäude birgt ein bemerkenswertes Potenzial für Wachstum ohne weitere Flächeninanspruchnahme und gleichzeitig Handlungsfenster für den Bau von Gründächern.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass auch bei der Entwicklung eines auf den ersten Blick weniger stark betroffenen Stadtraums, wie dem Einzugsgebiet der Wandse, schon jetzt Klimaanpassungsmaßnahmen eingeplant und umgesetzt werden sollten. Die beschriebenen Möglichkeiten lassen sich auch auf andere Orte und Räume übertragen. Die genannten Maßnahmen leisten nicht nur einen wichtigen Beitrag zur Klimaanpassung, sondern werten gleichzeitig Stadträume auf und tragen so zur Steigerung der Lebensqualität bei. Städtischen Grünräumen kommt dabei eine besondere Bedeutung zu, da sie Raum für einen Großteil der Anpassungsmaßnahmen bieten.

5 Governance der Klimaanpassung im Modellgebiet

Das vorherige Kapitel stellte am Beispiel des Einzugsgebietes der Wandse Möglichkeiten zur Anpassung unterschiedlicher städtischer Strukturen an die Folgen des Klimawandels dar. Darüber hinaus thematisierte es die Wirksamkeit der angewendeten Maßnahmen. In Kapitel 5 stehen in dem Gebiet tätige Akteure, die für eine Umsetzung der Konzepte in Fragen kommen, im Mittelpunkt. Maßgeblich für die Umsetzung von Konzepten zur Klimaanpassung ist sowohl die Bereitschaft der verantwortlichen Akteure als auch die Verfügung über Mittel. Daher sind ihre Sichtweisen, Handlungslogiken und -ressourcen sowie spezifischen Motivationen und Interessen bei Konzeptentwicklung und -umsetzung zu berücksichtigen. Formen und Verfahren der Information, Beteiligung und Kooperation, gehen auf diese Anforderungen ein. Sie werden gegenwärtig verstärkt in Verbindung mit dem Governance-Begriff diskutiert.¹⁰³

Das Kapitel verfolgt zwei Ziele: die Analyse der Perspektiven lokaler Akteure sowie die Auseinandersetzung mit Formen und Verfahren einer Governance der Klimaanpassung. Dazu schildert es zunächst die Sichtweisen ausgewählter Akteure im Modellgebiet. Daran anschließend behandelt das Kapitel mögliche Formen und Verfahren zur Information, Beteiligung und Kooperation, welche die Konzeptentwicklung und -umsetzung begleiten und unterstützen können. Damit erweitert Kapitel 5 die natur- und ingenieurwissenschaftliche sowie die räumliche Perspektive der vorherigen Kapitel um Fragen der Sensibilisierung und Bewusstseinsbildung als Baustein für die Umsetzung einer klimaangepassten Stadtentwicklung.

103 Walk 2008; Jänicke, Jörgens 2009; Knieling et al. 2011, Faeth et al. 2011, Yanow 2000

5.1 Klimaanpassung aus Sicht lokaler Akteure

Jannes Fröhlich, Jörg Knieling

Das folgende Kapitel betrachtet die Sichtweisen verantwortlicher lokaler Akteure auf die Anpassung an die Folgen des Klimawandels, um die praktischen Konsequenzen möglicher Ansätze zu verstehen.¹⁰³ Anpassungsmaßnahmen können in Konkurrenz zu anderen lokalen Interessen stehen, die oftmals als kurzfristig dringlicher wahrgenommen werden, wie die Nutzung überschwemmungsgefährdeter Gebiete als Wohn- oder Gewerbeflä-

Methodisches Vorgehen

Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse basieren auf Interviews mit lokalen Akteuren aus Verwaltung, Verbänden und einer Wohnungsbaugenossenschaft im Modellgebiet, die im Sommer 2010, d. h. zu Beginn der Arbeiten im Modellgebiet, stattgefunden haben. Die Befragten sind in den Bereichen Wasserwirtschaft, Wohnen, Umwelt- und Naturschutz tätig. Die Analyse nutzt die Forschungsheuristik des Akteurzentrierten Institutionalismus (AZI)¹⁰⁶, nach der für die Lösung politischer Probleme sowohl die Akteure als auch die institutionellen Rahmenbedingungen entscheidend sind. Daher beschreibt das Kapitel im Folgenden sowohl die spezifischen Orientierungen und Wahrnehmungen und die Ressourcen (Verantwortlichkeiten und Finanzmittel) der Akteure als auch die institutionellen Rahmenbedingungen der Anpassung an den Klimawandel im Modellgebiet. Zum Zeitpunkt der Befragung waren noch nicht alle natur- und ingenieurwissenschaftlichen Analysen abgeschlossen.

Klimawandel im Modellgebiet noch nicht erlebbar

Das Thema Anpassung an die Folgen des Klimawandels ist unter den befragten Experten überwiegend noch nicht in der alltäglichen Arbeit angekommen. Sie sehen für Wasserwirtschaft, Stadtklima und Naturschutz keine Veränderungen, die sie bislang eindeutig dem Klimawandel zuordnen würden.

Obwohl der Klimawandel insgesamt als wichtige Randbedingung für die öffentliche Wasserwirtschaft gilt, bilanziert ein Akteur:

„Gegenwärtig sind durch den Klimawandel verursachte Veränderungen im Gebiet der Wandse noch nicht eindeutig quantifizierbar.“¹⁰⁷

chen.¹⁰⁴ Praktische Erfahrungen bei der Einbindung von Stakeholdern in Planungsprozesse verdeutlichen, wie Ansichten von Planerinnen und Planern sowie Anwohnerinnen und Anwohnern über ein Vorhaben voneinander abweichen und wie sich daraus Kontroversen entwickeln können.¹⁰⁵ Ziel des Kapitels ist es, auf Grundlage einer Bestandsaufnahme der lokalen Perspektiven wichtige Herausforderungen zu identifizieren.

Es seien zwar bspw. bei den aufgezeichneten Regenreihen Veränderungen innerhalb der letzten zehn bis zwanzig Jahre beobachtbar, allerdings sei unklar, ob diese ursächlich mit dem Klimawandel in Verbindung gebracht werden könnten.¹⁰⁸ Auch ein Mitarbeiter einer Wohnungsbaugenossenschaft bemerkt, dass der Klimawandel bei der Genossenschaft bislang noch nicht thematisiert werde, da keine Auswirkungen festgestellt werden könnten.¹⁰⁹

Wasserbezogene Themen im Mittelpunkt

Klimaanpassung thematisieren die Befragten insbesondere in Verbindung mit extremen Wetterereignissen. Dabei stehen wasserbezogene Themen im Vordergrund, insbesondere Hoch- und Niedrigwasser an der Wandse, Schadstoffeinträge durch Starkregen bzw. lokale Überflutungen und die Erwärmung der Wandse. Am Rande werden auch Hitze und Trockenheit angesprochen.

Im Bereich Wohnen hätten Starkregenereignisse dazu geführt, dass die Dimensionierung der Dachentwässerung der älteren Gebäude teilweise nicht mehr ausreichen würde, erklärt ein Vertreter einer Baugenossenschaft. Die Ereignisse würden allerdings so selten auftreten, dass Maßnahmen an Regenrinnen, Entwässerungsapparat und Kanalleitungen zu aufwendig erschienen. Gerade im Bestand gelten Anpassungen daher als schwierig.¹¹⁰ Hochwasser wird von mehreren Interviewpartnern als extremes Wetterereignis genannt, gegen das die Wasserwirtschaft bereits Lösungsmöglichkeiten erarbeitet und umgesetzt hat.

So berichtet ein Akteur aus dem Naturschutz: *"Aus Sicht des Naturschutzes waren die Hochwassersituationen an der Wandse nicht problematisch, da dort schon seit längerem Überschwemmungsgebiete ausgewiesen sind"*.¹¹¹

Neben Hochwasser wird Niedrigwasser als eine Problemstellung im Modellgebiet identifiziert. Diese Einschätzung kommt sowohl aus der Wasserwirtschaft als auch aus dem Naturschutz. Ein Akteur bemerkt: *„[...] Hochwasser [tritt] nur an wenigen Tagen im Jahr auf, entgegen der fast alltäglichen Problematik des Niedrigwassers. Die Auswirkungen durch Niedrigwasser sind aber gleichrangig als hoch einzuschätzen“*.¹¹²

Eine Schwierigkeit sei, dass man sich gegen akute Hochwasser besser schützen könnte als gegen Niedrigwasser.

Sowohl öffentliche als auch private Verantwortung

Mit dem Thema öffentliche und private Verantwortung werden die Handlungsmöglichkeiten der Akteure, unter u.a. in Form von Aufgaben, Zuständigkeiten und Kapazitäten benannt. In Wasserwirtschaft, Natur- und Umweltschutz sowie Wohnen liegt die Verantwortlichkeit für die Anpassung an den Klimawandel sowohl bei öffentlichen als auch bei privaten Akteuren, wie Grundstückeigentümern oder Wohnungsunternehmen. Wichtig sei, dass Politik und Verwaltung „glaubwürdige Rahmenbedingungen setzen“ und Vorbild für Investoren, Grundeigentümer sowie Bürgerinnen und Bürger seien.¹¹³

Gerade im Handlungsfeld Wohnen wird die Verantwortung bei den Privaten gesehen. Die Wärmeentwicklung in Wohnräumen ist ein Thema für die Bewohnerinnen und Bewohner. Diese müssten eigenverantwortlich auf die Temperaturen reagieren, z.B. durch Lüftungsmaßnahmen, um das Wohnklima zu regulieren. Allerdings könnten die Bewohnerinnen und Bewohner genossenschaftlicher Wohnungen im Modellgebiet, so eine Einschätzung, nicht zu einem sachgerechten Lüftungsverhalten verpflichtet werden.¹¹⁴

Im Gewässerschutz tragen aus Sicht des Naturschutzes auch Private Verantwortung. So sollte bspw. nicht durch Beschneidung der Vegetation entlang der Wandse die Verschattung des Gewässers vermindert werden. Auf vielen Flächen fällt dies jedoch auch in die Zuständigkeit öffentlicher Stellen.¹¹⁵ Ein weiterer Experte sieht primär die öffentliche Hand dafür verantwortlich, Maßnahmen zu ergreifen und zu finanzieren. Vereine, etwa Naturschutzverbände, könnten jedoch öffentliche Aktivitäten ergänzen und kleinere Maßnahmen selbst durchführen, die teilweise durch öffentliche Mittel (mit-)finanziert würden. Private Akteure könnten auch dadurch einen Beitrag leisten, dass sie in heißen Sommermonaten bei niedrigem Wasserstand kein Wasser für die Gartenbewässerung entnehmen.¹¹⁶ Über diese Risiken müssten sie jedoch informiert werden.

Im Hochwasserschutz sieht ein Experte grundsätzlich den Staat in der Verantwortung, das Gemeinwohl zu schützen. Bei der Gefährdung privaten Eigentums durch Hochwasser könne allerdings nicht immer der Schutz des Gemeinwohls geltend gemacht werden. Wenn Private in Überschwemmungsgebieten bauten, dann setzten sie sich eigenverantwortlich einem Risiko aus. Hier solle der Staat nicht für viel Geld Deiche bauen müssen. Eine Einschätzung hierzu ist, dass im Hochwasserschutz gegenwärtig teilweise eine Verschiebung von Verantwortung von Behörden hin zu Einzelpersonen stattfindet, sodass sich neue Rahmenbedingungen ergäben, die bei Regelungen in diesem Bereich Berücksichtigung finden müssten.¹¹⁷

Kooperation und Koordination zur Klimaanpassung erforderlich

Das Thema Kooperation bei der Klimaanpassung wird maßgeblich durch den institutionellen Rahmen und die Handlungsressourcen der Akteure bestimmt. Für öffentliche und private Organisationen besteht eine Herausforderung darin, dass sich der Klimawandel nicht eindeutig einzelnen Einheiten, etwa Abteilungen oder Referaten, zuordnen lässt, sondern stets verschiedene Ressorts, wie Stadtplanung und Wasserwirtschaft, betroffen sind.

Ein Akteur bemerkt:

„[...] Innerhalb des Amtes werden Planungen der Stadtplanung und der Wasserwirtschaft noch immer weitgehend unabhängig voneinander entwickelt, obwohl eine Koordination unabdingbar wäre.“¹¹⁸

104 Storbjörk 2007; Granberg, Elander 2007

105 Aktuell Ritscher 2012 bei den Planungen zum Bau einer S-Bahnstrecke im Modellgebiet

106 Mayntz, Scharpf 1995

107 INT Wandse 6 2010: 17

108 INT Wandse 6 2010: 17

109 INT Wandse 3 2010

110 INT Wandse 6 2010

111 INT Wandse 6 2010

112 INT Wandse 6 2010

113 INT Wandse 1 2010

114 INT Wandse 6 2010

115 INT Wandse 4 2010

116 INT Wandse 5 2010

117 INT Wandse 6 2010

In der sektoral organisierten und in administrative Ebenen differenzierten öffentlichen Verwaltung, ist sich ein anderer Beobachter sicher, bestehe immer die Möglichkeit, dass verschiedene Behörden für denselben Bereich parallel planen.

„Zwischen den Behörden gibt es teilweise kein koordiniertes Vorgehen, bspw. zwischen der Landesebene und den Bezirken. Dies ist auf mangelnde Kommunikation zurückzuführen.“¹¹⁹

Allerdings hätten zuletzt europäische Richtlinien, etwa die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), zu einer Verbesserung der innerbehördlichen Zusammenarbeit in Arbeitsgruppen zwischen unterschiedlichen Dienststellen im Bezirksamt Wandsbek beigetragen.¹²⁰

Außerdem stellt der Klimawandel im Modellgebiet Anforderungen an die Länderzusammenarbeit, da sich der Oberlauf der Wandse in Schleswig-Holstein befindet, während der Unterlauf im Hamburger Landesgebiet liegt. Die länderübergreifende Kooperation im Hochwassermanagement erweist sich an der Wandse als schwierig. Dies hätte damit zu tun, dass sich die Ursachen von Hochwasserereignissen im städtischen Hamburg (Starkniederschläge) und im ländlich geprägten Kreis Stormarn (langzeitige Niederschlagsereignisse) auf unterschiedliche Voraussetzungen beziehen.¹²¹

„Klimaprognosen“ bislang für die Praxis zu ungenau

Erkenntnisse über die (lokalen) Auswirkungen des Klimawandels gelten als eine wichtige Voraussetzung zum Handeln. Als erschwerend für die Berücksichtigung des Klimawandels im alltäglichen Handeln wird dessen Langfristigkeit eingeschätzt und dass Klimaprognosen aus der Perspektive der Akteure vor Ort relativ vage bleiben: „Eine Reaktion auf vage und langfristige Prognosen ist [in der Wasserwirtschaft] wirtschaftlich nicht sinnvoll.“¹²²

Mehrere Gesprächspartner äußerten entsprechend Bedarf nach verlässlichen, möglichst realitätsnahen Prognosen über die zu erwartenden Änderungen. Als Informationsgrundlage seien genauere, räumlich konkrete Prognosen notwendig.¹²³ Die verfügbaren Daten gelten als unzureichend. Erst diese realistischen, wissenschaftlichen Erkenntnisse könnten in administrativen Regeln und Routinen berücksichtigt werden.¹²⁴

Zu einer vergleichbaren Einschätzung kommt auch ein Vertreter der Wohnungswirtschaft:

„Die Prognosen sind [...] noch zu vage und langfristig, als dass darauf reagiert werden kann. Erst bei konkreten Veränderungen des Klimas und dessen Auswirkungen würden die Bauformen angepasst werden [...]. Anpassungen dieser Art sind im Bestand aber nicht möglich.“¹²⁵

Die Antworten der Interviewpartner machen deutlich, dass die Befragung der Akteure zu Beginn der Aktivitäten im Modellgebiet durchgeführt wurde. Zu diesem Zeitpunkt lag den Beteiligten noch keine spezifische Beurteilung der Klimafolgen und möglicher Anpassungskonzepte für das Gebiet vor. Insgesamt wird es im Wohnungsbau als schwierig eingeschätzt, „sich an szenarienkonstruierten, langfristigen Aussagen zu orientieren.“¹²⁶

Klimaanpassung – derzeit niedrige politische Priorität

Der politische Wille als eine weitere Handlungsressource wird ebenfalls als zentrale Voraussetzung für eine erfolgreiche Anpassung an den Klimawandel benannt. Eine Einschätzung diesbezüglich ist, dass politische Entscheidungsträger bereit sein müssten, das Ziel der Anpassung konsequent zu verfolgen und auch gegen andere Interessen durchzusetzen.¹²⁷ Für die Umsetzung von Maßnahmen seien partei-, aber auch bezirkspolitische Prioritäten maßgebend.¹²⁸ Die politische Führungsebene müsse bereit sein, das Thema Klimawandel und Anpassung angemessen zu berücksichtigen.¹²⁹

Lokale politische Prioritäten liegen allerdings oftmals auf kurzfristig dringlicheren Problemstellungen. Ein wichtiges konkurrierendes Interesse, das gegenwärtig im Modellgebiet besteht, ist die Schaffung von neuem Wohnraum. Durch das „Wohnungsbauprogramm des Senats“ und die „Vereinbarung zwischen Senat und Bezirken zum Wohnungsneubau“ aus dem Jahr 2011 ist diese Richtung klar vorgegeben.¹³⁰ Gleichzeitig fehlt aus der Perspektive der Stadtplanung auf Bezirksebene ein eindeutiger politischer Wille zur Anpassung an den Klimawandel. Dies verdeutlichte ein Workshop vor Ort. Ein Schwerpunkt der Verwaltungspraxis liegt aufgrund dieser politischen Zielvorgaben gegenwärtig eindeutig auf der Nachverdichtung, während bspw. das Freihalten von Flächen aus stadtklimatischen Gesichtspunkten in der Praxis kaum durchsetzbar ist.

Resümee

Die dargestellten Sichtweisen zur Klimaanpassung bieten Anknüpfungspunkte für die Umsetzung der in diesem Bericht entwickelten Anpassungskonzepte in Kapitel 4.3.

Wichtige Herausforderungen bei der Umsetzung resultieren aus:

- der begrenzten Erlebbarkeit des Klimawandels im Modellgebiet, gerade auch bei nicht wasserbezogenen Themen,
- diffusen Verantwortlichkeiten privater und öffentlicher Akteure bei der Umsetzung von Anpassungskonzepten und Maßnahmen,
- den hohen Kooperationsanforderungen zwischen unterschiedlichen Akteuren innerhalb von Zuständigkeiten und Institutionen, die sich durch die Klimaanpassung ergeben, sowie
- dem Vorhandensein erforderlicher politischer Prioritäten für die Klimaanpassung.

Die Interviews mit den lokalen Akteuren zeigen, dass Anpassung an den Klimawandel bislang ein Thema von geringem Stellenwert ist. Für die Umsetzung der in diesem Bericht entwickelten beispielhaften Konzepte zur Klimaanpassung bietet es sich daher insbesondere an, zunächst informelle Instrumente der Information zur Sensibilisierung und Bewusstseinsbildung einzusetzen, auf die das nachfolgende Kapitel eingeht.

118 INT Wandse 4 2010

119 INT Wandse 5 2010

120 INT Wandse 1 2010

121 INT Wandse 2 2010

122 INT Wandse 6 2010

123 INT Wandse 4 2010

124 INT Wandse 2 2010

125 INT Wandse 6 2010

126 INT Wandse 3 2010

127 INT Wandse 6 2010

128 INT Wandse 5 2010

129 INT Wandse 1 2010

130 Siehe auch: <http://www.hamburg.de/bsu/wohnungsbau/> und: <http://www.hamburg.de/contentblob/3460004/data/vertrag-fuer-hamburg.pdf>

5.2 Informelle Instrumente zur Klima-Governance

Jannes Fröhlich, Jörg Knieling

Zur Umsetzung von Konzepten und Maßnahmen bieten sich grundsätzlich unterschiedliche Instrumente, d.h. formelle Instrumentarien (z.B. Festsetzungen in Bebauungsplänen im Bereich der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung), ökonomische Anreize (z.B. durch städtische Förderprogramme) und informelle Instrumente¹³¹ (z.B. Diskussionsveranstaltungen, Workshops oder Arbeitsgruppen) an. Die Arbeit im Modellgebiet verdeutlicht, dass die Klimaanpassung bisher einen vergleichsweise geringen Stellenwert hat. Dies drückte sich auch in der Beteiligung an Veranstaltungen vor Ort und im Online-Diskurs aus (s.

Kap. 5.2.1, 5.2.2, 5.2.3). Da in diesem Beitrag der Einbezug unterschiedlicher Perspektiven bei der Umsetzung von Anpassungskonzepten im Blickpunkt steht, beschränkt sich dieses Kapitel auf die beispielhafte Darstellung informeller und dabei insbesondere kommunikativer Instrumente zur Einbindung relevanter Akteure.¹³² Sie greifen auf Formen und Verfahren der Information, Beteiligung und Kooperation zurück, um betroffene und interessierte umsetzungsrelevante Akteure einzubinden.¹³³ Einen Überblick über das Spektrum informeller Instrumente zur Anpassung an den Klimawandel gibt Tabelle 5.

Beispiele aus dem Bereich der Klimaanpassung

Beispiele aus dem Bereich der Klimaanpassung	
Informieren	Onlinebefragung zur Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) Sturmflutmerkblatt, Hamburg Wurfsendung „Sturmflut – wat geht mi dat an?“, Schleswig-Holstein Risiko-/Vulnerabilitätskarte Anpassungskonferenzen zu DAS und Aktionsplan. Anpassung Regionalkonferenzen „Küste“ von Bund und Ländern Klimalotse des UBA KomPass-Newsletter des UBA Tatenbank des UBA
Beteiligen	Partizipative Kartierung/Modellierung Beirat Integriertes Küstenschutzmanagement, Schleswig-Holstein Regierungskommission Klimaschutz, Niedersachsen Stakeholder-Dialoge des UBA Szenario-Workshop an der Wandse, Hamburg
Kooperieren	Runder Tisch „Rückdeichung Sude/Krainke“ Lern- und Aktionsallianz Wandse, Hamburg KLIMZUG-Projekte des BMBF Kompetenznetzwerk Hamburg Wasser Integriertes Regionales Klimaanpassungsprogramm, Modellregion Dresden Mittlergestützte Verhandlungen zwischen Küstenschutz und Naturschutz Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass) des UBA Klimaanpassungsbeauftragte

Tab. 5: Informelle Instrumente zur Anpassung an den Klimawandel (Auswahl)

Im Weiteren wird aufgezeigt, wie informelle Instrumente durch Information, Beteiligung und Kooperation im Modellgebiet die Entwicklung und Umsetzung von Anpassungskonzepten begleiten und unterstützen können.

Dabei werden Handlungsempfehlungen gegeben, wie im Anschluss an KLIMZUG-NORD die entwickelten Anpassungskonzepte umgesetzt werden können.

Informieren

Informelle Instrumente, die der Information über die Auswirkungen des Klimawandels dienen, stellen Klimawissen bereit und vermitteln dieses Wissen.¹³⁴ Sie können im Modellgebiet zu einer Sensibilisierung und Bewusstseinsbildung für die Betroffenheit durch Klimafolgen beitragen. Beides ist dort sinnvoll, wo der Klimawandel und Anpassungsmaßnahmen im Alltag noch nicht angekommen sind, aber dennoch Handlungsbedarf besteht. Im Gegensatz zum Umgang mit Starkniederschlägen und Binnenhochwassern gilt dies im Modellgebiet stärker den Themen Niedrigwasser bzw. Trockenheit, städtische Wärmeinseln und Wohnen.

Ein verbreitetes Instrument zur Sensibilisierung und Bewusstseinsbildung von Anwohnenden sind Postwurfsendungen. Vergleichbar mit dem Hamburger „Sturmflutmerkblatt“, das möglichen Betroffenen stadtteilspezifische Informationen über das richtige Verhalten bei Sturmfluten bereitstellt,¹³⁵ könnten im Modellgebiet Postwurfsendungen eingesetzt werden. So ließe sich bspw. über das richtige Verhalten bei Hitzeereignissen, über die Regulierung der Wärmeentwicklung in Wohnräumen durch Mieterinnen und Mieter oder mögliche bauliche Anpassungsmaßnahmen an Gebäuden wie Dach- und Fassadenbegrünung oder Überflutungsschutz durch Eigentümerinnen und Eigentümer im Modellgebiet informieren (s. Kap. 4.3).

Um auch jüngere Bewohnende des Modellgebietes für die Folgen des Klimawandels in ihrem Stadtteil zu sensibilisieren und deren Verhalten im Umgang mit Starkregen und Hitze langfristig zu verändern, bietet sich z.B. die Integration der Klimaanpassung in die schulische Bildung an. Auf Chancen und Grenzen des Instrumentes geht Kapitel 5.2.2. näher ein.

Ein anderes Beispiel sind Risiko- bzw. Vulnerabilitätskarten. Vergleichbare Karten werden im Rahmen der Hochwasserrisiko-Managementplanung im Modellgebiet bereits eingesetzt. Sie können das Interesse und die Aufmerksamkeit für Klimafolgen steigern, u.a. in zukünftigen (Stadt-)Planungsprozessen im Modellgebiet.¹³⁶ Gleichzeitig stellen sie eine potenzielle Schnittstelle zu formellen Planungsinstrumenten dar, sofern sie diese als „Klimakarten“ ergänzen.¹³⁷

Beteiligen

Instrumente der Beteiligung zielen auf die aktive Teilhabe von betroffenen und interessierten Akteuren.¹³⁸ Bei der Klimaanpassung geht es häufig um die Teilhabe an der Einschätzung von Chancen und Risiken des Klimawandels und an der Entwicklung geeigneter Anpassungsmaßnahmen für ein Gebiet oder einen Sektor.¹³⁹

Ein Beispiel für eine Beteiligungsform zur Klimaanpassung ist der Arbeitskreis Klimafolgenanpassung der Regierungskommission „Klimaschutz“ in Niedersachsen.¹⁴⁰ Übertragen auf die lokale Ebene des Modellgebietes könnten in einem Beirat oder Ausschuss zum Klimawandel unterschiedliche Akteure aus Zivilgesellschaft, Vereinen/Verbänden sowie Verwaltung und Politik frühzeitig ihre Interessen und ihr Wissen artikulieren und Anpassungsmaßnahmen gemeinsam erarbeiten. Auf diese Weise könnten mögliche Konflikte und Synergien, z.B. zwischen Wohnungsbau- und anpassungspolitischen Zielsetzungen im Modellgebiet, angegangen werden.¹⁴¹

Ein anderes Beispiel sind strukturierte und zeitlich begrenzte Workshops mit Expertinnen und Experten und/oder „Laien“ (s. Kap. 5.2.1). So können lokale Akteure an der Entwicklung von Anpassungskonzepten beteiligt werden, um aus Bottom up-Perspektive geeignete und lokal adäquate und akzeptierte Lösungen zu entwickeln. Gerade dann, wenn Anpassung nicht rechtlich normiert werden kann, jedoch Handlungsbedarf besteht, können Beteiligte auf freiwilliger Basis für Anpassungsmaßnahmen sensibilisiert werden. Beispiele sind die vorsorgende Regulierung des Wohnklimas bzw. Verhaltensregeln im Falle extremer Starkregen- und Hitzeereignisse.

Onlinediskurse (s. Kap. 5.2.3.) eröffnen die Möglichkeit, mit einer größeren Anzahl an Beteiligten über eine konkrete Problemstellung zu diskutieren und durch eine begleitende Moderation zu Lösungsvorschlägen zu gelangen. Im Modellgebiet hat sich gezeigt, dass von interessierten Bürgerinnen und Bürgern kritische Fragen gestellt wurden und zu den Fokusgebieten konkrete Lösungen entwickelt wurden.

131 Zum Begriff des Instruments siehe Glossar und Howlett 2009: 414, Jänicke et al. 2000

132 Fröhlich et al. 2014 für ein breites Spektrum informeller Instrumente

133 Bischoff et al. 2005; Danielzyk, Knieling 2011

134 unabhängig vom Klimawandel: Bischoff et al. 2005

135 FHH 2012

136 Preston et al. 2009

137 Schlipf et al. 2008

138 Bischoff et al. 2005

139 Kritisch zur Funktion von Beteiligung: Walk 2008

140 NRK 2012

141 Bischoff et al. 2005

Informelle Instrumente der Kooperation zielen auf die überwiegend gleichberechtigte Abstimmung und den Austausch zwischen Akteuren ab, bspw. durch Runde Tische und Akteursnetzwerke.¹⁴² Hinsichtlich der Umsetzung von Anpassungskonzepten im Modellgebiet wurden in den Interviews Verantwortlichkeiten sowohl bei öffentlichen als auch privaten Akteuren benannt. Dies spricht für Kooperationen zwischen öffentlicher Hand, Privatwirtschaft und Verbänden bzw. gemeinnützigen Organisationen. Die Aufgabe von Politik und Verwaltung wird vor allem in der Rahmensetzung gesehen. Die Interviews zeigen im Modellgebiet u.a. in den Bereichen Wohnen, Gewässer- und Hochwasserschutz spezifische Verantwortlichkeiten privater Akteure auf, z.B. die Regulierung der Wärmeentwicklung in Wohnräumen oder die Risikovorsorge im Hochwasserschutz durch Anwohnerinnen und Anwohner.

Akteursnetzwerke wie Lern- und Aktionsallianzen können ein Mittel sein, durch das öffentliche und private Akteure gemeinsam für die Klimaanpassung Verantwortung übernehmen. In einer Lern- und Aktionsallianz im Rahmen der Aufstellung eines Hochwasserrisiko-Managementplans für die Wandse wurden erste Erfahrungen in dieser Richtung gesammelt.¹⁴³

Vor dem Hintergrund von Konflikten zwischen stadtentwicklungspolitischen Zielsetzungen, z. B. Wohnungsbau,¹⁴⁴ und der Umsetzung von Anpassungskonzepten im Modellgebiet sollte Kooperation dauerhaft organisatorisch berücksichtigt werden. Ein Beirat oder Ausschuss zum Klimawandel im Bezirk Wandsbek könnte dazu beitragen, dass unterschiedliche Akteure aus Zivilgesellschaft, Vereinen/Verbänden sowie Verwaltung und Politik frühzeitig ihre Interessen artikulieren, ihr Wissen einbringen und gemeinsam Lösungen entwickeln.

Feste Anpassungsbeauftragte oder Anlaufstellen im Bezirksamt sind ein weiteres kooperatives Instrument, um das Thema Klimaanpassung dauerhaft im Modellgebiet zu verankern. Wie oben gezeigt wurde, erfordert der Klimawandel nicht nur Kooperation im Sinne einer Verantwortungsteilung zwischen staatlichen und privaten Akteuren sondern auch innerhalb von Organisationen zwischen verschiedenen Abteilungen bzw. Referaten, etwa zwischen Stadtplanung, Wasserwirtschaft und Naturschutz. Als Promotoren, die eine verbesserte Kooperation unterstützen können, bieten sich z.B. Klimaanpassungsbeauftragte bzw. -ansprechpartner an, die zu einer Verbesserung der innerbehördlichen Kooperation und fortlaufenden informellen Abstimmung führen können.¹⁴⁵ Eine stärkere Institutionalisierung stellen Leit- und Stabstellen für Klimaanpassung (und Klimaschutz) dar. In der Organisationsstruktur der öffentlichen Verwaltung, wie dem Bezirksamt Wandsbek, können sie als InitiatorInnen und Vermittler die Zusammenarbeit zwischen unterschiedlichen Einheiten unterstützen.¹⁴⁶

5.2.1 Klimafolgen „Vor Ort“ und Anpassungsoptionen im Kontext schulischer Bildung

Christine Katz, Christoph Porschke

Der Klimawandel ist mittlerweile in vielen Schulen ein Unterrichtsthema, insbesondere im Bereich der naturwissenschaftlichen Fächer, und oftmals verbunden mit schuleigenen Energiesparmaßnahmen.¹⁴⁷ Die Auseinandersetzung mit den lokalen Klimafolgen und den sich daraus ergebenden Anpassungserfordernissen ist hingegen kaum etabliert. Die Einbindung der Zivilgesellschaft und vor allem der jungen Generation in Debatten zur Klimaproblematik vor Ort, ist ein erklärtes Ziel von Bildungs- und Transferaktivitäten im Rahmen vieler Klimaschutz- und -anpassungsstrategien sowie entsprechender Forschungsprogramme. Zwar verfügen Kinder und Jugendliche aufgrund ihrer elternabhängigen Lebensform nur bedingt über Handlungsspielraum in Bezug auf konkrete Anpassungs- und Schutzaktivitäten, dennoch ist es wichtig, sie für die eigene Betroffenheit vor Ort zu sensibilisieren. Dies kann bspw. geschehen, indem sie über mögliche klimabedingte Veränderungen aufgeklärt werden, die künftig auf regionaler und lokaler Ebene von Relevanz sind. Darüber hinaus erscheint es im Sinne politischer Bildung angezeigt, das gesellschaftliche Handeln bzw. dessen Ausrichtung auf zukünftige Klimawirkungen als wesentlichen Einflussfaktor zu verstehen und individuelle sowie kollektive gesellschaftspolitische Mitgestaltungsmöglichkeiten im Kontext von Klimaschutz und Anpassung an Klimafolgen aufzuzeigen.

Die meisten klimabezogenen Bildungsaktivitäten beziehen sich zum Großteil auf Individuen als Ressourcenverbrauchende, weniger auf den politischen Bürger oder die politische Bürgerin mit der Chance, sich politisch einzumischen und kollektive Gestaltungsmöglichkeiten zu nutzen. Dahinter steht die Erwartung, durch Umweltbildung eine Verhaltensänderung zu erzielen.¹⁴⁸ Kritisiert wurde und wird daran, dass dies weder dem Ideal von Aufklärung, Emanzipation und Mündigkeit zuträglich sei, noch die Komplexität menschlichen Verhaltens widerspiegle.¹⁴⁹ Das heute in Umweltbildungszusammenhängen im Vordergrund stehende Konzept einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE)¹⁵⁰ setzt stattdessen auf die Bildung von Kompetenz als eine notwendige, aber nicht hinreichende Voraussetzung für zielgerichtetes Handeln. Sie richtet sich an „Personen in Situationen“¹⁵¹, stellt die Chancen ins Zentrum des Interesses und knüpft an die Alltagssituationen und Konstruktionen der Lernenden an. Eine so verstandene Pädagogik ist reflexiv und liefert we-

der Belehrungen noch normative Wahrheitsvorstellungen. Sie fördert stattdessen eine verantwortlich lernende und kritische Auseinandersetzung mit Komplexität. In einem solchen Rahmen können individuelle Entscheidungs- und Handlungsspielräume sichtbar werden, Möglichkeiten, partizipativ tätig zu werden, eröffnen sich. Dieser Ansatz wurde auch im Rahmen der Bildungsaktivitäten von KLIMZUG-NORD verfolgt.

Für die Vermittlung von Klimafolgen und -anpassung im Kontext Schule bedeutet dies generell, ein aufklärendes, reflektierendes und gestaltungsmotivierendes Vorgehen zu wählen und zwar dergestalt, dass die lokalen Ausmaße, Umstände und Konsequenzen ebenso in den Fokus geraten, wie individuelle und politische Handlungsoptionen und -erfordernisse. Darauf zielte auch die Einbeziehung von Schülerinnen und Schülern der Klasse 7b der Kooperativen Gesamtschule Tonndorf in das von KLIMZUG-NORD durchgeführte Beteiligungsverfahren (s. Kap. 5.2.2). Die Schule liegt im Fokusgebiet Ostender Teich, das den Schülerinnen und Schülern entsprechend vertraut und bekannt ist.

Konkret ging es bei der Beteiligung der Schulklasse im Rahmen eines Workshops darum, über maßgebliche Effekte des Klimawandels auf globaler und regionaler Ebene (Metropolregion Hamburg) bis hin zu den Folgen für das Fokusgebiet aufzuklären, d.h. um

- eine Sensibilisierung für die eigene Betroffenheit (Folgen für das Fokusgebiet „Ostender Teich“),
- eine theoretische und praktische Auseinandersetzung mit den Folgen klimatischer Veränderungen in der eigenen Lebensumwelt,
- ein Sichtbarmachen von Handlungsoptionen (Mitgestaltung durch Teilnahme an Beteiligungsverfahren).

Die einzelnen Zielsetzungen wurden im Voraus mit der für die Klasse zuständigen Lehrerin abgestimmt, um eine Harmonisierung mit dem Lehrplan zu gewährleisten. Ein maßgeblicher inhaltlicher Beitrag zu den Beteiligungsverfahren mittels Szenario-Technik wurde durch die Arbeit mit den Schülerinnen und Schülern nicht angestrebt. Die Möglichkeit und Bedeutung, sich für die Gestaltung der eigenen Zukunft einzubringen, sollte dagegen sehr wohl vermittelt werden.

142 Bischoff et al. 2005

143 LSBG 2009

144 Bunzel et al. 2011

145 Parzen 2009; Bauriedl 2011

146 Bunzel et al. 2011: 19ff.

147 Katz, Marwege 2010

148 KMK 1980

149 Bilharz 2000

150 de Haan, Harenberg 1999

151 Oelkers 1985

Methodisches Vorgehen

Die beschriebenen Aufgaben und Ziele legten den Einsatz selbstbestimmter didaktischer Methoden, wie das erforschende und experimentelle Lernen nahe.¹⁵² Dadurch sollten den Schülerinnen und Schülern nicht nur Inhalte vermittelt werden. Die Methoden sind darüber hinaus dafür geeignet, sich Probleme und Fragestellungen selbst und vor Ort zu erschließen und das Erlernete anwenden zu können. Insbesondere sollte ein Bezug zur eigenen alltäglichen Lebenswelt hergestellt und die Selbstwirksamkeit durch das Lernen und das Erlernete erlebbar werden.

Präsentationsveranstaltung

Zur inhaltlichen Einstimmung wurde in einem Vortrag von KLIMZUG-NORD-Mitarbeitenden die Schulklasse über die generelle Klimaproblematik sowie über spezifische Projekte und das Fokusgebiet Ostender Teich informiert. Es wurde dabei primär auf die lokalen Verhältnisse eingegangen, wodurch sehr leicht ein persönlicher Bezug hergestellt werden konnte, da die Schülerinnen und Schüler durch die unmittelbare Nachbarschaft die Gegend um den Ostender Teich recht gut kennen. Dadurch konnte der Blick leichter auf die Betroffenheit im eigenen Lebensraum und dessen spezifische Gegebenheiten und Verhältnisse gerichtet werden. Diese unmittelbare Verknüpfung der realen Umgebung mit möglichen klimatischen Szenarien erleichterte das Verständnis von Zusammenhängen zwischen unterschiedlichen Phänomenen.

Begehung und Datensammlung

Die Begehung des Fokusgebietes fand im Mai 2011 statt. In fünf Gruppen mit jeweils fünf Schülerinnen und Schülern und ein bis zwei Betreuenden pro Gruppe ging es per Fahrrad in zuvor festgelegte räumliche Abschnitte. In einem Zeitraum von ca. drei Stunden waren die Gruppen aufgefordert, ein grobes Gesamtbild des Gebietes aufzuzeichnen und festzuhalten. Folgende Aufgaben standen dabei an: Drei Standorte innerhalb des jeweiligen Zuständigkeitsabschnittes sollten für eine genauere Untersuchung ausgewählt werden. An jedem dieser drei Stellen sollten sich die Schülerinnen und Schüler zum einen vorstellen, was passiert, wenn es einen Tag lang stark regnen würde und, im Gegensatz dazu, welche Auswirkungen eine heiße Trockenperiode von drei Wochen auf den jeweiligen Ort haben könnte. Die Überlegungen und Vermutungen sollten dann mit den Beobachtungen und Vermessungen ins Verhältnis gesetzt werden. Ein Großteil der Leitfragen stand in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Fluss und seinem Verlauf. Im Hinblick auf mögliche Überflutungsflächen sollte an den ausgewählten Stellen zudem die Breite der Böschung, der Grünflächen und der Fußwege vermessen werden.

Auswertung und schulische Aufbereitung

Für die schulische Nachbereitung war ein systematisches Vorgehen nötig. Die Gruppen wurden aufgefordert, die gesammelten Daten zu sortieren, die Fotos zuzuordnen und ein nachvollziehbares Informationsmosaik zusammenzustellen. Hierzu dienten Protokollzettel für die drei ausgewählten Orte und entsprechende Bilder und Legenden, die auf den Karten platziert wurden. Die aussagekräftigsten Aufnahmen wurden zudem in einer Powerpoint-Präsentation zusammengestellt.

Präsentation

Auf dem ersten Workshop mit den lokalen Akteuren (s. Kap. 5.2.2) präsentierten die Schülerinnen und Schüler die Ergebnisse ihrer Arbeiten. Dies sollte gleichzeitig allen Anwesenden und Teilnehmenden dazu dienen, einen ersten Überblick über das Fokusgebiet zu vermitteln. Die Darstellung trug darüber hinaus zur atmosphärischen Auflockerung der Veranstaltung bei. Anhand der Fotos wurden in Kurzvorträgen zahlreiche Details der aktuellen Bestandsaufnahme in dem Gebiet vermittelt. Zudem wurden die Karten der Schülerinnen und Schüler ausgehängt, sodass sich die Teilnehmenden auch im Anschluss noch ein Bild von dem Gebiet machen konnten.

Resümee

Sensibilisierung für und Aufklärung über Klimafolgen

Mit Blick auf die oben genannten Zielsetzungen lässt sich festhalten, dass die Sensibilisierung der Schülerinnen und Schüler für die Klimathematik und die eigene Betroffenheit durch die Vor-Ort-Auseinandersetzung mit potenziellen Effekten des Klimawandels und im Rahmen der gemeinsamen Begehung und Untersuchungen an der Wandse realisiert werden konnte. Die Jugendlichen vermittelten dabei nicht nur den Eindruck, dass das Thema Klimawandel und Klimaanpassung von hohem Interesse für sie ist. Die intensive Beschäftigung mit dem Thema in den entsprechenden Schulstunden mit der zuständigen und engagierten Lehrerin verwies darüber hinaus darauf, dass Klimafolgen -anpassung als Bildungsinhalt für die Klassenstufe 7 lehrplankompatibel ist.

Die von KLIMZUG-NORD begleiteten Schulstunden wurden als reflektierende Diskussionsrunden wahrgenommen, in denen es um eine kritische Auseinandersetzung mit Komplexität ging, Ambivalenz und Wissensunsicherheit ausgehalten wurde und so gelernt werden konnte, sie für die eigenen Lebenskontexte einzuschätzen.¹⁵³ Die umfangreiche Dokumentation der Ergebnisse auf Postern, die während mehrerer Unterrichtseinheiten erarbeitet

wurde, unterstützte die Schülerinnen und Schüler darin, die Folgen klimatischer Veränderungen in der eigenen unmittelbaren Umgebung erkennen und einschätzen zu können. Die Lehrerin der Klasse berichtete, dass sich Schülerinnen und Schüler auch lange nach Beendigung des Projektes immer wieder auf die Erfahrungen und Erkenntnisse aus der Arbeit im Projekt bezogen. Inwiefern dadurch auch auf unterschiedlichen Ebenen Kompetenzen erworben werden konnten, ist allerdings generell schwierig zu evaluieren und im Rahmen dieses Projektes nicht einschätzbar.

Beteiligungs- und Handlungsorientierung: Erfahrungen und Anregungen

Ob die Schülerinnen und Schüler tatsächlich für die Bedeutung von Beteiligungsprozessen sensibilisiert werden konnten oder ob für sie konkrete Entscheidungs- und Handlungsspielräume sichtbar wurden, war ebenfalls schwierig festzustellen. Zum einen deshalb, weil sie sich außerhalb der Präsentation ihrer Dokumentationsergebnisse aus Zeit- und Organisationsgründen nicht in den Diskussionsprozess (des Workshops) einbringen konnten. Dies hätte einer Einbindung über den schulischen Unterrichtsalltag hinaus bedurft. Zum anderen erwies sich als weitere methodische Schwierigkeit, dass die Präsentationen der Schülerinnen und Schüler benotet wurden. Für die Jugendlichen stand damit die Leistungserbringung im Vordergrund, weniger das mögliche Eigenengagement in einem beteiligungsorientierten Format.

Durch eine curriculare Einbettung der Beteiligung einer Schulklasse ergibt sich eine Interessenskollision zwischen schulischer Leistungsbewertung einerseits und freiwilligem Engagement andererseits. Dies stellt ein grundsätzliches Dilemma in der Kooperation mit Schulen dar. Es könnte jedoch bspw. dadurch abgemildert werden, dass sich in Mitgestaltungsverfahren die Schule insgesamt als Akteur beteiligt und dadurch nur spezifische Aufgaben in die Benotung einfließen. Dies hätte jedoch einen weitaus längeren Planungsvorlauf erfordert, der im vorliegenden Beteiligungsverfahren mit der Tonndorfer Kooperativen Gesamtschule nicht gegeben war.

Der Kontakt zur Schule hat sich dennoch in mehrfacher Hinsicht bewährt. So war die beteiligte 7. Klasse eine Gruppe von Jugendlichen, die mit großem Engagement das Gebiet dokumentiert und präsentiert hat. Des Weiteren war die Schule ein höchst kooperativer Partner für die Durchführung der Workshops. Sowohl die räumliche als auch die technische Ausstattung waren ideal. Entscheidend für den gesamten Prozess war das Engagement der Klassenlehrerin der 7. Klasse, die als zentrale Schaltstelle zwischen dem Projekt KLIMZUG-Nord, der Schulorganisation und den Schülerinnen und Schülern fungierte. Für zukünftige ähnliche Kooperationsprojekte wäre jedoch unbedingt darauf zu achten, eine gezielte Unterstützung (konzeptioneller Art und mit Materialien)

der beteiligten Lehrkräfte durch involvierte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zu gewährleisten, um den Arbeitsanstieg im Rahmen halten zu können.

Wie lässt sich aus Sicht der partizipativen Stadtentwicklung diese Beteiligung von Schülerinnen und Schülern einschätzen? Konkret ist zu fragen: welchen Einfluss hat das durch die Beteiligung erzielte Handlungswissen auf die Bereitschaft der Schülerinnen und Schüler, lokal orientierte Klimaanpassung mitzugestalten und/oder entsprechende Maßnahmen zu akzeptieren und umzusetzen? Um dazu eine umfassende Einschätzung abgeben zu können, hätten die Jugendlichen aus der Schule stärker in das gesamte Beteiligungsverfahren eingebunden werden müssen, was jedoch wie bereits oben erwähnt, nicht möglich war. Unabhängig davon lässt sich jedoch aus den gemachten Erfahrungen Folgendes zumindest vermuten:

- Wissen über die lokalen Klimafolgen schafft eine erhöhte Aufmerksamkeit für das eigene Involviertsein und damit eine erhöhte Einsicht in die Notwendigkeit, sich damit weiter zu befassen.
- Die Entwicklung eigener Fragen zu den Ursachenzusammenhängen und Hintergründen der Klimaproblematik in einem professionellen Rahmen sowie die Ideenfindung zu einem zukunftsverträglichen Umgang damit erhöht die Attraktivität, sich generell mit entsprechend diskutierten Maßnahmen auseinanderzusetzen. Zudem kann das Anknüpfen an die eigene Alltagswelt eine kritische Perspektive auf den eigenen Konsum und Lebensstil eröffnen.
- Eine Voraussetzung dafür, dass Jugendliche im schulischen Kontext aktiver gestaltend an Stadtentwicklungsprozessen teilhaben können, wäre bspw. eine tatsächlich „reale“ stadtbezogene Entscheidungssituation entsprechend ergebnisoffen zur „Verfügung“ zu stellen. Dabei müsste im Prozess und mit den Strukturen der Partizipation auf die schulischen Rahmenbedingungen (z.B. Zeit, Lehrpläne, Ressourcen etc.) Rücksicht genommen werden. Ein mögliches Instrument hierfür könnte ein für die Modellregion und die Zielgruppe konzipiertes Planspiel sein, was allerdings zunächst eine fachgerechte Entwicklung erfordern würde.
- Um dies realisieren zu können, wären zusätzliche Ressourcen und eine fachliche Begleitung „von außen“ notwendig. Dann könnte ein Perspektivenwechsel von der linearen Wissensvermittlung hin zur aktiven Aneignung von Wirklichkeit, eine so genannte „Ermöglichungsdidaktik“¹⁵⁴ nicht nur seine pädagogische Wirkung entfalten sondern gesellschaftlich relevante Früchte tragen.

152 Prince, Felder 2007; Liebig 2002; Kolb 1984

153 Wolf 2005

154 Arnold, Gómez Tutor 2007

5.2.2 Workshops mit lokalen Akteuren

Thomas Zimmermann, Jannes Fröhlich, Christine Katz, Christoph Porschke

Im Fokusgebiet „Ostender Teich“ (s. Kap. 4.3.3) wurden die Bewohnerinnen und Bewohner sowie weitere lokale Akteure in einem frühen Stadium des Planungsprozesses in die Entwicklung von Konzepten für die Klimaanpassung eingebunden. Die Beteiligung erfolgte im Rahmen von zwei Workshops in der in unmittelbarer Nähe zum Fokusgebiet gelegenen Kooperativen Gesamtschule Tonndorf. Das Ziel bestand darin, die Potenziale und

Grenzen partizipativer Verfahren in Prozessen der Klimaanpassung zu erkunden. Darüber hinaus sollten die lokalen Akteure mit ihren spezifischen Kenntnissen in den Forschungsprozess einbezogen werden. Dazu wurden die Teilnehmenden über die für das Fokusgebiet relevanten Klimafolgen aufgeklärt, für die Anpassungsnotwendigkeit sensibilisiert und zur Mitgestaltung motiviert.

Methodisches Vorgehen

Der partizipative Prozess bestand aus den Elementen Akteursanalyse, SWOT-Analyse und Szenarioentwicklung. Die Autoren führten zwei vierstündige Workshops mit ca. 15 Teilnehmenden durch, auf die im Folgenden detaillierter eingegangen wird.

Im Vorfeld der Workshops wurden betroffene bzw. zu beteiligende Akteure postalisch zu den Workshops eingeladen. Darüber hinaus wurden Bewohnerinnen und Bewohner des Quartiers über Zeitungsartikel und Anhänge für die Teilnahme an den Workshops gewonnen. Identifiziert wurden die Akteure auf der Grundlage von Dokumentenanalysen und Interviews mit Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Bezirksamts. Zu den Dokumenten zählten vor allem über das Internet verfügbare Materialien mit Bezug zum Fokusgebiet „Ostender Teich“ (Webseiten, Zeitungsartikel, Berichte etc.). Bei den beteiligten Akteuren handelte es sich um Vertreterinnen und Vertreter von Kleingarten- und Sportvereinen, Natur- und Umweltschutzverbänden sowie des Bezirksamts und der politischen Parteien.

In der partizipativen SWOT-Analyse im Rahmen des ersten Workshops am 24. Mai 2011 arbeiteten die Teilnehmenden Chancen und Risiken des Klimawandels für das Fokusgebiet heraus. Einleitend wurde dazu das Fokusgebiet vorgestellt. Aufbauend auf einem Vortrag über die Folgen des Klimawandels diskutierten die Teilnehmenden in drei Kleingruppen Chancen und Risiken des Klimawandels für eines der drei Themenfelder „Wohnen“, „Gärtnern“ und „Erholen“. Das abschließende Plenum diente dazu, die in den Arbeitsgruppen erarbeiteten Ergebnisse themenübergreifend zu priorisieren.

Im zweiten Workshop, am 7. Juni 2011, nutzten die Teilnehmenden die Szenariotechnik, um in Arbeitsgruppen mögliche zukünftige Entwicklungen des Fokusgebietes bis zum Jahr 2050 zu erkunden. Die Ergebnisse werden im Folgenden als Anpassungsszenarien bezeichnet. Dabei handelt es sich um verständliche, logisch zusammenhängende Beschreibungen möglicher zukünftiger Entwicklungen.¹⁵⁵ Im Gegensatz zu den SERS Klimas-

zenarien (s. Kap. 2.1) und den Rahmenszenarien (s. Kap. 4.2) basieren die Anpassungsszenarien allein auf unterschiedlichen normativen Vorstellungen, in welcher Form Klimaanpassung in den nächsten Jahrzehnten erfolgt. Sie beruhen auf einer Systematisierung grundsätzlicher Anpassungsstrategien des IPCC für den Umgang mit dem Meeresspiegelanstieg.¹⁵⁶ Auf ihrer Grundlage entwickelten die Teilnehmenden Zukunftsbilder. In einem zweiten Schritt zeigten sie Wege auf, mit denen die Zukunftsbilder erreicht werden können und bewerteten sie. Die Anpassungsszenarien bestehen damit aus Zukunftsbildern, Strategien für ihre Umsetzung und einer Analyse möglicher Folgen eines entsprechenden Vorgehens. Das methodische Vorgehen diente dazu, das Denken der Akteure zu erweitern und kreativ über mögliche, weit in der Zukunft liegende Entwicklungen nachzudenken.¹⁵⁷

Die Anpassungsstrategien lauteten:

- „Wir weichen zurück“. Diese Strategie geht davon aus, dass Nutzungen in von Klimafolgen gefährdeten Bereichen zukünftig vermieden werden. Dies können bspw. dicht bebaute Gebiete sein, die potenzielle Wärmeinseln darstellen oder überschwemmungsgefährdete Areale. Von extremen Wetterereignissen zerstörte Gebäude werden an sicheren Orten wieder aufgebaut. In besonders betroffenen Gebieten wird durch die Ausweisung von Grünflächen und Parks eine Naherholungsnutzung etabliert.
- „Wir schützen uns“. Bei dieser Strategie werden bestehende Nutzungen fortgeführt. Wohngebiete, Straßen und Grünflächen werden daher durch technisch-bauliche Maßnahmen vor den Folgen des Klimawandels geschützt. Beispiele hierfür sind Klimaanlagen, um der Hitzebelastung in Gebäuden entgegenzuwirken, sowie Deiche und Entwässerungssysteme zum Schutz vor Überschwemmungen oder die Bewässerung von Grünflächen und Gärten bei Trockenheit.
- „Wir bereiten uns vor“. Bei dieser Strategie sind die betroffenen Gebiete in angepasster Form weiterhin bewohnt oder bewirtschaftet. Um dies zu ermöglichen, geht die Strategie von einer hohen Sensibilisierung für die Folgen des Klimawandels sowie einem nachhaltigen Umgang mit ihnen aus. Hitze- und trockenheitsresistente Pflanzenarten ersetzen die bisherigen nach und nach. Bauliche Maßnahmen, wie Häuser auf Stelzen, erhöhte Straßen sowie verschattete oder besser isolierte Innenräume in den Wohngebäuden, vermindern die negativen Folgen für Bevölkerung und Infrastruktur. Notfallpläne sorgen für Sicherheit bei Extremwetterereignissen.

Basierend auf den Ergebnissen des ersten Workshops und den drei Anpassungsstrategien erarbeiteten die Arbeitsgruppen Anpassungsszenarien für das Jahr 2050 und für unterschiedliche, besonders betroffene Areale im Quartier. Dabei handelt es sich um das Auengebiet an der Wandse (Fokusgebiet 2, Zoom-In 1 „Wandsepfad – Natur + Erholung“), die anliegenden Gärten mit überwiegend kleingärtnerischer Nutzung, das Naturbad im Ostender Teich sowie das südliche, überwiegend aus Einfamilienhäusern bestehende Wohngebiet (Fokusgebiet 2, Zoom-In 3 „Anpassung im eigenen Garten“) (s. Kap. 4.3.3). Dazu entwickelten die Arbeitsgruppen in einem ersten Schritt Zukunftsbilder für die unterschiedlichen Areale im Quartier. In einem zweiten Schritt stellten sie Maßnahmen für die Umsetzung der Zukunftsbilder zusammen, um in einem dritten Schritt ökonomische, soziale und ökologische Folgen und Auswirkungen der einzelnen Maßnahmen zu diskutieren und abzuschätzen. In einem abschließenden Plenum stellten die Arbeitsgruppen ihre Anpassungsszenarien vor. Daran anschließend wählten die Teilnehmenden das an jedem der Orte für sie attraktivste Szenario aus.

1. Zukunftsbild 2050	2. Maßnahme	3. Folge
Vermeidung von Bebauung in betroffenen Gebieten	Bauvorschriften untersagen Unterkellerung und Tiefgaragen	Einschränkungen der Gestaltungsmöglichkeiten

Tab. 6: Beispiel für Zukunftsbilder, Maßnahmen und Folgen eines Anpassungsszenarios nach der Strategie „Wir weichen zurück“

¹⁵⁵ Wilson 2009

¹⁵⁶ Bijlsma 1996

¹⁵⁷ Grêt-Regamey, Brunner 2011

Ergebnisse

In den Workshops formulierten die Arbeitsgruppen im Laufe der SWOT-Analyse Veränderungen, welche die Naturräume und die derzeitige Lebensqualität bedrohen – unabhängig davon, ob sie unmittelbar oder mittelbar auf den Klimawandel zurückgeführt wurden. Genannt wurden in diesem Zusammenhang insbesondere eine mögliche Bebauung, die Zunahme des Nutzungsdrucks auf die Grünflächen und damit einhergehende steigende Verkehrs- und Lärmbelastungen, aber auch Müll, ökologische Schäden durch Überschwemmungen und ein vermehrter Schädlingsbefall.

Die Teilnehmenden befürchteten, dass in Folge des Klimawandels durch Bewässerungsmaßnahmen in Trockenperioden sowie zunehmende Kellerüberflutungen im Herbst und Winter zusätzliche finanzielle Belastungen auf sie zukommen. Die Teilnehmenden äußerten aber auch, dass mit den Klimafolgen positive Veränderungen einhergehen können, z.B. ein Attraktivitätsgewinn der Wohnumgebung durch intensivere Freiraumnutzung und den damit verbundenen verstärkten sozialen Begegnungsmöglichkeiten. Einige Folgen waren in der Einschätzung der Teilnehmenden gleichermaßen risikobehaftet wie chancenreich, z.B. die Zunahme der Biodiversität (Schadinsekten und Nutzpflanzen) oder die Zunahme von Überschwemmungen entlang der Wandse.

Die Ergebnisse der weiterführenden Szenario-Workshops spiegeln zum Großteil die Sorgen um den Zustand des jetzigen Lebensraumes wider. Sie umfassen Befürchtungen in Bezug auf infrastrukturelle Veränderungen, eine abnehmende Lebensqualität, steigende Kosten und die Aufgabe von Kleingärten. Die Teilnehmenden skizzierten aber auch positive und kreative Entwicklungen, bspw. die Entstehung neuer touristischer Aktivitäten, einen kulturellen Wandel im Verständnis bisheriger Gartenutzung oder die Anpflanzung von bisher in Tonndorf nicht verbreiteten Gewächsen. Die Entscheidung für eines der Zukunftsszenarien fiel den Teilnehmenden allerdings schwer.

Potenziale und Grenzen von Szenarien in Prozessen der Klimaanpassung

Die Ergebnisse des beschriebenen Beteiligungsverfahrens verweisen sowohl auf die Eignung der Szenariotechnik im Rahmen von Klimaanpassungsprozessen als auch auf ihre Grenzen. Das Potenzial der Szenariotechnik liegt zum einen in der Sensibilisierung für die Komplexität und Dynamik klimarelevanter Problemlagen sowie der Verdeutlichung der persönlichen Betroffenheit. Durch den unmittelbaren Bezug zum eigenen Lebensumfeld und die Zukunft vor Ort, weckten die Workshops das Interesse der Anwohnenden. Selbst komplexe, unsichere Phänomene wie Klimafolgen mit ihren sozialen, ökonomischen und ökologischen Wechselwirkungen konnten so als integrative Problemzusammenhänge plausibel veranschaulicht werden, was das Verstehen der Prozesse für die Workshop-Teilnehmenden erheblich

erleichterte. Sie fragten nicht nur intensiv nach Ursachen und Wirkungen; sie waren auch relativ frühzeitig in der Lage, mittels der ihnen vorliegenden Informationen und im gegenseitigen Austausch entsprechende Folgeketten für spezifische Handlungsfelder, wie Gärtnern, Naturschutz oder Siedlungsentwicklung und Bebauung, herzuleiten. Die mit Hilfe der Szenariotechnik vermittelte eigene Betroffenheit trug darüber hinaus erheblich dazu bei, dass die an den Workshops beteiligten Anwohnenden und Akteure Anpassungsmaßnahmen als Notwendigkeit erkennen konnten. Das Sichtbarmachen von Klimafolgen im räumlichen Kontext erleichterte es ihnen, die damit einhergehenden Veränderungen der eigenen Lebensqualität einschätzen zu lernen und den Blick für die Interdependenz verschiedener Anpassungshandlungen und -maßnahmen zu schärfen.

Zum anderen eröffnet die Szenariotechnik einen Kreativraum für neues zukunftsgerichtetes Denken und erweitert so den Blick auf Veränderungen als Ausgestaltungs- und Aushandlungsprozesse. Die Mehrzahl der Beteiligten ließ sich auf die Methode und die Vorgaben der Szenarien ein, setzte sich kreativ mit ihnen auseinander und verließ dabei häufig gewohnte Denkmuster und Problemsichtweisen. Die szenariotypischen Setzungen und Regeln ermöglichten ein Denken in Alternativen und eine thematische Öffnung der Diskussion, was nicht zuletzt zu einer Erweiterung der Perspektiven auf Konflikte, Entwicklungsmöglichkeiten und Lösungswege bei den betroffenen und beteiligten Akteuren und Anwohnenden führte. Die Methode weckt darüber hinaus die Lust am Mitgestalten. Gestaltungsspielräume werden sichtbar und spielerisch genutzt, was dazu beitragen kann, sich anders für die Zukunft des eigenen Wohnumfeldes verantwortlich zu fühlen.

Eine der Begrenzungen für den Einsatz der Szenariotechnik stellt die personalintensive Vorbereitung sowie die inhaltliche und organisatorische Begleitung dar. Dies gilt zwar in gewisser Hinsicht für Beteiligungsverfahren generell, doch die Szenariotechnik geht hier insofern darüber hinaus, als sie zum einen für die Skizzierung verschiedener geeigneter Szenarien als Zukunftsentwürfe umfangreicher Vorkenntnisse der lokalen und regionalen Zusammenhänge und Verhältnisse bedarf. Sie stellt außerdem ein anspruchsvolles und kompliziertes Prozessverfahren dar, dessen Einzelschritte nachvollziehbar vorgestellt und beteiligungsmotivierend moderiert werden müssen, was neben gut geschultem Personal erheblich Zeit beansprucht. Darüber hinaus funktioniert dieses Instrument nur, wenn im Vorfeld eine inhaltliche Einführung auf die jeweiligen lokalen Besonderheiten erfolgt und damit die Teilnehmenden auf einen ähnlichen Kenntnisstand bringt.

Eine grundsätzliche Schwierigkeit bzw. Herausforderung beim Einsatz der Szenariotechnik in Klimaanpassungsprozessen stellen die verschiedenen Unzulänglichkeiten dar, die für kommunikative Planungsinstrumente schon vielfach thematisiert wurden. Hierfür sind etwa die inhaltliche und personelle Selektivität oder ein ungeklärtes Verhältnis zu den planerischen und politischen Entscheidungsstrukturen und –prozessen zu nennen.¹⁵⁸ Die Ergebnisse flossen zwar in den Entwurfsprozess für die entsprechenden Zoom-Ins ein und wurden weiterentwickelt. Die Entwürfe enthalten allerdings kaum Ideen, die von den Beteiligten in den Szenarien entwickelt wurden. Damit lässt sich zum Forschungsprozess sagen, dass die Chance einer weitgehenden Integration von Interessen und Bedürfnissen lokaler Akteure noch nicht genügend genutzt wurde. Auch das kaum vorhandene Interesse der Lokalpolitik führte dazu, dass der tatsächliche Gestaltungsbeitrag der Beteiligung ungeklärt blieb (Beteiligung wozu?). Dies erschwerte es, engagierte Teilnehmende zu gewinnen.

Zusammengefasst bedarf die Szenariotechnik folgender Voraussetzungen, um als Beteiligungsinstrument im Rahmen der Klimaanpassung effektiv eingesetzt werden zu können:

- Klärung der Planungsnotwendigkeit bzw. des politischen und planerischen Bedarfs eines Beteiligungsverfahrens sowie seiner Position/Entscheidungsrelevanz im gesamten Klimaanpassungsprozess;
- Intensive Vorbereitungsphase, z.B. Ermittlung der potenziell zu Beteiligenden, adäquate Ansprache der Adressaten, sowie Wissen über die klimarelevanten lokalen („Vor Ort“-) Zusammenhänge und Entwicklungstrends;
- Transparenz in Bezug auf die Hintergründe, Interessen, Möglichkeiten und politischen Realitäten des Beteiligungsinstruments und aller daran Beteiligten;
- Transparenz im Vorgehen und bezüglich der Weiterverwertung der Ergebnisse;
- Fachpersonal (Klimaexperten/innen, geschulte Moderator/innen).
- Zeit und Ressourcen
- Nachbetreuung bspw. durch aktive Information über weitere Verwertungsschritte und –ergebnisse (z.B. Rückmeldung des tatsächlichen Gestaltungsbeitrags an die Teilnehmenden).
- Um die spezifischen Chancen des Instrumentariums optimal nutzen zu können, wäre es wünschenswert, die Methodik weiterzuentwickeln und ihre Komplexität zu verringern.

5.2.3 Online-Diskussion „Prima Klima entlang der Wandse? Klimawandel und Anpassungsmaßnahmen“

Birgit Hohberg

Als Medium für Bürgerbeteiligungsprozesse wird immer häufiger das Internet genutzt. So etablieren sich bei der politischen Bürgerbeteiligung zunehmend Instrumente der sogenannten E-Partizipation, d. h. Internet basierte Beteiligungsformate, wie zum Beispiel moderierte Onlinediskurse, die eine Beteiligung an politischen Entscheidungskursen unterstützen und in variablen Themenfeldern einsetzbar sind.¹⁵⁹ Als Vorteile dieses Instruments zählen u.a. die Möglichkeit der Beteiligung sehr zahlreicher Personen, Transparenz, Orts- und Zeitunabhängigkeit, ergebnisorientierte Moderation, Präsentation vieler Informationen und Formate sowie automatische Dokumentation der Diskussion. In einem Onlinediskurs

Methodisches Vorgehen

Mit Hilfe der mehrwöchigen Onlinediskussion wurden die ersten Entwürfe der von der Forschungsgruppe erarbeiteten Konzepte (s. Kap. 4) sowie 34 Einzelmaßnahmen mit der Öffentlichkeit erörtert. Die Teilnehmenden waren zudem eingeladen, sich mit eigenen Anregungen und Ideen in die Entwicklung einzubringen sowie ihre Fragen und Anregungen im Rahmen von drei je einstündigen Livediskussionen mit Mitgliedern des Forschungsteams aus den Bereichen Stadtplanung, Meteorologie und Wasserwirtschaft direkt zu diskutieren. Ziel war es, die Kommentare und Vorschläge bei der Weiterentwicklung der Anpassungskonzepte für die jeweiligen Fokusgebiete zu berücksichtigen und so eine Rückkopplung mit Anwohnerinnen und Anwohnern sowie am Thema Interessierten zu erzielen (s. Kap. 4.1.4). Zur Ankündigung des Onlinediskurses wurden zahlreiche PR-Maßnahmen

können Fragestellungen offen und konstruktiv diskutiert, Argumente, Hinweise und Vorschläge eingebracht, Missverständnisse aufgeklärt sowie die Öffentlichkeit für Rahmenbedingungen und die damit einhergehenden Chancen und Risiken sensibilisiert werden.¹⁶⁰

Im Rahmen der interdisziplinären Zusammenarbeit im Modellgebiet wurde daher vom 15. bis 30. September 2011 unter der URL www.wandse-klima.de eine solche Onlinediskussion mit dem Titel „Prima Klima entlang der Wandse? Klimawandel und Anpassungsmaßnahmen“ durchgeführt, um die Öffentlichkeit bei der Entwicklung von Anpassungsstrategien aktiv einzubeziehen.

unternommen, z.B. Berichterstattungen in den lokalen Medien und der Welt/Welt Online, Verteilung von 2000 Postkarten an relevante Akteure und öffentlichen Treffpunkten, Verlinkungen auf Webseiten wie der Wandsbeker Bezirksamtsseite auf www.hamburg.de, Nutzung von Multiplikatoren, verschiedener Verteiler sowie Web 2.0-Diensten wie Twitter, Facebook etc., Einladung von NGOs, Interessengruppen, Bürgerinitiativen, politischen Fraktionen, Schulen im Modellgebiet sowie der Besuchenden der Klimawoche, Klimaveranstaltungen und der begleitenden Präsenzveranstaltung „KLIMZUG macht Station“ im Kulturschloss Wandsbek. Im Vorhinein wurden im Fokusgebiet Ostender Teich zudem zwei Szenarioworkshops sowie ein Schülerprojekt mit der 7. Klasse der Stadtteilschule Tonndorf durchgeführt (s. Kap. 5.2.1 und 5.2.2).

Abb. 110: Seitenansichten von www.wandse-klima.de, TuTech Innovation GmbH/Social Media & Open Innovation

Teilnehmerprofile und Diskussionsschwerpunkte

Die Plattform wurde während der zweieinhalbwöchigen Laufzeit von 4.400 Personen aufgesucht. Davon registrierten sich 40 Personen und verfassten 151 Beiträge. Diese kamen zu 63% direkt aus dem Modellgebiet, waren zu 86% zwischen 25 und 64 Jahre alt und mit 62% zu 38% mehr Männer als Frauen. 74% der aktiven Nutzer und Nutzerinnen besaßen einen Hochschulabschluss, jeweils 7% die Mittlere Reife oder einen Hauptschulabschluss. Mit 40% Fachexperten und 60% Personen, die „persönliches Interesse“ als Beteiligungsgrund angaben, konnte der Austausch und die Diskussion zwischen interessierten Bürgerinnen und Bürger und Expertinnen und Experten erfolgreich initiiert werden. Die folgenden Themen wurden in der Onlinediskussion hauptsächlich erörtert:

Eignung konkreter Gebäudemaßnahmen:

Zum Beispiel wurde die Energieeffizienz der Maßnahme „Verschattung durch Laubbäume“ insbesondere im Winter als auch die Verträglichkeit einer Wandbegrünung mit der Hausfassade hinterfragt. Obwohl diese von KLIMZUG-NORD gar nicht vorgeschlagen wurden, kritisierten einige Nutzer Photovoltaikmodule, da z.B. laut Nutzer Diskutant „in vielen dieser Module giftiges Cadmium

verbaut wird, welches bei Hagelschäden große Kontaminationen am Gebäude verursachen kann“. In Bezug auf Schutzmaßnahmen für Gebäude gegen Überflutungen wird hingegen dafür plädiert, diese bereits im Architektorentwurf einzuplanen, da die Schäden zumeist bei dem Versuch des Wasserabhaltens, z.B. mittels Beton, aufträten. Hier sei nach Ansicht anderer Teilnehmender jedoch auch die Eigenverantwortung der Eigentümerinnen und Eigentümer gefragt. Nutzer joki schlägt indes vor, „die Bauvorschriften entsprechend zu ändern, sodass Neubauten in gefährdeten Gebieten auf Stelzen gebaut werden müssen“. Dies könne dazu führen, dass in einigen Jahrzehnten immer mehr Stelzenbauten entstehen, die den Boden nicht versiegeln und deren Überflutungsflächen gleichzeitig als Parkplatz genutzt werden können, was auch andere als sinnvoll ansehen. Auch wenn solche Gebäudeformen zunächst ungewohnt und teurer seien, senken sie langfristig „für die Eigentümer Kosten, die durch regelmäßige Überschwemmungen entstehen“. In Bezugnahme auf die Kleingartenvereine entlang der Wandse wurde vorgeschlagen, auch die Lauben auf Stelzen zu stellen. Trotz der Zweckmäßigkeit dieser Maßnahme wird jedoch angezweifelt, dass die Kleingärtnerinnen und Kleingärtner sich davon überzeugen lassen und diese in der weiteren Bearbeitung von KLIMZUG-NORD nicht berücksichtigt.

159 Vgl. zur Begriffsbestimmung von E-Partizipation bspw. die Definition der Vereinten Nationen unter: http://www2.unpan.org/egovkb/egovment_overview/eparticipation.htm [Stand: 06.03.2013]; für Beispiele <http://www.beteiligungskompass.org/article/index/study>, www.buergerhaushalt.org, <http://www.epractice.eu/en/cases/>

160 Vgl. Hierlemann, Wohlfarth 2010; Koop 2010

Maßnahmen gegen Überschwemmungen und Überflutungen:

In diesem Kontext wurden z.B. die Notwendigkeit zu Aktivitäten der Stadt Hamburg gegen potentielle Überschwemmungen durch Starkregen in der Innenstadt, U/S-Bahneingängen und den Abflusssystemen erörtert. Zudem sollte es nach Meinung einiger Teilnehmender mehr multifunktionale Nutzungsweisen geben. Eine Nutzerin brachte ein Beispiel aus Holland ein, wo ein Spielplatz entworfen wurde, der bei Starkregenereignissen geflutet werden kann und dann ein Wasserspielplatz wird. Weitere Möglichkeiten bestünden laut der beteiligten Experten bspw. auch in abgesenkten Sportplätzen oder Stegen über hochwassergefährdeten Grünbereichen. Vor Hochwasser schützten darüber hinaus Schutzvorkehrungen an Gebäuden, die das Eindringen von Wasser verhindern, und intelligente Lösungen für Überschusswasser auf Straßen und Parkplätzen. Einige Nutzer beschäftigten sich hingegen mit sehr speziellen Themen wie Hochwasserschutzvorkehrungen für Friedhöfe und Särge, die in KLIMZUG-NORD nicht behandelt werden. Andererseits wurden aber auch die Finanzierung und motivierende Anreizsysteme für Privatbesitzerinnen und Privatbesitzer diskutiert, zum Beispiel fiskalische Anreize für die Entsiegelung von Grundstücken oder steuerliche Erleichterungen für private Bemühungen im Klimaschutz. Wichtig sei jedoch nach Meinung verschiedener Teilnehmender, die Menschen generell stärker zu sensibilisieren und über die verschiedenen Möglichkeiten zu informieren.

Erhalt bzw. die Schaffung von Grün- und Freiflächen:

Sehr wichtig sind den verschiedenen Beteiligten einerseits der Erhalt bestehender Grünflächen entlang der Wandse und andererseits die Schaffung neuer Freiflächen zur Verbesserung des Stadtklimas. Hierbei fragen sich aber einige, wie dies im eng besiedelten Gebiet um die Wandseker Chaussee verwirklicht werden könnte. Derzeit ließe sich laut Nutzer Dominik beobachten, dass gerade in der Innenstadt das komplette Gegenteil geschehe. „Jede noch so kleine Parzelle wird bebaut“, um die anvisierten 6.000 neuen Wohnungen gemäß des Wohnungsbauprogramms des Senats und der Bezirke¹⁶¹ jährlich zu schaffen. Da stelle sich ihm die Frage, „Wie lassen sich Klimaschutz und wachsende Stadt unter diesen Voraussetzungen vereinbaren?“ Dies könne geschehen, so beteiligte Expertinnen und Experten, indem man Nachverdichtung mit Klimaanpassung koppeln würde und „mit durchlässigen Straßenbelägen, begrünten Dächern sowie Fassaden“ arbeite. Zudem könne durch Dachgeschossausbau neuer Wohnraum geschaffen werden, „ohne neue Flächen zu versiegeln“. Als ein gutes Beispiel für den Umgang mit Regenwasser im Bereich der Wandse wird hier das Wohnprojekt Trabrennbahn in Farmsen genannt, in das Wasserthemen integriert wurden. Eine Verringerung der Grundflächenzahl im innerstädtischen Gebiet bei gleichzeitiger Bebauung des Umlands würde jedoch nach Meinung eines weiteren Nutzers dazu führen, dass

es mehr Hochhäuser und ein erhöhtes Verkehrsaufkommen und damit verbunden den „Mehrverbrauch fossiler Energie“ geben werde.

Ergänzende Vorschläge:

Die Teilnehmenden brachten sich aber auch mit individuellen Ideen in die Diskussion zu zukünftigen Anpassungsmaßnahmen im Modellgebiet ein. So wurden bspw. „schwimmende Pontongärten für die Kleingärten“, die Einbeziehung/Eignung von Spielplätzen als Hochwasserschutz-Maßnahme, die „Erhebung einer Klimaabgabe“ oder die Erstellung und Verbreitung „motivierenden Informationsmaterials“ vorgeschlagen.

Maßnahmenkombinationen für die drei Fokusgebiete:

Für das Gebiet Wandseker Chaussee wurden die Schaffung und der Erhalt von Grün- und Parkflächen sowie die Notwendigkeit zur Entsiegelung – gerade in Hinblick auf den zunehmenden Druck durch die „wachsende Stadt“ – thematisiert. Zudem interessierten sich Nutzende für Anreizsysteme zur Klimaanpassung auf privaten Grundstücken. In Bezug auf das Fokusgebiet Ostender Teich wurden zusätzliche Stege, erklärende Tafeln, Stelzenlauben und schwimmende Gärten statt konventioneller Kleingärten als auch die spezielle Gefährdung von Friedhöfen innerhalb von hochwassergefährdeten Gebieten erörtert. Für das Fokusgebiet Rahlstedt wurde ein Anpassungsdruck an mögliche Folgen des Klimawandels von Bewohnerinnen und Bewohnern noch nicht erkannt.

Die Anregungen und Vorschläge der Teilnehmenden wurden nach Beendigung der Onlinediskussion in der anschließenden Überarbeitung der Maßnahmenentwürfe berücksichtigt (s. Kap. 4.3).

Resümee

Trotz des sehr komplexen Themas hat sich eine große Anzahl von 4.400 Personen die Plattforminhalte angesehen, was das grundsätzliche Interesse an dem Thema verdeutlicht. Die Diskrepanz zwischen aktiver und passiver Beteiligung (40 zu 4.400 Personen) könnte einer Kombination verschiedener Faktoren geschuldet sein, die hier kurz dargelegt werden soll, sich analytisch an dieser Stelle jedoch nicht verifizieren lässt: So sind die Folgen des Klimawandels innerhalb des Modellgebietes nicht annähernd so deutlich sichtbar und erlebbar wie bspw. im Einzugsbereich der sturmflutbeeinflussten Elbe, die regelmäßig im Kontext mit Hochwasser in den Medien erscheint und durch die Flutkatastrophe 1962 fest im Bewusstsein der Hamburgerinnen und Hamburger verankert ist. An der Wandse ist eine Gefährdung durch Überschwemmungen infolge von Starkregen/Hochwasser und zunehmenden Temperaturen hingegen bisher gering. Dies erzeugt entsprechend wenig Handlungsdruck und ist nur schwer vermittelbar.

Der Onlinediskurs richtete sich an die Bewohnerinnen und Bewohner des Wandseeinzugsgebiets. Wie sich im Verlauf der Aktivitäten, aber auch bei der Durchführung der Präsenzveranstaltung „KLIMZUG macht Station“ an der Wandse zeigte,¹⁶² identifizieren sich die dort lebenden Menschen kaum mit dem Begriff und fühlten sich daher womöglich nicht direkt angesprochen. Darüber hinaus war die Aufbereitung des Themas mit Maßnahmenkombinationen der drei verschiedenen Fokusgebiete und Zukunftsszenarien möglicherweise zu komplex für eine Diskussion mit „Laien“, die sich mit dem Thema Klimawandel und Klimaanpassung bislang kaum beschäftigt haben. Zudem ging es um die Erarbeitung von Handlungsempfehlungen für das Jahr 2050 und nicht um ein ganz konkretes Planungsobjekt, dessen Umsetzung bevorsteht. Im Vergleich zu einem anderen, vorangegangenen KLIMZUG-NORD-Onlinediskurs zum überregionalen Thema Hochwasser¹⁶³ fiel die Beteili-

gung im Modellgebiet geringer aus. Andererseits zeigt die hohe Zahl von 4.400 Besucherinnen und Besuchern der Plattform www.wandse-klima.de ein zunehmendes Interesse an diesem Thema. Die Onlinediskussion „Prima Klima entlang der Wandse?“ verdeutlicht somit trotz des kleinen aktiven Teilnehmerkreises, dass die Öffentlichkeit das Thema immer stärker wahrnimmt. Die Beiträge belegen darüber hinaus die Bereitschaft, sich eigene, differenzierte Gedanken dazu zu machen und die Vor- und Nachteile vorgestellter Maßnahmen aus der individuellen Sicht zu erörtern. Ferner ließen es sich die aktiven Teilnehmenden, die zu 60% aus interessierten Bürgerinnen und Bürgern bestanden, nicht nehmen, im Rahmen der angebotenen Live-Diskussionen angeregt und ausführlich ihre Fragen und Anregungen direkt mit den KLIMZUG-NORD-Experten zu erörtern.

Insgesamt illustriert gerade dieses Beispiel aber auch, wie wichtig die verständliche Aufbereitung und Vermittlung der Informationen ist, um die Bürgerinnen und Bürger für die Folgen des Klimawandels als auch geeignete Anpassungsmaßnahmen zu sensibilisieren und über das reine Interesse hinaus greifbare Ansätze zur aktiven Diskussion zu eröffnen. So hängt der Erfolg dieses Instruments nicht nur von den eingangs erwähnten Vorzügen wie Zeit- und Ortsunabhängigkeit sowie Transparenz der Beteiligung ab, sondern auch davon, wie verständlich das Diskussionsthema erklärt wird und wie ernsthaft die Initiatoren der Beteiligung mit den erarbeiteten Ergebnissen umgehen¹⁶⁴. Wer also daran interessiert ist, dass die Öffentlichkeit sich mit der Thematik beschäftigt, darf an dieser Stelle den nötigen Aufwand bei der inhaltlichen Einführung nicht scheuen. Denn am Ende führt nur die persönliche Beschäftigung und Auseinandersetzung mit dem Thema zu einer Bewusstseinsbildung für die potenziellen Gefahren des Klimawandels und mögliche Anpassungsmaßnahmen, aus der sich langfristig Verhaltensänderungen entwickeln.

161 Für detailliertere Informationen: <http://www.hamburg.de/bsu/wohnungsbau/>, <http://www.hamburg.de/contentblob/3459978/data/buendnis-fuer-das-wohnen.pdf>, <http://www.hamburg.de/contentblob/3460004/data/vertrag-fuer-hamburg.pdf>

162 „KLIMZUG macht Station“ ist eine öffentliche Informations- und Diskussionsveranstaltung mit Experten aus KLIMZUG-NORD, die bereits in unterschiedlichen Modellgebieten durchgeführt wurde. Das Interesse und Anzahl der Teilnehmenden waren ansonsten deutlich höher als im Wandseeinzugsgebiet.

163 www.hochwasser-nord.de. Bei dem Onlinediskurs „Hochwasserschutz – wat tut Not?“ brachten sich 210 registrierte Personen mit 485 Beiträgen und Kommentaren ein. Dieser bezog sich jedoch auf die gesamte Metropolregion Hamburg und somit auf ein deutlich größeres Nutzerpotenzial. Siehe für weitere Informationen Hohberg; Lührs 2011

164 z.B. Koop 2010; Wulfhorst 2011; Brettschneider 2011

5.3 Zwischenfazit: Information und Beteiligung als Bausteine einer klimaangepassten Stadtentwicklungsplanung

Thomas Zimmermann, Elke Kruse, Jörg Knieling, Wolfgang Dickhaut

Die Umsetzung von Anpassungskonzepten hängt entscheidend von der Bereitschaft und der Ressourcenausstattung der verantwortlichen Akteure ab. Bei kleinteiligen Maßnahmen auf der Grundstücks- und Gebäudeebene sind vor allem Eigentümerinnen und Eigentümer sowie die kommunale Verwaltung von zentraler Bedeutung. Allerdings ist das Thema gegenwärtig für den Großteil der Akteure von geringer Relevanz, wofür sowohl die derzeit kaum sichtbare Betroffenheit der Akteure als auch die Unsicherheit über die zukünftigen klimatischen Veränderungen entscheidend sind.

Das Sensibilisieren für die langfristigen Anpassungserfordernisse, die aus den klimatischen Veränderungen resultieren, kann einen Beitrag zur Umsetzung entsprechender Konzepte leisten. Informations- und Beteiligungsinstrumente bilden daher einen wichtigen Bestandteil einer Governance der Klimaanpassung. Dafür sollten idealerweise überkommene administrative Ebenen, wie die Länder und der Bund, die Verantwortung übernehmen, da bei einem Ausbleiben von Extremereignissen auch zukünftig andere kommunalpolitische Prioritäten dominieren werden. Entfällt dieses, stehen die Städte und Gemeinden in der Verantwortung, ihre zukünftige Stadtentwicklung klimaangepasst fortzuschreiben.

Informelle Instrumente zur Bewusstseinsbildung, die im Modellgebiet erprobt wurden, sind erforschendes und experimentelles Lernen, Workshops mit lokalen Akteuren und eine Online-Diskussion. Sie weisen spezifische Stärken und Schwächen auf:

- Erforschendes und experimentelles Lernen im Kontext schulischer Bildung bietet die Möglichkeit, Schülerinnen und Schülern – und damit zukünftig Entscheidenden – für die Folgen des Klimawandels zu sensibilisieren, Kompetenzen für den Umgang mit ihnen aufzubauen und ein entsprechendes Handlungsbewusstsein zu bilden. Die gegenwärtig Entscheidenden erreicht das Instrument nicht. Daher eignet sich die Sensibilisierung über Klimafolgen und Anpassungsoptionen für zeitnah erforderliche stadtstrukturelle Veränderungen weniger. Aufgrund von langen Erneuerungszyklen der einzelnen Bestandteile von städtischen Räumen scheint es jedoch sinnvoll, sie bereits heute anzugehen.

- Workshops mit lokalen Akteuren sind ein kreatives und zukunftsorientiertes Instrument, das die Beteiligten zu einer intensiven Auseinandersetzung mit den Folgen des Klimawandels und Anpassungsmaßnahmen anregt. Allerdings erfordert das erprobte Vorgehen hohe personelle Ressourcen für die Organisation und Durchführung des Formats und die Bereitschaft der Teilnehmenden, sich unvoreingenommen mit neuen Handlungsoptionen auseinanderzusetzen. Workshops mit lokalen Akteuren eignen sich daher vor allem für räumlich begrenzte konkrete Planungen in einem sehr frühen Stadium, bei denen das Denken in Alternativen erwünscht ist.
- Online-Diskurse zeichnen aus, dass sie vielfältige Akteure flexibel erreichen können. Jedoch ist ein grundsätzliches Interesse an dem Thema erforderlich, um sie zu einer Teilnahme zu bewegen. Auch schließen die technischen Voraussetzungen bestimmte Gruppen aus, sodass der Online-Diskurs zusätzlich zu Instrumenten, welche eine physische Anwesenheit erfordern, eingesetzt werden sollte.

Grundsätzlich erfordern sowohl Workshops mit lokalen Akteuren als auch Online-Diskurse konkrete Planungsfälle. Ansonsten stellt sich für die Teilnehmenden die Frage, warum sie ihre Zeit für entsprechende Veranstaltungen aufbringen sollten. Klimaanpassung im Kontext schulischer Bildung ist an dem Punkt offener und besser für eine langfristig angelegte Bewusstseinsbildung geeignet.

6 Fazit, Ausblick und Handlungsempfehlungen

In den letzten Jahrzehnten hat sich das Klima weltweit verändert. Alle Projektionen weisen derzeit darauf hin, dass der Klimawandel selbst bei einer sofortigen Reduktion des Ausstoßes aller Klimagase auch in Zukunft weiter fortschreitet. Dass dieser Prozess auch die Stadt Hamburg betrifft, haben die Untersuchungen des Forschungsverbundes KLIMZUG NORD belegen können. Es wird angenommen, dass bis Mitte des 21. Jahrhunderts die durchschnittliche Temperatur im Vergleich zum Referenzzeitraum 1971-2000 im Winter um 1-3 K und im Sommer um 1-1,5 K steigen wird. Auch die Niederschlagsmengen werden im Frühjahr, Herbst und Winter zunehmen. Gleichzeitig ist ganzjährig mit häufiger auftretenden Starkniederschlägen zu rechnen. Die zunächst als moderat einzustufenden Folgen des Klimawandels werden sich bis Ende des 21. Jahrhunderts deutlich verstärken. Gleichzeitig gehen in diesem Zeitraum die Niederschläge zurück.

Die Folgen von Starkregenereignissen werden in Hamburg sowohl in Form von überschwemmten Flächen entlang von Gewässern als auch in Form lokaler Überflutungen im Stadtgebiet auftreten. Letztere resultieren u.a. aus der Überlastung des Kanalnetzes. Entsprechende Ereignisse können bestehende Nutzungen beeinträchtigen sowie zu hohen Schäden und Folgekosten führen. Gleiches gilt für die prognostizierten Trockenphasen im Sommer. Die Temperaturen in der Stadt und im Umland werden auf Grund des regionalen Klimawandels ansteigen. Temperaturzunahmen beeinträchtigen vor allem die Gesundheit und das Wohlbefinden älterer und kranker Bewohnerinnen und Bewohner. Darüber hinaus beeinflussen die klimatischen Veränderungen die Verbreitungsgebiete von Flora und Fauna. Sie können sowohl die genetische Vielfalt verringern als auch zum Aussterben von Arten führen.

Die Auswirkungen der Klimafolgen betreffen die unterschiedlichen städtischen Strukturen aufgrund ihrer spezifischen städtebaulichen und freiraumbezogenen Merkmale sowie der vorherrschenden Nutzungen in unterschiedlichem Maße. In Bereichen mit einer hohen Versiegelung und städtebaulichen Verdichtung bzw. mit Nutzungen, die viel Abwärme produzieren, sind die negativen Folgen am stärksten ausgeprägt. Entsprechende Merkmale weisen vor allem die Stadtstrukturtypen „Stadt- und Stadtteilzentren“, „innerstädtische Wohn- und Mischgebiete“ sowie „Gewerbe- und Industriegebiete“ auf. Die differenzierte Darstellung der Betroffenheit von Strukturtypen verdeutlicht, dass für die Stadtentwicklung Möglichkeiten bestehen, die negativen Folgen des Klimawandels zu verringern. Um die Auswirkungen der Starkniederschläge und zunehmenden Temperaturen zu mindern, sollten demnach der Versiegelungsgrad und die Verdichtung reduziert werden. Dazu sind sowohl Maßnahmen im öffentlichen Raum als auch auf den privaten Grundstücken denkbar, deren Verhältnis je nach Stadtstrukturtyp variiert. In städtischen Bereichen mit einer homogenen Eigentümerstruktur und einer geringen Verdichtung lassen sich entsprechende Maßnahmen auf privaten Grundstücken leichter umsetzen als in den dicht bebauten Stadtstrukturtypen „Stadt- und Stadtteilzentren“, „innerstädtische Wohn- und Mischgebiete“ sowie „Blockrandbebauung“. Hier ist zukünftig beispielsweise zu prüfen, ob multifunktionale Flächen im öffentlichen Raum gezielt zum Überflutungsschutz eingesetzt werden können. Durch eine gestalterisch hochwertige Planung und Umsetzung können sie gleichzeitig zur Aufwertung des Stadtraums beitragen.

Die zukünftigen klimatischen Veränderungen sind schon heute im Rahmen einer nachhaltigen Stadtentwicklung sowohl durch die Kompensation der Auswirkungen von klimatischen Veränderungen als auch durch die Vermeidung des Schadenspotenzials zu berücksichtigen. Entsprechende Anpassungsmaßnahmen sind auf den verschiedenen räumlichen Maßstabsebenen von der Stadtregion über die Gesamtstadt und das Quartier bis zu einzelnen Gebäuden und Grundstücken möglich. Zum einen kann eine klimaangepasste Stadtentwicklung die Verstärkung von Klimafolgen durch Entsiegelung und Begrünung mindern. Beispielfähig sei auf Maßnahmen verwiesen, welche den Rückhalt, die Versickerung sowie die Verdunstung von Niederschlagswasser erhöhen oder den Kaltluftaustausch mit dem Umland verbessern. Zum anderen kann Stadtentwicklung bestehende Nutzungen an die zu erwartenden Gefährdungen anpassen bzw. vor ihnen schützen und damit das Schadenspotenzial reduzieren, z.B. durch an Hochwasser angepasste Bauweisen oder eine passive Klimatisierung von Gebäuden. Einen ähnlichen Ansatz verfolgt die Vernetzung bestehender Habitate mit einem durchgehenden Biotopverbundsystem, um den Austausch zwischen Arten und Wanderungsbewegungen zu fördern.

Das gegenwärtig vorherrschende stadtplanerische Leitbild der kompakten Stadt, das durch Nachverdichtung ein weiteres Wachstum innerhalb von bestehenden Siedlungsräumen ermöglicht, ist mit einer klimaangepassten

Entwicklung hinsichtlich der Parameter Temperatur und Niederschlag vereinbar. Allerdings erfordert es einen flächendeckenden Einsatz von kleinteiligen Anpassungsmaßnahmen auf den Grundstücken und an Gebäuden, um aus der zunehmenden Verdichtung resultierende Folgen für das Stadtklima und den Wasserhaushalt zu kompensieren. Entsprechende Maßnahmen sind in den unterschiedlichen Stadträumen möglich, wie die kleinräumigen Entwürfe für die Zoom-Ins verdeutlichen. Berücksichtigt die Entwicklung von Städten entsprechende Vorgaben, werden die Folgen der zunehmenden Verdichtung, wie der Anstieg der mittleren Lufttemperatur und die weitere Ausdehnung der urbanen Wärmeinsel, vermieden. Die zusätzlich infolge des Klimawandels steigenden Temperaturen kompensieren sie jedoch nicht, wie die Ergebnisse der stadtklimatischen Modellierung verdeutlichen.

Die Ergebnisse der wasserwirtschaftlichen Modelle zeigen, dass ein flächendeckender, dezentraler Umgang mit Niederschlagswasser auf den Grundstücken das Kanalnetz und die Gewässer von den Auswirkungen der zunehmenden Starkregenereignisse und der Verdichtung entlastet. Vollständig kompensieren kann er sie allerdings nicht. Auch mildert die verstärkte Versickerung von Niederschlagswasser die Auswirkungen der zunehmenden sommerlichen Trockenperioden auf den Wasserhaushalt. Darüber hinaus verdeutlichen die Zoom-In-Entwürfe und die Modellierung ihrer Wirkungen, dass sowohl zwischen den einzelnen Handlungsfeldern der Klimaanpassung als auch mit anderen Bereichen der Stadtentwicklung Synergieeffekte bestehen. Viele der untersuchten Maßnahmen zur Versickerung und zum Rückhalt von Niederschlagswasser wirken gleichzeitig positiv auf das Handlungsfeld „Temperaturausgleich“. Beispielsweise trägt eine Dachbegrünung, die Niederschlagswasser im Substrat des Gründachs speichert und verdunstet, sowohl zur Entlastung des Kanalnetzes und der Gewässer als auch zur Verbesserung des Stadtklimas bei. Des Weiteren illustrieren die Entwürfe, dass eine hochwertige Gestaltung entsprechender baulich-räumlicher Veränderungen positive Effekte auf Städte haben kann, indem sie die Qualität von Freiräumen verbessert und damit die Lebensqualität der Bewohnenden erhöht.

Eine flächendeckende Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen, wie im Szenario „Kompakte Stadt“ vorgesehen, schließt jedoch zusätzliche Gefährdungen bestehender Nutzungen nicht vollständig aus. Damit ist die Reduktion des Schadenspotenzials die zweite Säule einer klimaangepassten Stadtentwicklung. Allerdings sind die entsprechenden Gefährdungen deutlich geringer als bei anderen Entwicklungsszenarien, wie einer schrumpfenden Stadt ohne stadtstrukturelle Veränderungen (Szenario „Rück- und Umbau“) oder einer ins Umland wachsenden Stadt, in der der Klimaanpassung politisch kein hoher Stellenwert beigemessen wird (Szenario „Florierender Wirtschaftsstandort“). In diesen Szenarien nehmen die durchschnittliche Sommertemperatur und die überschwemmungsgefährdeten Flächen deutlich stärker zu als im Szenario „Kompakte Stadt“. Neben stadtstrukturellen Aspekten ist dafür auch das fehlende gesellschaftliche Bewusstsein für die Anpassung an die

Folgen der klimatischen Veränderungen maßgeblich. Sollen wiederkehrende Schäden vermieden werden, sind gefährdete Nutzungen entweder widerstandsfähig umzugestalten oder zu verlagern.

Selbst die flächendeckende Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen in einer kompakten Stadt kompensiert die Auswirkungen von zusätzlicher Verdichtung und klimatischer Veränderung nicht vollständig, wie die Ergebnisse der stadtklimatischen und wasserwirtschaftlichen Modelle belegen. Um die Lebensqualität in unseren Städten zu erhalten, ist damit auch der Klimaschutz eine zentrale Aufgabe der Stadtentwicklung. Auch ihm ist zukünftig eine hohe Bedeutung beizumessen. Hier bestehen vielfältige Synergien mit der Klimaanpassung, wie bereits die Modellierungsergebnisse für das Szenario „Kompakte Stadt“ verdeutlichen. Ein Beispiel ist die passive Klimatisierung von Gebäuden. Sie stellt den Nutzerkomfort für die Bewohnenden und Nutzenden auch bei höheren Temperaturen sicher, ohne den Ausstoß von Treibhausgasen zu erhöhen.

Eine klimaangepasste Stadtentwicklung erfordert schon heute einen gemeinsamen Willen von Politik, Verwaltung und Zivilgesellschaft für einen langfristig ausgerichteten Umbau der Stadt. Vielfach dominieren jedoch kurzfristig drängende Herausforderungen, der Politik und Verwaltung gegenwärtig einen höheren Stellenwert beimessen. Damit verliert sie die Chance zur Integration von Anpassungsmaßnahmen. Die entsprechenden Akteure müssen daher vom Nutzen entsprechender Maßnahmen überzeugt werden, auch wenn sie mit höheren Kosten für die Umsetzung entsprechender Vorhaben verbunden sein können. Sensibilisierung und Bewusstseinsbildung für die Folgen der klimatischen Veränderungen und die daraus resultierenden Anpassungsbedarfe sind somit ein wichtiger Baustein einer klimaangepassten Stadtentwicklung. Neben Politik und Verwaltung müssen auch die Grundstückseigentümerinnen und -eigentümer für die Anliegen gewonnen werden. Hier bieten Instrumente zur Information, Beteiligung und Kooperation bei konkreten Planungen Möglichkeiten. Langfristiger wirkt die Integration entsprechender Aspekte in die schulische Bildung. Gefragt ist auch die öffentliche Hand als Bauherr, da entsprechend realisierte Best-Practice-Beispiele durch ihre Vorbildwirkung Veränderungen bei privaten Eigentümerinnen und Eigentümern anstoßen können. Darüber hinaus kann die öffentliche Hand die Umsetzung von Maßnahmen einer klimaangepassten Stadtentwicklung durch rechtlich bindende Festsetzungen in Bebauungsplänen fordern. Auch ökonomische Anreize, wie sie mit den bewährten Programmen der Städtebauförderung seit Längerem bestehen, können zur Förderung der Klimaanpassung beitragen.

Die Ergebnisse der interdisziplinären Zusammenarbeit verdeutlichen, dass eine klimaangepasste Stadtentwicklung hohe Anforderungen an die Integration des Fachwissens unterschiedlicher Disziplinen, wie Meteorologie, Stadt- und Freiraumplanung, Architektur, Wasserwirtschaft, Geographie, Biologie und Sozialwissenschaften, stellt. Dazu bedarf es einer koordinierenden Instanz, wie der

Stadt- oder der Freiraumplanung. Als Querschnittsdisziplinen könnten sie die verschiedenen Interessen und Fachdisziplinen im Sinne einer nachhaltigen Stadtentwicklung koordinieren. Damit kämen auf die Disziplinen große Herausforderungen zu, vorausgesetzt, der politische Wille zur Entwicklung einer kompakten und an veränderte Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse angepassten Stadt besteht.

Handlungsempfehlungen

Zusammenfassend leiten sich aus den Ergebnissen des Modellgebietes Wandse folgende Handlungsempfehlungen ab, die auch auf andere Städte übertragbar sind.

Empfehlung 1: Politische Bedeutung erhöhen und Bewusstsein schaffen

Die politische Bedeutung einer frühzeitig an klimatische Veränderungen angepasste Stadtentwicklung muss erhöht werden. Politik, Verwaltung und Zivilgesellschaft sind für entsprechende Aspekte zu sensibilisieren. Zudem ist es notwendig, Bewusstsein für die Anpassungserfordernisse zu bilden

Viele Akteure, welche die Stadtentwicklung mit ihrem Handeln beeinflussen, messen den Herausforderungen der Klimaanpassung gegenwärtig noch nicht den erforderlichen Stellenwert bei. Dies betrifft auch wichtige Vertreterinnen und Vertreter der Verwaltung. Ursächlich dafür ist vielfach, dass die Veränderungen Hamburg bisher kaum betroffen haben. Zudem fehlen entsprechende politische Vorgaben. Folglich berücksichtigen die Akteure die Auswirkungen der klimatischen Veränderungen und die Anpassungsbedarfe nicht in einem ausreichenden Maße bei ihren Entscheidungen. Von daher ist es notwendig, die politische Bedeutung zu erhöhen, entsprechende Vorgaben zu verankern, die Akteure zu sensibilisieren sowie Bewusstsein zu bilden. Für die Zivilgesellschaft eignen sich neben der reinen Information partizipative Verfahren, mit denen sie frühzeitig in Planungen eingebunden werden kann.

Empfehlung 2: Stadt-regionale Sichtweise

Aufgrund von naturräumlichen Zusammenhängen bei den Folgen der klimatischen Veränderungen sollte Stadtentwicklung über die eigenen administrativen Grenzen hinaus denken. Erforderlich sind großräumige Strategien und Konzeptionen und eine Kooperation in naturräumlich abgegrenzten Räumen.

Die funktionalen Zusammenhänge von Städten mit dem Umland sind stärker in den Blick nehmen. So können beispielsweise Maßnahmen auf land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen im Flussoberlauf zu einer Verringerung der Hochwassergefährdung in den bebauten Bereichen der Städte beitragen. Vergleichbare Bezüge zum Umland bestehen auch in den anderen Handlungsfeldern der Klimaanpassung, wobei die Abgrenzung entsprechender Bereiche variieren kann. Deutlich wird jedoch, dass die Klimaanpassung von Städten auch großräumige Strategien und Konzeptionen erfordert, die nicht an administrativen Grenzen enden.

Empfehlung 3: Flächendeckend Anpassungsmaßnahmen umsetzen

Die Klimaanpassung wachsender Städte erfordert bei Beibehaltung kompakter Strukturen eine flächendeckende Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen, um die Folgen von Starkregenereignissen und Temperaturanstieg sowie zunehmender Verdichtung zu kompensieren.

In der kompakten Stadt ist die Klimaanpassung eine Daueraufgabe, die bei allen Planungen berücksichtigt werden sollte. Das Handeln der Stadtentwicklungsplanung ist dabei an den folgenden Prinzipien auszurichten:

- Höhen- statt von Breitenwachstum von Städten zur Vermeidung einer Zunahme versiegelter Flächen durch Aufstockung bestehender Gebäude;
- Kühlung von Gebäuden durch angepasste Orientierung, natürliche Tag- bzw. Nachtlüftung, Fassaden mit hoher Speichermasse und ausreichender Befensterung zur Tageslichtversorgung sowie effiziente Verschattungssysteme;
- Erhöhung des Grünanteils auf privaten Grundstücken und im öffentlichen Raum vorwiegend durch heimische Arten und Spontanvegetation zur Erhöhung der natürlichen Beschattung und der kühlenden Wirkung von Verdunstung durch Entsiegelung, Dachbegrünung sowie Begrünen von öffentlichen und privaten Grundstücken;
- dezentrale Bewirtschaftung von Niederschlagswasser auf dem Grundstück zur Reduktion der Gefährdung durch Überschwemmungen und Überflutungen durch eine Kombination von Maßnahmen zum Rückhalt, zur Versickerung, Verdunstung und kontrollierten Ableitung von Niederschlagswasser;
- Schaffung multifunktionaler Flächen im öffentlichen Raum in den Stadtquartieren, in den Maßnahmen auf den Grundstücken schwierig umzusetzen bzw. diese nicht ausreichend sind, um so das Überschusswasser im Falle von Starkregenereignissen temporär zurückzuhalten und Schäden an Gebäuden oder sonstigen sensiblen Bereichen zu vermeiden;
- verstärkte Verknüpfung von Biotopen zur Schaffung von Wanderkorridoren für Flora und Fauna, ergänzt um entsprechende Pflegekonzepte;
- Verringerung der Albedo zur Reduktion der städtischen Überwärmung durch Verwendung heller Materialien für die Oberflächen von Gebäuden und Verkehrsflächen.

Empfehlung 4: Klimaanpassung in der Verwaltung verankern

Eine klimaangepasste Stadtentwicklung erfordert auf allen administrativen Ebenen hochrangig verankerte Beauftragte zur Koordination der interdisziplinären Zusammenarbeit zwischen ingenieur-, natur- und sozialwissenschaftlichen sowie gestalterischen Disziplinen. Weitere Aufgaben bestehen darin, Vorhaben mit übergeordneten Planungszielen abzustimmen sowie Anpassungsmaßnahmen langfristig und kontinuierlich in die laufenden Veränderungen von städtischen Strukturen zu integrieren.

Auf allen administrativen Ebenen sind hochrangig verankerte Klimaanpassungsbeauftragte vorzusehen, die als koordinierende Instanzen Anpassungsmaßnahmen in den Stadtraum integrieren. Für diese Aufgabe ist die querschnittsorientierte Stadt- oder Freiraumplanung prädestiniert, die damit zukünftig an Bedeutung und Aufgaben gewinnt. Diese Forderung sollte sich in der Verfügbarkeit entsprechend qualifizierten Personals in der Verwaltung widerspiegeln. Zudem muss Klimaanpassung bei der Stadtentwicklungsplanung langfristig und kontinuierlich in die laufenden Veränderungen von städtischen Strukturen integriert werden. Viele der kleinteiligen Anpassungsmaßnahmen sind im Rahmen der bestehenden Erneuerungszyklen von Gebäuden, Infrastrukturen und Grünflächen mit verhältnismäßig geringem zusätzlichem Aufwand integrierbar. Langfristig können städtische Strukturen so an die zu erwartenden klimatischen Veränderungen angepasst werden, ohne in einem hohen Umfang zusätzliche Kosten zu erzeugen. Dazu sind die entsprechenden Aspekte kontinuierlich mitzudenken und die unterschiedlichen Planungen stets auch unter dem Aspekt der Klimaanpassung zu betrachten.

Empfehlung 5: Instrumentenmix ausschöpfen

Um eine klimaangepasste Stadtentwicklung umzusetzen, muss die öffentliche Hand rechtlich bindende Vorgaben treffen, die Umsetzung entsprechender Maßnahmen fördern sowie als Bauherr gute Beispiele schaffen.

Eine klimaangepasste Stadtentwicklung ist eine umfangreiche Aufgabe, die unterschiedliche Steuerungsansätze erfordert. Bei der Neuentwicklung von Baugebieten können entsprechende Ziele durch rechtlich bindende Vorgaben in Bebauungsplänen durchgesetzt werden. Veränderungen im Bestand können dagegen durch ordnungsrechtliche Vorgaben nicht erzwungen werden. Hier können Anreize zu einer Umsetzung entsprechender Anliegen beitragen, ergänzt um Information und Öffentlichkeitsarbeit. Darüber hinaus steht die öffentliche Hand in der Verantwortung durch die Schaffung von guten Beispielen die Umsetzbarkeit von Maßnahmen und die damit verbundenen Chancen aufzuzeigen.

Empfehlung 6: Bilanzierung von Kosten und Nutzen einzelner Maßnahmen

Um Entscheidungen der Stadtentwicklung zielgerichtet zu unterstützen, sollten die Kosten und Nutzen der unterschiedlichen Klimaanpassungsmaßnahmen umfassend bilanziert werden. Neben der Berücksichtigung von stadtklimatischen Aspekten sollten dabei auch die Wirkungen auf weitere Handlungsfelder einer nachhaltigen Stadtentwicklung, wie die Verbesserung der Lebensqualität der Bewohnenden und die Reduktion des Ausstoßes von Treibhausgasen, berücksichtigt werden.

Diese Aspekte werden derzeit noch nicht ausreichend bei der Planung von Projekten berücksichtigt, da entsprechende Informationen nicht in ausreichender Form vorliegen. Forschungsbedarf besteht in einer vergleichenden Bewertung der Kosten und Nutzen der einzelnen Maßnahmen. Zunächst wären damit die Kosten der jeweiligen Maßnahmen zu quantifizieren. Aus den hier vorgestellten visionären Entwürfen sind entsprechende Daten nicht ableitbar, eine detailliertere Planung ist dafür notwendig. Des Weiteren ist der Nutzen der einzelnen Maßnahmen zu untersuchen und zu quantifizieren. Hier stellt sich zunächst die Frage, welchen spezifischen Beitrag sie zur Kompensation der Auswirkungen von erhöhten Temperaturen und veränderten Niederschlagsverhältnissen leisten. Zusätzlich wären in einer entsprechenden Bewertung die Wirkungen auf weitere Handlungsfelder einer nachhaltigen Stadtentwicklung, wie die Verbesserung der Lebensqualität der Bewohnenden und die Reduktion des Ausstoßes von Treibhausgasen zu berücksichtigen. Beide Schritte sollten in einer Kosten-Nutzen-Analyse der einzelnen Maßnahmen zusammengeführt werden, um Entscheidungen der Stadtentwicklung zielgerichtet zu unterstützen.

Summary

Climate change confronts urban development in Germany with new challenges. Heat waves and longer drought periods in summer as well as extreme precipitation and resulting flood events are exerting a growing impact on cities and urban areas. In order to address these problems, sustainable urban development should consider appropriate adaptation strategies in urban quarters. It is important to note in this context that areas within cities differ with regard to specific characteristics. Alongside differences in terms of location and utilization, these include aspects related to urban development, open space and infrastructure. The urban development characteristics include the size, shape and position of buildings as well as their allocation to open spaces. The proportion of unsealed areas and plant cover are features of open space which significantly influence the possibilities of climate change adaptation in different areas of a city. An important infrastructural aspect relates to the position of pipelines for water and waste water.

Based on varying specifications of each of the characteristics, areas can be grouped together to form urban structure types. Each group constitutes spatial units which are homogenous with regard to the aspects described above. Residential areas are, for example, an urban structure type which is dominated by detached and semi-detached housing, detached multi-units and multi-storey residential buildings as well as core or mixed use areas. Other urban structure types include commercial, industrial and port areas, locations for offices and community services, areas for transport, supply and disposal as well as allotments.

Given their structural characteristics, these areas not only differ in terms of susceptibility to climate change impacts, but also in terms of the structural and spatial requirements for adaptation. Each urban structure type can draw on various approaches designed to adapt to climate changes. These approaches address, for example, the urban heat island, the prevention of overflowing rivers and canals as well as the avoidance of potential damage to buildings in flood-prone areas.

This publication describes the impacts of climate change for the City of Hamburg and highlights the possibilities for different areas and urban structure types to adapt to these changes. It is based on the work of an inter-disciplinary team of experts active in the fields of architecture, biology, geography, landscape architecture, meteorology, urban planning and water management who have worked together as part of the research project KLIMZUG-NORD. The point of reference for the analysis is the middle of the 21st century which roughly refers to the year 2050. The area chosen for the case study is the Wandse river basin in Hamburg. The study area encompasses almost all urban structures in Hamburg. These include low density residential areas in the eastern outskirts as well as denser inner-city structures in the western part of the city.

The publication is based on four key questions which will be addressed in the subsequent sections:

- What are the anticipated climate changes and resulting impacts for the City of Hamburg and the case study area up until the middle of the 21st century?
- To what extent can adaptation measures be integrated into urban areas?
- To what extent can adaptation measures compensate the effects of climate change?
- How can the awareness of the population and relevant actors for climate change impacts and the need for corresponding adaptation measures be enhanced?

Climate Changes and Impacts

According to simulations based on the regional climate models REMO and CLM for different scenarios of greenhouse gas emissions, Hamburg will witness rising temperatures and changing precipitation patterns by the middle of the 21st century. In contrast to the reference period from 1971-2000, the mean temperature will increase by approx. 1 K-3 K in winter and by approx. 1 K-1.5 K in summer. Whereas the level of precipitation will increase in spring, autumn and winter, it will remain roughly the same in summer. At the same time, heavy precipitation will most likely increase all year round. For the summer, the simulations of the regional climate models project decreasing precipitation levels by the end of the century.

The impacts of climate change result in adaptation requirements. Although this affects all fields of urban development, the following sections focus on aspects related to urban climate, water management and nature conservation:

- The emergence of an urban heat island which influences the temperature development in the study area is of decisive importance to the **urban climate**. In the evening and at night temperatures in the city are higher than in the less densely populated urban fringe. This phenomenon is most prevalent in the densely built-up areas in the western part of the study area. The spatial extent and intensity of the urban heat island will change only insignificantly by the middle of the 21st century. Thus, temperature increases as a result of regional climate change will primarily impact the dense inner-city areas in the western part of the study area. During the summer months, the rising temperatures could have a particularly negative effect on the well-being of the population at night. The frequency of tropical nights with minimal daytime temperatures of over 20 °C will most likely increase in the future. With regard to **storm water management**, the greater frequency of heavy precipitation not only affects the sewage system which drains runoff in built-up areas, but also results in higher water levels of water bodies. Consequently, the study area is affected by extensive flooding along the Wandse and its tributaries. Furthermore, floods result from overflowing sewer systems or the landscape topography, as the immense surface runoff accumulates in swales and surface depressions. Analyses conducted with the hydrodynamic sewage system model Hystem-Extran and the hydrological precipitation-runoff-model KalypsoHydrology confirm a possible increase of flood risk in the different climate scenarios. Furthermore, it is likely that longer drought periods in the summer will lead to lower water levels of water bodies and thus negatively impact water quality and aquatic life.

- Climate changes which affect the habitat of flora and fauna are particularly relevant to **nature conservation**. Dry summers and increasing temperatures exert a strong impact on ecologically valuable wetland habitats. Furthermore, it is to be anticipated that the primary distribution range of plant and animal species will shift towards the North and Northeast as a result of climate change. However, urban structures can restrict these shifting ranges. Whereas increasing flood events have a limited impact on plant species, more frequent floods can influence animal species living in and near water.

Based on characteristics related to urban development, open space and land use, each urban structure type is affected by climate change to a varying degree. Most affected are urban areas characterized by a high impervious ratio. These not only include city and city district centres as well as residential and mixed use areas in inner-city regions, but also include commercial and industrial areas spread across the entire city region. Alongside the high impervious ratio, the density of buildings in combination with anthropogenic waste heat is critical to the high susceptibility of these areas. Overall, the susceptibility of urban structure types to the impacts of climate change also depends on criteria related to the location and natural areas, for which no universally valid statements can be made.

Spatial Integration of Adaptation Strategies in Urban Areas

Urban structures characterized by a low impervious ratio and a homogenous ownership structure alleviate the extensive implementation of measures for the adaptation to changing precipitation patterns (in particular on private property). Thus, detached houses and multi-units, high-rise buildings, large housing estates and allotments are characterized by a high level of adaptation capacity. In contrast, perimeter block development, city and city district centres as well as inner-city residential and mixed used areas are less suitable for the implementation of adaptation measures on private property.

The reasons for this reside in the following characteristics:

- An impervious ratio of 50 % and more;
- The division of properties into small segments;
- Buildings with primarily slanted roofs such as pitched roofs;
- Buildings where a subsequent greening of the roof is not feasible due to its supporting structure.

Besides existing structural and spatial features with which the adaptation capacity of urban structure types can be described, societal changes influence the future adaptation possibilities of each type. These include socio-economic conditions as well as the importance society attaches to climate change adaptation. Thus, the three scenarios “deconstruction and conversion in private responsibility”, “thriving business location and increasing anthropogenic demand for land area” and “the compact city as a centre for environmental innovation” cover the possible development paths for the case study until the middle of the 21st century.

In the **scenario “deconstruction and conversion in private responsibility”** the availability of public resources is limited due to lower economic activity and the resulting population decrease. Given that growing suburbanization influences urban development, building vacancies in inner-city areas increase and properties partially become fallow. Demolition is rare so that the urban fabric is retained. If existing quarters are expanded, this either takes place at a very small scale or is achieved through additional densification. Instead of coordinating adaptation measures in a comprehensive and anticipatory manner, the city administration awaits the physical impacts of climate change. In some cases, adaptation measures designed to protect properties from flooding and heat are implemented by private owners in their own responsibility.

In the **scenario “thriving business location and increasing anthropogenic demand for land area”** the city strives to promote the development of the Hamburg port and traditional industries. In light of the growing need for sufficient housing as a result of population growth, building gaps are filled and block interiors, open spaces and allotments built-up. Furthermore, new residential areas are constructed on the outskirts. The city administration adopts the strategy of protecting critical infrastructure from the impacts of climate change. Alongside protective measures, private property owners implement various reconstruction measures including the passive climatization of buildings, the use of lightly coloured rooftops to avoid overheating as well as the infiltration and retention of runoff on the property. The area-wide implementation of adaptation measures is, however, not given.

In the **scenario “the compact city as a centre for environmental innovation”** economic growth is driven by industries and services with a focus on environmental protection and renewable energies. Consequently, population numbers are increasing. As a result of redensification and internal development, building density increases along the major transportation routes in the inner-city area. Owing to the construction of additional and conversion of existing buildings, a greater impervious ratio is prevented. Awareness for environmental issues is high and the city administration pursues a strategic mix of adaptation measures suited to both the public sector as well as to the support of measures implemented on private property. Measures pursued by the public sector include the multifunctional use of roads, playgrounds and sports fields, green spaces and urban squares for the infiltration and retention of runoff and the protection of buildings and areas from flooding. Generally, runoff is infiltrated, retained, evaporates or is used on the property where it accumulates. In order to increase the albedo, lightly coloured materials are primarily used.

For this scenario, detailed **designs** of selected focus areas in different urban structure types illustrate how adaptation measures can be integrated into the existing urban fabric in the next 35 years. Depending on the building density, the focus of the adaptation measure varies. In urban areas characterized by low building density, they are commonly implemented on private property. In highly dense urban structure types characterized by segmented properties, public space is increasingly made use of. The designs highlight the fact that the following principles contribute to an urban development adapted to climate change:

- Vertical as opposed to horizontal growth by adding storeys to existing buildings and thus avoiding an increase in the impervious ratio;
- Passive climatization of buildings by adapting its orientation, natural day-time and night-time ventilation, facades with an adequate storage mass, sufficient number of windows and supply of daylight as well as an efficient shading system;
- Increase in the proportion of green spaces on private properties and in public areas to strengthen the cooling effect of natural shade and evaporation through unsealing, roof greening and the greening of public and private properties with domestic species as well as the approval of spontaneous vegetation;
- Implementation of sustainable urban drainage systems to reduce flood risk by using a combination of measures for retention, infiltration and evaporation as well as for the controlled drainage of runoff;
- Creation of multi-functional areas in public spaces within dense urban structure types to temporarily retain surplus water following heavy precipitation and to avoid damage to buildings or other sensitive areas;
- Implementation of a biotope network system designed to connect biotopes and to create migration corridors for flora and fauna which are supplemented by appropriate maintenance concepts;
- Increase of the albedo to reduce the over warming of urban areas by using lightly coloured surface materials for buildings and transportation infrastructure.

In light of the demanding requirements these aspects place on the spatial integration of adaptation measures, inter-disciplinary collaboration between engineering and design orientated disciplines is essential. The sufficient coordination of corresponding processes through appropriate disciplines such as urban planning and landscape architecture are decisive to the success of such concepts.

Impacts of Measures

The three scenarios described above are characterized by significant differences when it comes to the impact of structural changes and the implementation of adaptation measures on the urban climate as well as the water and sewage network:

- **Urban climate:** Statements on the mean air temperature - as a parameter of the urban climate - are based on analyses conducted with the numeric meteorological model METRAS. The analyses highlight that an extensive implementation of adaptation measures which correspond to those intended by the scenario “compact city” lead to a reduction of the mean air temperature in summer by 20% or 0.2 K and also reduce the spatial extent of the urban heat island. Given that green roofs ensure sufficient substrate moisture in dry periods, they reduce the air temperature during both the day and night time. If urban development does not emphasize the importance of climate change adaptation - as is the case in the scenarios “deconstruction and conversion” and “thriving business location”- the anticipated temperature increase in summer can hardly be reduced. However, even for the scenario “compact city”, the adaptation measures addressed cannot compensate the anticipated climate changes.
- **Water and sewage network:** The statements presented are based on calculations made with the hydrodynamic sewage system model Hystem-Extran and the hydrological precipitation-runoff-model KalypsoHydrology. If sustainable urban drainage systems are implemented comprehensively on private properties and in public areas, which correspond to those intended by the scenario “compact city”, both the sewage network and water bodies are relieved following heavy precipitation events. The combination of measures including green roofs, the unsealing of hard surfaces as well as the infiltration and retention of runoff has proven effective. The retention and infiltration measures (e.g. swales and trenches) even exert a positive influence on the soil water budget and low water levels following lengthy periods of drought. If urban development does not emphasize the importance of climate change adaptation - as is the case in the scenarios “deconstruction and conversion” and “thriving business location”- the adaptation measures have only a limited compensating effect on changing precipitation patterns and densification. Consequently, problems related to flooding increase.

The compact city as the current guiding principle of urban planning is thus compatible with sustainable urban development in a green city such as Hamburg. Owing to its focus on redensification which allows for further growth within existing residential areas, the compact city can contribute to a development adapted to climate change when it comes to the parameters temperature

and precipitation. In order to compensate the resulting impacts of redensification on the urban climate as well as the water and sewage network, the area-wide implementation of measures on private property and in public spaces is essential. In this context, synergies between the various fields of climate change adaptation exist. A number of measures addressed in relation to infiltration and retention of runoff exert a simultaneously positive impact of the parameter “temperature”. An example in this regard relates to rooftop greening which stores and evaporates rainwater in the substrate of the green roof and thus not only contributes to a better urban climate, but also to relieving the water and sewage network.

Awareness-Building

Of decisive importance to the implementation of adaptation concepts are the willingness to act of and the resources available to responsible actors. As highlighted by interviews conducted in the study area, the limited degree to which climate change can be experienced renders the topic to be of limited relevance to the majority of these actors. The key reasons for this reside in the currently hardly visible effects of climate change as well as in uncertainties regarding future climate changes. Raising awareness for the longer-term adaptation requirements can thus contribute to the implementation of corresponding concepts. For this reason, informational and participatory tools constitute an important aspect of climate change adaptation governance.

Corresponding tools designed to raise awareness tested in the study area include scientific and experimental learning, workshops with local actors and online discussions. Each tool exhibits specific strengths and weaknesses:

- **Scientific and experimental learning as part of school education** not only provides the opportunity to raise the awareness of pupils - as future decision-makers - for the impacts of climate change, but also contributes to building the competencies necessary for them to recognize the need for action. Given that the tool does not address current decision makers, it is less suited to raising awareness for climate impacts and adaptation measures needed to address urban problems in the short-term. In light of lengthy renewal cycles of urban fabric such as buildings and infrastructure it nevertheless seems appropriate to address these issues today.
- **Workshops with local actors** are a creative and future-orientated tool designed to encourage greater and active engagement with the impacts of climate change and necessary adaptation measures. However, the organization and realization of workshops requires sufficient human resources as well as the willingness of participants to engage in

new perspectives and options. Thus, workshops with local actors are most suited to specific and spatially limited plans which are at an early stage of development and require thinking “outside the box”.

- **Online-discussions** are characterized by flexible accessibility to a range of diverse actors. A general interest in the topic at hand is, however, necessary as a motivation to participate. Furthermore, technical requirements of online discussions exclude particular groups and should thus be implemented in combination with other tools requiring physical presence of the participants.

Generally speaking, both workshops with local actors and online-discussions ideally require specific planning cases. Otherwise, participants are unsure as to why they should invest their time in participating in corresponding events. Climate change adaptation as part of school education is more open in this regard and is thus more appropriate to raising awareness in the long-term.

Conclusions

Sustainable urban development should today consider the impacts of climate change by not only compensating the effects, but also by avoiding potential damage. Corresponding adaptation measures should be adopted at all spatial scales of the urban region, ranging from the whole city and individual quarters to single buildings and properties.

On the one hand, sustainable urban development can reduce the impacts of climate change by increasing the level of greening and decreasing the impervious ratio. Exemplary measures in this regard include those designed to increase the level of retention, infiltration and evaporation of runoff as well as those designed to improve the exchange of cool air between the city and surrounding areas.

On the other hand, urban development can reduce potential damage by adapting existing forms of use to the anticipated risks and threats. Examples in this regard include the passive climatization of buildings as well as the adaptation of their construction to increasing flood frequency. The interconnection of existing habitats to form a biotope network system designed to promote exchange between species and migration processes follows a similar approach.

Urban development adapted to climate change places demanding requirements on the integration of inter-disciplinary knowledge. To support this process, a coordinating entity which is characterized by an inter-disciplinary approach is necessary such as urban planning or landscape architecture. Furthermore, the implementation of corresponding strategies and measures requires the existence of sufficient political will to develop a compact city adapted to changing temperatures and precipitation patterns.

Recommendation 1: Increase political relevance and raise awareness

The political importance of achieving urban development adapted to climate change must be increased early on. The awareness of politicians, administration and civil society for corresponding aspects must be enhanced. Furthermore, it is important to create greater awareness for the necessity of adaptation measures.

Recommendation 2: Area-wide implementation of adaptation measures

If compact structures of the urban fabric are retained, climate change adaptation in expanding cities requires the area-wide implementation of adaptation measures. This is essential to compensate the impacts of heavy precipitation events and rising temperatures as well as the impacts of increasing redensification.

Recommendation 3: Incorporation of climate change adaptation into administration

Urban development adapted to climate change requires that high-level representatives coordinate inter-disciplinary collaboration between engineering, natural sciences and design orientated disciplines at all administrative levels. Further tasks relate to coordinating proposals with overriding planning objectives as well as to promoting the continuous and long-term integration of adaptation measures into the existing urban fabric.

Recommendation 4: Exploitation of available tools

In order to implement urban development adapted to climate change, the public sector must create a set of binding specifications, promote the implementation of corresponding measures on private properties and lead the way by setting best practice examples.

Recommendation 5: Balancing of costs and benefits of individual measures

In order to support urban decision-making in a goal-orientated manner, a comprehensive balance of costs and benefits of various adaptation measures should be drawn up. Alongside aspects related to urban climate, the impacts on other fields of sustainable urban development should be considered. Examples in this regard include improvements in the quality of life of the resident population as well as the reduction of greenhouse gas emissions.

Recommendation 6: City-regional perspective

In light of spatial interconnections observable in relation to the impacts of climate change, urban development should think beyond the administrative boundaries of the city. Essential in this regard are city-regional perspectives and concepts as well as cooperation in spatially and functionally bounded spaces.

Anhang

Strukturtypentabelle

1)

Einfamilienhäuser (kleinteilig)	Ausgangslage 2012	Szenario 1 Rück- und Umbau	Szenario 2 Florierender Wirtschafts- standort	Szenario 3 Kompakte Stadt
Versiegelungsgrad absolut	Ø 40%	40%	50%	45%
davon anteilig:				
bebaute Fläche (Gebäude)	50%	50%	50%	55%
befestigte Fläche	50%	50%	50%	45%
davon öffentl. Straßen / Fuß- wege	50%	50%	50%	55%
davon private Zufahrten / Wege	50%	50%	50%	45%
Anteil der Teilversiegelung an der befestigten Fläche (ohne Gebäude)	0%	0%	10%	65%
durchschnittliche Veränderung der Gebäudehöhe in Geschossen	1-3 G	0	0	0****
durchschnittliche Gebäudehöhe	Ø 7,5 m	7,5 m	7,5 m	7,5 m
Anteil der Gründachfläche an der bebauten Fläche	0%	0%	10%	40%*
Anteil der Gebäude mit heller Dachfarbe	0%	0%	20%	40%
Anteil der nicht ans Kanalnetz angeschlossenen Fläche des Strukturtyps ***	40%	40%	50%	100%**

* mit Überlauf in Versickerungsflächen auf dem Grundstück
 ** Straßen als Notwasserweg bzw. temporärer Stauraum
 *** Maßnahmen: Grabentwässerung, Gründach, Versickerung u. Retention, Nutzung, Tiefbeete an der Straße als Verkehrsberuhigung
 **** Ausbau DG

2)

Einfamilienhäuser (Villen)	Ausgangslage 2012	Szenario 1 Rück- und Umbau	Szenario 2 Florierender Wirtschafts- standort	Szenario 3 Kompakte Stadt
Versiegelungsgrad absolut	Ø 30%	30%	40%	40%
davon anteilig:				
bebaute Fläche (Gebäude)	40%	40%	40%	50%
befestigte Fläche	60%	60%	60%	50%
davon öffentl. Straßen / Fuß- wege	50%	50%	50%	60%
davon private Zufahrten / Wege	50%	50%	50%	40%
Anteil der Teilversiegelung an der befestigten Fläche (ohne Gebäude)	0%	0%	10%	50% (mit Parkplätzen)
durchschnittliche Veränderung der Gebäudehöhe in Geschossen	2-4 G	0	plus 1 G	plus 1 G
durchschnittliche Gebäudehöhe	6-15 m	6-15 m	9-18 m	9-18 m
Anteil der Gründachfläche an der bebauten Fläche	0%	0%	10%	20%*
Anteil der Gebäude mit heller Dachfarbe	0%	0%	20%	60%
Anteil der nicht ans Kanalnetz angeschlossenen Fläche des Strukturtyps ***	30%	30%	40%	90%**

* mit Überlauf in Versickerungsflächen auf dem Grundstück
 ** Straße als Notwasserweg bzw. temporärer Stauraum
 *** Maßnahmen: Gründach, Versickerung u. Retention, Nutzung, Tiefbeete an der Straße als Verkehrsberuhigung

3)

Reihenhäuser	Ausgangslage 2012	Szenario 1 Rück- und Umbau	Szenario 2 Florierender Wirtschaftsstandort	Szenario 3 Kompakte Stadt
Versiegelungsgrad absolut	Ø 50%	50%	55%	50%
davon anteilig:				
bebaute Fläche (Gebäude)	50%	50%	55%	50%
befestigte Fläche	50%	50%	45%	50%
davon öffentl. Straßen / Fußwege	50%	50%	50%	50%
davon private Zufahrten / Wege	50%	50%	50%	50%
Anteil der Teilversiegelung an der befestigten Fläche (ohne Gebäude)	0%	0%	0%	75% (mit Parkplätzen)
durchschnittliche Veränderung der Gebäudehöhe in Geschossen	1-3 G	0	0	0****
durchschnittliche Gebäudehöhe	7,5 m	7,5 m	7,5 m	7,5 m
Anteil der Gründachfläche an der bebauten Fläche	0%	0%	5%	15%*
Anteil der Gebäude mit heller Dachfarbe	0%	0%	20%	65%
Anteil der nicht ans Kanalnetz angeschlossenen Fläche des Strukturtyps ***	20%	20%	30%	50%**

* mit Überlauf in unterirdische Rigolen

** Straße als Notwasserweg bzw. temporärer Stauraum

*** Maßnahmen: Grabentwässerung, Gründach, Versickerung u. Retention, Nutzung, Tiefbeete an der Straße als Verkehrsberuhigung

**** Ausbau und Umbau DG

4)

Zeilenbebauung der 1920er Jahre <small>(nicht aufgeführte Daten entsprechen dem Stadtstrukturtyp Neue Zeilenbebauung)</small>	Ausgangslage 2012	Szenario 1 Rück- und Umbau	Szenario 2 Florierender Wirtschaftsstandort	Szenario 3 Kompakte Stadt
Versiegelungsgrad absolut	Ø 55%	50%	65%	55%

5)

Blockrandbebauung <small>((nicht aufgeführte Daten entsprechen dem Stadtstrukturtyp Innerstädt. Wohn- und Mischgebiet)</small>	Ausgangslage 2012	Szenario 1 Rück- und Umbau	Szenario 2 Florierender Wirtschaftsstandort	Szenario 3 Kompakte Stadt
Versiegelungsgrad absolut	Ø 65%	65%	65%	60%

6)

Neue Zeilenbebauung	Ausgangslage 2012	Szenario 1 Rück- und Umbau	Szenario 2 Florierender Wirtschaftsstandort	Szenario 3 Kompakte Stadt
Versiegelungsgrad absolut	Ø 50%	45%	60%	50%
davon anteilig:				
bebaute Fläche (Gebäude)	40%	40%	40%	45%
befestigte Fläche	60%	60%	60%	55%
davon öffentl. Straßen / Fußwege	70%	75%	65%	65%
davon private Zufahrten / Wege	30%	25%	35%	35%
Anteil der Teilversiegelung an der befestigten Fläche (ohne Gebäude)	0%	0%	10%	40% (mit Parkplätzen)
durchschnittliche Veränderung der Gebäudehöhe in Geschossen	4-6 G	0	0	plus 0-1 G
durchschnittliche Gebäudehöhe	12-18 m	12-18 m	12-18 m	13,5-19,5 m
Anteil der Gründachfläche an der bebauten Fläche	0%	0%	15%	40%*
Anteil der Gebäude mit heller Dachfarbe	0%	0%	50%	40%
Anteil der nicht ans Kanalnetz angeschlossenen Fläche des Strukturtyps ***	5%	5%	15%	80%**

* mit Überlauf in Versickerungsflächen auf dem Grundstück
 ** mit Notwasserwegen zur Ableitung des Überschuswassers auf die Straßen
 *** Maßnahmen: Gründach, Versickerung u. Retention, Nutzung, Tiefbeete an der Straße als Verkehrsberuhigung

7)

Hochhäuser, Großwohnsiedlungen	Ausgangslage 2012	Szenario 1 Rück- und Umbau	Szenario 2 Florierender Wirtschaftsstandort	Szenario 3 Kompakte Stadt
Versiegelungsgrad absolut	Ø 50%	40%	60%	55%
davon anteilig:				
bebaute Fläche (Gebäude)	35%	30%	35%	40%
befestigte Fläche	65%	70%	65%	60%
davon öffentl. Straßen / Fußwege	20%	25%	20%	25%
davon private Zufahrten / Wege	80%	75%	80%	75%
Anteil der Teilversiegelung an der befestigten Fläche (ohne Gebäude)	0%	0%	10%	50% (mit Parkplätzen)
durchschnittliche Veränderung der Gebäudehöhe in Geschossen	4 G und mehr	0	0	1-2 G
durchschnittliche Gebäudehöhe	12 m plus x	12 m plus x	12 m plus x	16,5 m plus x
Anteil der Gründachfläche an der bebauten Fläche	2%	2%	10%	80%*
Anteil der Gebäude mit heller Dachfarbe	0%	0%	40%	0%
Anteil der nicht ans Kanalnetz angeschlossenen Fläche des Strukturtyps ***	< 5%	< 5%	15%	80%**

* mit Überlauf auf Versickerungsflächen auf dem Grundstück
 ** mit Notwasserwegen zur Ableitung des Überschuswassers auf die Straßen
 *** Maßnahmen: Grabentwässerung, Gründach, Versickerung u. Retention, Nutzung, Tiefbeete an der Straße als Verkehrsberuhigung

8)

Stadt- und Stadtteilzentrum	Ausgangslage 2012	Szenario 1 Rück- und Umbau	Szenario 2 Florierender Wirtschaftsstandort	Szenario 3 Kompakte Stadt
Versiegelungsgrad absolut	Ø 85%	80%	90%	85%
davon anteilig:				
bebaute Fläche (Gebäude)	50%	50%	60%	60%
befestigte Fläche	50%	50%	40%	40%
davon öffentl. Straßen / Fußwege	90%	90%	90%	95%
davon private Zufahrten / Wege	10%	10%	10%	5%
Anteil der Teilversiegelung an der befestigten Fläche (ohne Gebäude)	0%	0%	0%	40%
durchschnittliche Veränderung der Gebäudehöhe in Geschossen	5-7 G	0	0	plus 1 G
durchschnittliche Gebäudehöhe	15-21 m	15-21 m	15-21 m	18-24 m
Anteil der Gründachfläche an der bebauten Fläche	5%	5%	15%	60%*
Anteil der Gebäude mit heller Dachfarbe	0%	0%	40%	20%
Anteil der nicht ans Kanalnetz angeschlossenen Fläche des Strukturtyps ***	< 5%	< 5%	10%	50%**

* mit Überlauf in Sielsystem
 ** Notüberlauf in den Kanal
 *** Maßnahmen: Gründach, Versickerung u. Retention, Nutzung

9)

Innerstädtisches Wohn- und Mischgebiet	Ausgangslage 2012	Szenario 1 Rück- und Umbau	Szenario 2 Florierender Wirtschaftsstandort	Szenario 3 Kompakte Stadt
Versiegelungsgrad absolut	Ø 80%	80%	80%	70%
davon anteilig:				
bebaute Fläche (Gebäude)	50%	50%	50%	60%
befestigte Fläche	50%	50%	50%	40%
davon öffentl. Straßen / Fußwege	60%	60%	60%	70%
davon private Zufahrten / Wege	40%	40%	40%	30%
Anteil der Teilversiegelung an der befestigten Fläche (ohne Gebäude)	0%	0%	10%	20% (mit Parkplätzen)
durchschnittliche Veränderung der Gebäudehöhe in Geschossen	4-6 G	0	0	plus 1 G
durchschnittliche Gebäudehöhe	12-18 m	12-18 m	12-18 m	15-21 m
Anteil der Gründachfläche an der bebauten Fläche	0%	0%	20%	50%*
Anteil der Gebäude mit heller Dachfarbe	0%	0%	20%	30%
Anteil der nicht ans Kanalnetz angeschlossenen Fläche des Strukturtyps ***	< 5%	< 5%	15%	60%**

* mit Überlauf in unterirdische Rigolen auf dem Grundstück
 ** Notüberlauf in den Kanal
 *** Maßnahmen: Gründach, Versickerung u. Retention, Nutzung

10)

Gewerbe- und Industriegebiete	Ausgangslage 2012	Szenario 1 Rück- und Umbau	Szenario 2 Florierender Wirtschaftsstandort	Szenario 3 Kompakte Stadt
Versiegelungsgrad absolut	Ø 80%	75%	80%	75%
davon anteilig:				
bebaute Fläche (Gebäude)	40%	40%	40%	45%
befestigte Fläche	60%	60%	60%	55%
davon öffentl. Straßen / Fußwege	20%	20%	20%	25%
davon private Zufahrten / Wege	80%	80%	80%	75%
Anteil der Teilversiegelung an der befestigten Fläche (ohne Gebäude)	0%	0%	0%	15% (Parkplätze)
durchschnittliche Veränderung der Gebäudehöhe in Geschossen	variiert sehr stark	0	0	plus 1 G
durchschnittliche Gebäudehöhe	variiert sehr stark	0	0	plus 1 G
Anteil der Gründachfläche an der bebauten Fläche	0%	0%	15%	80%*
Anteil der Gebäude mit heller Dachfarbe	0%	0%	25%	0%
Anteil der nicht ans Kanalnetz angeschlossenen Fläche des Strukturtyps ***	35%	35%	45%	65%**

* mit Überlauf in unterirdische Rigolen auf dem Grundstück
 ** mit Überlauf ins Siel bzw. im Hafen: Direkteinleitung in die Elbe
 *** Maßnahmen: Gründach, Versickerung u. Retention, Nutzung, Reinigung

11)

Hafenflächen (nicht aufgeführte Daten entsprechen dem Stadtstrukturtyp Gewerbe- und Industriegebiete)	Ausgangslage 2012	Szenario 1 Rück- und Umbau	Szenario 2 Florierender Wirtschaftsstandort	Szenario 3 Kompakte Stadt
Versiegelungsgrad absolut	Ø 80%	75%	80%	75%
davon anteilig:				
bebaute Fläche (Gebäude)	20%	20%	20%	25%
befestigte Fläche	80%	80%	80%	75%

12)

Bürostandorte (aufgrund der geringen Bedeutung des Stadtstrukturtyps floss ausschließlich der absolute Versiegelungsgrad in die Modellierung ein)	Ausgangslage 2012	Szenario 1 Rück- und Umbau	Szenario 2 Florierender Wirtschaftsstandort	Szenario 3 Kompakte Stadt
Versiegelungsgrad absolut	Ø 80%	75%	85%	80%

13)

Verkehrsflächen (aufgrund der spezifischen Charakteristika des Stadtstrukturtyps sind nur die aufgezählten Charakteristika relevant)	Ausgangslage 2012	Szenario 1 Rück- und Umbau	Szenario 2 Florierender Wirtschaftsstandort	Szenario 3 Kompakte Stadt
Versiegelungsgrad absolut	Ø 60%	60%	60%	65%
Anteil der Straßenbeläge mit heller Farbe	0%	0%	15%	20%
Anteil der nicht ans Kanalnetz angeschlossenen Fläche des Strukturtyps	10%*	10%	15%	30%**

14)

Flächen der Ver- und Entsorgung (aufgrund der geringen Bedeutung des Stadtstrukturtyps floss ausschließlich der absolute Versiegelungsgrad in die Modellierung ein)	Ausgangslage 2012	Szenario 1 Rück- und Umbau	Szenario 2 Florierender Wirtschaftsstandort	Szenario 3 Kompakte Stadt
Versiegelungsgrad absolut	Ø 50%	50%	50%	50%

15)

Gemeinbedarf	Ausgangslage 2012	Szenario 1 Rück- und Umbau	Szenario 2 Florierender Wirtschaftsstandort	Szenario 3 Kompakte Stadt
Versiegelungsgrad absolut	Ø 65%	60%	70%	65%
davon anteilig:				
bebaute Fläche (Gebäude)	40%	40%	40%	45%
befestigte Fläche	60%	60%	60%	55%
davon öffentl. Straßen / Fußwege	40%	40%	40%	50%
davon private Zufahrten / Wege	60%	60%	60%	50%
Anteil der Teilversiegelung an der befestigten Fläche (ohne Gebäude)	0%	0%	10%	60% (mit Parkplätzen)
durchschnittliche Veränderung der Gebäudehöhe in Geschossen	Ø 4 G	0	0	plus 1 G
durchschnittliche Gebäudehöhe	12-15 m	12-15 m	12-15 m	15-18 m
Anteil der Gründachfläche an der bebauten Fläche	2%	2%	10%	40%*
Anteil der Gebäude mit heller Dachfarbe	0%	0%	20%	40%
Anteil der nicht ans Kanalnetz angeschlossenen Fläche des Strukturtyps ***	15%	15%	25%	50-70%**

* mit Überlauf in unterirdische Rigolen auf dem Grundstück
 ** Überlauf ins Stel
 *** Maßnahmen: Gründach, Versickerung u. Retention, Nutzung

16)

Kleingärten <small>(nicht aufgeführte Daten entsprechen dem Stadtstrukturtyp Einfamilienhäuser (kleinteilig))</small>	Ausgangslage 2012	Szenario 1 Rück- und Umbau	Szenario 2 Florierender Wirtschaftsstandort	Szenario 3 Kompakte Stadt
Versiegelungsgrad absolut	Ø 25%	25%	35%	30%

17)

Parkanlagen / öffentliche Grün- und Sportflächen <small>(aufgrund der spezifischen Charakteristika des Stadtstrukturtyps sind nur die aufgezählten Charakteristika relevant)</small>	Ausgangslage 2012	Szenario 1 Rück- und Umbau	Szenario 2 Florierender Wirtschaftsstandort	Szenario 3 Kompakte Stadt
Versiegelungsgrad absolut	Ø 25%	25%	40%*	25%

* Bebauung von Flächen, die bisher Grünflächen waren

Glossar

- abiotische Faktoren:** Wirkungselemente der unbelebten Natur auf die Organismen, z.B. Klima, Boden, Wasser.
- Achsraster:** Große Verwaltungsgebäude werden immer mit einem Achsraster geplant. Ein Achsraster teilt den Abstand zwischen den Achsen eines Gebäudes in möglichst gleichgroße Teile. Das Verhältnis zwischen Gebäudetiefe/-breite kann so durch die Anzahl der Achsen bestimmt werden. Das Achsraster ist zusammen mit Raumtiefe und Deckenhöhe ein Indikator für die Flächenwirtschaftlichkeit einer Immobilie. Bestimmte Raumnutzungen benötigen festgelegte Raummaße, die bei abweichendem Rastermaß zu einer Beeinträchtigung der Raumausnutzung führen können. Ebenfalls von Vorteil bzw. wirtschaftlich ist ein einheitliches Achsraster auch für den Fertigteilibau.
- Akteur:** Bei der Entwicklung und Umsetzung öffentlicher Politik und Planung beteiligte bzw. betroffene Handlungseinheit. Gemeint sind sowohl Personen, z.B. Bürgerinnen und Bürger, sowie Angehörige der Politik/Verwaltung, Unternehmen und Verbände, als auch die Organisationen selbst.
- Akteurzentrierter Institutionalismus:** Der von Mayntz und Scharpf (1995) entwickelte Begriff bezieht sich auf einen politikwissenschaftlichen Untersuchungsansatz zur Erklärung öffentlicher Politik. In der Analyse legt der Ansatz einen Schwerpunkt auf das Handeln von Akteuren, das durch institutionelle Faktoren, aber auch durch Interaktionen zwischen den Akteuren geprägt ist.
- Aktive(r) Nutzer(in):** ist ein Mensch der seinen Raumluftkomfort aktiv beeinflusst indem er/sie seinen Komfort selbst einstellt. Das Selbsteinstellen des Komforts ist z.B. durch veränderte Kleidung, öffnen/schließen der Fenster, einstellen von Temperaturreglern und Nutzung der Verschattungssysteme möglich. Passive(r) Nutzer(in) ist notgedrungen der/diejenige, der/die in einem vollklimatisierten Gebäude mit Festverglasung und Dresscode arbeitet.
- Albedo:** Ein Maß für das Rückstreuvermögen von Sonnenlicht einer Oberfläche. Eine Oberfläche mit hoher Albedo reflektiert mehr Sonnenlicht und erwärmt sich daher weniger stark als eine Oberfläche mit niedriger Albedo.
- Anpassung:** Anpassung ist vielfältig. Einige Maßnahmen und Initiativen sorgen vor, andere reagieren auf bereits eingetretene Veränderungen. Einige werden vom Staat initiiert, andere von privaten Organisationen oder betroffenen Menschen. Einige geschehen autonom, andere sind geplant.

Anpassung an den Klimawandel: Initiativen und Maßnahmen, um die Empfindlichkeit natürlicher und menschlicher Systeme gegenüber tatsächlichen oder erwarteten Auswirkungen der Klimaänderung zu verringern.

Anpassungsfähigkeit: Möglichkeit zur Integration von Anpassungsmaßnahmen innerhalb eines Stadtstrukturtyps zur Kompensation der Klimafolgen. Die Anpassungsfähigkeit basiert auf verschiedenen baustrukturellen Merkmalen des jeweiligen Stadtstrukturtyps.

Bias: Systematische Abweichung (Fehler) der Modelldaten von Beobachtungsdaten.

Bias-Korrektur: Verfahren zum Anpassen von Modellergebnissen an Beobachtungsdaten. Mittels verschiedener statistischer Verfahren wird der systematische Fehler des Modells korrigiert. Danach besitzen die Modellergebnisse ähnliche statistische Eigenschaften wie die Beobachtungsdaten.

Bottom up: (engl. von unten nach oben): Der Begriff meint eine Perspektive, aus der Strukturen und Prozesse ausgehend vom Kleinteiligen hin zum großen Ganzen betrachtet und verstanden werden. In Politik und Planung stellt die bottom up-Perspektive den Einfluss heraus, der von einzelnen Individuen oder Gruppen ausgeht oder ausgehen soll.

CLM: Auf Grundlage des Lokal-Modells des Deutschen Wetterdienstes (DWD) vom Helmholtz Zentrum Geesthacht (HZG), dem Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) und der Brandenburgischen Technischen Universität (BTU) Cottbus entwickeltes regionales Klimamodell.

Durchwohnen: Wohnfläche, die über die gesamte Gebäudetiefe geht, mit allen Vorteilen der Belichtung, Belüftung und verschiedenen außenräumlichen Bezügen der gegenüberliegenden Fassadenseiten. Beim konventionellen Geschosswohnungsbau ist das nicht zwingend der Fall, hier schachtelt man ggf. 1-, 2- und 3-Zimmer-Wohnungen so ineinander, dass jede Wohnung nur von einer Haupthimmelsrichtung belichtet wird.

DWA: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.

ECHAM5-MPIOM: Am Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg auf Grundlage des globalen Wettervorhersagemodells des European Centre for Medium Range Weather Forecasts (ECMWF) entwickeltes globales Klimamodell ECHAM5, gekoppelt mit dem am Max Planck Institut für Meteorologie in Hamburg entwickelten Ozean und Meereismodell MPIOM.

Einbruchschutz: Um (nachts) bei geöffnetem Fenster eine gewisse Sicherheit vor ungebetenen Gästen zu haben, sollten im Bereich des Erdgeschosses und evtl. auch im 1. Obergeschoss Maßnahmen ergriffen werden, die ein unaufgefordertes Eindringen verhindern (z.B. Gitter vor den Fenstern oder verschließbare Lamellen-Rollläden).

Einzugsgebiet: Das Gebiet bzw. die Fläche, die in ein Gewässer entwässert. Ein Einzugsgebiet auf der Oberfläche wird hauptsächlich durch die Topographie des Geländes oder andere Wasserscheiden bestimmt.

EnergieEinsparungsverordnung (EnEV) 2020: geplante EnergieEinsparungsverordnung 2020. Das Ziel der Bundesregierung liegt darin, eine klimaneutrale Sanierung von Altbauten sowie die Planung klimaneutraler Neubauten zu gewährleisten. Bis zum Jahr 2050 soll durch die Einhaltung der geplanten EnEV 2020 eine Minderung des Primärenergieverbrauchs von Altbauten in Höhe von rund 80% ermöglicht werden.

Fokusgebiet: In KLIMZUG-NORD bezeichnen sie Teilräume von Modellgebieten. Fokusgebiete dienen dazu, insbesondere kleinteilige Lösungen (auf Gebäude-, Grundstücks- oder Quartiersebene) zu entwickeln, z.B. Dachbegrünung, passive Gebäudekühlungen, grundstücksnahe Versickerung oder innovative Bebauungsplanung. Fokusgebiete sind ebenfalls ein gemeinsamer räumlicher Bezug für die interdisziplinäre Zusammenarbeit und werden flächenscharf abgegrenzt. Ein Fokusgebiet ist ein vom Klimawandel betroffenes Gebiet, welches räumlich abgegrenzt ist und modellhaften Charakter besitzt. Zweck der Fokusgebiete ist, einen Raum abzugrenzen, in welchem im Rahmen des Projektes KLIMZUG-NORD in einer interdisziplinären Arbeitsweise Maßnahmen der klimaangepassten Stadt- und Freiraumentwicklung erarbeitet werden.

Georeferenzierte Übertragung: Übertragung raumbezogener Informationen bzw. raumbezogener Daten von einer Karte mit Koordinatensystem auf eine andere Karte mit dem gleichen oder einem anderen Koordinatensystem.

Governance: Governanve ist in dem hier verwendeten weiten Begriffsverständnis ein Oberbegriff für die Koordination sozialer Handlungen und die Gesamtheit aller Formen der kollektiven Regelung gesellschaftlicher Sachverhalte, die von der institutionalisierten, zivilgesellschaftlichen Selbstregelung über verschiedene Formen des Zusammenwirkens staatlicher und privater Akteure bis hin zum hoheitlichen Handeln reicht.

g-Wert: Energiedurchlassgrad. Der g-Wert einer Verglasung gibt an, wie viel Sonnenenergie ins Rauminnere gelangt. Ein g-Wert von 0,6 bedeutet, dass 60% der eingestrahlenen Energie ins Innere des Raumes gelangt. Je niedriger der g-Wert, desto höher ist die Sonnenschutzwirkung.

Hitzetag: Tag mit einer Maximumtemperatur größer gleich 30°C.

Hochwasser: das kurzzeitige Ansteigen des Wasserstandes bzw. des Abflusses über den Mittelwasserbereich.

Hystem-Extran: hydrodynamisches Kanalnetzmodell zur Simulation der Fließvorgänge im Kanalnetz.

Instrumente, informelle: Informelle Instrumente bezeichnen diejenigen Mittel, die von staatlichen und kommunalen Akteuren unter Mitwirkung von Verbänden, Unternehmen sowie Bürgerinnen und Bürgern eingesetzt werden können, um gesellschaftliche Sachverhalte und Problemstellungen zu gestalten. Informelle Instrumente sind Mittel, die nicht auf rechtliche Zwänge oder ökonomische Anreize setzen, sondern auf die Selbstbindung der involvierten Akteure.

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change (Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen), oftmals auch als Weltklimarat bezeichnet. 1988 wurde der IPCC vom Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) und der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) ins Leben gerufen. Die Hauptaufgabe des IPCC besteht darin, Forschungsergebnisse zu physikalischen Grundlagen des Klimasystems, den Folgen und Risiken von Klimaänderungen sowie Vermeidungs- und Anpassungsstrategien zusammenzutragen.

KalypsoHydrology: Niederschlag-Abfluss-Modell zur Berechnung des vollständigen landgebundenen teils der globalen Wasserbilanz.

KUP: Kurzumtriebsplantagen sind dichte Anpflanzungen ertragreicher holziger mehrjähriger Arten, die im Turnus geerntet werden. Die geerntete Biomasse der KUP dient der Energieholzgewinnung. Aufgrund ihres schnellen Wachstums und hoher Energierate werden hauptsächlich Weiden und Pappeln eingesetzt. KUP-Baumarten können nach der Ernte aus den Wurzelstöcken wieder neu austreiben.

Maisonette-Wohnung: (frz. maison=Haus, -ette: Verkleinerungsform) ist eine durch eine eigene Treppe verbundene zweistöckige Wohnung innerhalb eines Gebäudes.

Mischsystem: Gemeinsame Ableitung von Regenwasser und Schmutzwasser in einem einzigen Kanal (z.B. aus Haushalten und Industrie), üblicherweise zur späteren Behandlung in der Kläranlage.

Modellgebiet: Ein Modellgebiet ist ein räumlicher Rahmen, in dem losgelöst von der gewohnten Praxis neue Konzepte, Sach- oder Verfahrenslösungen entwickelt und erprobt werden. Innovation wird dadurch erleichtert, dass die Gebiete als „einmalig“, „befristet“ oder „modellartig“ eingestuft werden. Wenn die Neuerung gelingt, setzen die Modellgebiete als Best-Practice neue Maßstäbe. In KLIMZUG-NORD repräsentieren die Modellgebiete unterschiedliche Raumtypen, an denen exemplarisch die Betroffenheit durch den Klimawandel untersucht wird. Interdisziplinär im KLIMZUG-NORD-Forschungsverbund und transdisziplinär in Kooperation mit Akteuren vor Ort wird in den Modellgebieten an Lösungen für eine klimaangepasste Entwicklung gearbeitet. Diese umfassen Konzepte, Strategien, Verfahren, Maßnahmen, etc. Abschließende Berichte aus den Modellgebieten beziehen Position zum Aspekt der Übertragbarkeit.

Nutzerkomfort: Allgemeines psychisches und physisches Wohlbefinden im Innenraum und positive Raumwahrnehmung

Oberflächenbedeckungen: Eingabedaten für das numerische, meteorologische Modell METRAS. Diese sind charakterisiert durch die physikalischen Parameter Albedo, thermische Diffusivität, thermische Leitfähigkeit, Wasserverfügbarkeit, potentielle Wasseraufnahmefähigkeit und die Rauigkeit. Jeder Stadtstrukturtyp ist charakterisiert durch eine Vielzahl verschiedener Oberflächenbedeckungen.

Orientierung: Ausrichtung des Gebäudes hinsichtlich der Himmelsrichtungen

Partizipation: Beteiligung an kollektiven Entscheidungen in Form von Bürger- und Öffentlichkeitsbeteiligung, zivilgesellschaftlichem Engagement und (betrieblicher) Mitbestimmung sowie öffentlich-privater Kooperation und gemeinsamer Entscheidungsfindung. Partizipation kann drei Funktionen erfüllen. Zunächst dient sie dem Begegnen von Politikverdrossenheit und der verbesserten Legitimation von politischen Entscheidungen (Demokratischer Aspekt). Hinzu kommt, dass das Verbessern der Kommunikation zwischen den Beteiligten und das Berücksichtigen aller Interessen eine bedürfnisgerechte Planung fördert (Ökonomischer Aspekt). Und schließlich mindert das vermehrte Einbinden einzelner Bevölkerungsgruppen deren Benachteiligung (Emanzipatorischer Aspekt).

Passive Klimatisierung: Der größtmögliche Anteil des Kühlungs- und Wärmebedarfs wird aus „passiven“ Quellen gedeckt.

Perzentil: Perzentile dienen dazu, die Verteilung einer großen Anzahl von Datenpunkten zu untersuchen. Der Wert des i. Perzentils ist dabei so definiert, dass i Prozent der Daten kleiner sind als der Wert des i. Perzentils. Beispiele: das 1. Perzentil der Tagesmitteltemperaturen im Winter in Hamburg beträgt -8 °C. Das bedeutet, dass 1 % der Wintertage eine Tagesmitteltemperatur kleiner als -8 °C haben. Das 40. Perzentil der Tagesmitteltemperaturen im Winter beträgt 0 °C. Daher haben 40 Prozent der Wintertage eine Tagesmitteltemperatur kleiner als 0 °C.

Phänologie: zeitliche Abfolge von im Jahresverlauf wiederkehrenden biologischen Erscheinungen/Ereignissen, z.B. Beginn der Blüte, Fruchtreife bei Pflanzen, Beginn und Dauer der Fortpflanzungszeit bei Tieren.

Phase Change Materials (PCM): Materialien zur Wärme- und Kältespeicherung als temperaturnah gleichende Speichermasse von hoher Effektivität

Plastizität: Fähigkeit, sich äußeren Umwelteinflüssen in einem gewissen Rahmen anzupassen ohne eine genetische Veränderung zu durchlaufen.

REMO: Am Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg entwickeltes regionales Klimamodell, welches auf dem Europa Modell des Deutschen Wetterdienstes (DWD) basiert.

Ruderalvegetation: spontane Vegetation anthropogen stark veränderter Standorte, die weder land- noch forstwirtschaftlich genutzt werden, aber oft starker Störung unterliegen.

Sky-View-Faktor: Horizonteinengung in einer Straßenschlucht und damit der sichtbare Anteil des Himmels, der nicht von Gebäuden verdeckt ist.

Sommertag: Tag mit einer Maximumtemperatur größer 25°C.

Speichermasse: Ein Gebäude in massiver Bauweise nutzt die Sonnenenergie optimal aus, weil Wände und Decken die Sonnenwärme speichern. Wird es kühler (z.B. nachts) wird die gespeicherte Wärme abgegeben. Die Speichermasse senkt den Heizenergiebedarf im Winter und schützt im Sommer vor Überhitzung der Räume.

SRES Emissionsszenarien: Vom IPCC entwickelt und im „Special Report Emission Scenarios (SRES)“ publizierte Szenarien zu möglichen zukünftigen Treibhausgasemissionen. Den Szenarien liegen unterschiedliche Annahmen zu möglichen Pfaden globaler sozioökonomischer und technischer Entwicklungen zugrunde. Das A1B Szenario geht von starkem Wirtschaftswachstum, rascher Entwicklung neuer Technologien sowie einem ausgewogenen Energiemix aus. Das B1 Szenario nimmt dagegen eine rasche Konvergenz der Volkswirtschaften und einen schnellen Übergang zur Dienstleistungs- und Informationsgesellschaft an. Der Ressourcenverbrauch wird reduziert. Die Treibhausgasemissionen sind niedriger als im A1B Szenario. Das A2 Szenario geht von sehr heterogenen Volkswirtschaften und einer stark steigenden Weltbevölkerung aus. Wirtschaftswachstum und technologische Entwicklung sind langsamer als im A1B und B1 Szenario. Die Treibhausgasemissionen sind bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts ähnlich, gegen Ende des 21. Jahrhunderts höher als im A1B Szenario.

Städtische Wärmeinsel: Meteorologisches Phänomen, welches die gegenüber dem ländlichen Umland höheren Temperaturen vor allem in den Abend- und Nachtstunden beschreibt.

Städtischer Wasserkreislauf: Für städtische Gebiete aufgrund von Versiegelung vorherrschender Abfluss des Niederschlagswassers in die Kanalisation.

Starkniederschlagstag: Tag mit Niederschlagssumme größer gleich 20 mm.

Starkregen: Regenereignisse einer bestimmten Dauer mit geringer Auftretenswahrscheinlichkeit (z.B. seltener als ein Mal in fünf Jahren).

statistisch-dynamische Verfeinerung (SDV): Verfahren zur Verfeinerung von Klimamodellergebnissen. Ausgewählte Wetterlagen, welche für die meteorologische Zielgröße (z.B. Temperatur oder Wärmeinsel) repräsentativ sind, werden mittels eines hochaufgelösten meteorologischen Modells simuliert. Diese Simulationsergebnisse werden mit der Häufigkeit der jeweiligen Wetterlagen gewichtet, um das statistische Verhalten der Zielgröße zu bestimmen.

statistische Verfeinerung: Verfahren zur Verfeinerung von Klimamodellergebnissen. Ein statistischer Zusammenhang zwischen großskaligen Größen (z.B. Luftdruck) und einer kleinskaligen meteorologischen Zielgröße (z.B. Temperatur oder Wärmeinsel) wird hergestellt. Mit Hilfe der großskaligen Größen, welche aus den Klimamodellergebnissen extrahiert werden, kann die Klimatologie der kleinskaligen Zielgröße bestimmt werden.

SWOT-Analyse: Methode zur Analyse und Bewertung einer Situation als Grundlage für eine darauf aufbauende Strategieentwicklung. Dazu werden die Schlüsselfaktoren, die für die Erreichung eines definierten Ziels wichtig sind, identifiziert und einer der vier Kategorien Stärken (Strengths), Schwächen (Weaknesses), Chancen (Opportunities) oder Risiken (Threats) zugeordnet.

Szenarien (Anpassungs-, Entwicklungs-, Handlungs-): Szenarien sind plausible und begründbare Zukunftsbilder, die aus der gegenwärtigen Situation heraus systematisch entwickelt werden. Dazu werden alternative Entwicklungsmöglichkeiten der wesentlichen Einflussfaktoren erarbeitet, so dass sich schließlich durch deren Kombinationen verschiedene mögliche Zukunftsbeschreibungen ergeben. In der Raumplanung handelt es sich bei Szenarien um eine Reihung der Abfolge fiktiver Landschaftszustände, die auf Grund einer Prognose erarbeitet werden. Um ein Szenario, das zeitlich und räumlich definiert sein muss, zu erarbeiten, bedient man sich der Szenarientechnik. Bei ökologischen Prognosen geht es im Szenario um hypothetische, quasi-quantitativ geschätzte oder errechnete Möglichkeiten künftiger Umweltsituationen.

Trennsystem: getrennte Ableitung von Regenwasser und Schmutzwasser in zwei Kanälen (z.B. aus Haushalten und Industrie). Schmutzwasser wird zur weiteren Behandlung z.B. in eine Kläranlage abgeleitet, das Regenwasser wird möglichst ortsnah in ein Gewässer eingeleitet.

Trockenperiode: Zeitraum, in dem längere Zeit kein Niederschlag gefallen ist.

Tropennacht: Tag mit einer Minimumtemperatur größer 20°C.

Überlauf: gezielte Entlastung von Mischwasserkanalnetzen bei starken Regenereignissen, bei denen an geeigneten Stellen Mischwasser in Gewässer eingeleitet wird.

Überstau: Austritt von Wasser aus dem Kanalnetz durch Überlastung, z.B. aufgrund eines starken Regenereignisses.

Verfeinerung von Modellergebnissen: Methodik zum Berechnung von hochaufgelösten Wetter- bzw. Klimadaten aus grob aufgelösten Modellergebnissen (z.B. globale Klimasimulationen).

Versickerungsbeet: im Englischen als Rain Garden bezeichnet. Es ist eine mit Stauden, Gräsern oder Gehölzen bepflanzte Mulde, die zur Versickerung von Niederschlagswasser dient. Die Versickerungsbeete können auch als Tiefbeete ausgestaltet sein und werden dann i.d.R. mit einer Beton-einfassung versehen. In dem Tiefbeet wird das Niederschlagswasser zunächst zurückgehalten, bevor es nach und nach versickert.

Versiegelung: durch Wohn-, Industrie- und Verkehrsbauten wasserundurchlässig befestigte Flächen.

Versiegelungsgrad: siehe Versiegelung

Wärmeinselintensität: Maß für die Temperaturdifferenz zwischen Stadt und Umland. Diese kann auf verschiedene Weisen definiert werden. In diesem Bericht wird sie als Temperaturdifferenz zwischen Temperaturen in Hamburg und den Temperaturen an den Umlandstationen Grambek und Ahrensburg definiert.

Wiederkehrzeit: Mittlere Zeit, in der ein Ereignis einen Wert entweder einmal erreicht oder überschreitet.

Literaturverzeichnis

- Amt Siek 2011: Lage, Größe und Struktur des Amtes. Abrufbar unter: <http://www.amt-siek.de/index.php?id=6> (letzter Zugriff am: 18.03.2012)
- Arnold, R.; Gómez Tutor, C. 2007: Grundlinien einer Ermöglichungsdidaktik. Augsburg.
- Aryal, R.; Vigneswaran, S.; Kandasamy, J.; Naidu, R. 2010: Urban stormwater quality and treatment. Korean Journal of Chemical Engineering. Jg. 27, H.1, S. 1343-1359.
- Ax, L.; Dietrich, U. 2014(im Erscheinen): Leitfaden für Architekten und Ingenieure zum sommerlichen Wärmeschutz und Nutzerkomfort für Hamburger Verwaltungsgebäude.
- Baum S. 2012: Phytodiversity in Short Rotation Coppice plantations. Dissertation an der Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie der Georg-August-Universität Göttingen. Göttingen
- Bauriedl, S. 2011: Innovation regionaler Governance durch Klimaanpassungsbeauftragte. In: Frommer, B.; Buchholz, F.; Böhm, H. : Anpassung an den Klimawandel - regional umsetzen! Ansätze zur Climate Adaption Governance unter der Lupe. München, S. 175–191.
- Bechtel, B.; Schmidt, K. J. 2011: Floristic mapping data as a new proxy for the mean urban heat island. Climate Research, Jg. 49, H. 1, S. 45-58.
- Bijlsma, L. 1996. Coastal Zones and Small Islands. In: Watson, R.: Impacts, adaptations and mitigation of climate change: Scientific technical analyses; contribution of Working Group II to the second assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, S. 289-324.
- Bilharz, M. 2000: „Gute Taten“ statt vieler Worte? Über den pädagogischen Stellenwert ökologischen Handelns. Hamburg.
- Birkmann, J. 2008: Globaler Umweltwandel, Naturgefahren, Vulnerabilität und Katastrophenresilienz. Notwendigkeit der Perspektiverweiterung in der Raumplanung. Raumforschung und Raumordnung, Jg. 66., H. 1, S. 5-22.
- Bischoff, A.; Selle, K.; Sinning, H. 2005: Informieren, Beteiligen, Kooperieren. Kommunikation in Planungsprozessen; eine Übersicht zu Formen, Verfahren und Methoden. Dortmund.
- BMAS (Bundesministerium für Arbeit und Soziales) 2012: Technische Regeln für Arbeitsstätten: Lüftung. Berlin.
- BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung) 2006: Szenarien der Mobilitätsentwicklung unter Berücksichtigung von Siedlungsstrukturen bis 2050. Magdeburg.
- BMW (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie) und BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) 2010: Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Berlin.
- Bohle, H.-G.; Glade, T. 2008: Vulnerabilitätskonzepte in Sozial- und Naturwissenschaften. In: Felgentreff, C.; Glade, T.: Naturrisiken und Sozialkatastrophen. Berlin, S. 99-119.
- Brettschneider, F. 2011: Kommunikation und Meinungsbildung bei Großprojekten. In: Aus Politik und Zeitgeschichte, H. 44/45, S. 40-47. Abrufbar unter: <http://www.bpb.de/apuz/59719/kommunikation-und-meinungsbildung-bei-grossprojekten?p=all> (letzter Zugriff am: 03.12.2013)
- Brunke, M. 1999: Colmation and depth filtration within streambeds: Retention of particles in hyporheic interstices. International Review of Hydrobiology, Jg. 84, H. 2, S.99-117.
- BSU (Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Hamburg) 2011: Kartieranleitung und Biotopenschlüssel für die Biotopkartierung in Hamburg – einschließlich der Definitionen besonders geschützter Biotope nach § 30 BNatSchG in Verbindung mit § 14 HmbBNatSchAG und unter Berücksichtigung der Lebensraumtypen gemäß FFH-Richtlinie der EG. Hamburg.
- BSU (Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Hamburg) 2008: Biotopkartierung als GIS-Projekt, auf Grundlage der Datenbasis der Biotopkartierungen von 1999 und 2006. Hamburg.
- BSU (Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Hamburg) 2006: Biotopbewertung für die Biotopkartierung Hamburg. Hamburg.
- BUND Hamburg, Diakonie Hamburg und Zukunftsrat Hamburg 2010: Zukunftsfähiges Hamburg. Zeit zum Handeln. Eine Studie des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie. Hamburg, München.
- Bundesregierung 2008: Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen. Abrufbar unter: http://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf (letzter Zugriff am: 15.03.2013)
- Bunzel, A.; Rösler, C.; Völker, V.; Wittkötter, F. 2011: Teil A1 Klimaschutz als Querschnittsaufgabe. Unter Mitarbeit von: Langel, N.; Thoß, N.; Wagner, A. In: Deutsches Institut für Urbanistik: Klimaschutz in Kommunen. Praxisleitfaden. Berlin, S. 9–28.
- Chiffard, P. 2012: Urbaner Wasserhaushalt. In: Henninger, S.: Stadtökologie. Bausteine des Ökosystems Stadt. Paderborn, S. 119-148.
- Conradi, G; Slama, S. (im Erscheinen): Klimawandel auf norddeutschen Dächern. Strategien zum Erhalt von Reetdächern sowie Dachaufstockung zur städtischen Nachverdichtung. Hamburg.
- Danielzyk, R.; Knieling, J. 2011: Informelle Planungsansätze. In: Akademie für Raumforschung und Landesplanung: Grundriss der Raumordnung und Raumentwicklung. Hannover, S. 473–498.
- Daschkeit, A.; Renken, A. L. 2009: Klimaänderung und Klimafolgen in Hamburg: Fachlicher Orientierungsrahmen. Dessau.
- de Haan, G.; Harenberg, D. 1999: Bildung für eine nachhaltige Entwicklung. Gutachten für das BLK-Programm. Materialien zur Bildungsplanung und Forschungsförderung, Nr. 72. Bonn.
- Dickhaut, W.; Ernst, T. 2012: Retentionspotentiale im Siedlungsbestand. Synergetische Maßnahmen zwischen WRRL und HwRMRL. Ergebnisse der Untersuchung der HafenCity Universität Hamburg. Abrufbar unter: <http://www.hcu-hamburg.de/en/research/research-groups/reap/reap-projects/sawa-strategic-alliance-for-integrated-water-management-actions/> (letzter Zugriff am: 7.11.2013)
- DIN (Deutsches Institut für Normung e. V.) 2012 , Deutsche Fassung EN 15251, 2007: Eingangsparmeter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik. Berlin.
- Dostal, W. 2001: Von der Industriegesellschaft zur Informationsgesellschaft, Qualifikationen, Techniken, Märkte. In: SCHADER STIFTUNG: WohnWandel, Szenarien, Prognosen, Optionen zur Zukunft des Wohnens. Darmstadt, S. 23-32.
- Drosdowski, G.; Müller, W.; Scholze-Stubenrecht, W.; Wermke, M. 2013: Duden. Rechtschreibung der deutschen Sprache. 26. Auflage. Mannheim.
- DVWK (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.) 1999: Statistische Analyse von Hochwasserabflüssen, DVWK-Merkblatt 251. Bonn.
- DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.) 2007: Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser. Merkblatt DWA-M 153, DWA-Regelwerk. Hennef.
- DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.) 2005: Arbeitsblatt DWA-A 138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. Hennef.
- DWD (Deutscher Wetterdienst) 2013: Forsythien-Kalender für den Standort "Hamburger Lombardsbrücke". Abrufbar unter: http://www.dwd.de/sid_9k7ZSVHC4PJK5QpTw8yd-vGQxpCNzCp8pBWQZvvywvQbS8j3JnGvw!1693332632!-587647116!1385547554131/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop/?_nfpb=true&_pageLabel=dwdwww_result_page&portletMasterPortlet_i1gsbDocumentPath=-Content%2FOeffentlichkeit%2FKU%2FKU2%2FKU21%2Fphaenologie%2Fprodukte%2Flangereihen%2Forsythie__2006.html (letzter Zugriff am: 27.11.2013)
- Emmanuel, R. 2005: An urban approach to climate-sensitive design: Strategies for the tropics. Abington.
- Endlicher, W. 2007: Der Klimawandel: Einblicke, Rückblicke und Ausblicke. Potsdam.
- Fachausschuss "Nachhaltiges Energiesystem 2050" des Forschungsverbunds Erneuerbare Energien 2010: Energiekonzept 2050 Eine Vision für ein nachhaltiges Energiekonzept auf Basis von Energieeffizienz und 100% erneuerbaren Energien. Berlin.
- Faeth, S. H.; Bang, C.; Saari, S. 2011: Urban biodiversity: patterns and mechanisms. In: Ostfeld, R. S.; Schlesinger W. H.: Year in Ecology and Conservation Biology. Oxford, S. 69-81.
- Fink, J.; Klostermann, N. 2012: Stadt im (Klima-)Wandel. Anpassungsmöglichkeiten städtischer Strukturen an die Folgen des Klimawandels. Diplomarbeit im Studiengang Stadtplanung der HafenCity Universität Hamburg. Hamburg.
- Fink, J.; Klostermann, N.; Kruse, E.; Zimmermann, T. 2012: Klimaanpassung im Siedlungsbestand. Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung. Planerin, H. 4, S. 32-34.
- FHH (Freie und Hansestadt Hamburg) 2012: Sturmflutmerkbücher. Abrufbar unter: <http://www.hamburg.de/notrufe-notlagen/100366/start-merkblaetter.htm> (letzter Zugriff am: 10.07.2012)

- FHH (Freie und Hansestadt Hamburg) 2011: Vertrag für Hamburg – Wohnungsneubau. Abrufbar unter: <http://www.hamburg.de/contentblob/3460004/data/vertrag-fuer-hamburg.pdf> (letzter Zugriff am 25.09.2013)
- Fröhlich, J.; Knieling, J.; Kraft, T. 2014: Informelle Klimawandel-Governance: Instrumente der Information, Beteiligung und Kooperation zur Anpassung an den Klimawandel. neopolis working papers: urban and regional studies 15. Hafencity Universität Hamburg. Hamburg.
- Fürst, D.; Scholles, F. 2008: Handbuch Theorien und Methoden der Raum- und Umweltplanung. Dortmund.
- Geiger, W.; Dreiseitl, H.; Stemplewski, J. 2009: Neue Wege für das Regenwasser. München.
- Geo-Net 2012: Stadtklimatische Bestandsaufnahme und Bewertung für das Landschaftsprogramm Hamburg: Klimaanalyse und Klimawandelszenario 2050. Hannover.
- Gill, S. 2004: Literature review: Impacts of climate change on urban environments. Manchester.
- Granberg, M.; Elander, I. 2007: Local Governance and Climate Change: Reflections on the Swedish Experience. Local Environment, Jg. 12, H. 5, S. 537–548.
- Greiving, S.; Fleischhauer, M. 2008: Raumplanung: in Zeiten des Klimawandels wichtiger denn je! Größere Planungsflexibilität durch informelle Ansätze einer Klimarisiko-Governance. RaumPlanung, H. 137, S. 61-66.
- Grêt-Regamey, A.; Brunner, S. 2011: Methodischer Rahmen für den Einsatz von Backcasting zur Anpassung an den Klimawandel. disP – The Planning Review, Jg. 47, H. 184, S. 43-51.
- Grimm, N. B.; Feath, S. H.; Golubiewski, N. E.; Riedman, C. L.; Wu, J.; Bai, X.; Briggs, J. M. 2008: Global Change and the Ecology of Cities. Science, Jg. 319, H. 5864, S. 756-760.
- Hamburg Wasser 2010: Regenwassermanagement für Hamburg. Abschlussbericht des KompetenzNetzwerk für die Teilprojekte TP1 bis TP6. Hamburg.
- Hanschke, U.; Beddig, D. 2005: Flächentypen – Eine Beschreibung der im Informationssystem Stadt und Umwelt (ISU) der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung erfassten und verwalteten Struktur- und Flächennutzungskategorien von Berlin. Berlin.
- Hard, G. 1998: Ruderalvegetation: Ökologie & Ethnologie, Ästhetik & „Schutz“. Arbeitsgemeinschaft Freiraum und Vegetation. Kassel.
- Hartz, A. 2012: Neue Herausforderungen für die Stadtentwicklung – dargestellt am Beispiel des Klimawandels. In: Henninger, S.: Stadtökologie. Bausteine des Ökosystems Stadt. Paderborn, S. 175-212.
- Hellmers, S. 2010: Hydrological Impacts of Climate Change on Flood Probability in Small Urban Catchments and Possibilities of Flood Risk Mitigation. Wasserbauschrift 13. Hamburg.
- Hierlemann, D.; Wohlfarth, A. 2010: Politik beleben, Bürger beteiligen. Charakteristika neuer Beteiligungsmodelle. Gütersloh.
- Hoffmann, P. 2009: Modifikation von Starkniederschlägen durch urbane Gebiete. Diplomarbeit am Meteorologischen Institut der Universität Hamburg. Hamburg.
- Hoffmann, P. 2012: Quantifying the influence of climate change on the urban heat island of Hamburg using different downscaling methods. Promotion an der Universität Hamburg. Hamburg.
- Hoffmann, P.; Krueger, O.; Schlünzen, K. H. 2012: A statistical model for the urban heat island and its application to a climate change scenario. International Journal of Climatology, Jg. 32, H. 8, S. 1238-1248.
- Hoffmann, P.; Schlünzen, K. H. 2013: Weather patterns to represent the urban heat island in present and future climate. Journal of Applied Meteorology and Climatology doi: 10.1175/JAMC-D-12-065.1
- Hohberg, B.; Lührs, R. 2013: Dokumentation der Onlinediskussion „Prima Klima entlang der Wandse? Klimawandel und Anpassungsmaßnahmen“. Ein Online-Beteiligungsprojekt im Rahmen des BMBF-Verbundprojektes KLIMZUG-NORD. Hamburg. Abrufbar unter: <http://klimzug-nord.de/file.php/2013-12-03-KLIMZUG-NORD-2013-Dokumentation-der-Onlinediskussion> (letzter Zugriff am: 03.12.2013)
- Hollweg, H. D.; Böhm, U.; Fast, I.; Hennemuth, B.; Keuler, K.; Keup-Thiel, E.; Lautenschlager, M.; Legutke, S.; Radtke, K.; Rockel, B.; Schubert, M.; Will, A.; Woldt, M.; Wunram, C. 2008: Ensemble Simulations over Europe with the Regional Climate Model CLM forced with IPCC AR4 Global Scenarios. M&D Technical Report No. 3. Hamburg, S. 152.
- Honjo, T.; Takakura, T. 1991: Simulation of thermal effects of urban green areas on their surrounding areas. Energy and Buildings, Jg. 15, H. 3-4, S. 443-446.
- Horx, M. 1999: Wohnen, Leben und Arbeiten, Blick ins 21. Jahrhundert. Die Wohnungswirtschaft, Jg. 3, S. 14-15.
- Howlett, M. 2009: Governance modes, policy regimes and operational plans. A multi-level nested model of policy instrument choice and policy design. Political Science, Jg. 42, H. 1, S. 73–89.
- Hradil, S. 2001: WohnWandel – Strukturwandel, Einführung in den Kongress. In: SCHADER STIFTUNG: WohnWandel, Szenarien, Prognosen, Optionen zur Zukunft des Wohnens. Darmstadt, S. 10-20.
- Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT) 2008: Methoden der Zukunfts- und Szenarioanalyse. Überblick, Bewertung und Auswahlkriterien. In: Werkstattbericht Nr. 103. Berlin.
- International Energy Agency 2010: World Energy Outlook 2010: Zusammenfassung. Paris.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2007: Klimaänderung 2007: Zusammenfassungen für politische Entscheidungsträger. Vierter Sachstandsbericht des IPCC. Bern, Wien, Berlin.
- Jacob, D. 2001: A note to the simulation of the annual and inter-annual variability of the water budget over the Baltic Sea drainage basin. Meteorology and atmospheric physics, Jg. 77, H. 1, S. 61-73.
- Jacob, D. 2005: REMO climate of the 20th century run, UBA project, 0.088 degree resolution, run no. 006210, 1hdata. World Data Center for Climate. CERA-DB "REMO_UBA_C20_1_R006210_1H. Abrufbar unter: http://cera-www.dkrz.de/WDC/ui/Compact.jsp?acronym=REMO_UBA_C20_1_R006210_1H (letzter Zugriff am: 12.11.2013)
- Jacob, D.; Bülow, K.; Kotova, L.; Moseley, C.; Petersen, J.; Rechid, D. 2012: Regionale Klimaprojektionen für Europa und Deutschland: Ensemble Simulationen für die Klimafolgenforschung. CSC Report 6. Hamburg.
- Jacob, D.; Göttel, H.; Kotlarski, S.; Lorenz, P.; Sieck, K. 2008: Klimaauswirkungen und Anpassung in Deutschland: Erstellung regionaler Klimaszenarien für Deutschland mit dem Klimamodell REMO. Dessau.
- Jänicke, M.; Jörgens, H. 2009: New approaches to environmental governance. In: Mol, A.; Sonnenfeld, D.; Spaargaren, G.: The ecological modernisation reader - environmental reform in theory and practice. London, S. 156–189.
- Jänicke, M.; Kunig, P.; Stitzel, M. 2000: Lern- und Arbeitsbuch Umweltpolitik. Politik, Recht und Management des Umweltschutzes in Staat und Unternehmen. Bonn.
- Jungclaus, J.H.; Keenlyside, N.; Botzet, M.; Haak, H.; Luo, J.-J.; Latif, M.; Marotzke, J.; Mikolajewicz, U.; Roeckner, E. 2006: Ocean circulation and tropical variability in the coupled model ECHAM5/MPI-OM. Journal of Climate, Jg. 19, H. 16, S. 3952-3972.
- Katz, C.; Marwege, R. 2010: Bildungsangebote im Bereich Klimawandel(anpassung) – Eine Recherche mit besonderem Bezug zur Metropolregion HH im Rahmen von KLIMZUG-NORD, Teilprojekt Q 5.1 „Kommunikation und Bildung“. Unveröffentlicht.
- Keuler, K.; Lautenschlager, M.; Wunram, C.; Keup-Thiel, E.; Schubert, M.; Will, A.; Rockel, B.; Boehm, U. 2009a: Climate Simulation with CLM, Climate of the 20th century run no.2, Data Stream 2: European region MPI-M/MaD. World Data Center for Climate. doi:10.1594/WDC/CLM_C20_2_D2.
- Keuler, K.; Lautenschlager, M.; Wunram, C.; Keup-Thiel, E.; Schubert, M.; Will, A.; Rockel, B.; Boehm, U. 2009b: Climate Simulation with CLM, Climate of the 20th century run no. 3, Data Stream 2: European region MPI-M/MaD. World Data Center for Climate. doi:10.1594/WDC/CLM_C20_3_D2.
- KMK (Kultusministerkonferenz) 1980: Gemeinsame Erklärung der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland über die Aufgaben der Schule im Bereich der Umwelterziehung. Bonn.
- Knieling, J.; Fröhlich, J.; Schaerffer, M. 2011: Climate Governance. In: Buchholz, F.; Frommer, B.; Böhm, H. R.: Anpassung an den Klimawandel – regional umsetzen! Ansätze zur Climate Adaption Governance unter der Lupe. München, S. 26-43.
- Kocher, B. 2007: Einträge und Verlagerung straßenverkehrsbedingter Schwermetalle in Sandböden an stark befahrenen Außerortsstraßen. Dissertation am Institut für Ökologie und Biologie der Technischen Universität Berlin. Berlin.
- Kolb, D. A. 1984: Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development. New Jersey.
- Koop, A. 2010: Leitfaden Online-Konsultation. Praxisempfehlungen für die Einbeziehung der Bürgerinnen und Bürger über das Internet. Abrufbar unter: http://www.bertelsmann-stiftung.de/cps/rde/xbcr/bst/xcms_bst_dms_31401__2.pdf (letzter Zugriff am: 28.06.12)
- Kuchenbecker, A.; Bischoff, G.; Ziegler, J.; Krieger, K.; Verworn, H.-R. 2010: Auswirkungen des Klimawandels auf das Hamburger Kanalnetz. Korrespondenz Abwasser, Abfall, Jg. 57, H. 9, S. 874-881.
- Kuttler, W. 2011: Klimawandel im urbanen Bereich, Teil 1, Wirkungen. Environmental Sciences Europe, Jg. 23, H. 11, S. 1-12.

- Kuttler, Wilhelm 2004: Stadtklima - Teil 2: Phänomene und Wirkungen. Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung, Jg. 16, H. 4, S. 263-274.
- Lautenschlager, M.; Keuler, K.; Wunram, C.; Keup-Thiel, E.; Schubert, M.; Will, A.; Rockel, B.; Boehm, U. 2009: Climate Simulation with CLM, Climate of the 20th century run no. 1, Data Stream 2: European region MPI-M/MaD. World Data Center for Climate. doi:10.1594/WDC/CLM_C20_1_D2.
- Lenzowski N. 2013: Hydrochorie entlang eines urbanen Fließgewässers: Räumliche Variabilität und Artendiversität. Masterarbeit an der Universität Hamburg. Hamburg.
- LfU - Bayerisches Landesamt für Umwelt 2009: Bemessung von Misch- und Regenkanälen. Teil 1: Klimawandel und möglicher Anpassungsbedarf. Merkblatt Nr. 4.3/3, Augsburg.
- Liebig, S. 2002: Entdeckendes Lernen - wieder entdeckt? In: Aepkers, M.; Liebig, S.: Entdeckendes Forschendes Genetisches Lernen. Hohengehren, S. 4-16.
- LSBG (Landesbetrieb für Straßen Brücken und Gewässer) 2009: Hochwasserrisiko-Managementplan für die Wandse. Partizipation am Planungs- und Entscheidungsprozess, Mitwirken in der „Lern- und Aktionsallianz“. Abrufbar unter: <http://wandse.sawa-project.eu/projekt/> (letzter Zugriff am: 30.10.2012)
- Lutz P. 1994: Lehrbuch der Bauphysik: Schall Wärme Feuchte Licht Brand Klima. Wiesbaden
- Mark, O.; Svensson, G.; König, A.; Linde, J. J. 2008: Analyses and Adaptation of Climate Change Impacts on Urban Drainage Systems. Proceedings of the 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh.
- Mayntz, R.; Scharpf, F. 1995: Der Ansatz des akteurzentrierten Institutionalismus. In: Mayntz, R.; Fritz W. Scharpf: Gesellschaftliche Selbstregulung und politische Steuerung. Frankfurt/New York, S. 39-72.
- McKinney, M.L. 2002: Urbanization, biodiversity, and conservation. *BioScience*, Jg. 52, H.10, S. 883-890.
- Meadows, D.; Randers, J. 1972: The limits to growth. New York.
- Menzel, A.; Fabian, P. 1999: Growing season extended in Europe. *Nature*, Jg. 397, H. 6721, S. 659.
- Milošovicová, J. 2010: Climate Sensitive Urban Design in Moderate Climate Zones: Responding to Future Heat Waves - Case Study Berlin-Heidestraße/Europacity. Berlin.
- Nakicenovic, N.; Alcamo J.; Davis, G.; de Vries, B.; Fenhann, J.; Gaffin, S.; Gregory, K.; Grübler, A.; Jung, T. Y.; Kram, T.; La Rovere E. L.; Michaelis, L.; Mori, S.; Morita, T.; Pepper, W.; Pitcher, H.; Price, L.; Riahi, K.; Roehrl A.; Rogner, H.-H.; Sankovski, A.; Schlesinger, M.; Shukla, P.; Smith S.; Swart, R.; van Rooijen, S.; Victor, N.; Dadi Z. 2000: Emissions Scenarios. A special report of the IPCC Working Group III. Cambridge.
- Niejahr, E. 2001: Die Alten sind die Anderen, Eindrücke aus der Republik der Alten. In: SCHADER STIFTUNG: WohnWandel, Szenarien, Prognosen, Optionen zur Zukunft des Wohnens. Darmstadt, S. 168-173.
- NRK (Niedersächsische Regierungskommission Klimaschutz) 2012: Regierungskommission Klimaschutz. Arbeitskreis Klimafolgenanpassung. Abrufbar unter: <http://www.mu1.niedersachsen.de/klimaschutz/aktuelles/empfehlung-fuer-eine-niedersaechsische-klimaschutzstrategie-107128.html> (letzter Zugriff am: 3.12.2012)
- Oelkers, J. 1985: Erziehen und Unterrichten. Grundbegriffe der Pädagogik in analytischer Sicht. Darmstadt.
- Oke, T. 1982: The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Jg. 108, H. 1, S. 1-24.
- Oke, T. R. 1987: *Boundary Layer Climates*. Cambridge.
- Ostwald, A.- L. 2009: Auswirkungen des Klimawandels auf die Ankunftsphänologie von 25 Zugvogelarten in der Region Hamburg von 1950 bis heute. Diplomarbeit an der Universität Hamburg, Hamburg.
- Panov, V. V.; Karpenko, S. V. 2004: The population dynamics of the water shrew *Neomys fodiens* (Mammalia, Soricidae) and its helminthes fauna in the Northern Baraba. *Parazitologija*, Jg. 38, H. 5, S. 448-456.
- Parlow, E. 2003: The Urban Heat Budget Derived from Satellite Data. *Geographica Helvetica*, Jg. 58, H. 2, S. 99-111.
- Parmesan, C. 2006: Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, Jg. 37, H. 1, S. 637-669.
- Parmesan, C.; Yohe, G. 2003: A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, Jg. 421, H. 6918, S. 37-42.
- Parzen, J. 2009: *Lessons Learned: Creating the Chicago Climate Action Plan*. Chicago.
- Pauleit, S.; Duhme, F. 2000: Assessing the Environmental Performance of Land Cover Types for Urban Planning. *Landscape and Urban Planning*, Jg. 52, H. 1, S. 1-20.
- Pompe, S.; Hanspach, J.; Badeck, F.; Klotz, S.; Thuiller, W.; Kuhn, I. 2008: Climate and land use change impacts on plant distributions in Germany. *Biology Letters*, Jg. 4, H. 5, S. 564-567.
- Poppendieck, H. H.; Bertram, H.; Brandt, I.; Engelschall, E.; Prondzinski, J. v. 2010: *Der Hamburger Pflanzenatlas. von a bis z*. München, Hamburg.
- Preston, B.; Brooke, C.; Measham, T.; Smith, T.; Gordard, R. 2009: Igniting change in local government: lessons learned from a bushfire vulnerability assessment. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, Jg. 14, H. 3, S. 251-283.
- Prince, M.J.; Felder R.M. 2007: The Many Faces of Inductive Teaching and Learning. In: *Journal of College Science Teaching*, Jg. 36, H. 5, S. 14-20.
- Prognos/WWF 2009: *Modell Deutschland – Klimaschutz bis 2050: Vom Ziel her denken*. Berlin.
- Rechid, D.; Petersen, J.; Schoetter, R., Jacob, D. 2014: *Klimaprojektionen für die Metropolregion Hamburg (im Erscheinen)*.
- Ritscher, A. 2012: Geplante Bahntrasse. S-4-Planer versuchen Anwohner zu beruhigen. *Hamburger Abendblatt*, 05.09.2012.
- Ritter, E.-H. 2007: Klimawandel – eine Herausforderung für die Raumplanung. *Raumforschung und Raumordnung*, Jg. 65, H. 6, S. 531-538.
- Robischon, T. 2001: Flexible Erneuerung von Wohngebieten mit älter werdenden Bewohnern, Bausteine aus der Nordweststadt in Frankfurt am Main. In: SCHADER STIFTUNG: WohnWandel, Szenarien, Prognosen, Optionen zur Zukunft des Wohnens. Darmstadt, S. 205-215.
- Rockel, B.; Will, A.; Hense, A. 2008: The Regional Climate Model COSMO-CLM (CCLM). *Meteorologische Zeitschrift*, Jg. 17, H. 4, S. 347-348.
- Roeckner, E.; Bäuml G.; Bonaventura, L.; Brokopf, R.; Esch, M.; Giorgetta, M.; Hagemann, S.; Kirchner I.; Kornblueh, L.; Manzini, E.; Rhodin, A.; Schlese, U.; Schulzweida, U.; Tompkins, A. 2003: The atmospheric general circulation model ECHAM5-Part 1, Model description. Max-Planck-Institut für Meteorologie. Report No. 349. Hamburg.
- Roetzer, T.; Wittenzeller, M.; Haeckel, H.; Nekovar, J. 2000: Phenology in central Europe - differences and trends of spring phenophases in urban and rural areas. *International Journal of Biometeorology*, Jg. 44, H. 2, S. 60-66.
- Roloff, A.; Bonn, S.; Gillner, S. 2008: Baumartenwahl und Gehölzverwendung im urbanen Raum unter Aspekten des Klimawandels. *Forstwissenschaftliche Beiträge Tharandt*, H. 7, S. 92-107.
- Sagar, P. M. 1986: The effects of floods on the invertebrate fauna of a large, unstable braided river, *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, Jg. 20, H. 1, S. 37-46.
- Sala, O. E.; Chapin III, S. F.; Armesto, J. J.; Berlow, E.; Bloomfield, J.; Dirzo, R.; Huber-Sanwald, E.; Huenneke, L. F.; Jackson, R. B.; Kinzig, A.; Leemans, R.; Lodge, D. M.; Mooney, H. A.; Oesterheld, M.; Le Roy Poff, N.; Sykes, M. T.; Walker, B. H.; Walker, M.; Wall, D. 2000: Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. In: *Science's Compas Review*, Jg. 287, H. 5459, S. 1770-1774.
- Sauerwein, M. 2004: *Urbane Bodenlandschaften - Eigenschaften, Funktionen und Stoffhaushalt der siedlungsbeeinflussten Pedosphäre im Geoökosystem*. Halle.
- Schlipf, S.; Herlitzius, L.; Frommer, B. 2008: Regionale Steuerungspotenziale zur Anpassung an den Klimawandel. Möglichkeiten und Grenzen formeller und informeller Planung. *RaumPlanung*, H. 137, S. 77-82.
- Schlünzen, K. H.; Hoffmann, P.; Rosenhagen, G.; Riecke, W. 2010: Long-term changes and regional differences in temperature and precipitation in the metropolitan area of Hamburg. *International Journal of Climatology*, Jg. 30, H. 8, S. 1121-1136.
- Schmidt, K.J.; Poppendieck, H.-H.; Jensen, K. 2013: Effects of urban structure on plant species richness in a large European city. *Urban Ecosystems*, doi: 10.1007/s11252-013-0319-y.
- Schoetter, R.; Hoffmann, P.; Rechid, D.; Schlünzen, K. H. 2012: Evaluation and bias correction of regional climate model results using model evaluation measures. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, Jg. 51, H. 9, S. 1670-1685.

- Schrage, N.; Antanaskovic, D.; Jung, T.; Pasche, E. 2009: "KALYPSO – An Open Source Software Tool for Flood Studies in Rivers". Proceedings of the 8th International Conference on Hydroinformatics (HIC), Concepción, Chile.
- Schubert, R.; Wagner, G. 2000: Botanisches Wörterbuch. Stuttgart.
- Schweiger, O.; Settele, J.; Kudrna, O.; Klotz, S.; Kühn, I. 2008: Climate change can cause spatial mismatch of tropically interacting species. *Ecology*, Jg. 89, H. 12, S. 3472-3479.
- Selle, K. 2006: Bürgerschaftliche Teilhabe in Quartier und Stadt: Anspruch und Wirklichkeiten: Oder es ist nicht alle Tage Sonntag. *vhw Forum Wohneigentum*, H. 4, S. 234-241.
- SenStadt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin) 2011: Stadtentwicklungsplan Klima. Berlin.
- Sieker, F.; Sieker, H.; Kaiser, M. 2006: Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung im privaten, gewerblichen und kommunalen Bereich: Grundlagen und Ausführungsbeispiele. Stuttgart.
- Spellerberg, A. 2001: Lebensstile und Wohnprofile: Trends, Einige empirische Befunde. In: SCHADER STIFTUNG: WohnWandel, Szenarien, Prognosen, Optionen zur Zukunft des Wohnens. Darmstadt, S. 276-286.
- Statistisches Bundesamt 2009: Bevölkerung Deutschlands bis 2060, Ergebnisse der 12. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung. Abrufbar unter: https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Bevoelkerung/Vorausberechnung/Bevoelkerung/BevoelkerungDeutschland2060Presse5124204099004.pdf?__blob=publicationFile (letzter Zugriff am: 12.11.2013)
- Statistisches Bundesamt 2010: Bevölkerung in den Bundesländern, dem früheren Bundesgebiet und den neuen Bundesländern bis 2060. Abrufbar unter: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Bevoelkerung/Bevoelkerungsvorausberechnung/Bevoelkerungsvorausberechnung.html> (letzter Zugriff am: 12.11.2013)
- Steinrücke, M.; Düttemeyer, D.; Hasse, J.; Rösler, C.; Lorke, V. 2010: Handbuch Stadtklima. Düsseldorf.
- Stiens, G. 1997: Die Methoden der raumplanerischen Zukunftsforschung. Arbeitspapiere der Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung, H. 11. Bonn.
- Storbjörk, S. 2007: Governing Climate Adaptation in the Local Area: Challenges of Risk Management and Planning in Sweden. *Local Environment*, Jg. 12, H. 5, S. 457-469.
- Sukopp, H.; Wittig, R. 1998: Stadtökologie. Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm.
- Traffic and Mobility Planning GmbH, Deutsches Institut für Urbanistik, Institut für Wirtschaftsforschung Halle 2006: Szenarien der Mobilitätsentwicklung unter Berücksichtigung von Siedlungsstrukturen bis 2050. Magdeburg.
- Tuschinski, M. 2013: EnEV 2020: Energieeinsparungsverordnung auf dem Weg zu klimaneutralen Bauten. Abrufbar unter: http://service.enev-online.de/bestellen/EnEV_2020_klimaneutrale_Bauten.pdf (letzter Zugriff am: 23.09.2013)
- UBA 2010: Energieziel 2050: 100% Strom aus erneuerbaren Quellen. Dessau-Roßlau.
- Walk, H. 2008: Partizipative Governance. Beteiligungsformen und Beteiligungsrechte im Mehrebenensystem der Klimapolitik. Wiesbaden.
- Walther, G. R.; Post, E.; Convey, P.; Menzel, A.; Parmesan, C.; Beebee, T.J.; Fromentin, J. M.; Hoegh-Guldberg, O.; Bairlein, F. 2002: Ecological responses to recent climate change. *Nature*, Jg. 416, H. 4, S. 389-395.
- Westphal, C. 2008: Dichte und Schrumpfung: Kriterien zur Bestimmung angemessener Dichten in Wohnquartieren schrumpfender Städte aus Sicht der stadttechnischen Infrastruktur. Dresden.
- Wickop, E.; Böhm, P.; Eitner, K.; Breuste, J. 1998: Qualitätszielkonzept für Stadtstrukturtypen am Beispiel der Stadt Leipzig: Operationalisierung einer nachhaltigen Stadtentwicklung auf der Ebene von Stadtstrukturen. Leipzig.
- Wilby, R. L.; Perry, G.L.W. 2009: Climate change, biodiversity and the urban environment: a critical review based on London, UK. *Progress in Physical Geography*, Jg. 30, H. 1, S. 73-98.
- Wilson, E. 2009: Use of scenarios for climate change adaptation in spatial planning. In: Davoudi, Simon; Crawford, J.; Mehmood, A.: Planning for climate change: Strategies for mitigation and adaptation for spatial planners. London, S. 223-235.
- Wittig, R. 2004: The origin and development of the urban flora of Central Europe. *Urban Ecosystems*, Jg. 7, H. 4, S. 323-339.
- Wolf, G. 2005: Konstruktivistische Umweltbildung. Bielefeld.
- Wolf A.; Appel-Kummer E. 2005: Demographische Entwicklung und Naturschutz bis 2015. Essen.
- Wulfhorst, R. 2011: Konsequenzen aus „Stuttgart 21“: Vorschläge zur Verbesserung der Bürgerbeteiligung. *Die öffentliche Verwaltung*, Jg. 64, H. 15, S. 581-590.
- Zorn, W. 2001: Arbeiten wo und wann man will, Telearbeit bei der IBM Deutschland. In: SCHADER STIFTUNG: WohnWandel, Szenarien, Prognosen, Optionen zur Zukunft des Wohnens, Darmstadt, S. 33-44.
- Yanow, D. 2000: Conducting interpretive policy analysis. Thousand Oaks.

Interviews

- INT Wandse 1 (2010): Naturschutz I im Modellgebiet Wandse. Interview.
- INT Wandse 2 (2010): Wasserwirtschaft im Modellgebiet Wandse. Interview.
- INT Wandse 3 (2010): Wohnungswirtschaft im Modellgebiet Wandse. Interview.
- INT Wandse 4 (2010): Naturschutz II im Modellgebiet Wandse. Interview.
- INT Wandse 5 (2010): Naturschutz III im Modellgebiet Wandse. Interview.
- INT Wandse 6 (2010): Wasserwirtschaft II im Modellgebiet Wandse. Interview.

Abbildungsverzeichnis

Abb.1, S. 8: Elke Kruse / Thomas Zimmermann

Abb. 2, S. 15: Diana Rechid / Juliane Petersen / Robert Schoetter / Daniela Jacob 2014: Klimaprojektionen für die Metropolregion Hamburg. Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten, Band 1, TuTech Verlag.

Abb. 3, S. 14: Diana Rechid / Juliane Petersen / Robert Schoetter / Daniela Jacob 2014: Klimaprojektionen für die Metropolregion Hamburg. Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten, Band 1, TuTech Verlag, Hamburg.

Abb. 4, S. 15: Diana Rechid / Juliane Petersen / Robert Schoetter / Daniela Jacob 2014: Klimaprojektionen für die Metropolregion Hamburg. Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten, Band 1, TuTech Verlag, Hamburg.

Abb. 5-6, S. 19: Diana Rechid / Juliane Petersen / Robert Schoetter / Daniela Jacob 2014: Klimaprojektionen für die Metropolregion Hamburg. Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten, Band 1, TuTech Verlag, Hamburg.

Abb. 7, S. 18: Johanna Fink / Nikolas Klostermann 2012, nach Wasserwirtschaftsamt Ingolstadt, URL: <http://www.wwa-in.bayern.de/umwelttipps/hausbesitzer/index.htm>, Zugriff 10.04.2012

Abb. 8, S. 19: Johanna Fink / Nikolas Klostermann 2012, nach United States Global Research Program, URL: <http://www.globalchange.gov/High-ResImages/8-Human-Health-pg-91.jpg>, Zugriff 16.09.2011 und Auckland Council 2012, URL: <http://www.aucklandcity.govt.nz/council/services/stormwater/images/urbancycle.gif>, Zugriff 16.09.2011

Abb. 9, S. 20-21: Juliane Ziegler. Die Zuordnung basiert auf der Biotopkartierung der BSU (2008) als GIS-Projekt (Datenbasis 1999 und 2006). Vorbereitende Arbeiten erfolgten durch Fink / Klostermann 2012

Abb. 10, S. 24-27: Elke Kruse / Juliane Ziegler, Luftbildausschnitte: DOPC 40 LGV Hamburg, September 2008

Abb. 11, S. 34-35: Anne Kittel / Claudio Bertelli. Die Zuordnung basiert auf der Grafik - Einzugsgebiet der Wandse mit Nebengewässern und Rückhaltebecken, erstellt von Sandra Hellmers und der ALKIS GDB 2012 – LGV Hamburg.

Abb. 12, S. 36-37: Luftbildausschnitte: DOPC 40, LGV Hamburg, 2006

Abb. 13, S. 38-39: Anne Kittel / Claudio Bertelli. Die Zuordnung basiert auf der ALKIS GDB 2012 – LGV Hamburg.

Abb. 14, S. 40-41: Juliane Ziegler. Die Zuordnung basiert auf der Biotopkartierung der BSU (2008) als GIS-Projekt (Datenbasis 1999 und 2006). Vorbereitende Arbeiten erfolgten durch Fink / Klostermann 2012

Abb. 15, S. 42: K. Heinke Schlünzen / Peter Hoffmann / Gudrun Rosenhagen / Wolfgang Riecke 2010: Long-term changes and regional differences in temperature and precipitation in the metropolitan area of Hamburg. International Journal of Climatology, Jg. 30, H. 8, S. 1121-1136.

Abb. 16, S. 43: Peter Hoffmann 2009: Modifikation von Starkniederschlägen durch urbane Gebiete. Diplomarbeit, Meteorologisches Institut, Department Geowissenschaften, Universität Hamburg.

Abb. 17, S.43: Nina Hüffmeyer

Abb. 18, S.43: Sandra Hellmers

Abb. 19, S. 45: Katharina Schmidt, Artendaten: Botanischer Verein zu Hamburg e.V., Biotoptypenkartierung: BSU 2006

Abb. 20, S. 46: Peter Hoffmann / Oliver Krüger/ K. Heinke Schlünzen 2012: A statistical model for the urban heat island and its application to a climate change scenario. International Journal of Climatology, Jg. 32, H. 8, S. 1238-1248.

Abb. 21, S. 47: Peter Hoffmann 2012: Quantifying the influence of climate change on the urban heat island of Hamburg using different downscaling methods. Doktorarbeit, Meteorologisches Institut, Department Geowissenschaften, Universität Hamburg, S. 131, <http://ediss.sub.uni-hamburg.de/volltexte/2012/5716/pdf/Dissertation.pdf>.

Abb. 22, S. 49: Nina Hüffmeyer

Abb. 23, S. 50: Nina Hüffmeyer

Abb. 24, S. 51: Nina Hüffmeyer

Abb. 25-26, S. 52: Sandra Hellmers

Abb. 27, S. 58-59: Anne Kittel / Claudio Bertelli. Die Zuordnung basiert auf der ALKIS GDB 2012 – LGV Hamburg.

Abb. 28, S. 60: Annalen Gruss / Anne Kittel / Claudio Bertelli. Die Zuordnung basiert auf der Biotopkartierung der BSU (2008) als GIS-Projekt (Datenbasis 1999 und 2006),

Abb. 29, S. 62-63: Luftbildausschnitte: DOPC 20, LGV Hamburg, Frühjahr 2012

Abb. 30, S. 64-65: Anne Kittel / Claudio Bertelli,. Die Zuordnung basiert auf der DSGK, LGV Hamburg, 2010.

Abb. 31, S. 66-67: Anne Kittel / Claudio Bertelli, Die Zuordnung basiert auf der DSGK, LGV Hamburg, 2010.

Abb. 32, S. 68-69: Luftbildausschnitte: DOPC 20, LGV Hamburg, Frühjahr 2012

Abb. 33, S. 70-71: Anne Kittel / Claudio Bertelli. Die Zuordnung basiert auf der DSGK, LGV Hamburg, 2010.

Abb. 34, S. 72-73: Anne Kittel / Claudio Bertelli, Die Zuordnung basiert auf der DSGK, LGV Hamburg, 2010.

Abb. 35, S. 74-75: Luftbildausschnitte: DOPC 20, LGV Hamburg, Frühjahr 2012

Abb. 36, S. 76-77: Anne Kittel / Claudio Bertelli. Die Zuordnung basiert auf der DSGK, LGV Hamburg, 2010.

Abb. 37, S. 78-79: Anne Kittel / Claudio Bertelli, Die Zuordnung basiert auf der DSGK, LGV Hamburg, 2010.

Abb. 38, S. 82-83: Anne Kittel / Claudio Bertelli / Elke Kruse / Annalen Gruss

Abb. 39, S. 86-87: Anne Kittel / Claudio Bertelli / Elke Kruse / Annalen Gruss

Abb. 40, S. 90-91: Anne Kittel/Claudio Bertelli / Elke Kruse / Annalen Gruss

Abb. 41, S. 94-95: Anne Kittel / Claudio Bertelli / Elke Kruse / Annalen Gruss

Abb. 42, S. 100-101: Anne Kittel / Claudio Bertelli. Die Zuordnung basiert auf der DSGK, LGV Hamburg, 2010.

Abb. 43, S. 103: Foto: Marcus Parac

Abb. 44-46, S. 105: Anne Kittel / Claudio Bertelli / Elke Kruse

Abb. 47, S. 107: Elke Kruse / Anne Kittel / Claudio Bertelli

Abb. 48-50, S. 109: Anne Kittel / Claudio Bertelli

Abb. 51-53, S. 111: Claudio Bertelli / Lydia Ax

Abb. 54, S. 113: Foto: Marcus Parac

Abb. 55-56, S. 115: Anne Kittel / Claudio Bertelli

Abb. 57-58, S. 117: Anne Kittel / Claudio Bertelli / Lydia Ax

Abb. 59, S. 118: Elke Kruse / Anne Kittel / Claudio Bertelli

Abb. 60, S. 119: Elke Kruse / Anne Kittel / Claudio Bertelli

Abb. 61-62, S. 121: Anne Kittel / Claudio Bertelli

Abb. 63, S. 123: Foto: Marcus Parac

Abb. 64-65, S. 125: Anne Kittel / Claudio Bertelli / Giovanni Palmaricciotti

Abb. 66-67, S. 126: Anne Kittel / Claudio Bertelli / Giovanni Palmaricciotti

Abb. 68-69, S. 127: Anne Kittel / Claudio Bertelli / Giovanni Palmaricciotti

Abb. 70, S. 128-129: Anne Kittel / Claudio Bertelli. Die Zuordnung basiert auf der DSGK, LGV Hamburg, 2010.

Abb. 71, S. 131: Foto: Marcus Parac

Abb. 72, S. 132: Anne Kittel / Claudio Bertelli

Abb. 73-75, S. 133: Anne Kittel / Claudio Bertelli / Anna Gruss

Abb. 76, S. 135: Foto: Marcus Parac

Abb. 77, S. 136: Anne Kittel / Claudio Bertelli

Abb. 78-79, S. 137: Anne Kittel / Claudio Bertelli

Abb. 80, S. 139: Foto: Marcus Parac

Abb. 81, S. 140: Anne Kittel / Claudio Bertelli / Elke Kruse

Abb. 82, S. 141: Anne Kittel / Claudio Bertelli / Elke Kruse

Abb. 83, S. 142-143: Anne Kittel / Claudio Bertelli. Die Zuordnung basiert auf der DSGK, LGV Hamburg, 2010.

Abb. 84, S. 145: Foto: Marcus Parac

Abb. 85, S. 146: Anne Kittel / Claudio Bertelli

Abb. 86-87, S. 147: Anne Kittel / Claudio Bertelli

Abb. 88, S.146-147: Anne Kittel / Claudio Bertelli

Abb. 89, S. 148-149: Anne Kittel / Claudio Bertelli / Elke Kruse

Abb. 90, S. 151: Foto: Marcus Parac

Abb. 91-93, S. 152-153: Anne Kittel / Claudio Bertelli / Giovanni Palmaricciotti

Abb. 94, S. 155: Foto: Marcus Parac

Abb. 95-96, S. 156: Anne Kittel / Claudio Bertelli / Giovanni Palmaricciotti

Abb. 97, S. 158: DOPC20 – LGV Hamburg, Frühjahr 2012

Abb. 98, S. 159: Anne Kittel / Claudio Bertelli / Johanna Fink / Nikolas Klostermann

Abb. 99, S. 164: Marita Linde / David D. Flagg / David Grawe / Peter Hoffmann / Ronny Petrik / K. Heinke Schlünzen / Robert Schoetter 2014: Different urban developments and their impact on (outdoor) human comfort related parameters. In Vorbereitung.

Abb. 100, S. 165: Marita Linde / David D. Flagg / David Grawe / Peter Hoffmann / Ronny Petrik / K. Heinke Schlünzen / Robert Schoetter 2014: Different urban developments and their impact on (outdoor) human comfort related parameters. In Vorbereitung.

Abb. 101, S. 166: Marita Linde David D. Flagg / David Grawe / Peter Hoffmann / Ronny Petrik / K. Heinke Schlünzen / Robert Schoetter 2014: Different urban developments and their impact on (outdoor) human comfort related parameters. In Vorbereitung.

Abb. 102, S. 167: Marita Linde / David D. Flagg / David Grawe / Peter Hoffmann / Ronny Petrik / K. Heinke Schlünzen / Robert Schoetter 2014: Different urban developments and their impact on (outdoor) human comfort related parameters. In Vorbereitung.

Abb. 103, S. 169: Nina Hüffmeyer

Abb. 104, S. 170: Nina Hüffmeyer

Abb. 105, S. 171: Sandra Hellmers

Abb. 106, S. 172: Sandra Hellmers

Abb. 107, S. 173: Sandra Hellmers

Abb. 108, S. 173: Sandra Hellmers

Abb. 109, S. 175: Sandra Hellmers

Abb. 110, S. 193: <http://www.wandse-klima.de>, TuTech Innovation GmbH / Social Media & Open Innovation

Tabellenverzeichnis

Tab. 1, S. 30-31: Elke Kruse / Juliane Ziegler

Tab. 2, S. 84: Elena Rottgardt / Robert Schoetter / Lisa Kunert

Tab. 3, S. 84: Elena Rottgardt / Robert Schoetter / Lisa Kunert

Tab. 4, S. 161: Elke Kruse / Juliane Ziegler

Tab. 5, S. 182: Jannes Fröhlich

Tab. 6, S. 189: Jannes Fröhlich / Thomas Zimmermann

Tab. 7, S. 210-221: Elke Kruse / Juliane Ziegler

BETEILIGTE PARTNER AUS DEM FORSCHUNGSVERBUND:

HafenCity Universität Hamburg (HCU)

Fachgebiet „Stadtplanung und Regionalentwicklung“

unter der Leitung von:

Prof. Dr.-Ing. Jörg Knieling, M.A. (pol./soz.)

MitarbeiterInnen:

Dipl.-Umweltwiss. Jannes Fröhlich,

Dipl.-Ing. Lisa Kunert

Fachgebiet „Landschaftsarchitektur - Studio für topographisches Denken und Entwerfen“

unter der Leitung von:

Prof. Dipl.-Ing. Christiane Sörensen

Mitarbeiter:

M. Arch. Claudio Bertelli

Fachgebiet „Bauphysik und Energietechnik in der Architekturausbildung“

unter der Leitung von:

Prof. Dr. rer. nat. Udo Dietrich

Mitarbeiterin:

Dipl.-Ing. (FH) Lydia Ax

Fachhochschule Lübeck

Institut für Bauen mit nachwachsenden Rohstoffen

unter der Leitung von:

Prof. Dipl.-Ing. Georg Conradi

Mitarbeiter:

Dipl.-Ing. Steffen Slama

Universität Hamburg

Fachgebiet Geowissenschaften, Meteorologisches Institut

unter der Leitung von:

Prof. Dr. Heinke Schlünzen

MitarbeiterInnen:

Dipl.-Met. Peter Hoffmann,

Dipl.-Met. Robert Schoetter,

Dipl.-Met. Marita Linde

In Zusammenarbeit mit:

Max-Planck-Institut für Meteorologie und Climate Service Center Hamburg

Dr. Diana Rechid

Dipl.-Geogr. Juliane Petersen

Fachgebiet Biologie, Biozentrum Grindel und Zoologisches Museum

unter der Leitung von:

Dr. Veit Hennig

Mitarbeiterinnen:

Mag. Biol. Julia Stockinger,

Dipl.- Biol. Esther Verjans

Fachgebiet Biologie, Biozentrum Klein Flottbek und Botanischer Garten

unter der Leitung von:

Prof. Dr. Kai Jensen

Mitarbeiterin:



Dipl.-Biol. Katharina Schmidt

Technische Universität Hamburg-Harburg (TUHH)

Institut für Wasserbau

unter der Leitung von:

bis 2010: Prof. Dr.-Ing. Erik Pasche,

2011: Dr.-Ing. Karl-Friedrich Daemrich (kommissarische Leitung),

seit 2012: Prof. Dr.-Ing. Peter Fröhle

MitarbeiterInnen:

M.Sc., Dipl.-Ing. (FH) Sandra Hellmers,

Dipl.-Ing. Giovanni Palmaricciotti

Leuphana Universität Lüneburg

Fakultät Nachhaltigkeit

Institut für Nachhaltigkeitssteuerung (INSUGO)

unter der Leitung von:

apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Karsten Runge

Mitarbeiterin:

Dipl.-Geogr. Elena M. Rottgardt

Zentrum für Angewandte Gesundheitswissenschaften

Dr. Christine Katz

Hochschule für Angewandte Wissenschaften (HAW)

Büro für Forschung und Transfer

Dr. Christoph Porschke

HAMBURG WASSER

Hamburger Stadtentwässerung AöR

Bereich Grundlagen und Systementwicklung

Dr.-Ing. Nina Hüffmeyer,

Dipl.-Ing. Juliane Ziegler

TuTech Innovation GmbH

Social Media & Open Innovation

unter der Leitung von:

Dipl.-Soz. Rolf Lührs

Mitarbeiterin:

Dipl.-Soz. Birgit Hohberg



HERAUSGEBER:

HafenCity Universität Hamburg (HCU)



Fachgebiet „Umweltgerechte Stadt- und Infrastrukturplanung“

unter der Leitung von:

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Dickhaut

Mitarbeiterin:

Dipl.-Ing. Elke Kruse

Fachgebiet „Stadtplanung und Regionalentwicklung“

unter der Leitung von:

Prof. Dr.-Ing. Jörg Knieling, M.A. (pol./soz.)

Mitarbeiter:

Dipl.-Ing. Thomas Zimmermann

Fachgebiet „Landschaftsarchitektur - Studio für topographisches Denken und Entwerfen“

unter der Leitung von:

Prof. Dipl.-Ing. Christiane Sörensen

Mitarbeiterinnen:

Dipl.-Ing. Annalen Gruss (bis 2011),

Dipl.-Ing. Anne Kittel (ab 2012)

Eingebettete Abschlussarbeit:

Fink, Johanna; Klostermann, Nikolas 2012: Stadt im (Klima-) Wandel. Anpassungsmöglichkeiten städtischer Strukturtypen an die Folgen des Klimawandels. Diplomarbeit im Studiengang Stadtplanung an der HCU Hamburg. Betreuung durch Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Dickhaut, Thomas Zimmermann und Elke Kruse.

Layout:

Dipl.-Ing. Anne Kittel (HCU),

M. Arch. Claudio Bertelli (HCU),

Christian Remmersmann (TuTech Agentur)

Lektorat und Fachliche Beratung:

Dr.-Ing. Lucia Grosse-Bächle, Hannover

Abschlusskorrektorat:

Hannah Münzer

Englische Übersetzung:

Stephanie Dunkerley, M.Sc.

