

Das Verhältnis zwischen baulicher Dichte und einer hitzeresilienten Quartiersentwicklung

Masterarbeit zur Erlangung des akademischen Grades "Master of Science" (M.Sc.) im Studiengang "Stadtplanung"

Verfasserinnen:

Kim Hartwig I 6025688 I kim.hartwig@hcu-hamburg.de Maischa-Katharina Woyna I 6059876 I maischa.woyna@hcu-hamburg.de

Betreuende: Prof.Dr.-Ing. Jörg Knieling Nancy Kretschmann, M. Sc.

am Beispiel des Bezirks Eimsbüttel

HafenCity Universität Hamburg Abgabe: 23.12.2021

Zusammenfassung

Im Zuge des städtischen Bevölkerungszuwachses und der anhalten Wohnraumnachfrage gewinnt die städtebauliche Nachverdichtung immer mehr an Bedeutung. Im Hinblick auf die zunehmende Hitzebelastung als Folge des Klimawandels, drängt sich jedoch zunehmend die Frage in den Vordergrund, wie sich eine bauliche Verdichtung mit der Anpassung an die klimatischen Veränderungen vereinbaren lässt, denn die Verdichtung des Siedlungskörpers kann zu einer Verschlechterung der thermischen Bedingungen führen. Dabei sind insbesondere Städte aufgrund der hohen Versiegelung und dem geringen Anteil klimawirksamer Grün- und Freiflächen zunehmend von Hitzebelastung betroffen. Um die Lebensqualität im urbanen Raum zu erhalten, stehen Städte vor der Herausforderung, im Zuge einer klimaangepassten Stadtentwicklung ein verträgliches Maß zwischen baulicher Dichte und Grün- und Freiflächen auszuloten. Auch der hamburgische Bezirk Eimsbüttel steht vor dieser Herausforderung. So ist dieser im Rahmen des Hamburger Vertrags verpflichtet jährlich 1.050 Wohneinheiten zu schaffen, zugleich ist der Bezirk von einer hohen Hitzebelastung betroffen. Im Jahr 2018 brachte das Bezirksamt das Leitbild 2040 auf den Weg, in dessen Rahmen die Strategie der Doppelten Innenentwicklung mit dem Ziel eine bauliche Verdichtung mit der Entkopplung von negativen Klimafolgen zu vereinbaren, verfolgt wird. Hierauf aufbauend ist das Ziel dieser Arbeit, zu untersuchen, wie der Bezirk Eimsbüttel eine qualitative Nachverdichtung im Kontext einer hitzeresilenten Quartiersentwicklung verfolgen kann. In diesem Rahmen wurde eine Strategie entwickelt, die darauf abzielt, einen Nachverdichtungsansatz ohne negative Hitzewirkung anhand differenzierender Indikatoren auszuwählen und diesen mit auf Siedlungstypologien abgestimmten Anpassungsmaßnahmen zu koppeln, um eine Vereinbarkeit zwischen Wohnraumentwicklung und Hitzeanpassung zu schaffen. Dies stellt einen Ansatz dar, um das Mikroklima in hitzebelasteten Quartieren im Zuge der Nachverdichtung zu verbessern und die Lebensqualität zu sichern.

Abstract

In view of the urban population growth and the continuing demand for housing, urban redensification is becoming increasingly important. Looking at the increasing heat load which is due to climate change, a solution on how to properly adapt urban redensification to said climate change is becoming more needed than ever, even more so because densification can lead to a deterioration in thermal conditions. Cities in particular are increasingly affected by heat stress, on top of the high degree of sealing they also have less green and open spaces that have a more positive influence on the microclimate. In order to maintain the quality of life, cities that are undergoing climate-adapted urban development are faced with the challenge of finding a compatible balance between constructing buildings with high density, and finding enough room for green and open spaces. The Hamburg district of Eimsbüttel also faces this challenge. It is tasked with annually creating 1.050 residential units under the Hamburg Agreement while being characterized as an urban heat island. In 2018, the district office launched the Guiding Principle 2040, under which the strategy of double interior development is pursued with the aim of reconciling building densification with the decoupling of negative climate impacts. Based on this, the aim of this work is to research how the district of Eimsbüttel can pursue a qualitative redensification while undergoing a heat-resilient development. In the context of this thesis strategy has been developed that aims to select a redensification approach without negative heat effects based on differentiating indicators and to link it with adaptation measures tailored to settlement typologies in order to create compatibility between housing development and heat adaptation. This represents an approach to improve the microclimate in heat-stressed neighborhoods in the course of redensification and to ensure the quality of life.

Danksagung

Wir möchten uns an dieser Stelle bei all denjenigen bedanken, die uns auf dem langen Weg der Anfertigung dieser Masterarbeit begleitet, unterstützt und motiviert haben.

Herzlich bedanken möchten wir uns bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Jörg Knieling, der uns während der Themenfindung beratend zur Seite und bei Fragen stets zur Verfügung stand.

Ein besonderer Dank gilt zudem Frau Nancy Kretschmann, die uns mit Tipps, Anregungen und durch konstruktives Feedback während der Bearbeitung stets unterstützt hat.

Außerdem gilt ein großer Dank unseren Gesprächspartnern für die umfangreiche und interessante Informationsgewinnung und das Engagement während und nach den durchgeführten Interviews.

Unser spezieller Dank geht an unsere Familien und Freunde, die während dieser aufregenden Zeit an unserer Seite waren und uns ermutigt und motiviert haben.

Kim Hartwig und Maischa Woyna

Hamburg, 22.12.2021

Inhaltsverzeichnis

| Abkürzungsverzeichnis | 8 | |
|--|-----|--|
| Abbildungsverzeichnis Tabellenverzeichnis | | |
| | | |
| 1.1 Anlass und Problemstellung | 18 | |
| 1.2 Forschungsstand | 20 | |
| 1.3 Ziel der Arbeit und Fragestellung | 22 | |
| 1.4 Methodik und Aufbau der Arbeit | 24 | |
| 2.0 Theoretische Grundlagen | | |
| 2.1 Stadtklima und städtischer Wärmeinseleffekt | 32 | |
| 2.1.1 Ursachen und Einflussgrößen auf das Stadtklima | 32 | |
| 2.1.2 Der städtische Wärmeinseleffekt | 41 | |
| 2.1.3 Urbane Vulnerabilität und Hitzefolgen | 46 | |
| 2.2 Nachverdichtung im Kontext der Klimaanpassung | 54 | |
| 2.2.1 Wachstum und Verdichtung von Städten | 54 | |
| 2.2.2 Potenziale der Nachverdichtung und klimatische Aspekte | 57 | |
| 2.3 Strategien und Maßnahmen für eine hitzeangepasste Innenentwicklung | 68 | |
| 2.3.1 Resiliente Stadtentwicklung | 68 | |
| 2.3.2 Planungsstrategien und Maßnahmen der Hitzeanpassung | 80 | |
| 3.0 Raumanalyse im Kontext der Vereinbarkeit von Hitzeanpassung und | | |
| städtebaulicher Verdichtung im Bezirk Eimsbüttel | | |
| 3.1 Klimaanpassung in Hamburg und Eimsbüttel | 110 | |
| 3.1.1 Der Hamburger Klimaplan | 110 | |
| 3.1.2 Das Landschaftsprogramm Hamburg | 113 | |
| 3.1.3 Vertrag für Hamburgs Stadtgrün | 116 | |
| 3.1.4 Leitbild Eimsbüttel 2040 | 117 | |
| 3.2 Eimsbüttel - Der kleinste Bezirk mit der höchsten Einwohnerdichte | 127 | |
| 3.2.1 Historischer Einblick | 127 | |
| 3.2.2 Bevölkerungsentwicklung und -dichte | 129 | |
| 3.2.3 Räumliche Schwerpunkte für eine zukunftsfähige Wohnraumentwicklung | 130 | |
| 3.3 Hitzevulnerabilität in Eimsbüttel | 138 | |
| 3.3.1 Expositionsanalyse | 138 | |
| 3.3.2 Sensitivitätsanalyse | 148 | |

| 3.3.3 Vulnerabilität Eimsbüttel gegenüber Hitzefolgen und Hotspots | 152 |
|---|-----|
| 3.4 Resultierende Bedarfe, Herausforderungen und Potenziale | 159 |
| 4.0 Strategie für eine hitzeangepasste Nachverdichtung im Quartier | |
| 4.1 Kern- und Entwicklungsziele | 166 |
| 4.2 Nachverdichtungsansatz ohne negative Hitzewirkung wählen | 168 |
| 4.2.1 Auswahl eines Fokusraums | 169 |
| 4.2.2 Analyse von Defiziten und Handlungspotenzialen | 174 |
| 4.2.3 Abwägung und Auswahl eines geeigneten Nachverdichtungsansatzes im Hinblick auf die Hitzewirkung | 198 |
| 5.0 Konkrete Maßnahmen in der Projektierung | |
| 5.1 Grundlagen zur Umsetzung | 212 |
| 5.2 Handlungsfelder und konkrete Maßnahmen | 217 |
| 5.3 Maßnahmenpakete für Blockrand- und Zeilenbebauung anhand von Fokusräumen | 230 |
| 5.4 Evaluierung der Maßnahmenwirkung | 238 |
| 6.0 Beantwortung der Forschungsfrage und Reflexion | 240 |
| 7.0 Fazit und Forschungsausblick | 244 |
| 8.0 Literatur- und Quellenverzeichnis | 248 |

Abkürzungsverzeichnis

ARL Akademie für Raumforschung und Landesplanung

BBSR Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung

BGF Bruttogeschossfläche

BGV Behörde für Gesundheit und Verbraucherschutz

BMUB Bundesministerium für

BMVBS Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

BNatschG Bundesnaturschutzgesetz

B-Plan Bebauungsplan

BSW Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen Hamburg

BUKEA Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft Hamburg

DAS Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel

DWD Deutscher Wetterdienst

ESKP Earth System Knowledge Platform

FITNAH Flow over Irregular Terrain with Natural and Anthropogenic Heat Sources (Dt.: Strö

mung über unregelmäßiges Terrain mit natürlichen und anthropogenen Wärmequellen)

GFZ Grundflächenzahl

HLNUG Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change

LGV Landesbetrieb für Geoinformation und Vermessung Hamburg

LIG Landesbetrieb Immobilienmanagement und Grundvermögen Hamburg

ÖPNV Öffentlicher Personennahverkehr

PET Physiological Equivalent Temperature (Dt.: Physiologische äquivalente Temperatur)

STEP Stadtentwicklungsplan

UBA Umweltbundesamt

UCL Urban Canopy Layer

WE Wohneinheiten

Abbildungsverzeichnis

Kapitel 1.4

Abb. 01: Methodisches Vorgehen. Eigene Darstellung.

Kapitel 2.1.1

Abb. 02: Stadtklima Aufbau. Eigene Darstellung.

Abb. 03: Durchschnittliche Lufttemperatur in Deutschland seit 1980 sowie Prognose bis 2100. Abrufbar unter: https://www.dwd. de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas node.html. [06.12.2021].

Abb. 04: Himmelssichtfaktor (SVF) im Straßenraum. Eigene Darstellung.

Abb. 05: Klimamodellierung der Lufttemperatur tagsüber eines Quartiers in Berlin im Ist-Zustand sowie im Plan-Zustand mit einer Erhöhung des Grünanteils. GEO-NET Umweltconsulting GmbH (2010): Untersuchung zum Klimawandel in Berlin. Dokumentation der im Rahmen des Stadtentwicklungsplan (StEP) Klima durchgeführten Modellrechnungen.

Abb. 06: Verteilung der Freiflächen und ihr Einfluss auf die mittlere Gebietstemperatur. agl (2012): Städtische Freiraumplanung als Handlungsfeld für Adaptionsmaßnahmen. Abschlussbericht des Saarbrücker Modellprojekts im Rahmen des ExWoSt-Forschungsprogramms "Urbane Strategien zum Klimawandel – Kommunale Strategien und Potenziale". Auftraggeber: Stadt Saarbrücken, Amt für Grünanlagen, Forsten und Landwirtschaft

Kapitel 2.1.2

Abb. 07: Oberflächenwärmeinsel. Eigene Darstellung.

Abb. 08: Wärmeinsel der Stadthindernissschicht. Eigene Darstellung.

Abb. 09: Temperaturverlauf und Vertikalprofil der Windgeschwindigkeiten zur Mittagszeit verschiedener Landnutzungen. Online Abrufbar unter: https://www.braunschweig.de/leben/umwelt_naturschutz/klima/stadtklima/stadtklimaanalyse/Stadtklimaanalyse_Braunschweig_Teil1.pdf [06.12.2021].

Abb. 10: Wärmeinsel der Stadtgrenzschicht. Eigene Darstellung.

Abb. 11: Bodenwärmeinsel. Eigene Darstellung.

Kapitel 2.1.3

Abb. 12: Vulnerabilitätsmodell des IPCC. Eigene Darstellung.

Abb. 13: Vulnerabilitätskonzept. Eigene Darstellung.

Kapitel 2.2.2

Abb. 14: Nachverdichtungspotenziale. Eigene Darstellung.

Kapitel 2.3.1

Abb. 15: Vierdimensionales Rahmenwerk der Resilienz. Eigene Darstellung.

Kapitel 2.3.2

Abb. 16: Bebauung als Strömungshindernis. Eigene Darstellung.

Abb.17: Stadt mit weißem Putz auf der griechischen Insel Santorini, Griechenland. Abrufbar unter: https://www.zeit.de/2021/19/erderwaermung-weisse-daecher-emissionen-sparen-sonnenlicht-reflektion-klimawandel-technik?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F [12.11.2021].

- Abb. 18: Beweglicher Sonnenschutz als baulicher Verkleidung. Online Abrufbar unter: https://www.dbz.de/artikel/dbz_AGO-RA_Krebsforschungszentrum_Lausanne_CH_3418983.html [12.12.2021].
- Abb. 19: Begrünte Pergola in Katori, Japan. Abrufbar unter: https://www.inspirock.com/japan/katori/suigo-sawara-aya-me-park-a149945871 [13.12.2021].
- Abb. 20: Verschattung durch Ulmen in einer Einkaufsstraße. Abrufbar unter: https://www.baumpflegeportal.de/aktuell/ulme-stadtbaum/ [12.11.2021].
- Abb. 21: Straßenbäume als Maßnahme der Klimaanpassung in Hamburg. Abrufbar unter: https://www.hamburg.de/stadtbaeume-im-klimawandel/ [15.12.2021].
- Abb. 22: Quantitative Messwerte zur Flora und Fauna von Dachbegrünung. Henninger, S.; Weber, S. (2019): Stadtklima. Verlag Ferdinand Schöningh, Paderborn.
- Abb. 23: Gründach in Charlottenburg, Berlin. Abrufbar unter: https://www.tagesspiegel.de/berlin/klimafreundliche-stadtent-wicklung-wer-hat-das-schoenste-gruendach-in-berlin/22986608.html [14.12.2021].
- Abb. 24: Begrünte Bushaltestelle in der niederländischen Stadt Utrecht. Abrufbar unter: https://www.abendblatt.de/hamburg/kommunales/article226683615/Die-CDU-will-Hamburgs-Bushaltestellen-begruenen.html [14.12.2021].
- Abb. 25: Umfassende Fassadenbegrünung in Wien. Abrufbar unter: https://wien.orf.at/v2/news/stories/2858623/].14.12.2021].
- Abb. 26: Wandgebundene Fassadenbegrünung an der Galerie Lafayette, Berlin. Abrufbar unter: https://www.fassadenbegrünung-polygrün.de/fassadenbegruenung/lafayette-berlin-k [14.12.2021].
- Abb. 27: Mobile Begrünung in Würzburg. Abrufbar unter: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/exwost/Forschungsfelder/2016/green-urban-labs/modellvorhaben/wuerzburg.html [14.12.2021].
- Abb. 28: Temporäre Sommergärten in Hamburg. Abrufbar unter: https://luminar.de/hamburgs-sommergaerten-2021-gruene-sommer-oase-luminar/ [12.12.2021].
- Abb. 29: Schwammstadtprinzip. Eigene Darstellung.
- Abb. 30: Regenwasserbecken im Neubaubereich eines Quartiers in Essen-Altenessen. Abrufbar unter: https://emscher-regen. de/index.php?id=8 [08.06.2021].
- Abb. 31: Urban wetland in Portland, Oregon. Abrufbar unter: https://www.forum-csr.net/News/14719/Wie-Infrastrukturen-zur-Klimaanpassung-in-Staedten-beitragen-koennen.html [14.12.2021].
- Abb. 32: Freilegung des innerstädtischen Gewässers in Seoul, Südkorea. Abrufbar unter: https://www.itdp.org/2021/04/02/leapfrogging-past-the-urban-highway/cheonggyecheon-stream-park/ [12.12.2021].
- Abb. 33: Wandelbares Schattendach auf der Piazza in Medina, Saudi-Arabien. Abrufbar unter: https://www.sicht-sonnenschutz.com/wandelbare-klimadaecher/150/18630/408201 [12.12.2021].
- Abb. 34: Wasserspiel auf dem Ebertplatz in Köln. Abrufbar unter: https://unser-ebertplatz.koeln/unser-ebertplatz-brunnen/[].12.12.2021].
- Abb. 35: Pocket Park in New York City. Abrufbar unter: https://keepsouthbendbeautiful.wordpress.com/2010/09/16/what-is-a-pocket-park/ [12.12.2021].
- Abb. 36: Kühlwirkung von Anpassungsmaßnahmen im Tageslauf. Stadt Berlin (2018): Stadtentwicklungsplan Klima KONKRET. Klimaanpassung in der wachsenden Stadt.

Kapitel 3.1.2

Kapitel 3.1.4

- Abb. 38: Entwicklungsszenarien. Abrufbar unter: http://www.bgmr.de/de/projekte/eimsbuettel [12.12.2021].
- Abb. 39: Urbanisierungspotenzial Bezirk Eimsbüttel. Abrufbar unter: http://www.bgmr.de/de/projekte/eimsbuettel [12.12.2021].
- Abb. 40: Räumliches Leitbild Eimsbüttel 2040. Abrufbar unter: http://www.bgmr.de/de/projekte/eimsbuettel [12.12.2021].

Kapitel 3.2

Abb. 41: Stadtentwicklungszonen. Eigene Darstellung.

Kapitel 3.2.3

- Abb. 42: Stadtstrukturtypen. Eigene Darstellung.
- Abb. 43: Verkehrsinfrastruktur. Eigene Darstellung.
- Abb. 44: Grün- und Freiräume. Eigene Darstellung.

Kapitel 3.3

Abb. 45: Zusammensetzung der Schritte der Vulnerabilitätsanalyse. Eigene Darstellung.

Kapitel 3.3.1

- Abb. 46: Heutige Hitzebelastung am Tag. Eigene Darstellung.
- Abb. 47: Hitzebelastung am Tag 2050. Eigene Darstellung.
- Abb. 48: Heutige Hitzebelastung in der Nacht. Eigene Darstellung.
- Abb. 49: Klimaanalysekarte Eimsbüttel. Eigene Darstellung.
- Abb. 50: Hitzebelastung in der Nacht 2050. Eigene Darstellung.

Kapitel 3.3.1

- Abb. 51: Bevölkerungsdichte. Eigene Darstellung.
- Abb. 52: Räumliche Verteilung der über 65-Jährigen. Eigene Darstellung.
- Abb. 53: Räumliche Verteilung der Dichte der unter 6-Jährigen. Eigene Darstellung.
- Abb. 54: Verortung der sensiblen Nutzungen. Eigene Darstellung.

Kapitel 3.3.3

- Abb. 55: Hitzevulnerable Räume am Tag. Eigene Darstellung.
- Abb. 56: Hitzevulnerable Räume in der Nacht. Eigene Darstellung.
- Abb. 57: Bestehende Hotspots im Bezirk Eimsbüttel. Eigene Darstellung.

Kapitel 4.2

Abb. 58: Strategisches Vorgehen für eine qualitative Nachverdichtung ohne negative Hitzewirkung. Eigene Darstellung.

Kapitel 4.2.1

- Abb. 59: Verortung der Fokusräume. Eigene Darstellung.
- Abb. 60 Verortung Quartier zwischen Methfesselstraße und Lappenbergsallee. Eigene Darstellung.
- Abb. 61: Verortung Quartier zwischen Doormansweg und Fruchtallee. Eigene Darstellung.

Kapitel 4.2.2

Fokusraum I - Quartier zwischen der Lappenbergsallee und Osterstraße

- Abb. 62: Hitzebelastung Tag- und Nachtsituation. Eigene Darstellung.
- Abb. 63: Bebauungsstruktur. Eigene Darstellung.
- Abb. 64: Nutzungsstruktur. Eigene Darstellung.
- Abb. 65: Schmale Wege mit Senkrechtparken. Eigene Darstellung.
- Abb. 66: Platz mit überwiegender Parkplatznutzung. Eigene Darstellung.
- Abb. 67: Verkehrsinfrastruktur. Eigene Darstellung.
- Abb 68: Grünraumverbindungen bzw. Entlastungsflächn im Raum. Eigene Darstellung.
- Abb. 69 Geschlossene Blockrandbebauung mit Vorgärten. Eigene Darstellung.
- Abb. 70: Straßenbaumkataster. Abrufbar unter: https://www.hamburg.de/strassenbaeume-online-karte/
- Abb 71: Luftbild belaubt. Abrufbar unter: https://metaver.de/trefferanzeige?cmd=doShowDocument&docuuid=9784D2A9-AE-
- EA-46DF-9FAD-2FA14BFCA00D&plugid=/ingrid-group:ige-iplug-hmdk.metaver [12.12.2021].
- Abb. 72 Collage Oberflächengestaltung. Eigene Darstellung.

Fokusraum II - Zeilenbebauung zwischen Doormannsweg und Fruchtallee

- Abb. 73: Hitzebelastung Tag- und Nachtsituation. Eigene Darstellung.
- Abb. 74: Bebauungsstruktur. Eigene Darstellung.
- Abb. 75: Nutzungsstruktur. Eigene Darstellung.
- Abb. 76: Parkraum in der Eimsbütteler Straße. Eigene Darstellung.
- Abb: 77: Gehweggestaltung im Quartier. Eigene Darstellung.
- Abb. 78: Verkehrsinfrastruktur. Eigene Darstellung.
- Abb 79: Grünraumverbindungen bzw Entlastungsflächn im Raum. Eigene Darstellung.
- Abb. 80: Grünflächen im Quartier. Eigene Darstellung.
- Abb. 81: Gestaltung des Glücksburger Platz. Eigene Darstellung.
- Abb. 82: Baumbestand (belaubt). Abrufbar unter: https://metaver.de/trefferanzeige?cmd=doShowDocument&docuuid=-
- 9784D2A9-AEEA-46DF-9FAD-2FA14BFCA00D&plugid=/ingrid-group:ige-iplug-hmdk.metaver [12.12.2021].
- Abb. 83: Straßenbaumkataster. Abrufbar unter: https://www.hamburg.de/strassenbaeume-online-karte/ [12.12.2021].
- Abb. 84 Collage Oberflächengestaltung. Eigene Darstellung.
- Abb. 85 Versiegelte Sitzgelegenheit am Glücksburger Platz. Eigene Darstellung.

Kapitel 4.2.3

Fokusraum I - Blockrandbebauung zwischen der Lappenbergsallee und Osterstraße

- Abb. 86: Entwicklungsszenario Magistralen. Abrufbar unter: http://www.bgmr.de/de/projekte/eimsbuettel [12.12.2021].
- Abb. 87: Wohnungsbaupotenziale aus dem Wohnungsbauprogramm. Eigene Darstellung.
- Abb. 88: Baulücke Methfesselstraße. Eigene Darstellung.
- Abb. 89: Brachliegende Bestandsbebauung östlich von der Sillemstraße. Eigene Darstellung.
- Abb. 90: Dachgeschossausbau Blockrandbebauung. Eigene Darstellung.
- Abb. 91: Ausgewählte Verdichtungsmaßnahmen im Gebiet. Eigene Darstellung.

Fokusraum II - Zeilenbebauung zwischen Doormannsweg und Fruchtallee

- Abb. 92: Entwicklungsszenario Nachkriegsmoderne. Abrufbar unter: http://www.bgmr.de/de/projekte/eimsbuettel [12.12.2021].
- Abb. 93: Wohnungsbaupotenziale aus dem Wohnungsbauprogramm und Urbanisierungspotenzial aus dem Leitbild Eimsbüttel 2040. Eigene Darstellung.
- Abb. 94: Ausgewählte Verdichtungsmaßnahmen im Gebiet. Eigene Darstellung.
- Abb. 95: Flächenpotenzial für einen Hochpunkt entlang der Fruchtallee. Eigene Darstellung.
- Abb. 96: Wohngebäude mit Potenzial für eine Aufstockung in der Eimsbütteler Straße. Eigene Darstellung.

Kapitel 5.1

- Abb. 97: Marketing Beteiligungsprozess Klimaschutzkonzept. Abrufbar unter: https://www.instagram.com/p/CSJX-PL-MZMP/?utm_medium=copy_link. [12.12.2021].
- Abb. 98: Integration der Strategie in den Planungsprozess. Eigene Darstellung.
- Abb. 99: Musteranforderungen für Wettbewerbe und Gutachterverfahren. Abrufbar unter: https://www.stadtentwicklung.berlin. de/planen/stadtentwicklungsplanung/download/klima/step klima konkret.pdf. [22.12.2021].

Kapitel 5.2

Referenzbeispiele

- Abb. 100: Städtebaulicher Entwurf eines Quartiers im Ostpark: https://www.bochum.de/Amt-fuer-Stadtplanung-und-Wohnen/Informationen-zu-Bebauungsplanen/Bebauungsplan-Nr.-901---Ostpark-/-Havkenscheider-Hoehe [23.11.2021].
- Abb. 101: Gestaltung eines begrünten Innenhofs in Berlin. Abrufbar unter: https://www.grueneliga-berlin.de/berliner-be-zirk-pankow-als-lebenswerte-stadt-ausgezeichnet/ [08.12.2021].
- Abb. 102: Efeubegrünung in der Oststadt Karlsruhe. Abrufbar unter: https://www.quartierzukunft.de/gruen-statt-grau-fassaden-begruenung-in-der-karlsruher-oststadt/ [08.12.2021].
- Abb. 104: Neugestaltung des Edgar Plaza. Abrufbar unter: https://dlandstudio.com/Edgar-Plaza-NY [12.12.2021].
- Abb. 105: Begrünte Kühloase. Abrufbar unter: https://www.wien.gv.at/umwelt/parks/anlagen/esterhazy.html [12.12.2021].

Kapitel 5.3

- Abb. 106: Verortung des Maßnahmenpaket im Quartier zwischen der Lappenbergsallee und Osterstraße. Eigene Darstellung.
- Abb. 107: Verortung des Maßnahmenpaket im Quartier zwischen dem Doormannsweg und der Fruchtallee. Eigene Darstellung.

Tabellenverzeichnis

Kapitel 2.1.1

Tab. 1: Wesentlichen thermisch-physikalischen Eigenschaften von Materialien, die das Erwärmungs- und Abkühlungsverhalten steuern. Eigene Darstellung verändert nach Henninger, S.; Weber, S. (2019): Stadtklima. Verlag Ferdinand Schöningh, Paderborn.

Kapitel 2.1.2

Tab. 2: Übersicht der Eigenschaften der vier Typen urbaner Wärmeinseln. Eigene Darstellung verändert nach Henninger, S.; Weber, S. (2019): Stadtklima. Verlag Ferdinand Schöningh, Paderborn.

Kapitel 2.1.3

Tab. 3 und 14: Thermisches Empfinden und Belastungsstufen für PMV und PET (eigene Darstellung verändert nach LUBW (Hrsg.) (2012): Klimawandel in Baden-Württemberg. Fakten – Folgen – Perspektiven. Karlsruhe.; Henninger, S.; Weber, S. (2019): Stadtklima. Verlag Ferdinand Schöningh, Paderborn.

Tab. 4: Zielkonflikte einer hitzeresilienten Quartiersentwicklung. Eigene Darstellung verändert nach Verband Region Stuttgart (2016): Klima. Stadt. Wandel. Strategien und Projekte für die Klimaanpassung in der Region Stuttgart.

Kapitel 2.3.1

Tab. 5: Operationalisierte Resilienzmerkmale für hitzeangepasste Siedlungsstruktur auf Quartiersebene. Eigene Darstellung.

Kapitel 2.3.2

- Tab. 6: Planungsstrategien der Hitzeanpassung Eigene Darstellung.
- Tab. 7: Maßnahmen der Planungsstrategie Durchlüften Eigene Darstellung.
- Tab. 8: Luftleitbahnen und ihre Eignung für den Kaltlufttransport. Eigene Darstellung nach Henninger, S.; Weber, S. (2019): Stadtklima. Verlag Ferdinand Schöningh, Paderborn.
- Tab. 9: Maßnahmen der Planungsstrategie Oberflächen gestalten. Eigene Darstellung.
- Tab. 10: Maßnahmen der Planungsstrategie Begrünen. Eigene Darstellung.
- Tab. 11: Maßnahmen der Planungsstrategie Verdunsten. Eigene Darstellung.
- Tab. 12: Maßnahmen der Planungsstrategie Aufenthaltsqualität verbessern. Eigene Darstellung.

Kapitel 3.3.1

- Tab. 13: Klassifizierung der heutigen Hitzebelastung. Eigene Darstellung.
- Tab. 15: Bewertungskriterien der Exposition. Eigene Darstellung.
- Tab. 16: Klassifizierung der Hitzebelastung für 2050. Eigene Darstellung.

Kapitel 3.3.2

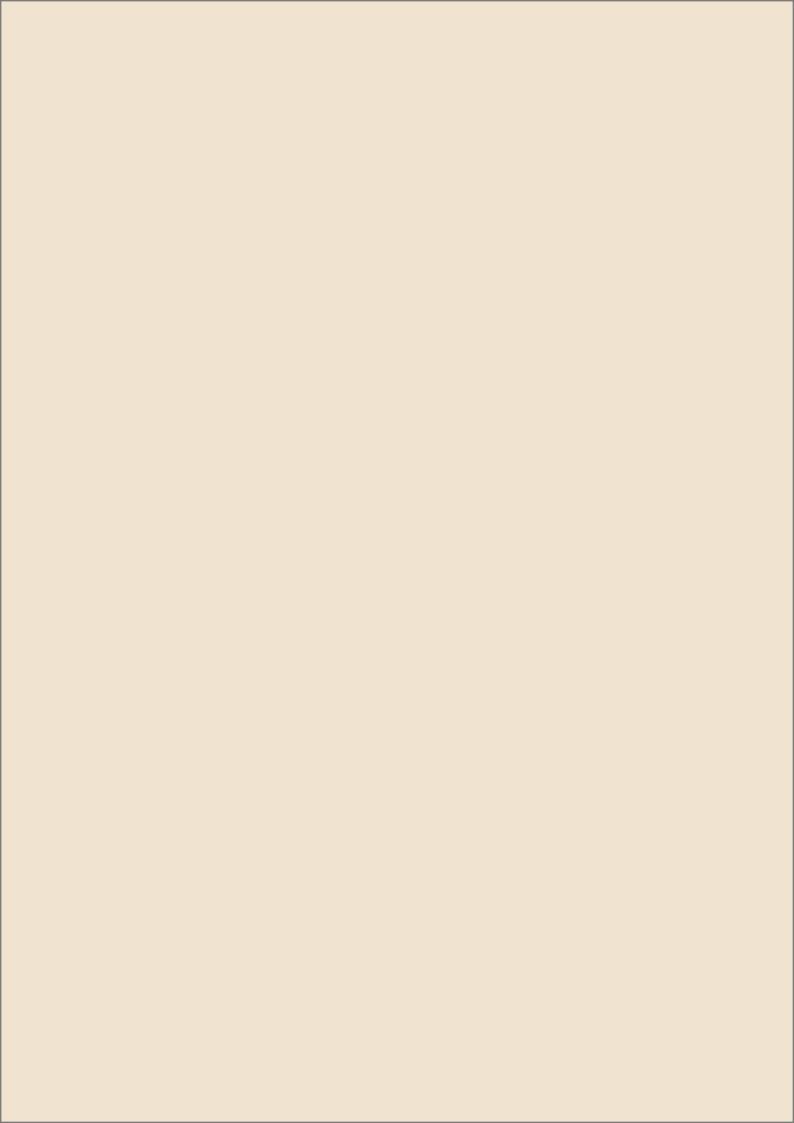
Tab. 17: Bewertungskriterien der Sensitivität. Eigene Darstellung.

Kapitel 4.2.2

Tab. 18: Bewertungskriterien vulnerabler Räume gegenüber der Hitzebelastung. Eigene Darstellung.

Kapitel 5.2

Tab. 19: Übersicht der konkreten Maßnahmen sowie ihr Beitrag zu den Entwicklungszielen. Eigene Darstellung.



1.0 EINFÜHRUNG In dem folgenden Kapitel wird der Anlass sowie die konkrete Problemstellung der vorliegenden Arbeit im Hinblick auf die Hitzeanpassung in der dichter werdenden Stadt aufgegriffen, der aktuelle Forschungsstand der Klima- und Hitzeanpassung dargelegt sowie das Forschungsinteresse und das zentrale Ziel der Arbeit mit ihrer grundlegenden Forschungsfrage benannt. Im zweiten Teil des Kapitels wird das methodische Vorgehen erläutert sowie angewandte Methoden dargelegt. Abschließend wird der Aufbau der Arbeit wiedergegeben.

1.1 Anlass und Problemstellung

Mit dem Klimawandel gehen erhöhte Temperaturen und Extremwetterereignisse einher, die spürbare Auswirkungen auf Umwelt und Gesellschaft haben. Dabei werden Hitzewellen, wie sie etwa im Sommer 2018 und 2019 in Deutschland auftraten, zukünftig noch häufiger erwartet (vgl. Sandholz/Sett 2019: 2). Insbesondere Städte sind aufgrund ihrer Beschaffenheit im Sinne einer hohen baulichen Dichte und einer starken Versiegelung von höheren Lufttemperaturen und den einhergehenden Hitzefolgen betroffen. Diese baulichen Strukturen fördern zudem die Bildung von städtischen Wärmeinseln (vgl. BMU 2019: 8; UBA 2019: 26 ff.). So sind es Materialien wie Beton, Asphalt oder Backstein, die die Hitze am Tag speichern und nur langsam in der Nacht abkühlen (vgl. Grawe 2021). Zugleich erfahren die Städte neben jährlichen steigenden Durchschnittstemperaturen auch Hitzeperioden, die häufiger auftreten, länger andauern und stärker ausgeprägt sein werden (vgl. Voigt 2017: 3; Grossmann/Sinning 2020: 41). Aufgrund der hohen Bevölkerungsdichte, ihrer Funktion als ökonomische Schaltstellen sowie ihrer Bündelung kritischer Infrastrukturen weisen urbane Räume eine besonders hohe Vulnerabilität gegenüber der steigenden Hitzebelastung auf und reagieren entsprechend sensibel auf die zunehmenden Extremwetterereignisse (vgl. Brasseur et al. 2017: 226). So schränken die erhöhten Temperaturen nicht nur die Lebensqualität der Bevölkerung ein, sondern schlagen sich auch in den steigenden Morbiditäts- und Mortalitätsraten nieder (vgl. Voigt 2017: 4).

Auch die Freie und Hansestadt Hamburg ist durch eine zunehmende Hitzebelastung gekennzeichnet und steht vor der Aufgabe die Stadt zukünftig hitzeresilient zu gestalten. So berichtet die Zeitung "Die Welt" am 17.06.2021 über die Sahara-Hitze, die die erste Hitzewelle im Norden dieses Jahres auslöste. Der DWD prognostizierte in diesem Zusammenhang Temperaturen von über 35 °C in Hamburg (vgl. Welt 2021). Die stadtklimatische Bestandsaufnahme von Hamburg zeigt, dass bis 2050 etwa 68 Prozent der Hamburger Siedlungsflächen bioklimatisch belastet und rund 84 Prozent der Bewohner:innen von der Hitzebelastung betroffen sein werden. Die Zahl der klimatologisch definierten Sommertage in der Innenstadt werden statistisch von 20 auf 27 Tage im Jahr ansteigen (vgl. BSU 2012: 63). Besonders ist davon das Kerngebiet des hamburgischen Bezirks Eimsbüttel betroffen. Demnach steigt die Zahl der Sommertage bis 2050 in diesem Bereich auf bis zu 27 Tage im Jahr an. Die Anzahl der klimatologischen heißen Tage verdoppelt sich im gleichen Zeitraum mit bis zu 11 Tagen unter dem Einfluss des Klimawandels (vgl. BSU 2012: 53 ff.). Somit steht die Stadt Hamburg und seine Bezirke vor der Herausforderung, Siedlungsstrukturen und Freiräume zukünftig hitzeresilient zu gestalten, um die Lebensqualität in dem urbanen Raum zu erhalten.

Die Betroffenheit und Folgen der Hitzebelastung gestalten sich auf den räumlichen Ebenen einer Stadt unterschiedlich aus, von der Gesamtstadt, dem Bezirk, dem Stadtteil über das Quartier bis

zum einzelnen Grundstück. Die großräumige Siedlungsentwicklung ist hierbei ebenso ein Einflussfaktor wie das Bestehen lokaler Anpassungsmaßnahmen zur Verbesserung des Stadtklimas (vgl. Stadtschreiber 2017: 4). Auf lokaler Ebene wird die bioklimatische Situation zusätzlich durch die Dynamik in der Entwicklung von Stadtquartieren beeinträchtigt. Insbesondere urbane Gebiete sind aufgrund ihrer dichten Bauweise und der hohen Einwohner:innenanzahl besonders vulnerabel gegenüber den Klimafolgen (vgl. Lemonsu et al. 2015). Das tatsächliche Ausmaß der prognostizierten Klimafolgen für den urbanen Raum kann derzeit nur zu einem gewissen Grad eingeschätzt werden. Auch wenn die Klimaprognosen mit großer Unsicherheit behaftet sind, ist davon auszugehen, dass die Berücksichtigung des Einflusses des Klimawandels heute und zukünftig für die Stadtplanung ausschlaggebend sein wird (vgl. Stadtschreiber 2017: 4). Die Problematik der Uberwärmung von urbanen Räumen zeigt sich an zwei Entwicklungen, welche die Auswirkungen weiter verschärfen werden: Zum einen macht der anhaltende Urbanisierungstrend deutlich, dass die Zukunft eine urbane sein wird. Zum anderen kommt es im Zuge des demographischen Wandels zu einem Anstieg der älteren Bevölkerung in der Gesellschaft, wodurch die Gruppe, die von den Folgen der Hitze besonders betroffen ist, zunimmt (vgl. Stadtschreiber 2017: 4). Die Städte und Kommunen stehen heute vor der Aufgabe, kommunale Anpassungsstrategien zu entwickeln und strategische Ziele sowie Maßnahmen in die Stadtplanung zu integrieren, um die zu erwartenden Folgen für die (Stadt)Gesellschaft, Umwelt und Wirtschaft zu mindern (vgl. Baumüller 2018: 18; Sandholz/Sett 2019: 2). Unter dem Begriff der Anpassung an den Klimawandel werden alle Aktivitäten verstanden, die die Vulnerabilität von natürlichen und menschlichen Systemen gegenüber tatsächlichen und zu erwartenden negativen Auswirkungen des Klimawandels minimieren und damit zu einer Erhöhung der Resilienz führen (vgl. Jolk et al. 2015: 63; Birkmann/Blätgen 2018: 1100). So erläutert auch die Dipl.-Geogr. Anna-Kristin Jolk vom Deutsches Institut für Urbanistik, dass Städte auf die Risken der Klimafolgen reagieren müssen. "Sie müssen sich informieren, wo sie besonders betroffen sind, wo sie besonders verletzbar sind [...] Und dann müssen sie konkrete Maßnahmen umsetzen (Jolk 2021)."

Im Hinblick auf den zunehmenden Entwicklungsdruck aufgrund der wachsenden Bevölkerung in den Städten, wie auch in der Freien und Hansestadt Hamburg, ist für die Stadtentwicklung seit Jahren das Leitbild der funktional gemischten und kompakten Stadt der kurzen Wege richtungsweisend (vgl. Jessen 2018: 1404). Die notwendige Anpassung der Städte an veränderte klimatische Bedingungen stellt den Ansatz der Innen- vor Außenentwicklung und der weitgehenden Verdichtung allerdings in Frage. Urbane Gebiete mit einer hohen baulichen Dichte und einem hohen Versiegelungsgrad sowie geringen Grünanteil sind besonders von Wärmeinseleffekten und hohen Luftschadstoffbelastungen betroffen. Dazu gehören vor allem auch innerstädtische Gebiete mit Blockrandbebauungen, wo die Durchlüftung aufgrund geschlossener und dichter Bebauungsstrukturen sowie geringeren

Abstandsflächen besonders beeinträchtigt ist (vgl. Riechel 2021: 13). Die physische Belastungssituation in den hochverdichteten urbanen Räumen wird sich zukünftig aufgrund der zunehmenden Hitzewellen mit wenig Abkühlung in den Nächten weiter verstärken. Die Städte stehen im Konfliktfeld zwischen baulicher Verdichtung und dem Erhalt der noch unbebauten Flächen sowie der Entwicklung von städtischen Frei- und Grünräumen, die ein natürliches Kühlsystem der Stadt darstellen, um den städtischen Wärmeinseleffekt entgegenzuwirken.

1.2 Forschungsstand

Das Forschungsfeld des Klimawandels ist heute breit ausdifferenziert. Insbesondere der Klimaschutz nimmt, neben der Forschung zu den Ursachen, Risiken und Auswirkungen des Klimawandels, die zu einem etablierten Forschungsfeld herangewachsen ist, eine Vorrangstellung ein. Das Feld der Anpassung an die unvermeidbaren Klimafolgen ist bisher vergleichsweise weniger etabliert (vgl. Baumüller 2018: 18; Birkmann/Blätgen 2018: 1102). In der raumplanerischen Fachliteratur und praxisorientierten Projekten gewinnen Anpassungsmaßnahmen seit 2008 mit der Aufstellung der Deutschen Anpassungsstrategie eine immer größere Relevanz (vgl. Baumüller 2018: 18; Birkmann/ Blätgen 2018: 1101). Erstmals 2009 setzte sich das Verbundvorhaben des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) mit planerischen Strategien und städtebaulichen Konzepten zur Reduzierung der Auswirkungen von klimatechnischen Extremen auf Wohlbefinden und Gesundheit von Menschen und Städten mit dem Thema der Anpassung an den Klimawandel auseinander. Dort werden durch räumlich-klimatische Analysen, Entwürfe und Szenarien abgeleitet, die als Leitfaden für die Stadtentwicklung dienen und den negativen Auswirkungen des Klimawandels entgegenwirken sollen (vgl. Birkmann/Blätgen 2018: 1101). So wurde mit Hilfe diverser Analysen thermische Belastungen anhand einer der wärmsten Städte Deutschlands, der Stadt Freiburg, ermittelt und eine Grundlage für eine angepasste Stadtentwicklung in mitteleuropäischen Städten geschaffen (vgl. Institut der deutschen Wirtschaft Köln 2009: 62 f.). Seither kann die Klimafolgenanpassung als ein dynamisches und stetig wachsendes Forschungsfeld betrachtet werden. Vor dem Hintergrund des anhaltenden Urbanisierungstrends und dem Klimawandel gewinnt zudem die Diskussion über den angemessenen Umgang mit der baulichen Dichte und das "richtige Maß" zusätzlich an Bedeutung. In der Stadtentwicklung geht es derzeit zunehmend um die Frage, welche Auswirkungen mit einer städtebauliche Nachverdichtung auf das Mikroklima einhergehen, wie die Stadtquartiere in Zukunft klimaangepasster gestaltet werden können und welche städtebaulichen und freiraumplanerischen Aspekte es hierfür zu berücksichtigen gilt (vgl. Welters 2016: 34). So beschäftigten sich gegenwärtige Forschungsarbeiten damit, wie Städte und Regionen mit den Klimaänderungen und deren Auswirkungen umgehen können, welche Anpassungsmaßnahmen geeignet sind und auf welche Weise diese rechtlich umgesetzt werden können (vgl. Baumüller 2018: 18). Derzeit sind viele Instrumente noch

in der praktischen Umsetzungs- und Erprobungsphase. Grundsätzlich wird von der Planungspraxis bemängelt, dass das Wissen über die positiven und negativen Wirkungen auf das Klima durch städtebauliche Planungen im Detail fehlt. Zudem wird argumentiert, dass Wissensgrundlagen hinsichtlich der Handlungs- und Gestaltungsmöglichkeiten für eine effektive Verbesserung des Stadtklimas notwendig sind, um der Hitzebelastung in der Stadt planerisch begegnen zu können (vgl. Jentgens/Welters 2014: 6; Baumüller 2018: 18). Seitens des Forschungsfeldes der Stadtklimatologie wird angemerkt, dass es für die Gestaltung klimaangepasster Städte seitenes der Planung ein verteifendes verstänfnis der klimatischen Wechselwirkungen und Prozesse als grundlage für die Planungsanwendung erforderlich ist (vgl. Smith/Levermore 2008, 4559; Bruse 2009, 130).

Konkrete Planwerke für eine an die Zukunft angepasste Stadtentwicklung, die sowohl Faktoren des Klimawandels als auch soziale Verwundbarkeiten verschiedener Bevölkerungsgruppen berücksichtigen, sind bisher kaum verfügbar (vgl. Sandhorn/Sett 2019: 2). Anpassungsmaßnahmen, um die Lebensqualität und Gesundheit der Stadtbevölkerung zu bewahren und zu fördern, lassen sich derzeit nur vereinzelt in größeren Städten finden (vgl. Birkmann/Blätgen 2018: 1101; Grossmann/Sinning 2020: 42). Im Rahmen aktueller Anpassungsstrategien und Lösungsansätze variiert der Grad der Ausgestaltung noch stark. So verfolgt beispielsweise die Stadt Hamburg einen breiter gefassten Ansatz, bei dem das Ziel der Klimaanpassung für die Stadt Hamburg in den Hamburger Klimaplan integriert wurde und einzelne Maßnahmenschwerpunkte der Hitzeanpassung und des Hochwasserschutzes für die Stadt aufzeigt (vgl. BUKEA 2019a). Andere Städte wie Berlin hingegen haben bereits detaillierte strategische Ansätze der Klimaanpassung mit einem Schwerpunkt auf die Hitzevorsorge entwickelt. So hat die Stadt ein Konzept zur Anpassung an den Klimawandel mit übergreifenden Handlungsfeldern aufgestellt. Zudem wurde ein Maßnahmenkatalog entwickelt, dessen Ausgestaltung exemplarisch an verschiedene Stadtstrukturtypen aufgezeigt wurde und Anforderungen an eine klimaangepasste Siedlungsstruktur stellt (vgl. Stadt Berlin 2016). Die Stadt Karlsruhe hat einen Rahmenplan entwickelt, der eine Hitzeanpassung auf kleinräumiger Maßstabsebene ermöglicht und die Strategie und Lösungsansätze in ortsspezifische Maßnahmen übersetzt. Zugleich wurde das Hitzevorsorgekonzept systematisch in der gesamtstädtischen Siedlungs- und Freiraumstruktur der Stadt verankert (vgl. Stadt Karlsruhe 2021). Die Stadt Freiburg als Vorreiter der Klimaanpassung, hat im Rahmen seines Hitzeanpassungskonzepts eine gesamtstädtische Vorgehensweise zum Umgang mit der zunehmenden Hitzebelastung als Folge des Klimawandels aufgestellt, dass systematisch das gesamte Spektrum von der Klima- bzw. Vulnerabilitätsanalyse bis zum daraus abgeleiteten Konzept mit einem differenzierten Katalog aus übergeordneten Strategien und konkreten lokalen Maßnahmen zur Hitze vorsorge umfasst (vgl. Stadt Freiburg im Breisgau 2019).

1.3 Ziel der Arbeit und Fragestellung

Auch der hamburgische Bezirk Eimsbüttel muss sich der Aufgabe zur Anpassung an temperaturbedingte Klimafolgen im urbanen Raum stellen. So ist der Bezirk von dem städtischen Wärmeinseleffekt betroffen, auch wird von einer zukünftig steigenden Hitzebelastung ausgegangen. Zunehmender Hitzestress und ein der hohen Bebauungsdichte geschuldeter Mangel an Freiräumen kann in Zukunft zunehmend zum Verlust von Lebensqualität für die Eimsbüttler:innen führen. Der konstant hohe Druck auf den Hamburger Wohnungsmarkt verstärkt diesen Prozess auch im Bezirk Eimsbüttel (vgl. Bezirksamt Eimsbüttel 2018; 8). Hierbei ist der hohe Trend des Zuzugs die Hauptursache für die Anspannung auf der Nachfrageseite des Wohnungsmarktes. So ist die Bevölkerung der Hansestadt seit dem Jahr 2008 um 143.000 Einwohner (2018) beziehungsweise um 8,3 Prozent gewachsen (vgl. BGV 2018: 17). Um der hohen Wohnungsnachfrage zu begegnen, hat Hamburg sich zum Ziel gesetzt, 240.000 Wohneinheiten bis 2040 zu schaffen. Mit dem Vertrag für Hamburg hat sich der Bezirk Eimsbüttel im Jahr 2011 verpflichtet jährlich, durchschnittlich 1050 Wohnungen zu genehmigen, bis 2040 sollen im Bezirk um die 25.200 Wohneinheiten realisiert werden (vgl. Bezirksamt Eimsbüttel 2018: 7). Im Interesse eines aktiven Klimaschutzes hat die Hansestadt am 22.06.2021 zudem den Vertrag für Hamburgs Stadtgrün beschlossen. In diesem Vertrag verpflichtet sich die Verwaltung und öffentliche Unternehmen trotz Bauboom und Bevölkerungswachstum zu einer urbanen Entwicklung mit hoher Freiraumqualität und der Erhaltung des Grünanteils (vgl. BUKEA 2021a). Der Bezirk Eimsbüttel steht entsprechend vor der Herausforderung, die Nachfrage nach Wohnraum mit der Aufgabe der Klimaanpassung in Einklang zu bringen und somit baulich nachzuverdichten und zugleich die Ausdehnung städtischer Wärmeinseln einzuschränken. Im Jahr 2018 brachte der Bezirk das räumliche Leitbild 2040 auf den Weg, in dessen Zuge die Strategie der Doppelten Innenentwicklung verfolgt wird. Ziel ist hierbei, den Bezirk zu verdichten, ihn aber dennoch vor den negativen Folgen des Klimawandels zu entkoppeln. Dafür müssen maßgeschneiderte Lösungen für unterschiedliche Siedlungs- und Nutzungstypen an verschiedenen Standorten entwickelt und das Konzept des Leitbildes 2040 auf die Quartiersebene heruntergebrochen werden (vgl. Bezirksamt Eimsbüttel 2018: 15). Hierbei ist das Ziel Eimsbüttel durch eine zukunftsfähige Entwicklung resilient gegenüber den Klimafolgen machen.

Im Zentrum des Forschungsinteresses steht die Frage, wie sich eine bauliche Nachverdichtung mit der Anpassung an die zunehmende Hitzebelastung im Bezirk Eimsbüttel vereinbaren lässt. Einhergehend wird die Frage aufgeworfen, welche Gebiete im Bezirk besonders vulnerabel gegenüber der Hitze sind, um auf die Risikofaktoren im Zuge ihrer städtebaulichen Entwicklung unter Einbezug ihrer ausgewiesenen Urbanisierungs- und Wohnungsbaupotenziale reagieren zu können. Zudem soll untersucht werden, welche Potenziale und Herausforderungen im Bezirk hinsichtlich einer qualitativen

städtebaulichen Entwicklung bestehen, welche Zielkonflikte sich hieraus für eine hitzeangepasste Nachverdichtung ergeben und wie sich diese gegeneinander abwägen und entschärfen lassen. Des Weiteren soll geprüft werden, wie für die hitzevulnerablen Gebiete konkrete lokale Maßnahmen für ein qualitativ verdichtetes und hitzeangepasstes Quartier bestimmt werden können. In Hinblick auf dieses Forschungsinteresse stellen sich die zugrunde liegende Forschungsfrage sowie die Teilfragen zur Beantwortung dieser, wie folgt dar:

Wie kann der Bezirk Eimsbüttel eine qualitative Nachverdichtung im Kontext einer hitzeresilienten Quartiersentwicklung verfolgen?

Teilfragen zur Bearbeitung:

- Wo befinden sich im Bezirk hitzevulnerable Gebiete und wie sind diese hinsichtlich ihrer Nutzung sowie baulichen, freiräumlichen und sozialen Struktur charakterisiert?
- Welche Potenziale und Herausforderungen bestehen im Bezirk hinsichtlich einer qualitativen städtebaulichen Entwicklung und welche Zielkonflikte ergeben sich hieraus für eine hitzeangepasste Nachverdichtung?
- Wie lassen sich die Zielkonflikte zwischen Nachverdichtung und Hitzeanpassung gegeneinander abwägen und entschärfen?
- Wie k\u00f6nnen in einem hitzevulnerablen Gebiet konkrete lokale Ma\u00dBnahmen f\u00fcr ein qualitativ nachverdichtetes und hitzeangepasstes Quartier bestimmt werden?

Ziel der Arbeit ist es, eine Strategie zur Umsetzung hinsichtlich der Vereinbarkeit zwischen der Doppelten Innenentwicklung einerseits und der Hitzeresilienz andererseits für den Bezirk Eimsbüttel auf Quartiersebene aufzuzeigen. In diesem Zuge soll dargestellt werden, wie Räume hinsichtlich ihres Potenzials für eine qualitative Nachverdichtung untersucht und ein Nachverdichtungsansatz ohne negative Hitzewirkung ausgewählt werden kann. Die Strategie knüpft an aufgestellte Entwicklungsszenarien für verschiedene Siedlungstypologien zur Nachverdichtung des Bezirks Eimsbüttel an. Diese werden im Zuge der Abwägung eines geeigneten Nachverdichtungsansatzes im Hinblick auf das Maß der baulichen Dichte, unter Berücksichtigung von hitzeangepasster Siedlungsstrukturen, in Frage gestellt. Zudem werden lokale Maßnahmen für die Aufwertung des Mikroklimas im Zuge einer qualitativen Nachverdichtung anhand ausgewählter Siedlungstypologien im Bezirk aufgezeigt und typspezifische Maßnahmenpakete beispielhaft für die Blockrand- und Zeilenbebauung dargestellt. Der Ansatz einer Strategie für eine hitzeangepasste Nachverdichtung für Eimsbüttel dient als Planungswerkzeug für die zukünftige städtebauliche Entwicklung des Bezirks im Hinblick auf eine Nachverdichtung im Kontext der Anpassung an die zunehmende Hitzebelastung.

1.4 Methodik und Aufbau der Arbeit

In diesem Kapitel sollen die Bearbeitungsschritte zur Beantwortung der Forschungsfrage dargelegt sowie der Aufbau der Arbeit erläutert werden. Als Grundlagen wurde für die Bearbeitung ein qualitativ methodischer Forschungsansatz gewählt. Der qualitative Forschungsansatz unterscheidet sich dementsprechend von einem quantitativen Ansatz, dass der Fokus der Forschung auf einem praktischen Erkennungsziel liegt und der untersuchte Forschungsgegenstand in seiner Komplexität erfasst werden soll, wo im Gegenzug bei einem quantitativen Forschungsansatz ein theorieprüfendes Erkenntnissinteresse im Vordergrund steht (vgl. Schumann 2018: 149 ff.). So erfolgt die Untersuchung der aufgeführten Problemstellung anhand eines konkreten Raums, dem Bezirk Eimsbüttel sowie durch zwei ausgewählten Fokusräumen, wobei die zentralen Erkenntnisse durch qualitative Methoden wie Inhaltsanalysen von Dokumenten, Kartenanalysen, qualitativen Interviews sowie durch Beobachtungen gewonnen werden.

Methodisches Vorgehen

Innerhalb der Vorgehensweisen werden verschiedene räumliche Skalen betrachtet. So wird im theoretischen Kontext die Stadtebene herangezogen, um allgemeingültige Erkenntnisse in Bezug auf die Hitzeanpassung und Nachverdichtung als stadtplanerische Aufgabe zu gewinnen. Im Rahmen der Raumanalyse wird vorwiegend die Bezirksebene betrachtet, um konkrete Aussagen hinsichtlich Handlungsbedarfe im Bezirk Eimsbüttel zu treffen. Im Zuge der Strategie werden die gesammelten Ergebnisse aus dem übergeordneten Kontext der theoretischen Grundlagen als auch die Erkenntnisse auf der Bezirksebene resultierend aus der Raumanalyse auf die Quartiersebene heruntergebrochen (siehe Abb. 01).

Die in dieser Arbeit angewandte Methodik zur Beantwortung der Forschungsfrage lässt sich drei übergeordneten Arbeitsphasen zuordnen: Vorbereitung, Raumanalyse und Konzept. Abbildung 01 zeigt die Arbeitsschritte und die jeweils angewandte Methodik auf.

1. Vorbereitung

Den ersten Schritt im methodischen Vorgehen stellt die Vorbereitung im Sinne einer Grundlagenermittlung dar. Der Fokus dieses Arbeitsschrittes lag darin, eine Abgrenzung und Schärfung der untersuchten Thematik vorzunehmen und den aktuellen Stand der Forschung sowie zentrale Konfliktfelder der untersuchten Problematik zu erfassen. Dies erfolgte anhand einer umfassenden Literaturrecherche. Thematische Schwerpunkte sind hier zum einen stadtklimatische Wechselwirkungen, das Wachstum von Städten und die damit einhergehenden Herausforderungen, Hitzeanpassung als Aufgabenfeld für die Stadtplanung sowie zentrale Anpassungsmaßnahmen auf Quartiersebene.

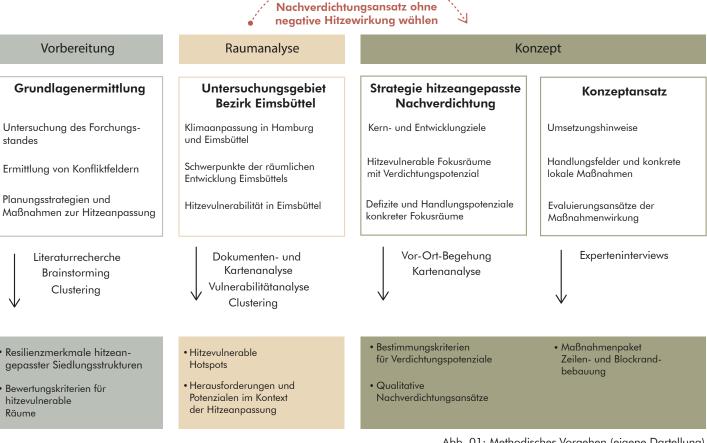


Abb. 01: Methodisches Vorgehen (eigene Dartellung)

Hinsichtlich der Literatur wurde überwiegend Fachliteratur der Stadt- und Raumplanung, aber auch aus der Klimaforschung, herangezogen. Diese vorangestellte Literaturrecherche bildet zum einen den wissenschaftlichen Kontext der Arbeit sowie das Fundament der späteren Strategieentwicklung. So wurde anhand der Forschungsliteratur zum einen Bewertungskriterien hinsichtlich der Anpassungskapazität hitzevulnerabler Räume abgeleitet. Diese dienten im späteren Verlauf der Arbeit dazu, die Fokusräume hinsichtlich ihrer Defizite und Potenziale zu analysieren. Des Weiteren wurde, auf Grundlage verschiedener theoretischer Konzepte der Resilienz, Merkmale hitzeresilienter Siedlungsstrukturen erarbeitet. Diese dienten zur Analyse des vom Bezirksamt Eimsbüttel aufgestellten räumlichen Leitbildes (siehe unten).

2. Raumanalyse

In einem zweiten Schritt erfolgte eine umfassende Raumanalyse des Bezirks Eimsbüttel. Übergeordnetes Ziel war es Bedarfe, Herausforderungen und Potenziale für eine hitzeangepasste Nachverdichtung in Hinblick auf die Fragestellung identifizieren zu können. Dies erfolgte zum einen durch eine Dokumentenanalyse vorwiegend von Planungsinstrumenten, die es ermöglicht den aktuellen Sachstand in Hinblick auf die Hitzeanpassung in Hamburg und insbesondere im Bezirk Eimsbüttel zu erfassen (vgl. Hoffmann 2017: 11). Um konkrete Aufgaben der Klima- bzw. Hitzeanpassung des Bezirks identifizieren zu können, wurde auf übergeordneter Ebene aktuelle Entwicklungen und Maßnahmen der Stadt Hamburg in Bezug auf die zunehmende Hitzebelastung betrachtet. Hierzu wurden der Hamburger Klimaplan, das Landschaftsprogramm Hamburg sowie der Vertrag für Hamburgs Stadtgrün herangezogen. Zudem wurde das im Jahr 2018 aufgestellte Leitbild des Bezirks Eimsbüttel herangezogen. Hierbei wurde das strategische Vorgehen und die Zielsetzung des Bezirks mit dem Umgang von Klimaanpassung analysiert. Um zu untersuchen, inwiefern der Bezirk mit seinem räumlichen Leitbild auf eine resiliente Stadtentwicklung bzw. auf hitzeresiliente Quartiere abzielt, wurden die zuvor aufgestellten Merkmale hitzeresilienter Siedlungsstrukturen herangezogen. Um die bestehenden Bedarfe und Herausforderungen der räumlichen Entwicklung in Eimsbüttel weiter konkretisieren zu können, wurde dieser zudem hinsichtlich seiner demographischen, sozialstrukturellen sowie baulichen und freiräumlichen Raumstruktur charakterisiert und Bedarfe für eine hitzeangepasste Entwicklung herausgestellt. Dies erfolgte anhand von einer Literaturrecherche sowie durch die Analyse verschiedener Dokumente wie dem Leitbild des Bezirks oder dem Landschaftsprogramm der Stadt Hamburg.

In einem weiteren Schritt wurde für den Bezirk eine Vulnerabilitätsanalyse durchgeführt. Diese Methode erlaubt es, vulnerable Gebiete hinsichtlich der Hitzebelastung im Bezirk zu identifizieren und somit konkrete Räume mit einem Handlungsbedarf ausmachen und priorisieren zu können (vgl. UBA 2017: 8). Dies ermöglicht es im Rahmen der Fragestellung konkrete Handlungsbedarfe hinsichtlich der Hitzeanpassung für die Siedlungs- und Freiraumstruktur im Bezirk darzulegen sowie beispielhafte Fokusräume abzuleiten, anhand derer Maßnahmen zur Hitzevorsorge und -resilienz exemplarisch aufgezeigt werden können. Hinsichtlich des methodischen Vorgehens innerhalb der Vulnerabilitätsanalyse wurde sich an den Empfehlungen des Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG 2019) orientiert sowie an der Stadt Freiburg im Breisgau, die im Zuge der Erstellung eines Klimaanpassungskonzept mit dem Schwerpunkt Hitze, eine detaillierte Vulnerabilitätsanalyse durchgeführt haben (Stadt Freiburg im Breisgau 2018). Die Vulnerabilitätsanalyse setzt sich aus einer Expositionsanalyse und einer Sensitivitätsanalyse zusammen. Für die Untersuchung der Exposition als auch für die der Sensitivität des Raumes wurden aus der Theorie Kriterien abgeleitet und hinsichtlich ihrer räumlichen Verteilung im Bezirk hin untersucht. Anhand der Verschneidung der Expositionsanalyse und der Sensitivitätsanalyse konnte durch eine Kartenanalyse vulnerable Räume im Bezirk ausgemacht werden. Zudem konnte durch eine Aufstellung von Betroffenheitskategorien das Maß der Vulnerabilität klassifiziert und somit Hotspots mit einem priorisierten Handlungsbedarf abgeleitet werden. Eine detaillierte Beschreibung des methodischen Vorgehens sowie der Kriterienauswahl im Zuge der Vulnerabilitätsanalyse findet sich in Kapitel 3.3 wieder.

Resultierend aus der umfassenden Raumanalyse wurden konkrete Bedarfe, Herausforderungen und Potenziale des Bezirks Eimsbüttel bezüglich einer qualitativen städtebaulichen Entwicklung im Kontext einer resilienten Quartiersentwicklung herausgearbeitet sowie Zielkonflikte, die sich daraus für die Hitzeanpassung ergeben, aufgezeigt. Im Ergebnis ist für eine qualitative Nachverdichtung der Grundsatz entstanden, Nachverdichtungsansätze ohne eine negative Hitzewirkung zu wählen. Dieser bildet die Grundlage für die Strategieentwicklung, die auf die städtebaulichen Entwicklungen und klimatischen Anforderungen des Bezirks zugeschnitten ist.

3. Konzept

Der dritte übergeordnete Schritt der Arbeit stellt der Konzeptteil dar, welcher die Entwicklung einer Strategie für eine hitzeangepasste Nachverdichtung im Quartier für den Bezirk Eimsbüttel beinhaltet. Dieser Schritt setzt sich aus zwei Bausteinen zusammen: die Erstellung einer Vorgehensweise zur Auswahl eines Nachverdichtungsansatzes ohne negative Hitzewirkung sowie der Aufstellung von Maßnahmenpaketen auf Quartiersebene zur Hitzeanpassung anhand von zwei Siedlungstypologien für eine hitzeangepasste Nachverdichtung.

Für die Erstellung der Strategie zur Auswahl eines Nachverdichtungsansatzes ohne negative Hitzewirkung, wurde in einem ersten Schritt ein Kernziel sowie Entwicklungsziele für eine hitzenagepasste Nachverdichtung aufgestellt. Diese wurden anhand des zuvor aufgestellten Grundsatzes sowie den aus den Bedarfen hervorgehenden Anforderungen an ein hitzeresilientes Quartier abgeleitet. Darauffolgenden wurden Indikatoren aufgestellt, die die Auswahl eines Gebiets für eine hitzeangepasste Nachverdichtung herangezogen werden können. Anhand dieser Indikatoren wurden zwei Fokusräume ausgewählt. Diese beiden Fokusräume sollten im Rahmen dieser Arbeit zum einen dazu dienen, die Strategie zur Auswahl eines hitzeangepassten Nachverdichtungsansatzes beispielhaft aufzuzeigen. Zum anderen wurden anhand der Fokusräume zwei Maßnahmenpakete für eine hitzeangepasste Nachverdichtung für die Siedlungstypologien der Blockrandbebauung sowie der Zeilenbebauung aufgezeigt und hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit für weitere Quartiere im Bezirk Eimsbüttel betrachtet. Diese beiden Fokusräume wurden anhand der zuvor aus der Theorie abgeleiteten Bewertungskriterien hinsichtlich ihrer Anpassungskapazität analysiert. Innerhalb dieser Analyse wurden auf verschiedene Methoden zurückgegriffen. So wurde unter anderem Kartenanalysen durchgeführt, mit Rückgriff auf die Vulnerabilitätsanalyse, um die Raum- und Bevölkerungsstrukturen sowie das Ausmaß der Hitzebelastung darstellen zu können. Zudem wurde eine Vor-Ort-Begehung durchgeführt, um Defizite und Potenziale der Hitzeanpassung in den Quartieren ausmachen und Verdichtungspotenziale gegeneinander abwägen zu können.

Auf Grundlage der vorangegangenen Analyse der Fokusräume im Zusammenspiel mit der Auswahl des Nachverdichtungsansatzes wurden konkrete Handlungsfelder für eine hitzeresiliente Quartiersentwicklung sowie Maßnahmenpakete für die beiden Siedlungstypologien entwickelt. Hierbei wurden konkret Maßnahmen für die Quartiere anhand von Steckbriefen realisiert sowie eine Verortung der Maßnahmen im Raum vorgenommen. Anschließend wurde die Übertragbarkeit des Maßnahmenpaketes für den jeweiligen Siedlungstypen beleuchtet.

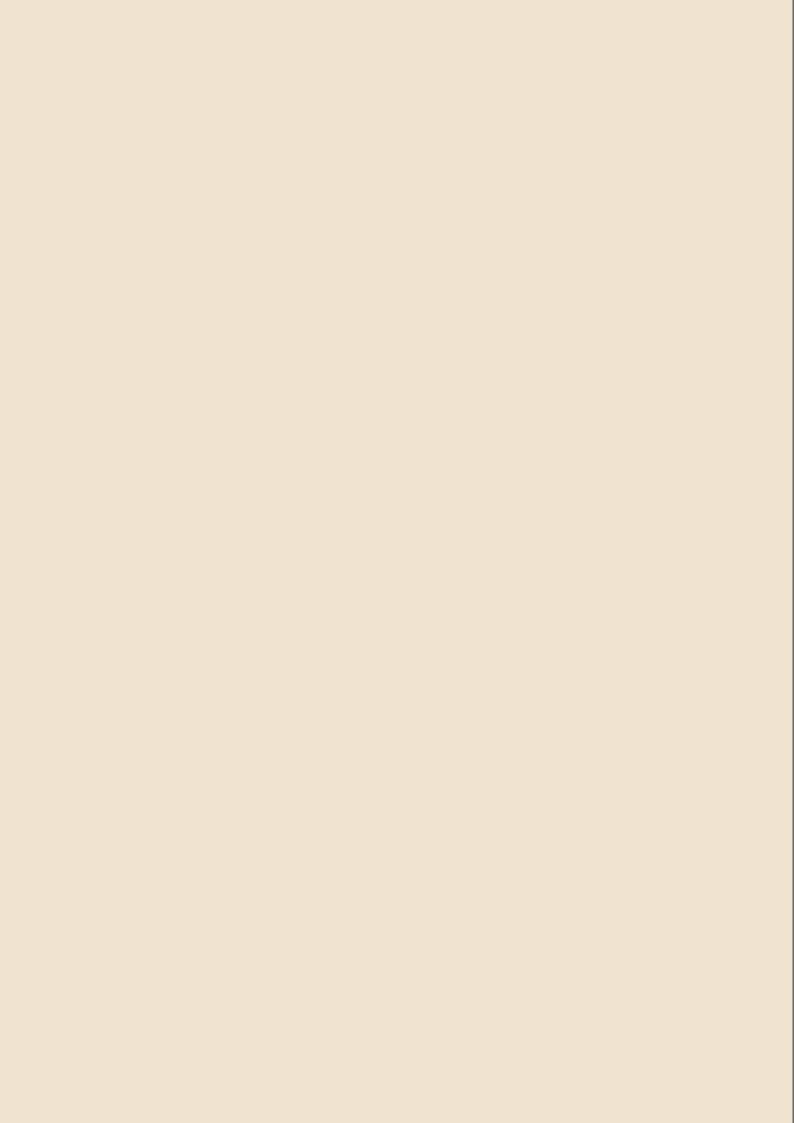
Unterstützend für die Strategieentwicklung wurden leitfadengestützte Experteninterview durchgeführt. Diese Methodik diente dazu, die theoretischen Erkenntnisse zu verdichten und zudem Informationslücken für die Strategieerstellung zu schließen. Das leitfadengestützte Experteninterview zählt zu den qualitativen Methoden und ermöglicht es Expertenwissen zu bestimmten Sachverhalten, beispielsweise aus der Praxis zu generieren (vgl. Bogner et al. 2014: 2 ff.). Die Auswahl der Experten erfolgte hinsichtlich der Zielsetzung der Arbeit und den Inhalten der Strategie und fokussierte sich insbesondere auf thematische Schwerpunkte wie die Umsetzung von Hitzeanpassungsmaßnahmen sowie die Konfliktfelder zwischen Nachverdichtung und Hitzeanpassung. Insgesamt wurden drei Experteninterviews durchgeführt, wobei alle Gespräche per Onlinekonferenz stattfanden. Bei dem ersten Gesprächspartner handelt es sich um Herrn Dr.-Ing. Dickhaut von der HafenCity Universität. Sein Fachgebiet ist die umweltgerechte Stadt- und Infrastrukturplanung sowie nachhaltige Strategien zum Klimaschutz und Klimaanpassung mit Fokus auf eine zukunftsfähige Wasserwirtschaft. Bei dem zweiten Gesprächspartner handelt es sich um Herrn Quanz, dessen Fachgebiet unter anderem innerhalb der Mikroklimatalogie und der grünen urbanen Infrastruktur liegt. Ein drittes Interview wurden mit dem Diplom-Geoökologen Herrn Richter geführt. Der wissenschaftliche Mitarbeiter an der HafenCity Universität Hamburg beschäftigt sich insbesondere mit der grünen, urbanen Infrastruktur sowie der Klimafolgenforschung.

Vorab wurden für die Interviews drei Leitfäden entwickelt, die sich in drei thematische Blöcke und ca. acht Fragen gliedern (siehe Anhang). Der erste Fragenblock bezieht sich auf das Konfliktfeld zwischen der Nachverdichtung und Klimaanpassung in der Stadt Hamburg. Der zweite Block zielt auf verschiedene Aspekte von Hitzeanpassungsmaßnahmen auf Quartiersebene ab. Der dritte Fragenblock wurde jeweils auf den Interviewpartner und sein Fachgebiet zugeschnitten und umfasst die drei Themenschwerpunkte technische Infrastruktur, grüne und blaue Infrastrukturen sowie das Mikroklima. Die Gesprächsdauer der Interviews lag zwischen 45 bis 60 Minuten. Anhand der Interviews konnte neues Wissen hinsichtlich der Herausforderungen bei Maßnahmenumsetzungen sowie der Evaluierung der Maßnahmenwirkung identifiziert werden. Die Dokumentation und Auswertung der Interviews erfolgte anhand von zusammenfassenden Protokollen (siehe Anhang), aus denen we-

sentliche Inhalte für die Strategieentwicklung gezogen werden und somit in die Strategieerstellung einfließen konnten.

Aufbau der Arbeit

Der Aufbau der Arbeit setzt sich aus sieben übergeordneten Kapiteln zusammen und stellt sich ähnlich zum methodischen Vorgehen dar. Auf diese Einleitung folgend, werden im zweiten Kapitel die theoretischen Grundlagen dargelegt. Hierbei wird auf relevanten Einflussfaktoren auf das Stadtklima, Hitze und ihre Folgen, das Konfliktfeld zwischen Nachverdichtung und Hitzeanpassung sowie stadtplanerische Möglichkeiten der Hitzevorsorge eingegangen. Der dritte Teil der Arbeit stellt die Raumanalyse im Kontext der Vereinbarkeit von Hitzeanpassung und städtebaulicher Verdichtung im Bezirk Eimsbüttel dar. Hier werden die Analyse des räumlichen Leitbilds des Bezirks, die Analyse der Raumstrukturen in Hinblick auf Bevölkerungsstruktur, städtebauliche Entwicklung sowie Grün- und Freiraumgefüge abgebildet sowie die Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse dargelegt. In einem Zwischenfazit werden ableitend konkrete Bedarfe, Herausforderungen und Bedarfe für eine hitzeangepasste Nachverdichtung im Bezirk Eimsbüttel abgebildet. Kapitel 4.0 und 5.0 stellen den Arbeitsschritt der Strategieentwicklung dar. So werden in Kapitel 4.0 die Kern- und Entwicklungsziele der Strategie dargestellt sowie das Vorgehen zur Auswahl eines Nachverdichtungsansatzes ohne negative Hitzewirkung erläutert. In Kapitel 5.0 werden anschließend die Handlungsfelder sowie die konkreten Maßnahmenpakete für die beiden Siedlungstypologien der Blockrand- und Zeilenbebauung für eine hitzeangepasste Nachverdichtung abgebildet. In dem darauffolgenden Kapitel 6.0 wird eine Reflexion der dargestellten Inhalte gegeben sowie die Forschungsfrage der Arbeit abschließend beantwortet. Den Abschluss der Arbeit bilden ein übergreifendes Fazit sowie ein Forschungsausblick.



2.0 Theoretische Grundlagen

Das Kapitel theoretische Grundlagen dient als Einstieg und der Erarbeitung der Materie, die eine wichtige Grundlage für die Entwicklung einer Hitzeanpassungsstrategie für den Bezirk Eimsbüttel bildet. Dafür wird sich anfangs intensiv mit dem Stadtklima und dem Phänomen des städtischen Wärmeinseleffekts sowie mit der Vulnerabilität in urbanen Räumen auseinandergesetzt. Der darauf folgende Kapitelblock "Nachverdichtung im Kontext der Klimaanpassung" geht auf die Herausforderungen der Urbanisierung und Innen- vor Außenentwicklung in Städten unter der Berücksichtigung von Umweltbelangen ein und thematisiert den Konflikt zwischen der Verdichtung von Städten und der zunehmenden Hitzebelastung. Abschließend wird sich mit lösungsorientierten Planungsansätzen und Leitvorstellungen in der Stadtplanung beschäftigt. Dafür wird zunächst das Konzept einer resilienten Stadtentwicklung aufgegriffen sowie hitzeresiliente Merkmale einer Stadt operationalisiert und Planungsstrategien für die Anpassung an die Hitzebelastung erläutert, um das Fundament für die weitere Erarbeitung einer Hitzeanpassungsstrategie zu legen.

2.1 Stadtklima und städtischer Wärmeinseleffekt

Um stadtplanerische Hitzeanpassungsstrategien zu entwickeln und Maßnahmen in betroffenen Räumen einzusetzen, ist es von Bedeutung klimatische Wirkungsaspekte zu begreifen. Hierfür bilden das Verständnis bezüglich der Einflussfaktoren auf das Stadtklima sowie die Ursachen und Ausgestaltung des Phänomens der städtischen Wärmeinsel eine zentrale Grundlage. Im Folgenden werden Ursachen und auf das Stadtklima beeinflussende Faktoren abgebildet, mit einem besonderen Fokus hinsichtlich der Wärmeentwicklung und -belastung in städtischen Räumen. Im weiteren Verlauf werden die verschiedenen Ausprägungen des städtischen Wärmeinseleffekts dargestellt. Abschließend wird auf die Thematik der urbanen Vulnerabilität gegenüber der Hitzebelastung eingegangen. Hierbei werden die Hitzefolgen bezüglich der baulichen Umwelt, der technischen Infrastruktur, des Ökosystems und der Gesundheit der städtischen Bevölkerung abgebildet.

2.1.1 Ursachen und Einflussgrößen auf das Stadtklima

Die in den vergangenen Jahrzehnten stattfindenden Urbanisierungsprozesse haben zentrale Auswirkungen auf die physische Umwelt bedingt. So besteht eine Umwandlung des natürlichen, unversiegelten Bodens hin in eine bebaute, städtisch überprägte Oberfläche. Die Konversion der Oberfläche sowie die dreidimensionale Struktur der Bebauung führen zu einer Wechselwirkung zwischen Erdoberfläche und bodennaher Atmosphäre. Hierdurch bilden Städte ein, im Vergleich zur natürlichen, nicht-bebauten Landoberfläche, modifiziertes Klima aus, welches als Stadtklima bezeichnet wird. Diese Klimaeffekte sind weltweit zu beobachten, wenn auch in unterschiedlichen Ausprägungen und Intensitäten (vgl. Henninger/Weber 2018: 17). Das Stadtklima kann auf verschiedenen Ebenen betrachtet werden, der Mikro- und Mesoskala. Das Mesoklima umfasst hierbei die atmosphärischen Prozesse in einem 50 km Umgebungsradius der Stadt und ist übergeordnet eingebettet in das Makroklima, das eine horizontale Skala über 100 bis 200 km umfasst (vgl. ebd.: 15). Zwischen den Gebäuden einer Stadt bildet sich zudem ein eigenes Mikroklima aus. Die klimatische Schicht befindet sich unterhalb der Dächer. Der städtische Raum setzt sich wie ein Mosaik aus unterschiedlichen Mikroklimaten zusammen, die auf engstem Raum nebeneinander bestehen (vgl. Bruse 2009: 132). Meso- und Mikroklima stehen hierbei in einer Wechselwirkung zueinander. So wird das Mikroklima durch das gesamte Mesoklima bestimmt und zugleich wirkt das Mikroklima auf die Ausprägung des Mesoklimas ein (vgl. Stadtschreiber 2017: 32). Wie sich das Stadtklima im Gesamten gestaltet, wird durch das komplexe Zusammenwirken verschiedener Ursachen und Einflussgrößen bestimmt (vgl. Henninger/Weber 2018: 17).

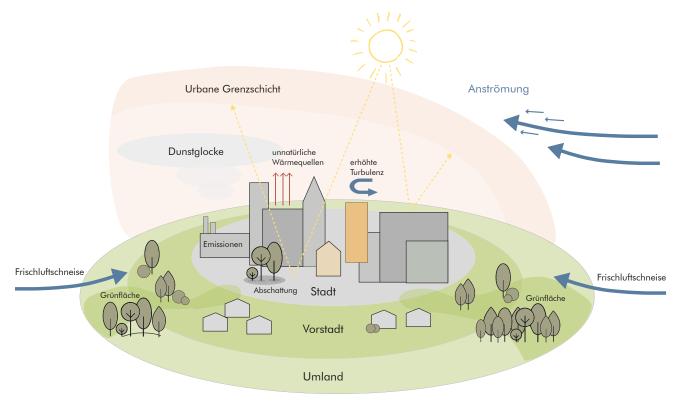


Abb. 02: Stadtklima Aufbau (eigene Darstellung nach Stadt Osnabrück 2021)

Geographische Lage und Topografie

Auf makroskaliger Ebene beeinflusst die Klimazone als auch die geographische Lage das Stadtklima (vgl. Henninger/Weber 2019: 19). Auch wenn Städte über ein eigenes Stadtklima verfügen, wird dieses übergeordnet durch regionale Klimabedingungen geprägt. So zählt beispielsweise Norddeutschland aufgrund des maritimen Einflusses weniger heiße Tage im Jahr als der süddeutsche Raum, der kontinentalklimatisch beeinflusst wird (vgl. Baumüller 2018: 62). Auch die Topografie spielt eine zentrale Rolle für die Ausgestaltung des Stadtklimas. So hat die topographische Lage einen großen Einfluss auf Windgeschwindigkeiten. Städte wie Stuttgart oder Dresden, die sich in einer Tal- oder Kessellage befinden, weisen meist geringfügigere Windgeschwindigkeiten auf, wodurch die Städte aufgrund der mangelnden Durchlüftung stärker von Hitzebelastung betroffen sein können (vgl. Baumüller 2018: 64).

Klimawandel

Ferner stehen die Auswirkungen des globalen Klimawandels und das Stadtklima in einem engen Verhältnis zueinander und sind voneinander abhängig bzw. beeinflussen sich. So verändern sich durch den Klimawandel auch die regionalen klimatischen Gegebenheiten, in die eine Stadt mit ihrem Klima eingebettet ist (vgl. BMVBS 2011: 9). Dies lässt sich anhand klimatologischer Kenntage ablesen. Hierzu zählen etwa die Anzahl der "Sommertage", die Anzahl der "heißen Tage" sowie die Anzahl der "Tropennächte". "Sommertage" werden als Tage definiert, die eine Tageshöchsttemperatur von mindestens 25 °C erreichen, "heiße Tage" stellen Tage dar, die eine Tageshöchsttemperatur von mindestens 30 °C erreichen. Der Kenntag "Tropennächte" definiert Tage, an denen die Tiefsttem-

peratur des Tages nicht unter 20 °C fällt (vgl. Brasseur et al. 2017: 52). Viele Städte verzeichnen hier im Zeitverlauf einen deutlichen Anstieg dieser Kenntage. Zudem steigt die durchschnittliche Temperatur in Deutschland und somit auch in den Städten. Im Zeitraum von 1881 bis 2018 stieg die Jahrestemperatur im Durchschnitt um 1,5 °C. Die Erwärmung verteilt sich hierbei räumlich unterschiedlich in Deutschland. So ist der Temperaturanstieg in den westlichen und südlichen Bundesländern tendenziell höher als in den nördlichen Bundesländern (vgl. UBA 2019a: 19 f.). Prognosen zeigen, dass dieser Trend für Deutschland zukünftig anhalten wird (vgl. Brasseur et al. 2017: 511). Klimamodellierungen weisen auf einen Anstieg der durchschnittlichen Lufttemperatur auf 10 °C bis maximal 14 °C bis zum Jahr 2080 hin, derzeitig (Stand 2021) liegt diese bei 8,1°C (vgl. DWD 2021). Auch eine Zunahme der Extremwetterereignisse wird zukünftig erwartet. Im ungünstigsten Fall kann die Anzahl der Hitzewellen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts um bis zu fünf Ereignisse pro Jahr in Norddeutschland und um bis zu 30 Ereignisse pro Jahr in Süddeutschland ansteigen (vgl. Brasseur et al. 2017: 48 ff.). Schon seit den 1950er Jahren kommt es in Deutschland zu einer Zunahme der Intensität und Häufigkeit von Hitzeperioden, Starkregenereignisse und Dürreperioden, die auch Einfluss auf das Stadtklima nehmen (vgl. UBA 2019a: 22). Diese klimatischen Veränderungen zeigen sich mit einer besonderen Intensität in Ballungsräumen, wie etwa in Frankfurt am Main, Stuttgart, Berlin, Köln und Düsseldorf. Städtische Räume sind somit durch eine deutliche hohe Klimawirkung betroffen. So wird zukünftig bedingt durch den Klimawandel eine weitere Intensivierung der Aufheizung des Stadtklimas erwartet (vgl. Brasseur et al. 2017: 223).

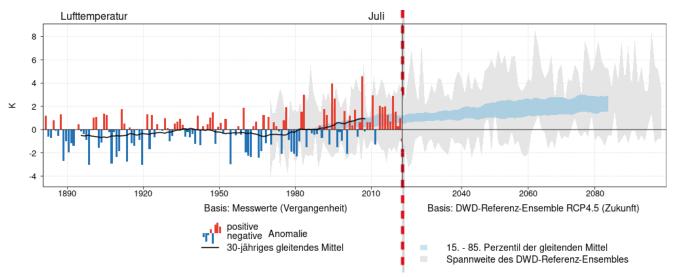


Abb. 03: Durchschnittliche Lufttemperatur in Deutschland seit 1980 sowie Prognose bis 2100 (DWD 2021)

Stadtgröße und Einwohnerzahl

Auf der Meso- und Mikroskala wird das Stadtklima durch die Stadtgröße als auch durch die Einwohnerzahl beeinflusst. Studien zeigen, dass mit zunehmender Stadtgröße auch die durchschnittliche Temperatur des Klimas steigt (vgl. Stadtschreiber 2017: 32). So weisen etwa Großstädte wie Freiburg am Breisgau oder Karlsruhe eine höhere Anzahl an "heißen Tagen" auf als umliegende kleinere

Städte (vgl. BBSR 2019: 16). Dies begründet sich zum einen in einem höheren Versiegelungsgrad der Stadt (siehe unten) als auch mit der höheren Einwohnerzahl. Verkehr, Klimaanlagen als auch Gewerbe und Industrie führen zu Wärmeabgaben in der Stadt. Die Emissionsart- und stärke, gasförmiger und flüssiger Luftbeimengungen, als auch die fühlbare latente Wärme aus technischen Prozessen beeinflussen die Temperaturen des Stadtklimas durch das Emittieren in die stadtnahe Atmosphäre (vgl. Stadtschreiber 2017: 34). So beeinflusst die Ausprägung der anthropogenen Wärmeemission das Stadtklima (vgl. Henninger/Weber 2019: 15).

Ventilation

Dem Wind kommt in stadtklimatischer Hinsicht eine große Bedeutung zu. So ist er die natürliche Klimaanlage der Stadt, der die bioklimatische und lufthygienische Situation maßgeblich beeinflussen kann (vgl. Kuttler 2010: 336). Das Makroklima der Stadt wird durch regionale Winde geprägt, welche über eine große Mächtigkeit und höhere Windgeschwindigkeiten verfügen und somit in den Siedlungskörper eindringen können. Küstenstädte wie beispielsweise Hamburg, profitieren durch besonders starke Winde. Bei Hochdruckwetterlage treten Regionalwinde nur geringfügig auf und lokale Windsysteme bestimmen vordergründig das Ventilationsgeschehen. Lokale Windsysteme werden durch die unterschiedliche Erwärmung der verschiedenen Flächennutzungen bedingt. Dies führt zu kleinräumig horizontalen Temperatur- und Druckunterschieden, sodass ein Luftaustausch entsteht. Je nach geographischer Lage und Topografie handelt es sich bei den lokalen Winden um Hang-, Flur-, Talwinde oder auch Land- oder Seewinde. Auf mikroskaliger Ebene gewinnt die thermische Konvektion für den Luftaustausch an Bedeutung. So bilden sich an heißen Tagen in der Stadt lokal auftretende thermische Turbulenzen, bedingt durch die hohen Oberflächentemperaturen. Die Turbulenzen treten lokal und zufällig auf, die bodennahen Windgeschwindigkeiten sind mittags und nachmittags am höchsten. Vorteil des vertikalen Luftaustausches ist es, dass die aufgeheizte Luft durch den Aufwind in höhere Luftschichten abgeführt wird (vgl. Baumüller 2018: 147 ff.).

Versiegelung und Baumaterialien

Neben der direkten Sonneneinstrahlung haben auch Oberflächen und der Versiegelungsgrad einen wesentlichen Einfluss auf den Wärmeertrag einer Stadt (vgl. Kampusch 2018: 27; Kleerekoper et al. 2012: 33). In der Regel verzeichnen Baumaterialien der Stadt eine höhere Wärmeleitfähigkeit und -speicherkapazität sowie eine geringere Versickerungsfähigkeit als natürliche Böden (siehe Tab. 01) (vgl. Kuttler 2013: 216). In den hochversiegelten Stadträumen wird somit ein Großteil der Sonnenenergie in versiegelten Oberflächen gespeichert und heizt sich schließlich stark auf. Durch die hohe Wärmespeicherungsfähigkeit geben Gebäude somit insbesondere in der Nacht Wärme ab und vermindern eine nächtliche Abkühlung der städtischen Temperaturen (vgl. Lozan 2019: 11).

Eine Zunahme der Versiegelung um zehn Prozent kann in den oberflächennahen Schichten einen Anstieg der Lufttemperatur um rund 0,2 °C bewirken (vgl. Welters 2016: 38). Da im Sommer die Sonnenscheindauer verlängert ist, ist die Aufheizung in diesem Zeitraum besonders prägnant (vgl. Baumüller 2018: 74).

| Material | Spezifische Wärmekapazität | Wärmeleitfähigkeit |
|-----------------|----------------------------|--------------------|
| Luft (unbewegt) | 1010 | 0,025 |
| Wasser | 4196 | 0,57 |
| Beton | 2500 | 4,6 |
| Asphalt | 920 | 0,75 |
| Backstein | 1000 | 0,50 |

Tab. 01: Wesentliche thermisch-physikalischen Eigenschaften von Materialien, die das Erwärmungs- und Abkühlungsverhalten steuern (eigene Darstellung verändert nach Henninger/Weber 2019: 69).

Auch das geringe Rückstrahlungsvermögen der städtischen Materialen beeinflusst die Wärmeentwicklung in der Stadt. Die herkömmlichen Materialien aus denen Gebäude bestehen, wie Asphalt, Beton und Stein, haben nur ein geringes Rückstrahlvermögen (Albedowert) (vgl. Anders 2018: 93). Der Albedowert gibt an, wie hoch die Rückstrahlung der Sonnenenergie aufgrund der Beschaffenheit des Materials ausfällt. Die Rückstrahlung wird dabei durch die Helligkeit und Rauheit einer Fläche bedingt (vgl. Becker 2019: 236). Materialien mit einem Albedowert von 1 reflektieren die eingestrahlte Sonnenstrahlung zu 100 Prozent. Ein Albedowert von 0 bedeutet hingegen, dass die einfallende Strahlung vollständig absorbiert wird. Helle, insbesondere weiße Oberflächen weisen einen hohen Albedowert auf. So erreicht etwa eine weiß gestrichene Wand eine Reflexion von 50 bis 90 Prozent, was einem Albedowert von 0,5 – 0,9 entspricht. Die Reflexion von Beton liegt bei 10 bis 35 Prozent (Albedowert von 0,1 - 0,35), Asphalt hat ein Reflexionsvermögen von 5 bis 20 Prozent (Albedowert von 0,05 - 0,2) und Vegetationsflächen haben Werte von 0,15 bis 0,25, allerdings sind sie aufgrund ihrer Verdunstungsaktivität kühler als befestigte Oberflächen (vgl. Baumüller 2018: 140). Somit fungieren viele Gebäudematerialien durch das geringe Rückstrahlungsvermögen als Wärmespeicher der Stadt und führen zu einem überwärmten Mikro- und Mesoklima der Stadt (vgl. Krispel et al. 2017: 34).

Bebauungsstruktur

Die Bebauungsstruktur stellt einen weiteren Faktor dar, der das Stadtklima beeinflussen kann. So hängt es von der räumlichen Ausdehnung der Bebauung und der Bebauungsdichte ab, inwieweit etwa Kaltluftabflüsse in den bebauten Bereich eindringen können. Die Bebauung einer Stadt verändert regionale übergeordnete Winde, wodurch die Durchlüftung behindert wird, da das Windfeld gestört und die Windgeschwindigkeit abgeschwächt wird. Lokale Winde treten zudem überwiegend bodennah auf und sind daher durch die bauliche Dichte besonders stark beeinflusst (vgl. Baumüller

2010: 5). So können im Stadtzentrum bis zu 30 Prozent verminderte Windgeschwindigkeiten auftreten, windstille Tage sind somit um bis zu 20 Prozent häufiger (vgl. ebd.: 77). Diese baulich bedingte Störung des vertikalen Windfeldes reicht in der Regel bis zu einer Entfernung die das Zehnfache der Gebäudehöhe entspricht (vgl. MVI BW 2012: 35). Zugleich behindern die zahlreichen Strömungshindernisse den Wärmeabtransport oder unterbinden ihn sogar komplett (vgl. Lozan et al. 2019: 11). Dadurch kann sich die Luft in der Stadt nicht so schnell abkühlen, wodurch der Wärmeinseleffekt verstärkt wird (siehe Kapitel 2.1.2). Die Folgen sind, dass Luftmassen und Schadstoffe schlechter abtransportiert werden können, wodurch sich die Luft- und Wärmebelastung in den Städten erhöht (vgl. Baumüller 2018: 77). Insbesondere in dicht bebauten Gebieten ist die bioklimatische Belastung deutlich erhöht (vgl. ebd.: 68). Hinsichtlich der Wärmebelastung zeigt sich zudem, dass sich die bestehende Siedlungstypologie auf das Mikroklima in Quartieren auswirkt. So zeigt sich, dass vor allem Quartiere mit einer Blockrandbebauung von Hitzebelastung betroffen sind. Dies begründet sich dahingehend, dass hier oftmals eine hohe Bebauungsdichte herrscht und somit ein hoher Versiegelungsgrad und zugleich keine umfassende Durchlüftung möglich ist. Quartiere mit einer Zeilenbebauung weisen hingegen meist einen geringeren Versiegelungsgrad sowie eine für die Durchlüftung geeignete offene Bebauung auf, wodurch das Mikroklima weniger belastet ist (vgl. BBSR 2014: 29 f.).

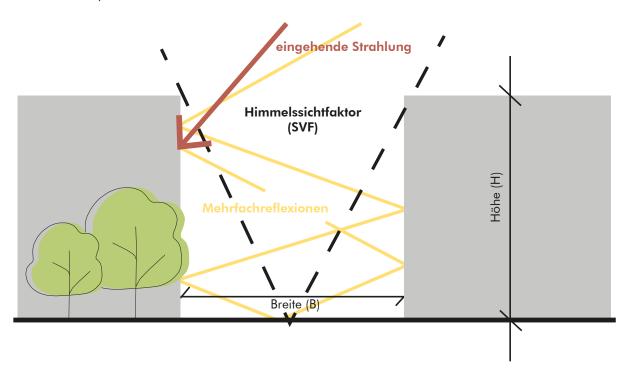


Abb. 04: Himmelssichtfaktor (SVF) im Straßenraum (eigene Darstellung nach Baumüller 2018: 129)

Aufgrund der dreidimensionalen Struktur des Stadtgefüges, spielt auch die Höhe, Anordnung und Ausrichtung der Gebäude für das Zusammenwirken des Stadtklimas eine Rolle. So beeinflusst etwa das Höhen-Breiten-Verhältnis der Gebäude entlang von Straßenschluchten die Luftströmungsverhältnisse im bodennahen Bereich als auch auf den Strahlungshaushalt des Raumes. Je schmaler

eine Straßenschlucht ist, desto weniger Strahlung kann am Tag in den Raum einfallen und etwa zur Wärmeentwicklung von Oberflächen beitragen (vgl. Henninger/Weber 2019: 45). Zudem kann in engen Straßenschluchten die ausgestrahlte Gebäudewärme nicht ungehindert aus dem Straßenraum gelangen, da die Wärme von den Fassaden immer wieder reflektiert und abgestrahlt wird (siehe Abb. 04). Diesen Zusammenhang beschreibt der sogenannte "Sky View Factor" (Himmelssichtfaktor). Als Maß für die Öffnung eines städtischen Freiraumes zum Himmel beeinflusst dieser, welcher Anteil der Strahlung nicht im Straßenraum gefangen wird, sondern in den Himmel abgestrahlt werden kann. Ein Faktor von 1,0 stellt ein uneingeschränktes Sichtfeld, ein Faktor von 0 eine absolute Abschirmung vom Himmelsfeld dar. In europäischen Städten liegt der Wert bei etwa 0,8 (vgl. Stadtschreiber 2017: 33).

Anteil der verdunstungsaktiven Flächen

Der Anteil verdunstungsaktiver Flächen spielt eine zentrale Rolle für die durchschnittliche Oberflächentemperatur des Stadtklimas, sowohl auf der Meso- als auch auf der Mikroskala. Grün- oder Wasserflächen führen einen Teil der Sonnenenergie durch Verdunstung ab und reduzieren so die Oberflächentemperatur. Hierdurch wird das städtische Klima beeinflusst und Wärmebelastung im Raum minimiert. Je höher der Anteil der verdunstungsaktiven Flächen an der Gesamtfläche der Stadt ist, desto größer kann sich der Einfluss auf das Stadtklima ausgestalten (vgl. Baumüller 2018: 85 f.). So haben Studien aus Berlin und Manchester belegt, dass die Erhöhung des Grünflächenanteils um 10 Prozent im städtischen Raum eine Temperaturerhöhung von rund 2 °C abmildern kann (siehe Abb. 05).

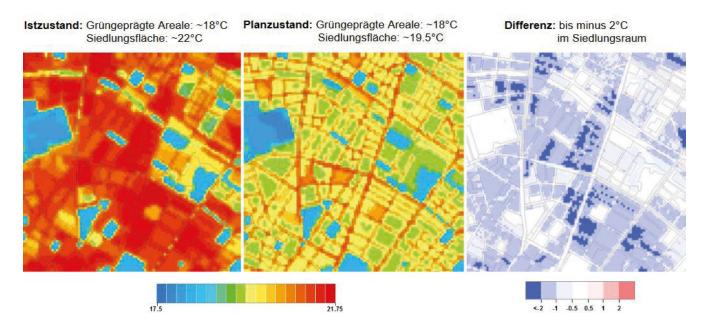


Abb. 05: Klimamodellierung der Lufttemperatur tagsüber eines Quartiers in Berlin im Ist-Zustand sowie im Plan-Zustand mit einer Erhöhung des Grünanteils (Stadt Berlin; GEO-NET 2010: 36)

Auch das Mikroklima in Stadtquartieren kann durch eine Erhöhung des Grünflächenanteils hinsichtlich einer Temperatursenkung am Tag als auch in der Nacht beeinflusst werden (vgl. Baumüller 2018: 86). Zudem erfüllen Grünflächen innerhalb des Stadtklimas die Funktion des Kaltluftabflusses. "Unter Kaltluft wird ein lokaler Kaltluftkörper verstanden, welcher aufgrund der nächtlichen Ausstrahlung der Erdoberfläche schneller auskühlt als die umgebende Luft" (Stadtschreiber 2017: 39). Somit kann der Kaltluftkörper bei einem topografischen Gefälle aufgrund der höheren Dichte abfließen und es kommt zu einem Luftaustauschprozess im städtischen Raum (vgl. ebd.: 40).

Das Ausmaß der Kühlwirkung von Grünflächen ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Einen Einflussfaktor stellt die Tageszeit dar. So variiert die Kühlwirkung im Tagesverlauf und ist in den Abend- und Nachtstunden am höchsten (vgl. Mathey et al. 2012: 19). Zudem spielt die Rauigkeit der Oberfläche eine Rolle für die Kaltluftproduktion. So haben verschiedene Flächen eine unterschiedliche Kaltluftproduktionsrate (m³/m²h), deren Angaben in der Literatur nicht fest definiert sind. Als Orientierungswerte werden für eine Wiese 21 m³/m²h und eine Waldfläche 14 m³/m²h angegeben. Kleingärten im Siedlungsbereich haben eine Kaltluftproduktionsrate von etwa 12 m³/m²h, Parkanlagen von 9 m³/m²h und kleinere Parkflächen von 4 m³/m²h (vgl. Baumüller 2018: 152).

Des Weiteren stellt die Größe und Verteilung der Grünflächen einen Faktor für die Kühlwirkung des Stadtklimas dar. Ein engmaschiges, kleinräumiges und vernetztes Freiraumsystem im Innenbereich, im Zusammenhang mit offenen Kaltluftbahnen am äußeren Stadtrand, kann für das gesamte Stadtklima mikroklimatisch wirken. Hinsichtlich der Größe einer Grünfläche zeigt eine Modellierung, dass für ein Gebiet mit einer Größe von 236 ha und einem Park mit 31,5 ha der Mittelwert der Temperatur um -0,7 °C im gesamten Gebiet gesenkt werden kann. Bei einer Aufteilung der 31,5 ha großen zusammenhängenden Grünfläche in kleinere Abschnitte entfällt die Temperatursenkung auf nur -0,4 °C (vgl. Mathey et al. 2012: 19). Hinsichtlich des Mikroklimas spielen klimatische Wechselwirkungen zwischen Parkanlagen und Randbebauung eine zentrale Rolle. Ein Grünraumsystem mit kleinen Grünflächen unterschiedlicher Größe erreicht hier hinsichtlich der Wirkungsfläche der Kühlleistung für die bebaute Struktur einen weitaus höheren Anteil als eine große, zentral gelegene Grünfläche. Für eine ein kühles Stadtklima ist somit die Kombination großflächiger sowie kleinräumiger Grünflächen am wirkungsvollsten (vgl. Baumüller 2018: 98).

Wasserflächen erzielen meist in den Mittagsstunden bzw. am Nachmittag die größte Verdunstungsund damit Abkühlungsrate (vgl. Müller 2013: 125). Dies begründet sich dahingehend, dass die Evaporationsrate der Wasserfläche unter der hohen Sonneneinstrahlung am höchsten ist, sodass die Verdunstungsleistung größer ist als die Strahlungsbilanz. Somit entsteht eine kühle obere Wasserschicht und es kann zu einem Luftaustausch mit der angrenzenden Bebauung kommen. Anders als Grünflächen kühlen Wasserflächen allerdings nachts nicht stark aus. Zudem wird die Kühlwirkung durch Faktoren wie die Wassergröße und –tiefe sowie, Form und Ausrichtung der Hauptwindrichtung bestimmt (vgl. Baumüller 2018: 125).

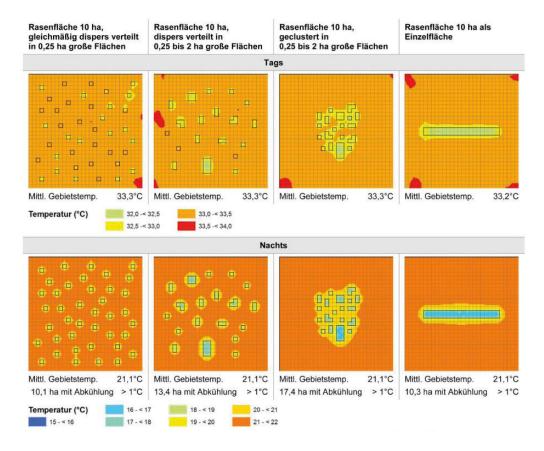


Abb. 06: Verteilung der Freiflächen und ihr Einfluss auf die mittlere Gebietstemperatur (agl 2012, 48; verändert Datengrundlage: Geo-Net 2012).

Auch der Baumbestand innerhalb der Stadt wirkt sich auf das Stadtklima, insbesondere aber auf das Mikroklima aus. So kühlen Bäume die Lufttemperatur durch ihre Verdunstungsleistung und die Beschattung von Oberflächen. Ein sechzig Jahre alter Baum kann etwa an einem heißen Sommertag die Lufttemperatur unterhalb der Krone um etwa 1 °C senken. Innerhalb der Krone liegt die Temperatur sogar 3 bis 4 °C unter der Umgebungstemperatur (vgl. Pauleit et al. 2020: 63). Mehrere Bäume an einem Ort erzeugen sogar einen kumulierenden Kühlungseffekt, sodass etwa drei bis sechs Bäume die Lufttemperatur um 1,7 °C senken können (vgl. Schätz 2012: 32).

In diesem Rahmen spielt zudem die Bodenfeuchte für das Stadtklima eine zentrale Rolle. So können Pflanzen auch in regenarmen Zeiten Verdunstungskühle erzeugen, solange ihnen Wasser aus dem Boden oder Grundwasser zur Verfügung steht (vgl. Baumüller 2018: 72). Unter anhaltenden Hitze- und Trockenperioden kann der kühlende Effekt für das Stadtklima verloren gehen, wenn keine Bodenfeuchte mehr vorhanden ist. Somit steht die Bodenfeuchte in unmittelbaren Zusammenhang mit der thermischen Wirkung von Vegetationsflächen (vgl. Kuttler 2013: 216).

2.1.2 Der städtische Wärmeinseleffekt

Typisch für urbane Räume ist das Phänomen der städtischen Überwärmung, auch städtischer Wärmeinseleffekt genannt (vgl. Baumüller 2014: 2; Stadtschreiber 2017: 35). Charakteristisch ist eine erhöhte Temperatur von Luft und Oberfläche in der Stadt im Vergleich zum Umland, die zu einer inselartigen ausgebreiteten Überwärmung des urbanen Gebiets führt (vgl. Stadtschreiber 2017: 35). Der Wärmeinseleffekt kann durch verschiedene Ursachen hervorgerufen werden und sich im tagesund jahreszeitlichen und im räumlichen Auftreten unterscheiden. Aufgrund dessen kann zwischen vier Typen städtischer Wärmeinseln differenziert werden (vgl. Henninger/Weber 2019: 97).

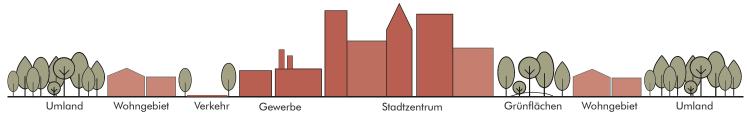


Abb. 07: Oberflächenwärmeinsel (eigene Darstellung)

Bei dem ersten Typen handelt es um die Wärmeinsel der urbanen Oberfläche, auch Oberflächenwärmeinsel genannt (eng. surface urban heat island) (vgl. ebd.: 98). Dieser Typ bezieht sich auf die im Vergleich zum Umland erhöhte Oberflächentemperatur der Stadt (vgl. Stadtschreiber 2017: 35). Diese Form der Wärmeinsel entsteht aufgrund der geringen Albedo und Wärmeleitfähigkeit vieler urbaner Oberflächenarten, wie etwa Asphalt und Dächern. Aufgrund dessen ist dieser Typ der urbanen Wärmeinsel besonders in den Tagesstunden der Sommermonate ausgebildet. Hierbei kann eine Ausprägung von bis zu mehr als 10 °C erreicht werden. Auch nach Sonnenuntergang kann diese Form der Überwärmung weiterhin auftreten, jedoch ist diese dann meist schwächer ausgeprägt. Bedingt wird dies durch das "radiation trapping" innerhalb der Stadthindernisschicht, welches den Verlust an langwelliger Strahlung gegenüber dem Umland verringert und weiterhin zu höheren Oberflächentemperaturen innerhalb der Stadt führt. Die räumliche Ausprägung dieses Typs ist eng mit der Verteilung der bebauten und versiegelten Oberflächentypen verknüpft und ist damit flächenscharf abzugrenzen (vgl. Henninger/Weber 2019: 99).

Der zweite Typ ist die Wärmeinsel der Stadthindernisschicht (eng. canopy layer urban heat island) (vgl. ebd.: 97) und umfasst den Luftkörper zwischen dem Boden und der mittleren Dachhöhe (Stadtschreiber 2017: 35). Dieser Typ drückt sich in höheren Lufttemperaturdifferenzen der bodennahen Luftschicht der Stadt im Vergleich zum Umland aus und gilt daher als die "klassische" städtische Wärmeinsel (vgl. Henninger/Weber 2019: 96). Die Temperaturunterschiede können hier bis zu 10 °C, in Einzelfällen bis zu 15 °C, betragen. Hierbei kann die Intensität des Temperaturunterschiedes

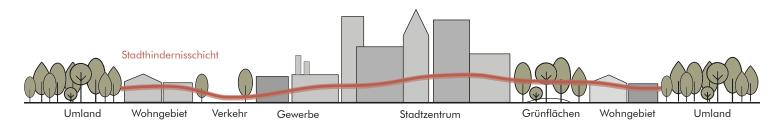


Abb. 08: Wärmeinsel der Stadthindernissschicht (eigene Dasrtellung)

Der zweite Typ ist die Wärmeinsel der Stadthindernisschicht (eng. canopy layer urban heat island) (vgl. ebd.: 97) und umfasst den Luftkörper zwischen dem Boden und der mittleren Dachhöhe (Stadtschreiber 2017: 35). Dieser Typ drückt sich in höheren Lufttemperaturdifferenzen der bodennahen Luftschicht der Stadt im Vergleich zum Umland aus und gilt daher als die "klassische" städtische Wärmeinsel (vgl. Henninger/Weber 2019: 96). Die Temperaturunterschiede können hier bis zu 10 °C, in Einzelfällen bis zu 15 °C, betragen. Hierbei kann die Intensität des Temperaturunterschiedes zwischen Stadt und Umland je nach Tages- und Jahreszeit variieren (vgl. Stadtschreiber 2017: 35). Im Vergleich zum Umland zeigt sich eine deutlich geringere Senkung der Lufttemperatur zu den Abendstunden. Zwar beginnt die Lufttemperatur im urbanen Raum wie auch im Umland, zu sinken, bedingt durch die höhere Wärmekapazitätsschicht der Baumaterialien und der eingeschränkten Horizontsicht kühlt es sich im urbanen Raum aber nur geringfügig ab (vgl. Henninger/Weber 2019: 106) (siehe Abb. 09). Diese Form der urbanen Überwärmung ist während der Nachtstunden am intensivsten sowie üblicherweise in den Sommermonaten, wenn die städtischen Oberflächen die gespeicherte Wärme in die Umgebung abgeben (vgl. ebd.: 103).

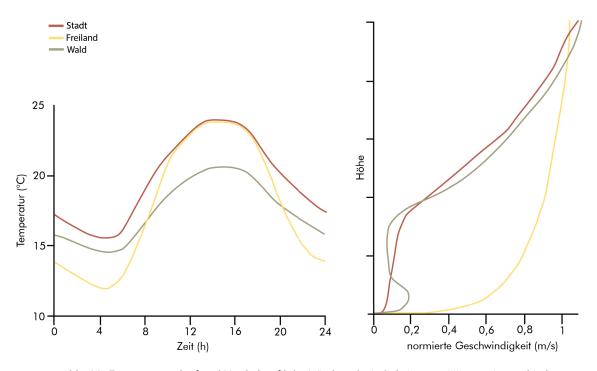


Abb. 09: Temperaturverlauf und Vertikalprofil der Windgeschwindigkeiten zur Mittagszeit verschiedener Landnutzungen (eigene Darstellung nach Stadt Lüneburg 2019: 11)

Für die Entstehung dieses Typs der städtischen Überwärmung können vier zentrale Faktoren genannt werden. Hierzu zählt zum einen eine erhöhte kurzwellige Strahlungsabsorption der städtischen Baumaterialien, was zu einer hohen Oberflächentemperatur führt (siehe oben). Zum anderen begünstigt der hohe Versiegelungsgrad und dichte Bebauung die Überwärmung. So zeigen zahlreiche Messungen, dass zwischen der Ausbildung von Hitzeinseln und der urbanen Entwicklung eine Wechselwirkung mit stadtklimatischen Prozessen besteht. Somit sind Städte mit hoher Urbanisierung und Entwicklung prädestiniert dafür, Hitzeinseln auszubilden (vgl. ebd.: 29). Der dritte Faktor ist die verzögerte Wärmeabgabe an die nächtliche Grenzschicht und somit der fehlende nächtliche Kaltluftaustausch. Die verzögerte Wärmeabgabe wird durch die hohe Wärmekapazitätsdichte der urbanen Materialien bedingt. Der vierte Faktor ist die verringerte effektive Ausstrahlung infolge der Horizonteinschränkung in der Stadthindernissschicht (vgl. ebd.: 101).

Die räumliche Verteilung dieses Typs der Hitzeinsel korreliert eng mit der Bebauungsdichte und dem Versiegelungsgrad der Stadt. Meist nimmt die Überwärmung vom Stadtrand hin zum Stadtkern zu. Zwischen Umland und dem Stadtrand kann meist ein Temperaturkliff verzeichnet werden. Dieser sprunghafte Anstieg der Temperatur wird durch eine veränderte Oberflächenstruktur und -morphologie bedingt. Im bebauten Raum ist die Temperatur dann wieder homogener, auf kleinräumiger Ebene können jedoch auch mikroklimatische Besonderheiten auftreten, etwa durch kühlere Grünund Freiflächen. Mit der steigenden Bebauungsdichte zum Stadtkern wird schließlich das Temperaturmaximum erreicht. In den dicht bebauten Innenstädten ist der Wärmeinseleffekt aufgrund der erhöhten Wärmeemission der Baumasse sowie der ausstrahlungsmindernden Horizontüberhöhung am intensivsten ausgeprägt (vgl. ebd.: 102).

Der Effekt der Überwärmung ist umso größer, je klarer und windstiller das Wetter ist. So wird der Effekt durch Wind und starke Bewölkung abgeschwächt, da die Sonnenenergie geringfügiger gespeichert werden kann (vgl. Lozan 2019: 11). Die städtische Hitzeinsel kann aber auch andersherum Einfluss auf das lokale Klima nehmen. So fördern Hitzeinseln den Anstieg von Niederschlägen um bis zu 11 Prozent (vgl. Wager 2010: 14). Zudem kann der Effekt bedingen, dass sich in der Grenzschicht der Erdatmosphäre wärmere Luft sammelt, wodurch Inversionswetterlagen und Luftturbulenzen entstehen können. Dies wird als adiabatischer Vorgang bezeichnet und wird durch schnelle vertikale Bewegungen der Luftmasse bedingt (vgl. Gartland 2008: 9 ff.). Darüber hinaus führen die im Winter höheren Lufttemperaturen zu einer verkürzten Frostperiode, einer geringeren Anzahl an Frosttagen sowie einem Rückgang der Schneedeckendauer. Im Gegenzug sind im Sommer eine deutlich höhere Anzahl von Tagen mit hoher Wärmebelastung nachweisbar, wie etwa eine um 40 Prozent höhere Anzahl an heißen Tagen sowie eine Verdopplung von heißen Nächten mit hohen Lufttemperaturen (vgl. Henninger/Weber 2019: 109 f.).

Der dritte Typ stellt die Wärmeinsel der Stadtgrenzschicht dar (engl. boundary layer urban heat island) (vgl. ebd.: 97). Dieser Typ beschreibt die Überwärmung in den urbanen Grenzschichten in etwa 1 bis 2 km Höhe sowie auf der windabgewandten Seite der Stadt (vgl. Stadtschreiber 2017: 35). Dieses Überwärmungsphänomen entsteht durch den Transport turbulenter sensibler Wärme von der wärmeren Stadtoberfläche in die bodennahe Atmosphäre sowie durch die anthropogene Wärmeabgabe. Dieser Typ der städtischen Überwärmung tritt insbesondere während der Tagesstunden auf und kann in der Nacht bis auf wenige 100 m zusammenschrumpfen. Hierbei ist die Wärmeschicht von der Oberfläche abgehoben. Die Intensität der Stadtgrenzschichtwärmeinsel kann laut aktuellen Studien bis zu 3 °C erreichen und mit der Höhe variieren (vgl. Henninger/Weber 2019: 110 f.).

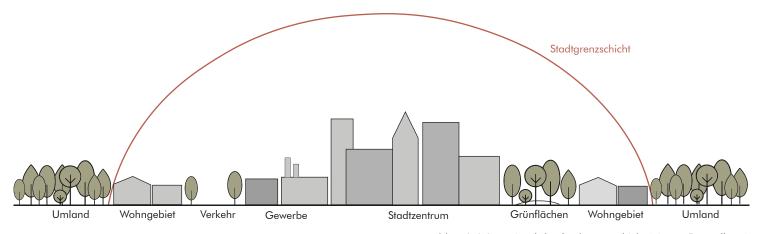
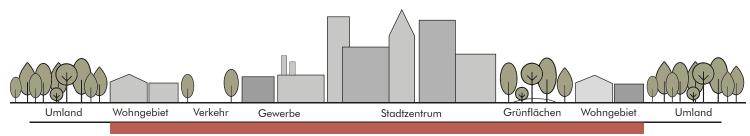


Abb. 10: Wärmeinsel der Stadtgrenzschicht (eigene Darstellung)

Der vierte Typ ist die Wärmeinsel des Untergrundes (eng. subsurface urban heat island) (vgl. ebd.: 97). Dieser Typ beschreibt die Überwärmung des städtischen Untergrunds und umfasst sowohl den Boden als auch das Grund- und Trinkwasser (vgl. Brasseur et al. 2017: 226). Durch die Leitfähigkeit der Baumaterialien wird die Strahlungsenergie der Stadtoberfläche nicht nur in die Atmosphäre, sondern auch in den Untergrund abgegeben. Darüber hinaus können unterirdische Versiegelungen, wie Keller, Tiefgaragen und Tunnel sowie Leitungs- und Versorgungsnetze zur Überwärmung beitragen (vgl. Henninger/Weber 2017: 111). Die erhöhte Bodentemperatur kann zum einen zu einer größeren Energiedichte des Bodens und Grundwassers führen und zum anderen auch das Trinkwasser im Leitungssystem erwärmen (vgl. Brasseur et al. 2017: 226)



Untergrund

Die Intensität dieses Typs kann durch die Stadt-Umland-Temperaturdifferenz der Bodentemperatur in gleicher Bodentiefe quantifiziert werden. Messungen haben ergeben, dass diese Form der Überwärmung eine Intensität in der Größenordnung zwischen 1 bis 8 °C erreicht werden kann und insbesondere in den Sommermonaten auftritt. In den Wintermonaten und im Frühjahr erreicht dieser Wärmeinseltyp sein Minimum, da der Wärmeverlust über den Winter hinweg aus dem Oberboden in die Atmosphäre am größten ist. Die Überwärmung des Untergrundes tritt eher heterogen im städtischen Gebiet auf, die höchsten Intensitäten sind jedoch oftmals in innerstädtischen Gebieten vorzufinden (vgl. Henninger 2019: 112). Die Überwärmung des Bodens bringt hierbei sowohl positive als auch negative Auswirkungen mit sich. Boden und Grundwasser können, wo besonders hohe Bodentemperaturen anfallen, durch Wärmeaustausch zur Energiegewinnung genutzt werden. Höhere Temperaturen in den Trinkwasserleitungen können jedoch zu einer Vermehrung von hygienisch relevanten Mikroorganismen beitragen, die zu einer Qualitätsminderung des Trinkwassers führen (vgl. Brasseur et al. 2017: 226).

| Eigenschaft | Wärmeinsel der urbanen Oberfläche | Wärmeinsel der Stadthinder- nisschicht | Wärmeinsel der Stadtgrenz- schicht | Bodenwärme- insel | |
|---|---|--|--|--|---|
| Betrachtungsgröße | Oberflächen- temperatur | Lufttemperatur | Lufttemperatur | Boden- u. Grundwasser- temperatur | |
| Zeitpunkt der max. Ausprägung | | | | | |
| Jahresgang | Sommer | Sommer | Sommer | Sommer | : / ٧/ :: |
| Tagesgang | Mittagszeit | Nachts | Nachts | Kaum ausgeprägt | - |
| Flächenscharfe Abgrenzung | Ja | Nein | Nein (in Lee der Stadt) | Nein | - " |
| Typische Bestimmungs- methode ΔTu-r (K) | >10-20 K | 1-10 K | 1-3 K | 1-8 K | 1 |
| Wesentliche Steuerungsfaktoren | Physikalische u. thermische Eigenschaften der Oberflächen u. Materialen, erhöhte kurzwellige Strahlungs- absorption, Exposition | Erhöhte kurzwellige Strahlungsabsor ption, verzögerte Wärmeabgabe an nächtliche Grenzschicht, verringerte effektive Ausstrahlung | Turbulenter Transport von QH aus der UCL, übergeord- netes Windfeld bestimmt die Mächtigkeit | Wärmeleitung der Materialien, thermische Eigenschaften der Unterflur- versiegelung | Tab 09. Ilbanisht das Eisenschaften des Janis Times augesten Missensian |

Tab. 02: Übersicht der Eigenschaften der vier Typen urbaner Wärmeinseln (eigene Darstellung nach Henning/Weber 2019: 114)

Wie dargestellt sind Städte unter gegebenen klimatischen Verhältnissen meist wärmer als ihr Umland und können daher als Vorboten des globalen Klimawandels betrachtet werden. Es wird angenommen, dass urbane Räume in Zukunft häufiger, länger und intensiver von Überwärmung betroffen sein werden (vgl. ebd.: 226). Neben einem Anstieg der durchschnittlichen Temperatur, werden sich Sommer- und heiße Tage in Zukunft vervielfachen (siehe Kapitel 2.1.1). Unter diesen Hitzeextremen

wird der städtische Wärmeinseleffekt weiter verschärft. Dies begründet sich darin, dass die Luft- und Oberflächentemperaturen über den Zeitraum einer Hitzewelle in den Städten stärker zunehmen als im Umland und das Temperaturniveau sich überproportional erhöht (vgl. Baumüller 2018: 64). Der Trend der Urbanisierung verstärkt durch die anthropogene Energiefreisetzung die Ausprägung von Wärmeinseln, während die damit einhergehenden Auswirkungen auf die Bevölkerung und die städtischen Strukturen zunehmen (vgl. Stadtschreiber 2017: 31).

2.1.3 Urbane Vulnerabilität und Hitzefolgen

Eine zunehmende thermische Belastung kann als einzelnes Ereigniss in der zeitlichen Aneinanderreihung sowie im räumlichen und zeitlichen Zusammenspiel Risiken und Belastungen in Städten auslösen (vgl. Brasseur et al. 2017: 228). Durch klimatische, baustrukturelle, ökologische 'aber auch sozio-demographische Faktoren ergibt sich für Städte eine Vulnerabilität gegenüber Hitzefolgen und definiert einen konkreten Handlungsbedarf.

Begriffsbestimmung urbaner Vulnerabilität in der Klimafolgenforschung

Um mögliche Folgen des Klimawandels gegenüber der Vulnerabilität von Personen, Regionen und Systemen zu analysieren und zu bewerten, dominiert in der Klimafolgenforschung ein integratives Verständnis von Vulnerabilität, das sowohl die determinierende Wirkung des externen Ereignisses als auch soziale Faktoren miteinbezieht (vgl. Dietz 2006: 19). Der Weltklimarat (IPCC 2014) definiert die Vulnerabilität (Verwundbarkeit) als das Ausmaß, wie stark eine Person, eine Region oder ein System durch Veränderungen des Klimas beeinflusst wird und in welchem Maße dieses bewältigt werden kann. Dabei ist zu berücksichtigen, dass globale Veränderungsprozesse des Klimas mit lokalen Klimadynamiken in jeder Stadtregion zusammenspielen und diese im Ergebnis von unterschiedlichen Klimafolgen betroffen sind (vgl. Brasseur et al. 2017: 228). Der Weltklimarat formuliert in seinem vierten Sachstandsbericht, dass die Vulnerabilität von drei Komponenten abhängig ist: Exposition, Sensitivität und Anpassungskapazität. Die Exposition beinhaltet die Art, das Ausmaß und die Geschwindigkeit der Klimaänderung sowie die Schwankung, der das System ausgesetzt ist. Im stadtplanerischen Kontext beschreibt die Exposition, wie Nutzungen in einer Stadt durch Klimaänderungen betroffen sein können (vgl. Birkmann et al. 2013: 8). Die Sensitivität beschreibt die Empfindlichkeit eines betroffenen Systems gegenüber den Klimafolgen, beispielsweise kann eine bestimmte Bevölkerungsgruppe gegenüber den Klimafolgen besonders sensibel sein. Die Fähigkeit eines Systems sich den veränderten Bedingungen anzupassen, beschreibt die Anpassungskapazität (vgl. ebd.: 49) (siehe Abb. 12). So kann die Anpassungskapazität zum Beispiel erhöht werden, wenn bei einer langanhaltenden Hitzewelle ein Hitzewarnsystem zur Sensibilisierung des Gesundheitssystems eingesetzt wird, damit frühzeitig Präventionsmaßnahmen getroffen werden. Aber auch Grün- und

Erholungsräume in unmittelbarer Nähe zum Wohnraum erhöhen die Anpassungskapazität gegenüber einer (Stadt)Gesellschaft (vgl. UBA 2012: 6). Insgesamt ist die Vulnerabilität aus der Perspektive der Klimafolgenforschung "das Ergebnis der Stärke der zu erwartenden Klimafolgen in Abhängigkeit von den gesellschaftlichen Möglichkeiten, auf die Veränderungen zu reagieren" (vgl. Brinkmann et al. 2012: 50).



"Die **Exposition** bringt zum Ausdruck, wie stark eine Region/ein System durch Änderungen von Klimaparametern (Niederschlag, Temperatur) betroffen ist.

Die Sensitivität spiegelt die Empfindlichkeit des betroffenen Systems wider.

Die **Anpassungskapazität** dient als Maß und befähigt ein System, durch mögliche Planung sowie dessen Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen, die veränderten Bedingungen abzuschwächen oder auch zum Vorteil nutzen zu können (Metzger & Schröter 2006)".

Abb. 12: Vulnerabilitätsmodell des IPCC (eigene Darstellung verändert nach MCCarthy et al. 2001; Metzger/Schröter 2006).

Die urbane Verwundbarkeit ist somit gegenüber den Auswirkungen von Klimaänderung stark von der jeweiligen regionalen Ausgangssituation abhängig. Die Exposition, die Sensitivität und die Anpassungsfähigkeit werden daher insbesondere von nicht-klimatischen Faktoren wie ökonomischen Entscheidungen und Triebkräfte, politischen und kulturellen und städtebaulichen Faktoren und deren Ursachen beeinflusst (vgl. Brinkmann et al. 2012: 50), (siehe Abb. 13).

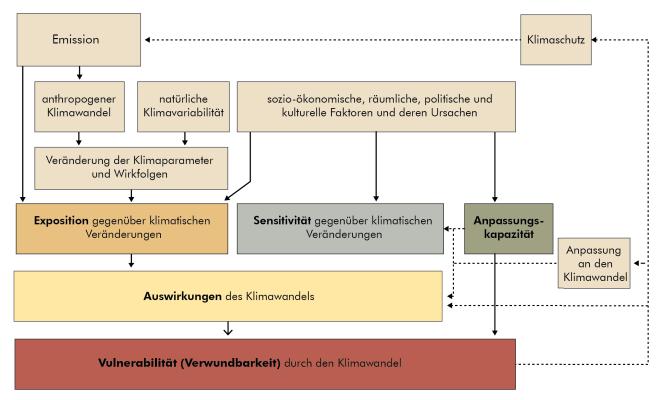


Abb. 13: Vulnerabilitätskonzept (eigene Darstellung verändert nach Füssel/Klein 2006)

Die drei Komponenten der Vulnerabilität sind dabei eng miteinander verknüpft. So können zum Beispiel stark exponierte und sensitive Systeme, die aber zugleich eine hohe Anpassungskapazität gegenüber dem Klimawandel aufweisen, deutlich weniger vulnerabel sein als gering sensitive Systeme bei fehlender Anpassungskapazität. Bei der Verbindung von Exposition und Sensitivität wird die Abschätzung potenzieller Auswirkungen gegenüber dem Klimawandel im Hinblick auf das Mensch-Umwelt-System erlaubt. Hingegen liefern Angaben zur Anpassungskapazität per se keine Aussagen zum Umsetzungsgrad möglicher Anpassungsmaßnahmen. Feststeht aber, dass Maßnahmen, die nicht rechtzeitig implementiert werden, zu einer Erhöhung der Vulnerabilität führen (vgl. UBA 2020).

Zusammenfassend sind die Folgen von Klimaänderungen für eine Stadt nicht nur von der Veränderung der klimatischen Parameter abhängig, sondern auch von der Schadenshöhe in ökonomischer und sozialer Hinsicht und von der Anpassungskapazität einer (Stadt)Gesellschaft oder eines Systems. Insofern sind die Wirkungen von Klimawandelfolgen in mehrerer Hinsicht ein komplexes Produkt. So wird es durch soziale, ökonomische, ökologische und physisch-infrastrukturelle Faktoren sowie durch die Exposition einer Stadt bzw. Gesellschaft gegenüber den Einwirkungen des Klimawandels geprägt (vgl. Rüdiger 2018: 334).

Hitzefolgen in der Stadt und ihre Auswirkungen

Bis zum Jahr 2030 sollen global über 60 Prozent der Menschen in städtischen Regionen leben. Dabei unterscheiden sich die urbanen Agglomerationsräume von ihrem Umland nicht nur in ihrer bebauten Struktur, sondern auch durch besondere Klimabedingungen bzw. lokale Klimadynamiken (siehe Kapitel 2.1.1) (vgl. Winker et al. 2019a: 1). Die Folgen des Klimawandels zeigen sich in urbanen Räumen in besonders deutlicher Form. Auf der einen Seite führen häufigere und stärkere Extremwetterereignisse wie Hitzewellen zu Schäden an der Bausubstanz sowie zur Gefährdung der Bewohnerschaft. Andererseits entstehen durch die schrittweisen Klimaänderungen zum Beispiel in der Temperaturentwicklung, veränderte Ansprüche an die Bebauungsstruktur und Infrastruktureinrichtungen (vgl. Rüdiger 2018: 334). Dabei werden eine Vielzahl der klimatisch bedingten Veränderungen durch die besonderen Charakteristika des urbanen Raums, wie durch die thermischen und hydrologischen Eigenschaften städtischer Oberflächen, Emissionen von Luftverunreinigung und anthropogener Wärmestromdichten, in ihrer Wirkung verstärkt (vgl. Kuttler 2004a: 187). Im Allgemeinen kann dabei angemerkt werden, dass je höher die Bevölkerungsdichte eines Gebiets ist, umso stärker ist der Zugriff auf die jeweilige Umwelt und ihre Ressourcen (vgl. Fehn 1988: 34).

Hitze als Risiko für das Siedlungsgefüge

Freiräume und begrünte Gebäude in Siedlungen sind direkt durch die Folgen des Klimawandels betroffen. So können Trockenheit und Hitze zu Schäden der Siedlungsvegetation führen (vgl. Mathey et al. 2011: 438 f.). Milde Wintermonate haben zur Folge, dass die Gefahr für Spätfrostschäden im Vorfrühling steigen, da Niedrigtemperaturen im Winter die Frosttoleranz beeinträchtigen und zu einem verfrühten Austrieb führen (vgl. Kühn/Gillner 2018: 138). Umgekehrt können aufgrund des Temperaturanstiegs und der Verlängerung der Vegetationsperioden sowie einer erhöhten Kohlenstoffdioxidkonzentration auch wachstumsfördernde Wirkungen einhergehen. Zum Beispiel zeigten Baumringanalysen einen Anstieg des Wachstums unabhängig von der Klimazone in den letzten 100 Jahren. Allerdings hat sich zugleich auch ihre Lebensdauer verkürzt (vgl. Moser et al. 2018: 102 f.).

Die Art der Vegetation, Artenzusammensetzung und Standortbedingungen beeinflusst die Sensitivität von Siedlungsvegetation gegenüber Hitze wesentlich. Die Arten der Vegetation unterscheiden sich in ihren Wachstumszeiten und Schadensanfälligkeiten. So kann Rasen zum Beispiel schneller Schaden durch Trockenheit als Bäume oder Ruderalvegetation erfahren (vgl. Mathey et al. 2011: 484). Auch bestimmt die Artenzusammensetzung den Wasserbedarf, die Anfälligkeit und die Winterhärte gegenüber Krankheiten und Schädlingen. Besonders bei langsam wachsender Vegetation, wie beispielsweise Bäumen oder beim Erhalt bestimmter Vegetationsbestände, die von historischer Bedeutung sind, ist die Artenzusammensetzung entsprechend neu entstehender Klimaverhältnisse eine Herausforderung (vgl. Kühn et al. 2017: 151). So entfallen ca. 70 Prozent der Straßenbäume in Deutschland auf etwa sechs Arten, die heute bereits alle multiplen Belastungen wie Krankheiten, Schädlingen und abiotischen Stressfaktoren ausgesetzt sind (vgl. Schönfeld 2019). Hitzeperioden und Trockenheit können auch zum Absinken des Grundwasserspiegels und der Austrocknung von kleineren Binnengewässern führen, da durch das Absinken des Grundwassers die Vegetation den natürlichen Grundwasseranschluss verlieren (vgl. Brasseur et al. 2017: 112). Dabei setzen Trockenstress aufgrund von Wassermangel die verwendeten Baumarten, beispielsweise viele Arten der Linde und des Ahorns, unter einen zunehmenden Belastungszustand und machen sie noch anfälliger gegenüber Schädlingen und Krankheiten. Dementsprechend ist die Widerstandsfähigkeit gegenüber den Einflüssen potenziell extremer Klimaänderungen eingeschränkt. Vor allem die einheimischen klassischen Stadtbäume werden daher zukünftig den Anforderungen nicht mehr gewachsen sein. Weitere Stressfaktoren für Bäume sind unter anderem ein kleiner Wurzelraum aufgrund von Bodenverdichtung und -versiegelung, eine geringe Boden- und Luftqualität sowie Schadstoffeinträge wie Streusalz und Hundeurin (vgl. Dickhaut/Eschenbach 2019: 9 ff.). Insbesondere die Größe und Wasserspeicherkapazität des Wurzelraumes sind für die Stadtbäume während Hitze- und Trockenperioden entscheidend, da vor allem in bebauten Bereichen die Vegetation vom Grundwasser abgekoppelt ist und auf Bewässerungen und Niederschlag angewiesen ist (vgl. ebd.: 17).

Hitzeperioden und Trockenheit können auch Folgen für die technische Infrastruktur haben. So können während Hitzewellen Materialschäden an Verkehrsleitsystemen und Stromversorgungsanlagen entstehen (vgl. Hoffmann et al. 2009). Auch treten indirekt Auswirkungen an der Infrastruktur auf. Durch langanhaltende Trockenheit kann es zu Schäden an der Vegetation kommen und diese anfälliger für Windbrüche machen. Diese können direkte Schäden an freistehenden Strukturen wie Masten, Oberleitungen und Verkehrsleitsystemen verursachen (vgl. Bardt et al. 2013). Schäden an Verkehrsleitsystemen, Oberleitungen und Stromversorgungsanlagen können Transporte stark verzögern oder sogar zeitweilig verhindern. So kann schon der Ausfall einer Ampel zu den maßgeblichen Störungen führen (vgl. UBA 2021a: 167). Hinzu kommt, dass bereits viele freistehende Verkehrsleitsysteme, Oberleitungen und Stromversorgungsanlagen durch vermehrte wetterbedingte Schäden reparaturbedürftig sind (vgl. Fichter/Stecher 2011: 30). Dadurch erhöhen die genannten Schäden den Instandhaltungsaufwand und die dafür vorgesehenen Ausgaben. Die Sensitivität der Verkehrsinfrastruktur hängt demnach von verschiedenen Faktoren wie zum Beispiel der Infrastrukturdichte, dem Vorkommen hitzeanfälliger Vegetationsarten und den Standortbedingungen an Straßen ab (vgl. UBA 2021b: 167). So kann es auch durch das Aufplatzen oder Aufwölben der Straße zu hitzebedingten Straßenschäden kommen. Dieser Effekt wird auch als "Blow-up" bezeichnet und tritt vorwiegend bei Autobahnabschnitten auf, teilweise aber auch auf Straßen in der Stadt, besonders im Süden Deutschlands (vgl. Dickhaut 2021).

Die zunehmende Anzahl und Dauer von Hitzeperioden wird auch vermehrt zu hohen Innenraumtemperaturen führen. Klimatische Einflüsse auf die Gebäudethermik sind unter anderem die Lufttemperatur, der Wolkenbedeckungsgrad, der Wasserdampfgehalt der Luft, die Windrichtung und -geschwindigkeit sowie die solare Einstrahlung (vgl. Wienert/Walter 2011: 6). Für die Innenraumtemperatur sind insbesondere Hitzeperioden mit einer Kombination aus heißen Tagen (über 30 °C) und Tropennächten (über 20 °C) problematisch, da diese mit einer geringeren nächtlichen Abkühlung einhergehen und die Temperaturregulierung einschränken (vgl. Zacharias/Koppe 2015: 74). Dabei werden die Innenraumtemperaturen in Ballungsräumen zusätzlich durch den städtischen Wärmeinseleffekt erhöht, dessen Intensität durch die fortschreitende Verdichtung in Zukunft tendenziell ansteigen wird. Zudem könnten sich steigende Innenraumtemperaturen neben der steigenden Hitzebelastung auch negativ auf die Luftqualität und die Innenraumhygiene besonders in Altbauten auswirken, indem sie die Freisetzung von Gefahrstoffen und den Schimmelbefall begünstigen (vgl. UBA 2021b: 22).

Hitze als Risiko für die menschliche Gesundheit

Der bedeutendste Effekt des Klimawandels in städtischen Gebieten für die menschliche Gesundheit betrifft den Wärmehaushalt. Den Zusammenhang zwischen Temperatur und Luftfeuchtigkeit sowie der Behaglichkeit und somit auch der Gesundheit zeigen eine Vielzahl von Studien (vgl. Kemer/Kistmann 2019: 116).

Der menschliche Körper befindet sich im ständigen Wärmeaustausch mit seiner Umwelt. Das menschliche Wohlbefinden steht damit im engen Zusammenhang mit dem Klima bzw. der thermischen Umgebung. Extreme Hitze oder Kälte können somit die menschliche Gesundheit beanspruchen (vgl. Jendritzky/Grätz 1998). Der Zusammenhang zwischen thermischem Komfort und der Gesundheit wird auch in Mitteleuropa mit seiner gemäßigten Klimazone durch Studien belegt. So starben in den Hitzesommern 2003, 2006 und 2015 in Deutschland insgesamt etwa 19.500 Menschen zusätzlich an den Folgen der Hitzebelastung (vgl. An der Heiden et al. 2019a: 571). Demnach wirken sich thermische Extreme wie Hitzebelastung und Kältestress negativ auf die menschliche Gesundheit aus (vgl. Endlicher 2012: 72). Für die Wärmeregulation des Körpers sind die Extremitäten zuständig, durch eine verstärkte Durchblutung des Körpers in diesen Bereichen wird die Wärme an die Umgebung abgegeben, das rückströmende Blut kühlt anschließend den Körper mithilfe der Verdunstung von Schweiß (vgl. Thommen Dombois/Braun-Fahrländer 2004; Stadtschreiber 2017: 58 f.). Auf diese Weise ist der menschliche Organismus in der Lage sehr hohe Umgebungstemperaturen zu tolerieren (physiologische Anpassung) und den thermischen Stress über das körpereigene Thermoregulationssystems zu verringern (vgl. Marktl et al. 2010). Bei längeren Hitzeperioden wird das körpereigene Kühlungssystem allerdings überlastet und mündet in Hitzestress, der sich durch einen negativen Einfluss auf den Stoffwechsel, vor allem auf den Wasserhaushalt mit der Gefahr von Austrocknung, zeigt (vgl. UBA 2021). Hitzestress stellt insbesondere für Menschen mit Vorerkrankung und sensitiven Bevölkerungsgruppen wie Ältere und Kleinkinder ein bedeutendes Gesundheitsrisiko dar (vgl. Krug/Mücke 2018; Muthers/Matzarakis 2018). Die Hitze kann aber auch bei gesunden Menschen zu Erschöpfung und eingeschränkter Leistungsfähigkeit führen. Zusätzlich führen auch soziale Aspekte wie Hilfsbedürftigkeit und Vereinsamung oft dazu, dass Maßnahmen wie eine ausreichende Flüssigkeitsversorgung und -aufnahme unterlassen werden und Hitzestress entsteht. Auch die klimatischen Bedingungen in der Nacht haben einen Einfluss auf die Schlaftiefe und sollten mit in die Bewertung von Hitzestress einbezogen werden. Für den Schlafkomfort sowie für die Regeneration des Körpers sind thermische Belastung des Tages durch ein erhöhtes Innenraumklima kritisch zu sehen (vgl. Baumüller 2018: 41). Dies gilt besonders für hohe Nachttemperaturen über 20 °C. Daher werden besonders die schwülen und tropischen Nächte von einer Mehrheit der Bevölkerung als unangenehm empfunden (vgl. Kuttler 2011: 8) (siehe auch Innenraumklima).

Zu zahlreichen hitzebedingten Erkrankungen wie Hitzeohnmacht, Hitzekrämpfen, Hitzeschlag oder Sonnstich führt eine längere Exposition gegenüber einer erhöhten Lufttemperatur. In den letzten Jahren wird die hitzeassozierte Morbidität zunehmend erfasst und ausgewertet (vgl. Kemer und Kistmann 2019: 117). So zeigte eine Auswertung eines Monitoringsystems aller Rettungseinsätze in Frankfurt am Main für die Monate Juni bis August der Jahre 2014 bis 2018, dass während Hitzewellen mit Tagesmaximaltemperaturen von über 32 °C an fünf aufeinanderfolgenden Tagen, die höchste Tagesmaximal und -mittelwerte für Krankenhauseinweisungen und hitzeassozierte Morbidität verzeichnet wurde (vgl. Steul et al. 2019; UBA 2021b: 239). Eine Studie zur Mortalität hat im Zusammenhang mit Hitzewellen in Deutschland gezeigt, dass durchschnittlich pro Jahr 2.700 Todesfälle durch diese auftreten. Bei der Analyse zeigte sich, dass die optimale Durchschnittstemperatur zwischen 14 °C und 17 °C liegt und jeder weitere Grad die Sterblichkeit um 2,45 Prozent erhöht. Außerdem wurde in der Studie deutlich, dass die Mortalität im Verlauf der Hitzewelle zunimmt und ihr Maximum am dritten Tag der Hitzewelle erreicht. Die Ursache der Erhöhung der Sterblichkeit ist auf anhaltende Hitzewelle zurückzuführen und die damit einhergehende thermische Belastung. Dabei sind die Todesfälle allerdings nicht immer direkt auf die Hitze durch einen Hitzeschlag oder Hitzeerschöpfung zurückzuführen, sondern teilweise auch auf die Verschlechterung vorstehender Grunderkrankungen wie zum Beispiel Herz-Kreislauf- Erkrankungen (vgl. An der Heiden et al. 2020). Eine Übersicht wissenschaftlicher Studien über den Zusammenhang der Umgebungstemperatur mit der Mortalität der Bevölkerung hat gezeigt, dass Alter, Geschlecht sowie Zugehörigkeit zu einer ethnischen Minderheit weitere Einflussfaktoren sind. Demnach verstarben, den Studien zufolge, Personen mit einer höheren Wahrscheinlichkeit, wenn diese über 65 Jahre alt waren, ein niedriges Einkommen hatten, in höheren Stockwerken lebten, bettlägerig waren, unter physischen Erkrankungen litten, ihre Wohnung selten verließen oder männlich waren (vgl. Scherer et al. 2013; An der Heiden et al. 2019). Die Betroffenheit stieg dabei an, umso näher der Wohnort am Stadtzentrum war. Eine weitere Studie, die die Mortalität während Hitzewellen zwischen 1990 und 2006 in Berlin und Brandenburg untersuchte, kommt zu dem Schluss, dass zwar auch die ländlichen Gebiete eine höhere Sterblichkeit zu verzeichnen haben, die höchste Sterblichkeit findet jedoch in den dicht bebauten innerstädtischen Gebieten statt (vgl. Gabriel 2009: 90 f.).

Auch konnten Forscher aus den Mortalitätsdaten ermitteln, wie empfindsam die Bevölkerung gegenüber der Hitze ist und ab welchem Punkt sich Hitzestress entwickelt. Dafür wird die Anzahl einer Bevölkerungsgruppe mit der Auftrittshäufigkeit von thermischen Belastungen multipliziert, um die Anfälligkeit der Bevölkerung für Hitze- und Kältestress zu erhalten (vgl. LUBW 2013: 14) (siehe Tab. 03). Die bekanntesten Bewertungsindizes in Deutschland sind die gefühlte Temperatur (Gt), die physiologische äquivalente Temperatur (PET) und der Predicted Mean Vote (PMV). So ist von einer

starken Wärmebelastung ab einem PMV > 2,5, bei einem PET-Wert > 35 °C und einer gefühlten Temperatur über 37 °C auszugehen (vgl. Kuttler 2004b: 270). Dabei sind bei der Berechnung des PET-Wertes die wesentlichen meteorologischen Parameter die Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit, Dampfdruck und die mittlere Strahlungstemperatur der Umgebung (vgl. Matzarakis et al. 1999: 77). In die Bewertung werden ebenfalls individualbezogene Parameter wie das Alter, Geschlecht oder die Kleidung miteinbezogen (vgl. Müller et al. 2014: 2). Daraus ergibt sich, dass beispielsweise eine Person auf einem Stadtplatz an einem heißen Tag mit einem PET-Wert von 41 °C dasselbe Hitzegefühl wie eine Person hat, die sich in einem Raum mit einer Raumtemperatur von 41 °C befindet. Kommt es zu Überschreitungen gewisser Grenzwerte der thermischen Belastung, ist davon auszugehen, dass sich die Morbiditäts- oder Mortalitätsraten erhöhen (vgl. Kuttler 2011: 8). Ab einem PET-Wert von über 35 °C kann es zudem zu Hitzestress kommen, abhängig von den individualbezogenen Parametern. Ab einem PET-Wert von 41 °C kann von einer extremen Wärmebelastung für den menschlichen Körper gesprochen werden (vgl. Henninger/Weber 2019: 202).

| PMV | PET | Thermisches Empfinden | Physiologische Wirkung | |
|------|-------|-----------------------|--------------------------|--|
| -3,5 | 4 °C | sehr kalt | - Kältestress | |
| -2,5 | 8 °C | kalt | | |
| -1,5 | 13 °C | kühl | - Leichte Kältebelastung | |
| -0,5 | 18 °C | leicht kühl | | |
| 0 | 20 °C | behaglich | Keine Belastung | |
| 0,5 | 23 °C | leicht warm | Leichte Wärmebelastung | |
| 1,5 | 29 °C | warm | | |
| 2,5 | 35 °C | heiß | Hitzestress | |
| 3,5 | 41 °C | sehr heiß | | |

Tab. 03: Thermisches Empfinden und Belastungsstufen für PMV und PET (eigene Darstellung verändert nach LUBW 2013: 31; Henninger/ Weber 2019: 202)

2.2 Nachverdichtung im Kontext der Klimaanpassung

In den Städten unserer Zeit verdichten sich das Angebot und die Nachfrage von Produkten und Leistungen. Es besteht eine gute Infrastruktur, Arbeitsplätze und ein umfassendes Freizeitangebote. Urbanisierungsprozesse und das damit einhergehende Wachstum der Städte stellt die Stadtplanung vor konkrete Herausforderungen. So steigt der Wohnraum- und Flächenbedarf zeitgleich gewinnen im Zuge des Klimawandels und im Hinblick auf die urbane Lebensqualität Freiräume in Städten an Bedeutung. Im Wissen um die Wechselwirkung und die Betroffenheit gegenüber Klimawandelfolgen stellt dies ein vielschichtiges Konfliktfeld dar, welches es auszuhandeln gilt. Im folgenden Abschnitt der Arbeit werden die Ursachen und Auswirkungen des Wachstums und der Verdichtung von Städten genauer beleuchtet und daraus resultierende Herausforderungen aus stadtklimatologischer Sicht aufgezeigt sowie der Einfluss von Nachverdichtungsmaßnahmen auf das Stadtklima und Handlungsansätze für eine klimasensible Nachverdichtung abgebildet.

2.2.1 Wachstum und Verdichtung von Städten

Zu Beginn des 21. Jahrhunderts lebte bereits über 50 Prozent der Weltbevölkerung in Städten. Die Vereinten Nationen (2020) prognostizieren für das Jahr 2050, dass fast 70 Prozent der Weltbevölkerung im urbanisierten Lebensraum leben wird. In Europa lebt rund drei Viertel der Bevölkerung in Ballungsräumen mit einer steigenden Tendenz. Auch in Deutschland ist die überwiegende Mehrzahl von Großstädten in den vergangenen Jahren durch ein Bevölkerungswachstum gekennzeichnet (vgl. Beckmann/Dosch et al. 2018: 17). Jeder vierte Mensch Deutschlands lebt heute in einer wachsenden Großstadt (vgl. ebd.). Besonders starkes Wachstum erfahren dabei die großen Ballungszentren wie Berlin, Frankfurt, Hamburg oder München. In Spitzenjahren ist Berlin in den letzten zehn Jahren um 40.000 bis 50.000 Einwohner:innen pro Jahr gewachsen. Die Bevölkerungszahlen von München und Hamburg sind im letzten Jahrzehnt um mehr als 150.000 Einwohner:innen gestiegen, in diesem Zeitraum mussten sie also jeweils die Bevölkerungszahl einer Großstadt wie Darmstadt aufnehmen (vgl. Riechel 2021: 10). Hiermit einhergehend hat die Bevölkerungsdichte von 2009 bis 2016 in Hamburg um knapp 8 Prozent zugenommen (vgl. BGV 2018: 11). Die Bevölkerungsprognose sagt für Hamburg in den nächsten Jahrzehnten einen Anstieg von derzeit 1,841 Millionen (vgl. Statistikamt Nord 2019) auf 2,031 Millionen Menschen im Jahr 2035 voraus. Nach Angaben des Statistikamt Nord soll die 2-Millionen-Grenze erstmals 2031 übertroffen werden (vgl. Statistikamt Nord 2021). In europäischen, dynamisch wachsenden Städten ist der größte Wachstumsfaktor die Land-Stadt-Bewegung, vor dem Hintergrund der vergleichsweise besseren Lebensbedingungen in der Stadt und die Chance ein höheres monetäres Einkommen zu erwirtschaften sowie in Teilen auch der Statuswert des Lebens in der Stadt (vgl. Herrle/Fokdal 2018: 2743).

Im Zuge des Bevölkerungswachstums ist der Flächenbedarf in Ballungsräumen für Wohnen und die notwendigen Infrastrukturen, für Bürogebäude und Gewerbegebiete entsprechend hoch. Der Bedarf an steigender Wohnfläche pro Kopf wird durch die sinkenden Haushaltsgrößen mit einem hohen Anteil an Ein- und Zweipersonenhaushalten in Städten weiter verstärkt (vgl. Riechel 2021: 10). In der Folge steigt auch die Wohnungsbautätigkeit. Dabei ist zu beobachten, dass das Plus aus einem Anstieg der Fertigstellungen von Wohnungen in Mehrfamilienhäusern und zusätzlichen Baumaßnahmen an bestehenden Gebäuden resultiert. In den Städten nimmt der Geschosswohnungsbau überdurchschnittlich zu, während der Eigenheimbau aufgrund der eingeschränkten Flächenverfügbarkeit und schlechten Flächenbilanz zurückgeht. Die Nachfrageveränderung rückt damit den innerstädtischen Wohnraum in den Fokus. Die veränderten Anforderungen an den Wohnraum wirken sich vor allem auf den Flächenverbrauch aus. Freistehende Ein- und Zweifamilienhäuser benötigen bezogen auf einen Quadratmeter Wohnfläche ein Vielfaches an Grundstücksfläche gegenüber Geschosswohnungen. Demgegenüber steigen mit dem Mehrfamilienhausbau die Siedlungsdichten und die Auslastung der Infrastruktur an (vgl. Beckmann/Dosch 2018: 18 f.). Hinzu kommt, dass insbesondere bezahlbarer Wohnraum zusätzliche Bauflächen benötigt, da Maßnahmen wie das Ausbauen von Dachgeschossen und Bestandsumbauten nicht die gesamte Nachfrage abdecken können. Daher steht für viele Städte die Suche nach neuen Flächenpotenzialen für den Wohnungsbau im Vordergrund. Hierbei hat vor allem die Innenentwicklung Priorität, um die Außenentwicklung durch Neuinanspruchnahme von Flächen auf der grünen Wiese im Rahmen des 30-ha-Ziels der deutschen Anpassungsstrategie zu begrenzen (vgl. Bundesregierung 2020; Riechel 2021: 11). Mit dem Leitsatz soll zum einem der Flächenverbrauch in der Landschaft reduziert, zum anderen auch die städtebaulichen, wirtschaftlichen und sozialen Aspekte in vorhandenen Stadtgebieten an die sich wandelnden Bedarfe angepasst und weiterentwickelt werden (vgl. Reinke 2016: 31). Für Städte mit angespanntem Wohnungsmarkt haben Modellrechnungen des BBSR (2014) gezeigt, dass Innenentwicklungspotenziale die Wohnflächennachfrage für fünf bis sechs Jahre decken könnten. Eine Deckung des zusätzlichen Wohnflächenbedarfs für bis zu neun Jahren, könnte durch eine Erhöhung der mittleren Geschossflächenzahl (GFZ) auf 0,8 und Reduzierung der durchschnittlichen Wohnungsgrößen um 10 Prozent gedeckt werden, für bis zu 13 Jahre mit einer Erhöhung der GFZ auf 1,2 (vgl. Beckmann/ Dosch 2018: 18). Bundesweit machten in den letzten Jahren die Baumaßnahmen im Bestand zwischen 10 Prozent und 12 Prozent der gesamten Fertigstellungen aus. Auch zeigen sich in Städten mit angespanntem Wohnungsmarkt Umwandlungen von Nichtgebäuden zu Wohngebäuden als wichtige Maßnahme, um flächensparend mehr Wohnraum zu schaffen (vgl. ebd.).

Im Kontext des erheblichen Bedarfs von bundesweit rund 400.000 Wohnungen gewinnt die Frage der baulichen Dichte wieder an Bedeutung, dabei liegt vor dem Hintergrund der Innenentwicklung

der Schwerpunkt des Neubedarfs innerhalb der bestehenden Siedlungsflächen (vgl. Kötter 2018: 2). In der Stadtplanung fungiert die bauliche Dichte als eines der wichtigsten Maße für die Beschreibung der baulichen Beschaffenheit in einer Stadt und drückt das Verhältnis zwischen Grundstücksfläche und Geschossfläche aus (GFZ, BauNVO). Bei der Betrachtung der baulichen Dichte muss zudem zwischen der zulässigen baulichen Dichte und der realisierten baulichen Dichte differenziert werden. So ist die zulässige bauliche Dichte in den Bebauungsplänen mit einer dimensionslosen Dichteziffer quantifiziert und als die maximale zulässige Geschossfläche pro anrechenbarer Grundstücksfläche definiert (GFZ). Die realisierte Baudichte drückt hingegen die tatsächliche Beanspruchung einer Grundstücksfläche aus und wird als tatsächlich gebaute Geschossfläche zur Grundstücksfläche verstanden. Theoretisch stellt somit das Delta zwischen der zulässigen Baudichte und der realisierten baulichen Dichte den Ausbaugrad dar (vgl. Grams 2015: 20). Dabei ist allerdings anzumerken, dass die quantifizierte Baudichte nur begrenzt aussagefähig ist, da neben der Bebauung der einzelnen Grundstücksflächen auch das Verhältnis von bebautem und unbebautem Raum im Quartier im Rahmen der Innenentwicklung von wesentlicher Bedeutung ist (vgl. UBA 2019b: 7). Daher werden in der Praxis, wie nach den eben beschriebenen Modellrechnungen der BBSR, die zulässigen Geschossflächenzahlen (GFZ) regelmäßig überschritten.

Bedingt durch das Stadtwachstum und dem damit einhergehenden Flächenverbrauch tritt in Städten eine Veränderung der Oberflächennutzung auf. Der überwiegende Anteil von europäischen Städten weist einen Versiegelungsgrad zwischen 50 und 75 Prozent auf. Über 70 Prozent der Städte in Deutschland können dieser Klasse zugeordnet werden. Mehrheitlich unter 30 Prozent liegt in Deutschland der Anteil an grüner und blauer Infrastruktur. Hingegen zeigt der europäische Vergleich einen höheren Begrünungs- und Wasseranteil, welcher auf eine hohe Durchgrünungsrate in Städten einzelner Länder wie Schweden, Finnland und Lettland zurückzuführen ist. (vgl. Henninger/Weber 2020: 29). Die Zahlen lassen sich darauf zurückführen, dass in der Gegenüberstellung der Veränderung der Oberflächenrealnutzung der Jahre 2006 mit der des Jahres 2000, sich der Zuwachs europäischer Stadtflächen in knapp 90 Prozent der Fälle aus der Konversion von landwirtschaftlichen Flächen wie Acker- und Weideflächen sowie Waldflächen ergeben hat. Auch ergab eine Studie, dass sich in europäischen Städten ein statistisch signifikanter Rückgang der Grünfläche mit zunehmender Bevölkerungszahl ergibt, was sich auch auf deutsche Städte beziehen lässt (vgl. Fuller/Gaston 2009). Infolgedessen verschwinden immer mehr innerstädtische Freiflächen, die für die Lebensqualität wichtig und unverzichtbar sind. Dass eine ausreichende, qualitative hochwertige Freiraum- und Grünflächenversorgung in vielerlei Hinsicht von entscheidender Bedeutung für die Lebensqualität der Stadtbevölkerung ist, wurde in zahlreichen Studien publiziert (vgl. Tanaka et al. 1996; Takano et al. 2002; de Vries et al. 2003).

Zusammengefasst resultieren für Deutschland stärkere Zuzüge in den Ballungsräumen und weiter verdichtete Wohn-, Siedlungs- und Verkehrsräume sowie knappere Freiflächen im Zuge der Urbanisierungsprozesse. Zugleich steigt auch die Bevölkerungsdichte in den Städten, die als Einwohner:in je Quadratkilometer Siedlungs- und Verkehrsfläche definiert werden, während die Flächeninanspruchnahme pro Kopf dort sinkt (vgl. Beckmann/Dosch 2018: 19). Darüber hinaus wird in den überwiegenden Großstädten auch weiterhin eine hohe Nachfrage nach Wohnraum erwartet und somit flächensparsame Nutzungen von Innenentwicklungspotenzialen eine hohe Bedeutung haben. Durch die hohe Nachfrage nach Wohnraum herrscht ein zusätzlich großer Druck auf bestehende Grün- und Freiräume, aus denen sich Zielkonflikte zur Klimaanpassung ergeben (vgl. Mittermüller 2020: 1). Denn aus klimatischer Sicht ist vor allem der Verlust an unbebauten und unversiegelten Freiflächen problematisch, da dies zu einer Verstärkung der städtischen Erwärmung gegenüber ihrem Umland führen. Da das Potenzial an Freiflächen in einer wachsenden Stadt mit immer knapperen öffentlichen Budgets begrenzt ist, müssen vorhandene Ressourcen intelligent genutzt werden, damit qualitätsvolle Freiräume für die unterschiedlichen Wünsche und Bedürfnisse der Bürger:innen bereitgestellt werden können.

2.2.2 Potenziale der Nachverdichtung und klimatische Aspekte

Mit der Priorisierung der Innenentwicklung vor der Außenentwicklung gewinnt die städtebauliche Nachverdichtung immer mehr an Bedeutung. Im fachlichen Diskurs wird die Innenentwicklung oftmals mit städtebaulicher Nachverdichtung gleichgesetzt. Eine eindeutige Definition des Begriffs "städtebauliche Nachverdichtung" fehlt bislang. In einem übergeordneten Verständnis umfasst die städtebauliche Nachverdichtung die bauliche Nutzung bisher unbebauter oder untergenutzter Flächen innerhalb einer bereits bestehenden Bebauung. Darüber hinaus wird unter Nachverdichtung ein bestimmter Potenzialtyp der Innenentwicklung verstanden. Demnach erfolgt Nachverdichtung auf Grundstücken, die bereits bebaut sind, allerdings über weitere bebaubare Freiflächen verfügen (vgl. BBSR 2014: 5).

Die Strategie der Nachverdichtung bietet in der wachsenden Stadt viele Vorteile, allen voran die Schaffung neuen Wohnraums im urbanen Raum. Zudem kann durch den Ansatz der Nachverdichtung ein Beitrag zur flächensparenden Stadtentwicklung geleistet werden, indem wenig Grundfläche verbraucht, aber im selben Zuge (Wohn)Raum für viele Bewohner:innen geschaffen wird. Infolgedessen kann auch mehr Flächenpotenzial für Grünräume im Umfeld der Gebäude entstehen. Zugleich wird durch die Verdichtung eine bessere Auslastung der bestehenden Infrastrukturen gewährleistet. So kann zum Beispiel bei der Anbindung einer U-Bahn-Station eine erhöhte Effektivität des öffentlichen Verkehrs durch mehr Bewohner:innen im Einzugsbereich erreicht werden. Des Weiteren

ist durch die Nachverdichtung eine Mischung von Wohnen und Arbeiten möglich (vgl. Köglberger 2016: 32). Im Zuge der Nachverdichtung ist die Behebung städtebaulicher Mängel möglich, wie etwa Schallschutz oder die qualitative Aufwertung des Wohnungsangebots in Bezug auf Ausstattung und Wohnungsgröße. Hierdurch kann auf soziodemographische Bedürfnisse eingegangen werden, in dem etwa Wohnungen für Single-Erwachsene, barrierearme Seniorenwohnungen oder Wohneinheiten für Familien geschaffen werden. Auch können funktionale Ergänzungen wie Läden oder Büros vorgenommen werden, die unter Umständen erst wieder durch die Nachverdichtungsmaßnahmen attraktiv werden (vgl. Schröer et al. 2013: 152).

Hinsichtlich der städtebaulichen Nachverdichtung ergeben sich nicht nur Vorteile, sondern auch negativ Aspekte. Ein Nachteil von Verdichtungsmaßnahmen besteht etwa durch die Verschattung anderer Gebäude, etwa bei Aufstockungen. Zudem sind die Maßnahmen oftmals mit hohen Baukosten verbunden, die nur bei hohen Grundstückspreisen oder Baulandmangel rentabel sind. Ein weiterer Nachteil zeichnet sich zudem dadurch aus, dass die städtische Nachverdichtung teils nur an gewissen Punkten möglich ist, aufgrund von Bauwidmung und Denkmalschutz (vgl. Köglberger 2016: 32). Darüber hinaus kommt es bei der Nachverdichtung zu einer Veränderung des Bodens. Dies könnte insbesondere in städtischen Gebieten mit wenig Grünanteil zu Problematiken führen, wie dem Verlust von Lebensräumen für Pflanzen und Tieren, Verlust der Versickerungsfunktion und der Verminderung des Grundwasserspiegels (vgl. Schubert 1998: 21). Zeitgleich kann es durch die Nachverdichtung aber auch zu einer Veränderung des ursprünglichen städtebaulichen Konzeptes kommen, wodurch wichtige Grün- und Freiräume reduziert werden. Des Weiteren ist es im Zuge von Nachverdichtungsmaßnahmen teils notwendig, dass technische Infrastrukturen als auch Mobilitätsangebote mitwachsen müssen. Ist dies nicht gegeben, kann es zu einer Überlastung der Infrastrukturen kommen. Darüber hinaus besteht bei Nachverdichtungsmaßnahmen eine soziale Komponente. So werden Nachverdichtungsmaßnahmen oftmals durch Anwohner:innen als gravierende Veränderungen wahrgenommen und somit negativ bewertet (vgl. Hahn/Franck 2014: 86).

Die aufgezeigten Vor- und Nachteile der städtebaulichen Nachverdichtung drücken sich in den Räumen abhängig von den Gegebenheiten verschieden aus und müssen gegeneinander abgewogen werden. Insbesondere die Möglichkeit zur Schaffung von Wohnraum und der gegenüberstehende Verlust des Freiraums stellen in Anbetracht der wachsenden Stadt eine zentrale Herausforderung dar (vgl. Baumüller 2018: 249). Das Einwirken von städtebaulichen Maßnahmen auf das Stadtklima im Zuge des Freiraumverlustes stellt auch für die Hitzeanpassung ein zentrales Konfliktfeld dar, welches verschiedene klimatologische Aspekte beinhaltet.

Konfliktfelder zwischen Nachverdichtung und Hitzeanpassung

Die Debatten rund um Nachverdichtung sind konfliktträchtig und kontroverser Bestandteil der aktuellen räumlichen Entwicklung (vgl. Welters 2016: 38). Insbesondere im Hinblick auf Klimaschutz und Klimaanpassung stellt sich die Frage, wie dicht ein urbaner Raum werden darf und wo die Grenzen der Nachverdichtung liegen, denn die zunehmende Verdichtung des Stadtkörpers kann zu einer Verschlechterung der thermischen Bedingungen führen. Dies ergibt sich etwa durch eine steigende Versiegelung durch Anbauten oder Umstrukturierungen und kann die thermische Belastung für Gebäude, Infrastrukturen und Menschen verstärken (vgl. BBSR 2014: 5). Überblickend ist festzuhalten, dass Maßnahmen der städtebaulichen Nachverdichtung sich vorwiegend auf die Temperatur und Windverhältnisse in Quartieren auswirken können. Vorwiegend werden Maßnahmen der Nachverdichtung über Einzelprojekte vorgenommen, die meist nur einen geringen Effekt auf das vorherrschende Mikroklima haben. Bei steigender Zahl der Projekte im Quartierszusammenhang kann es zu einer kumulativen Wirkung und somit zu negativen klimatischen Auswirkungen kommen (vgl. Welters 2016: 38).

Bisher wurden städtebauliche Nachverdichtung und Klimaanpassung oftmals als Gegensätze betrachtet, da eine zusätzliche Bebauung mit dem Verlust von Freiflächen und der Zunahme von Hitzeinseln gleichgesetzt wurde (vgl. BBSR 2014). Auch zwischen weiteren Zielen der räumlichen Entwicklung, des Klimaschutzes als auch zwischen den Zielen der Hitzeanpassung bestehen Konfliktfelder, die es für eine qualitative Raumentwicklung abzuwägen gilt (siehe Tab. 04) (vgl. Baumüller 2018: 249). Konkrete Ziele der Hitzeanpassung sind die Schaffung und Erhaltung von klimaaktiven Flächen, das Anpassen von Gebäudestrukturen an die Hitzebelastung, die Verbesserung der Verschattung sowie eine Verbesserung der Durchlüftung von Bebauungsstrukturen (vgl. Grossmann/ Sinning 202: 42). Diese Entwicklungsziele stehen neben der Verdichtung, etwa mit dem Schaffen neuer Verkehrsflächen und der Flächenausweisung für Neubauten aufgrund der zunehmenden Versiegelung in einem Zielkonflikt. Auch der Erhalt von kompakten Quartiersstrukturen sowie der Denkmalschutz können etwa für die Anpassung der Gebäudestrukturen an die Hitzebelastung oder die Verbesserung der Belüftung im Quartier ein Hindernis darstellen (vgl. Stadt Stuttgart 2016: 100). Im Rahmen einer qualitativen Nachverdichtung gilt es diese Entwicklungsziele gegeneinander abzuwägen und auszuhandeln. Hierbei bestehen einzelne Lösungsansätze und Hilfsinstrumente. So können etwa klimatische Strömungssimulationen oder Fachgutachten eine Bewertungsgrundlage für die Abwägung bieten (vgl. Baumüller 2018: 190). Auch Maßnahmen zur Kompensation, wie Gründächer oder Entsiegelung, für eine ansteigende Versiegelung durch beispielsweise Neubauten, können einen Lösungsansatz darstellen (vgl. BBSR 2014: 18).

| ntwicklung Ferdichtung vs. limaaktive lächen und uftschneisen | Schaffung/Erhaltung von klimaaktiven Flächen und zusammenhängenden Luftschneisen, Verbesserung der Durchlüftung von Baustrukturen | Rücksichtnahme bei der städtebaulichen Planung auf Kaltluftentstehung, Frischluftbahnen und versickerungsfähige Flächen. Notwendige Nutzung der Innenentwicklungspotenziale sollte durch Stärkung/Sicherung der | | | |
|---|--|---|--|--|--|
| limaaktive lächen und | von klimaaktiven Flächen und zusammenhängenden Luftschneisen, Verbesserung der Durchlüftung von | städtebaulichen Planung auf Kaltluftentstehung, Frischluftbahnen und versickerungsfähige Flächen. Notwendige Nutzung der Innenentwicklungspotenziale sollte durch | | | |
| | | Ausgleichsräume ausgeglichen werden sowie durch Sicherung des Durchgrünungsanteils. | | | |
| erdichtung vs. limaaktive lächen | Schaffung/Erhaltung von klimaaktiven Flächen | Klimatologische Beratung durch Fachgutachten; hitzeangepasste Gebäude- entwicklung | | | |
| ersiegelung vs. limaaktive lächen | Schaffung/Erhaltung von klimaaktiven Flächen | Festsetzen von Mulden- /Rigolensystemen und wasser- durchlässigen Belägen | | | |
| estand vs. Ourchlüftung | Verbesserung der Durchlüftung von Bebauungsstrukturen | Ermittlung von Engstellen durch Strömungssimulation. Ggf. können durch kleinere baulichstrukturelle Veränderungen im Bestand kleinere Verbesserungen erzielt werden. | | | |
| Penkmalschutz s. Änderungen m Gebäude | Anpassung von Gebäudestrukturen an die Hitzebelastung | Begrünung von Flachdächern im denkmalgeschützten Bereich, soweit sie das Gesamtbild der Dachlandschaft nicht stören. | | | |
| s | | | | | |
| Virtschaftliche Värmenetzver- orgung vs. eringe Dichte | Verbesserung der Durchlüftung von Baustrukturen | Keine dichte Bebauung in den kaltluftrelevanten Gebieten; Notwendige Nachverdichtung sollte Stärkung der Ausgleichsräume und Sanierung der Wirkräume in den Hauptluftleitbahnen ausgeglichen werden | | | |
| olar-Dach vs. Jachbegrünung | Anpassung von Gebäudestrukturen | Kombination ist möglich. Entscheidung je nach Standort | | | |
| Ziele der Hitzeanpassung | | | | | |
| egetation für erschattung vs. uftschneisen | Schaffung/Erhaltung von Durchlüftung | Simulation durch klimatologisches Gutachten. | | | |
| | imaaktive ächen ersiegelung vs. imaaktive ächen estand vs. urchlüftung enkmalschutz s. Änderungen m sebäude s /irtschaftliche /ärmenetzver- orgung vs. eringe Dichte plar-Dach vs. achbegrünung ng egetation für erschattung vs. | imaaktive ächen ersiegelung vs. imaaktive ächen ersiegelung vs. imaaktive ächen estand vs. verbesserung der Durchlüftung von Bebauungsstrukturen enkmalschutz s. Änderungen in gebäude enkmalschutz s. Änderungen in gebäude Verbesserung der Durchlüftung von Gebäudestrukturen an die Hitzebelastung Verbesserung der Durchlüftung von Baustrukturen Anpassung von Gebäudestrukturen orgung vs. eringe Dichte Polar-Dach vs. achbegrünung egetation für erschattung vs. Schaffung/Erhaltung von Durchlüftung von Durchlüftung von Durchlüftung von Durchlüftung von Durchlüftung | | | |

Tab. 04: Zielkonflikte einer hitzeresilienten Quartiersentwicklung (eigene Darstellung verändert nach Verband Region Stuttgart 2016: 102 f.)

Anforderungen der Vereinbarkeit und Potenziale für eine qualitative Nachverdichtung

Das Umweltbundesamt (UBA) positioniert sich hinsichtlich der Grenze der Nachverdichtung dahingehend, dass ein ausgewogenes Verhältnis zwischen einer baulichen Dichte und eine ausreichende unversiegelte Grün- und Freifläche bestehen muss, um gesunde Wohnverhältnisse mit hoher Umwelt- und Aufenthaltsqualität gewährleisten zu können. Dieses ausgewogene Verhältnis wird auch unter dem Leitbild der Doppelten Innenentwicklung diskutiert. Dieses Leitbild strebt an, "Flächenreserven im Siedlungsbestand nicht nur baulich, sondern auch mit Blick auf urbanes Grün zu entwickeln" und somit Quartiere mit hoher Lebensqualität zu schaffen (Böhm et al. 2016: 16). So soll die Verdichtung des Bestandes mit einer Verbesserung urbaner Natur und Landschaft verknüpft werden. Dies soll etwa durch Flächenrecycling, Nutzung von Baulücken und der behutsamen Verdichtung von Quartieren umgesetzt werden, um eine weitere Flächeninanspruchnahme zu vermeiden. Leitgedanke ist dabei, dass eine hohe urbane Lebensqualität durch architektonische und gut gestaltete Gebäude erreicht wird, die zugleich mit attraktiven und multifunktionalen Freiraum mit Aufenthaltsqualität in unmittelbarer Nähe ausgestattet sind. Hierbei sollten die Freiräume fußläufig oder mit dem Fahrrad gut zu erreichen und untereinander vernetzt sein. Zugleich sollen die Freiräume unterschiedliche Nutzungsansprüche erfüllen und gekoppelt mit einer (stadt-)ökologischen Funktion sein (vgl. BBSR 2016: 663). Die Strategie der Doppelten Innenentwicklung stellt einen zentralen Baustein für eine nachhaltige Stadtentwicklung dar. Zudem kann sie durch den besonderen Fokus auf einer qualitativen Nachverdichtung mit der Kopplung von Frei- und Grünräume, einen wesentlichen Beitrag zur Hitzeanpassung in Quartieren leisten (vgl. ebd.: 672). Durch eine gezielte Steuerung kann der Verlust von Freiflächen und die Zunahme von Hitzeinseln vermieden werden. So kann es im Idealfall im Zuge der Nachverdichtung zu einer erhöhten Raum- und Flächennutzung sowie zu einer günstigen Einwirkung auf das Stadtklima kommen.

Die städtebauliche Nachverdichtung bietet Handlungsspielräume und Potenziale für eine klimaangepasste Stadtentwicklung (vgl. BBSR 2014: 16). So ermöglicht das breite Spektrum der Nachverdichtungsansätze Flexibilität, um auf klimatische Gegebenheiten einzugehen. Zugleich können im Zuge einzelner Nachverdichtungsansätze Maßnahmen der Hitzeanpassung umgesetzt werden, um das Mikroklima im Quartier aufzuwerten (vgl. ebd.: 16; Welters 2016: 38). Bei der Umsetzung von Nachverdichtung entstehen zudem Synergien zur Klimaanpassung, wenn eine ausreichende Durchgrünung und zugleich eine intensive Nutzungsmischung vorhanden sind. Letztere impliziert eine gute Erreichbarkeit von Versorgungseinrichtungen und somit eine Reduktion des verkehrsbedingten CO₂-Ausstoßes (vgl. Birkmann et al. 2012: 43).

Inwieweit durch Nachverdichtungsmaßnahmen in das Mikro- und Mesoklima des Bestands eingegriffen wird, ist von dem angewandten Nachverdichtungsansatzes und der Bestandsstruktur abhängig (vgl. BBSR 2014: 18). Hinsichtlich der Nachverdichtungsansätze kann zwischen flächenbezogenen und gebäudebezogenen Potenzialen unterschieden werden:

Gebäudebezogene Potenziale

- Anbauten,
- Aufstockungen

Flächenbezogene Potenziale

- Umstrukturierung (Abriss und Neubau),
- Blockinnenverdichtung,
- Blockrandschließung
- Konversion/Umnutzung, (vgl. Welters 2016: 35).

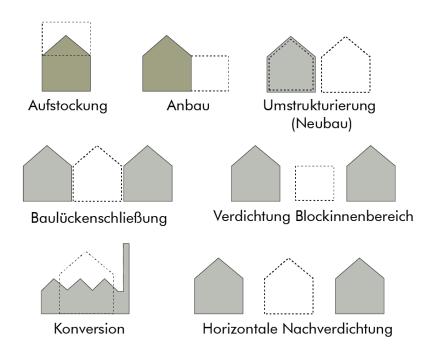


Abb. 14: Nachverdichtungspotenziale (eigene Darstellung)

Diese Ansätze der Nachverdichtung wirken sich bedingt durch das Maß der Versiegelung, das Einwirken auf die Durchlüftung, unterschiedlich auf das bestehende Mikroklima im Bestand aus und zeigen daher hinsichtlich einer qualitativen Nachverdichtung verschiedene Potenziale und Anforderungen auf.

Aufstockung

Bei diesem Nachverdichtungsansatz wird ein bestehendes Gebäude mindestens um ein Vollgeschoss aufgestockt. Hierunter fällt auch der Ausbau bestehender Dachräume zu Vollgeschossen (vgl. BBSR 2014: 7). Vorteil dieser Form der Nachverdichtung ist, dass keine Freiflächen in Anspruch genommen werden, sodass etwa eine weitere Versiegelung in hitzebelasteten Quartieren vermieden wer-

den kann. Durch die Ergänzung des Bestandsgebäudes um zusätzliche Geschosse wird eine vertikale Nachverdichtung umgesetzt. Dies ermöglicht zudem Raumgewinne ohne Flächenverlust (vgl. ebd.: 18). Dachgeschossausbau kann als geringer Eingriff in die Struktur und in das Mikroklima bewertet werden, da die Gestalt des Gebäudes nur geringfügig verändert wird. Die Aufstockung greift hingegen stärker in den städtebaulichen Charakter einer Siedlung oder eines Quartiers ein. Besonders geeignet sind Zeilenbauten mit Flachdächern. Die Grenzen der Aufstockung sind hinsichtlich der statischen Tragfähigkeit der Gebäudeteile sowie weiteren bauordnungsrechtlichen Anforderungen gesetzt (vgl. Welters 2016: 36). Grundsätzlich lässt sich die Aufstockung in mehreren Stadtstrukturtypen umsetzen, wie etwa aufgelockerten Wohnquartieren oder auch Innenstadtquartieren mit Altbaubeständen. Hier könnte durch die Rekonstruktion der ursprünglichen Gebäudehöhe und Raumproportionen das Stadtbild positiv beeinflusst werden (vgl. BBSR 2014: 18).

Anbau

Bei diesem Ansatz wird an ein bestehendes Gebäude ein neuer Gebäudekörper angebaut (vgl. ebd.: 7). Dies kann etwa durch eine Erweiterung der Nutzfläche einzelner Wohneinheiten oder auch durch die Errichtung zusätzlicher Wohneinheiten erfolgen (vgl. ebd.: 18). Durch die Maßnahme kann die städtebauliche Qualität erheblich verändert werden. Möglichkeiten der Umsetzung ergeben sich vor allem in Siedlungen mit einer ausreichenden Freiflächenversorgung, Baulücken sowie einem großzügigen Abstand. Es gilt Fragen hinsichtlich der Freiraumqualität und der bestehenden Verdichtungsnotwendigkeit abzuwägen (vgl. Böhm et al. 2016: 17). Bei einzelnen Anbauten kann von einer geringen klimatischen Einwirkung ausgegangen werden, mehrere oder größere Projekte können hingegen durchaus klimatische Effekte haben. Eine Verbesserung des Klimakomforts durch Anbauten ist in der Regel nicht zu erwarten. Es gilt somit kompensatorische Maßnahmen zu treffen, die auf den Umfang der Anbauten abgestimmt sein sollten (vgl. BBSR 2014: 18).

Umstrukturierung (Neubau)

Dieser Ansatz umfasst Nachverdichtungsmaßnahmen, bei denen bestehende bauliche Strukturen neu geordnet werden. Im Zuge von Abriss und Neubau kann die Gebäudetypologie verändert werden oder etwa ein neuer Straßenverlauf entstehen, wodurch es zu einer Neuordnung der städtebaulichen Situation kommt. Vorteil dieses Ansatzes ist seine Flexibilität hinsichtlich der Neugestaltung. So können etwa neben der Gebäudetypologie auch Raumkanten und Erschließungen auf bebauten und unbebauten Flächen erfolgen. Diese vielfältige Gestaltung zeigt sich auch in ihren klimatischen Folgen. Insbesondere bei großflächigen Maßnahmen ist von einer umfangreichen klimatischen Auswirkung auszugehen, ob diese positiv oder negativ entfällt hängt von der jeweiligen Ausgestaltung ab. So kann durch die Umstrukturierung eine dichtere Bebauung und somit eine schlechtere Belüf-

tung und ein Verlust an klimaaktiven Flächen entstehen, es können aber auch zusätzliche Grünflächen und Frischluftschneisen realisiert werden. Somit bietet diese Form der Nachverdichtung die Möglichkeit Städtebau und Klima miteinander zu vereinbaren (vgl. ebd.: 19).

Blockrandschließung

Diese Form der Nachverdichtung bezeichnet eine Bebauung von Lücken, welche sich im Blockrand befinden (vgl. ebd.: 7). Da diese städtebauliche Struktur vorwiegend in innerstädtischen Quartieren vorzufinden ist, bezieht sich diese Form der Nachverdichtung überwiegend auf diesen Raum. Bei den Baulücken handelt es sich überwiegend um kleine Flächen, wodurch meist nur einzelne Verdichtungsmaßnahmen umgesetzt werden können. Hier ist eine klimatische Auswirkung als gering einzuschätzen. Werden allerdings große Baulücken geschlossen oder es kommt zu einer großen Anzahl an Baulückenschließungen, kann es in dem Quartier zu einer kumulativen Wirkung kommen. Gerade bei Blockrandbebauung ist eine ausreichende Lüftung von Bedeutung. Zudem befindet sich die Blockrandbebauung meist in kompakt bebauten Quartieren (vgl. ebd.: 18).

Verdichtung im Blockinnenbereich

Bei diesem Ansatz der Nachverdichtung werden Flächen innerhalb bestehender Bauflächen genutzt, um zusätzliche Gebäude zu errichten. Maßnahmen dieser Art lassen sich aufgrund der Bebauungsstruktur vorrangig in Innenstadtquartieren und (innenstadtnahen) verdichteten Wohnquartieren vorfinden. Dieser Nachverdichtungsansatz kann zu umfangreichen negativen klimatischen Auswirkungen führen. Die typischen Innenhöfe dieser Bebauungsstruktur tragen durch die Begrünung meist zu einem angenehmen Mikroklima innerhalb der dicht bebauten und stark versiegelten Quartiere bei. Aufgrund dessen sollte abgewogen werden, welche Vorteile durch diese Nachverdichtungsform für die Innenentwicklung und welche klimatischen Nachteile sich für das Mikroklima ergeben. So sollte eine Verschlechterung der Wohnverhältnisse vermieden werden. Dies kann etwa auch durch kompensatorische Maßnahmen erzielt werden (vgl. ebd.: 19).

Konversion

Einen weiteren Nachverdichtungsansatz stellt die Konversion dar. Hierbei werden Brachflächen baulich und räumlich verändert (vgl. Welters 2016: 35). Dieser Ansatz unterscheidet sich von den anderen dadurch, dass auch eine funktionale Änderung erfolgt. Bei diesen Flächen handelt es sich oftmals um gewerbliche Brachen, aufgegebene Bahnflächen oder ehemalige Militärgelände. Die klimatischen Auswirkungen der Umnutzung von Konversionsflächen sind vom Einzelfall abhängig. Aufgrund der bereits bestehenden Bebauung und Versiegelung ist das Risiko einer Verschlechterung der klimatischen Bedingungen vergleichsweise gering. Der Ansatz bietet dafür die Möglichkeit der

Entsiegelung von Flächen und der Schaffung von Grünflächen, um das Mikroklima zu verbessern (vgl. BBSR 2014: 19.).

Horizontale Nachverdichtung

Darüber hinaus kommt die horizontale Nachverdichtung zum Tragen. Hierzu zählen etwa die weit gestreckten Reihenhaussiedlungen oder Einfamilienhaussiedlungen. Diese Form der Verdichtung ist allerdings nur bei ausreichendem Bauland effektiv und daher im innerstädtischen Bereich irgendwann ausgereizt. Vorteile dieser Art der Nachverdichtung liegen darin, dass neu erschlossene Quartiere mit einer Vielzahl von Wohneinheiten und einer Versorgungstruktur entstehen können und kaum Probleme mit Verschattung und mangelnden Lichtverhältnissen auftreten. Allerdings verbraucht die horizontale Nachverdichtung viel Fläche für wenig Bewohner:innnen und durch die Entstehung von solchen Siedlungen kann es zu verkehrstechnischen Problemen kommen (vgl. Köglberger 2016: 33). Um eine Vereinbarkeit von Nachverdichtung und Hitzeanpassung zu erlangen, ist insbesondere die Bestandssituation ein wichtiger Faktor. Hierbei lässt sich zwischen vier städtebaulichen Strukturtypen unterscheiden, die hinsichtlich einer qualitativen Nachverdichtung verschiedene Anforderungen hinsichtlich eines Nachverdichtungsansatzes stellen:

- "dichte Strukturen (fast vollständig versiegelt, vorwiegend im Stadtzentrum)
- kompakte Strukturen (Blockrandbebauung mit einzelnen Grünflächen, vorwiegend am Innenstadtrand)
- offene Strukturen (offene Bauweise, vorwiegend in Stadtrandlage)
- heterogene Strukturen (gemischte Bautypologien, oft in Übergangsbereichen verschiedener Nutzungen/ Bautypen)" (BBSR 2014: 20).

Dichte städtebauliche Strukturen zeichnen sich durch einen hohen Versiegelungsgrad und eine hohe Bebauungsdichte aus. In solchen Gebieten ist die Hitzebelastung meist hoch. Aufgrund dessen ist eine Nachverdichtung behutsam umzusetzen. Um die Durchlüftung weiter zu gewährleisten und die Versiegelung nicht weiter voranzutreiben, eignet sich hier die Aufstockung (vgl. ebd.: 20).

In Quartieren mit kompakten Strukturen sind überwiegend Blockrandbebauungen vorherrschend, ergänzt durch begrünte Innenhöfe, die sich positive auf das Mikroklima auswirken können (vgl. Pauleit et al. 2019: 61). Die klimatische Situation ist in diesen Gebieten meist empfindlich und sollte durch die Nachverdichtung nicht gefährdet werden (vgl. BBSR 2014: 29). Aufgrund dessen sollte eine gezielte Steuerung der Einzelprojekte erfolgen, um kumulative Auswirkungen zu vermindern. Die kompakten Strukturen bieten meist Potenzialfläche zur Schließung von Blockrändern, aber auch Aufstockungen und Umstrukturierungen sind denkbar. Es sollte allerdings darauf geachtet werden, dass

Gebiete mit offenen Bebauungsstrukturen wie beispielsweise einer Zeilenbebauung finden sich meist in Stadtrandlage und bieten aufgrund ihrer Bauweise viele Freiräume. Hinsichtlich einer qualitativen Nachverdichtung bieten sich hier die meisten Potenziale an, da hier überwiegend ein unproblematisches Mikroklima herrscht und zahlreiche Flächenpotenziale bestehen. Zudem sind meist alle Nachverdichtungsansätze möglich (vgl. BBSR 2014: 29). Im Zuge der Nachverdichtung gilt es allerdings zu beachten, die Durchlüftung des städtischen Gebiets nicht zu umfassend zu beeinflussen. So spielt die Gestaltung des Siedlungsrandes eine maßgebliche Rolle für die Reichweite der Kaltluft des Umlandes in den Siedlungskörper (siehe Kapitel 2.2.2).

Neben den drei beschriebenen Strukturtypen gibt es zudem Gebiete mit einer heterogenen Bebauung. Hier ist das Potenzial der Nachverdichtung stark einzelfallabhängig. Grundsätzlich sind, sowohl städtebaulich als auch aus stadtklimatischer Sicht, Umstrukturierungen zu empfehlen (vgl. ebd.: 20).

Durch die Möglichkeit der Kumulation negativer Auswirkungen durch die Nachverdichtung ist es notwendig eine quartiersbezogene Steuerung umzusetzen und auch kleinere Nachverdichtungsprojekte mit Kompensationsmaßnahmen zu verknüpfen (vgl. Welters 2016: 38). In der Praxis zeichnet sich das Bild ab, dass Nachverdichtungsmaßnahmen meist in kleinräumigem Maßstab umgesetzt werden. Eine Einbettung in eine gesamtstädtische Strategie sowie eine einhergehende Bewertung der Freiflächen in Hinblick auf klimarelevante Flächen fehlt meist. Oftmals werden Nachverdichtungsprojekte nach individuellen "Zufallskriterien" beurteilt. So bestehen etwa innerhalb der Kommunen keine formulierten "Spielregeln" hinsichtlich des Verfahrensablaufes oder der Schaffung von städtebaulicher Qualität. Um eine qualitative Nachverdichtung zu ermöglichen würden strategische Konzepte und kleinräumige Aussagen zur erforderlichen Freiraumausstattung und der Klimarelevanz von Freiflächen eine unterstützende Wirkung haben und zudem das Nachverdichtungspotenzial quantitativ einschränken (vgl. Welters 2016: 37).

Das Ziel der maximalen Flächennutzung im Sinne einer baulichen Entwicklung ist mit einer qualitativen Innenentwicklung, den zu erwartenden Folgen des Klimawandels und einem qualitativen Lebensraum nicht miteinander zu vereinbaren. Es stellt sich die Frage, welches Maß der Dichte verträglich ist, um sowohl eine kompakte Stadt als auch eine hohe Lebensqualität auch im Rahmen der zunehmenden Hitzebelastung zu ermöglichen. Hier kann festgehalten werden, dass das richtige Maß sich einzelfallbezogen gestaltet und abgewogen werden muss. So kann die bauliche Dichte für Quartiere nicht an einem Dichtewert festgelegt werden, sondern sie ergibt sich aus den fallspezifischen Vor- und Nachteilen, durch die sich der Raum charakterisiert (vgl. Frerichs et al. 2018: 288).

Durch eine gezielte Steuerung können Klima- und Umweltbelange innerhalb der städtebaulichen Nachverdichtung berücksichtigt werden. Somit kann durch eine qualitative Nachverdichtung eine bauliche Dichte geschaffen werden, die ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Freiraum und Bebauung und ein Mindestmaß an Qualität innehat (vgl. Gstach/Berding 2016: 672).

2.3 Strategien und Maßnahmen für eine hitzeangepasste Innenentwicklung

Kommunen sind maßgebliche Akteure in Hinblick auf die Anpassung der Städte an den Klimawandel. So gestaltet sich etwa die Hitzebelastung und ihre Folgen und somit auch die urbane Verwundbarkeit auf lokaler Ebene differenziert aus, sodass Lösungsansätze auf die Gegebenheiten vor Ort zugeschnitten sein müssen. Für die Klimaanpassung gewinnt das Konzept der resilienten Stadtentwicklung zunehmend an Bedeutung und soll im folgenden Abschnitt vorgestellt werden. Zudem werden zentrale Planungsstrategien sowie Maßnahmen der Hitzeanpassung und ihre klimatische Wirkung für die Quartiersebene abgebildet, die die Grundlage für eine hitzeresiliente Quartiersentwicklung bilden.

2.3.1 Resiliente Stadtentwicklung

(Stadt)Gesellschaften stehen zukünftig multiplen Risiken gegenüber. Sie sind aufgrund ihrer Dichte und einer Vielzahl von komplex verzahnten Infrastrukturen sowie ihrer Abhängigkeit von empfindlichen technischen, wirtschaftlichen, politischen und sozialen Prozessen sowie aufgrund von Naturkatastrophen, Seuchen, Epidemien und ökonomischen Krisen und nicht zuletzt den Folgen des Klimawandels in verschiedener Hinsicht vulnerabel und stehen unter besonderem Handlungsdruck. In einer Stadt bündeln sich demnach verschiedene Vulnerabilitäten einer modernen Gesellschaft (vgl. Christmann et al. 2016: 183; Kuhlicke 2018: 366). Zukünftig wird die Aufgabe darin bestehen, die Städte krisensicher zu gestalten und sich proaktiv auf zukünftige Störungen vorzubereiten (vgl. Christmann et al. 2016: 18). Mit dem Konzept einer resilienten Stadtentwicklung wird davon ausgegangen, dass das Eintreten unterschiedlicher gefährdeter Ereignisse wie Klimafolgen nicht mehr vermieden werden kann.

Begriffseinordnung urbane Resilienz

Der Begriff der Resilienz wird in unterschiedlichen Wissenschaftsdisziplinen verwendet. Abgeleitet wird der Begriff aus dem lateinischen Wort resilire, was so viel wie zurückspringen heißt (vgl. Bibliographisches Institut 2018). Seinen Ursprung findet der Resilienzbegriff im Bereich der Psychologie, hier gehört der Begriff seit Jahrzehnten zum gängigen akademischen Wortschatz. In der Psychologie ist der Begriff verbunden mit der Entdeckung des Phänomens Stress (vgl. Kegler 2014: 19). Die Resilienz steht in diesem Sinne für die psychische Widerstandskraft als Fähigkeit einer Person für eine positive persönliche Entwicklung durch die Bewältigung von Krisen (vgl. Brüstle 2015: 3). Infolge dieses Ursprungs breitet sich der Resilienzbegriff seit den 1970er Jahren auch in anderen Wissenschaftsdisziplinen aus und gewinnt in seiner Interpretation an Breite und Tiefe (vgl. Kegler 2014: 62). Vor allem in der Ökologie, insbesondere in der Ökosystemtheorie und -forschung findet der

Begriff der Resilienz vermehrt Anwendung. Die Resilienz wird als Fähigkeit eines Ökosystems verstanden, nach einer Störung in seinen Ausgangszustand zurückzukehren und dient als ein zentrales Stabilitätskonzept (vgl. Holling 1973). Weiter hat die Umweltwissenschaft in den 1990er Jahren dazu beigetragen, dass der Resilienzbegriff weiter getragen wurde und in andere Fachgebiete Etablierung gefunden hat (vgl. Kegler 2014: 20). So wird der Begriff auch in sozial- und wirtschaftswissenschaftlichen Fachbereichen diskutiert und adaptiert. In der Soziologie wird der Begriff Resilienz als die Fähigkeit von Gesellschaften beschrieben, äußere Störungen bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung oder schneller Wiederherstellung der Systemfunktionen standzuhalten (vgl. Kegler 2014: 20 f.; Fekkak et al. 2016: 10).

Zunehmend wird der Resilienzbegriff auch in der (politischen) Diskussion um die Transformation von Städten verwendet. In der Stadtplanung stellt die Befassung mit dem Begriff der Resilienz ein vergleichsweise neues Gebiet dar und wird seit Beginn der 2000er Jahre diskutiert. Im Fokus steht hier oftmals die Widerstandsfähigkeit, teilweise auch die Anpassungsfähigkeit urbaner Räume gegenüber klimatischen Extremereignissen, die im Zuge des Klimawandels tendenziell häufiger auftreten werden (vgl. Trapp/Winker 2020: 23). Nach de Flander (2014: 284) wurde der Resilienzbegriff im raumplanerischen Kontext wie folgt definiert:

"Ein aufgeklärter Resilienzbegriff ist ein explizit zukunftsorientierter Ansatz, der sich nicht nur über Widerstand oder Wiederherstellung definiert, sondern ausdrücklich als die Fähigkeit zur Selbsterneuerung verstanden wird. Die Resilienz von Städten und Regionen bedeutet, dass urbane Systeme flexibler, robuster und intelligenter gestaltet werden müssen."

Demnach soll eine resiliente Stadt oder Gesellschaft über eine hohe Anpassungskapazität verfügen und im Stande sein, sich reaktiv als auch proaktiv an sich wandelnde Umweltbedingungen anzupassen und sich von den negativen Folgen rasch zu erholen (vgl. Birkmann et al. 2013: 212). Das Ziel soll es sein, die generelle Widerstands-, Regenerations- und Entwicklungsfähigkeit von natürlichen und gesellschaftlichen Systemen zu erhalten. Aufgabe der Stadtplanung ist es, Strategien und Instrumente zu entwickeln, um grundlegende städtische Funktionen auch unter den Bedingungen von Stress und Störungen aufrechtzuerhalten. Jedoch muss an dieser Stelle auch erwähnt werden, dass der Resilienzbegriff im Kontext der Stadtplanung vielfach wissenschaftlich und theoretisch geprägt ist und daher auch noch weitgehenden abstrakt definiert wird (vgl. Fekkak et al. 2016: 8). Im Zuge der Hitzeanpassung und Klimafolgen ist der Hitzestress des menschlichen, tierischen und pflanzlichen Organismus als hitzebedingte Belastung zu verstehen. Zudem können Hitzewellen eine Störung des Systems darstellen (siehe Kapitel 2.1.3).

Der Resilienzbegriff im Sinne einer "resilienten Stadt" wird je nach Forschungsansatz und Verständnis unterschiedlich interpretiert. Grundsätzlich ist sich die Forschungslandschaft darüber einig, dass es bei der städtischen Resilienz "um mehr als nur die Reaktion auf Krisen oder Prävention gegenüber Katastrophen geht" (Kegler 2014: 41). Im Zuge des Begriffs wird häufig das Konzept der urbanen Vulnerabilität untersucht. In der Literatur zeigt sich, dass die Bildung von Resilienz in der Gesellschaft immer als Reaktion auf potenzielle Verletzlichkeiten verstanden werden muss. Wie bereits erwähnt, wird die Vulnerabilität im städtischen Kontext als Empfindlichkeit von Städten oder städtischen Teilstrukturen durch ihre Exposition gegenüber natürlichen Katastrophen als Beeinträchtigung gesehen (vgl. Bürkner 2010: 23; Kegler 2014: 20). Die Auseinandersetzung mit der Schadensanfälligkeit ist insbesondere in der Naturgefahrenforschung von Systemen oder einer Gesellschaft ein wichtiges und schon lang etabliertes Forschungsfeld. Daher besteht im deutschsprachigen Raum ein Überschuss von Studien zur Verwundbarkeit von Städten im Verhältnis zu entsprechenden Resilienz-Studien (vgl. Fekete/Hufschmidt 2016: 156 f.). Oft greifen damit die Konzepte Resilienz und Vulnerabilität ineinander. Mit einer Abnahme der Vulnerabilität kann die Zunahme der Resilienz einhergehen und umgekehrt. Hervorzuheben ist jedoch, dass die beiden Konzepte "weder als eindeutige Gegensätze noch als interagierende Komponenten zu betrachten sind" (ebd.: 51).

Das Konzept der Resilienz

In der planerischen Praxis auf städtischer Ebene steht die Beschreibung allgemeiner Merkmale einer resilienten Stadtentwicklung derzeit im Fokus. Ziel ist es, Anforderungen an Planungs- und Steuerungsprozessen zu formulieren, um die Resilienz von Städten zu erhalten oder gar zu steigern. In vielen Resilienzforschungen wird allerdings auch betont, dass es keine allumfassende Resilienz eines Systems gibt (vgl. bspw. Resilience Alliance 2010). "Es gibt nicht 'die' resiliente Stadt, sondern Resilienz kann immer nur Bezug auf ein konkretes Stressereignis oder Stressszenario ermittelt werden" (BBSR/BBR 2018: 16).

Ausgehend von dem evolutionären Resilienzverständnis entwickelten Davoudi et al. (2013: 311) ein vierdimensionales Rahmenwerk für den Aufbau einer konzeptionellen Resilienz (siehe Abb. 15). Dieser konzeptionelle Rahmen soll dabei helfen, Leitvorstellungen einer nachhaltigen Entwicklung, die nicht auf die Anforderungen einer resilienten Entwicklung eingehen, zu antizipieren. Nach Greiving (2018: 2064) soll das Konzept der Resilienz das bestehende Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung nicht ersetzen, jedoch sinnvoll erweitern. So können zum Beispiel Prozesse der Klimaanpassung auf neue dynamische und ganzheitliche Weise betrachtet werden (vgl. Homagk 2019: 28).

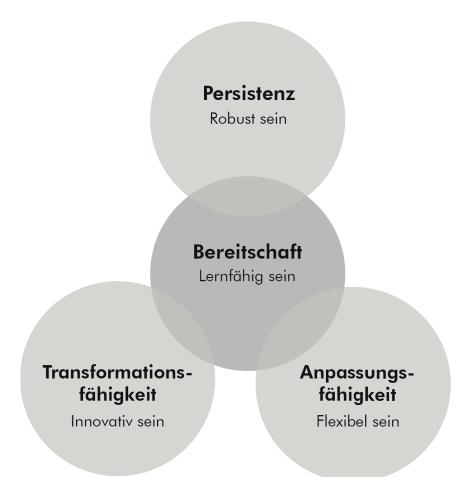


Abb. 15: Vierdimensionales Rahmenwerk der Resilienz (eigene Darstellung nach Davoudi et al. 2013: 311)

Aus dem evolutionären Resilienzverständnis geht zunächst die Persistenz eines Systems als wesentliche Voraussetzung für die Resilienz hervor. Dabei sollen robuste Strukturen Widerstand gegenüber Störungen ermöglichen. Durch das zweite Verständnis des Begriffs aus dem Bereich der Ökologie (siehe oben) wird die Systemeigenschaft um die Anpassungsfähigkeit erweitert, welche die Anpassung an die Folgen etwaiger abrupter oder allmählicher Störungen beschreibt (vgl. Kegler 2014: 39). Dabei bilden die beiden Begriffe Robustheit und Anpassungsfähigkeit die Dualität des Resilienzkonzeptes ab (BBSR/BBR 2018: 16). Die Transformationsfähigkeit als dritte Komponente der Resilienz beschreibt die Fähigkeit der Transformation von Stadtgesellschaften, indem sie ihre Lebensbedingungen mit aktivem und innovativem Handeln nachhaltig gestalten. Dabei geht es nicht nur darum einen Wettbewerbsvorteil gegenüber anderen Stadtgesellschaften anzustreben, sondern einen transformativen Zustand aufzubauen, um einen resilienten Charakter der Stadt zu erreichen (vgl. Kegler 2014: 40). Dabei besteht der Unterschied zwischen Transformation und Anpassungsfähigkeit in dem Grad der Veränderung und den daraus resultierenden Ergebnissen. Die Grenzen zwischen den beiden Komponenten werden in der Literatur teilweise als unscharf bewertet. Ergänzt werden die drei Komponenten von der Bereitschaft eines Systems. Demnach muss eine Stadt bzw. Stadtgesellschaft aus jeder Störung lernen, um die Widerstandskraft zu erneuern (vgl. ebd.: 86). Hierbei geht es einerseits um die Sammlung von Erfahrungen und Wissen und andererseits um die Identifizierung von Schwachstellen und Chancen (vgl. Davoudi et al. 2013: 311 ff.). Die Lernfähigkeit bildet die Voraussetzung der dynamischen Komponenten zum Aufbau von Resilienz, da sie nur erworben und aufrechterhalten werden kann, wenn strategische Lernfähigkeiten entwickelt werden.

Zusammenfassend gilt für die Planungspraxis für die Entwicklung von resilienten Stadtstrukturen, dass sowohl Städte als auch Quartiere unterschiedliche Ausgangslagen und Fähigkeiten besitzen und damit auch unterschiedlich fähig sind Stress und Störungen zu verarbeiten. Daher muss die Stadtplanung bei der Entwicklung von Konzepten zur Resilienz auf unterschiedliche Dynamiken der Städte reagieren und diese bei der Planung von Maßnahmen berücksichtigen. Im folgenden wissenschaftlichen Diskurs zu Merkmalen resilienter Siedlungsstrukturen zeigt sich, dass Merkmale der Resilienz aus unterschiedlichen Perspektiven beleuchtet werden.

Merkmale von resilienten Siedlungsstrukturen im Kontext der Klimaanpassung

Wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, bietet das Resilienzkonzept einen theoretischen Rahmen für die Entwicklung einer resilienten Stadt im Zuge der Klimafolgenanpassung. Im wissenschaftlichen Diskurs wird eine Reihe von unterschiedlichen Merkmalen resilienter Siedlungsstrukturen beschrieben, die sich an den oben beschriebenen Komponenten der Resilienz orientieren. Insbesondere können dafür die Merkmale der Resilienz nach Gotschalk (2003), Greiving (2009/2018), Beatley (2009), Knieling (2012) und Frekkak (2016) als Ausgangslage für die Übertragung des Resilienzkonzeptes auf Siedlungsstrukturen dienen. Die von den Autor:innen aufgestellten Merkmale dienen auch dazu, Konzepte und Leitbilder im Hinblick auf resiliente Siedlungsstrukturen hin zu beurteilen.

Godschalk (2003) beschreibt im Diskurs der Katastrophenforschung die folgenden acht Kriterien der Resilienz:

- "Redundanz Sichern des Weiterbestehens eines Systems bei Ausfall einer Komponente durch Verknüpfen sich ergänzender Komponenten
- Diversität Schützen des Systems gegenüber der Bandbreite der Folgen von Extremereigniss durch Verknüpfen unterschiedlicher Komponenten
- Effizienz Sichern eines positiven Verhältnisses von selbst erzeugter gegenüber bezogener Energie
- Eigenständigkeit die Fähigkeit unabhängig von äußerer Kontrolle zu agieren
- Stärke die Fähigkeit Extremereignissen zu widerstehen
- Verflochtenheit Verbinden einzelner Komponenten, so dass sie sich unterstützen
- Anpassungsfähigkeit Lernen von Erfahrungen und Ermöglichen von flexiblen Reaktionen
 Zusammenarbeit Ermöglichen und Fördern von Partizipation" (Knieling et al. 2012: 15)

Mit den acht Kriterien der Resilienz operationalisiert Godschalk das Resilienzkonzept für Städte und Siedlungsstrukturen, allerdings ohne konzeptionelle Anhaltspunkte für die konkrete Ausgestaltung der Siedlungsstrukturen. Das Resilienzkonzept befindet sich damit noch auf einem sehr hohen Abstraktionsniveau und bezieht sich vor allem nur auf den Umgang mit Naturkatastrophen und terroristische Angriffe, also Extremereignissen. Schleichende Veränderungen werden dabei nicht berücksichtigt (vgl. Knieling et. al 2012: 16). Für die Entwicklung von Bewertungskriterien resilienter siedlungsstruktureller Konzepte bieten sich allerdings Ansatzpunkte an, besonders die Kriterien, welche sich auf eine baulich-räumliche Struktur beziehen. Die Kriterien Anpassungsfähigkeit und Zusammenarbeit finden allerdings weniger Berücksichtigung für die Beurteilung von resilienten siedlungsstrukturellen Konzepten, da sie in diesem Zusammenhang auf soziale Systeme abzielen und nur indirekt Einfluss auf bauliche Strukturen nehmen (vgl. ebd.).

Im Diskurs um die Integration von Klimaschutz und -anpassung in der Stadtplanung entwickelten Greiving et al. (2009) die Prinzipien von katastrophenresilienten Systemen weiter mit dem Ziel städtebauliche Leitbilder in Bezug auf ihre Eignung für die Klimaanpassung als auch für den Klimaschutz zu bewerten. Hierfür knüpft Greiving (2018) an die von Godschalk beschriebenen Kriterien Redundanz, Diversität, Exposition, Effizienz und Stärke an und arbeitet Gestaltungsmerkmale heraus (vgl. Knieling et al. 2012: 16).

Die Redundanz zielt nach dem Verständnis von Greiving auf die Vermeidung von monostrukturellen städtebaulichen Entwicklungen ab, um die Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems auch dann aufrechtzuerhalten, wenn einzelne Teile vorübergehend ausfallen, weil sie von einem Extremereignis betroffen sind. Die Diversität zielt nach Greiving vor allem auf das Stadtklima ab und unterscheidet sich damit im Begriffsverständnis zu Godschalks Ansatz, der die gesamte Bandbreite der Folgen von Extremereignisse einbezieht. Eine hohe Diversität dient laut Greiving insbesondere durch den Wechsel zwischen Infrastruktur, Gebäuden und Grünbereichen als eine Voraussetzung für ein angenehmes Stadtklima. Das Kriterium Exposition zielt auf die Minimierung der Ausweitung der Siedlungsfläche zur Verringerung der Exposition der Siedlungsflächen gegenüber Extremereignisse und Klimaänderungen ab. Das Merkmal Effizienz meint die Verringerung von CO₂ im urbanen Raum. Die Stärke konzentriert sich nach Greiving auf die Robustheit neu entwickelter Siedlungsflächen zur Verringerung des negativen Einflusses von (klimabedingten) Extremwetterereignissen oder schleichender Umweltveränderungen. Damit bezieht sich Greiving in seinem Ansatz auch auf schleichende Umweltveränderungen und legt den Fokus besonders auf neu entwickelte Siedlungsflächen (vgl. Greiving et al. 2018: 2066 f.).

Weiter nennt Greiving zudem wesentliche Orientierungsschwerpunkte, die an Prinzipien einer nachhaltigen und resilienten Raumentwicklung angelehnt werden sollten:

- "hinreichend hohe Dichte,
- Erhalt bzw. Schaffung von Freiräumen,
- engmaschiges Infrastrukturnetz,
- Vermeidung zu hoher Infrastrukturkonzentration" (ebd.: 2067).

In seiner Auswertung kommt Greiving zu dem Ergebnis, dass bereits etablierte Leitbilder in der Raumordnung wie Ansätze der kompakten Siedlungsentwicklung bzw. der dezentralen Konzentration weitgehend den Erfordernissen einer resilienten Entwicklung entsprechen. Jedoch formuliert Greiving auch Optimierungsbedarf, da zum Beispiel gebündelte und konzentrierte Infrastrukturen wie Verkehrswege und Versorgungsleitungen oder fehlende Ausweichmöglichkeiten wie weitmaschige Infrastrukturnetze, die Anfälligkeit gegenüber Klimafolgen erhöhen (vgl. ebd.).

Auch der Bewertungsansatz resilienter Küstenstädte nach Beatley (2009: 73 f.) ist auf Siedlungsstrukturen übertragen worden. Dabei geht der Autor davon aus, dass unterschiedliche räumliche Maßstabsebenen vom Quartier bis zu einer gesamten Region und darüber hinaus bei resilienten Küstenstädten differenziert zu betrachten sind (vgl. ebd.: 10 f.). Innerhalb der Städte unterscheidet Beatley nach Siedlungs-, Freiraum- sowie Infrastrukturen. Auch die Merkmale unterscheiden sich in Teilen zu den beiden vorangegangenen Ansätzen. So wird das Kriterium der Effizienz nach Beatley nicht mit aufgegriffen. Die Redundanz kann nach Beatley durch nutzungsgemischte Strukturen erzielt werden. Das Merkmal der Diversität bleibt gleichbedeutend zu Greivings Ansatz, jedoch zielt es in diesem Kontext nicht nur auf stadtklimatische Aspekte ab. Im Sinne der Diversität bietet es sich zudem durch das kleinräumige Mischen von bebauten und unbebauten Bereichen an, Flächen für Regenwasserrückhaltung zu nutzen und die fußläufige Erreichbarkeit von Grünflächen zu erhöhen. Über die quantitative Komponente des Begrenzens der Siedlungsflächenexpansion durch kompakte Strukturen umfasst das Merkmal der Exposition auch einen qualitativen Aspekt. Gefährdete Bereiche werden demnach durch Extremereignisse weitgehend von baulichen Anlagen und Infrastrukturen freigehalten. Der Ansatz misst Freiräumen wie Feuchtgebiete, Wälder und an Ufern gelegenen unbebauten Bereichen eine besondere Bedeutung für den Sturmflut- und Sturmschutz bei. Für das Merkmal der Stärke gilt das gleiche in Bezug zu lebensnotwendigen linearen Infrastrukturen in von Extremereignissen betroffenen Bereichen. In Extremsituation ist ihre Funktionsfähigkeit durch eine robuste Ausführung sicherzustellen. Als ergänzendes Merkmal benennt der Ansatz nach Beatley die Förderung gesunder Lebensstile und sozialer Beziehungen. So können auf kleinräumiger Ebene

kompakte und fußgänger:innenfreundliche Landnutzungen sowie qualitativ hochwertige öffentliche Räume dieses Ziel umsetzen. Im Ergebnis wird bei den Merkmalen eine indirekte Wirkungsweise unterstellt, die kaum hergeleitet werden kann (vgl. Knieling et al. 2012: 17 f.).

Der Bewertungsansatz für klimaangepasste Siedlungsstrukturmodelle von Knieling et al. (2012) baut auf den zuvor genannten Ansätzen resilienter Städte auf. Hierbei unterscheidet der Ansatz zwischen der gesamtstädtischen und stadtregionalen sowie Quartiersebene. Zudem gliedern sich die Bewertungskriterien in die Bestandteile von Siedlungen, also in die Freiraum-, Siedlungs- und Infrastruktur (vgl. Knieling et al. 2012: 18). Aufgrund des Bewertungsansatzes auf Quartiersebene scheint dieser Ansatz im weiteren Verlauf der Arbeit besonders geeignet um zur Operationalisierung für die Bewertung von hitzeangepassten Siedlungsstrukturen für den Bezirk Eimsbüttel zu dienen.

Auf der Quartiersebene werden von Knieling et al. (2012: 18 f.) die Merkmale Redundanz, Exposition, Stärke und Diversität herangezogen. Die Redundanz ist dabei auf Quartiersebene ein wichtiges Merkmal. Sie zielt auf das Mischen der unterschiedlichen Nutzungen innerhalb der Siedlungsflächen ab. Dies erlaubt eine alternative Bedienformen bei einem Ausfall einzelner Komponenten. Zudem kann durch kompakte Strukturen eine Reduktion der Siedlungsflächenexpansion gefördert werden. Für die Verringerung der Exposition sollten von Extremereignissen gefährdete Bereiche von Infrastruktur und Bebauung freigehalten werden. Auf Quartiersebene sind besonders kleinräumige differenzierte Auswirkungen wie Überschwemmungen durch Starkregenereignisse, zu berücksichtigen. Das Kriterium Stärke zielt darauf ab, dass verbindende Infrastrukturen, die in gefährdeten Bereichen nicht vermeidbar sind, robust gegenüber den Folgen von Extremereignissen sein sollten. In bestehenden, von Extremwetterereignissen betroffenen Siedlungsbereichen, sind nach Knieling et al. auch robuste bauliche Strukturen vorstellbar. Die Diversität zeigt sich durch das kleinräumige Mischen von Siedlungs- und Grünflächen, um die Effekte der städtischen Wärmeinseln zu mindern sowie die Versiegelung einzugrenzen und nahräumig Erholungsflächen für die Bevölkerung zu schaffen.

Merkmale hitzeangepasster Siedlungsstrukturen

Die Anpassung an den Klimawandel stellt eine neue Herausforderung für die Stadtplanung dar und wird von vielschichtigen Einflussfaktoren tangiert. An dieser Stelle treffen zum einen das Phänomen des städtischen Wärmeinseleffekts, das auf Basis des Wärmespeichervermögens des Stadtkörpers entsteht, und andererseits der Klimawandel, der für eine generelle Steigerung der Durchschnittstemperatur und immer häufiger auftretende Hitzeperioden verantwortlich ist, aufeinander. Dabei ist hinsichtlich des Klimawandels nicht vollständig abzusehen, in welchem Ausmaß und mit welchen konkreten Folgen dieser auftreten wird. Die Prognosen stellen lediglich eine Schwankungsbreite dar,

die als Orientierungswert dient (vgl. Stadtschreiber 2017: 2). In diesem Kontext muss die Anpassung an die zunehmende Hitzebelastung und zur Minderung des städtischen Wärmeinseleffekts auf verschiedene Arten umgesetzt und auf unterschiedlichsten Ebenen stattfinden. So kann mit Maßnahmen zur Anpassung an die Hitze pro-aktiv agiert oder auf Klimaänderungen reagiert werden. Im besten Fall ermöglichen Anpassungsmaßnahmen die Vulnerabilität dem Klimawandel gegenüber zu verringern bzw. die vorgezeichnete Resilienz in diesem Fall gegenüber der Hitzebelastung zu erhöhen (vgl. BMLFUW 2012).

Die gemeinsam beschlossene Zielsetzung der Vereinten Nationen, die globale Erwärmung auf unter 2 °C zu begrenzen im Rahmen der Klimakonferenz in Paris (COP 2015), um erhebliche Folgen für Mensch und Natur zu vermeiden, rückt die Klimaanpassung in den letzten Jahren weiter in den politischen Fokus. Den Rahmen der Klimaanpassung auf nationaler Ebene geben die Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS 2008) und der Aktionsplan (Aktionsplan DAS 2008) vor. Aufbauend darauf sind die Städte und Regionen aufgefordert, lokale Strategien zur Anpassung an den Klimawandel im Hinblick auf ihre räumliche Lage und Betroffenheit zu entwickeln (vgl. BBSR 2014: 6). Ein Schwerpunkt liegt darin, die übergeordneten Anpassungsstrategien von Bund und Ländern räumlich und strukturell zu konkretisieren (vgl. Jacoby/Beutler 2013: 33). Dabei benennt die DAS die Kommunen als maßgebliche Akteure bei der Bewältigung der Klimafolgenanpassung vor dem Hintergrund, da sich die Auswirkungen des Klimawandels lokal unterschiedlich darstellen und die Sensitivität und Anpassungsfähigkeit sich in den jeweiligen Siedlungsstrukturen unterscheiden aufgrund von baulicher Beschaffenheit, sozioökonomischen und ökologischen Faktoren sowie regionalen unterschiedlichen Klimadynamiken (vgl. BMVBS 2011: 20). Somit sollte die Anpassung an den Klimawandel vor allem auf regionaler und lokaler Ebene stattfinden (vgl. DAS 2008: 60). Die lokalen Auswirkungen müssen identifiziert und vor Ort passende Lösungen für den Umgang mit den Klimarisiken und –folgen gefunden werden, um Menschen und die bauliche Umwelt und Vegetation zu schützen (vgl. UN 2011: 3 ff.).

Aus diesem Grund sollten im Rahmen lokaler Anpassungsstrategien an die zunehmende Hitzebelastung Anforderungen entwickelt werden, um beurteilen zu können, inwieweit die jeweiligen Siedlungsstrukturen in den Quartieren klimaangepasst bzw. hitzeangepasst ausgestaltet sind. Für die Operationalisierung zur Erweiterung und Anpassung von Merkmalen für hitzeangepasste Siedlungsstrukturen, wird zur Bewertung und Entwicklung von Anforderungen vor allem ein integrativer Ansatz verfolgt, der soziale, technologische, ökologische und ökonomische Aspekte der Verwundbarkeit beachtet. Dabei kommen im Feld der Hitzeanpassung besonders soziale und ökologische Aspekte zum Greifen, da es in Anbetracht von Hitzefolgen bei unzureichenden Schutz- und Vorsorgemaßnahmen

zu einer erheblichen Beeinträchtigung der Lebensqualität kommen kann (siehe Kapitel 2.1.3). Die Hitzebelastung führt insbesondere zu Gesundheitsbelastungen und kann bis zur akuten Gefährdung von Menschenleben führen (vgl. Fekkak et al. 2016: 20). Dabei rückt zunehmend, neben der Hitzebelastung in Wohngebäuden, auch die Belastung während der beruflichen Tätigkeiten in Bürogebäuden, Werkstätten oder unter freiem Himmel in den Vordergrund. Von Bedeutung ist es daher sowohl siedlungsstrukturelle Resilienzziele als auch das Ziel zur Verbesserung der Lebensqualität gemeinsam zu betrachten, da Hitzeperioden und die damit verbundene Betroffenheit und Belastung die Qualität des Lebens und Arbeiten in den Städten enorm beeinträchtigen kann (vgl. Fekkak et al. 2016: 20).

Bei der Entwicklung resilienter Anforderungen auf Quartiersebene wird auf Informationen und Fakten aus den bisherigen theoretischen Grundlagen Bezug genommen. Die formulierten Anforderungen sollen einen gewünschten Soll-Zustand hitzeresilienter Quartiere darstellen, die durch eine Problembehandlung in den jeweiligen Siedlungsstrukturen erreicht werden können. Die operationalisierten Anforderungen nehmen auf der vertikalen Ebene Bezug auf die ausgewählten Resilienzmerkmale, die entscheidend für die Quartiersebene sind. Auf horizontaler Ebene werden die städtebaulichen Raumstrukturen vorangestellt, die das Ergebnis des Zusammenwirkens aller für den Zustand eines Raumes wesentlich Faktoren sind (vgl. ARL 2021a). Unter dem Begriff Siedlungsstruktur ist die räumliche Verteilung von errichteter Bebauung in einem bestimmten Gebiet zu verstehen. Dabei unterliegt deren Ausgestaltung allerdings nicht nur ökonomischen Faktoren, sondern auch geographischen, klimatischen und administrativen Gegebenheiten (vgl. ebd.). Unter der Siedlungsstruktur wird in diesem Rahmen auch die Nutzungsstruktur eines Gebiets betrachtet. Der Begriff Freiraum wird als unbebaute Fläche bezeichnet und beschreibt den planerischen Umgang mit offenen Flächen im Innenbereich von Siedlungen. "Zu Freiräumen im Sinne des Begriffs zählen etwa Gärten, Siedlungsgrün, Straßen und Plätze, Grünzüge, Parks und Friedhöfe, unbebaute Brachflächen oder Spiel- und Sportplätze" (ARL 2021b.). Er zeichnet sich durch einen naturnahen Zustand aus (vgl. Walz o.J.: 124). Mit dem Begriff der Infrastruktur ist die technische Infrastruktur gemeint. Sie beinhaltet zum Beispiel technische Einrichtungen für Verkehr und Kommunikation sowie die Energie- und Wasserversorgung (vgl. bpb 2021).

Eines der wichtigsten Kriterien im Feld hitzeangepasster Siedlungsstrukturen auf Quartiersebene ist die Diversität (siehe Greiving). Diese zielt darauf ab, den Effekt der städtischen Wärmeinsel zu verringern, die wärmefördernde Versiegelung zu begrenzen und nahräumliche Frei-, Grün- und Erholungsflächen für die Bevölkerung und für den stadtklimatischen Ausgleich zu schaffen. Besonders in einem verdichteten Quartier mit einem hohen Versiegelungsgrad ist es wichtig, dass sich die

vorhandenen Frei- und Grünräume im Gebiet verteilen und aus verschiedenen Grünkomponenten bestehen, um eine kumulative Klimawirkung im Gebiet und eine höhere Gesamtflächenwirksamkeit zu erzeugen (vgl. Baumüller 2018: 98; Richter 2021). Zudem wird die Erreichbarkeit von Frei- und Grünflächen durch die Verteilung im Gebiet erhöht, was wiederum Hitzestress aufgrund des Zugangs zu einem guten Mikroklima senken kann (vgl. Rößler 2010: 9). Im Bereich der Siedlungsstruktur ist ein ausgewogenes Verhältnis zwischen der baulichen Dichte und unversiegelten Frei- und Grünräumen dahingehend entscheidend, um gesunde Wohnverhältnisse mit Umwelt- und Aufenthaltsqualität zu gewährleisten (vgl. Böhm et al. 2016: 16). Im Idealfall wird eine Fläche im Quartier entsiegelt, sofern an anderer Stelle eine Versiegelung im Gebiet stattfindet (vgl. Richter 2021). Durch den Wechsel von bebauten und unbebauten Strukturen können hochversiegelte Bereiche vermieden bzw. von Grün- und Freiflächen durchbrochen werden. Die Mischung von Siedlungs-, Frei- und Grünflächen ist daher eine relevante Eigenschaft von hitzeangepassten Siedlungsstrukturen. Durch eine diverse Mehrfachnutzung der bestehenden Fläche des Straßenraums als Aufenthalt-, Grünund Verkehrsraum kann dieser einen besonderen Mehrwert für eine hitzeresiliente Stadt bieten (vgl. Pfanner 2020: 51).

| Merkmal | Freiraum | Siedlungsstruktur | Infrastruktur |
|------------|--|--|---|
| Diversität | Multifunktionale Flächen mit einer Mischung aus verdunstungsaktiven und versickerungs- fähigen Flächen | Ausgewogenes Verhältnis zwischen baulicher Dichte und unversiegelten Grün- und Freiflächen | Umgebaute Infrastrukturräume, wie Verkehrstrassen, kanalisierte Gewässer zu einer grünen vernetzen Infrastruktur |
| Redundanz | Unterhaltungskonzepte bzw. Bewässerungssysteme für die Vegetation | Nutzungsgemischte Quartiere | Fußgänger:innen- und radfahrer:innengerechte durchgrüntes Wegenetz Ausgebautes klimafreundliches ÖPNV-Netz |
| Exposition | Erhalt und Schaffung von Freiflächen in gefährdeten Bereichen | Vermeidung von großflächigen Neubauten und Versiegelung in gefährdeten Bereichen | Versickerungsfähige und verdunstungsaktive Flächen Verschattung des Straßenraums |
| Stärke | Klima- und standortangepasste Vegetation | Verbesserte Verschattung, Oberflächengestaltung und Durchlüftung | Multifunktionale Flächennutzung Verbesserte Durchgrünung und Durchlüftung |

Tab. 05: Operationalisierte Resilienzmerkmale für hitzeangepasste Siedlungsstrukturen auf Quartiersebene (eigene Darstellung)

Die Redundanz ist ebenfalls ein zentrales Kriterium, sie äußert sich bei einem Ausfall einzelner Komponente durch alternative Bedienformen (vgl. Knieling et al. 2012; Fekkak et al. 2016). Bezogen auf den Bereich der Grün- und Freiraumstruktur bedeutet dies, dass bei einer Hitzewelle bei Vegetationsflächen und weniger hitzeresistenten Begrünungen Hitzestress hervorgerufen wird und diese Räume keine Verdunstungskühle mehr erzeugen können. Somit entstehen konkrete Anapssungsbedarfe für öffentliche und private Grünflächen sowie für Stadtbäume. Gefordert sind daher innovative Unterhaltungskonzepte, die für die Vegetation Bewässerungssysteme vorsehen sowie beschattete Grünflächen vermeiden (vgl. Fekkak et al. 2016: 23). Nutzungsgemischte Quartiere, die alle notwendigen Daseinsfunktionen abdecken, tragen vor allem zur Verbesserung der Lebensqualität bei und können bei Hitzestress durch kurze Wege der Bevölkerung Erleichterung beschaffen (vgl. Birkmann et al. 2012: 43). Im Bereich der Infrastruktur sollten alternative Bedienformen durch vielfältiges vernetztes und klimatisiertes ÖPNV-Angebot geschaffen werden sowie ein durchgrüntes und vernetztes Radund Wegenetz, um während einer Hitzewelle eine Mobilität mit möglichst wenig Hitzestress für die Bevölkerung zu ermöglichen.

Von Extremereignissen gefährdete Bereiche zeichnen sich durch eine heute oder zukünftig hohe Hitzebelastung und Vulnerabilität gegenüber den Hitzefolgen aus. Für die Verringerung der Exposition gilt es die betroffenen Bereiche besonders von weiterer Bebauung und Versiegelung freizuhalten. Im Bereich des Freiraums ist es für die Verringerung bzw. zur Vermeidung eines Anstiegs der Exposition besonders zentral, die vorhandenen Grün- und Freiflächen zu erhalten sowie neue Freiräume zu schaffen. Des Weiteren sollten auch im Bereich der Siedlungsstruktur großflächige Versiegelungen durch Neubauten in gefährdeten Bereichen, die etwa heute oder auch zukünftig vom städtischen Wärmeinseleffekt betroffen sind, vermieden werden (vgl. BBSR 2014: 19). Im Bereich der technischen Infrastruktur sind versickerungsfähige und verdunstungsaktive Flächen anzulegen und eine durchgehende Verschattung im Straßenraum anzustreben. Dies kann dazu führen die Wärmeentwicklung innerhalb des Raumes im Zuge einer Hitzewelle zu senken und zudem die Straßenräume an die zukünftige Hitzebelastung anzupassen (vgl. Pauleit 2020: 62).

Ein weiteres Merkmal hitzeangepasster Siedlungsstrukturen stellt die Stärke im Sinne der Widerstandsfähigkeit gegenüber der Hitzebelastung dar. Im Rahmen der Anpassung an die Hitze zeigen sich widerstandsfähige, starke Siedlungsstrukturen im Bereich der Frei- und Grünräume durch klima- und standortangepasste Vegetation. Die Vegetation muss die zukünftig zunehmende Wärme und Trockenheit in einem erhöhten Ausmaß bewältigen und ihre volle Wirkung für die Hitzereduktion durch ihre erzeugte Verdunstungskühle entfalten können (vgl. BBSR 2015: 38). Zudem kann eine anpassungsfähigere Vegetation auch zu einem geringeren Aufwand im Unterhalt führen. Im

Bereich der Siedlungsstruktur ist für eine ausreichende und umfassende Verschattung sowie wärmereduzierten Oberflächengestaltung und Durchlüftung zu sorgen. Außerdem ist die Entwicklung von multifunktionalen Flächen im Bereich der technischen Infrastruktur ein wichtiger Aspekt der Widerstandsfähigkeit, um Flächen für ein natürliches Regenwassermanagement zu schaffen und gleichzeitig Verdunstungskühle zu erzeugen (vgl. Dickhaut 2021). Auch die Wasserversorgung in den Siedlungsbereichen sowie ausreichende Grünräume, die einen Einfluss auf das Mikroklima auf Quartiersebene nehmen, sind wichtige Aspekte für eine hitzeangepasste Siedlungsstruktur.

In diesem Kontexte spielt zudem die Sensibilisierung der Bevölkerung gegenüber den Hitzefolgen eine zentrale Rolle für eine hitzeresiliente Stadtentwicklung. Im Falle einer Hitzewelle können Einwohner:innen somit eigenständig Maßnahmen ergreifen, die vor Hitzestress schützen. Hierzu zählen beispielsweise das Vermeiden von langen Aufenthalten in unbeschatteten Bereichen oder das Lüften zur passenden Tageszeit, um die Sommerhitze gar nicht erst in den Wohnraum zu lassen (vgl. Hensel/Westermann 2020: 51). Auch das Implementieren eines Hitzewarnsystems auf städtischer Ebene kann dazu beitragen die Einwohner:innen vor einer gesundheitlichen Belastung zu schützen (vgl. UBA 2021b: 6). Hinsichtlich der Sensibilisierung ist jedoch anzumerken, dass diese, da sie in diesem Zusammenhang auf das soziale System abzielt, nur einen indirekten Einfluss auf die bauliche Struktur hat.

2.3.2 Planungsstrategien und Maßnahmen der Hitzeanpassung

Auf lokaler Ebene haben die Kommunen die Aufgabe, geeignete Strategien zu entwickeln, um die zunehmende Hitzebelastung in Städten zu minimieren. Hierbei sollten städtische Strukturen so gestaltet werden, dass eine natürliche Kühlung systematisch gefördert wird (vgl. Baumüller 2018: 78). In der Raumplanungsliteratur werden primär vier Strategien benannt, die dazu beitragen können, wärmebelastete Quartiere zu kühlen und Bebauungsstrukturen der zukünftig zunehmenden Hitze anzupassen: Durchlüften, Kühlen, Oberflächen gestalten und die Verbesserung der Aufenthaltsqualität (siehe Tab. 06) (vgl. Baumüller 2018: 81; Becker 2019: 233). Die Anwendung der Strategien könne bei einer Umsetzung auf Quartiersebene zu einer Verbesserung des Mikroklimas führen.

Diese Strategien lassen sich durch zwei Ansätze unterscheiden. Zum einen stehen die Verringerung der Aufheizung des städtischen Raums im Fokus sowie die Verringerung des städtischen Wärmeinseleffekts (vgl. Baumüller 2018: 78). Hierbei erzielen die Strategien übergreifend verschiedene Wirkungseffekte hinsichtlich der Kühlung. So wird durch die Strategie der gesteuerten Durchlüftung eine Senkung des städtischen Wärmeinseleffekts durch Luftaustauschs erreicht. Durch die Steigerung der Albedo und der Minderung der Sonneneinstrahlung auf Oberflächen kann die Wärmeentwicklung

von Bebauungsstrukturen verringert werden. Durch das Begrünen und die Förderung von Verdunstung im urbanen Raum kann eine Reduzierung des städtischen Wärmeinseleffekts und die Aufwertung des Mikroklimas erreicht werden. Der zweite Ansatz zielt auf den Menschen und sein Wohlbefinden ab. Hier ist das Ziel, den klimatischen Komfort des Menschen zu sichern und Hitzestress zu verringern (vgl. ebd.: 78). Dies erfolgt durch die gezielte Verbesserung der Aufenthaltsqualität öffentlicher Räume. Im Folgenden sollen diese Ansätze der einzelnen Planungsstrategien skizziert sowie konkrete Maßnahmen und ihre Wirkungspotenziale dargestellt werden.

| Anpassungsstrategie | Effekt |
|-----------------------|---|
| Durchlüften | Senkung des städtischen Wärmeinseleffekts durch Luftaustausch und Steigerung des klimatischen Komforts |
| Oberflächen gestalten | Verringerung der Wärmeentwicklung durch Steigerung der Albedo und Minderung der Sonneneinstrahlung |
| Begrünen | Senkung des städtischen Wärmeinseleffekts durch Verdunstungskühle und Beschattung |
| Verdunsten | Senkung des städtischen Wärmeinseleffekts durch Verdunstungskühle und Bewirtschaftung des Wasserhaushaltes |

Tab. 06: Planungsstrategien der Hitzeanpassung (eigene Darstellung)

Durchlüften

Eine weitgehend räumlich übergeordnete Strategie ist die Förderung der Durchlüftung von Städten, um Hitzebelastung durch mangelnden Abtransport der Luftmassen vorzubeugen und zu mindern. Insbesondere der Wärmeabtransport durch kühle Luftzufuhr in der Nacht ist hinsichtlich des städtischen Wärmeinseleffekts von erheblicher Bedeutung, damit die morgendliche Erwärmung von einem tieferen Niveau beginnen kann und somit die Maxima abgeschwächt werden. Aufgrund dessen wird empfohlen das natürliche Belüftungs- und Kühlungssystem aufrechtzuerhalten und wenn möglich zu verbessern. Dies kann dazu beitragen das durch den Klimawandel hervorgerufene gesteigerte Erwärmen der urbanen Räume und den hierdurch hervorgerufenen Hitzestress zu mindern (vgl. Baumüller 2018: 146).

| Maßnahme | Wirkungspotenzial |
|---|---|
| Sicherung großflächiger Kaltluftentstehungsgebiete | KaltluftproduktionAbfluss von warmer Luft |
| Gestaltung von Kaltluftleitbahnen | Transport von Kaltluft in belastete Räume |
| Windgerechte Optimierung von Siedlungs- und Bebauungsstruktur | Verringerung des ReibungsverlustesBegünstigung der Ventilation |

Tab. 07: Maßnahmen der Planungsstrategie Durchlüften (eigene Darstellung)

Im Allgemeinen kann eine klimaoptimierte städtebauliche Planung der Bebauungsstruktur die Durchlüftung einer Stadt begünstigen, indem der Kaltlufttransport in den Siedlungsbereichen verbessert wird und die lokalen thermischen erzeugten vertikalen Aufwinde gefördert werden (vgl. Baumüller 2018: 156). Bei der Umsetzung der Planungsstrategie auf Quartiersebene gilt zu beachten, dass die Durchlüftung der Gesamtstadt sich aus regionalen Winden und lokalen Windsystemen zusammensetzt und großflächig wirkt (vgl. ebd.: 77). Somit gilt es Quartiere in dem gesamtstädtischen Kontext der Durchlüftung zusammenhängend zu betrachten und einzuordnen.

Eine Maßnahme, die auf gesamtstädtischer Ebene zum Tragen kommt, ist die Sicherung von bestehenden Kalt- und/oder Frischluftentstehungsgebieten in urbanen Räumen. Dies ist schon seit langem ein zentrales Aufgabenfeld der Stadtplanung, welches durch den Klimawandel zunehmend an Bedeutung gewinnt (vgl. Birkmann et al. 2012: 41). Eine zentrale Maßnahme, sowohl auf gesamtstädtischer als auch auf Quartiersebene, ist die Gestaltung von urbanen Luftleitbahnen. Diese lassen sich sowohl in einem gesamtstädtischen Kontext als auch auf Quartiersebene ausgestalten und wirken somit sowohl auf das Mikroklima des Quartiers als auch auf das gesamte Stadtbelüftungssystem. Luftleitbahnen lassen hinsichtlich ihrer klimatischen Eigenschaft zwischen Ventilationsbahn, Kaltluftbahn und Frischluftbahn differenzieren. Bei einer Ventilationsbahn handelt es sich um eine Luftleitbahn, die sich aus einem unterschiedlichen thermischen und lufthygienischen Niveau zusammensetzt. Kaltluftleitbahnen besitzen eine kühlere Luftmasse in Bezug zum Siedlungskörper und setzen sich zudem auf einem unterschiedlichen lufthygienischen Niveau zusammen (vgl. Mayer et al. 1994: 265). Kaltluftleitbahnen und -flächen mit reliefbedingtem Kaltluftabfluss, zum Beispiel entlang von Grünräumen, Fließgewässern oder Bahntrassen können dazu beitragen, dass kühle unbelastete Luft in der Stadt oder im Umland in die hoch verdichteten, belasteten Stadtquartiere transportiert wird (vgl. BBSR 2015: 41). Frischluftbahnen sind Leitbahnen mit einer lufthygienischen unbelasteten Luftmasse, allerdings mit einem unterschiedlichen thermischen Niveau (vgl. Mayer et al 1994: 265).

Im Zuge einer hitzeangepassten Durchlüftung gilt es zu beachten, welche Luftleitbahnen im Quartier bestehen, wie diese gestaltet sind und welche Potenzialflächen gegebenenfalls bestehen, um eine effektive Belüftung zu sichern oder gegebenenfalls zu optimieren. Anfang der 1990er wurden Anforderungen an Flächen zur Eignung als funktionsfähige Luftleitbahn definiert. Die Breite der Leitbahn auf Stadtquartiersebene soll mindestens 30 m betragen, auf gesamtstädtischer Ebene mindestens 50 bis 100 m. Dabei kann sich die Bebauung negativ auf die Windzirkulation auswirken, da die Kaltluft überwiegend bodennah auftritt. Im Idealfall sollten Luftleitbahnen daher im Quartier von einer Bebauung freigehalten werden. Darüber hinaus ist es für den Kaltluftfluss förderlich, wenn die Luftleitbahn unversiegelt ist, da sich die Luftmasse so weniger stark aufheizt (vgl. Baumüller 2018:

153). Auch die Vegetation kann sich auf die Fließgeschwindigkeit auswirken und die Abflussmenge reduzieren, im Vergleich zur Bebauung allerdings geringfügiger (vgl. Sachsen 2013: 195). Bei Hindernissen in der Luftleitbahn sollte das Verhältnis von Hindernishöhe zu horizontalem Abstand der Hindernisse unter 0,1 für Gebäude und unter 0,2 für Bäume sein und die längere Seite des Hindernissen parallel zur Achse der Luftleitbahn ausgerichtet sein, um den Strömungsfluss nicht zu hindern. Die Hindernisse innerhalb der Luftleitbahn sollten hierbei eine Höhe von 10 m nicht überschreiten (vgl. Henninger/Weber 2019: 118).

Zur Schaffung bzw. Sicherung von Kaltluftleitbahnen können Flächen unterschiedliche Nutzungen aufweisen. So sind etwa landwirtschaftlich genutzte Flächen, Naherholungsflächen, private Grünflächen oder Wasserflächen, Bahntrassen oder Straßenflächen zum Kaltlufttransport geeignet (vgl. Baumüller 2018: 154). Mit diesen Nutzungen gehen verschiedene Eigenschaften und somit die Eignung als Luftleitbahn einher (siehe Tab. 08).

| Luftleitbahn | Eigenschaften | Eignung |
|--------------------------------|--|--|
| Ein- und Ausfallstraßen | Geringe Rauigkeitslänge am Tage starke Aufheizung der Bodenoberfläche nachts langsame Abkühlung der Oberfläche Kfz-Emissionen | Die Eignung ist nicht ohne Weiteres gegeben; eine Luftqualitätsanalyse ist hinsichtlich der potenziellen Immissionen ratsam. Eine Verbesserung der Luftqualität ist kaum zu erwarten |
| Bahntrassen | geringe Rauigkeitslänge am Tage starke Aufheizung der Bodenoberfläche nachts starke Abkühlung der Schotterflächen | Sollte auf diesen Flächen kein Diesellokbetrieb herrschen, ist die Eignung zu empfehlen; ansonsten ist keine Verbesserungen der Luftqualität zu erwarten |
| Grünflächen und Parkanlagen | teilweise geringe Rauigkeitslänge am Tage kaum Aufheizung der Bodenoberfläche Möglichkeit der Entwicklung einer Eigenwindzirkulation keine Freisetzung von Emissionen Filterung luftgetragener Inhaltsstoffe | Die Eignung ist zu empfehlen und eine Verbesserung der Luftqualität zu erwarten. |
| Fließ- und Stillgewässer | äußerst geringe Rauigkeitslänge am Tage, bei entsprechender Größe, kaum Aufheizung Möglichkeit der Entwicklung einer Eigenwindzirkulation geringe Freisetzung von Emissionen Senke für luftgetragene Inhaltsstoffe | Die Eignung ist zu empfehlen und eine Verbesserung der Luftqualität zu erwarten. Allerdings kann der warme Wasserkörper (nachts) den thermischen Effekt der Leitbahn minimieren. |

Tab. 08: Luftleitbahnen und ihre Eignung für den Kaltlufttransport (eigene Darstellung nach Henninger/Weber 1019: 118 f.)

So können etwa Kaltluftabflüsse, die in einem Reinluftgebiet gebildet wurden, in der Nacht zur urbanen Kühlung beitragen. Allerdings ist hier zu beachten, dass bodennahe kalte Luftmassen auf ihrem Weg aber auch Luftschadstoffe wie Verkehrsemissionen aufnehmen und transportieren. Hierdurch kann es zu einer Verschlechterung der Luftqualität im Quartier führen. Des Weiteren bringen etwa Ein- und Ausfallstraßen meist eine starke Aufheizung der Bodenoberfläche am Tag mit sich, Straßen kühlen zudem nachts nur langsam aus, was wiederum zu einer verlangsamten lokalen Abkühlung führt. Für die Stadtplanung ist es somit zentral bei der Gestaltung von potenziellen Kaltluftabflüssen die Gebiete sowohl quantitativ als auch qualitativ zu bestimmen. Diese Flächen sollten für die Eignung als Luftleitbahn überprüft werden, um ein funktionierendes Stadtbelüftungssystem aufzustellen. Hierfür müssen auf Quartiersebene entsprechende potenzielle Leitbahnen identifiziert und gesichert werden, um eine zusammenhängende Durchlüftung der Bebauung zu ermöglichen. Aber auch kleinräumige Luftleitbahnen können auf Quartiersebene zu einer Verbesserung der klimatischen Situation beitragen (vgl. NVK 2013: 33). Diese Gebiete sollten somit keinesfalls für eine Bebauung freigegeben werden. Diese Flächen sind als sehr sensibel zu betrachten, da wie beschrieben bereits kleinste Hindernisse die Luftströmung beeinträchtigen können (vgl. Henninger/Weber 2019: 118).

Ein weiterer Ansatz die urbane Hitzebelastung durch Durchlüftung zu senken, besteht darin, die Siedlungs- und Bebauungsstruktur windgerecht zu optimieren, sodass die Durchlüftung sowohl im Quartier als auch auf gesamtstädtischer Ebene verbessert wird. So kann mit einer zielgerichteten Planung über die Durchlässigkeit der Bebauungsstruktur oder die Anordnung größerer Freiflächen die Abschwächung der Windgeschwindigkeit vorgebeugt werden (vgl. Baumüller 2018: 147). Dies kann etwa durch das Einbeziehen der vorherrschenden Hauptwindrichtung des Quartiers in die Planung geschehen. Somit kann zugleich im Quartier als auch auf gesamtstädtischer Ebene eine Aufwertung erzielt werden (vgl. Baumüller 2018: 156). Allerdings ist die Veränderung der gebauten Struktur oftmals nicht möglich (vgl. Kleerekoper et al. 2012: 33). Es ergeben sich jedoch Chancen bei größeren Stadtumbauprojekten bzw. Neubauquartieren, bei denen die Durchlüftung stärker einbezogen werden kann (vgl. Birkmann et al. 2012: 41). Insbesondere hinsichtlich der Nachverdichtung sollte der Aspekt der bestehend Durchlüftungswirkungen sowie etwaige Veränderungen durch neue Bebauungen in die Planung einbezogen werden, um einer Verschlechterung der klimatischen Situation vorzubeugen (siehe Kapitel 2.2.2). Auch durch die Planung von Gebäudehöhen kann die Durchlüftung in Quartieren verbessert werden. Insbesondere der Gestaltung von Quartieren am Siedlungsrand kommt hier eine besondere Stellung zu. So spielt die baustrukturelle Ausgestaltung eine maßgebliche Rolle für den Einwirkungsbereich der Kaltluft in den gesamtstädtischen Siedlungsbereich (vgl. Baumüller 2018: 154). Damit die Frischluft auch bei schwachen Strömungen in den urbanen Raum gelangen und diese durchlüften kann, sollte am Stadtrand keine allzu große Flächenausdehnung und Bebauungsdichte vorherrschen. Die Bebauung sollte vielmehr eine aufgelockerte Form vorweisen und keinen abgeriegelten Bebauungsgürtel bilden, um eine thermische Entlastung zu fördern (vgl. MVI BW 2012: 227). Zudem ist es für die Ventilation in Städten günstiger, wenn die

Gebäude in Quartieren der Stadtrandlage niedriger sind. Hierdurch wird die Windgeschwindigkeit nicht gleich am Siedlungsrand abgeschwächt und macht eine Überströmung möglich, denn je höher ein Gebäude ist, desto größer ist der Reibungsverlust durch die größere Oberfläche und es kommt zu einer verringerten Windgeschwindigkeit. Die Hochhäuser wirken somit als Windbremser. Dieser Effekt sollte bei der Standortwahl von Hochhäusern beachtet werden (vgl. Baumüller 2018: 148).

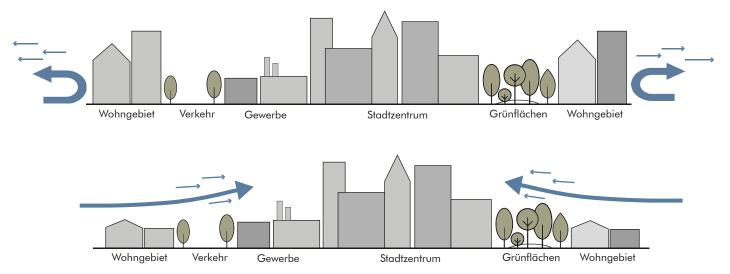


Abb. 16: Bebauung als Strömungshindernis (eigene Darstellung nach VM BW 2012: 230)

Oberflächen gestalten

Wie in Kapitel 2.1.1 dargestellt, tragen versiegelte Flächen und die Baumaterialen wie Beton, Asphalt oder Stein zur Überwärmung der Stadt bei. Um die Wärmeentstehung im urbanen Raum zu minimieren, gilt es die Oberflächen klimaangepasst zu gestalten. Eine Möglichkeit, die Aufheizung des Materials zu minimieren, besteht darin, den Reflexionsgrad der Materialoberfläche (Albedo-Wert) durch gesteigerte Rückstrahlung zu verbessern, um die Wärmespeicherung des Materials zu reduzieren (vgl. ebd.: 139). Insbesondere der Typ Oberflächenwärmeinsel (siehe Kapitel 2.1.2) kann hierdurch adressiert werden (vgl. Henninger/Weber 2019: 100). Dieses Prinzip führt nicht nur zu einer Verbesserung des Mikroklimas im Quartier, sondern kann großflächig angewandt auch auf das gesamte Stadtklima wirken (vgl. Baumüller 2018: 139). Durch ein Simulationsmodell für Sacramento (Kalifornien) konnte festgestellt werden, dass durch die Erhöhung der stadtweiten Albedo von 25 auf 40 Prozent ein Temperaturrückgang von 1 °C bis 4 °C erreicht werden kann. Durch eine Erhöhung der Gebäudealbedo von 9 auf 70 Prozent kann der jährliche Kühlungsbedarf um 19 Prozent reduziert werden (vgl. Kleerekoper et al. 2012: 33). Zugleich ist diese Form der Hitzeanpassung eine der kostengünstigsten Möglichkeiten den städtischen Wärmeinseleffekt zu reduzieren (vgl. Kleerekoper et al. 2012: 33; Becker 2019: 41). Zwar sind die thermischen Effekte nicht so ausgeprägt wie etwa die, die mit Vegetation erzielt werden können, allerdings zeichnet sich dieser Ansatz durch eine gute technische und finanzielle Machbarkeit aus. Somit können größere Flächen abgedeckt werden, wodurch weitreichende Ergebnisse erzielt werden (vgl. Kleerekoper et al. 2012: 33). Insbesondere im Bestand haben diese Maßnahmen ihr Potenzial. So kann im Zuge von Erneuerungsarbeiten ohne erhebliche Zusatzkosten auf helle Farbe umgerüstet werden und somit ein Gewinn für das Mikroklima erzielt werden. Allerdings stehen auch mögliche Konflikte mit den Zielen des Denkmalschutzes oder des Kulturerbes im Raum (vgl. Stadtschreiber 2017: 46). Konkrete Maßnahmen sind hierbei das Aufhellen von Straßenbelägen, Fassaden und Dächern (vgl. Kleerekoper et al. 2012: 33). Durch den Einsatz von Belägen mit heller Farbe kann die Rückstrahlkraft erhöht werden und eine Aufheizung des Bodens verringert werden (vgl. BBSR 2015: 41). Das Aufhellen mit Farbe von Belegen kann insbesondere bei öffentlichen Plätzen, bei denen aufgrund ihrer Nutzungsintensität keine Begrünung möglich ist, eine Alternative sein, wie beispielsweise bei Verkehrsflächen. So kann etwa die Zugabe von weißem Splitt den Asphalt aufhellen und somit die Albedo steigern (vgl. BBSR 2015: 41).



Abb.17: Stadt mit weißem Putz auf der griechischen Insel Santorini, Griechenland (Vaclavikova 2018)

Durch eine helle Fassadengestaltung kann die Sonnenenergie besser zurückgestrahlt werden. Hierdurch heizen sich die Gebäude weniger auf und geben in der Nacht auch weniger Wärme an das Umfeld ab, was den städtischen Wärmeinseleffekt wiederum mildert (vgl. Becker 2016: 12). Hierbei ist diese Strategie der Rückstrahlung sowohl für den Neubau als auch für Altbauten geeignet (vgl. Becker 2019: 236). Unter dem Begriff "cool colors" werden zurzeit Farbmischungen untersucht, die mit einer erhöhten Reflektivität im kurzwelligen Strahlenspektrum und im nahen Infrarotbereich im Vergleich zu herkömmlichen Farben bestehen. Dies wird durch den Zusatz von reflektierenden Pigmenten und Nanopartikeln erreicht. Oberflächen, die mit "cool colors" behandelt werden, erhöhen die Albedo und senken somit die Oberflächentemperatur, die langwellige Wärmestrahlung sowie die Abgabe sensibler Wärme (vgl. Henninger/Weber 2019: 100). Auch weiße Dächer können eine zentrale Maßnahme zur Hitzeanpassung sein. Verglichen mit schwarzbeziegelten Dächern ist das kurzwellige Reflexionsvermögen um das Fünffache erhöht. Bei der Umsetzung in Städten in mittleren und hohen Breitengraden muss jedoch bedacht werden, dass die verminderte kurzwellige Strah-

lungsabsorption im Winter zu einer höheren Kompensation durch Gebäudewärme kommen kann. Hier besteht hinsichtlich der Klimaschutzeinsparung von CO₂-Emissionen ein Zielkonflikt, den es abzuwägen gilt (vgl. ebd.: 100). Für die Stadt- und Raumplanung bietet sich durch das Prinzip der Rückstrahlung ein Feld der kostengünstigen Anpassungsmaßnahmen.

Im Weiteren kann die Aufheizung im Quartier abgemildert werden, indem Gebäude und Oberflächen beschattet werden, insbesondere wenn diese durch eine hohe Wärmespeicherkapazität verfügen (vgl. Baumüller 208: 74 f.). Durch diesen Ansatz kann die urbane Hitzeentwicklung minimiert werden, da die Oberflächentemperatur verringert und weniger Wärme in den Freiraum abgestrahlt wird (vgl. Kampusch 2018: 27; Baumüller 2018: 139). Neben der Senkung der Temperaturen, schützt die Verschattung vor der direkten Sonneneinstrahlung und kann sich somit positiv auf das Wohlbefinden des Menschen auswirken (vgl. Kampusch 2018: 27). Hierbei können die Maßnahmen vielseitig sein und etwa durch den Städtebau, Fassadengestaltung oder vegetative Verschattung erfolgen (vgl. Becker 2016: 19) (siehe Tab. 09). Die Verschattungsstrategie kann hierbei besonders gut mit dem Ansatz des Rückstrahlens verknüpft werden (vgl. Becker 2019: 236).

| Maßnahme | Wirkungspotenzial | Ç |
|---|--|--------------------|
| Aufhellung von Straßenbelägen, Fassaden und Dächern | Verringerung der Oberflächentemperatur durch Erhöhung der Albedo-Wertes Senkung der nächtlichen Wärmeabgabe | chen aestalten |
| Vegetative Verschattung | Verringerung der Oberflächentemperaturen durch Senkung der Sonneneinstrahlung Steigerung der Aufenthaltsqualität Temperatursenkung durch Verdunstungskühle | ateaie Oberflächen |
| Technische und bauliche Verschattungselemente | Senkung der Innenraumtemperatur durch Senkung der Sonneneinstrahlung Steigerung des thermischen Komforts | Planunasstrateaie |
| Verschattung durch Gebäudedichte und -geometrie | Verringerung der Oberflächentemperaturen durch Senkung der Sonneneinstrahlung Steigerung des thermischen Komforts | 09: Maßnahmen der |
| Entsiegelung | Verringerung der Oberflächentemperaturen Erhöhung der Bodendurchlässigkeit Steigerung der Verdunstungskühle | Tab. 09: Maß |

(eigene Darstellung)

Eine konkrete Maßnahme stellen vegetative Verschattungselemente in Form von Straßenbäumen dar. Diese können dazu beitragen, dass aus hitzebelasteten Straßenräumen schattige Außenräume mit Aufenthaltsqualität entstehen (vgl. Becker 2016: 19). Asphaltierte Straßen sind "Hitzebänder der Stadt" (Becker 2016: 12). Durch das Optimieren der Straßenraumbepflanzung kann die Sonneneinstrahlung auf die Oberfläche gemildert werden. Durch die hohe Versiegelung und Nutzungsintensität sind Straßen jedoch ein Extremstandort für Bäume. Darüber hinaus können begrünte Fassaden dazu dienen, die Sonneneinstrahlung auf die Fassadenoberfläche zu mildern und das Mikroklima

zu verbessern (vgl. BBSR 2015: 40). Des Weiteren können technische Verschattungselemente direkt an den Gebäuden selbst zur Beschattung eingesetzt werden. So können etwa Rollläden, Vordächer und Lamellen dazu beitragen die Innentemperatur von Gebäuden zu senken und somit die Aufenthaltsqualität zu steigern (vgl. Zimmermann et al. 2014: 96). Darüber hinaus kann durch bauliche Maßnahmen eine Beschattungswirkung erreicht werden. Hier sind etwa Pergolen, Pavillons, Arkadengänge oder Hallen zu nennen (vgl. Lampert 2011: 128).

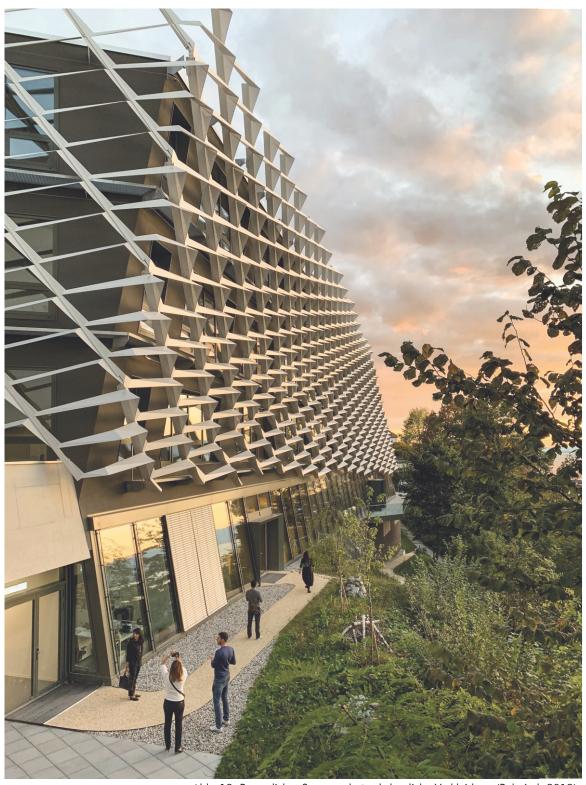


Abb. 18: Beweglicher Sonnenschutz als bauliche Verkleidung (Behnisch 2019)



Abb. 19: Begrünte Pergola in Katori, Japan (inspirock 2021)

Auch die Gebäudedichte und -geometrie sind Kompositionsvariablen, die zur gezielten Verschattung genutzt werden können (vgl. Kleerekoper et al. 2012: 33). So sind beispielsweise enge Gassen eine bauliche Maßnahme, um gezielt Gebäude zur Verschattung zu nutzen und die gefühlte Temperatur zu senken (vgl. Anders 2018: 94). Hierbei spielt allerdings die Orientierung der Straßen und damit die Dauer der Sonneneinstrahlung eine Rolle. So müssen die Gebäude so ausgerichtet sein, dass gerade beim höchsten Sonnenstand keine Strahlung in den Straßenraum treffen kann (vgl. Baumüller 2018: 169).

Eine weitere Möglichkeit, um die Oberflächengestaltung eines Quartiers an die zunehmende Hitzebelastung anzupassen, liegt darin bereits versiegelte Flächen zu entsiegeln und wieder zu begrünen bzw. mit einer versickerungsfähigen Oberfläche auszustatten (vgl. Bitriol-Frimmer 2020: 21). Im Rahmen von Stadtumbaumaßnahmen können Grundstücke und Quartiere zurückgebaut werden und den Anteil der versiegelten Fläche reduzieren. Solche Rückbaumaßnahmen führen in manchen Fällen zu signifikanten lokalklimatischen Verbesserungen durch die geringere Oberflächentemperatur und Verdunstung. Diese Maßnahmen kommen jedoch heute vorwiegend nicht mehr zum Tragen, vielmehr wird der Fokus auf eine bauliche Nachverdichtung gesetzt. Im Rahmen der Doppelten Innenentwicklung bieten sich solche Maßnahmen der Entsiegelung besonders an (vgl. Henninger/Weber 2019: 175). Zudem bietet es sich an Parkplätze, Einfahrten und Hofflächen zu entsiegeln, um die Durchlässigkeit zu erhöhen. Hierdurch kann das anfallende Regenwasser wieder versickern und somit über die feuchte Erde und Pflanzen wieder verdunsten (vgl. Kleerekoper et al. 2012: 34). In Abhängigkeit der Nutzung können Stellplätze mit Pflasterrasen, Rasengittersteinen oder Schotterrasen ausgelegt werden. Für Flächen, an denen ein fester Fahrbahnbelag notwendig ist, können auch Materialien wie wasserdurchlässiger Asphalt ("sponge asphalt") verwendet werden. Maßnahmen

der Entsiegelung müssen technisch gut überlegt sein, insbesondere angrenzend an Altbauten ohne Abdichtung des Mauerwerks, um Folgeschäden am Bestand auszuschließen (vgl. Bitriol-Frimmer 2020: 21 f.).

Begrünen

Das städtische Grün hat viele klimarelevante Funktionen. Die gezielte Durchgrünung des urbanen Raums sowohl auf der gesamtstädtischen Ebene als auch im Quartier kann dazu beitragen Hitzebelastung in der Stadt zu minimieren (vgl. BMU 2915: 54). Allgemein haben Vegetationsflächen gegenüber befestigten Flächen zwei zentrale Vorteile: Sie können durch die Transpiration Wasser verdunsten und kühlen somit die Oberfläche und die Umgebungsluft ab. Zugleich können Bäume und Sträucher dem Menschen Schatten spenden und filtern Schadstoffe aus der Luft (vgl. Kleerekoper et al. 2012: 31). Viele Flächenpotenziale im urbanen Raum sind bislang noch nicht aktiviert, die es durch zugeschnittene Maßnahmen zu nutzen gilt (vgl. Becker 2016: 7).

| Maßnahme | Wirkungspotenzial | |
|--|---|---------------------------|
| Ausweisung innerstädtischer Grün- und Freiräume (z.B. Parkanlagen) | Temperatursenkung durch KaltluftproduktionFörderung der nächtlichen Abkühlung | Darstellung) |
| Vernetzung von Grün- und Freiräumen | Temperatursenkung durch Verdunstungskühle Stärkung der Kaltluftabflusswirkung Erhöhung der Erreichbarkeit von Grünflächen | |
| Erhaltung, Sicherung und Ausweitung des Baumbestandes | Temperatursenkung durch Verdunstungskühle Erhöhung des thermischen Komforts Beschattung Von Oberflächen | Begrünen (eigene |
| Begrünung von Gebäuden (Dach- oder Fassadenbegrünung) | Verringerung der Oberflächentemperaturen durch Verdunstungskühle und Beschattung Erhöhung des urbanen Grünflächenanteils Bei flächendeckender Anwendung positiver thermischer Effekt auf Mesoklima Verringerung des Energieverbrauchs und Kühlung des Gebäudes | nen der Planungsstrategie |
| Innenhofbegrünung | Temperatursenkung durch VerdunstungskühleSteigerung der Aufenthaltsqualität | Maßnahn |
| Mobile Begrünungselemente | Temperatursenkung durch VerdunstungskühleSteigerung der Aufenthaltsqualität | Tab. 10: Maßnahmen |

Eine zentrale Maßnahme ist die Ausweisung innerstädtischer Grün- und Freiräume. Eine abwechslungsreiche Grünraumausstattung mit offenen, besonnten Flächen und verschatteten Plätzen bietet
in Abhängigkeit der Tages- und Jahreszeiten unbelastete Mikroklimate (vgl. Henninger/Weber 2019:
174). Um einen messbaren Abkühlungseffekt zu erreichen, sollte ein Park mindestens 2,5 ha groß
sein (vgl. Bitriol-Frimmer 2020: 12). Eine Untersuchung in Bonn zeigt zudem, dass ein kompakter
Grundriss (rund oder quadratisch) sich klimatisch günstiger auswirkt als eine langgestreckte Grund-

rissform, da das Mikroklima mit zunehmender Breite stärker ausgeprägt ist (vgl. Baumüller 2018: 88). Hierbei sollte darauf geachtet werden, den Baumbestand nicht zu dicht anzulegen, da somit im Vergleich zu Freiflächen weniger Kaltluft gebildet wird und es somit kontraproduktiv ist. Soll die Grünfläche zudem als Kaltluftbahn dienen, muss der Übergangsbereich zur Bebauung offen gestaltet sein (vgl. Henninger/Weber 2019: 174). Bei kleinen Grünflächen ist hingegen das Verhältnis von Kantenlänge des Parks und Höhe der umgebenden Bebauung für eine gute nächtliche Auskühlung zentral (vgl. Baumüller 2018: 92). Bei Flächen die bis zu ihrer Mitte mindestens das 2,2-fache der Höhe der angrenzenden Gebäude aufweisen, kann von einer effektiven Kühlwirkung ausgegangen werden (vgl. Bongardt 2005). Darüber hinaus kann der positive Effekt des Grünraums durch eine gezielte Vernetzung verstärkt werden, die quartiersübergreifend anzusetzen ist. Dies kann zum Beispiel durch die Sicherung möglicher Frischluftschneisen erreicht werden, aber auch durch Synergieeffekte mittels einer zusätzlichen Biotopvernetzung, um ökologische Wechselbeziehungen wiederherzustellen und zu entwickeln oder auch durch die fußläufige Erreichbarkeit der Grünflächen auf Verbindungswegen (vgl. Henninger/Weber 2019: 174).

Eine weitere Maßnahme zur Begrünung urbaner Räume ist die Erhaltung, Sicherung und Ausweitung des Baumbestandes im Quartier. So trägt diese zur Verschattung und einer erhöhten Verdunstungsleistung bei (vgl. Bitriol-Frimmel 2020: 12). Damit Bäume sich langfristig gut entwickeln können und auch bei zunehmenden Extremwetterereignissen ausreichend Widerstandsfähigkeit aufweisen, sind gewisse Anforderungen zu beachten, wie die passende Baumartenwahl, ausreichend große Baumscheiben und eine ausreichende Versorgung mit Wasser (vgl. BBSR 2015: 41). Es bestehen zahlreiche Listen, die Empfehlungen hinsichtlich Baumarten geben, die sich durch eine hohe Resilienz gegenüber den urbanen Bedingungen und den Klimafolgen auszeichnen. Hierbei wurden verschiedene Kriterien herangezogen, um diese Arten zu bewerten: Widerstandsfähigkeit gegenüber Trockenheit und Hitze, Bodenfeuchtigkeit, Spätfrostgefahr, pH-Wert, Streusalzbelastung, maximale Baumhöhe sowie Kronenradius (vgl. Biber 2017: 32). Zu den besonders hitzevertäglichen Baumarten gehören etwa der kegelförmige Spitzahorn (Aver platanoides), der südliche Zürgelbaum (Celtis australis), der Apfeldorn (Crataegus x lavallei) oder die Zerr-Eiche (Quercus cerris) (vgl. Sander 2015). Dabei wird von vielen Expert:innen empfohlen eine hohe Variabilität an Baumarten in Städten zu bevorzugen, um die Biodiversität zu steigern (vgl. Die grüne Stadt 2014: 5). Insbesondere bei durch Hitze besonders betroffene Straßen bietet es sich an einzelne Parkplätze durch Bäume zu ersetzen und somit den Bestand zu erweitern oder auch durch das Pflanzen in Innenhöfen, Spielplätzen oder Parks (vgl. Bitriol-Frimmel 2020: 12). Hier kann der Standort des Baumes strategisch ausgewählt werden. In Stadtquartieren mit hoher baulicher Dichte, bei der nur eine einseitige Bepflanzung erfolgt, sollte dies bevorzugt auf der Nordseite erfolgen, um Fassaden zu beschatten. Bei Siedlungsstrukturen mit

offener Bebauung und geringer Geschosszahl ist die Südseite zu bevorzugen, damit ein Großteil des Straßenraumes Schatten erhält (vgl. BBSR 2015: 40). Anzumerken ist, dass Untersuchungen zeigen, dass Bäume innerhalb von Straßenschluchten zu einer Verschlechterung der lufthygienischen Situation beitragen können, da diese das typische Strömungsfeld stören können. Hierdurch kommt es zu einer Verringerung der Verdünnung der Luftinhaltsstoffe. Dieser negative Effekt kann vermieden werden, indem etwa genügend Freiraum zwischen den Baumkronen und den angrenzenden Wänden sichergestellt ist, um den Luftaustausch nicht zu behindern. Zudem sollte die Höhe der Bäume nicht die Dachhöhe der angrenzenden Gebäude übersteigen. Zudem können breite Lücken zwischen den Bäumen für eine bessere Ventilation sorgen. Weiterhin gilt zu beachten, dass Bäume nur einen geringen Einfluss in flachen Straßenschluchten haben, sodass breitere Straßen mit zwei Baumreihen gegenüber einer engen (tiefen) Straßenschlucht mit einer Baumreihe zu bevorzugen sind (vgl. Henninger/Weber 2019: 218).



Abb. 20: Verschattung durch Ulmen in einer Einkaufsstraße (Winkler 2019)



Abb. 21: Straßenbäume als Maßnahme der Klimaanpassung in Hamburg (BUE 2021)

Eine zentrale Möglichkeit der Begrünung des urbanen Raums besteht in gebäudebezogenen Maßnahmen wie der Dach- oder Fassadenbegrünung. In dicht bebauten Städten und Quartieren bieten die Flächen von Gebäuden große Oberflächen, um dieses Grün auszugestalten (vgl. Becker 2019: 233 f.).

Gründächer ermöglichen die Erhöhung des urbanen Grünflächenanteils in urbanen Räumen. Durch die erhöhte Evapurationsrate der Dachbegrünung wird ein positiver thermischer Effekt hervorgebracht, was zu positiven Auswirkungen auf das Mikroklima führt, bei flächendeckender Anwendung sogar auf das Mesoklima einer Stadt (vgl. Bitriol-Frimmer 2020: 18). Neben der Senkung der lokalen thermischen Belastung ergeben sich durch die Maßnahme bauphysikalische Vorteile sowie eine Verringerung des Energieverbrauchs. Zeitgleich wird Kohlenstoff aus der Atmosphäre gebunden (vgl. Henninger/Weber 2019: 177). Ein positiver Effekt der Dachbegrünung ist die Minderung von Extremen der Oberflächentemperatur. So heizen sich etwa Kiesdächer auf bis zu 80°C auf, während begrünte Dächer eine Oberflächentemperatur von 20 °C bis 25°C aufweisen. Dieser Effekt ist sowohl im Sommer als auch in den Wintermonaten nachweisbar. Darüber hinaus wirkt sich die Dachbegrünung günstig auf die Zwischenspeicherung von Niederschlägen aus (vgl. Henninger/Weber 2019: 211 f.). Bei der Dachbegrünung wird zwischen intensiv und extensiv begrünten Dächern unterschieden. Extensiv begrünte Dächer weisen eine geringe Substratstärke (bis etwa 15 cm) auf.

Vorteil dieser Art ist, dass die Belastung dieser anderen Ausführungen nur wenig überschreitet und somit kein großes statisches Problem darstellt. Allerdings sind hier die Möglichkeiten der Bepflanzungen eingeschränkt. Intensiv begrünte Dächer weisen eine höhere Substratstärke von ca. 60 cm auf. Sie bieten den Vorteil, dass Gräser, Sträucher und Bäume gepflanzt und das Dach als Garten genutzt werden kann (vgl. Bitriol-Frimmer 2020: 18 f.). Zudem sind sie meist artenreicher (vgl. Henninger/Weber 2019: 211). Insbesondere Industriehallen bieten sich aufgrund ihrer Größe für eine intensive Begrünung an, allerdings ist hier eine Umsetzung meist schwierig, da diese Bauten aufgrund der großen Spannweite nur selten statische Reserven bieten, wenn eine Begrünung nicht von Beginn eingeplant wurden ist (vgl. Bitriol-Frimmer 2020: 18 f.).

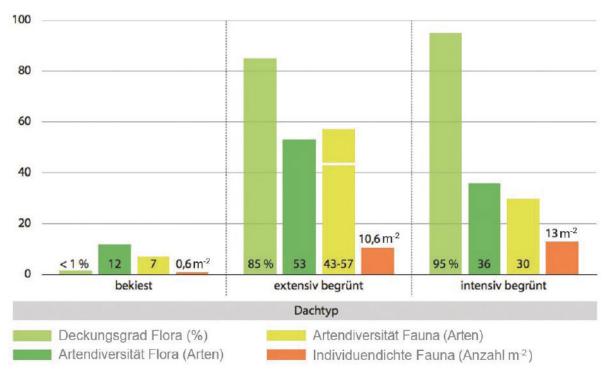


Abb. 22: Quantitative Messwerte zur Flora und Fauna von Dachbegrünung (Henninger/Weber 2019: 213)



Abb. 23: Gründach in Charlottenburg, Berlin (Optigrün International AG 2018)

Eine weitere gebäudebezogene Maßnahme zur Begrünung stellt die Fassadenbegrünung dar. Diese wird als ein System definiert, bei dem Pflanzen an einer vertikalen Fläche gestalterisch kontrolliert und regelmäßig gepflegt hochwachsen. Unterscheiden lässt sich zwischen boden- und wandgebundenen Begrünungsmöglichkeiten (vgl. Wood et al. 2014: 15). Neben der Kühlung durch Evapotranspiration, haben Fassadenbegrünungen in Fensternähe eine verschattende Wirkung und lassen in den Sommermonaten weniger Licht in die Innenräume (vgl. Bitriol-Frimmer 2020: 19). Fassadenbegrünung kann eine zentrale Maßnahme im Rahmen von Sanierungsmaßnahmen oder auch von Nachverdichtungsmaßnahmen darstellen, da in hochverdichteten Stadtquartieren oftmals keine weiteren Flächen zur Verfügung stehen (vgl. Henninger/Weber 2019: 77). Die Maßnahme bietet den Vorteil, dass durch das bodengebundene System eine einfache Bewässerung möglich ist. Zugleich sind mit der Fassadenbegrünung nur geringe Kosten und Pflegeaufwand verbunden. Auch können durch diese Maßnahme höhere Fassaden begrünt werden, die Auswahl an Pflanzenarten ist breit und es können sowohl große als auch kleinteilige Flächen begrünt werden. Des Weiteren können einige Synergieeffekte festgehalten werden, wie die Reduzierung von Lärm, gestalterische Aspekte oder, dass durch rückgehaltenes Regenwasser nicht nur das Kanalsystem entlastet wird, sondern im Sommer zusätzlich das Gebäude gekühlt wird. Nachteilig ist, dass nicht immer ausreichend Platz für die Pflanzengrube besteht und die großflächige Begrünung Zeit braucht, um zu wachsen und sich auszubreiten (vgl. Bitriol-Frimmer 2020: 21).



Abb. 24: Begrünte Bushaltestelle in der niederländischen Stadt Utrecht (Imago 2019)



Abb. 25: Umfassende Fassadenbegrünung in Wien (Schmögner 2017)



Abb. 26: Wandgebundene Fassadenbegrünung an der Galerie Lafayette, Berlin (Polygrün 2021)

Eine weitere Möglichkeit bietet die Innenhof- bzw. Hinterhofbegrünung. Diese Maßnahme kann insbesondere zur Verbesserung der lokalklimatischen Bedingungen im Bestand beitragen. Anzumerken ist, dass Innenhofbegrünung keine Fernwirkung besitzt. Sie weist vor allem eine mikroklimatische Bedeutung aufgrund der abschirmenden Wirkung der Baustruktur auf und bietet in urbanen Räumen eine Verbesserung der Aufenthaltsqualität (vgl. Henninger/Weber 2019: 176).

Eine weitere Möglichkeit der Begrünung ist das Aufstellen mobiler Begrünungselemente. Dies kann in Form von Bäumen und Sträuchern in Töpfen oder als grüne Wandelemente umgesetzt werden und bietet den Vorteil einer räumlichen und zeitlichen Flexibilität (vgl. Bitriol-Frimmel 2020: 12). So stellte beispielsweise die Stadt Würzburg mobile Container mit klimaresilienten Bäumen auf, die an unterschiedlichen Orten in der Stadt Station machten. Mit diesem Vorgehen sollten Maßnahmen und Räume erprobt werden und zugleich städtische Akteure und die Stadtgesellschaft für die Thematik der Klimaanpassung sensibilisiert werden (vgl. BBSR 2021). Ein weiteres Beispiel sind die Sommergärten der Hamburger Innenstadt. Hier wurden zur Steigerung der Aufenthaltsqualität temporär einzelne Quartiere der Innenstadt mit zahlreichen Bäumen, Blumen und weiteren Bepflanzungen bespielt und kunstvoll in Szene gesetzt (vgl. Ganz Hamburg 2021).





Bei allen Begrünungsmaßnahmen besteht die Herausforderung, dass die Bewässerung der Pflanzen sichergestellt werden muss, somit stellt sich im Hinblick auf die Pflege zugleich ein Kosten- und Aufwandspunkt dar. Hierbei ist es wichtig im Vorfeld festzulegen, wer diese Aufgabe übernimmt und wie diese finanziert werden (vgl. Bitriol-Frimmel 2020: 13).

Verdunsten

Eine weitere Strategie zur Kühlung der Städte ist es Verdunstungsenergie von Grün- und Wasserflächen zu nutzen, um die Temperatur zu senken (vgl. Becker 2019: 234). Je höher die Verdunstungsrate (Evapotranspiration) ist, umso größer ist die Kühlwirkung (vgl. BBSR 2015: 38). Der klimatische und für den menschlichen positiven Effekt der Verdunstung kann verloren gehen, wenn den Pflanzen keine ausreichende Bodenfeuchte zur Verfügung steht. Dies kann durch langanhaltende Hitzeperioden eintreten (vgl. Goldbach/Kuttler 2013: 143). Durch den unmittelbaren Zusammenhang zwischen der Bodenfeuchte und der thermischen Wirkung einer Vegetationsfläche, weisen Expert:innen darauf hin, dass Grünflächen aus stadtklimatischer Sicht nur einen positiven Effekt haben, wenn diese ausreichend bewässert werden. Somit stellt die Sicherung des Wasserangebots für Pflanzen während Trockenperioden und Hitzewellen eine zentrale Maßnahme dar (vgl. BBSR 2015: 38; Baumüller 2018: 72 f.). Der Umgang mit urbanem Grün und Böden nimmt somit eine zentrale Rolle ein, wenn Verdunstungskühle zielgerichtet gegen Hitzebelastung genutzt werden soll. Zwar hat sich die Wasserwirtschaft in den letzten Jahren im Rahmen von Strategien des Hochwasserschutzes und der Überflutungsvorsorge weiterentwickelt, dennoch wird Regenwasser immer noch, wenn auch teilweise verzögert, abgeführt. Das Wasser ist somit in der Vorflut oder versickert im Boden, wodurch folglich die Landschaft austrocknet (vgl. Becker 2016: 7). Um Verdunstung effektiv nutzen zu können, bedarf es gezielt die Wasserspeicherfähigkeit der Böden zu steigern und feuchte Vegetationsflächen sowohl auf Quartiers-, als auch auf gesamtstädtischer Ebene anzulegen. Dies kann etwa durch Lösungen zur Zwischenspeicherung von Regenwasser oder der kontinuierlichen Wasserversorgung von Pflanzen erfolgen (vgl. BBSR 2015: 38). Städte, Regionen aber auch einzelne Quartiere können als "Schwamm" entwickelt werden. Durch die Etablierung von versickerungsfähigen Flächen wird es ermöglicht Wasser aufzunehmen, wenn viel vorhanden ist und es wieder abzugeben, wenn es in Perioden mit einem defizitären Wasserdargebot benötigt wird (siehe Abb. 29). Somit kann Wasser zielgerichtet zur Produktion von Verdunstungskälte genutzt werden. Für dieses "Schwammstadt-Prinzip" eignen sich insbesondere Feuchtgebiete, da hier die Verdunstung über den Boden und die Pflanzen erfolgen kann. Ein begrüntes Dach oder eine Rasenfläche auf drainiertem Boden eignen sich hingegen weniger, da diese meist nach wenigen Tagen ausgetrocknet ist und damit bei langanhaltenden Hitzeperioden keinen kühlenden Effekt abgibt (vgl. Becker 2016: 7 f.). Dieses Prinzip der Hitzeanpassung gilt als anspruchsvoll und bisher gibt es nur wenige nationale Praxisbeispiele (vgl. BBSR 2015: 38). Als Beispiel für eine quartiersbezogene Umsetzung des Prinzips zählt etwa das Quartier Bausemshorst in Essen-Altenessen, wo im Zuge von Umbau- und Modernisierungsmaßnahmen eine nachhaltige Regenwasserwirtschaft fokussiert wurde. In dem Quartier wird das Regenwasser in offene bepflanzte Wasserflächen zur Verbesserung des Mikroklimas weitergeleitet. So gibt es einen Dauerstaubereich sowie angrenzende Versickerungsflächen, die zur Verdunstungskühle beitragen und zugleich dem Innenhof neue Aufenthaltsqualität geben (siehe Abb. 30) (vgl. Emscher Regen 2021).

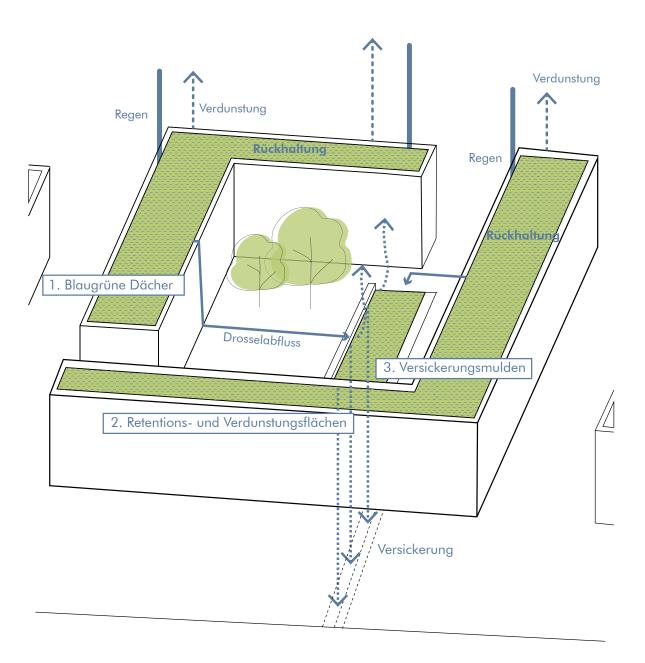


Abb. 29: Schwammstadtprinzip (eigene Darstellung nach bgmr 2021)





Abb. 31: Urban wetland in Portland, Oregon (Ramboll Studio Dreiseitl 2020)



Abb. 32: Freilegung des innerstädtischen Gewässers in Seoul, Südkorea (Institute for Transportation & Development Policy 2021)

Für die Umsetzung der Kühlung durch gezielte Verdunstung im hitzebelasteten urbanen Raum erfordert es ein Umdenken in der Siedlungswasserwirtschaft. So gilt es das anfallende Regenwasser nicht mehr abzuführen oder zu versickern, sondern möglichst zwischenzuspeichern und in Hitzeperioden über Vegetation und Boden zu verdunsten, was als neues Aufgabenfeld entsprechend systemische Lösungen erforderlich macht (vgl. BBSR 2015: 38).

| Maßnahme | Wirkungspotenzial |
|--|--|
| Anlegung verdunstungsaktive Flächen | Erzeugung von VerdunstungskühleSteigerung des thermischen KomfortsSpeicherung des Wassers für Trockenperioden |
| Errichtung von (erlebbaren) Wasserflächen | Erzeugung von Verdunstungskühle Abtransport von Wärme Verbesserung der Luftqualität Steigerung des thermischen Komforts und Möglichkeit der Freizeitaktivität |

Tab. 11: Maßnahmen der Planungsstrategie Verdunsten (eigene Darstellung)

Eine weitere Maßnahme, um Verdunstungskühle zu nutzen, bietet die Errichtung von Wasserflächen bzw. der Erhöhung des Wasserflächenanteils, um damit dem städtischen Wärmeinseleffekt entgegenzuwirken (vgl. Bitriol-Frimmer 2020: 11). Hierbei sollten fließende Gewässer bevorzugt werden, da sich stehendes Wasser langfristig ebenfalls aufwärmt und diese Wärme im Nachtzeitraum über lange Zeit wieder abgegeben werden kann (vgl. Stadtschreiber 2017: 97). Zudem können fließende Gewässer durch die Bewegung Wärme aus einem Gebiet abtransportieren. Eine weitere einfache Möglichkeit zur Umsetzung sind etwa offene Retentionsbecken zur Speicherung von Regenwasser. Diese können auch als Gestaltungselement in Parkanlagen angeordnet werden (vgl. Kleerekoper et al. 2012: 32).

Auch das Anlegen von größeren Wasserflächen, wie beispielsweise Teichen oder die Umleitung bzw. Aufteilung von Fließgewässern sowie das Freilegen von verrohrten Gewässern sind zielführende Maßnahmen. Hierbei ist anzumerken, dass Nachteile im Sinne von hohen Errichtungs- und Erhaltungskosten sowie einem hohen Erhaltungsaufwand bestehen. Zudem gilt es bei Fließgewässern die Gefahr der Überflutung zu berücksichtigen. Auch fehlt es in städtischen Räumen oftmals an den notwendigen Flächen für die Errichtung solcher Wasserflächen (vgl. Bitriol-Frimmel 2020: 12). Es bietet sich an, die Wasserflächen erlebbar zu gestalten, um der Bevölkerung thermischen Komfort zu bieten. Möglichkeiten sind hier etwa Wasserwände, zugängliche Flächenabschnitte oder auch Fontänen, die durch die Verteilung der Feuchtigkeit in großen Höhen nochmals verstärkt zur Kühlung beitragen (vgl. Stadtschreiber 2017: 97). Nebeneffekte dieser Maßnahmen sind zudem eine bessere Luftqualität und die Möglichkeit von Freizeitaktivitäten (vgl. Bitriol-Frimmer 2020: 11).

Aufenthaltsqualität verbessern

Lokaler Hitzestress stellt für die städtische Bevölkerung eine zunehmende gesundheitliche Belastung dar und beeinflusst das Wohlbefinden (vgl. Kapitel 2.1.3). Vor diesem Hintergrund gilt es der mikroklimatischen Gestaltung öffentlicher Räume eine besondere Bedeutung beizumessen, um durch das Schaffen von angenehmen Aufenthaltsorten den Hitzestress der städtischen Bevölkerung zu senken und Schutz vor extremer Hitzebelastung zu bieten (vgl. Lampert 2011: 128; Beckmann et al. 2015: 47). Straßenräume, Plätze und Grünanlagen haben eine Funktion als Infrastruktur, zeitgleich sind diese auch Orte der Begegnung und des sozialen Kontaktes und haben somit Einfluss auf die psychische und physiologische Gesundheit des Menschens (vgl. Stadtschreiber 2017: 38). Durch gezielte Maßnahmen kann der Hitzestress für Menschen im öffentlichen Raum gesenkt und die Aufenthaltsqualität gesteigert werden. Hierbei steht die Reduzierung des Eintrags von Hitze tagsüber im Vordergrund (vgl. Lee/Meyer 2019: 263). Schwerpunkt der Maßnahmen sollte dabei auf den Bereichen liegen, wo sich Menschen im Sommer länger aufhalten oder die Hitze als besonders belastend wahrgenommen wird. Dies sind etwa Haltestellen des ÖPNV, Straßenzüge oder innenstadtnahe Quartiere, da diese meist von einer besonders hohe Hitzebelastung gekennzeichnet sind (vgl. Stadtschreiber 2017: 97; Sandholz/Sett 2019: 11). Zudem sind an Hitzetagen grüne Wohlfühlflächen im Freien zunehmend gefragt (vgl. Becker 2019: 236).

| Maßnahme | Wirkungspotenzial |
|--|---|
| Oberflächengestaltung | Minimierung der WärmeentwicklungSenkung der thermischen Belastung |
| Pocket Parks und kleine Parkanlagen | Erzeugung von VerdunstungskühleSteigerung des thermischen Komforts |
| Verschattete Plätze und Sitzgelegenheiten | Steigerung des thermischen Komforts |
| Trinkbrunnen und Wasserspiele | Erzeugung von VerdunstungskühleSteigerung des thermischen Komforts |

Tab. 12: Maßnahmen der Planungsstrategie Aufenthaltsqualität verbessern (eigene Darstellung)

Um die gefühlte Temperatur zu verbessern und den Körper zumindest zeitweise zu entlasten, bedarf es der Gestaltung von qualitativen Räumen. Hierbei kann die Gestaltung öffentlicher Räume zur Steigerung der Aufenthaltsqualität zwei Ansätze verfolgen. Zum einen sollte das Aufheizen der Oberflächen weitgehend minimiert werden. Oftmals sind aus funktionalen oder gestalterischen Gesichtspunkten befestigte Flächen notwendig. Hier können reflektierende und helle Oberflächenmaterialien sowie eine geringe Wärmespeicherkapazität die Wärmeentwicklung einschränken. Zudem sind verdunstungsaktive Flächen zielführend. Zum anderen sollte eine hohe thermische Belastung auf den Menschen vermieden werden. Der zweite zentrale Ansatz liegt in der gezielten Beschattung von Aufenthaltsorten wie Plätzen, Parkanlagen sowie Freibereichen von öffentlichen Einrichtungen

wie Kindergärten, Schulen oder Krankenhäusern. Auch hochfrequentierte Wegenetze sollten eine ausreichende Beschattung bieten (vgl. Baumüller 2018: 163 f.). In einem Zusammenspiel der beiden Strategieansätze ergeben sich vielfältige Synergieeffekte. Bereits kleinräumige lokale Maßnahmen können für den thermischen Komfort der Bevölkerung eine positive Wirkung entfalten (vgl. ebd.: 79 f.). Bei der Anpassung öffentlicher Plätze gilt hierbei zu beachten, dass diese im tages- und jahreszeitlichen Verlauf vielfältige Funktionen erfüllen müssen. Um die Hitzebelastung in den Sommermonaten zu mindern, sollten Plätze ausreichend schattige Sitzgelegenheiten bieten. Hier können etwa laubabwerfende Bäume und mobile Textilen kombiniert werden, um die Bedürfnisse aller Jahreszeiten zu erfüllen (vgl. ebd.: 164; Sandholz/Sett 2019: 11). Darüber hinaus können Abkühlungsangebote in Form von Wasserangeboten und -spielen die Aufenthaltsqualität und den Klimakomfort erhöhen (vgl. Baumüller 2018: 163).



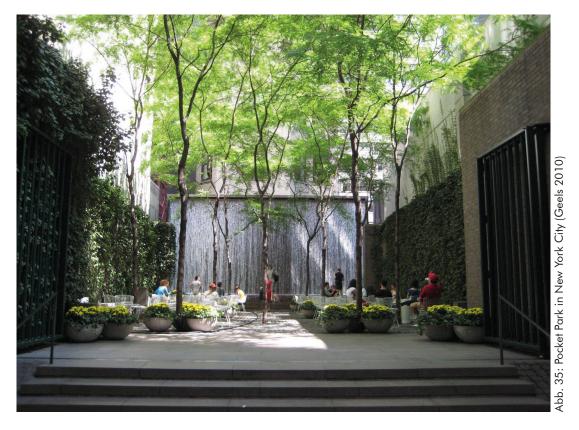
Abb. 33: Wandelbares Schattendach auf der Piazza in Medina, Saudi-Arabien (Rasch 2020)



Abb. 34: Wasserspiel auf dem Ebertplatz in Köln (Unser Ebertplatz 2018)

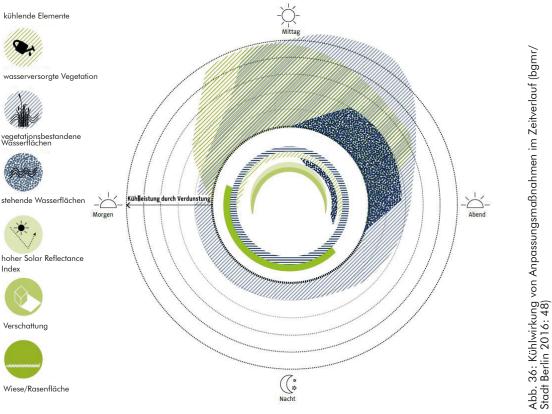
Öffentliche Einrichtungen wie zum Beispiel Kindergärten, Universitäten, Schulen oder Krankenhäuser verfügen teilweise über eigene Grün- und Freiflächen, die sich für die thermische Erholung anbieten. Hier besteht die Möglichkeit, die Flächen außerhalb der Unterrichtszeiten, Ferienzeiten oder in Tagesrandzeiten der Öffentlichkeit für die Erholung zugänglich zu machen (vgl. Stadtschreiber 2017: 101). Durch die erhöhte Vulnerabilität der unter 6-Jährigen gegenüber Hitzebelastung gilt es insbesondere Kinderspielplätze und Kindergärten der zunehmenden Hitzebelastung anzupassen. So wird im Spielbereich viel Schatten benötigt, was durch die natürliche Verschattung mittels Bäumen oder durch textile Verschattungselemente erreicht werden kann. Auch Wasserspielangebote gewinnen bei der sommerlichen Hitze an Bedeutung (vgl. Baumüller 2018: 164 f.).

Eine weitere mögliche Maßnahme zur Steigerung der Aufenthaltsqualität im städtischen Raum sind "Pocket Parks" als kleine Kühlinseln in den bebauten Strukturen (vgl. Becker 2016: 13). Die Idee der Pocket Parks ist es, möglichst viele kleine Flächen mit einer geringeren Lufttemperatur im Vergleich zur Umgebung zu schaffen (vgl. Henninger/Weber 2019: 175). Indem durch das Grün Verdunstungskühle erzeugt und die Oberflächentemperatur reduziert wird, kommt es zu einer mikroklimatischen Aufwertung im Quartier und zu einer Senkung der gefühlten Temperatur. So haben sie das Potenzial kühle Rückzugsorte zu sein, insbesondere für Risikogruppen mit eingeschränkter Mobilität, wie Hochbetagte oder Personen mit Kleinkindern und verringern zugleich den städtischen Wärmeinseleffekt auf der Mikroebene (vgl. Lin et al. 2017: 48). Anzumerken ist allerdings, dass die klimatische Wirkung gering ist und primär nur zu der Verbesserung der thermischen Situation direkt im Pocket Park dient (vgl. Henninger/Weber 2019: 176).



Synergieeffekte und Multicodierung

Bei den aufgeführten Planungsstrategien und Maßnahmen der Hitzeanpassung gilt zu beachten, dass sich die stadtklimatischen Rahmenbedingungen und ihre Auswirkungen je nach Region und Stadt und somit auch in den Quartieren unterscheiden. Deshalb gilt es lokale Lösungen und Strategien für einzelne Städte und kleinteilige Räume zu entwickeln (vgl. Baumüller 2018: 79). Eine umfassende Wirkung der Anpassungsmaßnahmen auf das Stadtklima, auf ein ganzes Stadtquartier oder die Gesamtstadt, kann dabei nur durch eine großflächige Anwendung erreicht werden (vgl. Beckmann et al. 2015: 47). Die einzelnen Anpassungsstrategien können dazu beitragen, gezielte Hitzefolgen zu adressieren und diesen entgegenzuwirken. So eignet sich das Prinzip des Durchlüftens insbesondere bei Räumen mit mangelnder nächtlicher Abkühlung und einem schlechten Abtransport von Wärme. Quartiere, die sich durch eine hohe Versiegelung auszeichnen und durch eine Wärmebelastung durch das Aufheizen und die Wärmespeicherung von Oberflächen gekennzeichnet sind, gilt es durch die Gestaltung der Oberflächen hitzeangepasst weiterzuentwickeln. Durch die Planungsstrategien der Begrünung und des Verdunstens kann das Mikroklima in Quartieren verbessert werden und bei großflächiger Umsetzung dem städtischen Wärmeinseleffekt entgegenwirken. Sind Quartiere insbesondere durch eine vulnerable Bevölkerungsgruppe und einer hohe Hitzebelastung und Sonneneinstrahlung geprägt, können Maßnahmen der Strategie zur Aufwertung der Aufenthaltsqualität dazu beitragen öffentliche Räume als Kühloasen zu schaffen und somit den Hitzestress im Quartier zu senken. Da Quartiere jedoch oftmals durch mehrfache Hitzefolgen bzw. Ursachen der Hitzeentstehung betroffen sind, gilt es die Strategien integrativ zu betrachten und umzusetzen. Die Effektivität der einzelnen Maßnahmen der Planungsstrategien variiert tageszeitlich und somit auch die positiven Auswirkungen (siehe Abb. 36).

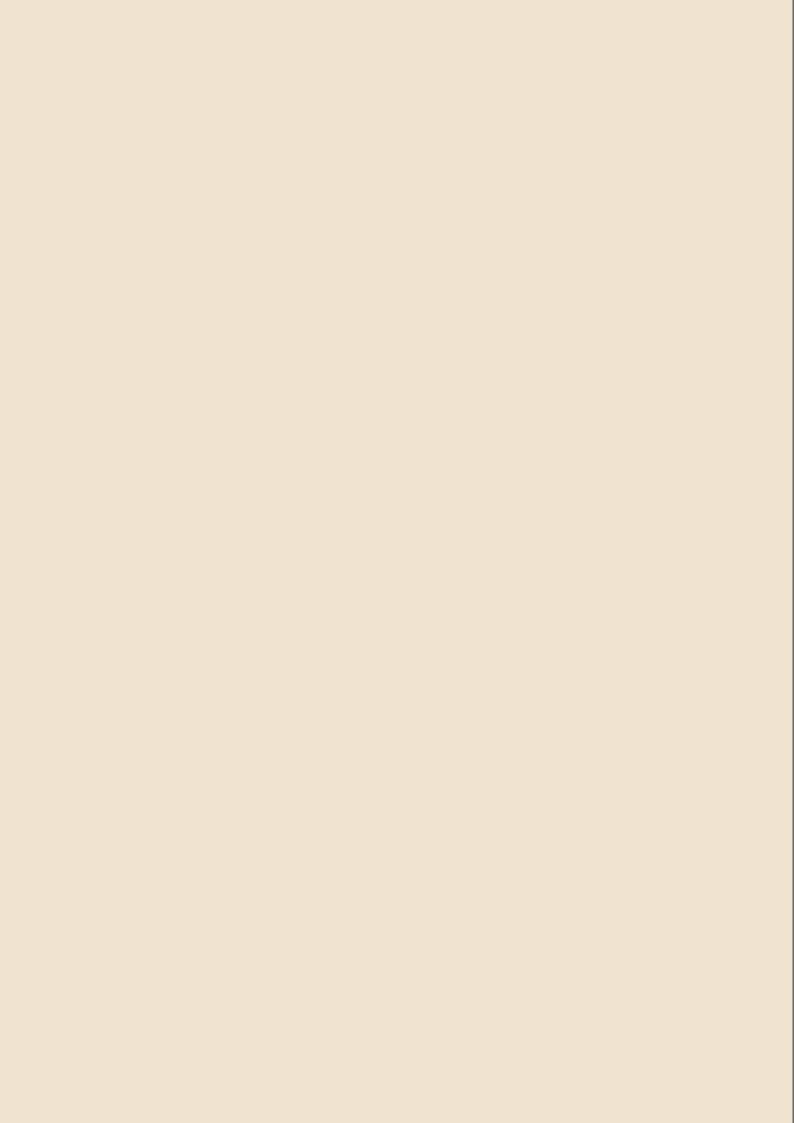


Während Rasenflächen vor allem nachts kühlen, erzeugt Vegetation in Form von Sträuchern, Gräsern und Bäumen hingegen vorwiegend am Tag Verdunstungskühle. Eine größere Wirkung über den gesamten Tagesverlauf kann durch die Kombination von Maßnahmen erzielt werden (vgl. Quarz 2021). Hierbei gilt es die Maßnahmen mit den bestehenden Nutzungen im Raum abzustimmen.

Wie die Wirkungspotenziale zeigen, können Maßnahmen sowohl für den thermischen Komfort des Menschen als auch für die allgemeine Kühlung des urbanen Raums sorgen. Zugleich haben blaue und grüne Maßnahmen eine Synergiewirkung. Durch die Multifunktionalität der Maßnahmen ergeben sich planerische Freiheitsgrade, die es im Sinne dieser Synergie auszuloten gilt (vgl. Winker et al. 2019b: 8). Hierbei sollte die Maßnahmenausgestaltung auf eine maximale Effektivität hinsichtlich der Klimawirkung ausgerichtet sein. Die Form, wie eine Maßnahme ausgestaltet ist, kann einen Unterschied von geringster bis äußerste Wirksamkeit ausmachen. Besonders effektiv sind Maßnahmen, die sowohl eine wassersensible als auch eine hitzeangepasste Stadtentwicklung voranbringen und somit beide Handlungsfelder abdecken. Zugleich misst sich die Effektivität an dem Beitrag, die hinsichtlich der Lebensqualität im Quartier leisten.

Ziel sollte es zudem sein, die klimatischen Lösungsansätze in den Gesamtkontext eines Quartiers einzubetten und mit weiteren funktionalen Anforderungen an den Raum zu koppeln. Im Zuge des Klimawandels sollten die städtischen Nutzungen mehrdimensionaler werden und die Separierung und das Nebeneinander von Nutzungen eingeschränkt werden, sodass kompaktere Strukturen entstehen. Durch Strategien der Multicodierung kann erreicht werden, dass Klimaentlastung, Wassermanagement, Nutzungen, Biodiversität und Erholung in der Stadt überlagert, dichter und zugleich klimaangepasst entwickelt und schrittweise umgesetzt werden (vgl. Becker 2016: 13). So können Flächen wie grüne Räume, öffentliche Plätze und Parks klimawirksam werden und mehrere Anforderungen im Stadtraum miteinander vereinen (vgl. Willen 2020: 727).

Im Zuge der Hitzeanpassung im Quartier gilt es somit an die Defizite hinsichtlich der Hitzeentwicklung im Raum zu identifizierten sowie konkret Flächenpotenziale auszumachen. Somit können zielgerichtet Anpassungsmaßnahmen ausgewählt und hinsichtlich ihrer tageszeitlichen Wirksamkeit sowie möglicher Synergiewirkungen ausgewählt werden. Zugleich sollten Bevölkerungsstrukturen und Nutzungen des Raums in die Maßnahmenauswahl einfließen, um eine Multicodierung zu ermöglichen und somit die knappen Flächen in den wachsenden Städten qualitativ zu nutzen.



3.0 Raumanalyse im Kontext der Vereinbarkeit von Hitzeanpassung und städtebaulicher Verdichtung im Bezirk Eimsbüttel

Als Bestandteil der analytischen Auseinandersetzung befasst sich die räumliche Analyse zunächst mit den Programmen der Stadt Hamburg und Eimsbüttel, die einen Einfluss auf das Feld der Klimaanpassung bzw. Hitzeanpassung nehmen. Anschließend werden die räumlichen Schwerpunktthemen einer städtebaulichen Entwicklung sowie die Vulnerabilität gegenüber der zunehmenden Hitzebelastung im Bezirk Eimsbüttel abgebildet, um ein Verständnis für den Raum zu erlangen und die Herausforderungen und Potenziale hinsichtlich einer hitzeangepassten Nachverdichtung im Bezirk aufzuschlüsseln. Abschließend wird die Vereinbarkeit von Hitzeanpassung und der städtebaulichen Verdichtung für den Bezirk Eimsbüttel diskutiert.

3.1 Klimaanpassung in Hamburg und Eimsbüttel

Im folgenden Abschnitt werden die aktuellen Entwicklungen der Klimaanpassung in der Stadt Hamburg dargestellt. Hierbei wird ein besonderer Fokus auf bestehende Maßnahmen der Hitzeanpassung auf übergeordneter Ebene sowie resultierende Aufgaben für die Bezirke gelegt. Dafür wird zunächst auf den Hamburger Klimaplan mit seinem Transformationspfad der Klimaanpassung eingegangen. Darauffolgenden wird das Landschaftsprogramm Hamburg sowie der Vertrag für Hamburgs Stadtgrün mit ihren zentralen Inhalten vorgestellt. Des Weiteren soll das strategische Vorgehen des Bezirks Eimsbüttel im Umgang mit Klimaanpassung untersucht werden. Dieser Abschnitt dient dazu, die Prozesse zur Hitzevorsorge im Bezirk zu analysieren und zu untersuchen, wie der Bezirk auf Quartiersebene mit der Integration von Maßnahmen zur Hitzevorsorge umgeht oder zukünftig umgehen möchte. Insbesondere wird dabei auf das "Leitbild Eimsbüttel 2040" eingegangen und die Rolle der Klimaanpassung und die Strategie der Doppelten Innenentwicklung in Eimsbüttel erläutert und wichtige Ziele und Bedarfe für die weitere Bearbeitung herausgestellt.

3.1.1 Der Hamburger Klimaplan

Im Jahr 2007 hat die Stadt Hamburg ihr erstes Klimaschutzkonzept beschlossen. Darauffolgend wurde im Jahr 2013 vom Senat der Masterplan Klimaschutz verabschiedet. Im Dezember 2015 beschloss der Senat den Hamburger Klimaplan, der die Herausforderungen des Klimaschutzes mit denen der Anpassung an die Klimafolgen zusammenführte (vgl. BUKEA 2019a: 4). In dem Klimaplan wurde der Leitgedanke für Hamburg hinsichtlich einer zukunftsfähigen Stadt formuliert, die smart, klimafreundlich und resilient gegenüber den Folgen des Klimawandels sein soll (vgl. BUKEA 2019a: 13). Schließlich wurde der Hamburger Klimaplan im Jahr 2019 fortgeschrieben, indem Ziele und das Maßnahmenportfolio weiterentwickelt wurden (vgl. BUKEA 2019a: 4).

Mit dem Klimaplan 2015 verpflichtete sich der Senat, die CO₂-Emissionen Hamburgs bis 2030 gegenüber dem Basisjahr 1990 zu halbieren und bis 2050 um mindestens 80 Prozent abzusenken. Aufgrund der weiteren Erkenntnisse des Weltklimarats zur globalen Entwicklung des Klimawandels, sollten diese Ziele in der Fortschreibung des Klimaplans angepasst und verschärft werden. Im Rahmen der Fortschreibung des Klimaplans verpflichtet sich die Stadt Hamburg dazu bis 2030 die CO₂-Emissionen um 55 Prozent gegenüber dem Basisjahr 1990 zu reduzieren. Bis 2050 strebt die Stadt eine Emissionsminderung von mindestens 95 Prozent an, um Klimaneutralität zu erreichen (vgl. ebd.: 4). Um die in der Fortschreibung festgelegten Ziele zu erreichen, wurden vier Transformationspfade entwickelt, welche infrastrukturelle Maßnahmen mit erforderlichen ordnungsrechtlichen Maßnahmen kombinieren. Hierbei werden die zur Erreichung der CO₂-Minderungsziele erforder-

lichen Maßnahmen in die Transformationspfade Wärmewende inkl. Gebäudeeffizienz, Mobilitätswende und Wirtschaft abgebildet. Darüber hinaus wurde der Transformationspfad Klimaanpassung formuliert (vgl. ebd.: 5). Ziel des Transformationspfades Klimaanpassung ist es, Hamburg zu einer klimaresilienten Stadt zu entwickeln. Dies umfasst den Schutz von der Hamburger Bevölkerung vor den Folgen des Klimawandels, die klimaangepasste Fortentwicklung der städtischen Infrastrukturen und die Bewahrung einer hohen Lebensqualität sowie Schadensvermeidung (vgl. ebd.: 19). Wichtige Stellschrauben zur Erreichung der Ziele im Bereich der Klimafolgenanpassung sind:

- "Entwicklung und Verbesserung der planerischen und technischen Grundlagen, wie z. B. digitale Kartenwerke,
- regelmäßige Fortschreibung der Stadtklimaanalyse, Aktualisierung der Überschwemmungsgebiete und Starkregenplanungen,
- technische Regelwerke (z. B. die DIN 1986-100),
- Flächendeckende Umsetzung von Maßnahmen zur Anpassung der städtischen Infrastrukturen, die sich in der Praxis bzw. in Pilotprojekten bewährt haben,
- Optimierung der Zusammenarbeit innerhalb der behördlichen und institutionellen Verwaltungsdienststellen,
- zielgerichtete Öffentlichkeitsarbeit" (BUKEA 2019a: 49).

Im Rahmen des Transformationspfades wird die Thematik der Hitzeinsel bzw. Hitzebelastung direkt adressiert und dem zukünftigen Umgang einen wichtigen Stellenwert zugeschrieben. Als wesentliches Ziel im Umgang mit der zunehmenden Hitzebelastung wird die Hitzevorsorge durch die Verringerung des städtischen Wärmeinseleffekts benannt, die vorwiegend durch den Erhalt und die Entwicklung von Grünflächen erreicht werden soll. Insbesondere die Sicherung der landwirtschaftlichen Flächen soll hier eine Schlüsselrolle zukommen, da diese die größten zusammenhängenden Freiflächen im Stadtgebiet darstellen und wesentlich zur Frischluftzufuhr beitragen (vgl. ebd.: 48 f.). In Form eines Maßnahmenprogramms werden in dem Klimaplan Themenfelder und Anpassungsaufgaben der Stadt Hamburg formuliert, welche zum Hochwasserschutz und zur Hitzevorsorge beitragen sollen. Neben hochwasser- und starkregenbezogenen Handlungsfeldern, wie dem Küsten- und Binnenhochwasserschutz, der Entsorgungssicherheit der Abwasserbeseitigung und der Versorgungssicherheit der Trinkwasserversorgung und der Energieinfrastruktur, werden explizit Maßnahmen hinsichtlich der Hitzebelastung dargestellt.

Als konkrete Maßnahme der Hitzevorsorge wird die Dachbegrünung im Klimaplan angesprochen. Im April 2014 wurde in Hamburg die Gründachstrategie verabschiedet und hat damit als erste deut-

sche Großstadt eine umfassende Gründachstrategie ins Leben gerufen (vgl. ebd.: 52). Bei der Ausgestaltung der flächendeckenden Maßnahme wird hinsichtlich der Umsetzung eine konkrete räumliche Bezugsebene sowie Umsetzungsziele benannt. So wurde das Ziel formuliert innerhalb einer Dekade 100 ha Gründächer zu bauen und somit auf gesamtstädtischer Ebene eine neue grüne Infrastruktur entstehen zu lassen (vgl. ebd.: 52). Bis zum Jahr 2024 unterstützt die Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft (BUKEA) das Projekt mit 3,5 Mio. Euro. Im Wohnungsneubau soll ein Gründachpotenzial von 44 ha bestehen, im Gewerbeneubau sogar 66 ha. 20 Prozent der neu begrünten Flächen sollen Bewohner:innen oder Beschäftigte als Freiflächen nutzen können (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg 2021a). Städtischen Vorhaben soll in diesem Zuge eine besondere Bedeutung zukommen (vgl. BUKEA 2019a: 52). So soll etwa Nachverdichtung mit einem Mehrwert an Grün und einer Verbesserung der Freiräume in den Quartieren einhergehen. Zudem sollen die Gründächer das Wassermanagement im Quartier verbessern, indem sie Regenwasser zurückhalten und verdunsten lassen (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg 2021a). Neben der umfassenden Dachbegrünung, besteht zudem die Intention mit einer Strategie für begrünte Fassade den Anstoß für den Bau von mehr begrünten Fassaden zu geben (vgl. BUKEA 2019a: 52). Die Gründachstrategie Hamburgs stellt einen zentralen Baustein hinsichtlich der Hitzeanpassung dar. So wird nicht nur das Mikroklima in Quartieren aufgewertet, sondern durch eine großmaßstäbige Umsetzung kann auch das gesamte Stadtklima aufgewertet werden.

Des Weiteren wird in dem Klimaplan festgehalten, dass im Zuge der Regulierung des Mikroklimas, eine Weiterentwicklung der Baumbestände in Hamburg erfolgen soll. Hier werden die Bezirke in klarer Verantwortung benannt. So müssen die Bezirke Flächen für eine mögliche Aufforstungen benennen. Darüber hinaus wird der Erhalt der städtischen Altbaumbestände als Ziel definiert. Aufgrund der zu erwartenden klimatischen Veränderungen, wie etwa Hitzeperioden, sollen zudem für die gesamtstädtische Ebene neue Kenntnisse in Bezug auf den Stellenwert von Bäumen für die Freiraumplanung und die Bedeutung der Lebensansprüche von Bäumen an Standort und Pflege für ihre Verwendung entwickelt werden. Darauf basierend sollen Konsequenzen für das Hamburger Stadtgrün gezogen werden, um etwa Empfehlungen zur Standortwahl geben zu können (vgl. ebd.: 52).

Ein weiterer Maßnahmenschwerpunkt stellt zudem der Umgang mit der Ressource Wasser dar. So soll zukünftig zur Stärkung der grünen und blauen Infrastruktur sensibler und effizienter mit dem Wasser in der Stadt umgegangen werden. Das anfallende Regenwasser soll möglichst vor Ort verdunsten oder versickern, wodurch eine Entlastung der Siele und eine natürliche Kühlung sowie die Bereitstellung von Wasser in Trockenperioden durch die dezentrale Regenwasserwirtschaft erreicht werden soll (vgl. ebd.: 48).

Eine weitere benannte Maßnahme ist der durch die Klimaleitstelle und der Handwerkskammer Hamburg aufgestellte gewerk-übergreifende Expertenkreis. Die Fachleute (Handwerker:innen, Planer:innen, Architekt:innen, Ingenieur:innen und Energieberater:innen) sollen gebietsbezogene bauliche Anforderungen und Umbauten im Rahmen der Klimafolgenanpassung umsetzen. Ziel des Expertenkreises ist es zudem einen regelmäßigen Austausch über aktuelle Themen, Kundenreaktionen, neue Anforderungen und konkreten Maßnahmen zu fördern (vgl. ebd.: 53).

Neben den aufgeführten Maßnahmen wird in dem Maßnahmenprogramm angemerkt, dass durch die Klimafolgen neue Aufgaben der staatlichen Daseinsvorsorge notwendig werden, wie etwa die Entwicklung von Warnsystemen, Katastrophenfonds oder die Grundlage zur Versicherung gegen klimawandelbedingte Schäden (vgl. ebd.: 53). So sollen unter anderem Strategien zum Umgang mit Hitzeereignissen entwickelt werden, um die Auswirkungen auf die Stadt und die Bevölkerung möglichst gering zu halten (vgl. ebd.: 51).

Im Vergleich zu den hochwasserbezogenen Maßnahmen fällt auf, dass die benannten Hitzeanpassungsmaßnahmen hinsichtlich der Detailschärfe unscharf formuliert sind. So werden allgemeine Ansätze zur Hitzevorsorge angesprochen, wie die Begrünung der Stadt oder die Weiterentwicklung gebäudebezogener Maßnahmen. Konkrete Maßnahmen mit Umsetzungszielen oder Zeithorizonten werden bis auf die Ziele der Gründachstrategie allerdings nicht beschrieben.

3.1.2 Das Landschaftsprogramm Hamburg

Das Landschaftsprogramm Hamburg wurde am 14. Juli 1997 vom Landesparlament in Hamburg verabschiedet und dient als Steuerungsinstrument für die Entwicklung von Natur und Landschaft auf dem Gebiet der Freien und Hansestadt Hamburg. Seit dem Beschluss ergibt sich zeitweise die Notwendigkeit der Aktualisierung des Planwerks. So wurde im Laufe der Jahre etwa die Verbindung zwischen den Zielen von Natur und Landschaft und der menschlichen Gesundheit hergestellt, der Biotopverbund gestärkt oder Aussagen zu örtlichen Gegebenheiten konkretisiert (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg 2021b). Das formelle Instrument stützt sich hinsichtlich der gesetzlichen Grundlage auf das Bundesnaturschutzgesetz und das Hamburgische Gesetz zur Ausführung des Bundesnaturschutzgesetzes, wodurch das Landschaftsprogramm für die Verwaltungseinheiten der Fachplanung bindend ist (vgl. Rasehorn 2012: 62). So muss sich bei Planungen und Entscheidungen an der Darstellung orientiert werden.

Das übergeordnete Ziel des Landschaftsprogramms ist es Landschaftsachsen bis ins Zentrum Ham-

burgs zu garantieren, diese mit weiteren Grün- und Freiflächen zu verbinden und somit eine netzartige Grünraumstruktur zu schaffen. Neben den Landschaftsachsen bilden der 1. und der 2. Grüne Ring das Grundgerüst für das Grüne Netz. Neben Grün- und Freiflächen werden auch Aussagen zu Waldflächen, Gewerbe, Industrie und Straßenräumen getroffen. Zudem werden Friedhöfe, Kleingärten und Sportparks für die Vernetzung der Grünraumstruktur eingebunden. Die Entwicklung von Natur und Landschaft soll hierbei nachhaltig und ökologisch erfolgen (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg 1997: 6 f.). So werden mit dem Landschaftsprogramm etwa bedeutsame Landschaftsbestandteile, wertvolle Tierarten und unverzichtbare Lebensräume von Tieren und Pflanzen gesichert und somit auch die Vielfalt der Natur erhalten (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg 2021b).



Abb. 37: Grünes Netz Hamburg (BUKEA 2021)

Auch in Bezug auf den Umgang mit der steigenden Hitzebelastung im Hamburger Raum ist das Landschaftsprogramm von Bedeutung, da es sich auf den Erhalt und die Entwicklung von Grün- und Freiflächen beziehen, die zentrale Aspekte für den natürlichen Wärmehaushalt darstellen. Innerhalb des Landschaftsprogramms werden einzelne Entwicklungsziele benannt, die hinsichtlich der Anpassung an eine zunehmende Hitzebelastung von Belangen sind. So soll etwa die Vernetzung der Landschaftsachsen und diverser Frei- und Grünflächen zu einer Verbesserung des Stadtklimas beitragen. Das Grüne Netz soll somit Frischluft aus dem Umland in den Stadtkern transportieren. Hierfür soll nicht nur eine Verknüpfung der Flächen erfolgen, sondern auch eine Weiterentwicklung der Achsen und eine Schließung von Lücken (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg 1997: 36). Zudem wird innerhalb des Landschaftsprogramms Frei- und Grünflächen eine große Relevanz für das Stadtklima zugeschrieben, da sie als siedlungsnahe Erholungs- und Abkühlungsflächen für die Bevölkerung dienen (vgl. ebd.: 52). Es sollen insbesondere wohnungsnahe Bereiche durch Grünstrukturen aufgewertet werden um einen Mehrwert für die Bewohner:innen zu schaffen. Hierbei steht besonders auch die qualitative Ausgestaltung der Grünräume im Fokus (vgl. ebd.: 19 f.).

Als weitere Maßnahmen wird das Entsiegeln und Straßenbegleitgrün benannt. Dies soll insbesondere im Zentrumskern sowie in stark belasteten Wohn-, Gewerbe- und Industriegebieten sowie Hauptverkehrsstraßen erfolgen. Zudem sollen Bäume und Pflanzen in Industrie- und Gewerbegebieten die Luftqualität aufwerten. Gebiete mit einer hohen Dichte und Kompaktheit werden aufgrund der geringfügigen Freiflächen für die Grünentwicklung in dem Landschaftsprogamm als Bereiche gekennzeichnet, in denen eine Verbesserung der Freiraumversorgung vordringlich ist. Somit ist in diesen Räumen in besonderem Maße darauf zu achten, Grünraumstrukturen kurzfristig zu integrieren (vgl. BUKEA 2020). Des Weiteren wird in dem Landschaftsprogramm auch der Einsatz von Bäumen, Sträuchern, Fassaden-, Dach- und Hofbegrünung vorgeschrieben, welcher zu einer lokalen Klimaverbesserung führen soll. Der Vegetation wird ein hoher Stellenwert in dem Landschaftsprogramm zugeschrieben, da diese als Schattenspender, zur Erzeugung von Verdunstungskühle und zur Filterung von Schadstoffen aus der Luft einen Mehrwert für die Lebensqualität bietet (vgl. Rasehorn 2012: 62).

Darüber hinaus wurde der Themenkomplex der Hitzebelastung gemeinsam mit dem der Förderung von natürlichen Wasserkreisläufen in das Programm integriert und in der Fachkarte "Grün vernetzen" zusammengefasst. Hier werden Siedlungsflächen mit einem ausgeprägten Wärmeinseleffekt, die prioritären Flächen der Kaltluftentstehung und die für die Kaltluftentstehung wichtigen Gebiete sowie Flächen mit einem hohen Versickerungspotenzial abgebildet. Somit verdeutlicht die Karte, welche Flächen für eine gut durchlüftete Stadt besonders zentral sind (vgl. BUKEA 2019a: 52).

3.1.3 Vertrag für Hamburgs Stadtgrün

Am 22. Juni 2021 beschloss der Senat den "Vertrag für Hamburgs Stadtgrün", in dessen Rahmen sich die einzelnen Vertragspartner:innen gemeinsam dazu verpflichten, trotz des anhaltenden Stadtund Bevölkerungswachstums den Grünanteil der Stadt zu erhalten. Ziel des Vertrages ist es, die Siedlungsentwicklung in Hamburg bei gleichzeitigem Schutz des Stadtgrüns zu ermöglichen (vgl. BUKEA 2021a). Die Vertragspartner:innen sind zum einen der Senat, welcher unter anderem durch die Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft (BUKEA) und die Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen vertreten wird und den Bezirksämtern, dem Landesbetrieb Immobilienmanagement und Grundvermögen (LIG), der Hamburger Friedhöfe AöR sowie weiteren Akteuren aus dem Mobilitäts-, Versorgungs- und Immobiliensektor (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg 2021d: 1).

Im Rahmen des Vertrages verpflichten sich die Parteien dazu "Hamburgs Grün zu erhalten". Im Zuge der Umsetzung sollen die gesamtstädtischen Stadtentwicklungsziele berücksichtigt werden. Zentraler Schwerpunkt der Vereinbarung ist zum einen die Verbesserung der Naturqualität durch Biotopwertsteigerung bei der Bewirtschaftung von Flächen wie der Pflege, Entwicklung oder Verpachtung. Zum anderen steht der Schutz und die Weiterentwicklung des Grünen Netzes im Fokus. Darüber hinaus wird in dem Vertrag festgehalten, dass Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen im Rahmen der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung in Hamburg vorrangig geplant und umgesetzt werden sollen (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg 2021d: 2).

In dem Vertrag werden explizit Aufgaben für einzelne Akteure definiert, so auch für die Bezirksämter Hamburgs. Diese lauten:

- Prüfung des Kompensationserfordernisses bei Eingriffen in das Grüne Netz im Sinne der "VI HH-Grün erhalten",
- Lieferung der Daten für das jährliche Monitoring auf Basis der entwickelten Vorgaben und Kriterien,
- Nachweis über Mittelverwendung bzw. Mittelverausgabung,
- Beantragung eines Grunderwerbsauftrags / Flächenübertragung beim LIG,
- Flächensuche für Kompensationen mit aktiver Unterstützung durch den LIG bei städtischen Entwicklungen,
- Abstimmung der Flächenpools und Prioritätensetzung für die Kompensation mit der BUKEA,
- Zuordnung der Kompensation zum baulichen Vorhaben,
- Planung und Bau der Kompensationsmaßnahmen auf Flächen des jeweiligen Verwaltungsvermögens,

- Erarbeitung teilräumlicher Freiraumkonzepte für Bereiche, in denen Kompensationsmaßnahmen durchgeführt werden sollen,
- Planung und Bau von Parkanlagen oder nutzbaren Freiräumen in Zusammenhang mit dem Bau von mehr als 500 WE im Quartier (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg 2021d: 8).

Darüber hinaus wurden Ziele für die Entwicklung öffentlicher Grün- und Erholungsanlagen für neue Quartiere formuliert. Es gilt, wenn Bebauungspläne für neue Quartiere aufgestellt werden, sollen die Bedarfe für neue Parkanlagen als Bestandteil der Abwägung berücksichtigt werden. Entwickeln sich neue Quartiere durch eine bauliche Verdichtung von Bestandsquartieren, sollen dort ergänzenden Maßnahmen für eine möglichst ausreichende Versorgung mit öffentlichen Grün- und Freiflächen umgesetzt werden, welche durch die Bezirksämter zu entwickeln sind. Zudem sollen einzelne Nachverdichtungsprojekte mit einer geringen Anzahl von Wohneinheiten über das Quartier zusammen betrachtet werden, sodass die Notwendigkeit zur Schaffung neuer öffentlicher Grünanlagen auch somit überprüft wird (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg 2021d: 8 f.). Im Sinne der Naturqualität müssen die Bezirksämter zudem im Rahmen der Aufstellung von Bebauungsplänen grundsätzlich die Übernahme von Festsetzungen zur Dach- und Fassadenbegrünung prüfen. Darüber hinaus werden die Bezirksämter und die BUKEA gemeinsam prüfen, wie Flächen außerhalb von Naturschutzgebieten, Grün- und Erholungsanlagen, Gewässer und Auen eine Verbesserung der Naturqualität erreicht werden kann. Hierfür soll unter anderem auch die Reduzierung von Versiegelungen beitragen (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg 2021d: 9).

3.1.4 Leitbild Eimsbüttel 2040

Im Rahmen des anhaltenden gesamtstädtischen Wachstums der Stadt Hamburg erhöht sich der Entwicklungsdruck auch für den Bezirk Eimsbüttel. Das räumliche Leitbild "Eimsbüttel 2040" hat zum Ziel, eine koordinierte, übergreifende Entwicklungsperspektive für den Raum in qualitativer und quantitativer Hinsicht aufzuzeigen, um den Bezirk auch unter dynamischen Wachstumsbedingungen weiter lebenswert zu erhalten. Eimsbüttel steht vor der Herausforderung bis zum Jahr 2040 ca. 25.200 Wohneinheiten zu realisieren. Dabei verfügt Eimsbüttel als einziger Bezirk über keine größeren Liegenschaften oder Konversionsflächen. Besonders das räumliche Leitbild Hamburg mit seiner Wachstumsstrategie "Mehr Stadt an neuen Orten" scheint für den Bezirk Eimsbüttel ungeeignet, wenn dieser nicht wesentlich in das Freiraumgefüge der Landschaftsachsen eingreifen möchte. Eimsbüttel stützt sich daher auf den Leitsatz aus dem räumlichen Leitbild Hamburgs "Mehr Stadt in der Stadt", für den bereits zahlreiche Beispiele von Verdichtungsstrategien für eine dichte und kompakte Stadt mit "grünem" Mehrwert aufgezeigt worden sind. Dabei verfolgt das Bezirksamt Eimsbüttel, das zukünftige städtische Wachstum und die Realisierung von Wohnraum nicht allein quantitativ

zu bewältigen, sondern mit der Anwendung der Strategie der Doppelten Innenentwicklung unter der Voraussetzung von aufgestellten Qualitätskriterien (vgl. Bezirksamt Eimsbüttel 2018: 7 f.).

Die Einbindung des Leitbilds nimmt im Planungssystem der Stadt Hamburg eine entscheidende Rolle ein, da es die gesamtstädtische Planung für den Bezirk konkretisiert. So kommen mit dem räumlichen Leitbild auch Zielvorgaben des Landschaftsprogramms Hamburgs oder Flächennutzungsplans zum Tragen. Auf Stadtteil- und Quartiersebene dient das Leitbild als Ergänzung zum Bereichsentwicklungsplan und wird mit der räumlichen Darstellung unterlegt. Außerdem wurden während des Erstellungsprozesses auch die Bezüge zu den Bezirken Hamburg-Nord und Altona geschaffen, durch die Teilnahme der Bezirke an mehreren Workshops (vgl. ebd.: 2018: 28).

Im Rahmen des Leitbilds werden vier übergeordnete Zielsetzungen formuliert, die dabei helfen sollen, das Wachstum des Bezirks aktiv zu gestalten und im gleichen Zuge eine landschaftsschonende und sozial verträgliche Entwicklung in Eimsbüttel sicherzustellen. Weiterführende Ziele, die formuliert werden, sind:

Qualitätvolle Grünfläche: künftig soll die Landschaftsachse als verbindendes Element der Stadtteile dienen und sich ein grünes Netz durch kleinere Grünflächen, beispielsweise durch grüne Wegeverbindung, erstrecken und gestärkt werden.

Lebendige Kerne: die Zentren in den Stadtteilen sollen eine gute Mischung aus Einkaufen, Wohnen und Aufenthaltsqualität aufweisen. Es soll dabei vor allem die Wohnraumentwicklung und Versorgung im Fokus stehen.

Neue Schnellbahnen: für eine nachhaltige Siedlungsentwicklung soll das Schnellbahnnetz ausgebaut werden. Hier findet der Neubau der geplanten U5 Erwähnung sowie der Ausbau einer neuen S-Bahn.

Attraktive Magistralen: die Magistralen und Hauptverkehrsstraßen sollen so umgestaltet werden, dass sie urbane attraktive Straßen mit Aufenthaltsqualität darstellen (vgl. ebd.: 21 f.).

In seinem Leitbild stellt der Bezirk mit den Anforderungen - alltagstauglich, anpassungsfähig und lebenswert - eine Art Qualitätscheck für die einzelnen Handlungsfelder auf, die dem Leitbild bzw. der Umsetzung vorangestellt werden sollen. Die Qualitätskriterien leiten sich dabei aus dem Lebensalltag der Bevölkerung ab und sollen der räumlichen Entwicklung als Anforderung dienen. Die Kriterien "alltagstauglich", "anpassungsfähig" und "lebenswert" werden dem Leitbild als Anforderungen an die Zielsetzung vorangestellt. Vor allem das Qualitätskriterium "anpassungsfähig" zielt dabei auf eine zukunftsfähige, resiliente und anpassungsfähige Entwicklung des Bezirks ab

(vgl. ebd.: 7 ff.). Hier geht es vor allem darum, dass die zu entwickelten Stadt- und Freiräume ein gewissen Maß an Flexibilität behalten sollen, vor allem um Strategien der Mehrfachnutzung zu ermöglichen und funktionale Synergien zu befördern sowie Ressourcen zu schützen, mit dem Ziel eines sukzessiven Umbaus einer klimaangepassten Stadt. Das Kriterium "alltagstauglich" zielt darauf ab, dass bei der Umsetzung von Maßnahmen die Bedürfnisse unterschiedlichster Nutzer:innengruppen berücksichtigt werden müssen. Insbesondere die physische Zugänglichkeit und Erreichbarkeit von Orten spielen eine wesentliche Rolle. Das Kriterium "lebenswert" zielt auf die Entwicklung attraktive Stadt- und Freiräume ab, unter Berücksichtigung der frühzeitigen Einbeziehung der Öffentlichkeit, für einen dialogorientierten Planungsprozess und steigender Akzeptanz bei der Aneignung neuer Orte (vgl. ebd.: 21).

Aufbauend auf den übergeordneten Zielsetzungen sind folgendenHandlungsfelder vom Bezirk, unter Berücksichtigung der zuvor beschriebenen Anforderungskriterien, aufgestellt worden:

Profilierte Landschaft

Das Handlungsfeld fokussiert sich vor allem auf die Qualifizierung der Landschaftsachse, die in Teilen noch deutlich zugänglicher, durchwegbarer und erlebbarer gestaltet werden muss. Das Bezirksamt Eimsbüttel setzt für die Erreichung dieses Handlungsfeldes eine Qualifizierungsstrategie für die Landschaftsachse voraus.

Vielfältige Netze und Wege

Neben dem Ausbau des ÖPNV strebt das Handlungsfeld ein gutes Wegenetz für Fußgänger:innen und Radfahrer:innen an. Darüber hinaus sollen die Wegeverbindungen durch Barrierefreiheit, Sicherheit und attraktive Kulissen gekennzeichnet sein.

Starke Kerne

Stadtkerne wie Einkaufsstraßen, Einkaufszentren, kleine Marktplätze sowie überlokale Ankernutzungen wie die Universität oder Sporteinrichtungen sollen weiterentwickelt und gestärkt werden, insbesondere auch "Mikrozentren", welche die Nachbarschaft stärken.

Qualifizierte Infrastruktur

In diesem Handlungsfeld geht es besonders um das Mitwachsen der sozialen, verkehrlichen und grünen Infrastruktur. Das Bezirksamt setzt dafür voraus, dass Bedarfe frühzeitig ermittelt und Flächenverfügbarkeiten geprüft sowie neue Bildungs- und Versorgungsinfrastrukturen kompakter und gleichzeitig hybrider konzipiert werden, damit sie eine noch stärkere stabilisierende und sozial integrierende Funktion in den Stadtteilen übernehmen.

Integrierte Arbeitswelten

In diesem Handlungsfeld stehen vor allem die Gewerbegebiete des Bezirks im Fokus, welche zukünftig ein integraler Bestandteil des urbanen Gefüges darstellen sollen. Vorgesehen sind eine deutlich höhere bauliche Dichte und Nutzungsdichte, um auch ein Angebot für die umgebenden Quartiere zu schaffen und die Attraktivität sowie Wettbewerbsfähigkeit der Standorte zu steigern. Dabei soll auch die lokale, kleinteilige Ökonomie gestärkt werden.

Urbane Straßen

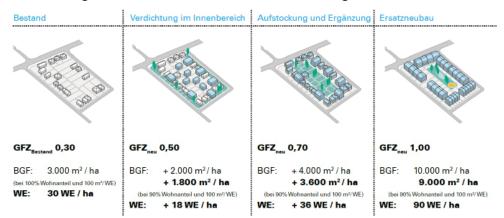
Die urbanen Straßen bzw. Verkehrsmagistralen stellen für den Bezirk Eimsbüttel prägende Elemente dar. Die Magistralen sollen zukünftig nicht als Transitwege, sondern als Entwicklungslinien einer urbanen Stadt verstanden und entwickelt werden. Im Fokus soll dabei nicht nur das Potenzial der Nachverdichtung stehen, sondern vor allem auf der Rückgewinnung der Straße als öffentlicher Räume und ihrer stadtklimatischen Funktion liegen. Der Handlungsbedarf bezieht sich insbesondere auf die Neuorganisation von Gehwegen, Radfahrwegen und Parkierungsflächen. Ein Mehrwert für angrenzenden Siedlungen soll auch durch Bepflanzungen, Möblierungen sowie durch die Belebung der Erdgeschosszonen geschaffen werden.

Lebendige Quartiere

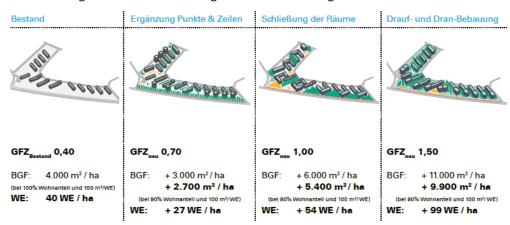
Im Handlungsfeld Lebendige Quartiere sollen in der Bestands- und Neuentwicklung von Quartieren eine funktionale Mischung angestrebt werden, sofern sich diese anbietet und sinnvoll erscheint. In der Umsetzung kann ein differenziertes Angebot auf unterschiedlichen Maßstabsebenen, zum Beispiel im Gebäude, in der Nachbarschaft oder im Stadtteil erfolgen. Bei der Neuplanung wird im Leitbild vorausgesetzt, dass auch eine sozial- und altersgemischte Bewohnerschaft einen wichtigen Beitrag zum Quartier leistet (vgl. ebd.: 22 f.).

Für die Überprüfung der Umsetzung des Leitbilds wurden Entwicklungsszenarien aufgestellt, mit denen der Bezirk eine möglichst verträgliche Nachverdichtung unter Abstimmung der spezifischen Ortsgegebenheiten anstrebt. Dabei sind die Nachverdichtungsmöglichkeiten und Qualifizierungsmaßnahmen differenziert und mit verschiedenen Dichtewerten verbunden (siehe Abb. 38). Ziel ist es, dass die Nachverdichtung auch einen positiven Beitrag in verschiedenen Kontexten bzw. in den Handlungsfelder des Bezirks leistet (vgl. ebd.: 23 ff.).

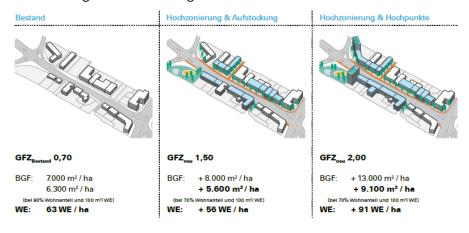
Entwicklungsszenarien Ein- und Zweifamilienhausgebiete



Entwicklungsszenarien Siedlungen der Nachkriegsmoderne



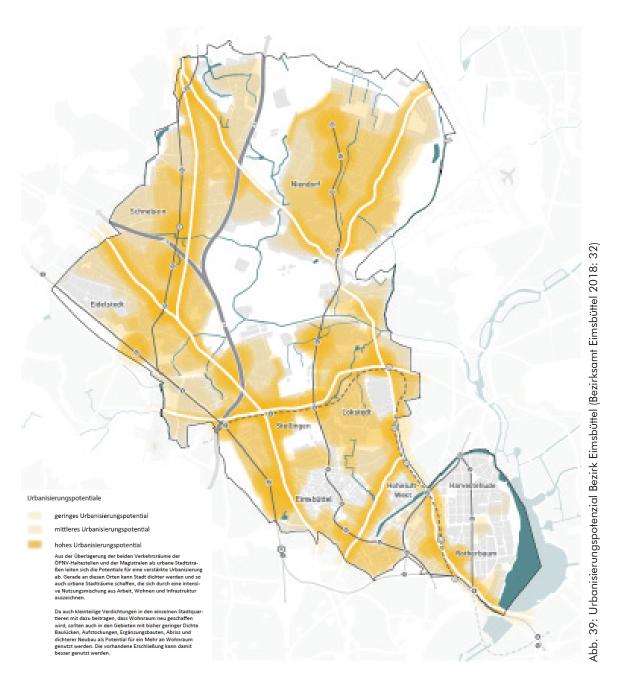
Entwicklungsszenarien Magistralen



Entwicklungsszenarien Gewerbegebiete



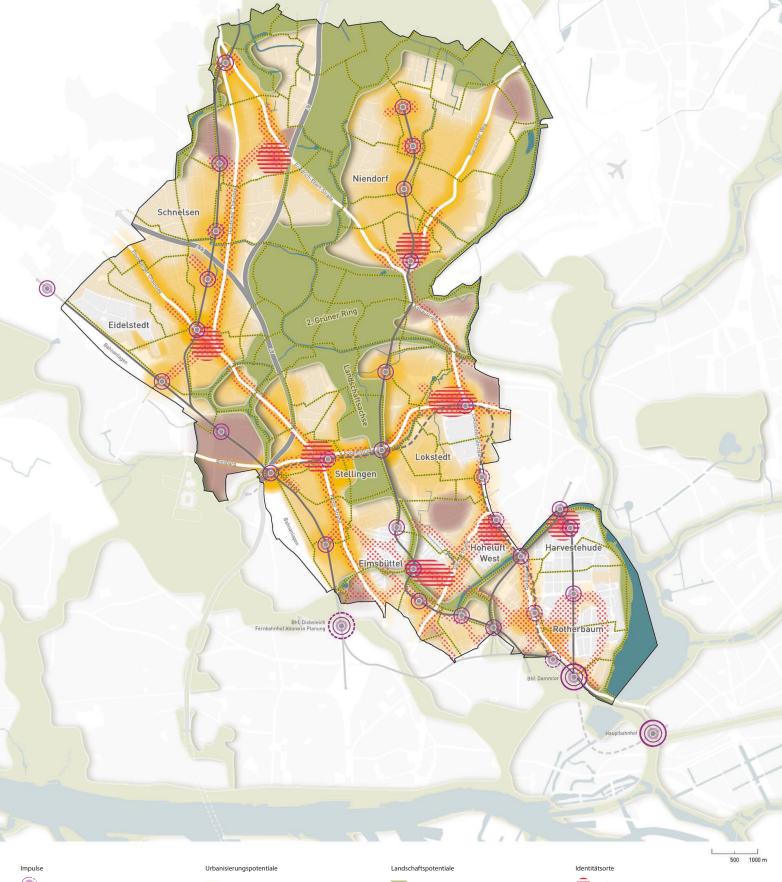
Für die Umsetzung der Entwicklungsszenarien setzt der Bezirk die Anwendung der Strategie der Doppelten Innenentwicklung (siehe Kapitel 2.2.2) voraus. Für den Bezirk bietet sich mit der Strategie der Doppelten Innenentwicklung die Chance, dass jede Verdichtung auch Potenziale für eine qualitative Aufwertung mit sich bringen kann, die für den Bezirk von der Nutzungsmischung bis zur Sanierung und Umgestaltung des Wohnumfeldes reicht. Der Leitgedanke besteht darin, dass die Effekte einer dichten und urbanen Stadt sich auch positiv auf die ökologischen Aspekte des Landschaftsschutzes, der Energieeffizienz und der Ressourcenschonung auswirken. Zukünftige Wohnungsbaupotenziale werden dabei auf bereits bestehenden, baulich genutzten Flächen, die verdichtet werden können, gesehen. Insbesondere bei der Verdichtung von Bestandsstrukturen kann auch die vorhandene Erschließung besser genutzt werden (vgl. ebd.: 23). Zudem wurde durch die Verlagerung der beiden Verkehrsräume der ÖPNV-Haltestellen und der Magistralen Potenziale für eine verstärke Urbanisierung abgeleitet (siehe Abb. 39). Hier möchte der Bezirk die Stadt verstärkt verdichten und urbane



Stadträume mit einer intensiven Nutzungsmischung schaffen. Es sollen sowohl in Gebieten mit einer geringen Dichten Baulücken, Aufstockungen, Ergänzungsbauten und Abriss als Potenzial für neuen Wohnraum genutzt werden, als auch kleinteilige Verdichtungen in dichten Stadtquartieren vorgenommen werden (vgl. ebd.: 32).

Anhand der planungstheoretischen operationalisierten Merkmale hitzeangepasster Siedlungsstrukturen auf Ebene des Quartiers wird im Folgenden darauf eingegangen, inwieweit das räumliche Leitbild von Eimsbüttel auf eine hitzeresiliente Quartiersentwicklung anzielt (siehe Kapitel 2.3.1). Das räumliche Leitbild setzt mit seiner Wachstumsstrategie einer kompakten Stadt und der Qualifizierung seiner infrastrukturellen linearen Stadträume, wie der Landschaftsachse und Magistralen, sowie der Anwendung der Strategie der Doppelten Innenentwicklung, wichtige Grundvoraussetzungen für die Entwicklung hitzeangepasster Siedlungsstrukturen. Die planungstheoretischen Leitbilder der kompakten Stadt und neuere Achsenmodelle sind im wissenschaftlichen Kontext am ehesten für eine resiliente Stadtentwicklung geeignet (vgl. Greiving 2018: 2067). Die kompakte Stadt ebenso wie neuere Achsenmodelle fördern vor allem die Möglichkeit durch einen kompakten Kern und die Bündelung der Siedlungsentwicklung entlang von Achsen gefährdete Bereiche freizuhalten. Dagegen steht aber auch, dass beide Modelle auf kleinräumiger Ebene die Gefahr einer zu hohen baulichen Dichte implizieren (vgl. ebd.: 2067; siehe Kapitel 2.3.1). Laut der Leipzig Charta sollte das Leitbild der kompakten Stadt aufgrund seiner konzentrierten, robusten und effizienten Merkmale grundsätzlich aber nicht in Frage gestellt werden, sondern punktuell um Ziele der Klimaanpassung und -schutz für eine urbane Resilienz ergänzt werden (vgl. Kurth 2020: 15).

Eimsbüttel versucht in seinem räumlichen Leitbild solch einer Ergänzung mit seinen Anforderungskriterien zu folgen, vor allem mit dem Kriterium "anpassungsfähig" und der Anwendung der Doppelten Innenentwicklung. Zusätzlich wird im Leitbild deutlich, dass ein integraler Ansatz verfolgt wird, der soziale, technologisch, ökologische und ökonomische Defiziten und Potenzialen in den Fokus der zukünftigen Entwicklung setzen soll. Die Merkmale einer hitzeresilienten Siedlungsstruktur werden im Rahmen der Doppelten Innenentwicklung weitgehend abgedeckt (siehe Kapitel 2.3.1). Im Zuge von Restriktionen wie Wärmeinseln wird im Leitbild auch die Herausforderung benannt, die Stadt zu verdichten und zugleich von den negativen Folgen des Klimawandels zu entkoppeln. Der Ansatz des Anforderungskriteriums "anpassungsfähig" als auch die Strategie der Doppelten Innenentwicklung als Teile einer übergeordneten Orientierung für das planerische Handeln zu setzen, erscheint sinnvoll. Allerdings gehen durch den Grad der Abstrahierung des Leitbilds konkrete Zielsetzungen der Resilienz verloren, da nicht klar definiert wird, welche Merkmale einer anpassungsfähigen Stadtentwicklung zu berücksichtigen und zu integrieren sind (siehe Abb. 40).





S- / U-Bahn-Haltestelle Bestand / Planung

37 O'Dennirialitesteine Bestaltu / Fraitung Neue, aber auch bestehende U und S-Bahn-Haltestellen müssen vor dem Hintergrund eines veränderten Mobilitäts-verhaltens und möglichem Rückgang des Individualverkehrs als Motoren für die Siedlungsentwicklung bewertet werden. In diesem Bereich ist die Siedlungsverdichtung besonders sinvoll um Sädebau und öffentliche Verkehrsinfrastruktur verstärkt zu verknüpfen.



Fernbahnhof Bestand / Planung

Magistralen

Magistraier)

Die Magistraier bieten durch Rückgang von Lärm und Emissionsbelastung durch neue Antriebe große Entwickungsperspektiven. In irmer unfeld soll die bauliche Dichte konsequent erhöht werden. Die baulichen Nutzungen in der
2. Reihe profitieren davon, da damit der Lärmschutz
verbessert wird. Die Magistralen sollen im Sinner ost
der doppelten Innenentwicklung aus "mehr aber auch besser"
das urbaner Aufenhaltstraum quaffiziert werden. Alleen,
Radstreifen, breitere Fußgängerwege sind das Ziel.

geringes Urbanisierungspotential

mittleres Urbanisierungspotential

hohes Urbanisierungspotential

Aus der Überdagrung der beiden Verkehrsräume der ÖPNV-fallestellen und der Magistralen als urbane Stadtstra-Ren leiten sich die Potentiale für eine verstärket Urhansierung ab. Gerade an diesen Orten kann Stadt dichter werden und so auch urbane Stadträume schäffen, die sich durch ein intensi-ve Nutzungsmischung aus Arbeit, Wohnen und Infrastruktur auszeichnen.

Da auch kleinteilige Verdichtungen in den einzelnen Stadtquar-tieren mit dazu beitragen, dass Wohnraum neu geschaffen wird, sollten auch in den Gebieten mit bisher geringer Dichte Baulücken, Aufstockungen, Erginzungsbauten, Apriss und dichterer Neubau als Potential für ein Mehr an Wohnraum genutzt werden. Die vorhandene Erschließung kann damit besser genutzt werden.

Gewerbeschwerpunkt

Gewerbeschwerpunkt

W verkehz zu vermeiden, ist eine nutzungsgemischte Stadt von besonderer Bedeutung. Im Bezirk Ernsbüttel ist diese Struktur mit den Gewerbeschwerpunkten angelegt. Nicht nur das Logistlägewerbe, sondern auch das kleinteilige Gewerbe int Handwerksbetrieben und Diensteilstungen ist neben den größen Unternehmen, von besonderen Wert, um die Stadt erk urzen Wege zu sichene. Einsbüttel braucht Arbeitsstäten, aber in verdichteter Form. Flachbauten verschwenden Fläche. Bei begrenzter Flächen mußsen Gewerbenutzungen mehr in die Höhe als in die Breite gehen.

Qualifizierungsraum Landschaftsachse einschließlich der Verknüpfungen

Grünes Wegenetz

Od unes Wegerietz.

Die Landschaftsachse Einsbüttel und der 2. Grüne Ring sind das Rückgraf für die langfristige Freiraumentwicklung. Dieses Rückgrat soll gestärkt werden. Es geht dabei nicht um ein Mehr an Fläche, sondern vor allem um die Verbeserung des Bestandes. Das Freiraumpotential der Landschaftsachse erhält bessere Zugänge und ein robustes Wegesystem, dei unterschiedlichen Freiräume miteinander verknüpft.

Weiterhin ist das grüne Wegenetz in den Siedlungsgebieten ein Schlüsselprojekt in der lebenswerten Stadt. Wenn wenige Freiräume vorhanden sind, dann müssen die Wege zu diesen bereits eine freiraumbezogene Nutzungsqualität haben.



Urbane Kerne



Urbane Straßen

Die Struktur des Bezirks mit seinen neun vielfältigen Stadtteilen wird weiter gefördert, indem die vorhandenen Zentren ausgebaut werden.

Urbane Zentren zeichnen sich dadurch aus, dass sie nicht monofunktional sind. Daher wird auch hier die Nutzungsmischung eine wesentliche Anforderung sein, um lebendige Kerne zu schaffen. Das bedeutet neben Einkauf und Dienstleistung auch Wohnen und Aufenthäntsqualität im öffentlichen Raum zu verbinden. Die Kerne und Zentren sind die Ansatzunkte, um urbane Gebiete mit höher baulicher Dichte und Nutzungsmischung herzustlein. Die Urbanen Straßen ergänzen die Kerne und Wirten in die Fläche. Auch mit den Urbanen Straßen wird aus Zeil verfolgt, sädische Dichte, Nutzungsmischung und gleichzeitig Aufenthältsqualität zu schaffen.

Auf das Resilienzmerkmal der Exposition im Sinne von hitzeangepassten Siedlungsstrukturen wird in dem Leitbild kaum eingegangen, obwohl die Restriktion der Wärmeinseln im Kerngebiet und in den anderen Stadtentwicklungszonen klar benannt werden. Für die Herausforderung, die Stadt zu verdichten und zugleich von den negativen Folgen des Klimawandels zu entkoppeln, welche auch die städtischen Wärmeinseln implizieren, hätten Lösungsansätze zum Umgang folgen sollen, um eine Integration der Thematik in das Leitbild zu ermöglichen. Für die Anwendung der Doppelten Innenentwicklung ist zu empfehlen, die einzelnen Bereichen von Luftschneisen und Kaltluftenstehungsgebieten zu kennzeichnen, damit diese auch zukünftig freigehalten und gesichert werden. Auch die Kennzeichnung einzelner Bereiche, bei denen beispielsweise eine Enddichtung angestrebt werden kann, um neue Grünräume entlang der Landschaftsachse und in verdichteten Wohngebieten für ein besseres Mikroklima zu schaffen, wäre im Sinne einer hitzeresilienten Siedlungsentwicklung sinnvoll. Auf diese Weise würden womöglich einzelne markierte Bereiche der Urbanisierungspotenziale aufgehoben werden, was ein ausgewogenes Verhältnis zwischen baulicher Dichte und unversiegelten Frei- und Grünflächen fördern würde.

Die angestrebte Qualifizierung der infrastrukturellen linearen Stadträume wie die Landschaftsachse und Magistralen bildet einen weiteren Schwerpunkt im Leitbild. Im Hinblick auf die planungstheoretischen Resilienzmerkmale neuer Achsenmodelle besteht vor allem auf kleinräumiger Ebene allerdings die Gefahr einer hohen Verdichtung. An dieser Stelle sollte daher beachtet werden, dass sich die städtische Entwicklung nicht ausschließlich auf die Achsen bezieht, da vor allem die Bereiche der Magistrale aufgrund ihres hohen Versiegelungsgrades die "Hitzebänder der Stadt" darstellen (BBSR 2015: 40). So entspricht die Festlegung des Urbanisierungspotenzials auf Basis der Überlagerung von Verkehrsräume, der ÖPNV- Haltestellen und urbanen Straßen wie der Magistralen nicht den hitzeangepassten Anforderungen der Exposition und Diversität. Zwar ist der Anschluss an einer vorhandenen Erschließung ein guter Indikator für eine qualitative Nachverdichtung, allerdings gilt es im Sinne der Doppelten Innenentwicklung auch weitere Differenzierungen, wie die Erreichbarkeit von Entlastungs- und Erholungsflächen, mit einzubeziehen (vgl. BBSR 2014: 18 f.; Becker 2016: 13). Für die Anwendung der Doppelten Innenentwicklung sollte daher die Qualifizierung im Fokus stehen und nur eine punktuelle Verdichtung unter Einbezug der bioklimatischen Situation erfolgen (vgl. Baumüller 2018: 249). Zudem stellt die Qualifizierung des Straßenraums abseits der Magistralen in den Quartieren auch einen prioritären Handlungsbedarf dar, der nicht in den Hintergrund rücken darf, da in den Quartieren eine hohe Bevölkerungsdichte mit vulnerablen Bevölkerungsgruppen zu verzeichnen sind (siehe Kapitel 3.3).

Schließlich werden die klimabedingten Problemlagen innerhalb des Leitbilds nur ansatzweise und

unscharf angesprochen. Zwar wird ein ausgewogenes Verhältnis zwischen kompakter Stadt und der Schaffung und dem Erhalt von Grünräumen verfolgt, allerding zielt das Leitbild besonders in seiner räumlichen Darstellung auf die Urbanisierungspotenziale, Transformationsgebiete, Zentrenentwicklung sowie auf die Qualifizierung der Landschaftsachse und daran anknüpfende grüne Wegeverbindung ab. Jedoch werden keine Bereiche gekennzeichnet, in denen Handlungsbedarfe im Hinblick auf die Klima- oder Hitzeanpassung bestehen, wie eine Markierung von freizuhaltenden gefährdeten Bereichen von Extremereignissen, Wärmeinseln oder Kaltluftschneisen. Besonders im Hinblick auf die getroffenen Entwicklungsszenarien ist das Wissen von Kaltluftschneise ein wichtiger Aspekt, um im Sinne der Doppelten Innenentwicklung zu handeln.

Im Hinblick auf die Einbindung des Leitbildes zeigt sich in der räumlichen Darstellung überwiegend die Entwicklung von übergeordneten Siedlungs- und Infrastrukturen und weniger Entwicklungen auf Quartiersebene. Im Sinne einer klimaangepassten Entwicklung dient das Leitbild daher nicht als räumliche Ergänzung auf Stadtteil- und Quartiersebene. Dies zeigt sich auch durch die fehlende Einarbeitung des Qualitätskriteriums "anpassungsfähig", das mit den anderen beiden Anforderungskriterien die Funktion eines Qualitätscheck haben soll. Im Zuge der Leitbilderstellung wurden keine Kriterien zur Bewertung der Anpassungsfähigkeit aufgestellt, womit zum jetzigen Zeitpunkt kein Qualitätscheck auf Basis bei dem vorangestellten sukzessiven Umbau einer klimaangepassten Stadt erfolgen kann.

3.2 Eimsbüttel - Der kleinste Bezirk mit der höchsten Einwohnerdichte

Für den Bezirk Eimsbüttel sind die lageorientierten Gegebenheiten der Gesamtstadt charakteristisch. Er weist die typischen strukturellen und gesamtstädtischen Merkmale von Hamburg auf: im Kerngebiet eine hohe Siedlungs- und Bevölkerungsdichte mit geringen Frei- und Grünflächen, in der Urbanisierungszone eine abnehmenden bauliche Dichte und stärkere Durchgrünung sowie größere klimaaktive Grünflächen und in den äußeren Stadtteilen eine Mischung von aufgelockerter und verdichteter Wohnbebauung mit großen Freiräumen der Landschaftsachse. Die genannten Stadtentwicklungszonen basieren auf der Grundlage des räumlichen Leitbilds "Mehr Stadt in der Stadt" der Stadt Hamburg (vgl. BSU 2013: 55).

Insgesamt setzt sich der Bezirk aus neun Stadtteilen mit unterschiedlichen Identitäten, stadträumlichen Merkmalen und Angeboten zusammen. Die Stadtteile Harvestehude, Rotherbaum, Eimsbüttel und Hoheluft-West gehören zum Kerngebiet und zählen zu dem Bereich der westlichen inneren Stadt. Die Stadtteile im Kerngebiet sind durch eine gute Standortqualität, vielfältige Nutzungen und enormen Umwandlungs- und Gentrifikationsdruck, unterschiedliche Arbeitsplatzangebote und eine multikulturelle Mischung geprägt. Zusätzlich steht das Kerngebiet aufgrund seiner Beliebtheit unter einem hohen Wohnungsdruck, der sich über seine Grenzen hinaus entwickelt, dieses ist in der Urbanisierungszone mit den Stadtteilen Stellingen und Lokstedt deutlich spürbar. Diese beiden Stadtteile stehen bei der Entwicklung von urbanen Räumen besonders im Fokus, womit die Verdichtung und die städtebaulichen Qualitäten in diesem Bereich zunehmen. Zu der äußeren Stadt zählen die Stadtteile Eidelstedt, Niendorf und Schnelsen (vgl. Bezirksamt Eimsbüttel 2021a: 82 f.) (siehe Abb. 41). Dabei ist die soziale Lage in den drei Stadtentwicklungszonen allgemein stabil bis gemischt (vgl. Bezirksamt Eimsbüttel 2021a: 9).

3.2.1 Historischer Einblick

Der Bezirk Eimsbüttel ist wie kaum eine anderer der Hamburger Bezirke durch seine historische Entwicklung geprägt und zeigt sich durch Kleinteiligkeit und urbane Nutzungsmischung. So sind die Stadtteile im Bezirk, die sich durch unterschiedlich stark ausgeprägte Identitäten kennzeichnen, historisch bedingt. Die Stadtteile Eidelstedt und Stellingen sind ursprüngliche Vororte der Stadt Altona. Die holsteinische Gemeinde Großlokstedt bildeten die Stadtteile Lokstedt, Niendorf und Schnelsen. Auf diese Weise wurden die fünf Stadtteile anders als die althamburgischen Stadtteile Rotherbaum, Harvestehude, Hoheluft-West und Eimsbüttel im Rahmen des Groß-Hamburg-Gesetzes von 1937 der Stadt Hamburg eingemeindet (vgl. Bezirksamt Eimsbüttel 2014: 44).



Abb. 41: Stadtentwicklungszonen (eigene Darstellung nach Bezirksamt Eimsbüttel 2018: 6)

In seiner städtebaulichen Entwicklung war der Bezirk bis ins 19. Jahrhundert stark von der Landwirtschaft geprägt. Zu Beginn der Industrialisierung dehnte sich Hamburg schnell weiter aus. Im Bezirk Eimsbüttel konzentrierte sich die Entwicklung vor allem auf die innenstadtnahen Stadtteile. In Eimsbüttel und Hoheluft-West entstanden in dem Zuge dicht bebaute Gründerzeitquartiere mit der Mischung aus einfachen Mietshäusern und Fabrikgebäuden mit teilweisen sehr schlechten Wohnverhältnissen. Hingegen wandelten sich die Stadtteile Rotherbaum und Harvestehude ab Mitte des 19. Jahrhunderts zu privilegierten städtischen Wohnstandorten mit Villen und Stadthäusern an breiten Alleen. Ab der Jahrhundertwende finden sich in den Stadtteilen Eimsbüttel und Harvestehude, aber auch sozialreformerische Bauprojekte wie die charakteristischen Klinkerbauten der 1920er Jahre oder die "Hamburger Burg", wider. Die Stadtentwicklung folgte ausgehend von den stadtnahen Gründerzeitvierteln, den Hauptausfallstraßen nach Nordwesten. Die Integration der ehemaligen Dörfer Lokstedt, Stellingen, Niendorf, Eidelstedt und Schnelsen in das Stadtgebiet fand sukzessiv statt (vgl. ebd.).

3.2.2 Bevölkerungsentwicklung und -dichte

Im Bezirk Eimsbüttel wohnen derzeit (Stand 31.12.2020) ca. 269.118 Einwohner:innen (Statistikamt Nord 2020), obwohl Eimsbüttel mit seinen rund 50 km³ der kleinste Bezirk in Hamburg ist. Der Bezirk entspricht von der Bevölkerungszahl einer mittleren Großstadt, wie beispielsweise der Stadt Freiburg im Schwarzwald Südwestens Deutschlands oder der schleswig-holsteinischen Landeshauptstadt Kiel. Im Umkehrschluss verzeichnet der Bezirk damit eine überdurchschnittliche hohe Bevölkerungsdichte, die mit 5.295 Einwohner:innen pro Quadratkilometer etwa doppelt so hoch wie in der Gesamtstadt ist. Im Vergleich zu den anderen Bezirken hat Eimsbüttel eher weniger Einwohner:innen, gehört allerdings zusammen mit dem Bezirk Hamburg-Nord zu den am dichtesten besiedelten Bezirken in Hamburg (vgl. Bezirksamt Eimsbüttel 2018: 9). Dabei charakterisieren sich vor allem die Stadtteile Hoheluft-West mit 192 EW/ha und Eimsbüttel mit 175 EW/ha mit einer sehr hohen Bevölkerungsdichte. Dagegen weisen die übrigen Stadtteile eine weitaus geringere Dichte auf. Die Extreme der Dichte liegen zwischen 24 EW/ha im Stadtteil Schnelsen und 192 EW/ha im Stadtteil Hoheluft-West (vgl. ebd.: 13).

Im Bezirk stellt sich vor allem der Anteil der über 65-Jährigen im Vergleich zum Hamburger Durchschnitt leicht überdurchschnittlich dar. Hingegen ist der Anteil der unter 18-Jährigen und Haushalten mit Kindern sowie der Anteil an Ausländer:innen durchschnittlich geringer als in der Gesamtstadt. In den Stadtteilen zeigt sich zudem ein differenziertes Bild der Bevölkerungszusammensetzung. In den äußeren Stadtteilen ist der prozentuale Anteil bei den unter 18-Jährigen und über 65-Jährigen im Durchschnitt wesentlich höher als in den Stadtteilen im Kerngebiet. So leben in den äußeren Stadt-

teilen (Schnelsen, Niendorf, Eidelstedt) mit geringerer Bevölkerungsdichte ein vergleichsweiser hoher Anteil von 22,1 Prozent an älteren Menschen. Im Kerngebiet leben weniger Kinder und Jugendlichen (13,6 Prozent), aber auch weniger Senior:innen (16 Prozent). Ausschließlich im Stadtteil Harvestehude zeigt sich ein höherer Anteil an Senior:innen von 20,1 Prozent. In der Urbanisierungszone ist der Anteil an älteren Menschen nicht so hoch wie in den äußeren Stadtteilen, liegt allerdings mit einer Höhe von 19,0 Prozent über dem Hamburger Durchschnitt (vgl. ebd.: 13/ Statistikamt Nord 2020).

Zudem ist eine soziale Segregation quer durch den Bezirk beobachtbar. Entlang der Alster finden sich vorwiegend einkommensstarke Haushalte wider. In Stellingen und Eidelstedt konzentrieren sich wirtschaftlich schwächere Haushalte, besonders in den Großwohnsiedlungen. Die genannten Strukturen, wie zum Beispiel in Harvestehude, bestehen häufig seit der Entstehung der Stadtteile. Der Stadtteil Eimsbüttel ist ein traditionell einfacherer Stadtteil und steht derzeit in Teilen aufgrund seiner Nähe zur Innenstadt und Universität und seinem vielfältigen kulturellen und gastronomischen Angeboten sowie seinen charakteristischen Altbau-Wohnungsbestand mit kleinteiligen Baustrukturen, unter einem starken Aufwertungsdruck (vgl. Bezirksamt Eimsbüttel 2008: 14).

Nach dem Demografie-Konzept Hamburg 2030 nimmt die gesamtstädtische Bevölkerung zu, wird älter und vielfältiger. Auch in Eimsbüttel wird sich diese Entwicklung zeigen, es wird dabei von einem Bevölkerungszuwachs von ca. 30.000 Menschen bis 2040 ausgegangen. Vor allem kann der demographische Wandel in der Zunahme der über 65-Jährigen abgelesen werden. Zudem sinkt seit Jahren die Haushaltsgröße aufgrund der demographischen und gesellschaftlichen Entwicklung, womit auch die Zahl der Singlehaushalte steigt und damit der Wohnflächenverbrauch pro Einwohner:in (vgl. BGV 2019). Führt sich dieser Trend weiter fort, lässt sich trotz des Bauens von Wohnungen die Bevölkerungsentwicklung nur schwer prognostizieren. In einigen Gebieten, in denen eine bauliche Verdichtung stattfindet, kann die Bevölkerung nämlich kaum bis gar nicht angestiegen sein und in anderen Gebieten kann es durch einen Generationswechsel zu einem deutlichen Anstieg der Bewohnerschaft kommen, ohne das neue Wohnungen gebaut werden (vgl. Bezirksamt Eimsbüttel 2008: 14)

3.2.3 Räumliche Schwerpunkte für eine zukunftsfähige Wohnraumentwicklung

Siedlungsstruktur und Wohnen

Die vorgezeichneten räumlichen Stadtentwicklungszonen geben eine erste stadtstrukturelle Orientierung. Für die Stadt Hamburg ist der Bezirk Eimsbüttel mit seinen ca. 130.000 Wohnungen und vielfältigen Wohnquartieren ein wichtiger und attraktiver Wohnstandort für unterschiedliche Bevölkerungsgruppen. Der Bezirk zeigt ein Bild aus unterschiedlichsten Siedlungstypen und städtischen

Räumen von städtisch bis ländlich, wobei die bauliche Dichte und städtische Prägung von Süden nach Norden tendenziell abnimmt (siehe Abb. 42) (vgl. Bezirksamt Eimsbüttel 2018: 15).

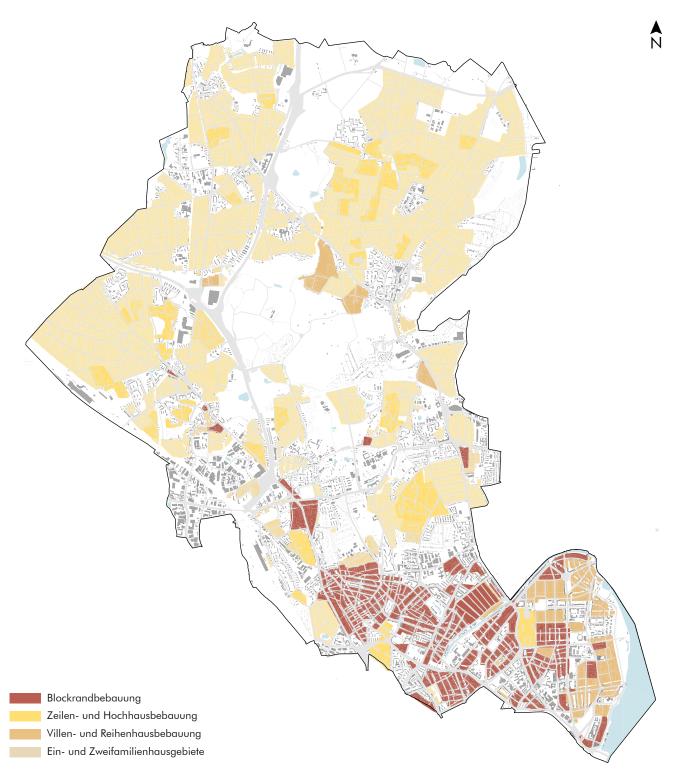


Abb. 42: Stadtstrukturtypen (eigene Darstellung nach Bezirksamt Eimsbüttel 2018: 15)

Für das Kerngebiet sind viergeschossige Blockrandbebauung und die insgesamt hohe Bevölkerungsdichte charakteristische Merkmale. Dabei tragen vor allem das Universitätsviertel und der Alsterlauf zur Identitätsbildung bei und sind über den Bezirk hinaus von gesamtstädtischer Bedeutung. In den Stadtteilen Hoheluft-West und Eimsbüttel finden sich gründerzeitliche baulich dichte Blockrandbebauungen wider, in den Stadtteilen Harvestehude und Rotherbaum sind es vor allem Villenbebau-

ungen des 19. Jahrhunderts sowie vereinzelte Zeilenbebauungen in Harvestehude. Lange Jahre zeigten Bereiche im Kerngebiet einen allgemeinen Bevölkerungsverlust und in einigen Teilen ein Modernisierungsstau auf (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg 1997: 126 f.).

Die Urbanisierungszone mit den Stadtteilen Lokstedt und Stellingen schafft den Übergang von dem Kerngebiet in die äußeren Stadtteile. Diese Zone ist vor allem durch eine heterogene städtebauliche Struktur und Wohnsiedlungen der Nachkriegsmoderne geprägt. So überwiegen in Stellingen, entlang der Landschaftsachse im Westen und Süden große Bereiche mit Mehrfamilienhäusern bzw. Geschosswohnungsbauten in Form von Zeilen- und Hochhausbebauungen. Westlich der Magistrale "Kieler Straße" finden sich vor allem Gewerbegebiete wider und vereinzelte Blockrandbebauungen. Das gartenbezogene Wohnen von Villen und Reihenhäuser ist nur noch in kleineren Bereichen vorhanden. Der Stadtteil Lokstedt ist dabei noch stärker durch die Zeilen- und Hochhausbebauung geprägt als Stellingen (vgl. ebd.: 125 f.).

Der Bereich der äußeren Stadtteile kennzeichnet sich vor allem durch die überwiegende homogene Siedlungsstruktur mit einer verstärkten Zunahmen von Einfamilienhausgebieten (vgl. ebd.: 124). Geprägt sind die äußeren Stadtteile vor allem durch Ein- und Zweifamilienhäuser.

Im Rahmen des Wohnungsbauprogramms steht der Bezirk vor der Herausforderung jährlich um die 1.050 Wohneinheiten zu realisieren. In der Hochrechnung sind dies bis zum Jahr 2040 etwa 25.200 Wohneinheiten. Ein zu beachtender Aspekt dabei ist, dass der Bezirk über keine größeren Konversionsflächen und Liegenschaften verfügt. Im Zuge seiner Wohnbauentwicklung strebt der Bezirk an, im Sinne der Doppelten Innenentwicklung Möglichkeiten zur Nachverdichtung zu schaffen, um das Eingreifen in das Freiraumgefüge zu vermeiden. Bei der Doppelten Innenentwicklung ist ein besonderes Anliegen des Bezirks, städtebauliche und freiräumliche Defiziten im Rahmen von Nachverdichtungsmaßnahmen zu beheben und die verschiedenen Möglichkeiten der Nachverdichtung gegeneinander abzuwägen (vgl. Bezirksamt Eimsbüttel 2018: 7).

Zentren und soziale Infrastruktur

In den Siedlungskernen der Stadtteile bilden die Stadtteil- und Quartierszentren Kommunikationsund Identifikationsmittelpunkte. Sie dienen damit vor allem gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Aktivitäten und gewährleisten eine wohnungsnahe Versorgung mit Gütern und Dienstleistungen in den Stadtteilen. Im Kerngebiet haben die Bezirkszentren Osterstraße und Hoheluftchaussee/Grindelberg Quartier eine übergreifende Bedeutung. Dabei verfügen Lokstedt und Stellingen nicht über eigene Zentren. In den äußeren Stadtteilen verfügen die Stadtteile Niendorf und Eidelstedt über klassische kompakte Versorgungs- und Dienstleistungszentren mit dem Tibarg und Tibarg Center in Niendorf sowie mit dem Eidelstedter Platz und Zentrum, die sich an den Rändern von Hamburg üblicherweise wiederfinden (vgl. Bezirksamt Eimsbüttel 2018: 7).

Die soziale Infrastruktur in Eimsbüttel ist vielfältig und gut erreichbar. Dies gilt sowohl für die flächendeckende soziale Infrastruktur, wie Kindergärten, Schulen, Sport und Pflegeeinrichtungen, als auch für zielgruppenspezifische Angebote (vgl. Bezirksamt Eimsbüttel 2021a: 42).

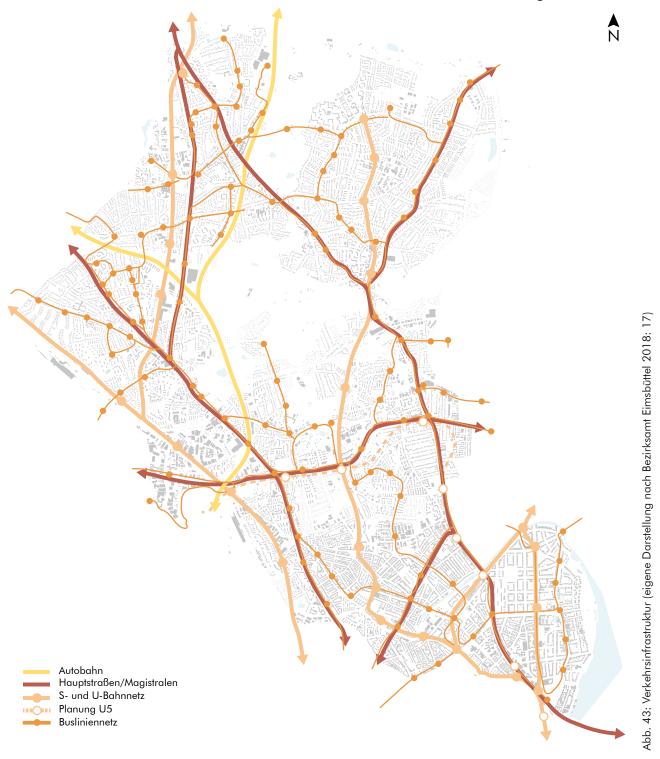
Die Stadtteil- und Quartierszentren in Hamburg unterliegen aufgrund des allgemeinen Strukturwandels im Einzelhandel, aber auch der zunehmenden Digitalisierung und der Veränderung von Lebensstilen und Mobilitätsverhalten in den letzten Jahren einem starken Veränderungsdruck. Diese Veränderungen sind auch im Bezirk Eimsbüttel spürbar. Weiter wird der Trend durch die Folgen der Corona-Pandemie verstärkt. Insbesondere sind die Gastronomie und der Einzelhandel durch die Zeiten von Corona-Wellen und Lockdowns stark unter Druck geraten. Das Bezirksamt Eimsbüttel sieht daher besonderen Handlungsbedarf in seiner Zentrenentwicklung. Diese müssen multifunktional gestaltet und als Treffpunkte für die Bevölkerung weiterentwickeln werden. Mit dem Bevölkerungswachstum muss auch die soziale Infrastruktur mitwachsen, für die frühzeitig Bedarfe und geeignete Fläche ermittelt werden müssen (vgl. ebd.: 43).

Mobilität

Der Bezirk Eimsbüttel ist an das Hamburger Verkehrssystem und der Metropolregion durch den Flughafen, Autobahnen und Bundesstraßen sehr gut angebunden. Der ÖPNV zeigt ein enges U- und S-Bahnnetz und ein verzweigtes zentrales Busnetz. Außerdem gehört der Fern-, Messe- und S-Bahnhof Dammtor zum Bezirk, dieser hat eine zentrale Bedeutung für den Kernbereich in Eimsbüttel. Die Stadtteile Stellingen, Eidelstedt und Schnelsen sind durch die S-Bahnlinien S21 und S23 sowie die AKN angebunden (vgl. Bezirksamt Eimsbüttel 2008: 15) (siehe Abb. 43).

Trotz des gut ausgebauten ÖPNVs liegt die Zahl der privaten PKW im Bezirk über dem Hamburger Durchschnitt. Besonders in den äußeren Stadtteilen, in denen das Netz des ÖPNV weniger engmaschig ist, zeigt sich ein hoher motorisierter Individualverkehr. Aus städtebaulicher Sicht wirken die Verkehrsachsen der Autobahnen, Bundesstraßen und Bahnschienen als trennende Verkehrsschneisen im Stadtraum und machen sich in den einzelnen Stadtteilen deutlich bemerkbar. Zwischen Schnelsen und Stellingen entsteht in absehbarer Zeit die Überdeckelung der BAB A7, die eine deutliche Verbesserung im Hinblick auf die Verbindung für die beiden Stadtteile bedeutet (vgl. Bezirksamt Eimsbüttel 2021: 39).

Zukünftig steht der Bezirk durch einen verstärkten Wohnungsbau auch in technischer Hinsicht vor großen Herausforderungen. Die bestehenden Infrastruktureinrichtungen dürfen nicht überlastet werden, dies gilt insbesondere für die Leistungsfähigkeit der Versorgungsleitungen und die Aufnahmekapazität der Entsorgungsleitungen. Häufig begrenzen unterirdische Anlagen das Wachstum einer Stadt, da ein Ausbau dieser nur schwer realisierbar ist. Weitere Herausforderungen stellt auch der

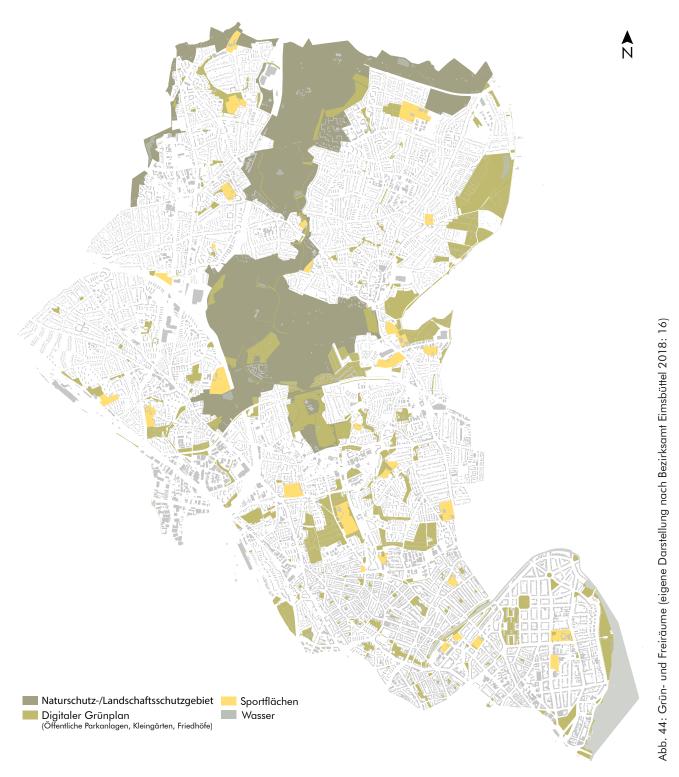


oberirdische Straßenraum und dessen Nutzungen dar. Besonders problematisch ist vor allem der ruhende Verkehr in den begrenzten Straßenräumen, insbesondere im Kerngebiet. Auch die Müllaufbewahrung und -abholung sowie die gestiegenen Anforderungen an die Breite der Geh- und Fahrradwege stellen den beengten Straßenraum vor weitere Problemlagen, für die Lösungen gefun-

den werden müssen. Nicht zu vergessen ist hierbei, dass eine verstärkter Wohnungsbau zu einem höheren Bedarf und einer stärkeren Nutzung von Grün-, Spiel-,und Erholungsflächen sowie die Pflege dieser führen wird, was insbesondere im Kerngebiet aufgrund der hohen baulichen Dichte und der begrenzten Freiräume eine Herausforderung ist. Zukünftig wird sich dadurch ein zunehmender Nutzungskonflikt zwischen dem Straßenraum vom motorisierten Individualverkehr und Möglichkeiten zur Naherholung abzeichnen. Zusätzlich treten durch den Verkehrslärm und -abgase Umweltbelastungen auf. So tragen insbesondere die Bundesstraßen und -autobahnen mit ihren hohen Verkehrsbelastungen für die angrenzenden Quartiere zu erheblichen Gesundheitsgefährdung und Lärmbelastung der Bevölkerung bei. Weitere Restriktionen für die städtebauliche Entwicklung stellen, aufgrund der Lärmbelastung, der Flughafen und der zunehmende Verkehr auf der Güterumgehungsbahn dar (vgl. ebd.: 38 f.).

Freiraum

Die ursprüngliche Freiraumstruktur des Bezirks ist durch die Siedlungsentwicklung weitgehend überformt. Heute finden sich nur noch wenige Kulturlandschaften oder naturräumliche Landschaften im Bezirk wider. Die Feldmark Niendorf-Eidelstedt mit dem Niendorfer Gehege sowie die Schnelsener Feldmark sind als großer zusammenhängender Landschaftsraum das naturräumliche Gliederungselement des Siedlungsraums, der sich außerhalb der Stadtgrenze fortsetzt. Der Landschaftsraum ist ein wesentlicher Teil der Eimsbütteler Landschaftsachse, die sich vom Stadtrand bis in die innere Stadt hineinzieht. Er besitzt eine besondere Bedeutung für den Naturhaushalt, den Biotop- und Artenschutz, das Landschaftsbild sowie für die Erholung. Die Eimsbütteler Landschaftsachse wird durch den 2. Grünen Ring mit den benachbarten Achsen in Richtung Hamburg-Nord und Altona verbunden. Zudem liegt ein kleiner Teil der Alster-Achse im Bezirk, die als innerstädtische Landschaftsachse drei Bezirke mit der Innenstadt verknüpft und dem Bezirk somit eine größere Wasserfläche bietet. Das Verbundsystem der Freiraumstruktur besteht aus einem übergeordneten Geflecht von Landschaftsachsen, den Grünen Ringen, großer Parkanlagen sowie einer kleinräumigen Freiraumstruktur mit kleineren Parkanlagen, Kleingärten, Friedhöfen, Sport- und Spielplätzen. Neben diesem zusammenhängenden Geflecht liegen kleine und große Grünflächen patchworkartig über den Bezirk verteilt (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg 1997: 120 f.). Diese Einzelflächen sind nicht zusammenhängend erlebbar und haben meist keine zugängliche Wegeverbindung bzw. sind diese häufig uneindeutig. Zukünftig sollen alle Grün- und Freiflächen über Grünzüge, Grünverbindungen und grüne Wegeverbindungen zu einem vernetzten Grünsystem verknüpft werden. Vor allem sollen die Voraussetzungen für die Sicherung der Freiraumversorgung, des Biotop- und Artenschutzes und die Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts geschaffen werden (vgl. Bezirksamt Eimsbüttel 2018: 16 f.).



Die Freiraumstruktur bzw. -ansprüche unterscheiden sich erheblich in den drei Stadtentwicklungszonen (vgl. ebd.). So übernehmen die landwirtschaftlichen Flächen und der Wald in den äußeren Stadtteilen wichtige Freiraumfunktionen ein und gewinnen als Erholungsraums an Bedeutung. Allerdings zeigt sich der Freiraumverbund in den äußeren Stadtteilen auch lückenhaft. Vor allem fehlt es an grünen Wegeverbindungen und der Zugänglichkeit zum Freiraum. Das Wegesystem der Stadt und das der Landschaft sind nicht optimal aufeinander abgestimmt (vgl. ebd.: 17).

Die Urbanisierungszone ist vermehrt durch Kleingärten, Sportflächen und dem Tierpark Hagenbeck

geprägt sowie die im Zentrum liegende Landschaftsachse und dem östlich anschließenden Grünzug. Darüber hinaus ist Hagenbecks Tierpark für die Identität dieses Bereichs und für Hamburg von besonderer Bedeutung. In der Urbanisierungszone weist die Freiraumversorgung große Disparitäten auf. Während die Bevölkerung Lokstedts relativ gut versorgt ist, bestehen vor allem Defizite in den Geschoßwohnungsbaugebieten in Stellingen. Dabei wird der Bedarf mit der zunehmenden Verdichtung an öffentlichen Grünflächen weiter ansteigen und der Nutzungsdruck sich erhöhen. Besonders innerhalb der Kleingartenflächen sind nutzbare öffentliche Freiräume notwendig (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg 1997: 125). Auch in der Urbanisierungszone fehlt eine bessere Anbindung an die Grünflächen der Landschaftsachse. Ebenfalls sind die bebauten Bereiche zum Übergang zum Kernbereich schlecht mit Grünflächen sowie einer Anbindung an die vorhandenen Grünräume versorgt. Geprägt ist die Nutzungsstruktur der Freiräume in diesem Bereich durch umfangreiche Kleingartenflächen, die überwiegend in der Nachkriegszeit entstanden sind, um Freizeit- und Erholungsflächen für die Bewohner:innen in dem stark verdichteten Kerngebiet zu schaffen. Das zuvor erwähnte Versorgungsdefizit wird durch weitere Verdichtungen im Kerngebiet sowie neue Großwohnsiedlungen in Stellingen und Lokstedt und die Verlagerung von Kleingärten an den Stadtrand weiter verstärkt werden (vgl. ebd.: 125 f.).

Auch im Kerngebiet unterscheidet sich die Freiraumversorgung mit öffentlich und privaten Grünund Freiflächen in den Stadtteilen. Die Grün- und Freiräume in den Stadtteilen Harvestehude und Rotherbaum zeichnen sich besonders durch ein gartenbezogenes Wohnen aus, da die Stadtteile sich als bevorzugte Wohnlagen mit einer hohen Bevölkerungsdichte charakterisieren. Zudem zeigt sich die Außenalster mit dem Alstervorland als prägende Freiraumstruktur und Teil der Landschaftsachse sowie der Innocentiapark und die Parkanlagen an den Grindelhochhäusern mit gartenkünstlerischer und historischer Bedeutung (vgl. ebd.: 126). Hingegen weisen die Stadtteile Eimsbüttel und Hoheluft-West mit ihren hohen Bebauungs- und Bevölkerungsdichte von 170 EW/ha, und damit die höchste Bevölkerungsdichte in der Stadt, maßgebliche Defizite im Freiraum auf. Besonders der Bevölkerung im westlichen Teil Eimsbüttels und Hoheluft-West stehen keine oder nur geringe Spiel- und wohnungsnahe Parkanlagen zur Verfügung. Der Eimsbütteler Park und der Grünzug am Isebekkanal verbessern die Versorgung im östlichen Teil Eimsbüttels. Bedingt werden die Defiziten in diesen Bereichen nicht nur durch den hohen Nutzungsdruck der wenigen Parkanlagen und Kinderspielplätze, sondern auch durch den geringen Anteil an privaten und halböffentlichen Kinderspiel- und Freizeitflächen. Für die Freiraumversorgung ist es daher umso wichtiger, dass Nachverdichtungen in großen Wohnbausiedlungen nicht zur Qualitätsminderung in der wohnungsbezogenen Freiraumversorgung führen, insbesondere dann nicht, wenn es sich um sensible Bevölkerungsgruppen handelt und öffentliche Grün- und Freiflächen nicht ausreichend zur Verfügung stehen (vgl. ebd.: 127).

3.3 Hitzevulnerabilität in Eimsbüttel

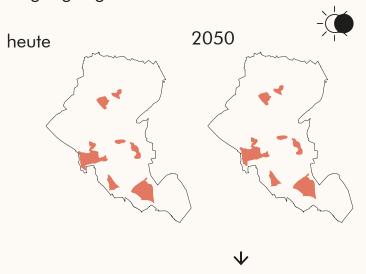
Die Hitzeanpassung von Siedlungsräumen stellt eine komplexe Aufgabe dar. Vor diesem Hintergrund ist das planerische Handeln für die Reduzierung der urbanen Vulnerabilität sowie die gezielte Anwendung von Anpassungsmaßnahmen gegenüber den Einwirkungen des Klimawandels und damit der Veränderung des Stadtklimas von zentraler Bedeutung (vgl. HLNUG 2019: 10). Der Bezirk Eimsbüttel steht vor der Herausforderung zu identifizieren, wie und in welchem Maße der Bezirk von Hitzebelastung betroffen ist, wie sich diese im Raum verteilt und wie verwundbar der Raum in Bezug auf die Hitzefolgen ist, um konkrete Räume mit Bedarfen hinsichtlich der Hitzeanpassung identifizieren und zielgerichtet Handeln zu können.

Im Rahmen einer Vulnerabilitätsanalyse werden im Folgenden Bereiche ermittelt, die in besonderem Maße von der Hitzebelastung betroffen und hinsichtlich der Bevölkerungsstruktur besonders verwundbar sind. Die Vulnerabilitätsanalyse setzt sich hierbei aus zwei Komponenten zusammen: der Expositionsanalyse und der Sensitivitätsanalyse. Die Expositionsanalyse bildet die heutige Hitzebelastung am Tag und in der Nacht in Eimsbüttel ab. Mit dem Klimawandel wird sich auch die stadtklimatische Situation im Bezirk Eimsbüttel weiter verändern. Aufgrund dessen wird für die Expositionsanalyse auch eine Prognose der zukünftigen Hitzebelastung im Bezirk herangezogen, um auch Räume zu identifizieren, die erst in Zukunft hitzevulnerabel sein werden. Die Sensitivitätsanalyse dient dazu besonders sensible Gebiete gegenüber der Hitzebelastung identifizieren zu können. Durch die Überschneidung der beiden Analysen können somit hitzevulnerable Räume identifiziert und Hotspots mit einem besonderen Handlungsbedarf abgeleitet werden.

3.3.1 Expositions analyse

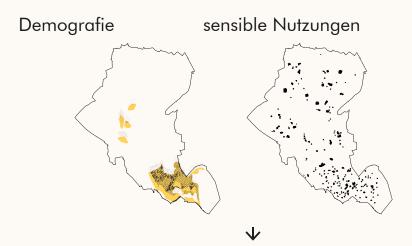
Die Expositionsanalyse beschreibt das Ausmaß und die Verteilung der Hitzebelastung in einem Gebiet (vgl. UBA 2017: 17). Hierdurch können belastete und unbelastete Räume im Bezirk identifiziert werden (vgl. HLNUG 2019: 10). Im Rahmen der Expositionsanalyse wird sowohl die heutige als auch die zu erwartende Hitzebelastung bis 2050 untersucht, um auch Räume, die zukünftig vulnerable sein werden, in Eimsbüttel identifizieren zu können. Zudem wird die bioklimatische Belastung für beide Zeitpunkte sowohl hinsichtlich die Wärmebelastung am Tag als auch in der Nacht unterschieden. Dies begründet sich zum einen dahingehend, dass die Nutzungen im städtischen Raum je nach Tageszeit unterschiedlich ausgeprägt sind und somit auch die Exposition hinsichtlich gesundheitlicher Hitzefolgen. So wird sich tagsüber vermehrt im Freien aufgehalten, während in der Nacht die Erholung und der Schlaf zu Hause im Fokus stehen. Zum anderen ist die Entstehung von Hitzebelastung in Quartieren von der Tageszeit abhängig. Am Tag bestimmt die Sonneneinstrah-

Expositions analyse Ausgangslage



Sensitivitätsanalyse

Kriterienauswahl



Vulnerabilitätsanalyse Überlagerung der Exposition und Sensitivitätskriterien

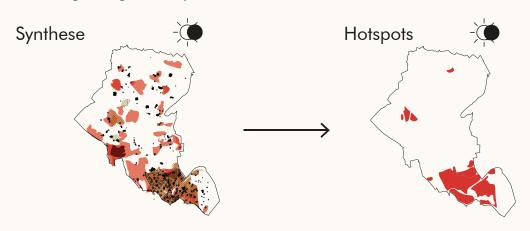


Abb. 45: Zusammensetzung der Schritte der Vulnerabilitätsanalyse (eigene Darstellung verändert nach Stadt Freiburg am Breisgau (2016): 28)

lung und das Aufheizen der Oberflächenmaterialien das Ausmaß der Hitzebelastung. Nächtliche Wärmebelastung in Quartieren entsteht hingegen durch den mangelnden Abtransport der warmen, aufgestauten Luft des Tages sowie durch die Wärmeabgabe von Gebäudematerialien, die am Tag aufgenommen und gespeichert wurde (siehe Kapitel 2.1.1). Dementsprechend sind Maßnahmen zur Hitzeanpassung hinsichtlich ihrer tageszeitlichen Wirksamkeit für ein Quartier zu wählen, um eine möglichst hohe Senkung der Hitzebelastung zu erreichen (vgl. Baumüller 2018: 80). Zur Reduzierung der Hitzebelastung am Tag sind die Verschattung und Reduzierung aufheizender Materialien zentral, während in der Nacht der Abtransport von Wärme und die Zufuhr von kühlerer Luft relevant sind, um den städtischen Wärmeinseleffekt zu reduzieren (vgl. ebd.: 30).

Als Grundlage der Expositionsanalyse dienen die Klimakarten der Stadtklimaanalyse Hamburg aus dem Jahr 2012 und 2017. Vor dem Hintergrund des zunehmenden Wohnungsbaus in der Stadt, wurden die "stadtklimatische Bestandsaufnahme und Bewertung für das Landschaftsprogramm Hamburg und Klimaszenario 2050" im Jahr 2012 erstellt und 2017 aktualisiert (vgl. BUKEA 2018: 4). Durch die Anwendung des Klimamodells FITNAH (Flow over Irregular Terrain with Natural and Anthropogenic Heat Sources) konnte für die Stadt Hamburg eine umfassende Bestandsaufnahme der klimatischen Situation erfolgen. Zudem wurde durch eine numerische Simulation eine Prognose für die zukünftige Entwicklung abgegeben (vgl. BUKEA 2018: 1 f.).

Für die Untersuchung der heutigen Hitzebelastung am Tag im Bezirk Eimsbüttel dienen die Ergebnisse aus der Klimamodellierung. Hier wurde eine austauscharme Sommerwetterlage ohne übergeordneten Windeinfluss modelliert und die bodennahe Lufttemperatur in 2 m Höhe über dem Boden zum Zeitpunkt 14 Uhr dargestellt. Dies stellt eine Wetterlage dar, in der das stadtklimatische Prozessgeschehen am deutlichsten ausgeprägt ist und auf dessen Basis sich gezielte Planungshinweise ableiten lassen (vgl. BUKEA 2018: 19). Für die Darstellung der Wärmebelastung in der Nacht dienen ebenfalls die Ergebnisse der Klimamodellierung. Für die Nachtsituation wurde die Lufttemperatur zum Zeitpunkt 4 Uhr morgens bei einer austauscharmen Sommernacht abgebildet (vgl. BUKEA 2018: 20).

Mit dieser Grundlage werden in der Expositionsanalyse die dargelegten Temperaturen der Klimamodellierung für den Bezirk Eimsbüttel hinsichtlich der Stärke der Wärmebelastung klassifiziert, um eine Vergleichbarkeit zu ermöglichen (siehe Tab. 13). Die Klassifizierung erfolgt für die Tagessituation anhand einer relativen Einstufung entsprechend den lokalen Klimaverhältnisse, die sich aus der Stadtklimaanalyse ergeben, als auch anhand der physiologisch äquivalenten Temperatur (PET) (siehe Kapitel 2.1.3). So stellt etwa ein PET von 35 °C einem PMV von 2,5. Diese Temperaturen

stellen eine starke körperliche Belastung dar und führen zu Hitzestress (siehe Tab. 14). Für die Klassifizierung der Wärmebelastung der Nachtsituation wird sich an der durchschnittlichen Temperatur der Stadtklimaanalyse orientiert. Hiernach sind Räume mit einer nächtlichen Temperatur von über 16,2 °C von einer überdurchschnittlichen hohen Wärmebelastung betroffen (vgl. BUKEA 2018: 20).

| Klassifizierung | Temperatur am Tag | Temperatur in der Nacht |
|-----------------|-------------------|-------------------------|
| sehr gering | unter 23 °C | unter 13 °C |
| gering | 23,0 - 29,0 °C | 13,0 -18,0 °C |
| mäßig | 29,0 - 30,0 °C | 18,0 - 19,0 °C |
| hoch | 30,0 - 32,0 °C | 19,0 - 19,5 °C |
| sehr hoch | 32,0 - 35,0 °C | 19,5 - 20,0 °C |
| höchste | über 35 °C | über 20 ℃ |

Tab. 13: Klassifizierung der heutigen Hitzebelastung (eigene Darstellung)

| PMV | PET | Thermisches Empfinden | Physiologische Wirkung |
|------|-------|-----------------------|------------------------|
| -3,5 | 4 °C | sehr kalt | Kältestress |
| -2,5 | 8 ℃ | kalt | |
| -1,5 | 13 °C | kühl | Leichte Kältebelastung |
| -0,5 | 18 °C | leicht kühl | |
| 0 | 20 °C | behaglich | Keine Belastung |
| 0,5 | 23 °C | leicht warm | Leichte Wärmebelastung |
| 1,5 | 29 °C | warm | |
| 2,5 | 35 °C | heiß | Hitzestress |
| 3,5 | 41 °C | sehr heiß | |

Tab. 14: Thermisches Empfinden und Belastungsstufen für PMV und PET (eigene Darstellung nach LUBW 2013: 31; Henninger/Weber 2019: 202)

Für eine Untersuchung der zukünftigen Exposition gegenüber der Hitzebelastung, können klimatologische Kenntage herangezogen werden, um die Häufigkeit und die räumliche Verteilung der zukünftigen Hitzebelastung im Raum zu modellieren (siehe Kapitel 2.1.1). Hierzu zählen die Sommertage, die heißen Tage und die Tropennächte (siehe Tab. 15).

| Kategorie | Kriterien | Kennwert/Merkmal | Erfassungsmethode |
|-------------------------------------|-------------------|--|---|
| Exposition | | | |
| Klimatologische sche Kenntage | Heiße Tage | Anzahl der Tage mit Tageshöchsttemperatur über 30°C in einem definierten Zeitraum | Modellierung der Häufigkeit und der räumlichen Verteilung |
| | Sommertage | Anzahl der Tage mit Ta- geshöchsttemperatur über 25°C in einem definierten Zeitraum | Modellierung der Häufigkeit und der räumlichen Verteilung |
| | Tropen- nächte | Anzahl der Nächte mit Ta- gestiefsttemperatur über 20°C in einem definierten Zeitraum | Modellierung der Häufigkeit und der räumlichen Verteilung |

lab. 15: Bewertungskriterien der Exposition (eigene Darstellung)

Für die Untersuchung der zukünftigen Entwicklung der Wärmebelastung sowohl am Tag als auch in der Nacht, wird im Rahmen dieser Vulnerabilitätsanalyse die Modellierung der Prognose für klimatologische Kenntage aus der Stadtklimaanalyse Hamburg 2012 herangezogen. Für die Tagessituation wird hierbei die prognostizierte jährliche Anzahl der heißen Tage (über 30 °C) mit einer Lufttemperatur im Zeitraum von 2046 bis 2050 herangezogen (vgl. BUKEA 2012: 52). Die Anzahl der Sommertage wird in die Analyse nicht miteinbezogen, da die Untersuchung der heißen Tage bereits Rückschlüsse auf besonders belastete Gebiete erlaubt. Für die Nacht wird hier die prognostizierte Anzahl der Tropennächte im Zeitraum von 2046 bis 2050 herangezogen, welche sich durch eine nächtliche Minimumtemperatur von mehr als 20 °C im Zeitraum auszeichnen (vgl. BUKEA 2012: 56).

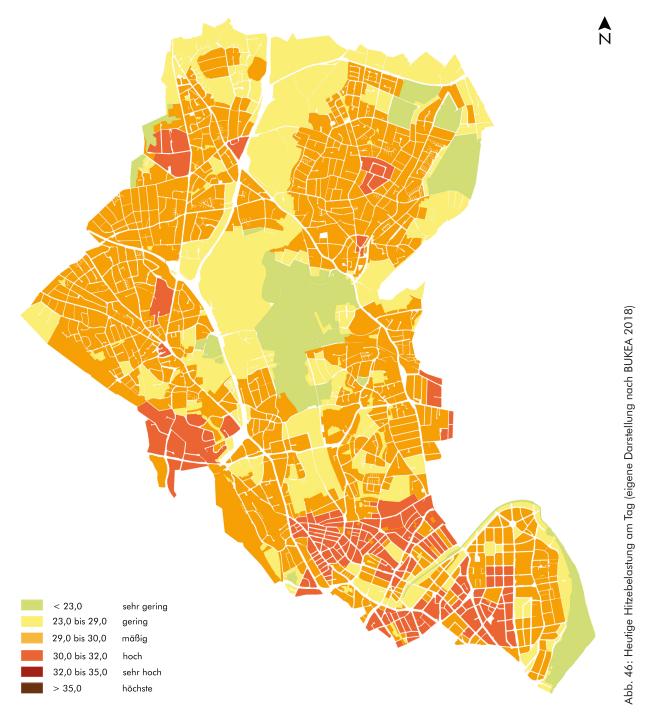
Auch die jährliche Anzahl der Tage wird hinsichtlich des Ausmaßes der Wärmebelastung für die Tages- und Nachtsituation klassifiziert und erfolgte anhand der relativen Einstufung in Bezug auf die lokalklimatischen Verhältnisse in Hamburg entsprechend der Stadtklimaanalyse (siehe Tab. 16).

| Klassifizierung | Anzahl der Tage der Tagessituation | Anzahl der Tage für die Nachtsituation | Hitzahalas |
|-----------------|---------------------------------------|---|--|
| sehr gering | unter 4 | unter 1 | |
| gering | 4 - 6 | 1 - 2 | 2 |
| mäßig | 6 - 16 | 2 - 3 | Z :::::::::::::::::::::::::::::::::::: |
| hoch | 16 - 24 | 3 - 4 | .j:000 |
| sehr hoch | 24 - 26 | 4 - 5 | 7. 7. |
| höchste | über 26 | 5 - 6 | 7. 1. |

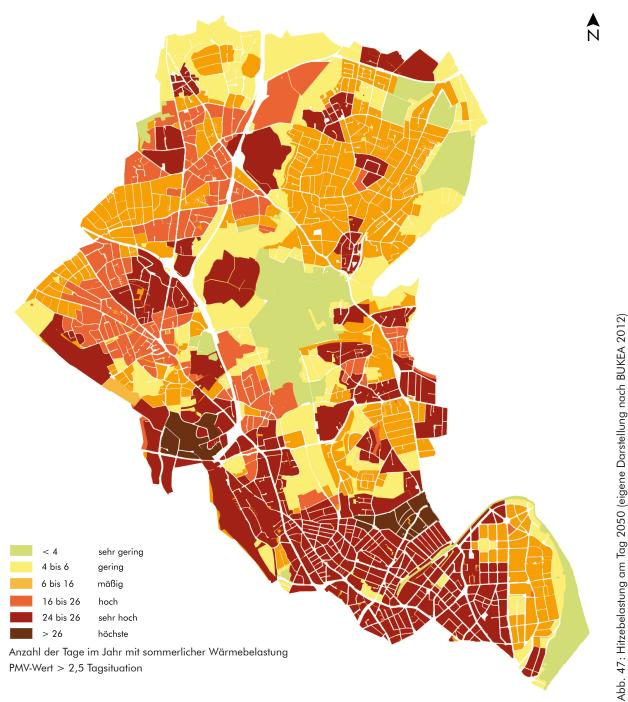
Tab. 16: Klassifizierung der Hitzebelastung für 2050 (eigene Darstellung)

Die Wärmebelastung in Eimsbüttel ist derzeit räumlich unterschiedlich ausgeprägt (siehe Abb. 46). Überwiegend ist der Bezirk heute von einer geringen bis mäßigen Wärmebelastung betroffen. So liegen die Temperaturen bei einer austauscharmen Sommerwetterlage zwischen 23,0 °C bis 29,0 °C. Gebiete, die am Stadtrand gelegen sind, sowie großflächige Freiflächen, wie das Niendorfer Gehege und im innerstädtischen Bereich die Alster, zeichnen sich durch eine sehr geringe bis geringe

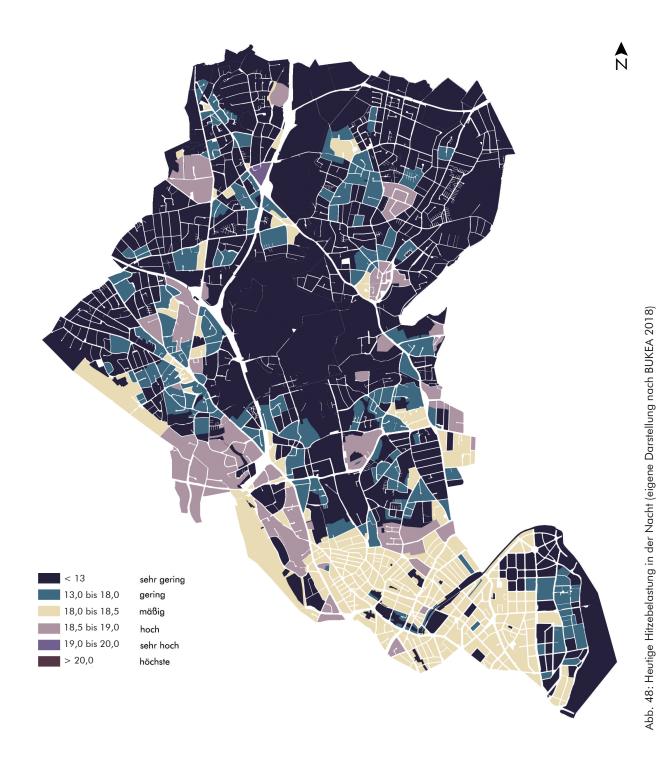
Wärmebelastung aus, was Temperaturen von unter 23,0 °C entspricht. Bereits heute weist Eimsbüttel zudem Räume mit einer hohen Hitzebelastung von 30,0 °C bis 32,0 °C auf und liegt dabei über dem Mittelwert von 28,8 °C von Hamburg (vgl. BUKEA 2018: 22). Diese sind vorwiegend im innerstädtischen Kerngebiet angesiedelt. Hierbei handelt es sich um die Stadtteile Eimsbüttel, Hoheluft-West und stellenweise Rotherbaum. Die hohe Hitzebelastung begründet sich darin, dass das Kerngebiet eine dichte Bebauung aufweist und die produzierte Kaltluft der Grün- und Freiflächen nicht mehr auf die Siedlungsgebiete aufgrund der Strömungshindernisse einwirken kann (vgl. Kapitel 2.1.1). Durchbrochen werden die hitzebelasteten Räume immer wieder durch kleinteilige Freiflächen zwischen 0,3 und 0,6 ha mit einer mäßigen oder sogar geringen Hitzebelastung. Weitere Gebiete mit einer hohen Hitzebelastung finden sich zudem in den äußeren Stadtteilen. Hierbei handelt es sich zum einen um Wohngebiete und zum anderen um zwei Gewerbegebiete in Schnelsen und Eidelstedt.



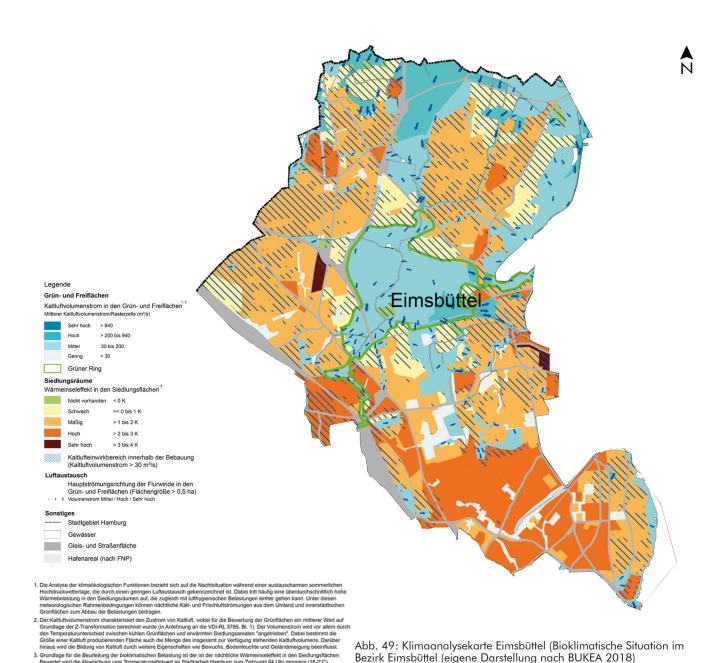
Hinsichtlich der Prognose für das Jahr 2050 kann davon ausgegangen werden, dass sich die Hitzebelastung in den bereits heute belasteten Gebiete weiter verstärken wird (siehe Abb. 47). Insbesondere die innenstadtnahen Stadtteile mit einer dichten Bebauung weisen zukünftig eine sehr hohe Wärmebelastung am Tag auf. Zudem entwickeln sich zwei Gebiete hin zu einer extremen Wärmebelastung, einmal im Stadtteil Hoheluft-West im Kerngebiet und einmal in dem Gewerbegebiet zwischen Stellingen und Eidelstedt, die auch bereits heute durch eine hohe Wärmebelastung gekennzeichnet sind. Auffällig ist zudem, dass sich Freiflächen mit einer heutigen sehr geringen Wärmebelastung bis 2050 flächenanteilig verringern. Das Niendorfer Gehege bleibt zwar als Grünraum mit geringer Wärmebelastung bestehen, doch auch hier steigt die Wärmebelastung geringfügig an, punktuell steigt sie sogar auf ein sehr hohes Niveau. Auch die heute bestehenden Freiluftschneise mit einer geringen Wärmebelastung wird im Jahr 2050 stellenweise von einer hohen bis sehr hohe Wärmebelastung betroffen sein.



Hinsichtlich der Wärmebelastung in der Nacht zeichnet sich im Bezirk Eimsbüttel ein deutliches Temperaturgefälle im Raum ab (siehe Abb. 48). So ist das Kerngebiet vorwiegend von einer mäßigen Wärmebelastung von 18,0 °C bis 19,0 °C gekennzeichnet, während in der Urbanisierungszone und den äußeren Stadtteilen größere Freiflächen mit einer sehr geringen Hitzebelastung und hitzebetroffene Bereiche nur punktuell vorhanden sind. Nur die Alster und nahgelegene Gebiete, der Isebekkanal sowie einzelne kleinflächige Räume weisen im Kerngebiet eine Lufttemperatur von unter 13,0 °C bis 18,0 °C auf. Flächenanteilig zeigt sich, dass die Wärmebelastung in der Nacht im gesamten Bezirk sehr gering ausfällt und Temperaturen von unter 13 °C vorherrschen. Punktuelle zeichnen sich allerdings heute bereits schon Räume ab, die einer hohen nächtlichen Wärmebelastung von 19,0 °C bis 19,5 °C unterliegen und somit eine deutliche Überwärmung aufweisen. Hierbei liegen diese Räume über dem Hamburger Durchschnitt von 16,2 °C (vgl. BUKEA 2018: 20).

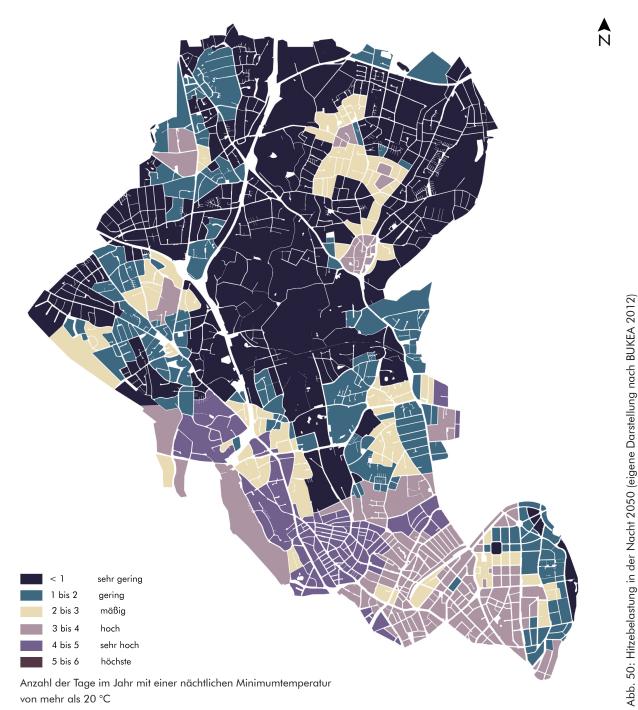


Zur Beschreibung der aktuellen nächtlichen Wärmebelastung kann zudem eine weitere Klimaanalysekarte aus dem Jahr 2017 herangezogen werden. Die Ergebnisse dieser Fortschreibung der Klimaanalysekarte zeigt für Eimsbüttel, dass in dem Bezirk bereits heute bioklimatische Belastungen in Form des städtischen Wärmeinseleffekts vorliegen (siehe Abb. 49). Die Karte bildet die Ergebnisse der Klimamodellierung ab und bezieht Parameter wie die bodennahe Lufttemperatur (in °C), Kaltluftvolumenstrom (in m³/s) der Grün- und Freiflächen und autochthones Strömungsfeld (in m/s) ein (vgl. BUKEA 2018: 29). Zwar bestehen in Eimsbüttel noch klimatische Ausgleichsräume in denen überwiegend ein mittleres Katluftvolumen an den äußeren und mittig gelegenen Stadtteilen vorhanden ist, zeitgleich sind jedoch bereits Siedlungsflächen vorhanden, die einen hohen städtischen Wärmeinseleffekt mit Abweichungen zwischen 2,0 bis 3,0 °C und somit eine verstärkte Wärmebelastung ausweisen.



Die Prognose für das Jahr 2050 zeigt, dass auch in der Nacht die Wärmebelastung im Bezirk Eimsbüttel deutlich zunehmen wird (siehe Abb. 50). Die wärmebelasteten Gebiete ziehen sich somit weiter in die Urbanisierungszone und in die äußeren Stadtteile hinein. Zudem steigen die Temperaturen in einigen Gebieten auf eine sehr hohen Wärmebelastung an. Diese bestehen in den Stadtteilen Eimsbüttel und Hoheluft-West und entlang der Kieler Straße. Des Weiteren zeigt sich, dass insbesondere im Wohngebiet Stellingen eine zunehmend mäßige nächtliche Wärmebelastung prognostiziert wird und somit eine klimatische Verschlechterung bestehen wird.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass bereits heute im Bezirk Eimsbüttel Siedlungsgebiete von einer erhöhten Wärmebelastung betroffen sind, sowohl am Tag als auch in der Nacht. Insbesondere in der Nacht zeichnet sich der städtische Wärmeinseleffekt im Bezirk ab, wobei die



Temperatur punktuell sogar über dem Hamburger Durchschnitt liegt. Besonders betroffen, sowohl am Tag als auch in der Nacht, sind die innenstadtnahen Gebiete im Kerngebiet. Aber auch in der Urbanisierungszone und in den äußeren Stadtteilen bestehen einzelne Hitzeinseln. Zukünftig ist hierbei davon auszugehen, dass das Ausmaß der hitzebelasteten Gebiete weiter ausweitet und die Hitzebelastung in den bereits betroffenen Gebieten sich weiter verstärken wird.

3.3.2 Sensitivitätsanalyse

Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse wird eine Abschätzung der Sensitivität der Bevölkerung gegenüber den Hitzeextremen abgebildet und somit besonders sensible Räume identifiziert (vgl. UBA 2017: 10). Die Sensitivität lässt sich anhand verschiedener Kriterien beschreiben (siehe Tab. 17; Kapitel 2.1.3).

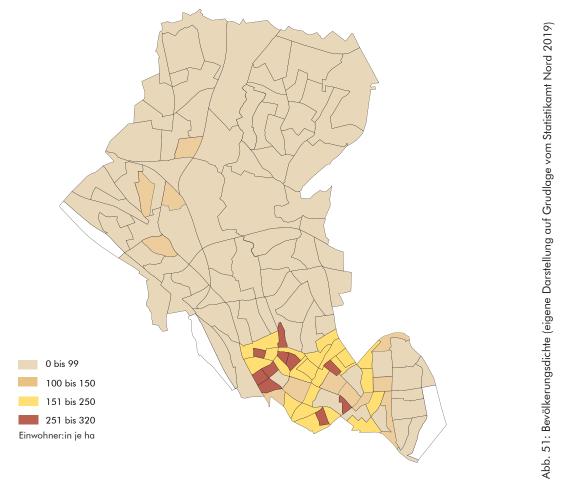
| Kategorie | Kriterien | Kennwert/Merkmal | Erfassungsmethode | | | |
|---------------------------|---|--|---|--|--|--|
| Sensitivität | | | | | | |
| Nutzungs- struktur | Sensible Nutzungen | Art der sensiblen Nutzung | Qualitative Beschreibung des Vorkommens sensibler Nutzungen in einem definierten Einzugsgebiet | | | |
| Bevölke- rungsstruktur | Dichte vulnerabler Bevölkerungs- gruppen | Über 65-Jährige pro ha Unter 6-Jährige pro ha | Anzahl der sensiblen Bevöl- kerungsgruppen pro Fläche für ein definiertes Gebiet | | | |
| | Bevölkerungs- dichte | Einwohner:innen pro ha | Anzahl der Einwohner:innen pro Fläche für ein definiertes Gebiet | | | |

Tab. 17: Bewertungskriterien der Sensitivität (eigene Darstellung)

Um dies für den Bezirk Eimsbüttel zu untersuchen, werden insgesamt vier Kriterien herangezogen. Hierbei ist die Operationalisierung der Sensitivität auf die menschliche Gesundheit beschränkt. Zum einen werden drei demographisch bezogene Kennwerte herangezogen. Hierzu zählt die Bevölkerungsdichte, die Dichte der Kinder unter sechs Jahren sowie die Dichte der über 65-Jährigen. Diese Kriterien begründen sich zum einen dahingehend, dass Räume mit einer allgemein hohen Bevölkerungsdichte als besonders vulnerable anzusehen sind. Zum anderen sind Kinder als auch ältere Menschen gegenüber den gesundheitlichen Folgen extremer Hitzebelastung besonders vulnerable (vgl. Kapitel 2.1.3). Mit der Betrachtung der Bevölkerungsdichte werden vornehmlich Wohngebiete in den Fokus genommen. Die Grundlage für die Analyse dieser drei Kriterien bilden hierbei die demographischen Daten für die statistischen Gebiete des Statistikamts Nord. Die Untersuchung der Kriterien auf der räumlichen Ebene der statistischen Gebiete ermöglicht eine differenziertere Aussage hinsichtlich der räumlichen Verteilung als auf Stadtteilebene. Somit können im weiteren Verlauf Hotspots klarer im Gebiet abgegrenzt werden. Die herangezogenen Daten werden hinsichtlich ihrer Dichte von sehr gering bis sehr hoch klassifiziert. Das vierte Kriterium der Sensitivitätsanalyse stellt die sensiblen Nutzungen dar. Zu diesen zählen Schulen (Grundschulen bis Gymnasium), Kinderta-

gesstätten, Senior:innenheime, Krankenhäuser sowie Pflege- und Behinderteneinrichtungen. Diese Einrichtungen, die sensible Bevölkerungsgruppen beherbergen, werden räumlich im Bezirk verortet.

Eimsbüttel ist der am dichtesten besiedelte Bezirk Hamburgs. Hierbei verteilt sich die Bevölkerungsdichte über das Gebiet allerdings unterschiedlich (siehe Abb. 51). Das Kerngebiet ist das Gebiet mit der höchsten Bevölkerungsdichte. Hier schwankt die Dichte zwischen einer mittleren bis hohen Dichte. Punktuell sind Räume von einer sehr hohen Bevölkerungsdichte gekennzeichnet, insbesondere im Stadtteil Eimsbüttel. Die Urbanisierungszone weist überwiegend eine mittlere Bevölkerungsdichte auf. Die äußeren Stadtteile mit ihren großen Freiflächen zeichnen sich durch eine Mischung von geringer und mittlerer Bevölkerungsdichte aus, wobei diese zum Stadtrand hin tendenziell weiter abnimmt.



Es zeigt sich, dass insbesondere im Kerngebiet Eimsbüttel eine hohe Dichte vulnerable Bevölkerungsgruppen verstärkt vorzufinden ist (siehe Abb. 52, 53). So ballen sich in dem Gebiet sowohl die über 65-Jährigen als auch die unter 6-Jährigen besonders stark. Besonders der Stadtteil Eimsbüttel weist hinsichtlich beider Bevölkerungsgruppen eine hohe Dichte auf. Auch in der Urbanisierungszone sind einzelne dichtbesiedelte Gebiete mit vulnerablen Bevölkerungsgruppen vorzufinden. In den äußeren Stadtteilen sind die beiden untersuchten Bevölkerungsgruppen hinsichtlich der Dichte am geringsten vertreten. Hier treten punktuelle Gebiete auf, in denen eine hohe Dichte der über 65-Jährigen ge-

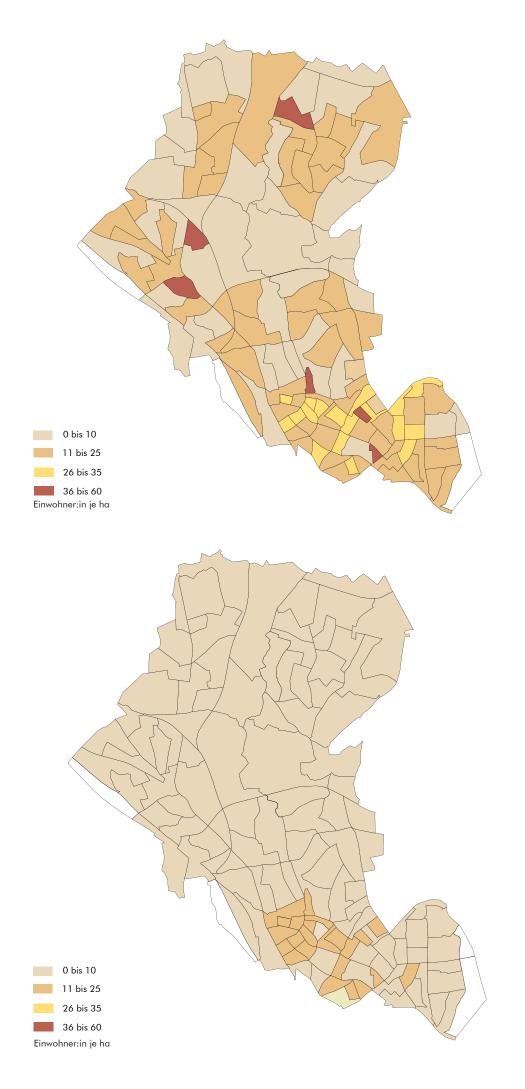
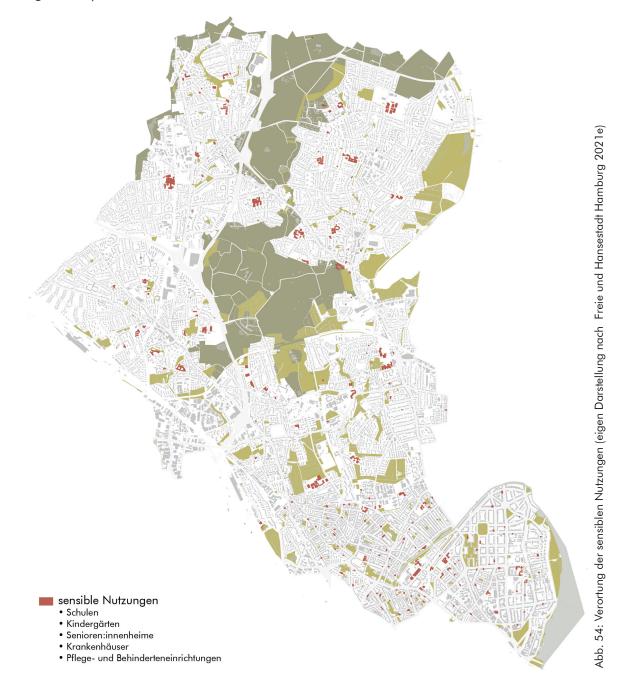


Abb. 53: Räumliche Verteilung der Dichte der unter 6-Jährigen (eigene Darstellung auf Grundlage vom Statistikamt Nord 2019)

Abb. 52: Räumliche Verteilung der über 65-Jährigen (eigene Darstellung auf Grundlage vom Statistikamt Nord 2019) geben ist. Eine hohe Dichte an unter 6-Jährigen lässt sich nur im Kerngebiet feststellen. Allerdings gilt es anzumerken, dass der prozentuale Anteil dieser beiden Bevölkerungsgruppen in den äußeren Stadtteilen höher ist als im Kerngebiet (siehe Kapitel 3.2.2).

Hinsichtlich der sensiblen Nutzungsstruktur im Bezirk zeigt sich, dass die Verteilung ähnlich zu den zuvor betrachteten Kriterien ist. So ist das Kerngebiet durch eine besonders hohe räumliche Ballung sensibler Nutzungen gekennzeichnet. Insbesondere Kindertagesstätten sind hier vermehrt angesiedelt. Zudem sind in dem Gebiet zwei Krankenhäuser vorzufinden: das Agaplesion Diakonieklinikum Hamburg und das Krankenhaus Jerusalem. Ein drittes Krankenhaus, das Albertin-Krankenhaus, befindet sich in den äußeren Stadtteilen. Zudem sind eine Vielzahl an Schulen in dem Bezirk vorhanden sowie 18 Pflegeeinrichtungen, die sich über den gesamten Bezirk verteilen (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg 2021e).



Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich, hinsichtlich der untersuchten Kriterien, das Kerngebiets in Eimsbüttel durch eine hohe Sensitivität gegenüber Hitzefolgen auszeichnet. So ist hier zum einen eine hohe Bevölkerungsdichte vorhanden. In diesem Gebiet sind somit eine hohe Anzahl an Menschen von möglichen Hitzeextremen betroffen. Zum anderen weist das Kerngebiet eine hohe Dichte an hitzevulnerablen Bevölkerungsgruppen auf, die ein erhöhtes Risiko hinsichtlich gesundheitlicher Folgewirkungen der Hitze mit sich tragen. Insbesondere im Stadtteil Eimsbüttel ist sowohl eine sehr hohe Bevölkerungsdichte, eine sehr hohe Dichte an hitzevulnerablen Menschen und eine hohe Anzahl an sensiblen Nutzungen vorzufinden, sodass hier von einem besonders sensiblen Raum gesprochen werden kann.

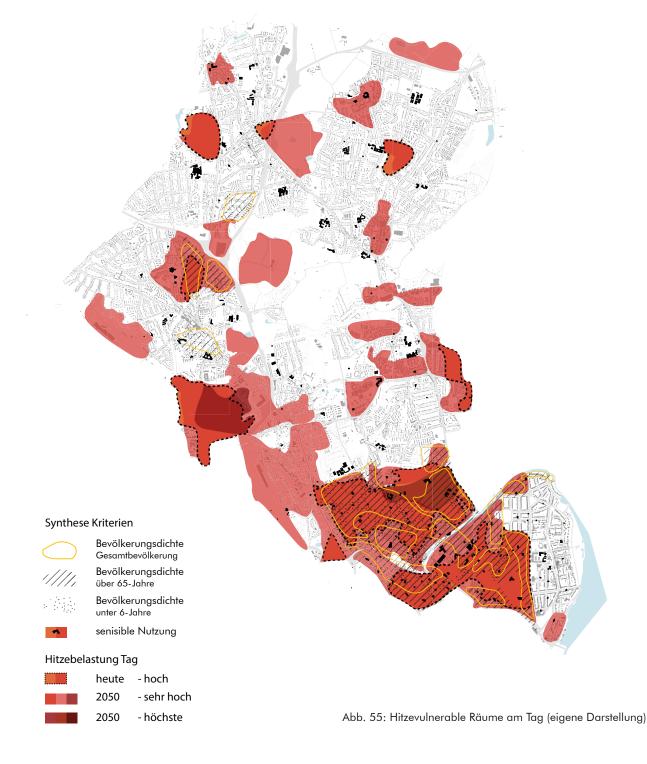
3.3.3 Vulnerabilität Eimsbüttel gegenüber Hitzefolgen und Hotspots

Um Bereiche mit einer besonders hohe Vulnerabilität gegenüber den Hitzefolgen zu identifizieren, werden die Kriterien der Expositionsanalyse und der Sensitivitätsanalyse räumlich überlagert, sowohl für die Tages- als auch für die Nachtsituation. Aus der Expositionsanalyse werden die Gebiete mit einer Wärmebelastung aus den Kategorien "höchste", "sehr hoch" und "hoch" der derzeitigen und der zukünftigen Wärmebelastung herangezogen. Für die Darstellung der heutigen Tagessituation fiel die Kategorie "sehr hoch" raus, da eine so starke Wärmebelastung derzeit noch nicht im Bezirk besteht. Aus der Sensitivitätsanalyse werden zum einen Gebiete mit einer sehr hohen Bevölkerungsdichte ab 100 Einwohner:innen pro ha berücksichtigt, da dieser Kennwert eine relevant hohe Dichte darstellt (vgl. HLNUG 2019: 26). Des Weiteren werden die vulnerablen Bevölkerungsgruppen der unter 6-Jährigen und der über 65-Jährigen ab einer Dichte von über 15 bis 25 EW/ha bei den unter 6-Jährigen und einer Dichte über 15 bis 55 EW/ha bei den über 65-Jährigen berücksichtigt, da hiermit eine besonders hohe Vulnerabilität innerhalb des Raums gegeben ist.

Hinsichtlich der Wärmebelastung am Tag zeigt sich, dass bereits heute großflächige Gebiete im Bezirk Eimsbüttel besonders vulnerable sind (siehe Abb. 55). Insbesondere im Kerngebiet sind flächendeckende Gebiete mit einer hohen Wärmebelastung sowie einer hohen Bevölkerungsdichte und hohen Dichte hitzevulnerabler Bevölkerungsgruppen vorzufinden. Zudem sind sensible Nutzungen vermehrt angesiedelt, sodass zusammenfassend von sehr vulnerablen Räumen gesprochen werden kann. Ein weiterer vulnerabler Raum befindet sich rund um das Gewerbegebiet in Eidelstedt. Hier ist neben einer hohen Wärmebelastung auch eine hohe Bevölkerungs- und Altendichte anzutreffen.

In Zukunft wird sich die Vulnerabilität des Bezirkes weiter verstärken und zunehmend mehr Hitzeinseln entstehen. So wird sich die Hitzebelastung im Kerngebiet räumlich weiter ausbreiten und somit weitere Gebiete mit hoher Bevölkerungsdichte und vulnerabler Bevölkerungsgruppen abdecken. Ein besonderer vulnerabler Raum wird insbesondere im Stadtteil Hoheluft-West entstehen, da hier zukünftig eine sehr

hohe Hitzebelastung prognostiziert wird und sich der Raum zudem durch eine hohe Bevölkerungs- und Altendichte sowie sensible Nutzungen charakterisiert. Auch der bereits heute vulnerable Raum in Eidelstedt wird sich in seiner Fläche bis 2050 voraussichtlich ausweiten, wodurch zunehmend mehr Menschen von Hitzefolgen betroffen sein könnten. Eine weitere besonders deutliche Hitzeinsel wird voraussichtlich im Gewerbegebiet in Eidelstedt entstehen. Hier ist allerdings bisher keine sensible Bevölkerungsstruktur vorhanden. Hierbei muss allerdings angemerkt werden, dass im Zuge der Sensitivitätsanalyse eine Prognose der zukünftigen Entwicklung der sensiblen Bevölkerungsgruppen und ihrer räumlichen Verteilung nicht einbezogen wird, da keine statistischen Daten zur Verfügung stehen. Es ist jedoch anzunehmen, dass, aufgrund des demographischen Wandels, die Anzahl und die Dichte der sensiblen Bevölkerungsgruppen und auch die allgemeine Bevölkerungsdichte im Bezirk zukünftig weiter zunehmen werden, sodass voraussichtlich neben den hier identifizierten vulnerablen Räumen weitere hinzukommen werden.



Auch in der Nacht bestehen bereits heute hitzevulnerable Räume (siehe Abb. 56). Allerdings fallen besonders vulnerable Räume in Bezug auf sensible Nutzungen und Bevölkerungsstrukturen vergleichsweise kleinflächig aus. So sind im Kerngebiet im Stadtteil Eimsbüttel vier kleinräumige vulnerable Räume vorzufinden, da hier neben sensiblen Nutzungen sensible Bevölkerungsstrukturen und eine hohe Bevölkerungsdichte vorliegen. Auch im Stadtteil Hoheluft-West befindet sich ein hitzevulnerabler Raum mit einer hohen nächtlichen Wärmebelastung. Ein großflächiger hitzevulnerabler Raum befindet sich rund um das Gewerbegebiet in Eidelstedt, welcher sich auch am Tag als ein hitzevulnerables Gebiet auszeichnet. Hier ist neben einer hohen Bevölkerungsdichte eine hohe Dichte an älteren Menschen vorzufinden.

Hinsichtlich der prognostizierten nächtlichen Wärmebelastung zeigt sich, dass auch in der Nacht zunehmend mehr Menschen und auch sensible Bevölkerungsgruppen von der nächtlichen Wärmebelastung betroffen sein werden. Die Gebiete decken sich hierbei mit den vulnerablen Räumen der Tagessituation. So ist sind insbesondere Eimsbüttel und der Stadtteil Hoheluft-West zukünftig auch in der Nacht von einer besonders hohen Wärmebelastung betroffen und durch die hohe Bevölkerungsdichte und Anzahl an hitzesensiblen Bevölkerungsgruppen besonders vulnerable. Aber auch Gebiete im Stadtteil Rotherbaum werden in Zukunft aufgrund der steigenden nächtlichen Wärmebelastung mit einer steigenden Vulnerabilität rechnen müssen. Eine zunehmend starke Wärmebelastung in der Nacht zeichnet sich zudem entlang der westlichen Bezirksgrenze aus, allerdings sind dort aufgrund der Gewerbenutzung keine sensiblen Bevölkerungsgruppen und nur vereinzelt sensible Nutzungen vorzufinden. Allerdings gilt es auch hier anzumerken, dass eine Prognose der Bevölkerungsgruppen nicht mit einbezogen werden kann.

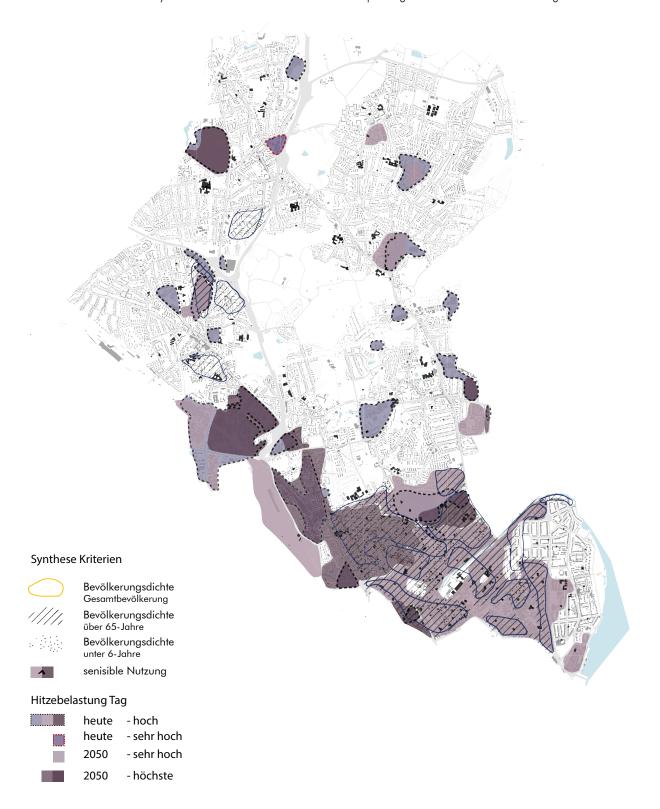


Abb. 56: Hitzevulnerable Räume in der Nacht (eigene Darstellung)

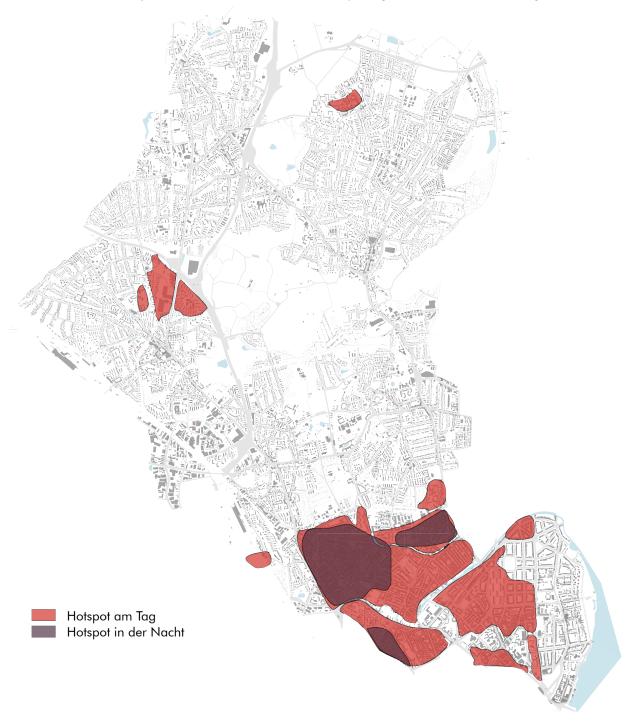
Hotspot

Auf der Grundlage der Vulnerabilitätsanalyse lassen sich Hotspots ableiten. Die Hotspots definieren hierbei besonders verwundbare Räume, in denen ein zentraler Handlungsbedarf besteht, da sie entweder bereits heute oder aber bis 2050 durch eine hohe Vulnerabilität gekennzeichnet sind. Hierbei werden nur Flächen ab 5 ha als Hotspot einbezogen. Um die Hotspots zu identifizieren, werden die Gebiete der Vulnerabilitätsanalyse in Betroffenheitskategorien eingeordnet (siehe Abb. 57). Hier müssen die Gebiete eine der Anforderungen innerhalb einer Kategorie entsprechen, um dieser zugeordnet zu werden.

Die Hotspots für den Bezirk Eimsbüttel werden über die Betroffenheitskategorien abgeleitet, die am stärksten von Hitzebelastung betroffen sind und zugleich sensible Kriterien aufweisen. Die Hotspots bestehen hierbei für den Tag als auch für die Nacht. Die Hotspots am Tag werden aus der Betroffenheitskategorie 1 (sehr hohe Vulnerabilität) abgebildet. Gebiete der Betroffenheitskategorie 2 (hohen Vulnerabilität) zählen dann als Hotspot, wenn der Bereich von der künftig höchsten Hitzebelastung überlagert wird. Die Hotspots für die Nacht werden vorwiegend aus der Betroffenheitskategorie 1 abgeleitet.

Für den Bezirk Eimsbüttel lassen sich mehrere Hotspots identifizieren, welche sich hinsichtlich der Betroffenheit zwischen Tag und Nacht unterscheiden lassen. Ein Hotspot am Tag stellt zum einem der Raum rund um das Gewerbegebiet in Eidelstedt dar. Hier besteht hinsichtlich der Tagessituation eine sehr hohe Vulnerabilität aufgrund einer heutigen hohen Hitzebelastung und der sensiblen Bevölkerungsstruktur, aber auch in der Nacht tritt dort heute und auch zukünftig eine hohe Wärmebelastung auf. Auch in dem Stadtteil Stellingen befindet sich ein Hotspot, welcher sich durch eine hohe Vulnerabilität auszeichnet, da dort eine sehr hohe Hitzebelastung bis 2050 prognostiziert wird und zugleich sensible Nutzungen im Raum vorhanden sind. Weitere Hotspots befinden sich im Bezirk Eimsbüttel im Kerngebiet. Hier sind die Hotspots sehr flächendeckend vorhanden. Zudem überschneiden sich hier Hotspots des Tages und der Nacht. Diese Räume sind somit hinsichtlich der Hitzeanpassung einem besonders deutlichen Handlungsdruck unterlegen, da hier im gesamten Tagesverlauf eine sehr hohe Verwundbarkeit besteht. Die Gebiete im Kerngebiet sind charakterisiert durch eine Vielzahl an sensiblen Nutzungen, einer sensiblen Bevölkerungsstruktur und -dichte sowie einer heutigen hohen Wärmebelastung, die sich auch in Zukunft weiter verstärken soll.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass im Bezirk Eimsbüttel breites heute stark hitzebelastete Gebiete bestehen, die in Bezug auf ihre Bevölkerungs- und Nutzungsstruktur besonders vulnerabel gegenüber den Hitzefolgen sind. Insbesondere im Kerngebiet kann sogar von einem flächendecken-



Betroffenheitskategorie 1: Sehr hohe Vulnerabilität

Heute sehr hohe bis höchste Hitzebelastung

+ 2 Sensitivitätskriterien und mehr

Zukünftig sehr hohe bis höchste Hitzebelastung

+ min. 1 Sensitivitätskriterien

Betroffenheitskategorie 2: Hohe Vulnerabilität

Heute hohe Hitzebelastung

+ 2 Sensitivitätskriterium

Zukünftig hohe Hitzebelastung

+ 2 Sensitivitätskriterium

Betroffenheitskategorie 3: Mäßige Vulnerabilität

Heute mäßige Hitzebelastung

+ 1 Sensitivitätskriterien

Zukünftig mäßige Hitzebelastung

+ 1 Sensitivitätskriterien

Betroffenheitskategorie 4: Geringe Vulnerabilität

Heute geringe Hitzebelastung

Zukünftig mäßige Hitzebelastung

den Hotspot gesprochen werden. Die dichte Blockrandbebauung und der Mangel an Grün- und Freiflächen zeigt sich in einer deutlich belasteten bioklimatischen Situation. Durch die hohe Bevölkerungs- und Altendichte sollten hier insbesondere ein Fokus auf die Freiraumgestaltung gelegt werden, die auf die Bedürfnisse verschiedener Bevölkerungsgruppen eingehen. Auch Gewerbegebiet stellen in Eimsbüttel zentrale Hitzeinseln dar und wirken durch die Hitzeentwicklung auch in Siedlungsgebiete ein. Da sich auch zukünftig die Hitzebelastung sowohl am Tag als auch in der Nacht weiter verstärken wird und eine Verschlechterung des Mikroklimas in einigen Gebieten in Eimsbüttel zu erwarten ist, besteht ein konkreter Handlungsbedarf, die Siedlungsräume hitzeresilient zu gestalten. Es bleibt anzumerken, dass nicht nur die Hotspots in Eimsbüttel von Hitzebelastung betroffen.

3.4 Resultierende Bedarfe, Herausforderungen und Potenziale

Auf Grundlage der Raum- und Vulnerabilitätsanalyse lassen sich für den Bezirk zusammengefasst konkrete Bedarfe, Herausforderungen und Potenziale für eine hitzeresiliente Quartiersentwicklung darstellen. Im Rahmen der folgenden Zusammenfassung wird somit die zweite Teilfrage der vorliegenden Arbeit beantwortet, die lautet:

Welche Potenziale und Herausforderungen bestehen im Bezirk Eimsbüttel hinsichtlich einer qualitativen städtebaulichen Entwicklung und welche Zielkonflikte ergeben sich hieraus für eine hitzeangepasste Nachverdichtung?

Der Bezirk Eimsbüttel steht aufgrund des Bevölkerungswachstums der Stadt Hamburg unter dynamischen Wachstumsbedingungen und einem zunehmenden Entwicklungsdruck. Bis zum Jahr 2040 sollen in dem Bezirk ca. 25.200 Wohneinheiten realisiert werden. Damit steht die Wohnraumentwicklung des kleinsten Bezirks mit der höchsten Bevölkerungsdichte in der Stadt Hamburg, in direkter Flächenkonkurrenz zur Freiraumentwicklung. Die Herausforderung im Zuge der Wohnraumentwicklung wird es sein, eine hohe Lebensqualität zu gewährleisten, als auch klimatische und ökologische Aspekte zu erhalten, zu vernetzen und zu qualifizieren. Im Rahmen der Innenentwicklung verfügt der Bezirk über keine größeren Konversionsflächen oder Liegenschaften, auf denen sich größere Wohnbauprojekte realisieren lassen könnten. Der Bezirk zielt daher mit der Strategie der Doppelten Innenentwicklung auf eine dichte und kompakte räumliche Entwicklung ab, ohne in das Freiraumgefüge einzugreifen. Zugleich sollen städtebauliche und freiräumliche Defizite im Rahmen von Verdichtungsmaßnahmen behoben werden. Dies birgt die Herausforderung, Flächen- und Nutzungskonkurrenzen sowie Maßnahmen zur Qualitätssteigerung gegeneinander abzuwägen, um das Ziel einer qualitativen Entwicklung im Sinne der Doppelten Innenentwicklung zu erreichen. Aufgrund der Bevölkerungsentwicklung und den unterschiedlichen Indentitätsorten und kleinteiligen stadträumlichen Merkmalen, die sich in den Stadtteilen abbilden, sind für den Bezirk in seiner Wohnraum- und Infrastrukturentwicklung sowie Frei- und Grünraumversorgung differenzierte und flexible Lösungsansätze und Strategien auf kleinräumiger Ebene erforderlich, um auch zukünftig auf dynamische Entwicklungen und Bedarfe reagieren zu können.

Für die Steigerung der Lebensqualität im Bezirk gilt es, das vorhandene Potenzial der bestehenden Frei- und Grünraumstruktur zu nutzen und die derzeitig zusammenhängenden Einzelflächen miteinander zu verbinden, um Barrieren abzubauen und die Erlebbarkeit zu erhöhen. Die Freiraumversorgung stellt vor allem im Kerngebiet und in den Bereichen zwischen dem Kerngebiet und der Urbanisierungszone innerhalb des Bezirks ein maßgebliches Versorgungsdefizit dar. Insbesondere in den

Stadtteilen Eimsbüttel und Hoheluft-West, mit ihrer hohen Bebauungs- und Bevölkerungsdichte, stehen keine oder nur geringe Spiel- und wohnungsnahe Parkanlagen zur Verfügung. Im Rahmen der Wohnraumentwicklung stellt auch die Zentrenentwicklung einen besonderen Bedarf dar. Aufgrund von Flächenkonkurrenzen und einer kompakten Entwicklung steht der Bezirk vor der Herausforderung, seine Zentren multifunktional zu gestalten und Freiräume mit einer hohen Aufenthaltsqualität für die Bevölkerung zu schaffen sowie ein Mitwachsen der sozialen Infrastruktur zu gewährleisten. Herausforderung und zugleich Potenzial stellt vor allem die Gestaltung des Straßenraums im Sinne der Doppelten Innenentwicklung dar. Hier besteht der Bedarf diesen qualitativ auszugestalten und zu einem Raum mit Aufenthaltsqualität aufzuwerten. Denn dieser bietet das Potenzial, entlang von Bezirks- und Hauptverkehrsstraßen, für den Wohnungsbau sowie potenzielle Flächen als qualitative Freiraumentwicklung, insbesondere in Gebieten mit einem Versorgungsdefizit an Grün- und Freiflächen, zu dienen. Handlungsbedarfe sind hierbei der Umgang mit dem ruhenden Verkehr in den beengten Straßenräumen sowie die gezielte Qualifizierung der Freiflächen für eine Rückgewinnung dieser für den öffentlichen Räum. Die Neuorganisation der Gehsteige, Radfahrwege und Parkierungsflächen stellen somit eine zentrale Herausforderung dar.

Die Vulnerabilitätsanalyse für den Bezirk hat gezeigt, dass sich auch hinsichtlich der Anpassung an die zunehmende Hitzebelastung konkrete Bedarfe und Herausforderungen ergeben. In einzelnen Gebieten zeichnet sich bereits heute eine hohe Hitzebelastung deutlich ab, die der Bezirk auch in seinem räumlichen Leitbild als Restriktion wahrnimmt. Darüber hinaus haben sich aus der Überlagerung der Expositions- und Sensitivitätsanalyse konkrete Räume mit einer hohen Vulnerabilität hinsichtlich der Hitzefolgen und einer Einschränkung der Lebensqualität identifizieren lassen. Die Vulnerabilität der betroffenen Räume wird sich zukünftig räumlich weiter erstrecken, einhergehend mit einer steigenden Hitzebelastung. Für eine hitzeresiliente Quartiersentwicklung gilt es im Rahmen einer qualitativen Nachverdichtung insofern die Lebensqualität und das Mikroklima in den heutigen und zukünftigen vulnerablen Gebieten aufzuwerten und zu verbessern.

Für den Bezirk Eimsbüttel ergibt sich in der Schlussfolgerung somit eine Herausforderung in der Abwägung zwischen der Reduzierung und Hemmung der Ausdehnung städtischer Wärmeinseln und dem Vorantreiben der Wohnraumentwicklung an bestehenden Orten. Da derzeit, aber auch zukünftig, viele Gebiete einer hohen bioklimatischen Belastung unterliegen, gilt es diese durch etwaige Nachverdichtungsmaßnahmen nicht weiter zu verstärken. Vielmehr sollte das Ziel sein diese Quartiere sogar mikroklimatisch aufzuwerten, um die Lebensqualität zu verbessern. Hier gilt es ein ausgewogenes Verhältnis zwischen der Schaffung von baulicher Dichte und der Verringerung der Hitzevulnerabilität anzustreben, um eine qualitative Nachverdichtung zu ermöglichen. Hierdurch

müssen die übergeordneten Zielsetzungen, die im räumlichen Leitbild vom Bezirk formuliert sind, mit einer klima- bzw. hitzeresilienten Entwicklung in der Umsetzung vereinbart werden. Dabei steht die Anpassung an die zunehmende Hitzebelastung stellenweise im Konflikt zu dem bereits bestehenden Flächen- und Nutzungskonkurrenzen. So besteht etwa ein Zielkonflikt zwischen der Verdichtung und dem Schaffen von verdunstungsaktiven und versickerungsfähigen Flächen, zwischen dem Denkmalschutz und der Veränderung von Gebäude im Zuge von Anpassungsmaßnahmen sowie zwischen dem Freihalten von Frischluftleitbahnen und einer dichten Bepflanzung für Verdunstungskühle. Auch der Erhalt des historischen Bestandes sowie kompakten Quartiersstrukturen steht hinsichtlich einer Verbesserung der Durchlüftung in hitzebelasteten Quartieren in einem Nutzungskonflikt. Diese Nutzungskonflikte treten insbesondere in Gebieten mit einer bereits hohen Flächennutzung und einem Mangel an Grün- und Freiflächen auf.

Der Ansatz einer qualitativen Nachverdichtung im Zuge einer hitzeresilienten Quartiersentwicklung sollte dabei vor allem im Bestand im Kerngebiet zum Tragen kommen. So ist dieser Bereich durch eine hohe Vulnerabilität und einer zukünftig steigenden Hitzebelastung charakterisiert. In dem Gebiet besteht ein Defizit an klimaaktiven Flächen, an Entlastungsflächen für die Bevölkerungen sowie qualitativen Aufenthaltsorten für heiße Tage. Zugleich ist der Bestand aufgrund seiner dichten Bebauung durch eine mangelnde Durchlüftung geprägt. Das Umsetzen von Hitzeanpassungsmaßnahmen stellt hier eine besondere Herausforderung dar. Dem Bezirk kommt hier die tragende Rolle zu, den öffentlichen Raum hitzeangepasst zu gestalten und hinsichtlich einer Vorbildfunktion zu agieren. Darüber hinaus gilt es im Rahmen einer hitzeresilienten Quartiersentwicklung Grundstückseigentümer:innen gezielt für die Maßnahmenumsetzung zu adressieren, da insbesondere im Bestand viele Flächenpotenziale für beispielsweise Gründächer oder begrünte Fassaden vorhanden sind. Durch die Eigentümer:innenstruktur stellt die Umsetzung solcher Maßnahmen jedoch eine Herausforderung dar, weil für die Umsetzung auf privaten Flächen konkrete Anreize geschaffen werden müssen (vgl. Richter 2021).

Auf Bezirksebene ist ein zentraler Bedarf für die Anpassung an die Hitzebelastung eine verbesserte Durchlüftung sowie eine Vernetzung der vorhandenen Grünflächen durch grüne Wegführungen. Dieser Bedarf nimmt aufgrund der klimatischen Wechselbeziehungen auch auf die Quartiersebene zentralen Einfluss. Die Grünraumvernetzung stellt auch eine übergeordnete Zielsetzung des Bezirks dar und entspricht zudem den Anforderungen des Vertrags für Hamburgs Stadtgrün. Auf Quartiersebene wird es die zentrale Herausforderung sein, Frei- und Grünräume zu erhalten und zu schaffen sowie eine Kühlwirkung innerhalb der Siedlungsstruktur zu erreichen. Durch eine übergreifende Vernetzung kann nicht nur der Grünflächenanteil erhöht und der Transport von Kaltluft verbessert,

sondern zugleich die Zugänglichkeit zu kühlen Erholungsräumen an heißen Tagen für die Bevölkerung verdichtet werden. Hier stellen das Grüne Netz und insbesondere die Landschaftsachse, ein Potenzial dar und legen den Grundstein für eine langfristige Freiraumentwicklung. Auch die kleinen Fließgewässer im Bezirk stellen Erholungsräume dar, die zugänglicher gemacht werden müssen. Dies bedeutet im Rahmen von Verdichtungsmaßnahmen im Sinne einer hitzeresiliente Quartiersentwicklung, das jeweilige Quartier in seiner Gesamtheit zu betrachten und Grünverbindungen, die geschaffen werden können, mitzudenken. In diesem Sinne besteht auch der Bedarf die Grünräume zu qualifizieren, um sie den Bedürfnissen der Anwohner:innen anzupassen. Hier gilt es etwa die Grünräume insbesondere für hitzevulnerable Bevölkerungsgruppen wie Ältere und Kleinkinder angepasst zu gestalten. Dabei stellt die Aktivierung von Grünflächen auch hier eine zentrale Herausforderung für das Kerngebiet dar. So müssen die Grün- und Freiräume kompakt, klein und nutzungsintensiv sein, da sich der Nutzungsdruck durch die zukünftige Verdichtung weiter verschärfen wird. Dächer, Sportplätze, Schulhöfe und Stellplätze bieten im Rahmen der Mehrfachnutzung somit neue Flächenpotenziale, um den vorhandenen Nutzungsdruck abzuhelfen.

Im Rahmen eines hitzeresilienten Quartiers stellt auch die Entwicklung der technischen Infrastruktur aufgrund der vorhandenen Hitzebelastung im Straßenraum eine zentrale Herausforderung dar. Zugleich besteht ein hohes Flächenpotenzial für das Schaffen von grünen und blauen Räumen, insbesondere im Hinblick auf die begrenzten Handlungsmöglichkeiten im Bestand. Somit besitzen Straßenräume das Potenzial als grüne Bänder der Stadt umgestaltet zu werden und einen Mehrwert für die Klimaanpassung und Freiraumversorgung zu leisten. Besonders die Magistralen haben ein hohes Entwicklungspotenzial zur Steigerung der Hitzeresilienz von Quartieren. Hitzeangepasste Straßenräume können nicht nur als ein Aufenthaltsort für die Bevölkerung gestaltet werden, sondern zugleich einen Mehrwert durch das verbesserte Mikroklima für angrenzende Quartiere bieten. Eimsbüttel stuft das Urbanisierungspotenzial entlang der Magistralen besonders hoch ein und legt einen besonderen Fokus auf die Magistralenentwicklung. Die Herausforderung wird sein, eine qualitative Nachverdichtung umzusetzen und Kühlungsmaßnahmen mitzudenken, da besonders die breiten Straßenräume eine hohe Hitzeentwicklung haben, die die Lebensqualität vor Ort einschränkt. Dabei wird vor allen eine sozialverträgliche Entwicklung des Straßenraums für alle Verkehrsteilnehmer:innen zu beachten sein, dennoch sollte der Straßenraum besonders für Fußgänger:innen und Radfahrer:innen qualifiziert werden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass im Bezirk Eimsbüttel hinsichtlich der hohen Vulnerabilität gegenüber der Hitzefolgen ein zentraler Handlungsbedarf besteht, der mit vielen Herausforderungen einhergeht. So gilt es in hitzebelasteten Quartieren das Mikroklima aufzuwerten und im Hin-

blick auf den Klimawandel resilient zu gestalten. Besonders zentral ist es zudem die Lebensqualität in den Quartieren zu sichern, da es in Anbetracht von Hitzefolgen bei unzureichenden Schutz- und Vorsorgemaßnahmen zu einer erheblichen Beeinträchtigung der Gesundheit und Lebensqualität kommen kann. In Hinblick auf die bestehenden Bedarfe im Bezirk Eimsbüttel muss schlussfolgernd eine Vereinbarkeit zwischen der Wohnraumentwicklung und der Hitzeanpassung geschaffen werden. Hierbei ist es zentral einen Nachverdichtungsansatz ohne negative Hitzewirkung zu wählen, um in den Quartieren eine klimatische Verschlechterung vorzubeugen. Es gilt zudem die Nachverdichtung in Quartieren mit einer qualitativen Entwicklung im Hinblick auf die Hitzeresilienz zu verbinden. Insbesondere die hitzeangepasste Gestaltung des öffentlichen Raums sollte bei Nachverdichtungsprojekten mitgedacht werden, um Hitzestress in Quartieren zu mindern und zukünftig vorzubeugen. Somit sollte das Begrünen, das Anpassen von Gebäuden und Oberflächen sowie die Aufwertung von öffentlichen Räumen in den Fokus einer qualitativen Nachverdichtung rücken, um einen Mehrwert im Sinne der Doppelten Innenentwicklung zu leisten. So können verdichtete Quartiere mit Aufenthaltsqualität, verbessertem Mikroklima und einer hohen Lebensqualität gestaltet werden. Die hier dargestellte Vereinbarkeit zwischen Nachverdichtung und Hitzeanpassung bilden den Grundsatz für eine hitzeangepasste Nachverdichtung. Im folgenden Abschnitt der Arbeit werden erste Lösungsansätze aufgezeigt und konkrete Fokusräume herangezogen, um diesen Grundsatz zu überprüfen.

4.0 Strategie für eine hitzeangepasste Nachverdichtung im Quartier

Für eine hitzeresiliente Quartiersentwicklung in Eimsbüttel sind qualitative Nachverdichtungsansätze erforderlich, die Anpassungsmaßnahmen für eine Minderung der Hitzebelastung mitdenken und auf eine gesamtheitliche Betrachtung des Quartiers abzielen. Im Rahmen dieser Arbeit wird daher eine Strategie für eine hitzeangepasste Nachverdichtung aufgestellt, die diese Anforderungen in den Fokus nehmen. Der Grundsatz der Strategie zielt darauf ab, die Wohnraumentwicklung in einem hitzebelasteten Quartier als Chance zu begreifen eine qualitative Nachverdichtung im Rahmen von Anpassungsmaßnahmen umzusetzen sowie die Hitzebelastung durch die Verbesserung des Mikroklimas zu mindern. Dies soll zum einen durch die Auswahl eines Nachverdichtungsansatzes ohne negative Hitzewirkung sowie durch die Auswahl konkreter auf die Siedlungstypologien zugeschnittener Hitzeanpassungsmaßnahmen erfolgen.

Der Ansatz einer Strategie für eine hitzeangepasste Nachverdichtung für den Bezirk Eimsbüttel dient als Planungswerkzeug für die zukünftige städtebauliche Entwicklung des Bezirks hinsichtlich einer

Nachverdichtung im Kontext der Anpassung an die zunehmende Hitzebelastung. Hierbei dient die Strategie als informelles Instrument und adressiert die Bezirksverwaltung und Fachbehörden, vornehmlich das Klimaschutzmanagement und die Stadt- und Landschaftsplanung des Bezirks, sowie die Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft (BUKEA), die Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen (BSW) und Weiteren, die von den Inhalten der Strategie tangiert sind. Zugleich kann die Anpassungsstrategie von Planungs- und Architekturbüros als Leitfaden bei verschiedenen Innenentwicklungs- und Nachverdichtungsprojekten genutzt werden. Die Strategie für eine hitzeangepasste Nachverdichtung enthält für die Adressat:innen systematisch-strukturelle Handlungsmöglichkeiten und lokale konkrete Maßnahmen für die Quartiersebene. Die Einsatzbereiche fokussieren sich dabei auf qualitative Nachverdichtungsmöglichkeiten im Quartier anhand von Siedlungstypologien. In der hier vorgestellten Strategie für den Bezirk Eimsbüttel werden besonders die Stadttypologien der Block- und Zeilenbebauung angesprochen, da diese im Bezirk besonders von der Hitze betroffen sind. Mit der Strategie als Planungswerkzeug soll eine Informationsgrundlage zur Hitzebelastung und den daraus resultierenden Herausforderungen und Potenzialen des Bezirks Eimsbüttel geschaffen werden. Zudem soll ein strategisches Vorgehen zur Auswahl von Gebieten für ein Nachverdichtungspotenzial ohne eine negative Hitzewirkung sowie konkreten Hitzeanpassungsmaßnahmen für zwei Siedlungstypologien zur Anwendung auf Quartiersebene an die Hand gegeben werden.

Die Strategie setzt sich aus zwei wesentlichen Bausteinen zusammen. Im ersten Baustein werden das Kernziel und die Entwicklungsziele für eine hitzeangepasste Nachverdichtung benannt, die sich aus den zuvor analysierten Bedarfen, Herausforderungen und Potenzialen für den Bezirk ergeben haben. Das Kernziel und die Entwicklungsziele sind auf den vorgezeichneten Grundsatz ausgerichtet, einen Nachverdichtungsansatz ohne negative Hitzewirkung zu wählen. Für diesen Grundsatz wird im Konzept eine strategische Vorgehensweise erläutert, die zunächst aufzeigt, nach welchen Indikatoren ein Quartier ausgewählt wird, um eine hitzeangepasste Aufwertung im Rahmen eines Nachverdichtungsansatzes erzielen zu können. Nach der Auswahl eines Quartiers erfolgt eine Analyse von Defiziten und Handlungspotenzialen, um einen qualitativen Nachverdichtungsansatz mit möglichst geringfügiger Klimaeinwirkung auszuwählen und konkrete individuelle Maßnahmen für die Hitzeanpassung und der Verbesserung des Mikroklimas auf den jeweiligen Siedlungstypen abzustimmen.

Der zweite Baustein wird in Kapitel 5.0 vertiefend erläutert und beinhaltet konkrete Maßnahmen für eine hitzeangepasste Nachverdichtung, die auf die beiden herangezogenen Siedlungstypologien der Blockrand- und Zeilenbebauung zugeschnitten sind. In diesem Zuge werden erste Umsetzungsansätze in der Projektierung abgebildet sowie die lokale Übertragbarkeit dieser dargestellt.

4.1 Kern- und Entwicklungsziele

In diesem Abschnitt werden das Kernziel und die vier aufgestellten Entwicklungsziele der Strategie aufgezeigt. Dabei wird erläutert, vor welchem Hintergrund diese formuliert worden sind und welche Wirkungen damit bezweckt werden.

Aus den resultierenden Bedarfen, Herausforderungen und Potenzialen des Bezirks Eimsbüttel sowie Einflussfaktoren auf das Stadtklima und den operationalisierten Resilienzkriterien haben sich Anforderungen für ein hitzeresilientes Quartier ergeben. Diese Anforderungen formulieren sich in vier Entwicklungszielen, die es im Rahmen einer hitzeangepassten Nachverdichtung zu betrachten gilt:

- 1. Verbesserung des Mikroklimas
- 2. Erhöhung der Begrünung, Verdunstung und Rückstrahlung in Straßen- und Freiräumen
- 3. Steigerung der Aufenthaltsqualität im Freien an heißen Tagen
- 4. Förderung von umweltfreundlichen aktiven und passiven Kühlungsmethoden bei Gebäuden

Das erste Entwicklungsziel stellt die Verbesserung des Mikroklimas dar. Im Zuge der Nachverdichtungsmaßnahmen in einem hitzebelasteten Quartier sollte nicht nur eine weitere Belastung des Mikroklimas vermieden, sondern im Zuge der Quartiersentwicklung durch Hitzeanpassungsmaßnahmen eine Aufwertung der klimatischen Situation stattfinden. So kann die Lebensqualität im hitzebelasteten Quartier und auch die Hitzeresilienz der Raumstrukturen gestärkt werden. Hiermit kann die Herausforderung des Bezirks, die zunehmende Hitzebelastung und die Schaffung von Wohnraum an bestehenden Orten zu schaffen, adressiert werden.

Im Sinne einer klimaangepassten und qualitativen Nachverdichtung sollten in nachverdichteten Quartieren die Begrünung, Verdunstung und Rückstrahlung in Straßen- und Freiräumen erhöht werden. Dies stellt das zweite Entwicklungsziel dar. So gilt es in klimatisch belasteten Quartieren die Raumstrukturen und ihre Flächenpotenziale für Maßnahmen, die sich positiv auf das Mikroklima auswirken, zu nutzen. Somit können unter anderem negative Effekte der Nachverdichtung, beispielsweise Wärmeentwicklung durch die zunehmende Versiegelung, aufgefangen und die Quartiere zudem für die zukünftig zunehmende Hitzebelastung angepasst werden. Zugleich kann hierdurch ein Beitrag zum Entwicklungsziel des Bezirks, Grünräume zu qualifizieren und zu vernetzen, geleistet werden.

Für mehr Lebensqualität in urbanen Räumen sollte zudem das Ziel verfolgt werden, die Aufenthaltsqualität in öffentlichen Räumen an heißen Tagen zu erhöhen. Dieser Ansatz stellt das dritte Entwick-

lungsziel dar. Verschattete kühle Orte sollten in nachverdichteten Quartieren mitentwickelt werden um den Anwohner:innen und der Stadtbevölkerung als Erholungsraum zu dienen. Somit kann Hitzestress gesenkt und zugleich die Wärmeentwicklung von Oberflächen vermindert werden. Dieses Entwicklungsziel kann insbesondere in den Quartieren im Kerngebiet auch hinsichtlich der Ziele der Freiraumentwicklung des Bezirks einen Mehrwert leisten und dazu dienen, das Grüne Wegenetz und die Landschaftsachsen zu stärken. Dies entspricht auch den Anforderungen, die der Vertrag für Hamburgs Stadtgrün an die Bezirke stellt.

Die Förderung von umweltfreundlichen aktiven und passiven Kühlungsmethoden bei Gebäuden stellt das vierte Entwicklungsziel der Strategie dar. So sollte im Zuge der Nachverdichtung in hitzebelasteten Quartieren Maßnahmen der aktiven und passiven Gebäudekühlung umgesetzt werden. Hierdurch kann Hitzestress durch ein zu hohes Innenraumklima im Sommer vermindert werden. Zugleich gilt es die neuen Flächenpotenziale durch die Nachverdichtung im Sinne der Hitzeanpassung, etwa durch Begrünungsmaßnahmen, zu nutzen. Mit dem Entwicklungsziel kann zudem ein Beitrag zu der Hamburger Gründachstrategie geleistet werden.

Die formulierten Entwicklungsziele dienen dazu, das Kernziel der Strategie zu erfüllen. Das Kernziel der Strategie formuliert sich dahingehend, Lebensqualität in Quartieren durch die Auswahl eines Nachverdichtungsansatzes mit der einhergehenden Kopplung von konkreten Anpassungsmaßnahmen und der Schaffung qualitativer Grünräume im Kontext einer hitzeresilienten Quartiersentwicklung zu schaffen. Da im Zuge des Klimawandels die Hitzebelastung im Bezirk weiter zunehmen wird, gilt es das Mikroklima in den Quartieren durch eine Nachverdichtung nicht weiter zu belasten und die Lebensqualität für die Zukunft zu sichern.

Hinsichtlich des Kernziels der Strategie gilt es, dieses bereits in aktuelle Nachverdichtungsprojekte zu etablieren, da viele Hitzeanpassungsmaßnahmen, beispielsweise die Neupflanzung von Bäumen, einige Jahre brauchen, um sich umfassend klimawirksam auszugestalten. Somit gilt es die hitzebelasteten Quartiere im Bezirk bereits heute angepasst zu gestalten, damit zukünftig eine Hitzeresilienz gegenüber den Folgen des Klimawandels möglich ist. Insbesondere in Hinblick auf die noch nicht genaue abschätzbare Intensität der zukünftigen Hitzebelastung (vgl. Kapitel 2.1.1), gilt es heute zu handeln, um die Hitzebelastung größtmöglich in den Quartieren abzuschwächen und eine Lebensqualität auch in Zukunft zu erhalten.

4.2 Nachverdichtungsansatz ohne negative Hitzewirkung wählen

Im Folgenden wird der Grundsatz der Strategie für eine hitzeangepasste Nachverdichtung, den Zielkonflikt zwischen Nachverdichtung und der ansteigenden Hitzebelastung zu durchbrechen und einen Nachverdichtungsansatz ohne negative Hitzewirkung zu wählen, strategisch beschrieben und im gleichen Zug anhand von zwei ausgewählten Quartieren aufgezeigt. Bei der getroffenen Auswahl haben die Siedlungstypologien eine entscheidende Rolle gespielt, um eine differenzierte Anwendung von Nachverdichtungsansätzen und konkreten lokalen Maßnahmen zur Hitzeanpassung aufzuzeigen. Zunächst wird dargestellt, anhand welcher Indikatoren ein hitzebelastetes Gebiet bzw. Quartier hinsichtlich eines möglichen Potenzials für eine qualitative Nachverdichtung ausgewählt werden kann. Darauffolgend wird anhand der beiden ausgewählten Quartiere beispielhaft aufgezeigt, mit welchen Indikatoren Defizite und Handlungspotenziale für eine hitzeangepasste Nachverdichtung in den Quartieren identifiziert und hinsichtlich einer Qualifizierung des Raums bewertet werden können. Anschließend wird erläutert, wie die Auswahl eines qualitativen Nachverdichtungsansatzes abgewogen und in Hinblick auf eine hitzeresiliente Quartiersentwicklung ausgewählt werden kann (siehe Abb. 58). Hierdurch wird die dritte Teilfrage der vorliegenden Arbeit untersucht, die lautet: Wie lassen sich die Zielkonflikte zwischen Nachverdichtung und Hitzeanpassung gegeneinander abwägen und entschärfen?

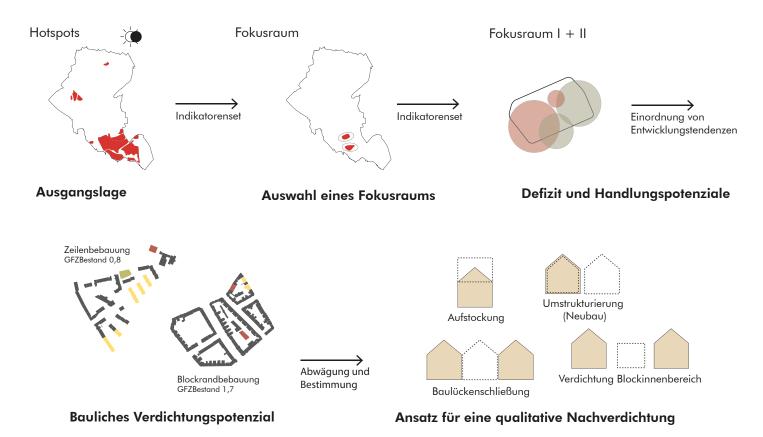


Abb. 58: Strategisches Vorgehen für eine qualitative Nachverdichtung ohne negative Hitzewirkung (eigene Darstellung)

4.2.1 Auswahl eines Fokusraums

Die Auswahl des Gebiets erfolgt anhand verschiedener Indikatoren, die es ermöglichen sollen, ein Gebiet hinsichtlich des Potenzials für eine qualitative Nachverdichtung auszuwählen und zu bewerten. Diese Indikatoren sollen in dem Entscheidungsprozess miteinander in Zusammenhang gesetzt und gegeneinander abgewogen werden. Dabei sollen die Indikatoren für die Auswahl eines Fokusraums ein modulares und flexibles Auswahlverfahren bilden. So werden Indikatoren aufgestellt, die für die Fokusraumauswahl vorausgesetzt werden, wie die Bewertung der Vulnerabilität des Gebiets und das Bestehen eines Nachverdichtungspotenzials sowie weitere Indikatoren, die einen möglichst optimalen Zustand für eine qualitative Nachverdichtung bilden, aber nicht zwingend für die Auswahl eines Fokusraums erforderlich sind, sofern die Defizite durch geeignete Maßnahmen ausgeglichen werden können. Dazu zählen die Kriterien Versiegelungsgrad, Entlastungsraum und Verkehrsanbindung. Durch eine modulare und flexible Entscheidungsgrundlage wird dem Bezirk die Möglichkeit gegeben eine hitzeresiliente Quartiersentwicklung auf seine städtebaulichen Zielsetzungen und Handlungsbedarfe abzustimmen. Allerdings ist anzumerken, dass eine Nachverdichtung in Gebieten in denen eine sehr hohe Vulnerabilität, ein sehr hoher Versiegelungsgrad und ein Defizit an Entlastungsflächen vorhanden ist, nicht zu empfehlen ist bzw. ein klimatologisches Gutachten vorausgestellt wird. Zudem können die Nachverdichtungsmaßnahmen gegebenenfalls an bestimmte Bedingungen zur Kompensation geknüpft sein, um eine qualitative Nachverdichtung sicherzustellen. Im Folgenden werden die genannten Indikatoren näher beschrieben und anhand von zwei beispielhaften Fokusräumen interpretiert.

Indikator 1: Vulnerabilität des Gebiets

Als zentraler Indikator, um einen Fokusraum für eine qualitative Nachverdichtung auszuwählen, gilt es, die Vulnerabilität des Gebiets hinsichtlich der Hitzefolgen zu betrachten, welche sich aus der Exposition und Sensitivität zusammensetzt. Als Bewertungsgrundlage kann hier die zuvor aufgezeigten Betroffenheitskategorien der Vulnerabilitätsanalyse dienen. Gebiete mit einer Betroffenheitskategorie 1 (heute hohe oder zukünftig sehr hohe Hitzebelastung + 2 bzw. 1 Kriterium) gehen meist mit einem hohen Versiegelungsgrad einher. In diesem Gebieten muss eine Nachverdichtung grundsätzlich mit einer Vermeidung von zunehmender Versiegelung sowie mit einer Umsetzung von Begrünungsmaßnahmen einhergehen, um eine Verschlechterung des Mikroklimas durch die Nachverdichtung vorzubeugen.

Indikator 2: Nachverdichtungspotenzial

Ein weiterer Aspekt besteht darin, bestehende Nachverdichtungspotenziale in einem Gebiet zu bewerten. Für eine Bewertungsgrundlage kann auf das Wohnungsbauprogramm Eimsbüttel zurückge-

griffen werden, welches bestehende Wohnungsbaupotenziale im Bezirk aufführt. In dessen Rahmen werden Wohnungsbaupotenziale in Form von Baulücken, Nachverdichtung von 50er- und 60er-Jahre-Quartieren, Nachverdichtung im Umfeld von Magistralen, ÖPNV-Haltestellen und den äußeren Stadtteilen identifiziert und hinsichtlich ihres Potenzials in Wohneinheiten und ökonomisch bewertet (vgl. Bezirksamt Eimsbüttel 2021a: 20).

Indikator 3: Versiegelungsgrad

Neben der Vulnerabilität des Gebiets stellt der Versiegelungsgrad einen weiteren Indikator da, um das Nachverdichtungspotenzial in einem Gebiet zu bewerten und somit einen Fokusraum auszuwählen. So geht ein hoher Versiegelungsgrad mit einer zunehmenden Hitzebelastung einher (siehe Kapitel 2.1.1), die nicht weiter verstärkt werden sollte. Gebiete mit einem sehr hohen Versiegelungsgrad können durch Ansätze wie Aufstockung weiter nachverdichtet werden, Neubauten bzw. weitere Versiegelung sollten in dem Zuge vermieden werden. Möglich sind aber auch kompensierende Maßnahmen der Entsiegelung oder Begrünung der Oberflächen, um die klimatische Situation zu entschärfen (vgl. BBSR 2014: 18). Hier gilt es im Zuge der Raumanalyse Möglichkeiten der Dachoder Fassadenbegrünung und Entsiegelung auszuloten.

Indikator 4: Entlastungsraum

Ein weiterer Indikator für eine hitzeangepasste Nachverdichtung in einem Quartier ist die Entfernung hin zu einem Entlastungsraum (ab 1 ha) (vgl. BBSR 2017: 33). Entlastungsräume sind Frei- und Grünräume die als Erholungsraum an heißen Tagen dienen und das Klima aufgrund des hohen Begrünungsanteils kühlen. Sollte im Umkreis von 250 m, was einer Gehzeit von ca. 5 Minuten entspricht, kein Entlastungsraum vorzufinden sein, besteht ein Defizit. Eine Nachverdichtung knüpft sich hier an die Bedingung, dass der gewählte Nachverdichtungsansatz Flächen für ein qualitätsvolles Grün im besonderen Maße miteinschließt. Darüber hinaus gilt es nun abzuwägen, inwiefern Nachverdichtung aus klimatologischer Sicht sinnvoll ist. Bei der Abwägung sollte etwa beachtet werden, wie groß der Eingriff in die Bebauungsstruktur und damit in die klimatische Situation wäre und wie stark die Hitzebelastung in dem Gebiet ist und sich zukünftig entwickeln wird (vgl. BBSR 2014: 18 f.).

Indikator 5: Verkehrsanbindung

Ein weiterer Indikator ist die Verkehrsanbindung. Im Sinne des Prinzips der kurzen Wege und zur Ausnutzung der Erschließung gilt es das Mobilitätsangebot zur Auswahl eines Gebiets für eine qualitative Nachverdichtung miteinzubeziehen (vgl. Köglberger 2016: 32). So sollte das Gebiet mit dem ÖPNV und der Straßenverkehrsführung erschlossen sein oder zukünftige Planung dahingehend bestehen. Zudem weisen insbesondere Räume entlang der Magistralen ein hohes Potenzial für qualita-

tive Nachverdichtung auf, welches hinsichtlich einer möglichen Nachverdichtung eines Quartiers zu bewerten gilt (vgl. Bezirksamt Eimsbüttel 2018: 31).

Um die vorangestellten Indikatoren und ihre Anwendung zu veranschaulichen, werden diese folgend anhand von den zwei Fokusräumen dargestellt. Die beiden Fokusräume entsprechen den vorangestellten Indikatoren und befinden sich in dem dicht besiedelten Stadtteil Eimsbüttel. Fokusraum I grenzt direkt an das Zentrum der Osterstraße an, Fokusraum II verläuft entlang des Doormannswegs und der Fruchtallee (siehe Abb. 59).

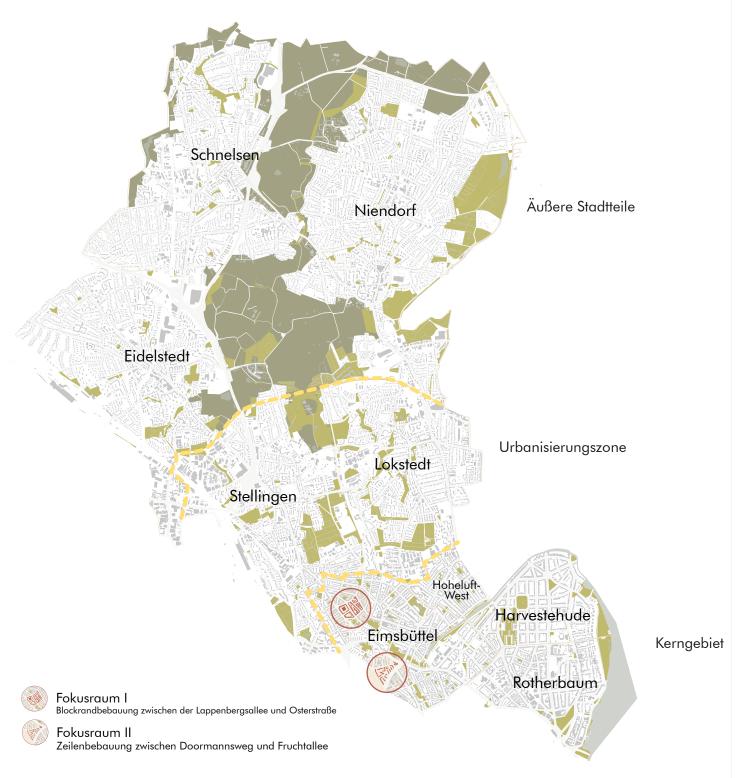


Abb. 59: Verortung der Fokusräume (eigene Darstellung)



Fokusraum I - Blockrandbebauung zwischen der Lappenbergsallee und Osterstraße

Der Fokusraum I wird im Norden von der Methfesselstraße, im Osten von der Osterstraße, südlich vom Hellkamp und westlich von der Lappenbergsallee begrenzt. Der Bereich der Apostelkirche südwestlich vom Hellkamp wird mit in das untersuchte Gebiet eingeschlossen (siehe Abb. 60). Insgesamt hat der Fokusraum eine Größe von ca. 9 ha. Hinsichtlich der oben benannten Indikatoren kommt der Fokusraum für eine qualitative Nachverdichtung in Frage. Die Vulnerabilität zeichnet sich in diesem Bereich durch die höchste Betroffenheitskategorie (sehr hohe Betroffenheit) aus und ist damit heute und zukünftig sehr vulnerable gegenüber der ansteigenden Hitzebelastung, sodass ein konkreter Anpassungsbedarf besteht. Im Wohnungsbauprogramm Eimsbüttel weist das untersuchte Gebiet zwei konkrete Nachverdichtungspotenziale auf: eine Baulücke nordöstlich an der Methfesselstraße und ein Potenzial im Innenhof nordöstlich der Sillemstraße (siehe Kapitel 4.2.2). Entlang der urbanen Straßen finden sich in diesen Bereichen keine Urbanisierungspotenziale wieder. Der Versiegelungsgrad ist im Quartier mit Werten von 70 bis 80 Prozent als hoch einzustufen (vgl. LGV 2021). Hier gilt es, besonders im Hinblick auf die Realisierung von Nachverdichtungspotenzialen, zu untersuchen, inwieweit durch geplante Nachverdichtungsmaßnahmen Flächen im Gebiet versiegelt werden und in welcher Form Maßnahmen zur Kompensation einer möglichen zunehmenden Hitzebelastung getroffen werden können. Weiter gilt es für eine qualitative Nachverdichtung einen Entlastungraum mit einer Größe von 1 ha in unmittelbarer Nähe des Quartiers vorzufinden. Das Gebiet weist für die bestehenden Wohnbebauungen im Südosten den Unnapark als Entlastungsfläche auf.

Für die Anwohner:innen im Norden des Gebiets finden sich allerdings keine Entlastungsflächen in der bestimmten Entfernung wider. Im Rahmen von Nachverdichtungsmaßnahmen im gesamten nördlichen Bereich des Quartiers müssen somit qualitative Grünräume für die Anwohner:innen geschaffen werden, da sonst keine qualitative Nachverdichtung möglich ist. Im Hinblick auf die Verkehrsanbindung im Quartier sind für eine qualitative Nachverdichtung durch das Straßennetz, die U-Bahnanbindungen nord- und südöstlich und Busanbindung im Westen ausreichende Mobilitätsangebote vorhanden.



Fokusraum II - Zeilenbebauung zwischen Doormannsweg und Fruchtallee

Der Fokusraum II stellt ein Wohnquartier dar, welches im Osten von der Fruchtallee, nördlich von dem Doormannsweg und südlich und westlich von der Eimsbütteler Straße und der Sophienallee begrenzt wird. Der Glücksburger Platz im Westen des Quartiers wird mit in den Fokusraum eingeschlossen (siehe Abb. 61). Das Gebiet umfasst somit eine Fläche von ca. 7 ha und ist vorwiegend durch die Siedlungstypologie der Zeilenbebauung geprägt, teilweise befinden sich aber auch offene Blockrandstrukturen im Gebiet wieder. Auch dieses ausgewählte Gebiet entspricht den vorangestellten Indikatoren. Die Vulnerabilitätsanalyse zeigt, dass dieses Quartier der Betroffenheitskategorie 2 entspricht und eine hohe Vulnerabilität gegenüber den Hitzefolgen besitzt, da hier bereits heute eine hohe Hitzebelastung besteht und zudem sensible Bevölkerungs- und Nutzungsstrukturen vorhanden sind. Im Wohnungsbauprogramm Eimsbüttel wird im östlichen Bereich des Gebietes ein großflächiges Nachverdichtungspotenzial ausgeschrieben. Darüber hinaus lässt sich aus dem räumlichen Leitbild des Bezirkes entnehmen, dass das Quartier innerhalb eines Gebiets mit einem sehr hohen

Urbanisierungspotenzials liegt (siehe Kap. 4.2.2). Diese Nachverdichtungspotenziale gilt es im weiteren Verlauf auf die Umsetzbarkeit und klimatisch günstige Eignung zu prüfen. Hinsichtlich des Versiegelungsgrads lässt sich für das Quartier festhalten, dass dieser sich in dem Raum unterschiedlich ausgestaltet. Im östlichen Bereich des Quartiers, geprägt durch Zeilenbebauung, liegt ein mittlerer Versiegelungsgrad von 40 bis 70 Prozent. Im südliche Bereich, teilweise bestimmt durch eine Blockrandbebauung, zeichnet sich ein hoher Versiegelungsgrad von 70 bis 90 Prozent ab (vgl. LGV 2021). Ob eine weitere Versiegelung etwa in dem Bereich der Zeilenbebauung vertretbar ist, gilt es in einer vertiefenden Analyse zu untersuchen. Auch den Indikator der Entlastungsflächen erfüllt das ausgewählte Quartier. So ist in ca. 230 m eine Entlastungsfläche mit über 1 ha vorzufinden. Zudem ist für das Quartier sowohl durch zwei Hauptverkehrsstraßen als auch durch eine vorhandene U-Bahn- und Busanbindung eine verkehrsgünstige Lage gegeben, sodass hinsichtlich der Mobilität ein Nachverdichtungspotenzial besteht.

4.2.2 Analyse von Defiziten und Handlungspotenzialen

Mit der Analyse von Handlungspotenzialen und Defiziten in einem hitzevulnerablen Gebiet mit Nachverdichtungspotenzial soll die Anpassungsfähigkeit im Sinne einer hitzeresilienten Quartiersentwicklung geprüft werden. Basierend auf den Einflussfaktoren auf die Hitzebelastung in urbanen Räumen (siehe Kapitel 2.1.2) sowie der Abbildung sensitiver Elemente gegenüber den Hitzefolgen (siehe Kapitel 2.1.3), lassen sich Kriterien zur Bewertung der Anpassungsfähigkeit hinsichtlich der Defizite und Potenziale eines Raumes ableiten. Hierbei gliedern sich die Kriterien zum einen hinsichtlich der Exposition und Sensitivität gegenüber der Hitzebelastung und zum anderen hinsichtlich der Anpassungsfähigkeit bestehender Raumstrukturen (siehe Tab. 18). So gilt es zum einen im Detail zu betrachten, wie sich die Wärmebelastung am Tag und in der Nacht heute als auch zukünftig in den Fokusräumen ausgestaltet und wie sich die Vulnerabilität hinsichtlich der Bevölkerungsdichte und hitzevulnerabler Gruppen darstellt. Da sich städtische Wärmeinseln insbesondere durch die gebaute Umwelt ergeben (siehe Kapitel 2.1.1), eignet es sich zudem Elemente der Raumstruktur bei der Untersuchung der Anpassungsfähigkeit anhand ausgewählter Kriterien differenzierter im Raum zu untersuchen. Hierzu zählt beispielsweise der Versiegelungsgrad, die Bautypologie oder die Materialbeschaffenheit der Oberflächengestaltung. Durch diese Analyse können somit Rückschlüsse auf aktuelle Defizite im Raum geschlossen werden, die eine Hitzeentwicklung befördern sowie vorhandenen Potenziale für eine hitzeangepasste Nachverdichtung identifizieren.

Im Folgenden werden die beiden ausgewählten Fokusräume auf diese Kriterien hin untersucht, wobei die Kriterien der Exposition und der Sensitivität auf Basis der durchgeführten Vulnerabilitätsanalyse betrachtet werden. Die in der Tabelle aufgeführten Kriterien lassen sich durch unterschiedliche Methoden der Erfassung abbilden, wobei diese sowohl qualitativ als auch quantitativ sind. In der folgenden Analyse werden nicht alle aufgeführten Erfassungsmethoden genutzt, da dies im Rahmen dieser Arbeit nicht leistbar ist. Dennoch werden diese Methoden in der Tabelle aufgeführt, da sie eine Informationsgrundlage für die Praxis darstellen. Die durch die Analyse identifizierten Defizite und Potenziale der Fokusräume dienen hierbei als Grundlage zur Prüfung der Übereinstimmung hinsichtlich der Anforderungen für eine qualitative Nachverdichtung sowie zur Auswahl eines geeigneten Nachverdichtungsansatzes. Dabei sind auch die Kriterien zur Auswahl eines Fokusraums mitzuberücksichtigen.

| Kategorie | Kriterien | Kennwert/Merkmal | Erfassungsmethode |
|----------------------------------|---|---|--|
| Exposition | | | |
| Klimato- logische Kenntage | Heiße Tage | Anzahl der Tage mit Ta- geshöchsttemperatur über 30°C in einem definierten Zeitraum | Modellierung der Häufigkeit und der räumlichen Verteilung |
| | Sommer- tage | Anzahl der Tage mit Ta- geshöchsttemperatur über 25°C in einem definierten Zeitraum | Modellierung der Häufigkeit und der räumlichen Verteilung |
| | Tropen- nächte | Anzahl der Nächte mit Ta- gestiefsttemperatur über 20°C in einem definierten Zeitraum | Modellierung der Häufigkeit und der räumlichen Verteilung |
| Sensitivität | | | |
| Nut- zungs- struktur | Sensible Nutzungen | Art der sensiblen Nutzung | Qualitative Beschreibung des Vorkommens sensibler Nutzungen |
| Bevölke- rungs- struktur | Dichte vul- nerabler Be- völkerungs- gruppen | Über 65-Jährige pro ha Unter 6-Jährige pro ha | Anzahl der sensiblen Bevölkerungs- gruppen pro Fläche für ein definiertes Gebiet |
| | Bevölke- rungsdichte | Einwohner:innen pro ha | Anzahl der Einwohner:innen pro Fläche für ein definiertes Gebiet |
| Anpassung | sfähigkeit | | |
| Sied- lungs- struktur | Bautypolo- gie | Art der Bautypologie | Qualitative Beschreibung |
| Infra- struktur | Nutzungen | Art der bestehenden Nutzung | Qualitative Beschreibung |
| | Verkehrsinf- rastuktur | Breite der Straßenfläche, Parkraum, ÖPNV-Erschließung | Qualitative Beschreibung |
| Frei- raum- struktur | Grünraum- reichbarkeit | Anteil der Siedlungsfläche in definierter Entfernung zu öffentlichen Grünflä- chen mit definierter Min- destgröße | Entfernung einer Grünfläche innerhalb des Einzugsgebietes |
| | Grünraum- vernetzung | Art von "grünen" Verbindungselementen | Qualitative Beschreibung; Ermittlung der Art der "grünen" Verbindungselemente |

| | Grünqualität | Attraktivität öffentlicher Grünflächen | Subjektive Beurteilung des qualitativen Zustandes öffentlicher Grünflächen anhand definierter Kriterien (z.B. Pflegezustand, Nutzungskonflikte, Sicherheitsempfinden, Umweltqualität), qualitative Befragungen |
|---------------------------------|-----------------------------|---|--|
| | Klimaaktive Flächen | Freiräume mit klimawirk- samen Leistungen für lo- kale Luftaustauschpro- zesse und lokalen Klimakomfort im bebauten Umfeld | Erfassung Grün- und Wasserflä- chen mit klimawirksamen Effekten und Ermittlung der Reichweite der klimatischen Gunstwirkung |
| | Baumbe- stand | Bestandsstruktur der Bäume in einem definierten Gebiet | Qualitative Beschreibung |
| Oberflä- chenge- staltung | Versiege- lungsgrad | Versiegelten Flächen in Bezug zur Gesamtfläche | Anteil versiegelter Flächen in Bezug zur Gesamtfläche (in %) |
| | Materialbe- schaffenheit | Wärmeleitfähigkeit und Rückstrahlvermögen des Materials | Qualitative Beschreibung |
| | Verschat- tung | Verschattungselemente im Raum sowie Verschattung durch Bebauung | Qualitative Beschreibung |

Tab. 18: Bewertungskriterien vulnerabler Räume gegenüber der Hitzebelastung (eigene Darstellung)

Fokusraum I - Quartier zwischen der Lappenbergsallee und Osterstraße

Bioklimatische Situation

Das Quartier im Westen des Stadtteils Eimsbüttel, zwischen der Apostelkirche, Methfesselstraße und Osterstraße, verzeichnet in den Sommermonaten Temperaturen von 29,0 bis 31,0 °C, bis zum Jahr 2050 werden die Temperaturen in diesem Bereich im Durchschnitt um weitere 3,0 bis 4,0 °C ansteigen und Temperaturen bis zu 35,0 °C verzeichnen. Aus der Vulnerabilitätsanalyse geht für diesen Bereich eine hohe (heute) bis sehr hohe (2050) Wärmebelastung hervor. Die Temperaturen in der Nacht liegen derzeit etwa bei 18,5 bis 19,0 °C und verzeichnen bis 2050 mehr als 20,0 °C mit rund 10 Tropennächten. Bereits heute zeigt die Stadtklimaanalyse Hamburg (2017) einen hohen Wärmeinseleffekt für den Raum, der bis 2050 weiter ansteigen wird (siehe Kapitel 3.3.1). Eine Kaltlufteinwirkung durch größere Grün- und Freiflächen findet innerhalb der Bebauung im Gebiet nicht statt, da sich keine klimaaktiven Flächen in unmittelbarer Umgebung befinden. Der nächstgelegene Kaltlufteinwirkungsbereich befindet sich westlich der Kieler Straße ausgehend von einer Grünfläche mit einem geringen Kaltluftstrom von unter 30 m³/s, allerdings ist dieser zu gering um die Barrierefunktion der Kieler Straße zu überwinden, um eine Luftzufuhr näher in die Mitte des Stadtteils zu ermöglichen (vgl. BUKEA 2018: 29).



Abb. 62: Hitzebelastung Tag- und Nachtsituation (heute und 2050, eigene Darstellung)

Bevölkerungsstruktur und -entwicklung

Hinsichtlich der Bevölkerungsstruktur zeigt sich in dem Fokusraum eine hohe Bevölkerungsdichte von 255 EW/ha mit insgesamt 2.037 Einwohner:innen. Derzeit leben im Quartier 28 EW/ha über 65-Jahre, dies sind bei einer Gebietsgröße von ca. 7 ha, ohne Einbezug des Bereichs der Apostelkirche, ca. 230 Einwohner:innen über 65 Jahre. Bei einer Spanne der über 65-Jährigen von unter 10 EW/ha bis 55 EW/ha im Bezirk, liegt die Bevölkerungsdichte der über 65-Jährigen somit im unteren Bereich einer hohen Bevölkerungsdichte für diese Altersgruppe. Die unter 6-Jährigen sind im Quartier weniger vertreten und weisen eine Einwohnerdichte von 12 EW/ha auf, dies entspricht einer Einwohnerzahl von 99 EW unter 6-Jahre im Gebiet. Die unter 6-Jährigen weisen damit eine mittlere Bevölkerungsdichte auf (Stand: 2019, Statistikamt Nord 2021). In der Bevölkerungsprognose vom Statistikamt Nord (2021) ist bis 2030 mit einem Bevölkerungszuwachs von 1045 Einwohner:innen für den Stadtteil Eimsbüttel zu rechnen. Mit Blick auf die Altersgruppe der unter 6-Jährigen zeigt sich, dass die Bevölkerungsgruppe im Stadtteil bis 2030 abnehmen wird. Allerdings wird die Anzahl der über 65-Jährigen um rund ein Drittel ansteigen. In Anbetracht dessen, erfährt der Stadtteil zukünftig vor allem einen Wandel im Hinblick auf eine älter werdende Bevölkerung (Stand 2021, Statistikamt Nord 2021). Im Ergebnis zeichnet sich das Quartier durch eine sensible Bevölkerungsstruktur gegenüber der Hitzebelastung aus, die durch den Zuwachs der über 65-Jährigen weiter verstärkt wird.

Bebauungs- und Nutzungsstruktur

Die Bebauungsstruktur im Quartier zeichnet sich durch eine Mischung von gründerzeitlicher Blockrandbebauung und Blockrandbebauung des Wiederaufbaus in vier- bis fünfgeschossiger Bauweise aus, mit kleinen Vorgärten in den Eingangsbereichen und einer vorwiegenden Wohnnutzung (siehe Abb. 63).

In den Erdgeschosszonen verteilen sich im gesamten Quartier stellenweise gastronomische Betriebe und einzelne Handels- und Dienstleistungsbetriebe. Die Osterstraße stellt dabei eine Zentrumsfunktion mit übergreifender Bedeutung dar. Darüber hinaus befindet sich eine Außenstelle der Polizei Hamburg im Quartier sowie der Wochenmarkt "Grundstraße", der zweimal in der Woche auf der großen Parkplatzfläche zwischen der Methfesselstraße und der Grundstraße im Westen des Quartiers stattfindet. Zudem befindet sich sensible Nutzungen im Quartier: entlang der Lappenbergsallee ein Kindergarten sowie drei weitere Kindergärten in unmittelbarer Nähe des Quartiers bei der Apostelkirche und nordöstlich der Methfesselstraße (siehe Abb. 64).



Abb. 63: Bebauungsstruktur (eigene Darstellung)

Verkehrsinfrastruktur

Das Quartier ist von den urbanen Straßen Lappenbergsallee und Osterstraße umschlossen. Die beiden Bezirksstraßen haben mit ihren Parkbuchten und Geh- und Radfahrwegen eine Breite von ca. 23 m. Sowohl in der Osterstraße als auch in der Lappenbergsallee sind Parkplätze auf der linken und rechten Fahrbahn vorhanden. In der Osterstraße sind die Parkbuchten zudem auf einer Seite senkrecht angelegt. Die Gehwege haben bereits eine entsprechende Bereite für einen gerechten Fußgän-

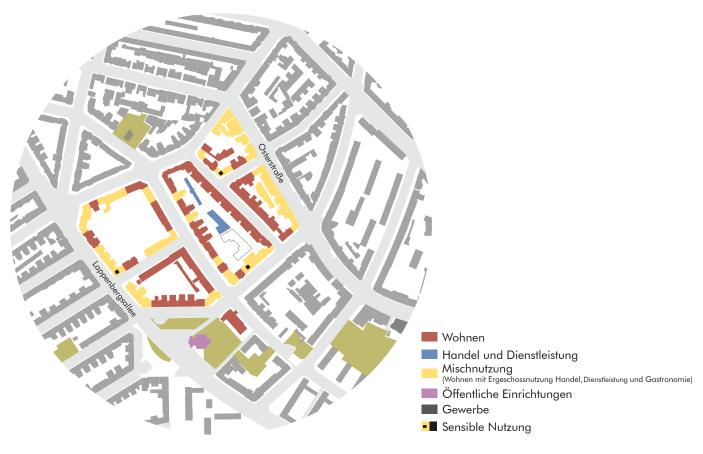


Abb. 64: Nutzungsstruktur (eigene Darstellung)

ger:innenverkehr. Die Methfesselstraße und der Hellkamp dienen vor allem als Durchgangsstraßen mit einem Straßenraum von jeweils 17 m Breite und je eine Fahrbahn, die in beide Richtungen führt. Dabei sind Parkstreifen auf beiden Straßenseiten angelegt, teilweise auch mit Senkrechtparken. Die Gehwege sind in beiden Straßen abschnittsweise sehr schmal und zugeparkt (siehe Abb. 65).





Abb. 65: Schmale Wege mit Senkrechtparken (eigene Darstellung)

Die übrigen Wohnstraßen (Rombergstraße, Sillemstraße und Grundstraße) weisen dieselben Charakteristika auf, je eine Fahrspur für beide Fahrtrichtungen, Parkplätze beidseitig mit Senkrechtparken und schmalen Gehwegen. Mit Blick auf den ruhenden Verkehr stellt auch die große Parkplatzfläche an der Grundstraße, mit dem zweimal wöchentlich stattfindenden Wochenmarkt, einen Platzmit vorrangiger Parkplatznutzung und somit einen Raum mit wenig Aufenthaltsqualität dar (siehe Abb. 66).



Abb. 66: Platz mit überwiegender Parkplatznutzung (eigene Darstellung)

Insgesamt stellen die Straßenräume im Quartier reine Verkehrsräume für den motorisierten Individualverkehr dar. Fußgänger:innen und Radfahrer:innen sowie die Funktion des Aufenthalts im öffentlichen Raum werden weitgehend zurückgedrängt.

Die ÖPNV-Anbindung zeichnet sich im Gebiet durch die beiden U-Bahn-Haltestellen der U2-Linie Osterstraße südöstlich und der Lutterothstraße nordöstlich aus. Der Westen des Gebiets wird über die Metrobus-Linie 4 erschlossen. Außerdem gibt es mitten im Gebiet in der Sillemstraße einen Switch Punkt sowie diverse Carsharing-Anbieter (siehe Abb. 67).

Freiraumgestaltung und Baumbestand

Bis auf eine Grünfläche von 0,1 ha an der Apostelkirche mit altem Baumbestand, punktuellen Grünflächen und Sitzgelegenheiten, gibt es innerhalb des Gebiets keine Frei- und Grünräume (siehe Abb. 68; vgl. BUKEA 2019b). Der nächstgelegene Entlastungsraum mit einer Größe von mehr als 1 ha befindet sich fußläufig in ca. 250 bis 300 m Entfernung zum Gebiet. Der Unnapark hat eine Größe von 1,2 ha und stellt einen Teil der Eimsbütteler Landschaftsachse dar. Er weist mit seinem Baumbestand aus dem 1950er Jahren und weiten Rasenflächen sowie seiner futuristischen Spiellandschaft auf dem Spielplatz, die von der "Beiersdorf AG" gestiftet wurde, eine hohe Frei- und Grünraumqua-



Abb. 67: Verkehrsinfrastruktur (eigene Darstellung)

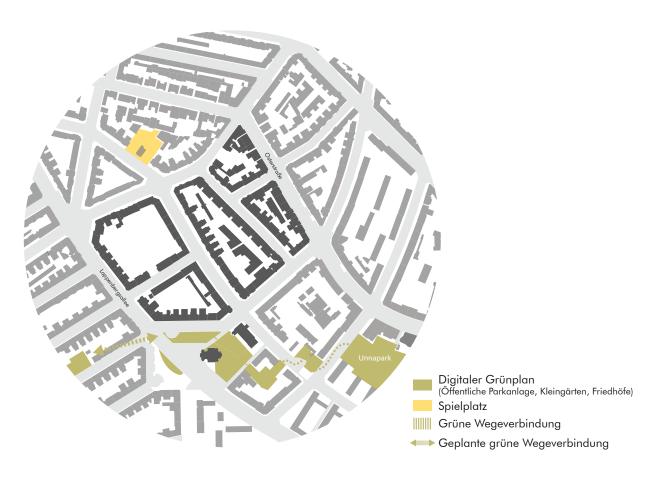


Abb 68: Grünraumverbindungen bzw. Entlastungsflächen im Raum (eigene Darstellung)

lität auf (vgl. BUKEA 2021b). Zukünftig soll von Seiten des Bezirksamts Eimsbüttel eine Grüne-Wegenetz-Verbindung vom Unnapark über die Grünfläche an der Apostelkirche bis zum Ziegelteich im Bezirk Altona geschaffen werden. Die Wegeverbindung vom Unnapark bis zur Apostelkirche besteht bereits in Teilen, womit insbesondere die Anwohner:innen im Süden des Quartiers durch ein Grünes-Wegenetz in den Unnapark gelangen können (vgl. Bezirksamt Eimsbüttel 2018: 34). Weitere Frei- und Grünflächen sind fußläufig nicht in kurzer Zeit zu erreichen. Im Norden des Quartiers ist somit keine Frei- und Grünraumversorgung für die Anwohner:innen zur Erholung gegeben. Zukünftig soll ein Grünes-Wegenetz von der Apostelkirche durch das Quartier bis zum Spielplatz nördlich der Sillemstraße außerhalb des Quartiers führen und durch weitere Grüne-Wege nach Osten in Nähe der Eidelstedter Straße an die Eimsbütteler Landschaftsachse knüpfen, allerdings ist die Landschaftsachse in diesem Bereich noch nicht ausgebaut und qualifiziert worden (vgl. ebd.). Eine weitere private Grünfläche befindet sich außerdem im Innenhof nördlich der Apostelkirche.

Die einzelnen Vorgärten entlang der Blockrandbebauung haben meist eine Flächengröße von ca. 20 m² bis 25 m² und sind in ihrer Gestaltung sehr homogen geprägt. So finden sich innerhalb der Vorgärten Rasen- und Schotterflächen wieder. Überwiegend sind die Vorgärten mit einem niedrigen Backstein- oder Metallzäunen, und in wenigen Fällen durch zusätzliche Hecken, eingefriedet. Teilweise zeigt sich auch eine Bepflanzung durch Sträucher in den Vorgärten (siehe Abb. 69).



Abb. 69: Geschlossene Blockrandbebauung mit Vorgärten (eigene Darstellung)

Der Baumbestand zeigt sich durchwachsen im Gebiet. Die Straßen sind weitgehend und beidseitig mit Straßenbäumen versehen, überwiegend mit Linden und Eichen aus den 1970er bis 1990er Jahren und Baumkronen von 9 m bis 18 m (vgl. BUKEA 2019c). Im Bereich der Rombergstraße befinden sich keine Baumpflanzungen. Die Rombergstraße hat mit einer Breite von 11 m die kleinste Straßenbreite, eine Verschattung für den Straßenbereich wird nur teilweise durch die Gebäude gegeben. In der Sommerzeit ist die Südseite der Straße der Mittagssonne ausgesetzt. Auch entlang der Osterstraße befindet sich auf der Nord- und Südseite nur punktuelle Baumbestände (siehe Abb. 70). Insgesamt zeigt sich im Quartier, dass insbesondere auf den südlichen Straßenseite Lücken im Baumbestand vorhanden sind, durch die die Fassaden und der Straßenbereich nicht verschattet werden. Die Innenhöfe der Blockrandbebauungen sind weitgehend mit Baumbeständen versehen, bis auf die Parkplatzfläche an der Grundstraße. Hier befinden sich in dem breiten Innenhof nur am Rand der Blockrandbebauung einige Baumpflanzungen, die allerdings keine Verschattung für das Zentrum des Innenhofs bieten (siehe Abb. 71).



Abb. 70: Straßenbaumkataster (BUKEA 2019c)



Abb 71: Baumbestand belaubt (LGV 2019)

Bodenversiegelung und Oberflächengestaltung

Das Quartier setzt sich aus unterschiedlichen versiegelten Bereichen zusammen. So besteht, überwiegend im Bereich der gründerzeitlichen Blockrandbebauung, ein hoher Versiegelungsgrad zwischen 60 bis 80 Prozent. Die hiesige Parkplatzfläche zwischen der Methfesselstraße und Grundstraße hat mit seiner vollständigen Bodenversiegelung bei einer Fläche von 0,6 ha einen Versiegelungsgrad von 80 bis 100 Prozent (vgl. BUKEA 2017).

Die Blockrandbebauungen aus unterschiedlichen Epochen zeigt sich auch in der Fassadengestaltung aus hellen und teilweise bunten Putzanstrichen sowie klassischen Backsteinfassaden. Die sonnenexponierten Fassaden im Gebiet sind überwiegend durch den vorhandenen Baumbestand verschattet, dennoch zeigt sich stellenweise keine Verschattung der Gebäude. Besonders die oberen Geschosse in südlicher und westlicher Ausrichtung sind häufig sonnenexponiert, da die Baumkronen meist nicht bis in die oberen Geschosse reichen. Für die betroffenen Gebäude und Geschosse bestehen auch keine technischen Lösungen zur Verschattung. Hier trifft die Sonneneinstrahlung besonders auf die dunklen Backsteinfassaden, welche die sommerliche Wärme am Tag speichern und in der Nacht wieder abgeben (siehe Kapitel 2.1.1). Eine höhere Albedo ist hingegen bei den vorhandenen Gebäuden mit einer hellen Verputzung anzunehmen. Die Dachformen im Gebiet weisen vorwiegend Schräg- und Flachdächer auf und sind durch dunkle und rote Schindel sowie klassischen Materialien zur Flachdachabdichtung gekennzeichnet. Punktuell finden sich auch weiße Flachdächer im

Quartier wieder. Gründächer- oder begrünte Fassaden lassen sich im Quartier nicht vorfinden. Die Bodengestaltung zeichnet sich durch unterschiedliche Pflastersteine im Gebiet aus. So finden sich auf den Gehwegen überwiegend graue und anthrazitfarbene Pflastersteine in unterschiedlichen Größen wieder. Teilweise bestehen auch bereits ausgebaute Gehwege mit hellen Asphaltierungen. Auf den Wohnstraßen (Rombergstraße und Sillemstraße) befinden sich auf den engen Gehwegen mit einer Breite von ca. 1 m eine Mischung aus Pflastersteinen und Schotterwegen. Weiter zu erwähnen ist, dass die Wohnstraßen im Inneren des Quartiers teilweise durch Rastersteine geprägt sind (siehe Abb. 72). Die große Parkplatzfläche im Innenhof gelegen, zwischen der Methfesselstraße und der Grundstraße, ist fast komplett asphaltiert, mit wenigen Pflastersteinen als Leitlinien für die einzelnen Parkplätze und rotem Asphaltanstrich zur Kennzeichnung der Parkplatzfläche. In der Mittagssonne ist der Parkplatz im vollen Umfang sonnenexponiert. Verschattungselemente oder Bäume gibt es keine. Zudem ist der Innenhof so weiträumig, dass auch die umliegenden Gebäude kein Schatten für den Innenhof bieten.



Abb. 72: Collage Oberflächengestaltung (eigene Darstellung)

Handlungspotenziale und Defizite

Das Quartier an der Osterstraße birgt hinsichtlich einer hitzeresilienten Quartiersentwicklung verschiedene Defizite und Handlungspotenziale. Ein großes Defizit stellt dabei aus diversen Gründen der Straßenraum im Gebiet dar. Zum einen trägt der Straßenraum durch seine Breite und dem hohen Versiegelungsgrad durch das Aufheizen des Asphalts, besonders durch die Sonneneinstrahlungen auf den Südseiten im Quartier, maßgeblich zur Hitzeentwicklung bei. Besonders in den Sommer-

monaten heizt sich auch der ruhende Verkehr, der in den Straßenräume dominiert, an Stellen ohne natürliche und technische Verschattungselemente auf, was auch für die Autofahrer:innen zu Hitzestress führen kann. Zusätzlich können die beengten Gehwege im Quartier bei heißen Tagen den Hitzestress der Bewohner:innen und Betroffenen weiter fördern, da keinerlei Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum und somit keine Ausruhpunkte, insbesondere für die ältere Bevölkerung, vorhanden sind. Ein weiteres Defizit stellt die hiesige Parkplatzfläche mit einem Versiegelungsgrad von 80 bis 100 Prozent und der sonnenexponierten Lage zwischen der Grundstraße und der Methfesselstraße aufgrund der fehlenden Verschattungselemente und verdunstungs- bzw. versickerungsfähigen Flächen dar. Der Innenhofcharakter der Wochenmarktfläche trägt zusätzlich zum Wärmestau bei, was die Hitzebelastung im Gebiet weiter verstärkt. So besteht ein weiteres Defizit auch im Hinblick auf die sonnenexponierten Backsteinfassaden, die ohne entsprechende Sanierungsmaßnahmen eine hohe Wärmespeicherung besitzen und für ein schlechtes Innenraumklima sorgen. Auch bei Wohnblöcken, deren Dachflächen nach Süden und Westen ausgerichtet sind, trifft die Sonneneinstrahlungen direkt ein, wodurch sich das Innenraumklima in den Dachgeschossen bei fehlender energetischer Sanierung am Tag enorm aufheizen kann.

Für eine hitzeresiliente Quartiersentwicklungen bestehen neben den genannten Defiziten aber auch Handlungspotenziale um das Mikroklima im Gebiet zu verbessern und dieses resilienter gegenüber der steigenden Hitzebelastung zu gestalten. So sind im Raum durch die vielen Flachdächer zahlreiche Flächenpotenziale gegeben, die sich gegebenenfalls für eine Dachbegrünung eignen würden. Auf diese Weise können im Raum weitere verdunstungsfähige Flächen geschaffen werden sowie neue öffentliche Frei- und Grünräume entstehen. Die Voraussetzung einer Dachbegrünung knüpft sich vor allem an die Tragfähigkeit des Dachs. Dies gestaltet sich bei Flachdächern aus den 1950er bis 1970er Jahren schwierig aus. Kiesdächer aus dieser Zeit können allerdings häufig mit einer extensiven Dachbegrünung gestaltet werden (vgl. Richter 2021). Weiter besteht die Möglichkeit bei Dächern, die sich nicht für eine Dachbegrünung eignen, als Albedodach mit einer hohen Reflexion zu gestalten. Auch bieten sich freie Fassaden für eine Fassadenbegrünung an, um die Temperatur durch Verdunstungskühle im Quartier und im Innenraum zu senken sowie die Biodiversität zu steigern. Die vielen Vorgärten im Quartier eigenen sich außerdem dafür als Aufenthaltsräume zu dienen und die Biodiversität im Raum weiter zu fördern. Hier bietet sich eine intensivere Auseinandersetzung mit der Gestaltung von Vorgärten gegenüber der Hitzeanpassung an, vor allem da diese sehr bürgernah sind und in den meisten Fällen von der Blockrandbebauung verschattet werden. Eine weitere besondere Potenzialfläche stellt auch der Platz und die Grünfläche bei der Apostelkirche dar. Die Fläche rund um die Apostelkirche eignet sich vor allem zur Gestaltung eines qualitativen Grünraums mit Aufenthaltsqualität und einem annehmbaren Mikroklima bei heißen Sommertagen. Auf diese Weise lässt sich die heutige Grünfläche an der Apostelkirche erweitern und die Bewohner:innen haben einen kühlen Freiraum in unmittelbarer Nähe zum Wohnraum. In dem Sinne stellen auch die Innenhöfe weitere Potenzialflächen für eine Begrünungen und Entsiegelungen dar, dabei sollte vor allem ein besonderes Augenmerk auf die große Wochenmarktfläche gelegt werden, die derzeit bis zu 100 Prozent versiegelt und sonnenexponiert ist.

Fokusraum II - Zeilenbebauung zwischen Doormannsweg und Fruchtallee

Bioklimatische Situation

Das Quartier stellt sowohl heute als auch zukünftig einen besonders hitzebelasteten Raum dar. Derzeit besteht in dem Gebiet bereits eine hohe Wärmebelastung von 29,5 °C bei einer austauscharmen Sommerwetterlage und gehört damit zu den vergleichsweisen stärker belasteten Gebieten im Bezirk. Die Prognose für 2050 zeigt, dass zukünftig die Hitzebelastung weiter zunehmen wird. So liegt die Anzahl der Tage mit Temperaturen über 35,0 °C zwischen 22 bis 24 Tagen im Jahr. Dies entspricht Temperaturen, die zu deutlichem Hitzestress für die Anwohner:innen im Quartier führen können (siehe Kapitel 2.1.3). Das Quartier stellt aber nicht nur am Tag einen Hotspot dar, sondern auch in der Nacht. Die nächtliche Wärmebelastung liegt derzeit mit 18,0 °C bis 18,5 °C bei einer vergleichsweisen mäßigen Wärmebelastung. Dies zeigt allerdings, dass im Quartier bereits der nächtliche Wärmeinseleffekt auftritt. So liegt der Hamburger Mittelwert bei 16,2 °C. Auch zukünftig soll sich die Hitzebelastung in der Nacht weiter verstärken, sodass die thermischen Bedingungen für einen erholsamen Schlaf in dem Quartier zunehmend ungünstiger werden.



Abb. 73: Hitzebelastung Tag- und Nachtsituation (heute und 2050)

Hinsichtlich der Frisch- und Kaltluftzufuhr zeigt sich, dass in der Nähe des Quartiers keine klimaaktiven Flächen gegeben sind, die mit Kaltluft auf das Mikroklima vor Ort einwirken können. Auch die Hauptströmungen der Flurwinde in den Grün- und Freiflächen erreicht das Quartier nicht, aufgrund der innerstädtischen dicht bebauten Lage, in der die Bebauung eine Hinderniswirkung innehat. Dies begünstigt die Hitzeentwicklung im Raum, da weder Frischluft zugeführt noch warme Luft abtransportiert werden kann. Zudem ist ca. 400 m von dem Gebiet entfernt ein großflächiges Gewerbegebiet gelegen, welches eine hohe Hitzebelastung ausweist. Die sich im Sommer dort entwickelte Hitze kann somit auch weitreichend in das Quartier einwirken. Zudem ist für das Mikroklima relevant, dass es sich bei dem Doormannsweg und der angrenzende Fruchtallee um breit angelegte Straßenräume handelt, die aufgrund der Wärmespeicherkapazität des Asphalts im Sommer dazu neigen sich aufzuheizen (siehe Kapitel 2.1.1).

Bevölkerungsstruktur und -entwicklung

Das Quartier zeichnet sich durch eine vulnerable Bevölkerungsstruktur gegenüber der Hitzebelastung aus. Der Raum weist mit etwa 1.054 Einwohner:innen und einer Einwohnerdichte von 150 EW/ ha eine allgemein hohe Bevölkerungsdichte auf (vgl. LGV 2021). Zudem besteht auch hinsichtlich der besonders hitzevulnerablen Bevölkerungsgruppen eine hohe Dichte. So liegt das Quartier innerhalb eines statistischen Gebietes in dem die Dichte der über 65-Jährigen bei 27 EW/ha liegt. Insgesamt wohnen in dem Gebiet 343 über 65-Jährige und machen somit anteilig 19 Prozent der Anwohner:innen in dem statistischen Gebiet aus. Hinsichtlich der unter 6-Jährigen zeigt sich, dass in dem statistischen Gebiet mit 7,1 unter 6-Jährigen pro Hektar nur eine geringe Dichte dieser verwundbaren Bevölkerungsgruppe vertreten ist (Stand 2019, Statistikamt Nord 2021). Auch für dieses Quartier gilt, dass laut der Bevölkerungsprognose die Anzahl der über 65-Jährigen zukünftig ansteigen wird (Stand 2021, Statistikamt Nord 2021).

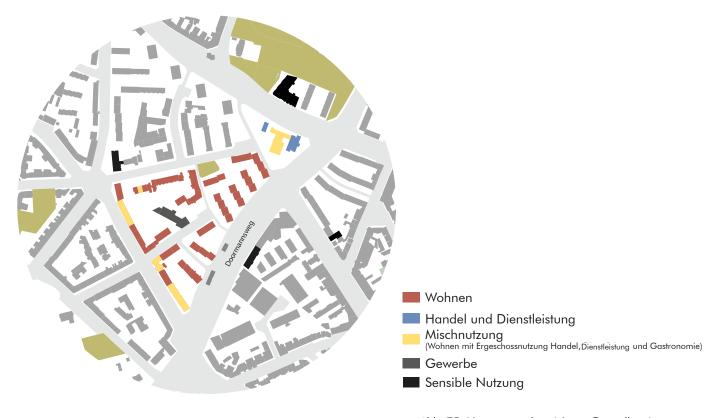
Bebauungs- und Nutzungsstruktur

Das Quartier setzt sich aus zwei verschiedenen Siedlungstypologien zusammen. Vorwiegend ist das Gebiet durch eine Zeilenbebauung sowie einem Hochpunkt im Osten des Quartiers geprägt (siehe Abb. 74). Zum anderen lässt sich eine offene Blockrandbebauung entlang der Eimsbütteler Straße wiederfinden. Das Quartier und auch das umliegende Gebiet sind hierbei vorwiegend durch eine Wohnnutzung gekennzeichnet. Neben reinen Wohngebäuden bestehen Gebäude mit Mischnutzung, in deren Erdgeschossen Dienstleistung und Einzelhandel vorhanden sind und die oberen Etagen der Wohnnutzung dienen (siehe Abb. 75). So befindet sich entlang der Eimsbütteler Straße ein Kiosk, Büros und ein Restaurant. Neben den Wohnnutzungen besteht in dem östlichen Bereich des Quartiers zudem eine Tankstelle, die durch das Eimsbütteler Wohnungsbauprogramm als Nachverdichtungs-

potenzial gekennzeichnet ist. Mittig in dem Quartier gelegen ist ein gewerblich genutzter Gebäude-komplex mit einem großen Parkplatz angesiedelt. Hier sind ein Kosmetikhersteller, eine Filmagentur sowie ein Fitnessstudio vorhanden. Das Gebiet um das Quartier zeichnet sich darüber hinaus durch die Ansiedlung sensibler Nutzungen gegenüber der Hitzebelastung aus. Hierzu zählt zum einen das "Senioren- und Therapiezentrum Haus am Wehbers Park", an der Fruchtallee. Entlang des Doormannswegs befindet sich auch ein Deutsch Chinesische Kindergarten (vgl. Open Street Map 2021).



Abb. 74: Bebauungsstruktur (eigene Darstellung)



Verkehrsinfrastruktur

Hinsichtlich der Verkehrsinfrastruktur ist das Quartier weitreichend vernetzt und liegt in einem verkehrsintensiven Gebiet. Besonders prägnant im Raum sind die beiden vierspurigen Straßen Fruchtallee und Doormannsweg. Bei der Fruchtallee handelt es sich um die Bundesstraße 5, welche entlang des Quartiers von Westen nach Osten verläuft und auf der Höhe des Doormannswegs in nördliche Richtung weiter auf den Ring 2 verläuft. Die Straße nimmt hier mit einer Breite von 41 m eine hohe Präsenz im Raum ein. Bei dem Doormannswegs handelt es sich um eine Hauptstraße, welche den Stadtteil Eimsbüttel südwestlich in Richtung nord-östlich bis zum Stadtteil Hoheluft-West durchzieht. Auch hier handelt es sich um einen breit angelegten Straßenraum mit 52 m Breite (vgl. LGV 2021). Entlang der Straße verlaufen Parkbuchen sowie ein separater Radfahr- und Gehweg. In der Eimsbütteler Straßen sind beidseitig Parkbuchten senkrecht angelegt, die das Gesamtbild des Raumes dominieren (siehe Abb. 76). Zudem besteht ein breiter Weg für Fußgänger:innen (siehe Abb. 77). Auch entlang der Sophienallee besteht eine Vielzahl an Parkplätzen, die Gehwege sind hier schmal gestaltet. Somit ist auch in diesem Quartier der öffentliche Raum durch den motorisierten Individualverkehr gekennzeichnet, sodass eine Aufenthaltsfunktion eher zurückgestellt ist.





Darüber hinaus ist das Quartier durch den ÖPNV weitreichend erschlossen (siehe Abb. 78). Zum einen befindet sich in Tieflage unter der Fruchtallee die Haltestelle "Emilienstraße" der Hamburger U-Bahnlinie U2. Diese verbindet das Gebiet Niendorf-Nord bis Mümmelmannsberg. Darüber hinaus befindet sich entlang des Doormannswegs die Bushaltestelle "Alsenplatz", welche von den drei Buslinien 20, 25 und 600 angefahren wird. Hierdurch entsteht eine verkehrliche Verbindung in Richtung des Bahnhofs Altona sowie in Richtung des Hamburger Ostens (vgl. HVV 2021).



Abb. 78: Verkehrsinfrastruktur (eigene Darstellung)

Freiraumgestaltung und Baumbestand

Auf einer übergeordneten Ebene soll zukünftig östlich des Quartiers die Landschaftsachse ausgebaut und qualifiziert werden. Diese verbindet den Grünraum entlang des Isebekkanal bis hin nördlich zum 2. Grünen Ring. Bereits heute bestehen hier einzelne Grünflächen, die jedoch nicht im Zusammenhang zueinander stehen (vgl. Bezirk Eimsbüttel 2018: 34). Zudem soll nordwestlich ein grünes Wegenetz entstehen, welches an die Landschaftsachse anknüpft. Innerhalb von 230 m ist von dem Quartier aus eine Entlastungsflächen fußläufig erreichbar (siehe Abb. 79). Dies ist der Wehbergspark, in östlicher Richtung gelegen, und umfasst ca. 2 ha. Der Park umfasst sowohl größere Rasenflächen als auch weitreichende Baumgruppen, die im Sommer Schatten spenden. Zudem befindet sich in dem Park ein Spielplatz (vgl. LGV 2021). Neben der Entlastungsfläche bestehen im Quartier selbst kleinere Frei- und Grünräume. So liegt in dem Wohngebiet eine kleine Parkanlage von 0.1 Hektar (siehe Abb. 80). Hier befindet sich ein Gemeinschaftsbeet mit einer Grünpatenschaft, die zum Ziel hat, eine Blühwiese für Insekten entstehen zu lassen. Dies fördert die kleinräumige Biodiversität im Raum. Auch sind zwei Sitzbänke vorhanden, die durch Sträucher verschattet werden. Im Grünraum ist keine Wegführung vorhanden, sondern nur eine Rasenfläche, welche sich hinsichtlich der Kühlwirkung positiv auf das Mikroklima auswirken kann. Nahegelegen dieser Grünfläche befindet sich ein kleiner Spielplatz mit Geräten. Zudem besteht durch angrenzende Bäume im Sommer eine umfassende Beschattung. Allgemein kann hier vor einer hohen Aufenthaltsqualität im Sommer ausgegangen werden.



Abb 79: Grünraumverbindungen bzw. Entlastungsflächen im Raum (eigene Darstellung)



Abb. 80: Grünfläche im Quartier (eigene Darstellung)

Darüber hinaus befindet sich in dem Quartier der Glücksburger Platz. Der öffentliche Platz umfasst eine Fläche von ca. 750 m² und liegt auf der Grenze zwischen den Bezirken Eimsbüttel und Altona (vgl. Freie und Hansestadt 2021f.). Umringt ist der Platz von Bäumen. Zudem besteht auf dem Platz ein Wasserspiel sowie eine gemauerte Sitzgelegenheit (siehe Abb. 81). Insgesamt zeichnet sich der Platz durch ein gepflegtes und offenes Erscheinungsbild aus, im Sommer scheint die Aufenthaltsqualität durch die fehlende Verschattung von Sitzgelegenheiten und der Wärmeentwicklung durch die Versiegelung jedoch nur gering zu sein.



Abb. 81: Gestaltung des Glücksburger Platz (eigene Darstellung)

Das Quartier zeichnet sich durch einen hohen Baumbestand aus. So sind sowohl die Innenhöfe und Freiflächen zwischen den Wohngebäuden mit Bäumen begrünt als auch der Straßenraum (siehe Abb. 82). Insbesondere entlang des Doormannswegs befinden sich bereits ältere Bäume, die etwa 1956 gepflanzt wurden, große Kronenumfänge aufweisen und hochgewachsen sind. Zudem wurden auch mittig der Verkehrsfläche Bäume gepflanzt (siehe Abb. 83). Bei den Bäumen handelt es sich vorwiegend um Spitz-Ahorn (Acer platanoides) oder um ahornblättrige Platanen (Platanus acerifolia). Aber auch Bäume der Lindengattung wie die Holländische-Linde (Tilia x europaea) oder die Winter-Linde (Tilia cordata) sind vorzufinden (vgl. BUKEA 2019c). Bei allen vorhandenen Baumarten handelt es sich um typische Arten für Park- oder Straßenbegrünung, die sonnige oder halbschattige Standorte gut vertragen und zudem gegenüber Trockenheit und Hitzestress tolerant sind (vgl. Sander 2015; ESKP 2021). Im Allgemeinen kann davon ausgegangen werden, dass die bestehenden Bäume im Quartier auch zukünftig, bei ausreichendem Wasserangebot, bestehen und klimaaktiv wirken können.



Abb. 82: Baumbestand belaubt (LGV 2019)

Bodenversiegelung und Oberflächengestaltung

Das Quartier setzt sich aus unterschiedlich hoch versiegelten Bereichen zusammen. So besteht im Bereich der Zeilenbebauung im östlichen Teil des Quartiers ein Versiegelungsgrad zwischen 40 bis 70 Prozent. Im Bereich hin zur Eimsbütteler Straße und Sophienallee, die sich durch eine Blockrandbebauung auszeichnen, liegt der Versiegelungsgrad zwischen 70 bis 90 Prozent (vgl. LGV 2021).



Abb. 83: Straßenbaumkataster (BUKEA 2019c)

Im Quartier zeichnet sich das Bild ab, dass dieses überwiegend im Sommer aufgrund des hohen Baumbestandes oder Gebäuden weitreichend verschattet ist. Es bestehen jedoch sonnenexponierte Fassaden, die aufgrund dessen, dass sie über der Baumkrone gelegen sind, keine Verschattung erfahren. Es bestehen auch keine technischen Lösungen. Hier trifft die Sonneneinstrahlung vorwiegend auf eine dunkle Backsteinfassade, welche die sommerliche Wärme am Tag speichert und in der Nacht wieder abgibt (siehe Kapitel 2.1.1). Darüber hinaus bestehen im Quartier weitere Backsteingebäude, die jedoch verschattet sind oder Gebäude, die durch eine weiße Verputzung eine höhere Albedo aufweisen. Gründächer oder begrünte Fassaden lassen sich in dem Quartier nicht vorfinden. Die Dächer sind vorwiegend durch dunkle oder rote Schindeln begleitet. Zwischen den Wohngebäuden der Zeilenbebauung sind immer wieder Rasenflächen vorhanden und auch entlang der Fußgängerwege im Quartier befinden sich abschnittweise unversiegelte Flächen. Der Hochpunkt im östlichen Bereich des Quartiers liegt sonnenexponiert, weist eine dunkle Fassade auf und ist umgebend versiegelt. Aufgrund der Höhe des Gebäudes ist dieses beinahe gar nicht verschattet und weist auch keine technischen Verschattungselemente auf. Auch die angrenzende Tankstelle ist hinsichtlich der Hitzeentwicklung kritisch zu betrachten, da dort eine fast vollständige Versiegelung

vorliegt. Ein weiterer problematischer Raum liegt innerhalb des Gewerbehofs. Hier ist ein Parkplatz vorhanden, der sowohl sonnenexponiert ist und zugleich eine hohe Versiegelung durch Asphalt hat.



Abb. 84: Collage Oberflächengestaltung (eigene Darstellung)

Sowohl der Straßenraum der Eimsbütteler Straße und auch der Sophienallee sind mit Kopfsteinpflaster ausgelegt und werden beidseitig überwiegend durch Bäume beschattet, sodass zum einen der Straßenbelag beschattet wird, aber auch der Geh- und Radfahrweg im Sommer nicht der starken Sonneneinstrahlung ausgesetzt ist. Auch der Straßenraum des Doormannswegs zeichnet sich durch beschattete Geh- und Radfahrwege aufgrund einer umfassenden Baumbepflanzung aus. Bedingt durch die geringe Größe der Bäume in der Straßenmitte wird die Verkehrsfläche selbst allerdings nur begrenzt beschattet. In der Eimsbütteler Straße besteht ein breiter Parkraum, der überwiegend versiegelt ist. Zudem verläuft parallel ein breiter Gehweg mit dunklen Steinplatten, wodurch eine hohe versiegelte Fläche besteht. Der große sonnenexponierte Straßenraum der Fruchtallee ist nahezu gar nicht verschattet, die Sonneneinstrahlung trifft direkt auf die Verkehrsfläche sowie Geh- und Radfahrwege, was die Wärmeentwicklung und Hitzestress fördern kann. Auch der Glücksburger Platz weist derzeit keine relevante Verschattung auf, sodass sich der Platz im Sommer aufgrund der hohen Versiegelung schnell aufheizen kann. So sind hier der Boden des Platzes komplett mit grauem Kopfsteinpflaster versiegelte und die Sitzgelegenheiten aus rotem Backstein gefertigt (siehe Abb. 85).

Defizite und Handlungspotenziale

Für das analysierte Quartier ergeben sich verschiedene Defizite, aber auch Handlungspotenziale hinsichtlich einer hitzeresilienten Quartiersentwicklung. Als ein Defizit des Quartiers ist der Stra-



Abb. 85: Versiegelte Sitzgelegenheit am Glücksburger Platz (eigene Darstellung)

Benraum zu betrachten. So ist dieser entlang der Fruchtallee hochversiegelt und nahezu gar nicht verschattet. Durch die hohe Breite des Straßenraums kann diese durch das Aufheizen des Asphalts maßgeblich zur Hitzeentwicklung im Quartier beitragen. Zudem besteht entlang der Eimsbütteler Straße ein weiter Parkraum und ein überdurchschnittlich breiter Gehweg mit einem hohen Versiegelungsanteil. Neben den Straßenraum stellt zudem der Glücksburger Platz ein weiteres Defizit des Quartiers dar. Seine hohe Versiegelung, die sonnenexponierte Lage und die fehlende Verschattung können im Sommer zu einer mangelnden Aufenthaltsqualität führen und zugleich durch das Aufheizen der Bepflasterung zu steigenden Temperaturen im Quartier beitragen. Ein weiteres Defizit sind die bestehenden sonnenexponierten Fassaden der Gebäude, welche sich insbesondere entlang der Eimsbütteler Straße wiederfinden. Hier trifft im Sommer die Sonneneinstrahlung direkt auf Backstein mit seiner besonders hohen Wärmespeicherung. Dies führt nicht nur am Tag zu einer ansteigenden Oberflächentemperatur, sondern auch zu einer nächtlichen Wärmeabgabe und somit zu steigenden Temperaturen in der Nacht. Auch der Hochpunkt im Osten des Quartiers weist in dieser Hinsicht ein Defizit auf. Durch das Fehlen von Sonnenschutz an der Fassade kann sich, aufgrund der sonnenexponierten Lage, das Innenraumklima an Sommertagen schnell erwärmen und zu Hitzestress führen. Der hohe Versiegelungsgrad in diesem Teil des Gebiets fördert zudem die Wärmeentwicklung.

Neben den genannten Defiziten bestehen aber auch Handlungspotenziale im Raum, um das Mik-

roklima zukünftig aufzuwerten und das Quartier resilient zu gestalten. Es bestehen zum einen verschiedene Flächenpotenziale, um das Quartier zu begrünen und somit durch die Verdunstungskühle die Temperaturen im Quartier zu senken. So befinden sich in dem Gebiet einzelne Flachdächer, die begrünt werden könnten und auch freie Fassaden, an denen ein Bewuchs durch Pflanzen möglich wäre. Zudem bietet die Grünfläche innerhalb des Wohngebiets ein Potenzial als kleinräumiger Erholungsraum an Hitzetagen zu dienen. Hierfür könnte der Raum hinsichtlich der Aufenthaltsqualität aktiviert und weiter aufgewertet werden, um zur Nutzung einzuladen. Darüber hinaus bietet der Glücksburger Platz erhebliches Potenzial, um im Sommer als Kühloase für die Anwohner:innen zu dienen. So ist dieser gut erreichbar und bietet ausreichend Fläche, um etwa großflächigere Begrünungsmaßnahmen umzusetzen. Ein weiteres Potenzial bietet der Straßenraum der Eimsbütteler Straße. Der breite Gehweg und der beidseitig vorhandene Parkraum in der Straße bietet die Möglichkeit Flächen zu entsiegeln und im Sinne einer Hitzeanpassung umzunutzen. In einem Zusammenhang betrachtet besteht zudem das Potenzial die Grünräume in die geplante Grüne-Wege-Vernetzung einzubeziehen und etwa eine Verbindung hin zur östlich gelegenen Landschaftsachse über die Entlastungsfläche des Wehbergsparks zu schaffen.

4.2.3 Abwägung und Auswahl eines geeigneten Nachverdichtungsansatzes im Hinblick auf die Hitzewirkung

Für eine qualitative Nachverdichtung im Rahmen einer hitzeresilienten Quartiersentwicklung gilt es die baulichen Möglichkeiten der Nachverdichtung gegen die bioklimatische Situation sowie die zuvor identifizierten Defizite und Potenziale des Raums gegeneinander abzuwägen. Ziel bei der Auswahl eines geeigneten Nachverdichtungsansatzes soll es sein, sowohl die Wohnungsbaupotenziale des Bezirks Eimsbüttel mithilfe der informellen Quartiersdichte auf Grundlage des Hamburger Maßes zu berücksichtigen, um die Regelobergrenzen bezüglich Grund- und Geschossflächenzahlen des § 17 BauNVO in den Quartieren möglichst auszunutzen, als auch eine hitzeresiliente Quartiersentwicklung für die Steigerung der Lebensqualität anzustreben (vgl. BSW 2020). Dafür werden im Folgenden die für die exemplarischen Fokusräume passenden Entwicklungsszenarien des räumlichen Leitbilds des Bezirks Eimsbüttel herangezogen, um eine Einschätzung zu der Bestands-GFZ und der neuen GFZ nach der Auswahl von geeigneten Nachverdichtungsansätzen, zu treffen. Mit der Auswahl und Abwägung eines geeigneten Nachverdichtungsansatzes hinsichtlich des Einwirkens auf die bioklimatische Situation, wird auf die vierte und letzte Teilfrage der vorliegenden Arbeit eingegangen, die sich dahingehend formuliert, wie konkrete lokale Maßnahmen für ein qualitativ nachverdichtetes und hitzeangepasstes Quartier bestimmt werden können.

Fokusraum I - Blockrandbebauung zwischen der Lappenbergsallee und Osterstraße

Anhand der Entwicklungsszenarien, die aus dem Leitbild Eimsbüttel 2040 hervorgehen, werden für den Fokusraum I zur Einordnung von Entwicklungstendenzen und Orientierungswerten, die Entwicklungsszenarien für die Magistralen aufgrund der umliegenden Blockrandbebauung herangezogen. Für die gründerzeitliche Blockrandbebauung sind eine hohe bauliche Dichte und die intensive Nutzung der Fläche charakteristische Merkmale.

Das Quartier zwischen der Lappenbergsallee und der Osterstraße zeigt heute im Bestand eine GFZ von 1,7 mit einer Bruttogeschossfläche von 11.500 m²/ha, dies sind bei einer anzunehmenden Wohnungsgröße von 100 m² und einem Wohnanteil von rund 80 Prozent ca. 115 WE/ha im Quartier. Besonders die hohe Anzahl an Wohneinheiten spiegelt die hohe Bebauungs- sowie Bevölkerungsdichte des Stadtteils Eimsbüttel wider. Die heutige GFZ im Quartier geht bereits über das Entwicklungsszenario "Hochzonierung und Aufstockung" hinaus (siehe Abb. 86). Im Sinne der informellen Quartiersdichte aus den Leitlinien des Hamburger Maß wird das Entwicklungsszenario "Hochzonierung und Hochpunkte" mit einer GFZ von 2,0 im Bereich der Magistralen für vertretbar gehalten. Dabei ist aufgrund der hohen baulichen Dichte und nur wenigen Entlastungsräumen in unmittelbarer Nähe zu beachten, nicht über das Maß hinaus zu verdichten bzw. gilt es im Einzelfall abzuwägen, welche Art von Nachverdichtungsansätzen angewandt werden. Bei Neuentwicklungen kann die neue GFZ häufig um ein vielfaches höher ausfallen als bei ein- bis zweigeschossigen Aufstockungen. Vor allem aber sollte aufgrund der hohen klimatischen Belastungen und der Belange des Stadtklimas das Dichtemaß nur bis zu einem gewissen Grad ausgeschöpft werden. Im Ergebnis geht es vielmehr darum, mit Möglichkeiten von Verdichtungen die Qualität zu steigern und aufgrund der wenigen Spielräume für Verdichtungs- und Anpassungsmaßnahmen eine Vielzahl von kleineren Maßnahmen durchzuführen.

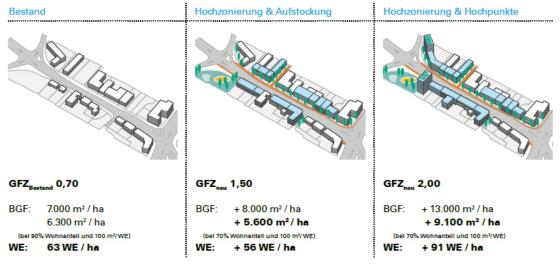


Abb. 86: Entwicklungsszenario Magistralen (Bezirksamt Eimsbüttel 2018: 26)

Das Wohnungsbauprogramm des Bezirks weist für das Gebiet zwei größere Wohnungsbaupotenziale aus. Eine Baulücke nordöstlich im Raum an der Methfesselstraße für eine Baulückenschließung sowie eine Wohnbebauung im Innenhof östlich von der Sillemstraße (siehe Abb. 87). Im Sinne der Handlungspotenzial- und Defizitanalyse scheint es sinnvoll, den ausgewiesenen Wohnungsbaupotenzialen zu folgen.



Abb. 87: Wohnungsbaupotenziale aus dem Wohnungsbauprogramm (Bezirksamt Eimsbüttel 2019)

Die Baulücke an der Methfesselstraße charakterisiert sich durch eine halbe Mauer, die den Zugang in den Innenhof versperrt sowie ein paar kleineren Baumbeständen und Sträuchern (siehe Abb. 88).



Abb. 88: Baulücke Methfesselstraße (eigene Darstellung)

Ein Neubau würde sich an dieser Stelle an die Bestandsgebäude anknüpfen und sich in das städte-bauliche Bild einfügen. In der Planungstheorie wird die klimatische Auswirkung von kleineren Baulückenschließungen zudem als gering eingeschätzt (siehe Kapitel 2.2.2). Außerdem kann im Zuge der Verdichtung ein Zugang zum Innenhof geschaffen werden, der im Rahmen der Baumaßnahme zu Gunsten des Stadtklimas begrünt und für einen neuen Treffpunkt in der Nachbarschaft aufgewertet werden könnte. Im Rahmen von Neubauten sollte eine Dachbegrünung in jedem Falle realisiert werden. Eine Begrünung des Dachs sollte bei einer vier- bis fünfgeschossigen Blockrandbebauung der Funktion dienen Regenwasser zurückzuhalten und die Dachgeschosse auf natürliche Weise zu isolieren, aufgrund der Höhenlage haben begrünte Dächer bei Blockrandbebauungen nämlich meist keine kühlende Funktion (vgl. Richter 2021).

Die nach dem Wohnungsbauprogramm vorgesehene Neubebauung im Innenhof wird angesichts der brachliegenden Bestandsbebauung und dem daraus resultierenden hohen Versiegelungsgrad als sinnvoll erachtet. Derzeit weist der Innenhof keinerlei bauliche und freiräumliche Qualitäten auf, bietet allerdings eine ausreichende Grundfläche für eine Neubebauung (siehe Abb. 89). Bei einem Neubau im Innenhof sollte darauf geachtet werden, dass im Zuge der Bebauung die Bodenversiegelung reduziert wird und keine neuen Flächen in Anspruch genommen werden. Besonders die versiegelte Platzfläche vor der brachliegenden Bestandsbebauung eignet sich zur Entsiegelung. Bei einer Innenhofbebauung sollte zudem auf eine ausreichende Abstandsfläche zur Bestandsbebauung geachtet werden. Auch hier sollte im Rahmen der Neubebauung eine Dachbegrünung durchgeführt und die Freiflächen im Innenhof begrünt werden.



Abb. 89: Brachliegende Bestandsbebauung östlich von der Sillemstraße (eigene Darstellung)

Für die beiden Neubauten gilt es, ein besonderes Augenmerk auf die Dachgestaltung und -begrünung zu legen. Im Bestand ist die Statik häufig ein Hindernis für Dachbegrünungsmaßnahmen, da diese teilweise mit erheblichen Kosten und Umbaumaßnahmen verbunden sind. Aufgrund des hohen Versiegelungsgrads in Blockrandbebauungen ist es besonders wichtig vorhandene Flächenpotenziale zur Versickerung und Verdunstungskühle zu nutzen.

Neben den Wohnungsbaupotenzialen bestehen vor allem Verdichtungspotenziale zur vertikalen Aufstockung von ein bis zwei Geschossen, zum Beispiel durch die typischen Dachausbauten in gründerzeitlichen Stadtstrukturen (siehe Abb. 90). Dabei können Dachgeschossausbauten als geringfügiger Eingriff in die Struktur und in das Mikroklima bewertet werden als Aufstockungen, da die Gestalt des Gebäudes nur unwesentlich verändert wird. Die Aufstockung greift hingegen stärker in den städtebaulichen Charakter eines Quartiers ein. Aufgrund der Städtebaulichen Erhaltungsverordnung ist es zwingend erforderlich, dass der städtebauliche Charakter gewahrt bleibt, dies gilt auch für die Neubauten. Die Verdichtung von weiteren Innenhöfen wird aufgrund der hohen klimatischen Belastung nicht im untersuchten Gebiet empfohlen, weitere Versiegelungen von Flächen müssen ausgeschlossen werden. Die Schaffung von Hochpunkten sollte aufgrund der hohen baulichen Dichte und der Bevölkerungsdichte zunächst vermieden werden, da sonst die Flächenkonkurrenz und der damit einhergehende Nutzungsdruck weiter verstärkt werden.



Abb. 90: Dachgeschossausbau Blockrandbebauung (eigene Darstellung)

Für ein hitzeresilientes Quartier muss dem öffentlichen Raum eine besondere Rolle zugeschrieben werden. Hitzeanpassungsmaßnahmen im öffentlichen Raum sollten übergreifend und unabhängig von Verdichtungsmaßnahmen umgesetzt werden. Im Quartier zwischen der Lappenbergsallee und Osterstraße zeigen sich große Defizite im Straßenraum, besonders problematisch gestaltet sich der dominierende ruhenden Verkehr, der besonders durch das Senkrechtparken viel Raum einnimmt

und wenig Platz für einen gerechten Fußgänger:innenverkehr, Begrünung sowie Verschattung lässt. Eine Neuorganisation des ruhenden Verkehrs für qualitätsvolle Straßenräume für mehr Aufenthaltsqualität und Ruhepausen an heißen Tagen sollte dabei im Fokus stehen. Außerdem sollten kompakte Grünflächen genutzt werden, um für die Anwohner:innen und Nutzer:innen in diesen Bereichen ein besseres Mikroklima zu schaffen und Rückzugsorte zu ermöglichen. Im Mittelpunkt sollten dabei schattige Aufenthaltsplätze und eine qualitätsvolle Begrünung zur Erholung stehen.

In der Regel sollten bei allen Formen baulicher Veränderungen wie Umbau, Modernisierung oder Verdichtung geprüft werden, ob und welche Anpassungsmaßnahmen sich im Huckepackverfahren realisieren lassen. So sollte bei allen Verdichtungs- und Modernisierungsmaßnahmen beispielsweise die Möglichkeit der Dach- und Fassadenbegrünung geprüft werden. Bei Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen kann zudem die Verdichtung in Form von Aufstockung, unter Berücksichtigung von städtebaulichen Belangen und Anforderungen des Stadtklimas, geprüft werden.

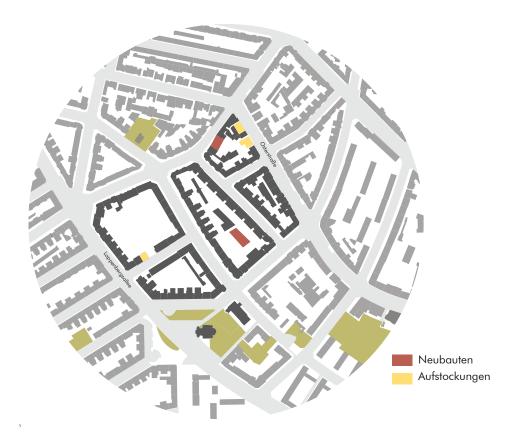


Abb. 91: Ausgewählte Verdichtungsmaßnahmen im Gebiet (eigene Darstellung)

Mit diesen dargestellten Nachverdichtungsansätzen würde durch die eingeschossigen Aufstockungen und der beiden Neuentwicklungen einer Baulückenschließung und Blockinnenbebauung sogar eine GFZ von etwa 2,5 erreicht und eine zusätzliche Bruttogesamtfläche von 6.114 m²/ha geschaffen werden. Durch die neue Wohnfläche könnten etwa 61 zusätzliche WE/ha in dem Quartier umgesetzt werden. Durch dieses Nachverdichtungsszenario könnte somit das Wohnungsbaupotenzial im Quartier ausgeschöpft werden, um einen Beitrag zum Ziel des Bezirks Eimsbüttel, jährlich 1.050

Wohneinheiten zu schaffen. Die Neuentwicklungen vermeiden weitgehend eine weitere bioklimatische Belastung durch Versiegelung. Darüber hinaus könnten die zu vorigen identifizierten Potenzialfläche für die Hitzeanpassung weiterhin herangezogen und neue Freiräume geschaffen werden.

Fokusraum II - Zeilenbebauung zwischen Doormannsweg und Fruchtallee

Für den Fokusraum II wird aufgrund der vorrangigen Zeilenbebauung als Siedlungstypologie das Entwicklungsszenario für Siedlungen der Nachkriegsmoderne des räumlichen Leitbilds Eimsbüttel zur Einordnung herangezogen. Das Quartier am Doormannsweg weist derzeit eine GFZ von 0,80 mit einer Bruttogeschossfläche von 7.949 m²/ha auf. Bei einer angenommen Wohnungsgröße von 100 m² und einem Wohnungsanteil von etwa 90 Prozent sind dies ca. 71 WE/ha im Quartier. Die derzeitige GFZ des Bestandes liegt bereits über der erwarteten GFZ von 0,40 des Entwicklungsszenarios der Nachkriegsmoderne (siehe Abb. 92). Im Sinne der informellen Quartiersdichte wird das Entwicklungsszenario mit einer GFZ von 1,50 für das Quartier als vertretbar angesehen. So sind in unmittelbarer Umgebung Entlastungsräume vorhanden und es besteht eine geringere bauliche Dichte als bei einer reinen Blockrandbebauung. Allerdings sollte aus stadtklimatischer Perspektive die bauliche Dichte nicht weiter ausgeschöpft werden, da durch eine weitere Verdichtung Möglichkeiten der Luftzirkulation sowie Grün- und Freiflächen, die derzeitig im Raum bestehen, hierfür belastet werden müssten. So sollte in dem Quartier der Fokus darauf liegen die bestehenden Qualitäten zu erhalten und zu stärken.

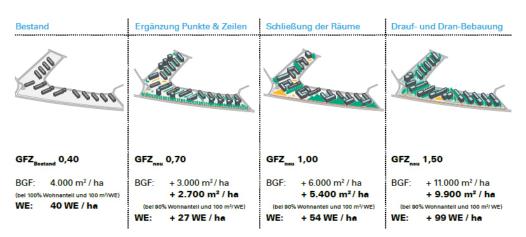


Abb. 92: Entwicklungsszenario Nachkriegsmoderne (Bezirksamt Eimsbüttel 2018: 25)

Da die Siedlungstypologie der Zeilenbebauung durch eine offene Bauweise und eine geringe baulichen Dichte charakterisiert ist, ergibt sich ein hohes Flächenpotenzial für weitere Verdichtungsansätze, so auch in dem Quartier am Doormannsweg (siehe Abb. 93). Aufgrund der unbebauten Fläche wäre es beispielsweise möglich den Entwicklungsszenarien für die Zeilenbebauung des
Bezirks Eimsbüttel zu folgen, um etwa die Räume zwischen den Zeilen, insbesondere entlang des
Doormannswegs, zu schließen. Auch für mehrgeschossige Anbauten wären Flächenpotenziale im
Quartier vorhanden, sodass eine zunehmende bauliche Dichte möglich wäre. Im Sinne einer hitze-



Abb. 93: Urbanisierungspotenzial aus dem Leitbild Eimsbüttel 2040 und Wohnungsbaupotenziale aus dem Wohnungsbauprogramm (Bezirksamt Eimsbüttel 2018:32/2019)

angepassten Nachverdichtung sollte allerdings von diesen Entwicklungsszenarien abgesehen werden. Dies begründet sich zum einen darin, dass hinsichtlich der bereits bestehenden Hitzebelastung im Raum von einer weiteren Versiegelung, etwa in Form von Anbauten, verzichtet werden sollte (vgl. Quarz 2021). Das Quartier bietet derzeit den Vorteil, dass der Versiegelungsgrad, im Vergleich zur Blockrandbebauung, geringer ist und zwischen den Gebäuden Grünflächen bestehen, die eine klimatisch kühlende Wirkung haben. Auch hinsichtlich der zu erwartenden Steigerung der Hitzebelastung sollte der Versiegelungsgrad in dem Quartier nicht weiter ausgereizt werden. Auch eine übergreifende Schließung der Räume scheint nicht geeignet, da so nicht nur die Versiegelung im Raum steigen würde, sondern auch warme Luft durch die Wärmeentwicklung am Tag, in der Nacht nicht mehr abtransportiert werden kann. Dieser Aspekt ist auch quartiersübergreifend relevant, da Luftzirkulationen großmaßstäblich zusammenwirken (siehe Kapitel 2.3.2). Des Weiteren müssten im Falle eines Nachverdichtungsansatzes, bei der etwa die Schließung von Räumen oder mehrfache Anbauten umgesetzt werden, um eine GFZ von 1,50 oder darüber zu erreichen, eine umfangreiche Rodung der Baumbestände im Quartier die Folge. Diese sind, vor allem entlang der Osterstraße, hochgewachsen, sodass derzeit von den Bäumen ein großer Mehrwert hinsichtlich der Verschattung und der produzierten Verdunstungskühle ausgeht. Bei einer Entfernung der Bäume müsste von einer Verschlechterung des Mikroklimas in dem Quartier ausgegangen werden.

Dennoch bestehen in dem Quartier konkrete Nachverdichtungspotenziale, die auch aus stadtklimatischer Perspektive vertretbar sind (siehe Abb. 94).



Abb. 94: Ausgewählte Verdichtungsmaßnahmen im Gebiet (eigene Darstellung)

So weist das Wohnungsbauprogramm für das Quartier ein größeres Wohnungsbaupotenzial im östlichen Bereich des Quartiers aus. Wie aus der Defizit- und Potenzialanalyse hervorgeht, handelt es sich hierbei um ein Gebiet, das derzeit mit einer Tankstelle bebaut und hochversiegelt ist. Direkt angrenzend besteht ein Hochpunkt mit 20 Geschossen (siehe Abb. 95).



Abb. 95: Flächenpotenzial für einen Hochpunkt entlang der Fruchtallee (LGV 2019)

Da dieses Gebiet bereits umfassend versiegelt ist und somit keine neue Fläche in Anspruch genommen werden würde, wird eine Nachverdichtung in Form eines zweiten Hochpunktes als verträglich angesehen. Der neue Hochpunkt würde sich in das städtebauliche Bild einfügen und zudem würde durch diesen Ansatz eine geringere Versiegelung hervorgehen als durch die derzeitige Bebauung. So ist das Gebiet rund um die Tankstelle derzeit umfassend asphaltiert. Durch die Neubebauung mit einem Hochpunkt würde sich die Möglichkeit ergeben, in diesem Zuge die gebäudeumgebenden Fläche zu einem qualitativen Freiraum zu entwickeln, der für Anwohner:innen aber auch klimatisch einen Mehrwert darstellt. Durch eine Rasenfläche könnte die Versickerung im Quartier und damit die Wasserversorgung der Bäume gesteigert werden. Zudem könnten Bäume für eine erhöhte Verdunstungskühle sorgen und zugleich die Schadstoffe der Straße aus der Luft filtern. Auf der straßenabgewandten Seite des Gebäudes könnten verschattet Sitzgelegenheiten für die Bewohner:innen einen kleinen Erholungsraum bieten. Da der Hochpunkt, bedingt durch seine Höhe, keine Verschattung durch Bäume erfahren kann, sollte im Sinne der Hitzeanpassung für das Gebäude weißer Putz verwendet werden, um die Albedowirkung zu erhöhen. Zugleich sollte ein Fokus auf die sonnenexponierte Fassade gelegt werden und hier Maßnahmen durch Begrünung oder technische Lösungen umgesetzt werden, um das Innenraumklima positiv zu beeinflussen.



Abb. 96: Wohngebäude mit Potenzial für eine Aufstockung in der Eimsbütteler Straße (eigene Darstellung)

Für eine hitzeangepasste Nachverdichtung würde sich in diesem Quartier zudem der Ansatz der Aufstockung anbieten. So bestehen in dem Gebiet entlang des Doormannsweg und in der Eimsbütteler Straße einige Wohngebäude, die sich durch eine Aufstockung von einem Geschoss in die bestehende Gebäudehöhe eingliedern und somit das städtebauliche Bild ergänzen würden (siehe Abb. 96).

In diesem Zuge sollten die gewählten Nachverdichtungsansätze mit einer Dachbegrünung und der Erhöhung der Albedo einhergehen, um mit den Nachverdichtungsmaßnahmen einen klimatischen Mehrwert zu schaffen.

Für eine qualitative Nachverdichtung gilt es zudem auch den öffentlichen Grün- und Freiraum im Quartier mitzudenken, da sich durch die zusätzlichen Wohneinheiten auch der Nutzungsdruck auf diesen erhöhen kann. Im Sinn einer hitzeresilienten Quartiersentwicklung gilt es bestehende Freiflächen für eine qualitative Aufwertung zu nutzen. So gilt es bestehende Freiräume, wie den Glücksburger Platz, beispielsweise durch Entsiegelung und Begrünung aufzuwerten. Somit entsteht zum einen ein neuer qualitativer Aufenthaltsraum im Quartier, zum anderen kann durch die Maßnahmen die Hitzeentwicklung gesenkt und somit das Mikroklima im Quartier aufgewertet werden.

Mit diesem dargestellten Nachverdichtungsansatz durch eingeschossige Aufstockungen und der Neuentwicklung eines Hochpunktes würde eine GFZ von etwa 1,0 erreicht und eine zusätzliche Bruttogesamtfläche von 1.895 m²/ha geschaffen werden. Durch die neue Wohnfläche könnten etwa 18 zusätzliche WE/ha in dem Quartier umgesetzt werden. Durch dieses Nachverdichtungsszenario könnte somit das Wohnungsbaupotenzial im Quartier ausgeschöpft werden, um einen Beitrag zum Ziel des Bezirks Eimsbüttel, jährlich 1.050 Wohneinheiten zu schaffen, leisten und zugleich eine weitere bioklimatische Belastung durch Versiegelung vermieden werden. Darüber hinaus könnten die zur vorigen identifizierten Potenzialfläche der Hitzeanpassung in dem Quartier weiterhin herangezogen und sogar neue Freiräume geschaffen werden.

In einem folgenden Schritt gilt es die Maßnahmen der hitzeangepassten Nachverdichtungsansätze im Raum zu verorten und dahingehend auf die einzelnen Siedlungstypologien abzustimmen.

5.0 Konkrete Massnahmen in der Projektierung

Für die Strategie einer hitzeangepassten Nachverdichtung im Quartier werden im Folgenden zunächst erste Umsetzungsansätze und Impulse für eine integrative Planung von Hitzeanpassungsmaßnahmen in der Projektierung gegeben. Diese gliedern sich in drei Ebenen. Zum einen wird die Prozessebene angesprochen, auf der beispielsweise Inhalte zur Integration der Klimaanpassung in die Politik aufgezeigt werden. Des Weiteren wird die Akteursebene angesprochen, hier werden grundlegende Hinweise gegeben, wie unterschiedliche Akteure in die Projektierung von Hitzeanpassungsmaßnahmen einbezogen werden können. Zuletzt werden sowohl formelle als auch informelle Instrumente für eine integrative Planung der Hitzeanpassung für den Bezirk Eimsbüttel dargestellt. Hierbei ist zu beachten, dass dies in Form eines ersten Aufschlags passiert und hierdurch lediglich Anreize für die oben genannten Adressaten der Strategie für eine hitzeangepasste Nachverdichtung geschaffen werden. Anschließend wird eine allgemeine Maßnahmenübersicht mit übergeordneten Handlungsfeldern gegeben, die sich auf den beschriebenen Grundsatz dieser der Strategie stützt, sowie aus den theoretischen Grundlagen dieser Arbeit ableiten lassen. Die Benennung der Handlungsfelder erfolgt für eine ganzheitliche Betrachtung anhand der Entwicklungsziele und im Hinblick auf die Entwicklung einer qualitativen Nachverdichtung auf Quartiersebene. Die Handlungsfelder beziehen sich sowohl auf die Siedlungstypologien als auch auf Flächentypen wie den Straßen- und Freiraum. In diesem Zuge werden die einzelnen Maßnahmen, ihre Wirkung sowie ihr Potenzial für eine hitzeangepasste Nachverdichtung erläutert. In einem weiteren Schritt wird anhand der zwei zuvor ausgewählten exemplarischen Fokusräume die Implementierung der ausgewählten Maßnahmen beispielhaft für die Blockrand- und Zeilenbebauung im Raum aufgezeigt und Maßnahmenpakete für die beiden Siedlungstypologien geschnürt. Abschließend wird dargestellt anhand welcher Indikatoren der Umsetzungserfolg im Hinblick auf die Verbesserung des Mikroklimas und der Lebensqualität im Quartier evaluiert werden kann.

5.1 Grundlagen zur Umsetzung

Das Abbilden von grundsätzlichen Umsetzungshinweisen soll eine prozessuale Ebene zur Umsetzung der Strategie bzw. Maßnahmenauswahl für die oben benannten Adressaten in Kapitel 4.0 an die Hand geben. Hierbei werden etwa die Integration der Hitzeanpassung in Prozesse von Politik und Planung betrachtet, zentrale Akteursstrukturen der Maßnahmenumsetzung angesprochen und Ansätze aufgezeigt, wie eine integrierte Umsetzung der Hitzeanpassung durch zentrale Instrumente eingebunden werden kann.

Die Integration der Hitzeanpassung in Prozesse von Politik und Planung bedarf, für einen übergeordneten Richtungsweiser, vor allem eine politische Verankerung. In Hamburg kann der Klimabeirat, mit seiner fachlichen Expertise und beratenden Funktion in Klimafragen für den Senat, erste Zielsetzungen für die Hitzeanpassung an die Hand geben, Verantwortlichkeiten klären und Handlungsempfehlungen im Rahmen einer Hitzeanpassungsstrategie für eine qualitative Nachverdichtung aufzeigen. Besonders in planerischen Prozessen fehlt es derzeit an einem gemeinsamen Verständnis für die Ziele der Klimaanpassung bzw. Anpassung an die Hitze auf allen Ebenen. Die Politik kann hierbei einen ersten Rahmen schaffen, der von der Verwaltung und Fachplanenden bezüglich der Hitzeresilienz ausformuliert und weiterentwickelt werden kann (vgl. BUKEA 2021c). In planerischen Prozessen sollte der Fokus der Umsetzung vor allem auf Anpassungsmaßnahmen im Huckepackverfahren liegen. Das Ankoppeln von Anpassungsmaßnahmen an ohnehin stattfindende Projekte zu einem geringen Mehraufwand und das Schaffen von Synergien werden zukünftig eine wesentliche Rolle in der Planung einnehmen müssen (siehe Kapitel 2.3.2).

Im Hinblick auf die Wohnraumversorgung und Anpassung an die Hitze in Quartieren wird schnell ersichtlich, dass eine vielfältige Akteursstruktur in den Aufgabenspektren verankert ist: Bürger:innen, Bauwillige, Grundeigentümer:innen, die Immobilien- und Wohnungswirtschaft, Fachplanende aus Stadtplanung, Architektur und Landschaftsplanung sowie Bundesbehörden und vor allem, als Schlüsselakteur, die Hamburger Verwaltungslandschaft mit ihren Fachämtern und unterschiedlichen Ressortaufgaben. In dem Akteursgespann kommt der Hamburger Verwaltung die Rolle der Koordination von Prozessen für die Hitzeanpassung zu. Neben dem Koordinieren sollte eine weitere Kernaufgabe das kooperative Handeln sein, besonders mit privaten Grundeigentümer:innen in hitzevulnerablen Hotspot-Gebieten (siehe Kapitel 2.3.1). Dabei können Kooperationen zum Beispiel in Form von objektübergreifenden Vereinbarungen und Abstimmungen getroffen werden. Beispielsweise können durch die Stadt Begrünungsmaßnahmen auf privaten Flächen umgesetzt werden, um die Freiraumqualität zu steigern und die privaten Wohnungswirtschaft, die Pflege und Unterhaltung der Grünräume übernehmen oder umgekehrt. So wird auch das Schaffen von Anreizen zur Erreichung

gesetzter Qualitätsziele auf privaten Flächen für die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen durch wirkungsvolle Bauherrenberatung und finanziellen Förderungen eine wesentliche Aufgabe sein (vgl. Richter 2021).

Eine weitere wichtige Akteursgruppe sind die Anwohner:innen und betroffene Personen im hitzebelasteten Quartier. Diese gilt es frühzeitig in die Planungsprozesse mit einzubeziehen und gemeinsam mit ihnen Konzepte zu erarbeiten. Im Rahmen der Erarbeitung des Klimaschutzkonzeptes geht der Bezirk Eimsbüttel bereits mit gutem Beispiel voran und hat einen interaktiven, auf die Altersgruppen zugeschnittenen Beteiligungsprozess erarbeitet, der parallel zur Konzepterstellung stattfindet (siehe Abb. 97). So wichtig wie die Partizipation der Betroffenen ist, so bedeutend ist auch die Sensibilisierung der Bevölkerung hinsichtlich der Hitzefolgen durch die Offentlichkeitsarbeit der Politik. Dies kann nicht nur Akzeptanz für die angestrebten Maßnahmen im Quartier schaffen, sondern auch dazu führen, dass sich die Bevölkerung selbstständig besser vor Hitzestress schützen kann. Die Sensibilisierung kann vor allem mit der Erarbeitung einer Kommunikationsstrategie zur Aufklärung über die Gefahren von Hitze gelingen sowie durch Empfehlungen von Hitzeanpassungsmaßnahmen zur selbstständigen Umsetzung. Weiter sollte die öffentliche Hand in ihren städtebaulichen Projekten in der Anwendung von Hitzeanpassungsmaßnahmen an eigenen Gebäuden, in Straßenräumen, auf Plätzen und bei der Schaffung von qualitativen Grünräumen eine Vorbildfunktion einnehmen und damit aktiv in die Öffentlichkeit gehen. Ein Referenzbeispiel könnte die Umgestaltung der Lindenallee mit der Einrichtung eines Straßenparks im Stadtteil Eimsbüttel sein (vgl. Bezirksamt Eimsbüttel 2021b).





Abb. 97: Marketing Beteiligungsprozess Klimaschutzkonzept (Instagram unserklimaeimsbüttel)

Im Rahmen der Hitzeanpassungsstrategie sollen, um erste Impulse zu setzen, auch Hinweise zu einem integrierten Planungsansatz an die Hand gegeben werden. Die folgenden Inhalte wurden aus Experteninterviews und Referenzbeispielen gewonnen und beziehen sich auf Anforderungen zur Hitzeanpassung im Rahmen von Neubauten und der Integration dieser in Planungsprozesse sowie auf Möglichkeiten einer integrierten Anpassung an die Hitze im Bestand.

Das informelle Instrument einer Strategie für eine hitzeangepasste Nachverdichtung kann in verschiedenen formellen und informellen Instrumenten der räumlichen Planung verankert werden. Zu den formellen Instrumenten zählt dabei insbesondere die Bauleitplanung mit dem Flächennutzungsplan und den Bebauungsplänen. Die Integration von Maßnahmen der Hitzeanpassung kann allerdings auch über Satzungen erfolgen, was vor allem auch auf Umbaumaßnahmen der Bestandsbebauungen einen Einfluss haben kann (vgl. Richter 2021). So hat die Stadt München bereits seit 1996 eine Satzung über "die Gestaltung und Ausstattung der unbebauten Flächen der bebauten Grundstücke und über die Begrünung baulicher Anlagen". Inhalte sind zum Beispiel die Begrünung von Kiesdächern und vergleichbar geeigneten Dächern oder die Begrünung von Flachdächern von Garagen sowie die Ausgestaltung von offenen Parkplätzen, die mit Bäumen zu überstellen, zu begrünen und mit wasserdurchlässigen Oberflächenmaterialien versehen werden sollen (vgl. Stadt München 1926; Richter 2021). Informelle Instrumente, wie zum Beispiel räumliche Leitbilder, Klimaschutz- oder Entwicklungskonzepte sowie Wettbewerbsverfahren eigenen sich besonders gut für die Integration von relevanten Inhalten der Hitzeanpassung (siehe Kapitel 2.3.1). Auch das Implementieren von hitzemindernden Belangen in Instrumenten der Fachplanung, beispielsweise in Plänen und Programmen von Umwelt und Naturschutz, Tiefbau und Stadtentwässerung, kann häufig eine Möglichkeit mit Mehrwert darstellen. So besitzt das Landschaftsprogramm die übergeordnete Zielsetzung, die Landschaftsachsen bis ins Zentrum Hamburgs zu garantieren und diese mit weiteren Grün- und Freiflächen zu verbinden und somit eine netzartige Grünraumstruktur zu schaffen, was einen direkten Einfluss auf hitzeminderten Belangen nehmen kann.

In Abbildung 98 wird ein erster Aufschlag dargestellt, wie die Strategie und ihre Maßnahmen zur Hitzeminderung in formellen und informellen Instrumenten integriert werden können. Die Strategie für eine hitzeangepasste Nachverdichtung kann dabei als gleichgestellt mit dem Klimaschutzkonzept des Bezirks Eimsbüttel gesehen bzw. als eine zweite Säule des Klimaschutzkonzeptes verstanden werden. Besonders im Rahmen von energetischen Quartierskonzepten können Hitzeanpassungsmaßnahmen an ohnehin stattfindende bauliche Maßnahmen gekoppelt werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, besonders im Zuge von Neubauten, Anforderungen zu Zielen eines hitzeresilienten Quartiers nach den planungstheoretischen Strategien Verschattung, Verdunstungskühle, Dach- und

Fassadengestaltung, Rückstrahlen und Durchlüftung, zu stellen und in Gutachter- und Wettbewerbsverfahren zu implementieren. Solche Musteranforderungen hat beispielsweise die Stadt Berlin in ihrem Stadtentwicklungsplan (STEP) aufgestellt (vgl. Stadt Berlin 2016: 85, siehe Abb. 99). Im Rahmen von städtebaulichen Entwürfen können diese dann Anwendung finden und beispielsweise im Rahmen von vorhabenbezogenen Bebauungsplänen realisiert werden. Weitere Faktoren, die einen direkten und indirekten Einfluss auf die Strategie für eine hitzeangepasste Nachverdichtung nehmen können, sind zum Beispiel der Vertrag für Hamburgs Stadtgrün, die Gründachstrategie und, in Bezug auf Nachverdichtungsmaßnahmen, das Hamburger Maß mit seiner informellen Quartiersdichte.

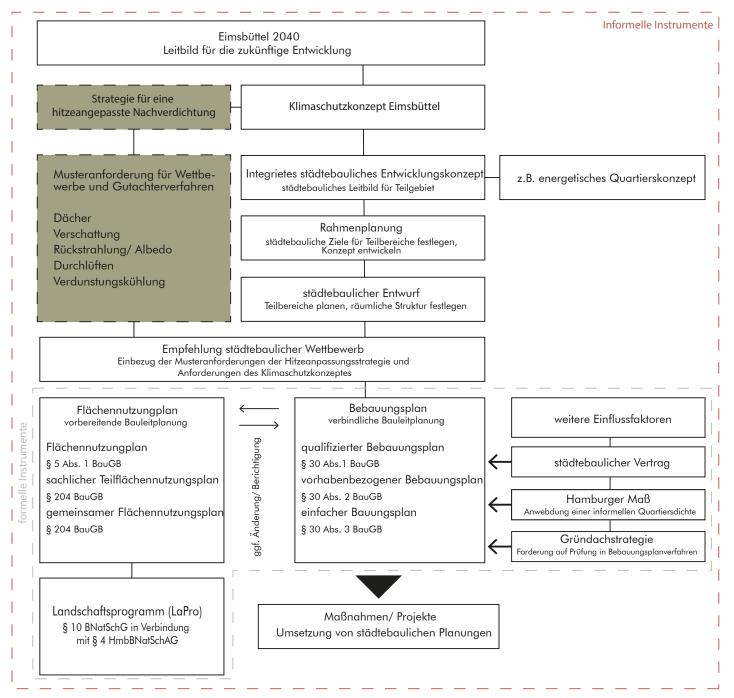


Abb. 98: Integration der Strategie in den Planungsprozess (eigene Darstellung)

MUSTERANFORDERUNGEN KLIMAANPASSUNG FÜR WETTBEWERBE UND GUTACHTERVERFAHREN

Ziel Klimaanpassung

Das Projekt soll den Anforderungen der Klimaanpassung gerecht werden. Das Projekt soll, soweit möglich, von negativen Folgen für das Klima entkoppelt werden. Daher sind Maßnahmen der hitzeangepassten Stadt und der wassersensiblen Stadtentwicklung in den Entwurf zu integrieren. Die Ansatzpunkte sind vielfältig und sollen abhängig von der Entwurfsidee integriert werden.

Dächer

Die Dächer sollen klimaangepasst ausgeprägt sein. Die Dächer sollen begrünt werden. Je stärker die Substratauflage, umso mehr Wasser kann längerfristig zwischengespeichert werden. Kombinierte, blaugrüne Dächer sind sinnvoll, um Starkregen abzupuffern und die Kanalisation zu entlasten.

Verschattung

Entsprechend der Nutzung von Gebäuden und Außenräumen sind neben besonnten auch schattige Freiflächen anzubieten. Bäume können (als Baumfilter) die Sonneneinstrahlung vor allem auf südexponierte Fassaden mindern. An den Fenstern sind Sonnenschutzelemente vorzusehen.

Rückstrahlung/Albedo/Solar Reflectance Index

Fassaden, Dächer und Oberflächen sollen so angelegt sein, dass sich Innenräume und Gebäudeumfeld weniger schnell aufheizen. Helle, glatte Materialen erhöhen die Rückstrahlung. Diese Maßnahme ist kostengünstig und zeigt große Wirkung.

Durchlüftung

Sind in einem Umfeld von 200 bis 300 Metern Grünflächen vorhanden, die klimatisch entlasten, sollte die Luftdurchlässigkeit der Bebauungsstruktur geprüft werden, sodass nächtliche Kühlung wirken kann.

Verdunstungskühlung

Wasser, das verdunstet, kühlt das Kleinklima. Daher sind Maßnahmen günstig, die Regenwasser nicht abführen, sondern längere Zeit speichern, damit es in Hitzeperioden verdunsten kann. Feuchte Böden, Feuchtvegetation, bewässerte Fassaden und gut mit Wasser versorgte Bäume haben die höchsten Verdunstungswerte und kühlen damit am besten.

Abb. 99: Musteranforderungen für Wettbewerbe und Gutachterverfahren (Stadt Berlin 2016: 85)

Eine weitere Möglichkeit zur Integration von Maßnahmen zur Hitzeminderung können im Rahmen von Baugenehmigung für Nachverdichtungsprojekte durch Auflagen der öffentlichen Hand implementiert werden. Dieser Ansatz eignet sich vor allem für gebäudebezogene Maßnahmen. Bei Nachverdichtungen durch Aufstockung begrenzen sich allerdings die Möglichkeiten von Auflagen auf den Ausbau der oberen Geschosse (vgl. Dickhaut 2021). Eine Auflage könnte zum Beispiel dennoch sein bei sonnenexponierten Fassaden Sonnenschutzelemente an den Fenstern anzubringen.

Bei der Integration und Umsetzung der Strategie oder Maßnahmen zur Hitzeminderung ist die öffentliche Hand besonders gefordert. Mit ihrer Koordinierungsfunktion kann sie die Integration durch die Implementierung einer Hitzeanpassungsstrategie oder Anpassungsmaßnahmen in übergreifende und sektorale Instrumente, Prozesse und Planungen einfordern. Zudem nimmt die öffentliche Hand in ihren städtebaulichen Projekte die Vorbildfunktion für private Grundeigentümer:innen ein. Planungsinstrumente sollten zukünftig auch als Instrumente für die Umsetzung von Anpassungsmaß-

nahmen gesehen werden, um diese im Huckepackverfahren realisieren zu können. Weiter sollte ein verstärkter Fokus auf ressortübergreifende Kooperationen gelegt werden um zielgerichtete und geeignete Maßnahmen zu fördern. Der Prozess der Integration von Anpassungsmaßnahmen sollte bereits heute angegangen werden, um den Herausforderungen der zu erwartenden Hitzebelastung im Jahr 2050 gerecht zu werden.

5.2 Handlungsfelder und konkrete Maßnahmen

Auf Grundlage der vorangestellten Entwicklungsziele, der Siedlungstypologien der Quartiere sowie durch die Defizit- und Potenzialanalyse der ausgewählten Fokusräume, lassen sich drei konkrete Handlungsfelder für die Hitzeanpassung der Quartiere ableiten, die das Dach einer hitzeresilienten Quartiersentwicklung bilden. Diese drei Handlungsfelder beinhalten verschiedene Maßnahmen, die zur Aufwertung des Mikroklimas, der Weiterentwicklung der Bebauungs- und Freiraumstruktur sowie zur Reduzierung von Hitzestress der Bewohner:innen beitragen können. Die benannten Maßnahmen können einen unterschiedlichen Beitrag zur Erreichung der Entwicklungsziele leisten. Dies ist unter anderem abhängig von dem Wirkungspotenzial sowie dem Ausmaß der Umsetzung. Dies ist in Tabelle 19 dargestellt. Hier werden die einzelnen Maßnahmen den Handlungsfeldern zugeordnet und hinsichtlich ihres Einwirkens auf die Entwicklungsziel der Strategie bewertet.

| Verbesserung des | Erhöhung der Beg Verdunstung und in Straßen- und F | Steigerung der Au im Freien an heiß | Förderung von un aktiven und passi Kühlungsmethode |
|------------------|--|--|--|
| | | | |
| - | - | Х | - |
| Х | - | - | - |
| Х | - | - | - |
| Х | Х | Х | - |
| | | | |
| 0 | 0 | - | Х |
| - | - | - | Х |
| Х | 0 | - | Х |
| Х | - | 0 | Х |
| | | | |
| Χ | Х | Х | - |
| - | Х | - | - |
| Х | Х | Х | - |
| 0 | Х | Х | - |
| Χ | Х | Х | - |
| Х | - | Х | - |
| - | Х | Х | - |
| Χ | Х | Х | - |
| Х | Х | Х | - |
| Χ | Х | Χ | - |

ımweltfreundlichen

Vofenthaltsqualität

ßen Tagen

Rückstrahlung

grünung,

Freiräumen

es Mikroklimas

Quartiers- und Bebauungsstruktur

Bebauungsstruktur und Gebäude

Gebäudebezogene Maßnahmen

Sonnenexponierter Fassaden beschatten

Dächer mit Grün und Blau gestalten

Integrierte Bewässerungskonzepte für Grünflächen implementieren

Verdunstungsaktive Flächen anlegen

Sonnenexponierte Fuß- und

Straßenraum errichten

Bushaltestellen begrünen und verschatten

Radwegenetze durchgängig verschatten

Sitzplätzen und -gruppen verschatten

Mobile Begrünungselemente aufstellen

Errichtung von erlebbaren Wasserflächen

Baumbestand ausweiten, erhalten und sichern

Versickerungsfähige und beschattete Flächen im

Albedo der Gebäude erhöhen

Fassaden mit Grün gestalten

Öffentlicher Raum

Pocket Parks errichten

Öffnung zu angrenzenden Freiräumen optimieren

zugänglich machen

Innenhöfe begrünen

Konkrete lokale Maßnahmen

klimaoptimiert ausrichten

Grün- und Freiräume vernetzen und

en bei Gebäuden

Tab. 19: Übersicht der konkreten Maßnahmen sowie ihr Beitrag zu den Entwicklungszielen (eigene Darstellung)

Im Folgenden werden die einzelnen Handlungsfelder und ihre Maßnahmen dargestellt. Hierbei werden die klimatischen Wirkungspotenziale und Synergieeffekte zur Hitzereduzierung der Maßnahmen, die Umsetzungsmöglichkeiten sowie ihr Potenzial für eine qualitative Nachverdichtung abgebildet. Bei der Auswahl der Maßnahmen wurde unter anderem ein Fokus darauf gelegt, dass die Zusammensetzung Maßnahmen umfasst, die sowohl die Wärmeentwicklung am Tag als auch die Wärmebelastung in der Nacht senken können.

Quartiers- und Bebauungsstruktur

Das erste Handlungsfeld umfasst die Quartiers- und Bebauungsstruktur. Diese gilt es im Zuge einer qualitativen Nachverdichtung hitzeangepasst auszugestalten, indem klimatische Faktoren wie eine gute Durchlüftung und verdunstungsaktive Frei- und Grünflächen im Quartier auf struktureller Ebene gesichtet und gestärkt werden. Die konkreten Maßnahmen tangieren vorwiegend das Entwicklungsziel der Verbesserung des Mikroklimas im Quartier.

Eine zentrale Maßnahme besteht darin, die Bebauungsstruktur und Gebäude sowohl bei Neubauquartieren als auch bei der Nachverdichtung im Bestand klimaoptimiert auszurichten. Dies bedeutet, dass die Bebauungsstrukturen bzw. Gebäude so ausgerichtet sind, dass eine natürliche Durchlüftung des Quartiers möglich ist und dieses von den umliegenden Kaltluftabflüssen profitieren kann. So gilt es darauf zu achten, dass Ventilationsbahnen und Luftschneisen nicht durch Bebauungen durchbrochen werden. Somit kann auf übergeordneter Ebene das Durchlüftungssystem im Bezirk erhalten werden und zugleich wird das Mikroklima im Quartier durch etwaige Strömungshindernisse nicht verschlechtert. Hierfür sollten die Gebäude parallel zu der Kaltluftströmung ausgerichtet sein. Die Maßnahme bietet im Sinne einer hitzeangepassten Nachverdichtung das Potenzial, vorbeugend zu handeln und im Zuge von Neubauten schlecht durchlüftet Quartiere, wie sie in innerstädtischen Lagen oftmals vorzufinden sind, gar nicht erst entstehen zu lassen. Bei einer Nachverdichtung im Bestand kann diese Maßnahme zudem insbesondere bei einer baulichen Verdichtung der Zeilenbebauung zum Tragen kommen, da hier oftmals, bedingt durch die Bebauungsstruktur, viel Freifläche zwischen den Gebäuden besteht und somit die Platzierung von Neubauten klimaoptimiert erfolgen kann. Zentrale Herausforderungen bei dieser Maßnahme sind der Entwicklungsdruck hinsichtlich des Wohnraums. Diese beiden Handlungsansätze gilt es gegeneinander abzuwägen.

Referenzbeispiel: Klimaangepasste Planung im Quartier Ostpark



Ostpark (Deutsches Institut für Stadtbaukunst der

In Bochum wurden drei Wohnquartiere umgesetzt, die sich in die bestehenden Stadtstruktur einfügen und neue Siedlungskanten zum Freiraum bilden sollen. Herausforderung war es die vorhandene Frischluftschneise nicht zu brechen und somit eine Durchlüftung für das Quartier aber auch angrenzende Bereiche zu ermöglichen. Hierfür wurden die Gebäude entlang der Luftströmungsrichtung ausgerichtet. Zudem wurde die Siedlungsgrenze außerhalb der Luftleitbahn definiert. Dies sichert die Frischluftschneise. Diese Maßnahmen wurden im Planungsprozess durch klimatologische Modellierungen begleitet, sodass eine möglichst optimale Ausrichtung erfolgen konnte. Für die Sicherung der Durchlüftung in dem Quartier wurde zudem durch eine Komposition aus Baulücken, der Positionierung von Grün- und Wasserflächen sowie durch eine Höhenbegrenzung der Gebäude erreicht (vgl. Stadt Bochum 2017: 36).

Eine weiter Maßnahme besteht darin, die Öffnung zu angrenzenden Freiräumen in Quartieren zu optimieren. Durch eine offene Gestaltung der Bebauung kann die durch Grün- und Freiflächen produzierte Kaltluft in die Quartiere einfließen. Dies ermöglicht eine verbesserte Durchlüftung und Frischluftzufuhr in die Quartiere. Hierbei bezieht sich die Maßnahme nicht nur auf Quartiere entlang großer Freiluftschneisen, sondern auch an Parks angrenzende Räume. Durch eine offene Bauweise kann die produzierte Kaltluft auch Hinterhöfe und Häuser der zweiten und dritten Reihe erreichen (vgl. Stadt Freiburg in Breisgau 2016: 108). Insbesondere im Zuge der Nachverdichtung an Siedlungsrändern sollte diese Maßnahme zum Tragen kommen, da eine riegelhafte Bebauung am

Siedlungsrand zu einem Strömungshindernis werden kann und Frischluft somit nicht mehr in den Siedlungsbereich eintritt. Dies kann nicht nur die bioklimatische Situation in dem nachverdichteten Quartier verschlechtern, sondern auch in den umliegenden Gebieten.

Neben einer klimaoptimierten Öffnung zu angrenzenden Freiräumen, stellt auch das Vernetzen von Grün- und Freiflächen eine Maßnahme des Handlungsfeldes dar. Diese Maßnahme hat zwei zentrale Wirkungseffekte: zum einen kann sie zu einer verbesserte Kaltluftversorgung in Quartieren führen und zugleich wird die Zugänglichkeit zu Aufenthaltsorten für Anwohner:innen in hitzebelasteten Quartieren erhöht. Die Maßnahme kann auch im Zusammenspiel mit der Öffnung von Freiräumen gedacht werden. Die Vernetzung eignet sich insbesondere für Räume mit einem geringen Angebot an Grün- und Freiflächen. Die Umsetzung kann herbei durch das Schaffen von neuen Grünflächen, der Vernetzung durch grüne Elemente, aber auch durch begrünte Radwege und Gleisflächen erfolgen (vgl. Stadt Freiburg im Breisgau 2016: 98). Hierbei können Synergien zum Biotopschutz entstehen, aber auch eine Ausweitung des Baumbestands in den Quartieren kann hiermit einhergehen. Im Zuge einer hitzeangepassten Nachverdichtung bietet diese Maßnahme das Potenzial, neue Aufenthaltsqualität in Quartieren zu schaffen und den Nutzungsdruck auf bestehende Grün- und Freiräume, der durch das Schaffen neuer Wohneinheiten erhöht wird, zu verringern.

Eine weitere Maßnahme stellt die Begrünung von Innenhöfen dar. Diese Maßnahme zielt darauf ab den Grünanteil im Bestand zu erhöhen und somit die klimatische Situation zu verbessern. Die thermische Kühlwirkung bezieht sich dabei vorwiegend auf den Innenhof selbst und entfaltet keine Fernwirkung. Die Ausgestaltung der Maßnahme kann sehr vielfältig sein, abhängig von dem Platzangebot. So können besonders nachts stark abkühlende Rasenflächen angelegt werden sowie schattenspendende Bäume, Sträucher und Beetanlagen. Auch kleinere Wasserflächen, wie beispielsweise Teiche, können bei ausreichendem Platzangebot umgesetzt werden. Der thermische Effekt kann durch die Kombination mit einer Entsiegelung und der Verschattung sonnenexponierter Fassaden gesteigert werden. Durch die Verbesserung des Mikroklimas durch die erzeugte Verdunstungskühle steigt zugleich die Aufenthaltsqualität im Hofraum. Somit entsteht für die Bewohner:innen ein Erholungsraum direkt vor der Haustür. Neben dem Temperaturausgleich und einer Regenwasserversickerungsfähigkeit erlangt die Maßnahme als Trittsteine im innerstädtischen Biotopverbundsystem eine hohe Bedeutung. Herausforderungen der Umsetzung bestehen insbesondere hinsichtlich Nutzungskonflikten (vgl. Biercamp et al. 2018: 30 f.). Die Maßnahme der Innenhofbegrünung eignet sich besonders im Zuge der Nachverdichtung von Blockrandbebauungen einzusetzen. Durch Baulückenschließung kann es zu einer Verschlechterung des Mikroklimas in Hinblick auf die Durchlüftung und einer steigenden Versiegelung und somit einer zunehmenden Hitzeentwicklung kommen. Die Innenhofbegrünung ermöglicht es diesem negative Effekt durch die Etablierung von Grün entgegenzuwirken und vor Ort die klimatische Situation für Bewohner:innen zu entlasten. Zudem bietet die Maßnahme einige Anknüpfungspunkte für weitere Anpassungsmaßnahmen, wie Dach- oder Fassadenbegrünung, um durch eine steigende Gebäudekühlung den negativen Klimaeffekt der Nachverdichtung aufzufangen.

Referenzprojekt: Wettbewerb zur Förderung der Begrünung von Höfen in Berlin



Abb. 101: Gestaltung eines begrünten Innenhofs in Berlin (Grüne Liga Berlin 2012)

Der Berliner Bezirk Pankow richtete einen Wettbewerb zur Förderung der Begrünung von Höfen und Vorgärten aus. Ziel des Wettbewerbes war die stadtklimatische und -ökologische Situation in dem durch die gründerzeitliche Bebauung geprägten Bezirk zu verbessern. Hierbei konnten sich Mietergemeinschaften, Genossenschaften, Wohnungs- und Gebäudeeigentümer:innen und Hausverwaltungen bewerben. Aus den Bewerbungen wurden von einer Jury die zu fördernden Begrünungsprojekte ausgewählt (vgl. Berliner Woche 2016).

Gebäudebezogene Maßnahmen

Das zweite Handlungsfeld stellt die Reduzierung der Hitzebelastung im Quartier durch gebäudebezogene Maßnahmen dar. Schwerpunkt dieses Handlungsfeldes ist es sowohl das Innenraumklima
in Gebäuden zur Reduzierung von Hitzestress positiv zu beeinflussen als auch das Mikroklima im
Quartier aufzuwerten. Auf die Entwicklungsziele der Erhöhung der Begrünung, Verdunstung und
Rückstrahlung in Straßen- und Freiräumen sowie der Steigerung der Aufenthaltsqualität im Freien

nehmen die Maßnahmen dieses Handlungsfeldes nur bei einer großflächigeren Ausgestaltung Einfluss, wie beispielsweise bei einem begehbaren Gründach.

Für eine qualitative Nachverdichtung im Kontext einer hitzeresilienten Quartiersentwicklung bietet es sich zum einen an die Albedo der Gebäude zu erhöhen oder auch sonnenexponierte Fassaden zu verschatten und somit die Erwärmung der Baumaterialien zu minimieren. Hierdurch wird insbesondere die Wärmeabgabe der Materialien in der Nacht gemindert, da sich die Oberflächen tagsüber weniger stark aufheizen. Dies kann somit insbesondere in Quartieren mit einer hohen nächtlichen bioklimatischen Belastung eine effektive Maßnahme sein. Für die Erhöhung der Albedo können helle Verputzungen und Anstriche für die Gebäude genutzt werden, wodurch die Rückstrahlkraft erhöht wird. Die Verschattung von sonnenexponierten Fassaden kann durch Bäume erfolgen. Hierbei entsteht durch die erzeugte Verdunstungskühle ein Synergieeffekt für das Mikroklima. Weitere Möglichkeiten der Verschattung sind technische Lösungen am Gebäude selbst, die für ein angenehmes Innenraumklima an Sommertagen sorgen. Diese Maßnahmen sollten etwa bei der Planung von Anbauten, Umstrukturierungen oder Neubauten bei Blockrandschließungen im Zuge der klimaangepassten Nachverdichtung mitgedacht werden.

Eine weitere Maßnahme dieses Handlungsfeldes stellt die Fassadenbegrünung von Gebäuden dar. Hierbei kann zwischen bodengebundenen und wandgebundenen Begrünungen unterschieden werden. Bei den bodengebundenen Begrünungssystem können werden Kletterpflanzen in das Erdreich eingelassen. Diese können dann entlang von Fassaden wachsen. Hier ist eine Sicherstellung der Bewässerung, insbesondere während Trockenperioden, essenziell, damit langfristig ein Begrünungserfolg entsteht. Eine andere Umsetzungsmöglichkeit sind wandgebundene Begrünungssysteme. Die boden- und bodenwasserunabhängigen Systeme haben ein vielfältiges Gestaltungs- und Anwendungspotenzial und können in Form von Regalsystem oder Modulen in Fassaden integrierte Vegetationsflächen erfolgen. Vorteilhaft sind der sofortige Begrünungseffekt sowie eine Pflanzenvielfalt (vgl. Jacob-Funck 2017: 37 f.). Hinsichtlich der klimatischen Wirkung gilt zu beachten, dass die Fassadenbegrünung vorwiegend die Gebäudeoberflächentemperatur durch eine Verringerung der Sonneneinstrahlung um 2-10 °C kühlt, das aktive Einwirken der produzierten Verdunstungskühle auf die lokale Lufttemperatur im Umfeld lässt sich allerdings nur schwer beziffern, da hier eine Vielzahl an Randeffekten eine Rolle spielt. Anzunehmen ist etwa eine Kühlung von 0,8 bis 1,3 °C in einigen Metern Entfernung (vgl. Dettmar et al. 2016: 13 f.). Neben der Verschattung und Kühlung von Gebäuden können durch eine Fassadenbegrünung auch Synergieeffekte in Hinblick entstehen wie die Lärmminderung in Quartieren, gestalterisches Wirken oder die Möglichkeit zur Rückhaltung von Regenwasser. Aufgrund der flexiblen Umsetzungsmöglichkeiten bietet die Maßnahme das Potenzial, im Zuge verschiedener baulicher Nachverdichtungsansätze mitgedacht zu werden.

Auch die Begrünung von Dächern kann einen wertvollen Beitrag für die Aufwertung des Mikroklimas in hitzebelasteten Quartieren darstellen. So erzeugt die Bepflanzung Verdunstungskühle. Während ein Kiesdach bis zu 80 °C aufweisen kann, heizen sich Gründächer im Durchschnitt nur auf 20 bis 25 °C auf. Zugleich kann es zu einer Verringerung des Energieverbrauchs kommen, CO₂ aus der Atmosphäre gebunden und die Biodiversität durch einen neuen Lebensraum gesteigert werden. Eine weitere Synergie kann etwa durch den Nutzen als Zwischenspeicher von Niederschlägen entstehen (vgl. Henninger/Weber 2019: 177). Somit ermöglicht die Maßnahme eine Aufwertung des Quartiers auf vielfältige Weise.

In Hinblick auf eine hitzeangepasste Nachverdichtung bieten diese genannten Maßnahmen das Potenzial, im Zuge der baulichen Veränderung im Huckepackverfahren umgesetzt zu werden. So kann beispielsweise die Aufstockung von Gebäuden mit einem Ausbau eines grün-blauen Dachs einhergehen oder Neubauten mit einer Konstruktion für Fassadenbegrünung ausgestattet werden. Die grüne Gestaltung von Gründächern bietet zudem das Potenzial, Dächer in einem verdichteten Quartier als Potenzialfläche für neue Aufenthaltsorte und verdunstungsaktive Fläche zu nutzen, insbesondere in Gebiete mit einem bereits bestehenden Mangel an Grün- und Freiräumen. Dies kann durch die Gestaltung eines neuen Aufenthaltsraums die Lebensqualität im Quartier erhöhen. Zudem können bei Neubauten im Zuge der Nachverdichtung helle Anstriche für eine höhere Albedo kostengünstig und ohne wesentlichen Mehraufwand mitgedacht und umgesetzt werden.

Öffentlicher Raum

Das dritte Handlungsfeld umfasst den öffentlichen Raum der Quartiere. Im Fokus dieses Handlungsfeldes steht durch eine Verbesserung des Mikroklimas, die Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum an heißen Tagen zu steigern und Kühloasen für die Anwohner:innen zu schaffen. Hierfür sollen bestehende Flächenpotenziale in den Quartieren zielgerichtet für eine Begrünung und Beschattung genutzt werden. Die Maßnahmen dieses Handlungsfeldes wirken dabei auf alle Entwicklungsziele der Strategie, bis auf die Förderung der aktiven und passiven Kühlungsmethoden bei Gebäuden, ein. Das Handlungsfeld umfasst somit Maßnahmen, die verschiedene Aspekte der Hitzeanpassung im öffentlichen Raum in nachverdichteten Quartieren in den Fokus nehmen.

Um im öffentlichen Raum ein angenehmes Mikroklima zu schaffen, bietet es sich an verdunstungsaktive Flächen im Quartier anzulegen. Hiermit sind Vegetations- aber auch Wasserflächen gemeint, die durch Evapotranspiration die Lufttemperatur senken. Durch das Anlegen von neuen Vegetati-

Referenzprojekt: Förderprogramm zur Begrünung von Höfen, Dächern und Fassaden in Karlsruhe



Abb. 102: Efeubegrünung in der Oststadt Karlsruhe Laborgne 2021)

Die Stadt Karlsruhe führt bereits seit 1982 ein Förderprogramm für "Grüne Höfe, Dächer und Fassaden". Die Förderung umfasst kostenlose Beratung für Anwesende im gesamten Stadtgebiet. Darüber besteht finanzielle Unterstützung für die Umsetzung in ausgewiesenen Stadtgebieten. Gefördert werden hierbei Eigentümer:innen, Eigentümer:innengemeinschaften: Mieter:innen und in Sonderfällen auch Vereine oder Veranstalter. Ziel des Förderprogramm ist es das Mikroklima in den Quartieren aufzuwerten. Zudem steht die bewohnerorientieret Gestaltung der Räume durch das Grün im Mittelpunkt (vgl. Stadt Karlsruhe 2019).

onsflächen kann der Grünanteil im Quartier erhöht werden. Es bietet sich beispielsweise an entlang des Straßenraums Rasen- und Wiesenstreifen anzulegen. Um einen klimatischen Effekt zu erzeugen, sollten diese mindestens 2 m breit sein (vgl. Stadt Wien 2015: 55). Zudem können auch neu angelegte Parkflächen nicht nur zur Kühlung der Lufttemperatur, sondern auch als neue Aufenthaltsorte im Quartier dienen. Wasserflächen können bereits kleinmaßstäbig, beispielsweise in Innenhöfen, angelegt werden. Auch das Freilegen von verrohrten Gewässern können zur Verbesserung des Mikroklimas im Quartier beitragen. Die Herausforderung der Umsetzung sowohl für Vegetation- als auch für Wasserflächen besteht hierbei, in dichten Quartieren die notwendigen Flächen zu finden. Im Zuge einer hitzeangepassten Nachverdichtung bietet diese Maßnahme den Vorteil, dass sie einen besonders hohen klimatischen Wert hat und somit zum Teil eine zunehmende Versiegelung kompensieren und als Ausgleichsfläche dienen können (vgl. BBSR 2014: 6). Somit können etwa neue

Wohneinheiten im Zuge von Neubauten oder Blockrandschließungen im Quartier geschaffen werden, ohne das Mikroklima weiter zu belasten.

Auch das Ausweiten, Erhalten und Sichern des Baumbestandes in einem hitzebelasteten Quartier stellt eine Maßnahme für den öffentlichen Raum dar. Diese Maßnahme trägt sowohl zu einer gesteigerten Verdunstungsleistung bei als auch zu der Verschattung von Oberflächen und Aufenthaltsorten bei. Um auch zukünftig für die zunehmende Hitzebelastung gewappnet zu sein, sollten Baumarten ausgewählt werden, die Trockenheit und Hitze vertragen können. Hierzu gehören etwa südliche Zürgelbaum (Celtis australis), der Apfeldorn (Crataegus x lavallei) oder die Zerr-Eiche (Quercus cerris) (vgl. Sander 2015). Umgesetzt werden können ganze Baumreihen, aber auch Einzelbäume bringen bereits einen klimatischen Effekt (vgl. BMBU 2015: 55 f.). Im Zuge der Nachverdichtung können Bäume genutzt werden, um Neubauten zu Verschatten. Zudem können beispielsweise neue notwendige versiegelte Flächen beschattet werden, um das Mikroklima nicht zu sehr zu belasten.

Sowohl Vegetationsflächen als auch der Baumbestand im Quartier kann nur einen Beitrag zur Kühlung des Mikroklimas im Quartier beitragen, wenn genügend Wasser zur Verdunstung zur Verfügung steht, insbesondere während Trockenperioden. Somit ist eine zentrale Maßnahme des Handlungsfeldes die Implementierung von integrierten Bewässerungskonzepten für Grünflächen. Hiermit ist die Steigerung die Wasserspeicherkapazität im Raum durch gezieltes Regenwassermanagement gemeint, welches auf das ganze Quartier auszulegen gilt (vgl. Baumüller 2018: 87). Ziel sollte es hierbei sein Wasser länger an Ort und Stelle zu halten. Dies kann durch Gründächer, Retentionsdächer, Regenrückhaltebecken oder Versickerungsmulden erfolgen. Potenziale bietet hierfür auch der Straßenraum. So kann er sie als Retentionsraum oder Versickerungsfläche dienen (vgl. Dickhaut 2021). Synergien entstehen durch diese Maßnahme insbesondere zu dem Hochwasserschutz. Im Zuge von Nachverdichtungsprojekten gilt es den Aspekt des Wassermanagements mitzudenken. So können Dächer von Neubauten oder Aufstockungen hier einen Beitrag leisten.

Neben der Steigerung und Sicherstellung der Verdunstungskühle in hitzebelasteten Quartieren gilt es zudem den Straßenraum hitzeangepasst zu gestalten, um das Mikroklima im Quartier verbessern zu können. Eine Maßnahme stellt hier das Errichten von versickerungsfähigen und beschatteten Flächen dar. So können Parkräume entsiegelt und die Durchlässigkeit durch Materialien wie Pflasterrasen oder Rasengittersteine erhöht werden. Hierfür kann das Regenwasser wieder versickern und für die Evapotranspiration der Pflanzen genutzt werden. Zudem wird die Wärmeentwicklung des Parkraums gemildert. Des Weiteren können Straßenflächen durch Bäume beschattet werden, um die Wärmeentwicklung des Baumaterials einzudämmen. Die Straßenbäume erzeugen zudem Verdun-

stungskühle und reinigen die Luft von Schadstoffen. Hierbei sollten die Bäume vorzugsweise in der Südseite gepflanzt werden, um großflächig zu verschatten. Insbesondere bei durch Hitze besonders betroffene Straßen bietet es sich an, einzelne Parkplätze durch Bäume zu ersetzen (vgl. BBSR 2015: 40). Besondere Konkurrenz besteht bei der Beschattung durch Straßenbäume in Hinblick auf den ruhenden Verkehr. Im Sinne einer hitzeangepassten Nachverdichtung bietet diese Maßnahme das Potenzial, die Aufenthaltsqualität als auch das Mikroklima im nachverdichteten Quartier aufzuwerten, da besonders Straßen zu einer Erwärmung beitragen können.

Eine weitere zentrale Maßnahme ist es sonnenexponierte Fuß- und Radwege zu verschatten. Dies führt zum einen zu einer Verminderung der Wärmeentwicklung der Baumaterialien sowie zu einer Steigerung der Aufenthaltsqualität für Nutzer:innen durch den Schutz vor direkter Sonneneinstrahlung. Bäume können hier, besonders an vielgenutzen Wegen, eine Entlastung bieten. Insbesondere vulnerable Bevölkerungsgruppen können durch diese Maßnahme vor unnötigem Hitzestress im Alltag geschützt werden. Durch die Bäume als Wegbegleitung kann zudem zwischen den Quartieren eine grüne Verbindung entstehen. Darüber hinaus können aber auch große Sonnensegel eingesetzt werden, wenn sich eine Bepflanzung nicht möglich ist.

Auch das Begrünen und Verschatten von Bushaltestellen stellt eine Maßnahme dar, um den Straßenraum in hitzebelasteten Quartieren hinsichtlich der Aufenthaltsqualität angenehmer zu gestalten. So kann durch das Warten an sonnenexponierten Haltestellen ohne Verschattung Hitzestress hervorgerufen werden. Die Verschattung kann, wie bei den Fuß- und Radwegen, durch Bäume erfolgen, aber auch technische Lösungen sind möglich, wobei hierdurch keine direkten Auswirkungen aus das Mikroklima erfolgt. Auch können die Dächer von Haltestellen als Flächen für Dachbegrünungen genutzt werden. Dies kann auch mit einer gesteigerten Biodiversität im Quartier einhergehen und bietet zudem den Vorteil, dass auch Verdunstungskühle erzeugt wird (vgl. Stadt Freiburg in Breisgau 2016: 138).

Weitere Maßnahmen des Handlungsfeldes zielen konkret darauf ab, neue qualitative Aufenthaltsräume zu errichten oder zu bespielen. Hierzu zählt etwa das Schaffen von Pocket Parks in hitzebelasteten Quartieren. Pocket Parks sind kleinräumige, gärtnerisch und architektonisch gestaltete
Grünräume im innerstädtischen Raum. Sie stellen für die Bevölkerung einen Aufenthaltsort mit angenehmen Mikroklima an heißen Sommertagen dar (vgl. Stadt Freiburg im Breisgau 2016: 53).
Durch die Gestaltung von verdunstungsaktiven Flächen, Bäumen und Wasserflächen die vor Ort
Verdunstungskühle erzeugt und somit die thermische Behaglichkeit erhöht. Anzumerken ist, dass die
klimatische Fernwirkung gering ist und primär nur zu der Verbesserung der thermischen Situation di-

rekt im Pocket Park dient (vgl. Henninger/Weber 2019: 176). Durch die Vernetzung der Grünräume kann sich ihre bioklimatische Wirkung verstärken und die erzeugte Verdunstungskühle auf die umliegende Bebauung einwirken (vgl. Baumüller 2018: 98). Pocket Parks bieten das Potenzial durch eine räumliche Verbindung der Grünflächen in hitzebelasteten Räumen eine Grüne-Wege-Verbindung zu schaffen. Hierdurch kann die Erreichbarkeit von kühlen Rückzugsorten für die Bewohner:innen erhöht werden. Eine Herausforderung bei der Implementierung von Pocket Parks sind Nutzungskonflikte, insbesondere in dicht bebauten oder nachzuverdichtenden Quartieren. Im Zuge einer hitzeangepassten Nachverdichtung bieten Pocket Parks das Potenzial die Aufenthaltsqualität in dem nachzuverdichtenden Quartier aufzuwerten. Zur klimatischen Kompensation der zunehmenden Versieglung durch Nachverdichtungsmaßnahmen eignet sich ein Pocket Park aufgrund seiner kleinräumigen klimatischen Wirkung jedoch nur geringfügig. Hierfür ist eine quartiersübergreifende Entwicklung und Vernetzung der kleinflächigen Grünräume notwendig.

Referenzprojekt: Edgar Plaza in Manhattan, USA



Abb. 104: Neugestaltung des Edgar in Manhattan (Dlandstudios 2021)

Im dicht bebauten Manhattan soll ein öffentlicher Park auf einer Verkehrsinsel entstehen. Hierbei soll die Überdachungsstruktur multifunktional gestaltet sein, sodass Begrünungsmaßnahmen mit einem Regenwassermanagement und Sitzgelegenheiten kombiniert werden. Gleichzeitig soll durch die schattenspendenden Überdachungen Solarenergie erzeugt werden. Die angelegten Pflanzenbeete sollen das Wasser aufbereiten und zurückhalten. Umfassen soll mit den einzelnen Elementen ein Ort entstehen, der Schatten spendet, ein kühles Mikroklima erzeugt und die Nachhaltigkeit fördern (vgl. Dlandstudios 2021).

Eine weitere Maßnahme ist das Verschatten von Sitzgelegenheiten und Aufenthaltsorten in hitzebelasteten Quartieren. Hierdurch kann der thermische Komfort für die Anwohner:innen in den Sommermonaten steigen und teilweise auch für die ästhetische Gestaltung genutzt werden. Insbesondere in Gebieten mit einem hohen Anteil an jungen und/oder älteren Bevölkerungsgruppen gilt es diese vor direkter Sonneneinstrahlung im öffentlichen Raum zu schützen. Hierbei kann die Verschattung zum einen durch Bäume erfolgen. Zum anderen können bauliche Elemente, wie Sonnensegel, genutzt werden. Diese Elemente können zugleich mobil sein, sodass flexibel auf Nutzungen im öffentlichen Raum reagiert werden kann (vgl. Sandholz/Sett 2019: 11). Diese Maßnahme birgt im Sinne einer hitzeangepassten Nachverdichtung zum einen den Mehrwert, dass durch die Verschattung für den thermischen Komfort des Menschen, zugleich Oberflächen von der Sonneneinstrahlung abgeschirmt werden und somit die Wärmeentwicklung im Quartier vermindert wird und die Lebensqualität steigt. Als Maßnahme für eine Kompensation der zunehmenden Versiegelung im Zuge der Nachverdichtung kann die Maßnahme allerdings nicht gesehen werden, da hierfür der Einsatzbereich zu kleinflächig und punktuell erfolgt. Durch technische Lösungen erfolgt zudem keine aktive Kühlung.

Referenzprojekt: Referenzprojekt: Esterházypark in Wien



Abb. 105: Begrünte Kühloase (Stadt Wien 2021)

Gemeinsam mit Wiener Stadtgärtnern und dem Wiener "Zoo Haus des Meeres" gestaltete der Bezirk in Wien eine rund 30 m² große Fläche in einem Park um. So wurde eine bauliche Konstruktion entworfen, die umfassend begrünt wird und somit eine verschattete Sitzgelegenheit bietet. Die Fläche stellt Wiens ersten "Coolspot" dar, weitere sollen folgen. Die Konstruktion besteht aus drei kreisförmigen beschatteten Aufenthaltsorten, bestehend aus drei Ringen mit Sprühnebeldüsen. Verkleidet wird das Gerüst durch 30 Kletter- und Schlingpflanzen (vgl. Stadt Wien 2021).

Auch das Implementieren von erlebbaren Wasserflächen kann in zweierlei Hinsicht einen Mehrwert für die öffentliche Räume in hitzebelasteten Quartieren bieten. Zum einen entstehen durch Wasserflächen oder auch größeren Wasserspiele Verdunstungskühle, die das Mikroklima in hitzebelasteten Quartieren aufwerten kann. Zudem kann hierdurch Hitzestress der Bevölkerung vermindert werden, insbesondere am Tag, da Wasserflächen hier die durch die Sonneneinstrahlung vorwiegend Verdunstungskühle erzeugen. Die Umsetzung der Maßnahme kann sich dabei vielfältig ausgestalten. So können einfache Wasserflächen, wie Teiche oder Bäche mit angrenzenden Sitzgelegenheiten qualitativ gestaltet werden. Aber auch Wasserspiele, Brunnen und Fontänen bieten die Möglichkeit Wasser in einem Quartier erlebbar zu gestalten und eignen sich besonders für Stadtplätze. Synergien bestehen zu der Gestaltung von Regenrückhaltebecken im Rahmen des Hochwasserschutzes (vgl. Winker 2019: 34). Hinsichtlich einer hitzeangepassten Nachverdichtung bietet die Maßnahme das Potenzial, die Lebensqualität in Quartieren zu steigern.

Auch mobile Begrünungselemente im öffentlichen Raum können einen Mehrwert für die Hitzeanpassung bieten. Abhängig von der Ausgestaltung der Maßnahme können sie zur Verschattung von
Oberflächen oder Sitzgelegenheiten dienen und somit die Hitzeentwicklung, aber auch den Hitzestress an Sommertagen mildern. Die Maßnahme kann in Form von Sträuchern, Pflanzen oder auch
Bäumen in Töpfen umgesetzt werden oder auch durch grüne Wandelemente. Diese Maßnahme
stellt insbesondere für Räume mit einer multifunktionalen Nutzung eine Möglichkeit dar, den Raum
zu begrünen und dennoch flexibel auf Änderungen und andere Nutzungen einzugehen. So können
beispielsweise Marktplätze außerhalb dieser Nutzung durch die Maßnahme bespielt und ein temporärer grüner Aufenthaltsraum geschaffen werden. Synergien entstehen insbesondere zu stadtgestalterischen Aspekten, dem Wasserrückhalt sowie der Biodiversität im Quartier.

5.3 Maßnahmenpakete für Blockrand- und Zeilenbebauung anhand von Fokusräumen

Durch die Auswahl der exemplarischen hitzevulnerablen Fokusräume lässt sich für die von der Hitzebelastung betroffenen Siedlungstypologien der Blockrand- und Zeilenbebauung ein zugeschnittenes Maßnahmenpaket aus dem zuvor dargestellten Maßnahmenkatalog erstellen, basierend auf dem Grundsatz einen Nachverdichtungsansatz ohne negative Hitzewirkung zu wählen. In der folgenden Übersicht zeigt sich, dass die meisten Maßnahmen sowohl für die Blockrandbebauung als auch für die Zeilenbebauung angewandt werden können, sich der Schwerpunkt der Maßnahmenauswahl jedoch unterscheidet.

Die beispielhaften ausgewählten Fokusräume mit ihren Siedlungstypologien der Blockrand- und Zeilenbebauung dienen als Grundlage, um Möglichkeiten und Machbarkeiten einer qualitativen Nachverdichtung im Zuge einer hitzeresilienten Quartiersentwicklung aufzeigen zu können. Anhand von diesen werden beispielhaft die Implementierung von individuellen konkreten Maßnahmen im Hinblick auf die gewählten Nachverdichtungsansätze für Blockrand- als auch Zeilenbebauung vorgestellt und räumlich verortet. Auch ist an dieser Stelle darauf hinzuweisen, dass auch für die Siedlungstypologien Ein- und Zweifamilienhäuser, Gewerbegebiet, Stadtvillen oder kompakte Reihenhaussiedlungen Hitzeanpassungsmaßnahmen im Zuge von Nachverdichtungsprojekten wirkungsvoll umgesetzt werden können.

Im Allgemeinen ist anzumerken, dass es sich um eine qualitative Einschätzung hinsichtlich der Wirkung handelt und die Maßnahmenpakete und ihre Übertragbarkeit immer konkret auf den Raum zugeschnitten werden müssen. So ist etwa das Ableiten von allgemeingültigen Aussagen hinsichtlich der Klimawirkung und der Umsetzungsmöglichkeiten von Maßnahmen nicht umfassend möglich, da sich jeder Raum individuell sowohl baulich als auch klimatisch zusammensetzt (vgl. Quanz 2021). Insofern wird in der folgenden Darstellung der Maßnahmenpakete auch eine Einschätzung dazu gegeben, inwieweit die beispielhaften Fokusräume und ihre Maßnahmenpakete als Stellvertreter ihrer Siedlungstypologien zum Tragen kommen können und eine Übertragbarkeit möglich ist. Der Aufbau der Maßnahmenpakete gliedert sich dabei in die Beschreibung der wesentlichen Merkmale der Siedlungstypologie, der Darstellung der einzelnen konkreten Maßnahmen sowie der Übertragund Differenzierbarkeit der Maßnahmenpakete. Im Folgenden wird zuerst das Maßnahmenpaket für eine geschlossene Blockrandbebauung präsentiert, anschließend folgt das Maßnahmenpaket der Zeilenbebauung.

Geschlossene Blockrandbebauung zwischen der Lappenbergsallee und Osterstraße

Die Siedlungstypologie der geschlossenen Blockrandbebauung befindet sich im Bezirk überwiegend im Kerngebiet und ist durch eine Mischnutzung aus Dienstleistung, Handel und Gastronomie in der Erdgeschosszone und durch Vollgeschosse mit einer Vielzahl von Dachgeschossausbauten mit einem Wohnanteil von 70 bis 80 Prozent geprägt. Der Siedlungstyp unterscheidet sich vor allem durch die unterschiedlich stark verdichteten Innenhöfe. Die Nutzung der Innenhöfe reicht von einer gewerblich genutzten hoch versiegelten Fläche bis zu einem unversiegelten begrünten Innenhof.

Im Hinblick auf die bioklimatische Situation sind die geschlossenen Blockrandbebauungen stark vom städtischen Wärmeinseleffekt betroffen, der sich zusammenhängend im Kerngebiet zeigt. Insgesamt findet im gesamten Kerngebiet auch keine Kaltluft- und Frischluftzufuhr statt (vgl. BUKEA 2018: 29).

Im Ergebnis besteht keine Luftaustausch und eine hohe Hitzebelastung in der Nacht und am Tag in den geschlossenen Blockrandbebauungen des Bezirks. Die Blockinnenhöfe können dabei die Funktion übernehmen, die aufgeheizte Blockrandbebauung im Inneren durch Begrünung zu entlasten, aber auch durch einen hohen Versiegelungsgrad weiter zu belasten.

Konkretes Maßnahmenpaket für die geschlossene Blockrandbebauung

Das Quartier zwischen der Lappenbergsallee und Osterstraße dient der exemplarischen Darstellung, um konzeptionell aufzuzeigen, wie eine qualitative Nachverdichtung mit einer mikroklimatischen Aufwertung im Sinne eines hitzeresilienten Quartiers für den Siedlungstypen "geschlossener Blockrand" umgesetzt werden kann. Die Schwerpunkte in der Nachverdichtung liegen auf punktuelle und vertikale Verdichtungen, wie Baulückenschließungen und Aufstockungen. Für die hitzeoptimierte und mikroklimatische Aufwertung liegen die Schwerpunkte in der Qualifizierung der Blockinnenhöfe durch Begrünung und in der Gestaltung des ruhenden Verkehrs.

In diesem Einzelfall wird auch eine Verdichtung im Blockinnenbereich gesehen. In der Abwägung haben die Vorteile einer Nachverdichtung mit der Anwendung von hitzeangepassten Maßnahmen gegenüber der städtebaulichen Bestandssituation überwogen.

Maßnahmenpaket

Quartiers- und Bebauungsstruktur

- Innenhöfe begrünen und entsiegeln
- Frei- und Grünräume vernetzen und zugänglich machen

Gebäudebezogene Maßnahmen

- Dächer mit Grün und Blau gestalten
- Fassaden mit Grün gestalten
- Albedo der Gebäude erhöhen
- Sonnenexponierte Fassaden beschatten

Öffentlicher Raum

- Baumbestand erhalten, sichern und ausweiten
- Verdunstungsaktive Flächen anlegen
- Versickerungsfähige und beschattete Flächen im Straßenraum errichten
- Bushaltestellen begrünen und verschatten
- Integrierte Bewässerungskonzepte für Grünflächen optimieren



Abb. 106: Verortung des Maßnahmenpakets im Quartier zwischen der Lappenbergsallee und Osterstraße

Übertragbarkeit der einzelnen Maßnahmen

Der Siedlungstyp differenziert sich in seiner baulichen Beschaffenheit vor allem in Bezug auf die unterschiedlichen Größen der Blöcke und Innenhöfe sowie in der Nutzung der Innenhöfe (siehe oben). Neue Entwicklungen bzw. Neubauten durch Baulückenschließungen oder Aufstockungen sind meistens bereits klimatisch angepasst im Hinblick auf die technische Kühlwirkung. Gebäudebezogene Maßnahmen wie die Dach- und Fassadenbegrünung kommen dabei allerdings weniger zum Tragen, ebenso wie Anpassungsmaßnahmen für die Aufwertung des öffentlichen Raums. Diese sollten zukünftig im Huckepackverfahren an ohnehin stattfinde Entwicklung gekoppelt werden. Im Allgemeinen zeigt sich durch die Gegebenheiten des Siedlungstyps, dass die hier ausgewählten Maßnahmen aufgrund der ähnlichen Handlungspotenziale und Defizite für eine Übertragbarkeit hinreichend sind.

Verdichtungsmaßnahmen in Blockinnenhöfen, wie in der beispielhaften Darstellung, sollten für den Siedlungstypen nicht die Regel sein, sondern nur im Einzelfall durch eine Abwägung getroffen werden. Eine Abwägung sollte anhand der bioklimatischen Belastung, der Bevölkerungsstruktur, der Bestandssituation und Möglichkeiten von zu realisierenden Anpassungsmaßnahmen getroffen werden. Für eine städtebauliche Neuentwicklungen oder für Umbaumaßnahmen ist eine geschlossene Blockrandbebauung nur bedingt geeignet. Die kompakten Bebauungsstrukturen sind bereits heute sehr hitzevulnerable Gebiete, in denen eine Entlastung der klimatischen Situation nur schwer umsetzbar ist und nur durch das Anwenden von kleinteiligen Maßnahmen durch eine kumulative Wirkung gelingen kann. Bei Verdichtungen in diesem Siedlungstypen sollten Anpassungsmaßnahmen, wie das Entsiegeln im Innenhof und im Bereich des ruhenden Verkehrs, die Begrünung und Verschattung von Innenhöfen sowie intelligente und innovative Lösungen für den ruhenden Verkehr, in jedem Falle zu Tragen kommen.

Zeilenbebauung zwischen Doormannsweg und Fruchtallee

Die Siedlungstypologie der Zeilenbebauung lässt sich vor allem in der Urbanisierungszone und in den äußeren Stadtteilen des Bezirks Eimsbüttel vorfinden. Die Bebauungsstruktur zeichnet sich durch zusammenhängende zeilenförmige Gebäudetypen aus, meist 3- bis 6-geschossig und einer reinen Wohnnutzung. Vereinzelt lassen sich Einzelhandelsgeschäfte vorfinden. Im Raum sind die Gebäude oftmals parallel zueinander ausgerichtet. Die Siedlungstypologie zeichnet sich zudem durch breit begrünte Abstandsflächen zwischen den Gebäuden aus. Hierdurch verzeichnen die Gebiete oftmals einen geringeren Versiegelungsgrad als die Blockrandbebauung (vgl. BBSR 2014: 16).

Allgemein weist die Siedlungstypologie aufgrund der offenen Bebauungsstruktur und den umgebenen Grünflächen eine gute Durchlüftung und ein mäßig belastetes Klima auf. Sind die Gebäude, insbesondere am Stadtrand, parallel zur Fließrichtung der Kalt- und Frischluftleitbahnen ausgerichtet, begünstigt diese Bebauungsstruktur eine gute Durchlüftung des Siedlungsbereiches. Ist das Gebiet jedoch, wie im Falle des Quartiers am Doormannsweg, durch eine dichte Bebauung umgeben, kann es dennoch eine mangelnde Durchlüftung aufweisen.

Konkretes Maßnahmenpaket für die Zeilenbebauung

Anhand des Quartiers am Doormannsweg wird beispielhaft dargestellt, wie eine qualitative Nachverdichtung im Zuge einer hitzeresilienten Quartiersentwicklung umgesetzt werden kann. Aufgrund der hohen Hitzebelastung im Quartier liegt der Fokus des vorgestellten Maßnahmenpakets auf der Verbesserung der Aufenthaltsqualität im Raum an heißen Tagen sowie der Verbesserung der bioklimatischen Belastung. Zeitgleich sollte durch die gewählten Nachverdichtungsansätze und den gewählten Maßnahmen bestehende Grün- und Freiräume erhalten, ausgeweitet und qualifiziert werden, um den Versiegelungsgrad nicht zu erhöhen und somit einer Verschlechterung des Mikroklimas durch die Nachverdichtungsmaßnahmen vorzubeugen. Zugleich gilt es die bestehenden Grün- und Freiflächen im Raum zu aktivieren und für die Bewohner:innen nutzbar zu machen, um Hitzestress vorzubeugen. Insbesondere die für die Zeilenbebauung typischen Rasenflächen zwischen den Gebäuden bergen ein Potenzial für kühle Aufenthaltsorte, das es zu nutzen gilt. Das Maßnahmenpaket für den Fokusraum setzt sich somit aus folgenden Maßnahmen zusammen:

Quartiers- und Bebauungsstruktur

- Grün- und Freiräume vernetzen und zugänglich machen
- Bebauungsstruktur und Gebäude klimaoptimiert ausrichten

Gebäudebezogene Maßnahmen

- Dächer mit Grün und Blau gestalten
- Fassaden mit Grün gestalten
- Albedo der Gebäude erhöhen
- Sonnenexponierte Fassaden beschatten

Öffentlicher Raum

- Pocket Park errichten
- · Baumbestand ausweiten, erhalten und sichern
- Versickerungsfähige und beschattete Flächen im Straßenraum errichten
- Mobile Begrünungselemente aufstellen
- Errichtung von erlebbaren Wasserflächen
- Sitzplätze und -gruppen verschatten
- Haltestellen begrünen und verschatten
- Integrierte Bewässerungskonzepte für Grünflächen optimieren

Übertragbarkeit des Maßnahmenpakets

Die Aussagen für die exemplarisch dargestellte Visualisierung des Maßnahmenpakets sind nicht allgemein gültig, allerdings sind bestimmte Komponenten auch auf andere Räume mit Zeilenbebauung zu einem gewissen Grad übertragbar. Inwieweit sich dieser hier dargestellte Ansatz auf andere Räume übertragen lässt, setzt sich auf Faktoren wie der bestehenden bioklimatischen Belastung, der Bevölkerungsstruktur, aber auch aus dem dort bestehenden Nachverdichtungspotenzial zusammen. So haben Quartiere mit Zeilenbebauung im Allgemeinen ein hohes Nachverdichtungspotenzial, sodass etwa bei einem Raum mit einer besser bioklimatischen Situation mehr nachverdichtet werden könnte. In dem Zug würden gegebenenfalls anderer oder weitere Maßnahmen in Bezug auf die Hitzeanpassung zum Tragen kommen müssen.

Viele Gebäude der Zeilenbebauung haben vorwiegend Flachdächer, wie auch im Quartier am Doormannsweg, sodass die dargestellte Aufstockung mit den ausgewählten Maßnahmen sich gut auf andere Gebiete übertragen lassen. Auch die Maßnahmen zur Aktivierung und Qualifizierung der Grün- und Freiräume im Quartier lassen sich auf andere Gebiete der Zeilenbebauung übertragen, da dort oftmals durch die gegebene Bebauungsstruktur ähnliche Potenzialflächen bestehen. Hierbei können die Abstandsflächen zwischen den Gebäuden, die Baumbepflazung und auch die Oberflächenmaterialien variieren. Auch die Ausgestaltung des neuen Hochpunkts als Nachverdichtungsan-



Abb. 107: Verortung des Maßnahmenpakets im Quartier zwischen dem Doormannsweg und der Fruchtallee

satz lässt sich hinsichtlich der dargestellten gebäudebezogenen Hitzeanpassungsmaßnahmen auf weitere Räume übertragen. Gerade die Steigerung der Albedo stellt eine flexible und kostengünstige Möglichkeit der Hitzeanpassung dar. Auch der Nachverdichtungsansatz des Hochpunktes stellt hinsichtlich der geringen Versiegelung im Vergleich zu einer weiteren Zeilenbebauung oder Blockrandschließung eine gute Alternative der Nachverdichtung dar, die auch auf andere Quartiere übertragbar ist.

Allgemein kann festgehalten werden, dass die Siedlungstypologie der Zeilenbebauung gut geeignet ist, um qualitativ nachzuverdichten. So besteht meist ein geringer Versiegelungsgrad sowie umfassende Flächenpotenziale für eine Nachverdichtung. Es gilt jedoch darauf zu achten, die bestehenden Freiflächen nicht zu stark zu versiegeln und nicht umfassend in die Durchlüftung einzugreifen, sodass

es zu einer Verschlechterung des Mikroklimas kommt. Hier sollten Neubauten im Zuge der Nachverdichtung entlang der Luftströme ausgerichtet sein. Zudem gilt es hinsichtlich des Nachverdichtungspotenzials eine quartiersübergreifende Perspektive einzunehmen, da einzelne bauliche Maßnahmen in einem größeren Umfang eine kumulative Wirkung auf das Mikroklima haben können (siehe Kapitel 2.2.2).

5.4 Evaluierung der Maßnahmenwirkung

Für eine hitzeangepasste Nachverdichtung im Quartier ist die Entschärfung bzw. Entkopplung von negativen Klimawirkungen erforderlich. Die Entkopplung findet in dem strategischen Ansatz durch die Auswahl von konkreten individuellen Maßnahmen für einzelne Quartiere und ihren Nachverdichtungspotenzialen statt. Der Strategieansatz ist im Rahmen von zukünftigen Nachverdichtungen in hitzevulnerablen Quartieren anzuwenden und zu verifizieren. Hierfür scheint es sinnvoll, sowohl die Wirksamkeit der Maßnahmenpakete hinsichtlich der klimatischen Kühlungswirkung als auch hinsichtlich der Reduzierung des Hitzestress zu bewerten. Hierdurch kann überprüft werden, ob das formulierte Kernziel der Strategie, Lebensqualität in nachverdichteten Quartieren durch die Auswahl eines klimaangepassten Nachverdichtungsansatzes und der Kopplung konkreter Maßnahmen zu schaffen, erreicht und somit eine qualitative Nachverdichtung umgesetzt werden konnte.

Eine Bewertung der Maßnahmenwirksamkeit hinsichtlich einer Kühlwirkung im Quartier stellt in der Praxis eine Herausforderung dar. Die Messung, wie und in welchem Umfang eine einzelne Maßnahme wirkt, kann kaum eindeutig beantwortet werden, da sich das Mikroklima aus verschiedensten Bestandteilen im Raum zusammensetzt, sodass eine klare Messung der Wirkung begrenzt ist (vgl. Quanz 2021). Allerdings kann etwa durch eine Klimamodellierung die Entschärfung der negativen Klimawirkung in einem nachverdichteten Quartier übergeordnet beschrieben und bewertet werden. So können in einer mikroskaligen Modellierung Stadtstrukturen, Oberflächenmaterialien sowie Vegetationsbestände fein aufgelöst und hinsichtlich ihrer klimatischen Wirkung modelliert werden (vgl. Baumüller 2018: 186). Durch dieses Instrument kann die Wirkung der angewandten Maßnahmenpaketen evaluiert und eingeschätzt werden. Ein zu untersuchender Indikator kann hierbei die hervorgerufene Veränderung der Klimafunktion in dem Kaltlufthaushalt sein. Auch die Veränderung der Intensität des städtischen Wärmeinseleffekts kann als Indikator zur Bewertung herangezogen werden. So kann dieser Indikator Rückschlüsse auf die Lebensqualität im Quartier hinsichtlich eines erholsamen Schlafes der Bevölkerung geben, als auch dahingehend, ob weitere Bedarfe hinsichtlich der Oberflächengestaltung oder Begrünung im Quartier bestehen, um ein zu starkes Aufheizen am Tag vorzubeugen.

Neben der Bewertung hinsichtlich der Erfüllung der klimatologischen Entwicklungsziele zur Hitzereduzierung, sollte zudem auch die neu geschaffene Aufenthaltsqualität in Bezug zur Reduzierung des Hitzestresses evaluiert werden. Als Indikator kann hierfür das Niveau des humanbioklimatischen Indizes PET herangezogen werden. Hierdurch kann ermittelt werden, wie hoch der Einfluss der bioklimatischen Situation im Sommer auf den Menschen im Quartier ist (siehe Kapitel 2.1.3). An dieser Stelle bietet sich auch eine qualitative Bürger:innenumfrage an, um das subjektive Hitzeerleben der betroffenen Personen im Quartier miteinzubeziehen. Die Ergebnisse können anschließend mit der bestehenden Bevölkerungsstruktur verknüpft werden, um zu analysieren, ob und welcher Handlungsbedarf hinsichtlich der Aufenthaltsqualität gegebenenfalls weiterhin besteht.

Die vorgestellte Strategie für eine hitzeangepasste Nachverdichtung im Bezirk Eimsbüttel verfolgt das Ziel Lebensqualität in hitzebelasteten Quartieren im Zuge einer qualitativen Nachverdichtung zu schaffen. Durch die aufgezeigten Indikatoren zur Auswahl eines Raumes und der zielgerichteten Handlungspotenzial- und Defizitanalyse anhand von bioklimatischen, demographischen und städtebaulichen Bewertungskriterien sowie der Abwägung eines Nachverdichtungsansatz ohne negative Hitzewirkung wird aufgezeigt, wie eine bioklimatische Belastung im Raum vermieden bzw. verbessert werden kann. Zudem wird aufgezeigt, wie konkrete Maßnahmen für den jeweiligen Siedlungstyp für eine hitzeangepasste Nachverdichtung abgeleitet und wirken können. Im folgenden Kapitel wird die Strategie in Hinblick auf die Umsetzbarkeit sowie ihrem Beitrag zur Beantwortung der Forschungsfrage reflektiert. Im gleichen Zuge werden die aufgestellten Maßnahmenpakete für die beiden Siedlungstypologien kritisch betrachtet und hinsichtlich ihrer Aussagekraft bewertet.

6.0 Beantwortung der Forschungsfrage und Reflexion

Im folgenden Kapitel soll die übergeordnete Forschungsfrage der Arbeit beantwortet werden. In diesem Rahmen werden zudem die Ergebnisse der Arbeit als auch das methodische Vorgehen kritisch reflektiert. In Hinblick auf den anhaltenden Entwicklungsdruck auf den Bezirk Eimsbüttel als auch auf die steigende Hitzebelastung im Zuge des Klimawandels stellte sich die Forschungsfrage der vorliegenden Arbeit wie folgt dar:

Wie kann der Bezirk Eimsbüttel eine qualitative Nachverdichtung im Kontext einer hitzeresilienten Quartiersentwicklung verfolgen?

Die Beantwortung dieser Frage setzt sich aus verschiedenen Bausteinen zusammen. Um qualitativ Nachverdichten zu können, gilt es zum einen das Ausmaß der Vulnerabilität sowie der Verteilung dieser im Raum zu kennen. Hierdurch können Handlungsbedarfe hinsichtlich der Hitzeanpassung sowie Herausforderungen und Potenziale ermittelt und somit zielgerichtet im Zuge der Planung angegangen werden. Hierfür wurde im Rahmen dieser Arbeit die Vulnerabilitätsanalyse durchgeführt. Anhand dieser Methode konnten hitzevulnerable Räume in dem Bezirk identifiziert und charakterisiert werden. Die durchgeführte Vulnerabilitätsanalyse erlaubte es das Ausmaß der Hitzebelastung und die räumliche Verteilung im Bezirk bewerten und klar abgrenzbare Räume mit einem konkreten Handlungsbedarf zu ermitteln. Hierbei ermöglichten die herangezogenen Indikatoren Rückschlüsse sowohl hinsichtlich der Exposition als auch der Sensitivität der Gebiete zu ziehen. Allerdings gilt es anzumerken, dass die herangezogenen Daten für die Analyse der Exposition aus dem Jahr 2017 stammen, so dass die heutige Hitzebelastung (2021) und ihre räumliche Ausdehnung im Bezirk möglicherweise bereits höher liegt. Hinsichtlich der Untersuchung der Sensitivität gilt es anzumerken, dass die zukünftige Entwicklung dieser im Rahmen der durchgeführten Analyse nicht betrachtet wurde, aufgrund der mangelnden Datenlage auf Ebene der statistischen Gebiete. Somit konnten keine Rückschlüsse hinsichtlich der zukünftig sensiblen Räume im Bezirk gezogen werden. Allerdings ist davon auszugehen, dass sich bis 2050 im Zuge des demographischen Wandels, auch die Sensitivität im Bezirk Eimsbüttel weiter erhöhen wird. Trotz dieser beiden genannten Aspekte konnte festgestellt werden, dass hinsichtlich der Hitzeanpassung ein zentraler Handlungsbedarf besteht, insbesondere in den identifizierten Hotspots.

Aufgrund der identifizierten Vulnerabilität im Bezirk hinsichtlich der Hitzefolgen als auch in Bezug auf die bestehenden Bedarfe der stadt- und freiräumlichen Entwicklung gilt es für den Bezirk Eimsbüttel Räume zu verdichten, ohne das Mikroklima in den bereits hitzebelasteten Quartieren zu verschlechtern. Zugleich gilt es Nachverdichtungsmaßnahmen mit der Hitzeanpassung zu koppeln, um die

Lebensqualität in den belasteten Quartieren zu verbessern. Die im Rahmen dieser Arbeit erarbeitete Vorgehensweise zur Auswahl eines Nachverdichtungsansatzes ohne negative Hitzewirkung stellt hier einen Handlungsansatz diesem Handlungsbedarf entsprechend dar. Um eine qualitative Nachverdichtung im Kontext einer hitzeresilienten Quartiersentwicklung verfolgen zu können, gilt es Räume im Hinblick auf ihr Nachverdichtungspotenzial kritisch zu bewerten. So ist es notwendig, die vom Bezirksamt Eimsbüttel aufgestellte Urbanisierungspotenziale weiter ausdifferenzieren, um eine qualitative Verdichtung zu ermöglichen. Erst hierdurch kann eine präzise Aussage hinsichtlich der Qualität des Nachverdichtungspotenzials in einem Quartier getroffen werden. Die aufgestellten Indikatoren für die Auswahl eines Fokusraums bieten hierfür einen ersten Ansatz.

Die Indikatoren sowie die Bewertungskriterien für hitzevulnerablen Räume zur Identifizierung von Defiziten und Handlungspotenzialen, konnten anhand der Fokusräume beispielhaft aufgezeigt und erprobt werden. Die Zusammensetzung der Kriterien ermöglichte es, eine qualitative Bewertung hinsichtlich der Anpassungskapazität in den Quartieren vorzunehmen. Hierbei stellt es sich als Vorteil dar, dass die aufgeführten Kriterien sowohl auf Quartiers- als auch auf Stadtteilebene oder Bezirksebene herangezogen werden können, sodass hier eine Vergleichbarkeit auf unterschiedlichen Maßstäben gegeben ist. Einige Bewertungskriterien für hitzevulnerable Räume, wie die Messung des Einwirkungsbereich von klimaaktiven Flächen, konnten im Rahmen der Arbeit nicht umgesetzt werden, entweder aufgrund fehlender Datenlage oder Instrumente. Somit gilt es die Bewertungskriterien in der Praxis hinsichtlich ihrer Aussagekraft zu überprüfen, zu validieren und gegebenenfalls anzupassen oder zu erweitern.

Für eine qualitative Nachverdichtung gilt es eine Abwägung hinsichtlich der baulichen Dichte und dem Einwirken auf das Mikroklima im Quartier vorzunehmen. Anhand der beiden Fokusräume konnte im Rahmen der Arbeit diese Abwägung beispielhaft vorgestellt werden. Hierbei konnte gezeigt werden, dass in den beiden hitzebelasteten Fokusräumen und damit auch in den beiden Siedlungstypologien der Blockrand- und Zeilenbebauung eine hitzeangepasste Nachverdichtung mit einem Mehrwert für das Mikroklima und die Lebensqualität im Raum einhergehen kann. Im Vergleich zu den vom Bezirksamt Eimsbüttel aufgestellten Entwicklungsszenarien für diese beiden Siedlungstypologien wurde im Rahmen der Arbeit für eine geringere bauliche Dichte und somit auch für eine niedrigere Anzahl an Wohneinheiten in den Quartieren argumentiert. Insbesondere bei dem Quartier zwischen Doormannsweg und Fruchtallee wird vom Bezirksamt Eimsbüttel ein hohes Urbanisierungspotenzial gesehen, als auch allgemein bei der Zeilenbebauung im gesamten Bezirk. Für eine hitzeangepasste Nachverdichtung hat sich allerdings herausgestellt, dass das Maß der baulichen Dichte auch in Gebieten mit einer Zeilenbebauung kritisch zu hinterfragen ist. Überträgt man das aufgezeigte Vorge-

hen zur Auswahl eines Nachverdichtungsansatzes auf den ganzen Bezirk, bleibt es fraglich, ob durch dieses Vorgehen der Zielwert von 1.050 Wohneinheiten pro Jahr erreicht werden kann.

Um eine qualitative Nachverdichtung verfolgen zu können, gilt es zudem Hitzeanpassungsmaßnahmen mit der baulichen Verdichtung zu koppeln. Hierdurch kann das Ziel, das Mikroklima in hitzebelasteten Quartieren zu verbessern und die Lebensqualität zu erhalten, auf Quartiersebene verfolgt werden. Die für die beiden Siedlungstypologien der Blockrand- und Zeilenbebauung aufgestellten Maßnahmenpakete stellen einen ersten Ansatz hierfür dar. Sie zeigen auf, wie ein hitzeangepasster Nachverdichtungsansatz auf Quartiersebene ausgestaltet sein könnte und welche Maßnahmen besonders hinsichtlich der baulichen Struktur zum Tragen kommen sollten. Um für die aufgestellten Maßnahmenpakete eine Übertragbarkeit für den gesamten Bezirk zu gewährleisten sind weitere exemplarische Räume zu analysieren und zu validieren. Auch weitere Siedlungstypologien sollten dahingehend untersucht werden, um für diese Typen Umsetzungsansätze zu generieren. Ein besonders dringlicher Handlungsbedarf wird hierbei bei den Gewerbegebieten gesehen, da diese sich durch einen hohen Versiegelungsgrad sowie eine sehr hohe Wärmeentwicklung im Sommer charakterisieren, sowohl am Tag als auch in der Nacht. Die Wärmeinseln sind hierbei großflächig ausgeprägt und wirken sich nicht nur negativ auf das gesamte Klima im Bezirk, sondern auch auf umliegende Wohngebiete aus, sodass anzunehmen ist, dass die Anwohner:innen in einem besonderen Maße von Hitzestress betroffen sind. Bezüglich der Klimawirksamkeit der Maßnahmenpakete gilt es zudem anzumerken, dass dieser Aspekt hinsichtlich verschiedener Faktoren herausfordernd ist abzuschätzen. So ist bewiesen, dass Maßnahmen, beispielsweise zur Begrünung und Verschattung, einen klimatisch kühlenden Effekt haben und sich zur Hitzeanpasssung eignen. Allerdings hängt die Wirksamkeit von unterschiedlichen Einflussfaktoren ab, sodass konkrete übertragbare Werte für Raumstrukturen nicht möglich sind und einzelfallbezogen betrachtet werden müssen. Zudem lässt sich ohne eine Klimamodellierung nur schwer abschätzen, ob die Maßnahmen im konkreten Raum ausreichend sind (vgl. Dickhaut 2021).

Bei der Entwicklung der Strategie für eine hitzeangepasste Nachverdichtung hätten qualitative Interviews mit dem Bezirksamt Eimsbüttel einen Mehrwert bieten können. Hierdurch hätte ein vertiefendes Wissen über Bedarfe und Herausforderungen der Nachverdichtung und der Klimaanpassung, die sich aus den stadtstrukturellen Gegebenheiten des Bezirks sowie aus der Praxis der Stadtplanung ergeben, generiert werden können und es ermöglicht, diese in die Strategie einzubinden. Bedauerlicherweise hat sich für ein Gespräch mit dem Bezirksamt Eimsbüttel keine Möglichkeit ergeben. Aufgrund dessen ist es möglich, dass konkret Bedarfe im Rahmen der Strategie nicht erfasst worden sind.

Neben den aufgezeigten Ansätzen für eine qualitative Nachverdichtung im Kontext der hitzeresi-

lienten Quartiersentwicklung, bestehen weitere Aspekte, die für eine Umsetzung zentral sind, im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht vertiefend betrachtet wurden. Zum einen gilt es anzumerken, dass die angestrebten Nachverdichtung im Rahmen der Doppelten Innenentwicklung die Urbanisierungszone im Fokus des Bezirks stehen wird, da hier das meiste Flächenpotenzial besteht und es vermieden werden kann, die äußeren Stadtteile zu verdichten. Die Bevölkerungs- aber auch die bauliche Dichte wird dort tendenziell am stärksten zunehmen. Im Rahmen der Strategie wurden jedoch zwei Fokusräume aus dem Kerngebiet aufgrund der hohen Vulnerabilität gegenüber von Hitzefolgen herangezogen. Es besteht die Möglichkeit, dass in der Urbanisierungszone andere Aspekte für eine qualitative Nachverdichtung zu betrachten sind. Für den Bezirk gilt es somit den gesamten Raum in den Blick zu nehmen. Hierfür bietet es sich an die im Rahmen dieser Arbeit vorgestellten Ansätze in einer integrativen gesamtheitlichen Strategie für eine qualitative Nachverdichtung zu betrachten und weitere Siedlungstypologien mit verschiedenen Dichtewerten heranzuziehen. Neben diesem Aspekt gilt es zudem die Integration der qualitativen Nachverdichtung in den Planungsprozess auszuarbeiten. Hier empfiehlt es sich etwa einen Instrumentenkatalog zur Umsetzung anzulegen, um auf eine Auswahl an Instrumenten zurückgreifen zu können und somit Anpassungsmaßnahmen durch formelle und informelle Instrumente umzusetzen. Dieser Instrumentenkatalog sollte darauf abzielen, Hitzeanpassungsmaßnahmen im Huckepackverfahren umzusetzen, um somit eine umfassende Integration der Thematik in den Planungsprozess zu ermöglichen. So sollten Anforderungen für hitzeangepasste Siedlungsstrukturen formuliert werden, die bei Wettbewerben und Gutachterverfahren herangezogen werden können. Zudem gilt es die Hitzeanpassung auch in das energetische Quartierskonzept zu integrierten. Ein weiterer zentraler Aspekt, den es für die Umsetzung einer hitzeresilienten Quartiersentwicklung zu beachten gilt, ist das subjektive Empfinden der thermischen Belastung der Anwohner:innen in den Quartieren. Dieser Aspekt ist dahingehende zentral, dass die Stadt ein Lebensraum ist und somit auf die Bedürfnisse der Bevölkerung abgestimmt sein sollten. So wird es durch eine Vielzahl von soziokulturellen, psychologischen, aber auch körperlichen Faktoren bestimmt, wie Hitze wahrgenommen und mit ihr umgegangen wird. Für eine hitzeresiliente Quartiersentwicklung gilt es somit die Wechselwirkung zwischen räumlicher bzw. sozialer Dichte und der Hitzebelastung in den Fokus zu nehmen. So haben unterschiedliche Bevölkerungsgruppen verschiedene Bedürfnisse bezüglich der Gestaltung von kühlen Aufenthaltsräumen, somit ist ein an das Wohngebiet angrenzender Park nicht für alle die am besten geeignete Kühloase. Aufgrund dessen gilt es unterschiedliche Ansprüche für die Nutzung von öffentlichen Räumen einzubeziehen, damit sich Anwohner:innen bei hohen Temperaturen wohlfühlen können (vgl. Mittermüller 2020: 2ff.). Hier empfiehlt es sich eine Beteiligungsstrategie zu entwickeln, die darauf abzielt qualitative Räume, die auf die Bedürfnisse der Anwohner:innen und auf das Hitzeempfinden ausgerichtet sind, gemeinsam zu entwickeln.

7. 0 Fazit und Forschungsausblick

Der zentrale Kern der Arbeit hat im Hinblick auf die Forschungsfrage insbesondere das Spannungsfeld zwischen einer städtebaulichen Verdichtung und der Anpassung an die zunehmende Hitzebelastung in seinen einzelnen Bestandteilen untersucht sowie lösungsorientierte Ansätze zum Umgang mit städtebaulichen Verdichtungspotenzialen im Kontext einer hitzeresilienten Quartiersentwicklung erarbeitet. Damit wurden einerseits praxisorientierte Ansatzpunkte für eine qualitative Nachverdichtung dargestellt und andererseits der weiterführende Forschungsbedarf aufgedeckt. Der Begriff der qualitativen Nachverdichtung beschreibt in diesem Zusammenhang die Berücksichtigung von Aspekten der Hitzevorsorge und -resilienz in einem Quartier sowie das Mitdenken von Anpassungsmaßnahmen an ohnehin stattfindende städtebauliche Projekte und Prozesse mit dem Ziel eines ausgewogenen Maßes zwischen der baulichen Dichte und qualitativen Frei- und Grünräumen in einem Quartier.

Insbesondere urbane Räume sind aufgrund ihrer Beschaffenheit mit einem hohen Versiegelungsgrad, einer hohen Wärmespeicherkapazität der Baumaterialien, einem Mangel an Vegetation und fehlender Durchlüftung vom städtischen Wärmeinseleffekt und zunehmenden Hitzefolgen betroffen. Zugleich stehen sie aufgrund des anhaltenden Urbanisierungstrends unter einem hohen städtebaulichen Entwicklungsdruck. Dabei sind Städte durch die hohen Bevölkerungsdichten, die Funktion als ökonomische Schaltstellen sowie die Bündelung kritischer Infrastrukturen besonders vulnerabel gegenüber der zunehmenden Hitzebelastung und ihren Folgen. Im Rahmen einer hitzeresilienten Quartiersentwicklung gilt es diesen Herausforderungen mit der Umsetzung von lokalen konkreten Anpassungsmaßnahmen zu begegnen.

Die im Rahmen dieser Arbeit operationalisierten Resilienzmerkmale für hitzeangepasste Siedlungsstrukturen auf Quartiersebene sollten dabei einen Anforderungsrahmen zur Ausgestaltung von hitzeresilienten Quartieren schaffen. Die Schwerpunkte einer resilienten Quartiersentwicklung liegen zusammenfassend auf einem ausgewogenen Verhältnis zwischen bebauten und Frei- bzw. Grünflächen, einer multifunktionalen Flächennutzung im Bereich der Frei- und Grünräume sowie einer klima- und standortangepassten Vegetation und einer verbesserten Verschattung, Oberflächengestaltung und Durchlüftung. In diesem Zusammenhang haben die untersuchten primären Anpassungsstrategien (Durchlüften, Kühlen, Oberflächen gestalten und die Verbesserung der Aufenthaltsqualität) sowie ihre konkreten Maßnahmen im Ergebnis aufgezeigt, dass eine größtmögliche Aufwertung des Mikroklimas in Stadtquartiere nur in Abstimmung mit den bestehenden Nutzungen im Raum sowie einer umfassenden Anwendung und Kopplung von Anpassungsmaßnahmen erfolgen kann. Im Rahmen einer hitzeresilienten Quartiersentwicklung gilt es somit, die Defizite im Hinblick auf die Hitzeentwick-

lung im Raum zu identifizieren sowie konkrete Flächenpotenziale auszumachen, um zielgerichtete Anpassungsmaßnahmen im Zusammenhang ihrer tageszeitlichen Wirksamkeit sowie möglichen Synergiewirkungen auszuwählen. Zugleich sollten Bevölkerungsstrukturen und Nutzungen des Raums in die Maßnahmenauswahl einfließen, um eine Multicodierung zu ermöglichen und somit die knappen Flächen in den wachsenden Städten qualitativ zu nutzen.

Um zu überprüfen, wie eine hitzeresiliente Quartierentwicklung ausgestaltet werden kann und konkrete Anpassungsmaßnahmen in hitzevulnerablen Räumen im Bezirk Eimsbüttel mit ausgewiesenen Verdichtungspotenzialen zur Anwendung kommen können, wurde der Bezirk im Rahmen einer Bestandsaufnahme und Vulnerabilitätsanalyse eingehend untersucht. Dabei stellte das räumliche Leitbild "Eimsbüttel 2040" im Hinblick auf die Anwendung der Doppelten Innenentwicklung und dem aufgestellten Anforderungskriterium "anpassungsfähig" sowie dem Erfordernis von lösungsorientierten Strategien für Aushandlungsprozesse von Flächenkonflikten den passenden Anspruch für eine Überprüfung des vorangestellten Ansatzes dar. Es stellte sich heraus, dass insbesondere das Kerngebiet des Bezirks vom städtischen Wärmeinseleffekt betroffen ist und sich die heißen Tage bis 2050 verdoppeln werden. Zudem ist das Kerngebiet aufgrund seiner hohen Bevölkerungsdichte, sensiblen Bevölkerungsgruppen und Nutzungen sowie dem Mangel an Vegetationsflächen besonders vulnerabel gegenüber den Hitzefolgen. Zugleich steht das Kerngebiet aufgrund seiner guten urbanen Lage unter einem zunehmenden baulichen Entwicklungsdruck und zeigt zahlreiche Urbanisierungspotenziale entlang von urbanen Straßen sowie einzelne Wohnungsbaupotenziale auf. Aber auch die Urbanisierungszone sowie einzelne Quartiere in den äußeren Stadtteilen weisen bereits eine erhöhte Hitzebelastung auf. Schlussfolgernd hat sich aus der Analyse ergeben, dass eine Vereinbarkeit zwischen der Wohnraumentwicklung und der Hitzeanpassung, unter der Berücksichtigung von Nachverdichtungsansätzen ohne eine negative Hitzewirkung zu wählen, für eine hitzeresiliente Quartiersentwicklung geschaffen werden muss.

Um das beschriebene Spannungsfeld zu entschärfen, wurde eine Vorgehensweise entwickelt, die aufzeigt unter welchen Voraussetzungen Quartiere mit einem Verdichtungspotenzial ausgewählt werden können, um eine qualitative Nachverdichtung im Kontext einer hitzeresiliente Quartiersentwicklung zu erzielen. Die Analyse von Anpassungskapazitäten im Quartier hat dabei einen Schwerpunkt gebildet. Die Strategie für eine hitzeangepasste Nachverdichtung zeigt anhand zweier Fokusräume im Kerngebiet, charakterisiert durch die beiden Siedlungstypologien der geschlossenen Blockrand- und Zeilenbebauung, unter welchen Anforderungen eine Nachverdichtung in einem hitzevulberablen Raum angewandt werden kann und welche Defizite und Potenzialflächen in einem Quartier zu berücksichtigen sind, um die Möglichkeiten von Nachverdichtungsansätzen gegeneinander abzuwä-

gen. Des Weiteren wurden konkrete Anpassungsmaßnahme in diesem Zusammenhang aufgestellt und typisierte Maßnahmenpakete für die jeweiligen Siedlungstypologien geschnürt, die in ihren Grundzügen eine Übertragbarkeit für die ausgewählten Siedlungstypologien im Bezirk leisten können.

Der Konzeptansatz soll verdeutlichen, dass für eine qualitative Nachverdichtung die Auseinandersetzung mit Risikofaktoren von Hitzefolgen eine wichtige Aufgabe auf Quartiersebene darstellt, um mit konkreten Anpassungsmaßnahmen entsprechend auf die Vulnerabilität der Räume zu reagieren. Die bauliche Entwicklung von Quartieren wird gegenwärtig und zukünftig nur noch im Rahmen einer resiliente Stadtentwicklung erfolgen können, die die planetaren Grenzen in den Fokus nimmt, wenn die Lebensqualität im urbanen Raum gewahrt werden soll. Besonders im Hinblick auf die bereits bestehende Hitzebelastung und die Prognosen für das Jahr 2050 sowie hinsichtlich der bereits bestehenden hohen baulichen Dichte im Bezirk, ist es in Frage zu stellen, ob eine qualitative Nachverdichtung in dem räumlichen Leitbild vom Bezirk vorgestellten Umfang möglich ist. So scheint es realisierbar, dass einzelne Flächenpotenziale im Kerngebiet mit der Kopplung von Hitzeanpassungsmaßnahmen genutzt werden und auch eine Verdichtung an den äußeren Stadtteilen umgesetzt werden könnte, wenn insbesondere die Frischluftzufuhr durch die Nachverdichtung nicht gefährdet wird. Allerdings scheint es, mit Blick auf die bereits bestehende Hitzebelastung, dass das Erreichen des jährlichen Ziels von 1.050 Wohneinheiten, möglicherweise mit dem Verlust von Lebensqualität in den Räumen einhergehen kann. So besteht bereits jetzt in den innerstädtischen Bereichen ein deutlicher Mangel an Grün- und Freiflächen. Eine weitere umfassende Versiegelung durch eine Nachverdichtung würde zudem zu weiterem Verlust der Flächen und ihrer Kühlwirkung sowie zu steigendem Hitzestress bei der Bevölkerung führen.

Ziel sollte es daher sein, klimatische Lösungsansätze in den Gesamtkontext eines Quartiers einzubetten und mit weiteren funktionalen Anforderungen an den Raum zu koppeln sowie auf Bezirksebene Räume zu vergleichen und gegeneinander abzuwägen. Die Abwägung ermöglicht es herauszufiltern, in welchen Gebieten eine bauliche Verdichtung mit einer einhergehenden bioklimatischen Verbesserung einhergehen kann. Hierbei sind Quartiere für eine Nachverdichtung zu bevorzugen, in denen das Potenzial zur Schaffung von neuen Grün- und Freiflächen besteht, da diese Flächen im urbanen Raum die qualitative Grenze für eine verdichtete Stadt darstellen. So hängen das Stadtklima und die Lebensqualität maßgeblich von diesem Bestand ab. Daher gilt es hier ein ausgewogenes Maß zwischen Dichte und Freiraum zu finden, um resiliente und lebenswerte Städte zu entwickeln. Zudem bergen Flächen wie grüne Räume, öffentliche Plätze und Parks das Potenzial der bioklimatischen Verbesserung und können mehrere Anforderungen im Stadtraum miteinander vereinen. Anpassungsmaßnahmen für hitzeresiliente Quartiere heute in den Fokus zu nehmen ist prioritärer. So

kann die Umsetzung nicht auf den ersten Hieb erfolgen, sondern findet im Rahmen eines längeren Prozesses statt. Dieser Prozess sollte aber heute beginnen, damit bis 2050 die Maßnahmen auf gesamtstädtischer Ebene ihre Wirkung entfalten können.

Wo liegen die Bedarfe in der weiterführenden Forschung?

Im Forschungskontext ist es zukünftig wichtig, die Stadtklimatologie und Stadtplanung weiter zu verzahnen, beiderseits werden geeignete Handlungs- und Gestaltungsmöglichkeiten gebraucht, um den temperaturbedingten Klimafolgen und dem allgemeinen Klimawandel zu begegnen. Die Stadtklimatologie nimmt dabei eine Vermittlungsrolle ein, um ein vertiefendes Verständnis der klimatischen Prozesse in einer Stadt darzustellen und kann besonders in Bezug auf die Effektivität der Klimawirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen einen Beitrag leisten. In diesem Zuge stellt auch die Integration von mikroskaligen Klimamodellen in formelle und informelle Planungsprozesse ein Untersuchungsfeld dar, welches vertiefend betrachtet werden sollte. Insbesondere der Einsatz für Nachverdichtungsmaßnahmen sowie der Informationsgewinn hinsichtlich der Klimawirkung der geplanten Anpassungsmaßnahmen im Planungsprozess stellen hier eine besondere Relevanz hinsichtlich der wachsenden Stadt im Klimawandel dar. Außerdem gilt es weiterhin, konkrete Planwerke für eine angepasste und resiliente Stadtentwicklung, die sowohl Faktoren des Klimawandels als auch soziale Verwundbarkeiten verschiedener Bevölkerungsgruppen berücksichtigen, auf verschiedenen Maßstabsebene auszugestalten und zu erproben. Zudem empfiehlt es sich weiter, geeignete formelle und informelle Instrumente, mit denen Anpassungsmaßnahmen in die Planungsprozesse im Huckepackverfahren integriert werden können, bereitzustellen und zu entwickeln.

8.0 LITERATUR- UND QUELLENVERZEICHNIS

Aktionsplan DAS (2011). Aktionsplan Anpassung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel vom Bundeskabinett am 31. August 2011 beschlossen. Berlin.

An der Heiden M.; Muthers S.; Niemann H.; Buchholz U.; Grabenhenrich L.; Matzarakis A. (2020): Heat-related mortality. An analysis of the impact of heatwaves in Germany between 1992 and 2017. Deutsches Ärzteblatt 2020 (117), 603-609. Abrufbar unter: https://www.aerzteblatt.de/archiv/215293/Hitzebedingte-Mortalitaet [29.11.2021].

An der Heiden, M.; Buchholz, U.; Uphoff, H. (2019): Schätzung der Zahl hitzebedingter Sterbefälle und Betrachtung der Exzess-Mortalität; Berlin und Hessen, Sommer 2018. In: Epidemiologisches Bulletin (23).

An der Heiden, M.; Muthers, S.; Niemann, H.; Buchholz, U.; Grabenhenrich, L.; Matzarakis, A. (2019a): Schätzung hitzebedingter Todesfälle in Deutschland zwischen 2001 und 2015. In: Bundesgesundheitsblatt 62 (5).

Anders, S.; Hauber, G.; Pustal, W. (2018): Handlungsfeld Freiräume und Stadtklima. In: Bott, H.; Grassl, G.C.; Anders, S. (Hrsg.): Nachhaltige Stadtplanung. Lebendige Quartiere, Smart Cities, Resilienz. Zweite Auflage überarbeitet und aktualisiert. Detail Business Information, München.

ARL (2021a): Raumstruktur und Siedlungsstruktur. Abrufbar unter: https://www.arl-net.de/de/lexica/de/raumstruktur-und-siedlungsstruktur [letzter Aufruf 10.12.2021]

ARL (2021a): Raumstruktur und Siedlungsstruktur. Abrufbar unter: https://www.arl-net.de/de/lexica/de/raumstruktur-und-siedlungsstruktur [10.12.2021].

ARL (2021b): Freiraumplanung. Abrufbar unter: https://www.arl-net.de/de/lexica/de/freiraumplanung [letzter Aufruf 10.12.2021]

ARL (2021b): Freiraumplanung. Abrufbar unter: https://www.arl-net.de/de/lexica/de/freiraumplanung [10.12.2021].

Bardt, H.; Biebeler, H.; Haas, H. (2013): Einfluss des Klimawandels auf die deutsche Energieversorgung. In: Wirtschaftsdienst 93 (5), 307–314. Abrufbar unter: https://www.wirtschaftsdienst.eu/inhalt/jahr/2013/heft/5/beitrag/einfluss-des-klimawandels-auf-die-deutsche-energieversorgung.html [29.11.2021].

Baumüller, N. (2018): Stadt im Klimawandel. Klimaanpassung in der Stadtplanung. Grundlagen, Maßnahmen und Instrumente. Doktorarbeit, Universität Kassel, Kassel.

BBSR (2009): Klimawandelgerechte Stadtentwicklung. Wirkfolgen des Klimawandels. BBSR-Online-Publikation 3 (9).

BBSR (2014): Städtebauliche Nachverdichtung im Klimawandel. In: ExWoSt-Information 46 (1).

BBSR (2015): Überflutungs- und Hitzevorsorge durch die Stadtentwicklung. Strategien und Maßnahmen zum Regenwassermanagement gegen urbane Sturzfluten und überhitzte Städte. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.), Bonn.

BBSR (2016): Grün in der Stadt. In: Informationen zur Raumentwicklung (6).

BBSR (2018): Stresstest Stadt – wie resilient sind unsere Städte? Unsicherheiten der Stadtentwicklung identifizieren, analysieren und bewerten. Abrufbar unter: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/sonderveroeffentlichungen/2018/stresstest-stadt.html [10.12.2021].

BBSR (2021): Modellvorhaben Stadt Würzburg. Abrufbar unter: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/exwost/Forschungsfelder/2016/green-urban-labs/modellvorhaben/wuerzburg.html [14.12.2021].

Beatley, T. (2009): Planning for coastal resilience. Best practices for calamitous times. In: Journal of Urban Design 18(1).

Beckmann, G; Dosch, F. (2018): Monitoring der Siedlungsflächenentwicklung. In: Behnisch M., Meinel G., Kretschmer O. (Hrsg.) (2018): Grundlagen der Flächeninanspruchnahme. Auf dem Wege zu einem besseren Verständnis der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung. Springer Spektrum, Berlin.

Beckmann, S.; Happe, M.; Ludes, G. (2015): Klimawandel und städtebauliche Maßnahmen. Machbarkeitsstudie Klimaanpassung Innenstadt Bottrop. In: Fachzeitschrift für Stadt-, Regional- und Landesplanung Planerin 15 (1), 46-47.

Berliner Woche (2016): 100 grüne Orte. Bezirksamt schreibt Wettbewerb aus. Abrufbar unter: https://www.berliner-woche.de/blankenburg/c-kultur/100-gruene-orte-bezirksamt-schreibt-wettbewerb-aus_a106516 [18.12.2021].

Bezirksamt Eimsbüttel (2008): BEP Eimsbüttel 2008. Bezirksentwicklungsplanung. Freie und Hansestadt Hamburg. Abrufbar unter: https://www.hamburg.de/contentblob/80342/e62ad6b1cdc2959ef992b56ca52f4f79/data/bep-broschuere2008.pdf. [28.11.2021].

Bezirksamt Eimsbüttel (2014): Bezirksentwicklungsplanung von 2014-2018. Freie und Hansestadt Hamburg. Abrufbar unter: https://geoportal-hamburg.de/beteiligung_eimsbuettel2040/sites/default/files/public/downloads/Bezirksentwicklungsplan 2014-18.pdf.[28.11.2021].

Bezirksamt Eimsbüttel (2018): Eimsbüttel 2040. Zukunft. Lebenswert. Gestalten. Frei und Hansestadt Hamburg. Abrufbar unter: https://www.hamburg.de/eimsbuettel/eimsbuettel2040/ [28.11.2021].

Bezirksamt Eimsbüttel (2021a): Bezirksentwicklungsplanung von 2021-2026. Freie Hansestadt Hamburg. Abrufbar unter: https://www.hamburg.de/eimsbuettel/bezirksentwicklung/4502944/bezirksentwicklungsplanung/[28.11.2021].

BGV (2019): Demografie-Konzept 2030. Abrufbar unter: https://www.hamburg.de/hamburg2030/[20.11.2021].

Biber, C. (2017): Advanced Urban Trees. How street trees can be part off he solution. An advanced system of urban tree pits tob e included in decentralized stormwater management. Masterarbeit, HafenCity Universität Hamburg, Freie und Hansestadt Hamburg.

Bibliographisches Institut (Hrsg.) (2018): Resistenz, die. Abrufbar unter: https://www.duden.de/rechtschreibung/

Biercamp, N.; Hirschfeld, J.; Mohaupt, F.; Müller, R.; Riosset, P.; Spreter, R., Welling, M.; Wissel, S.; Witzel, M. (2018): Grünflächenmanagement im Kontext von Klimawandel und Biodiversität. Synthesebericht zum Modul I des Projekts Stadtgrün. Abrufbar unter: https://www.ioew.de/fileadmin/user_upload/BILDER_und_Downloaddatei-

en/Publikationen/2018/Stadtgr%C3%BCn Wertsch%C3%A4tzen Modul 1 Synthesebericht.pdf [02.12.2021].

Birkmann, J.; Blätgen, T. (2018): Klimaanpassung, In: ARL (Hrsg.): Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung. Hannover.

Birkmann, J.; Schanze, J.; Müller, P.; Stock, M. (2012): Anpassung an den Klimawandel durch räumliche Planung. Grundlagen, Strategien, Instrumente. In: E-Paper der ARL (13).

Birkmann, J.; Vollmer, M.; Schanze, J. (2013): Raumentwicklung im Klimawandel. Herausforderungen für die räumliche Planung. Forschungsbericht der ARL 2, Hannover.

Bitriol-Frimmel, J. (2020): Technische Maßnahmen zur Reduktion des Urban Heat Island Effekt Theoretischer Vergleich und ausgewählte messtechnische Analysen. Diplomarbeit, Technische Universität Wien, Wien.

BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft) (2012): Die Österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel. Teil 1 – Kontext. Wien.

BMUB (2015): Grün in der Stadt. Für eine lebenswerte Zukunft. Grünbuch Stadtgrün. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau- und Reaktorsicherheit (Hrsg.), Berlin.

BMVBS (Hrsg.) (2011): Klimawandelgerechte Stadtentwicklung. Ursachen und Folgen des Klimawandels durch urbane Konzepte begegnen. Forschungen Heft 149. Bonn.

Bogner, A.; Littig, B.; Menz, W. (2014): Interviews mit Experten. Eine praxisorientierte Einführung. Springer Fachmedien, Wiesbaden.

Böhm, J.; Böhme, C.; Bunzel, A.; Kühnau, C.; Landua, D.; Reinke, M. (2016). Urbanes grün in der doppelten Innenentwicklung. Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.), Bonn-Bad Godesberg.

Bongardt, B. (2005): Stadtklimatologische Bedeutung kleiner Parkanlagen dargestellt am Beispiel des Dortmunder Westparks. Dissertation, Universität Duisburg-Essen, Duisburg, Essen.

Brasseur, G. P.; Jacob, D.; Schuck-Zöller, S. (Hrsg.) (2017): Klimawandel in Deutschland. Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. Springer Spektrum, Berlin Heidelberg.

Bruse, M. (2009): Stadtlandschaft im Klimawandel - zu den Grundlagen des städtischen Mikroklimas Stadt und Landschaft. In: Collinet, H.-D.; Pesch, F. (2009): Stadt und Landschaft. Essen.

Brüstle, M. A. (2015): Resilienz - ein Überblick. Abrufbar unter: https://ofpg.ch/wp-content/uploads/Ueberblick-Resilienz_M.A.Bruestle2015.pdf [10.12.2021].

BSU (2013): Mehr Stadt in der Stadt. Chancen für mehr urbane Wohnqualität in Hamburg. Abrufbar unter: htt-ps://www.hamburg.de/stadtplanung/4126904/fachkonferenz/ [28.11.2021].

BSW (2020): Leitlinien zur lebenswerten kompakten Stadt. Das "Hamburger Maß". Abrufbar unter: https://www.hamburg.de/hamburger-mass/13910776/hamburger-mass/ [09.12.2021].

BUKEA (2012): Stadtklimatische Bestandsaufnahme und Bewertung für das Landschaftsprogramm Hamburg.

Klimaanalyse und Klimawandelszenario 2050. Abrufbar unter: https://www.hamburg.de/contentblob/3957522/b3ca0bd3483c0397fdf1a87ce4e1846a/data/gutachten-stadtklima.pdf [15.11.2021].

BUKEA 2017: Bodenversiegelungskarte. Online Abrufbar unter: https://www.hamburg.de/boden/135300/versiegelung/ [22.12.2021]

BUKEA (2018): Analyse der klimaökologischen Funktionen und Prozesse für die Freie und Hansestadt Hamburg. Abrufbar unter: https://www.hamburg.de/contentblob/12360294/e9aa325cb135d94e962630c74524c627/data/d-dokumentation-klimaanalyse-2017.pdf [15.11.2021].

BUKEA (2019a): Erste Fortschreibung des Hamburger Klimaplans. Abrufbar unter: https://www.hamburg.de/contentblob/13287332/bc25a62e559c42bfaae795775ef1ab4e/data/d-erste-fortschreibung-hamburger-klimaplan. pdf [23.22.2021].

BUKEA (2019b): Geoportal Hamburg. Abrufbar unter: https://geoportal-hamburg.de/geo-online/ [15.11.2021].

BUKEA (2019c): Online-Baumkataster. Straßenbäume online. Abrufbar unter: https://www.hamburg.de/strassenbaeume-online-karte/ [02.11.2021].

BUKEA (2020): Das Landschaftsprogramm. Stand 2020. Abrufbar unter: https://www.hamburg.de/contentblob/3910764/78cd4e4f74021e884173c8cafc3eb3fa/data/das-landschaftsprogramm-20000.pdf [23.11.2021].

BUKEA (2021a): Senat beschließt Vertrag für Hamburg Stadtgrün. Abrufbar unter: https://www.hamburg.de/pressearchiv-fhh/15204244/2021-06-22-bukea-vertrag-fuer-hamburgs-stadtgruen/ [12.12.2021].

BUKEA (2021b): Eimsbüttel Unnapark. Abrufbar unter: https://www.hamburg.de/parkanlagen/3118180/unnapark/ [02.12.2021].

BUKEA (2021c): Leitstelle Klima. Abrufbar unter: https://www.hamburg.de/klima/4358412/leitstelle-klima-hh/[12.12.2021].

Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel - vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen. Berlin.

Bundesregierung (2011): Aktionsplan Anpassung der deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Berlin.

Bundesregierung (2020): Zweiter Fortschrittsbericht zur deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Abrufbar unter: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimawandel_das_2_fortschrittsbericht bf.pdf [15.11.2021].

Bundeszentrale für politische Bildung (bpb) (2021): Infrastruktur. Das Lexikon der Wirtschaft. Abrufbar unter: htt-ps://www.bpb.de/nachschlagen/lexika/lexikon-der-wirtschaft/19727/infrastruktur [10.12.2021].

Bürkner, H.-J. (2010): Vulnerabilität und Resilienz. Forschungsstand und sozialwissenschaftliche Untersuchungsperspektiven. Leibniz-Institut für Regionalplanung und Strukturplanung, Erkner.

Christmann, G.; Kilper, H.; Ibert, O. (2016): Die resiliente Stadt in den Bereichen Infrastrukturen und Bürgergesellschaft. Berlin: Forschungsforum öffentliche Sicherheit. In: Schriftenreihe Sicherheit Nr. 19.

Davoudi, S.; Brook, E.; Mehmood, E. (2013): Evolutionary Resilience and Strategies for Climate Adaptation.

De Flander, K.; Hahne, U.; Kegler, H.; Lang, D.; Lucas, R.; Schneidewind, U.; Simon, K.-H.; Singer-Brodowski, M.; Wanner, M.; Wiek, A. (2014): Resilienz und Reallabore als Schlüsselkonzepte urbaner Transformationsforschung Zwölf Thesen. In: GAIA 23 (3), 284 – 286. Abrufbar unter: https://epub.wupperinst.org/frontdoor/index/index/year/2014/docld/5614 [10.12.2021]

De Vries S.; Verheij R. A.; Groenewegen P.P.; Spreeuwenberg P. (2003): Natural environments – healthy environments? In: Environment and Planning, Vol. 35 (1), 1717-1731.

Dettmar, J.; Pfoser, N.; Sieber, S. (2016): Gutachten Fassadenbegrünung. Gutachten über quartiersorientierte Unterstützungsansätze von Fassadenbegrünungen für das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz (MKUNLV) NRW. Technische Universität Darmstadt, Darmstadt.

Dickhaut, W.; Eschenbach, A. (Hrsg.) (2019): Entwicklungskonzept Stadtbäume. Anpassungsstrategien an sich verändernde urbane und klimatische Rahmenbedingungen. HafenCity Universität Hamburg.

Dlandstudios (2021): Edgar Plaza. Abrufbar unter: https://dlandstudio.com/Edgar-Plaza-NY [12.12.2021].

DWD (2021): Deutscher Klimaatlas. Abrufbar unter: https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas node.html. [letzter Aufruf: 06.12.2021].

Emscher Regen (2021): Regenwasserprojekte in der Emscher Region. Abrufbar unter: https://emscher-regen.de/fileadmin/web/files/downloads/publikationen/Raumplanung_mit_der_Zukunftsvereinbarung_Regenwasser.pdf [18.06.2021].

Endlicher, W. (2012): Einführung in die Stadtökologie. Grundzüge des urbanen Mensch-Umwelt-Systems. Ulmer UTB, Stuttgart.

ESKP (Earth System Knowledge Platform) (2021): Klimawandel: Bäume in der Stadt. Abrufbar unter: https://www.eskp.de/klimawandel/stadtbaeume-935846/ [26.11.2021].

Fekkak, M.; Fleischhauer, M.; Greiving, S.; Lucas, R.; Schinkel, J.; Von Winterfeld, U. (2016): "Resiliente Stadt – Zukunftsstadt". Abrufbar unter: https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docld/6614/file/6614_Resiliente_Stadt.pdf [12.12.2021].

Fichter, K.; Stecher, T. (2011): Wie Unternehmen den Folgen des Klimawandels begegnen. Chancen und Risiken der Anpassung an den Klimawandel aus Sicht von Unternehmen der Metropolregion Bremen-Oldenburg. Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Oldenburg.

Freie und Hansestadt Hamburg (1997): Landschaftsprogramm einschließlich Artenschutzprogramm. Gemeinsamer Erläuterungsbericht. Freie Hansestadt Hamburg. Abrufbar unter: https://www.hamburg.de/landschaftsprogramm/ [28.11.2021].

Freie und Hansestadt Hamburg (2018): Die Stadt im Wandel. Bericht zur demographischen Entwicklung in Hamburg 2018. Abrufbar unter: https://www.hamburg.de/contentblob/13380202/5ce3ac10fe09044e3c-

52b4e6c8e9c244/data/monitoring-bericht.pdf (letzter Aufruf: 19.05.2021).

Freie und Hansestadt Hamburg (2021a): Gründachstrategie. Es wird grün auf Hamburgs Dächern. Abrufbar unter: https://www.hamburg.de/gruendach-hamburg/4364586/gruendachstrategie-hamburg/ [06.10.2021].

Freie und Hansestadt Hamburg (2021b): Das Landschaftsprogramm. Abrufbar unter: https://www.hamburg.de/landschaftsprogramm/ [23.11.2021].

Freie und Hansestadt Hamburg (2021d): Vertrag für Hamburgs Stadtgrün. Abrufbar unter: https://www.hamburg.de/contentblob/15204460/4d8624d883d33298da0ed8bc15384e50/data/vertrag-hamburgs-gruen.pdf [22.11.2021].

Freie und Hansestadt Hamburg (2021e): Krankenhaus im Bezirk Eimsbüttel. Abrufbar unter: https://www.hamburg.de/branchenbuch/hamburg/bezirk-eimsbuettel/10233196/n0/ [11.11.2021].

Freie und Hansestadt Hamburg (2021f): Platz ohne Namen (Glücksburger Platz). Abrufbar unter: https://www.hamburg.de/oeffentliche-plaetze/13508668/platz-ohne-namen-gluecksburger-platz/ [15.11.2021].

Frerichs, S.; Küpper, C.; Noky, B.; Simon, A.; Adrian, L.; Bunzel, A.; Pätzold, R.; Rakel, M. (2018): Umwelt- und Aufenthaltsqualität in kompakt-urbanen und nutzungsgemischten Stadtstrukturen. Analysen Fallbeispiele, Handlungsansätze unter Nutzung und Weiterentwicklung des Bauplanungs- und Umweltrechts. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau Roßlau.

Fuchs, S.; Keiler, M. (2016): Vulnerabilität und Resilienz – zwei Komplementäre im Naturgefahrenmanagement? In: Fekete, A.; Hufschmidt, G. (Hrsg.): ATLAS Verwundbarkeit und Resilienz, 50-51.

Fuller, R. A.; Gaston, K. J. (2009): The scaling of green space coverage in European cities. In: Biology letters 5 (3): 352-355. DOI: 10.1098/rsbl.2009.0010.

Füssel, H.-M.; Klein, R. J. T. (2006): Climate Change Vulnerability Assessments: An Evolution Of Conceptual Thinking. In: Climatic Change 75, 301-329.

Ganz Hamburg (2021): Hamburgs Sommergärten, zum dritten Mal blüht die City auf. Abrufbar unter: htt-ps://www.ganz-hamburg.de/stadtleben/hamburgs-sommergaerten-zum-dritten-mal-blueht-die-city-auf.html [14.12.2021].

Gartland, L. (2008): Heat Islands – Understanding and Mitigating Heat in Urban Areas. Routledge, London UK.

Godschalk, D. R. (2003): Urban Hazard Mitigation: Creating Resilient Cities.In: Natural Hazards Review 4 (3), 136 - 143.

Goldbach, A.; Kuttler, W. (2013): Quantification of turbulent heat fluxes for adaptation strategies within urban planning. In: International Journal of Climatology (33), 43-159.

Grams, A. (2015): Spielräume für Dichte. Der Innenentwicklungskompass als problemorientierte Methode für Verdichtung in kleinen und mittleren Gemeinden. Doktorarbeit. Publikationsreihe des Instituts für Raum und Landschaftsentwicklung IRL 8. Abrufbar unter: https://doi.org/10.3929/ethz-a-010587273 [10.12.2021].

Grawe, D. (2021): So müssen sich Städte an den Klimawandel anpassen. Abrufbar unter: https://www.sr.de/sr/home/nachrichten/tw2021_stadt_land_wandel_klimaschutz_und_klimaanpassung_in_staedten_100.html [15.11.2021].

Greiving, S. (2018): Resilienz, Robustheit. Akademie in der Raumentwicklung und in der Leibniz Gemeinschaft (ARL) (Hrsg), Hannover.

Grossmann, L.; Sinning, H. (2020): Cool Down Cities. Wie Städte bei Hitze herunterkühlen und bewohnerorientierte Klimaanpassungen urbane Transformationen bewirken. In: Forum Wohnen und Stadtentwicklung (1), 41-46.

Gstach, D. (2016): Hitzefrei? Auf der Suche nach der klimaoptimalen Stadtstruktur zwischen Dichte und Durchgrünung. In: Informationen zur Raumentwicklung (6), 661-674.

Hahn, T.; Franck, G. (2014): Neue Wiener Dichte. Sonderzahl, Wien.

Henninger, S.; Weber, S. (2019): Stadtklima. Verlag Ferdinand Schöningh, Paderborn.

Herrle, P.; Fokdal, J. (2018): Urbanisierung. In: ARL (Akademie für Raumforschung und Landesplanung) (Hrsg.) (2018): Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung, ISBN 978-3-88838-559-9, ARL - Akademie für Raumforschung und Landesplanung, 2739-2753.

HLNUG (2019): Kommunale Klimaanpassung. Hitze und Gesundheit. Ein Methodenbaukasten. Hg. v. Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie und Fachzentrum Klimawandel und Anpassung. Wiesbaden.

Hoffmann, E.; Rotter, M.; Welp, M. (2009): Arbeitspapier zur Vorbereitung des Stakeholderdialogs zu Chancen und Risiken des Klimawandels - Verkehrsinfrastruktur -. Umweltbundesamt (UBA), Berlin, Eberswalde.

Hoffmann, N. (2017): Dokumentenanalyse in der Bildungs- und Sozialforschung. Überblick und Einführung. Beltz Juventa, Weinheim Basel.

Holling, C. S. (1973): Resilience and Stability of Ecological Systems. In: Annual Review of Ecology and Systematics 4, 1-23.

Homagk, L.M. (2019): Urbane Resilienz. Ein brauchbares Konzept für die Steuerung der Stadtentwicklung? Diplomarbeit. Technische Universität Wien, Wien.

HVV (Hamburger Verkehrsverbund) (2021): Netz- und Tarifpläne. Abrufbar unter: https://www.hvv.de/de/plaene [17.11.2021].

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007): Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 7-22.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2014): Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and sectoral aspects. Contribution of working group II to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York, USA.

Jacob-Funck, J. (2017): Begrünte Fassaden. Wie erfolgt die Stadtplanung sie mit ihren Instrumenten? Masterarbeit, HafenCity Universität, Hamburg, Hamburg.

Jacoby, C. (2013): Integration einer Klimafolgenabschätzung in die Umweltprüfung zum Flächennutzungsplan am Beispiel der Flächennutzungsplanung mit integrierter Landschaftsplanung der Stadt Regensburg. Abrufbar unter: https://www.klimastadtraum.de/SharedDocs/Downloads/Veroeffentlichungen/Modellprojekte/ExWoSt/Regensburg%20Leitfaden%20Integration.pdf? blob=publicationFile&v=2 [12.12.2021].

Jendritzky, G.; Grätz, A. (1998): Human bioclimatological questions and solutions in applied urban climatology. In: Proceedings of the 2nd Japanese-German Meeting, "Klimaanalyse für die Stadtplanung", Research Center for Urban Safety and Security, Kobe University, Special Report, 1.

Jentgens, A.; Welters, H. (2014): Städtebauliche Nachverdichtung im Klimawandel. Protokoll zum Fachgespräch am 26. Juni 2014 zum Forschungsprogramm ExWoSt des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung. Dortmund: Post-Welters Architekten & Stadtplaner GmbH.

Jessen, J. (2018): Leitbilder der Stadtentwicklung. In: ARL (Hrsg.) (2018): Handwörterbuch der Stadt und Raumentwicklung. Hannover 2018. Abrufbar unter: https://shop.arl-net.de/media/direct/pdf/HWB%202018/Leitbilder%20der%20Stadtentwicklung.pdf [15.10.2021].

Jolk, A. K.; Langel, N.; Völker, V.; Willen, L., (2015): KommAKlima. Kommunale Strukturen, Prozesse und Instrumente zur Anpassung an den Klimawandel im den Bereichen Planen, Umwelt und Gesundheit. Hinweise für Kommunen, Klimaanpassung in der Kommune organisieren und strukturieren- Ergebnisse einer Werkstattreihe in den Themenschwerpunkten Planen und Bauen sowie Umwelt und Natur. Deutsches Institut für Urbanistik (Difu) (Hrsg.), Köln.

Jolke, A.-K. (2021): So müssen sich Städte an den Klimawandel anpassen. Abrufbar unter: https://www.sr.de/sr/home/nachrichten/tw2021_stadt_land_wandel_klimaschutz_und_klimaanpassung_in_staedten_100.html [15.11.2021].

Kampusch, V. (2018): Grün findet Stadt. Potentiale und Barrieren für grüne Infrastrukturen in urbanen Gebieten am Beispiel Wien. Masterarbeit, Technische Universität Wien.

Kegler, H. (2014): Resilienz. Strategien & Perspektiven für die widerstandsfähige und lernende Stadt. In: Neitzke, Peter (Hrsg.) (2014): Bauwelt Fundamente, (151). Bauverlag, Berlin/Güthersloh.

Kemen J.; T. Kistemann (2019): Der Einfluss urbaner Hitze auf die menschliche Gesundheit. In: Lozán, J. L. S.; Breckle, W.; Graßl, H.; Kuttler, W; Matzerakis, A. (Hrsg.) (2019): Warnsignal Klima: Die Städte. Abrufbar unter: www.klimawarnsignale.uni-hamburg.de [29.11.2021].

Kleerekoper, L.; von Esch, M.; Salcedo, T.B. (2012): How to make a city climate-proof, addressing the urban heat island effect. In:Resources, Conservation and Recycling (64), 30–38.

Knieling, J.; Kretschmann, N.; Kunert, L.; Zimmermann, T. (2012): Klimawandel und Siedlungsstruktur: Anpassungspotenzial von Leitbildern und Konzepten, In: neopolis working paper no. 12, urban and regional studies, HafenCity Universität Hamburg.

Köglberger, S. (2016): Die Geschichte der Nachverdichtung am Beispiel Wien. Die Geschichte der Nachverdichtung am Beispiel Wien. Diplomarbeit, Technische Universität Wien.

Kötter, T.; Müller-Grunau, S.; Freudenberg, J.; Huttenloher, C. (2018): Planspiel zur Einführung einer "Innenentwicklungsmaßnahme" ("Innenentwicklungsmaßnahmengebiet") in das Baugesetzbuch. BBSR (Hrsg.), Bonn.

Krispel, S.; Peyerl, M.; Weihs, P.; Maier, G. (2017): Urban Heat Islands. Reduktion von innerstädtischen Wärmeinseln. In: Bauphysik 39 (1), 33-40.

Krug, A.; Mücke, H.-G. (2018): Auswertung hitze-bezogener Indikatoren als Orientierung der gesundheitlichen Belastung. In: UMID: Umwelt und Mensch - Informationsdienst (2), 67–79.

Kuhlicke, C. (2018): Resiliente Stadt. In: Rink, D., Haase, A. (Hrsg.) (2018): Handbuch Stadtkonzepte. Verlag Barbara Budrich, Opladen.

Kühn, N.; Gillner, S. (2017): Die Bedeutung ökologischer Prozesse für die Erhaltung historischer Gärten. In: N. Kühn, S. Gillner, A. Schmidt-Wiegand (Hrsg.) (2017): Gehölze in historischen Gärten im Klimawandel. Transdisziplinäre Ansätze zur Erhaltung eines Kulturguts. – Landschaftsentwicklung und Umweltforschung 131.

Kühn, N.; Gillner, S.; Schmidt-Wiegand, A. (Hrsg.) (2017): Gehölze in historischen Gärten im Klimawandel. Transdisziplinäre Ansätze zur Erhaltung eines Kulturguts. Universitätsverlag der Technischen Universität Berlin, Berlin.

Kuttler, W. (2004a): Stadtklima. Teil 1: Grundzüge und Ursachen. In: Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung 16 (3), 187-199.

Kuttler, W. (2004b): Stadtklima Teil 2: Phänomene und Wirkungen. Beitragsserie: Klimaänderung und Klimaschutz. In: Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung 16(4), 263-274.

Kuttler, W. (2010): Handlungsleitfaden Verbesserung des Stadtklimas. Netzwerk- und Forschungsprojekt dynaklim. Universität Duisburg-Essen.

Kuttler, W. (2011): Klimawandel im urbanen Bereich, Teil 2, Maßnahmen. In: Environmental Sciences Europe, 23.

Kuttler, W. (2013). Klimatologie (2. Auflage). Schöningh, Paderborn, München, Wien, Zürich.

Kuttler, W. (2018): Hitzewellen in großen Städten: Folgen für die Gesundheit und Gegenmaßnahmen. In: J. L. Lozán, S.-W. Breckle, H. Graßl, D. Kasang, R. Weisse (Hrsg.) (2018): Warnsignal Klima. Extremereignisse, 76–82.

Lampert, M. (2011). Coole Plätze. Historische Vorbilder, aktuelle Trends. Beiträge der Landschaftsarchitektur zur Anpassung an den Klimawandel. In: Böcker, Reinhard (Hrsg.): Die Natur der Stadt im Wandel des Klimas. Eine Herausforderung für Ökologie und Planung. Schriftenreihe des Kompentenznetzwerkes Stadtökologie CONTU-REC 4 (2011), 127-136.

Lee, H.; Mayer, H. (2019): Planerische Maßnahmen zur Reduzierung von lokalem Hitzestress für Menschen. In: Lozán J. L. S.-W. Breckle, H. Grassl, W. Kuttler & A. Matzarakis (Hrsg.): Warnsignal Klima: Die Städte. 263-268.

Lemonsu, A.; Viguié, V.; Daniel, M.; Masson, V. (2015): Vulnerability to heat waves: Impact of urban expansion scenarios on urban heat island and heat stress in Paris (France). In: Urban Climate, Vol. 14 (4), 586-605.

LGV (2021): Geoportal Hamburg. Abrufbar unter: https://geoportal-hamburg.de/geo-online/ [15.11.2021].

Lin, P.; Lau, S.; Qin, H.; Gou, Z. (2018): Effects of urban planning indicators on urban heat island: a case study of pocket parks in high-rise high-density environment. In: Landscape and Urban Planning, Vol. 168, 48-60.

Lozán, J. L., Breckle, S.-W.; Graßl, H.; Kasang, D.; Matzarakis, A. (2019): Die Städte im Klimawandel. In: Lozán, J. L., Breckle, S.-W.; Graßl, H.; Kasang, D.; Matzarakis, A. (Hrsg.) (2019): Warnsignal Klima: Die Städte, 11-20.

LUBW (Hrsg.) (2012): Klimawandel in Baden-Württemberg. Fakten – Folgen – Perspektiven. Karlsruhe. Abrufbar unter: https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Klima/Klimawandel_in_Baden-Wuerttemberg.pdf [29.11.2021]

Marktl W.; Koch E.; Muthers S.; Matzarakis A. (2010): Klima beeinflusst Mortalität. In: Österreichische Ärztezeitung 10, 64-69.

Mathey, J.; Rößler, S.; Lehmann, I.; Bräuer, A. (2012): Anpassung an den Klimawandel durch Stadtgrün - klimatische Ausgleichspotenziale städtischer Vegetationsstrukturen und planerische Aspekte. In: Bericht zur Tagung ""Nachhaltiges Flächenmanagement von Industrie- und Gewerbebrachen"" im Rahmen des INTERREG IVC-Projektes. Lehr- und Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein, Irning. 17-20.

Mathey, J.; Rößler, S.; Lehmann, I.; Bräuer, A.; Goldberg, V.; Kurbjuhn, C.; Westbeld, A. (2011): Noch wärmer, noch trockener? Stadtnatur und Freiraumstrukturen im Klimawandel. Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.), Bonn-Bad Godesberg.

Matzarakis, A.; Mayer, H.; Iziomon, M. G. (1999: Applications of a universal thermal index. Physiological equivalent temperature, In: Journal of Biometeorology 43(2), 76-84.

Mayer, H.; Beckröge, W.; Matzarakis, A. (1994). Bestimmung von stadtklimarelevanten Luftleitbahnen. UVP-Report (5), 265-268.

Mittermüller, J. (2020): Urbaner Hitzestress. Nachhaltige Stadtentwicklung und individuelle Klimaanpassung. In: Neumann, T.; Ziesler, U.; Teich, T. (Hg.) Kooperation und Innovation für eine nachhaltige Stadtentwicklung. Springer Spektrum, Wiesbaden. 179-188.

Moser, A.; Rötzer, T.; Pauleit, S.; Pretzsch, H. (2018): Stadtbäume: Wachstum, Funktionen und Leistungen – Risiken und Forschungsperspektiven. In: Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 5(6).

Müller, N. (2013): Stadtklimatische Adaptionsmaßnahmen in Oberhausen vor dem Hintergrund des globalen Klimawandels. Dissertation. Westarp Verlag, Hohenwarsleben.

MVI BW (2012): Städtebauliche Klimafibel. Hinweise für die Bauleitplanung. Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg (Hrsg.), Stuttgart.

Open Street Map (2021): Open Street map. Abrufbar unter: https://www.openstreetmap.org/#-map=11/53.5688/9.9941 [16.11.2021].

Pauleit, S.; Zölch, T.; Reischl, A.; Rahman, M.; Rötzer, T. (2020): Cool durch grüne Infrastruktur. Die Potenziale des Stadtgrüns zur städtischen Klimawandelanpassung. In: Transforming Cities 3, 60-65.

Pfanner, B. (2020): Urbane grüne und blaue Infrastruktur im Straßennetzwerk als Mittel zur Klimawandelanpassung. Strategische Weichenstellung für eine klimasensitive Straßenplanung für den zweiten Wiener Gemeindebe-

zirk Leopoldstadt. Bachelorarbeit, Technische Universität Wien, Wien.

Rasehorn, A. (2021): Urbane Hitzeinseln. Maßnahmen zum Schutz und zur Anpassung an das Stadtklima und den Klimawandel. Resistenz [09.12.2021].

Riechel, R. (2021): Räumliche Dimensionen der Zukunftsstadt. Integrierte Perspektiven auf bauliche Strukturen und Freiräume. Gröschel Branding GmbH, Berlin.

Rößler, S. (2010): Grün ist nicht gleich Grün. In: Garten + Landschaft (4), 16-19.

Rotter, M.; Glahe, J.; Hoffmann, E. (2011): Klimawandel: Was kommt zukünftig auf die Verkehrsbranche zu? Der Nahverkehr. Abrufbar unter: https://www.baufachinformation.de/klimawandel-was-kommt-kuenftig-auf-die-verkehrsbranche-zu-neben-vermeidung-ist-anpassung-gefragt/z/2013079017577 [18.10.2021].

Rüdiger, A. (2018): Klimawandelgerechte Strategien als Baustein einer integrierten Stadtentwicklung. In: Baumgart, S.; Köckler, H.; Ritzinger, A.; Rüdiger, A. (Hrsg.) (2018): Planung für gesundheitsfördernde Städte. ARL, Hannover.

Sachsen, T. G. (2013): Die Wirkung von Vegetation in randstädtischen Luftleitbahnen. Studien zur Kaltluft in der Stadt Aachen. Dissertation. Dissertation, Technischen Hochschule Aachen, Aachen.

Sander, J. (2015): Der Klimabaumkatalog. Stressresistenz, Gesundheit, Zukunft für Stadt und Land. E. Sander GmbH, Tornesch.

Sandholz, S.; Sett, D. (2019): Erfahrungen und Bedarfe von Akteuren der Stadtplanung im Hinblick auf Vulnerabilität gegenüber Hitzestress. Ergebnisse einer Haushalts-Umfrage zum Hitzeempfinden in Bonn. In: Zures Working Paper 2(8).

Schätz, K. (2012): Computergestützte Simulation der thermischen Effekte von Baumpflanzungen In: Stadt Nürnberg (Hrsg.): Handbuch Klimaanpassung. Bausteine für die Nürnberger Anpassungsstrategie. Umweltamt Stadt Nürnberg, Nürnberg.

Schröer, A.; Drittenpreis, J.; Riemer, H. (2013): Behutsamkeit für die Nachkriegsmoderne. Strategien der Stadterneuerung in den Wohnsiedlungen der 1950er Jahre. In: Altrock, U.; Kunze, R.; Schmitt, G.; Schubert, D. (Hrsg.): Jahrbuch Stadterneuerung 2013. Das Ende der Behutsamkeit? Universitätsverlag der TU Berlin, Berlin.

Schubert, M. (1998): Nachverdichtung in Städten. Ermittlung von Nachverdichtungspotentialen am Beispiel der Stadt Regensburg. Bayreuth.

Schumann, S. (2018): Quantitative und qualitative empirische Forschung. Ein Diskussionsbeitrag. Springer Fachmedien, Wiesbaden.

Smith, C.; Levermore, G. (2008): Designing urban space and buildings to improve sustainablity and quality of life in a warmer world. In: Energy Policy 36 (12).

Stadt Berlin (2016): Stadtentwicklungsplan Klima. Klimaanpassung in der Wachsenden Stadt. Abrufbar unter: htt-ps://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/stadtentwicklungsplanung/download/klima/step_klima_broschuere.pdf [05.05.2021].

Stadt Berlin (2018): Stadtentwicklungsplan Klima KONKRET. Klimaanpassung in der wachsenden Stadt.

Stadt Bochum (2017): Klimaanpassung im Quartier am Beispiel des Ostparks in Bochum.

Stadt Freiburg im Breisgau (2019): Klimaanpassungskonzept. Ein Entwicklungskonzept für das Handlungsfeld "Hitze". Stadt Freiburg in Breisgau (Hrsg.). Abrufbar unter www.freiburg.de/klimaanpassungskonzept [15.11.2021].

Stadt Karlsruhe (2019): Förderprogramm zur Begrünung von Höfen, Dächern und Fassaden in Karlsruhe. Abrufbar unter: https://www.karlsruhe.de/b3/freizeit/gruenflaechen/hdf/HF_sections/content/ZZjX4eDHKAkwkA/ZZkv-k5N7QOf5zr/2019-foerderprogramm-hoefe_19-0437.pdf [09.12.2021].

Stadt Karlsruhe (2021): Städtebaulicher Rahmenplan Klimaanpassung. Anpassungskomplex "Hitze". Abrufbar unter: https://www.karlsruhe.de/b3/bauen/projekte/klimaanpassung.de [14.12.2021].

Stadt Lüneburg (2019): Stadtklimaanalyse Lüneburg. Abrufbar unter: https://www.hansestadtlueneburg.de/Portal-data/43/Resources/dokumente/bauen,_umwelt,_energie/klimagutachten/Praesentation_Stadtklimaanalyse_Lueneburg 2018-08-27.pdf [06.12.2021].

Stadt Wien (2021): Esterházypark. Abrufbar unter: https://www.wien.gv.at/umwelt/parks/anlagen/esterhazy.html [12.12.2021].

Stadtschreiber, F. (2017): Hitze in der Stadt. Ausrichtung der Planungsinstrumente auf den Umgang mit sommerlicher Hitze. Dissertation, Technische Universität Wien.

Statistikamt Hamburg Nord 2019: Bevölkerung in den Hamburger statistischen Gebieten. Hamburg

Statistikamt Nord (2020): Bevölkerung in den Hamburger Stadtteilen. Stand November 2020. Nr. 163/2021. Abrufbar unter: https://www.statistik-nord.de/zahlen-fakten/hamburger-melderegister/bevoelkerungsstand/dokumentenansicht/bevoelkerung-in-den-hamburger-stadtteilen-2020-63421

Statistikamt Nord (2021): Meine Region. Regionaldaten für Schleswig-Holstein und kleinräumige Daten für Hamburg. Abrufbar unter: https://region.statistik-nord.de/ [11.11.2021].

Steul, K.; Jung, H.-G.; Heudorf, U. (2019): Hitzeassoziierte Morbidität: Surveillance in Echtzeit mittels rettungs-dienstlicher Daten aus dem Interdisziplinären Versorgungsnachweis (IVENA). In: Bundesgesundheitsblatt 62 (5).

Stiftung Die Grüne Stadt (Hrsg.) (2014): Bäume in der Stadt. Wertvolle Gestalten im öffentlichen Grün. Bad Honnef: Stiftung Die Grüne Stadt.

Süßbauer, E. (2016): Klimawandel als widerspenstiges Problem. Eine soziologische Analyse von Anpassungsstrategien in der Stadtplanung. Springer VS, Berlin.

Takano T., Nakamura K., Watanabe M. (2002): Urban residential environments and senior citizens' longevity in mega-city areas: The importance of walkable green space. In: Journal of Epidemiology & Community Health, Vol. 56 (12).

Tanaka A.; Takano T.; Nakamura K.; Takeuchi S. (1996): Health levels influenced by urban residential conditions in a megacity – Tokyo. In: Urban Studies 33, 879-894.

Thommen Dombois, O.; Braun-Fahrländer, C. (2004): Gesundheitliche Auswirkungen der Klimaänderung mit Relevanz für die Schweiz. BUWAL, BAG. Abrufbar unter: https://nanopdf.com/download/gesundheitliche-auswirkungen-der-klimanderung-mit-relevanz-fr_pdf [09.08.2021].

Trapp, J.; Winker, M. (Hrsg.) (2020): Blau-grün-graue Infrastrukturen vernetzt planen und umsetzen. Ein Beitrag zur Klimaanpassung in Kommunen. Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH, Berlin.

UBA (2017): Leitfaden für Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsanalyse. Empfehlungen der Interministriellen Arbeitsgruppe Anpassung an den Klimawandel der Bundesregierung. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

UBA (2019): Innenentwicklung in städtischen Quartieren: Die Bedeutung von Umweltqualität, Gesundheit und Sozialverträglichkeit. Dessau-Roßlau. Abrufbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/publikationen [09.12.2021].

UBA (2020): Risiken und Verwundbarkeit. Abrufbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/folgen-des-klimawandels/risiken-handlungsbedarfe#konzept-der-vulnerabilitat [22.12.2021]

UBA (2021a): Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland. Teilbericht 4: Risiken und Anpassung im Cluster Infrastruktur. Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. In: Climate Change 23.

UBA (2021b): Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland. Teilbericht 5: Risiken und Anpassung in den Clustern Wirtschaft und Gesundheit. Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. In: Climate Change 23.

UN-Habitat (2011): Cities and climate change: global report on human settlements 2011. London. Washington: United Nations Human Settlements Programme.

Verband Region Stuttgart (2016): Klima. Stadt. Wandel. Strategien und Projekte für die Klimaanpassung in der Region Stuttgart.

Walz, Ulrich (o.J.): Indikatorenbasierte Bewertung der Freiraumentwicklung. Abrufbar unter: http://www2.

ioer.de/recherche/pdf/2009 walz beitrag monitor buch shaker.pdf [04.05.2015]

Welt (2021): Die Sahara-Hitze erreicht den Norden. Veröffentlicht am 17.06.2021. Abrufbar unter: https://www.welt.de/regionales/hamburg/article231892879/Hitze-Erste-Hitzewelle-des-Jahres-Sahara-Luft-erreicht-den-Norden.html [09.12.2021].

Welters, H. (2016): Städtebauliche Nachverdichtung im Klimawandel. In: Klimaschutz und Fläche. Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (Difu), Köln, 34-39.

Wienert, U.; Walter, A. (2011): Klimawandel und Bauen. In: DWD (Deutscher Wetterdienst) (2011): Klimastatusbericht 2011. Auswirkungen von Klimaänderungen für die Bauwirtschaft.

Willen, L. (2020): Urbanes Grün – der Wert von Stadtgrün. In: Breckner, I.; Göschel, A.; Mattiesen, U. (Hrsg.) (2020): Stadtsoziologie und Stadtentwicklung. Handbuch für Wissenschaft und Praxis. Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden.

Winker, M.; Deffner, J.; Frick-Trzebitzky, F.; Schramm, E. (2019a): Städtisches Grün unter Druck – Potenziale alternativer Wasserquellen für die Anpassung der grünen Infrastruktur an den Klimawandel. Stadt + Grün 68(5).

Winker, M.; Frick-Trzebitzky, F.; Matzinger, A.; Schramm, E.; Stieß, I. (2019b): Die Kopplungsmöglichkeiten von grünen, grünen und blauen Infrastrukturen mittels raumbezogener Bausteine. Deutsches Institut für Urbanistik GmbH, Berlin.

Wood, A.; Bahrami, P.; Safrik, D. (2014): Green Walls in High-Rise Buildings. An output of the CTBUH Sustainability Working Group on Tall Buildings and Urban Habitat. Chicago.

Zacharias, S.; Koppe, C. (2015): Einfluss des Klimawandels auf die Biotropie des Wetters und die Gesundheit bzw. die Leistungsfähigkeit der Bevölkerung in Deutschland. In: Umwelt & Gesundheit 06/2015. UBA, Dessau-Roßlau.

Zimmermann, T., Fink, J., Klostermann, N., Kruse, E. (2014): Anfälligkeit Hamburgs gegenüber Niederschlagsverhältnissen und steigenden Temperaturen. In: Kruse, E., Zimmermann, T., Kittel, A., Dickhaut, W., Knieling, J., Sörensen, C. (Hrsg.) (2014): Stadtentwicklung und Klimaanpassung. Klimafolgen, Anpassungskonzepte und Bewusstseinsbildung beispielhaft dargestellt am Einzugsgebiet der Wandse. Tu Tech Verlag, Hamburg.

Eidesstattliche Erklärung

Name, Vorname: Hartwig, Kim Yvonne

Matrikel-Nr.: 6025688

Studiengang: M.sc. Stadtplanung

Name, Vorname: Woyna, Maischa-Katharina

Matrikel-Nr.: 6059876

Studiengang: M.sc. Stadtplanung

Wir versichern, dass wir diese Master-Thesis ohne fremde Hilfe selbständig ver-

H. Wayna A. Rartwig

fasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

Hamburg, den 22.12.2021

