



**HOCHSCHULE
NEUBRANDENBURG**
University of Applied Sciences

Fachbereich: Fachbereich Landschaftswissenschaften und Geomatik

Studiengang: Landnutzungsplanung

**Die blau-grünen Straßen der Zukunft?
Potenziale klimaangepasster Neuplanungen von
ausgewählten Straßenräumen in der Hansestadt
Lübeck**

Master - Thesis

Master-Arbeit zur Erlangung des akademischen Grades „Master of Science“

eingereicht von Tomke Schleicher

1. Prüfer: Prof. Dr. Torsten Lipp

2. Prüfer: Jan Nissen, M.Sc.

URN-Nr.: urn:nbn:de:gbv:519-thesis-2025-0690-0

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	1
1.1 Problemstellung und Relevanz des Themas	3
2 Theoretischer Rahmen.....	4
2.1 Klimaanpassung in Städten.....	4
2.2 Ziel der Arbeit.....	13
3 Methodisches Vorgehen.....	14
3.1 BlueGreenStreets	14
4 Planungsgrundlagen	17
4.1 Untersuchungsgebiet Hansestadt Lübeck	17
4.2 Klimaanpassung in Lübeck	19
4.3 Klima der Hansestadt Lübeck	20
4.3.1 Temperaturanstieg (Zunahme von Hitzeperioden).....	21
4.3.2 Dauerregen und Trockenheit.....	22
4.3.3 Starkregenereignisse und Hochwasser	23
5 Kriterienkatalog zur Straßenauswahl.....	24
6 Ergebnisse der Straßenauswahl.....	26
6.1 Auswahlkriterium „cool“ (erfüllt).....	27
6.2 Auswahlkriterium „green“ (erfüllt)	30
6.3 Auswahlkriterium „blue“ (teilweise erfüllt).....	30
6.4 Darstellung der ausgewählten Straßenräume	33
6.4.1 Friedenstraße.....	33
6.4.2 Marlistraße	35
6.5 Neuplanung der ausgewählten Straßenräume	37
6.5.1 Neuplanung Friedenstraße.....	39
6.5.2 Neuplanung Marlistraße	42
7 ENVI-met.....	45
8 Simulationsergebnisse	48
8.1 Simulation des Ist-Zustands (Bestand).....	49
8.1.1 Friedenstraße.....	49
8.1.2 Marlistraße	51
8.2 Gegenüberstellung der Simulationen von Bestand und Neuplanungen	53
8.2.1 Neuplanung Friedenstraße (Variante 1).....	53
8.2.2 Neuplanung Friedenstraße (Variante 2).....	55
8.2.3 Neuplanung Marlistraße (Variante 1)	57
8.2.4 Simulation Neuplanung Marlistraße (Variante 2)	59
9 Diskussion	61
10 Kritische Betrachtung der Arbeit	64

11 Zusammenfassung	64
Literaturverzeichnis	66
Anhang	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht zu blauen, grünen und grauen Infrastrukturen (Winker et al. 2020)	5
Abbildung 2: BGS 2.0-Kaskade zur Regenwasserbewirtschaftung (BGS 2.0, 2024)	15
Abbildung 3: Übersichtskarte zur Lage der Hansestadt Lübeck	17
Abbildung 4: Übersichtskarte zu den Stadtteilen der Hansestadt Lübeck	18
Abbildung 5: Klimadiagramm für Lübeck, Deutschland (Climate-Data.org, 2026)	20
Abbildung 6: Übersicht zu den beiden ausgewählten Straßenräumen	26
Abbildung 7: Ausschnitt Klimaanalysekarte Tag – PET zum Zeitpunkt 14:00 Uhr in 1,1 m Höhe (Hansestadt Lübeck, 2026b).....	27
Abbildung 8: Ausschnitt Klimaanalysekarte Nacht – Lufttemperatur zum Zeitpunkt 04:00 Uhr (Hansestadt Lübeck, 2026b).....	28
Abbildung 9: Ausschnitt Planungshinweiskarte (Hansestadt Lübeck, 2026b)	29
Abbildung 10: Grünvolumen in den ausgewählten Straßenabschnitten (LUP, 2024)	30
Abbildung 11: Starkregengefahrenkarte Abschnitt Friedenstraße	31
Abbildung 12: Starkregengefahrenkarte Abschnitt Marlistraße	31
Abbildung 13: Flusshochwassergefahrenkarte (HWGK HQ200)	32
Abbildung 14: Küstenhochwassergefahrenkarte (HWGK HW200)	33
Abbildung 15: Ausgewählter Abschnitt der Friedenstraße (Google Earth, 2025a)	33
Abbildung 16: Flächenaufteilung Abschnitt Friedenstraße - Bestand.....	34
Abbildung 17: Querschnitt Abschnitt Friedenstraße – Bestand (© BGS, 2022b)	34
Abbildung 18: Ausgewählter Abschnitt der Marlistraße (Google Earth, 2025b)	35
Abbildung 19: Flächenaufteilung Abschnitt Marlistraße - Bestand	36
Abbildung 20: Querschnitt Abschnitt Marlistraße – Bestand (© BGS, 2022b)	36
Abbildung 21: BGS-Korridor und BGS-Flexstreifen (BGS, 2022a)	38
Abbildung 22: Baumrigole mit Speicher (BGS, 2022b)	39
Abbildung 23: Neuplanung Abschnitt Friedenstraße – Variante eins	41
Abbildung 24: Querschnitt Neuplanung Friedenstraße – Variante eins (© BGS, 2022b)	41
Abbildung 25: Neuplanung Abschnitt Friedenstraße – Variante zwei.....	42
Abbildung 26: Querschnitt Neuplanung Friedenstraße – Variante zwei (© BGS, 2022b).....	42
Abbildung 27: Neuplanung Abschnitt Marlistraße – Variante eins.....	43
Abbildung 28: Querschnitt Neuplanung Marlistraße – Variante eins (© BGS, 2022b)	44
Abbildung 29: Neuplanung Abschnitt Marlistraße – Variante zwei	44
Abbildung 30: Querschnitt Neuplanung Marlistraße – Variante zwei (© BGS, 2022b).....	45
Abbildung 31: Projekt-Manager Icon (© ENVI-met GmbH, 2026)	45
Abbildung 32: „SPACES“ Icon (© ENVI-met GmbH, 2026)	45
Abbildung 33: Benutzeroberfläche von „SPACES“ (© ENVI-met GmbH, 2026).....	46
Abbildung 34: „ENVI-Guide“ Icon (© ENVI-met GmbH, 2026)	46
Abbildung 35: Graphische Darstellung der Werte des für die Simulationen verwendeten durchschnittlichen Sommertages	47
Abbildung 36: „ENVI-core“ Icon (© ENVI-met GmbH, 2026)	47
Abbildung 37: „LEONARDO“ Icon (© ENVI-met GmbH, 2026).....	47
Abbildung 38: „DBManager“ und „Albero“ Icon (© ENVI-met GmbH, 2026)	48

Abbildung 39: Benutzeroberfläche von „Albero“ (© ENVI-met GmbH, 2026)	48
Abbildung 40: Ergebnis der Bestandssimulation für den Abschnitt der Friedenstraße zur Lufttemperatur zum Zeitpunkt 14:00 Uhr	49
Abbildung 41: Ergebnis der Bestandssimulation für den Abschnitt der Friedenstraße zur Lufttemperatur zum Zeitpunkt 04:00 Uhr	50
Abbildung 42: Ergebnis der Bestandssimulation für den Abschnitt der Friedenstraße zur PET zum Zeitpunkt 14:00 Uhr	50
Abbildung 43: Ergebnis der Bestandssimulation für den Abschnitt der Marlistraße zur Lufttemperatur zum Zeitpunkt 14:00 Uhr	51
Abbildung 44: Ergebnis der Bestandssimulation für den Abschnitt der Marlistraße zur Lufttemperatur zum Zeitpunkt 04:00 Uhr	52
Abbildung 45: Ergebnis der Bestandssimulation für den Abschnitt der Marlistraße zur PET zum Zeitpunkt 14:00 Uhr	52
Abbildung 46: Vergleich der Simulationsergebnisse von Bestand und Neuplanung (Variante eins) für den Abschnitt der Friedenstraße zum Simulationszeitpunkt 14:00 Uhr (Lufttemperatur)	53
Abbildung 47: Vergleich der Simulationsergebnisse von Bestand und Neuplanung (Variante eins) für den Abschnitt der Friedenstraße zum Simulationszeitpunkt 04:00 (Lufttemperatur)	54
Abbildung 48: Vergleich der Simulationsergebnisse von Bestand und Neuplanung (Variante eins) für den Abschnitt der Friedenstraße zum Simulationszeitpunkt 14:00 Uhr (PET)	54
Abbildung 49: Vergleich der Simulationsergebnisse von Bestand und Neuplanung (Variante zwei) für den Abschnitt der Friedenstraße zum Simulationszeitpunkt 14:00 (Lufttemperatur)	55
Abbildung 50: Vergleich der Simulationsergebnisse von Bestand und Neuplanung (Variante zwei) für den Abschnitt der Friedenstraße zum Simulationszeitpunkt 04:00 Uhr (Lufttemperatur)	56
Abbildung 51: Vergleich der Simulationsergebnisse von Bestand und Neuplanung (Variante zwei) für den Abschnitt der Friedenstraße zum Simulationszeitpunkt 14:00 Uhr (PET)	56
Abbildung 52: Vergleich der Simulationsergebnisse von Bestand und Neuplanung (Variante eins) für den Abschnitt der Marlistraße zum Simulationszeitpunkt 14:00 Uhr (Lufttemperatur)	57
Abbildung 53: Vergleich der Simulationsergebnisse von Bestand und Neuplanung (Variante eins) für den Abschnitt der Marlistraße zum Simulationszeitpunkt 04:00 Uhr (Lufttemperatur)	58
Abbildung 54: Vergleich der Simulationsergebnisse von Bestand und Neuplanung (Variante eins) für den Abschnitt der Marlistraße zum Simulationszeitpunkt 14:00 Uhr (PET)	58
Abbildung 55: Vergleich der Simulationsergebnisse von Bestand und Neuplanung (Variante zwei) für den Abschnitt der Marlistraße zum Simulationszeitpunkt 14:00 Uhr (Lufttemperatur)	59
Abbildung 56: Vergleich der Simulationsergebnisse von Bestand und Neuplanung (Variante zwei) für den Abschnitt der Marlistraße zum Simulationszeitpunkt 04:00 Uhr (Lufttemperatur)	60
Abbildung 57: Vergleich der Simulationsergebnisse von Bestand und Neuplanung (Variante zwei) für den Abschnitt der Marlistraße zum Simulationszeitpunkt 14:00 Uhr (PET)	60

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Klimatablelle für Lübeck, Deutschland (Climate-Data.org, 2026)	21
Tabelle 2: Anzahl der gemessenen Hitzetage pro Jahr an der DWD-Messstation Lübeck- Blankensee	22
Tabelle 3: Kategorisierung der PET in Bereiche unterschiedlichen thermischen Empfindens und Belastungskategorien (Matzarkis, 2023)	27
Tabelle 4: Werte des für die Simulationen verwendeten durchschnittlichen Sommertages	47
Tabelle 5: Ergebnisse der Simulationen	61

Abkürzungsverzeichnis

BBodSchG	Bundes-Bodenschutzgesetz
BGS	BlueGreenStreets
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BMZ	Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
DWD	Deutscher Wetterdienst
ECMWF-Daten	Daten des European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
EEA	European Environment Agency
EU	Europäische Union
EPA	Environmental Protection Agency
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
FIS	Forschungs-Informationen-System
GERICS	Climate Service Center Germany
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KAnG	Bundes-Klimaanpassungsgesetz
LAiV M-V	Landesamt für innere Verwaltung M-V, Amt für Geoinformation, Vermessung und Katasterwesen
LVerGeo SH	Landesamt für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein
MEKUN	Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur
NDCs	Nationally Determined Contributions
NDR	Norddeutscher Rundfunk
PET	Physiologisch Äquivalente Temperatur
RASt	Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen
SWP	Stiftung Wissenschaft und Politik
UNEP	United Nations Environment Programme
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

1 Einleitung

Der Einfluss anthropogener Treibhausgasemissionen auf das Klima der Erde ist hinlänglich belegt. Er manifestiert sich in langfristigen Klimaänderungen wie steigenden Durchschnittstemperaturen, aber auch in einer veränderten Klimavariabilität, also stärkeren kurzfristigen Klimaschwankungen und häufigeren Extremwetterereignissen wie Starkregen, Dürren oder Hitzesommern (vgl. Umweltbundesamt, 2025a). Dies wirkt sich nicht nur negativ auf die Natur, sondern auch auf die Gesellschaft und Wirtschaft aus (vgl. Europäischen Kommission, 2025).

Das Ausmaß der Veränderungen am Klimasystem der Erde durch den anthropogenen Treibhauseffekt und die damit verbundenen Folgewirkungen, sind abhängig von den zukünftig verursachten Treibhausgasemissionen. Grundsätzlich gilt: Damit es nicht zu einer gefährlichen Störung des Klimasystems kommt, sollte der Anstieg der durchschnittlichen Erdtemperatur um nicht mehr als 2 °C über das vorindustrielle Niveau hinausgehen (vgl. IPCC, 2018). In dem Übereinkommen von Paris (ÜvP) auf der Weltklimakonferenz im Dezember 2015 hat sich die Weltgemeinschaft das gemeinsame Ziel gesetzt mit einer Senkung ihrer Treibhausgasemissionen den globalen Temperaturanstieg auf 1,5 °C über dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen.

Der neuste IPCC Climate Change Synthesis Report aus dem Jahr 2023 schätzt in seinen Szenarien den globalen Temperaturanstieg bis zum Jahr 2100 im Vergleich zu den Jahren 1850-1900 auf 2,7 °C bis 4,4 °C bei mittleren bis hohen Treibhausgasemissionen und auf 1,4 °C bei sehr geringen Treibhausgasemissionen (vgl. IPCC, 2023). Ein Temperaturanstieg von maximal 1,5 °C kann jedoch nur dann erreicht werden, wenn die globalen Treibhausgasemissionen vor 2025 ihren Höhepunkt erreichen und danach schnell und drastisch reduziert werden (vgl. IPCC, 2022). Dafür müssten bis 2030 die weltweiten Treibhausgasemissionen im Vergleich zu 2019 um 43 % und bis 2035 um 60 % gesenkt werden (vgl. IPCC, 2022).

Aktuell reichen weder die implementierten Politiken und Maßnahmen noch die zugesagten nationalen Klimabeiträge (NDCs) und Langfriststrategien auch nur annähernd aus, um das 1,5-°C-Ziel einzuhalten. Die Umsetzung der aktuell weltweit gültigen Politiken und Maßnahmen (Stand 2024/2025) würde zum Ende des Jahrhunderts zu einer 2,8 °C wärmeren Welt führen (vgl. UNEP, 2024).

Hinzu kommt, dass voraussichtlich keiner der 5 größten Treibhausgasemittenten (China, Vereinigte Staaten, Indien, Europäische Union und Russland) ihre zugesagten nationalen Klimabeiträge (NDCs) bis 2030 einhalten können (vgl. UNEP, 2024). Betrachtet man zusätzlich deren aktuelle Einstellungen gegenüber dem Klimaschutz bzw. ihre aktuellen klimapolitischen Entscheidungen, zeichnet sich folgendes Bild ab:

China setzt seit 2020 wieder verstärkt auf Kohlekraft (vgl. Sternfeld, 2022). Die vom Land erzielten Fortschritte im Bereich der Wind- und Solarenergie sowie der E-Mobilität sind durchaus positiv zu bewerten, jedoch nur ein Nebeneffekt der wirtschaftsorientierten Bemühungen Chinas in diesen Bereichen die Marktführerschaft zu erlangen (vgl. Kielon, 2025).

Nach der erneuten Wahl von Donald Trump zum US-Präsidenten 2025 wollen die Vereinigten Staaten den Klimaschutz erneut zurückfahren und die fossilen Energieträger wie Kohle, Gas und Öl ausbauen (vgl. NDR, 2025a). Dies zeigte sich gleich zu Beginn seines Amtsantritts, bei dem Trump ein Dekret zum erneuten Rücktritt aus dem Pariser Klimaschutzabkommen unterschrieb (vgl. NDR, 2025b). Im Juli 2025 verkündete die US-Umweltbehörde EPA, dass Treibhausgase zukünftig nicht mehr als gesundheitsschädlich eingestuft werden sollen. Diese Einstufung soll die sogenannte „Gefährdungsfeststellung“ des Obersten Gerichtshofs der USA (Supreme Court) aus dem Jahr 2009 kippen. Sie ist die rechtliche Grundlage für den Kampf gegen den Ausstoß von Kohlendioxid in den Vereinigten Staaten (vgl. NDR, 2025b). Auch wenn die aktuelle US-Regierung nicht alle positiven Entwicklungen im Klimaschutz rückgängig machen kann, wie zum Beispiel den Vorstoß der erneuerbaren Energien, so wird sich der Fortschritt bei der Reduktion der amerikanischen Treibhausgasemissionen verlangsamen (vgl. Thielges, 2024).

Indien ist massiv vom Klimawandel betroffen und hat sich deshalb seit dem Jahr 2021 ehrgeizige Klimaziele gesetzt. Jedoch entscheidet sich die indische Regierung regelmäßig gegen den Klimaschutz, wenn unterschiedliche politische Zielsetzungen miteinander kollidieren. Zum Beispiel bei dem Thema Kohlenutzung sind ein kurzfristiges Wirtschaftswachstum und die Versorgungssicherheit insbesondere für die wachsende Mittelschicht bedeutender als der Klimaschutz. (vgl. BMZ, 2024)

Für die Erreichung ihrer Klimaschutzziele (vgl. Umweltbundesamt, 2025b) setzt die Europäische Union seit neuestem auf eine Ausweitung der CO₂-Zertifikate zur Senkung ihrer CO₂-Emissionen (vgl. Runde, 2025). Die 27 Mitgliedstaaten müssen dabei ihre Emissionsreduktion nicht allein in der EU erreichen: „Ab 2036 dürfen bis zu drei Prozentpunkte des 90-Prozent-Ziels durch international anerkannte Klimazertifikate aus Nicht-EU-Ländern kompensiert werden. Mit diesen könnten dann Treibhausgasemissionen, die in der EU entstehen, verrechnet werden. Als Beispiel wird die Wiederaufforstung von Wäldern in Brasilien genannt“ (vgl. Runde, 2025). Ob eine Umsetzung der Klimaziele über diesen Weg gelingen kann, ist nach Experteneinschätzungen allerdings fraglich. Nach aktuellen Daten der Europäischen Umweltagentur wird die EU ihr nächstes Zwischenziel (55 % Reduzierung bis 2030) bereits verfehlen (vgl. EEA, 2024). „*Und ohne das Erreichen der 55 % im Jahr 2030 werde der Sprung zu den 90 % im Jahr 2040 nicht gelingen*“, sagt Oliver Geden, Leiter des Forschungsclusters Klimapolitik der Stiftung Wissenschaft und Politik (SWP) in einem Presse-Briefing des Science Media Centers“ (Runde, 2025). Bei den Klimazertifikaten könne man nicht immer sicherstellen, dass es auch tatsächlich im Ausland zu einer Emissionsreduzierung gekommen ist, so Sascha Samadi vom Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (vgl. Runde, 2025). Lambert Schneider, Forschungs koordinator für internationale Klimapolitik am Öko-Institut in Berlin, bestätigt diese Annahme und verweist auf eine Metastudie zu derartigen Zertifikaten aus dem Jahr 2024. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass weniger als 16 % der Zertifikate, für die Daten verfügbar waren, tatsächlich eine Reduzierung der Emissionen bewirkten (vgl. Runde, 2025).

Mit dem Angriff auf die Ukraine im Februar 2022 hat Russlands nicht nur eine Wirtschaftskrise im eigenen Land ausgelöst, sondern auch beim Klimaschutz einen großen Schritt zurück gemacht. Seit Beginn des Krieges sind alle russische

Bemühungen in den Bereichen Modernisierung der eigenen Energieinfrastruktur, ökologischen Wandel, Anpassung an den Klimawandel, Entwicklung der E-Mobilität oder Verwendung von Wärmepumpen gestoppt worden (vgl. Aliyeva & Daubner, 2022). Demnach ist es nicht überraschend, dass Russlands Präsident Wladimir Putin im August 2025 eine Erhöhung der Obergrenze für die eigenen Treibhausgasemissionen veranlasst hat (vgl. DIE ZEIT, 2025).

1.1 Problemstellung und Relevanz des Themas

Zusammenfassend erscheint die Verfehlung des 1,5-°C-Ziels somit zunehmend wahrscheinlicher. Die Risiken des Klimawandels werden dadurch beträchtlich erhöht und die Folgen wie extreme Wetterereignisse, verstärkende Rückkopplungsprozesse im Erd-Klimasystem oder die wachsende Gefahr des Überschreitens von Kippunkten verschärfen sich. Insofern sollte neben dem Klimaschutz auch der Bereich der Klimaanpassung eine ebenso hohe Priorität erfahren.

Mit dem Bundes-Klimaanpassungsgesetz (KAnG) ist in Deutschland seit dem ersten Juli 2024 ein für die Klimaanpassung in Bund, Ländern und Kommunen verbindlicher Rahmen vorgegeben. Das Gesetz definiert die Klimaanpassung als „*die Ausrichtung an den aktuellen oder erwarteten Auswirkungen des Klimawandels*“ (§ 2 KAnG). Die Zielvorgabe des Gesetzes ist das Vermeiden oder zumindest die Reduzierung von negativen Auswirkungen des Klimawandels zum Schutz der Gesellschaft, der Wirtschaft und Infrastruktur sowie von Natur und Ökosystemen (vgl. § 1 KAnG).

Der Bund verpflichtet sich mit dem Gesetz eine vorsorgende Klimaanpassungsstrategie mit messbaren Zielen bis Ende September 2025 zu entwerfen (vgl. § 3 KAnG). Zudem sollen regelmäßig Schadenssummen durch Wetterextreme dokumentiert werden (vgl. § 4 KAnG). Die Länder wurden beauftragt, eigene vorsorgende Klimaanpassungsstrategien bis Ende Januar 2027 vorzulegen (vgl. § 10 KAnG). Die Kommunen sind dazu angehalten Klimaanpassungskonzepte zu erstellen. Dabei bestimmen die jeweiligen Bundesländer, welche ihrer Städte, Gemeinden und Kreise ein Klimaanpassungskonzept aufzustellen haben (vgl. § 12 KAnG). Gleichzeitig sollen die Länder auch die wesentlichen Inhalte der Klimaanpassungskonzepte der Kommunen festlegen. Zudem müssen Kommunen als Träger öffentlicher Aufgaben ab dem kommenden Jahr das Ziel der Klimaanpassung bei ihren Planungen und Entscheidungen berücksichtigen (vgl. § 12 KAnG).

Der Deutsche Städtetag vertritt die Interessen aller kreisfreien und der meisten kreisangehörigen Städte in Deutschland und schätzt das Klimaanpassungsgesetz (KAnG) wie folgt ein. Grundsätzlich gibt das Gesetz ein wichtiges und richtiges Signal, mit dem der Klimaanpassung eine ebenso hohe Relevanz wie dem Klimaschutz zugestanden wird (vgl. Balbo, 2024). Kritisch sei jedoch das Thema Finanzierung. Aktuell wird geprüft, ob Bund, Länder und Kommunen gemeinsam die Kosten für die Klimaanpassung finanzieren. Die Finanzierung ist nach Auffassung des Deutschen Städtetags nicht mit befristeten Förderprogrammen, sondern nur mit einem festen Budget für die Kommunen denkbar (vgl. Balbo, 2024). Deshalb ist insbesondere die langfristige Finanzierung von kommunalen Klimaanpassungsmaßnahmen zu klären.

Hierfür wurde bis 2030 ein Bedarf von etwa 55 Milliarden Euro und knapp 16.000 Personalstellen in den Ländern und Kommunen geschätzt (vgl. Balbo, 2024).

In dieser Arbeit soll ausschließlich die Klimaanpassung in Städten am Beispiel der Hansestadt Lübeck betrachtet werden. Städte sind aufgrund der hohen Konzentration von Bevölkerung, ökonomischen Werten und Infrastrukturen bedeutende Verursacher von Treibhausgasemissionen und gleichzeitig stark von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen. Besonders Hitzewellen und Überflutungen in Folge von Starkregen verursachen in Städten immense gesundheitliche und finanzielle Schäden (vgl. Thieken & Otto, 2022).

So führten die Hitzesommer in den Jahren 2003, 2006, 2010, 2015 und 2018 zu einer Übersterblichkeit von jeweils mehreren Tausend Todesfällen in Deutschland (vgl. an der Heiden et al. 2019). Der Grund hierfür ist unter anderem die Ausbildung städtischer Wärmeinseln, die durch die Bebauung und Versiegelung begünstigt werden und für eine geringere nächtliche Abkühlung im Vergleich zum Umland sorgen (vgl. Thieken & Otto, 2022).

Der Rückgang der natürlichen Infiltration und Retention von Wasser steht im engen Zusammenhang mit der Nachverdichtung und Ausbreitung von Siedlungsgebieten. Die Folge sind Überflutungen durch Starkniederschläge, die durch die Kanalisation nicht mehr abgeführt werden konnten (vgl. Thieken & Otto, 2022). Im Vergleich zu Flusshochwassern sind Betroffene schlechter über mögliche Gefahren von Starkregen informiert und betreiben weniger Eigenvorsorge, was bisher zu Verkehrsunterbrechungen, aber auch zu Verletzten und sogar Todesfällen geführt hat (vgl. Thieken et al. 2022). Eine aktuelle Studie der Universität Mannheim und der Europäischen Zentralbank hat die wirtschaftlichen Folgen der in den Sommermonaten Juni bis August 2025 vorgekommenen extremen Wetterereignisse in Europa untersucht. Hiernach waren 96 Regionen von Hitzewellen, 195 von Dürre und 53 von Überschwemmungen betroffen, die allein im Jahr 2025 zu finanziellen Schäden in Höhe von rund 43 Milliarden Euro geführt haben (vgl. Usman et al. 2025). Des Weiteren wird davon ausgegangen, dass bis zum Jahr 2029 die Schäden auf insgesamt 126 Milliarden Euro steigen werden (vgl. Usman et al. 2025).

2 Theoretischer Rahmen

2.1 Klimaanpassung in Städten

Um die Auswirkungen solcher extremen Wetterereignisse zu verringern oder gar zu vermeiden, können entsprechende Vorsorge- und Klimaanpassungsmaßnahmen getroffen werden. Zum Beispiel können hohe Grünflächenanteile gemeinsam mit Böden, die eine hohe nutzbare Feldkapazität aufweisen, die Hitzebelastung in Städten reduzieren und gleichzeitig die Wasserretention verbessern. Infolgedessen wird der Ausbau dieser sogenannten grünen und blauen Infrastruktur in vielen Städten forciert.

Im Allgemeinen wird bei Infrastrukturen zur Klimaanpassung zwischen drei Arten unterschieden. Diese werden in dem Beitrag zur Klimaanpassung in Kommunen „Blau-grün-graue Infrastrukturen vernetzt planen und umsetzen“ des Forschungsprojektes

netWORKS 4, welches durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wurde, wie folgt definiert.

„Blaue Infrastrukturen sind Infrastrukturen mit sichtbarem „Blau“ in Form von Wasser. Dies können z. B. künstliche, neu angelegte Teiche, Wasserflächen oder Wasserspiele sein. Zum anderen zählen hierzu auch existierende natürliche Gewässer. Dass die Zuordnung einzelner Infrastrukturen nicht immer eindeutig ist, zeigt sich am Beispiel von „Wasserspielen“. Diese können sowohl den blauen Infrastrukturen als auch den grauen zugeordnet werden.“ (Winker et al. 2020, S. 16)

„Grüne Infrastrukturen sind Infrastrukturen mit sichtbarem Grün. Sie können sich im privaten und öffentlichen Raum befinden. Sie werden häufig zur Verdunstung und/oder Versickerung eingesetzt wie z. B. unversiegelte Freiflächen, Bauwerksbegrünungen (z. B. Dach-, Wand-, Fassaden-, Gleisbettbegrünung) und Versickerungsmulden oder dienen sogar der Wasserreinigung wie z. B. Pflanzenkläranlagen oder Retentionsbodenfilter. Sie haben jedoch auch oft einen ästhetischen Zweck.“ (Winker et al. 2020, S.16)

„Graue Infrastruktur bezieht sich hier auf die technische Wasserinfrastruktur mit ihren ab-/zuleitenden, stauraumschaffenden und reinigenden Anlagen der Abwasserentsorgung (z. B. Rohre, Stauraumkanäle), Systemen der Betriebswassernutzung im und am Gebäude (z. B. für die Toilettenspülung, Kühlung, Bewässerung) und unterirdischen Versickerungssystemen (z. B. Rigolen). Größtenteils sind sie unterirdisch oder innerhalb von Gebäuden verortet.“ (Winker et al. 2020, S. 16)

Die folgende Übersicht (Abb. 1) visualisiert noch einmal die drei Infrastrukturarten. Die Darstellung verdeutlicht auch Beispiele für Kombinationen und Überschneidungen zwischen blauer, grüner und grauer Infrastruktur.

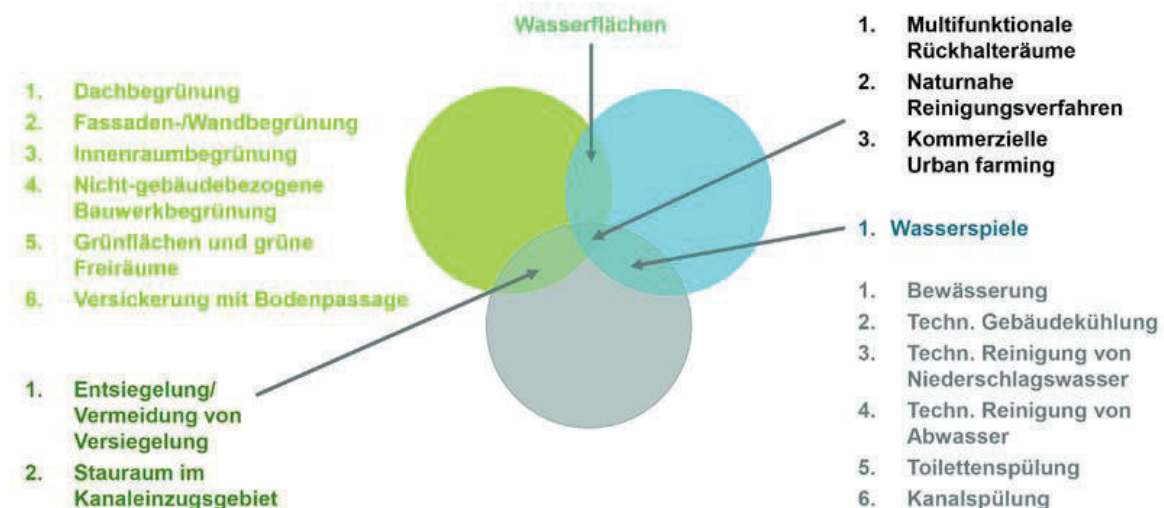


Abbildung 1: Übersicht zu blauen, grünen und grauen Infrastrukturen (Winker et al. 2020)

Da blaue und grüne Infrastrukturen stark miteinander verflochten sind, spricht man häufig auch von blau-grüner Infrastruktur (vgl. BMUB, 2017). In den meisten Fällen hat

eine Kombination aus blauer, grüner und grauer Infrastruktur positive Synergiewirkungen, die erstrebenswerte Vorteile liefern. Zum Beispiel wirken Grün- und Wasserflächen durch die kontinuierliche Abgabe von Verdunstungsfeuchtigkeit wärmeregulierend. Bäume spenden tagsüber zusätzlich Schatten und tragen dazu bei, öffentliche Räume attraktiv zu gestalten und lokale Temperaturen dauerhaft niedrig zu halten (vgl. FIS, 2024). Zusammen mit Baumrigolen kann zusätzlich Regenwasser zunächst lokal gespeichert werden und während trockenen Hitzeperioden die Vitalität der Bäume sichern (vgl. Richter, 2021). Urbane Wasser- und Grünflächen, insbesondere mit Gehölzbestand, filtern Luft- und Bodenschadstoffe, reduzieren Lärm- und CO₂-Belastung, regulieren Luftfeuchtigkeit und Strahlung und bilden Frisch- und Kaltluftschneisen (vgl. FIS, 2024). Starkregenereignisse können über offene Wasser- und Grünflächen schneller und effektiver abgeleitet werden. Gleichzeitig werden Abwassersysteme entlastet und gefährdete Infrastrukturen vor Überschwemmung geschützt. Neben ihrem Nutzen für das städtische Klima wirkt sich eine blau-grüne Infrastruktur äußerst positiv auf die Attraktivität urbaner Räume aus. Qualitativ hochwertige und nutzbare Grün- und Wasserflächen fördern den Erholungswert, schaffen Lebens- und Aufenthaltsqualität und tragen zur Identitätsbildung bei (vgl. FIS, 2024).

Die Implementierung und der Erhalt von blauer, grüner und grauer Infrastruktur ist jedoch nur ein Maßnahmenfeld für die Klimaanpassung von Städten. Der Deutsche Städtetag hat in einer Handreichung aus dem Jahr 2019 eine umfassende Liste mit Maßnahmen, Anregungen und Hinweisen zur Klimafolgenanpassung in Städten veröffentlicht. Hier werden Maßnahmen für insgesamt zehn Maßnahmenbereiche angegeben. Um einen groben Überblick über jene Bereiche und Maßnahmen zu geben, werden diese in den folgenden Absätzen zusammengefasst dargestellt.

Gesundheit

Der erste Maßnahmenbereich befasst sich mit dem Gesundheitsrisiko für die Stadtbevölkerung durch die Zunahme von Starkregenereignissen, Hitzetagen, Tropennächten und Hitzeepisoden. Dabei steht der Schutz von älteren Menschen und chronisch Kranken besonders im Vordergrund, da diese durch Hitze verstärkt gesundheitlich gefährdet sind. Vor dem Hintergrund des demografischen Wandels und der immer älter werdenden Gesellschaft ist davon auszugehen, dass das hitzebedingte Gesundheitsrisiko einer Stadtbevölkerung in den kommenden Jahrzehnten zunehmend relevanter wird. (vgl. Deutscher Städtetag, 2019)

Gesundheitsrisiken für die Stadtbevölkerung stellen neben Hyperthermie und Dehydration die Verlängerung und Intensivierung von Symptomen bei Personen mit einer Pollenallergie dar, da diese durch verlängerte Blütezeiten und vermehrtes Pflanzenwachstum zunehmen. Zusätzlich steigt durch eine hohe UV-Belastung das Risiko für Sonnenbrand, Hautkrebs und Insolation. Hier sind besonders Kinder, Berufstätige, die im Freien arbeiten, Sporttreibende und Obdachlose gefährdet. Bodennahes Ozon und Feinstaub belasten besonders chronisch Lungenerkrankte, Sporttreibende und Berufstätige im Freien. (vgl. Deutscher Städtetag, 2019)

In Bezug auf Extremwetter, wie Starkregenereignisse, werden Risiken durch beispielsweise erhöhte Infektionsgefahren und medizinische Versorgungsengpässe genannt. Zudem können schwere psychosoziale Belastungen durch den Verlust persönlicher Existenzgrundlagen (z. B. Wohnungs- oder Hausverlust) entstehen. (vgl. Deutscher Städtetag, 2019)

Als Maßnahmen gegen die oben genannten Risiken schlägt der Deutsche Städtetag unter anderem ein landesweites, flächendeckendes Hitzewarnsystem auf Datengrundlage des Deutschen Wetterdienstes vor. Des Weiteren wird eine verstärkte Aufklärung durch Gesundheitsämter und Ärzte in den Bereichen der Gesundheitsvorsorge bei Hitze, Strahlung und Trockenheit, sowie Aufklärung über Symptome und Risiken von Ozon- und Feinstaubbelastung als sinnvoll erachtet. Zudem sollen Notfallpläne für besonders betroffene Einrichtungen wie Behinderten-, Alten-, Pflegeeinrichtungen und Krankenhäusern überprüft und gegebenenfalls angepasst werden. Dazu wird vorgeschlagen, in diesen sensiblen Einrichtungen während Hitzeperioden, häufiger und intensiver die Kühlketten, die Frische von Lebensmitteln und die Trinkwasserversorgung zu kontrollieren. Darüber hinaus sollen „Klimakomfortzonen“ mit öffentlich zugänglichen „Wasserplätzen“ (z.B. Brunnen, Wasserspielplätze, Trinkwasserbrunnen) auf fußläufig gut erreichbaren Grünflächen geschaffen werden, die als Aufenthaltsraum bei extremen Hitzewetterlagen genutzt werden können. Für eine Reduzierung der Belastung durch Pollen wird eine Bekämpfung der Ambrosienvorkommen besonders auf öffentlichen, aber auch auf privaten Flächen angeregt. (vgl. Deutscher Städtetag, 2019)

Katastrophenschutz

Das vermehrte Vorkommen von Extremwetterlagen wird den Bedarf an Daseinsvorsorge für die betroffene Bevölkerung deutlich erhöhen. Die Strukturen des Katastrophenschutzes sind demzufolge anzupassen bzw. auszubauen. Es sollte berücksichtigt werden, dass immer häufiger benachbarte Gebietskörperschaften von dem gleichen Extremwetterereignis betroffen sein könnten, was die gegenseitige Hilfeleistung erschweren wird bzw. unmöglich machen kann. Auch hier wird eine Etablierung eines Warn- und Informationssystems als wichtig erachtet. Dabei solle die Bevölkerung nicht nur mit Warnungen und Informationen über die üblichen (elektronischen) Medien (TV, Radio, Internet, Mobilfunk etc.) versorgt werden, sondern auch über Weckeffekte wie Sirenen. Es wird hervorgehoben, dass Social Media eine sinnvolle Rolle bei der gezielten Kommunikation mit der Bevölkerung und Verhaltenssteuerung spielen könnte. Neben dem Schutz kritischer Infrastrukturen soll unter anderem dokumentiertes Wissen aus z.B. Feuerwehreinsätzen bei Starkregen gesammelt und besser nutzbar gemacht werden. (vgl. Deutscher Städtetag, 2019)

Stadtplanung

Ziele der Stadtentwicklungspolitik sind die Schaffung und der Erhalt nachhaltiger und lebenswerter Lebensverhältnisse in den Städten. Es wird davon ausgegangen, dass der Wohnflächenbedarf in fast allen Städten weiter zunehmen wird, was stark

wachsende Städte vor große Herausforderungen stellt. So sind in vielen Kommunen die Bestandflächen sanierungs- und erneuerungsbedürftig und es mangelt an bezahlbarem Wohnraum. Im Hinblick auf den Klimawandel stellt sich die Frage, ob die Siedlungsfläche zu Lasten der Grün- und Freiräume ausgeweitet werden muss (falls dies stadtklimatisch unbedenklich realisiert werden kann), oder ob die im Bestand vorhandenen Potentiale (Flächenkonversion, Nachverdichtung) ausreichen, um den vielen unterschiedlichen Anforderungen gerecht zu werden. (vgl. Deutscher Städtetag, 2019)

Architektonisch betrachtet sollten die Aspekte der Klimaanpassung wie Sonnenschutz, Verschattung, Gebäudebegrünung, Dachgestaltung, Fassadenfarbe und die Ausrichtung der Gebäude nicht nur bei dem Wohnungsneubau, sondern auch im Wohnungsbestand und bei Büro- und Gewerbenutzungen Berücksichtigung finden. Des Weiteren wird die Erstellung und Berücksichtigung von Stadtklimaanalyse- und Klimafunktionskarten angeregt. Gleichzeitig sollten im gesamten Stadtgebiet die zur Belüftung der Innenstadt relevanten Kaltluftschneisen ermittelt, verbessert und bei künftigen Bebauungen berücksichtigt und erhalten werden. Als zusätzliche Maßnahme gegen den städtischen Wärmeinseleffekt werden u.a. Dachbegrünungen, Entsiegelungsmaßnahmen und Baumpflanzungen in besonders erwärmten Bereichen empfohlen. (vgl. Deutscher Städtetag, 2019)

Darüber hinaus müssen die Regenwasserbewirtschaftung und der Überflutungsschutz stärker in der Stadt- und Regionalplanung, der Straßen- und Brückenplanung sowie der Hochbauplanung berücksichtigt werden. Dies beinhaltet z. B. die Erstellung einer Starkregenrisikokarte, die als Grundlage für klimarelevante Stadtplanung und zur Schaffung wassersensibler blauer, grüner und grauer Infrastruktur genutzt werden kann. (vgl. Deutscher Städtetag, 2019)

Städtebau

Bei der klimaangepassten Gebäudeplanung spielt der Überflutungs- und Wärmeschutz eine bedeutende Rolle. Hier ist das Ziel eine gleichbleibende oder verbesserte Aufenthaltsqualität und Behaglichkeit in Gebäuden, sowohl Neubau als auch Bestand zu schaffen. Es sollten unnötige Energieverbräuche für Heiz- und Kühlzwecke (besonders Kühlung und Klimatisierung) vermieden werden. (vgl. Deutscher Städtetag, 2019)

Als Maßnahmen zur Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes nennt der Deutsche Städtetag u.a. die Optimierung des Fensterflächenanteils, Nachlüftungskonzepte und Gründächer. Zusätzlich besteht die Möglichkeit Solaranlagen auf sonnenzugewandten Dachflächen zu integrieren. Zudem sollten Schlafräume auf ruhigen und grünen Rückseiten liegen, damit zur nächtlichen Kühlung ein Schlafen bei offenem Fenster möglich ist. (vgl. Deutscher Städtetag, 2019)

Für die überflutungsangepasste Gebäudeplanung wird eine Sicherung von Kellerschächten und eine Verlagerung von empfindlichen Einrichtungen wie Stromverteiltern aus dem Kellerbereich empfohlen. Dazu gehört ebenfalls der Schutz von Türen und Fenstern vor Überflutung und eine allgemeine Sensibilisierung der

Bevölkerung hinsichtlich des privaten Objektschutzes. (vgl. Deutscher Städtetag, 2019)

Der Deutsche Städtetag verweist zu diesem Thema auf den „Praxisratgeber Klimagerechtes Bauen - Mehr Sicherheit und Wohnqualität bei Neubau und Sanierung“ des Deutschen Instituts für Urbanistik. Dort werden bauliche und technische Präventionsmaßnahmen gegen Schäden durch extreme Wetterereignisse aufgelistet und mögliche Synergien und Konflikte mit anderen Themen wie Klimaschutz und Energieeffizienz, altersgerechtes und barrierefreies Wohnen oder Brandschutz beleuchtet. Zudem werden passende Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten vorgestellt. (vgl. Difu, 2017)

Stadtgrün

Städtische Vegetation spielt eine entscheidende Rolle bei der Reduzierung des städtischen Wärmeinseleffekts. Demnach werden Grünflächen, Bäume und begrünte Dächer sowie begrünte Hinterhöfe und Fassaden immer relevanter. Dabei ist es nicht nur wichtig neues Stadtgrün zu schaffen, sondern auch dessen Erhalt und Schutz zu gewährleisten. Hierbei ist sowohl die Zunahme des Trockenstresses für z.B. Straßenbäume und Gehölzbestände in Parkanlagen als auch die Verschlechterung der Lebensbedingungen für heimische Arten – bedingt durch Temperaturerhöhung und die Zunahme nicht heimischer Arten bzw. Schädlingen – zu bedenken. (vgl. Deutscher Städtetag, 2019)

Für die nachhaltige Sicherung des städtischen Grüns, insbesondere des Baumbestandes, empfiehlt der Deutsche Städtetag ein Zusammenspiel von Grün- und Entwässerungsplanung, um nachhaltig deren Bewässerung auch in Hitzeperioden sicherzustellen. Allgemein wird die Erstellung eines Baumkatasters empfohlen. Damit ist es leichter den Bestand zu verwalten und weiterzuentwickeln. Zudem sollte eine veränderte Zusammensetzung des Straßen- und Stadtbaumbestandes geprüft werden, damit dieser vielfältiger und somit stabiler gegenüber klimabedingten Veränderungen wie z. B. neu auftretender Schadorganismen wird. Hierfür eignen sich möglicherweise vermehrt nicht heimische Baumarten, da diese den Folgen des Klimawandels oftmals besser gewachsen sind. Grundsätzlich sollten Grünflächen vor allem in Wohnungsnähe gesichert bzw. entwickelt werden, um mit deren Schatten und Verdunstung kühle Aufenthaltsorte zu schaffen und eine Kühlung der umliegenden Gebäude zu erreichen. (vgl. Deutscher Städtetag, 2019)

Auch Extremwetterereignisse wie Stürme und Starkregen werden durch ihr häufigeres Auftreten den Baumbestand und dessen Zusammensetzung negativ beeinflussen. Hier ist ein Anstieg des personellen Aufwands der Städte hinsichtlich der Verkehrssicherungspflicht nach Sturmereignissen zu erwarten, da Teile des Baumbestandes hinsichtlich Standsicherheit und Bruchgefahr meist neu bewertet werden müssen. Gleichzeitig können Grünflächen bei den zunehmenden Starkregenereignissen sowohl als Überschwemmungs- und Überflutungsbereiche als auch als Rückhalte- und Versickerungsflächen fungieren. (vgl. Deutscher Städtetag, 2019)

Mobilität und Verkehr

Die zunehmende Wärmebelastung insbesondere während Hitzeperioden kann dazu führen, dass die Stadt als Wohnort immer unattraktiver wird. Bereits jetzt ist eine temperaturbedingte Verhaltensanpassung der Menschen im Freizeit- und Erholungsverkehr zu erkennen. So werden verstärkt Ziele im Umland angesteuert und die tageszeitliche Verteilung der Verkehrsnachfrage verlagert sich in die weniger hitzebeeinflussten Tagesrandlagen. Ein Hauptproblem ist das starke Aufheizen der Verkehrsmittel und -anlagen, welches sich negativ auf das Wohlbefinden der Verkehrsteilnehmer bzw. auf die Benutzbarkeit auswirken kann. Ebenso können sich befestigte Verkehrsflächen während Hitzeperioden aufheizen und zu Böschungsbränden führen. Durch extreme Hitze können Verkehrsflächenbefestigungen und Gleisanlagen beschädigt werden und zu Nutzungseinschränkungen führen. Des Weiteren können Starkregenereignisse die Standfestigkeit von Verkehrsanlagen gefährden und deren Nutzung beeinträchtigen. Das gleiche gilt für Starkwindereignisse, die die Standfestigkeit von Straßenbäumen, großen Verkehrsschildern, Überdachungen sowie Beleuchtungs- und Signalmasten gefährden können. (vgl. Deutscher Städtetag, 2019)

Eine Hauptmaßnahme sollte daher die bauliche Anpassung der Verkehrsinfrastruktur an derartige Wetterveränderungen sein. Der Deutsche Städtetag schlägt dazu unter anderem den Ausbau der Klimatisierung öffentlicher Verkehrsmittel und eine Verbesserung der Beschattung von Wartepositionen wie z.B. Haltestellen und Endstationen vor. Dies ist durch Bäume und/oder baulichen Sonnenschutz möglich. (vgl. Deutscher Städtetag, 2019)

Besonders bei zukünftigen Straßenplanungen ist zu beachten, dass für neue Straßen ggf. mehr Rückhalteraum für Starkregenereignisse oder Hochwasser vorgesehen wird. Für bestehende Straßen wird man Gewässerverläufe und Regenwasserkanalisation meist nicht rechtzeitig dem Klimawandel anpassen können. Daher sollte zumindest geprüft werden, ob wichtige Querungsstellen so angehoben werden können, dass sie über dem Rückstauniveau liegen. Zudem könnten neue Straßen auch als Notwasserwege geplant werden, um Gebäude vor Überschwemmungen zu schützen. (vgl. Deutscher Städtetag)

Wasser

Hochwasserereignissen und Überflutungen werden aufgrund verstärkter Winterniederschläge und Starkregenereignisse im Sommer immer häufiger auftreten. Dem gegenüber stehen intensivere Trockenperioden, die vor allem Fließgewässer und das Grundwasser belasten. Sommerliches Niedrigwasser oder sogar das Austrocknen von Gewässern schädigt ihre Fauna und -flora. Dadurch verschlechtert sich die Wasserqualität. Bei Stillgewässern kann sich die Wassergüte verringern und somit deren Pflege- und Unterhaltungsaufwand steigern. (vgl. Deutscher Städtetag, 2019)

Die Schwankungen bei den Grundwasserständen im Jahresverlauf werden weiter zunehmen und zu einer Abnahme der sommerlichen Wasserführung vieler Fließgewässer führen. Die Abnahme bewirkt, dass Grundwasser zunehmend zur

Bewässerung landwirtschaftlich genutzter Flächen sowie Haus- und Kleingärten genutzt wird. Zudem lässt die Erderwärmung die Grundwassertemperatur steigen, mit negativen Folgen für das Grundwassermilieu und die Grundwasserbiologie. (vgl. Deutscher Städtetag, 2019)

Demnach sind auch hier Maßnahmen erforderlich, die das Hochwasser- und Überflutungsmanagement optimieren. Insbesondere unterirdische und kritische Versorgungsinfrastrukturen zur Energieversorgung und Telekommunikation sollten berücksichtigt werden. (vgl. Deutscher Städtetag, 2019)

Grundsätzlich betrifft die Vorsorge und Handhabung der vorgenannten Ereignisse nahezu alle Bereiche der städtischen Maßnahmen zur Klimafolgenanpassung. Der Deutsche Städtetag zählt in seiner Handreichung u.a. eine Kartierung möglicher Überflutungsflächen bei Starkregenereignissen sowie die bereits erwähnte angepasste Gestaltung von Straßen und Notwasserwegen auf. Um Stillgewässer vor einem Wassermangel zu bewahren, wird geraten, die Wasseraustauschzeiten zu verkürzen und für ausreichende Wasserzufuhr - z.B. aus Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung - zu sorgen. Darüber hinaus sollten Bewässerungskonzepte für den Wasserbedarf von Landwirtschaft, Privatverbrauchern und innerstädtische, öffentliche Grünflächen entwickelt werden. Zudem ist die Entwicklung eines kommunalen Grundwasser-Managements wünschenswert, um schadlose Grundwasserstände zu gewährleisten. (vgl. Deutscher Städtetag, 2019)

Boden

Aus § 1 BBodSchG kann abgeleitet werden, dass die Funktionen des Bodens, wie das Speichern klimarelevanter Gase, vor den Auswirkungen des Klimawandels zu schützen sind. Die Bodennutzung und Überplanung sollte daher so gesteuert werden, dass die positiven klimatischen Auswirkungen der Bodeneigenschaften erhalten bleiben und sich die Klimaveränderungen möglichst geringfügig auf die natürlichen Funktionen der Böden auswirken können (Deutscher Städtetag, 2019).

Hierfür eignen sich Maßnahmen zum Aufbau abnehmender Humusgehalte, gegen Bodenverdichtung, Wasser- und Winderosion und zur Verbesserung des Bodenwasserhaushalts. Der Deutsche Städtetag schlägt vor Böden mit hohem Kohlenstoff-Speichervermögen vor Eingriffen stärker zu schützen und ggf. negative Auswirkungen durch einen erhöhten Ausgleich zu kompensieren. Zudem könnten vermehrt Bodenverbesserungen und Entsiegelungsmaßnahmen im Rahmen des Kompensationsflächenmanagements erfolgen. Allgemein spielen der Erhalt und die Erweiterung von Grünflächen mit dreistufiger Vegetation sowie Grünland eine wichtige Rolle bei der stadtplanerischen Steuerung positiver klimatischer Auswirkungen der Bodennutzung. (vgl. Deutscher Städtetag, 2019)

Biotop- und Artenschutz

Es ist zu erwarten, dass ein erheblicher Anteil der einheimischen Tier- und Pflanzenarten aus klimatischen Gründen in ihren angestammten Lebensräumen keine geeigneten Lebensbedingungen mehr finden wird. Hinzu kommt die Zunahme von Arten, die an die neuen Klimabedingungen besser angepasst sind und zusätzlich weniger angepasste Arten verdrängen. Dies führt zwangsläufig zu einer Veränderung der Nahrungsketten und -netze in Ökosystemen. Es ist davon auszugehen, dass derartige Einwicklungen zunächst im städtischen Umfeld einsetzen, da dort durch das wärmere Mikroklima die beschriebenen Effekte beschleunigt werden. (vgl. Deutscher Städtetag, 2019)

Bei besonders empfindlichen Biotopen, wie Feuchtbiotopen, ist mit Verschlechterungen der Lebensbedingungen durch zu lange Trockenphasen zu rechnen. Die daraus resultierenden Wasserstandsschwankungen und die Verschlechterung der Wasserqualität dürften zu einer Umschichtung der Artzusammensetzung und damit Störung der Ökosysteme führen. Daher ist die Gewährleistung bzw. Verbesserung des Wasserhaushaltes solcher Biotope essenziell für den Erhalt ihrer Lebensgemeinschaften. (vgl. Deutscher Städtetag, 2019)

Der Ausfall von klimageschwächten Gehölzarten in Wäldern wird Tier- und Pflanzenarten beeinträchtigen, die von diesen Gehölzen abhängig sind. Dies wird besonders Tierarten betreffen, die auf bestimmte Pflanzenarten angewiesen sind wie z. B. Schmetterlinge. Demnach sollte vor allem bei waldbaulichen Maßnahmen ein Arten- und strukturreicher Waldbestand mit ausgeglichenem Wasserhaushalt berücksichtigt werden. (vgl. Deutscher Städtetag, 2019)

Grundsätzlich sind in allen Biotoptypen Verschiebungen in der Flora und Fauna zu erwarten. Neueinwandernde Arten stellen einen zusätzlichen Konkurrenzdruck auf einheimischen Arten dar. Deshalb ist es wichtig, der Natur Möglichkeiten zu geben, auf die Veränderungen zu reagieren, ohne an Vielfalt zu verlieren. Eine Maßnahme hierfür ist die Entwicklung und Förderung großräumiger und lokaler Biotopverbundsysteme, um allen Arten einen Austausch und eine Anpassung an die Veränderungen zu ermöglichen. (vgl. Deutscher Städtetag, 2019)

Ein weiterer Punkt zur Förderung einheimischer und standortangepasster Arten ist die Verwendung von gebietsheimischem Saatgut bzw. Gehölzen. Sie sind die Basis der lokalen und standorttypischen Lebensgemeinschaften und somit auch Grundlage der biologischen Vielfalt. In besonderen Fällen, wie in Überwärmungsgebieten oder auf strahlungsexponierten städtischen Standorten, können und sollten auch nichtheimische Baumarten und Pflanzen eingesetzt werden, die aufgrund ihrer ursprünglichen Herkunft trocken- und strahlungsresistenter sind. Die Bepflanzung sollte sich dann aber aus unterschiedlichen Arten zusammensetzen, um den Folgen eines Ausfalls einer Art entgegenzuwirken. (vgl. Deutscher Städtetag, 2019)

Gesamtkoordination kommunaler Klimaanpassungsmaßnahmen

Kommunen sind wichtige Akteure bei der Entwicklung von Klimaanpassungsmaßnahmen. Sie übernehmen zentrale Aufgaben der

Daseinsvorsorge wie z.B. die öffentliche Trinkwasserversorgung, die Abwasserentsorgung, den präventiven Hochwasserschutz, die Energieversorgung sowie die Bereitstellung kommunaler Verkehrsinfrastruktur (vgl. Umweltbundesamt, 2022). Zudem liegen oft zentrale Bestandteile unserer Infrastruktur - wie Straßen, Kanalisation, öffentliche Gebäude oder Krankenhäuser - in kommunaler Hand (vgl. Umweltbundesamt; 2022). Demnach betreffen die Entwicklung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen viele Fachressorts und Disziplinen.

Um die Planung von Klimaanpassungsmaßnahmen unter Beachtung aller gesamtstädtischen Zusammenhänge und Querschnittsfragen sicherzustellen, schlägt der Deutsche Städtetag eine Koordinationsstelle vor, die den Prozess strukturieren und vereinheitlichen soll. Zu ihren Aufgaben würden die regelmäßige Gesamtinformation der kommunalen Gremien in fachlicher und finanzieller Hinsicht gehören. Schließlich sollen bei der Koordinationsstelle auch die Informationen über die Kosten von Adaptionsmaßnahmen zusammenlaufen. Zudem müsse die Koordinationsstelle Synergieeffekte und Zielkonflikte identifizieren und den entsprechenden Akteuren zur Weiterbearbeitung zuordnen. (vgl. Deutscher Städtetag, 2019)

Grundsätzlich stellt der Deutsche Städtetag klar, dass ein Großteil der genannten Klimaanpassungsmaßnahmen nur dann umgesetzt werden können, wenn alle Akteure einer Stadt, die zur Lebensqualität und Daseinsvorsorge der Stadt wichtige Beiträge leisten, mitziehen. Zu diesen Akteuren gehören z.B. Architekten und Stadtplaner, Naturschutzorganisationen, kommunale Unternehmen, Gesundheitsinstitutionen sowie die unteren Katastrophenschutzbehörden bzw. Feuerwehren und Rettungsdienste. (vgl. Deutscher Städtetag, 2019)

2.2 Ziel der Arbeit

In dieser Arbeit wird die Klimaanpassung von städtischen Straßenräumen betrachtet. Der Schwerpunkt liegt auf der Implementierung von blaugrüner Infrastruktur in Straßenräume nach dem Ansatz des Projekts BlueGreenStreets (s. Kap. 3.1). Im Rahmen des Projekts BlueGreenStreets wurden Planungshilfen (Toolboxen – s. Kap. 3.1) erarbeitet, die in dieser Arbeit als Handlungsleitfaden für die klimaangepasste Neuplanung von Straßenräumen in der Hansestadt Lübeck dienen.

Es sollen folgende Forschungsfragen beantwortet werden:

- Welche Wirkungen haben die BlueGreenStreets-Neuplanungen auf die Wärmebelastung in den Straßenräumen?
- Ist eine große Anzahl an BlueGreenStreets-Maßnahmen signifikant wirksamer als eine geringe Anzahl?
- Welche Hinweise ergeben sich aus den Ergebnissen dieser Arbeit für zukünftige klimaangepasste Neuplanungen in der Hansestadt Lübeck?

3 Methodisches Vorgehen

Zunächst werden Straßenräume im Gebiet der Hansestadt Lübeck identifiziert, in denen eine Klimaanpassung nötig bzw. sinnvoll ist. Die nach festgelegten Kriterien ausgewählten Straßenräume werden mit Hilfe des BlueGreenStreets-Ansatzes neu geplant (vgl. Kap. 5). Ein Ziel der Arbeit ist es, die BlueGreenStreets-Neuplanungen hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Wärmebelastung in den Straßenräumen zu untersuchen. Zuerst wird die Bestandssituation der gewählten Straßenabschnitte in einem Modell erfasst. Anschließend werden für die Neuplanungen ebenfalls Modelle erstellt. Mit der Software ENVI-met wird für alle Modelle die Lufttemperatur und physiologisch äquivalente Temperatur (PET¹) zu bestimmten Zeitpunkten simuliert. Für jeden ausgewählten Straßenabschnitt werden die Simulationsergebnisse des Bestandsmodells mit denen der Neuplanungen verglichen. Aus den gewonnenen Erkenntnissen sollen Empfehlungen für die Hansestadt Lübeck zu klimaangepassten Neuplanungen von Straßenräumen mit blau-grüner Infrastruktur abgeleitet werden.

3.1 BlueGreenStreets

Über zwei Förderperioden (2019 bis 2022 und 2022 bis 2024) hinweg, haben die Projektbeteiligten einen dreiteiligen praxisorientierten Leitfaden erarbeitet, der die wichtigen Grundlagen zu blaugrünen Infrastrukturen in Straßenräumen und Ansätze zur klimaangepassten, zukunftsfähigen Straßenraumgestaltung zusammenfasst.

Am Projekt waren Partnerinstitutionen der HafenCity Universität, die bgmr Landschaftsarchitekten GmbH, die Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH, die

¹ Definition physiologisch äquivalente Temperatur (PET)

„Die physiologisch äquivalente Temperatur (PET) beschreibt die menschliche Reaktion auf die thermische Umwelt und referenziert Bedingungen, die typischen Büroverhältnissen entsprechen. PET ist als rein klimatischer Index konzipiert, der individuelle Verhaltensanpassungen (z. B. Bekleidungsänderung) nicht berücksichtigt. PET stellt die Lufttemperatur einer hypothetischen Referenzumgebung dar, in der eine Standardperson im stationären Zustand dem gleichen Wärme-/Kältestress ausgesetzt ist, der durch die mittlere Hauttemperatur [...] und die gleiche thermoregulative Beanspruchung (gegeben durch Kerntemperatur bzw. Schweißrate) gesteuert wird. Als Referenzperson wird ein Mensch bezeichnet, der 35 Jahre alt, 1,75 m groß ist und 75 kg wiegt. Seine Tätigkeit entspricht einer Bürotätigkeit (80 W) und seine Kleidung einem leichten Sommeranzug mit kurzärmeligem Hemd (0,9 clo).“ (Matzarkis, 2023, S. 64)

Für die Referenzumgebung ist eine Windgeschwindigkeit von 0,1 m/s und ein Wasserdampfdruck von 12 hPa festgelegt. Die relative Luftfeuchte beträgt 50% bei einer Lufttemperatur von 20 °C, wobei die Lufttemperatur der Strahlungstemperatur entspricht. (vgl. Matzarkis, 2023)

Die PET berücksichtigt somit Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und Strahlungswerte (hauptsächlich Sonnenstrahlung). Das sind mehr Einflussfaktoren als z.B. der Hitze-Index (Humidex) der nur den Einfluss der Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf das körperliche Wohlbefinden beschreibt (vgl. GERICS,2026).

Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft, die Technische Universität Berlin und die Universität Hamburg beteiligt.

Ergebnisse des Projekts BlueGreenStreets (BGS) sind die Toolbox 2.0 und die dazugehörigen Planungshilfen Toolbox A und B, die wie bereits erwähnt den Handlungsleitfaden in dieser Arbeit für die klimaangepasste Neuplanung von Straßenräumen in der Hansestadt Lübeck liefern.

Grundidee des BGS-Projektes ist die klimaangepasste Neugestaltung von Bestandsstraßen. Diese bilden einen großen Anteil der grauen Flächen in Städten und bieten deshalb ein enormes Flächenpotenzial für die Klimaanpassung. Das BGS-Projekt dieses Potenzial vor allem in klimatisch belasteten Stadtquartieren nutzen. (vgl. BGS 2.0, 2024)

Es werden drei Anforderungen bzw. Unterziele formuliert, die bei der Neuplanung der Straßenräume verfolgt werden sollen.

- Unterziel „blue“ - Hier sollen Straßenräume wassersensibel gestaltet werden.
- Unterziel „green“ - Hier soll die Aufenthaltsqualität in den Straßen gesteigert werden.
- Unterziel „cool“ - Hier wird die Hitzevorsorge in Straßenräumen mit Maßnahmen zu Wasserverdunstung und Verschattung angestrebt. (vgl. BGS, 2022a)

Ein besonderer Fokus liegt dabei auf möglichen Synergien zwischen den Unterzielen „blue“, „green“ und „cool“. Die folgende Abbildung veranschaulicht ein Beispiel für das Zusammenspiel.

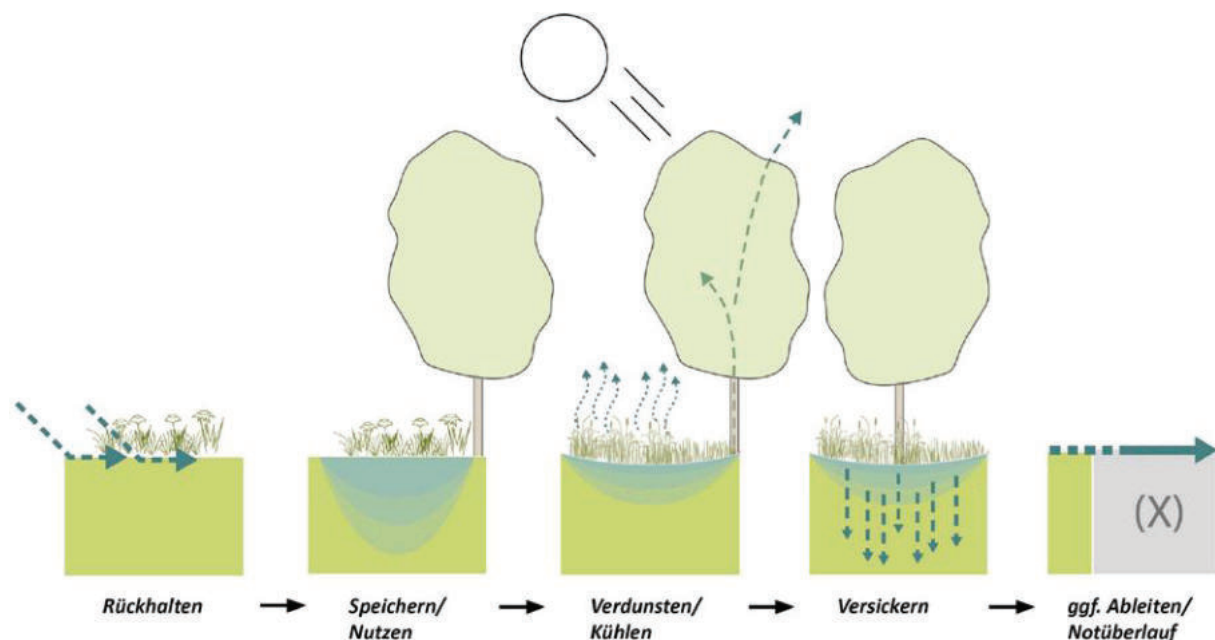


Abbildung 2: BGS 2.0-Kaskade zur Regenwasserbewirtschaftung (BGS 2.0, 2024)

Die Abbildung 2 zeigt, wie Aspekte der Regenwasserbewirtschaftung (Wasserrückhalt, Versickerung und ggf. Ableitung) mit der Dürrevorsorge (Erhöhung und Sicherung der Vitalität der Vegetation) und der daraus resultierenden Verdunstung und Verschattung (Hitzevorsorge) in Verbindung stehen. Sie macht verständlich, wie wichtig die Ressource Regenwasser bei der Klimaanpassung ist. Zudem wird verdeutlicht, dass

einer Fläche mehrere Funktionen zugeteilt werden können. Dies entspricht dem Grundsatz der Multifunktionalität.

Die Multifunktionalität hat neben der Multicodierung eine hohe Relevanz für BGS-Planungen. Bei der Multicodierung wird ein Planungsansatz verfolgt, der darauf abzielt, unterschiedliche Interessenlagen (Codes) von Akteuren zu überlagern. Dafür ist es nötig, die spezifischen Interessen der unterschiedlichen Akteure an dem Stadt- und Straßenraum zu erkennen und diese zusammenzuführen. Angewandt bedeutet das, die Unterziele „blue“, „green“ und „cool“ im Straßenraum mit den Belangen des Verkehrs, der Straßenraumgestaltung, der sozialen Brauchbarkeit, der Umfeldverträglichkeit und der Wirtschaftlichkeit in einer guten Lösung zu vereinen. Das Ergebnis eines solchen multicodierten Straßenraumentwurfsprozesses ist ein multifunktional gestalteter Straßenraum; d.h. dieser Straßenraum ist durch seine Multifunktionalität der Lage mehrere Aufgaben bzw. Funktionen auf einer Fläche gleichzeitig zu erfüllen. (vgl. BGS, 2022a)

Den Toolboxen A und B sowie der Toolbox 2.0 sind jeweils unterschiedliche Aufgaben bzw. Zwecke zugeordnet.

So werden in der Toolbox „Teil A“ die Ziele, Grundlagen und Planungsprozesse für BGS-Planungen erläutert. Sie enthält Entwurfshilfen für die Flächengewinnung, Werkzeuge zum Umgang mit der unterirdischen Infrastruktur, Beispielsquerschnitte für Wohnstraßen sowie Erläuterungen zu den Entwurfs-elementen für die Gestaltung von Straßenräumen. Des Weiteren beinhaltet sie Empfehlungen und Werkzeuge zu Detailfragen des Straßenraumentwurfs. Dazu zählen:

- die Gestaltung von Anschlüssen und Übergängen zu BGS-Elementen an Verkehrsflächen,
- die Rückhaltung und Notableitung von Starkregenabflüssen,
- die Verbesserung des Mikroklimas sowie
- der Umgang mit stofflichen Einträgen. (vgl. BGS 2.0, 2024)

Ein BGS-Element bezeichnet dabei eine von insgesamt 20 vordefinierten und standardisierten BGS-Maßnahmen zur Integration blau-grüner Infrastruktur in Straßenräume (vgl. BGS, 2022b).

In der Toolbox „Teil B“ werden die Funktionen, Bauweisen und Wirkungen dieser BGS-Elemente in Steckbriefen erläutert. Darüber hinaus werden verschiedene Praxisbeispiele für straßenbegleitende Mulden und Muldenrigolen, Tiefbeete, Baumrigolen und die Nutzung öffentlicher Grünflächen zur Regenwasserbewirtschaftung vorgestellt. (vgl. BGS 2.0, 2024)

In der Toolbox 2.0 werden die Ideen und vor allem die konkreten Handlungsvorschläge aus der ersten Förderperiode (2019 bis 2022), die bereits in Pilotprojekten erprobt und weiterentwickelt wurden, erneut aufgegriffen. Dies umfasst neben Erfahrungen aus den Pilotkommunen und deren Pilotprojekten auch die gewonnenen Erkenntnisse aus weiteren BGS-Monitoring-Programmen. Die so erweiterten Planungs- und Handlungsanweisungen beinhalten ein empfohlenes Vorgehen für Planer, welches den gesamten BGS-Prozess der klimaangepassten Neuplanung eines Straßenraums in einzelne Planungsschritte gliedert (vgl. BGS 2.0, 2024).

Diese Planungsschritte gliedern sich wie folgt (vgl. Anh. 1 & Anh. 2):

1. Priorisierung BGS in Gesamtstrategie
2. Grundlagenermittlung
3. Flächen für BGS schaffen
4. Planung im Detail
5. Auswahl der BGS-Elemente
6. Umsetzung und Unterhaltung

Die relevanten Aspekte der Schritte eins bis fünf für die Neuplanung der Straßenräume in der Hansestadt Lübeck werden im Verlauf der Arbeit bei deren Anwendung näher erläutert. Der Planungsschritt sechs „Umsetzung und Unterhaltung“ ist nicht Bestandteil dieser Arbeit.

4 Planungsgrundlagen

4.1 Untersuchungsgebiet Hansestadt Lübeck

Die Hansestadt Lübeck ist eine der vier kreisfreien Städte in Schleswig-Holstein. Sie liegt im Osten des Landes und wird dabei im Norden von dem Kreis Ostholstein, im Osten durch das Land Mecklenburg-Vorpommern (Landkreis Nordwestmecklenburg), im Süden von dem Kreis Herzogtum Lauenburg und im Westen vom Kreis Stormarn begrenzt (vgl. Abb. 3).

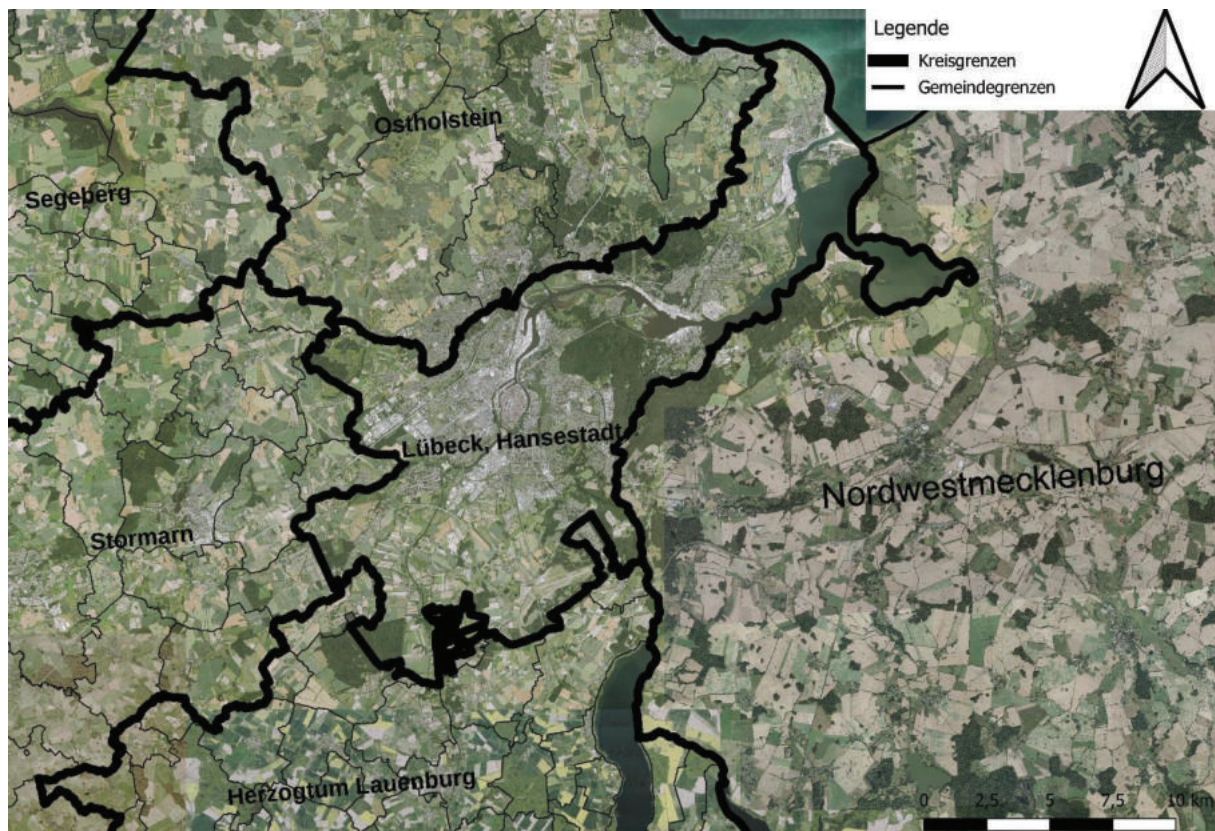


Abbildung 3: Übersichtskarte zur Lage der Hansestadt Lübeck

Im Jahr 2024 hatte Lübeck 216.889 Einwohner mit einem Durchschnittsalter von 45,5 Jahren. Dies entspricht einer Bevölkerungsdichte von 1.013 Einwohnern pro Quadratkilometer. Betrachtet man Lübecks Bevölkerungsentwicklung seit 2015, sind

nur sehr geringe Schwankungen festzustellen. So hatte Lübeck im Jahr 2015 gerade einmal 636 Einwohner weniger als im Jahr 2024. (vgl. Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, 2026)

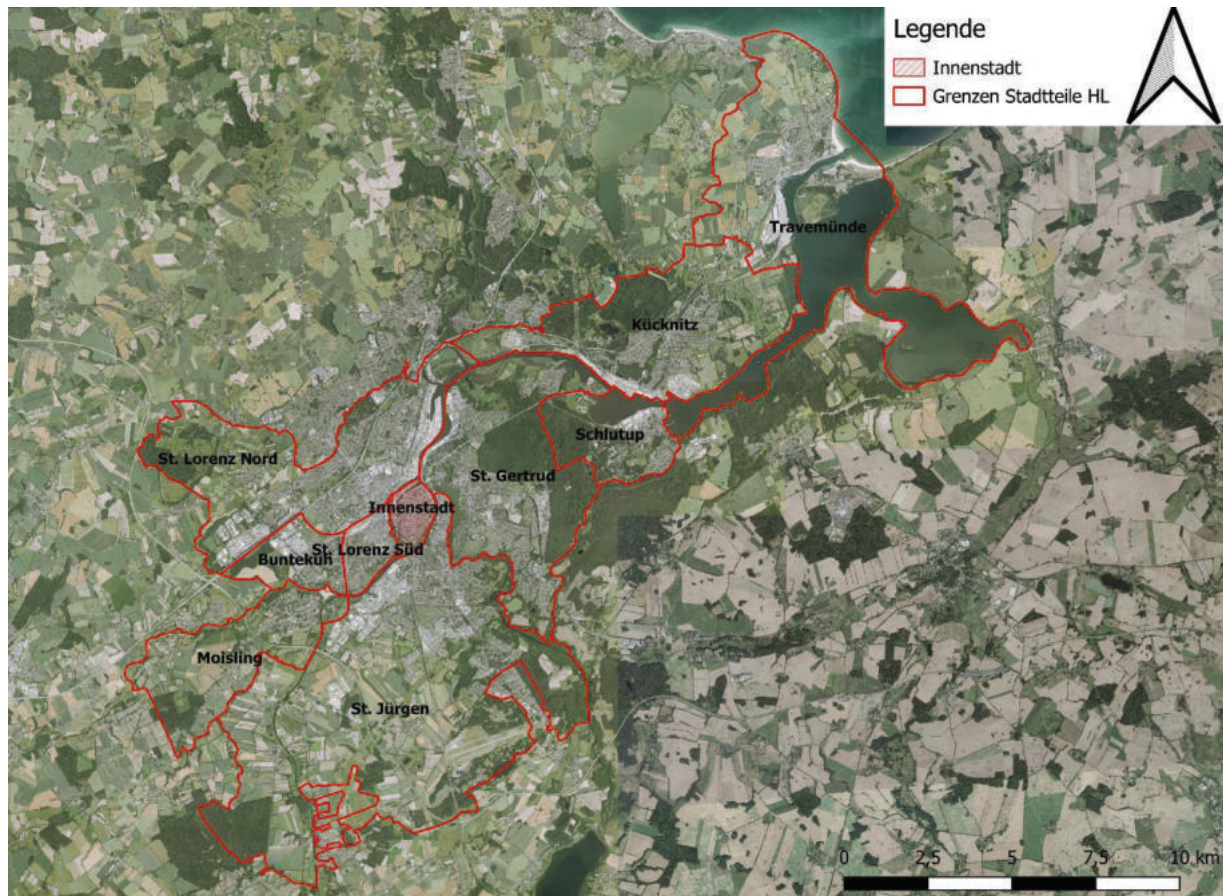


Abbildung 4: Übersichtskarte zu den Stadtteilen der Hansestadt Lübeck

Lübeck hat eine Gesamtfläche von 214 km² und ist, wie in Abbildung vier zu erkennen in zehn Stadtteile gegliedert (vgl. Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2026). Der nördlichste Stadtteil ist Travemünde und liegt an der Ostsee. Er ist seit 1801 als Seebad anerkannt. Der Skandinavienkai – Deutschlands größter Ostseefährhafen – liegt ebenfalls in Travemünde. Südwestlich von Travemünde liegt Kücknitz, ein ehemaliges Arbeiter- und Industrieviertel. Hier wurde bis in die 1980er Jahre Roheisen, Koks, Zement und Kupfer hergestellt. In dem Viertel liegt auch wichtiger Teil des Lübecker Hafens (Seelandkai der Lübecker Hafengesellschaft sowie ein Containerterminal und Fährterminal). Südlich von Kücknitz liegen die Stadtteile Schlutup und Sankt Gertrud. Schlutup ist durch den an der Trave gelegenen Fischereihafen geprägt, wandelt sich aber zu einem modernen Papierumschlaghafen. Sankt Gertrud grenzt an den nördlichsten Teil der Innenstadt. Die Bebauung der Wohnviertel besteht überwiegend aus klassizistischen Sommerhäusern und Gründerzeitvillen. Weiter im Osten St. Gertruds folgen modernere Wohnviertel für alle sozialen Schichten. Die Altstadt bzw. Innenstadt ist der älteste und flächenmäßig kleinste Stadtteil. Er liegt auf einer Insel zwischen Trave und Wakenitz. Seit dem Jahr 1987 hat das Welterbe-Komitee der UNESCO den mittelalterlichen Stadtkern der Hansestadt Lübeck als Weltkulturerbe anerkannt. Aufgrund dessen und des damit einhergehenden Aspektes des Denkmalschutzes wird die Innenstadt aus dem

Untersuchungsgebiet zur Neuplanung von Straßenräumen ausgeschlossen. Westlich der Innenstadt liegen die beiden Stadtteile Sankt Lorenz-Nord und Sankt Lorenz-Süd. Hier wurde Mitte bis Ende des 19. Jahrhunderts eine Vorstadt für die Unter- und Mittelschicht errichtet, was sich auch heute in den dominierenden Geschosswohnungen und Industriebetrieben (z.B. Drägerwerk) widerspiegelt. Die beiden Stadtteile Buntekuh und Moisling im Westen des Stadtgebietes sind durch Wohnblocks aus den 1960er Jahren geprägt, wobei sich in Buntekuh ebenfalls weitläufige Gewerbegebiete befinden. Im Süden liegt der flächengrößte Stadtteil St. Jürgen. Dieser besteht im nördlichen Teil aus einem gründerzeitlichen Villenviertel, während das restliche Bild von Wohnblocks der 1950er bis 1970er Jahre dominiert wird. In St. Jürgen befinden sich die beiden größten Hochschulen Lübecks, die Universität und die Technische Hochschule Lübeck. Im Süden grenzt St. Jürgen mit einem breiten Grüngürtel an den Landkreis Herzogtum Lauenburg. In diesem Grüngürtel liegen mehrere dörfliche Stadtteile, darunter Blankensee mit dem gleichnamigen Flughafen. (vgl. Hansestadt Lübeck, 2026a)

4.2 Klimaanpassung in Lübeck

Der erste BGS-Planungsschritt befasst sich mit der Priorisierung des BGS-Ansatzes in der Gesamtstrategie der Stadtverwaltung bzw. Politik. Die Hansestadt Lübeck hat bereits, im Gegensatz zu vielen vor allem kleineren Kommunen, transparente Handlungsgrundlagen für klimabezogene Planungen geschaffen.

Dazu gehören u.a. eine Klimaanalyse für das Lokalklima Lübecks mit Klimafunktionskarten und darauf aufbauender Planungshinweiskarte (vgl. Anh. 8-10).

Zudem wurden für Lübeck im Rahmen des Projekts „RainAhead“ über den Zeitraum von 2013 bis 2016 Planungs- und Warnwerkzeuge geschaffen, die sich mit dem Thema Starkregen und Überflutungsschutz befassen. Die Ergebnisse des Projekts umfassen Fließwege- Senken- und Risikokarten, sowie ein Feuerwehr-Warnsystem, das frühzeitig darüber informiert, wann und in welchen Stadtteilen bei Starkregen mit Überflutungen zu rechnen ist. Zudem wurde die Kommunikation zwischen den kommunalen Akteuren und der Bevölkerung intensiviert. (vgl. RainAhead, 2016)

Gleichzeitig hat die Untere Naturschutzbehörde ein Anpassungskonzept erarbeitet, das den Schwerpunkt auf eine nachhaltige und klimaangepasste Nutzung und Entwicklung von Natur und Landschaft legt. Für die städtischen Waldgebiete gibt es ein Bewirtschaftungskonzept zur „Naturnahen Waldnutzung“, das als Vorbild für andere Städte in Deutschland gewertet wird. Des Weiteren hat Lübeck bereits im Jahr 2019 ein Klimaanpassungskonzept veröffentlicht, in dessen Leitlinien die Inhalte der drei BGS-Unterziele „blue“, „green“ und „cool“ verankert sind. (vgl. Hansestadt Lübeck, 2020)

Der zweite BGS-Planungsschritt befasst sich mit den Grundlagen, die für BGS-Neuplanungen relevant sind. Dazu gehören Wetterdaten und beobachtete Trends sowie Klimaprojektionen und Klimaanalysen, aber auch Daten zum Stadtgrün wie z.B. zu Grünvolumen und Straßenbäumen. Des Weiteren werden Daten zu Überflutungsrisiken wie Starkregengefahrenkarten oder Hochwasserrisikokarten genannt. (vgl. BGS 2.0, 2024)

Nach dem Klimaanpassungskonzept der Hansestadt sind die folgenden Veränderungen durch den Klimawandel für Lübeck besonders relevant: Der Temperaturanstieg (die Zunahme von Hitzeperioden), Dauerregen und Trockenheit, sowie Starkregenereignisse und Hochwasser (vgl. Hansestadt Lübeck, 2020).

4.3 Klima der Hansestadt Lübeck

Lübecks Klima ist durch die Nähe zur Ostsee geprägt und weist daher maritime Einflüsse auf. Nach der Köppen-Geiger-Klimaklassifikation herrscht in Lübeck ein warm gemäßigtes Regenklima (Cfb-Klima), bei dem die mittlere Lufttemperatur des wärmsten Monats unter 22 °C und die des kältesten Monats über –3 °C bleibt (vgl. Anh. 3).

Die Messstation des Deutschen Wetterdienstes liegt auf dem Gelände des Flughafens Blankensee und somit außerhalb des Stadtgebiets Lübecks. Klimadaten aus Blankensee repräsentieren daher eher die Klimatypologie des Umlands (vgl. DWD, 2026). Für einheitlichere Klimadaten des gesamten Stadtgebiets wird stattdessen das Klimadiagramm von Climate-Data.org verwendet. Dessen Klimadaten basieren auf ECMWF-Daten (Daten des European Centre for Medium-Range Weather Forecasts), die im Rahmen des Copernicus Climate Change Service zur Verfügung gestellt werden und eine Auflösung von 0,1 °C bis 0,25 °C aufweisen (Climate-Data.org, 2026).



Abbildung 5: Klimadiagramm für Lübeck, Deutschland (Climate-Data.org, 2026)

Das Klimadiagramm für Lübeck zeigt sowohl die durchschnittliche Niederschlagsmenge als auch die durchschnittliche Temperatur für die Monate Januar bis Dezember. Die Durchschnittswerte wurden über einen Zeitraum von 1991 bis 2021 ermittelt.

Nach dem Diagramm ist der Februar mit 49 mm der Monat mit dem geringsten Niederschlag im Jahr. Der meiste Niederschlag fällt im Juli mit durchschnittlich 82 mm. Gleichzeitig ist der Juli mit durchschnittlich 18,4 °C auch der wärmste Monat im Jahr. Der kälteste Monat ist der Januar mit einer Durchschnittstemperatur von 1,5°C. Die Durchschnittstemperatur aller zwölf Monate beträgt 9,6 °C und die durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge beträgt 745mm (vgl. Abb. 5).

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Durchschnittstemperatur °C	1.5	1.8	4.2	8.7	13	16.1	18.4	18	14.8	10.4	5.9	2.9
Min. Temperatur °C	-0.6	-0.5	0.9	4.5	8.6	11.9	14.3	14.2	11.6	7.8	3.9	1
Max. Temperatur °C	3.4	4.3	7.6	12.9	17	20	22.2	21.7	18.4	13.1	7.9	4.6
Niederschlag / Regenfall mm	61	49	54	50	65	75	82	80	59	56	53	61
Luftfeuchtigkeit(%)	85%	83%	80%	73%	71%	70%	72%	73%	77%	82%	87%	86%
Regentage (d)	9	8	8	8	8	9	10	9	8	8	9	9
Durchschnittliche Sonnenstunden (Stunden)	2.5	3.5	4.9	8.0	9.5	9.8	10.1	9.3	6.8	4.8	3.0	2.3

Tabelle 1: Klimatabelle für Lübeck, Deutschland (Climate-Data.org, 2026)

Die relative Luftfeuchtigkeit ist im Juni mit 70 % am niedrigsten und im November mit 87 % am höchsten. Die meisten Regentage werden im Juli erfasst (vgl. Tab. 1).

4.3.1 Temperaturanstieg (Zunahme von Hitzeperioden)

Bereits im Jahr 2014 hat die Hansestadt Lübeck die GEO-NET Umweltconsulting GmbH beauftragt eine Klimaanalyse für das Stadtgebiet durchzuführen. Damals wurden Jahresmitteltemperaturen von vier verschiedenen Messstationen in Lübeck für den Zeitraum 1890 bis 2013 verwendet. Aufgrund der unterschiedlichen Standorte und Messzeiträume war eine direkte Vergleichbarkeit der Werte jedoch schwierig (vgl. Anh. 4). Dennoch zeigen die Trendlinien der einzelnen Zeitreihen deutlich, dass seit 1890 die Jahresmitteltemperaturen in Lübeck kontinuierlich ansteigen (vgl. Anh. 5). Eine ähnliche Entwicklung zeigte sich auch bei den Hitzetagen (Tage mit einem Temperaturmaximum ≥ 30 °C). Vor allem seit den 50er-Jahren ist ein größerer Anstieg der Hitzetage pro Jahr erkennbar. Es wird darauf hingewiesen, dass die Anzahl der Hitzetage in Lübeck im Vergleich zu anderen deutschen Städten eher gering ausgeprägt ist, was auf die Nähe Lübecks zur Ostsee zurückzuführen ist. Ein weiterer Indikator, um die Hitzebelastung zu messen, ist neben den Hitzetagen die Tropennacht. Als Tropennacht wird eine Nacht bezeichnet, in der die Temperatur nicht unter 20 °C sinkt. Auch hier bewirkt die Lage Lübecks zur Ostsee, dass Tropennächte seltener vorkommen. Über den Zeitraum von 1890 bis 2005 wurden insgesamt nur zwölf Tropennächte gemessen. Die Messwerte der Station bei der Fachhochschule in St. Jürgen heben sich dabei von den anderen ab. Hier wurden im Jahr 2006 zwei und im Jahr 2010 vier Tropennächte gemessen. Als Ursache für diese höhere Ausprägung

wird der Wärmeinseleffekt vermutet, da die Messstation im verdichteten Stadtgebiet Lübecks liegt. (vgl. Hansestadt Lübeck, 2014)

In Lübecks Klimaanalyse wurden zusätzlich Prognosen für die Entwicklung des Klimas in der Hansestadt Lübeck angegeben. Hierfür wurde das Klimamodell WETTREG 2010 verwendet, welches auf Daten einer Klimastation in Lübeck-Travemünde basiert. Für den modellierten Zeitraum von 2014 bis 2100 wird sowohl ein Anstieg der Jahresmitteltemperaturen als auch eine vermehrte Anzahl an Hitzetagen pro Jahr prognostiziert. Laut Prognose steigen die Jahresmitteltemperaturen bis zum Jahr 2100 auf ca. 12 °C. Dies bedeutet einen deutlichen Anstieg von etwa 2,4 °C bis zum Ende des Jahrhunderts im Vergleich zu heute (9,6 °C im Jahr 2026) (vgl. Anh. 6). Bei der Anzahl der Hitzetage pro Jahr werden für das Jahr 2100 7,6 Tage also ca. 6 Tage mehr als im Jahr 2026 simuliert (vgl. Anh. 7). Da die Klimastation in Lübeck-Travemünde in direkter Nähe zur Ostsee liegt, ist davon auszugehen, dass ihre Daten nicht das Stadtklima Lübecks repräsentieren, sondern das des Umlands unter Einfluss des Seeklimas. Demzufolge profitiert der Standort Travemünde von der ausgleichenden Wirkung der Ostsee. Vermutlich sind im Landesinneren höhere Jahresmitteltemperaturen bzw. noch mehr Hitzetage pro Jahr zu erwarten. (vgl. Hansestadt Lübeck, 2014)

Diese Vermutung lässt sich mit den aktuellen Daten der Messstation Lübeck-Blankensee des Deutschen Wetterdienstes bestätigen. Während in der Prognose für die Jahre 2020 bis 2026 von 1 bis 1,5 Hitzetagen pro Jahr ausgegangen wird, hat die Station Blankensee im selben Zeitraum deutlich mehr Hitzetage pro Jahr aufgezeichnet (vgl. DWD, 2026). Dies wird in der folgenden Tabelle verdeutlicht.

Jahr	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Anzahl Hitzetage	9	3	6	3	5	5

Tabelle 2: Anzahl der gemessenen Hitzetage pro Jahr an der DWD-Messstation Lübeck-Blankensee

4.3.2 Dauerregen und Trockenheit

Im Klimaanpassungskonzept der Hansestadt Lübeck wird hierzu ein Vergleich der Sommerhalbjahre 2017 und 2018 angeführt. Demnach fiel von April bis Oktober 2017 ca. 500 mm Niederschlag bei einem Jahresgesamtniederschlag von 860 mm. Die Folge der vernässten Böden waren vor allem überflutete Äcker. Zudem musste Mischwasser ungeklärt über Regenüberläufe in die umliegenden Gewässer geleitet werden, was auch die Wasserqualität der Ostsee beeinträchtigte. Im Jahr 2018 hingegen fiel von April bis Oktober nur gut ein Drittel der Niederschlagsmenge des Vorjahres (ca. 180 mm bei einem Jahresgesamtniederschlag von 460 mm). Dies führte zu ausgetrockneten Böden und Kleingewässern sowie Ernteausfällen. (vgl. Hansestadt Lübeck, 2020)

Für die Zukunft wird von einem Rückgang der Sommerniederschläge und einer Zunahme der Winterniederschläge ausgegangen. Grundlage dieser Annahme sind Daten von Simulationsergebnissen des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung aus dem Jahr 2019. Hier wurden die Niederschlagssummen im zehnjährigen Sommer bzw. Wintermittel bis zum Jahr 2100 simuliert. Die logische Schlussfolgerung daraus

sind vermehrte trockene Phasen im Sommer und mehr nasse Phasen im Winter. Die Verfügbarkeit von Wasser wird demnach während der Sommermonate zurückgehen. (vgl. Hansestadt Lübeck, 2020)

4.3.3 Starkregenereignisse und Hochwasser

In Lübeck verursachten Starkregenereignisse in den Sommern 2002, 2011 und 2019 umfangreiche Gebäudeschäden und erforderten zahlreiche Feuerwehreinsätze. So fiel im Frühsommer 2019 innerhalb einer Stunde ein Niederschlag von ca. 40 mm. Infolgedessen musste die Feuerwehr knapp 90 mal ausrücken. Die Einsätze bezogen sich hauptsächlich auf vollgelaufene Keller sowie Wassereinbrüche durch Flachdächer und Terrassentüren, wodurch Wasser in Garagen oder ins Erdgeschoss drang. Mancherorts kam es auch zu einem Wassereinstau auf Straßen, der teilweise durch verstopfte Gullys oder durch einen Wasserrückstau aus der Kanalisation verursacht wurde. (vgl. Hansestadt Lübeck, 2020)

Im Rahmen des Projektes RainAhead wurde auf Basis von Statistiken der Bundesanstalt für Straßenwesen aus dem Jahr 2014 für das Stadtgebiet Lübeck eine Zunahme der Anzahl und der Intensität von Starkregenereignissen prognostiziert (vgl. RainAhead, 2016).

Lübecks Flusshochwasser-Risikogebiete liegen hauptsächlich an der Trave und in kleinen Gebieten an der Wakenitz. Die Trave wird als Lübecks zentrale Wasserachse bezeichnet und durchfließt das Stadtgebiet auf einer Länge von ca. 35 km. Die Wakenitz verläuft durch den Südosten Lübecks. Die Risikogebiete an der Wakenitz betreffen mehrheitlich nicht besiedelte Bereiche. Hochwasserereignisse durch Flusshochwasser sind in Lübeck selten, relevanter sind Küstenhochwasser, die über die Trave auch das Kernstadtgebiet betreffen. Die Halbinsel „Priwall“ ist aufgrund ihrer Küstennähe besonders von Küstenhochwassern betroffen. Während eines Hochwassers wird die östliche Zufahrt zur Halbinsel überspült und der Priwall wird damit kurzzeitig zur Insel. Bei Hochwasser wird die Lübecker Altstadt regelmäßig im Bereich des verengenden Verlaufs der Trave überflutet. Für die dort wohnenden Menschen ist eine Sicherung ihrer Häuser mit Hilfe von Dämmbalkenverschlüssen nötig. Ein ausgeprägtes Ostseehochwasser gab es im Jahr 2017. Gegen Anfang des Jahres 2019 war Lübeck von zwei starken Küstenhochwasserereignissen betroffen. Aufgrund des ansteigenden Meeresspiegels wird mit deutlich häufigerem und heftigerem Ostseehochwasser gerechnet. (vgl. Hansestadt Lübeck, 2020)

5 Kriterienkatalog zur Straßenauswahl

Grundsätzliches Ziel war es, Straßenräume zu wählen, bei denen sich eine Neuplanung zur Klimaanpassung anbietet bzw. sinnvoll ist. Nach dem BGS-Ansatz ist eine klimangepasste Neuplanung erfolgt, wenn die Ziele „blue“, „green“ und „cool“ berücksichtigt wurden. Die aufgestellten Auswahlkriterien sollen einen erhöhten Handlungsbedarf in den Bereichen „blue“, „green“ und „cool“ in den Straßenräumen identifizieren. Der BGS-Ansatz regt außerdem an Straßenräume multifunktional zu gestalten. Um diesen Ansatz umzusetzen, sollen die ausgewählten Straßen mindestens zwei der folgenden Kriterien erfüllen.

1. „cool“ Der Straßenraum heizt sich im Sommer am Tag besonders stark auf (mehr als 35 °C physiologisch äquivalente Temperatur (PET) in 1,1 m Höhe zum Zeitpunkt 14:00 Uhr) und der Straßenraum kühlt sich in der Nacht, ähnlich wie bei einer Tropennacht, nur in einem geringen Maß ab (die nächtliche Temperatur zum Zeitpunkt 04:00 Uhr beträgt ca. 20 °C).

Datengrundlage hierfür ist die Klimaanalysekarte Tag und Klimaanalysekarte Nacht der Hansestadt Lübeck (vgl. Anh. 8 & Anh. 9).
2. „green“ Der Straßenraum enthält wenig bis kein Stadtgrün (geringes bis kein Grünvolumen (< 250 m³/100m²) und keine Bäume).

Datengrundlage für das Grünvolumen ist der Dienst „Urban Green Eye“ der Luftbild Umwelt Planung GmbH (LUP) (s. Anh. 11) und für die Bäume das digitale Baumkataster der Hansestadt Lübeck (vgl. Hansestadt Lübeck, 2026b).
3. „blue“ Im Straßenraum besteht ein erhöhtes Risiko für Überschwemmungen durch Starkregenereignisse oder Hochwasser.

Als Datengrundlage dienen die Starkregengefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten des Landes Schleswig-Holstein (vgl. BKG, 2026a bzw. MEKUN, 2026)

Für die spätere praktische Umsetzung ist die Kompatibilität des Straßenraumes mit BGS-Elementen notwendig. Nicht alle Straßenräume bieten genug Fläche bzw. sind durch andere Nutzungen bereits vollständig beansprucht. Zudem sind einschränkende Regelwerke und Normen, wie z.B. der Denkmalschutz oder städtebauliche Erhaltungssatzungen zu berücksichtigen.

Mit dem Problem mangelnder Fläche für BGS in Bestandstraßen befasst sich auch der dritte Planungsschritt „Flächen für BGS schaffen“ der BGS-Hinweise aus der Toolbox 2.0. Hier werden zwei Strategien zur Flächengewinnung für BGS-Elemente genannt.

Die erste Strategie versucht die verkehrlichen Nutzungsanforderungen an den Straßenraum zugunsten der BGS -Elemente zu reduzieren. Dies geschieht z.B. durch die Verringerung der Verkehrsmenge, die Herabsetzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit oder die Reduzierung des Lkw-Verkehrs. Der daraus resultierende verringerte Flächenbedarf schafft Raum für BGS-Elemente. (vgl. BGS 2.0, 2024)

Bei der zweiten Strategie werden bewusst BGS-Elemente anderen Nutzungsansprüchen vorgezogen. Dies ist meistens bei gegebenen Straßenraumbreiten von Bestandsstraßen der Fall, bei denen die Einteilung der begrenzten Fläche schnell eine Frage der Prioritätensetzung wird. (vgl. BGS 2.0, 2024)

Für die Neuplanung und Flächenschaffung werden daher genaue Daten zur Flächenaufteilung eines Straßenraums und deren Maße benötigt. Die Datengrundlage hierfür ist das digitale Straßenkataster der Hansestadt Lübeck (vgl. Hansestadt Lübeck 2026b).

Des Weiteren werden bei der ersten Strategie zur Flächengewinnung für BGS-Elemente zusätzlich Daten zur Verkehrsmenge (Kfz/h) benötigt (vgl. BGS, 2022b). Zudem soll bei BGS-Neuplanungen der Verlauf unterirdischer Leitungen im Straßenraum mit einbezogen werden, um deren Kollision mit z.B. neugeplanten Speicheranlagen oder Baumwurzeln zu verhindern (vgl. BGS 2.0, 2024). Jedoch sind für diese Arbeit weder Daten zur Verkehrsmenge noch zum Verlauf unterirdischer Leitungen vorhanden bzw. konnten nicht zu Verfügung gestellt werden. Infolgedessen können diese nicht bei den folgenden Neuplanungen berücksichtigt werden.

6 Ergebnisse der Straßenauswahl

Als Ergebnis der Straßenauswahl für die Neuplanung und Simulation wurde jeweils ein Abschnitt der Friedenstraße und ein Abschnitt der Marlistraße festgelegt (vgl. Abb. 6). Beide Straßen erfüllen dieselben Kriterien. Dies ermöglicht den Vergleich der Simulationsergebnisse und hilft eine Tendenz bei der Beantwortung der Forschungsfragen zu erkennen (vgl. Kap. 2.2).

Neben diesen beiden Straßenabschnitten wurden sieben weitere Straßenräume selektiert, die zumindest in Teilen die festgelegten Kriterien erfüllen. Eine klimaangepasste Neuplanung wäre daher auch in der Meierstraße, Margarethenstraße, Chasotstraße, im Töpferweg, Brinkweg, Moränenweg und in der Straße „Im Ende“ erwägenswert.

Der Auswahlprozess für die beiden gewählten Straßenräume wird im Folgenden anhand der einzelnen Auswahlkriterien dargestellt.



Abbildung 6: Übersicht zu den beiden ausgewählten Straßenräumen

6.1 Auswahlkriterium „cool“ (erfüllt)

In beiden Abschnitten heizt sich der Straßenraum am Tag besonders stark auf (mehr als 35 °C PET in 1,1 m Höhe zum Zeitpunkt 14 Uhr) (vgl. Abb. 7).



Abbildung 7: Ausschnitt Klimaanalysekarte Tag – PET zum Zeitpunkt 14:00 Uhr in 1,1 m Höhe (Hansestadt Lübeck, 2026b)

Abbildung sieben zeigt, dass die physiologisch äquivalente Temperatur im Abschnitt der Friedenstraße am Tag auf 33 °C bis 45 °C ansteigt. Im Abschnitt der Marlistraße liegt sie zwischen 35 °C und 45 °C. Entsprechend der Tabelle drei zur Kategorisierung der PET wird es in den ausgewählten Abschnitten „heiß“ bis „sehr heiß“, was zu einer „starken“ bis „extrem starken“ Wärmebelastung führt.

PET in °C	Thermisches Empfinden	Belastungskategorie
PET ≤ 4	sehr kalt	extremer Kältestress
4 < PET ≤ 8	kalt	starker Kältestress
8 < PET ≤ 13	kühl	moderater Kältestress
13 < PET ≤ 18	leicht kühl	leichter Kältestress
18 < PET ≤ 23	komfortabel (neutral)	kein thermischer Stress
23 < PET ≤ 29	leicht warm	leichte Wärmebelastung
29 < PET ≤ 35	warm	moderate Wärmebelastung
35 < PET ≤ 41	heiß	starke Wärmebelastung/Hitze stress
PET > 41	sehr heiß	extrem starke Wärmebelastung

Tabelle 3: Kategorisierung der PET in Bereiche unterschiedlichen thermischen Empfindens und Belastungskategorien (Matzarkis, 2023)

Die ausgewählten Straßenräume kühlen sich in der Nacht nur in einem geringen Maß ab (vgl. Abb. 8).

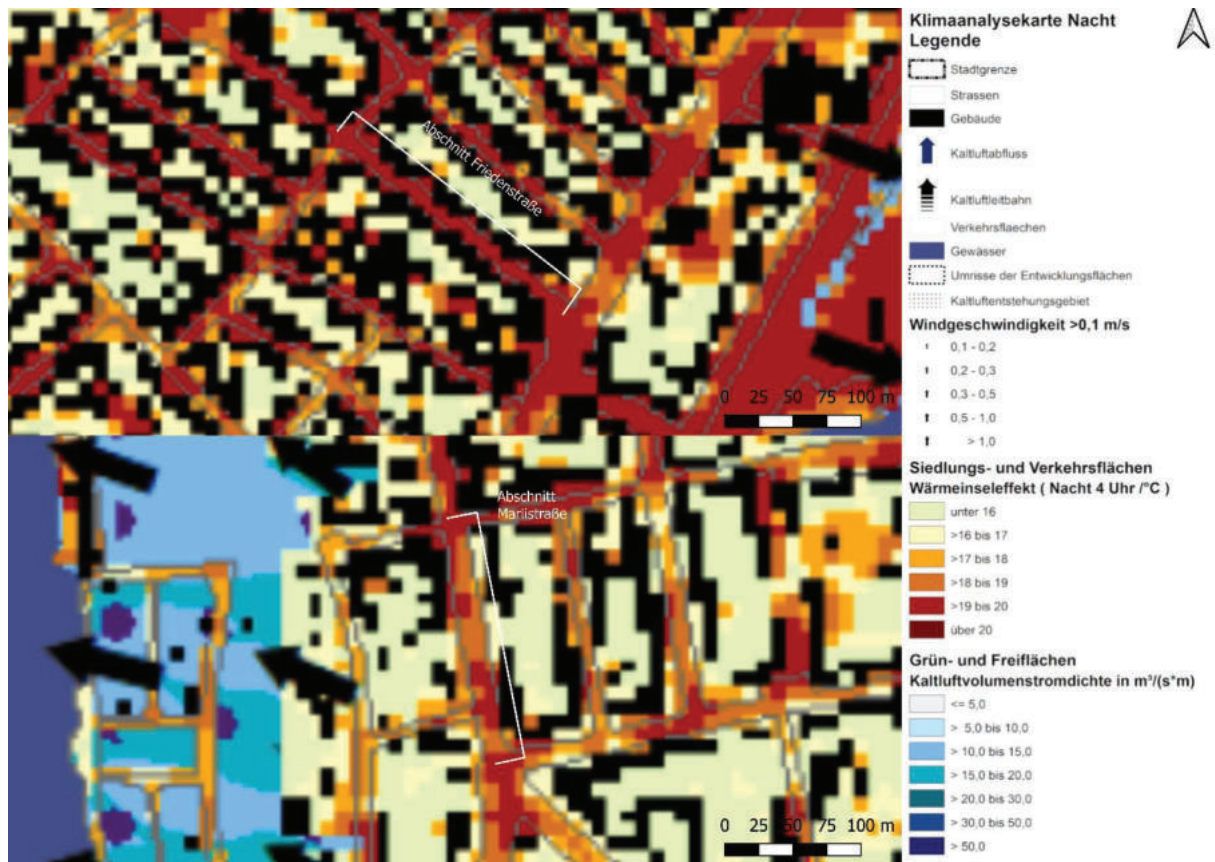


Abbildung 8: Ausschnitt Klimaanalysekarte Nacht – Lufttemperatur zum Zeitpunkt 04:00 Uhr (Hansestadt Lübeck, 2026b)

Um 04:00 Uhr nachts liegt die Lufttemperatur im Abschnitt der Friedenstraße zwischen 19 °C und 20°C. Im Abschnitt der Marlistraße zwischen 18 °C und 20 °C (vgl. Abb. 8). Derartige Temperaturen können eine wirksame Erholung des Menschen während der Nachtstunden negativ beeinflussen (vgl. Hansestadt Lübeck, 2014).

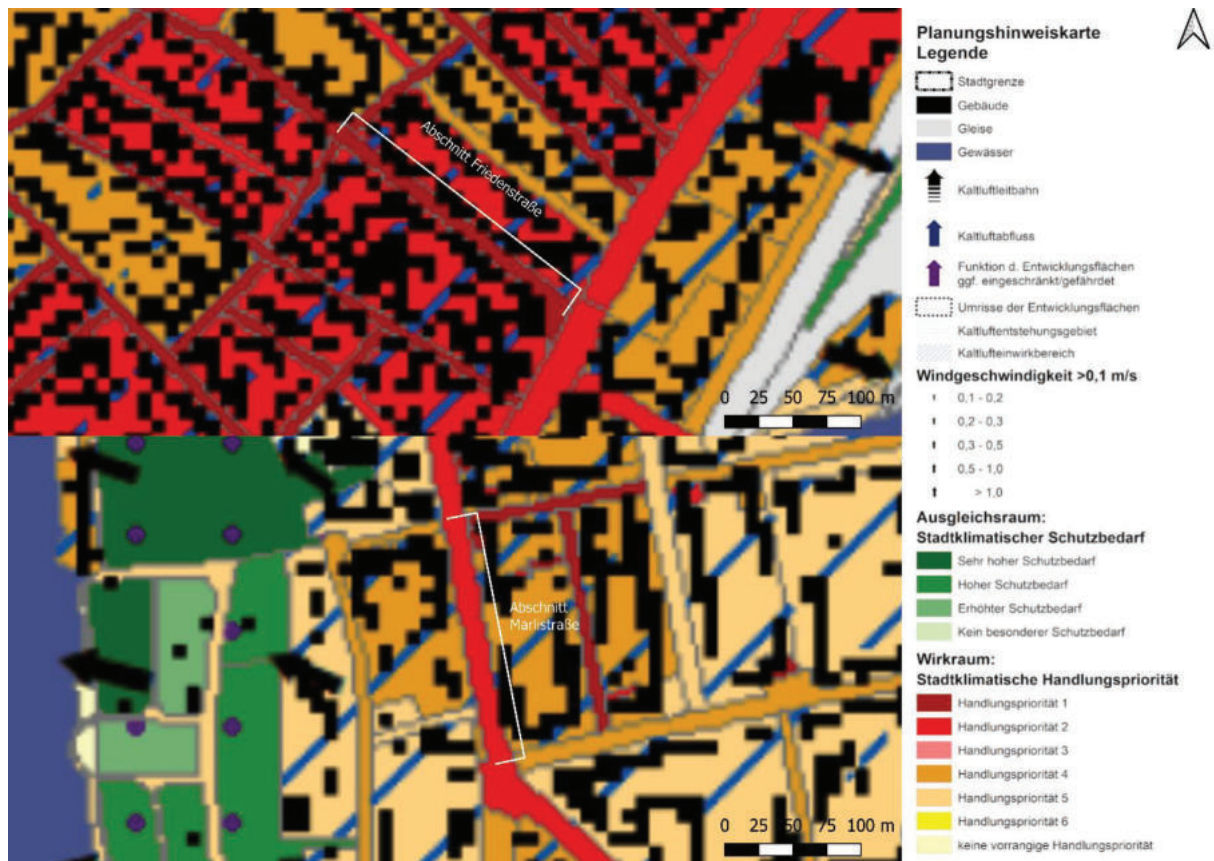


Abbildung 9: Ausschnitt Planungshinweiskarte (Hansestadt Lübeck, 2026b)

Abbildung neun zeigt Prioritätensetzungen für die beiden ausgewählten Straßenabschnitte bezüglich Maßnahmen zur Verbesserung der dortigen klimatischen Situation. In der Planungshinweiskarte wird beiden Abschnitten eine hohe Handlungspriorität zugeordnet. Für den Abschnitt der Friedenstraße wurde die höchste und für den Abschnitt der Marlistraße die zweithöchste Handlungspriorität festgelegt.

6.2 Auswahlkriterium „green“ (erfüllt)



Abbildung 10: Grünvolumen in den ausgewählten Straßenabschnitten (LUP, 2024)

Das Grünvolumen ist in beiden Straßenräumen gering. In der Friedenstraße ist nahezu kein Grün vorhanden. Das Grünvolumen der Maristraße liegt deutlich unter den festgelegten $250 \text{ m}^3/100\text{m}^2$ (vgl. Abb. 10).

Sowohl im Abschnitt der Friedenstraße als auch im Abschnitt der Maristraße befinden sich nach dem Baumkataster der Hansestadt Lübeck keine Bäume (vgl. Abb. 16 & Abb. 19).

6.3 Auswahlkriterium „blue“ (teilweise erfüllt)

Das Risiko für Überschwemmungen durch Starkregenereignisse oder Hochwasser ist in beiden Straßenräumen gering (vgl. Abb. 11-14). Für die Starkregengefahren- und Hochwasserrisikokarten des Landes Schleswig-Holstein wurde jeweils die extremen Szenarien ausgewählt. Diese Vorgehensweise soll sicherstellen, dass das Überschwemmungsrisiko als ausreichend gering eingestuft werden kann.

Für die hier dargestellte Hinweiskarte zu den Starkregengefahren wird daher von einem Ereignis mit einer Niederschlagshöhe von 100 mm bei einer Dauer von einer Stunde ausgegangen. Diese konstante Niederschlagsintensität wird auch als Blockregen bezeichnet. (vgl. Landesportal Schleswig-Holstein, 2026)

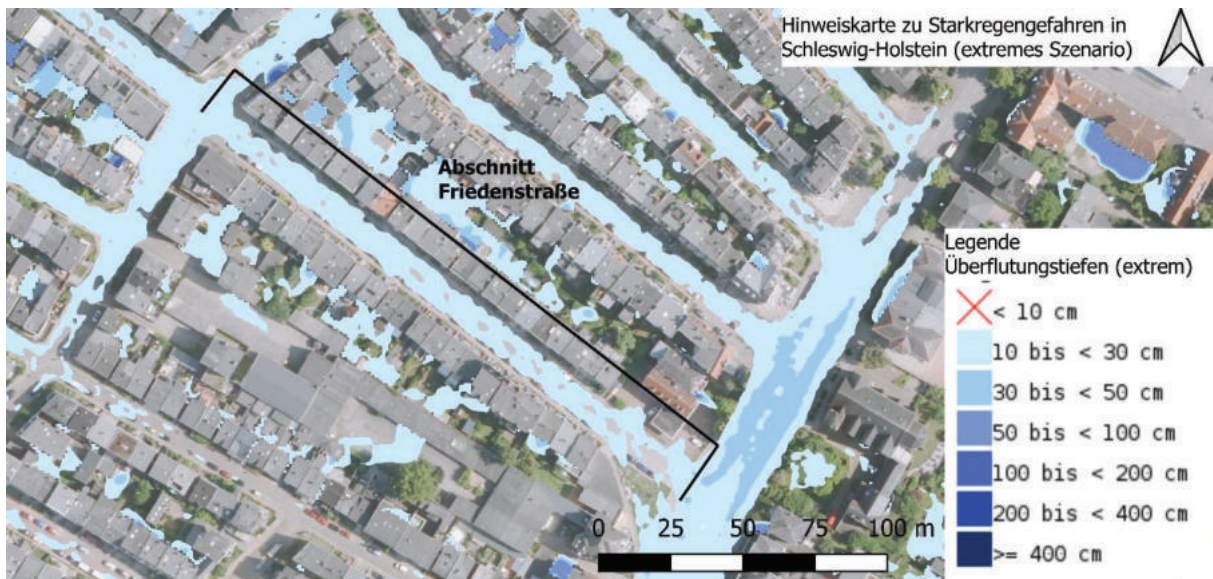


Abbildung 11: Starkregengefahrenkarte Abschnitt Friedenstraße

Abbildung elf zeigt eine Überflutungstiefe von 10 cm bis 30 cm für den Abschnitt der Friedenstraße nach einer Stunde Blockregen. Es wird deutlich, dass eine Überflutung des Abschnittes möglich ist, jedoch keine großen Ausmaße annimmt.



Abbildung 12: Starkregengefahrenkarte Abschnitt Marlistraße

Abbildung zwölf gibt für einen Großteil des Abschnittes der Marlistraße eine Überflutungstiefe von weniger als 10 cm an. Daher kann davon ausgegangen werden, dass für diesen Abschnitt nahezu kein Überflutungsrisiko durch Starkregen besteht.

Die Hochwassergefahrenkarten sind in Gefahrenkarten zu Fluss- und Küstenhochwassern aufgeteilt. Für die Ermittlung des Ausmaßes von Überflutungen durch Fluss- und Küstenhochwasser sowie der zu erwartenden Wassertiefen bzw. Wasserstände wurden unterschiedlich wahrscheinliche Hochwasserszenarien für Schleswig-Holstein festgelegt. (vgl. MEKUN, 2026)

Die in dieser Arbeit verwendeten Karten stellen ein extremes Hochwasserszenario mit niedriger Wahrscheinlichkeit dar, für das ein Wiederkehrintervall von rund 200 Jahren festgelegt wurde. Das Flusshochwasserszenario berücksichtigt vorhandene Hochwasserabwehrinfrastruktureinrichtungen. Beim Küstenhochwasserszenario wird ein Bauwerksversagen bei einem regionsspezifisch ermittelten Wasserstand angenommen. (vgl. MEKUN, 2026)

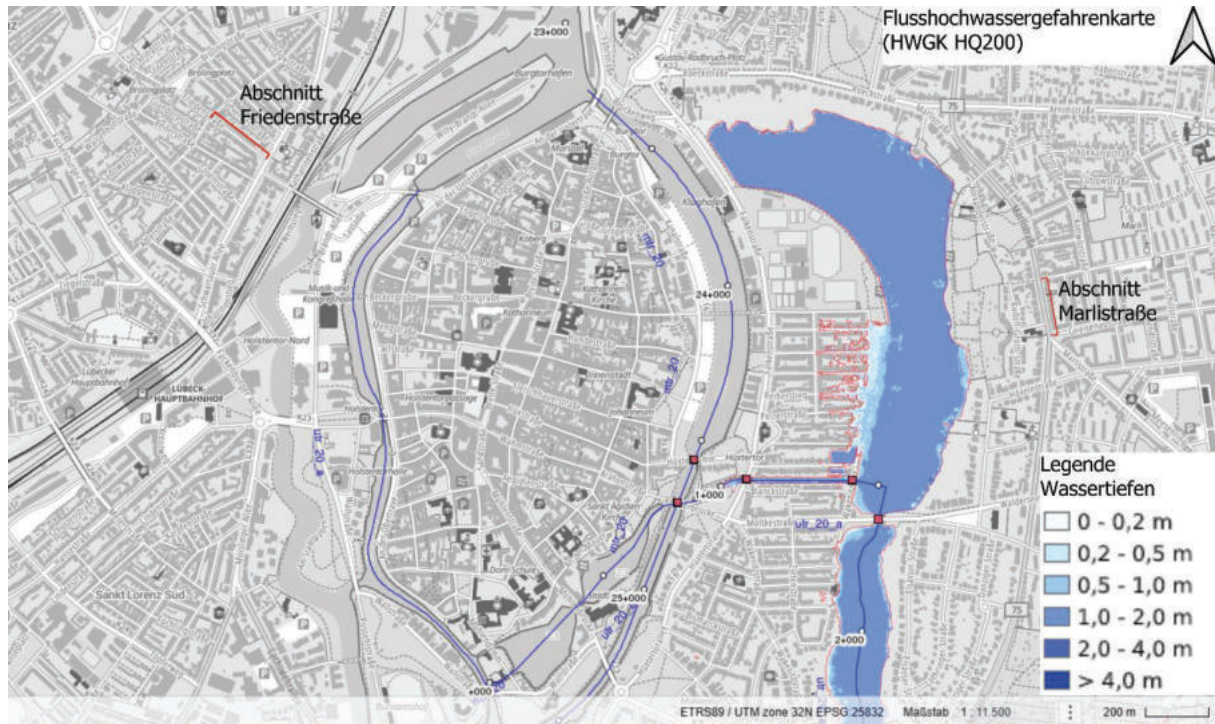


Abbildung 13: Flusshochwassergefahrenkarte (HWGK HQ200)

Abbildung 13 zeigt deutlich, dass beide ausgewählten Straßenabschnitte außerhalb der überfluteten Bereiche im Falle eines Flusshochwassers liegen. Dasselbe gilt für die in Abbildung 14 dargestellten Bereiche während eines Küstenhochwassers.



Abbildung 14: Küstenhochwassergefahrenkarte (HWGK HW200)

6.4 Darstellung der ausgewählten Straßenräume

6.4.1 Friedenstraße

Die Friedenstraße liegt westlich der Altstadt im Stadtteil St.-Lorenz Nord. Sie verläuft in West-Ost-Richtung von dem Lohmühlenteller bis zur Schwartauer Allee. Insgesamt ist die Friedenstraße ca. 570 m lang. Für die Neuplanung bzw. Simulation wird jedoch nur der östlichste Abschnitt der Friedenstraße zwischen der Warendorpstraße und Schwartauer Allee mit einer Länge von ca. 210 m betrachtet (vgl. Abb. 15).



Abbildung 15: Ausgewählter Abschnitt der Friedenstraße (Google Earth, 2025a)

Dieser Straßenabschnitt ist hauptsächlich durch eine beidseitige zwei- bis viergeschossige Wohnbebauung geprägt. Die Wohngebäude stehen in einer Flucht in einem Abstand von 2,5 m zur Straße. Dazwischen liegen kleine, meist eingefriedete Vorgärten mit wenig Bepflanzung.

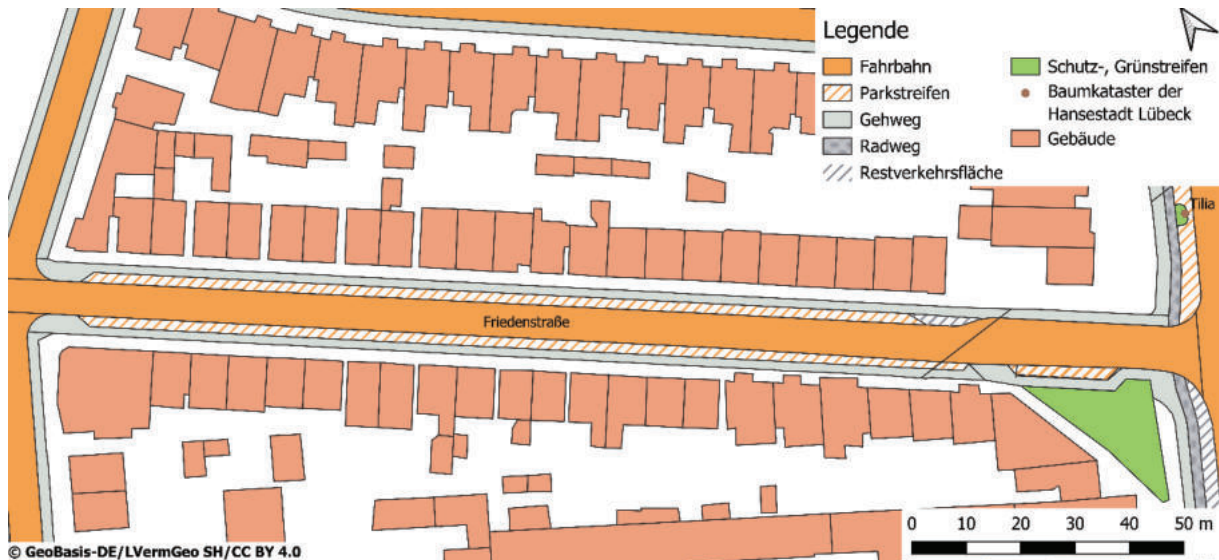


Abbildung 16: Flächenaufteilung Abschnitt Friedenstraße - Bestand

Die Straße selbst ist 13,2 m breit und besteht aus einer zweispurigen Fahrbahn, deren Fahrspuren jeweils eine Breite von 3 m haben. Auf beiden Seiten der Fahrbahn befindet sich ein 2 m breiter Parkstreifen, der von den Anwohnern nahezu vollständig genutzt wird. Ein 1,6 m breiter Gehweg trennt die Parkstreifen von den Vorgärten vgl. Abb. 16 & Abb. 17).

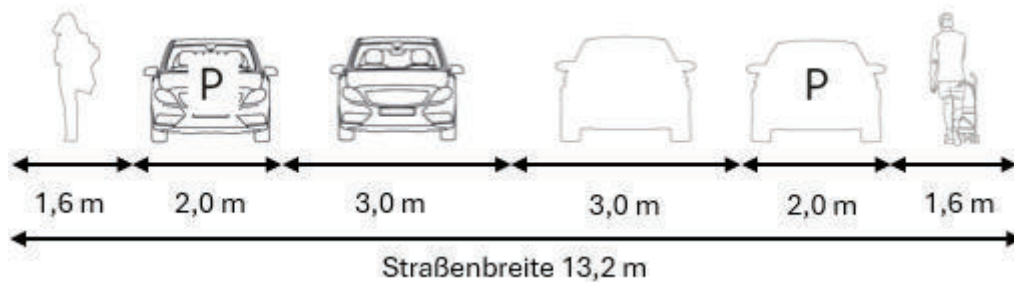


Abbildung 17: Querschnitt Abschnitt Friedenstraße – Bestand (© BGS, 2022b)

Die Fahrbahn und Parkflächen sind asphaltiert und die Gehwege sind mit 40x30 cm großen Betonplatten befestigt. Allgemein wird die Straße hauptsächlich von den Anwohnern genutzt. Sie ist durch die zwei Spuren in beiden Richtungen befahrbar, jedoch ist es nicht erlaubt, mit Kraftfahrzeugen von der Friedenstraße auf die Schwartauer Allee zu fahren. Um dies sicherzustellen, trennen Hindernisse die Friedenstraße von der Schwartauer Allee. In diesem Bereich weicht ein ca. 30 m langer Abschnitt der Friedenstraße von dem beschriebenen Querschnitt ab. Hier ist die Straße insgesamt 1 m breiter. Die beiden Fahrspuren sind jeweils 4,1 m breit, die Gehwege sind 1,9 m breit und es existiert nur noch ein 2 m breiter Parkstreifen auf der Südseite der Straße. Dieser Abschnitt dient höchstwahrscheinlich als Wendemöglichkeit für die Kraftfahrzeuge, die in Richtung Schwartauer Allee fahren. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit in dem ausgewählten Abschnitt der Friedenstraße beträgt 30 km/h. An den Eckgrundstücken der Friedenstraße zur Schwartauer Allee befinden sich auf der Nordseite ein Pizzalieferdienst und auf der Südseite eine Änderungsschneiderei. Auf einer Freifläche zwischen dem Grundstück

der Änderungsschneiderei und den beiden Straßen ist in den letzten Jahren eine Grünfläche geschaffen worden.

Die Friedenstraße liegt in einem Wohngebiet, dass im Zuge der Industrialisierung entstand. Aufgrund der baugeschichtlichen Entwicklung liegt das Wohngebiet im Geltungsbereich der Erhaltungssatzung „Broilingplatz“. Als besonders erhaltenswert gilt das Gesamtbild aus gründerzeitlicher Bebauung mit parzellierter Blockrandbebauung, zusammen mit der Wohnbebauung der Weimarer Republik und der sich einfügenden Neubebauung der 1950er Jahre (vgl. Hansestadt Lübeck, 2019).

6.4.2 Marlistraße

Die Marlistraße liegt östlich der Altstadt im Stadtteil St. Gertrud. Sie schließt im Norden an die Roeckstraße an und verläuft in Süd-Ost-Richtung, bis sie in die Brandenbaumer-Landstraße übergeht. Insgesamt ist die Marlistraße ca. 1700 m lang. Für die Neuplanung bzw. Simulation wird der Abschnitt der Marlistraße zwischen der Gneisenaustraße und der Bülowstraße mit einer Länge von ca. 190 m betrachtet (vgl. Abb. 18).

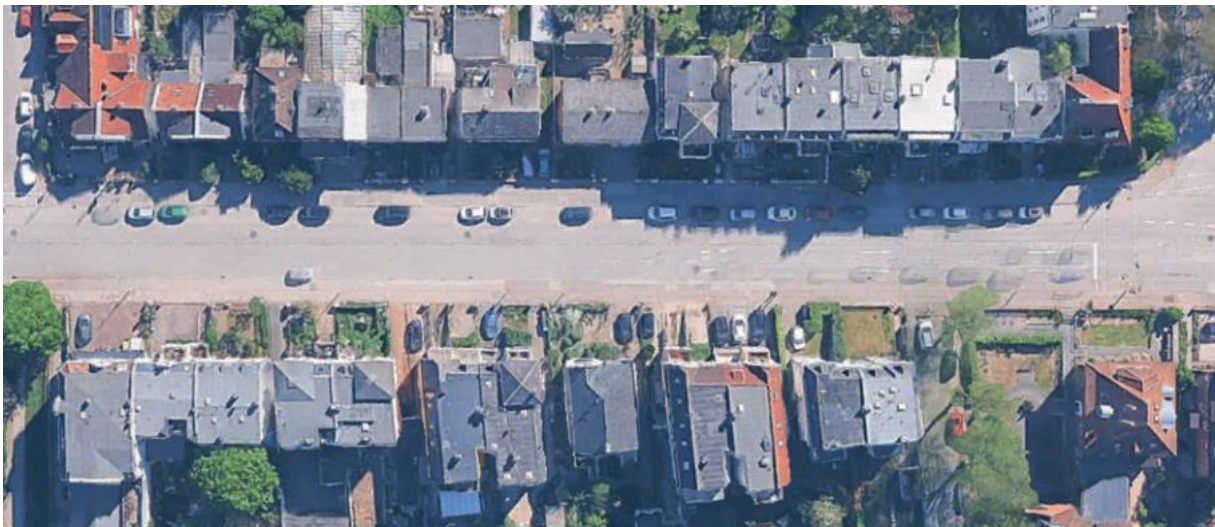


Abbildung 18: Ausgewählter Abschnitt der Marlistraße (Google Earth, 2025b)

Dieser Abschnitt besteht überwiegend aus einer beidseitigen zwei- bis vierstöckige Wohnbebauung. Die Wohngebäude stehen in einer Flucht und haben einen Abstand von 8 m auf der Westseite bzw. 6 m auf der Ostseite zur Straße. Dazwischen liegen meist eingefriedete Vorgärten mit unterschiedlichem Bepflanzungsgrad. Ein Großteil der Vorgärten verfügt zudem über einen PKW-Stellplatz.

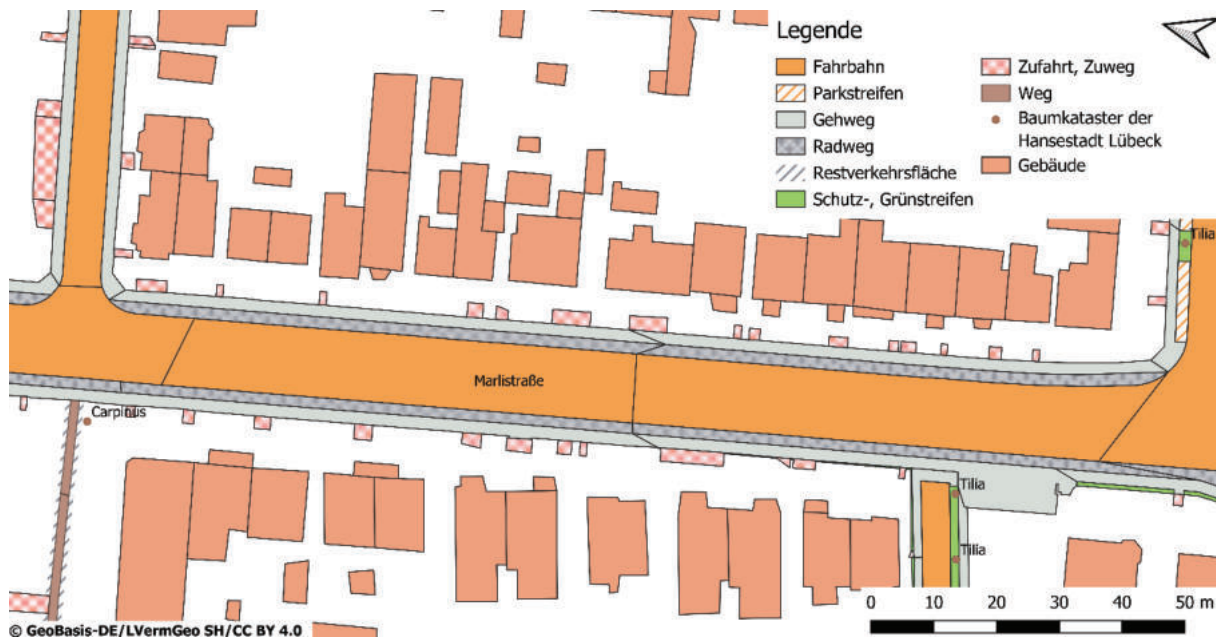


Abbildung 19: Flächenaufteilung Abschnitt Marlistraße - Bestand

Die Straße selbst ist 18,5 m breit und besteht aus einer vierspurigen Fahrbahn, deren Fahrspuren jeweils eine Breite von 2,75 m haben. Die beiden außenliegenden Fahrspuren können und werden als Parkfläche genutzt. Das Parken bzw. Halten ist auf der westlichen Seite der Straße montags bis freitags nur außerhalb der Zeiten 07:00-09:00 Uhr und 15:00-18:00 Uhr erlaubt. Zudem kann nicht die gesamte Fläche der außenliegenden Fahrspuren zum Parken verwendet werden, da die Zufahrten und Zuwege zu den PKW-Stellplätzen auf den Grundstücken freigehalten werden müssen. Auf beiden Seiten der Fahrbahn liegt ein 1,75 m breiter Radweg. Zwischen dem Radweg und den Vorgärten verläuft ein 2 m breiter Gehweg (vgl. Abb. 19 & Abb. 20).

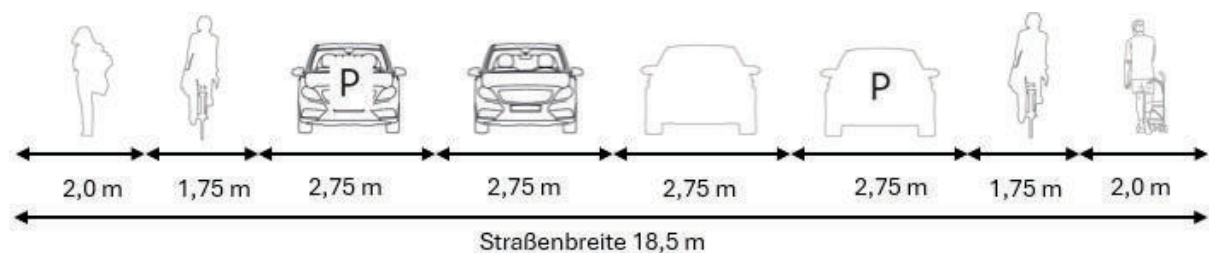


Abbildung 20: Querschnitt Abschnitt Marlistraße – Bestand (© BGS, 2022b)

Die Fahrbahn und Radwege sind asphaltiert, während die Gehwege mit 40x30 cm großen Betonplatten befestigt sind. Die Parkflächen in der Straße werden überwiegend von den Anwohnern genutzt. Bei der Marlistraße handelt es sich um eine Bundesstraße (B 75). Sie spielt eine wichtige Rolle für den regionalen und innerstädtischen Verkehr. Die Straße ist jederzeit in beide Richtungen einspurig befahrbar. Durch das Halteverbot (Mo-Fr, 7-9 Uhr und 15-18 Uhr) steht in diesen Zeiträumen eine zusätzliche Spur in Nord-Süd-Richtung zur Verfügung. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit in dem Abschnitt der Marlistraße beträgt 50 km/h.

An dem Eckgrundstück der Marlistraße zur Bülowstraße befindet sich eine Pizzeria und auf der gegenüberliegenden Seite ein Fastfood-Lieferdienst. Am Südenende des ausgewählten Straßenabschnittes steht auf der Westseite die St.-Thomas-Kirche. Die

Kirche wurde 1950 neu gebaut und war damit der erste Kirchenneubau in Lübeck nach dem Zweiten Weltkrieg (vgl. Ev.-Luth. Kirchengemeinde Marli-Brandenbaum Lübeck, 2026). Die Wohngebäude im ausgewählten Abschnitt der Marlistraße stammen hauptsächlich aus der Gründerzeit und den 1950er Jahren. Auf Höhe der St.-Thomas-Kirche ist eine Überquerung der Marlistraße durch eine Ampelanlage möglich.

6.5 Neuplanung der ausgewählten Straßenräume

Die Neuplanung der beiden Abschnitte erfolgt in Anlehnung an die Planungsschritten drei bis fünf der BGS-Hinweise (vgl. Anh. 1 & Anh. 2). Planungsschritt drei „Flächen für BGS schaffen“ umfasst, wie in Kapitel fünf bereits beschrieben, zwei Strategien zur Flächengewinnung. Da für beide Straßen Informationen zur Verkehrsmenge fehlen, wird die zweite Strategie „Prioritätensetzung für BGS-Elemente bei vorgegebenen Straßenraumbreiten“ angewendet (vgl. BGS 2.0, 2024). Die Strategie sieht drei Schritte vor. Zuerst werden Ziele und Anforderungen an den Straßenraum definiert. Anschließend wird überprüft, wie hoch der Platzbedarf der einzelnen Entwurfsanforderungen ist. Zum Schluss wird abgewogen, welche der verschiedenen Entwurfsanforderungen mit ihren Platzbedarfen nach den im Vorhinein definierten Zielen für den Straßenraum priorisiert werden sollen. Dabei wird versucht die Mindestmaße nach BGS und die Regelmaße der „RASt 06“ einzuhalten (vgl. BGS 2.0, 2024).

Die „RASt 06“ ist eine Zusammenstellung von Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen, die 2007 von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) veröffentlicht wurde. Im Jahr 2022 hat die FGSV die Publikation „E Klima 2022“ herausgegeben. Sie soll sicherstellen, dass FGSV-Veröffentlichungen im Verkehrsbereich zum Erreichen von Klimaschutzziele beitragen. Um Erkenntnisse aus Forschungsvorhaben und die Ziele des Klimaschutzes gemäß der „E Klima 2022“ zu berücksichtigen, wird die „RASt 06“ zurzeit überarbeitet. Vor diesem Hintergrund hat die FGSV im Jahr 2024 das Ad-hoc-Papier „Ergänzende Handlungsanleitungen zur Anwendung der RASt 06“ erarbeitet, das wesentliche geplante Änderungen der „RASt 06“ vorwegnimmt. Die FGSV empfiehlt deshalb bis zur Neufassung der „RASt 06“ das Ad-hoc-Papier bei allen Planungsprozessen, die Stadtstraßen betreffen, zu berücksichtigen. (vgl. FGSV, 2026)

In den Planungshinweisen der BGS-Toolbox wird das Ad-hoc-Papier der FGSV ebenfalls aufgegriffen. Es wird jedoch angemerkt, dass es abhängig von der Prioritätensetzung dazu kommen kann, dass die verwendeten Maße von den Regelmaßen der „RASt 06“ abweichen (vgl. BGS 2.0, 2024).

Die gewählte Strategie zur Flächengewinnung schlägt außerdem für unterschiedliche Straßenraumbreiten beispielhafte Priorisierungen vor. Diese werden mithilfe von Straßenquerschnitten visualisiert. Darunter befinden sich Beispiele für Prioritätensetzungen in Straßenräumen mit einer Breite von 14,5 m und 17,5m (vgl. BGS 2.0, 2024). Diese dienen aufgrund ihrer ähnlichen Maße als grobe Orientierung für die Neuplanung der Friedenstraße (Straßenraumbreite 13,2 m) und der Marlistraße (Straßenraumbreite 18,5 m).

Für die Detailplanung des Straßenraumes mit BGS-Elementen werden die Hinweise der Planungsschritte vier „Planung im Detail“ und fünf „Auswahl der BGS-Elemente“ berücksichtigt. Planungsschritt vier verortet die BGS-Elemente im Straßenraum, Planungsschritt fünf wählt passende BGS-Elemente aus.

Zur Verortung der BGS-Elemente werden bei der Neuplanung der Abschnitte der Friedenstraße und Marlistraße die BGS-Prinzipien „BGS-Korridor“ und „BGS-Flexstreifen“ gewählt (vgl. BGS, 2022a). Diese Prinzipien bieten mit ihren empfohlenen Mindestbreiten einen räumlichen Ordnungsrahmen für die Integration der BGS-Elemente in den Straßenraum. Sie finden damit schon in dem vorherigen Planungsschritt drei „Flächen für BGS schaffen“ eine Berücksichtigung.

Ein „BGS-Korridor“ bzw. ein „BGS-Flexstreifen“ kann als lineares Straßenraumelement verstanden werden, das den Raumanspruch der BGS-Elemente vorgeben soll. Ihre lineare Anordnung in Form eines Korridors soll Flächenverluste, die durch kleinteilige Lösungen mit vielen Borden und Restflächen entstehen, vermeiden. (vgl. BGS, 2022a)

Abbildung 21 soll dieses Prinzip verdeutlichen. Sie zeigt die Verwendung des „BGS-Korridors“ und „BGS-Flexstreifens“ für die Querschnittsermittlung.

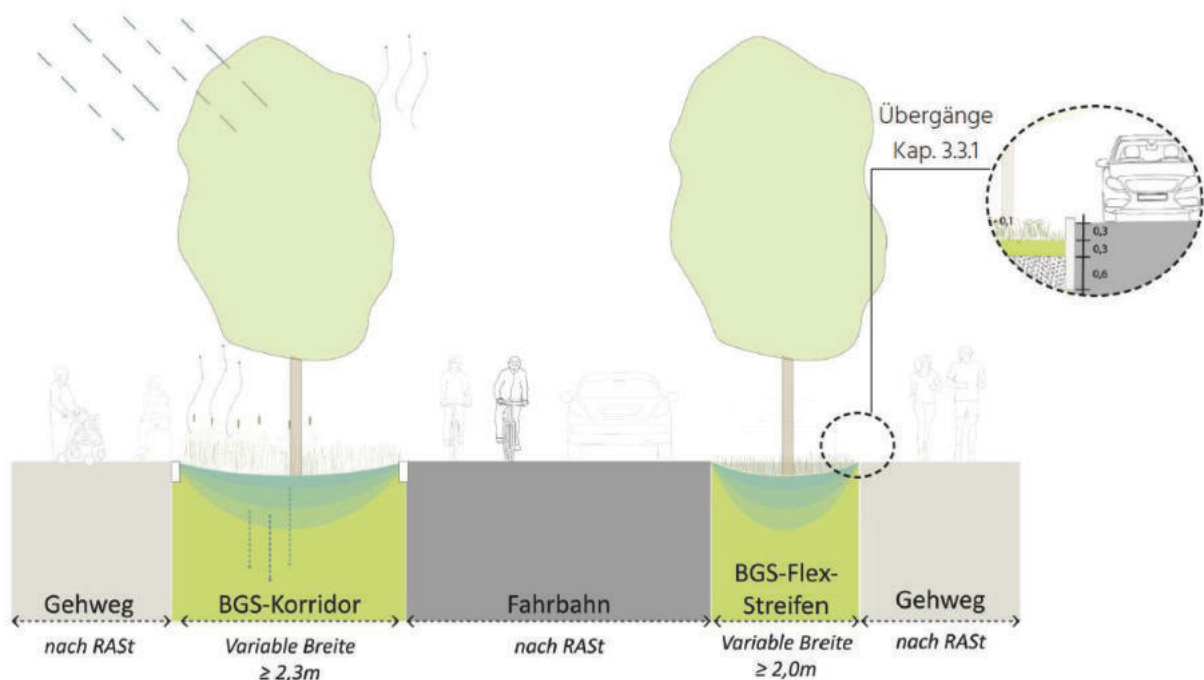


Abbildung 21: BGS-Korridor und BGS-Flexstreifen (BGS, 2022a)

Die empfohlene Mindestbreite für den Korridor beträgt 2,3 m und die für den Flexstreifen 2,0 m. Die Mindestbreiten basieren „auf einer Kombination aus technischen, wasserwirtschaftlichen, pflanzenökologischen sowie gestalterischen Parametern. Weiterhin berücksichtigt die Mindestbreite die Anforderungen an die Pflege“ (BGS, 2022a, S. 26).

Für die Planung ist zu beachten, dass die angegebenen Mindestbreiten nicht die Borde zwischen „BGS-Korridor“ und die an ihn angrenzenden Flächen wie z.B. Fahrbahn oder Gehweg berücksichtigen. Demnach müssen die Maße für die Borde bei der Querschnittsermittlung noch hinzugerechnet werden. (vgl. BGS, 2022a)

In Planungsschritt fünf erfolgt die Auswahl der BGS-Elemente auf Grundlage ihrer Steckbriefe und der Bewertungstabellen hinsichtlich ihres Nutzens für die Projektziele „blue“, „green“ und „cool“ (vgl. Anh. 12-14).

6.5.1 Neuplanung Friedenstraße

Auf Grundlage der Ergebnisse aus der Straßenauswahl wird für den Abschnitt der Friedenstraße eine Neuplanung festgelegt, die den Fokus auf die Ziele „cool“ und „green“ legt. Das Ziel „blue“ soll ebenfalls berücksichtigt werden, allerdings wird diesem eine niedrigere Priorität zugeordnet. Die Bestandsaufnahme der Friedenstraße hat ergeben, dass die bestehende Parkfläche intensiv genutzt wird (vgl. Kap. 6.4.1). Der vorhandene Gehweg ist mit seinen 1,6 m Breite 0,7 m schmäler als das in der „RASt 06“ geforderte Mindestmaß (vgl. FGSV, 2006). Die bestehende Fahrbahn hingegen überschreitet die Anforderungen an eine Erschließungsstraße (3,0 m pro Fahrspur) um 0,5 m bis 0,75 m (vgl. FGSV, 2006).

Um Flächen für BGS-Elemente zu schaffen, wurde die Fahrbahnbreite zugunsten zweier Flexstreifen (Variante eins) bzw. eines Korridors (Variante zwei) reduziert. Gleichzeitig war es wichtig die Breite des Gehwegs nicht noch weiter zu verringern und die verfügbare Parkfläche so gut es geht zu erhalten.

Das Element Baumrigole mit Speicher schien bei der Auswahl der BGS-Elemente besonders geeignet, um die Ziele „cool“ und „green“ zu erreichen (vgl. BGS, 2022b). Um die geltende Erhaltungssatzung für den Bereich der Friedenstraße einzuhalten, wurde auf eine Begrünung der Gebäudefassaden verzichtet und somit eine visuelle Veränderung der Gebäude ausgeschlossen (vgl. Hansestadt Lübeck, 2019).

„Bei der Baumrigole mit Speicher wird Niederschlagswasser von anliegenden Flächen in den Baumstandort geleitet. Die Pflanzgrube ist mit einem strukturreichen, den Wasser- und Lufthaushalt optimierenden Substrat gefüllt. Dieses gewährleistet die Sickerfähigkeit, verhindert Verdichtung und verbessert über den Wasserrückhalt/ -speicherung die Wasserverfügbarkeit für die Bäume. Um dem Baum so viel Wasser wie möglich zur Verfügung zu stellen wird das System unterirdisch abgedichtet, sodass die Versickerung nur über die Seiten erfolgt und ein Wasserreservoir entsteht“ (BGS, 2022b, S. 22).

Die im Konzept des BGS-Elements Baumrigole mit Speicher angedachte Verbindung zwischen Stadtbäumen und dem Regenwassermanagement, wurde auch in anderen Studien untersucht.

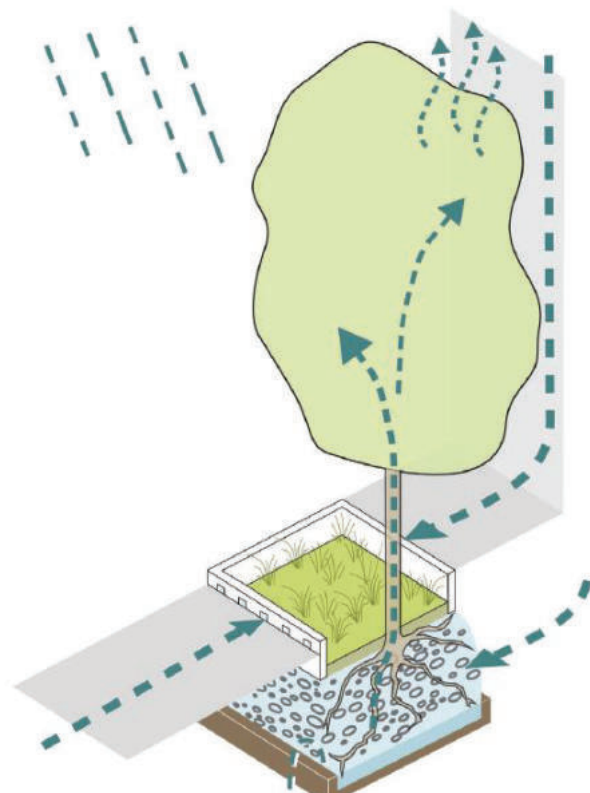


Abbildung 22: Baumrigole mit Speicher (BGS, 2022b)

Grundsätzlich soll mit Baumrigolen Regenwasser zunächst lokal gespeichert werden, um damit während trockenen Perioden die Vitalität von Bäumen zu verbessern bzw. zu sichern (vgl. Richter, 2021). Man reagiert somit mit einer Mehrfachnutzung der innerstädtischen Freiflächen auf den dort vorherrschenden Nutzungsdruck. Eine jüngere Veröffentlichung zu diesem Thema aus dem Jahr 2023 beschäftigt sich dabei mit Erkenntnissen aus Pilotprojekten zu sogenannten „Stormwater Tree Pits“. Hierbei handelt es sich ebenfalls um Baumgruben, die Regenwasser speichern, um dies dann den Bäumen in Trockenzeiten zuführen zu können (vgl. Eckart, 2023). Die Methode wird dabei als effektiv, technisch gut umsetzbar und wirtschaftlich vielversprechend bezeichnet (vgl. Eckart, 2023). Zu einem sehr ähnlichen Ergebnis kommt auch eine Fallstudie aus dem Jahr 2024. Sie untersucht drei unterschiedliche Varianten solcher Baumgruben. Hier wird ebenfalls die positive Wirkung der „Tree Pits“ hervorgehoben (vgl. Richter, 2024).

Der Bewertungstabelle für das Ziel „blue“ zufolge bietet die Baumrigole mit Speicher ein hohes Rückhaltevermögen (ca. 400-800 mm), wodurch sie sich zur Aufnahme von Wasser aus angrenzenden Flächen eignet. Die Größe der anschließbaren Fläche hängt von der Niederschlagsmenge ab. Die Bewertungstabelle hält bei einem Niederschlag von 15 mm eine Fläche von 26-60 m² bzw. bei 35 mm eine Fläche von 16-25 m² für realistisch. Es ist ein Stoffrückhalt von mindestens 40-60 % der im Fahrabfluss abfiltrierbaren Feststoffe in diesem BGS-Element möglich. Der oberirdische Noteinstau bei Starkregen ist mit 5-10 m³ im Vergleich zu anderen BGS-Elementen eher gering. (vgl. BGS, 2022b)

Die Bewertung des BGS-Ziels „green“ für eine Baumrigole mit Speicher fällt folgendermaßen aus: Die Bedeutung für das grüne Erscheinungsbild und die Biodiversität im Straßenraum wird als mittel bis sehr hoch eingestuft. Dieselbe Bewertung gilt für deren Nutzbarkeit für die Menschen und deren gebotene Aufenthaltsqualität. Gemäß Bewertungstabelle ist ihre Bedeutung für Klimakomfort und Beschattung als hoch bis sehr hoch einzustufen. Dieser Punkt war ein wichtiges Kriterium für die Auswahl dieses BGS-Elements bei der Neuplanung der Friedenstraße. (vgl. BGS, 2022b)

Baumrigolen mit Speicher haben außerdem eine sehr hohe Verdunstungsleistung von mehr als 20 l/m²/d, was sich positiv auf das BGS-Ziel „cool“ auswirkt. Die Rigolen reduzieren die Wärmebelastung (PET) um bis zu 8 K am Tag. Diese Eigenschaft war ein wichtiges weiteres Auswahlkriterium für das BGS-Element bei der Neuplanung des Abschnitts. In der Nacht ist es jedoch möglich, dass das BGS-Element eine Abkühlung der Lufttemperatur behindert, was zu einer Erwärmung des Straßenraums um bis zu 0,6 K führen kann. Die beschriebenen Effekte gelten für einen 22 Jahre alten Baum in der Rigole. (vgl. BGS, 2022b)

In den ENVI-met-Simulationen wurde ein Baummodell mit vergleichbaren Eigenschaften verwendet.

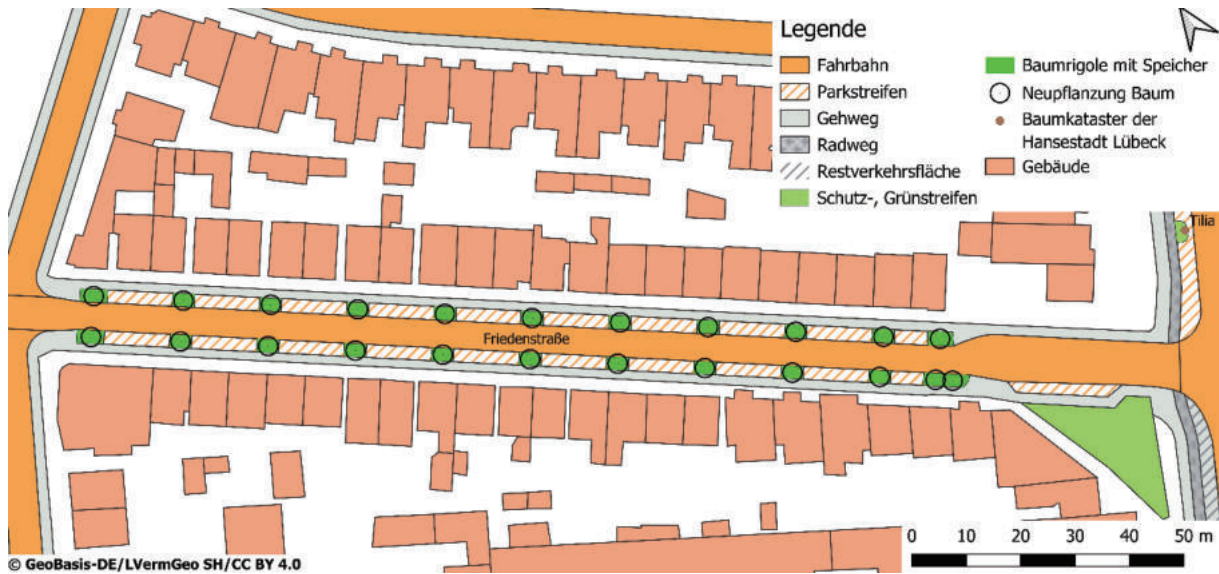


Abbildung 23: Neuplanung Abschnitt Friedenstraße – Variante eins

Abbildung 23 zeigt Variante eins der Neuplanung für die Friedenstraße. Auf beiden Seiten der Fahrbahn wurde ein BGS-Flexstreifen von mit einer Breite von jeweils 2,5 m geplant. Zugunsten des BGS-Flexstreifens wurde 1 m der Fahrbahn (0,5 m je Fahrspur) umgewidmet. Die Breite der Gehwege wurde nicht verändert (vgl. Abb. 24).

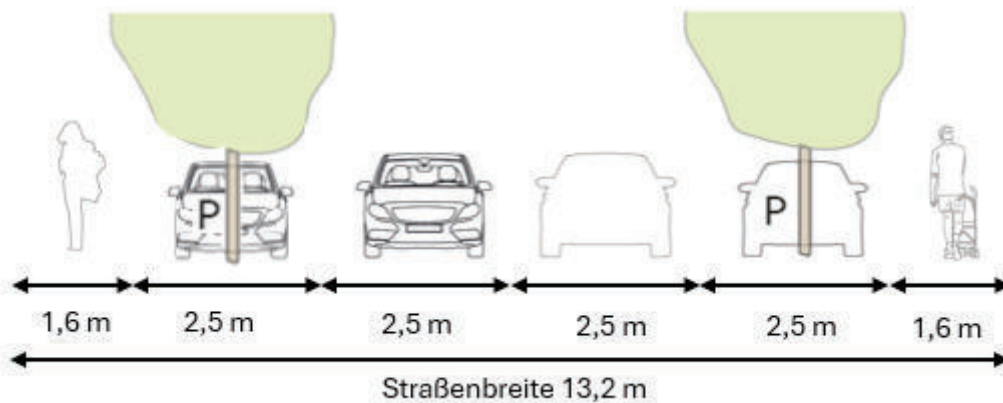


Abbildung 24: Querschnitt Neuplanung Friedenstraße – Variante eins (© BGS, 2022b)

Die Streifen gliedern sich in eine regelmäßige Abfolge, bestehend aus jeweils einer Baumrigolen mit Speicher und einem Parkstreifen für zwei längsparkende PKW. Insgesamt konnten so 23 Bäume in den Straßenabschnitt integriert werden. Im Vergleich zum Bestand wurde die Parkfläche in Variante eins um ca. 20 % reduziert.

Die zweite Variante der Neuplanung zielt darauf ab, den Anteil an Baumrigolen zu erhöhen und gleichzeitig die bestehende Parkfläche beizubehalten. Dafür wurde der Straßenabschnitt zur Einbahnstraße umgeplant. Da das Befahren von der Friedenstraße auf die Schwartauer Allee mit Kraftfahrzeugen ohnehin nicht gestatte ist, bietet es sich an, die Durchfahrt für Kraftfahrzeuge auf die Ost-West-Richtung zu beschränken (vgl. Kapitel 6.4.1).

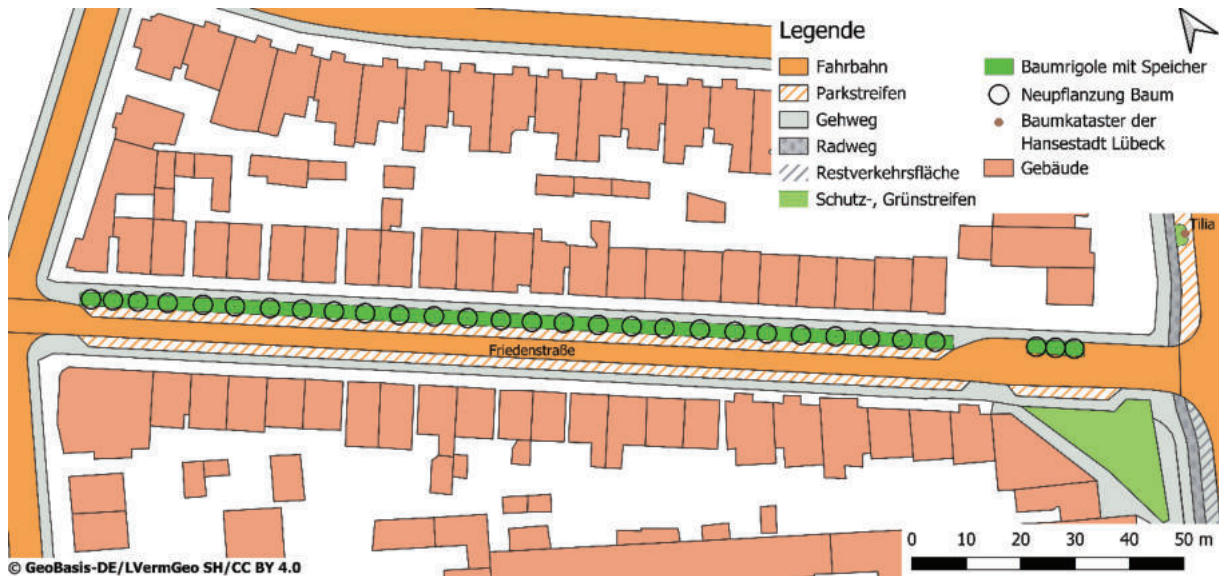


Abbildung 25: Neuplanung Abschnitt Friedenstraße – Variante zwei

Die Abbildung 25 zeigt die zweite Variante. Die Rigolen wurden in einem Korridor, der im nördlichen Teil des Straßenraums liegt, verortet. Durch den Wegfall einer Fahrspur konnten die Abmessungen und Flächen des Gehwegs sowie der Parkstreifen beibehalten werden (vgl. Abb. 26).

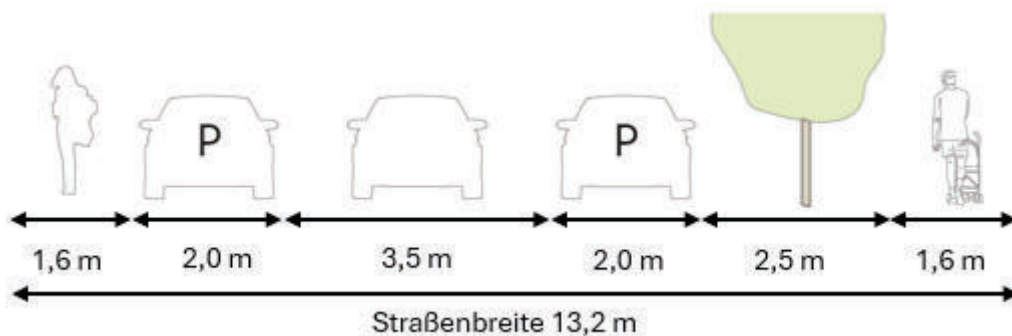


Abbildung 26: Querschnitt Neuplanung Friedenstraße – Variante zwei (© BGS, 2022b)

Gleichzeitig wird durch den 2,5 m breiten BGS-Korridor zwischen dem nördlichen Parkstreifen und dem Gehweg eine höhere BGS-Elementdichte von 30 Bäumen erreicht.

6.5.2 Neuplanung Marlistraße

Die Ziele der Neugestaltung des Straßenabschnitts der Marlistraße ähneln denen der Friedenstraße. Auch hier soll der Fokus auf den BGS-Zielen „cool“ und „green“ liegen. Das BGS-Ziel „blue“ wird ebenfalls nachrangig berücksichtigt.

Die Nutzungsanforderung an die bestehende Parkfläche der Marlistraße ist durch die PKW-Stellplätze auf den Grundstücksflächen geringer als die der Friedenstraße. Der Erhalt der Bestandsparkfläche der Marlistraße hat daher keine hohe Priorität. Stattdessen ist es wichtig, dass der Verkehrsfluss der Marlistraße (B 75) nicht durch die Neuplanung eingeschränkt wird. Mit einer Breite von 2,0 m unterschreitet der

vorhandene Gehweg das in der „RASt 06“ festgelegte Regelmaß um mindestens 0,3 m (vgl. FGSV, 2006). Der bestehende Radweg liegt mit seinen 1,75 m Breite zwischen dem Mindestmaß der „RASt 06“ von 1,60 m und dem Regelmaß von 2,00 m (vgl. FGSV, 2006). Die Breite der Fahrspuren ist mit 2,75 m knapp bemessen und soll auf eine Mindestbreite von 3,0 m angehoben werden (vgl. FGSV, 2006).

Um Platz für die BGS-Elemente zu schaffen, wurden die außenliegenden Fahrspuren, die überwiegend als Parkstreifen genutzt werden, zugunsten eines BGS-Flexstreifens entfernt (Variante eins). In einer zweiten Planungsvariante wurde der Flexstreifen durch einen BGS-Korridor ersetzt. Der Korridor besteht aus einer Mischung von Parkflächen und BGS-Elementen. Die Breite der Geh- und Radwege wurde nicht verringert, Die Breite der verbleibenden Fahrspuren wurde je nach Planungsvariante auf mindestens 3,0 m erhöht.

Die Planungen orientieren sich an der Anzahl der Fahrspuren in dem 2021 fertiggestelltem Streckenabschnitt der Moislinger Allee zwischen Lindenplatz und Einmündung Lachswehrallee. Bei der Allee handelt es sich ebenfalls um einen Teil der Bundesstraße B75.

Bei der Auswahl der BGS-Elemente für die Marlistraße schien das Element Baumrigole mit Speicher ebenso gut für die Ziele „cool“ und „green“ geeignet wie bei der Friedenstraße (vgl. BGS, 2022b).

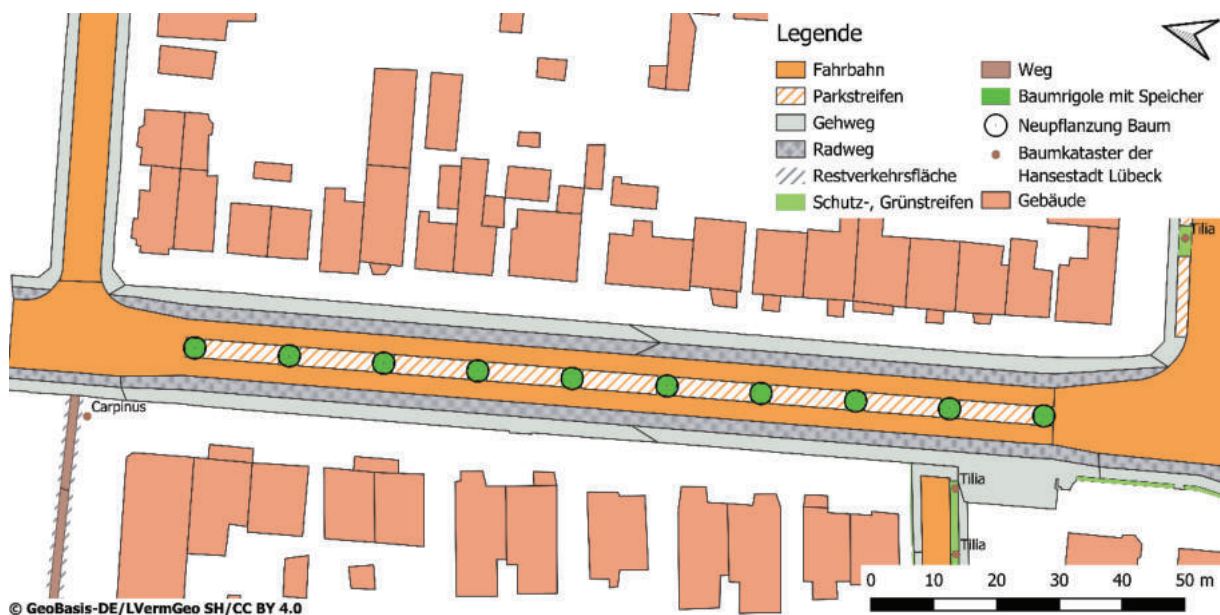


Abbildung 27: Neuplanung Abschnitt Marlistraße – Variante eins

Abbildung 27 zeigt die erste Variante der neu geplanten Marlistraße. In der Mitte des Straßenraums liegt ein 3,0 m breiter Flexstreifen. Der Streifen gliedert sich in eine regelmäßige Abfolge aus einem BGS-Element (eine Baumrigole mit Speicher) und einem Parkstreifen mit Platz für zwei längsparkende PKW. Durch die 3,0 m Breite des Flexstreifens wird ein beidseitiger Sicherheitsstreifen von ca. 0,5 m zwischen den in der Mitte parkenden Autos und den angrenzenden Fahrbahnen gewährleistet.

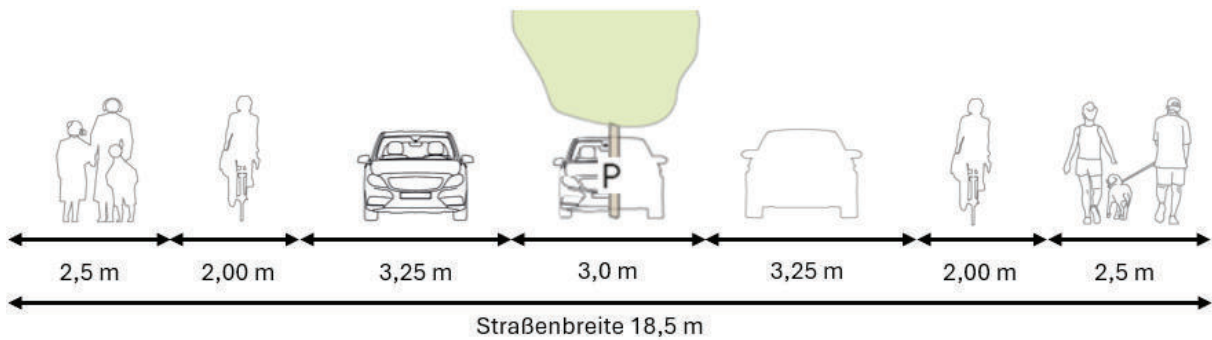


Abbildung 28: Querschnitt Neuplanung Marlistraße – Variante eins (© BGS, 2022b)

Die Fahrspurbreite der ersten Variante wurde - wie in Abbildung 28 zum Straßenquerschnitt zu sehen - auf 3,25 m angehoben und entspricht nun dem Regemaß der „RASt 06“ (vgl. FGSV, 2006). Die Breiten der Geh- und Radwege wurden ebenfalls auf die Regemaße gemäß „RASt 06“ angepasst (Gehwegbreite: 2,5 m, Radwegbreite: 2,0) (vgl. FGSV, 2006). Dem Straßenabschnitt wurden insgesamt zehn Bäume hinzugefügt und eine Parkfläche für ca. 18 PKW wurde geschaffen.

Mit der zweiten Planungsvariante sollte der Anteil der BGS-Elemente erhöht werden.

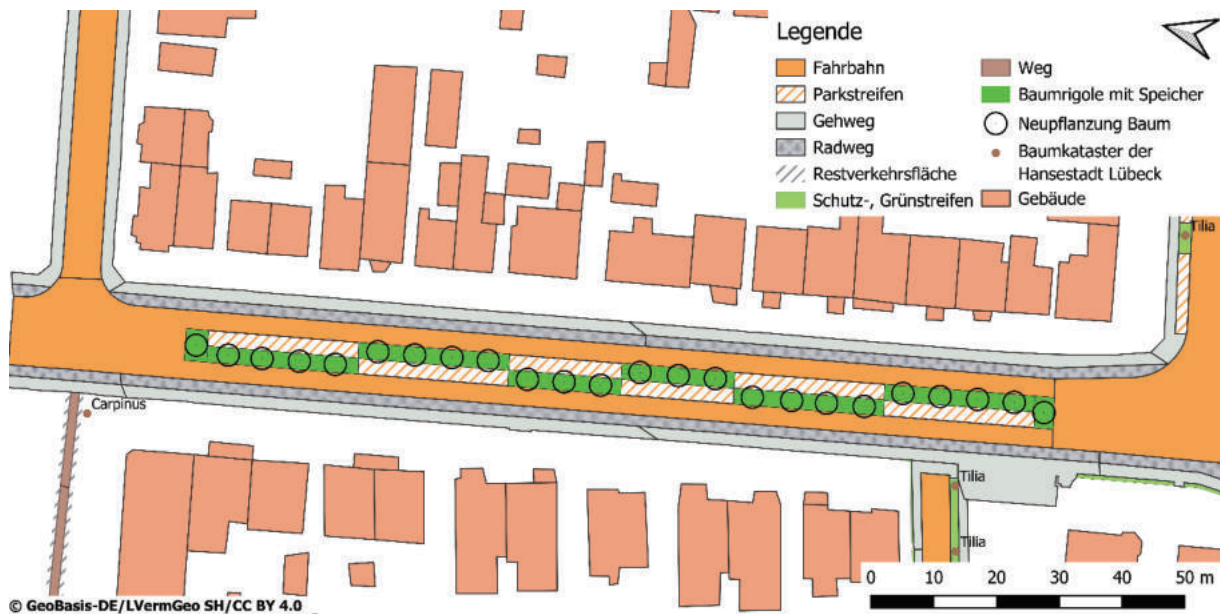


Abbildung 29: Neuplanung Abschnitt Marlistraße – Variante zwei

Dafür wurden die Bestandsmaße für den Geh- und Radweg beibehalten und die Breite der Fahrsuren nur auf das Mindestmaß von 3,0 m erhöht (vgl. Abb. 29). Diese Vorgehensweise ermöglicht einen Korridor von 5,0 m Breite in der Mitte des Straßenraums. Der Korridor umfasst zwei 2,5 m breite Streifen, deren Parkflächen den jeweiligen Fahrbahnen der Nord- und Süd-Richtung zugeordnet sind. Die Streifen bestehen aus einer wechselnden Abfolge von BGS-Korridoren und Parkbuchten, die Platz für drei bis vier längsparkende PKW bieten (vgl. Abb. 30).

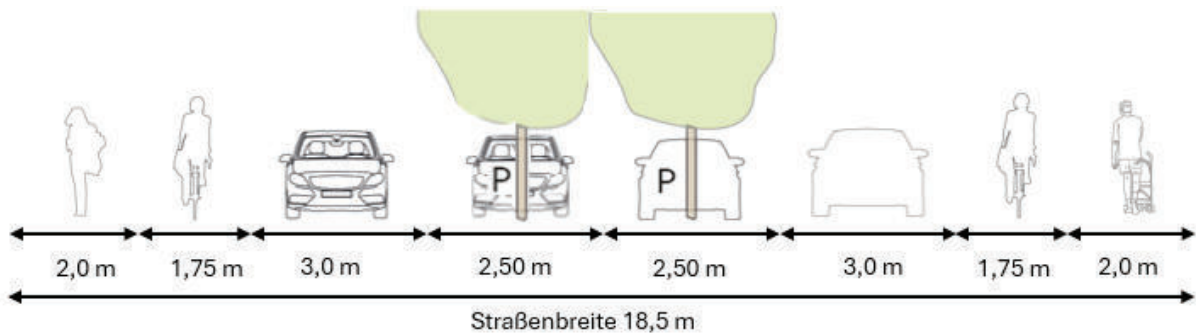


Abbildung 30: Querschnitt Neuplanung Marlistraße – Variante zwei (© BGS, 2022b)

Mit Variante zwei der Neuplanung wurde die Anzahl der Bäume im Straßenabschnitt von zehn (Variante eins) auf 24 erhöht. Zudem entstanden insgesamt 22 PKW-Stellplätze - jeweils elf pro Fahrtrichtung.

7 ENVI-met

ENVI-met ist eine Simulationssoftware der Unternehmen „ENVI-met GmbH“ und „One Click LCA“, die hauptsächlich als ein Werkzeug für die Planung klimaresilienter Städte entwickelt wurde. Mit der Software ist es möglich, für einen beliebigen Bereich ein dreidimensionales Modell zu erstellen und in diesem Modell ein Mikroklima nach selbstgewählten Parametern zu simulieren. Dabei berücksichtigt die Software automatisch die komplexen Wechselwirkungen zwischen Gebäuden, Vegetation, Boden, Wasserflächen und Luftströmungen. Somit bietet es sich an, die Wirkungen der in Kapitel 6.5 erarbeiteten Neuplanungen auf das Mikroklima (Lufttemperatur und PET) mit der Software ENVI-met zu simulieren.

ENVI-met gliedert sich in die folgenden sechs Anwendungsbereiche.



Manage Projects

Abbildung 31:
Projekt-Manager
Icon (© ENVI-met
GmbH, 2026)

Mit dem Projekt-Manager kann der Nutzer seine Daten bzw. Dateien verwalten. Dabei handelt es sich vor allem um Simulationsmodelle, Simulationseinstellungen und Simulationsergebnisse. Hinzu kommen Layout-, Bild- und Videodateien, die bei der Visualisierung der Simulationsergebnisse erstellt werden können.



Edit model area

Abbildung 32:
„SPACES“ Icon (©
ENVI-met GmbH,
2026)

In „SPACES“ wird das dreidimensionale Modell erstellt. Das Modell kann dabei manuell digitalisiert werden oder mithilfe von Erweiterungen aus anderen Programmen, wie z.B. QGIS, importiert werden. Digitalisiert werden Gebäude, Boden, Vegetation und Wasserflächen. Das Modell besteht aus Würfeln oder Quadern, den sogenannten „grids“. Die drei Dimensionen (Länge, Breite und Höhe) dieser „grids“ können dabei selbst festgelegt werden. Grundsätzlich gilt: Je mehr „grids“ ein Modell hat, desto aufwändiger ist dessen

Simulation und desto länger dauert sie. So werden z.B. „grids“ mit einem Maß von 1x1x1 m für das Modell eines Wohnhauses mit Garten genutzt, während „grids“ der

Größe 5x5x5 m für das Modell eines Stadtteils genutzt werden. Abbildung 33 zeigt die Benutzeroberfläche von „SPACES“.

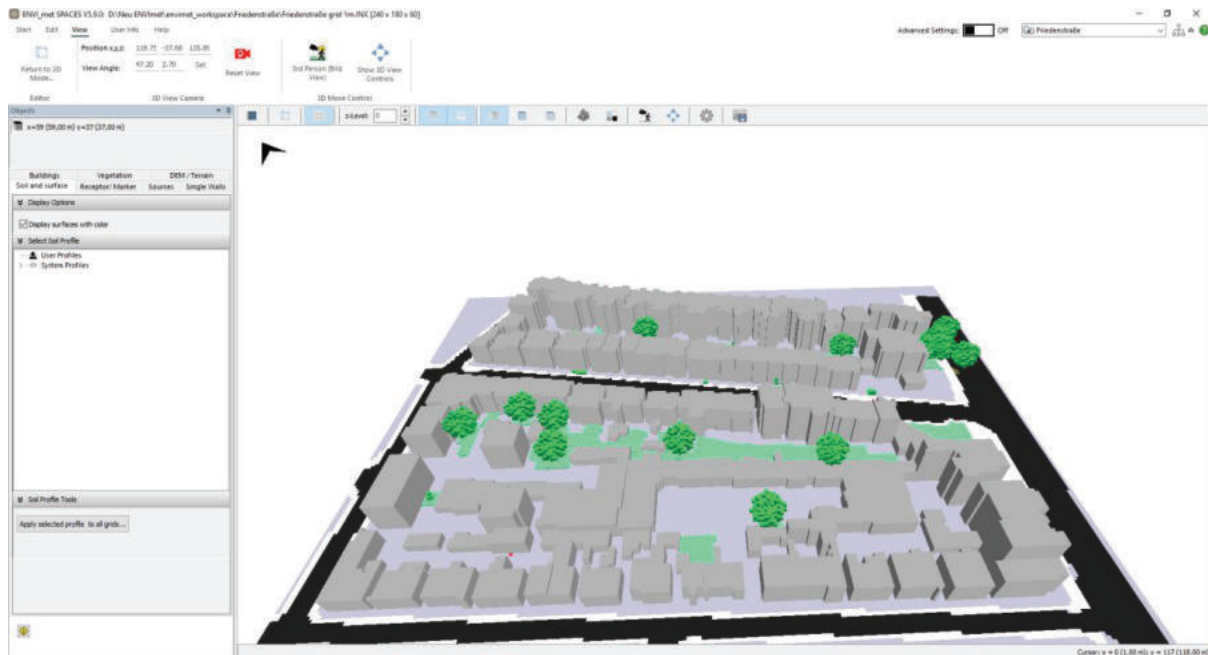


Abbildung 33: Benutzeroberfläche von „SPACES“ (© ENVI-met GmbH, 2026)

In dieser Arbeit wurden Modelle mit „grids“ der Größe 3x3x3 m verwendet. Dies hängt mit den Abmessungen der ausgewählten Untersuchungsgebiete (240x180 m Friedenstraße und 210x210 m Marlistraße), der verfügbaren Rechenleistung sowie der Simulationsdauer zusammen. So dauerte eine Simulation für diese Arbeit 7-9 Stunden. Eine Simulation derselben Modelle mit der Größe 2x2x2 m hätte ca. 26-32 Stunden gebraucht.



Simulation Settings

Abbildung 34:
„ENVI-Guide“ Icon
(© ENVI-met GmbH,
2026)

Im „ENVI-Guide“ werden die Parameter für die Simulation festgelegt. Dazu gehören der Simulationszeitraum, die konkreten Simulationstage – die als Grundlage für den Sonnenaufgang bzw. Sonnenuntergang dienen – und die meteorologischen Daten. Die meteorologischen Daten umfassen Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windrichtung, Windgeschwindigkeit sowie ggf. den Bewölkungsgrad.

Time	T	rH
00:00	15.70	85.70
01:00	15.20	87.30
02:00	14.80	88.50
03:00	14.50	89.10
04:00	14.70	88.60
05:00	15.90	85.10
06:00	17.90	78.10
07:00	20.00	70.30
08:00	21.90	63.10
09:00	23.60	56.60
10:00	24.90	51.90
11:00	25.90	48.50
12:00	26.50	46.60
13:00	26.90	45.50
14:00	27.00	45.50
15:00	26.90	46.40
16:00	26.30	48.90
17:00	25.10	53.60
18:00	23.70	59.70
19:00	21.90	66.80
20:00	20.03	73.10
21:00	19.00	77.70
22:00	18.20	80.80
23:00	17.60	82.80

Tabelle 4: Werte des für die Simulationen verwendeten durchschnittlichen Sommertages

Für die Simulationen in dieser Arbeit wurde ein Simulationszeitraum von 24 Stunden mit stündlichen Zwischenmessungen verwendet. Als Grundlage für die meteorologischen Daten dient ein durchschnittlicher wolkenloser Sommertag; ein Tag, an dem das Maximum der Lufttemperatur 25 °C oder größer ist. Um diesen Tag zu ermitteln, wurden aus den aufgezeichneten Tagen der Wetterstation Lübeck-Blankensee des DWD über den Zeitraum 2020 bis 2026 alle Sommertage selektiert. Anschließend wurde der stündliche Mittelwert der Messdaten für die Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit dieser Tage berechnet (s. Tab. 4). Um realistische Werte für den Sonnenaufgang bzw. -untergang und den Schattenwurf an einem Sommertag zu erhalten, wurde der vom Programm ENVI-met vorgeschlagene 01.07.2025 beibehalten. Für den Faktor Wind wird eine Geschwindigkeit von 2 m/s in 10 m Höhe und eine westliche Windrichtung festgelegt.

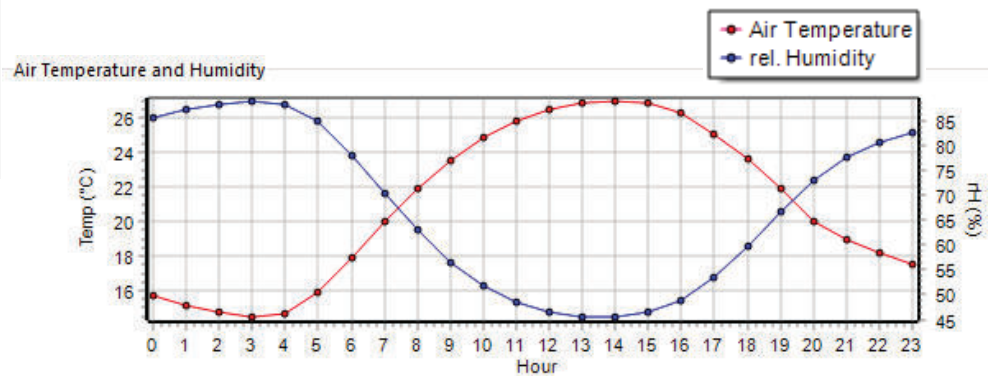


Abbildung 35: Graphische Darstellung der Werte des für die Simulationen verwendeten durchschnittlichen Sommertages



Start Simulation

Der Bereich „ENVI-core“ ist für die eigentliche Simulation zuständig. Zunächst werden Modelldateien und Simulationsdaten geladen und auf Fehler überprüft. Anschließend kann die Simulation gestartet werden.

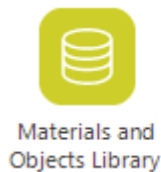
Abbildung 36: „ENVI-core“ Icon
(© ENVI-met GmbH, 2026)



Visualize Results

„LEONARDO“ bietet die Möglichkeit, Simulationsergebnisse über Karten oder einfache Bilder zu visualisieren. Man kann aber auch kleine Videosequenzen für Daten in Zeitraffer erstellen.

Abbildung 37: „LEONARDO“ Icon
(© ENVI-met GmbH, 2026)



Im Bereich „DBManager“ bzw. „Albero“ können die in „SPACES“ verwendeten Materialien bzw. Bäume verändert oder ganz neu erstellt werden. Abbildung 39 zeigt die Benutzeroberfläche von „Albero“.

Abbildung 38: „DBManager“ und „Albero“ Icon (© ENVI-met GmbH, 2026)

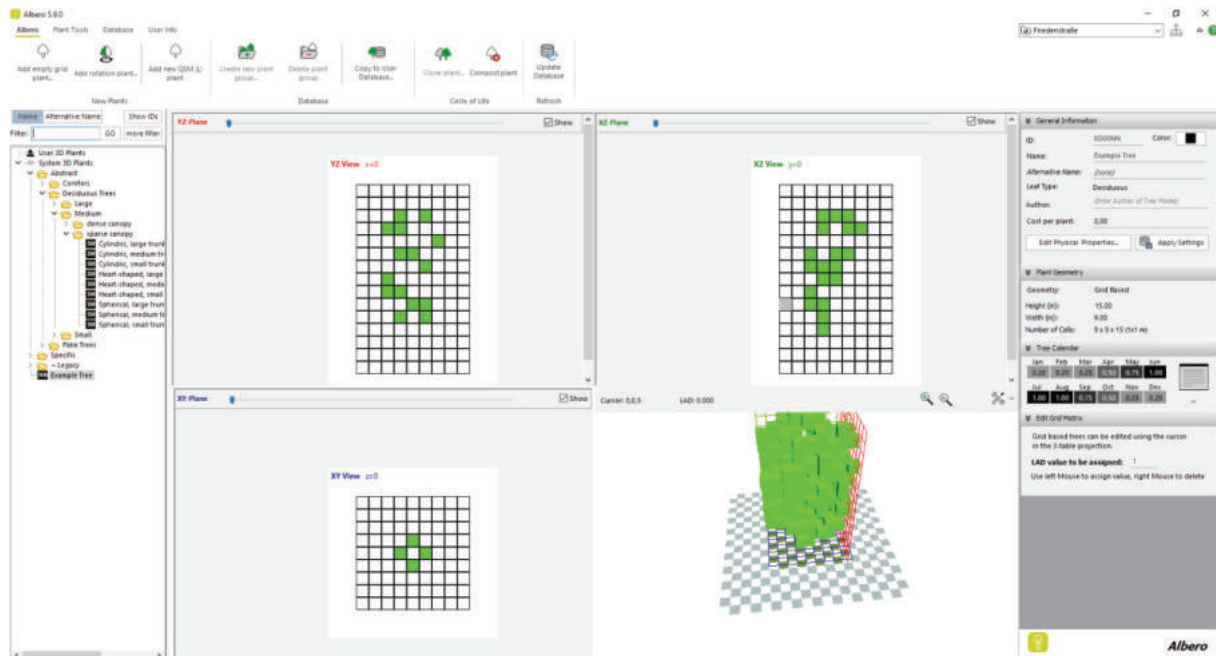


Abbildung 39: Benutzeroberfläche von „Albero“ (© ENVI-met GmbH, 2026)

8 Simulationsergebnisse

Für die Abschnitte der Frieden- und Marlistraße wurde jeweils ein Modell erstellt, das den Ist-Zustand (Bestand) des Straßenraums darstellt. Es wurden die bestehenden Gebäude, die Bodenbelege und die vorhandene Vegetation berücksichtigt. Anschließend wurde ein Sommertag mit der Software ENVI-met simuliert. Die Simulation berücksichtigt die im Kapitel sieben festgelegten Parameter. Die Ergebnisse sind im folgenden Kapitel dargestellt. Die angegebene Lufttemperatur (Potential Air Temperature) und die PET (PET*Default Person) beziehen sich auf eine Höhe von 1,5 m. Üblicherweise erfolgt die Angabe der PET für eine Höhe von 1,1 m. Aufgrund der räumlichen Auflösung der Simulationsmodelle (3x3x3 m) konnte dies jedoch nicht umgesetzt werden. Die Lufttemperatur wird zu unterschiedlichen Simulationszeitpunkten abgebildet. Als Zeitpunkte wurden 14:00 und 04:00 Uhr gewählt. Die Zeitpunkte ermöglichen einerseits einen Vergleich mit den BGS-Werten für das Ziel „cool“ sowie mit den Werten der Stadtklimaanalyse Lübecks. Andererseits ergaben die ENVI-met-Simulationen für 14:00 Uhr die höchste Tagestemperatur bzw. für 04:00 Uhr die niedrigste Temperatur in der Nacht. Die PET wurde zum wärmsten Zeitpunkt (14:00 Uhr) dargestellt, um die bereits genannten Vergleiche zu ermöglichen. Sie bildet den ausschlaggebenden Parameter zur Bewertung der Wärmebelastung des Menschen in den ausgewählten Straßenräumen während der Tagzeit.

8.1 Simulation des Ist-Zustands (Bestand)

8.1.1 Friedenstraße

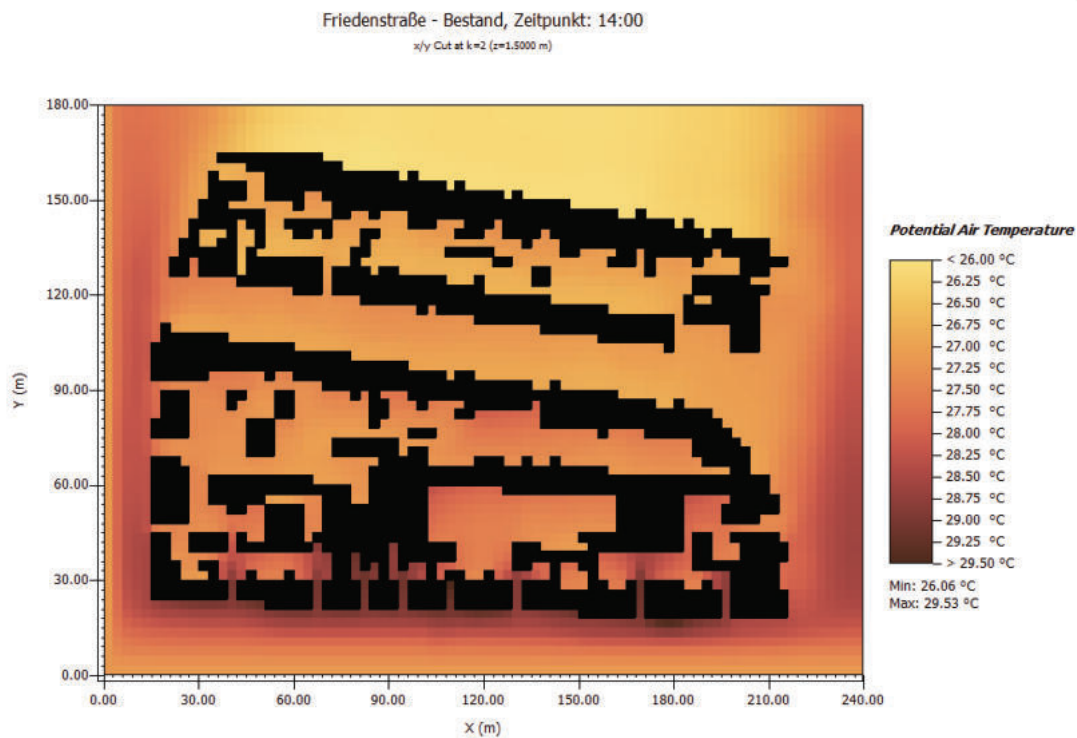


Abbildung 40: Ergebnis der Bestandssimulation für den Abschnitt der Friedenstraße zur Lufttemperatur zum Zeitpunkt 14:00 Uhr

Abbildung 40 visualisiert die Lufttemperatur des Simulationsmodells für den Ist-Zustand der Friedenstraße (14:00 Uhr). Die Lufttemperatur im Modell liegt zwischen 26 °C und 29,5 °C. Innerhalb des gewählten Abschnittes liegen die Werte zwischen ca. 26,8 °C und 27,7 °C (Mittelwert: 27,0 °C).

In der folgenden Abbildung 41 wird die Lufttemperatur bei Nacht (04:00 Uhr) dargestellt. Im Modell liegt diese zwischen 15 °C und 17,3 °C. Im ausgewählten Straßenabschnitt schwankt sie zwischen 16,2 °C und 17 °C (Durchschnitt: 16,9 °C). Die Temperaturen sind um 2 °C bis 3 °C niedriger als die Angaben zur nächtlichen Lufttemperatur in der Klimaanalysekarte für Lübeck (vgl. Abbildung 8).

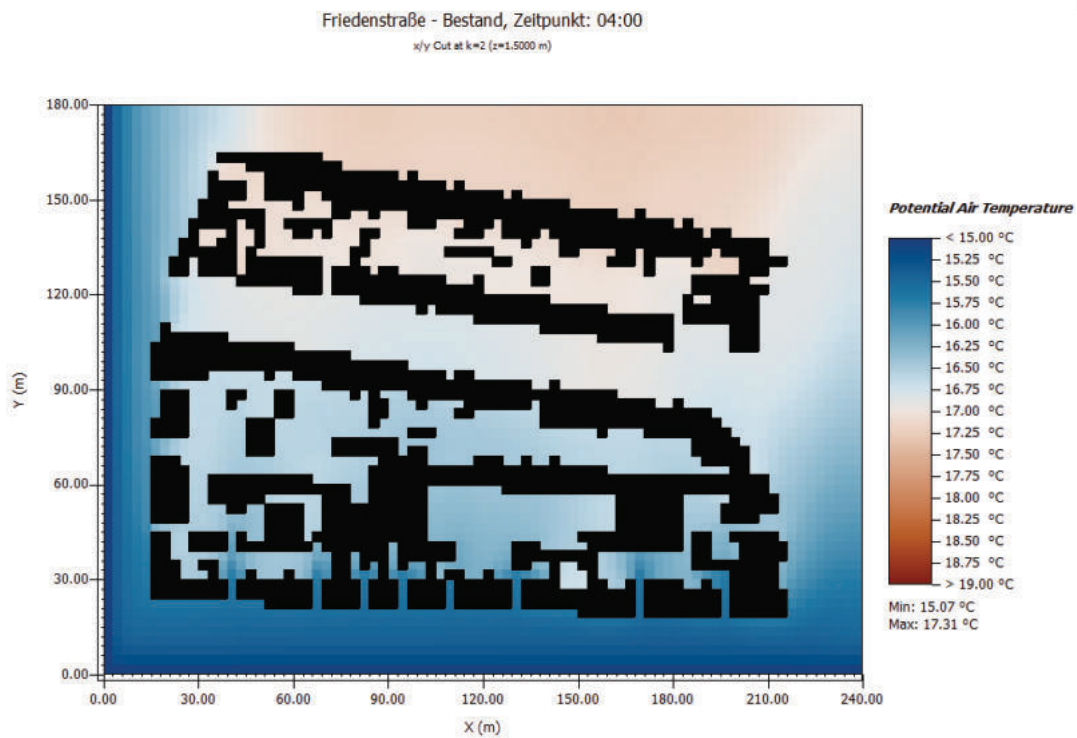


Abbildung 41: Ergebnis der Bestandssimulation für den Abschnitt der Friedenstraße zur Lufttemperatur zum Zeitpunkt 04:00 Uhr

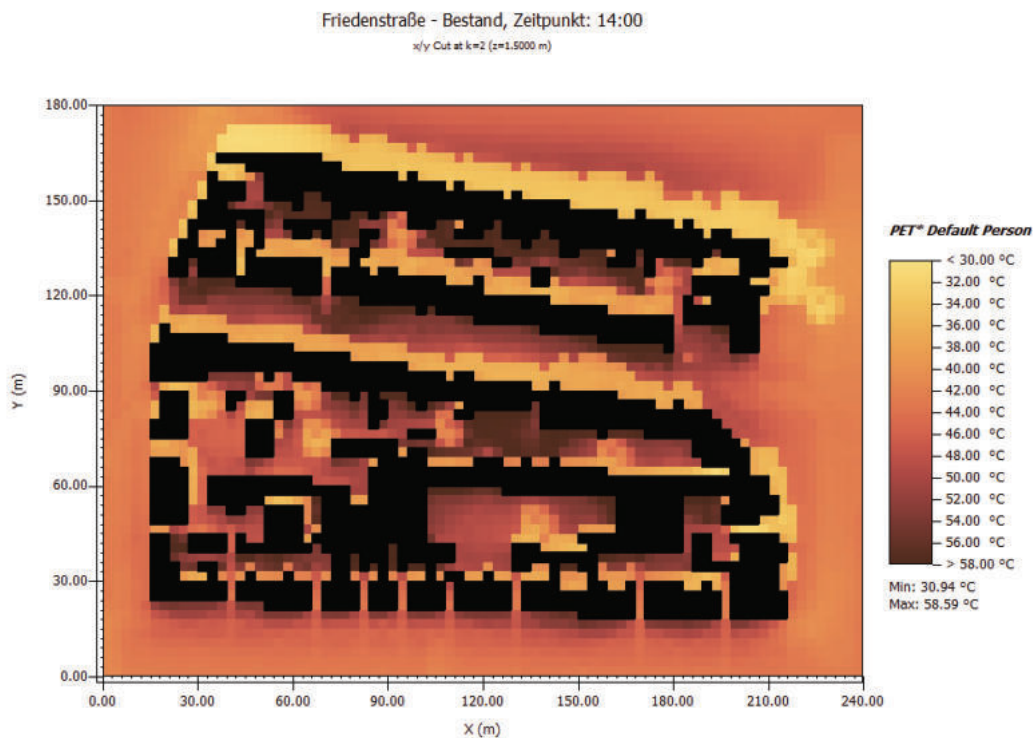


Abbildung 42: Ergebnis der Bestandssimulation für den Abschnitt der Friedenstraße zur PET zum Zeitpunkt 14:00 Uhr

Die PET im Modell erreicht Werte zwischen 30 °C und 58,6 °C. Im Straßenabschnitt selbst wird eine Spanne von 35,3 °C bis 57 °C simuliert. Der Durchschnitt der Werte

im Straßenraum ist 43,5 °C. Nach der Tabelle zur Kategorisierung der physiologisch äquivalenten Temperatur ist es zum Simulationszeitpunkt 14:00 Uhr in dem Straßenabschnitt durchschnittlich „sehr heiß“ und es herrscht eine „extrem starke“ Wärmebelastung (vgl. Tab. 3). Damit wurde ein ähnliches Ergebnis erzielt wie in der Stadtklimaanalysekarte zur Tagsituation. Die Karte zeigt für einen Großteil des Abschnitts der Friedenstraße eine PET zwischen 43 °C und 45 °C (vgl. Abbildung 7).

8.1.2 Marlistraße

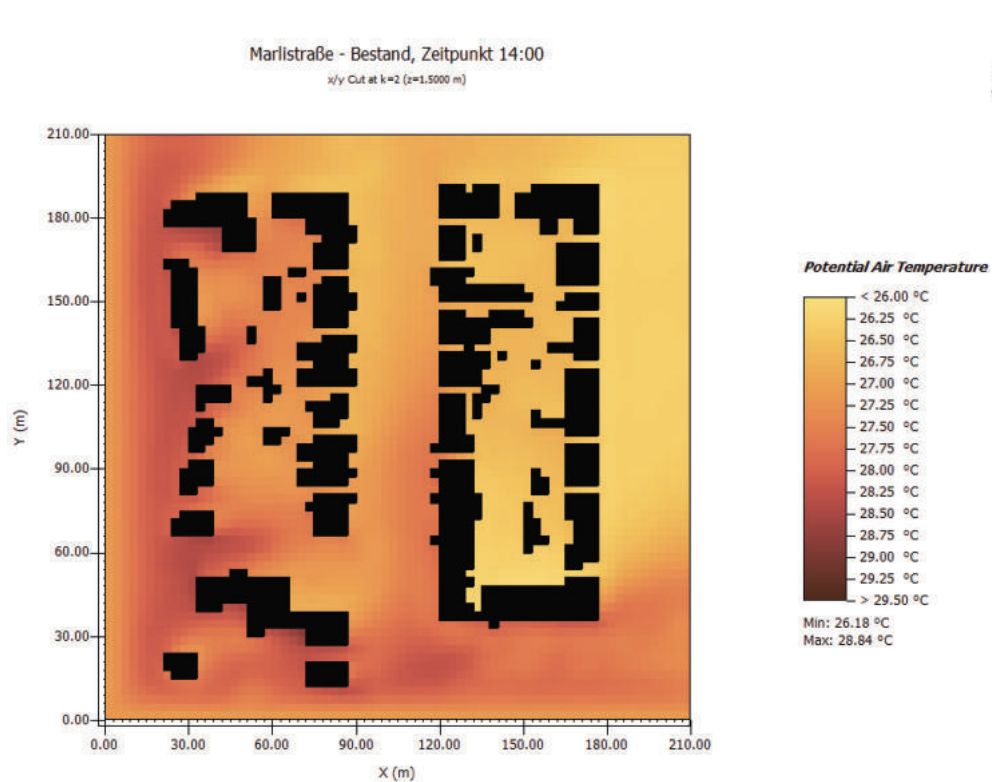


Abbildung 43: Ergebnis der Bestandssimulation für den Abschnitt der Marlistraße zur Lufttemperatur zum Zeitpunkt 14:00 Uhr

Die simulierte Lufttemperatur für den Ist-Zustand der Marlistraße um 14:00 Uhr ist in Abbildung 43 dargestellt. Die Lufttemperatur im Modell liegt zwischen 26 °C und 29 °C. Innerhalb des Straßenabschnittes liegt sie zwischen 26,6 °C und 27,8 °C (Durchschnitt: 26,8 °C). Im Vergleich zum Abschnitt der Friedenstraße ist die Lufttemperatur im Abschnitt der Marlistraße damit geringfügig niedriger (vgl. Abb. 40).

Die Lufttemperatur im ausgewählten Straßenabschnitt der Marlistraße schwankt bei Nacht (04:00 Uhr) zwischen 16 °C und 16,9 °C (Durchschnitt: 16,8 °C). Damit weisen die Modelle der Marlistraße und der Friedenstraße nahezu identische nächtliche Lufttemperaturen auf (vgl. Abb. 44 mit Abb. 41).

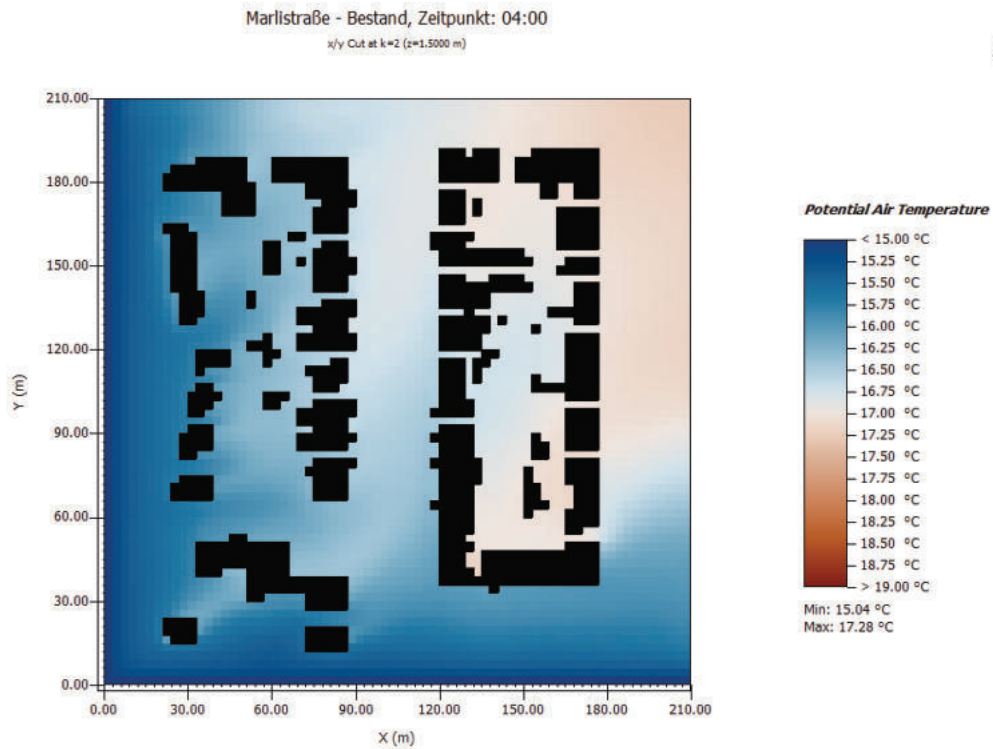


Abbildung 44: Ergebnis der Bestandssimulation für den Abschnitt der Marlstraße zur Lufttemperatur zum Zeitpunkt 04:00 Uhr

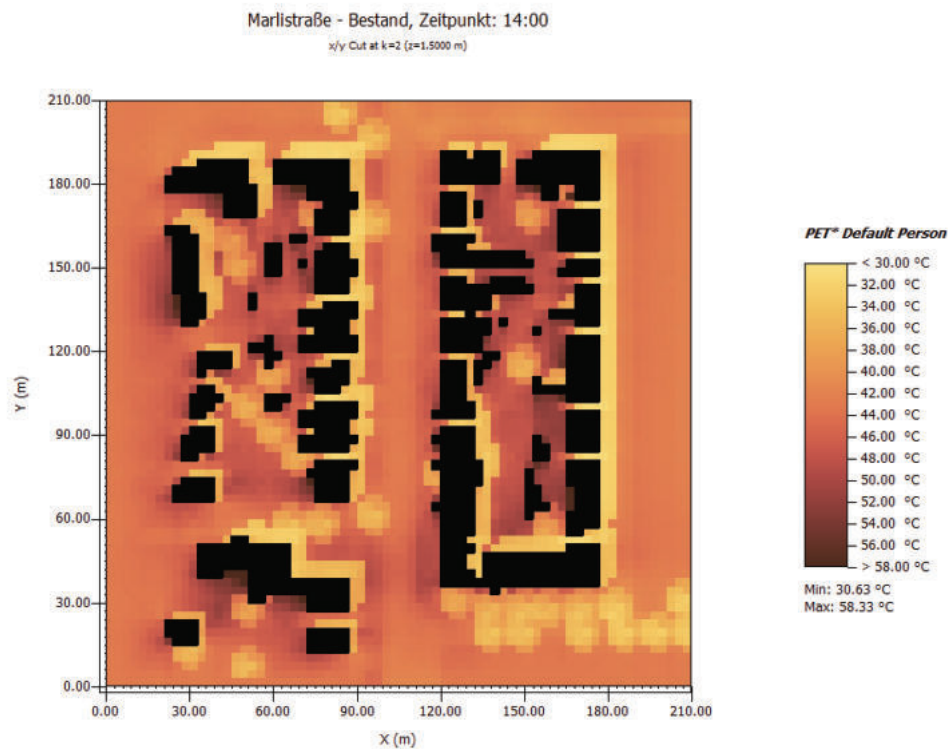


Abbildung 45: Ergebnis der Bestandssimulation für den Abschnitt der Marlstraße zur PET zum Zeitpunkt 14:00 Uhr

Die PET im Bestandsmodell der Marlstraße erreicht Werte zwischen 30,6 °C und 58,3 °C. Im Straßenabschnitt selbst wird eine Spanne von 32 °C bis 53 °C simuliert. Mit

einem Durchschnittswert von 45,6 °C wird im Straßenraum ein „sehr heißes“ thermisches Empfinden sowie eine „extrem starke“ Wärmebelastung simuliert (vgl. Tab. 3). In Lübecks Stadtklimaanalysekarte werden PET-Werte zwischen 35 °C und 45 °C angegeben (vgl. Abbildung 7). Für die Marlistraße wurde somit eine heißere Tagsituation als in Lübecks Stadtklimaanalysekarte simuliert.

8.2 Gegenüberstellung der Simulationen von Bestand und Neuplanungen

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Simulationen für die Neuplanungen mit den im vorherigen Kapitel erläuterten Ergebnissen zum Bestand (Ist-Zustand) verglichen. Die folgenden Abbildungen visualisieren die Unterschiede für Lufttemperatur und PET zwischen dem Bestand und den Planungsvarianten eins und zwei für die Simulationszeitpunkte.

8.2.1 Neuplanung Friedenstraße (Variante 1)

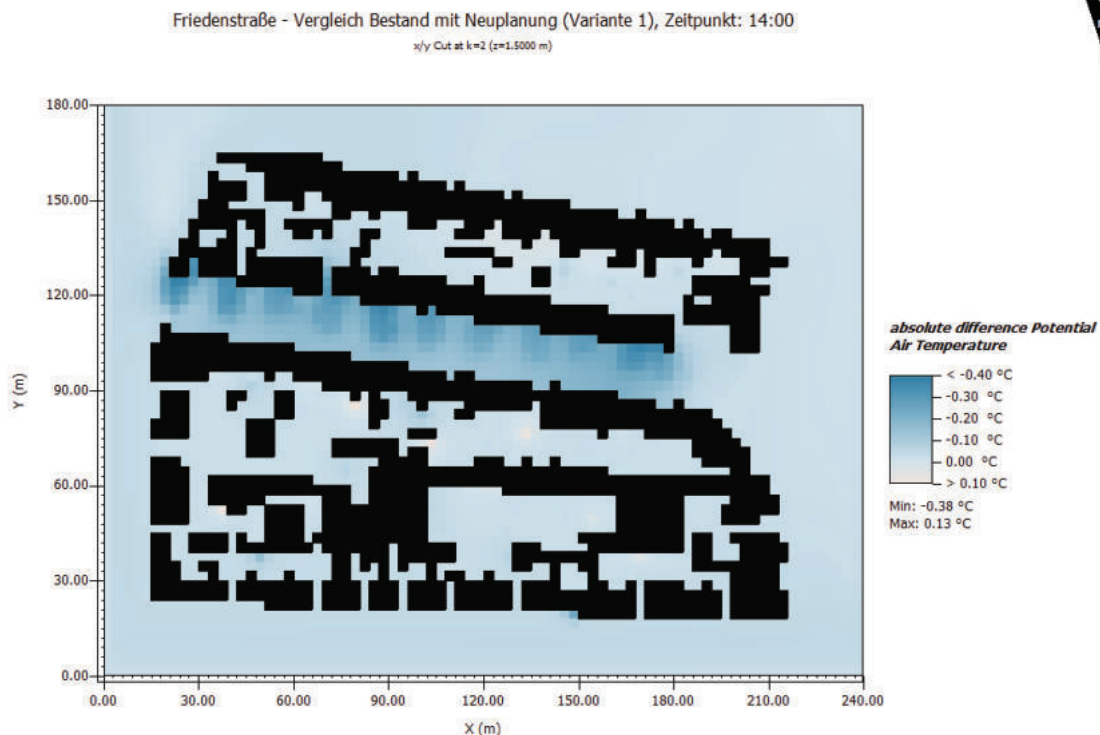


Abbildung 46: Vergleich der Simulationsergebnisse von Bestand und Neuplanung (Variante eins) für den Abschnitt der Friedenstraße zum Simulationszeitpunkt 14:00 Uhr (Lufttemperatur)

Um 14:00 Uhr bewirkt die Variante eins der Neuplanung eine Reduzierung der Lufttemperatur von 0,1 °C bis knapp 0,4 °C. Diese Reduzierung erfolgt lediglich im direkten Umfeld der geplanten Baumrigolen. Die Wirkung der ersten Planungsvariante lässt sich daher als punktuelle Reduzierung über die gesamte Breite des Straßenraums beschreiben (vgl. Abb. 46).

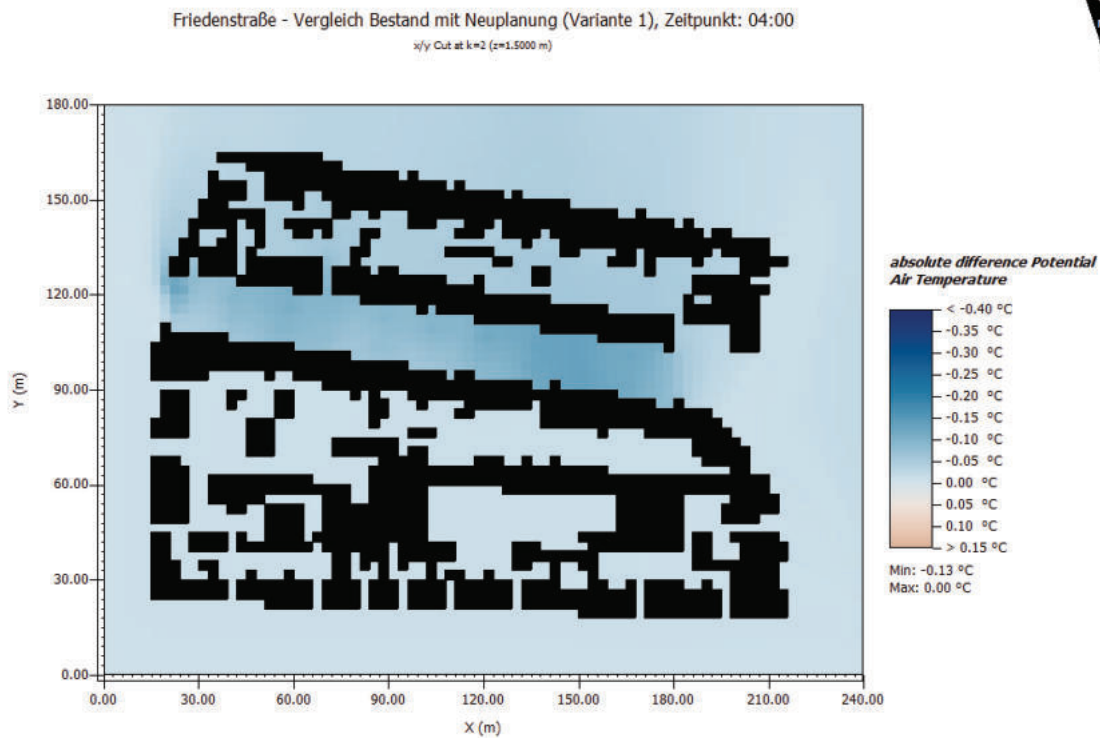


Abbildung 47: Vergleich der Simulationsergebnisse von Bestand und Neuplanung (Variante eins) für den Abschnitt der Friedenstraße zum Simulationszeitpunkt 04:00 (Lufttemperatur)

Die nächtliche Lufttemperatur wird von der Variante eins nur sehr gering beeinflusst. Im Bereich der Neuplanung ist ein Temperaturrückgang von ca. 0,1 °C im Straßenraum feststellbar (vgl. Abb. 47).

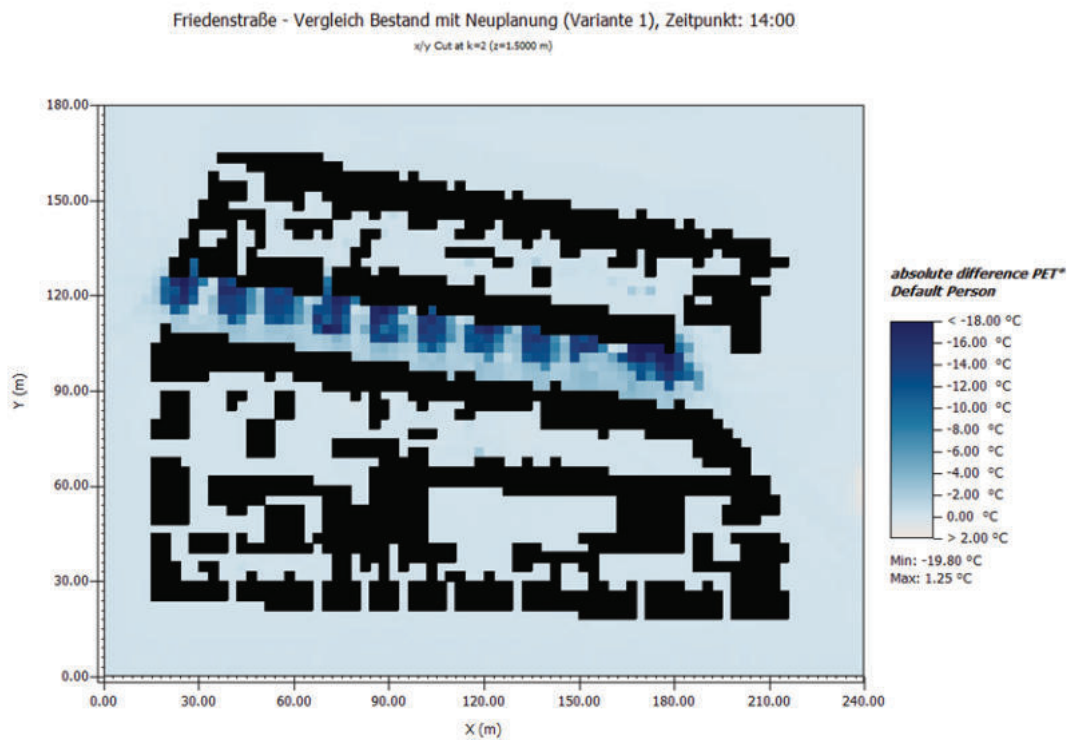


Abbildung 48: Vergleich der Simulationsergebnisse von Bestand und Neuplanung (Variante eins) für den Abschnitt der Friedenstraße zum Simulationszeitpunkt 14:00 Uhr (PET)

Die Verringerung der PET und der Lufttemperatur ist in ähnlichen Bereichen erkennbar (vgl. Abb. 48 mit Abb. 46). In unmittelbarer Nähe zu den Baumrigolen sinkt sie um mindestens 7 °C und maximal 20 °C. Im verbleibenden Straßenraum liegt die Abnahme der PET zwischen 1 °C und 4 °C. Die durchschnittliche PET im Straßenraum sinkt von 43,5 °C (Bestand) auf rund 36 °C, was einer Reduktion um 7,5 °C entspricht.

8.2.2 Neuplanung Friedenstraße (Variante 2)

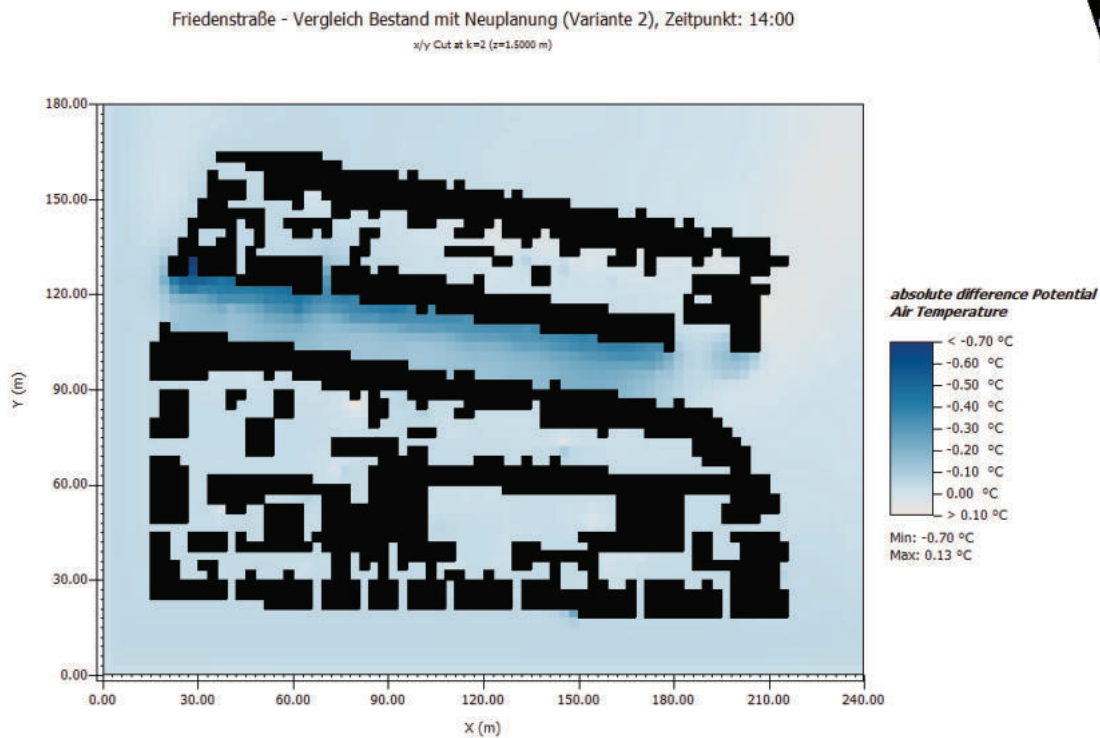


Abbildung 49: Vergleich der Simulationsergebnisse von Bestand und Neuplanung (Variante zwei) für den Abschnitt der Friedenstraße zum Simulationszeitpunkt 14:00 (Lufttemperatur)

Die zweite Planungsvariante bewirkt eine Reduzierung der Lufttemperatur von 0,3 °C bis 0,7 °C (Zeitpunkt 14:00 Uhr). Diese Temperaturabnahme ist nur auf der nordöstlichen Seite des Straßenraums in unmittelbarer Nähe der Baumrigolen festzustellen. Auf der südwestlichen Seite wird die Lufttemperatur nur um 0 °C bis 0,2 °C verringert (vgl. Abb. 49).

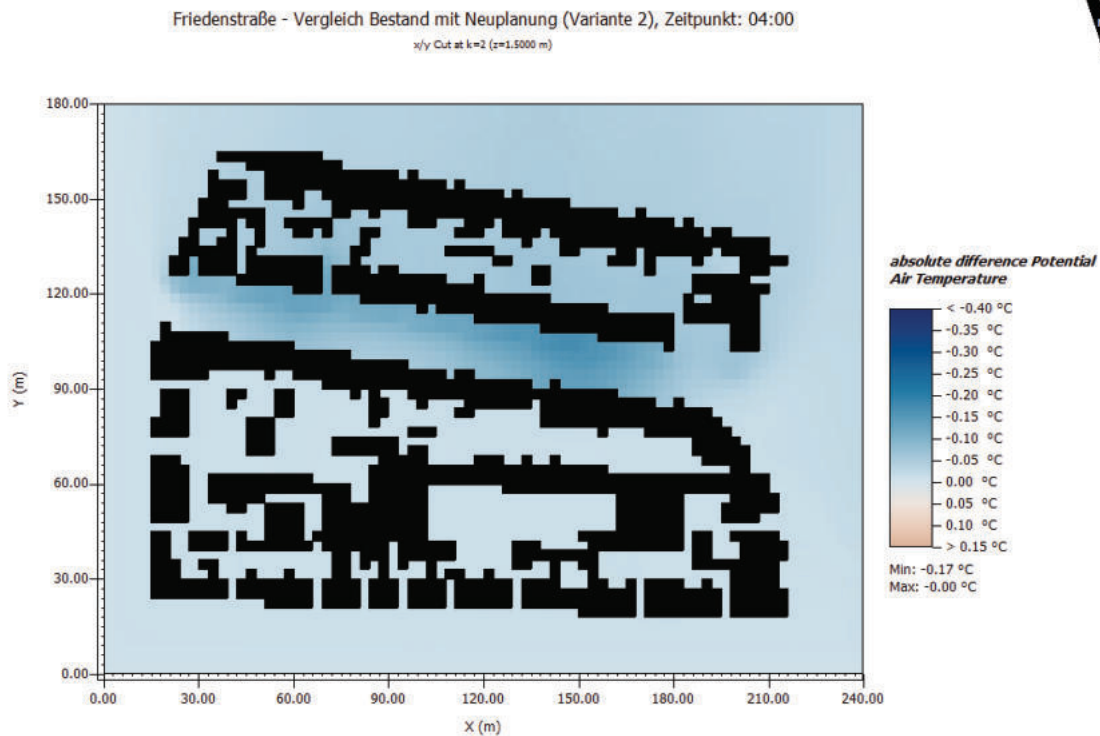


Abbildung 50: Vergleich der Simulationsergebnisse von Bestand und Neuplanung (Variante zwei) für den Abschnitt der Friedenstraße zum Simulationszeitpunkt 04:00 Uhr (Lufttemperatur)

Auch diese zweite Planungsvariante beeinflusst die nächtliche Lufttemperatur nur gering. Die Temperatur sank ebenfalls um ca. 0,1 °C (vgl. Abb. 50).

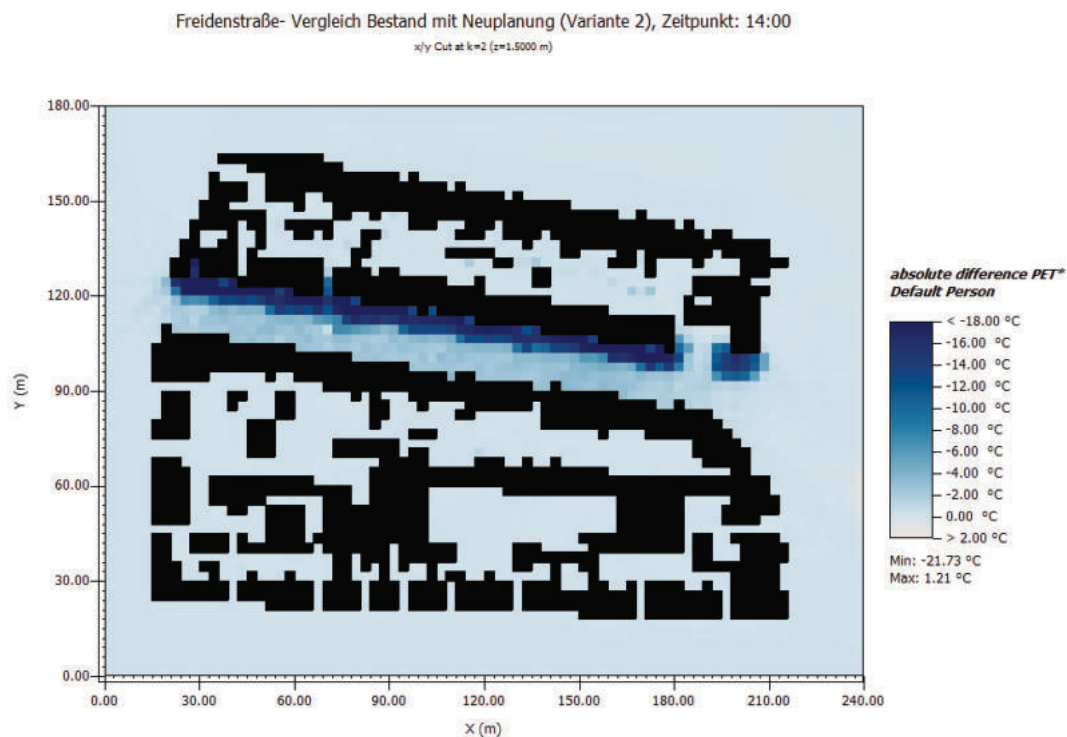


Abbildung 51: Vergleich der Simulationsergebnisse von Bestand und Neuplanung (Variante zwei) für den Abschnitt der Friedenstraße zum Simulationszeitpunkt 14:00 Uhr (PET)

Genau wie bei Variante eins ist auch bei Variante zwei der Neuplanung für die Friedenstraße eine Reduzierung der PET in sehr ähnlichen Bereichen wie bei der Lufttemperatur zu erkennen (vgl. Abb. 51 mit Abb. 49). Die Variante zwei verringert die PET um mindestens 8 °C und maximal um 22 °C in Bereichen mit unmittelbarer Nähe zu den Baumrigolen. Ansonsten liegt die Reduzierung der PET zwischen 0 °C und 4 °C im Straßenraum. Die durchschnittliche PET im Straßenraum beträgt in etwa 35 °C, was im Vergleich zum Bestand (PET 43,5 °C) eine Absenkung um 8,5 °C bedeutet.

8.2.3 Neuplanung Marlistraße (Variante 1)

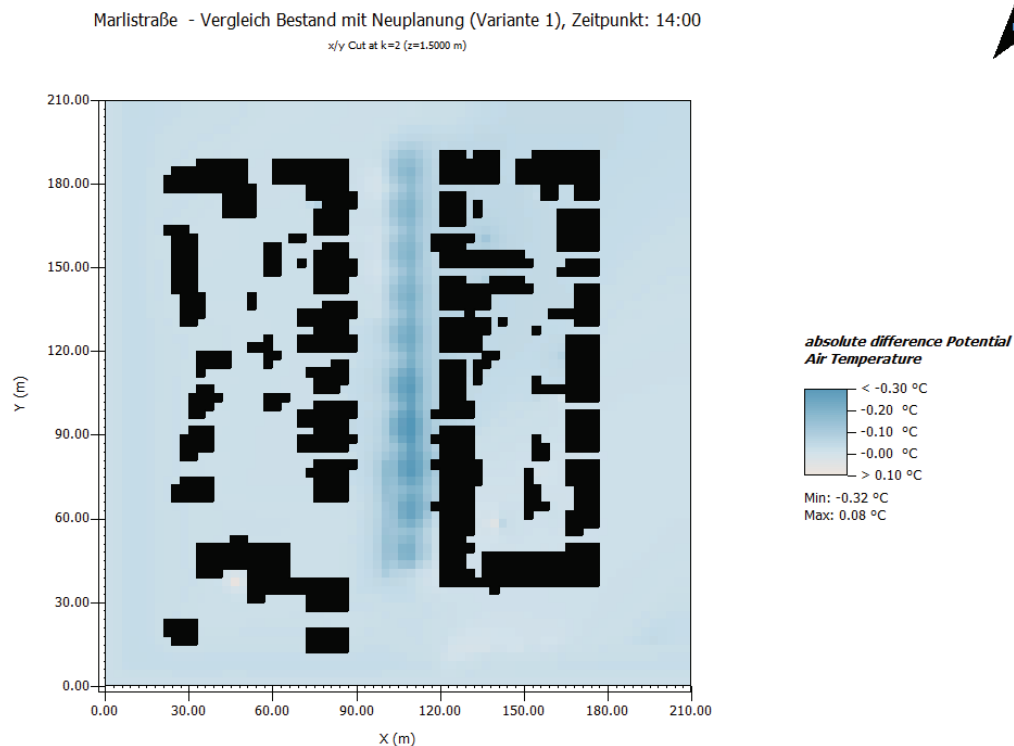


Abbildung 52: Vergleich der Simulationsergebnisse von Bestand und Neuplanung (Variante eins) für den Abschnitt der Marlistraße zum Simulationszeitpunkt 14:00 Uhr (Lufttemperatur)

Für den Zeitpunkt 14:00 Uhr bewirkt die erste Neuplanung, dass die Lufttemperatur um 0,1 °C bis 0,3 °C absinkt. Dieser Rückgang der Temperatur beschränkt sich ebenfalls auf die unmittelbare Nähe zu den Baumrigolen. Auch die Wirkung dieser Planungsvariante kann als punktuelle Reduzierung in der Mitte der Straße beschrieben werden (vgl. Abb. 52).

Marlstraße - Vergleich Bestand mit Neuplanung (Variante 1), Zeitpunkt: 04:00
 x/y Cut at k=2 (z=1.5000 m)

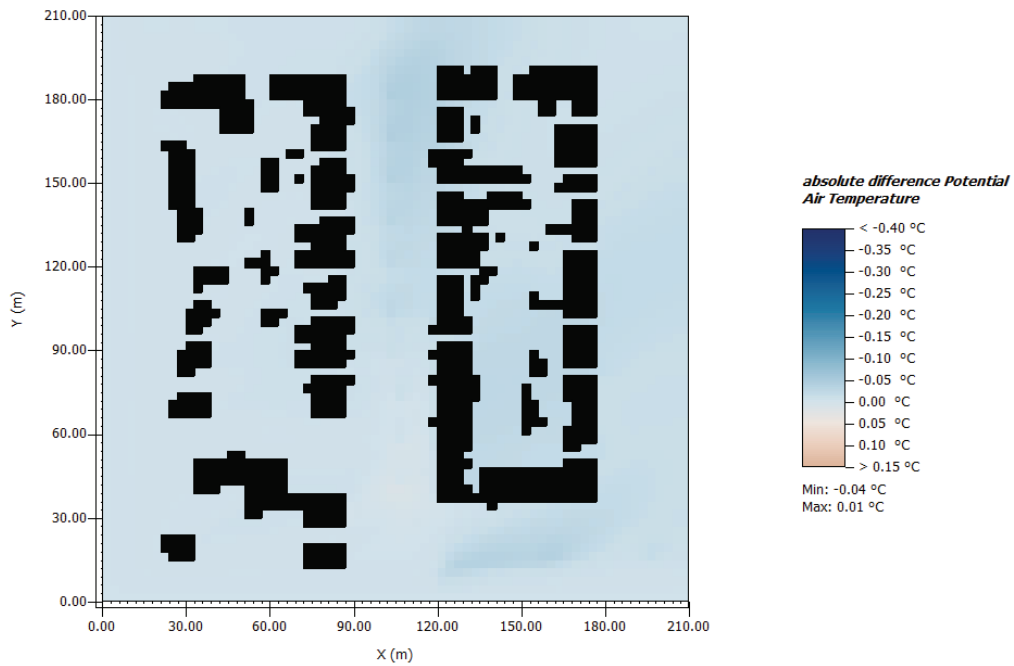


Abbildung 53: Vergleich der Simulationsergebnisse von Bestand und Neuplanung (Variante eins) für den Abschnitt der Marlstraße zum Simulationszeitpunkt 04:00 Uhr (Lufttemperatur)

Die erste Planungsvariante hat keinen Einfluss auf die nächtliche Lufttemperatur. Die maximale Abnahme um 0,04 °C ist zu vernachlässigen (vgl. Abb. 53).

Marlstraße - Vergleich Bestand mit Neuplanung (Variante 1): Zeitpunkt: 14:00
 x/y Cut at k=2 (z=1.5000 m)

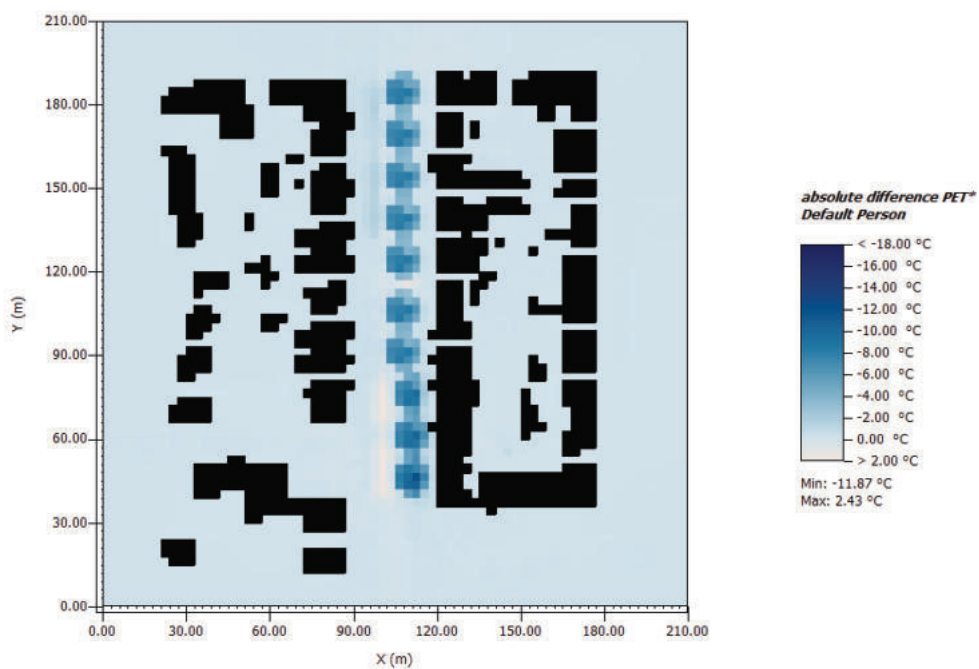


Abbildung 54: Vergleich der Simulationsergebnisse von Bestand und Neuplanung (Variante eins) für den Abschnitt der Marlstraße zum Simulationszeitpunkt 14:00 Uhr (PET)

Auch diese Simulation zeigt, dass die Veränderung der PET und Lufttemperatur in einem ähnlichen Straßenbereich liegt. Im Bereich der Baumrigolen beträgt die Differenz zum Bestand mindestens 4 °C und maximal 12 °C. Außerhalb der Rigolen sinkt die PET um maximal 1,5 °C. Die durchschnittliche PET im gesamten Straßenraum beträgt 43,2 °C, was im Vergleich zum Bestand (PET 45,6 °C) eine durchschnittliche Verringerung von 2,4 °C ergibt.

8.2.4 Simulation Neuplanung Marlistraße (Variante 2)

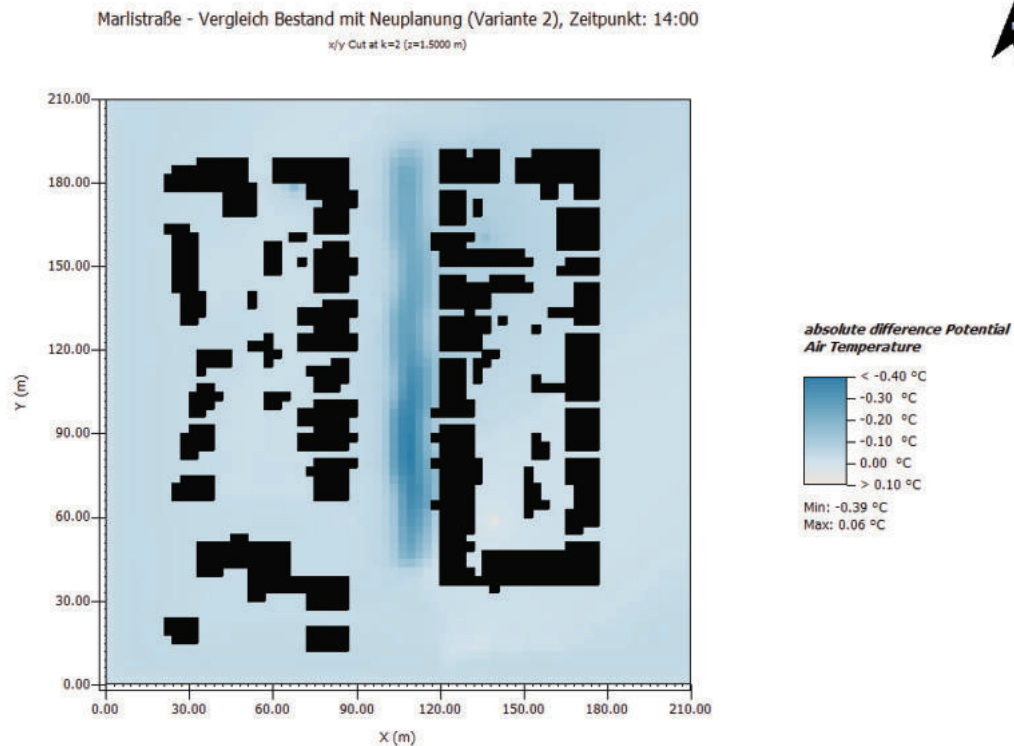


Abbildung 55: Vergleich der Simulationsergebnisse von Bestand und Neuplanung (Variante zwei) für den Abschnitt der Marlistraße zum Simulationszeitpunkt 14:00 Uhr (Lufttemperatur)

Abbildung 55 visualisiert für den zweiten Planungsentwurf eine Abnahme der Lufttemperatur von 0,1 °C bis ca. 0,4 °C im Bereich der Bäume. Ein Vergleich zwischen den Planungsvarianten der Marlistraße zeigt, dass der zweite Entwurf eine flächendeckendere Wirkung erzeugt (vgl. Abb. 55 mit Abb. 52).

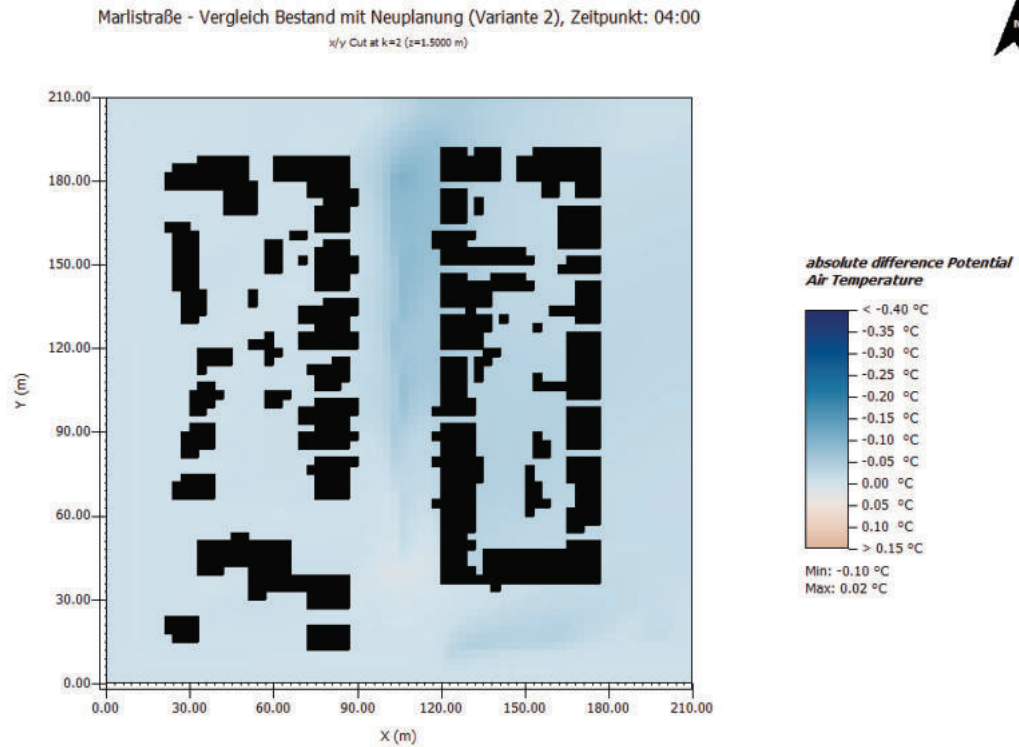


Abbildung 56: Vergleich der Simulationsergebnisse von Bestand und Neuplanung (Variante zwei) für den Abschnitt der Marlstraße zum Simulationszeitpunkt 04:00 Uhr (Lufttemperatur)

Die Lufttemperatur um 04:00 Uhr wird, wie bei allen Entwürfen, kaum beeinflusst.

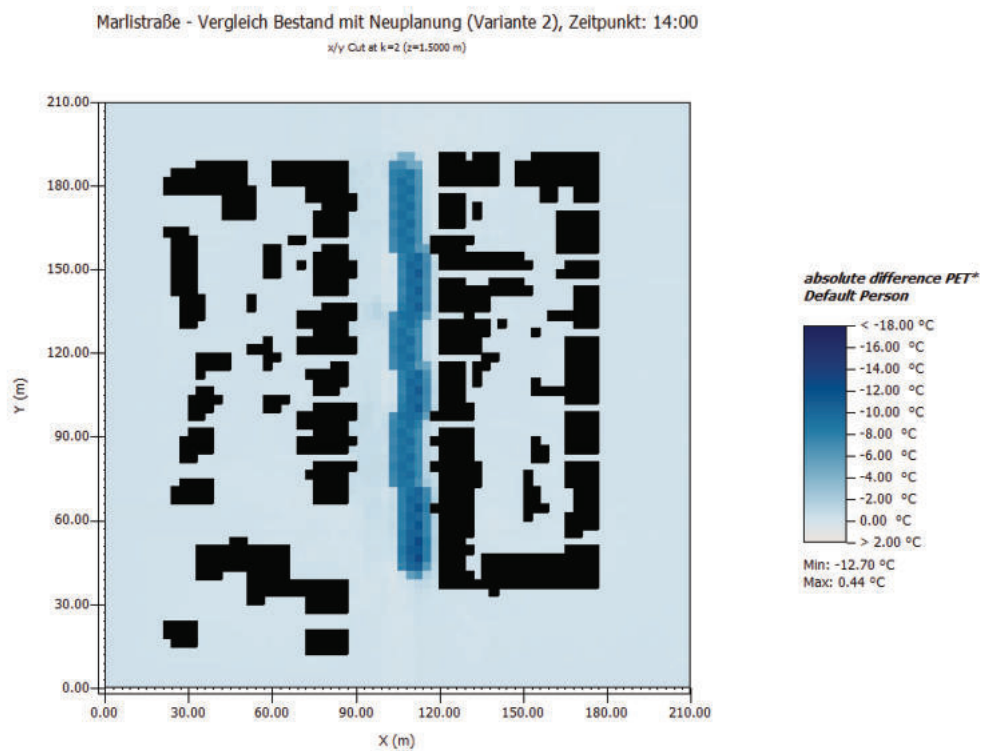


Abbildung 57: Vergleich der Simulationsergebnisse von Bestand und Neuplanung (Variante zwei) für den Abschnitt der Marlstraße zum Simulationszeitpunkt 14:00 Uhr (PET)

Abbildung 57 zeigt die Wirkung auf die PET. Sie wird im unmittelbaren Bereich der neugeplanten Strukturen um mindestens 4 °C und maximal 13 °C reduziert. Abseits der Strukturen liegt die Abnahme zwischen 0 °C und 1,7 °C. Der Mittelwert der PET im Straßenraum beträgt 40,4 °C, was im Vergleich zum Bestand (PET 45,6 °C) eine Verringerung von 5,2 °C bedeutet.

Die Ergebnisse der Simulationen zu Lufttemperatur und PET im Straßenraum sind in Tabelle fünf für die folgende Diskussion zusammengefasst.

	Friedenstraße			Marlstraße		
	Bestand	Variante eins	Variante zwei	Bestand	Variante eins	Variante zwei
Lufttemperatur zum Simulationszeitpunkt 14:00		Differenzwerte	Differenzwerte		Differenzwerte	Differenzwerte
im gesamten Modell	26 °C bis 29,5 °C	+ 0,1 °C bis - 0,4 °C	+ 0,1 °C bis - 0,7 °C	26 °C bis 29 °C	+ 0,1 °C bis - 0,3 °C	+ 0,1 °C bis - 0,4 °C
im ausgewählten Straßenabschnitt	26,8 °C bis 27,7 °C	- 0,1 °C bis - 0,4 °C	0 °C bis - 0,7 °C	26,6 °C bis 27,8 °C	- 0,1 °C bis - 0,3 °C	- 0,1 °C bis - 0,4 °C
im Durchschnitt (im ausgewählten Straßenabschnitt)	27 °C	- 0,2 °C	- 0,2 °C	26,8 °C	- 0,1 °C	- 0,2 °C
Lufttemperatur zum Simulationszeitpunkt 04:00						
im gesamten Modell	15 °C bis 17,3 °C	0 °C bis - 0,1 °C	0 °C bis - 0,1 °C	15 °C bis 17,3 °C	0 °C	0 °C bis - 0,1 °C
im ausgewählten Straßenabschnitt	16,2 °C bis 17 °C	0 °C bis - 0,1 °C	0 °C bis - 0,1 °C	16 °C bis 16,9 °C	0 °C	0 °C bis - 0,1 °C
im Durchschnitt (im ausgewählten Straßenabschnitt)	16,9 °C	- 0,05 °C	- 0,05 °C	16,8 °C	0 °C	- 0,04 °C
PET zum Simulationszeitpunkt 14:00						
im gesamten Modell	30 °C bis 58,6 °C	+ 1,3 °C bis - 20 °C	+ 1,2 °C bis - 22 °C	30,6 °C bis 58,3 °C	+ 2,4 °C bis - 12 °C	+ 0,4 °C bis - 13 °C
im ausgewählten Straßenabschnitt	35,3 °C bis 57 °C	- 1 °C bis - 20 °C	0 °C bis - 22 °C	32 °C bis 53 °C	0 °C bis - 12 °C	0 °C bis - 13 °C
im Durchschnitt (im ausgewählten Straßenabschnitt)	43,5 °C	- 7,5 °C	- 8,5 °C	45,6 °C	- 2,4 °C	- 5,2 °C

Tabelle 5: Ergebnisse der Simulationen

9 Diskussion

Die Ergebnisse der Bestandssimulationen unterscheiden sich von denen in Lübecks Stadtklimaanalyse. Die nächtlichen Temperaturen der zwei Bestandssimulationen sind 2 bis 3 °C niedriger als die der Klimaanalyse. Die simulierte PET hingegen ist insbesondere in der Marlstraße höher als die PET in der Klimaanalysekarte. Wahrscheinlich sind die Abweichungen auf unterschiedliche Parameter zurückzuführen, die für die Simulationen verwendet wurden. Die in dieser Arbeit erstellten Modelle berücksichtigen alle bestehenden Gebäude sowie detaillierte Angaben zu den Bodenbelegen und der Vegetation in beiden Straßenräumen. Dazu zählen z.B. Straßenbeläge sowie Bäume, Hecken und Grünflächen. Für die Modelle wird zudem eine „grid“-Größe von 3x3x3 m verwendet. Die Klimaanalysekarte für Lübeck basiert auf einem Gitternetz mit einer Auflösung von 10x10 m und berücksichtigt Gebäude, Bodenbelege und Vegetation für das gesamte Stadtgebiet (vgl. Hansestadt Lübeck, 2024). Des Weiteren beruhen die Simulationen in dieser Arbeit auf einem durchschnittlichen Sommertag, dessen Berechnung die Wetterdaten der letzten fünf Jahre verwendet. Die Klimakarte für Lübeck verwendet ebenfalls einen durchschnittlichen Sommertag, stammt aber aus dem Jahr 2014 (vgl. Hansestadt Lübeck, 2014). Eine weitere Ursache kann die unterschiedlich festgelegte Höhe sein, in der die PET angegeben wird (1,5 m bzw. 1,1 m). Außerdem ist nicht auszuschließen, dass unterschiedliche Simulationsprogramme (ENVI-met bzw. FITNAH-3D) Abweichungen verursachen.

Allgemein fällt auf, dass die Wirkung der geplanten Baumrigolen auf die Lufttemperatur und die PET bei Tag an deren Standort gebunden ist (vgl. Kap. 8.2). Dies ist besonders gut in den Simulationsergebnissen der Variante zwei der Marlistraße zu erkennen. Eine Erklärung liefert die Betrachtung der Wirkungsweise, wie Bäume das Mikroklima eines Straßenraums beeinflussen. Bäume spenden Schatten vor direkter Sonneneinstrahlung, wodurch sich die beschatteten Flächen weniger stark aufwärmen. Der Schattenwurf wird hauptsächlich durch den Sonnenstand und die Baumgröße begrenzt. Außerdem können Bäume hohe Mengen Wasser verdunsten, wenn ihnen ausreichen Wasser zur Verfügung steht. Bei der Verdunstung von Wasser wird Wärme verbraucht, was zu einer Reduzierung der Lufttemperatur führt (Verdunstungskälte). Die Verdunstung erfolgt über die Blätter, wodurch die Verdunstungskälte hauptsächlich im Bereich der Baumkrone entsteht. Des Weiteren wurde festgestellt, dass bereits eine geringe Reduzierung der Lufttemperatur zu einer hohen Senkung der tatsächlich wahrgenommenen Temperatur (PET) führen kann. Dies liegt daran, dass die PET nicht nur von der Lufttemperatur abhängt, sondern unter anderem auch von der Strahlungsintensität der Sonne. Der Schattenwurf von Bäumen oder Gebäuden verringert die Intensität der Sonneneinstrahlung und reduziert damit zusätzlich die PET. Das wird vor allem bei den Simulationen zur Friedenstraße deutlich.

Welche Wirkungen haben die BlueGreenStreets-Neuplanungen auf die Wärmebelastung in den Straßenräumen?

Insgesamt lässt sich eine reduzierende Wirkung für alle Neuplanungen auf die Lufttemperatur zum Simulationszeitpunkt 14:00 feststellen. Die Lufttemperatur ist je nach Planungsentwurf zwischen 0 °C bis 0,7 °C (Durchschnitt: 0,2 °C) geringer als die Temperatur in dem entsprechenden Bestandsmodell. Diese Simulationsergebnisse scheinen realistisch zu sein. Die folgenden Studien kommen zu ähnlichen Ergebnissen. Im Jahr 2016 konnte eine Studie in der Stadt Wien unter idealisierten Bedingungen eine Kühlwirkung von blaugrüner Infrastruktur auf das Stadtklima von 0,5 °C bis maximal 1 °C nachweisen (vgl. Žuvela-Aloise et al., 2016). Eine andere Studie aus China hat in der Stadt Guangzhou einen direkten Kühleffekt von blaugrüner Infrastruktur von bis zu 0,3 °C simulieren können (vgl. Cao et al., 2022). In dieser Studie wurde ebenfalls die Software ENVI-met eingesetzt.

Alle ENVI-met-Simulationen konnten keinen signifikanten Einfluss der Neuplanungen auf die nächtliche Lufttemperatur (vgl. Kap. 8.2) nachweisen. Die festgestellt maximale Temperaturdifferenz von -0,1 °C stellt nach BGS keine wirksame Veränderung der Lufttemperatur dar (vgl. Anh. 16). Ein Vergleich mit der Bewertungstabelle „cool“ legt nahe, dass auch diese Ergebnisse plausibel sind. Der Tabelle ist zu entnehmen, dass die Baumrigole mit Speicher nur einen geringen Einfluss auf nächtliche Temperaturen hat (vgl. Anh. 14). Die dort beschriebene Möglichkeit einer nachteiligen Wärmewirkung konnten die ENVI-met-Simulationen allerdings nicht bestätigen.

Die PET wird durch die Neuplanungen je nach Entwurf durchschnittlich um mindestens 2,4 °C und maximal um 8,5 °C reduziert. Nach BGS ist das eine mittlere bis sehr hohe Verminderung der Wärmebelastung (vgl. Anh. 15). Die BGS-Bewertungstabelle „cool“

bestätigt auch dieses Ergebnis. Demnach ist die Baumrigole mit Speicher in der Lage, die Wärmebelastung um maximal 8 K zu verringern (vgl. Anhang 14).

Ist eine große Anzahl an BlueGreenStreets-Maßnahmen signifikant wirksamer als eine geringe Anzahl?

Grundsätzlich ist die simulierte Reduzierung der PET bei Varianten mit einer höheren Anzahl an BGS-Elementen (Baumrigolen) größer als bei Varianten mit einer geringeren Anzahl. Die folgenden Betrachtungen beziehen sich auf die mittlere Reduzierung der PET im Straßenabschnitt. Im Vergleich der beiden Varianten der Marlistraße fällt auf, dass eine annähernd doppelte Anzahl an Baumrigolen (10 zu 24) auch eine in etwa doppelte Wirkung erzielt. Die PET verringert sich von 2,4 °C auf 5,2 °C, bei ähnlicher Anordnung der BGS-Elemente in der Straßenmitte. Dass eine höhere Anzahl an Baumrigolen nicht automatisch eine deutliche Abnahme der PET bedeutet, zeigen die Simulationsergebnisse für die zwei Planungsentwürfe der Friedenstraße. Die Anzahl an Baumrigolen wurde in etwa um ein Viertel erhöht (23 zu 30), die PET hat sich aber nur um 1 °C (8,5 °C auf 7,5 °C) verringert (vgl. Tab. 5). Die Simulationen für die Neuplanungen der Friedenstraße legen den Schluss nahe, dass auch die Anordnung der BGS-Elemente im Straßenraum relevant ist. Sie zeigen, dass die Verteilung weniger BGS-Elemente auf beiden Seiten der Friedenstraße zu einer ähnlichen PET führt wie die Anordnung von mehr Elementen auf nur einer Seite der Straße.

Welche Hinweise ergeben sich aus den Ergebnissen dieser Arbeit für zukünftige klimaangepasste Neuplanungen in der Hansestadt Lübeck?

In der Hansestadt Lübeck gibt es mehrere Straßen, die die in dieser Arbeit festgelegten Auswahlkriterien für eine klimaangepasste Neuplanung überwiegend erfüllen (vgl. Kap. 6). Zum Teil ähneln sie den Abschnitten der Frieden- bzw. Marlistraße. Für solche Straßen ergeben sich folgende Planungshinweise. Das BGS-Element Baumrigole mit Speicher ist gut geeignet, um die PET in Straßenräumen zu reduzieren. Sicherlich führt eine große Menge an Bäumen zu einer geringeren Wärmebelastung in den Straßen. Es sollte allerdings berücksichtigt werden, dass eine geringere Menge an Baumrigolen bei einer gleichmäßigen Verteilung zu einem vergleichbaren Rückgang der Wärmebelastung führen kann. Durch die geringere Anzahl steht für andere Nutzungsanforderungen an den Straßenraum wie z.B. Verkehrsführung oder Parkmöglichkeiten mehr Fläche zur Verfügung. Eine Anordnung der Bäume im Bereich der Geh- oder Radwege scheint von Vorteil zu sein, weil bei allen Simulationen die kühlende Wirkung in der Nähe der Baumrigolen am größten ist.

10 Kritische Betrachtung der Arbeit

Die Aussagekraft der Ergebnisse dieser Arbeit wird durch folgende Aspekte limitiert. Zunächst ist die Anzahl der ausgewählten Straßenräumen sowie deren Neuplanungen zu nennen. Es besteht Unsicherheit darüber, ob die zwei ausgewählten Straßenabschnitte mit ihren jeweils zwei Planungsentwürfen eine repräsentative Grundlage für die darauf aufbauenden Untersuchungen der Wärmebelastung bilden. Zudem wurde die Wirkung von nur einem BGS-Element untersucht. Die Ergebnisse dieser Arbeit können daher nur eine Tendenz aufzeigen. Ein verbesserter Ansatz wäre, den Umfang der neu zu planenden Straßenräume zu erweitern, indem weitere Straßen einbezogen werden, die sich von den untersuchten Straßenabschnitten unterscheiden. Andere Nutzungsanforderungen und Gegebenheiten in den Straßenräumen hätten den Einsatz anderer BGS-Elemente ergeben.

Ein weiterer Punkt sind die fehlenden Daten zu Verkehrsmenge und unterirdischen Leitungen, die bei den Neuplanungen nicht berücksichtigt werden konnten. Ohne diese Daten kann es sein, dass die Planungsentwürfe dieser Arbeit nicht umzusetzen sind. Die fehlenden Daten sollten bei einer realen Umsetzung zur Verfügung gestellt bzw. neu erhoben werden.

Der letzte Aspekt bezieht sich auf die Parameter der Simulationen. Es existieren keine konkreten Klimadaten für beide Straßenräume in der Frieden- und Marlistraße. Deshalb werden Klimadaten der DWD-Messstation in Lübeck-Blankensee verwendet. Sie ist die einzige öffentliche Messstation in der Nähe der Straßenräume. Da sich die Station auf einem Flugplatz befindet, ist davon auszugehen, dass insbesondere die Daten zu den Windverhältnissen nicht die Verhältnisse in den untersuchten Straßenräumen widerspiegeln. Für alle Simulationen wurden deshalb konstante Werte für Windrichtung und Windgeschwindigkeit angenommen. Diese Vorgehensweise ermöglicht zwar einen Vergleich der Ergebnisse, ist aber nicht realitätsnah. Für optimale Simulationsergebnisse wären Messdaten aus den untersuchten Straßenabschnitten über einen Zeitraum von mehreren Jahren nötig.

11 Zusammenfassung

Nach Betrachtung der aktuellen Weltgeschehnisse zum Klimaschutz, erscheint eine Verfehlung des 1,5-°C-Ziels zunehmend wahrscheinlicher. Dies erhöht die Risiken des Klimawandels beträchtlich und verschärft dessen negative Auswirkungen. Insofern gewinnt neben dem Klimaschutz auch die Anpassung an die zukünftigen Klimafolgen zunehmend an Bedeutung.

Ein intensiv erforschtes Feld ist die Klimaanpassung in Städten. Aufgrund ihrer hohen Konzentration von Bevölkerung, ökonomischen Werten und Infrastrukturen verursachen Städte erhebliche Treibhausgasemissionen. Gleichzeitig sind sie stark von den Folgen des Klimawandels betroffen. Für die Klimaanpassung von Städten existiert bereits eine Vielzahl an Maßnahmenbereichen und Möglichkeiten. Einer dieser Maßnahmenbereiche ist die klimaangepasste Umgestaltung der städtischen Straßenräume durch die Implementierung von blau-grüner Infrastruktur.

Ziel dieser Arbeit ist es, das Potenzial blau-grüner Infrastruktur zur Reduzierung der Wärmebelastung in Stadtstraßen zu untersuchen. Die Untersuchung erfolgt auf Grundlage der Erkenntnisse des Forschungsprojekts „BlueGreenStreets“. Das Projekt hat sich in den letzten Jahren intensiv mit der Implementierung blau-grüner Infrastruktur in Straßenräume beschäftigt und stellt umfangreiche Empfehlungen für den Planungsprozess zur Verfügung.

Das Untersuchungsgebiet ist die Hansestadt Lübeck, die einen Großteil der benötigten Daten zur Verfügung gestellt hat. Unter der Berücksichtigung der Lübecker Ziele zur Klimaanpassung wurde das Stadtgebiet zunächst auf Straßenräume untersucht, in denen eine klimaangepasste Neuplanung sinnvoll bzw. notwendig ist. Insgesamt wurden so neun Straßenabschnitte selektiert. Zwei der Straßenabschnitte wurden nach den Erkenntnissen und Planungshinweisen des BlueGreenStreets-Projekts neu geplant. Das Ergebnis der Planung wurde in ein Simulationsmodell überführt. Mit der Software ENVI-met wurde dann die Wirkung der Neuplanung auf die Wärmebelastung simuliert und ausgewertet.

Die Auswertung der Simulationsergebnisse zeigt, dass die im BlueGreenStreets-Projekt beschriebene blau-grüne Infrastruktur Baumrigole mit Speicher am Tag die Wärmebelastung reduziert. Die Neuplanungen verringern die Lufttemperatur zum Simulationszeitpunkt 14:00 Uhr um durchschnittlich 0,2 °C. Die maximale Reduzierung liegt bei 0,7 °C. Die zur Bewertung der Wärmebelastung ausschlaggebende PET wird durch die Neuplanungen im Durchschnitt um 2,4 °C bis 8,5 °C reduziert. Nach BGS ist das eine mittlere bis sehr hohe Minderung der Wärmebelastung. Der Vergleich mit anderen Studien zeigt, dass sich die Simulationsergebnisse in einem realistischen Rahmen bewegen. Ein Vergleich aller Simulationsergebnisse lässt die Vermutung zu, dass nicht nur die Menge an BGS-Elementen, sondern auch deren Anordnung die Wärmebelastung in den Straßenräumen verringert.

Für zukünftige klimaangepasste Neuplanungen in der Hansestadt Lübeck ergeben sich folgende Hinweise. Grundsätzlich ist die Baumrigole mit Speicher gut geeignet, um die Wärmebelastung in Straßen zu reduzieren. Im Prinzip gilt viele Baumrigolen führen zu einer höheren Verringerung der Wärmebelastung. Eine hohe Anzahl an blau-grüner Infrastruktur benötigt viel Fläche in der Straße. Eine geringere Menge an Baumrigolen die gleichmäßig über den Straßenraum verteilt ist, kann eine ähnliche Reduzierung der Wärmebelastung in dem Raum bewirken. Die dadurch eingesparte Fläche steht für andere Nutzungsansprüche an die Straße zur Verfügung. Sinnvoll ist eine Positionierung der Baumrigolen aufgrund des begrenzten Schattenwurfs in der Nähe von Geh- oder Radwegen.

Die untersuchte blau-grüne Infrastruktur hat das Potenzial die Wärmebelastung in Straßen deutlich zu senken. Das bestehende Konfliktpotenzial zwischen unterschiedlichen Nutzungsanforderung an die begrenzte Fläche in städtischen Straßenräumen kann die beschriebene Verteilung verringern.

Da die Ergebnisse dieser Arbeit auf Simulationen basieren, ist es wichtig diese im Falle einer realen Umsetzung der Neuplanungen in der Frieden- und Marlistraße zu überprüfen. Dies erfolgt üblicherweise über ein angepasstes Monitoring.

Literaturverzeichnis

an der Heiden, M., Buchholz, U., Uphoff, H. (2019). *Schätzung der Zahl hitzebedingter Sterbefälle und Betrachtung der Exzess-Mortalität*. Epidemiologisches Bulletin des Robert Koch-Instituts 2019. Ausgabe 23. S. 193-197.
https://edoc.rki.de/bitstream/handle/176904/6205/23_2019_Artikel.pdf?sequence=1&isAllowed=y [abgerufen am 19.03.2026]

Balbo, A. (2024). *Das neue Bundes-Klimaanpassungsgesetz: ein richtiger Schritt für eine große Aufgabe*. STÄDTETAG AKTUELL. Ausgabe 3. S. 4-5.
<https://www.staedtetag.de/files/dst/docs/Publikationen/Staedtetag-aktuell/2024/staedtetag-aktuell-3-2024.pdf> [abgerufen am 19.03.2026]

(BGS) BlueGreenStreets. (2022a). *BlueGreenStreets Toolbox: Teil A. Multifunktionale Straßenraumgestaltung urbaner Quartiere*. Erstellt im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme „Ressourceneffiziente Stadtquartiere für die Zukunft“ (RES:Z).
<https://doi.org/10.34712/142.27> [abgerufen am 19.03.2026]

(BGS) BlueGreenStreets. (2022b). *BlueGreenStreets Toolbox: Teil B. Multifunktionale Straßenraumgestaltung urbaner Quartiere*. Erstellt im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme „Ressourceneffiziente Stadtquartiere für die Zukunft“ (RES:Z).
<https://doi.org/10.34712/142.27> [abgerufen am 19.03.2026]

(BGS) BlueGreenStreets 2.0. (2024). *BlueGreenStreets 2.0 implementieren, evaluieren, verstetigen. Toolbox 2.0 Essentials für die Umsetzung*. HafenCity Universität Hamburg. DOI: 10.34712/142.65 [abgerufen am 19.03.2026]

(BMUB) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. (2017). *Weißbuch Stadtgrün. Grün in der Stadt – Für eine lebenswerte Zukunft*. BMUB. <https://zentrum-klimaanpassung.de/sites/default/files/2022-08/weissbuch-stadtgruen.pdf> [abgerufen am 19.03.2026]

Cao, S., Wang, Y., Ni, Z. & Xia, B. (2022). *Effects of Blue-Green Infrastructures on the Microclimate in an Urban Residential Area Under Hot Weather*. Frontiers in Sustainable Cities 2022. Band 4. Beitrag 824779. S. 1-14.
<https://doi.org/10.3389/frsc.2022.824779> [abgerufen am 19.03.2026]

Deutscher Städtetag. (2019). *Anpassung an den Klimawandel in den Städten - Forderungen, Hinweise und Anregungen*. Deutscher Städtetag Berlin und Köln.
<https://www.staedtetag.de/publikationen/weitere-publikationen/klimafolgenanpassung-staedte-2019> [abgerufen am 19.03.2026]

(Difu) Deutsches Institut für Urbanistik. (2017). *Praxisratgeber Klimagerechtes Bauen - Mehr Sicherheit und Wohnqualität bei Neubau und Sanierung*. Deutsches Institut für Urbanistik (Difu). <https://repository.difu.de/handle/difu/241301> [abgerufen am 19.03.2026]

Eckart, J., Richter, M. & Dickhaut, W. (2023). *BlueGreenStreets – Adapting Urban Streets for Climate Change*. REAL CORP 2023. Tagungsband 18-20. S. 981-984. ResearchGate. <https://doi.org/10.48494/REALCORP2023.6053> [abgerufen am 19.03.2026]

Hansestadt Lübeck. (2014). *Klimaanalyse für das Stadtgebiet der Hansestadt Lübeck - Phase 2: Klimafunktionskarte*. Auftraggeber: Hansestadt Lübeck. Auftragnehmer: GEO-NET Umweltconsulting GmbH in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. G. Groß. <https://bekanntmachungen.luebeck.de/dokumente/d/1144/inline> [abgerufen am 19.03.2026]

Hansestadt Lübeck. (2019). Erhaltungssatzung „Brolingplatz“. Hansestadt Lübeck, Fachbereich Planen und Bauen, Bereich Stadtplanung und Bauordnung. <http://bekanntmachungen.luebeck.de/ortsrecht/d/6-37/inline> [abgerufen am 19.03.2026]

Hansestadt Lübeck. (2020). *Klimaanpassungskonzept für die Hansestadt Lübeck*. Auftraggeber: Hansestadt Lübeck. Auftragnehmer: Andresen Landschaftsarchitekten, gruppe F Landschaftsarchitekten, hydro&meteo GmbH & Co.KG. Langfassung. <http://bekanntmachungen.luebeck.de/dokumente/d/1149/inline> [abgerufen am 19.03.2026]

Hansestadt Lübeck. (2024). *Stadtklimaanalyse der Hansestadt Lübeck - Kurzfassung für interessierte Bürger:innen*. Auftraggeber: Hansestadt Lübeck. Auftragnehmer: GEO-NET Umweltconsulting GmbH. https://www.luebeck.de/files/stadtentwicklung/Klimaschutz/hitzeportal/Lesehilfe_Klimaanalyse_Luebeck_rev03_BurgerInnen.pdf [abgerufen am 19.03.2026]

(IPCC) Intergovernmental Panel on Climate Change. (2018). *1,5 °C globale Erwärmung. Ein IPCC-Sonderbericht über die Folgen einer globalen Erwärmung um 1,5 °C gegenüber vorindustriellem Niveau und die damit verbundenen globalen Treibhausgasemissionspfade im Zusammenhang mit einer Stärkung der weltweiten Reaktion auf die Bedrohung durch den Klimawandel, nachhaltiger Entwicklung und Anstrengungen zur Beseitigung von Armut. Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger*. [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)]. Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle. https://www.de-ipcc.de/media/content/SR1.5-SPM_de_barrierefrei.pdf [abgerufen am 19.03.2026]

(IPCC) Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Climate Change 2022 - Mitigation of Climate Change*. Working Group III Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Full Report. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_FullReport.pdf [abgerufen am 19.03.2026]

(IPCC) Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647> [abgerufen am 22.03.2026]

Matzarkis, A. (2023). *Hitze in Städten – Quantifizierung, Warnsysteme und Hitzeaktionspläne zum Schutz der menschlichen Gesundheit*. promet 2023. Heft 106. Beitrag 6. S. 61-70. DOI: 10.5676/DWD_pub/promet_106_06 [abgerufen am 22.03.2026]

RainAhead. (2016). *RainAhead – Integriertes Planungs- und Warnungstool für Starkregen in urbanen Räumen – Schlussbericht*. Projektpartner: Hansestadt Lübeck (Bereich Umwelt, Natur und Verbraucherschutz), Fachhochschule Lübeck (Labor für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik), Ingenieurbüro hydro&meteo GmbH & Co. KG. https://www.projekt-i-quadrat.de/wp-content/uploads/2019/04/RainAhead_Schlussbericht_web.pdf [abgerufen am 19.03.2026]

(FGSV) Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. (2006). *RASt 06 - Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen*. Verlag der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. Ausgabe 2006. <https://www.fgsv-verlag.de/rast-fgsv-reader> [abgerufen am 19.03.2026]

Richter, M. (2021). *Straßenbäume als zukunftsfähige Multitalente - BlueGreenStreets optimiert das urbane Regenwassermanagement und die Vitalität von Straßenbäumen durch multifunktionale Straßenraumgestaltung*. Aqua Urbanica 2021, S. 1-4. <https://www.researchgate.net/publication/356039001> [abgerufen am 19.03.2026]

Richter, M., Heinemann, K., Meiser, N. & Dickhaut, W. (2024). *Trees in Sponge Cities—A Systematic Review of Trees as a Component of Blue-Green Infrastructure, Vegetation Engineering Principles, and Stormwater Management*. Water 2024. Band 16. Heft 5. S. 1-18. <https://doi.org/10.3390/w16050655> [abgerufen am 19.03.2026]

Thielen, A. & Otto, A. (2022). *Urbane Resilienz gegenüber extremen Wetterereignissen: Gemeinsamer Verbundabschlussbericht des Forschungsprojektes ExTrass*. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät der Universität Potsdam. <https://doi.org/10.25932/publishup-55542> [abgerufen am 19.03.2026]

Thielen, A., Samprogna Mohor, G., Kreibich, H. & Müller, M. (2022). *Compound inland flood events: different pathways, different impacts and different coping options*. (EGU) European Geosciences Union, Natural Hazards and Earth System Sciences. Band 22. Heft 1. S 165-185. <https://doi.org/10.5194/nhess-22-165-2022> [abgerufen am 19.03.2026]

(UNEP) United Nations Environment Programme. (2024). *Emissions Gap Report 2024: No more hot air ... please! With a massive gap between rhetoric and reality, countries draft new climate commitments*. United Nations Environment Programme. <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/46404> [abgerufen am 19.03.2026]

Usman, S., Parker, M. & Vallat, M. (2025). *Dry-roasted NUTS: early estimates of the regional impact of 2025 extreme weather*. European Economic Review. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=5484206 [abgerufen am 19.03.2026]

Winker, M., Schramm, E., Matzinger, A., Trapp, J. (2020). *Blau-grün-graue Infrastrukturen vernetzt planen und umsetzen. Ein Beitrag zur Klimaanpassung in Kommunen*. Forschungsverbund netWORKS. https://repository.difu.de/jspui/bitstream/difu/281578/1/20200507_Sonderveroeffentlichung%20netWORKS4.pdf [abgerufen am 19.03.2026]

Žuvela-Aloise, M., Koch, R., Buchholz, S. & Früh, B. (2016). *Modelling the potential of green and blue infrastructure to reduce urban heat load in the city of Vienna*. *Climatic Change* 2016. Band 135. S. 425-438. DOI 10.1007/s10584-016-1596-2 [abgerufen am 22.03.2026]

Internetquellen

Aliyeva, A. & Daubner, L. (2022). *Energiewende auf Eis*. (IPG) Internationale Politik und Gesellschaft. Friedrich-Ebert-Stiftung e. V. <https://www.ipg-journal.de/rubriken/wirtschaft-und-oekologie/artikel/energiewende-auf-eis-6200/> [abgerufen am 19.03.2026]

(BMZ) Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung. (2024). *Indien. Klima und Umwelt. Natürliche Ressourcen werden stark belastet*. Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung. <https://www.bmz.de/de/laender/indien/umweltsituation-10350> [abgerufen am 19.03.2026]

Climate-Data.org. (2026). *Klima Lübeck (Deutschland)*. Climate-Data.org. <https://de.climate-data.org/europa/deutschland/schleswig-holstein/luebeck-148/#climate-graph> [abgerufen am 19.03.2026]

DIE ZEIT. (2025). *Putin erhöht Obergrenze für Treibhausgas-Emissionen in Russland*. ZEIT ONLINE GmbH. <https://www.zeit.de/politik/ausland/2025-08/russland-treibhausgas-emissionen-erhoehung-dekret> [abgerufen am 19.03.2026]

(DWD) Deutscher Wetterdienst. (2026). *3086 - Lübeck-Blankensee*. CDC - Climate Data Center des Deutschen Wetterdienstes. <https://cdc.dwd.de/portal/> [abgerufen am 19.03.2026]

(EEA) European Environment Agency. (2024). *Progress towards achieving climate targets in the EU-27*. European Environment Agency. Europäische Union. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/total-greenhouse-gas-emission-trends/progress-towards-achieving-climate> [abgerufen am 19.03.2026]

Europäischen Kommission. (2025). *Folgen des Klimawandels*. Generaldirektion Klimapolitik der Europäischen Union. https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_de [abgerufen am 19.03.2026]

Ev.-Luth. Kirchengemeinde Marli-Brandenbaum Lübeck. (2026). *Die Geschichte der Kirchengemeinde St. Thomas*. Ev.-Luth. Kirchengemeinde Marli-Brandenbaum Lübeck. <https://www.kirche-auf-marli.de/geschichte/geschichte-kg-st-thomas.html> [abgerufen am 19.03.2026]

(FGSV) Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. (2026). *Ad-hoc-Arbeitspapier zur Anwendung der RAS 06*. Verlag der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. <https://www.fgsv-verlag.de/ad-hoc-arbeitspapier-zur-anwendung-der-rast-06> [abgerufen am 19.03.2026]

(FIS) Forschungs-Informationssystem (2024): *Blaue und grüne Infrastruktur zur Regulierung des Stadtklimas*. Bundesministerium für Verkehr (BMV). <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/542870/> [abgerufen am 19.03.2026]

(GERICS) Climate Service Center Germany. (2026). *Hitze-Index*. Climate Service Center Germany. https://www.climate-service-center.de/products_and_publications/publications/detail/062996/index.php.de [abgerufen am 19.03.2026]

Google Earth. (2025a). *Friedenstraße Lübeck*. Google LLC. https://earth.google.com/web/search/Friedenstra%c3%9fe+L%c3%bcbeck/@53.8750841,10.6722349,12.91040358a,473.78585027d,35y,0h,0t,0r/data=CoQBGiYSUAokMHg0N2IyMGMwMDhmMjBIYWExOjB4MWFmOTM4NDMzN2I5YWE5GfJfe8EC8EpAIAx1PSwvWCVAKhZGcmllZGVuc3RyYcOfZSBMw7xiZWNRGAlGASImCiQJk8FwI2fvSkARSAwTAAzvSkAZCiaQPAPvJUAhJjQYrzVqJUBCAggBQgIIAEoNCP_____wEQAA [abgerufen am 22.03.2026]

Google Earth. (2025b). *Marlstraße Lübeck*. Google LLC. https://earth.google.com/web/search/Marlstra%c3%9fe+L%c3%bcbeck/@53.8689445,10.7121579,16.55694591a,473.91829223d,35y,0h,0t,0r/data=CoMBGIUSTwoIMHg0N2IyMGJkODZIOGRiYmE3OjB4ZDEyZmFjM2M1ZGM3NjI5YRkAxcISOe9KQCETLdT1n2wlQCoUTWFybGlzdHJhw59lIEzDvGJIY2sYAiABliYKJAm-ITIXUHA1QBG6ITIXUHA1wBncPEmXZ-BJQCHcPEmXZ-BJwEICCAFCAggASg0I_____ARAA [abgerufen am 22.03.2026]

Hansestadt Lübeck. (2026a). *Eine Stadt - Zehn Stadtteile - Von der Arbeitersiedlung bis zum Seebad*. Offizielles Stadtportal. <https://www.luebeck.de/de/stadtleben/bauen-und-wohnen/stadtteile/index.html> [abgerufen am 19.03.2026]

Kielon, K. (2025). *Chinas Weg zur Klimaneutralität: Wo hohe Emissionen auf große Ambitionen treffen*. Mitteldeutscher Rundfunk. <https://www.mdr.de/wissen/umwelt-klima/was-macht-china-klimapolitik-klimaziele-ambitionen-green-tech100.html> [abgerufen am 19.03.2026]

Landesportal Schleswig-Holstein. (2026). *Hydrologie und Niederschlag - Hinweiskarten Starkregengefahren*. Landesportal Schleswig-Holstein. https://www.schleswig-holstein.de/DE/fachinhalte/H/hydrologie_und_niederschlag/hinweiskartenStarkregengefahren [abgerufen am 22.03.2026]

(LUP) Luftbild Umwelt Planung GmbH. (2024). *Urban Green Eye – Grünvolumen*. Luftbild Umwelt Planung GmbH. <https://urbangreeneye.lup-umwelt.de/> [abgerufen am 19.03.2026]

(MEKUN) Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur. (2026). *Hochwasserkarten Schleswig-Holstein*. Verfügbar unter: <https://www.schleswig-holstein.de/hochwasserkarten> [abgerufen am 22.03.2026]

(NDR) Norddeutscher Rundfunk. (2025a). *Welche Folgen die US-Klimapolitik hat*. ARD-aktuell / tagesschau.de. Norddeutscher Rundfunk. <https://www.tagesschau.de/wissen/klima/trump-usa-klimapolitik-100.html> [abgerufen am 19.03.2026]

(NDR) Norddeutscher Rundfunk. (2025b). *US-Regierung sägt an Rechtsgrundlage für Klimaschutz*. ARD-aktuell / tagesschau.de. Norddeutscher Rundfunk. <https://www.tagesschau.de/ausland/amerika/usa-treibhausgase-100.html> [abgerufen am 19.03.2026]

Runde, M. (2025). *Wie Fachleute das neue Klimaziel bewerten*. ARD-aktuell / tagesschau.de. Norddeutscher Rundfunk. <https://www.tagesschau.de/wissen/klima/klimaziele-eu-forschung-100.html> [abgerufen am 19.03.2026]

Spektrum. (2026). *Tabelle der Klimagürtel und Klimagebiete nach der Köppen-Geiger-Klimaklassifikation und Kriterien zur weiteren Untergliederung in Klimatypen*. Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. https://www.spektrum.de/lexika/images/geo/f3f178_w.jpg [abgerufen am 19.03.2026]

Sternfeld, E. (2022). *Chinas Klimapolitik*. Bundeszentrale für politische Bildung. <https://www.bpb.de/themen/asien/china/512519/chinas-klimapolitik/> [abgerufen am 19.03.2026]

Statistische Ämter des Bundes und der Länder. (2026). *Gebietsfläche in qkm - Stichtag 31.12.2024 - regionale Tiefe: Kreise und krfr. Städte - Lübeck, kreisfreie Stadt, Hansestadt*. Statistisches Bundesamt. <https://www.regionalstatistik.de/genesis/online?operation=statistic&levelindex=0&levelid=1770036201622&code=11111#abreadcrumb> [abgerufen am 19.03.2026]

Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein. (2026). *Bevölkerung visualisiert SH – nach Gemeinden*. Statistik Nord (Statistikamt Nord). <https://www.statistik-nord.de/zahlen-fakten/bevoelkerung/bevoelkerung-visualisiert-sh#c11377> [abgerufen am 19.03.2026]

Thielges, S. (2024). *Die Resilienz der Klimapolitik der Biden-Administration: Über die Gefahr einer klimapolitischen Kehrtwende unter einer zweiten Präsidentschaft Donald Trumps*. Stiftung Wissenschaft und Politik. Deutsches Institut für Internationale Politik und Sicherheit. <https://www.swp-berlin.org/10.18449/2024A38/> [abgerufen am 19.03.2026]

(UBA) Umweltbundesamt. (2022). *Kommunen als Schlüsselakteure*. Anpassung auf kommunaler Ebene. Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/anpassung-an-den-klimawandel/anpassung-auf-kommunaler-ebene#kommunen-als-schlsselakteure> [abgerufen am 19.03.2026]

(UBA) Umweltbundesamt. (2025a). *Grundlagen des Klimawandels*. Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/grundlagen-des-klimawandels> [abgerufen am 19.03.2026]

(UBA) Umweltbundesamt. (2025b). *Klimaschutz- und Energiepolitik in der EU*. Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-der-eu#undefined> [abgerufen am 19.03.2026]

Gesetze

(KAnG) Bundes-Klimaanpassungsgesetz vom 20. Dezember 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 393)

(BBodSchG) Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz) vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), das zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 25. Februar 2021 (BGBl. I S. 306) geändert worden ist

Verwendete Programme

QGIS Development Team. (2024): QGIS 3.40.15 'Bratislava', Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation. Verfügbar unter: <https://qgis.org/download/> [abgerufen am 19.03.2026]

ENVI-met GmbH. (2026). ENVI-met 5.9.0, Student License. ENVI-met GmbH und One Click LCA. Verfügbar unter: <https://envi-met.com/microclimate-simulation-software/> [abgerufen am 22.03.2026]

Verwendete Geodatensätze

Hansestadt Lübeck. (2026b). Das Straßenkataster und Baumkataster der digitalen Stadtgrundkarte der Hansestadt Lübeck (© GeoBasis-DE/LVermGeo SH/CC BY 4.0) sowie die Klimaanalysekarten (Tag und Nacht) und Planungshinweiskarte wurde für die Erstellung dieser Arbeit durch die Hansestadt Lübeck zur Verfügung gestellt.

(BKG) Bundesamt für Kartographie und Geodäsie. (2026a). *Hinweiskarten Starkregengefahren SH*. Verfügbar unter: <https://umweltportal.schleswig-holstein.de/trefferanzeige?docuuid=dc33bd0d-5471-4786-b3fe-e27fd5b4ba0a&q=starkregen> [abgerufen am 19.03.2026]

(BKG) Bundesamt für Kartographie und Geodäsie. (2026b). *basemap.de P10 Raster (basemapde_p10_raster)*. Verfügbar unter: <https://gdz.bkg.bund.de/index.php/default/digitale-geodaten/basemapde/basemapde-p10-raster-basemapde-p10-raster.html> [abgerufen am 19.03.2026]

(LAIv M-V) Landesamt für innere Verwaltung M-V, Amt für Geoinformation, Vermessung und Katasterwesen. (2026a). *Digitale Orthophotos (DOP20)*. Verfügbar unter: <https://laiv.geodaten-mv.de/afgvk/Luftbilder/Beschreibung?produkt=DOP> [abgerufen am 22.03.2026]

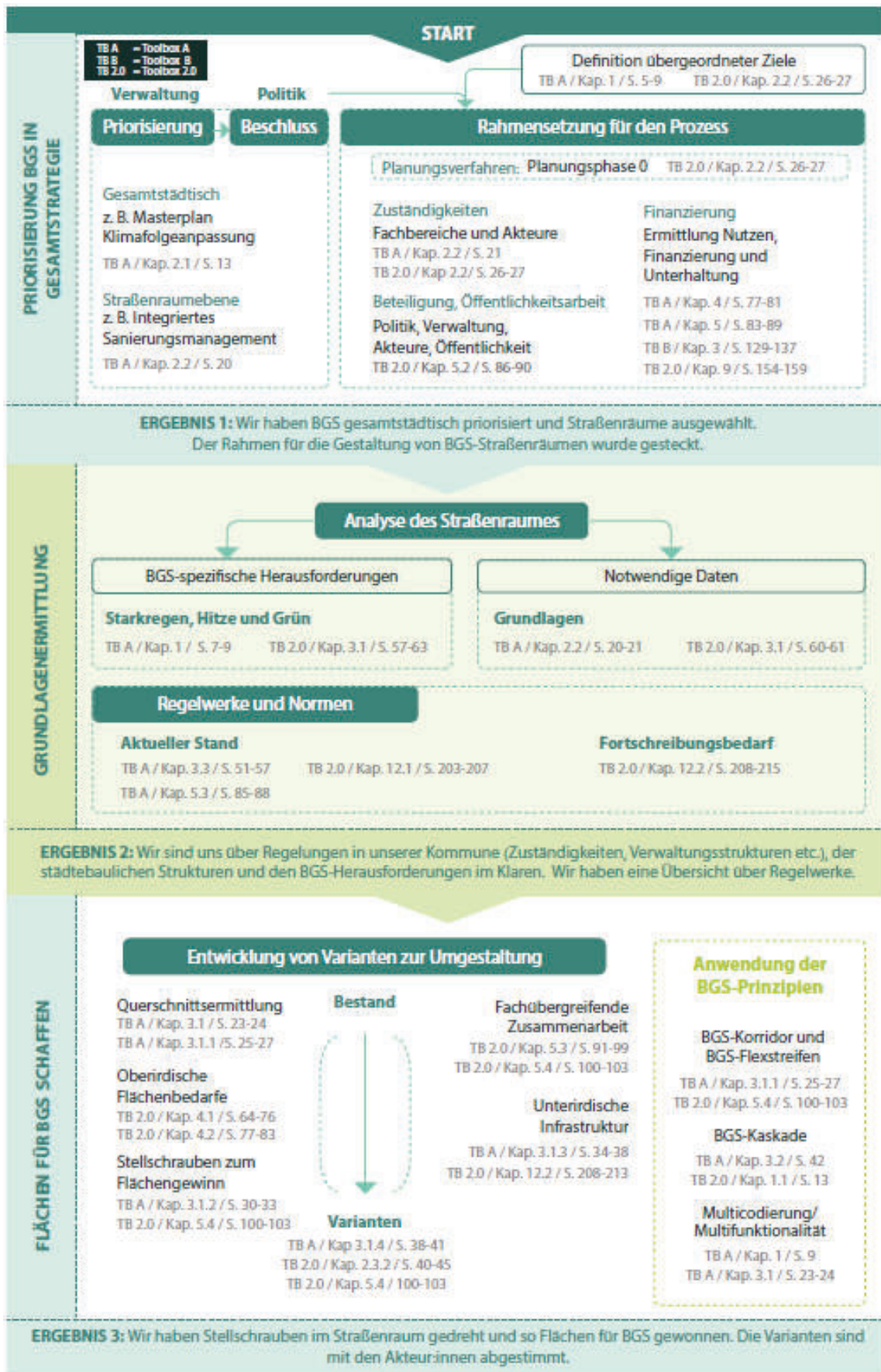
(LAIv M-V) Landesamt für innere Verwaltung M-V, Amt für Geoinformation, Vermessung und Katasterwesen. (2026b). *Digitale Verwaltungsgrenzen (DVG)*. Verfügbar unter: <https://laiv.geodaten-mv.de/afgvk/Geotopographie/Beschreibung?produkt=DVG> [abgerufen am 22.03.2026]

(LVermGeo SH) Landesamt für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein (2026a). *Digitale Orthophotos (DOP20)*. Verfügbar unter: <https://sh-mis.gdi-sh.de/smartfinder-sdi/?lang=de#/datasets/iso/2e38287e-5ccc-4562-a279-ae45060a5585> [abgerufen am 19.03.2026]

(LVermGeo SH) Landesamt für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein (2026b). *VwG ATKIS® (Verwaltungsgrenzen)*. Verfügbar unter: <https://sh-mis.gdi-sh.de/smartfinder-sdi/?lang=de#/datasets/iso/76cc32e7-0ec6-4574-8fef-f36a764468a1> [abgerufen am 19.03.2026]

(LVermGeo SH) Landesamt für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein (2026c). *ALKIS®*. Verfügbar unter: <https://sh-mis.gdi-sh.de/smartfinder-sdi/?lang=de#/datasets/iso/560b0d3d-008a-4ded-ae7b-97880c7eefd8> [abgerufen am 19.03.2026]

Anhang



Anhang 1: BGS-Planungshinweise eins bis drei (BGS 2.0, 2024)

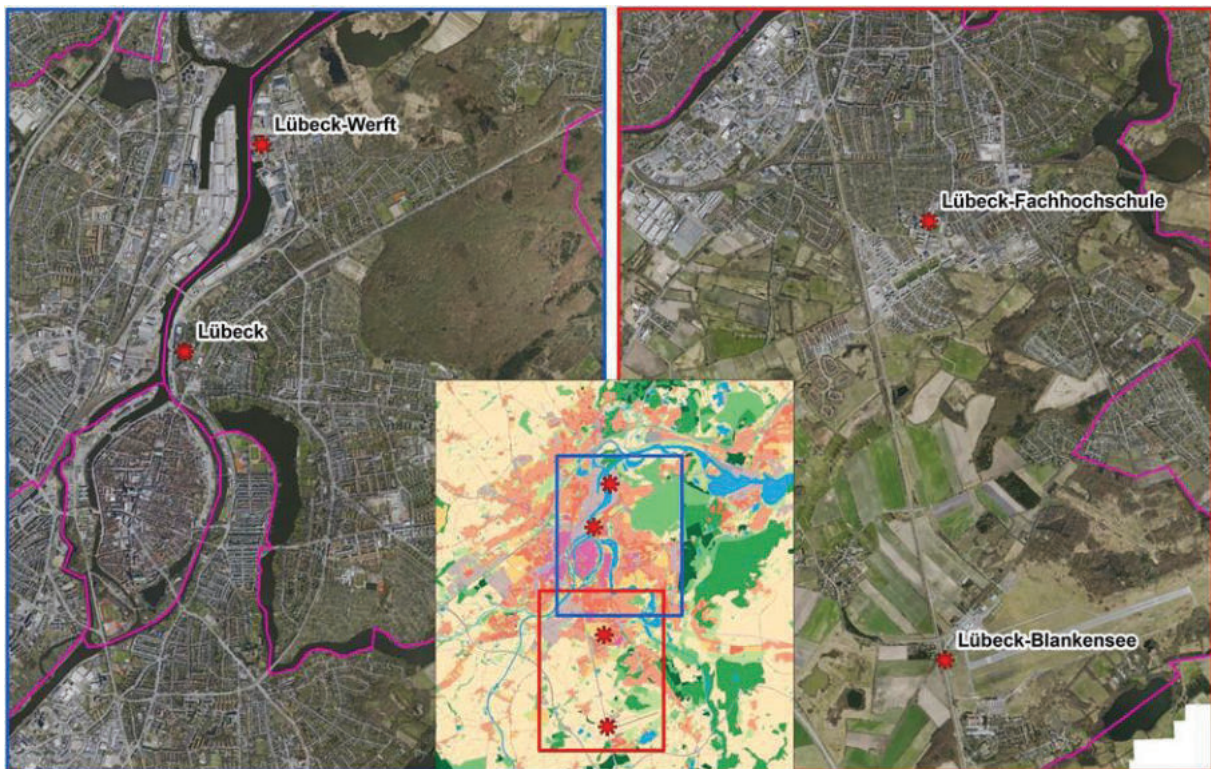


Anhang 2: BGS-Planungshinweise vier bis sechs (BGS 2.0, 2024)

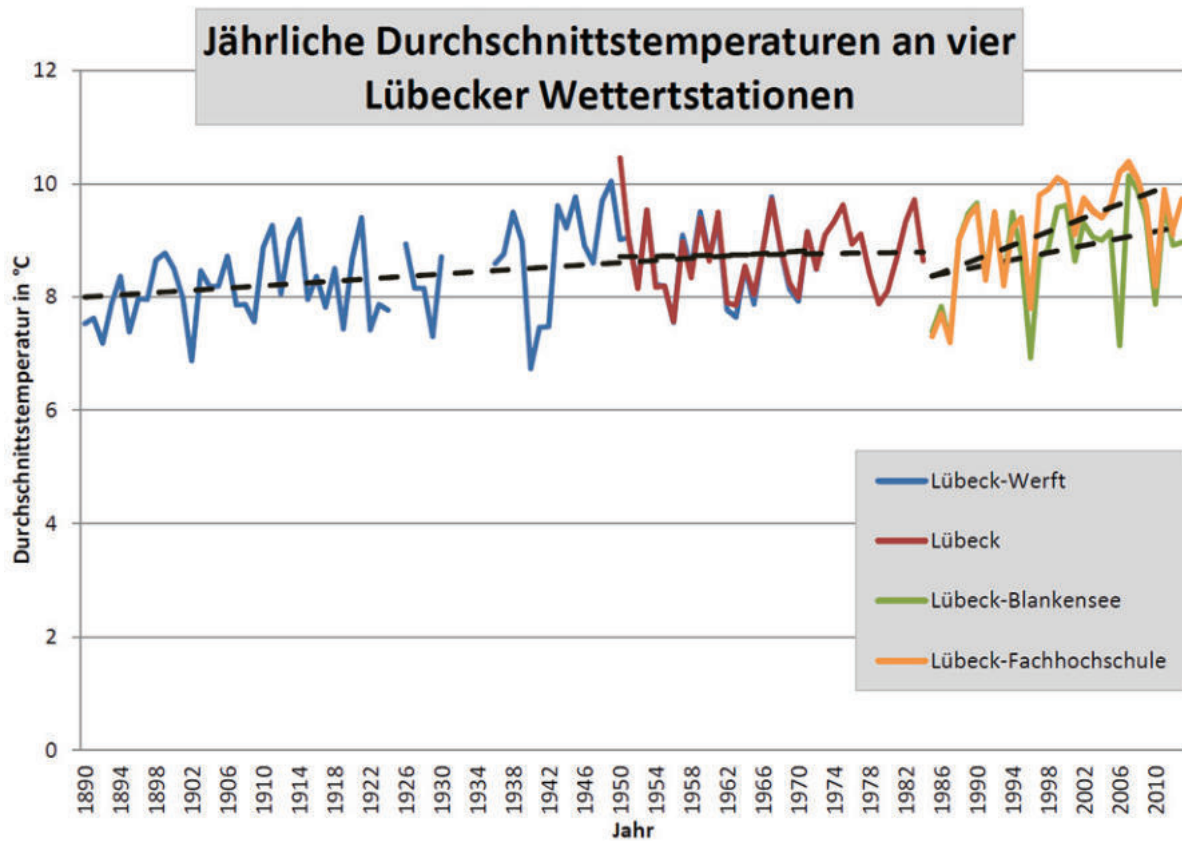
Klimagürtel	Klimagebiete
A: tropisches Regenklima: alle Monatsmittel der Temperatur > 18°C	Af: tropisches Regenwaldklima, immerfeucht Aw: Savannenklima, winter trocken ⁽¹⁾
B: Trockenklima ⁽²⁾	BS: Steppenklima BW: Wüstenklima
C: warmgemäßigtes Regenklima: Monatsmittel der Temperatur: Max. > 10°C, Min. zwischen 18°C und -3°C ⁽³⁾	Cf: feuchtgemäßigtes Klima, immerfeucht Cs: Etesienklima, sommertrocken Cw: sinisches Klima, winter trocken
D: Schneewaldklima (nur in Nordhemisphäre, boreal); Monatsmittel der Temperatur: Max. > 10°C, Min. < -3°C ⁽³⁾	Df: feucht-winterkaltes Klima Dw: transbaikalisches Klima, winter trocken
E: Schneeklimate (Eisklimate); alle Monatsmittel der Temperatur < 10°C	ET: Tundrenklimate EF: Klimate des ewigen Frostes (Temperatur generell < 0°C)

⁽¹⁾ außerdem Am: tropisches Monsunklimate, Regenwaldklimate trotz Trockenzeit ⁽²⁾ Zusatz (3. Buchstabe) h=heiß, k=kalt; Jahresmitteltemperatur > 18°C (h) bzw. < 18°C (k) ⁽³⁾ Zusatz (3. Buchstabe) a=heiße Sommer (max. Monatsmittel > 22°C), b=warme Sommer (max. Monatsmittel < 22°C, mehr als vier Monatsmittel > 10°C), c=kühle Sommer (ähnlich b, jedoch nur ein bis drei Monate > 10°C), d=strenge Winter (ein bis vier Monate > 10°C, kältester Monat < -38°C).

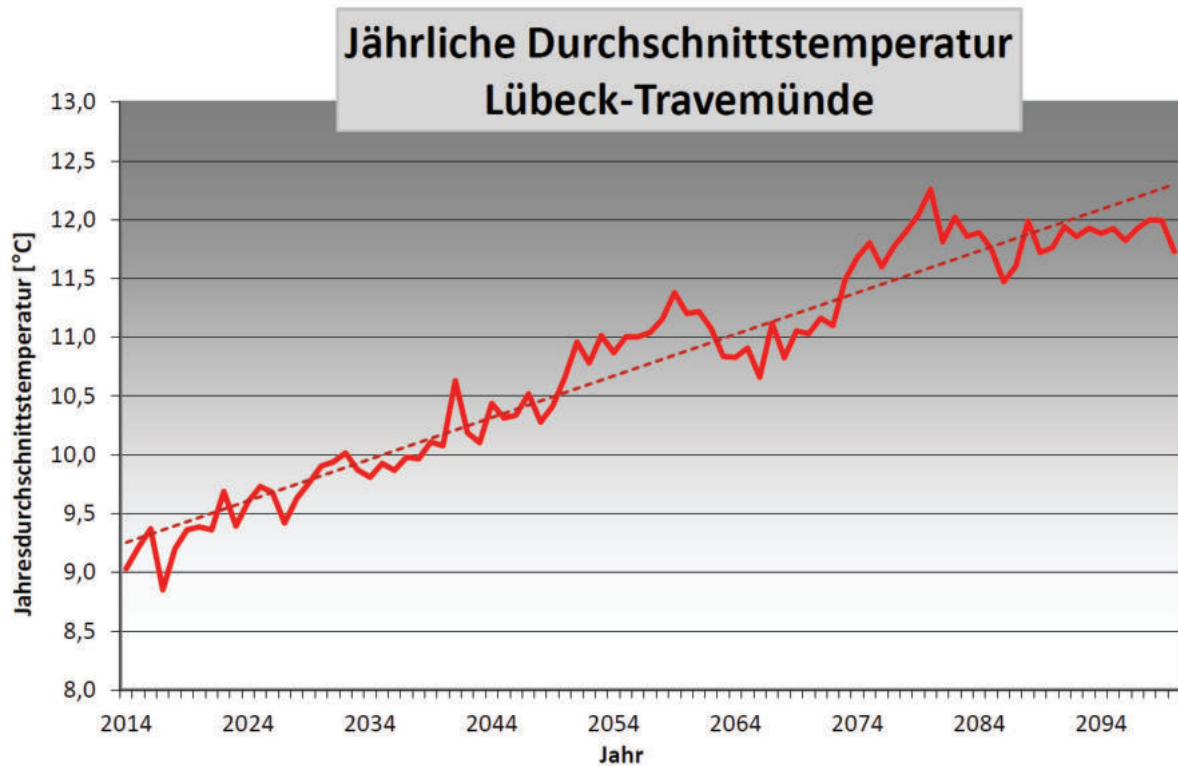
Anhang 3: Tabelle der Klimagürtel und Klimagebiete nach der Köppen-Geiger-Klimaklassifikation und Kriterien zur weiteren Untergliederung in Klimatypen (Spektrum, 2026)



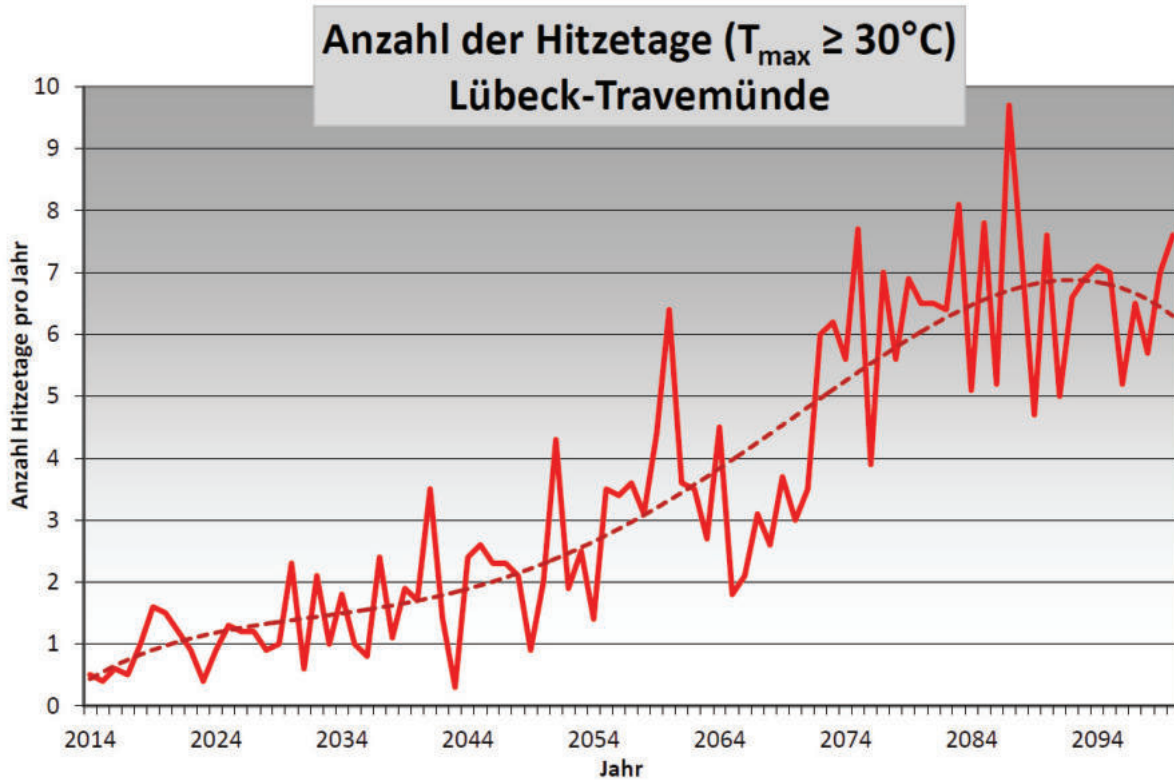
Anhang 4: Lage der verschiedenen Klimastationen in Lübeck (Hansestadt Lübeck, 2014)



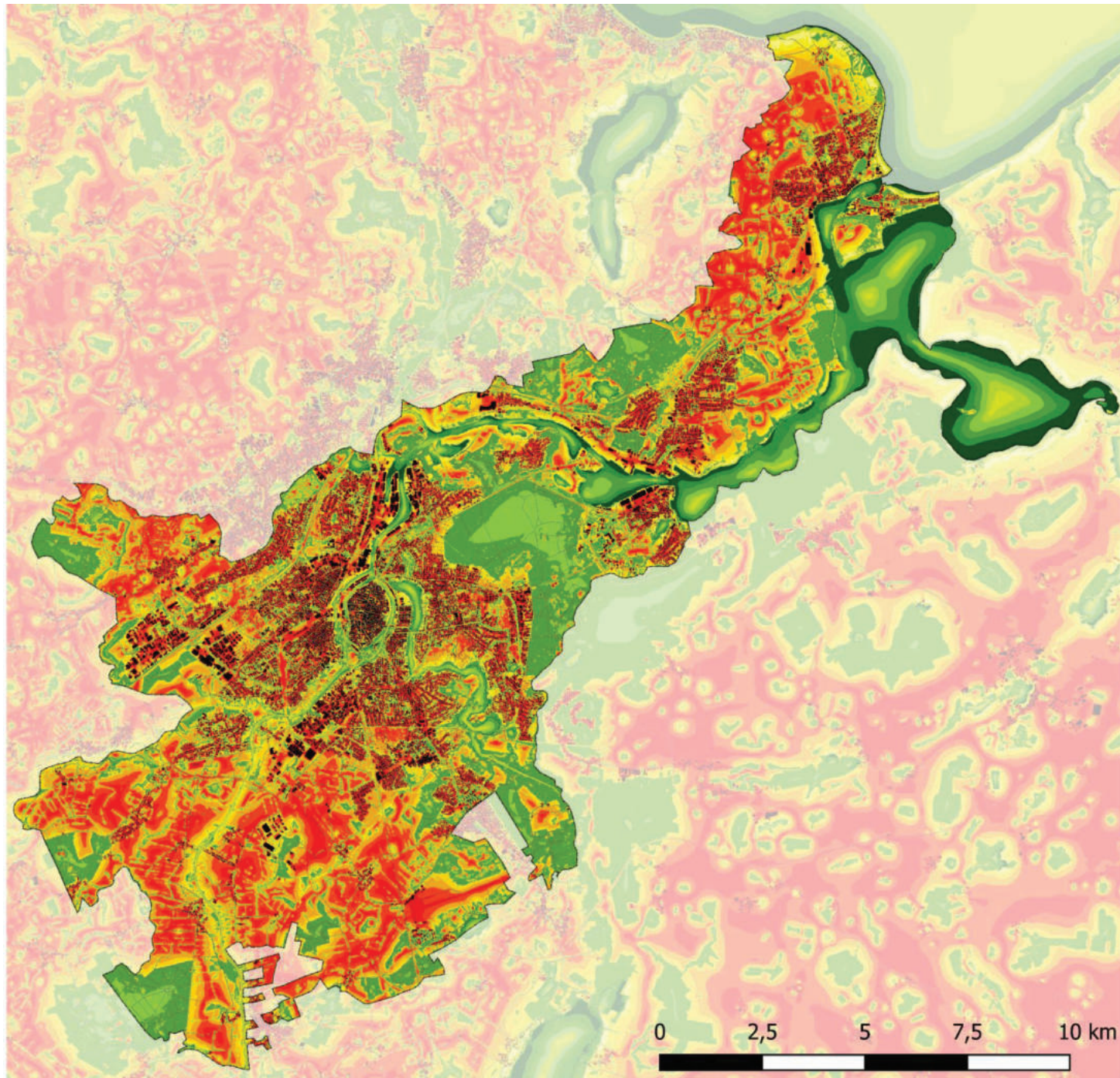
Anhang 5: Entwicklung der Jahresmitteltemperaturen in Lübeck an verschiedenen Wetterstationen von 1890 bis 2013 (Hansestadt Lübeck, 2014)



Anhang 6: Jahresdurchschnittstemperatur Lübeck-Travemünde, Betrachtungszeitraum 2014 – 2100 WETTREG 2010-Simulation, Szenario A1B (Hansestadt Lübeck, 2014)







Anhang 7: Anzahl der Hitzetage pro Jahr in Lübeck-Travemünde, Betrachtungszeitraum 2014 bis 2100 WETTREG 2010-Simulation, Szenario A1B (Hansestadt Lübeck, 2014)












**Klimaanalyse Tag
Legende**



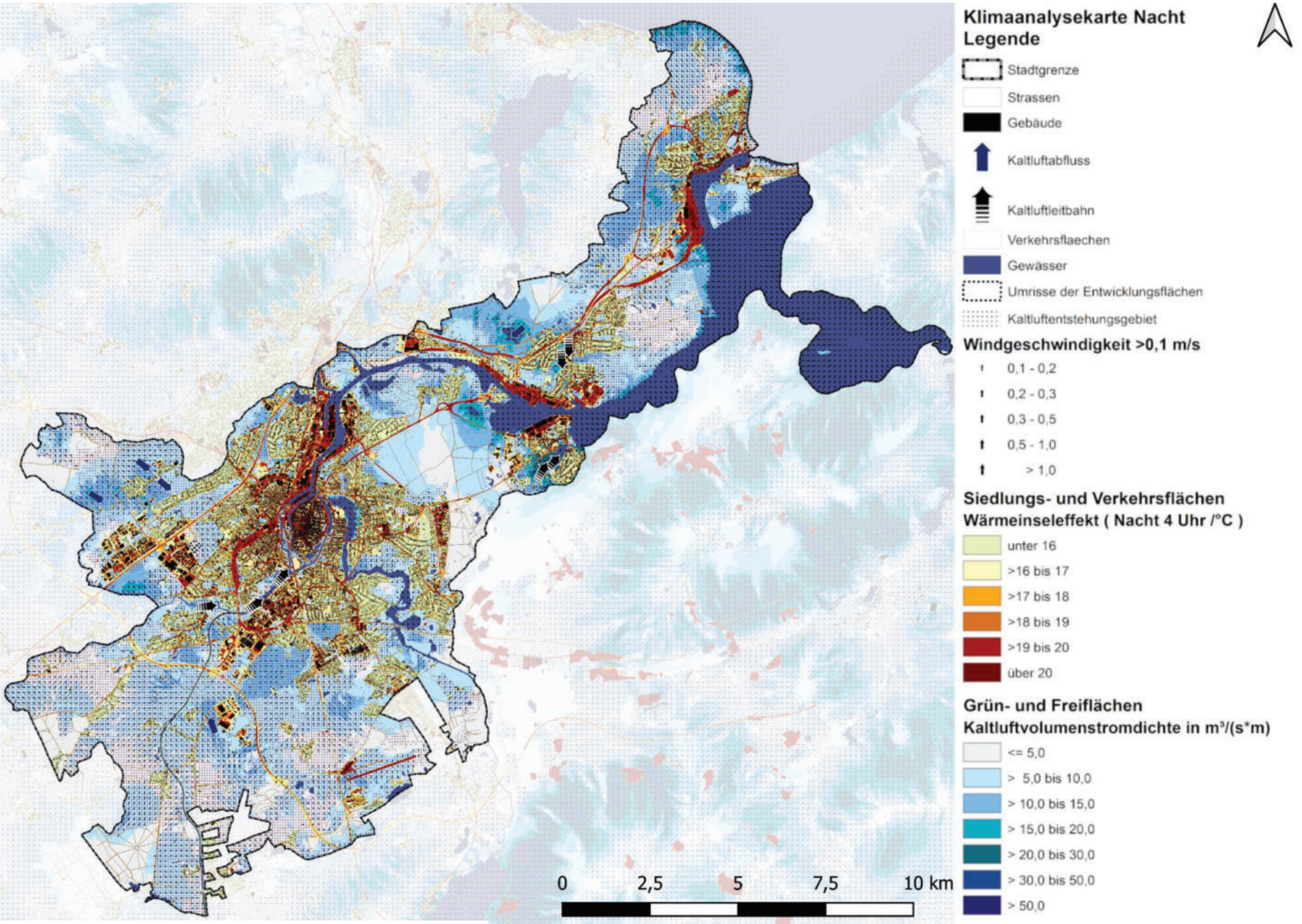
-  Stadtgrenze
-  Umrise der Entwicklungsflächen
-  Strassen
-  Gebäude

**Physiologisch Äquivalente Temperatur
in 1,1m Höhe 14Uhr [°C]**

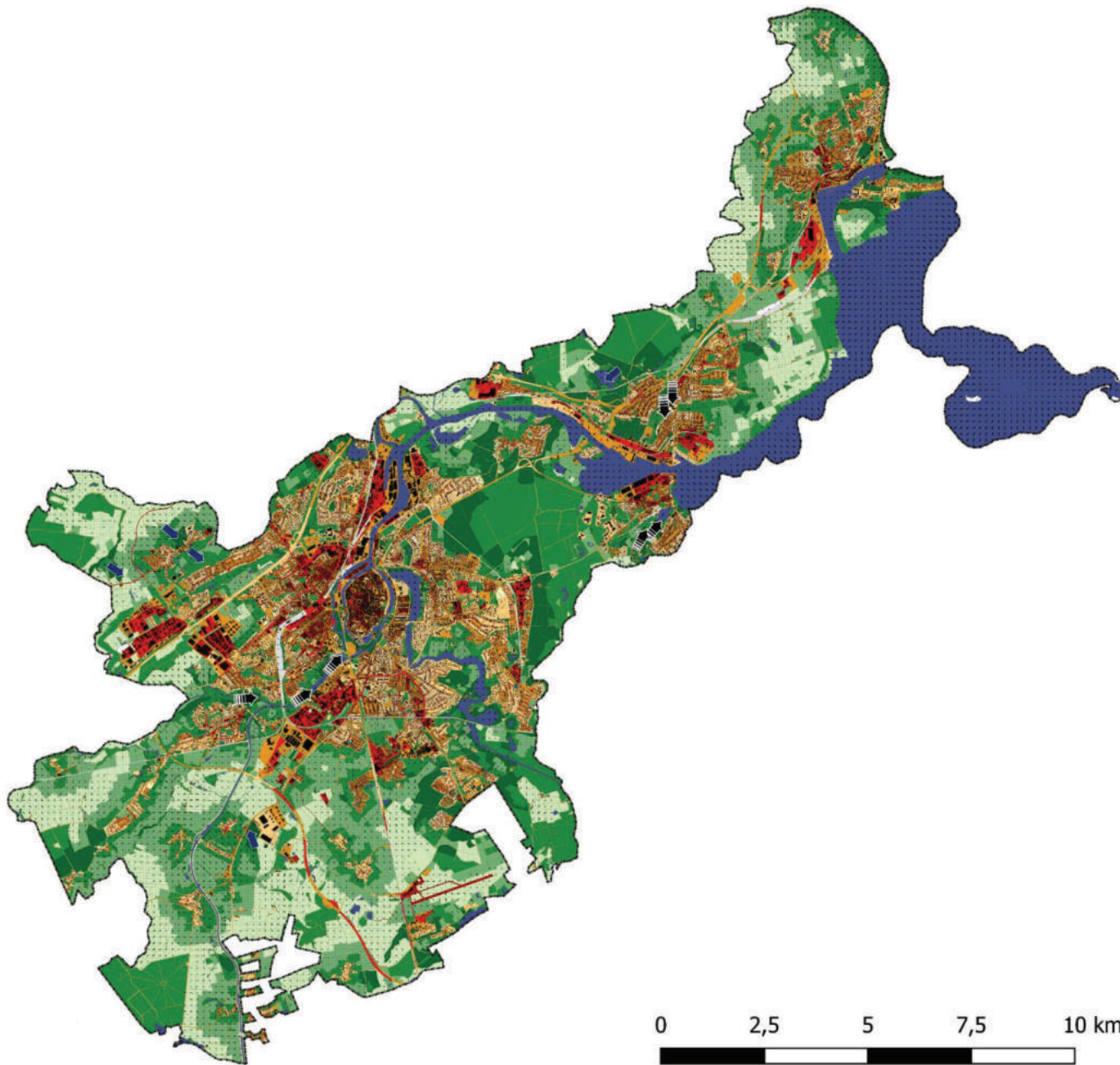
-  bis 21,0
-  > 21,0 bis 23,0
-  > 23,0 bis 25,0
-  > 25,0 bis 27,0
-  > 27,0 bis 29,0
-  > 29,0 bis 31,0
-  > 31,0 bis 33,0
-  > 33,0 bis 35,0
-  > 35,0 bis 37,0
-  > 37,0 bis 39,0
-  > 39,0 bis 41,0
-  > 41,0 bis 43,0
-  > 43,0 bis 45,0
-  > 45,0

0 2,5 5 7,5 10 km

Anhang 8: Klimaanalysekarte Tag
(Hansestadt Lübeck, 2026b)








Anhang 9: Klimaanalysekarte Nacht (Hansestadt Lübeck, 2026b)







**Planungshinweiskarte
Legende**

-  Stadtgrenze
-  Gebäude
-  Gleise
-  Gewässer
-  Kaltluftleitbahn
-  Kaltluftabfluss
-  Funktion d. Entwicklungsflächen
ggf. eingeschränkt/gefährdet
-  Umrise der Entwicklungsflächen
-  Kaltluftentstehungsgebiet
-  Kaltluftereinwirkungsbereich

Windgeschwindigkeit >0,1 m/s

-  0,1 - 0,2
-  0,2 - 0,3
-  0,3 - 0,5
-  0,5 - 1,0
-  > 1,0

**Ausgleichsraum:
Stadtklimatischer Schutzbedarf**

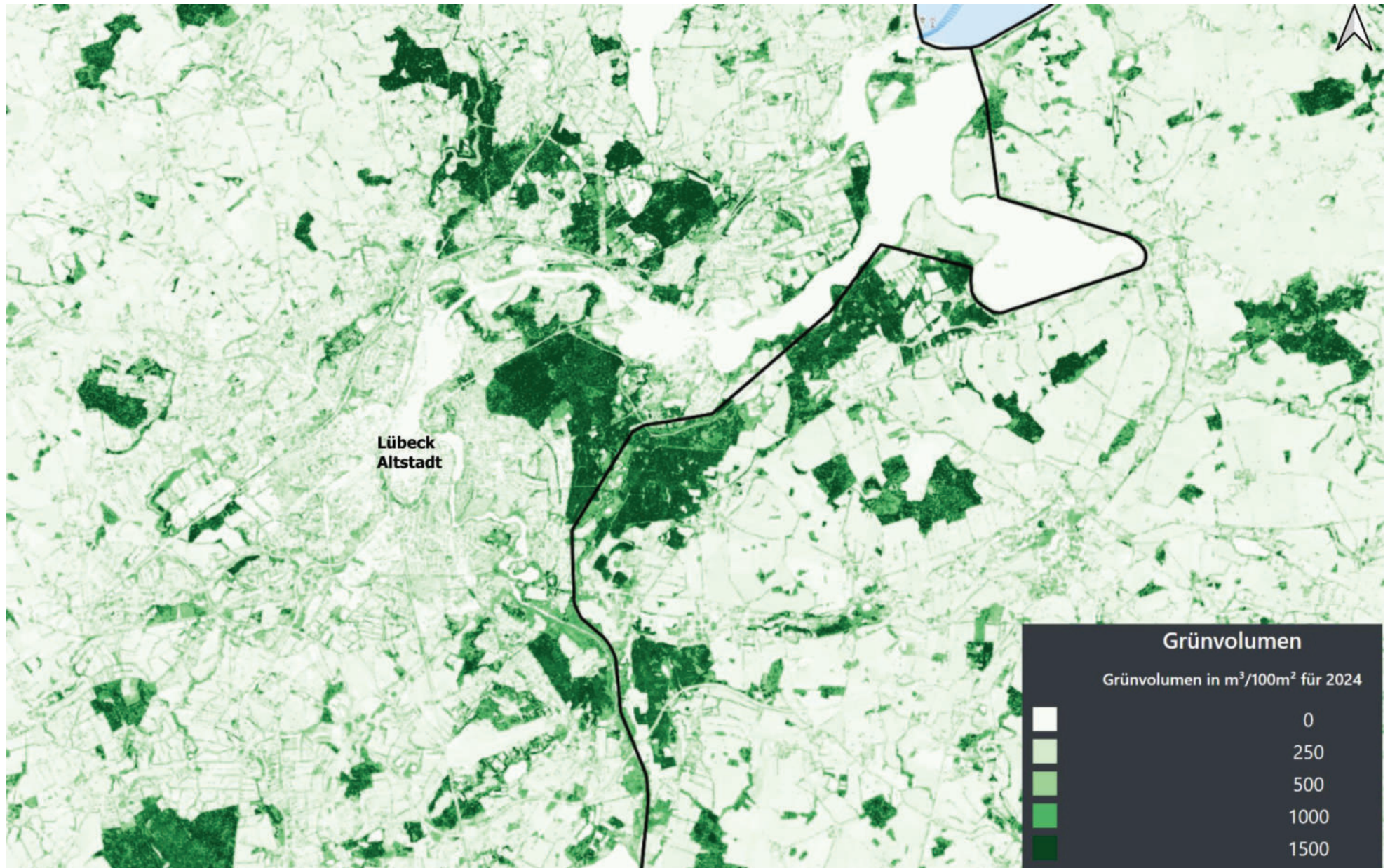
-  Sehr hoher Schutzbedarf
-  Hoher Schutzbedarf
-  Erhöhter Schutzbedarf
-  Kein besonderer Schutzbedarf

**Wirkraum:
Stadtklimatische Handlungspriorität**

-  Handlungspriorität 1
-  Handlungspriorität 2
-  Handlungspriorität 3
-  Handlungspriorität 4
-  Handlungspriorität 5
-  Handlungspriorität 6
-  keine vorrangige Handlungspriorität



Anhang 10: Planungshinweiskarte (Hansestadt Lübeck, 2026b)



Anhang 11: Übersicht Grünvolumen in Lübeck nach Urban Green Eye (LUP, 2024)

Blue	Wasserrückhalt	Anschließbare Fläche hN 15 mm	Anschließbare Fläche hN 35 mm	Stoffrückhalt AFS / AFS63	Oberirdischer Noteinstau
	Maximalwerte ○ 401 - 600 mm ●●●● >0 - 150 mm ● 601 - 800 mm ●●●●● 151 - 400 mm ●● >800 mm ●●●●●●●●	Maximalwerte ○ 26 - 40 x ●●●● >0 - 10 x ● 41 - 60 x ●●●●●●●● 11 - 25 x ●● >60 x ●●●●●●●●●●	Maximalwerte ○ 11 - 15 x ●●●● >0 - 5 x ● 16 - 25 x ●●●●●●●●●● 6-10 x ●● >25 x ●●●●●●●●●●●●	Maximalwerte ○ *40 - 60 % ●●●● >0 - 20% ● *60 - 80 % ●●●●●●●● *20 - 40 % ●● *80 - 100 % ●●●●●●●●●●	Maximalwerte ○ >10-20 m³ ●●●● 0-5 m³ ● >20-30 m³ ●●●●●●●● >5-10 m³ ●● >30 m³ ●●●●●●●●●●
Hydrologisch optimierter Baumstandort (Bestandsbaum)	●●	●●	●●	●●●●○○	●
Hydrologisch optimierter Baumstandort (Neubau)	●●●	●●●	●●●●	●●●●○○	●●
Baumrigole (ohne Speicher)	●●●○	●●●○	●●●○	●●●●○○	●●●
Baumrigole (mit Speicher)	●●●○	●●●○	●●●●○	●●●●○○	●●
Gedichtetes Verdunstungsbecken (baulich eingefasst)	●●	●●	●●	●●●●○	●●
Gedichtetes Verdunstungsbeet (natürlich)	●●	●●	●●	●●●●○	●
Fassadenbegrünung bodengebunden	●	●	●	●●●●○	—
Fassadenbegrünung wandgebunden	●	●	—	—	—
Pergolen	— ¹	—	—	—	—
Grüne Wände - Lärmschutzwände / Verdunstungswände	●	●	●	—	—
Versickerungsmulde	●●●	●●●	●●●	●●●●●	●●●
Versickerungsmulde mit Rigole	●●●	●●●	●●●	●●●●○	●●●
Tiefbeet	●●●	●●●	●●●	●●●●○	●●●
Tiefbeet mit Rigole	●●●	●●●	●●●	●●●●○	●●●
Wasserdurchlässige Bodenbeläge / Pflaster	●	●	—	●●●○	—
Zisterne zur Niederschlagswassernutzung	●●●●●	●●●●●	●●●●●	—	—
Rückhaltung im Freiraum	●	●	●	—	●●●●●
Blue Streets – Rückhaltung und / oder Ableitung	●	●	●	—	●●●●●
Filterbeet	●●●	●●●	●●●	●●●●○	●●●

Anhang 12: Bewertungstabelle „Blue“ (BGS, 2022b)

Green	Grünes Erscheinungsbild/Biodiversität	Nutzbarkeit/Aufenthaltsqualität	Klimakomfort/Beschattung	Bewässerungspotenzial ¹	
	Maximalwerte ○ sehr geringe B.* ● geringe B. ●● *Bedeutung	mittlere B. ●●● hohe B. ●●●● sehr hohe B. ●●●●●	Maximalwerte ○ sehr geringe B. ● geringe B. ●●	mittlere B. ●●● hohe B. ●●●● sehr hohe B. ●●●●●	Maximalwerte ○ >0 - 150 mm ● 151 - 400 mm ●●
Hydrologisch optimierter Baumstandort (Bestandsbaum)	●●●○	●●●○	●●●●○	●●●●●	
Hydrologisch optimierter Baumstandort (Neubau)	●●●○	●●●○	●●●●○	●●●●●	
Baumrigole (ohne Speicherung)	●●●○	●●●○	●●●●○	●●○○○	
Baumrigole (mit Speicher)	●●●○	●●●○	●●●●○	●●○○○	
Gedichtetes Verdunstungsbecken (baulich eingefasst)	●●○○○	●●○○○	●●○○○	●●●	
Gedichtetes Verdunstungsbeet (natürlich)	●●●○○	●●●○○	●●●○○	●●●	
Fassadenbegrünung bodengebunden	●●●○○	●●○○○	●●○○○	●●	
Fassadenbegrünung wandgebunden	●●●○○	●●○○○	●●○○○	●	
Pergolen	●●●○○	●●●○○	●●●○○○	—	
Grüne Wände - Lärmschutz- / Verdunstungswände	●●○○○	●●○○○	●●○○○	●●	
Versickerungsmulde	●●○○○	●●●○○○	●●○○○	●●●	
Versickerungsmulde mit Rigole	●●○○○	●●●○○○	●●○○○	●●●●●	
Tiefbeet	●●○○○	●●●○○○	●●○○○	●●●	
Tiefbeet mit Rigole	●●○○○	●●●○○○	●●○○○	●●●●●	
Wasserdurchlässige Bodenbeläge/Pflaster	●○	●●○○○	●○	●	
Zisterne zur Niederschlagswassernutzung	— ¹	●●●○○	—	—	
Rückhaltung im Freiraum	—	●○○○○○	●○○○○○	—	
Blue Streets Rückhaltung und / oder Ableitung	●	—	●○	—	
Filterbeet	●●○○○	●○○○○	●●○○○	●●●	

Anhang 13: Bewertungstabelle „Green“ (BGS, 2022b)

Cool	mittlere Verdunstung ET in l/m ² /d*	Veränderung der Wärmebelastung am Tage	Veränderung der Lufttemp. in der Nacht
	<p>> 0 l/m²/d* ●</p> <p>> 2 l/m²/d ●●</p> <p>> 5 l/m²/d ●●●●</p> <p>> 11 l/m²/d ●●●●●●</p> <p>> 20 l/m²/d ●●●●●●●●</p> <p>*bezogen auf die Grundfläche des Elements (m²)</p>	<p>max./min. Werte ○/○</p> <p>≈ +1K ●</p> <p>≈ -1K ●</p> <p>≈ -2K ●●</p> <p>≈ -4K ●●●</p> <p>≈ -6K ●●●●</p> <p>≈ -8K ●●●●●</p>	<p>max./min. Werte ○/○</p> <p>≈ +0,6K ●●●</p> <p>≈ +0,4K ●●</p> <p>≈ +0,1K ●</p> <p>≈ -0,1K ●</p> <p>≈ -0,4K ●●</p> <p>≈ -0,6K ●●●</p> <p>≈ -0,8K ●●●●</p> <p>≈ -1K ●●●●●</p>
Hydrologisch optimierter Baumstandort (Bestandsbaum) Baum 22 Jahre alt	●●●●●	○●○●○●○	○●○●○
Hydrologisch optimierter Baumstandort (Neubau) Baum 10 Jahre alt	●●●●	○●○●○●○	○●○●○
Hydrologisch optimierter Baumstandort (Neubau) Baum 22 Jahre alt	●●●●●	○●○●○●○	○●○●○
Baumrigole (ohne Speicherung); Baum 10 Jahre alt	●●●●	○●○●○●○	○●○●○
Baumrigole (ohne Speicherung); Baum 22 Jahre alt	●●●●●	○●○●○●○	○●○●○
Baumrigole (mit Speicher); Baum 10 Jahre alt	●●●●	○●○●○●○	○●○●○
Baumrigole (mit Speicher); Baum 22 Jahre alt	●●●●●	○●○●○●○	○●○●○
Gedichtetes Verdunstungsbecken (baulich eingefasst)	●●●	○●○	○
Gedichtetes Verdunstungsbeet (natürlich)	●●●	○●○	○
Fassadenbegrünung bodengebunden	●●●●●	○●○	○
Fassadenbegrünung wandgebunden	●●●●●	○●○	○
Pergolen	●●●●	○●○●○	●
Grüne Wände - Lärmschutzwände / Verdunstungswände	●●●●●	○●○●○●○	○●○●○
Versickerungsmulde	●●	○●○	○
Versickerungsmulde mit Rigole	●●	○●○	○
Tiefbeet	●●	○●○	○
Tiefbeet mit Rigole	●●	○●○	○
Wasserdurchlässige Bodenbeläge/Pflaster	●	○●○	○
Zisterne zur Niederschlagswassernutzung	— ¹	—	—
Rückhaltung im Freiraum	—	—	—
Blue Streets – Rückhaltung und / oder Ableitung	—	—	—
Filterbeet	●●	—	—

Anhang 14: Bewertungstabelle „Cool“ (BGS, 2022b)

Bewertung	Wertespanne	Beschreibung
-1	$\geq +1 \text{ K}$	moderate Erhöhung der Wärmebelastung
1	$\leq -1 \text{ K}$	moderate Verminderung der Wärmebelastung
2	$\leq -2 \text{ K}$	moderate bis mittlere Verminderung der Wärmebelastung
3	$\leq -4 \text{ K}$	mittlere bis hohe Verminderung der Wärmebelastung
4	$\leq -6 \text{ K}$	hohe bis sehr hohe Verminderung der Wärmebelastung
5	$\leq -8 \text{ K}$	sehr hohe Verminderung der Wärmebelastung

Anhang 15: Bewertungstabelle mit Bewertungsklassen zur Veränderung der Wärmebelastung am Tag (BGS, 2022b)

Bewertung	Wertespanne	Beschreibung
-3	$\geq +0,6 \text{ K}$	mittlere bis starke Erhöhung der Lufttemperatur
-2	$\geq +0,4 \text{ K}$	moderate bis mittlere Erhöhung der Lufttemperatur
-1	$\geq +0,1 \text{ K}$	moderate Erhöhung der Lufttemperatur
0	$> -0,1 \text{ bis } < +0,1 \text{ K}$	keine wirksame Veränderung der Lufttemperatur
1	$\leq -0,1 \text{ K}$	moderate Verminderung der Lufttemperatur
2	$\leq -0,4 \text{ K}$	moderate bis mittlere Verminderung der Lufttemperatur
3	$\leq -0,6 \text{ K}$	mittlere bis hohe Verminderung der Lufttemperatur
4	$\leq -0,8 \text{ K}$	hohe bis sehr hohe Verminderung der Lufttemperatur
5	$\leq -1 \text{ K}$	sehr hohe Verminderung der Lufttemperatur

Anhang 16: Bewertungstabelle mit Bewertungsklassen zur Veränderung der Lufttemperatur in der Nacht (BGS, 2022b)

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, Tomke Schleicher, dass ich die Masterarbeit mit dem Titel „Die blaugrünen Straßen der Zukunft? Potenziale klimaangepasster Neuplanungen von ausgewählten Straßenräumen in der Hansestadt Lübeck“ (URN-Nr.: urn:nbn:de:gbv:519-thesis-2025-0690-0) eigenständig erbracht, keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken als solche kenntlich gemacht habe. Die Arbeit wurde nicht, auch nicht in Teilen, unter Verwendung eines textbasierten Dialogsystems (wie ChatGPT) oder auf andere Weise mit Hilfe einer künstlichen Intelligenz von mir verfasst. Die Arbeit wurde bisher in gleicher und ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht. Des Weiteren bestätige ich, dass die schriftliche und die elektronische Version der Arbeit identisch sind. Mir ist bekannt, dass Zuwiderhandlungen gegen den Inhalt dieser Erklärung einen Täuschungsversuch darstellen, der grundsätzlich das Nichtbestehen der Prüfung zur Folge hat.

Neubrandenburg, 24.03.2026