ZEBAU

AVERDUNG

ENERGIEKONZEPT

HARBURGER BINNENHAFEN

ENDBERICHT

Im Auftrag von:

Bezirksamt Harburg
Fachamt Stadt- und Landschaftsplanung
Harburger Rathausplatz 4
21073 Hamburg
Ansprechperson:
Stephan Rutschewski

Erstellt von:

Averdung Ingenieure & Berater GmbH
Planckstraße 13
22765 Hamburg
Ansprechperson:
Dipl.Betrw. Katharina Schwind B.Sc.

ZEBAU
Zentrum für Energie, Bauen, Architektur und Umwelt GmbH
Große Elbstraße 146
22767 Hamburg
Ansprechperson:
M.Sc. Julia Pleuser

Hamburg, den 08.07.2026

Inhalt

Abkürzungsverzeichnis ... 6

1 Einführung ... 7

1.1 Hintergrund und Zielsetzung ... 7

1.2 Das Quartier ... 9

1.3 Methodik ... 13

2 Bestandsaufnahme ... 15

2.1 Bauleitplanung ... 15

2.2 Denkmal- und Ensembleschutz ... 18

2.3 Städtebauliche Erhaltungsverordnung ... 21

3 Energie- und CO_2-Bilanz ... 22

3.1 Bilanzierungsmethodik ... 22

3.2 Berechnungsparameter ... 22

3.3 Energieversorgungsstruktur ... 23

3.3.1 Wärme ... 23

3.3.2 Strom ... 25

3.4 Energieverbrauch ... 25

3.4.1 Wärme ... 25

3.4.2 Strom ... 32

3.4.3 Energieströme ... 33

3.5 Ergebnisse der Energie- und CO_2-Bilanz ... 35

4 Gebäudemodernisierung ... 38

4.1 Potenzialanalyse ... 38

4.1.1 Gebäudenutzung ... 38

4.1.2 Gebäudetypologie ... 40

4.1.3 Geschossigkeit ... 42

4.1.4 Baualtersklassen ... 43

4.1.5 Baulicher und energetischer Zustand ... 45

4.1.6 Einsparpotenziale energetischer Sanierungsmaßnahmen ... 46

4.2 Maßnahmenkatalog ... 49

4.3 Kosten und Wirtschaftlichkeit ... 54

4.4 Hemmnisse und Lösungsansätze ... 55

4.5 Zusammenfassung ... 56

5 Nachhaltige Wärmeversorgung ... 57

5.1 Einleitung ... 57
5.1.1 Wärmeliniendichte ... 57
5.1.2 Empfehlung für Wärmenetztemperaturen ... 61
5.2 Potenzialanalyse ... 62
5.2.1 Aquathermie ... 62
5.2.2 Abwasserwärme ... 67
5.2.3 (Industrielle) Abwärme ... 69
5.2.4 Geothermie ... 72
5.2.5 Aerothermie ... 75
5.2.6 Solarthermie ... 79
5.2.7 Biomethan ... 80
5.2.8 Exkurs: Wasserstoff in der Wärmeversorgung ... 80
5.3 Maßnahmenkatalog ... 81
5.3.1 Gegenüberstellung von Bedarfen und Potenzialen ... 82
5.3.2 Nachhaltige Wärmeversorgungsvarianten ... 83
5.3.3 Maßnahmenkarten Wärmeversorgung ... 85
5.4 Kosten & Wirtschaftlichkeit ... 89
5.4.1 VU-Gebiet ... 90
5.4.2 Gebiet West und Mitte ... 100
5.4.3 Energie- und CO_2-Einsparungen ... 110
5.4.4 Bewertungskriterien und Fazit ... 114
5.5 Hemmnisse und Lösungsansätze ... 118
5.6 Zusammenfassung ... 120
6 Erneuerbare Kälteversorgung ... 122
6.1 Kältebedarfe im Projektgebiet ... 122
6.2 Zentrale Kälteversorgung ... 122
7 Regenerative Stromversorgung ... 125
7.1.1 Rechtliche Einordnung Hamburger Klimaschutzgesetz und Denkmalschutz ... 125
7.2 Potenzialanalyse ... 125
7.2.1 Dachflächenpotenzial Photovoltaik ... 126
7.2.2 Überdachungspotenzial ... 128
7.2.3 PVT ... 129
7.2.4 Fazit ... 130
7.3 Maßnahmenkatalog ... 131
7.4 Kosten und Wirtschaftlichkeit ... 136

7.4.1 Kosten von PV-Anlagen ... 136
7.4.2 Einnahmen von PV-Anlagen ... 136
7.4.3 Strompreis des Netzbezugs ... 136
7.4.4 Betreibermodell der PV-Anlage ... 137
7.4.5 Anlagengröße und dessen technische Implikationen ... 137
7.4.6 Wirtschaftlichkeit und zukünftige Entwicklung ... 137
7.5 Hemmnisse und Lösungsansätze ... 137
7.6 Zusammenfassung ... 139
8 Klimaanpassung (als Synergie zu Wärme, Gebäude und Strom) ... 140
8.1 Potenzialanalyse ... 140
8.1.1 Hitze ... 140
8.1.2 Starkregen ... 147
8.2 Maßnahmenkatalog ... 153
8.3 Hemmnisse und Lösungen ... 158
8.4 Zusammenfassung ... 159
9 Durchführungskonzept ... 160
10 Zusammenfassung ... 163
10.1 Gebäudemodernisierung ... 163
10.2 Erneuerbare Wärmeversorgung ... 163
10.3 Regenerative Stromerzeugung ... 164
10.4 Klimaanpassung ... 165
Abbildungsverzeichnis ... 166
Tabellenverzeichnis ... 170
11 Anhang ... 172
11.1 Mustersanierungskonzept Kanalplatz 6 ... 172
11.2 Anforderungen zur thermischen Nutzung des Oberflächengewässers Binnenhafen ... 174
11.3 Datentabelle Bedarfe & Potenziale ... 176

Abkürzungsverzeichnis

ALKIS	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
BAH	Bezirksamt Harburg
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BEG	Bundesförderung effiziente Gebäude
BEW	Bundesförderung effiziente Wärmenetze
BGF	Brutto-Grundfläche
BHKW	Blockheizkraftwerk
BJ	Baujahr
CFSR2	Climate Forecast System Reanalysis Version 2
CO_2	Kohlenstoffdioxid
dB(A)	Dezibel A-bewertet
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EnEV	Energie-Einspar-Verordnung
FHH	Freie und Hanse-Stadt Hamburg
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GWh	Gigawattstunden
KfW	KfW-Bankengruppe (ehemals „Kreditanstalt für Wiederaufbau“)
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
kWh/m²a	Kilowattstunde pro Quadratmeter und Jahr
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz
kWp	Kilowattpeak
KWP	kommunale Wärmeplanung
L-WP	Luftwärmepumpen
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunden
PV	Photovoltaik
PVA	Photovoltaik-Anlage
WEG	Wohnungseigentumsgemeinschaft
WP	Wärmepumpe

1 Einführung

1.1 Hintergrund und Zielsetzung

Deutsche Klimaschutzziele

Das im Jahr 2019 beschlossene Klimaschutzprogramm der Bundesregierung setzt fest, dass die CO_2-Emissionen im Vergleich zum Jahr 1990 schrittweise gemindert werden sollen – nach den aktuellen Beschlüssen der Bundesregierung zum Klimaschutzgesetz sind zwei Stufen auf dem Weg zur ‚Treibhausgasneutralität' vorgesehen: Bis 2030 sollen die CO_2-Emissionen im Vergleich zum Jahr 1990 um 65 % reduziert werden. Bis 2040 sollen sie bereits um 88 % gegenüber dem Vergleichsjahr zurückgegangen sein. Deutschland soll nach den derzeitigen Beschlüssen bereits bis 2045 treibhausgasneutral werden.

Im Jahr 2021 machte der gebäuderelevante Endenergieverbrauch 36 % vom gesamten Endenergieverbrauch in Deutschland aus. Zudem summierten sich die gebäuderelevanten CO_2-Emissionen (anhand des Nachfrageprinzips ermittelt) im selben Jahr auf insgesamt rund 192 Mio. Tonnen CO_2. Dies entsprach rund 31 % der gesamten verbrennungsbedingten CO_2-Emissionen zur Energiewandlung (BMWK, 2023)[1]. Um die Klimaschutzziele für den Sektor Bauen und Wohnen zu erreichen, muss der Fokus auf kommunaler Ebene auf die energetische Modernisierung von Bestandsquartieren und den Ausbau erneuerbarer Energien sowie die energieeffiziente Wärmeversorgung ohne fossile Brennstoffe gelegt werden.

Klimaschutz in Hamburg

Das Hamburgische Klimaschutzgesetz (HmbKlSchG – Hamburgisches Gesetz zum Schutz des Klimas) besteht seit 2020 und wurde zum 01.01.2024 novelliert. Darin erklärt der Hamburger Senat, dass die Hansestadt einen möglichst stetigen Reduktionspfad anstreben soll, der gegenüber dem Basisjahr 1990 bis zum Jahr 2030 eine Reduktion von 70 % der CO_2-Emissionen sowie bis zum Jahr 2045 98 % CO_2-Emisisonen sowie unter der Einbeziehung von Kohlenstoffsenken die Netto-CO_2-Neutralität erreicht. Um diese Ziele zu erreichen, wurde der Hamburger Klimaplan in 2023 zum zweiten Mal fortgeschrieben und enthält neben den aktuellen Entwicklungen im Klimabericht für Hamburg auch Maßnahmen zur Erreichung der Klimaziele sowie eine methodische Weiterentwicklung des Klimaplans selbst.

Im Rahmen des Hamburgischen Klimaschutzgesetzes werden Klimaschutz und Klimaanpassung als Querschnittsaufgaben benannt. Dabei sind die Erfordernisse des Klimaschutzes und der Anpassung an den Klimawandel bei allen Planungen, Maßnahmen und Entscheidungen der Hansestadt und ihrer landesunmittelbaren Körperschaften zu berücksichtigen, sodass in eigener Verantwortung an der Verwirklichung des Klimaschutzes und Anpassungen an den Klimawandel mitzuwirken ist.

Im Rahmen der Hamburger Wärmewende soll der aktuelle Anteil von 30 % Fernwärme weiter erhöht werden. Gleichzeitig soll die Fernwärme „grüner" werden, indem 2030 das Kohle-Kraftwerk Tiefstack vom Netz gehen und die Wärme aus unvermeidbarer Abwärme von Unternehmen oder Umweltquellen wie Flusswasserwärmepumpen bereitgestellt werden soll. Konkret legt das HmbKlSchG fest, dass Wärmenetzbetreiber bestehender Netze bis Ende 2026 einen Ausbau- und Dekarbonisierungsplan vorzulegen haben, wie die Wärme bis 2030 zu 50 % und bis 2045 vollständig auf der Basis erneuerbarer Energien, aus unvermeidbarer Abwärme oder einer Kombination hieraus bereitgestellt werden kann. Die Fernwärme-Bestrebungen konzentrieren sich jedoch bislang vermehrt auf das Stadtgebiet nördlich der Elbe.

[1] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) Herausgeber (2023): Energieeffizienz in Zahlen. Entwicklungen und Trends in Deutschland 2022. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienz-in-zahlen-2022.pdf?__blob=publicationFile&v=7 (aufgerufen am 06.03.2024)

Auch für die dezentrale Wärmeversorgung macht das HmbKlSchG insofern Vorgaben, dass ab 2021 Gebäudeeigentümer:innen ergänzend zum Gebäudeenergiegesetz (GEG) in Abhängigkeit des Gebäudealters (Errichtung vor 2009) verpflichtet sind mind. 15 % des jährlichen Wärmeenergiebedarfs aus erneuerbaren Energien zu decken, sofern das Gebäude nicht an ein Wärmenetz unter den oben genannten Bedingungen angeschlossen wird oder Energieeinsparungen durch baulichen Wärmeschutz, Sanierungsfahrpläne oder Quartierslösungen vorliegen. Zusätzlich schreibt das GEG 2024 vor, dass bei Neubauten und Heizungstausch mindestens 65 % der Wärme aus erneuerbaren Energien stammen müssen, wobei für den Heizungstausch in Bestandsgebäude Übergangsfristen gelten. Funktionierende Altanlagen dürfen noch bis 2044 mit fossilen Brennstoffen betrieben werden. Lediglich für Gebäude mit den schlechtesten Energiewerten (Klasse G) gilt ein Sanierungsziel bis 2030. Neubauten hingegen müssen am Effizienzhausstandard 55 orientiert als Niedrigstenergiegebäude errichtet werden, maximal 55 % Primärenergiebedarf eines Referenzgebäudes benötigen und entsprechend hohe Anforderungen an die Kombination aus baulichem Wärmeschutz und erneuerbarem Energieanteil einhalten.

Aktuell erstellt die BUKEA als zuständige Behörde eine kommunale Wärme- und Kälteplanung. Dabei werden energie- und kosteneffiziente Maßnahmen identifiziert, Infrastrukturmaßnahmen im Versorgungsbereich koordiniert und eng mit der Stadtentwicklung und Bauleitplanung verzahnt. Die Kommunale Wärmeplanung betrachtet dabei übergeordnet das gesamte Stadtgebiet hinsichtlich Wärmebedarfen, Empfehlungen zur dezentralen und zentralen Versorgung sowie dem Einsatz von erneuerbaren Energiepotenzialen anhand von einheitlichen Kennzahlen. Das vorliegende Energiekonzept hingegen betrachtet das ausgewählte Projektgebiet des Harburger Binnenhafens auf einer detaillierteren Ebene, indem gebietsspezifische Annahmen und Informationen herangezogen werden. Dies betrifft u.a. die Abschätzung von zukünftigen Bedarfen durch Neubauten, die Abstimmung von relevanten Akteuren im Gebiet wie Unternehmen mit Abwärmepotenzialen und Genehmigungsbehörden sowie ökonomisch-ökologische Variantenvergleiche für verschiedene zentrale und dezentrale Versorgungslösungen.

Im Oktober 2025 hat die Hamburger Bevölkerung positiv über den sogenannten „Zukunftsentscheid“ abgestimmt. Die erforderliche Stimmenanzahl und Mehrheit der Zustimmung wurde erreicht, sodass die Inhalte des Volksbegehrens nun in die Gesetzgebung zu übernehmen sind. In den weiteren Schritten muss nun das Klimaschutzgesetz durch den Senat geändert und die Punkte Klimaneutralität bis 2040 (statt 2045), Festlegung und Monitoring jährlicher CO_2-Obergrenzen und Sozialverträglichkeit aufgenommen werden. Anschließend muss die Bürgerschaft den Änderungen zustimmen, bevor sie in Kraft treten.

Zielsetzung im Quartier „Harburger Binnenhafen“

Der Bezirk Hamburg-Harburg erhielt 2021 ein Integriertes Klimaschutzkonzept.[2] Im Gebäudesektor wurden dabei verschiedene Empfehlungen und Maßnahmen sowohl im Bereich der Gebäudesanierung zur Einsparung von Endenergie als auch im Bereich der Dekarbonisierung und Einbindung von erneuerbaren Energien in der Wärmeversorgung entwickelt.

Das Quartier „Harburger Binnenhafen“ steht im Bereich der erneuerbaren und zentralen Wärmeversorgung vor verschiedenen Herausforderungen, die im Rahmen der Klimaziele für den Bezirk Harburg zu lösen sind. Zum einen finden sich Teile des Projektgebiets in der stadtplanerischen Entwicklung und Nachverdichtung, sodass Wärmeversorgungen für die zukünftig entstehenden Neubauten zu entwickeln sind (s. auch Kapitel 2.1). Gleichzeitig stehen verschiedene erneuerbare Energiepotenziale wie gewerbliche Abwärme und die Elbe als Oberflächengewässerpotenzial zur Verfügung. Umgekehrt steht das Projektgebiet

[2] https://www.hamburg.de/politik-und-verwaltung/bezirke/harburg/themen/klima-umwelt/klimaschutzkonzept/klimaschutzkonzept-268560

insbesondere bei der zentralen Wärmeversorgung vor Herausforderungen, da das Gebiet an vielen Stellen durch Wasserwege unterbrochen wird und sich sowohl auf Grund von archäologischen Funden als auch auf Grund von Altlasten in den Böden Einschränkungen ergeben.

Das Energiekonzept soll somit die technischen und wirtschaftlichen Einsparpotenziale der Wärmeversorgung, die Möglichkeiten der Nutzung von erneuerbaren Energiequellen zur Strom- und Wärmeversorgung sowie Optionen zur Klimaanpassung zeigen und dabei die entsprechenden Rahmenbedingungen beachten. Im Ergebnis soll gezeigt werden, mit welchen Maßnahmen kurz- bis langfristig die CO_2-Emissionen reduziert werden können. Dabei sind folgende Schwerpunkte zu betrachten:

- Potenzialanalyse für den Ausbau und die Nutzung erneuerbarer Energien zur Strom- und Wärmeversorgung und optional der Kälteversorgung
- Untersuchung der Möglichkeiten zur Errichtung einer zentralen, netzgebundenen Wärmeversorgung und alternativ dezentraler nachhaltiger Wärmeversorgungslösungen
- Untersuchung von kurz-, mittel- und langfristigen Energieeinsparpotenzialen durch Gebäudemodernisierung
- Betrachtung von Maßnahmen zur „Multicodierung“ (Mehrfachnutzung) von Flächen zur Energieerzeugung und zur Klimaanpassung

Das übergeordnete Ziel des Energiekonzeptes ist die Entwicklung eines Transformationsfahrplans zur CO_2-Reduktion, sodass der Binnenhafen technologieoffen den Herausforderungen der Energiewende begegnen und zu den Klimaschutzzielen der Freien und Hansestadt Hamburg unter Berücksichtigung der nationalen Gesetzgebung beiträgt.

1.2 Das Quartier

Das Quartier umfasst den nördlichen Bereich des Stadtteils Harburg sowie Liegenschaften im nordöstlichen Heimfeld. Abbildung 1 zeigt die Grenzen des Projektgebiets.

Das Quartier ist durch Straßen und Schienenanlagen im Süden und Osten sowie durch Gewässerstrukturen des Binnenhafens beziehungsweise der Elbe im Norden und Westen räumlich von den umliegenden Bereichen getrennt. Das Quartier wird sowohl durch die Schlossinsel als „Keimzelle Harburgs“ als auch die verschiedenen Hafenbecken und Kanäle des Binnenhafens geprägt. Das Quartier ist bereits durch einen hohen Grad der Überbauung und Versiegelung geprägt und soll zukünftig weiter nachverdichtet werden. Die höchste Baudichte besteht aktuell im Bereich südlich des Lotsekanals auf Grund vieler mehrgeschossiger Gebäude. Die Schlossinsel ist aktuell deutlich weniger und flacher bebaut, aber auch hier werden weitere Flächen erschlossen. Insbesondere der östliche Bereich des Harburger Binnenhafens, entlang der Hannoverschen Straße wird zukünftig erheblich umstrukturiert. Während dort aktuell einige Flächen brach liegen, sollen diese zukünftig wieder reaktiviert und in Nutzung gebracht werden.

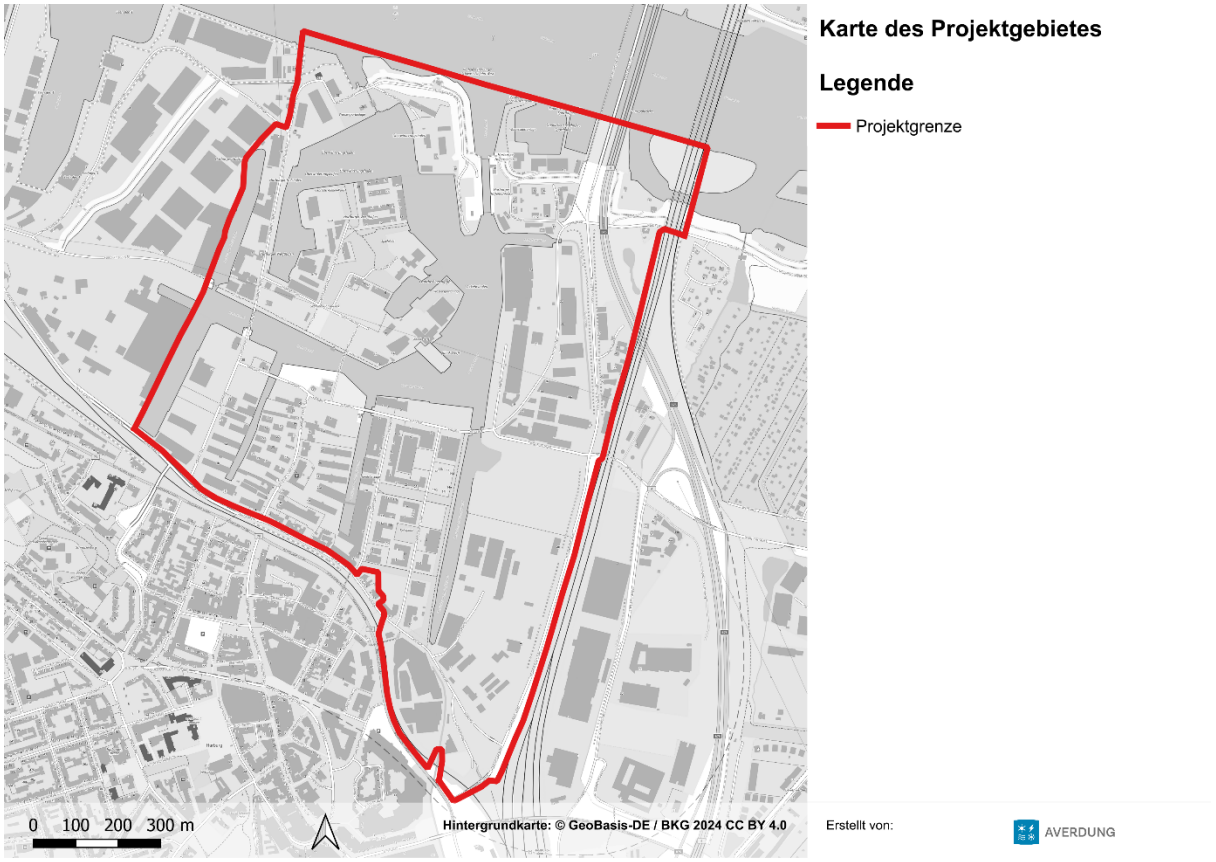


Abbildung 1: Projektgebiet "Harburger Binnenhafen"

Das Projektgebiet überschneidet sich größtenteils mit dem RISE-Fördergebiet Harburger Binnenhafen / Neuland-Nordwest, das noch bis 2029 festgelegt ist. Das Fördergebiet verfolgt unter anderem das Ziel, dass der Binnenhafen sich zu einem zukunftsfähigen und mischgenutzten Stadtraum entwickelt, der den Anforderungen einer klimagerechten Stadtentwicklung entspricht.

Das Quartier weist eine äußerst heterogene Bau- und Nutzungsstruktur auf. Einige Gebäude und Gebäudekomplexe aus verschiedenen Epochen stehen dabei unter Denkmal- beziehungsweise Ensembleschutz. Die ursprünglich vor allem durch Hafenindustrie geprägte gewerbliche Nutzung hat sich mittlerweile durch diverse Wohnprojekte zu einer Mischstruktur entwickelt, die zukünftig stadtplanerisch weiterentwickelt werden soll.

Tabelle 1 zeigt die Flächen und Anteile der verschiedenen Nutzungsarten der Gebäude laut vorliegenden ALKIS-Daten.

Tabelle 1: Nutzungsarten der Gebäude

Kategorie	Fläche [m2]	Anteile [%]
Wohngebäude	36.089	14,1
Kinderkrippe, Kindergarten, Kindertagesstätte	2.980	1,2
Gebäude mit öffentlichem Zweck	2.261	0,9
Gebäude für Sportzwecke	1.400	0,5
Gebäude für Gewerbe, Handel und Industrie	169.799	66,3
Freizeit- und Vergnügungsstätte	851	0,3
n.A.	42.890	16,7
Summe:	**256.270**	

Ergänzend stellt Tabelle 2 dar, wie sich die heutige Bebauung zur geplanten zukünftigen Bebauung durch Nachverdichtung und Neuerrichtung sowie gegenüber Wasserflächen verhält.

Tabelle 2: Übersicht Bebauungsstand der Flächen im Projektgebiet

Fläche des Quartiers	**ca. 130 ha**	**100 %**
Aktuell bebaute Fläche (Gebäude)	256.270 m²	20 %
Zukünftig bebaute Fläche (Gebäude)	411.862 m²	32 %
Wasserfläche	256.238 m²	20%
sonstige Flächen (unbebaute Plätze, Straßen etc.)	375.630 m²	28 %

Im Rahmen der weiteren Betrachtungen wird das Projektgebiet zur vereinfachten Beschreibung in vier Teilbereiche (s. Abbildung 2) untergliedert:

- „Schlossinsel“ inklusive Harburger Hauptdeich
- „Westlicher Teil“ (Blohmstraße, Harburger Schlossstraße)
- „Mittlerer Teil“ (Schellerdamm, Theodor-Yorck-Straße)
- „VU-Gebiet“[3]

[3] Vorbereitende Untersuchung – für eine Städtebauliche Entwicklungsmaßnahme

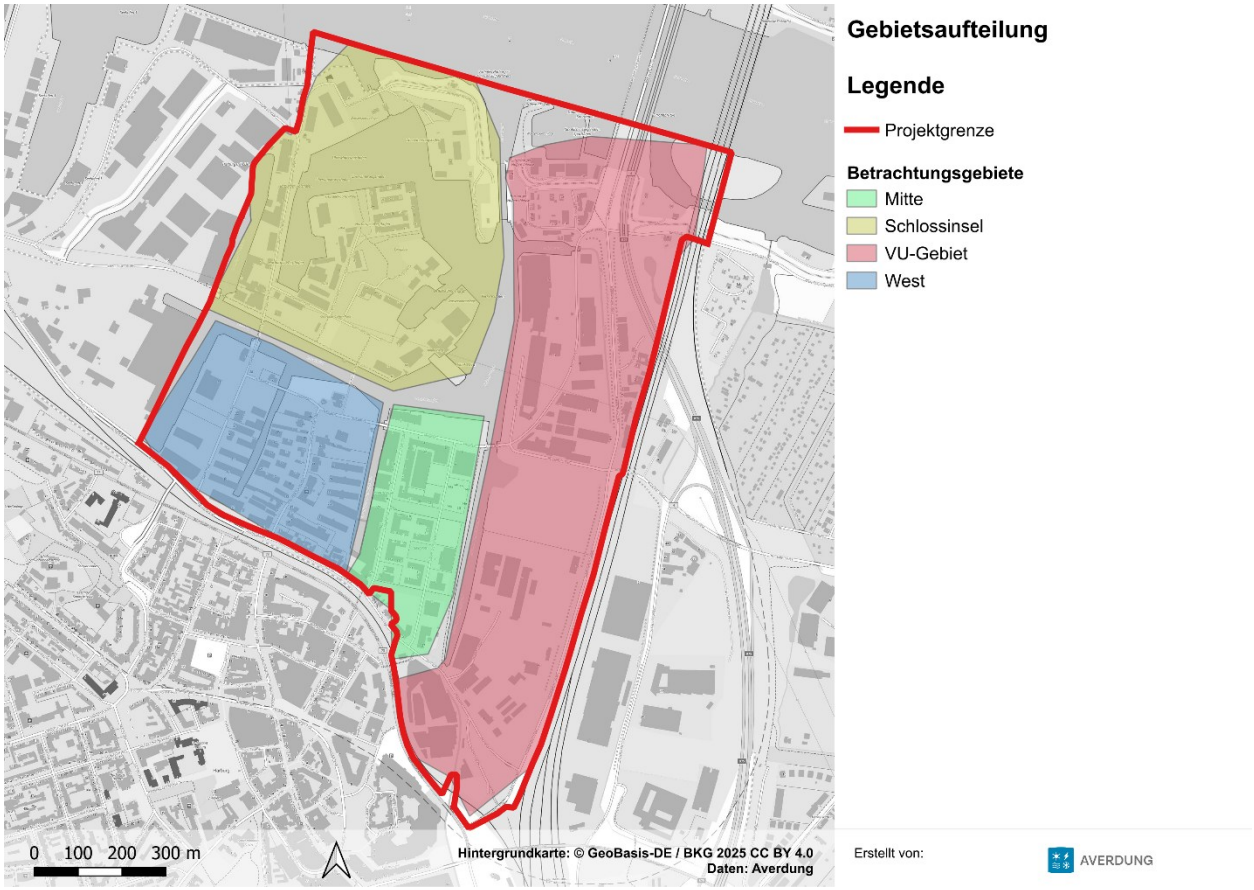


Abbildung 2: Gebietsaufteilung

Auf der **Schlossinsel** ist neben den historischen ein- bis zweigeschossigen Industrie- und Gewerbebauten an der Straße An der Horeburg und den verteilt liegenden großflächigen Industrie- und Gewerbehallten seit den 2010er Jahren eine drei- bis fünfgeschossige offene Blockrandbebauung für Wohnzwecke entstanden. Das markante Speichergebäude an der nordöstlichen Spitze der Schlossinsel wurde in hochwertige Wohnungen umfunktioniert. Außerdem ist ein Teil des Harburger Schlosses erhalten geblieben und wird ebenfalls bewohnt. Zwischen historischen Gebäuden, Industrie- und Gewerbebauten und modernen Wohnanlagen liegen, fernab vom Großstadttrubel, großzügige Grün- und Parkflächen. Die gesamte Harburger Schlossinsel steht unter Ensembleschutz.

Entlang des Dampfschiffswegs dominieren die Industrie- und Gewerbebauten der Aug. Prien Gruppe, die durch mehrgeschossige Bürogebäude ergänzt werden. Der nördliche Bereich des Binnenhafens entlang des Harburger Hauptdeichs ist hauptsächlich von Gewebehallen der ansässigen Wassersportnutzungen sowie den Sonderbauten der Wasserschutzpolizei und der Hafenschleuse geprägt. Ein Teilbereich östlich der Schleuse (nördlich des VU-Gebiets) ist mit denkmalgeschützten Doppelhäusern aus den 1920er Jahren bebaut.

Im **westlichen Teil** entlang der Harburger Schlossstraße liegt die stärkste Durchmischung der Gebäudetypologien vor. Neben historischen Industrie- und Gewerbebauten finden sich zweigeschossige kleinteilige historische denkmalgeschützte Fachwerkhäuser im Wechsel mit moderner Blockrand- und Zeilenbebauung sowie den drei- bis fünfgeschossigen Punkthäusern des Neubauquartiers am Kaufhauskanal. Die Straße Karnapp wiederum ist von kleinteiliger historischer Bebauung geprägt (Baudenkmäler und Ensem-

bleschutz). Entlang der Blohmstraße ist ein Nebeneinander von großflächigen Industrie- und Gewerbehallten, Zeilenbebauung aus den 2000er Jahren sowie moderne solitäre Bürobauten der TUHH und des „Hamburg Innovation Port“ (HIP) prägend. Hier finden sich auch die sogenannten Channel-Gebäude. Am Kaufhauskanal sind zwei historische Gewerbegebäude samt dazugehöriger ehemaliger Stadtvillen, die unter Denkmalschutz stehen, erhalten. Der Eingangsbereich der Blohmstraße an der Seehafenbrücke wird durch den Sonderbau des Abspannwerks dominiert.

Im **mittleren Teil** sind im Bereich des alten Harburger Bahnhofs (Hannoverscher Staatsbahnhof, 1847) lediglich zwei kleine historische Hallen, Baujahr um 1870, erhalten. Die in den 2010er Jahren entstandene städtebauliche Struktur ist durch eine fünf- bis sechsgeschossige offene Blockrandbebauung geprägt. In der südlichen Theodor-Yorck-Straße sind zudem mehrere zwei- bis dreigeschossige solitäre Bürobauten entstanden. Der westliche Straßenzug des Schellerdamms wird insbesondere durch drei Hochhäuser (der sechs- bis sechszehngeschossige „Channel Tower“, das vierzehngeschossige „Silo“ und der zehngeschossige „Kaispeicher“ am Veritaskai) sowie die langgezogenen Fassaden der historischen viergeschossigen Blockrandbebauung (ehem. Lever-Sunlicht Fabrik und alte Villen) bestimmt.

Der Teil des „**VU-Gebiets**“ südlich der Neuländer Straße wird momentan noch u. a. auf Grund von Störfallradien rein gewerblich und industriell genutzt. Am Übergang von Karnapp zur Seevestraße finden sich mehrere historische und denkmalgeschützte Hallen im Besitz der Stadt, die aktuell als Lagerhallen von verschiedenen Mietern genutzt werden. Eine zukünftige Nutzung und Ertüchtigung ist mit dem Denkmalschutzamt abzustimmen. Neben z. B. großflächigen Industrie- und Gewerbehallen sowie weiteren kleinen Industrie- und Gewerbebauten sind große Freiflächen vorhanden, die in den kommenden Jahren neu entwickelt werden sollen.
Nördlich davon bis zur Straße Hafenbezirk wird das Gebiet durch den historischen, bis zu viergeschossigen Backstein-Gebäudekomplex der New York Hamburger Gummi-Waaren Compagnie, die eingeschossigen historischen Hallen am Treidelweg sowie den modernen Industrie- und Gewebehallen der östlichen Nartenstraße geprägt. Östlich der Hannoverschen Straße ist eine Bebauung mit kleinen ein- und zweigeschossigen Gewerbebauten vorherrschend.

1.3 Methodik

Bestandsaufnahme und Ausgangsanalyse
Die Grundlage der Konzeptentwicklung für das Energiekonzept war die Bestandsaufnahme der Quartierstruktur. Erweitert wurde diese durch die Berechnung der Energie- und CO_2-Bilanz.
Zur Ausgangsanalyse wurden zu Beginn des Prozesses Daten (Energieverbrauchsdaten, Wärmekataster, Informationen zu Heizungsanlagen, Grundlagendaten zu Gebäuden, etc.) bei den Energieversorgern und der BUKEA abgefragt. Zusätzlich wurden die in ALKIS (Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem) hinterlegten Daten der Hansestadt Hamburg genutzt, um den Bestand der Gebäude abzubilden. Um die Datenlage durch weitere Daten zur Analyse des Gebäudebestandes, wie die Geschosszahlen und den Sanierungsstand, zu erweitern, erfolgten Vor-Ort-Begehungen.

Konzeptentwicklung
Anschließend an die Ausgangsanalyse wurden die Entwicklungspotenziale für die Bereiche Gebäudebestand, Energie- und Wärmeversorgung und Klimaanpassung analysiert, die wiederum Grundlage für die quartiersspezifischen Maßnahmen waren. Hierbei wurden insbesondere gewerbliche und unvermeidbare Abwärmequellen sowie Umweltquellen (Oberflächengewässer Binnenhafen, Abwasser, Außenluft, Geothermie) für eine zentrale oder dezentrale Wärmeversorgung bewertet. Ergänzend wurden Möglichkeiten

der Gebäudeklimatisierung mit erneuerbaren Quellen sowie Synergien mit der Wärmebereitstellung ermittelt.

Um insbesondere Maßnahmen für zentrale und dezentrale Wärmeversorgung nicht nur technisch und genehmigungsrechtlich, sondern auch wirtschaftlich und ökologisch bewerten zu können, wurden Varianten entwickelt und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen im Rahmen eines ökonomisch-ökologischen Variantenvergleichs durchgeführt. Dies ermöglichte die anschließende Maßnahmenentwicklung.

Abschließend wurden Hemmnisse und deren Vermeidung beziehungsweise Überwindung bewertet und Handlungsempfehlungen ausgesprochen. Aufbauend wurde ein Durchführungs- und Monitoringkonzept entwickelt.
Das Projekt wurde fortlaufend durch Akteursbeteiligung (insbesondere Behörden, ansässige Unternehmen und Energieversorger) und Öffentlichkeitsarbeit ergänzt und begleitet.

2 Bestandsaufnahme

Im Rahmen der Bestandsaufnahme wurde zunächst ein Überblick verschafft, welche Grundlagen im Projektgebiet vorzufinden sind und welche Rahmenbedingungen für das Energiekonzept gelten. Hierbei wurde zunächst ein Blick auf stadtplanerische Entwicklungen geworfen, wo z. B. Veränderungen in der Bebauung zu erwarten sind und welche Auswirkungen diese auf den zukünftigen Energiebedarf haben könnten. Weiterhin wurde der Aspekt des Denkmal- und Ensembleschutzes beleuchtet, da hierdurch Einschränkungen sowohl bei der Sanierung von Gebäuden als auch bei der Errichtung von erneuerbaren Energieerzeugungsanlagen wie Photovoltaik oder Rückkühlaggregaten für Luft-Wärmepumpen entstehen können. Die Bestandsaufnahme zu den konkreten Themen Gebäudemodernisierung, erneuerbare Wärme-, Kälte- und Stromversorgung sowie Klimafolgeanpassung erfolgte anschließend in den weiteren Kapiteln der Potenzialanalyse.

2.1 Bauleitplanung

Für das Projektgebiet existieren aktuell neun festgestellte Bebauungspläne, die in Tabelle 3 aufgeführt sind.

Tabelle 3: Festgestellte Bebauungspläne im Projektgebiet

Bebauungsplan	Feststellungsdatum	Festsetzungen
Bebauungsplan Harburg 67- Heimfeld46	08.11.2010	- Mischgebiete - Gewerbegebiete - Sondergebiete - Kerngebiete
Bebauungsplan Harburg 61- Heimfeld 45	26.08.2013	- Kerngebiet
Bebauungsplan Harburg 59	20.06.2000	- Mischgebiet - Kerngebiet - Gewerbegebiet
Bebauungsplan Harburg 70	01.12.2016	- Kerngebiet
Bebauungsplan Harburg 62 (1Aend)	05.11.2014	- Kerngebiet
Bebauungsplan BS Harburg Aend	13.09.1960	Es liegen keine Festsetzungen vor.
Bebauungsplan Harburg 10- Neuland 7	05.09.1972	Es liegen keine Festsetzungen vor.
Bebauungsplan Harburg 25- Heimfeld 18	14.11.1967	Es liegen keine Festsetzungen vor.
Bebauungsplan TB3	05.07.1955	Es liegen keine Festsetzungen vor.

Weiterhin befinden sich wie in Tabelle 4 dargestellt drei Bebauungspläne im Verfahren.

Tabelle 4: Bebauungspläne im Verfahren innerhalb des Projektgebietes

Bebauungsplan	Feststellungsjahr	Festsetzungen
Bebauungsplan Harburg 72- Heimfeld 55	-	-
Bebauungsplan Harburg 73	-	-
Bebauungsplan Heimfeld 51	-	-

Für das Projektgebiet sind insbesondere die Veränderungen durch den dreiteiligen B-Plan Harburg72 - Heimfeld55 relevant (s. Abbildung 3). Die entsprechenden Veränderungen bezüglich Bebauung (zu beheizende Flächen, Nutzungsart etc.) flossen in die weiteren Betrachtungen bezüglich zukünftiger Energiebedarfe ein.

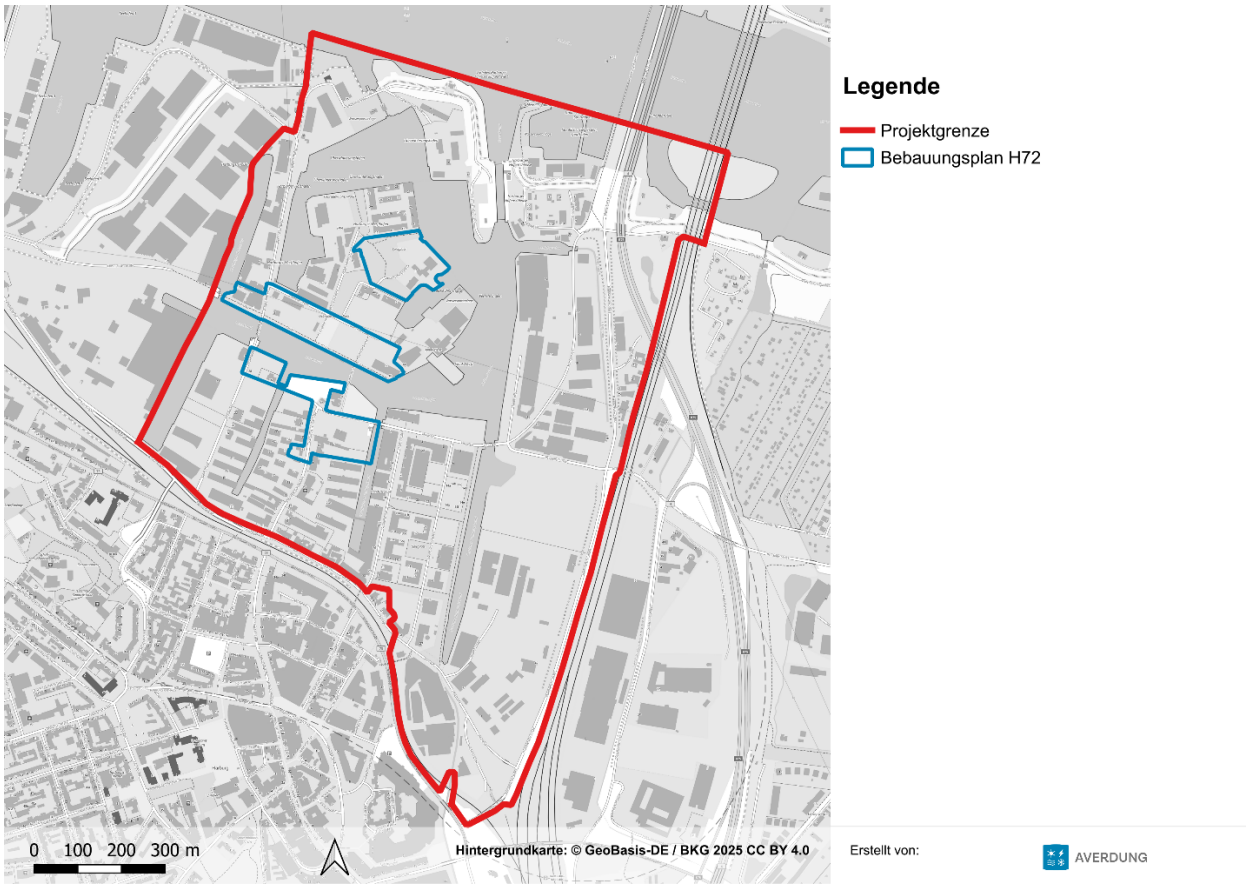


Abbildung 3: Lage der drei Teilabschnitte des Bebauungsplans H72

Weiterhin liegt ein Rahmenkonzept in der Entwurfsfassung aus Dezember 2024 für das sogenannte VU-Gebiet vor (s. Abbildung 4). Die Planung lässt erkennen, dass historische, zum Teil denkmalgeschützte Gebäude, wie das Backsteinensemble der New York Hamburger Gummi-Waaren Compagnie, in Teilen erhalten bleiben sollen. In den historischen Außenmauern soll ein urbanes Quartier mit verschiedenen Wohnformen, Gastronomie, Büros und gewerblichen Nutzungen entstehen.

Des Weiteren lässt die Planung erkennen, dass brachliegende Flächen zukünftig neu erschlossen und mit großen Blockrand- und Zeilenbebauungen bebaut werden sollen. Südlich der Neuländer Straße soll ein gemischtes Quartier mit ca. 450 Wohnungen, einem Gewerbe- und Technologieriegel und einem großen Hotelkomplex entstehen. Auch diese Gebäude und Bedarfe werden im Weiteren berücksichtigt.

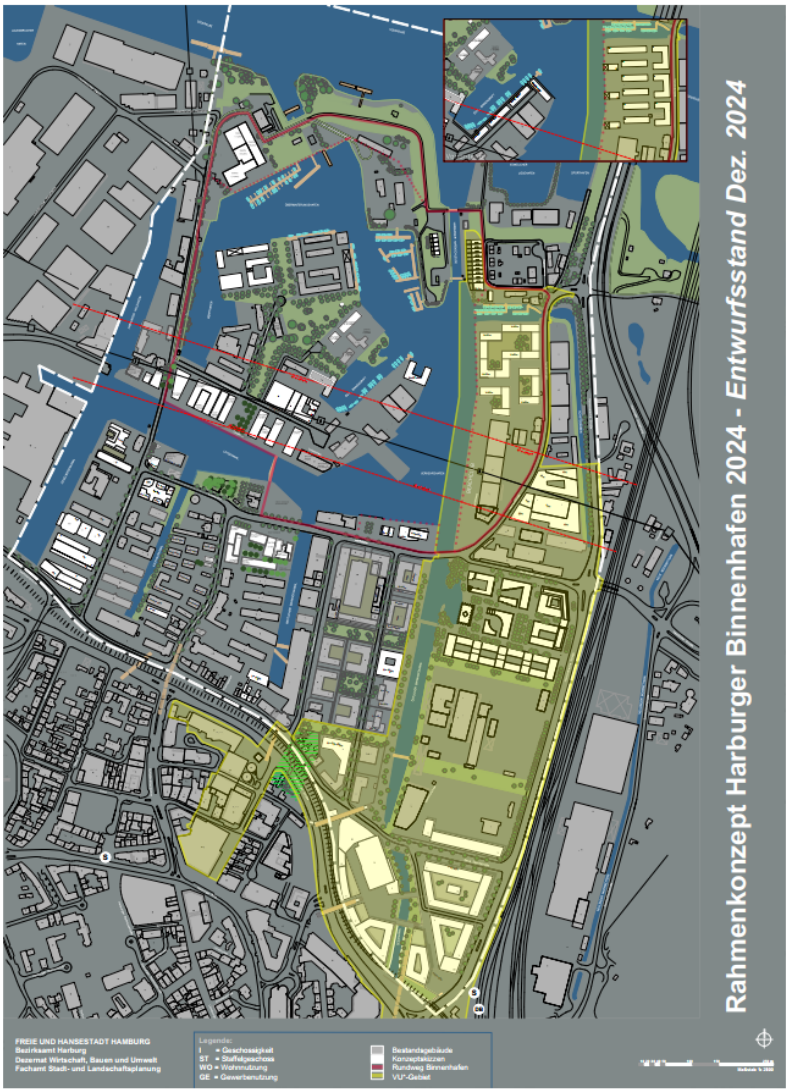


Abbildung 4: Rahmenkonzept Harburger Binnenhafen - Entwurfsstand 12/2024

2.2 Denkmal- und Ensembleschutz

Innerhalb des Projektgebiets stehen verschieden Gebäude und Bereiche unter Denkmal- und Ensembleschutz. Tabelle 5 stellt die jeweils geschützten Flächenanteile dar, während Abbildung 5 die jeweiligen Flächen darstellt.

Tabelle 5: Anteile Denkmal- und Ensembleschutz

	Fläche [m²]	Anteil [%]
Ensembleschutz	456.451*	36
Baudenkmäler	37.172	3

*inklusive 256.238 m² Wasserfläche

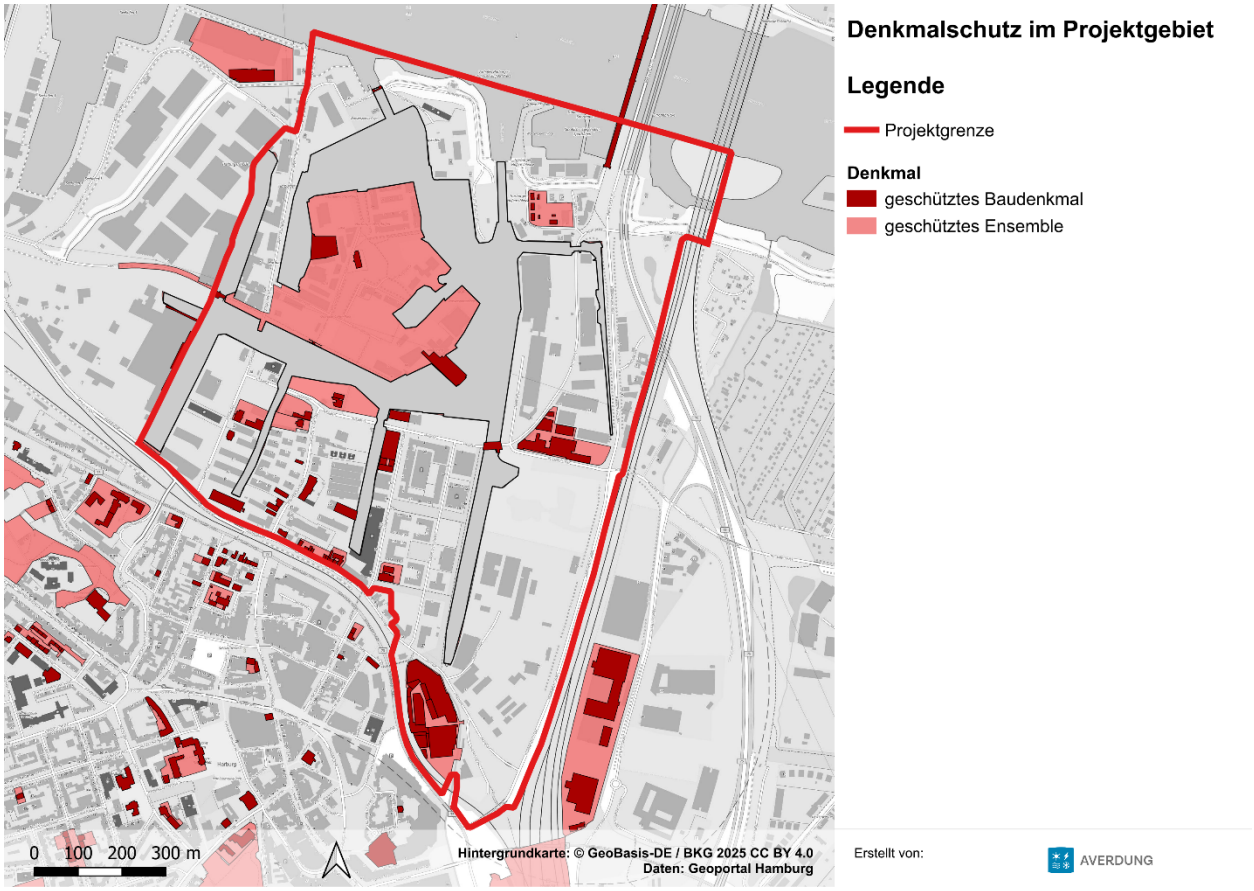


Abbildung 5: Übersicht über Baudenkmal und Ensembleschutz im Projektgebiet

Ein Beispiel für denkmalgeschützte Gebäude sind Kanalplatz 6 und 8 (s. Abbildung 6):

- Kanalplatz 6: Wohn- und Geschäftsgebäude, ehem. Reederei Renck & Hessenmüller; Baujahr 1855, vermutlich 1906 Umbau; Massive Bauweise, Putzfassade, Satteldach mit Gauben, Holzrahmenkastenfenster, unterkellert.
- Kanalplatz 8: Wohngebäude; Baujahr 1858; Massive Bauweise, Putzfassade, Satteldach mit Gauben, Holzrahmenkastenfenster, unterkellert.

Beide Gebäude sind Teil des Ensembles Harburger Binnenhafen mit Teil der Wasserflächen und Kaianlagen. Auf dem Kanalplatz 6 und 8 liegt historische Pflasterung. Im Weiteren wird die Wärmeversorgung der Gebäude betrachtet und in Kapitel 11.1 dargestellt.



Abbildung 6: denkmalgeschützte Gebäude Kanalplatz 6 und 8

Weiterhin stehen Teile der Kaimauern und Brücken unter Denkmalschutz, was im Rahmen der Potenzialanalyse für Oberflächengewässer und für die Leitungswege von Wärmenetzen und die Querung von Gewässerstrukturen zu bewerten sein wird.

Im Folgenden werden grundsätzliche Aussagen zu Belangen der energetischen Quartiersentwicklung unter dem Aspekt von Denkmal- und Ensembleschutz zusammengefasst. Diese Aussagen dienen lediglich der ersten Einschätzung zur Umsetzbarkeit von Maßnahmen. Grundsätzlich sind alle Maßnahmen im Einzelfall im Rahmen des Bauantragsverfahrens zu prüfen und mit der Denkmalbehörde abzustimmen.

Die energetische Sanierung denkmalgeschützter Gebäude erfordert eine Balance zwischen Klimaschutz und Denkmalerhalt. Während Außendämmungen an Backsteinfassaden meist unzulässig sind, bieten Innendämmungen, haustechnische Modernisierungen und regenerative Energien vielfältige Lösungen. Solaranlagen sind in „Regelfällen“ genehmigungsfähig, sofern sie das Erscheinungsbild nicht beeinträchtigen. Historische Fenster erhalten Vorrang, können aber durch Isolierverglasungen oder Kastenfenster energetisch optimiert werden. Dach- und Kellerdeckendämmungen gelten als besonders denkmalverträglich.

Denkmalgeschützte Gebäude in Hamburg sind gemäß § 4 des Hamburgischen Denkmalschutzgesetzes (HmbDSchG) als Zeugnisse der Baukultur, Stadtgeschichte und Identität schützenswert. Ihre Erhaltung folgt vier Grundprinzipien:

- Substanzerhaltung vor Veränderung: Originale Bausubstanz und historisches Erscheinungsbild haben Priorität. Eingriffe sind auf das Notwendigste zu beschränken.
- Reparatur vor Erneuerung: Defekte Bauteile werden materialgerecht instandgesetzt, um Altersspuren zu bewahren.

- Ganzheitliche Planung: Energetische Maßnahmen müssen das Gebäude in seinem Gesamtkontext betrachten, einschließlich haustechnischer und regenerativer Lösungen.
- Behördliche Abstimmung: Alle Maßnahmen bedürfen der Genehmigung durch das Denkmalschutzamt, das auf Basis wissenschaftlicher Inventarisation entscheidet.

Ein Verstoß gegen diese Prinzipien kann zum Verlust des Denkmalstatus führen.

Eine Außendämmung denkmalgeschützter Gebäude ist in der Regel nicht zulässig, da sie das Erscheinungsbild stark verändert. Schäden am Mauerwerk müssen sorgfältig analysiert und behoben werden. Fugen und Steine sind materialgerecht zu reparieren oder zu ersetzen. Reinigungen sollten schonend erfolgen. Hydrophobierungen oder andere Beschichtungen sind kritisch zu prüfen. Weiterhin sollten historische Fenster möglichst erhalten bleiben und repariert werden. Bei notwendigem Austausch muss die neue Fensterteilung dem Original entsprechen. Energetische Verbesserungen können durch zusätzliche Dichtungen, Isolierverglasung oder Kastenfenster erreicht werden. Die Dämmung des Daches ist meist unproblematisch, solange das äußere Erscheinungsbild nicht verändert wird. Eine Zwischensparrendämmung z. B. mit Mineralwolle oder Holzfasern ist oft möglich, während die Dachhaut unberührt bleibt. Die Detailausbildung an Traufe und Ortgang muss beachtet werden. Die Dämmung von Kellerdecke und oberster Geschossdecke sind meist unproblematisch und effektiv. Sie beeinträchtigen das Erscheinungsbild in der Regel nicht. Bei der obersten Geschossdecke ist auf den korrekten Anschluss an die Außenwände zu achten. Die nachträgliche Dämmung von Kellerdecken kann mit Kalziumsilikatplatten oder Hanfmatten erfolgen. Die Dämmung oberster Geschossdecken hingegen durch das Aufbringen von Zelluloseeinblasdämmung, wobei die Dampfbremse fachgerecht verlegt werden muss. Der Austausch der Heizungsanlage ist oft eine sinnvolle Maßnahme zur Energieeinsparung. Regenerative Energien sollten bevorzugt werden. Hierfür gibt es verschiedene Möglichkeiten: z. B. Einbau von Wärmepumpen, Anschluss an ein Fernwärmenetz, Hybridlösungen. Des Weiteren kann über einen Heizkörpertausch oder die Umstellung von 1-Rohr- auf 2-Rohrheizung nachgedacht werden. Vorangehend sollte eine Heizlastberechnung und ein hydraulischer Abgleich durchgeführt werden.

Die Integration von Solaranlagen in denkmalgeschützte Gebäude erfordert eine sorgfältige Abwägung. Die „Praxishilfe Erneuerbare Energien“ unterscheidet zwei Szenarien:

- Regelfälle: Anlagen auf Nebengebäuden, Flachdächern oder nicht einsehbaren Dachflächen.
  - Abstandsregeln: Mindestens 1,25 m zum Dachrand.
  - Farbanpassung: Dunkle, matte Module, die sich in die Dachfarbe einfügen.
- Komplexe Fälle: Sichtbare Anlagen an repräsentativen Fassaden oder Denkmalensembles.
  - Einzelfallprüfung: Die Denkmalverträglichkeit wird durch verringerte Modulgrößen oder Sonderlösungen (Solarziegel) hergestellt. [4]

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass alle energetischen Maßnahmen an denkmalgeschützten Gebäuden im Gesamtkontext betrachtet werden müssen. Oft können haustechnische Lösungen und der Einsatz regenerativer Energien einen größeren Beitrag zur Energieeinsparung leisten als umfangreiche bauliche Eingriffe. Eine enge Abstimmung mit dem Denkmalschutzamt ist in allen Phasen der Planung und Ausführung unerlässlich, um eine optimale Balance zwischen Denkmalschutz und energetischer Modernisierung zu finden.

[4] https://www.hamburg.de/politik-und-verwaltung/behoerden/behoerde-fuer-kultur-und-medien/einrichtungen/denkmalschutzamt/praxishilfen-denkmalschutz-105276

2.3 Städtebauliche Erhaltungsverordnung

Für einen Teilbereich des Projektgebiets südlich des Lotsekanals liegt eine städtebauliche Erhaltungsverordnung vor (s. Abbildung 7). Die Verordnung besteht seit 1993 und besagt, dass zur Erhaltung der städtebaulichen Eigenart des Gebiets Abbruch, Änderung, Errichtung sowie die Nutzungsänderung baulicher Anlagen einer Genehmigung bedürfen. Die Genehmigung darf jedoch nur versagt werden, wenn die bauliche Änderung von städtebaulicher Bedeutung ist, beziehungsweise die städtebauliche Gestalt beeinträchtigt wird.

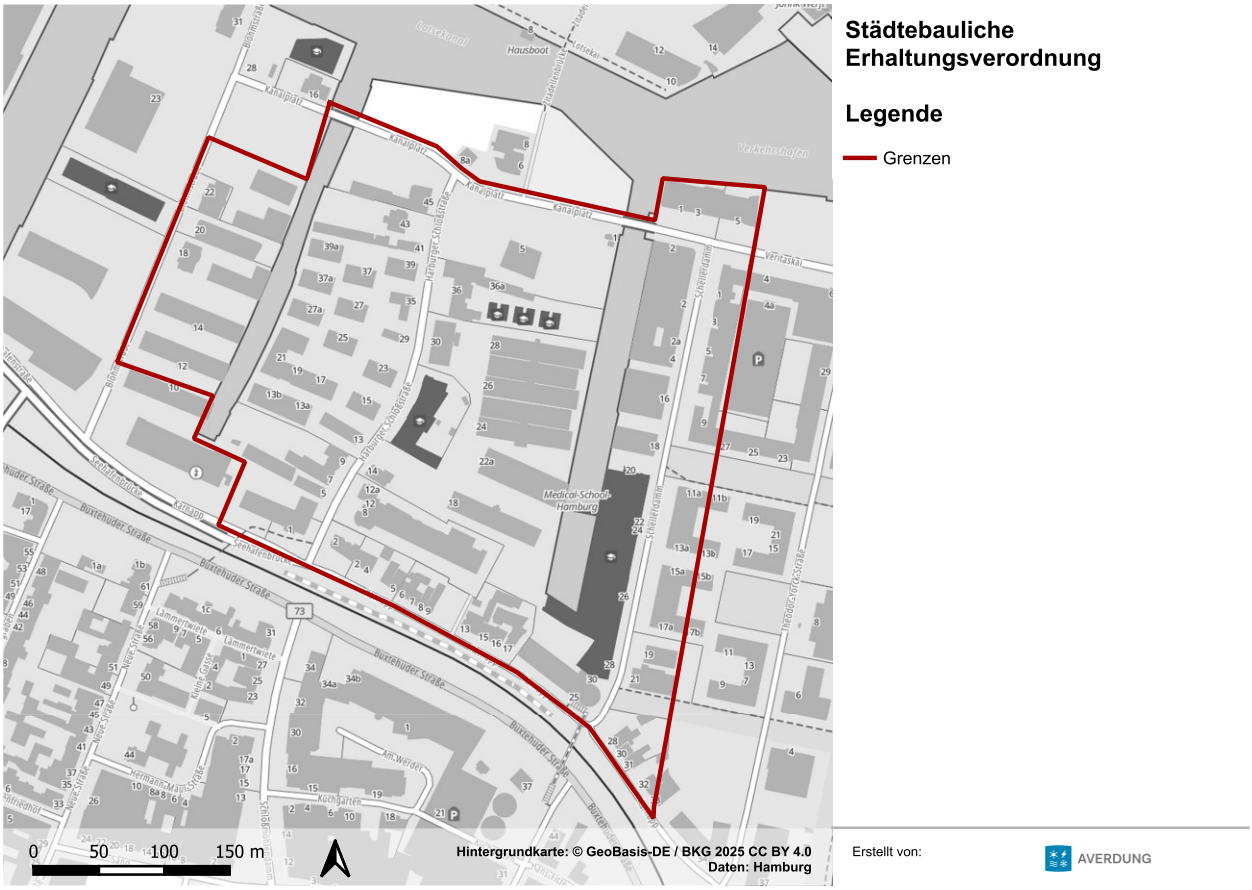


Abbildung 7: Darstellung des betroffenen Gebietes

3 Energie- und CO_2-Bilanz

Die Bilanz der Gesamtenergie und Treibhausgase dient der Bewertung der aktuellen energetischen Situation im Quartier. Auf Basis dieser Bilanz lassen sich gezielt Maßnahmen zur langfristigen Reduktion der CO_2-Emissionen entwickeln. Innerhalb der Bilanz werden die Energieverbräuche und die damit einhergehenden CO_2-Emissionen der einzelnen Sektoren Wärme und Strom betrachtet. Dadurch sind sektorenspezifische Entwicklungen von Reduktionsmaßnahmen möglich.

3.1 Bilanzierungsmethodik

Die CO_2-Emissionen im Quartier wurden nach dem Verursacherprinzip bilanziert, das die Emissionen dem direkten Emittenten oder den Endverbraucher:innen zuordnet. Dabei wurden die CO_2-Emissionen durch die Wärmeerzeugung (dezentrale Gas-, Öl-, Pelletkessel, Stromheizungen inklusive BHKW des Nahwärmenetzes) und die Stromverbräuche berücksichtigt, die durch die ansässigen Firmen, Bewohner:innen und sonstige Einrichtungen innerhalb des Quartiers entstehen.

Zur Bilanzierung der Emissionen im Sektor **Wärme** wurden die Verbräuche an Erdgas mit dem spezifischen Emissionsfaktor bewertet. Da keine detaillierten Daten vom Schornsteinfeger bezüglich dezentraler Einzelanlagen vorliegen, wurden bezüglich Öl- und Pelletkessel sowie dezentralen Wärmepumpen Verbrauchsannahmen getroffen und mit dem jeweiligen Emissionsfaktor verrechnet. Eine detaillierte Betrachtung der Bestandssituation erfolgt in *Kapitel 3.4.1*.

Zur Bilanzierung der Emissionen des Sektors **Strom** wurde der gesamte Stromverbrauch innerhalb des Quartiers mit dem spezifischen CO_2-Emissionsfaktor des deutschen Strommixes für das Jahr 2022 lt. den im Rahmen des Hamburger Klimaplans vorgegebenen Emissionsfaktoren verrechnet. Dabei wurden die Stromverbräuche über das Verteilnetz innerhalb des Quartiers bilanziert. Der durch das von GETEC betriebenen BHKW eingespeiste Strom verlässt das Quartier. Der geringe Anteil von Photovoltaikanlagen beziehungsweise deren Energiemengen, die über den Eigenverbrauch hinaus eingespeist werden, wurden im Verhältnis zu den Gesamtenergiemengen als marginale bewertet und daher nicht betrachtet. Eine detaillierte Betrachtung der Bestandssituation erfolgt in *Kapitel3.4.2*.

3.2 Berechnungsparameter

Zur Berechnung der End- und Primärenergiebilanz sowie der CO_2-Emissionen wurden die in Tabelle 6 aufgeführten spezifischen CO_2-Emissionsfaktoren sowie Primärenergiefaktoren verwendet.

Tabelle 6: Annahmen zu spezifischen CO_2-Emissions- und Primärenergiefaktoren.[5]

	CO_2-Emissionsfaktor [g/kWh]	Primärenergiefaktor [-]
Strommix (DE, Netzbezug)	414	1,8
Erdgas (Brennwertbezogen)	182	1,1
Fernwärme	330	0,56
Heizöl EL	250	1,1
Pellets	0	0,2

3.3 Energieversorgungsstruktur

3.3.1 Wärme

Innerhalb des Projektgebiets werden die Gebäude vorrangig dezentral oder teil-dezentral (Nachbarschafts-versorgung für ca. zwei bis vier Gebäude) versorgt. Dies erfolgt größtenteils über dezentrale Erdgaskessel. Die Gasnetzbetreiberin ist die Hamburger Energienetze GmbH.

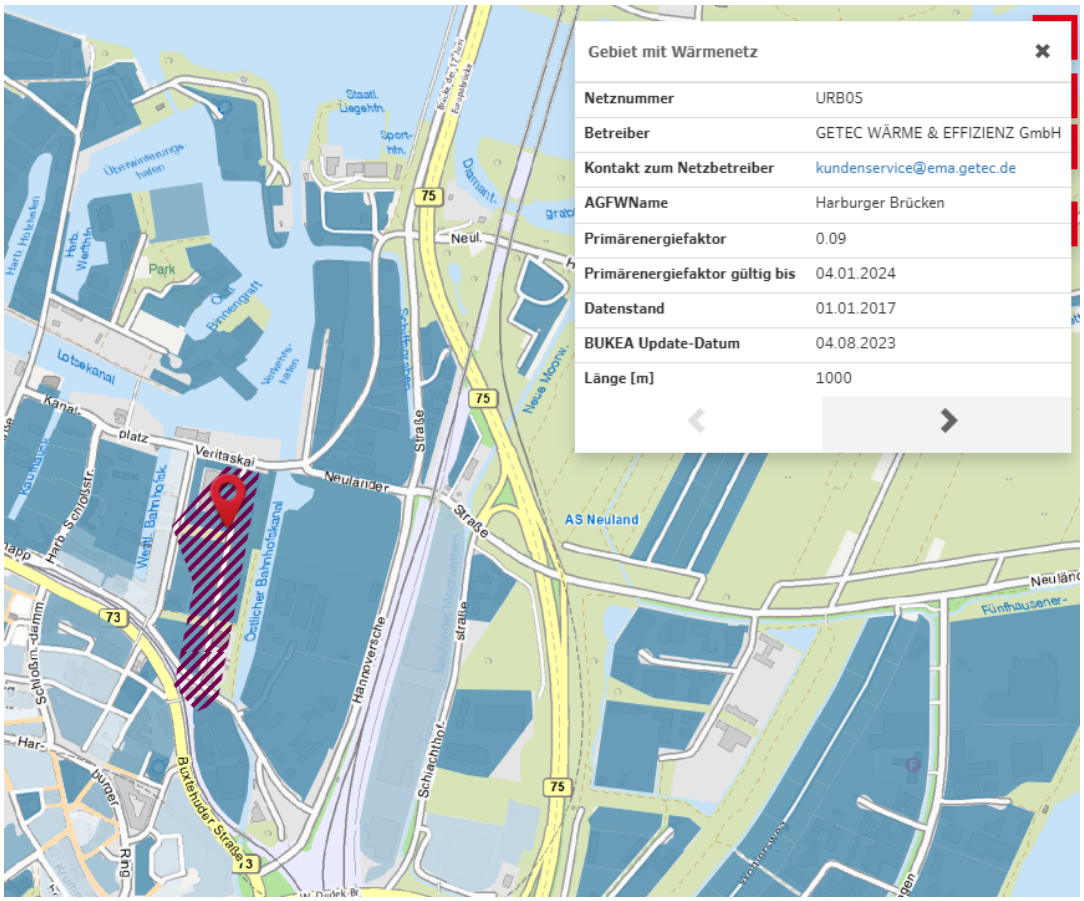


Abbildung 8: Wärmenetzgebiet der GETEC Wärme & Effizienz GmbH

[5] Auf Basis GEG (Gebäudeenergiegesetz) Anlage 4 und 9

Weiterhin betreibt innerhalb des Projektgebiets die GETEC Wärme und Effizienz GmbH am Standort Karnapp ein Wärmenetz (s. Abbildung 8). Das Wärmenetz wird über ein BHKW, welches mit Erdgas und Biomethan betrieben wird, versorgt. Die Anlagenleistung beträgt 1.900 kW thermisch und 400 kW elektrisch. Insgesamt wurden im Bezugsjahr 2022 16 Gebäude über 14 Wärmeübertragerstationen (WÜST) mit 2,93 GWh Wärme versorgt. Es verläuft von der Zentrale die Theodor-York-Straße entlang und hat eine Abbiegung am nördlichen Teil der Grünanlage „Harburger Brücke“.

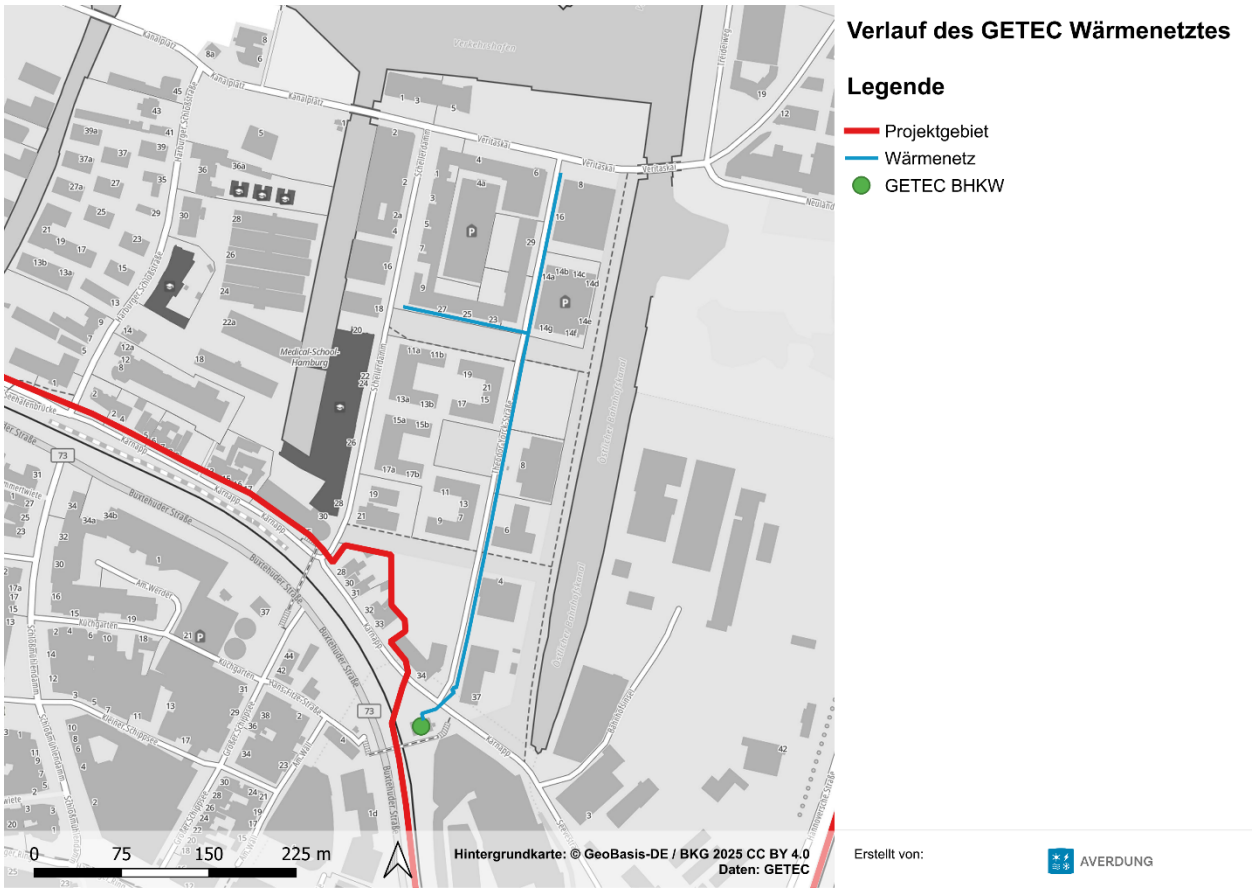


Abbildung 9: Verlauf des GETEC Wärmenetz innerhalb des Projektgebietes

Der Bestand an erneuerbaren Quellen im Projektgebiet ist relativ gering. Vom BAH konnten Angaben aus Bauanträgen zur Wärmeversorgung einzelner Gebäude übergeben werden, sodass bekannt ist, dass in der Harburger Schlossstraße mehrere Gebäude gemeinsam über Holzpellet-Anlagen mit Wärme versorgt werden. Konkrete Angaben zu Leistung und Wärmemengen liegen allerdings nicht vor.

Zu den Wohngebäuden im Projektgebiet liegen aggregierte Angaben aus dem Zensus 2022, die von der BUKEA, Amt Energie und Klima, Referat „Kommunale Wärmeplanung“ zur Verfügung gestellt wurden, bezüglich der jeweils eingesetzten Energieträger vor. Die Verteilung ist in Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 7: Verteilung der Energieträger in Wohngebäuden lt. Zensus 2022

Energieträger	Anzahl Gebäude im Projektgebiet
Gas	74
Heizöl	5
Holz/Pellets	11
Biomasse, Biogas	1
Wärmepumpen	1
Stromdirekt	2
Kohle	1
Fernwärme	0

3.3.2 Strom

I.d.R. verfügt jedes Gebäude im Projektgebiet über einen Hausanschluss mit dem Stromnetz des lokalen Stromversorgers.

Der Bestand an erneuerbaren Quellen im Projektgebiet ist relativ gering. Auf den Satellitenbildern sind nur sehr vereinzelt Photovoltaik-Anlagen zu erkennen. Seit Anfang 2024 müssen gemäß Hamburger Klimaschutzgesetz auf neu zu errichtenden Gebäuden mindestens 30 % der Bruttodachfläche mit Photovoltaik bedeckt sein. Bei wesentlichen Umbauten von Bestandsdächern müssen mindestens 30 % der Nettofläche des Daches genutzt werden. Ab 2027 müssen die Dächer zusätzlich zu mindestens 70 % der Bruttofläche extensiv begrünt werden. Die Vorgaben für die Photovoltaikbelegung bleiben dabei gleich. Mit diesen gesetzlichen Regelungen sollen insbesondere die Eigentümer:innen von für Photovoltaik sehr gut geeigneten Gebäuden einen Beitrag zum Erreichen der Klimaneutralitätsziele leisten (s. hierzu auch Kapitel 7).

3.4 Energieverbrauch

Der Energieverbrauch im Gebäudesektor setzt sich aus Energie für die Beheizung und Trinkwarmwasser sowie aus Strom sowohl für den Betrieb des Gebäudes (Beleuchtung, Belüftung etc.) als auch nutzerspezifische Anwendungen (gewerblich, privat) zusammen. Im Weiteren soll der heutige Energieverbrauch ermittelt und analysiert werden. Weiterhin sollen Abschätzungen für die Zukunft insbesondere durch die geplante Nachverdichtung ermittelt werden. Energieeinsparungen durch Sanierungen werden erst später im Rahmen der Potenzialanalyse für Gebäudesanierungen sowie der Mustersanierungskonzepte bewertet.

Die Aufnahme der Energieverbrauchsdaten zu Gas und Strom erfolgt über die Hamburger Energienetze. Zum Wärmeverbrauch liegt für Bestandsgebäude ergänzend das Wärmekataster der BUKEA vor. Für zukünftige Neubauten wurden im folgenden Kapitel 3.4.1 eigene Abschätzungen ermittelt.

3.4.1 Wärme

Bei der Analyse der Wärmeversorgung wird im Weiteren zwischen Wärmeverbräuchen (gemessene Werte) und Wärmebedarfen (theoretisch ermittelte Werte) unterschieden.

Die Wärmeversorgung im Bestand ist zu größeren Teilen auf Erdgas zurückzuführen. Eindeutige Daten je Gebäude und Heizungsart/-anlage liegen jedoch nicht vor. Entsprechend wurden die Gasverbräuche beim

Netzbetreiber Hamburger Energienetze GmbH abgefragt. Die Daten liegen mit einer entsprechenden straßenweisen Zuordnung aus den Jahren 2021 bis 2023 vor. Dabei wurden die Verbräuche von den Hamburger Energienetzen aus datenschutzrechtlichen Gründen zu Clustern von einer Größe von bis zu fünf Anschlüssen zusammengefasst. Diese summierten Verbräuche wurden über die in einer Geoinformationssoftware (GIS) ermittelte Bruttogeschossflächen der an den Adressen befindlichen Gebäude aufgeteilt (s. Abbildung 10). Aus dem Gasverbrauch wurde der Wärmeverbrauch berechnet. Dabei wurde als Gesamtwirkungsgrad der dezentralen Wärmeversorgung aus Verbrennungskessel und Heizungsverteilung im Gebäude ein durchschnittlicher Wert von 90 % angenommen, da auf Grund der hohen Anteile von Neubau und saniertem Bestand davon ausgegangen wird, dass viele Gebäude über vergleichsweise neue und effiziente Erdgaskessel verfügen. Dies ergibt für den Binnenhafen einen gasverbrauchsbasierten Wärmebedarf von ca. 11,3 GWh/a im Durchschnitt von 2021- 2023.

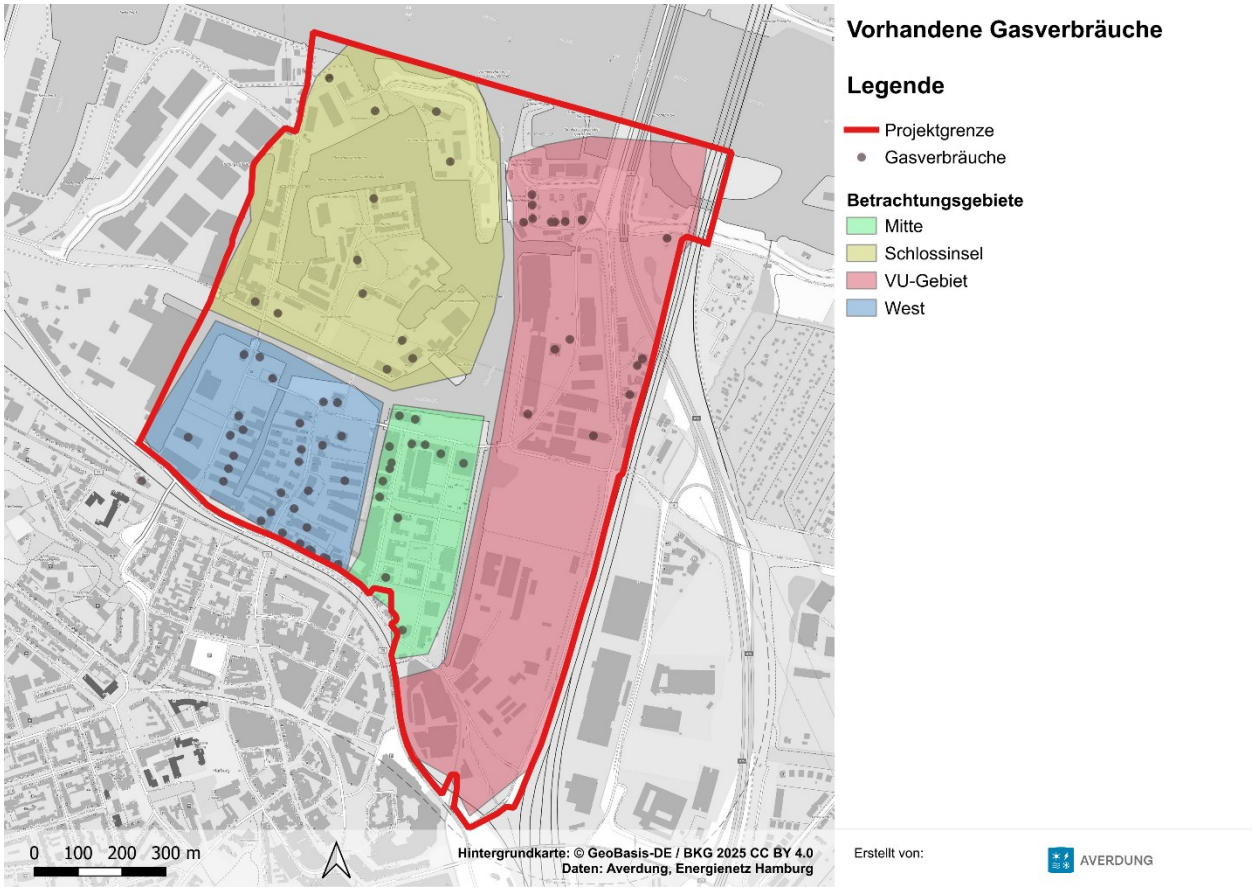


Abbildung 10: Gasverbraucher im Projektgeiet

In Abbildung 11 wird die räumliche Verteilung des Gasverbrauchs als „Heatmap“ dargestellt. Hierbei wird die jeweils einem Punkt zugeordnete Wärmemenge in Abhängigkeit ihrer Größe als Rotton dargestellt. Je höher eine Wärmemenge gegenüber dem Rest, desto dunkler wird sie dargestellt. Es zeigt sich ein vergleichsweise großer Verbrauch im Bereich „Mitte“, wo möglicherweise mehrere benachbarte Gebäude gemeinsam über einen Gasanschluss versorgt werden. Im Süden des VU-Gebiets ergeben sich keine Gasverbräuche, da zum einen die Bebauung deutlich weniger dicht als im restlichen Projektgebiet ist und zum anderen mehrere ältere Gebäude ungenutzt oder zumindest unbeheizt (z. B. Nutzung als Lagerflächen) sind. Auch im Bereich „West“ zeigen sich einige hellere Stellen, wo man Wärmeverbräuche vermuten würde. In der Harburger Schlossstraße werden lt. Angaben in den Bauanträgen sowie im Zensus 2022 für

Wohngebäude mehrere Gebäude gemeinsam über Holzpellet-Anlagen versorgt. Auch Gebäude mit dezentralen Ölkesseln oder Versorgung durch den Kessel benachbarter Gebäude wären in der „Heatmap“ aus Gasverbrauchsdaten nicht zu erkennen. Die Gasverbräuche sind somit nicht abschließend geeignet, um den tatsächlichen Wärmeverbrauch des Bestands zu ermitteln.

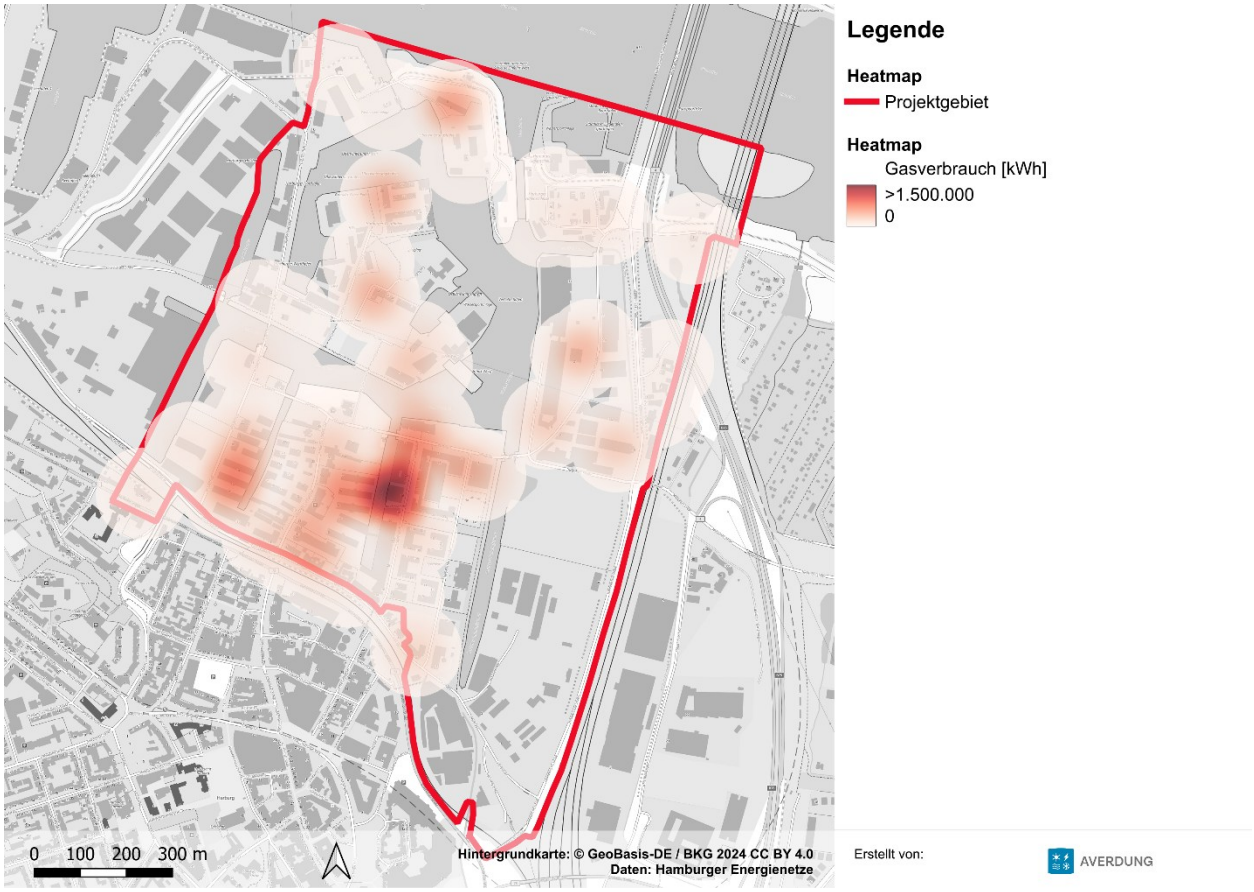


Abbildung 11: Heatmap Gasverbrauch Harburger Binnenhafen 2022

Um die Bedarfssituation im Projektgebiet zu analysieren, wird daher im Weiteren auf die im Wärmekataster der BUKEA ermittelten Wärmebedarfe zugegriffen. Abbildung 12 stellt dabei dar, welchen Abnahmestellen im Kataster durch die BUKEA ein Wärmebedarf zugeordnet wurde. Es zeigt sich eine deutliche höhere Anzahl als bei den Gasabnahmestellen.

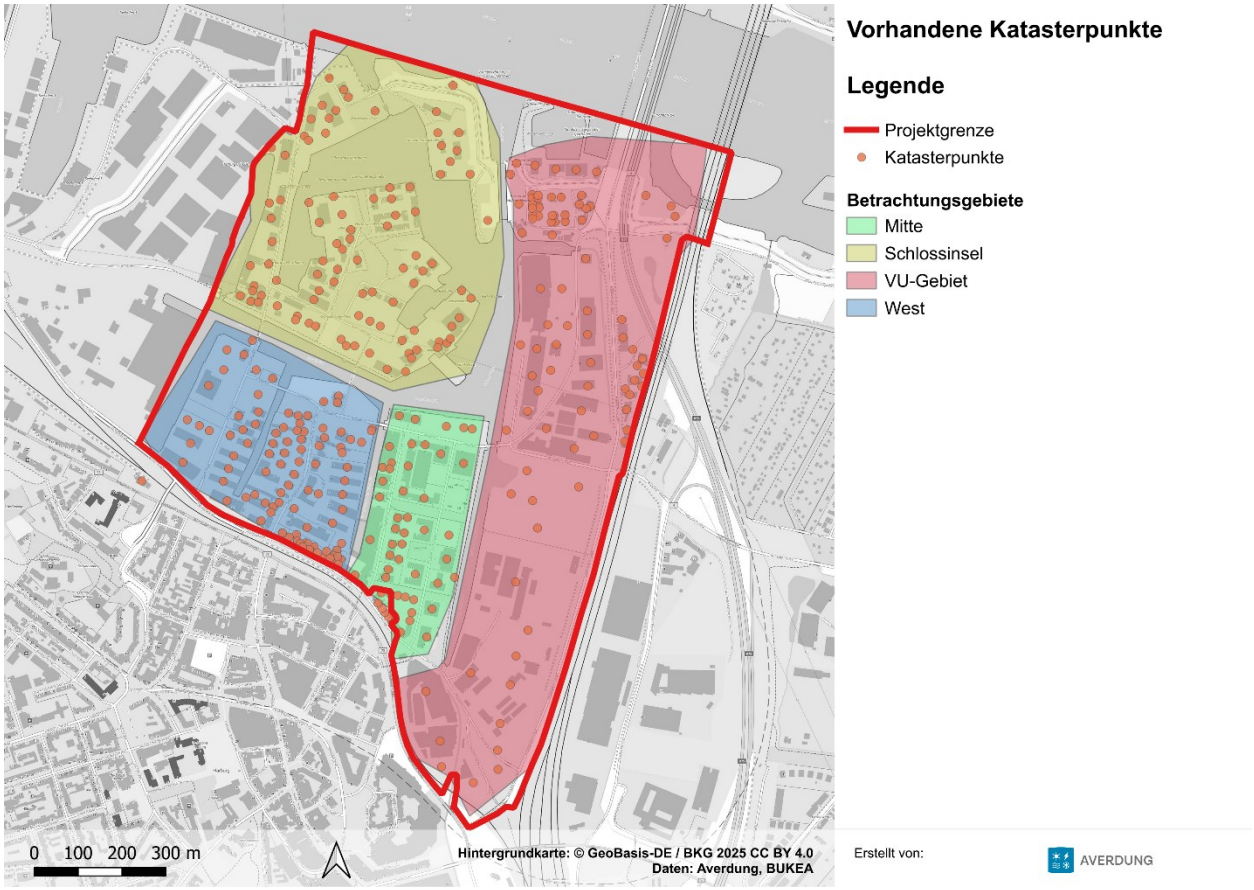


Abbildung 12: Punkte mit Wärmebedarf

Bei der Bedarfsermittlung im Kataster wurden alle Gebäudeflächen entsprechend ihrer Nutzungsart mit einem spezifischen Verbrauchswert verrechnet. Die Abschätzung des aktuellen Wärmebedarfs erfolgt dabei anhand von ALKIS-Informationen zu Baujahr und Bauweise und darüber einer Zuordnung zu IWU-Gebäudetypen und somit spezifischem Nutzwärmebedarf für Wohngebäude. Für Nicht-Wohngebäude erfolgt die Zuordnung von Nutzwärmeverbräuchen der VDI 3807 (Blatt 2) in Abhängigkeit der Gebäudefunktion. Die sich ergebende „Heatmap“ zur räumlichen Verteilung der Wärmebedarfe ist in Abbildung 13 dargestellt. Hierbei wurde zunächst auf den Datensatz „Unsaniert“ zurückgegriffen. Auch hier zeigen sich analog zu den Erdgasverbräuchen vergleichsweise hohe Bedarfe im Bereich „Mitte“ und westlich davon und auf der Schlossinsel. Das VU-Gebiet weist auch hier auf Grund der aktuellen Nutzung und wenig dichten Bebauung geringe Bedarfe aus. Direkt westlich des Projektgebiets verfügen die beiden benachbarten Unternehmen HOBUM OLEOCHEMICALS GmbH in der Konsul-Ritter-Straße und ein weiteres Unternehmen in der Seehafenstraße über Abwärmepotenziale, deren Nutzung im Projektgebiet im weiteren Projektverlauf zu prüfen ist (s. Kapitel 5.2.3). Entsprechend werden die Wärmebedarfe der beiden Unternehmen mit aufgeführt.

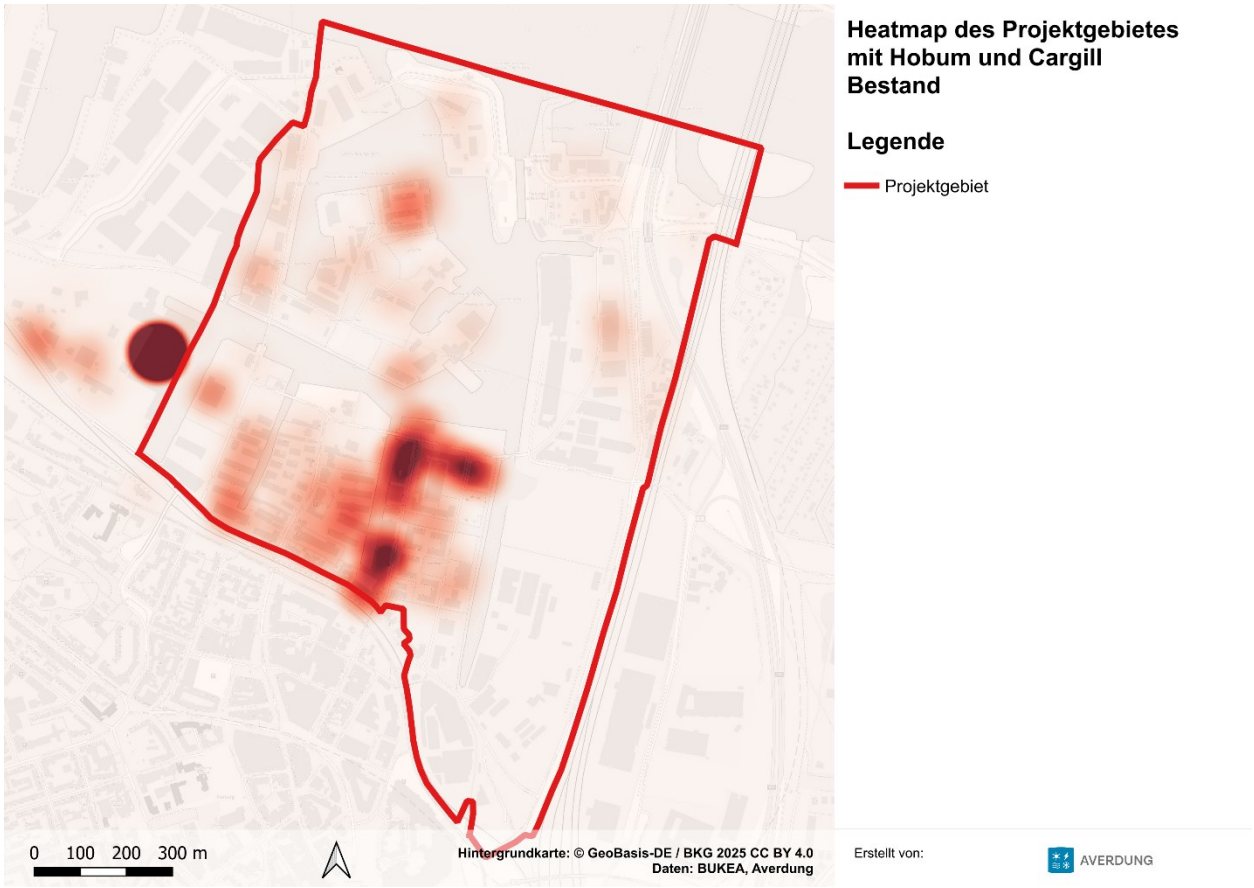


Abbildung 13: Wärmebedarfsverteilung im Bestand (Wärmekataster „unsaniert“)

In Summe ergibt sich ein Gesamtwärmebedarf im Bestand von ca. 36,4 GWh/a. Dieser teilt sich wie in Tabelle 8 dargestellt auf die vier Bereiche auf. Die Bedarfsmengen der beiden benachbarten Unternehmen werden aus Datenschutzgründen nicht einzeln aufgeführt. Den größten Anteil macht aktuell der verdichtete Bereich Mitte, gefolgt von West und Schlossinsel aus. Auf Grund der wenig dichten Bebauung verursacht das VU-Gebiet heute den geringsten Bedarf.

Tabelle 8: Wärmebedarfe im Bestand nach Bereichen

	Verbräuche in GWh/a	Anteile
Schlossinsel	7,7	21 %
West	10,8	30 %
Mitte	15,5	43 %
VU- Gebiet	2,4	7 %

Da das Gebiet zukünftig weiter verdichtet und weitere Flächen in Nutzung gebracht werden sollen, werden auch zukünftige Bedarfe ermittelt. Hierfür wurden Flächen aus vorliegenden Informationen wie B-Plänen (Harburg72/Heimfeld55) und einem beispielhaften stadtplanerischen Entwurf für das VU-Gebiet ermittelt und für angenommene Nutzungen mit entsprechenden spezifischen Bedarfen verrechnet. Als Quelle wurde hierbei eine Online-Publikation des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für

Bauwesen und Raumordnung für „Vergleichswerte für den Energieverbrauch von Nichtwohngebäuden“ genutzt.[6] Die dabei berücksichtigen Neubauflächen sind in Abbildung 14 dargestellt.

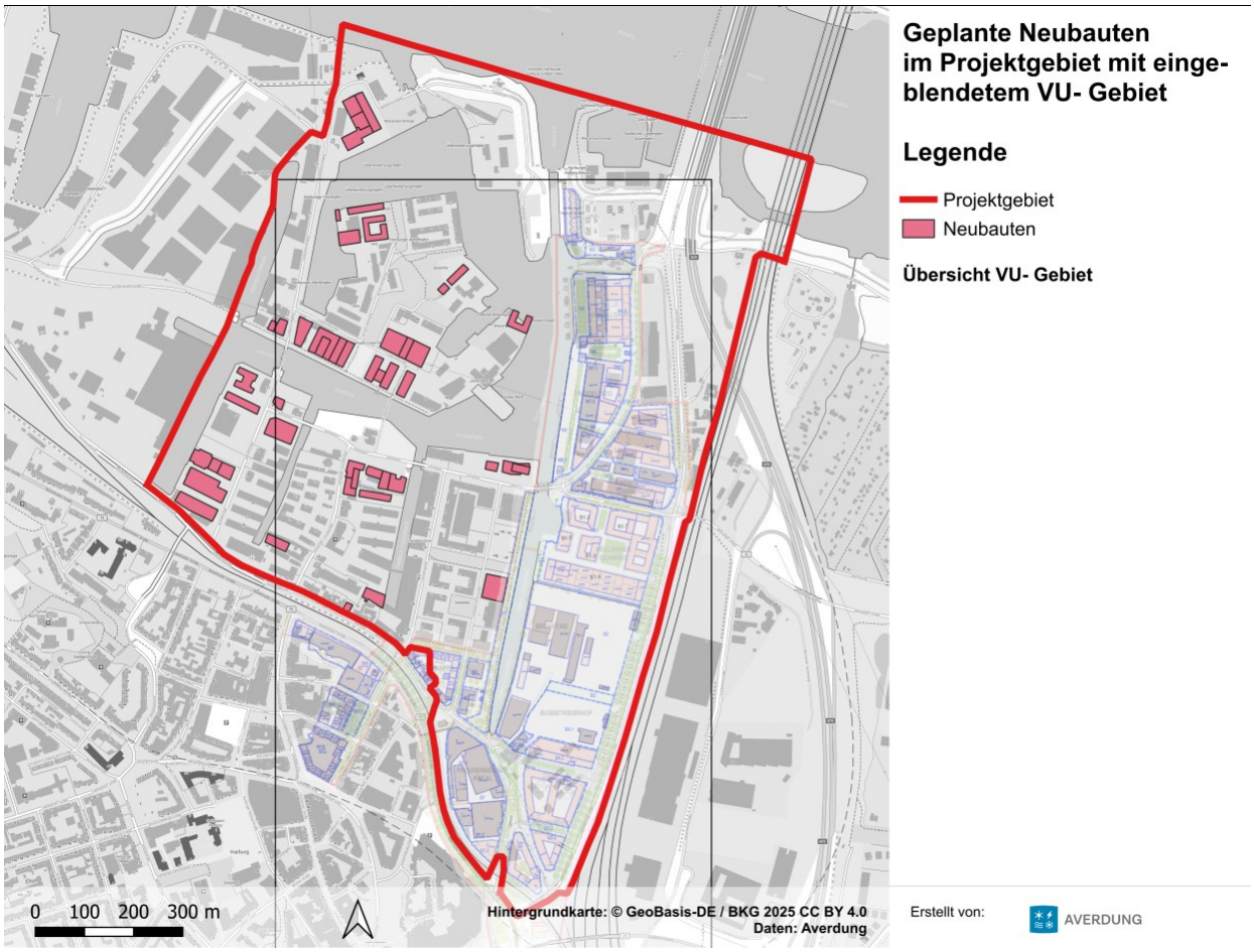


Abbildung 14: Neubauflächen

In der folgenden Abbildung 15 wird eine mögliche Verteilung des Wärmeverbrauchs für die Zukunft dargestellt. Hierbei wurde einerseits die Abschätzung der neu zu bebauenden Flächen berücksichtigt, andererseits wurden für die Bestandsgebäude die Wärmeverbräuche lt. Kataster und dem Datensatz „saniert“ genutzt.

[6] https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2019/bbsr-online-20-2019.html

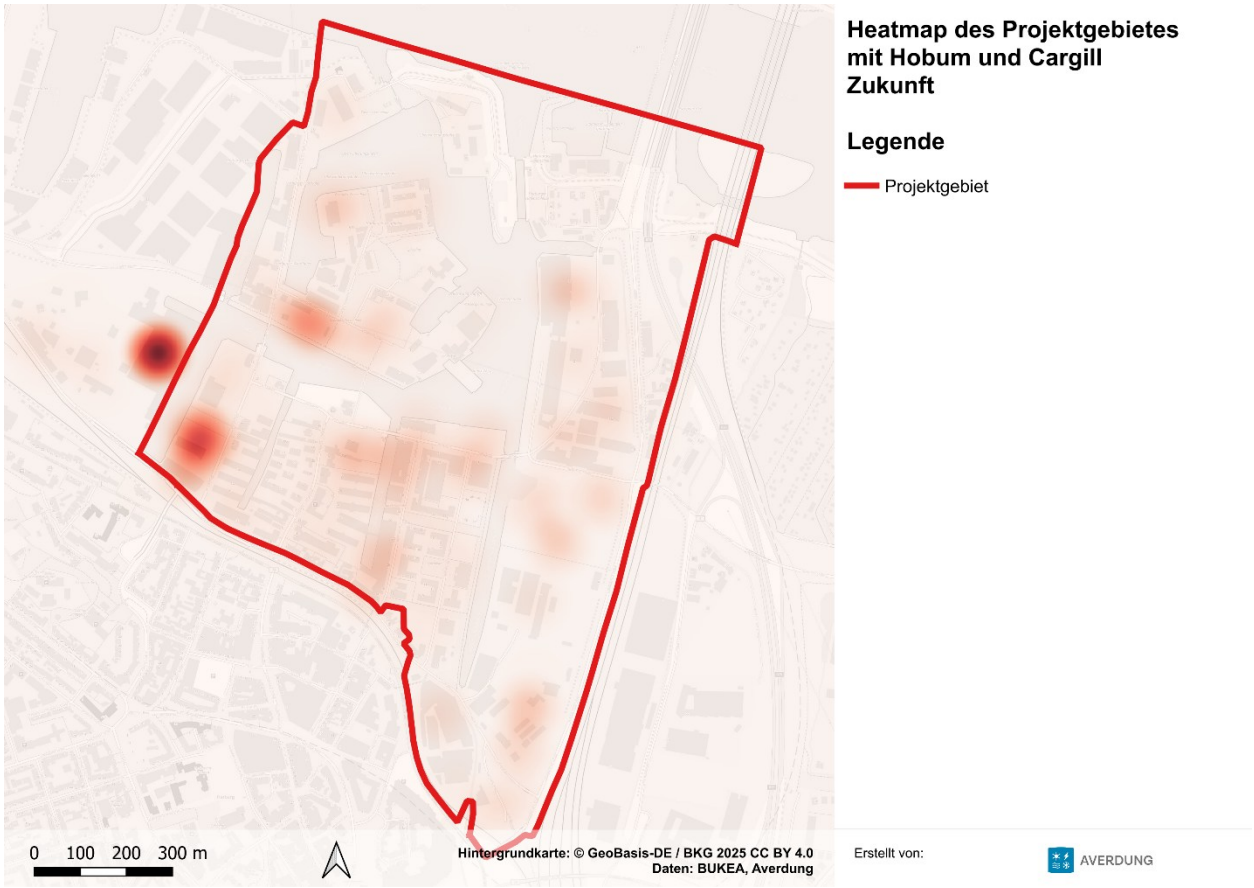


Abbildung 15: Wärmebedarfsverteilung in der Zukunft (Bedarfsermittlung Neubau und Wärmekataster „saniert“)

Bei der Farbdarstellung wurde eine abgewandelte Skalierung gewählt, um innerhalb der Abbildungen Verbrauchsunterschiede deutlich darzustellen. Somit lassen sich Abbildung 13 und Abbildung 15 nicht direkt vergleichen. Ein blasserer Rotton in Abbildung 15 stellt also kein Einsparpotenzial gegenüber Abbildung 13 dar. Es zeigt sich, dass sich zukünftig durch die Nachverdichtung die Verbräuche gleichmäßiger im Gebiet verteilen werden.

Dabei ergibt sich die gesamte Wärmemenge zu ca. 46 GWh/a mit den in Tabelle 9 dargestellten Aufteilungen. Auf Grund von Nachverdichtung und Bestandssanierungen ist davon auszugehen, dass sich die Bedarfe zukünftig gleichmäßiger über das Projektgebiet verteilen. Dabei dürfte zukünftig der größte Anteil mit ca. 37 % im VU-Gebiet anfallen. Dahinter liegen die Anteile von West und Mitte mit 22 beziehungsweise 25 % etwa gleich auf. Den geringsten Anteil würde zukünftig die Schlossinsel mit ca. 16 % ausmachen.

Tabelle 9: Wärmebedarfe nach Bereichen für die Zukunft (Wärmekataster „saniert“ und Bedarfsermittlung Neubau)

	Verbräuche in GWh/a	Anteile
Schlossinsel	7,2	16%
West	10,2	22%
Mitte	11,5	25%
VU- Gebiet	17,1	37%

Im Weiteren soll die Energiebilanz durch eine CO_2-Bilanz des Bestands ergänzt werden. Da innerhalb des Wärmekatasters keine Aussagen über die Energieträger der Wärme enthalten sind, wurden Annahmen zur

Aufteilung getroffen. Der Gasverbrauch wird über die Verbrauchsdaten 2022 festgelegt. Der Fernwärme Anteil wurde über die Menge der Wärmelieferung aus den von GETEC zur Verfügung gestellten Daten angenommen. Die verbleibende Differenz zum Gesamtbedarf wurde nach Anteilen der Wärmeversorgungsanlagen laut Zensus den Energieträger Öl, Pellets, Kohle, Biomethan und Strom für dezentrale Luft-Wärmepumpen sowie Direktheizung aufgeteilt. Daraus ergibt sich folgende Aufteilung in Tabelle 10. Um von den Wärmemengen auf Mengen der jeweiligen Energieträger zu kommen, wurden diese mit Wirkungsgraden von 100% für direkte Stromnutzung, 90 % für Erdgas- und Biomethankessel, 85 % für Öl- und Pelletkessel, 50 % für Kohleheizungen sowie einer Jahresarbeitszahl (JAZ) von 2,7 für Luft-Wärmepumpen zurückgerechnet. Für die Fernwärme wurde der tatsächliche Verbrauchswert eingetragen.

Tabelle 10: Aufteilung des Wärmebedarfs (Nutzenergie) im Bestand („unsaniert“) auf Energieträgern (Endenergie)

Energieträger für Wärme	Verbrauch Energieträger GWh/a	Wärme GWh/a	Anteil %
Gas	12,16	10,89	30,1
Fernwärme	5,55	2,37	6,5
Öl	6,47	5,5	15,1
Pellet	12,96	12,1	33,2
Strom WP	0,41	1,1	3
Strom	2,2	2,2	6
Kohle	2,2	1,1	3
Biomethan	1,22	1,1	3
Summe:	44,4	36,4	

3.4.1.1 Temperaturanforderungen

Konkrete Temperaturanforderungen der einzelnen Gebäude sind im Detail nicht bekannt. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass sie in Abhängigkeit des Gebäudealters und -zustands in folgenden Stufen variieren:

- Gebäudebestand unsaniert: Heizungsvorlauftemperatur ca. 70 bis 80 C°
- Gebäudebestand saniert: Heizungsvorlauftemperatur ca. 55 C°
- Neuerer Gebäudebestand: Heizungsvorlauftemperatur 35 C° bis 55 C°

Soll die Trinkwarmwasserbereitung über ein Wärmenetz beziehungsweise den Wärmeerzeuger erfolgen, so sind heizungsseitige Vorlauftemperaturen von mindestens 65 °C benötigt, damit das Trinkwarmwasser auf mindestens 60°C erwärmt werden kann. Je nach Trinkwassererwärmungssystem können unterschiedliche Vorlauftemperaturen gefordert sein.

3.4.2 Strom

Die Stromverbrauchsdaten wurden bei den Hamburger Energiewerken angefragt und auf Grund von Datenschutz für je mind. fünf Abnahmestellen aggregiert für die Jahre 2021 bis 2023 zur Verfügung gestellt. Die räumliche Verteilung ist in Abbildung 16 dargestellt. Die höchsten Verbräuche finden sich demnach im verdichteten Bereich Mitte sowie im Bereich West und im Norden des VU-Gebiets. Der Gesamtstromverbrauch der vergangenen Jahre lag bei ca. 15,5 bis 16 GWh p.a.

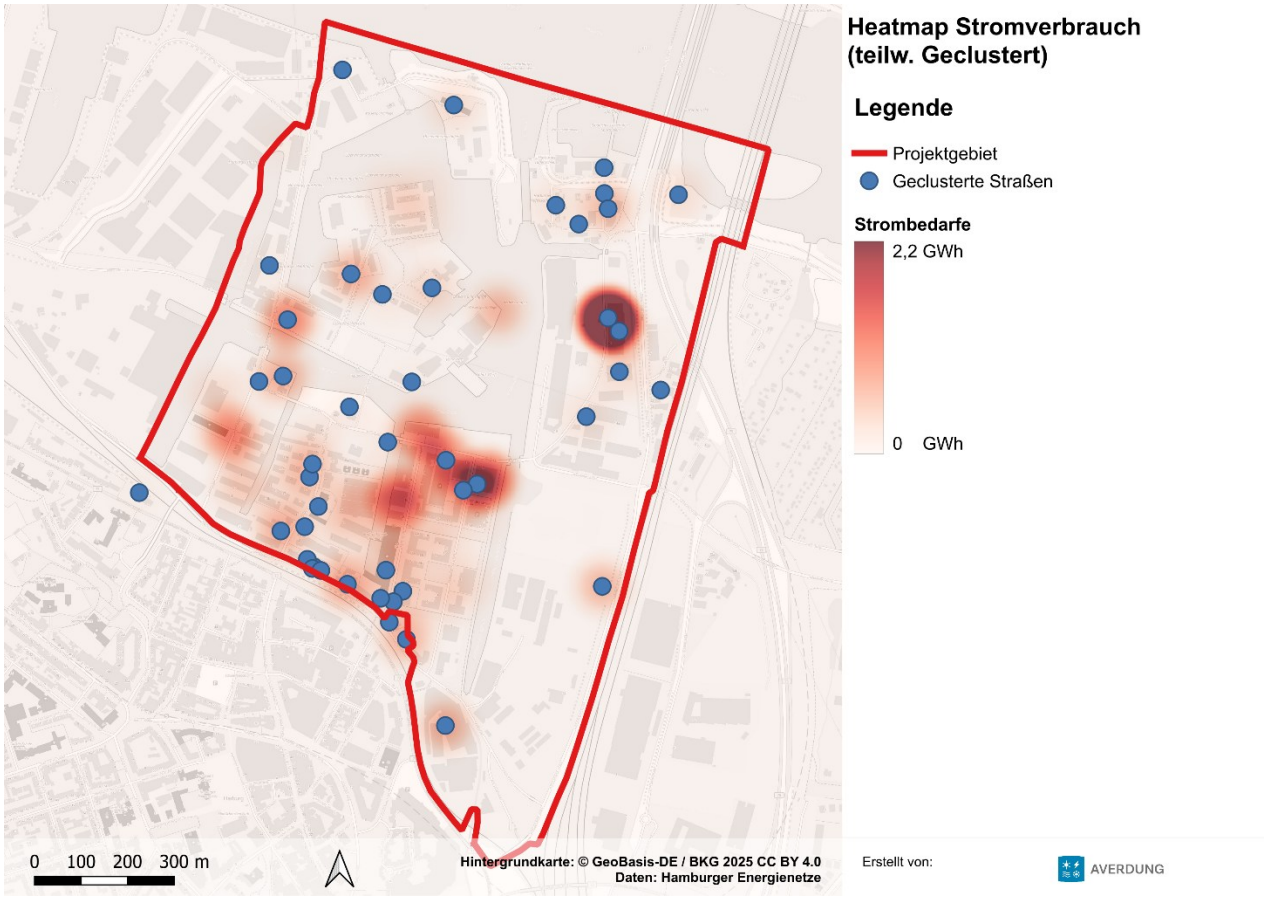


Abbildung 16: Verteilung Stromverbrauch nach geclusterten Abnahmestellen

3.4.3 Energieströme

Das Quartier wird hauptsächlich durch Strom sowie in der Wärmeversorgung durch Erdgas, Biomethan, Heizöl und Holz mit Energie versorgt. Im nächsten Schritt soll nun dargestellt werden, wie sich diese wiederum auf die verschiedenen Verbrauchssektoren wie private Haushalte, Handel und Dienstleistungen, soziale Einrichtungen und sonstiges Gewerbe verteilen.

Aus dem Wärmekataster wurden die Gebäudenutzungskategorien gemäß Tabelle 11 in Verbrauchssektoren zusammengefasst.

Tabelle 11: Verbrauchssektoren und Nutzungskategorien

Private Haushalte / Wohngebäude	Gemischt genutztes Gebäude mit Wohnen Wohngebäude mit Gemeinbedarf Wohngebäude mit Gewerbe und Industrie Wohngebäude mit Handel und Dienstleistungen Wohnhaus Wohnheim
Gewerbe, Handel und Dienstleistung, Industrie	Gebäude für Bewirtung Gebäude für Handel und Dienstleistung mit Wohnen Gebäude für Handel und Dienstleistungen Geschäftsgebäude Hotel, Motel, Pension Tankstelle Betriebsgebäude Betriebsgebäude für Schiffsverkehr Betriebsgebäude zur Schleuse Bootshaus Bürogebäude Gebäude für Vorratshaltung Gebäude zur Elektrizitätsversorgung Gebäude zur Versorgungsanlage Heizwerk Polizei Produktionsgebäude Speditionsgebäude Werft (Halle) Werkstatt Zollamt
Freizeit- und Vergnügungsstätten	Freizeit-, Vereinsheim, Dorfgemeinschafts-, Bürgerhaus
Kinderkrippe	Kinderkrippe, Kindergarten, Kindertagesstätte
Gebäude mit öffentlichem Zweck	Hochschulgebäude (Fachhochschule, Universität)
Gebäude für Sportzwecke	Gebäude für Sportzwecke

Als Grundlage wurden wiederum der Datensatz „unsaniert“ aus dem Wärmekataster der BUKEA sowie die erhaltenen, aggregierten Stromverbrauchsdaten zugrunde gelegt und in Abbildung 17 als Sankey-Diagramm verteilt auf die Verbrauchssektoren dargestellt. Den mit Abstand größten Anteil macht hierbei das Gewerbe aus. Es folgen Handel und Dienstleitung sowie private Haushalte. Den kleinsten Anteil verursachen soziale Einrichtungen.

Der Energieverbrauch für Wärme liegt mit ca. 44,4 GWh p.a. (ca. 74 %) deutlich höher als der Stromverbrauch mit ca. 15,5 GWh p.a. (ca. 26 %). Für die Zukunft ist zu erwarten, dass sich dieses Verhältnis auf Grund ansteigender Elektrifizierung deutlich verschieben wird. Insbesondere durch die Umstellung von Verbrennungsprozessen auf Wärmepumpenanwendungen in der Wärmeversorgung, aber auch durch die Integration von Ladeinfrastruktur für die Elektro-Mobilität sowie die Elektrifizierung von gewerblichen oder

industriellen Prozessen ist trotz Effizienzsteigerungen elektrischer Anlagen mit größeren Stromverbräuchen in der Zukunft zu rechnen. In der folgenden Abbildung sind die einzelnen Energieträger in ihrem Verbrauch in GWh aufgetragen. Die Summe für den Strom weicht hierbei vom reinen Stromverbrauch ab, da hier noch die Anteile an der Wärmeversorgung durch z.B. Wärmepumpen mitgezählt werden.

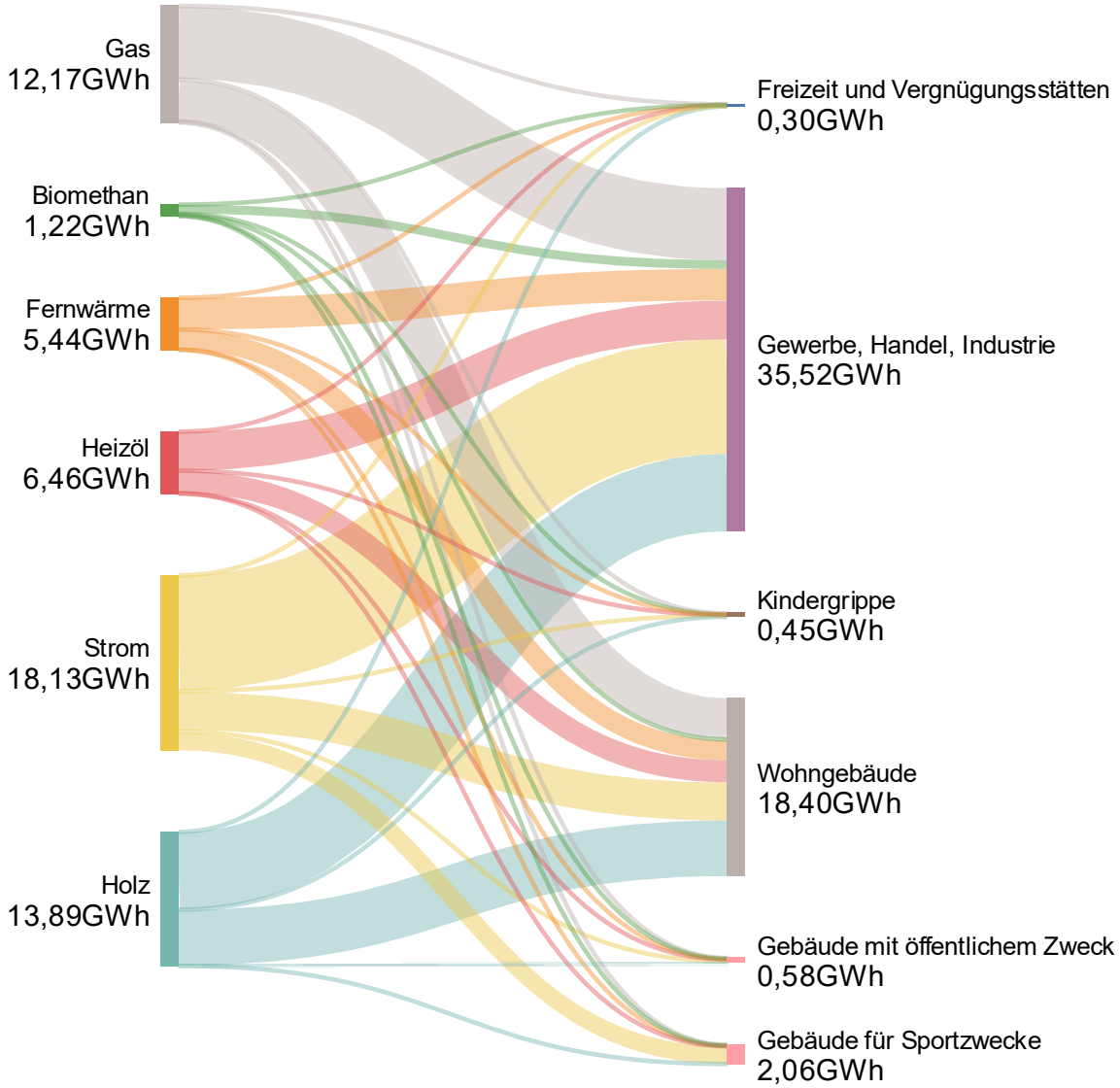


Abbildung 17: Sankey-Diagramm Verbrauchssektoren in kWh

3.5 Ergebnisse der Energie- und CO_2-Bilanz

Die Ergebnisse der Gesamtenergiebilanz von End- und Primärenergieverbrauch für die Sektoren Strom und Wärme sind in Abbildung 18 dargestellt. Die Endenergie also der Verbrauch an den Energieträgern Erdgas, Heizöl, Pellets, Biomethan, Fernwärme, Kohle und Strom für die Wärmebereitstellung beträgt ca. 44,4 GWh. Diese setzt sich Primärenergetisch aus ca. 35 GWh zusammen. Auf Grund von Primärenergiefaktoren von < 1 für Fernwärme, Pellets und Biomethan (gemäß der Emissionsfaktoren im Rahmen des Hamburger Klimaplans) ist der Primärenergieverbrauch kleiner als der Endenergieverbrauch. Um die Bilanzgrenzen des Projektgebiets korrekt zu betrachten, wird beim Stromverbrauch von der Gesamtsumme von 15,5 GWh die Erzeugung der KWK-Anlage von GETEC mit ca. 1,8 GWh abgezogen.

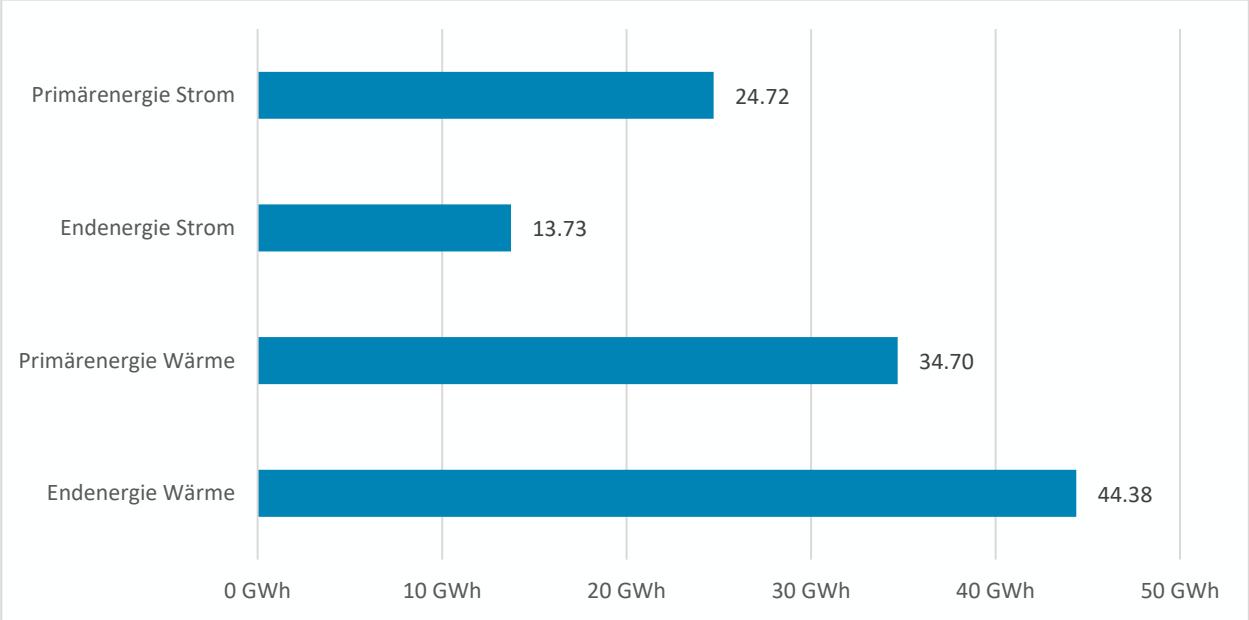


Abbildung 18: Primär- und Endenergie für Wärme und Strom

Über alle Energieträger und Sektoren summiert sich der jährliche Endenergieverbrauch im Quartier auf ca. 58 GWh/a, der Primärenergiebedarf liegt bei ca. 60 GWh/a.

Um die absoluten CO_2-Emissionen des Quartiers für eine CO_2-Bilanz zu berechnen (s. Abbildung 19), wurden die in Tabelle 6 aufgelisteten spezifischen CO_2-Emissionsfaktoren zur Umrechnung aus Energiemengen genutzt.

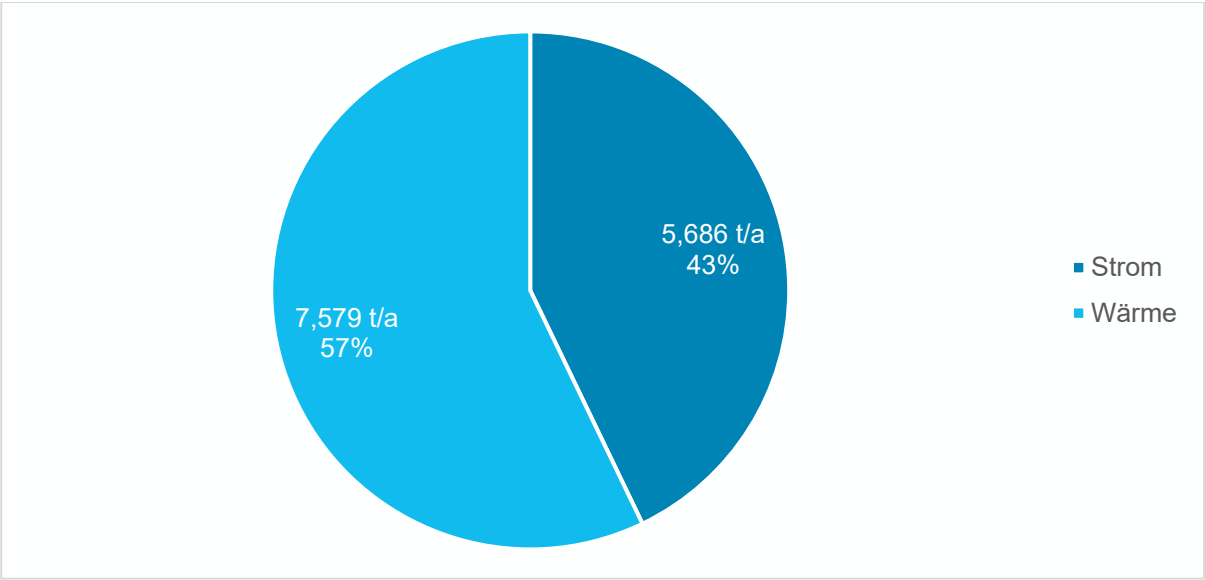


Abbildung 19: CO_2-Emissionen je Energiesektor und prozentuale Anteile

Insgesamt ergeben sich für das Quartier in den Sektoren Strom und Wärme im Schnitt CO_2-Emissionen in Höhe von ca. 13.265 t/a. Den größten Anteil mit ca. 7.600 t/a trägt dazu mit 57 % der Wärmesektor bei.

Der größte Anteil der Emissionen entfällt (s. Abbildung 20) auf die Wärmeversorgung durch Erdgas mit 29 %. Es folgen die Emissionen aus der erdgasbasierenden Fernwärme mit ca. 24% und die Emissionen aus dem Heizöl mit 22 %. Somit ist der Energieträger Erdgas für ca. die Hälfte der Emissionen im Gebiet verantwortlich. Es folgen die strombasierten Emissionen von dezentralen Wärmepumpen und direkter Stromheizung mit 14 % sowie Kohle mit 11 %. Die Emissionen aus Pellet- und Biomethankessel stellen auf Grund des spezifischen Emissionsfaktors von Null keinen Anteil dar, wobei zu berücksichtigen ist, dass die Emissionen von Biomasse durchaus unterschiedlich bewertet werden können.

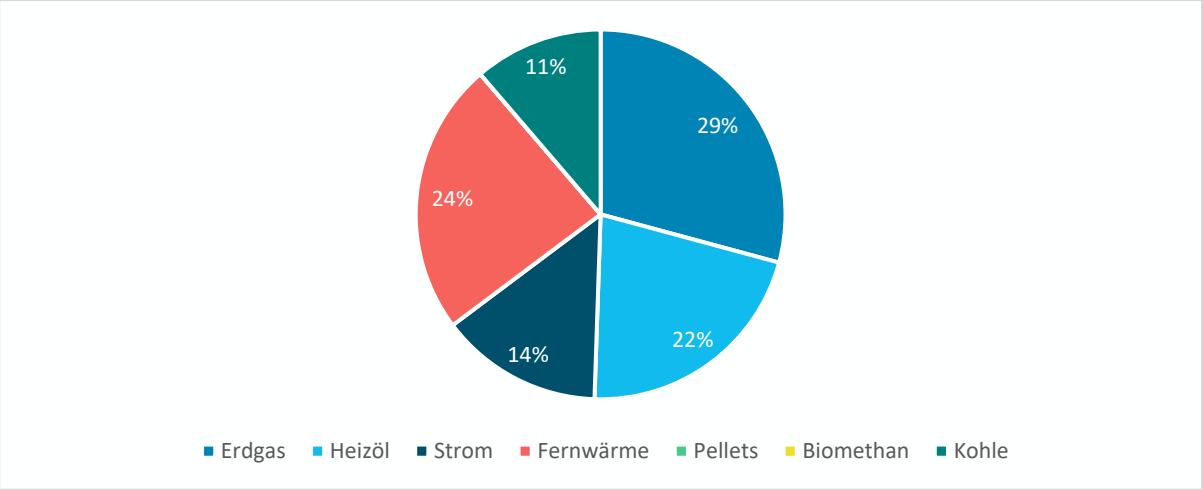


Abbildung 20: Anteil der Energieträger an den Emissionen bei der Wärmeversorgung

Nicht in der Bilanz berücksichtigt sind die CO_2-Emissionen, die durch Verkehr, den täglichen Konsum, die Ernährung, dem öffentlichen Leben und Flugreisen der Einwohner:innen verursacht werden.

4 Gebäudemodernisierung

Da die Energie- und vor allem die Wärmeversorgung einen entscheidenden Anteil am Energieverbrauch und an der Verursachung von Emissionen für das Projektgebiet tragen, sollen im Weiteren die hierfür relevanten Bestandsgebäude betrachtet werden.

4.1 Potenzialanalyse

4.1.1 Gebäudenutzung

Abbildung 21 stellt dar, wie sich einzelne Nutzungen wie gewerbliche, öffentliche, soziale und private Zwecke auf das Projektgebiet verteilen. Dazu sind die Daten des Wärmekataster der BUKEA ausgewertet worden, in denen Informationen der Gebäudefunktion enthalten sind. Innerhalb der Auswertung wurden die Funktionen in die 6 Kategorien der Abbildung 21 eingeteilt und die Gebäude, über die keine Informationen zur Verfügung standen mit nicht angegeben (n.a.) versehen.

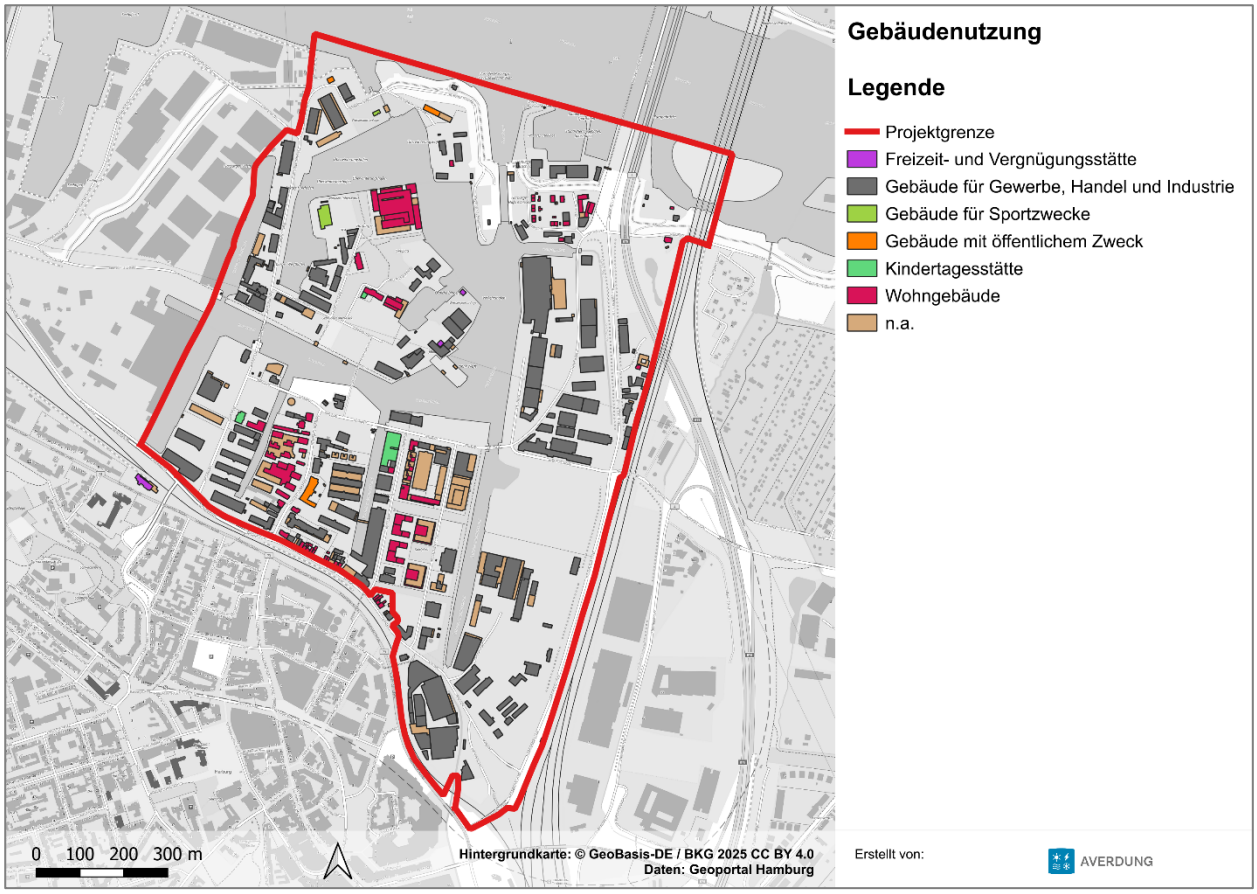


Abbildung 21: Gebäudenutzungen

Den flächenmäßig größten Teil nehmen Gebäude für Handel, Dienstleistungen und Gewerbe ein (s. Abbildung 22). Über die Hälfte der Gebäudenutzung im Quartier entfällt auf Nichtwohngebäude, wobei die Mehrheit dieser Nutzung dem gewerblichen Bereich zuzuordnen ist. Dies schließt Werkstätten, Bootsschuppen, Schleusen und Lagerhallen mit ein. Bei den restlichen Nichtwohngebäuden handelt es sich um Büro- und Verwaltungsgebäude. Eine Besonderheit stellen hierbei großflächige denkmalgeschützte, aktuell ungenutzte Gewerbegebäude dar. Hier wird im Rahmen neuer Quartiersentwicklungen über eine Umnutzung nachgedacht.

Seit einigen Jahren wird der Harburger Binnenhafen sukzessiv in ein Misch- und Wohngebiet verwandelt. So wurden große Speichergebäude in Wohn- und Bürogebäude umgebaut. Eine Vielzahl an neuen mehrgeschossigen Wohngebäuden ist hinzugekommen. Diese stellen den zweitgrößten Teil der Gebäudenutzung dar, Tendenz steigend.

Zur Bestimmung der Anteile wurden die im Geoinformationssystem bestimmten Netto-Raumflächen den zugehörigen Kategorien der Nutzungsart gemäß ALKIS-Daten zugewiesen, wobei in der linken Abbildung die Wohngebäude im Gegensatz zur summierten Fläche der restlichen Kategorien aufgezeigt werden und die rechte Abbildung die Aufteilung der Nichtwohngebäude zeigt.

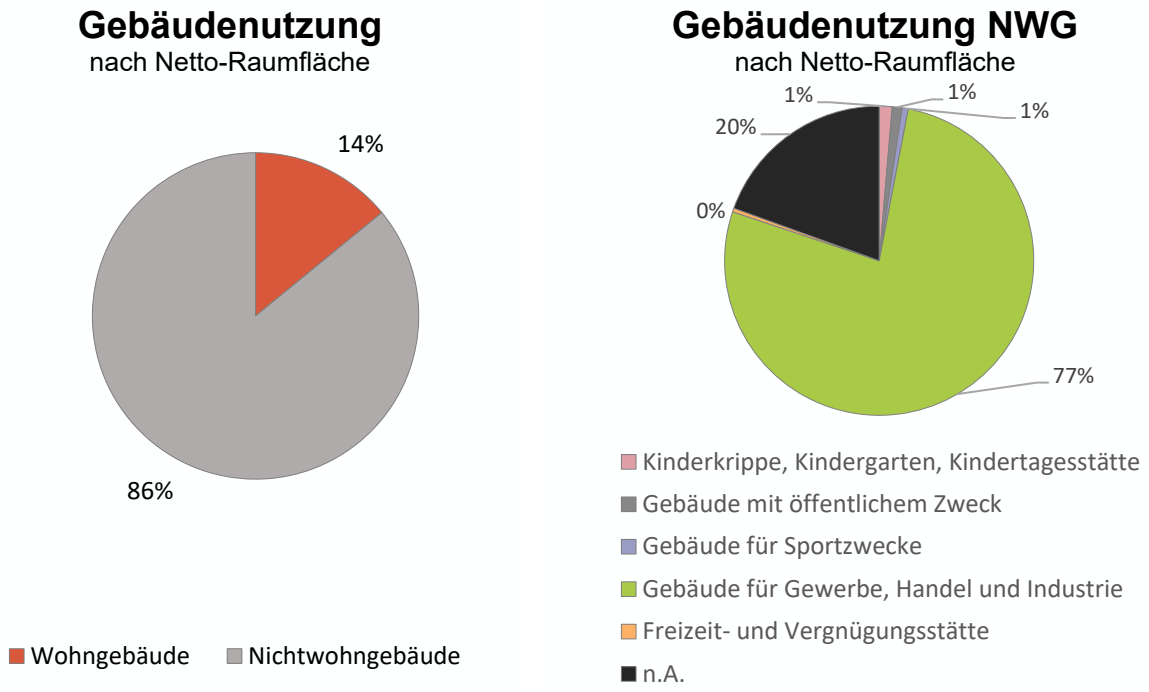
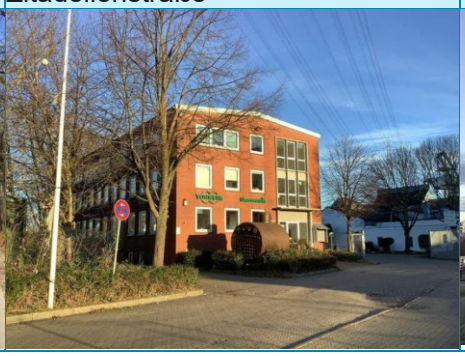


Abbildung 22: Anteil der Gebäudenutzungen (Quelle: ALKIS)

Um einen überschlägigen Eindruck vom Projektgebiet beziehungsweise von Gebäudearten und -baujahren zu bekommen, sind in Tabelle 12 ausgewählte Eindrücke und Fotos dargestellt.

Tabelle 12: Ausgewählte Fotos Nichtwohngebäude, Wohngebäude, denkmalgeschützte Gebäude

Baudenkmal Wohn- und Geschäftsgebäude Harburger Schlossstraße Bj: 1566	**Baudenkmal Fabrikkomplex Nartenstraße** Bj: 1870 - 1880	**Baudenkmal Doppelhäuser Hafenbezirk** Bj: 1920er Jahre
		
Wohngebäude Blockrandbebauung (Neubau) Theodor-York-Straße	**Wohngebäude** Hafenbezirk	**Wohngebäude Punkthäuser (Neubau)** Harburger Schlossstraße
		
Nichtwohngebäude Lagerhalle und Geschäftsgebäude Aug. Prien Dampfschiffsweg	**Nichtwohngebäude Geschäftsgebäude** Zitadellenstraße	**Nichtwohngebäude Geschäftsgebäude Brenntag** Hannoversche Straße
		

4.1.2 Gebäudetypologie

Die Karte zur Gebäudetypologie (Abbildung 23) zeigt den sehr großen Anteil von großflächigen Industrie-, Gewerbe-, Lager- und Werkshallen im Projektgebiet. Einen weiteren großen Anteil bilden moderne mehrgeschossige Wohnbauten, größtenteils als Blockrandbebauungen, vereinzelt als Zeilenbauten oder Punkthäuser. Zwischendrin finden sich alte Bootsschuppen und vereinzelte Schleusengebäude.

Einzelne ehemalige Speichergebäude, am Veritaskai und Schellerdamm, welche auf Grund ihrer Höhe sehr markant sind, wurden umgebaut zu Bürogebäuden oder wohnähnlichen Nutzungen. Ein modernes Hochhaus, an der Ecke Karnapp - Schellerdamm, stellt hierbei eine besondere Landmarke dar.
Inmitten der sehr urbanen, großstädtischen Gebäudemasse – zwischen Theodor-York-Straße und Blohmstraße – die in den letzten Jahren entstanden ist, finden sich vereinzelte historische, denkmalgeschützte Fachwerkhäuser und Stadthäuser, die die ehemalige Kleinstadtstruktur erahnen lassen, teilweise fast dörflich anmuten, wie am Eingang in die Harburger Schlossstraße. Auf der Schlossinsel stehen neben Backstein-Gewerbegebäuden, Lagerhallen und Bootsschuppen moderne mehrgeschossige Wohnbauten. Mittendrin ist ein Teil des ehemaligen Harburger Schlosses erhalten geblieben, der heute zu Wohnzwecken genutzt wird.

Eine Reihe öffentlicher Gebäude, die zur Technischen Universität Hamburg gehören, stehen neben typischen Backstein-Speicherhäusern, die heute als Bürogebäude dienen. Die denkmalgeschützten Backstein-Doppelhäuser mit Garten und Schuppen im Hafenbezirk lassen an einen Vorstadtteil denken.

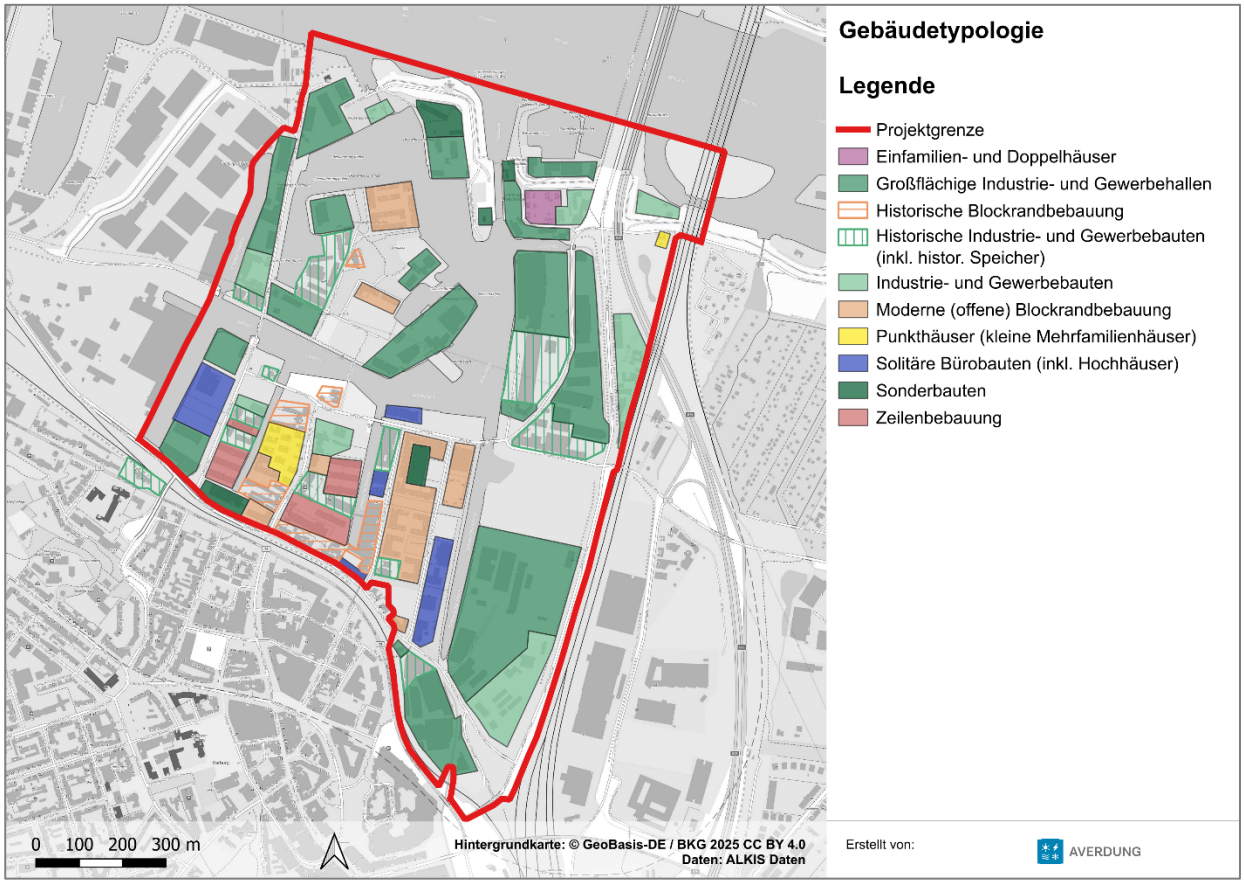


Abbildung 23: Gebäudetypologie

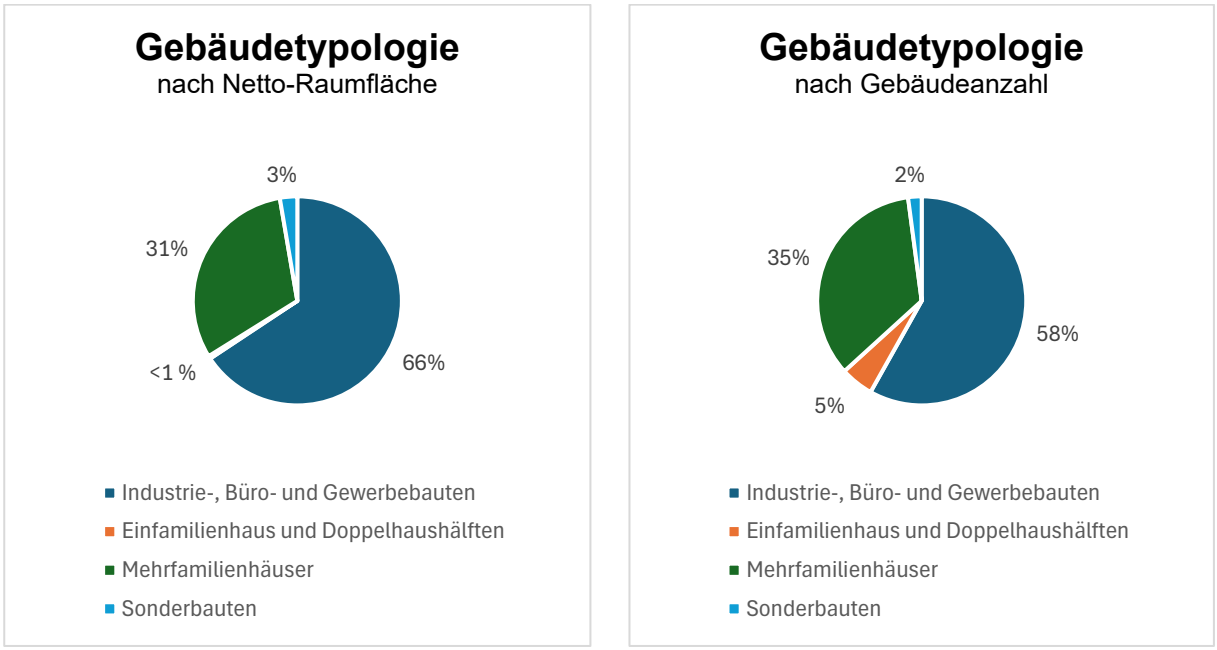


Abbildung 24: Anteil Gebäudetypologien im Binnenhafen

4.1.3 Geschossigkeit

Aufgrund der sehr heterogenen Mischung der Gebäude im Projektgebiet ist auch die Geschossigkeit der Gebäude sehr unterschiedlich (s. Abbildung 25). Es finden sich eingeschossige Doppelhäuser mit Schuppen, Werks-, Verkaufshallen und Bootshallen, zwischendrin zwei- bis dreigeschossige historische Wohn- und Geschäftshäuser. Das Gebiet zwischen Schellerdamm und Theodor-York-Straße ist geprägt von sechsgeschossigen Wohn-Neubauten. Vereinzelt finden sich markante Landmarken, 14-geschossige ehemalige Speicher, bis hin zum 18-geschossigen Channel Tower.

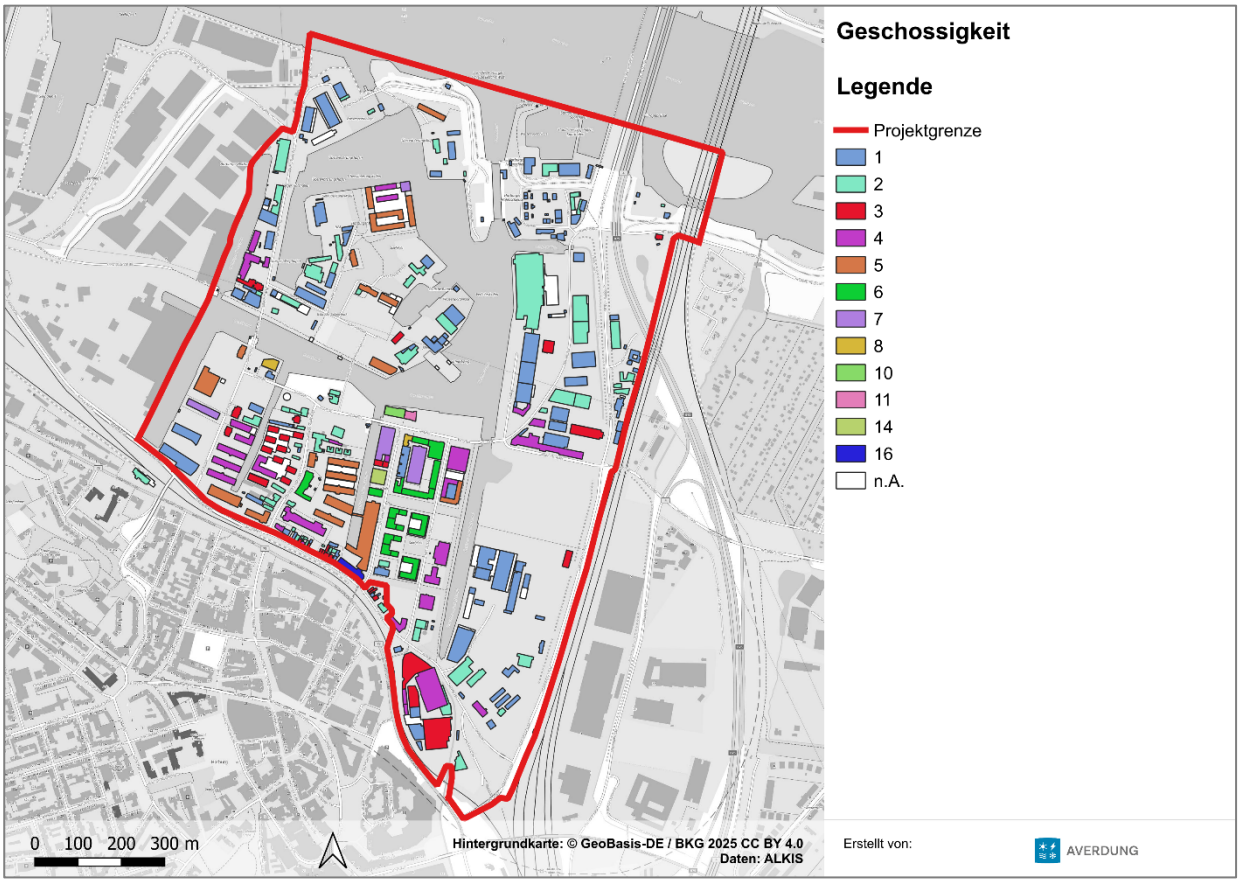


Abbildung 25: Geschossigkeit

4.1.4 Baualtersklassen

Baualtersklassen dienen dazu, Gebäude oder Bauwerke nach ihrem Errichtungszeitraum in bestimmte Zeitabschnitte einzuteilen. Der Zweck besteht darin, Merkmale, Baustile, Baumaterialien sowie technische Standards und potenzielle Sanierungsbedarfe einzelner Gebäude besser beurteilen zu können. Im Zusammenhang mit dem Denkmal- und Ensembleschutz sind diese ein wesentlicher Faktor bei der Betrachtung und dem Umsetzungspotential von Modernisierungsmaßnahmen.

Die Heterogenität des Projektgebiets schreibt sich auch bei den Baualtersklassen fort (s. Abbildung 26 und Abbildung 27). Der Anteil „n.A.“ ist vergleichsweise hoch. Dies rührt aber nur zu Teilen daher, dass Informationen in der Datengrundlage fehlen. Zu einem weiteren Teil wurden bei einigen Gebäuden wie unbeheizten Bootshallen Baualtersklassen entfernt, damit diese später nicht in der Analyse des Einsparpotenzials durch Sanierungen berücksichtigt werden.

Über die Gebäude mit kontinuierlichen Wärmebedarfen wie Wohn- und Bürogebäude sowie gewerblich genutzte und öffentliche Gebäude lässt sich folgendes sagen: Die ältesten Gebäude stammen aus der Zeit vor 1859. Sie machen ca. 10 % der Gebäude, aber lediglich 3 % der Fläche aus. Ca. ein Drittel der Gebäude wurden vor 1950 errichtet, wobei darauf nur ca. 15 % der Fläche entfallen. Es folgt ein weiteres Drittel der Gebäude bis ca. in Jahr 2000, wobei dies ca. 35 % der Gebäudeflächen entspricht. Ab 2010 wurde das letzte Drittel der Gebäude errichtet, wobei diese Gebäude deutlich größer sind und somit ca. 50 % der Fläche beanspruchen.

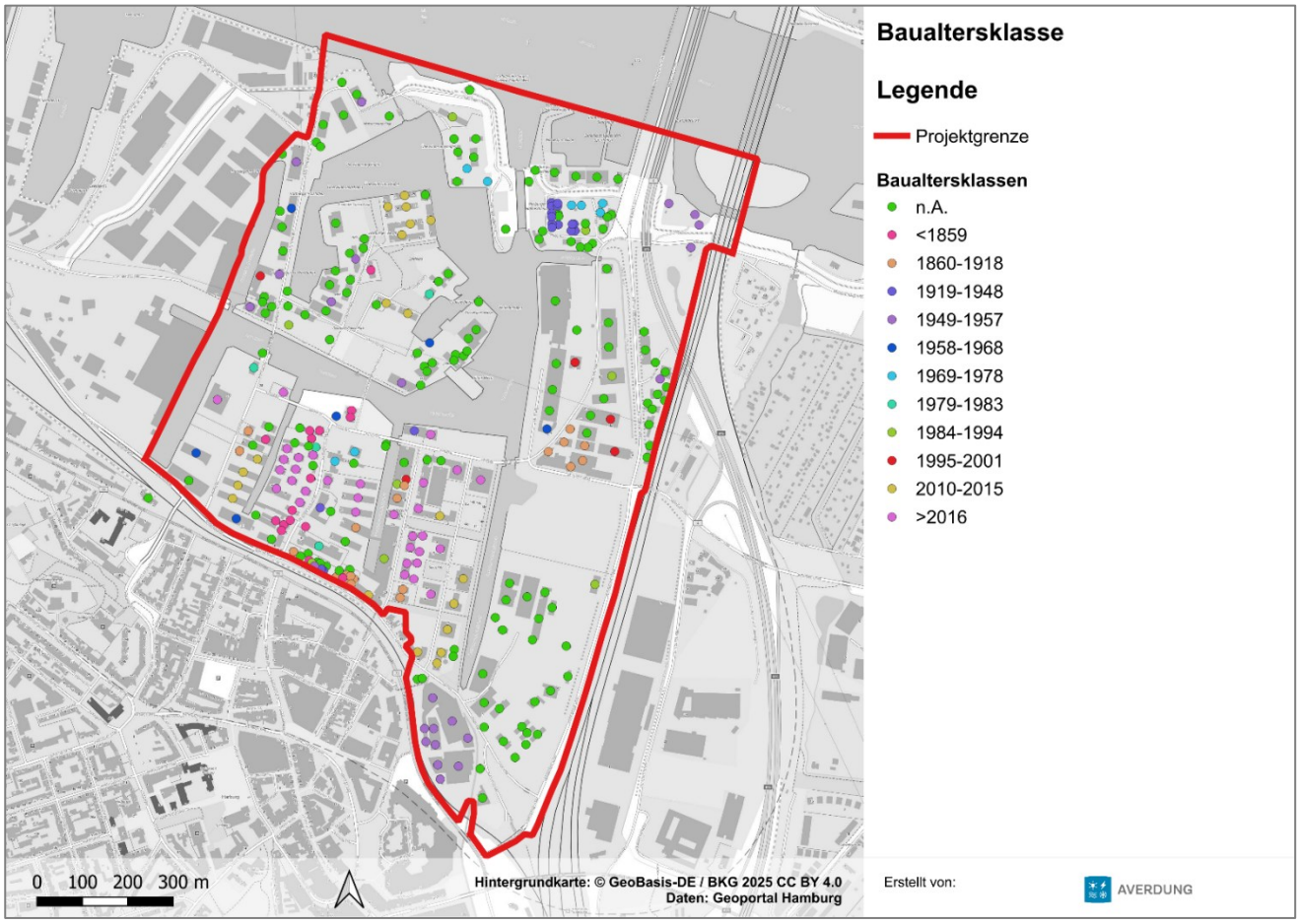


Abbildung 26: Baualtersklassen

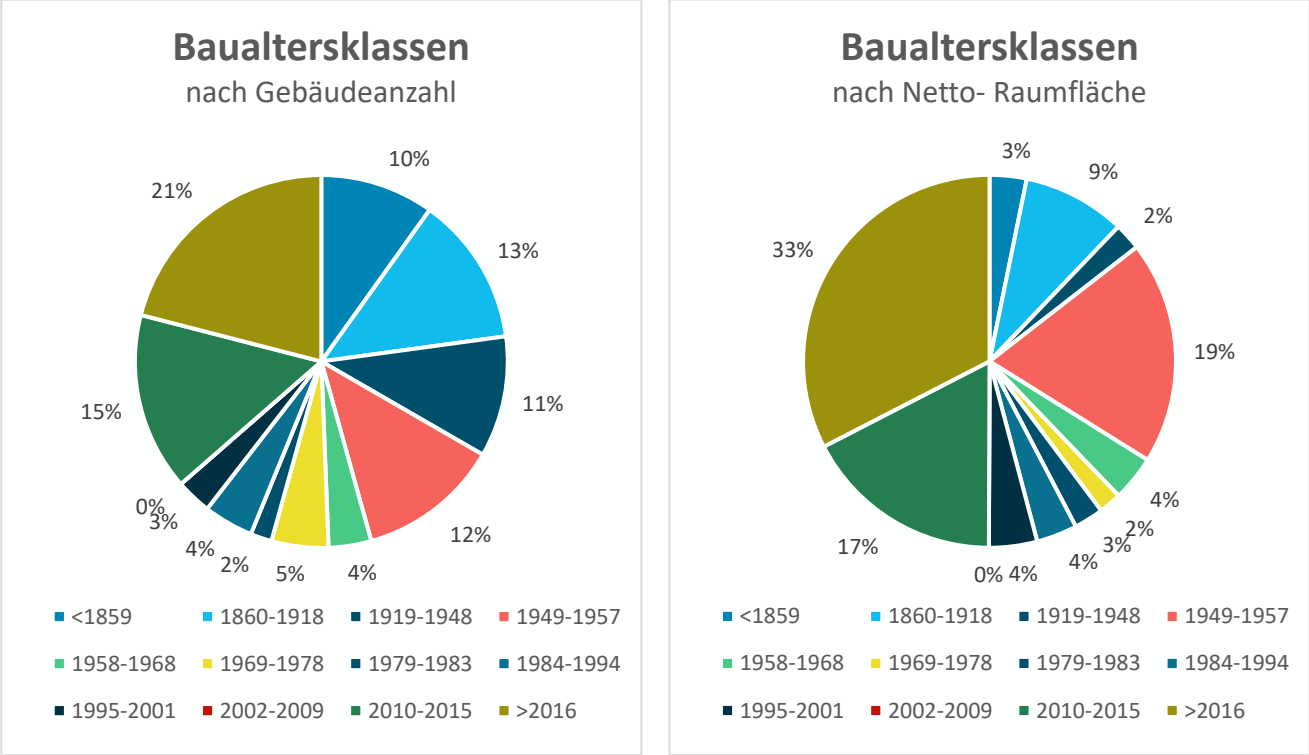


Abbildung 27: Anteile Baualtersklassen

4.1.5 Baulicher und energetischer Zustand

Im Zuge einer Vor-Ort-Begehung im November 2024 wurden die Gebäude einer groben visuellen Prüfung unterzogen, um ihren aktuellen energetischen beziehungsweise baulichen Zustand grob einzuschätzen. Diese Einschätzung des Gebäudebestands kann die Einschätzungen der zukünftigen Entwicklungen im Bereich der Gebäudemodernisierungen im Quartier konkretisieren und ist Grundlage der Szenarienentwicklung zur zukünftigen Wärmebedarfsreduktion. Bei der Vor-Ort-Begehung wurden die folgenden Kategorien berücksichtigt:

Energetischer Zustand

- Ein guter energetischer Zustand liegt vor, wenn entweder eine umfassende Komplettmodernisierung ersichtlich ist (Fassadendämmung, Fenstertausch, Dämmung des Daches) oder das Gebäude neueren Baujahres ist und der energetische Standard den aktuellen Vorschriften entspricht. Diese Beurteilung beinhaltet noch keine Aussage über eine gegebenenfalls suboptimale Ausführung aus heutiger Sicht.
- Ein schlechter energetischer Zustand liegt vor, wenn keine energetische Sanierung oder eine Teilsanierung ersichtlich ist.

Grundsätzlich lässt sich sagen, dass das Quartier geprägt ist durch einen wechselhaften energetischen Zustand der Gebäude. Modernisierte Gebäude und Neubauten stehen in Nachbarschaft zu nicht-modernisierten Gebäuden. Grund hierfür kann die große Quote der privaten Eigentümer:innen sein, die über die Jahre hinweg in unterschiedlicher Intensität Modernisierungsmaßnahmen durchgeführt haben.

Insbesondere die mehrgeschossigen Wohnbauten aus den letzten Jahren sind energetisch auf dem neuesten Stand. Dies bedeutet, dass diese Gebäude in den nächsten Jahren nicht modernisiert werden müssen.
Bei einigen denkmalgeschützten Gebäuden waren energetische Sanierungsmaßnahmen erkennbar, z. B. Fenster neueren Baujahres. Das lässt darauf schließen, dass bei diesen Gebäuden bereits Sanierungsprozesse stattgefunden haben. Ob hier weitere Sanierungsmöglichkeiten existieren, ist im Einzelfall zu prüfen. Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass bei diesen Gebäuden, insbesondere die denkmalgeschützten Fassaden, nur eingeschränkt energetisch saniert werden können.

Bei den Gebäuden, die in den 1950er bis 1970er Jahren errichtet worden sind, war von außen keine oder nur wenig Modernisierung erkennbar. Allgemein ergibt sich das Bild, dass im Quartier bei diesen Gebäuden ein großer Bedarf an energetischer Sanierung herrscht. Eine Ausnahme hierbei stellen die Gewerbebauten der Aug. Prien Bauunternehmung dar, da bei diesen Gebäuden neues Wärmedämmverbundsystem erkennbar ist.

Um eine umfassende Analyse der Gebäude und eine fundierte Dekarbonisierung des Gebäudebestands sowie der Wärmeversorgung zu ermöglichen, werden die Daten zum energetischen Zustand mit Informationen zum baulichen Zustand ergänzt.

Baulicher Zustand

- Ein schlechter baulicher Zustand liegt vor, wenn mehrere Instandsetzungsbedarfe (z. B. Witterungsspuren an Fenstern/Türen, Risse und Putzablösungen an den Fassaden, Vermoosung an Putzflächen und Dächern oder größere Schäden z. B. korrodierte Balkonplatten, großflächige Schäden an der Fassade, undichte Dachabdichtungen) erkennbar sind.
- Ein guter baulicher Zustand liegt vor, wenn keine Instandsetzungsbedarfe erkennbar sind.

Die mehrgeschossigen Wohnbauten aus den letzten Jahren befinden sich in gutem baulichem Zustand.

Grundsätzlich lässt sich sagen, dass bei den Gebäuden, die in den 1950er bis 1970er Jahren errichtet worden sind, Instandsetzungsbedarf besteht. Dachabdichtungen, Fassaden, Fenster sind bei diesen Gebäuden meist in die Jahre gekommen, und bedürfen aller Voraussicht nach einer Instandsetzung. Diese sogenannten „Sowieso-Maßnahmen“ lassen sich sehr gut mit einer energetischen Sanierung kombinieren.

4.1.6 Einsparpotenziale energetischer Sanierungsmaßnahmen

Hinsichtlich der Erreichung der Klimaschutzziele in den Bereichen Strom und Wärme kommt dem Gebäudebereich eine wichtige Rolle zu. Es wird angestrebt, dass die Gebäude einen möglichst geringen Energiebedarf aufweisen und der verbleibende Energiebedarf überwiegend durch erneuerbare Energien gedeckt werden kann. Eine Prognose der Entwicklung des Gebäudebestands in den kommenden Jahren ist angesichts der Ungewissheiten bezüglich der Entwicklung der gesetzlichen und geopolitischen Rahmenbedingungen mit Unsicherheiten behaftet.

Für die Reduktion der Primärenergie des Gebäudesektors ist das Zusammenspiel von Energieeinsparung und des Anteils von erneuerbaren Energien (EE-Anteil) entscheidend. Diese zwei Aspekte stehen in einer engen Wechselwirkung zueinander. Je höher die Energieeinsparung ausfällt, desto niedriger kann der EE-Anteil sein, um die nötige Primärenergiereduktion zu erreichen. Gleiches gilt andersherum, je höher der EE-Anteil, desto niedriger kann die Energieeinsparung sein.

Es werden hier all diejenigen Gebäudetypen betrachtet, bei denen grundsätzlich eine energetische Gebäudesanierung in Frage kommt. Das sind in erster Linie Gebäude, die einen konstanten Wärmebedarf haben. Hierzu zählen insbesondere Wohngebäude (z. B. Doppelhaus, Mehrfamilienhaus, Reihenhaus, Villa) und Gewerbegebäude (z. B. Bürogebäude, Hotel, Restaurant).
Da in der Betrachtung davon ausgegangen wird, dass alle anderen Gebäude, wie beispielsweise Fabrik- und Industriehallen, Lagerhallen, Bootsschuppen, keinen konstanten beziehungsweise nur punktuellen Wärmebedarf haben, werden diese nicht betrachtet, da die potenziellen Einspareffekte deutlich geringer sind.

Energetische Sanierungen sind i.d.R. kostspielig. Bei Wohngebäuden amortisieren sich diese Investitionen meist durch langfristige Einsparungen bei den Heizkosten. In Lager- oder Industriehallen, wo oft nur sporadisch geheizt wird oder eine schnelle Luftzirkulation erforderlich ist, ist der Nutzen einer kostspieligen Dämmung wirtschaftlich oft nicht gegeben. Industriehallen haben oft große Tore, die häufig geöffnet werden, wodurch gedämmte Gebäudehüllen wenig Nutzen bringen.

Den Gebäuden, die vor 1918 gebaut worden sind (23 % gemessen an der Gebäudeanzahl), werden pauschal eher geringe Einsparpotenziale von ca. 25 % zugewiesen. Dies ist zurückzuführen auf Einschränkungen bei Modernisierungsmaßnahmen, durch Denkmalschutzaspekte und den im Vergleich zu Nachkriegsbauten bereits niedrigeren Energieverbrauch. Wichtig ist hierbei noch die Unterscheidung von energetisch nicht modernisierten Gebäuden zu Gebäuden, die schon teilweise energetisch modernisiert wurden. Das Einsparpotenzial unterscheidet sich hierbei, da der Bestandswert bei den Gebäuden, die eine Teilmodernisierung aufweisen, wesentlich geringer ist als bei komplett unmodernisierten Gebäuden aus dieser Zeit.

Die Abbildung der Baualtersklassen (s. Abbildung 26) zeigt deutlich eine erhöhte Bautätigkeit in den Nachkriegsjahren (Baualtersklasse 1949 – 1957). In diesen Jahren siedelten sich großflächige Industrie- und Gewerbebetriebe im Harburger Binnenhafen an. Da es erst 1977 die erste Wärmeschutzverordnung (WSchV) gab und somit die erste Regelung zur Wärmedämmung in Gebäuden zur Reduzierung des Heizenergieverbrauchs, ist bei Gebäuden aus der Nachkriegszeit (Baualtersklasse 1949 – 1957) das höchste Sanierungspotential und somit das höchste Energieeinsparpotential zu erwarten.

Gleiches gilt für Gebäude der Baualtersklassen von 1958 bis 1968 und von 1969 bis 1978. Auch bei diesen Gebäuden ist hohes Sanierungspotential und Energieeinsparpotential zu erwarten, da noch keine Wärmedämmung an den Gebäudefassaden verbaut wurde. Ab 1977 wurden die Anforderungen an Heizungsanlagen und an Wärmedämmung der Gebäudehülle durch gesetzliche Vorgaben höher (WSchV). Da ab dieser Zeit Wärmedämmung an den Gebäudefassaden verbaut wurde, sinkt das Energieeinsparpotential. Dennoch lohnt auch bei diesen Gebäuden und bei Gebäuden der Baualtersklassen 1997 bis 1983, 1984 bis 1994 sowie 1995 bis 2001 im Einzelfall eine genauere Betrachtung hinsichtlich der Energieeinsparpotentiale.

Mit der Einführung der 3. Energieeinsparverordnung (EnEV) 2002 wurden durch Zusammenlegung der WSchV und der Heizungsanlagenverordnung (HeizAnlV) Gebäudehülle und Anlagentechnik ganzheitlich betrachtet. Die gesetzlichen Anforderungen an die Wärmedämmung der Gebäudehülle stiegen ab 2002 durch weitere Aktualisierungen der EnEV stetig. Gleichzeitig ist ab 2002 eine erhöhte Bautätigkeit im Projektgebiet zu erkennen. Zurückzuführen ist dies auf Rückbau und Umnutzung zu Wohnzwecken der zur Hafennutzung errichteten Gebäude aus den Nachkriegsjahren und dem gleichzeitig steigenden Bedarf an Wohnungen. Bei den ab 2002 errichteten Gebäuden sind vergleichsweise niedrigere Sanierungs- und Energieeinsparpotentiale zu erwarten.

Sanierungsmaßnahmen werden mit dem Ziel durchgeführt, den Wärmebedarf der Gebäude zu senken. Eine detaillierte Analyse aller Gebäude ist im Rahmen des Energiekonzepts zu aufwändig, daher werden allgemeine Annahmen für die Energieeinsparpotenziale verschiedener Sanierungsmaßnahmen getroffen, die auf Erfahrungen aus zahlreichen Energieberatungsprojekten sowie aus praktischen Erfahrungen basieren. Die Einsparungen werden als Korridor angegeben, da sie gebäudespezifisch sehr unterschiedlich ausfallen. Während bei alten, unsanierten Gebäuden regelmäßig erhebliche Potenziale gehoben werden können, sind bei neueren Gebäuden mit entsprechend höherem Energiestandard nur geringere Einsparungen möglich. Die Einsparungskorridore je Bauteil beziehungsweiße Maßnahme sind in Tabelle 13 dargestellt.

Tabelle 13: Energieeinsparpotenziale der energetischen Sanierungsmaßnahmen

Maßnahme	Energieeinsparung
Fenstertausch	5 bis 12 %
Fassadendämmung	10 bis 30 %
Umstellung 1- auf 2- Rohrheizung	ca. 30 %
Dämmung Kellerdecke	5 bis 11 %
Dämmung obere Geschossdecke	15 bis 30 %
Heizung	15 bis 20 %

Eine Abschätzung des Einsparpotenzials wurde ermittelt, indem die Differenz aus aktuellem und zukünftigem Wärmebedarf berechnet wurde. Dabei erfolgte die Abschätzung des aktuellen Wärmebedarfs gemäß Wärmekataster der BUKEA anhand von ALKIS-Informationen zu Baujahr und Bauweise und darüber Zuordnung zu IWU-Gebäudetypen und somit spezifischem Nutzwärmebedarf für Wohngebäude. Bei Nicht-Wohngebäuden erfolgte die Zuordnung von Nutzwärmeverbräuchen gemäß VDI 3807 (Blatt 2) in Abhängigkeit der Gebäudefunktion.
Die Abschätzung des im sanierten Zustand erwarteten Wärmebedarfs erfolgte ebenfalls gemäß Wärmekataster der BUKEA anhand der Mindeststandards der ENEV 2014 für Wohngebäude sowie anhand der Richtwerte („anzustrebender Wert bei Durchführung von Energieeinsparmaßnahmen“) der VDI 3807 (Blatt 2) für Nicht-Wohngebäude.

Insgesamt könnten die Sanierungen an den Bestandsgebäuden zu den in Tabelle 14 dargestellten Einsparungen in den jeweiligen Bereichen führen. Die größten Einsparungen sind im Bereich Mitte mit 4,8 GWh pro Jahr zu realisieren, gefolgt von den Bereichen West und Schlossinsel. Im VU-Gebiet sind auf Grund des geringen zu erhaltenden Gebäudestands nur geringe Einsparpotenziale durch Sanierungen zu erwarten.

Da der größte Anteil der Wärme im Projektgebiet heute über Gas bereitgestellt wird, ist hier auch die Einsparung mit ca. 10 GWh im gesamten Projektgebiet am höchsten. Insgesamt ergibt sich eine potenzielle Einsparung von 12,6 GWh über alle Energieträger. Die Einsparungen wurden dabei anhand der Anzahl Wärmeversorgungsanlagen je Energieträger gemäß der Zensus-Daten umgelegt.

Tabelle 14: Einsparpotenzial nach Energieträgern pro Bereich in GWh

	Gesamt	Gas	Heizöl	Holz	Biome-than	Wärme-pumpe	Stromdi-rekt	Kohle
Mitte	4,8	4,6	-	-	-	-	-	0,2
Schlossinsel	3,1	2,6	0,1	0,1	0,1	0,1	-	-
VU- Gebiet	0,9	0,7	0,2	-	-	-	-	-
West	3,8	2,0	0,1	1,4	-	-	0,3	-
Summe	12,6	10,0	0,4	1,5	0,1	0,1	0,3	0,2

Um aus dem Endenergieverbrauch in CO_2-Emissionen umzurechnen, wurden diese mit dem im Kapitel 3.2 aufgeführten spezifischen CO_2-Faktoren verrechnet. So können durch die oben ermittelten Einsparpotenziale der Energieträger insgesamt ca. 2.100 t CO_2 im Jahr eingespart werden, was ca. 20 % der aktuellen Emissionen entspricht. Die größten Einsparpotenziale ergeben sich – wie bereits in anderen Bereichen – vor allem durch den hohen Verbrauch des Energieträgers Gas, gefolgt von Stromdirektheizungen, deren vergleichsweise hoher Emissionsfaktor ebenfalls maßgeblich zur Gesamtreduktion beiträgt. Es folgen Einsparungen bei Heizöl, Kohle und Wärmepumpen. Die Verringerung des Endenergiebedarfs bei Holz- und Biomethan-Heizungen tragen in dieser Betrachtung auf Grund der Annahme, dass biogene Brennstoffe von der Leitstelle Klima als emissionsfrei gewertet werden, nicht zur Einsparung von CO_2-Emissionen bei.

Tabelle 15: Einsparung in den CO_2 Emissionen nach Energieträgern und Gebiet in t

	Ge-samt	Gas	Heizöl	Holz	Bio-me-than	WP	Stromdi-rekt	Kohle
Mitte	913	839	-	-	-	-	-	75
Schlossinsel	525	481	29	-	-	16	-	-
VU- Gebiet	175	133	42	-	-	-	-	-
West	513	360	35	-	-	-	117	-
Summe	2.126	1.813	106	-	-	16	117	75

4.2 Maßnahmenkatalog

Auf Basis der Ausgangs- und Potenzialanalyse werden folgende Maßnahmen in Abstimmung mit dem Auftraggeber zur Umsetzung vorgeschlagen:

Handlungsfeld: Gebäudemodernisierung	
G1	Umsetzung von energetischen Modernisierungsmaßnahmen an Wohngebäuden
G2	Umsetzung von energetischen Modernisierungsmaßnahmen zur (sommerlichen) Klimatisierung an Nichtwohngebäuden
G3	Einbindung erneuerbarer Wärme in denkmalgeschützten Gebäuden

Die Maßnahmen werden im Weiteren in Karten mit Angaben zu Zielen, Kosten, zeitlichem Ablauf sowie betroffenen Akteuren dargestellt.

Die Inhalte der Maßnahmenkarte G3 gehen auf eine vereinfachte Betrachtung zur Umstellung der Heizung von einer fossil betriebenen Gastherme auf eine elektrisch betriebene Wärmepumpe mit Umweltquelle Au-

ßenluft zurück. Hierbei wurde das denkmalgeschützte Gebäude am Kanalplatz 6 im Austausch mit der Gebäudeeigentümerin betrachtet. Im Ergebnis lässt sich sagen, dass eine Umstellung der Wärmeversorgung im denkmalgeschützten Bestand immer eine Einzelfallbetrachtung benötigt. Grundsätzlich bestehen aber verschiedene Möglichkeiten die Wärmeversorgung umzustellen und sowohl wirtschaftlich als auch erneuerbar zu gestalten. Die ausführlichen Betrachtungen hierzu findet sich in Anhang 11.1.

Die Priorisierung der Maßnahmen wird in Kapitel 9 Durchführungskonzept erläutert.

G1	*Umsetzung von energetischen Sanierungsmaßnahmen an Wohngebäuden*	

Ziel	**Priorität**
Ziel der Maßnahme ist die Senkung des Wärmebedarfes bei Wohngebäuden durch energetische Sanierungen. Das entsprechende Potenzial wird mit ca. 1.800 MWh p.a. bewertet.	Hoch
	Zeithorizont
	Fortlaufend

Kurzbeschreibung

An den bestehenden Wohngebäuden sind in Abhängigkeit der gebäudespezifischen Voraussetzungen (Baujahr, Gebäudezustand, bereits erfolgte Sanierungen etc.) energetische Modernisierungen umzusetzen. Dies betrifft den Tausch von Fenster, die älter als 30 Jahre alt sind, die Fassaden-, Decken- und Dachdämmung sowie ggf. die Umstellung von 1- auf 2-Rohrheizungen.

Zuständigkeit	**Einzubindende Akteur:innen**
- Eigentümer:innen von eigengenutzten oder vermieteten Wohnungsbauten - Gebäudeeigentümer:innen gewerblich genutzter Immobilien	- Energie Effizienzexpert:innen, Architekten - Gegebenenfalls Denkmalbehörde - Fördermittelgeber:innen (IFB Investitions- und Förderbank Hamburg, KfW, BAFA) - Handwerksbetriebe

Erste Handlungsschritte

1. Vermittlung von Informationen und Beratungsangeboten
2. Erstellung von Modernisierungskonzepten durch Energieberater:innen
3. Prüfung, Beantragung und Bewilligung von Fördermitteln
4. Auswahl von ausführenden Unternehmen
5. Umsetzung der Maßnahmen durch ausführende Unternehmen

Einsparpotenzial (absolut)			**Erläuterung**
Endenergie	1.800	MWh/a	Abschätzung[7]
Primärenergie	/	MWh/a	
CO_2-Emissionen	/	t/a	

Investitionen	**Zeitlicher Aufwand**
- Kosten für einen individuellen Sanierungsfahrplan: ca. 1.500 € (Einfamilienhaus), ca. 6.000 € (Mehrfamilienhaus mit ca. 20 Wohneinheiten) - Gebäudespezifische Investitionen in Abhängigkeit umsetzbarer Maßnahmen	- Planung: ca. 6 Monate - Umsetzung: ca. 6 Monate
Finanzierung und Förderung	**Erfolgsindikatoren**
- „Bundesförderung effiziente Gebäude (Einzelmaßnahmen an der Gebäudehülle)“ durch das BAFA - „Wärmeschutz im Gebäudebestand“ durch die Investitions- und Förderbank Hamburg (IFB)	- Umgesetzte Modernisierungsprojekte - Eingesparte Endenergie - CO_2-Reduzierung - Wertsteigerung Gebäude - Verbesserte Schallisolierung und Luftdichtheit

[7] Abschätzung des aktuellen Wärmebedarfs anhand von ALKIS-Informationen zu Baujahr und Bauweise und darüber Zuordnung zu IWU-Gebäudetypen und somit spezifischem Nutzwärmebedarf für Wohngebäude sowie Zuordnung von Nutzwärmeverbräuchen der VDI 3807 (Blatt 2) in Abhängigkeit der Gebäudefunktion für Nicht-Wohngebäude. Abschätzung des im sanierten Zustand erwarteten Wärmebedarfs gemäß der Mindeststandards der ENEV 2014 für Wohngebäude sowie anhand der Richtwerte („anzustrebender Wert bei Durchführung von Energieeinsparmaßnahmen“) der VDI 3807 (Blatt 2) für Nicht-Wohngebäude.

Als Differenz der beiden Werte ergibt sich die Einsparung.

G2

Umsetzung von energetischen Sanierungsmaßnahmen zum sommerlichen Wärmeschutz an Nichtwohngebäuden

Ziel	Priorität
Ziel der Maßnahme ist die Senkung des Klimatisierungsbedarfes bei Nichtwohngebäuden durch energetische Sanierungsmaßnahmen. Das Potenzial lässt sich im Rahmen des vorliegenden Projekts nicht quantifizieren, da gebäudescharfe Informationen zum Klimatisierungsbedarf nicht bekannt und nicht vereinfacht zu erheben sind.	Mittel
	Zeithorizont
	Fortlaufend

Kurzbeschreibung

Um die sommerliche Nutzung von gewerblichen Innenräumen insbesondere mit großen nach Süden ausgerichteten Fensterflächen in Zukunft weiterhin gewährleisten zu können, müssen die Raumtemperaturen begrenzt werden. Dies kann durch Maßnahmen zum sommerlichen Wärmeschutz und deren Kombination deutlich reduziert werden, sodass im Idealfall vollständig auf aktive Kühlung verzichtet werden kann. Hierbei stehen je nach Objekt Optionen wie außenliegender Sonnenschutz (z. B. Raffstores oder Markisen), Nachtlüftung (Fenster oder mechanische Nachtlüftung), Reduzierung des Fensterflächenanteils (z. B. durch den Ersatz einzelner Fensterscheiben durch Dämm-Paneele), Einbau von Sonnenschutzverglasung, Dach- und Fassadenbegrünung sowie Minimierung interner Lasten (z. B. effiziente Bürogeräte, Beleuchtung und eine optimierte Nutzung) zur Verfügung.

Zuständigkeit	Einzubindende Akteur:innen
- Gebäudeeigentümer:innen	- Mieter:innen - Fachplaner:innen - Hamburger Energielotsen

Erste Handlungsschritte

- Durchführung einer Kühllastberechnung in Gebäuden mit geplanter Modernisierung sowie einer Berechnung des Sommerlichen Wärmeschutzes für kritischste Räume
- Planung geeigneter Maßnahmenkombination im Zuge der Modernisierungsplanung
- Maßnahmenumsetzung

Einsparpotenzial (absolut)			Erläuterung
Endenergie	22,5[8]	kWh/(m²*a)	Die Einsparpotenziale unterscheiden sich je nach Gebäude und gewählter Maßnahmenkombination. Im hier angenommenen Idealfall kann komplett auf aktive Kühlung verzichtet werden.
Primärenergie	40,5	kWh/(m²*a)	
CO_2-Emissionen	9,3	kg/(m²*a)	

Investitionen	Zeitlicher Aufwand
- Die Investitionskosten sind maßgeblich von den Rahmenbedingungen am konkreten Gebäude abhängig. Typisch sind: - Einbau Sonnenschutzverglasung in bestehende Fenster: 300 €/m² - Installation von außenliegendem Sonnenschutz: 300 €/m²	- Planung: ca. 6 Monate - Umsetzung: ca. 6 Monate
Finanzierung und Förderung	**Erfolgsindikatoren**
- KfW, Bafa: BEG-Einzelmaßnahmen	- Umgesetzte Projekte - Reduzierte Innentemperaturen - Reduzierter Kühlungsbedarf/-verbrauch

[8] Eine einfache, aber im Betrieb teure und energieintensive Lösung ist die aktive Kühlung durch Kühlgeräte. Diese benötigen in Bürogebäuden üblicherweise eine Leistung von 45 W/m², was bei ca. 500 zu erwartenden Vollaststunden einem Energiebedarf von 22,5 kWh/(a*m²) entspricht.

G3

Einbindung von erneuerbaren Energien in denkmalgeschützten Gebäuden (Bsp. Kanalplatz 6)

Ziel	Priorität
Ziel der Maßnahme ist der Einsatz erneuerbarer Energien in denkmalgeschützten Gebäuden und die Einsparung fossiler Emissionen. Das Ziel ist insofern nicht quantifizierbar, da unbekannt ist, wie sich die verschiedenen Energieträger auf die denkmalgeschützten Gebäude verteilen. Somit lassen sich die heutigen CO_2-Emisisonen für diesen konkreten Fall nicht ermitteln.	Mittel
	Zeithorizont
	Fortlaufend

Kurzbeschreibung – vgl. auch Kapitel 11.1

Zur Einbindung erneuerbarer Energien in denkmalgeschützten Gebäuden sind zunächst die gebäudeseitigen Anforderungen hinsichtlich Wärmebedarf, bestehender Wärmeverteilung und Vorlauftemperatur zu prüfen; hierbei ist auch zu berücksichtigen, ob auch die Trinkwarmwasserbereitstellung über die Heizungsanlage oder dezentral elektrisch erfolgt. Im zweiten Schritt können erneuerbare Energiequellen betrachtet werden. Die Umweltquelle Außenluft lässt sich hingegen in der Regel kostengünstig und bedarfsgerecht erschließen. Bei denkmalgeschützten Gebäuden ist hierbei die Aufstellung von Rückkühlaggregaten gesondert zu betrachten. Hierbei können entweder Aufstellungen in Außenlage geprüft werden, wenn z. B. Flächen vorhanden sind, die aus öffentlichen Bereichen nicht gut einsehbar sind und das Erscheinungsbild nicht relevant verändern. Alternativ kann auch eine Innenaufstellung bei ausreichend groß dimensionierten Lüftungsschächten in Frage kommen. Dies ist jedoch die deutlich kostenintensivere Variante. Neben der Wärmepumpe wird ein Pufferspeicher benötigt, der die Erzeugung vom Verbrauch entkoppelt und den Wirkungsgrad der Anlage erhöht.

Zuständigkeit	Einzubindende Akteur:innen
- Eigentümer:innen denkmalgeschützter Gebäude	- Denkmalschutzbehörde - Gegebenenfalls Fördermittelgeber:innen (IFB Investitions- und Förderbank Hamburg, KfW, BAFA) - Handwerksbetriebe

Erste Handlungsschritte

1. Vorlauftemperaturen abfragen/bestimmen
2. Abstimmung mit dem Denkmalschutz
3. Förderantrag beim BAFA stellen
4. Förderantrag beim IFB stellen
5. Auswahl des Fachbetriebs
6. Aufstellort Außen- und Inneneinheit klären

Einsparpotenzial (absolut)			Erläuterung
Endenergie	-	GWh/a	Wechselwirkung mit Maßnahme G1: Zunächst sollten die Gebäude saniert und auf Niedertemperaturniveau gebracht werden; anschließend kann der verbleibende Bedarf durch erneuerbare Energien gedeckt werden.
Primärenergie	5,36	GWh/a	
CO_2-Emissionen		t/a	

Investitionen	Zeitlicher Aufwand
- Ca. 1.200 €/kW für Wärmepumpe - Ca. 3.000 €/m³ Pufferspeicher	- Planung: ca. 2 bis 3 Monate - Umsetzung: ca. 2 bis 3 Monat

Finanzierung und Förderung	Erfolgsindikatoren
Kombinierbar: - „Bundesförderung effiziente Gebäude (Anlagen zur Wärmeerzeugung (Heizungstechnik))“ durch das BAFA - „Erneuerbare Wärme“ durch die Investitions- und Förderbank Hamburg (IFB)	1. Umgesetzte Projekte 2. CO_2-Reduzierung

4.3 Kosten und Wirtschaftlichkeit

Potenzielle Kosten für die verschiedenen Maßnahmen im Bereich der Gebäudesanierung hängen stark vom jeweiligen Gebäudebestand und den jeweiligen Voraussetzungen ab. Einen groben Überblick mit Erfahrungswerten hierzu liefert Tabelle 16. Die Werte gehen hierbei jeweils auf Erfahrungswerte durch geplante und umgesetzte Projekte zurück.

Tabelle 16: Spezifische Kosten für Maßnahmen der Gebäudesanierung (Quelle: Erfahrungswerte bearbeiteter Projekte)

Maßnahme	Kosten
Fenstertausch	Ca. 900,-€/m²
Fassadendämmung	Ca. 350,-€/m²
Umstellung 1- auf 2- Rohrheizung	Ca. 135,-€/m²
Dämmung Kellerdecke	Ca. 80,-€/m²
Dämmung obere Geschossdecke	Ca. 50,-€/m²
Dämmung Dach	Ca. 450,-€/m²
Heizkörper	Ca. 400,- €/Stk

Um die Umsetzung von energetischen Maßnahmen der Gebäudehülle zu stärken, gibt es unterschiedliche Förderprogramme verschiedener Fördermittelgeber. Bundesweit zählt hierzu insbesondere das Förderprogramm „Bundesförderung Effiziente Gebäude“ (BEG) des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle. Hierüber können jeweils Einzelmaßnahmen wie Wärmedämmung der Gebäudehülle, der oberen Geschossdecke, der Kellerdecke, Fenster- und Türentausch sowie sommerlicher Wärmeschutz zur Sanierung von Wohn- und Nichtwohngebäuden gefördert werden. Darüber hinaus sind die Erstellung des Sanierungskonzepts sowie die Baubegleitung förderfähig. Der Grundfördersatz beträgt 15 % je Einzelmaßnahme. Nähere Informationen finden sich auf den Seiten des BAFA:

- https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/Sanierung_Wohngebaeude/Gebaeudehuelle/gebaeudehuelle_node.html
- https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/Sanierung_Nichtwohngebaeude/Gebaeudehuelle/gebaeudehuelle_node.html

In Hamburg bezuschusst die Investitions- und Förderbank (IFB) weiterhin die Energetische Sanierung der Gebäudehülle. Die Förderung ist mit dem BEG kumulierbar. Hierfür ist zunächst der Antrag bei der IFB zu stellen und anschließend mit dem vorliegenden Bescheid der Antrag beim BAFA zu stellen. Weitere Informationen finden sich auf den Seiten der IFB:

- https://www.ifbhh.de/programme/immobilienwirtschaft/energie-und-ressourcen-einsparen-immo/energetisch-modernisieren-immo2/energetische-modernisierung-von-mietwohnungen-mod-a

Auch der Austausch der Wärmeerzeugung (Heizungstechnik) sowie der Anschluss an Gebäudenetze kann bundesweit über das Förderprogramm BEG des BAFA gefördert werden. Voraussetzung hierfür ist das 65 % erneuerbare Energien bereitgestellt werden. Der Grundfördersatz beträgt hierbei 30 %. Nähere Informationen finden sich auch hierzu auf den Seiten des BAFA:

- https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/Sanierung_Wohngebaeude/Anlagen_zur_Waermeerzeugung/anlagen_zur_waermeerzeugung_node.html
- https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/Sanierung_Nichtwohngebaeude/Anlagen_zur_Waermeerzeugung/anlagen_zur_waermeerzeugung_node.html

4.4 Hemmnisse und Lösungsansätze

Im nächsten Schritt sollen potenzielle Umsetzungshemmnisse in den Bereichen Technik, Wirtschaftlichkeit, rechtliche Rahmenbedingungen und Zielgruppe mit Bezug auf die Gebäudemodernisierung analysiert werden. Anschließend sollen mögliche Lösungsansätze entwickelt werden, um Hemmnissen einerseits vorzubeugen und sie frühzeitig zu vermeiden oder sie andererseits bei unvermeidbarem Eintreten zu überwinden. Tabelle 17 stellt die Ergebnisse tabellarisch dar.

Tabelle 17: Hemmnisse und Lösungsansätze im Bereich der Gebäudemodernisierung

Gebäudemodernisierung	
Hemmnis	**Lösungsansatz**
Das Gebiet wird von einer kleinteiligen Eigentümerstruktur geprägt. Teilweise handelt es sich um vermietete Objekte und die Eigentümer:innen bewohnen und nutzen die Gebäude nicht selbst. Dadurch werden Maßnahmen gegebenenfalls nicht mit Priorität umgesetzt und es ist schwieriger alle Eigentümer:innen zu erreichen.	Kommunikation der Möglichkeiten durch Öffentlichkeitsveranstaltungen und Strukturen wie die Binnenhafenbegleitgruppe und die geplante Kurzbroschüre zum Energiekonzept.
Durch die Geltung von Denkmal- und Ensembleschutz werden teilweise besondere Ansprüche an die energetische Modernisierung gestellt. Um hohe Energieeinsparungen zu erzielen, sind größere Anstrengungen vonnöten als bei nicht erhaltenswerter Bausubstanz. Zudem herrscht eine gewisse Unwissenheit über die Möglichkeit der energetischen Sanierung.	Durch Leitfäden wie sie von der Stadt Hamburg auch bereits vorliegen oder gläserne Baustellen kann die Informationsbeschaffung vereinfacht werden.
Obwohl sich die aufgezeigten Modernisierungsmaßnahmen im Vergleich zu den steigenden Energiekosten als wirtschaftlich darstellen, sind zur Finanzierung der Maßnahmen umfangreiche finanzielle Mittel notwendig.	Um diese Barriere zu überwinden, sollte umfangreich und zielgerichtet über die bestehenden Fördermöglichkeiten informiert und bei der Beantragung der Fördermittel unterstützt werden. Dies kann auch in Kooperation mit lokalen Finanzinstituten und Baufinanzierern geschehen.
Der Mangel an externen Architekt:innen sowie Fachplaner:innen führt dazu, dass geplante Vorhaben entweder mit einem längeren Zeitablauf oder teilweise gar nicht umgesetzt werden können.	Eigentümer:innen sollten sich daher frühzeitig auf die Suche begeben. Netzwerke wie die Binnenhafenbegleitgruppe können hier Austausch schaffen und Kontakte zu lokalen Akteuren herstellen. Die Hamburger Energielotsen informieren und beraten zu Energieeinsparpotenzialen und können bei den ersten Schritten helfen.[9]

[9] https://www.hamburg.de/politik-und-verwaltung/behoerden/bukea/themen/energie/energielotsen

Insbesondere in den vergangenen Jahren ist es zu größeren Preissteigerungen beziehungsweise -schwankungen für verschiedene Baumaterialien und Bauteile gekommen.	Diese Preissteigerungen resultieren aus unterschiedlichen gesamtwirtschaftlichen Rahmenbedingungen, die übergreifend gelöst werden müssen. Einige Sondereffekte (z.B. Bauholz) haben sich mittlerweile wieder reduziert.
Durch den Einbau von einzelnen baulichen und technischen Elementen kann sich ein erhöhter Wartungsaufwand ergeben. So müssen dreifach verglaste Fenster wegen ihres höheren Gewichtes öfter nachgestellt werden als zweifach verglaste Fenster.	Der Aspekt des höheren Wartungsaufwands ist bei der Auswahl der energetischen Maßnahmen zu berücksichtigen, um möglichst wartungsärmere Lösungen zu finden. Bei einer detaillierten Lebenszykluskostenanalyse ist dieser Mehraufwand zu berücksichtigen.
Häufig werden Glasfassaden als architektonisches Mittel gewählt, auch wenn sie stark zur Aufheizung von Gebäuden im Sommer beitragen. Bauliche Maßnahmen zum sommerlichen Wärmeschutz schränken somit die gestalterischen Mittel ein.	Es sollten andere Stilmittel wie begrünte Fassaden zur Gestaltung der Gebäudehülle genutzt werden.
Es entsteht Verunsicherung durch sich stetig ändernden politischen Bedingungen (Einfrieren oder Änderungen von Förderprogrammen und rechtlichen Anforderungen).	Es sollte frühzeitig fachliche Expertise von Energieberatungen eingebunden werden.

4.5 Zusammenfassung

Das Projektgebiet ist durch einen sehr heterogenen Gebäudebestand sowohl bezüglich der Nutzungen als auch der Baualtersklassen geprägt. Hinzu kommen an vielen Stellen im Gebiet verteilt Neubauten. Das Einsparpotenzial durch die energetische Gebäudemodernisierung bei der Wärmeversorgung wird mit 12,9 GWh p.a. als relevant eingeordnet. Auf Grund der unterschiedlichen Gebäude fallen die gebäudespezifischen Einsparungen jedoch sehr unterschiedlich aus. Während bei alten, unsanierten Gebäuden relevante Potenziale bestehen, sind diese bei neueren Gebäuden eher gering. Bei den von Denkmalschutz beziehungsweise Ensembleschutz betroffenen Gebäuden bleibt darüber hinaus außerdem zu prüfen, inwiefern die technischen Einsparpotenzialen auf Grund der Auswirkungen auf das äußere Erscheinungsbild umgesetzt werden können. Die energetische Sanierung und Prüfung und gegebenenfalls Anpassung der Heizungsverteilung ist außerdem erforderlich, um die Vorlauftemperaturen abzusenken und so einen effizienten Betrieb von Wärmepumpen bei der Umstellung auf erneuerbare Quellen zu gewährleisten (s. Kapitel 4.1).

Die Verantwortung zur Umsetzung dieses Potenzials liegt bei den einzelnen Gebäudeeigentümer:innen, die sich regelmäßig von den Gebäudenutzer:innen unterscheiden. Somit liegen regelmäßig auch die Investitionskosten für die Maßnahmen und umgekehrt die Einsparungen im Betrieb bei unterschiedlichen Akteuren (s. Kapitel 4.2). Anreize zur Umsetzung der Maßnahmen werden teilweise durch Fördermöglichkeiten des BAFA sowie der IFB gesetzt (s. Kapitel 4.3).

5 Nachhaltige Wärmeversorgung

Um die Emissionen im Wärmesektor zu senken, können einerseits Gebäudesanierungen und somit eine Einsparung von Energiebedarf und Absenkung von Temperaturanforderungen erfolgen. Andererseits können erneuerbare Energien eingesetzt werden, um fossile Energieträger und ihre Emissionen zu ersetzen. Dabei kommen sowohl zentrale Lösungen über Wärmenetze als auch dezentrale Lösungen für einzelne Gebäude in Frage. Das folgende Kapitel soll zunächst anhand der Wärmeliniendichte die Frage von zentraler und dezentraler Versorgung bewerten und anschließend die Potenziale für erneuerbare Energien aufzeigen.

5.1 Einleitung

5.1.1 Wärmeliniendichte

Um vorläufig bewerten zu können, ob eine zentrale Wärmeversorgung für das Projektgebiet beziehungsweise für dessen Teilbereiche geeignet wäre, wurde zunächst die Auswertung „Wärmenetzeignungsgebiete“ der BUKEA im Geoportal zu Rate gezogen.[10] Hierfür wurden mehrere Gebäude zu einem Netz zusammengeschlossen und bewertet, ob sich die Errichtung eines Wärmenetzes sowohl für einen Wärmenetzbetreiber als auch für die anzuschließenden Gebäude wirtschaftlich rechnen würde und gegenüber einer dezentralen Lösung konkurrenzfähig wäre.[11]

Laut Auswertung der BUKEA sind der Bereich Schlossinsel und der nördliche Bereich des VU-Gebiets „für Wärmenetze wenig geeignet“ (s. Abbildung 28). Dies ist vermutlich vor allem auf die bisher wenig dichte Bebauung zurückzuführen. Insbesondere auf Grund der geplanten Nachverdichtung in beiden Bereichen sind ergänzende Betrachtungen durchzuführen, da dies bislang in den Daten der BUKEA nicht berücksichtigt wurde.

Laut Auswertung der BUKEA sind die Bereiche „West“, „Mitte“ und der südliche Bereich des VU-Gebiets „für Wärmenetze geeignet“. Somit sind die Bereiche grundsätzlich auf Grund der vorliegenden Begebenheiten wie Gebäudebestand und Kosten für dezentrale Versorgung in Gegenüberstellung mit potenziellen Netzanschlusskosten für die Errichtung eines Wärmenetz geeignet und sollten zukünftig im Fokus der Kommunalen Wärmeplanung stehen.

[10] https://geoportal-hamburg.de/
[11] https://www.hamburg.de/politik-und-verwaltung/behoerden/bukea/themen/energie/kommunale-waermeplanung/faqs/faqs-waermenetzeignungskarte

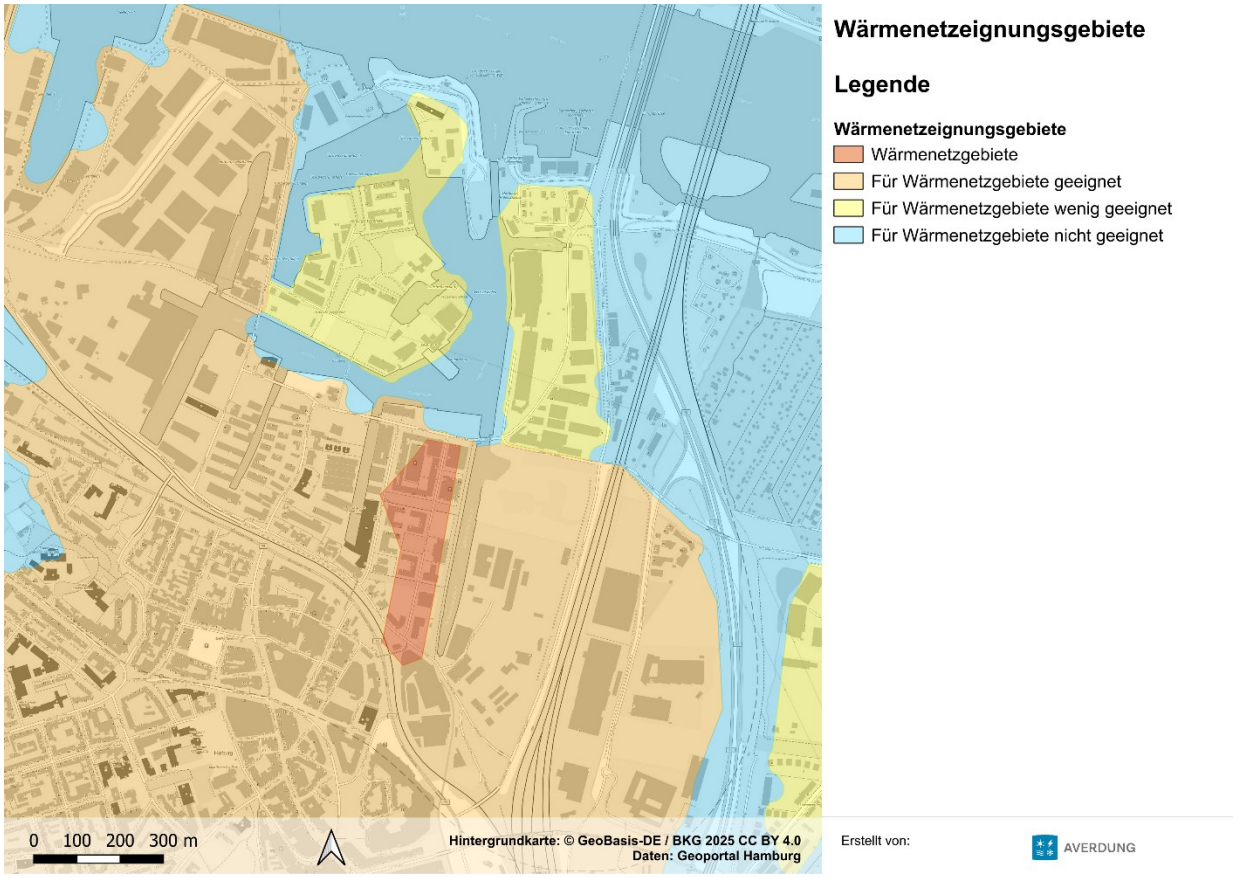


Abbildung 28: Wärmenetzeignungsgebiete "Schlossinsel" und „VU-Gebiet (Nord)“ (Quelle: Geoportal)

Um die Aussagen des Geoportals zu konkretisieren, wurde mit den bestimmten Verbrauchsdaten eine eigene Bewertung mittels einer Wärmeliniendichte erstellt. Hierbei wurden auch zukünftige Entwicklungen des Gebiets, insbesondere die Nachverdichtung und die neu zu beheizenden Flächen, berücksichtigt.

Für die Ermittlung der Wärmeliniendichte wurden die in GIS vorliegenden, gebäudeweise aufgeteilten Wärmebedarfe mit einer Wärmetrasse kombiniert, die dem Straßenverlauf folgt. Jedes Gebäude beziehungsweise jeder Bedarf wurde über die kürzeste Verbindung der nächstgelegenen Straße/Wärmetrasse zugeordnet. Für jeden Trassenabschnitt wurde dann automatisiert der Quotient aus Wärmeabsatz durch Trassenlänge gebildet. Die Kategorien in Tabelle 18 wurden zur Bewertung auf Grundlage des C.A.R.M.E.N.-Projekts, durchgeführt vom Hamburg Institut, festgelegt

Tabelle 18: Eignung Wärmeliniendichte

Wert der Wärmeliniendichte	Eignung	Farbe
< 0,75 MWh/m p.a.	Wärmenetz wahrscheinlich wirtschaftlich nicht umsetzbar	blau
< 1,5 MWh/m p.a.	Wärmenetz wahrscheinlich nur mit günstigen Wärmequellen wirtschaftlich umsetzbar	Gelb
> 1,5 MWh/m p.a.	Wärmenetz wahrscheinlich wirtschaftlich umsetzbar	orange
> 3 MWh/m p.a.	Wärmenetz sehr wahrscheinlich wirtschaftlich umsetzbar	Rot

Die Eignung der jeweiligen Netzabschnitte bei einer Anschlussquote von 100 % sowohl für Bestand als auch Neubau ist in Abbildung 29 dargestellt. Da auch direkt benachbarte Trassenabschnitte eine unterschiedliche Eignung aufweisen können, wurden der Übersicht halber alle ungeeigneten Abschnitte (blau) ausgeblendet. Somit lassen sich gewisse Netzstrukturen (möglichst durchgängige Linien in gelb, orange und rot) erkennen, die Wärmenetzeignungsgebiete darstellen können. Zum einen wird sichtbar, dass insbesondere der Bereich „Mitte“, in dem sich bereits das Wärmenetz der GETEC befindet, zu großen Teilen rot gefärbt und somit sehr wahrscheinlich für ein Wärmenetz geeignet ist.

Auch im Bereich „West“ lassen sich sehr wahrscheinlich für ein Wärmenetz geeignete Trassen erkennen.

Ähnlich sieht es im Bereich der Schlossinsel aus, wobei sich hier ein etwas höherer Anteil orange in die Trassen mischt und somit die Eignung für ein Wärmenetz als wahrscheinlich erscheint.

Anders als in der Wärmenetzeignungskarte der BUKEA wird hier auch der nördliche Teil des VU-Gebiets mit einigen roten und somit sehr wahrscheinlich geeigneten Abschnitten bewertet, dazwischen finden sich gelbe Abschnitte, die sich wahrscheinlich nur mit einer besonders günstig zu erschließenden Wärmequelle für ein Netz eigenen würden. Der Süden des VU-Gebiets soll auch zukünftig nur von einer Stichstraße von Süden aus erschlossen werden. Somit bildet die Wärmeliniendichte hier aktuell keine typischen Netzstrukturen, sondern stellt sich als ein sehr wahrscheinlich geeigneter, einzelner Strang in der Mitte des VU-Gebiets beziehungsweise die wahrscheinlich geeignete Stichstraße zur Erschließung von Süden dar. Hier wäre im weiteren Projektverlauf zu konkretisieren, wie ein sinnvoller Trassenverlauf auch in Abhängigkeit der erneuerbaren Umweltquellen und deren Verortung sowie einem potenziellen Energiezentralen-Standort aussehen könnte.

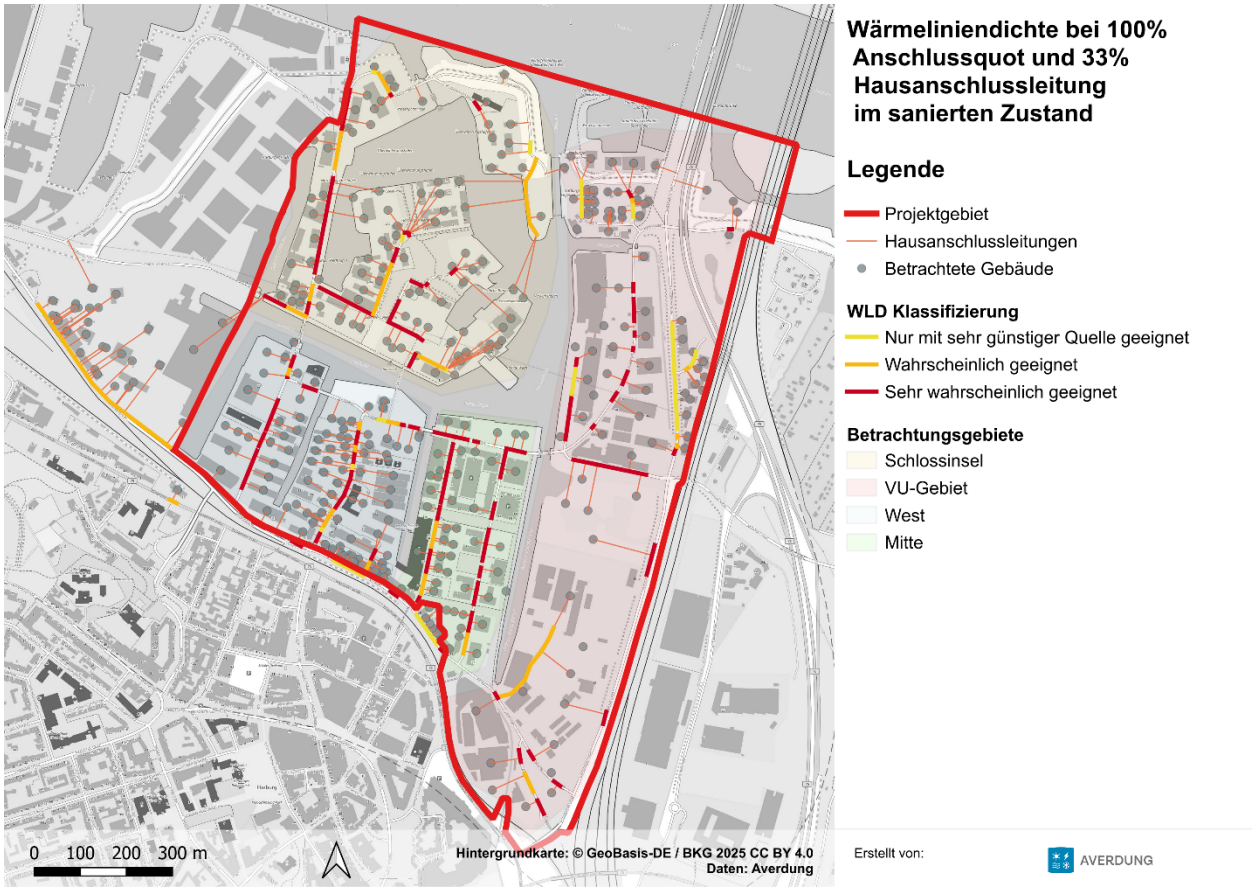


Abbildung 29: Wärmeliniendichte mit 100 % Anschlussquote

Da eine 100%ige Anschlussquote beziehungsweise ein Benutzungsgebot im Bebauungsplan eher unwahrscheinlich erscheint, wurde die Anschlussquote in Abbildung 30 auf einen typischen Wert von 60 % herabgesetzt. Auch hier wurden die blauen beziehungsweise wahrscheinlich nicht geeigneten Abschnitte ausgeblendet. Insgesamt enthält die Darstellung erwartungsgemäß weniger rote und dafür mehr orange und gelbe Abschnitte.

Der Bereich „Mitte“ kann weiterhin als sehr wahrscheinlich für ein Wärmenetz geeignet bewertet werden, sodass vorläufig eine Erweiterung des GETEC-Netzes als sinnvoll erscheint.

Auch der Bereich „West“ ist gegenüber der 100%igen Anschlussquote kaum verändert und ist weiterhin für ein Wärmenetz sehr wahrscheinlich geeignet. In diesem Bereich kommt weiterhin hinzu, dass möglicherweise direkt benachbart bei HOBUM OLEOCHEMICALS GMBH und/oder einem weiteren Unternehmen Abwärmepotenziale bestehen, die in ein Wärmenetz eingebunden werden könnten. Eine kostengünstige Einbindung der Wärmequelle würde die Wirtschaftlichkeit einer zentralen gegenüber einer dezentralen Versorgung weiter verbessern.

Im Bereich der Schlossinsel entfallen durch die geringere Anschlussquote einige rote beziehungsweise orange Abschnitte und werden durch orange beziehungsweise gelbe ersetzt. Trotzdem stellt sich der Bereich weiterhin wahrscheinlich für die Errichtung eines Wärmenetzes geeignet beziehungsweise bei einer günstigen Wärmequelle geeignet dar. Hier wird im Weiteren zu prüfen sein, ob einerseits günstig zu erschließende Abwärmepotenziale ausreichend sind, um auch diesen Bedarf zu decken, und andererseits

wie kostenintensiv die Querung der Wasserstrukturen insbesondere bei denkmalgeschützten und somit nicht zur Anhängung von Wärmetrassen geeigneten Brücken wäre.

Auch die wahrscheinliche Eignung des VU-Gebiets fällt erwartungsgemäß etwas schlechter aus als bei einer 100%igen Anschlussquote. Hierbei wird insbesondere noch zu berücksichtigen sein, inwiefern im Rahmen der Umstrukturierungen und teilweisen Neuerschließung des Bereichs Synergien z. B. bei Tiefbauarbeiten und Wiederherstellung von Oberflächen zwischen Straßenbau sowie Ver- und Entsorgung mit Strom, Wasser, Telekommunikation und eben auch Wärme genutzt werden können, sodass die Errichtung eines Wärmenetzes gegebenenfalls kostengünstiger als in bereits stark verdichteten Gebieten ausfällt.

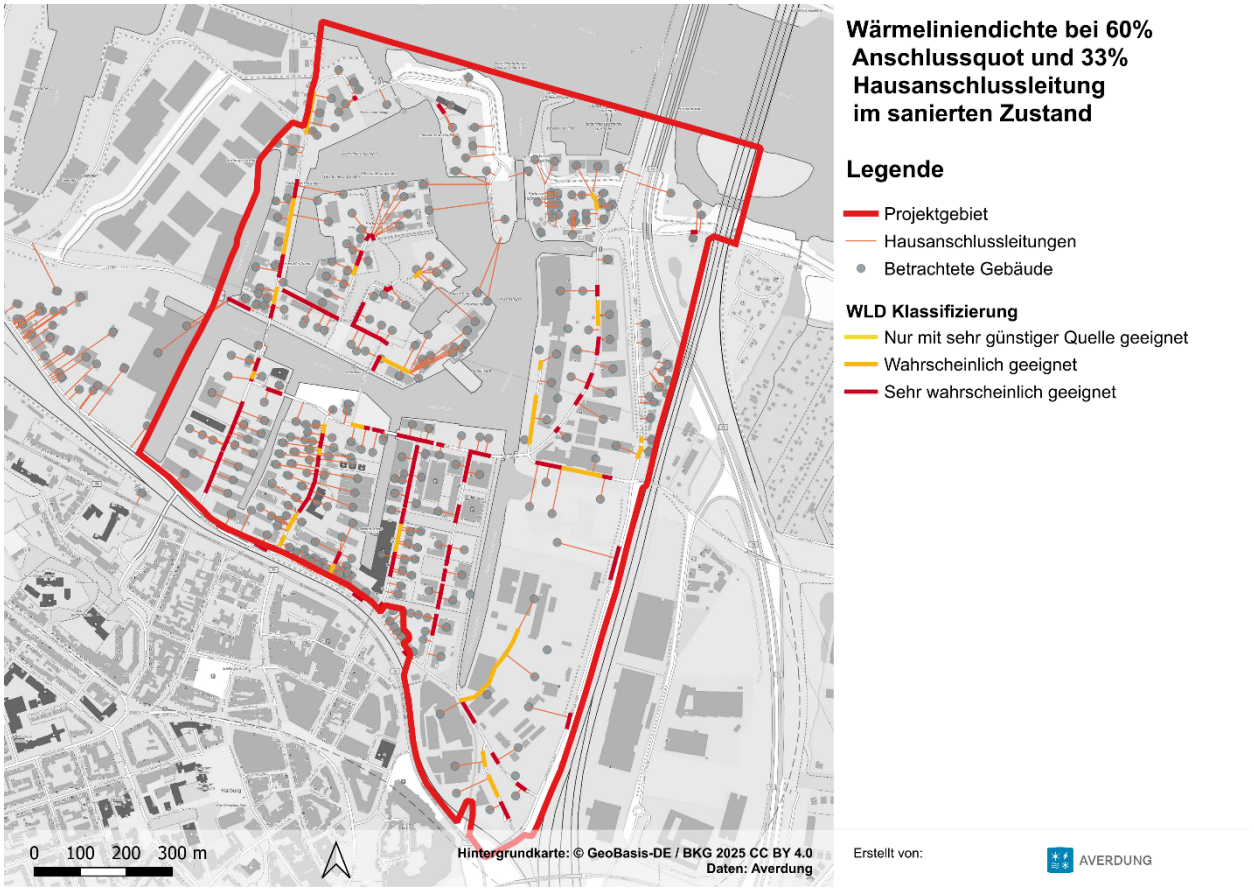


Abbildung 30: Wärmeliniendichte mit 60 % Anschlussquote

5.1.2 Empfehlung für Wärmenetztemperaturen

Es liegen keine detaillierten Informationen über die gebäudespezifischen Vorlauftemperaturen der Heizungsverteilung vor. Es ist jedoch davon auszugehen, dass insbesondere die über feuerungstechnische Anlagen beheizten Gebäude beziehungsweise deren Heizungsverteilung auf Temperaturen im Vorlauf von > 70°C ausgelegt sind. Dies bedeutet, dass Heizkörper in entsprechender Anzahl und Größe verbaut sind, um alle Räume ausreichend beheizen zu können. Senkt man nun die Vorlauftemperatur ab, sind Heizflächen (Kombination aus Anzahl und spezifischer Fläche der Heizkörper) gegebenenfalls nicht ausreichend, um das Gebäude weiterhin zufriedenstellend zu beheizen. In diesem Fall müssen Heizkörper nachgerüstet und anschließend über einen Hydraulischen Abgleich entsprechend eingestellt werden.

Im Weiteren sollen insbesondere Wärmequellen, die durch Wärmepumpen genutzt werden können, betrachtet werden, da diese die benötigte Wärme deutlich effizienter und nachhaltiger als (fossile) Verbrennungsprozesse zur Verfügung stellen können. Wärmepumpen arbeiten jedoch umso effizienter, je geringer die zur Verfügung zu stellende Zieltemperatur ist. Somit sind möglichst niedrige Vorlauftemperaturen in den Gebäuden wünschenswert. Hierbei ist zunächst entscheidend, ob ein Gebäude nur beheizt oder auch Trinkwarmwasser zentral über das Heizungssystem zur Verfügung gestellt werden soll. Moderne Flächenheizungen wie z. B. Fußbodenheizungen arbeiten auf vergleichsweise geringen Vorlauftemperaturen von < 40 °C.

Die Trinkwarmwasserbereitstellung erfolgt auf Grund hygienischer Anforderungen i.d.R. bei mind. 60 °C. Bei der Bereitstellung über ein Wärmenetz ergeben sich somit mehrere Temperaturstufen. Um auch die letzte Abnahmestelle in der Reihe noch mit ausreichenden 60 °C zu versorgen, müssen dort im Gebäude ca. 63 °C ankommen, da bei der hydraulischen Trennung der Systeme Verluste entstehen. Da auch über das Wärmenetz mit Verlusten zu rechnen ist, muss die Wärmepumpe in der Energiezentrale hierfür ca. 65 bis 67 °C bereitstellen. Entsprechend ist es wichtig, dass die einzelnen anzuschließenden Gebäude zunächst auf die in den Technischen Anschlussbedingungen des Wärmenetzes festzulegende Vorlauftemperatur geprüft und gegebenenfalls saniert werden.

Eine Alternative im Projektgebiet mit sehr gemischten Anforderungen (mit/ohne Brauchwarmwasserbedarf, unsanierter Bestand, Neubau mit Flächenheizungen…) könnte eine niedrige Vorlauftemperatur im Netz von ca. 45 bis 50 °C und individueller, bedarfsgerechter Nacherhitzung in den Gebäuden sein. Somit können zentral Bereitstellungsleistung eingespart und Netzverluste vermieden werden. Es profitieren vor allem diejenigen, die ihre Gebäude auf diesen Niedertemperaturstandard saniert haben und keine dezentrale Nacherhitzung benötigen, gleichzeitig werden die Kosten für die zentrale Versorgung für alle günstiger.

5.2 Potenzialanalyse

Angesichts der zunehmenden Notwendigkeit, fossile Energieträger zu ersetzen und die lokalen CO_2-Emissionen nachhaltig zu senken, rückt die Nutzung erneuerbarer Energiequellen für die Wärmeversorgung verstärkt in den Fokus. Dieses Kapitel widmet sich der systematischen Analyse und Bewertung der verfügbaren Potenziale im Projektgebiet, mit dem Ziel, technisch und ökologisch sinnvolle Alternativen für eine zukunftsfähige Wärmeversorgung aufzuzeigen. Die Betrachtung erfolgt unter Berücksichtigung standortspezifischer Gegebenheiten sowie aktueller technologischer Entwicklungen, um konkrete Handlungsempfehlungen für eine klimafreundliche Transformation der Wärmeinfrastruktur ableiten zu können.

5.2.1 Aquathermie

Die Projektlage inmitten beziehungsweise umgeben vom Harburger Binnenhafen bietet Möglichkeiten das Oberflächenwasser mittels Wärmepumpe als Wärmequelle zu nutzen. Bei der Nutzung von Oberflächenwasser als Wärmequelle kommen grundlegend zwei unterschiedliche Technologien zur Anwendung:

- Direkte Nutzung von z. B. Flusswasser (offene Systeme)
- Energetische Aktivierung von Spundwänden (geschlossene Systeme)

Beide Systeme wurden im Weiteren technisch betrachtet und mit den zuständigen Genehmigungsbehörden vorabgestimmt. Dabei teilte die BUKEA, Amt für Wasser, Abwasser und Geologie, Abteilung Wasserwirtschaft als genehmigungsrechtlich zuständige Behörde mit, dass der Harburger Binnenhafen zum Gewässer des Seevekanals gehört und somit offene Systeme (anders als in der Elbe) nicht prüffähig sind. Das Potenzial wird somit zum aktuellen Zeitpunkt für das Projektgebiet nicht weiterverfolgt. An anderen

Stellen im Hamburger Stadtgebiet befinden sich aktuell Flusswasserwärmepumpen in Planung, um die Gewässerwärme der Elbe zu nutzen, um ab 2030 das Kraftwerk Tiefstark im Wärmenetz von Hamburg Energie zu ersetzen.

Im Weiteren wird daher die Nutzung geschlossener Systeme beziehungsweise die energetische Aktivierung von Spundwänden betrachtet.

Die allgemeinen, behördlichen Anforderungen und Abstimmungen zur thermischen Nutzung des Oberflächengewässers Binnenhafen finden sich in Anhang 11.2.

Die nächstgelegene Temperaturmessung, die ermittelt werden konnte, stammt von der Bunthäuser Spitze (Elbe). Wie in Abbildung 31 zu sehen ist, wird im Juli und August eine Temperatur von teilweise bis zu 23 °C in der Elbe erreicht. Im Januar und Februar hingegen sinkt die Temperatur bis auf ca. 3 °C ab. Der Gefrierpunkt liegt bei ca. 0 °C, da eine Salinität von ca. < 0,05 % vorliegt und somit Süßwasser vorhanden ist.[12] Dadurch muss bei einer thermischen Nutzung rein technisch beachtet werden, dass durch die Abkühlung des Wassers der Gefrierpunkt nicht erreicht wird. Für den Binnenhafen wird davon ausgegangen, dass die Gewässertemperatur aufgrund des stehenden Gewässercharakters schlechter regeneriert wird als im Fließgewässer der Elbe, somit dürften sich die Hoch- (im Sommer) und Tiefpunkte (im Winter) weiter verstärken. In der Folge könnten im Winter bei Wärmeentzug schneller Ausfallzeiten des Potenzials erreicht werden. Entsprechend wichtig wäre es im weiteren Verlauf konkrete Messungen am jeweiligen Standort durchzuführen, um das Potenzial konkret bewerten zu können.

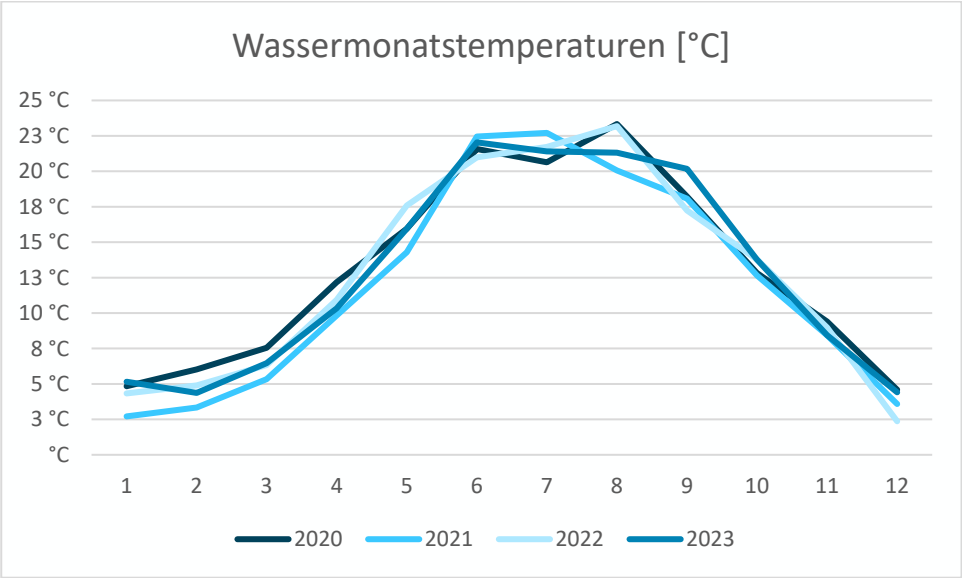


Abbildung 31: Durchschnittstemperaturen der Elbe an der Bunthäuser Spitze (Quelle: Hamburg Service)

Im Projektgebiet sind sowohl gemauerte Kaimauern als auch Spundwände aus Stahl vorhanden. Sowohl aufgrund der geringen Wärmeleitfähigkeit und somit fehlenden Entzugsleistung von Mauerstein auch aus denkmalschutzrechtlichen Anforderungen entfallen die Bereiche der gemauerten Kaianlagen. Im Weiteren

[12] Endbericht „Fortschreibung der Untersuchungen zur Überwachung von Veränderungen der Makrophytenbestände unter besonderer Berücksichtigung der Salinität im Bearbeitungsgebiet Tideelbe" von Dipl.-Biol. Gabriele Stiller im Auftrag von Sonderaufgabenbereich Tideelbe Wassergütestelle Elbe

werden die Bereiche mit Spundwänden aus Stahlprofilen weiterbetrachtet, die über eine entsprechend hohe Wärmeleitfähigkeit und somit eine relevante Entzugsleistung von ca. 250 W/m² verfügen.

Zu diesem Potenzial erfolgte ein Abstimmungstermin per Video am 06.05.2025 mit

- Averdung Ingenieure und Berater GmbH
- Bezirksamt Harburg, Dezernat Wirtschaft, Bauen und Umwelt, Fachamt Stadt- und Landschaftsplanung, Abteilung Klima und Energie
- Bezirksamt Harburg, Management des öffentlichen Raums
- Bezirksamt Harburg, Management des öffentlichen Raums, Tiefbauabteilung
- Behörde für Kultur und Medien, Denkmalschutzamt

Dabei wurden verschiedene innerhalb des Projektgebiets in Frage kommende Abschnitte (s. Abbildung 32) diskutiert und die folgenden als besonders interessant bewertet:

- Fläche 4: aktuell Grundlagenermittlung zur Sanierung des Uferbauwerks, Prüfung einer energetischen Aktivierung könnte im Rahmen der Vorplanung erfolgen; Wärmesenke durch Firma Hirdes oder weitere benachbarte Gebäude wäre zu prüfen
- Fläche 7: Treidelweg, 400 m inklusive Promenade frisch saniert; Nachrüstung wäre technisch möglich; Spundwand liegt entlang einer Meerforellenwanderstrecke, was genehmigungsrechtlich zu berücksichtigen wäre; Wärme könnte für die Versorgung im VU-Gebiet genutzt werden
- Fläche 8: Nachrüstung könnte im Rahmen der Erschließung des zweiten Baufelds geprüft und die Wärme für die Versorgung des Fraunhofer Instituts genutzt werden
- Fläche 9: Nachrüstung könnte im Rahmen der Errichtung des Hamburg Innovation Ports 2 (HIP) geprüft und für dessen Versorgung genutzt werden; es handelt sich um private Einzelgrundstücke

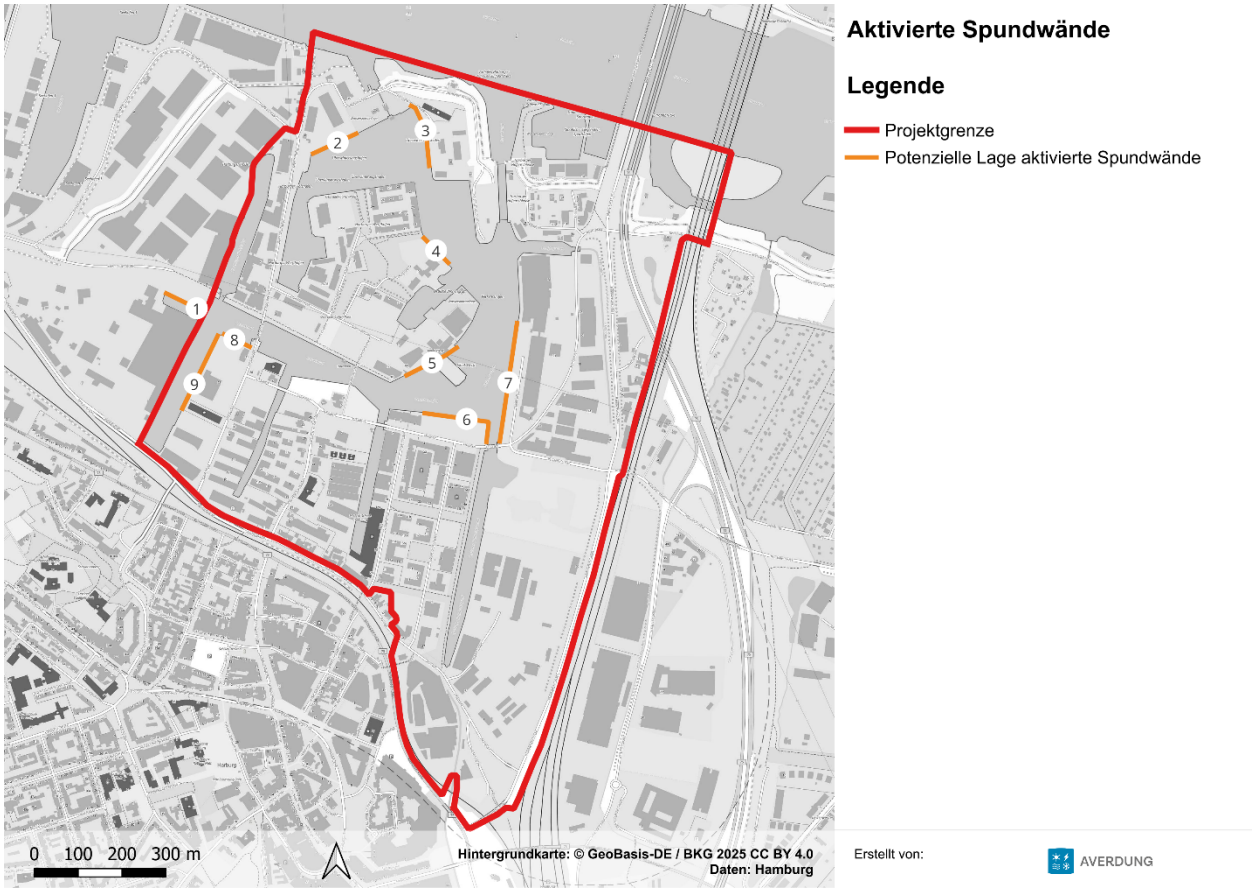


Abbildung 32: Übersichtsplan mit Lage der potenziellen Kaimauern mit Möglichkeit zur Aktivierung der Spundwände

Weitere Flächen wurden zum aktuellen Zeitpunkt verworfen:

- Fläche 1: gehört Cargill GmbH, zukünftige Nutzung/Verkauf des Grundstücks unklar
- Fläche 2: Sanierung der Kaimauer aktuell bereits in der Entwurfsplanung und somit zu spät für Integration bei Sanierung, Klinker-Kaimauer wird wieder in Stand gesetzt; Denkmalschutz wäre im Einzelfall zu prüfen gewesen; direkte Abnehmer haben nun andere Wärmeversorgung geplant
- Fläche 3: von Seiten Tiefbauamt/Sanierung interessante Fläche zur weiteren Prüfung, gefasste Wasserflächen denkmalgeschützt, Zeitrahmen abhängig von Haushaltsmitteln
- Fläche 5: Umsetzung von Seiten Tiefbauamt auf Grund der komplexen Uferanlage als eher schwierig bewertet, im Besitz der Werft
- Fläche 6: Sanierung ausstehend, in privatem Besitz, weiteres bei Erschließung des Baufelds zu prüfen
- Östlicher Bahnhofskanal: keine thermische Entzugsleistung, da bis zum Grund gemauert

Die Ergebnisse der technischen Potenzialbetrachtung finden sich in Tabelle 19. Hierbei wurden eine spezifische Entzugsleistung von 250 kW/m², 3.500 Vollbenutzungsstunden sowie eine JAZ zwischen der Wärmemenge der Umweltquelle und der bereitgestellten Wärme am Ausgang der Wärmepumpe von 3,5 berücksichtigt.

Tabelle 19: Ergebnisse der aktiven Spundwandbetrachtung

Abschnittsnummer	Länge [m]	gemittelte Wassertiefe [m]	Entzugsleistung [W]	Wärmemenge [kWh]	Wärme Bereitstellung [kWh]
1	175	4	175.000	612.500	857.500
2	108	4	108.000	378.000	529.200
3	150	3,5	131.250	459.375	643.125
4	82	3	61.500	215.250	301.350
5	135	3	101.250	354.375	496.125
6	202	3,7	186.850	653.975	915.565
7	160	3,5	140.000	490.000	686.000
8	60	3,5	52.500	183.750	257.250
9	150	3,5	131.250	459.375	643.125
Summe			**1.087.600**	**3.806.600**	**5.329.240**
Summe 4, 7, 8, 9			**385.250**	**1.348.375**	**1.887.725**

Das ermittelte Gesamtpotenzial von ca. 5,3 GWh p.a. ist an verschiedenen Stellen im Projektgebiet verteilt und somit für die zentrale Erschließung und Einspeisung in ein Wärmenetz nur bedingt geeignet. Einzelne Flächen könnten erschlossen werden und anteilig mit in ein Wärmenetz einspeisen oder zur dezentralen Versorgung einzelner Gebäude(-komplexe) genutzt werden.

Die Investitionskosten für eine Oberflächengewässerversorgung liegen für eins der größeren Gebäude im Projektgebiet mit ca. 80 kW Heizlast im Gegensatz zu einer Luftwärmepumpe (ca. 1.400 €/kW) bei ca. 1.600 €/kW hinzu kommen je nach Entfernung zum Gewässer Kosten für eine Anbindeleitung.

Im Weiteren wird eine Einzelfallprüfung der Flächen 4, 7, 8 und 9 empfohlen, um diese in der Wärmeversorgung des Binnenhafens zu integrieren. Die Flächen 4 und 7 (s. auch Maßnahme W4 in Kapitel 5.3) können dabei für die dezentrale Nutzung von einzelnen Gebäuden oder Gebäudekomplexen genutzt wer-

den. Die Flächen 8 und 9 könnten – bei Nicht-Errichtung eines Wärmenetzes im Bereich West beziehungsweise bei Nicht-Anschluss zukünftiger Gebäude von Fraunhofer Institut und HIP2 – ebenfalls für eine dezentrale Nutzung erschlossen werden. Bei Errichtung eines Wärmenetzes im Bereich West könnten die Flächen 8 und 9 auch genutzt werden, um das Oberflächengewässer als Wärmequelle ins Wärmenetz einzubinden. Hierzu ist jedoch zu ergänzen, dass dies auf Grund der vergleichsweise hohen Investitionskosten und in direkter Konkurrenz zur industriellen Abwärme den Charakter eines Leuchtturmprojekts hätte und keine wirtschaftlichen Vorteile bringen würde.

5.2.2 Abwasserwärme

Die technischen Grundlagen des Potenzials werden im Rahmen des Endberichts nicht erläutert. Im Weiteren wird nur auf die für das Projektgebiet relevanten Faktoren und Kennzahlen eingegangen.

Für eine Abschätzung des Abwasserwärmepotenzials wurden Kanalverlaufspläne in und um das Projektgebiet auswertet. Im Norden des Projektgebiets laufen zwei Schmutzwassersiele in Richtung Klärwerk Dradenau zusammen. Das westlich verlaufende Schmutzwassersiel hat lt. Aussage von Hamburg Wasser einen Trockenwetterfluss von ca. 330 l/s, während für das von Osten kommende Siel nur ca. 90 l/ genannt werden.[13] Bei beiden Angaben handelt es sich um modellierte Abflussmengen. Für genauere Bestimmungen wären Messungen im Siel erforderlich. Auch der Temperaturverlauf des Abwassers wird nicht flächendeckend aufgezeichnet. Bei Hamburg Wasser wird jedoch von einer Mindesttemperatur von 11 °C ausgegangen, wobei ein Wärmetauscher max. 3 K entziehen dürfte.

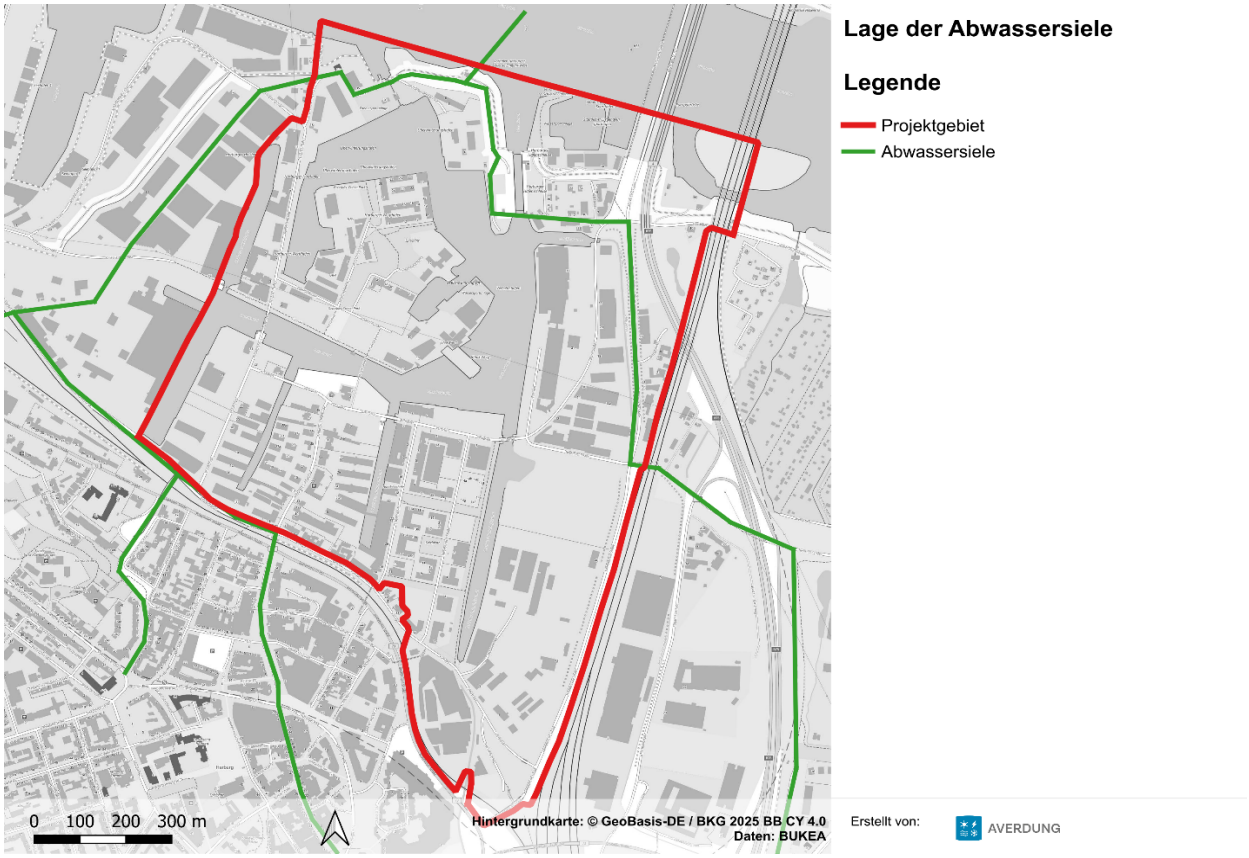


Abbildung 33: Infrage kommende Abwassersiele

[13] Email von Hamburg Wasser (Lukas Cordts) am 24.01.2025

An beiden Sielabschnitten wäre Abwasserwärme nur im Bypassverfahren zu entziehen, da es sich um große Transportsiele handelt, die über keine Umleitung verfügen. Weiterhin liegen die Siele in einer Tiefe von 13 bis 17 m und haben teilweise ein Begehungsverbot, was den Einbau von Wärmetauschern erschwert. Neben den Investitionskosten für das Bypassverfahren an sich wären auf Grund der großen Tiefe insbesondere auch der Energiebedarf für das Hochpumpen des Abwassers zu berücksichtigen. In einem vergleichbaren Projekt (15 m tiefes Siel bei ca. 225 l/s Durchfluss) kalkuliert Hamburg Wasser mit 0,4 MW Pumpenenergie.

Die Mindestmenge von 15 l/s wird von beiden Sielen überschritten. Für die beiden Siele ergeben sich rechnerisch mit der unten dargestellten Formel maximale Entzugsleistungen von ca. 1.100 kW im östlichen Abschnitt mit 90 l/s und ca. 4.150 kW im westlichen Abschnitt mit 330 l/s.

Formel 1: Berechnung der Entzugsleistung

$$Ent\_Leist\_kW = Q_{TW} * c * delta\_T$$

Ent_Leist_kW	**Maximale Entzugsleistung [kW]**
Q	Durchfluss des Abwassers [l/s]
c	Wärmekapazität Wasser bei 0 bis 20 °C (4,185) [kJ /kg·K]
delta_T	Temperaturdifferenz (3) [K]

Zur Abschätzung der jährlich zu erwartenden Wärmemenge auf Basis der potenziellen Entzugsleistung wurde für die Effizienz der Abwasserwärmepumpe eine JAZ von 4 zugrunde gelegt. Im Vergleich zu anderen Umweltquellen verfügt Abwasser ganzjährig über eine vergleichsweise hohe Quelltemperatur, sodass Wärmepumpen bei gleicher Zieltemperatur eine höhere Effizienz erreichen. Weiterhin sind Vollbenutzungsstunden anzusetzen. Um das rein technische Potenzial zu berechnen, welches das Siel theoretisch zur Verfügung stellen kann, können 8.760 Stunden für eine Nutzung über alle Stunden des Jahres angesetzt werden. Hiermit ergäbe sich eine Wärmemenge von 13 GWh p.a. beim östlichen und 48 GWh beim westlichen Siel. Da jedoch nicht ganzjährig eine entsprechende Abnahme vorausgesetzt werden kann, werden zwischen 3.500 und 5.500 Vollbenutzungsstunden für eine Wärmebereitstellung in der Heizperiode sowie sommerliche Trinkwarmwasserbedarfe angenommen. Somit ergibt sich ein nutzbares Wärmemengenpotenzial im Bereich von ca. 19 bis 30 GWh p.a. aus dem östlichen Siel und ca. 5 bis 8 GWh p.a. aus dem westlichen Siel.

Da Hamburg Wasser die Erschließung über einen Bypass vorgibt, werden entsprechende oberirdische Flächen für die Wärmeentnahme (inklusive Wärmetauscher, Pumpwerk, Wartungsschächte) von ca. 800 bis 1.000 m²/MW Abwasserwärmeleistung benötigt. Diese sollten in direkter Nähe zum Abwassersiel liegen, um komplizierte und entsprechende teure Trassenführung im dicht bebauten innerstädtischen Bereich zu vermeiden. Dabei können die Flächen auch länglich gestreckt (z. B. 20 m x 50 m) sein.

Für die Entnahme am östlichen Siel würden somit 1.100 m² beziehungsweise am westlichen Siel ca. 4.150 m² Freifläche benötigt. Am westlich verlaufenden Siel scheinen direkt im Projektgebiet keine ausreichend großen Freiflächen verfügbar (z. B. abschüssiger Harburger Hauptdeich ungeeignet). Erst außerhalb des Projektgebiets ergibt sich entlang des Trassenverlaufs südlich des Bostelbeker Hauptdeichs eine bewaldete Freifläche in ausreichender Größe, hierbei ist jedoch kritisch anzumerken, dass die Fläche Luftlinie ca. 700 m vom potenziellen Standort einer Energiezentrale entfernt liegt.

Das östlich verlaufende Siel verläuft zunächst ebenfalls entlang des abschüssigen Harburger Hauptdeichs. Danach verläuft das Siel im Nordteil des sogenannten VU-Gebiets. Hier wäre im weiteren Planungsprozess zu prüfen, inwiefern Freiflächen für die Abwasserentnahme zur Verfügung gestellt werden könnten.

Ein Telefonat mit Hamburg Wasser am 02.07.2025 ergab folgende Ergänzungen:

- Die geringste Tiefe weist das östliche Siel innerhalb des Projektgebiets im Bereich der Kreuzung Hannoversche Straße und Neuländer Straße mit ca. 11 m auf.
- Bei beiden betrachteten Sielen handelt es sich um Gefälleleitungen, die auf Grund ihrer großen Länge diese besonderen Tiefen erreichen.
- Die beiden Kanäle werden als einigermaßen kritisch bewertet, da sie große Bereiche entsorgen. Der Betrieb kann also nur kurzzeitig unterbrochen werden. Auch zur Einbringung eines Bypasses müsste der Betrieb unterbrochen beziehungsweise aufgestaut werden, um einen Pumpensumpf einzubauen. Der innenliegende Einbau eines Wärmetauschers würde deutlich mehr Zeit in Anspruch nehmen und wurde daher von Hamburg Wasser verworfen.
- Möglicherweise ist am Standort der oben genannten Kreuzung ein Schachtbauwerk vorhanden. Größe etc. sind unbekannt. Die Einbringung von Entnahmeleitungen innerhalb des Schachtbauwerks zur Vermeidung einer entsprechenden Bohrung wäre im Rahmen einer ergänzenden Machbarkeitsstudie zu prüfen.
- Der vorhandene Korrosionsschutz der Kanäle ist bei baulichen Maßnahmen zwingend aufrecht zu erhalten.
- Hamburg Wasser fragt nun noch intern die Abteilung Netzbetrieb an. Der Zustand des Kanals wäre für eine energetische Nutzung ausreichend gut. Die Bewertung der Eingriffe in den Netzbetrieb bleibt durch Hamburg Wasser zu prüfen, wird voraussichtlich als eher kritisch bewertet.

Das Potenzial des östlichen Siels wird im Rahmen des Variantenvergleichs und der Maßnahmenentwicklung für das VU-Gebiet berücksichtigt (s. Kapitel 5.4).

Kosten für die Wärmebereitstellung aus Abwasser setzen sich wie folgt zusammen:

- Wärmepumpenmodul (bei ca. 1,2 MW): ca. 900 €/kW
- Infrastruktur zur Abwassernutzung (bei ca. 1.000 MW): ca. 800 €/kW
- Weitere Kosten ergeben sich durch eine Anbindungleitung zwischen Abwassersiel und Energiezentrale: ca. 1.000 €/m

5.2.3 (Industrielle) Abwärme

Ein weiteres Wärmepotenzial könnte direkt im Projektgebiet oder in der Nachbarschaft anfallende industrielle Abwärme bieten.

Im Projektgebiet selbst sind u. a. aus dem bereits erstellen Integrierten Klimaschutzkonzept von 2021 keine Abwärmepotenziale beziehungsweise keine Nutzungen mit typischerweise relevanten Abwärmepotenzialen bekannt. In der Umgebung des Projektgebiets konnten bereits im IKK 2021 einige Abwärmepotenziale z. B. bei Holborn Europa Raffinerie GmbH und Cargill GmbH ermittelt werden.

Das seit Anfang 2025 veröffentlichte Abwärmekataster des BAFA enthält unter der Postleitzahl 21079 Binnenhafens aktuell (Stand: 03.07.2025) an drei Standorten mehrere Potenziale:

- Hanseatic Elastomer Components GmbH (Nöldekestraße 4): ca. 1,4 MW bei > 110 °C aus der Vulkanisation
- Holborn Europa Raffinerie GmbH (Moorburger Straße 16): ca. 15 MW in verschiedenen Temperaturbereichen zwischen 25 und > 110 °C aus verschiedenen Prozessschritten
- Mercedes-Benz AG (Mercedesstraße): ca. 0,3 MW in verschiedenen Temperaturbereichen zwischen 25 und > 110 °C aus verschiedenen Prozessen

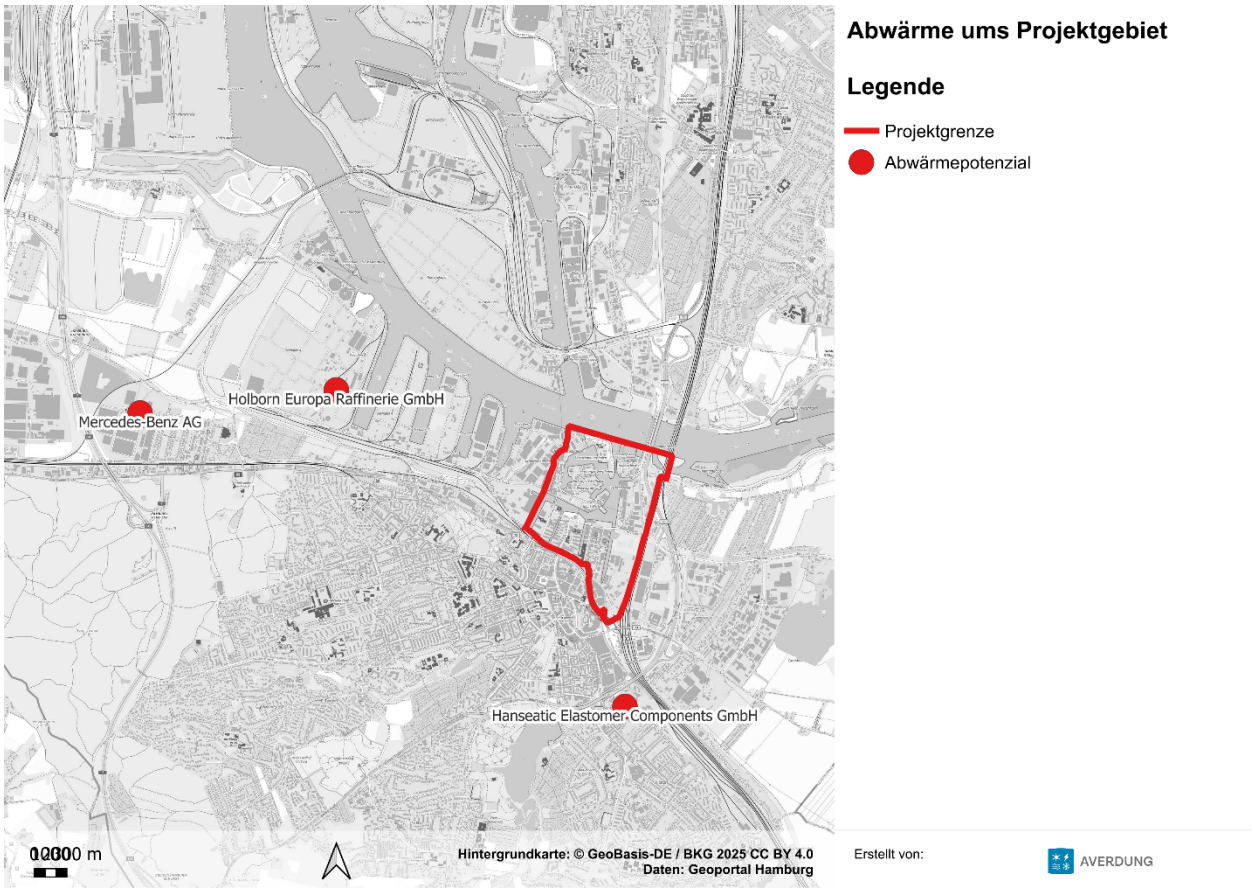


Abbildung 34: Lage der Abwärmepotenzialen

Wie in Abbildung 34 dargestellt, sind die Potenziale zwischen ca. 1,6 und 4,3 km vom Projektgebiet entfernt und somit nicht sinnvoll wirtschaftlich nutzbar und werden daher nicht weiterverfolgt.

In direkter Nachbarschaft an der westlichen Grenze des Projektgebiets finden sich HOBUM OLEOCHEMICALS GmbH und ein weiteres Unternehmen. Beide verfügen über Abwärmepotenziale, wobei das Potenzial von Hobum im Weiteren beispielhaft dargestellt wird.

Die **HOBUM OLEOCHEMICALS GMBH (HOBUM)** verarbeitet am Standort Konsul-Ritter-Straße verschiedene pflanzliche Öle für technische Einsatzzwecke z. B. in der Automobilindustrie. Dafür wird Dampf bei bis zu 280 °C benötigt, der heute mit zwei erdgasbetriebenen Schnelldampferzeugern auf 64 bar bereitgestellt wird.

Ein Wasserstoffanschluss ist in Planung, so dass voraussichtlich ab 2027 schrittweise Erdgas durch Wasserstoff ersetzt werden könnte. Der Erdgasverbrauch liegt bei ca. 8 bis 11 GWh p.a. Der Betrieb läuft ganzjährig mit Ausnahme der Weihnachtstage und einem Betriebsstillstand im Sommer. Im Jahr 2025 wird noch

ein 3-Schicht-Betrieb (ca. zwei von vier Wochenenden) gefahren. Ein 5-Schicht-Betrieb mit allen Wochenenden ist in Vorbereitung. Das anfallende Kondensat kann auf Grund von Verunreinigungen nicht wieder als vollentsalztes (VE)-Speisewasser in den Dampfkreislauf gebracht werden, wird jedoch für die Erwärmung von VE-Wasser genutzt. Das anfallende Kondensat wird zusätzlich zur Tankbeheizung und Gebäudebeheizung (ohne Redundanz) genutzt. Überschüssiges Kondensat mit einer Temperatur von durchschnittlich 55 °C verbleibt teilweise ungenutzt.

Die ungenutzte Kondensatmenge beträgt zukünftig nach einer Betriebsoptimierung beziehungsweise Eigennutzung ca. 5.000 m³. Für die Einbindung in ein Wärmenetz wäre die Temperatur voraussichtlich um ca. 10 K anzuheben. Da Wärmepumpen bei der Quellenspreizung i.d.R. auf 5 K begrenzt sind, lassen sich somit bei ca. 5.800 Betriebsstunden pro Jahr ca. 5 kW beziehungsweise 33 MWh p.a. auskoppeln. Alternativ besteht die Möglichkeit, einen Quellenspeicher in das System zu integrieren, um eine größere Temperaturspreizung zu erzielen und dadurch eine höhere thermische Leistung zu generieren. Da auch ein maximales Potenzial von ca. 300 MWh p.a. gegenüber dem benötigten Wärmebedarf eines potenziellen Netzes sehr gering (< 1 %) wäre, wird das Potenzial für eine zentrale Einbindung nicht weiterverfolgt.

5.2.4 Geothermie

Oberflächennahe Geothermie wird meistens über Erdwärmesonden nutzbar gemacht. Dabei handelt es sich um vertikal installierte Rohre mit einer Tiefe von bis zu 400 m, in denen ein Wärmeträgermedium (meist ein Wasser-Glykol-Gemisch oder Wasser) dem Erdreich Wärme entzieht. Eine Alternative zu Erdwärmesonden bilden Erdkollektoren. Bei dieser Technologie werden die Rohre oder Schläuche mit dem Wärmeträgermedium schleifenförmig unter der Frostgrenze in etwa 1 bis 3 m Tiefe verlegt. Erdkollektoren sind verglichen mit Erdsonden leistungsspezifisch kostengünstiger, benötigen jedoch deutlich mehr Fläche für die gleiche Leistung und sind deshalb eher für Einfamilienhäuser geeignet. Erdkollektoren werden, aus diesem Grund nicht weiter betrachtet.

Erdsonden können eine saisonale Wärmespeicherung sowie eine Kopplung zwischen Wärme und Kälte ermöglichen, indem die Sonden im Sommer als Temperatursenke zur Kühlung dienen und im Winter die so eingespeicherte Wärme zu Heizzwecken genutzt wird. Durch die aktive Regeneration der Erdsonden im Fall der Gebäudekühlung oder beispielsweise durch das Einbringen sommerlicher Wärme aus Solarabsorbern oder Rückkühlern in den Untergrund, kann die gelieferte Wärmemenge deutlich erhöht werden.

Wärmeleitfähigkeit

Die Wärmeleitfähigkeit des Bodens ist einer der entscheidenden Faktoren, welcher die finale Entzugsleistung und den Energieertrag einer Erdsonde bestimmt. Divergierende Bodenstrukturen, vorhandene Grundwasserleitungen und andere objektive Umstände wirken auf den Wert der Wärmeleitfähigkeit ein. Im Projektgebiet liegt die mittlere Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds bis in eine Tiefe von 100 m überwiegend im Bereich von 1,9 bis 2,0 W/mK. Im Nordosten ist sie mit weniger als 1,9 W/mK vergleichsweise gering, während im Südosten und Südwesten mit Werten über 2,0 W/mK die höchsten Wärmeleitfähigkeiten verzeichnet werden (vgl. Abbildung 35).

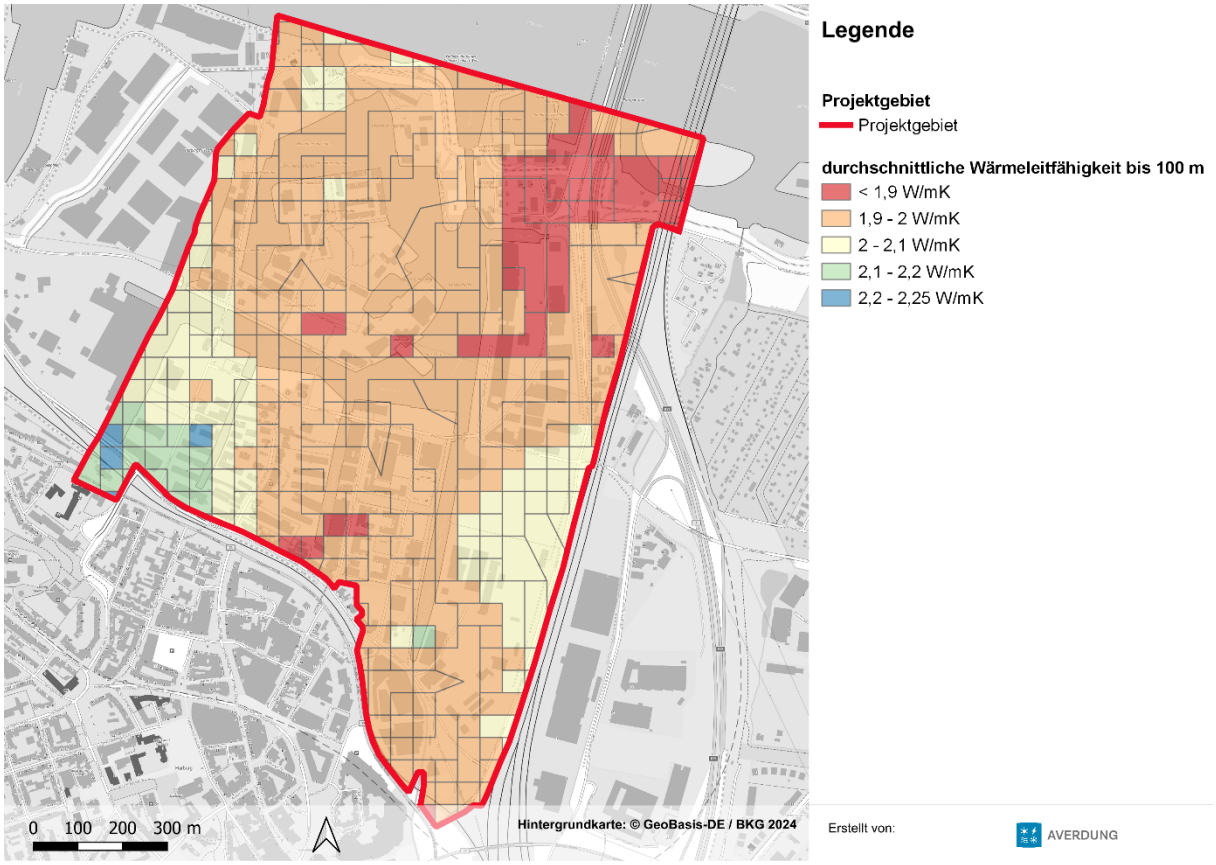


Abbildung 35: Spezifische Wärmeleitfähigkeit des Bodens bis 100 m Tiefe

Innerhalb oder in der Nähe des Projektgebiets befindet sich kein Trinkwasserschutzgebiet. Die im Projektgebiet vorhandenen Freiflächen unter Neubauten sind grundsätzlich für die Nutzung von Geothermie geeignet. In den Bereichen der Schlossinsel und West ist jedoch erschwerend mit Einschränkungen durch archäologische Funde zu rechnen. Insbesondere im Bereich des VU-Gebiets ist erschwerend mit Altlasten aus vergangenen Nutzungen zu rechnen. Beide Faktoren können die Baukosten geothermischer Projekte stark erhöhen und somit das wirtschaftlich nutzbare Potenzial reduzieren.

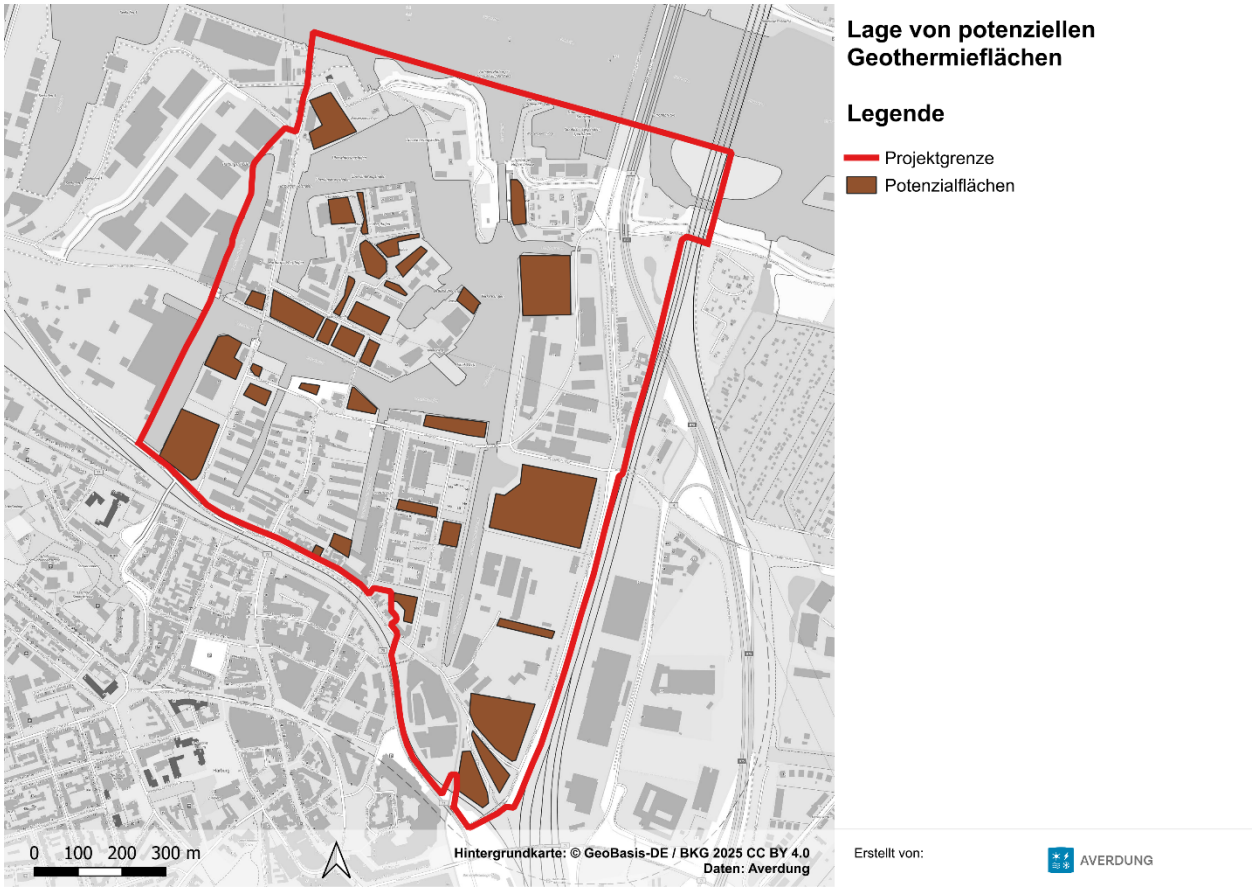


Abbildung 36: Potenzielle Flächen für die Nutzung von Geothermie

Die grundsätzlich nutzbaren Potenzialgebiete befinden sich auf Freiflächen und Flächen, auf denen Neubauten geplant werden, und wurden auf Grund von Luftbildern sowie Informationen aus der Stadtplanung und den in Planung befindlichen Bebauungsplänen abgeleitet. Die entsprechend in Abbildung 36 dargestellten 34 Potenzialflächen haben eine Fläche von ca. 151.250 m².

Die für die Bohrtiefe maßgeblichen geologischen Schichten im Hamburger Raum sind der Obere Glimmerton sowie der Lauenburger Ton. Zur Ermittlung ihrer räumlichen Verbreitung und der daraus resultierenden maximal möglichen Bohrtiefen wurden Daten des Geologischen Landesamts Hamburg (GLA) herangezogen. Im nördlichen Gebiet sind Bohrtiefen von 60 m und im südlichen Gebiet von 40 m möglich.

Der Sondenabstand wurde mit 10 m gewählt. So kommt es zu einer thermischen Entzugswärme von ca. 5 MWh p.a im gesamten Gebiet. Dabei werden Vollbenutzungsstunden von 2.100 h angesetzt, da auch von einer sommerlichen Wärmebereitstellung für die Trinkwarmwasserversorgung ausgegangen wird.

Tabelle 20: Ergebnisse der Potenzialanalyse Geothermie

	West	Mitte	Schlossinsel	VU-Gebiet
Anz. Sonden	251	107	394	747
Max. Sondentiefe	40 m	40 m	60 m	50 m
Sondenabstand	10 m	10 m	10 m	10 m
Max. zulässige Temp. Wärmeträgermedium bei Spitzenlast	-5 °C			
Jahresvolllaststunden	2.100 h			
Entzugsleistung [kW]	325	129	728	1.208
Entzugswärme [MWh]	682	272	1.530	2.537
Wärmemenge inklusive JAZ 3,7 [MWh]	934	372	2.096	3.476

Das geothermische Potenzial verteilt sich relativ kleinteilig über das Projektgebiet. Es kann also nicht zentral an einer Stelle für die Einbindung in ein Wärmenetz erschlossen werden. Es steht jedoch grundsätzlich für die dezentrale Versorgung von einzelnen Gebäuden oder Gebäudekomplexen zur Verfügung. Es ist dabei zu berücksichtigen, dass gebietsspezifische Einschränkungen wie eine Bohrtiefenbegrenzung sowie Altlasten und archäologische Funde im Boden vorliegen. Dadurch erhöhen sich die Investitionskosten für Erdsondenbohrungen, sodass eine geothermische Lösung (ca. 2.750 €/kW) bei ca. 1 MW für Wärmepumpe und Erdsondenbohrungen) in der Regel gegenüber der Versorgung mit einer Luft-Wärmepumpe (ca. 1.300 €/kW bei ca. 1 MW für Wärmepumpe und Rückkühlaggregate) nicht wirtschaftlich sein wird. Trotzdem bleibt für einzelne Grundstücke zu prüfen, ob eine geothermische Versorgung der richtige Lösungsweg sein kann, wenn z. B. der Platzbedarf für die Aufstellung der Rückkühlaggregate einer Luft-Wärmepumpe stark eingeschränkt ist.

5.2.5 Aerothermie

Die Nutzung der Außenluft als Wärmequelle wird als Aerothermie bezeichnet. Dabei wird die Außenluft über ein Rückkühlwerk zu einer Wärmepumpe geleitet, die die Wärmeenergie auf das gewünschte Temperaturniveau anhebt. Diese Rückkühlwerke werden im Freien, entweder in der Nähe oder auf dem Dach der Energiezentralen oder dezentral auf oder am zu versorgenden Gebäude, installiert. Die Leistung der Anlage ist frei skalierbar beziehungsweise hängt davon ab, wie viel Platz für die Rückkühlwerke zur Verfügung steht. Abbildung 37 zeigt eine Freiflächen-Luftwärmepumpe mit einer Leistung von einem Megawatt, die sich in unmittelbarer Nähe einer Wohnsiedlung in Dänemark befindet.



Abbildung 37: Rückkühlaggregate im Bereich von 1 MW Leistung in Slagslund Dänemark (Urheber PlanEnergi)

In Abbildung 38 sind der Wärmebedarf des Projektgebiets in Stundenwerten (blaue Balken) und die Außentemperatur (gelbe Kurve) dargestellt.

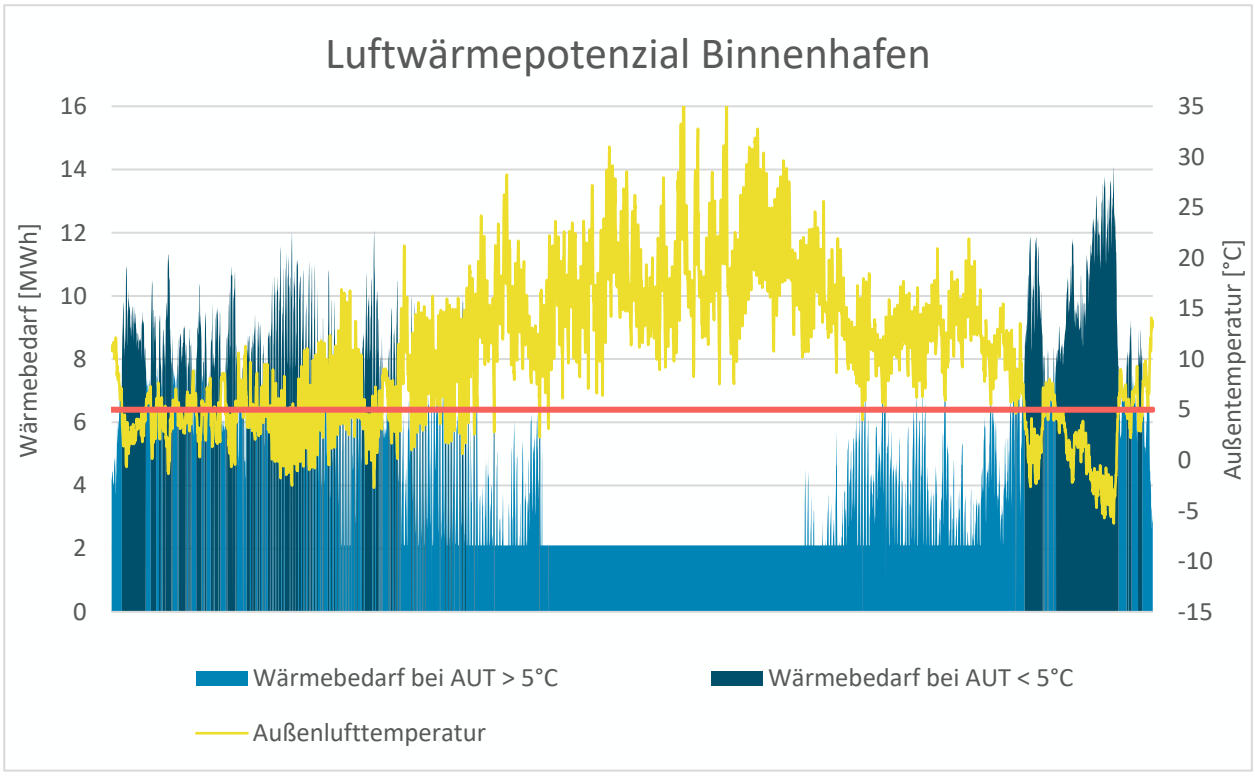


Abbildung 38: Darstellung von Wärmebedarf und Außentemperatur im Jahresverlauf

Das effizient erschließbare aerothermische Wärmepotenzial wird repräsentiert durch den Teil der Wärmearbeit, der bei Außenlufttemperaturen von über 5 °C anfällt (Bivalenzpunkt, rote Linie). Dies entspricht etwa 53 % des jährlichen Wärmebedarf des Quartiers. Wird die Wärmepumpe bei geringeren Außentemperatu-

ren betrieben, sinkt der Wirkungsgrad und der Anteil an elektrischer Energie zur Anhebung der Wärme auf das geforderte Temperaturniveau steigt. Nimmt man diesen Effizienzverlust in Kauf und betreibt die Luft-Wärmepumpe bis zum Gefrierpunkt, könnten bis zu 88 % des jährlich im Projektgebiet bestehenden Wärmebedarfs gedeckt werden. Bei niedrigeren Außenlufttemperaturen, insbesondere um den Gefrierpunkt, sackt die Wärmeleistung der Wärmepumpe durch die starken Vereisungsprozesse bei hoher Luftfeuchtigkeit jedoch stark ab und die Anlage müsste deutlich größer dimensioniert werden, um die gewünschte Leistung zu erbringen (s. hierzu auch Abbildung 39). Dabei bezeichnet der Bivalenzpunkt die Temperatur, die als Umschaltpunkt zwischen Luft-Wärmepumpe und zusätzlichem Wärmeerzeuger gewählt wird. Je niedriger dieser liegt, desto höher ist der Anteil der Wärmepumpe an der Gesamtwärmebereitstellung. Bei einem Bivalenzpunkt bei 5 °C Außentemperatur können ca. 50 % des Wärmebedarfs durch die Luft-Wärmepumpe gedeckt werden. Zeiten mit niedrigeren Temperaturen werden von einem anderen Wärmeversorger abgedeckt. Wird die Wärmepumpe bis zu einem Bivalenzpunkt von -10 °C betrieben, können 100 % des Wärmebedarfs über die Luft-Wärmepumpe gedeckt werden.

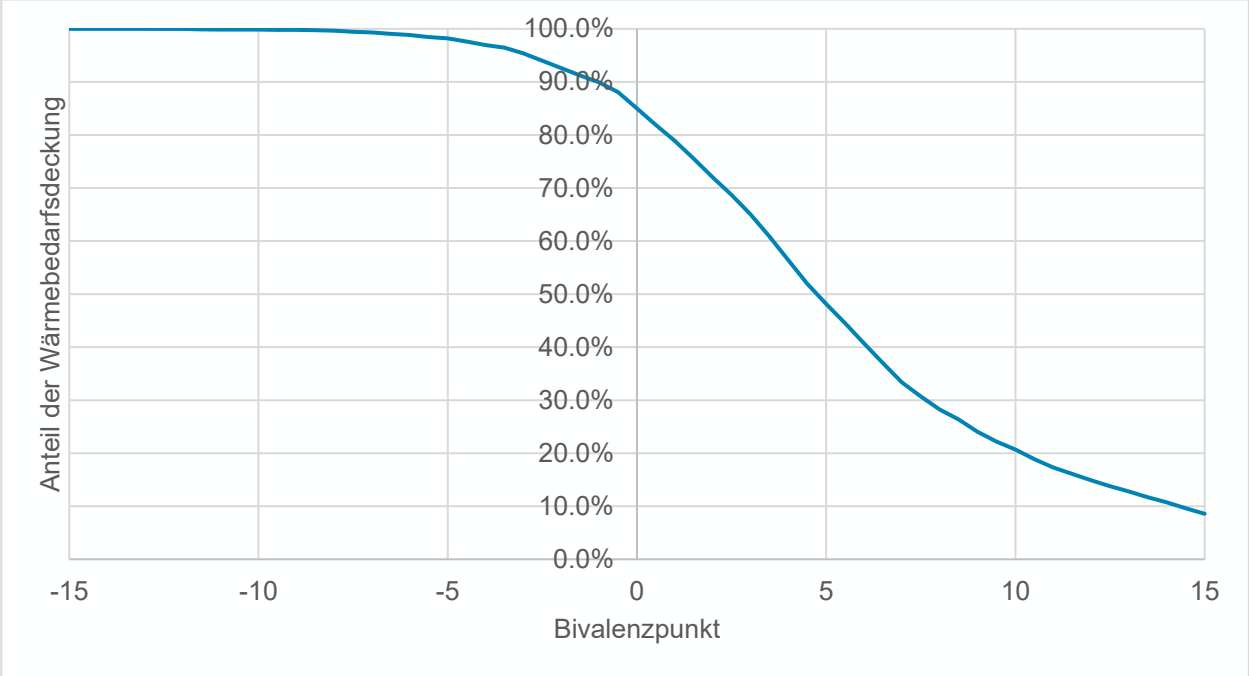


Abbildung 39: Anteil der Wärmebedarfsdeckung in Abhängigkeit zur Außentemperatur

Der Platzbedarf, um das Projektgebiet mit Luftwärme zu versorgen, ist maßgeblich abhängig von den Rückkühlern. Um die prozessbedingte Vereisung der Kühlflächen und den daraus resultierenden Leistungsverlust zu berücksichtigen, werden die Rückkühler um 20 % überdimensioniert. Für die Bestimmung der Leistungen wurden eine JAZ von 3 und Vollbenutzungsstunden von 4.000 Stunden pro Jahr als typische Erfahrungswerte angenommen. Tabelle 21 stellt den ermittelten Platzbedarf in den vier Bereichen Schlossinsel, West, Mitte und VU-Gebiet dar.

Tabelle 21: Ungefähre Platzbedarfe für die Rückkühler je Bereich in Abhängigkeit der bereitgestellten Wärmemenge

	Bedarf Zukunft [MWh]	Deckung [MWh]		Leistung Rückkühler [MW]		Platzbedarf Rückkühler [m²]	
Anteil %		**60**	**90**	**60**	**90**	**60**	**90**
Schlossinsel	7.200	4.320	6.480	0,9	1,3	250	315
West	10.200	6.120	9.180	1,2	1,8	300	370
Mitte	11.500	6.900	10.350	1,4	2,1	320	395
VU-Gebiet	17.100	10.260	15.390	2,1	3,1	390	500

Abhängig von dem Anteil der Deckung des für die Zukunft nach Nachverdichtung und Sanierung ermittelten Wärmebedarfs (s. auch Kapitel 3.4.1) durch die Wärmepumpe ergeben sich unterschiedliche Platzbedarfe für die Rückkühler je Bereich von 250 bis 500 m^2.

Luft-Wärmepumpen können sowohl zentral in Wärmenetze eingebunden als auch dezentral zur Versorgung einzelner Gebäude eingesetzt werden. In der Regel stellt die Luft-Wärmepumpe die technisch am einfachsten und somit vergleichsweise günstig zu erschließende Umweltquelle dar. Sowohl zentral als auch dezentral bleibt für den jeweiligen Aufstellort zu prüfen, ob alle relevanten Anforderungen z. B. in Bezug auf die TA Lärm (Schallemissionen) und in Bezug auf den Denkmalschutz (Sichtbarkeit von Rückkühlaggregaten) eingehalten werden können. Anders als Wasser/Wasser-Wärmepumpen, die andere Umweltquellen als Luft nutzen, entstehen bei Luft-Wärmepumpen auf zwei unterschiedliche Arten Schallemissionen. Zum einen entsteht wie bei allen Wärmepumpen Körperschall durch den Kompressor, zum anderen entsteht zusätzlich Luftschall durch die Ventilatoren. Luft-Wärmepumpen verursachen modell- und herstellerabhängig Schallemissionen in einer Höhe von 40 bis 65 Dezibel A-bewertet (dB(A)).[14]

In Hamburg ist seit Januar 2024 die Abstandsregelung von 2,5 m zum Nachbargrundstück entfallen. Dennoch müssen bei der Installation von Wärmepumpen weiterhin die Immissionsrichtwerte der TA-Lärm eingehalten werden (tagsüber 50 bis 63 dB(A), nachts 35 bis 45 dB(A)). Zusätzlich schreibt die HBauO eine rücksichtnehmende Aufstellung vor, sodass Nachbarn nicht durch Geräusche beeinträchtigt werden.

Können die Richtwerte nicht direkt eingehalten werden, sind verschiedene Maßnahmen zu ergreifen. Zunächst kann die Art der Aufstellung und Ausrichtung dahingehend optimiert werden. Der Luftstrom sollte an keiner Seite behindert werden, da dies zu einem höheren Betriebsgeräusch führt. Weiterhin ist die Schallabstrahlung von Wärmepumpen nicht homogen und in der Ausblasrichtung deutlich stärker ausgeprägt. Die Ausblasrichtung sollte also nicht auf schutzbedürftige Räume hin und mit möglichst viel Auslauffläche orientiert sein, da auch Reflexionen beim Auftreten auf Wände zu einer Erhöhung des Schalldruckpegels führen.

Sollten diese planerischen Maßnahmen nicht ausreichen, können bauliche Maßnahmen ergriffen werden. Die günstigste Variante sind dabei einfache Sicht- und Lärmschutzwände, die eine Minderung von ca. 15 dB erreichen. Eine höhere Minderung von ca. 25 dB kann mit anspruchsvolleren und entsprechend

[14] Dezibel A-bewertet definiert die physikalische Maßeinheit für den physikalischen Schalldruckpegel, der durch eine Frequenzbewertung korrigiert wurde, um die menschliche Hörkurve zu simulieren.

teureren Lamellenwänden erreicht werden. Die höchsten Minderungen von ca. 35 dB erreicht man mit einer Einhausung der Wärmepumpe durch Mauerwerk oder Beton zuzüglich absorbierenden Belags.

Der Bundesverband Wärmepumpen e.V. bietet auf seiner Homepage einen Schallrechner, um konkrete Fälle zu bewerten.[15]

Dies kann z. B. die Unterbringung der Rückkühlaggregate im Kellergeschoss mit Luftkanal, sodass sie nach außen nicht sichtbar sind, oder eine Einhausung zur Reduktion von Schallemissionen sein.

In Bereichen beziehungsweise an Gebäuden, für die Denkmal- und/oder Ensembleschutz und/oder die städtebauliche Erhaltungsverordnung gilt, sind außerdem die Auswirkungen auf das äußerliche Erscheinungsbild zu prüfen. Somit sollten Rückkühlaggregate und außenaufgestellte Wärmepumpen in nicht einsehbaren Bereichen (z.B. Gebäuderückseite oder im Inneren) aufgestellt werden. Bei einer Leistung von bis zu ca. 100 kW kann eine von außen nicht einsehbare Innenaufstellung erfolgen. Dabei ist auf ausreichendgroße Lüftungsschächte zu achten, um die erforderliche Anströmung zu erreichen. Somit ist die Option vergleichsweise platz- und kostenintensiv. Weiterhin sind die statischen Voraussetzungen für die erforderlichen Durchbrüche zu prüfen oder vorhandene Öffnungen wie Lichtschächte oder Kellerfenster zu verwenden. Abbildung 40 zeigt beispielhafte Innenaufstellungen inkl. Luftein- und -ausführung.

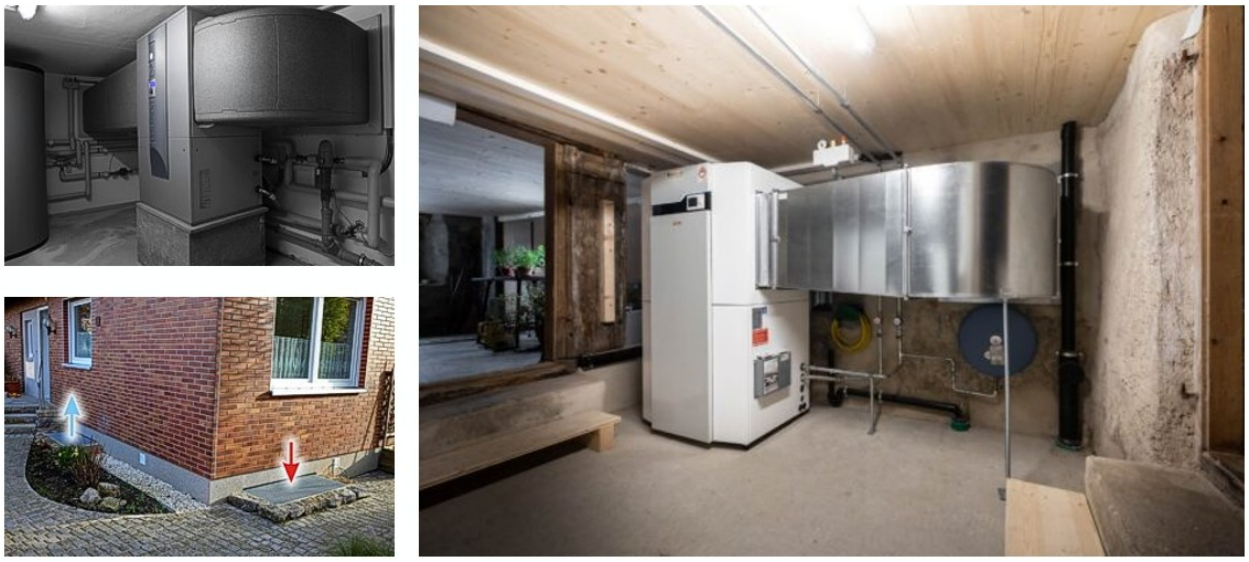


Abbildung 40: Beispiel Innenaufstellung von Luft-Wärmepumpen

5.2.6 Solarthermie

Die technischen Grundlagen des Potenzials werden im Rahmen des Endberichts nicht erläutert. Im Weiteren wird nur auf die für das Projektgebiet relevanten Faktoren und Kennzahlen eingegangen.

Im Projektgebiet ist kein Freiflächenpotenzial vorhanden. Somit wäre eine Einspeisung aus Solarthermie in ein Wärmenetz nicht möglich.

Da die Aufdach-Solarthermie dezentral stets in direkter Flächenkonkurrenz zur Photovoltaik (s. Kapitel 7.2) steht und insbesondere die Wärmebereitstellung in der Heizperiode so gering ist, dass eine weitere Erzeu-

[15] https://www.waermepumpe.de/werkzeuge/schallrechner/

gung erforderlich wird, empfiehlt sich i.d.R. eine Kombination aus Wärmepumpe und Photovoltaik. Solarthermie hingegen ist nur in Einzelfällen interessant, wenn relevante sommerliche Wärmebedarfe, z. B. für große Trinkwarmwasserbedarfe oder niederkalorische Prozesswärmebedarfe bestehen. Als Alternative zu Solarthermie und PV können auch PVT-Module (s. Kapitel 7.2.3) eingesetzt werden.

Das theoretische Solarthermie-Potenzial beträgt für das Gebiet 23,4 GWh. Es wird im Weiteren bei der Varianten- und Maßnahmenentwicklung auf Grund der Flächenkonkurrenz zur Photovoltaik nicht berücksichtigt.

5.2.7 Biomethan

Gasförmige Biomasse in Form von über das Gasnetz bilanziell bezogenem Biomethan kann insbesondere in der Spitzenlastbereitstellung für Wärmenetze eine sinnvolle Ergänzung darstellen. Hierdurch kann in Spitzenlastzeiten bei Wärmepumpenlösungen das Stromnetz entlastet werden, indem auf einen anderen Energieträger als Strom gewechselt wird. Anteilig sollte dies aber nur ca. 5 bis 10 % der jährlichen Wärmemenge ausmachen.

Biomethan-Spitzenlastkessel bieten in Wärmenetzen den wirtschaftlichen Vorteil, dass sie in der Investition deutlich günstiger sind als Wärmepumpen. Somit kann die Investition in eine Leistung, die nur wenige Stunden im Jahr bei sehr kalten Außentemperaturen genutzt wird, geringgehalten werden und trägt zur Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen bei.

Biomethan-Spitzenlastkesseln werden in den Variantenvergleichen für das VU-Gebiet und die Bereiche West und Mitte (s. auch Kapitel 5.4) einbezogen.

5.2.8 Exkurs: Wasserstoff in der Wärmeversorgung

Im Gegensatz zu fossilen Brennstoffen entstehen bei der Verbrennung von Wasserstoff keine schädlichen Emissionen, sondern lediglich Wasser. Daher wird er als klimaneutraler Kraftstoff in Wasserstoffverbrennungsmotoren oder Brennstoffzellen eingesetzt. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, wie der Wasserstoff erzeugt wurde. Wasserstoff kann durch den Einsatz von Strom in der sogenannten Elektrolyse erzeugt werden. Dabei wird Wasser in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt. Als „grün“ gilt Wasserstoff, wenn er aus erneuerbarem Strom erzeugt wurde. Nach der zweiten Erneuerbare-Energien-Richtlinie der Europäischen Union (Renewable Energy Directive II; RED II) wird weiterhin die „Zusätzlichkeit“ gefordert. Der Elektrolyseur sollte also durch eine neue elektrische Erzeugungsanlage gespeist werden, sodass der genutzte Strom nicht am Strommarkt zur Deckung anderer bereits bestehender Bedarfe fehlt. Für ein wirklich nachhaltiges Energiesystem sollte nur Wasserstoff aus Überschussstrom genutzt werden.

Auf Grund des begrenzten Potenzials ist grüner Wasserstoff entsprechend teuer und sollte den Einsatzzwecken, wo er zwingend erforderlich ist, vorbehalten bleiben. Dies sind z.B. bestimmte industrielle Prozesse, in denen Wasserstoff direkt eingesetzt wird oder als Ersatz von Erdgas, wenn in der Industrie sehr hohe Temperaturen benötigt werden. In der Wärmebereitstellung sollte Wasserstoff i.d.R. keinen Einsatz finden. Auch im Jahr 2050 werden die Herstellungskosten für synthetische Brennstoffe wie grünen Wasserstoff höher sein als die Herstellungskosten für erneuerbaren Strom, da es sich bei Wasserstoff um eine nächste Veredlungsstufe des Stroms handelt. In der Studie „Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe“ von Agora Energiewende und Agora Verkehrswende werden für 2050 im Bereich Nord- und Ostsee mit Nutzung von Offshore-Windenergie Kosten für synthetische Brennstoffe in einer

Bandbreite von 10 bis 19 ct/kWh prognostiziert.[16] Selbst, wenn die Kosten im unteren Bereich liegen sollten, ist der ausschließliche Einsatz von synthetischen Gasen rein aus betriebswirtschaftlicher Sicht nicht tragbar.

Perspektivisch soll das Erdgasnetz in Hamburg mit Hilfe der Wasserstoffstrategie der Gasnetz Hamburg GmbH dekarbonisiert werden. Es wird vorgesehen, dass für den Teil des Gasbedarfs, der nicht durch eine Elektrifizierung dekarbonisiert werden kann, grüner Wasserstoff zum Einsatz kommt. Erschlossen werden sollen durch die leitungsgebundene Wasserstoffversorgung ausschließlich Industriestandorte südlich der Elbe.[17] Eine reine Wasserstoffbelieferung über das städtische Erdgasnetz ist bisher nicht geplant. Daher müsste der Wasserstoff mit LKW ins Quartier transportiert und vor Ort gespeichert werden. Hierfür kommen sowohl Druckgas- als auch Flüssiggasspeicherung in Frage. In jedem Fall entstehen weitere Kosten für Lieferung und Speicherung.

Als sehr knappe und somit wertvolle Ressource wird Wasserstoff aufgrund der zuvor genannten Argumente im Weiteren nicht für die Wärmeversorgung im Projektgebiet berücksichtigt.

Im Projektgebiet ist weiterhin keine stoffliche Nutzung (z.B. Herstellung von Düngemitteln, Kunststoffen, Oberflächenbehandlung von Stahl) von Wasserstoff der ansässigen Unternehmen bekannt. Auf Grund des Branchenmixes und der durchschnittlichen Unternehmensgrößen ist auch zukünftig keine Ansiedlung von Branchen, die in relevantem Umfang Wasserstoff für ihre Verfahren benötigen, zu erwarten. Umgekehrt bestehen auch keine relevanten Stromüberschüsse aus Erneuerbaren wie Wind- oder Solarstrom. Daher wird der Aspekt des Betriebs eines eigenen Elektrolyseurs im Projektgebiet nicht betrachtet. Auch wenn der Bezirk Harburg für die norddeutsche Wasserstoffstrategie eine relevante Rolle spielt und im Rahmen des Wasserstoff-Industrie-Netzes Wasserstoffleitungen bekommen soll, spielt Wasserstoff aus den zuvor genannten Gründen für das vorliegende Projektgebiet keine Rolle.[18]

Als sehr knappe und somit wertvolle Ressource ist der Einsatz von grünem Wasserstoff in der Wärmeversorgung, wo mit Wärmepumpen und Umweltquellen gute Alternativen zur Verfügung stehen, nicht zu empfehlen und wird daher im Weiteren für das Projektgebiet nicht betrachtet.

5.3 Maßnahmenkatalog

Auf Basis der Energiebilanz und Potenzialanalyse werden folgende Maßnahmen zur Umsetzung vorgeschlagen:

Handlungsfeld: Wärmeversorgung	
W1	Zukünftige Wärmeversorgung im VU-Gebiet
W2	Potenzielles Wärmenetz in den Bereichen West und Mitte
W3	Wärmeversorgung auf der Schlossinsel
W4	Energetische Aktivierung beziehungsweise Nachrüstung von Spundwänden

[16] Agora Energiewende (2018). Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe
[17] Webinar Erneuerbare Energie Cluster Hamburg (2021). Das Hamburger Wasserstoff-Industrie-Netz und Wasserstoffprojekte der Gasnetz Hamburg (abgerufen am 06.05.2021) https://www.erneuerbare-energien-hamburg.de/de/mitglieder/foren/waerme/rueckblicke/details/rueckblick-websemniar-mit-der-gasnetz-hamburg-gmbh.html
[18] https://www.hamburger-energienetze.de/energie-der-zukunft/wasserstoff-fuer-hamburg/hh-wasserstoff-industrie-netz

Die Ableitung der Maßnahmen wird im Weiteren dargestellt. Im Anschluss werden die Maßnahmen in Karten mit Angaben zu Zielen, Kosten, zeitlichem Ablauf sowie betroffenen Akteuren dargestellt.

Die Maßnahmen W1 Zukünftige Wärmeversorgung im VU-Gebiet und W2 Zukünftiges Wärmenetz in den Bereichen West und Mitte wurden jeweils im Rahmen eines ökonomischen-ökologischen Variantenvergleichs als zu empfehlender Lösungsweg unter drei Alternativen ermittelt. Die detaillierte Darstellung der Variantenvergleiche findet sich in Kapitel 5.4.

Die Priorisierung der Maßnahmen wird in Kapitel 9 Durchführungskonzept erläutert.

5.3.1 Gegenüberstellung von Bedarfen und Potenzialen

Abschließend zu den Kapiteln Bestandsaufnahme und Potenzialanalyse und vorbereitend zur Variantenentwicklung stellt Abbildung 41 die Wärmebedarfe sowie die thermischen erneuerbaren Potenziale der vier Bereiche gegenüber. Hierbei handelt es sich zunächst um technische Potenziale, deren wirtschaftliche Umsetzbarkeit im Rahmen von Kapitel 5.4 bewertet wird. Die Daten sind auch im Anhang in Tabelle 42 aufgeführt.

Die rote Linie stellt die heutigen Wärmebedarfe gemäß des BUKEA-Layers „Unsaniert“ dar. Die gelbe Linie stellt die zukünftigen Wärmebedarfe bestehend aus dem BUKEA-Layer „saniert“ sowie den ermittelten, potenziellen Bedarfen entstehender Neubauten dar. Dabei werden im Sinne einer zentralen Versorgung aber nur 60 % als typische Anschlussquote berücksichtigt. Der zukünftige Wärmebedarf für eine zentrale Versorgung liegt somit auf Grund von Sanierungen und der angenommenen Anschlussquote für die Bereiche Schlossinsel, Mitte und West unter den heutigen Bedarfen der unsanierten Gebäude, insbesondere im Bereich Mitte sind die Einsparungen durch Sanierungen deutlich. Im VU-Gebiet verhält es sich andersrum. Durch den hohen Anteil geplanten Neubaus wird sich der Verbrauch hier zukünftig auch unter Annahme einer Anschlussquote voraussichtlich deutlich erhöhen.

Im Bereich der Schlossinsel bietet das Potenzial der Außenluft die besten Möglichkeiten einer zentralen beziehungsweise dezentralen Versorgung; hiermit können zwischen 60 und 90 % des Bedarfs gedeckt werden. Das geothermische Potenzial könnte auf Grund der oben erläuternden Einschränkungen nur ca. die Hälfte des zukünftigen Bedarfs eines Wärmenetzes decken. Das Potenzial der Spundwände in diesem Bereich wäre nur für einzelne Gebäudekomplexe, aber nicht für ein zentrales Wärmenetz ausreichend.

Im Bereich des VU-Gebiets besteht ebenfalls das größte Potenzial durch die Umweltquelle Außenluft. Ihr folgt das Potenzial des östlichen Abwassersiels. Erdsonden und Spundwände verfügen wiederum nur um ein vernachlässigbares Potenzial.

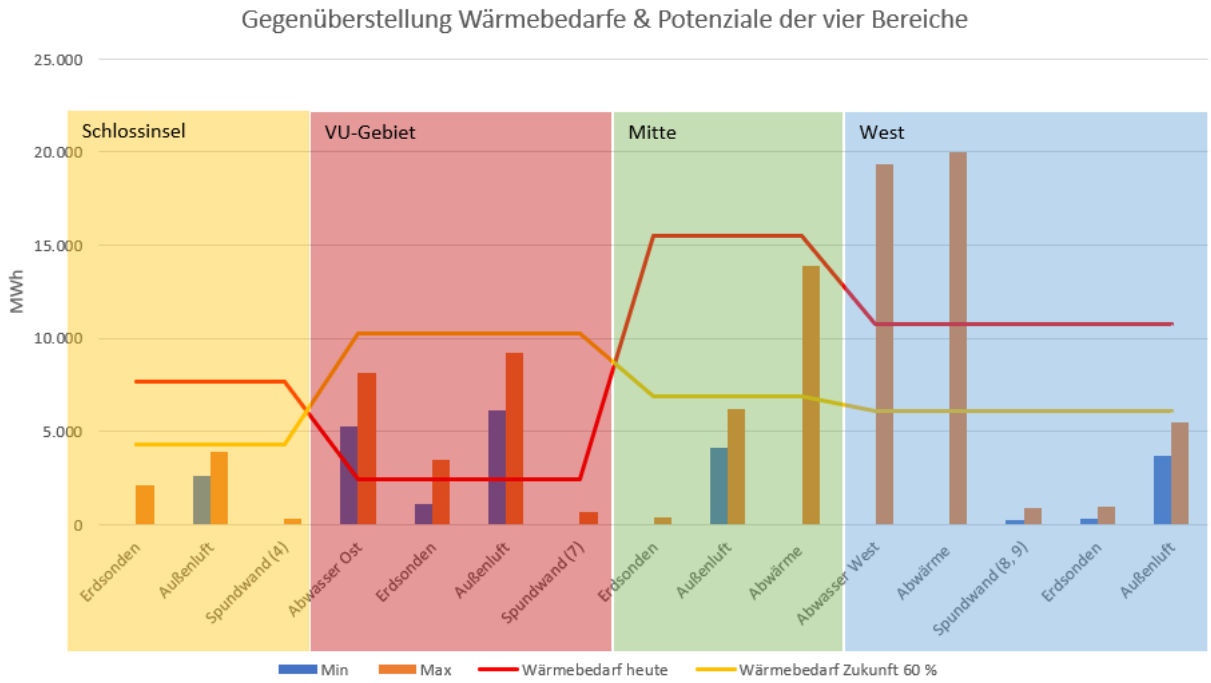


Abbildung 41: Gegenüberstellung Bedarfe und erneuerbare Potenziale der vier Bereiche

Im Bereich Mitte stellt die Abwärme eines benachbarten Unternehmens das größte zentrale Versorgungspotenzial dar. Hierbei ist bereits berücksichtigt, dass zunächst der Bedarf im Bereich West gedeckt würde. Es folgt das Potenzial der Außenluft, mit dem wiederum ca. 60 bis 90 % bereitgestellt werden könnten. Erdsonden und Spundwände sind erneut zu vernachlässigen.

Im Bereich West stehen mit den Potenzialen aus der Abwärme des benachbarten Unternehmens und dem westlichen Abwassersiel zunächst zwei große, technisch nutzbare Potenziale zur Verfügung. Da für die Nutzung des Abwassersiels die betriebstechnisch geforderten Bedingungen wie ausreichend große Aufstellflächen voraussichtlich nicht gewährleistet werden können, wird dieses Potenzial in der weiteren Betrachtung nicht berücksichtigt. Das Abwärmepotenzial des benachbarten Unternehmens ist nach vorläufiger Betrachtung so groß, dass nach Deckung des Bedarfs im Bereich West weiteres Potenzial im Bereich Mitte genutzt werden könnte. Auch die Außenluft stellt wieder ein sinnvoll nutzbares Potenzial dar, während Erdsonden und Spundwände erneut vernachlässigbar sind.

5.3.2 Nachhaltige Wärmeversorgungsvarianten

Bei der nachhaltigen Wärmeversorgung sind sowohl dezentrale als auch zentrale Optionen zu berücksichtigen. Daher sollen im Weiteren dezentrale und zentrale Versorgungsvarianten wirtschaftlich und ökologisch gegeneinandergestellt und abschließend sowohl Empfehlungen für die dezentrale als auch die zentrale Bereitstellung gegeben werden.

Hierzu werden zunächst die vier Bereiche des Projektgebiets in Bezug auf eine zentrale Wärmeversorgung priorisiert:

- West: In Abhängigkeit des Abwärmepotenzials eines benachbarten Unternehmens und der Neuerrichtung einiger größerer Gebäude(komplexe) bestehen hier gute Möglichkeiten eine zentrale Wärmeversorgung zu integrieren.

- VU-Gebiet: Im Rahmen des durchgeführten Variantenvergleichs (s. Kapitel 5.4.1) wurde gezeigt, dass in diesem Gebiet eine dezentrale Versorgung mit Luft-Wärmepumpen empfohlen wird, was die bedarfsgerechte Versorgung insbesondere der entstehenden Neubauten mit Wärme und Kälte ermöglicht.
- Schlossinsel: Hier gibt die Wärmeliniendichte vorläufig eine geringere Wahrscheinlichkeit als in den beiden zuvor genannten Gebieten aus, sodass ein Wärmenetz schlechtere Voraussetzungen in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit hätte.
- Mitte: Hier besteht bereits das GETEC-Wärmenetz, das in den kommenden Jahren zu dekarbonisieren sein wird und in diesem Zuge gegebenenfalls erweitert werden könnte.

Für eine zukunftsfähige und emissionsarme Wärmeversorgung des Projektgebietes sollen im Weiteren für die priorisierten Gebiete VU-Gebiet und West (mit Erweiterung nach Mitte) jeweils drei Bereitstellungsvarianten ökologisch und ökonomisch verglichen werden (s. Kapitel 5.4). Dabei werden die entsprechenden Erkenntnisse aus Bedarfs- und Potenzialanalyse berücksichtigt.

5.3.3 Maßnahmenkarten Wärmeversorgung

W1	*Zukünftige Wärmeversorgung im VU-Gebiet*	

Ziel	**Priorität**
Neu entstehender Energiebedarf für die Versorgung neuer Gebäude soll erneuerbar durch Wärmepumpen gedeckt werden, um fossile Anlagen und Emissionen zu vermeiden. Mit der Maßnahme können keine Einsparungen erzielt werden, sie soll jedoch ermöglichen, dass nur möglichst wenig neue Emissionen entstehen.	Hoch
	Zeithorizont
	Fortlaufend

Kurzbeschreibung

Der Bereich des VU-Gebiets soll dezentral mit Wärmepumpen versorgt werden. Obwohl das Gebiet grundsätzlich für eine Wärmenetzlösung geeignet ist, empfiehlt der ökonomisch-ökologische Variantenvergleich (Kapitel 5.4) die dezentrale Variante mit der Umweltquelle Außenluft. Diese ist im Projektgebiet auf Grund der milden bis moderaten Winter in Norddeutschland gut geeignet die benötigte Wärme wirtschaftlicher als zum Beispiel Geothermie oder energetisch aktivierte Spundwände zur Verfügung zu stellen. Bei Bedarf kann im Rahmen der Planung auch direkt die (sommerliche) Kälteversorgung integriert werden.

Zuständigkeit	**Einzubindende Akteur:innen**
- Gebäudeeigentümer:innen	- Ausführende Unternehmen für Heizungs- und Kältetechnik - Je nach Gebäudegröße Ingenieurbüro zur Planung der Wärme- und Kälteversorgung

Erste Handlungsschritte

1. Kälte- und Wärmebedarf gegenüberstellen
2. Wärmepumpenpotenzialkarte der BUKEA sichten[19]
3. Eignung mit Wärmepumpenrechner prüfen[20]
4. Checkliste der erforderlichen Schritte nutzen[21]

Einsparpotenzial			**Erläuterung**
Endenergie	-	MWh/a	Kein direktes Einsparpotenzial, da das Gebiet zukünftig deutlich mehr Wärmeenergie benötigen wird als bisher. Eine nachhaltige Energieversorgung ist jedoch zwingend erforderlich, um zumindest die Emissionen nicht weiter zu steigern.
Primärenergie	-	MWh/a	
CO_2-Emissionen	-	t/a	

Investitionen	**Zeitlicher Aufwand**
Ca. 900 bis 1.400 €/kW Wärmepumpenleistung	Planung: 1 bis 3 Monate Umsetzung: 3 bis 6 Monate

Finanzierung und Förderung	**Erfolgsindikatoren**
- Keine Förderung von Wärmepumpenerrichtung in Neubauvorhaben - Förderkredit Strom und Wärme (KfW Nr. 270)	- Keine fossilen Verbrennungsanlegen - Anzahl errichtete Wärmepumpen

[19] https://www.hamburg.de/politik-und-verwaltung/behoerden/bukea/themen/energie/waermepumpen/waermepumpenpotenzialkarte
[20] https://www.hamburg.de/politik-und-verwaltung/behoerden/bukea/themen/energie/waermepumpen/waermepumpenrechner
[21] https://www.hamburg.de/resource/blob/996012/0cbf79fdcf6796c1fc93bd973268368d/d-checkliste-data.pdf

W2	*Potenzielles Wärmenetz im Bereich West und Mitte*	

Ziel	Priorität
Durch die Errichtung eines Wärmenetzes soll Abwärme in die Wärmeversorgung integriert werden. Somit sollen 7.767 MWh p.a. Primärenergie in Form von Brennstoffen durch Strom und CO_2-Emissionen aus dezentralen, fossilen Verbrennungsanlagen im Bereich von ca. 1.540 t CO_2 p.a. eingespart werden.	Hoch
	Zeithorizont
	Mittelfristig

Kurzbeschreibung – vgl. Kapitel 5.4

Für die Errichtung eines Wärmenetzes wäre das konkrete Versorgungsgebiet festzulegen und ein Wärmeversorger zu finden. Als Referenzwerte können die im Variantenvergleich ermittelten Kennzahlen für Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit herangezogen werden. Die Wärmeversorgung sollte somit zu einem Wärmepreis von < 18 ct/kWh angeboten werden, weiterhin sollte sie maximal spezifische Emissionen von 160 g/kWh verursachen. Als Wärmequelle sollte verfügbare Abwärme aus der direkten Umgebung einbezogen werden. Hierfür sind entsprechende Verhandlungen zwischen dem Industrieunternehmen und dem Energieversorger zu führen. Vorbereitend und im Interesse der Öffentlichkeit kann dies auch im Vorfelde durch das Bezirksamt erfolgen. Ergänzend kann das Bezirksamt das Interesse für Wärmenetzanschlüsse im Versorgungsgebiet erheben und somit das Absatzpotenzial bewerten.

Zuständigkeit	Einzubindende Akteur:innen
- Energieversorger / Wärmenetzbetreiber - Gebäudeeigentümer:innen als Anschlussnehmer	- Einbindung Binnenhafenbegleitgruppe und lokale Presse - Anzubindende Gebäudeeigentümer:innen

Erste Handlungsschritte

1. Initiative eines Energieversorgers
2. Alternativ: Gründung einer Energiegenossenschaft
3. BAFA-Antrag auf das BEW Modul 1
4. Planung von Wärmenetz und Energiezentrale
5. Errichtung und Inbetriebnahme von Wärmenetz und Energiezentrale

Einsparpotenzial			Erläuterung
Endenergie	-	MWh/a	Einsparungen gegenüber einer Versorgung mit fossilen Brennstoffen bestehender und neuer Gebäude. Dabei kann zwar keine Endenergie (Wärmeenergie) jedoch können sowohl Primärenergie in Form von fossilen Brennstoffen gegenüber Wärmepumpenstrom als auch CO2-Emissionen eingespart werden.
Primärenergie	7.770	MWh/a	
CO_2-Emissionen	1.540	t/a	

Investitionen	Zeitlicher Aufwand
Ca. 10 Mio. € netto Investitionskosten für Wärmenetz und Energiezentrale inklusive Anlagentechnik abzüglich ca. 3,7 Mio. € Fördermitteln durch das BEW	Planung: ca. 1 bis 2 Jahre Umsetzung: ca. 1 bis 2 Jahre

Finanzierung und Förderung	Erfolgsindikatoren
- Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) Modul 1	- Wirtschaftliche Angebote von Wärmenetzbetreiberinnen und erfolgreiche Vergabe der Konzession - Vertragsschluss bezüglich Abwärmelieferung - Inbetriebnahme des Wärmenetzes

W3	*Wärmeversorgung auf der Schlossinsel*	

Ziel	Priorität
Auf der Schlossinsel sollten im Rahmen der Nachverdichtung und Gebäudesanierung erneuerbare Energien in der Wärmeversorgung zum Einsatz kommen. Hierdurch sollen gegenüber einer Versorgung mit fossilen Verbrennungsanlagen ca. 6.900 MWh p.a. Primärenergie in Form von Brennstoffen durch Strom sowie ca. 360 t CO2 p.a. eingespart werden.	Mittel
	Zeithorizont
	Fortlaufend

Kurzbeschreibung

Für die Umstellung der Wärmeversorgung mit fossilen Energieträgern wie Erdgas und Heizöl werden für den Bereich der Schlossinsel dezentrale Luft-Wärmepumpen empfohlen, da die Wärmeliniendichte nicht ausreichend hoch ist, um eine zentrale Wärmeversorgung wirtschaftlich darzustellen. Da die Schlossinsel insbesondere nach einer Nachverdichtung durch sehr heterogene Gebäudetypen und Baualtersklassen geprägt sein wird, können die Gebäudeeigentümer:innen so gebäude- und standortspezifisch auf den jeweiligen Bedarf und die jeweiligen Anforderungen eingehen. Bei Bestandsgebäuden sollte zunächst eine energetische Sanierung erfolgen (s. Maßnahme G1), um Wärmebedarf und Vorlauftemperatur abzusenken.

Zuständigkeit	Einzubindende Akteur:innen
- Gebäudeeigentümer:innen	- Ausführende Unternehmen für Heizungstechnik

Erste Handlungsschritte

1. Wärmepumpenpotenzialkarte der BUKEA sichten[22]
2. Eignung mit Wärmepumpenrechner prüfen[23]
3. Checkliste der erforderlichen Schritte nutzen[24]
4. Schallrechner auf Homepage des Bundesverbands Wärmepumpen e.V. nutzen[25] (weitere Hinweise in Kapitel 5.2.5)
5. Prüfung Fördermöglichkeiten in Abhängigkeit der Gebäudeart und des Energiestandards
6. Energetische Sanierung der Gebäudehülle (s. G1)
7. Auswahl ausführendes Unternehmen

Einsparpotenzial			Erläuterung
Endenergie	-	MWh/a	Einsparungen gegenüber einer Versorgung mit fossilen Brennstoffen bestehender und neuer Gebäude. Dabei kann zwar keine Endenergie (Wärmeenergie) jedoch können sowohl Primärenergie in Form von fossilen Brennstoffen gegenüber Wärmepumpenstrom als auch CO_2-Emissionen eingespart werden.
Primärenergie	6.900	MWh/a	
CO_2-Emissionen	360	t/a	

Investitionen	Zeitlicher Aufwand
Ca. 900 bis 1.400 €/kW Wärmepumpenleistung Kosten für die energetische Sanierung des Gebäudebestands sind hier nicht enthalten (s. G1)	Planung: 2 bis 4 Monate Umsetzung: 3 bis 6 Monate
Finanzierung und Förderung	**Erfolgsindikatoren**
- Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) Einzelmaßnahmen - Zuschuss Erneuerbare Wärme bei der Investitions- und Förderbank (IFB)	- Keine fossilen Verbrennungsanlegen - Anzahl errichtete Wärmepumpen

[22] https://www.hamburg.de/politik-und-verwaltung/behoerden/bukea/themen/energie/waermepumpen/waermepumpenpotenzialkarte
[23] https://www.hamburg.de/politik-und-verwaltung/behoerden/bukea/themen/energie/waermepumpen/waermepumpenrechner
[24] https://www.hamburg.de/resource/blob/996012/0cbf79fdcf6796c1fc93bd973268368d/d-checkliste-data.pdf
[25] https://www.waermepumpe.de/werkzeuge/schallrechner/

W4

Energetische Aktivierung von Spundwänden

Ziel

Durch die energetische Aktivierung von Spundwänden und den Einsatz von Wärmepumpen sollen ca. 1.090 MWh p.a. Erdgas, ca. 805 MWh p.a. Primärenergie (Wärmepumpenstrom statt Brennstoff) sowie ca. 80 t CO_2 p.a. eingespart werden.

Priorität

Gering

Zeithorizont

Mittelfristig

Kurzbeschreibung – vgl. Kapitel 5.2.1

Am Standort Am Festungsgraben auf der Schlossinsel bestehen ca. 82 m Spundwand. Aktuell erfolgt die Grundlagenermittlung zur Sanierung des Bauwerks. Im Rahmen der anschließenden Leistungsphase (Vorplanung) sollte die energetische Aktivierung geprüft werden. Die erschlossene Wärme könnte anschließend in den Gebäuden der Firma Hirdes genutzt werden. Es könnten voraussichtlich ca. 61,5 kW installiert und eine Wärmemenge von ca. 300 MWh p.a. an Wärme genutzt werden können.

Am Standort Treidelweg an der Promenade des VU-Gebiets bestehen ca. 160 m potenziell nutzbare Spundwand. Die Spundwand wurde kürzlich saniert, sodass die Wärmetauscherelemente in den tiefliegenden Flächen der Vorderseite nachgerüstet werden müssten. Die erschlossene Wärme könnte anschließend in ufernahen Neubauten genutzt werden. Es könnten voraussichtlich ca. 140 kW installiert und eine Wärmemenge von ca. 690 MWh p.a. an Wärme genutzt werden können.

Zuständigkeit

- Bezirksamt Harburg
- Gebäudeeigentümer:innen Firma Hirdes und Neubauten VU-Gebiet als Wärmeabnehmer

Einzubindende Akteur:innen

- Genehmigungsbehörden
- Ingenieurbüro zur Planung der Wasserentnahme
- Ausführende Unternehmen für Einbringung Wärmetauscher und Errichtung Heizungstechnik

Erste Handlungsschritte

1. Prüfung Fördermöglichkeiten und gegebenenfalls Antragsstellung
2. Ermittlung Wärmebedarf der Gebäude
3. Beauftragung Ingenieurbüro

Einsparpotenzial

Endenergie	0	MWh/a
Primärenergie	805	MWh/a
CO_2-Emissionen	80	t/a

Erläuterung

Einsparung von Primärenergie in Form von Erdgas durch Wärmepumpenstrom sowie CO_2-Emissionen

Investitionen

Ca. 385 €/m² Wärmetauscherfläche
Am Festungsgraben: ca. 95.000 € netto[26]
Treidelweg: ca. 216.000 € netto

Zeitlicher Aufwand

Planung: 3 bis 6 Monate
Umsetzung: 3 bis 6 Monate

Finanzierung und Förderung

- Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) Einzelmaßnahmen
- Zuschuss Erneuerbare Wärme bei der Investitions- und Förderbank (IFB)

Erfolgsindikatoren

- Einigung auf gemeinsames Projekt zwischen Wärmeabnehmer und Bezirksamt Harburg
- Genehmigungsbescheid Gewässernutzung/Einleitung
- Inbetriebnahme der Wärmeversorgung

[26] Kosten für die Wärmepumpentechnik (s. W1 und W3) sind nicht enthalten

5.4 Kosten & Wirtschaftlichkeit

Im Rahmen des wirtschaftlichen Variantenvergleichs werden die Lebenszykluskosten der verschiedenen Varianten bewertet. Hierbei werden in Anlehnung an die VDI 2067 jeweils Investitionskosten, Betriebskosten für Instandhaltung und Wartung und verbrauchsabhängige Kosten für Brennstoffe und Strom einbezogen.

In Abstimmung mit dem Auftraggeber werden die folgenden Parameter angesetzt:

- Zins: 2 % p.a.
- Preisänderungsfaktor: 1 % p.a.
- Betrachtungszeitraum: 20 Jahre
- Nutzungsdauern (Ersatzinvestitionen) und Aufwendungen für Instandsetzung und Wartung nach VDI 2067
- 10 % der Investitionskosten für Unvorhergesehenes
- 20 % der Investitionskoten für Baunebenkosten

Die folgenden Energiepreise werden angesetzt:

- Strompreis (Wärmepumpentarif / Großkunden): 24,6 ct/kWh
- Strompreis allgemein: 28,1 ct/kWh
- Erdgas: 7 ct/kWh
- CO_2 – Bepreisung: 160 €/tCO2

Die Strompreise wurden dabei aus einer Studie zur Preisentwicklung des Börsenstrompreises abgeleitet, um die anfallenden Abgaben und Steuern wie Netzentgelte und Stromsteuer erhöht und über den Betrachtungszeitraum gemittelt.[27] Dabei wird davon ausgegangen, dass auf Wärmepumpentarife die KWKG-Umlage, die § 19 StromNEV-Umlage sowie die Offshore-Netzumlage entfallen, sodass sie günstiger als der reguläre Stromtarif ausfallen.

Die JAZ, also der Quotient aus nutzbarer Wärme und dafür eingesetztem Strom der Wärmepumpen, werden den Simulationsergebnissen entnommen.

Die berücksichtigten Leistungen und Dimensionen der einzelnen Komponenten wie Wärmepumpen, Kessel und Speicher wurden überschlägig im Rahmen des Konzepts ermittelt und über die Simulation geprüft und optimiert. Die angenommenen Kosten gehen teilweise auf Richtpreisangebote, teilweise auf Studien sowie auf Erfahrungswerte aus anderen geplanten und umgesetzten Projekten zurück. Für die Errichtung von Wärmenetzen wurden Investitionskosten für Erdarbeiten, Rohre inklusive Dämmung und Oberflächenwiederherstellung berücksichtigt.

Gegenüber den Kosten werden mögliche Fördermittel gegengerechnet. Folgende Förderprogramme wurden komponentenweise berücksichtigt:

- Bundesförderung Effiziente Wärmenetze (BEW)
    - Investitionsförderung: 40 % auf die förderfähigen Investitionskosten (Erzeugerkomponenten und Wärmenetz)

[27] https://www.vbw-bayern.de/Redaktion/Frei-zugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Wirtschaftspolitik/2023/Downloads/vbw_Strompreisprognose_Juli-2023-3.pdf

    - Betriebskostenförderung: max. 90 % der Wärmepumpenstromkosten in den ersten 10 Betriebsjahren in Abhängigkeit der JAZ
- Bundesförderung Effiziente Gebäude (BEG)
    - Investitionsförderung: 20 % auf die förderfähigen Investitionskosten

Voraussetzung für die BEW-Förderung sind mindestens 17 Gebäude, die vom Wärmenetz versorgt werden, sowie ein Anteil von 75 % erneuerbarer Energien, der in allen betrachteten Varianten erreicht wird. Die Förderung nach BEW ist abhängig von der Effizienz beziehungsweise dem SCOP (Seasonal Coefficient of Performance) der jeweiligen Wärmepumpe und bleibt daher im Einzelfall zu prüfen.

Im Rahmen des BEG bestehen sowohl für Bestandsgebäude Möglichkeiten sich Sanierungsmaßnahmen als auch für Neubauten unter bestimmten Effizienzanforderungen Versorgungskomponenten fördern zu lassen.[28] Da die Förderquoten und Anforderungen je Gebäude im Einzelfall zu prüfen sind, wurde ein Mittel von 20 % angesetzt.

5.4.1 VU-Gebiet

Für das VU-Gebiet wurden die folgenden Varianten entwickelt:

- Variante 1: dezentrale Versorgung mittels Luftwärmepumpen sowie Spitzenlast über elektrischen Heizstab
- Variante 2: zentrale Versorgung über ein Wärmenetz mittels zwei Wärmepumpen mit Quelle Abwasser und Außenluft und Spitzenlastbereitstellung über einen Erdgaskessel
- Variante 3: zentrale Versorgung über ein Wärmenetz mittels zwei Wärmepumpen mit nur der einen Quelle Außenluft und Spitzenlastbereitstellung über einen Erdgaskessel

In allen Varianten werden Pufferspeicher für den optimierten Betrieb der Wärmepumpen berücksichtigt. In Variante 1 verfügt jedes betrachtete Gebäude über einen Pufferspeicher von 2 bis 3 m^2 und in Variante 2 und 3 ist jeweils ein zentraler Pufferspeicher von 50 m^2 vorgesehen.

Die Wärmeversorgung wird für den Bedarf des sanierten Bestands sowie den umfangreichen Neubau konzipiert. Dabei wird jedoch eine Anschlussquote von 60 % angesetzt. Dies stellt einen typischen Wert dar, um einen wirtschaftlichen Betrieb von Wärmenetzen zu erreichen.

Für das VU-Gebiet ergibt sich ein zukünftiger Jahreswärmebedarf von ca. 17 GWh (s. Kapitel 3.4.1) beziehungsweise von ca. 10 GWh bei einer Anschlussquote von 60 %. Anhand der Jahresdauerline in Abbildung 42 wird die erste Leistungsabschätzung der erforderlichen Komponenten vorgenommen. Die Spitzenlast an den kältesten Tagen wird mit ca. 3,7 MW erwartet. Die Wärmepumpen für die Grund- und Mittellast werden mit ca. 60 % davon ausgelegt (dies entspricht ca. 2,22 MW) und sollen so einen Anteil an der Jahreswärmemenge von ca. 90 % decken. Wärmepumpe und Spitzenlastkessel gemeinsam müssen die Gesamtleistung von 3,7 MW bereitstellen können.

[28] Informationen zu den entsprechenden Förderbedingungen finden sich hier: https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/beg_em_foerderuebersicht.pdf?__blob=publicationFile&v=2

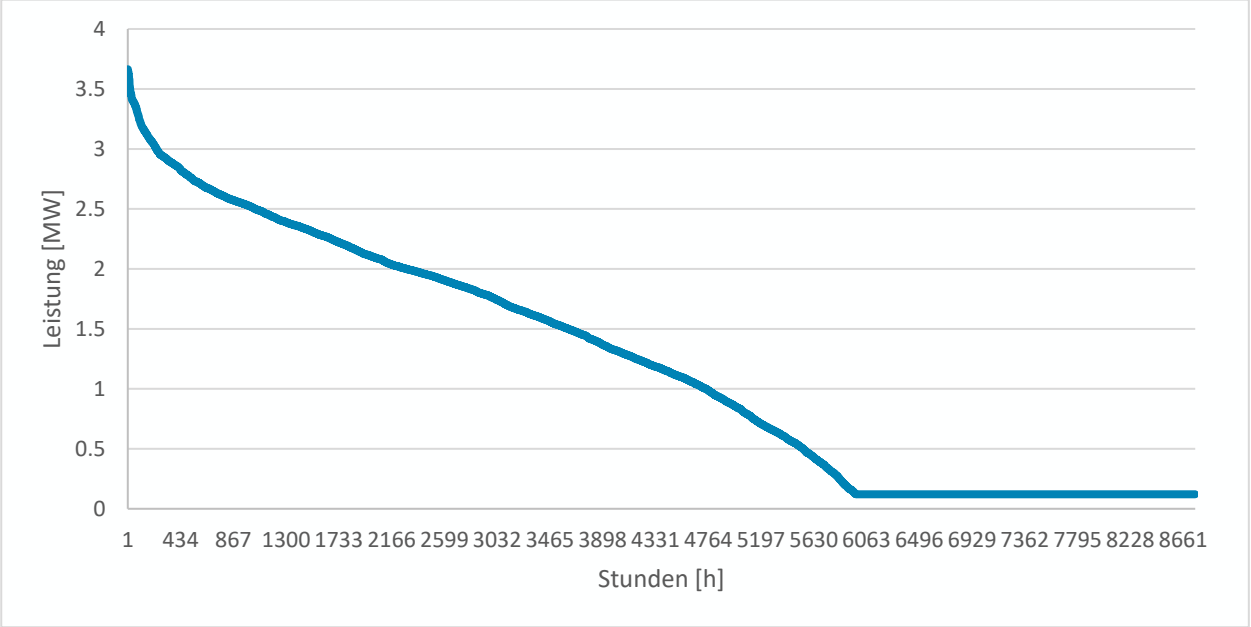


Abbildung 42: Jahresdauerlinie des VU-Gebietes mit saniertem Bedarf und 60 % Anschlussquote

In den zentralen Varianten 2 und 3 ergibt sich der Vorteil der Gleichzeitigkeit. Da meist nicht alle Abnehmer zum gleichen Zeitpunkt die volle Leistung anfordern, können die Anlagen auf ca. 90 % der Leistung ausgelegt werden, was wirtschaftliche Vorteile mit sich bringt.

Umgekehrt werden in Variante 2 und 3 Verteilverluste für das Netz in Höhe von 3 % angenommen, wodurch sich die bereitzustellende Wärmemenge erhöht.

Die Bedarfe der Varianten sind in Tabelle 22 aufgeführt.

Tabelle 22: Wärmemengen der Varianten

Variante	1	2	3
Wärmebedarf	9.872.016 kWh	10.171.866 kWh	10.171.579 kWh

Variante 1: dezentrale Luft WP

In Variante 1 werden wegen der Vergleichbarkeit zu den anderen Varianten ebenfalls nur 60 % der Gebäude beziehungsweise des Wärmebedarfs betrachtet. Da auf Grund der Vielzahl an Gebäuden nicht jedes einzeln betrachtet werden kann, wird die Versorgung für drei unterschiedliche Gebäudegrößen bewertet und dann auf den Gesamtverbrauch skaliert. Die Kategorien in Abhängigkeit des Jahresverbrauchs, die benötigten Wärmeleistungen sowie ihre Häufigkeit sind in Tabelle 23 dargestellt.

Die Tabelle fasst die energetischen Kennwerte dreier Gebäudekategorien im Projektgebiet zusammen. Dabei wurden die Kategorien wie folgt gebildet:

- **Kategorie 1** umfasst kleinere Gebäude mit einem durchschnittlichen Jahresverbrauch von ca. 17.800 kWh. Die Spitzenlast liegt bei etwa 5 kW, während die vorgesehene Wärmepumpenleistung bei 3 kW liegt. Ein Pufferspeicher mit einem Volumen von 2 m³ wird vorgesehen. Insgesamt fallen 31 Gebäude in diese Kategorie.

- **Kategorie 2** beschreibt mittelgroße Gebäude mit einem deutlich höheren Energiebedarf von rund 211.100 kWh pro Jahr. Die Spitzenleistung beträgt 52 kW, die Wärmepumpe ist mit 38 kW ausgelegt. Auch hier wird ein 2 m³-Speicher eingesetzt. Diese Kategorie umfasst 10 Gebäude.
- **Kategorie 3** beinhaltet größere Gebäude mit einem durchschnittlichen Verbrauch von etwa 901.200 kWh jährlich. Die Spitzenlast liegt bei 220 kW, die Wärmepumpenleistung bei 145 kW. Aufgrund des höheren Energiebedarfs wird ein größerer Speicher mit 3 m³ Volumen vorgesehen. Insgesamt sind 8 Gebäude dieser Kategorie zugeordnet.

Bei der Empfehlung der Pufferspeichergrößen wurden verschieden Kriterien wie Leistung und Taktung der Wärmepumpe, typische Herstellergrößen und realistische Platzreserven in Bestandsgebäuden berücksichtigt.

Diese Einteilung ermöglicht eine differenzierte Betrachtung der technischen Anforderungen und Kosten für den Einsatz erneuerbarer Wärmequellen in unterschiedlichen Leistungsbereichen.

Tabelle 23: Kategorisierung der Einzelgebäude für die Variante 1

Kategorie	Ca. Durchschnittlicher Verbrauch [kWh]	Spitzenleistung	Leistung der WP	Speichergröße	Anzahl der Gebäude
1	17.800	5 kW	3 kW	2 m³	31
2	211.100	52 kW	38 kW	2 m³	10
3	901.200	220 kW	145 kW	3 m³	8

Variante 2: zentrales Wärmepumpensystem mit Quelle Abwasser und Außenluft

In dieser Variante wird eine Abwasserwärmepumpe betrachtet, welche aus dem im VU-Gebiet befindlichen beziehungsweise an der Ostseite verlaufenden Abwassersiel im Bypass-Verfahren Wärme entzieht und diese für das Wärmenetz auf ein geeignetes Temperaturniveau bringt. Ergänzt wird diese mit einer Luft/Sole-Wärmepumpe, welche über Rückkühler mit Umweltenergie aus der Außenluft versorgt wird. Die Wärmepumpen sollen ca. 90 % der Jahreswärmemenge liefern. Die Aufteilung unter den Wärmepumpen hängt von der verfügbaren Abwasserleistung ab und wird im Rahmen der Simulation ermittelt. Max. 10 % der Jahreswärmemenge sollen über einen Erdgaskessel bereitgestellt werden.

Tabelle 24: Komponentenwerte der Variante 2

Komponenten	Quelle	Leistung	JAZ	Speichergröße
WP 1	Abwasser	1,5 MW	3,7	50 m³
WP 2	Außenluft	0,58 MW	2,9	
Kessel	Gas	2 MW	-	

Variante 3: zentrales Wärmepumpensystem mit Quelle Außenluft

In dieser Variante werden zwei Wärmepumpen mit Quelle Außenluft berücksichtigt. Beide Wärmepumpenmodule nutzen die gleiche Quelle, dienen sich aber einerseits gegenseitig als Redundanz und können andererseits in ihrer Leistung so ausgelegt werden, dass verschiedene Teillastbereiche optimal versorgt werden können. Die Wärmepumpen nutzen Rückkühler, welche unter Berücksichtigung der Schallemissionen auf dem Dach oder neben der Energiezentrale platziert werden können. Dabei werden die Leistungen so skaliert, dass sie wiederum ca. 90 % der Jahreswärmemenge bereitstellen. Die Spitzenlastbereitstellung erfolgt über einen Spitzenlastkessel, der auf 100 % der Leistung ausgelegt wird, um bei sehr kalten Au-

ßentemperaturen die Leistung allein bereitstellen zu können, und ungefähr 10 % der Jahreswärmemenge liefern soll. Damit wird eine zu große und somit unwirtschaftliche Dimensionierung der WP vermieden.

Tabelle 25: Komponentenwerte der Variante 3

Komponenten	Quelle	Leistung	JAZ	Speichergröße
WP 1	Außenluft	1,3 MW	2,9	50 m³
WP 2	Außenluft	0,85 MW	3,1	
Kessel	Gas	3,7 MW	-	

5.4.1.1 Dynamische Simulation

Für jede Variante wurde der Heizwärmebedarf (60 % des gesamten Wärmebedarfs) als Lastgang abhängig von einem Temperaturprofil, das auf Climate Forecast System Reanalysis Version 2 (CFSR2)-Reanalysedaten für den Standort basiert, auf Stundenbasis über den Jahresverlauf verteilt. Ergänzend wird für den Trinkwarmwasserbedarf (40 % des gesamten Wärmebedarfs) mit 361 MWh im Jahr ein Profil mit drei Tagesspitzen (morgens, mittags, abends) hinterlegt. Die im Gebiet resultierende Zeitreihe ist in Abbildung 43 dargestellt. In den Sommermonaten Juni bis September ist die Grundlast in Form des Trinkwarmwasserbedarfs von 120 kWh zu sehen. In der Heizperiode von Herbst bis Frühjahr dominieren die temperaturabhängigen Raumwärmebedarfe mit den höchsten Werten in Januar und Februar den Lastgang.

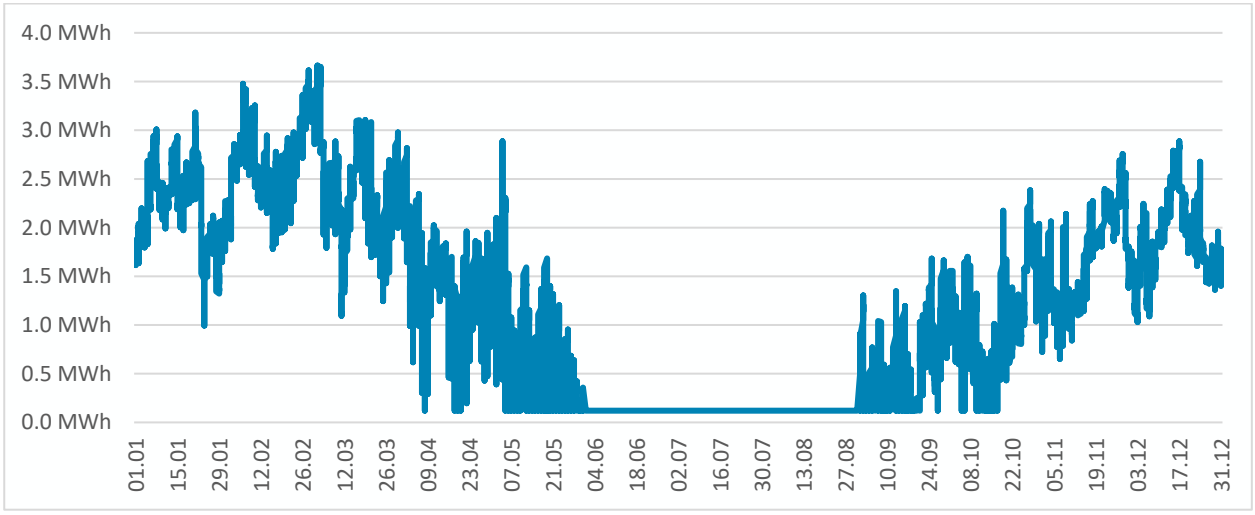


Abbildung 43: Zeitreihe Wärmebedarf des VU-Gebietes

In der folgenden Tabelle 26 werden die aus der Simulation abgeleiteten Leistungen zur Deckung des Wärmebedarfes, sowie die ermittelten JAZ aufgelistet.

Tabelle 26: Aus der Simulation abgeleitete Leistungen der Varianten

	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Leistung kleine L*-WP**	3 kW	-	-
JAZ kleine L-WP	3,1	-	-
Leistung mittlere L-WP	37 kW	-	-
JAZ mittlere L-WP	3,1	-	-
Leistung große L-WP	140 kW	-	-
JAZ große L-WP	3,1	-	-
Leistung Abwasser-WP 1	-	1,22 MW	-
JAZ Abwasser-WP 1	-	3,6	-
Leistung L/Sole-WP 2	-	0,44 MW	-
JAZ L/Sole-WP 2	-	2,8	-
Leistung Spitzenlastkessel		1,58 MW	1,58 MW
Leistung L/Sole-WP	-	-	1 MW
JAZ L/Sole-WP	-	-	2,9
Leistung L/Sole-WP	-	-	0,65 MW
JAZ L/Sole-WP	-	-	3,1
Speicher	2 und 3 m³	50 m³	

*L: Luft; **WP: Wärmepumpe

Die bereitzustellende Wärmemenge der Varianten 2 und 3 sind gleich und etwas höher als in Variante 1 durch die hinzukommenden Wärmenetzverluste. In Abbildung 44 ist beispielhaft an Variante 2 gezeigt, wie die Deckung des Wärmebedarf durch das Zusammenspiel der Komponenten erfolgen kann. Mit der höchsten Priorität wird zunächst die Abwasser-Wärmepumpe eingesetzt, da sie die höchste Effizienz beziehungsweise den geringsten Primärenergiebedarf erreicht. Damit können bereits 77 % des Wärmebedarfs gedeckt werden. In den Sommermonaten liegt die Bereitstellung regelmäßig über dem Bedarf und bereitgestellte Wärme wird im Speicher zwischengepuffert. Als nächste Komponente setzt die Luft-Wärmepumpe immer dann, wenn die Leistung aus dem Abwasser nicht ausreichend ist, ein und stellt über das Jahr einen Anteil von 15 % bereit. Nur in den kältesten Zeiten mit der höchsten Leistung wird auch der Spitzenlastkessel eingesetzt. Damit erreicht er lediglich einen Anteil von 8 %. Die Simulation zeigt, dass hier die Leistung des Kessels von nur 1,58 MW ausreichend ist, um die Spitzenzeiten ergänzend zu den Wärmepumpen-Modulen abzudecken. Die entsprechend ermittelten Energiemengen sind in Tabelle 27 dargestellt.

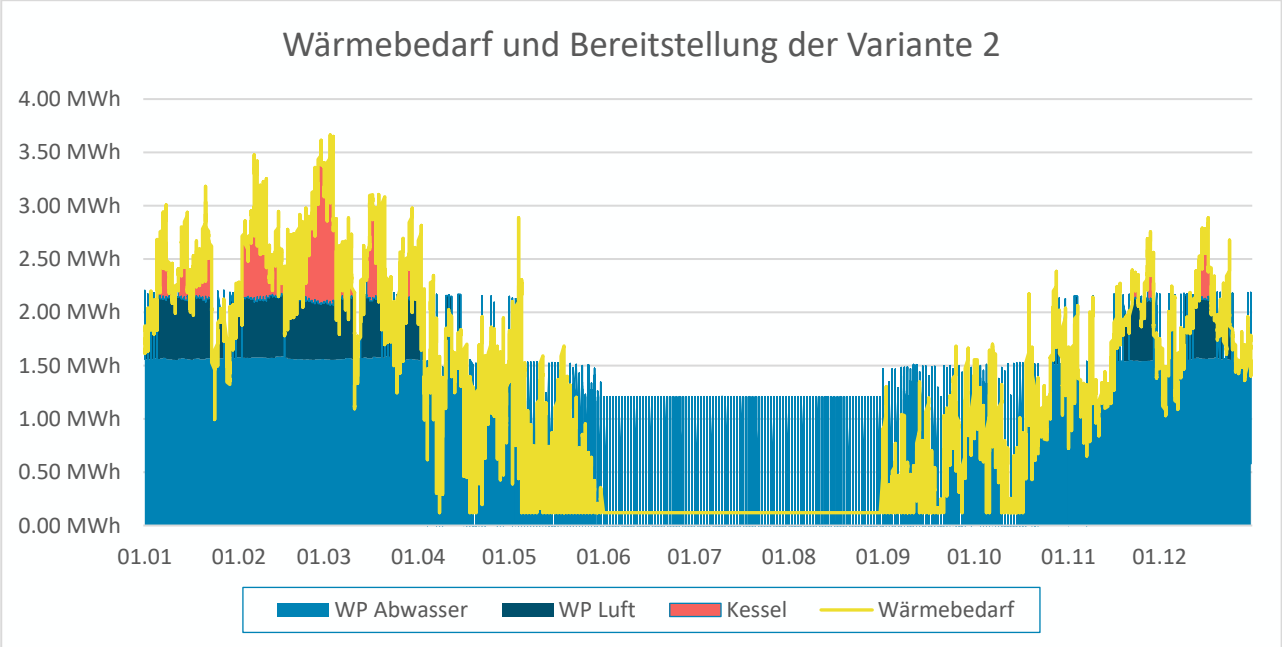


Abbildung 44: Beispielhafte Deckung des Wärmebedarfs der Variante 2

Tabelle 27: Energiemengen der Varianten

[MWh]	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Wärmebedarf		9.872	
Wärmebereitstellung inkl. Verlusten	9.872	10.171	10.171
Wärmemenge WP	8.940	9.352	9.194
Wärmemenge Spitzenlast	932	819	977
Summe Wärmemengen	9.872	10.171	10.171

5.4.1.2 Investitionskosten

Die ermittelten Investitionskosten ohne Förderungen werden für die einzelnen Varianten in Abbildung 45 dargestellt.

Die geringsten Investitionskosten mit ca. 4,2 Mio. € verursacht die Variante 1, da hier zusätzliche Investitionen in Gebäude und Technische Ausrüstung der Energiezentrale, umfangreiche Mess- und Regelungstechnik, Wärmenetz und Übergabestationen entfallen. Variante 2 ist mit ca. 9,4 Mio. € am teuersten und ca. 1,1 Mio. € teurer als Variante 3 mit ca. 8,2 Mio. € Kosten. Der Kostenunterschied ergibt sich aus der Abwassernutzungsinfrastruktur.

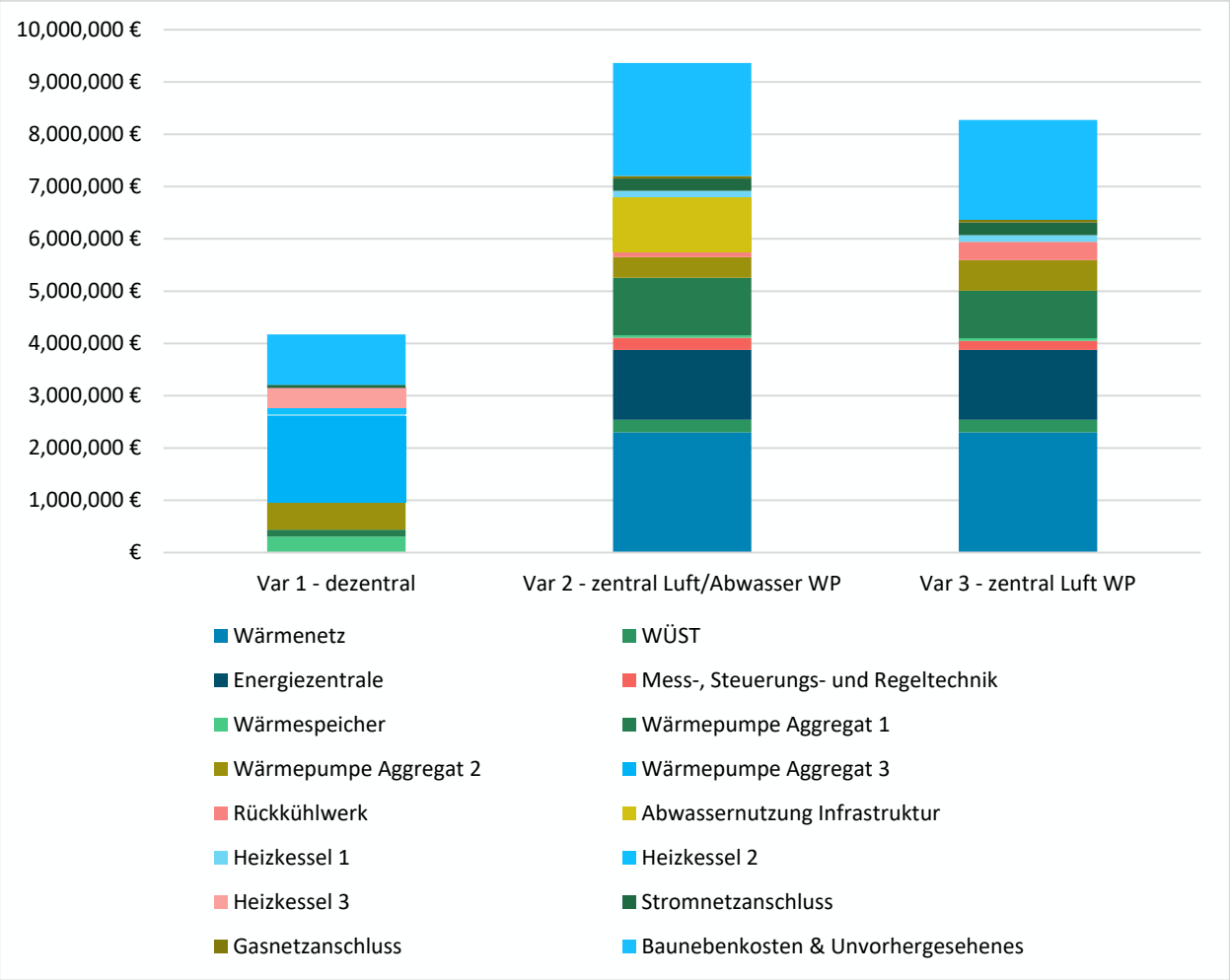


Abbildung 45: Investitionskosten Gesamt inklusive Nebenkosten des VU-Gebietes

Für die zentralen Varianten (V2 und V3) sind jeweils mögliche Investitionsförderungen über das BEW sowohl für die Netze als auch die Erzeugerkomponenten und Speicher betrachtet. In Variante 1 sind Förderungen über das BEG für Einzelmaßnahmen möglich. Abbildung 46 stellt die Investitionskosten mit und ohne Förderung sowie die Förderquote der einzelnen Varianten dar.

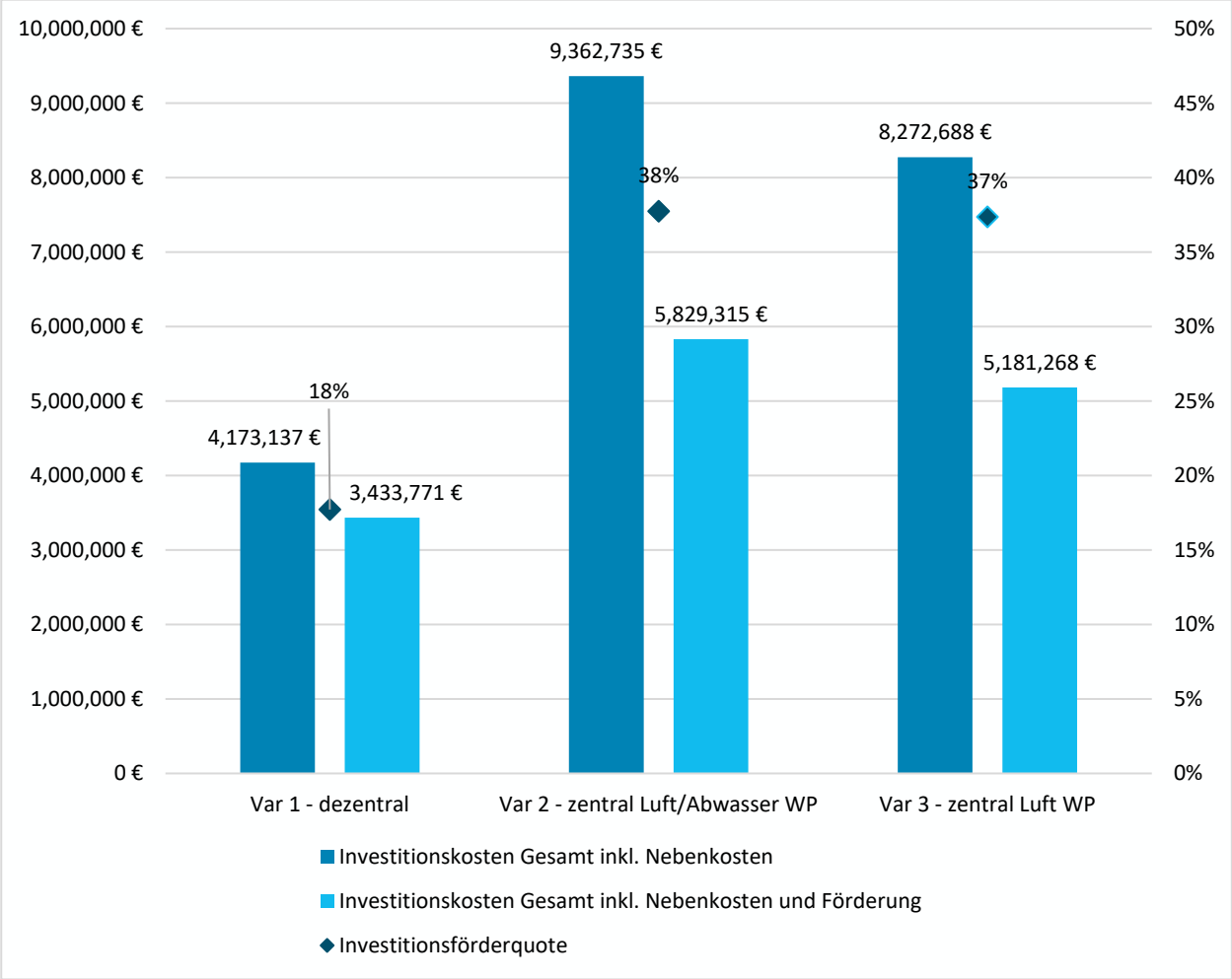


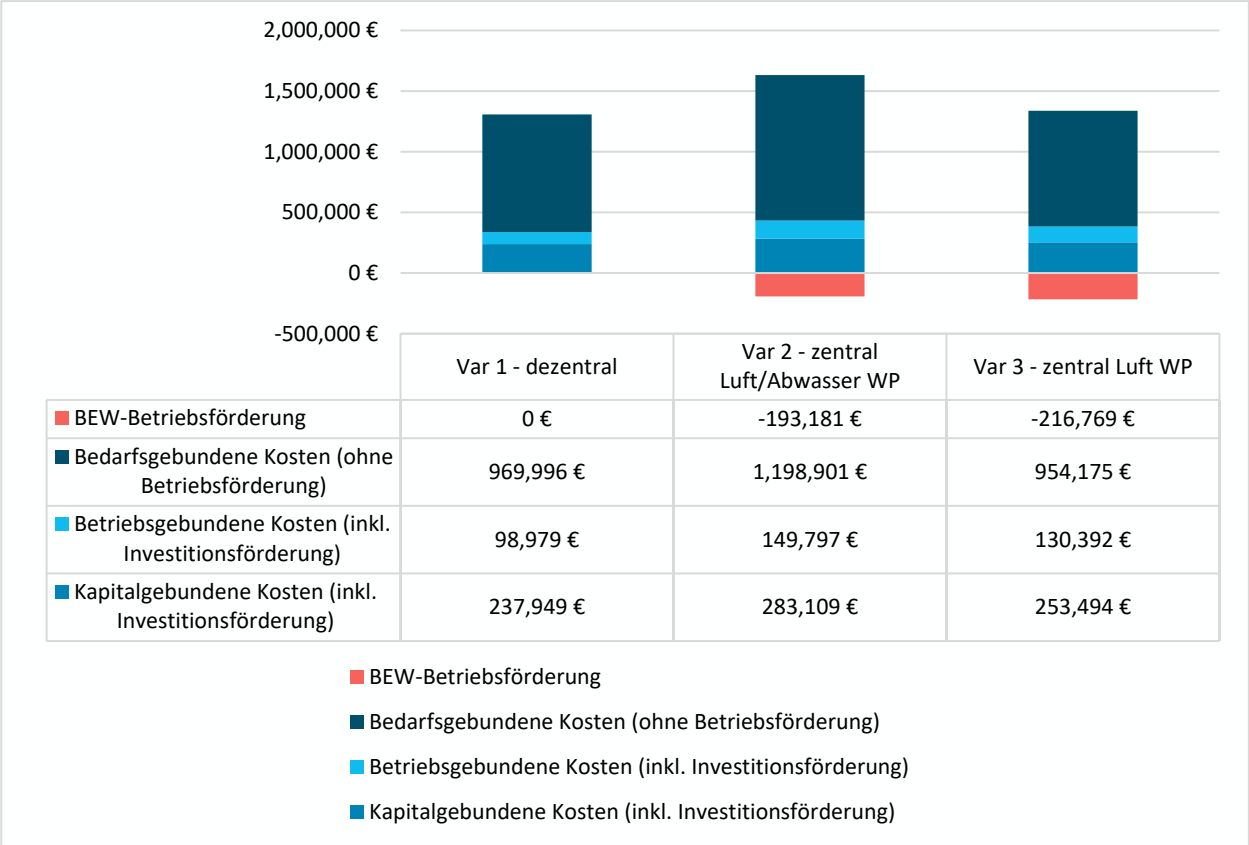
Abbildung 46: Investitionskosten und gegengerechnete Förderung beziehungsweise Förderquote im VU-Gebiet

Die Förderquoten in Variante 2 und 3 liegen mit 37 beziehungsweise 38 % in etwa gleich auf. Auf Grund der höheren Kosten fällt bei Variante 2 auch die Summe der Förderung etwas höher aus als in Variante 3. Trotzdem bleibt Variante 2 die Variante mit den höchsten selbst zu tragenden Kosten für den Energieversorger. Die Variante 1 liegt mit einer Förderquote von 18 % deutlich unterhalb der Varianten 2 und 3, trotzdem entstehen hier die geringsten verbleibenden Investitionskosten.

5.4.1.3 Jährliche Kosten

Neben den Investitionskosten sind aber auch jährlich anfallende verbrauchsabhängige Kosten wie Strom- und Brennstoffkosten sowie Betriebskosten für Wartung und Instandhaltung relevant für die Wirtschaftlichkeit der Varianten. Um diese vergleichbar zu machen, werden die Investitionskosten in eine jährliche Annuität der kapitalgebundenen Kosten umgerechnet.

Abbildung 47 stellt die jährlichen Kostenanteile der Varianten für kapitalgebundene, betriebsabhängige und verbrauchsabhängige Kosten sowie die Betriebskostenförderung durch das BEW dar.



	Var 1 - dezentral	Var 2 - zentral Luft/Abwasser WP	Var 3 - zentral Luft WP
BEW-Betriebsförderung	0 €	-193,181 €	-216,769 €
Bedarfsgebundene Kosten (ohne Betriebsförderung)	969,996 €	1,198,901 €	954,175 €
Betriebsgebundene Kosten (inkl. Investitionsförderung)	98,979 €	149,797 €	130,392 €
Kapitalgebundene Kosten (inkl. Investitionsförderung)	237,949 €	283,109 €	253,494 €

Abbildung 47: Jährliche Kosten der Varianten im VU - Gebiet

Es zeigt sich, dass die kapitalgebundenen Kosten nur einen niedrigen Anteil der jährlichen Kosten ausmachen. Vor allem auf Grund der Stromkosten machen die bedarfsgebundenen Kosten den größten Anteil aus. Den geringsten Anteil verursachen Wartung und Instandhaltung der Anlagen.

Variante 1 weist insgesamt die geringsten Gesamtkosten (ca. 1,30 Mio. €) auf, gefolgt von Variante 3 (ca. 1,33 Mio. €). Am schlechtesten schneidet Variante 2 (ca. 1,63 Mio. €) ab, da die bedarfsgebundenen Kosten durch die Abwassernutzung und insbesondere durch den Pumpenaufwand zur Überwindung der Höhe im Bypass deutlich höher ausfallen als in den anderen Varianten. Werden die Kosten abzüglich Förderungen betrachtet, schneidet Variante 3 mit ca. 1,1 Mio. € gegenüber Variante 1 mit ca. 1,3 und Variante 2 mit ca. 1,4 Mio. € am besten ab.

5.4.1.4 Spezifische Gestehungskosten

Setzt man die jährlichen Energiekosten ins Verhältnis zum jährlichen Energieabsatz für die Wärme, erhält man die sogenannten Energiegestehungskosten. Diese werden in Abbildung 48 dargestellt.

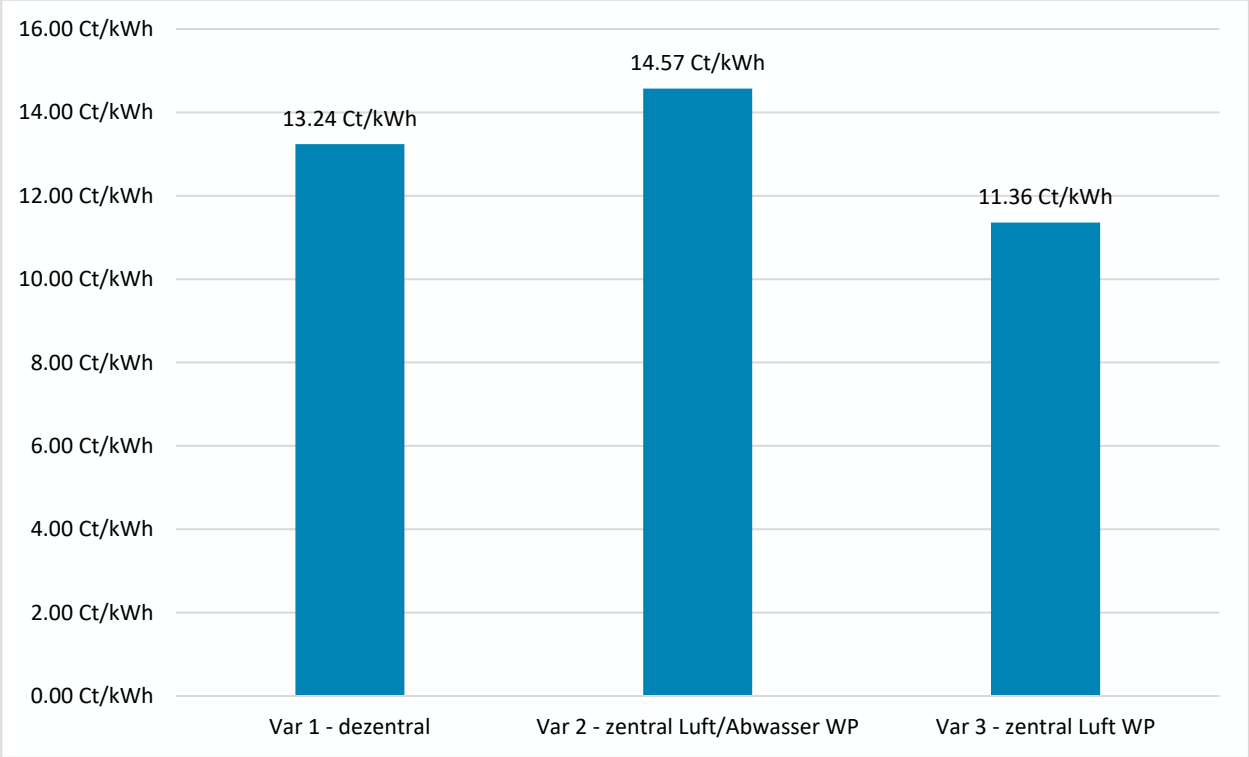


Abbildung 48: Potenzielle Wärmegestehungskosten inklusive BEW–Förderung für Wärme im VU-Gebiet

Die Wärmegestehungskosten in Variante 3 sind mit ca. 11,4 ct/kWh am geringsten. Variante 1 liegt mit 13,2 ct/kWh in der Mitte und wie zuvor bildet auch hier die zweite Variante das Schlusslicht mit Wärmegestehungskosten von ca. 14,6 ct/kWh.

5.4.1.5 Potenzielle Wärmepreise

Die zuvor ermittelten Gestehungskosten entsprechen in der dezentralen Variante 1 den potenziellen Gesamtkosten für die Wärmeversorgung. In den zentralen Varianten 2 und 3 hingegen wäre ein Energieversorger einzubinden. Dadurch fallen bei diesem ergänzend zu den Gestehungskosten interne Kosten für Vertrieb und Gemeinkosten sowie eine Marge an. Hierfür werden vorläufig jeweils 10 % der Gestehungskosten angesetzt.

Abbildung 49 stellt die potenziellen Wärmepreise der drei Varianten dar. Variante 1 mit Energiepreisen entsprechend der Wärmegestehungskosten stellt sich hierbei am günstigsten dar. Es folgt Variante 2 mit potenziellen Wärmepreisen von ca. 13,6 ct/kWh. Das Schlusslicht bildet Variante 2 mit ca. 17,5 ct/kWh.

Ein Fazit zur Handlungsempfehlung wird unter Berücksichtigung weiterer Aspekte in Kapitel 5.4.4 gezogen.

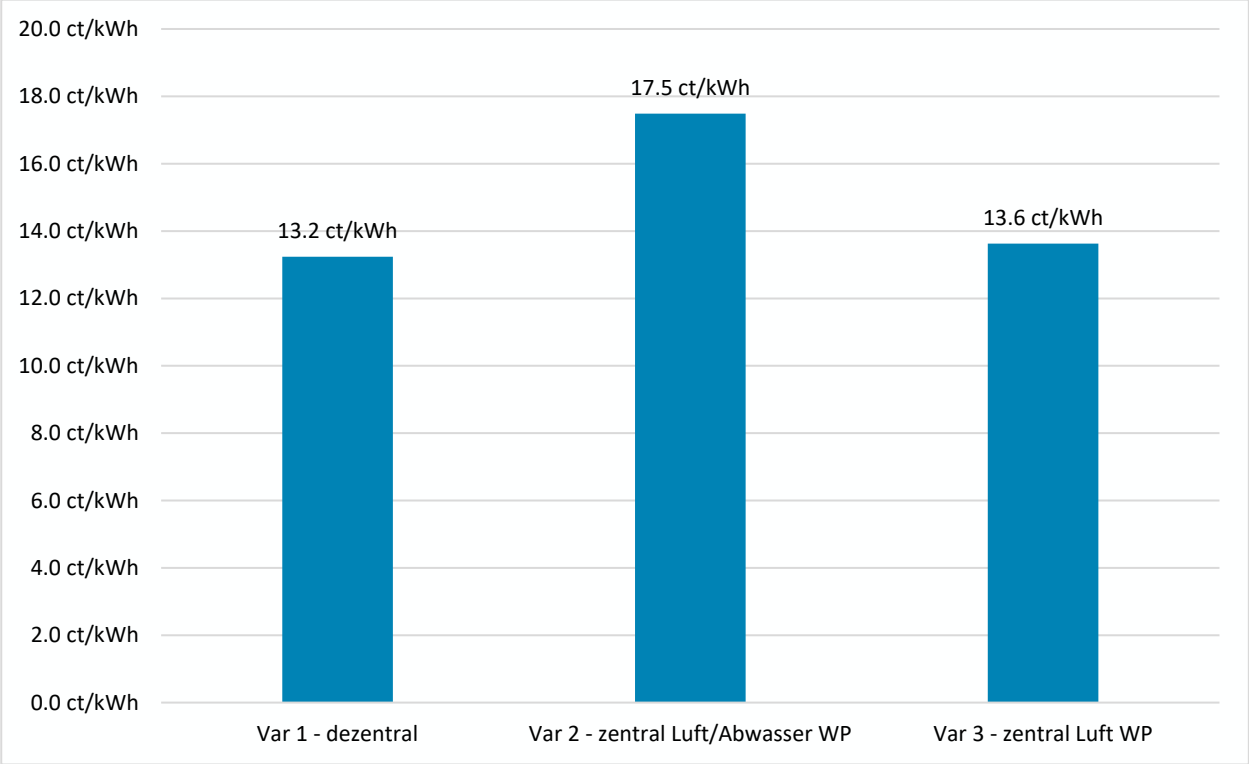


Abbildung 49: Potenzielle Wärmepreise inklusive BEW- Förderung für Wärme im VU-Gebiet

5.4.2 Gebiet West und Mitte

Für das Gebiet West und Mitte wurden die folgenden Varianten entwickelt:

- Variante 1:
  - Außerhalb des bisherigen GETEC-Netzes: dezentrale Versorgung mittels Luftwärmepumpen sowie Spitzenlast über elektrischen Heizstab
  - Bisheriges GETEC-Netz: weiterhin Fernwärme aus Biomethan-BHKW und Erdgaskessel
- Variante 2:
  - Zentrale Wärmeversorgung über ein Wärmenetz; hierbei wird das bisherige GETEC-Netz weitergenutzt und nach Westen erweitert
  - Wärmebereitstellung für das Netz über ein Wärmepumpensystem mit Abwärme eines in direkter Nähe zum Projektgebiet ansässigen Unternehmens und Spitzenlastbereitstellung über einen Erdgaskessel
- Variante 3:
  - Zentrale Wärmeversorgung wie Variante 2
  - Wärmebereitstellung durch ein Wärmepumpensystem mit Außenluft als Wärmequelle, ergänzt durch einen Spitzenlastkessel (Erdgas)

In allen Varianten werden Pufferspeicher für den optimierten Betrieb der Wärmepumpen berücksichtigt. In Variante 1 verfügt jedes betrachtete Gebäude in Abhängigkeit seiner benötigten Wärmeleistung über einen Pufferspeicher von 2 bis 3 m^2 und in Variante 2 und 3 sind jeweils ein zentraler Pufferspeicher von 50 m^2 vorgesehen. Bei der Empfehlung der Pufferspeichergrößen wurden verschieden Kriterien wie Leistung und

Taktung der Wärmepumpe, typische Herstellergrößen und realistische Platzreserven in Bestandsgebäuden berücksichtigt.

Die Wärmeversorgung wird für den Bedarf des sanierten Bestands sowie den geplanten Neubau konzipiert. Dabei wird eine Anschlussquote von 60 % angesetzt. Dies stellt einen typischen Wert dar, um einen wirtschaftlichen Betrieb von Wärmenetzen zu erreichen.

Für das Gebiet West und Mitte ergibt sich ein zukünftiger Jahreswärmebedarf von ca. 22 GWh (s. Kapitel 3.4.1) beziehungsweise von ca. 13 GWh bei einer Anschlussquote von 60 %. Anhand der Jahresdauerline in Abbildung 50 wird die erste Leistungsabschätzung der erforderlichen Komponenten vorgenommen. Die Spitzenlast an den kältesten Tagen wird mit ca. 4,6 MW erwartet. Die Wärmepumpen für die Grund- und Mittellast werden mit ca. 60 % davon ausgelegt und sollen so einen Anteil an der Jahreswärmemenge von ca. 90 % decken. Wärmepumpe und Spitzenlastkessel gemeinsam müssen die Gesamtleistung von 4,6 MW bereitstellen können.

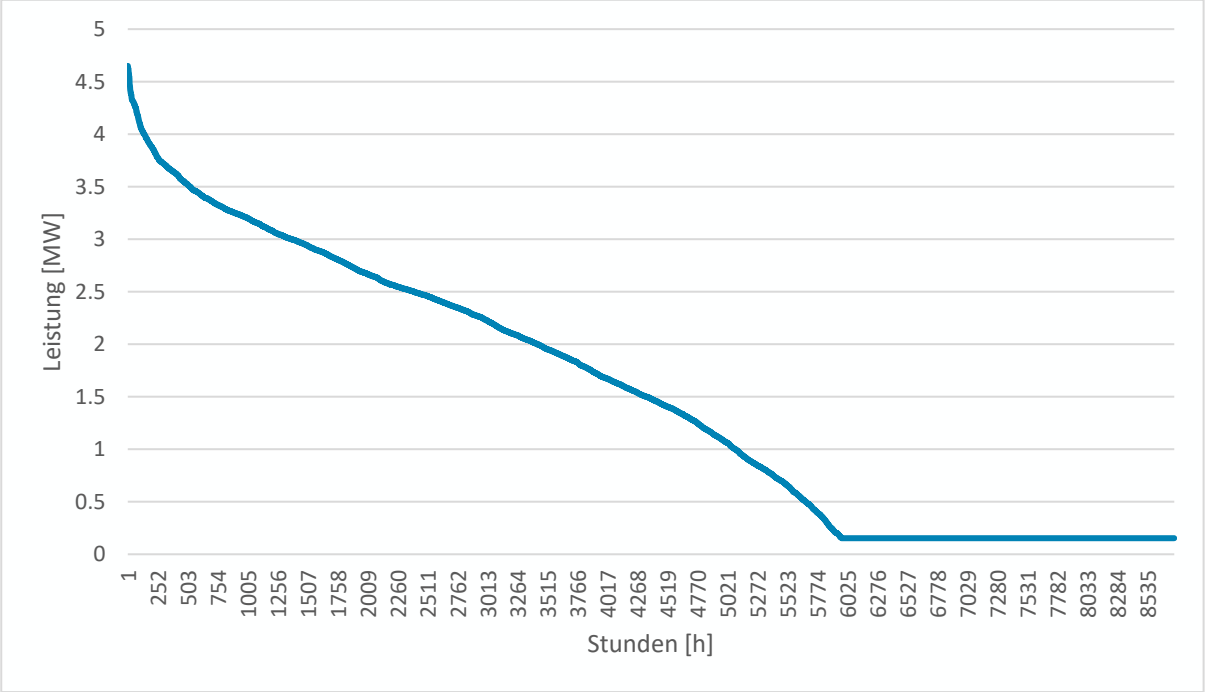


Abbildung 50: Jahresdauerlinie des Gebietes West und Mitte mit saniertem Bedarf und 60 % Anschlussquote

In den zentralen Varianten 2 und 3 ergibt sich der Vorteil der Gleichzeitigkeit. Da meist nicht alle Abnehmer zum gleichen Zeitpunkt die volle Leistung anfordern, können die Anlagen auf ca. 90 % der Leistung ausgelegt werden, was wirtschaftliche Vorteile mit sich bringt.

Umgekehrt werden in Variante 2 und 3 Verteilverluste für das Netz in Höhe von 3 % angenommen, wodurch sich die bereitzustellende Wärmemenge erhöht.

Variante 1: dezentrale Luft-WP und GETEC-Netz

In Variante 1 werden wegen der Vergleichbarkeit zu den anderen Varianten ebenfalls nur 60 % der Gebäude beziehungsweise des Wärmebedarfs betrachtet. Da auf Grund der Vielzahl an Gebäuden nicht jedes

einzeln betrachtet werden kann, wird die Versorgung für drei unterschiedliche Gebäudegrößen bewertet und dann auf den Gesamtverbrauch skaliert. Die Kategorien in Abhängigkeit des Jahresverbrauchs, die benötigten Wärmeleistungen sowie ihre Häufigkeit sind in Tabelle 28 dargestellt.
Die Tabelle fasst die energetischen Kennwerte dreier Gebäudekategorien im Projektgebiet zusammen. Dabei wurden die Kategorien wie folgt gebildet:

- **Kategorie 1** umfasst kleinere Gebäude mit einem durchschnittlichen Jahresverbrauch von ca. 11.400 kWh. Die Spitzenlast liegt bei etwa 5 kW, während die vorgesehene Wärmepumpenleistung bei 2 kW liegt. Ein Pufferspeicher mit einem Volumen von 2 m³ wird vorgesehen. Insgesamt fallen 20 Gebäude in diese Kategorie.
- **Kategorie 2** beschreibt mittelgroße Gebäude mit einem deutlich höheren Energiebedarf von rund 65.000 kWh pro Jahr. Die Spitzenleistung beträgt 26 kW, die Wärmepumpe ist mit 11 kW ausgelegt. Auch hier wird ein 2 m³-Speicher eingesetzt. Diese Kategorie umfasst 34 Gebäude.
- **Kategorie 3** beinhaltet größere Gebäude mit einem durchschnittlichen Verbrauch von etwa 492.350 kWh jährlich. Die Spitzenlast liegt bei 197 kW, die Wärmepumpenleistung bei 80 kW. Aufgrund des höheren Energiebedarfs wird ein größerer Speicher mit 3 m³ Volumen vorgesehen. Insgesamt sind 17 Gebäude dieser Kategorie zugeordnet.

Diese Einteilung ermöglicht eine differenzierte Betrachtung der technischen Anforderungen und Kosten für den Einsatz erneuerbarer Wärmequellen in unterschiedlichen Leistungsbereichen.

Tabelle 28: Kategorisierung der Einzelgebäude für die Variante 1

Kategorie	Ca. Durchschnittlicher Verbrauch [kWh]	Spitzenleistung	Leistung der WP	Speichergröße	Anzahl der Gebäude
1	11.400	5 kW	2 kW	2 m³	20
2	65.000	26 kW	11 kW	2 m³	34
3	429.350	197 kW	80 kW	3 m³	17

Variante 2: zentrales Wärmepumpensystem mit Quelle Abwärme

In dieser Variante wird ein Wärmepumpensystem betrachtet, das als Quelle Abwärme aus einem benachbarten Unternehmen nutzt und diese für das Wärmenetz auf ein geeignetes Temperaturniveau bringt. Die Wärmepumpen sollen ca. 90 % der Jahreswärmemenge liefern. Um in Bezug auf die Leistung und Taktung der Wärmepumpe bessere Ergebnisse zu erzielen, werden zwei Wärmepumpen in unterschiedlichen Leistungsbereichen gewählt. Da die Abwärme auf Grund von Betriebsstillständen im benachbarten Unternehmen nicht ganzjährig zur Verfügung steht, werden weiterhin Rückkühlaggregate vorgesehen, sodass die Wärme alternativ auch über die Quelle Außenluft zur Verfügung gestellt werden kann. Nur eins der Wärmepumpenmodule wird auch für die Außenluft vorgesehen und muss dann bei Bedarf durch den Spitzenlastkessel ergänzt werden. Die JAZ für den Betrieb mit Außenluft wird mit 2,5 und somit – aufgrund der vorrangigen Betriebszeit in der Heizperiode z.B. bei Abwärme-Stillstandzeiten während der Weihnachts- und Ostertage – höher als bei den ganzjährig betriebenen Außenluft-WP in Variante 3 angenommen.

Maximal 10 % der Jahreswärmemenge sollen über einen Erdgaskessel zur Spitzenlastabdeckung bereitgestellt werden.

Tabelle 29: Komponentenwerte der Variante 2

Komponenten	Quelle	Leistung	Wärmemenge	JAZ	Speicher-größe
WP 1	Abwärme / Außenluft	1,8 MW	9,31 GWh	3,8 / 2,5	50 m³
WP 2	Abwärme	1,2 MW	3,19 GWh	3,6	
Kessel	Gas	4 MW	0,935 GWh	-	

Variante 3: zentrales Wärmepumpensystem mit Quelle Außenluft

In dieser Variante werden zwei Wärmepumpen mit Quelle Außenluft berücksichtigt. Beide Wärmepumpenmodule nutzen die gleiche Quelle, dienen sich aber einerseits gegenseitig als Redundanz und können andererseits in ihrer Leistung so ausgelegt werden, dass verschiedene Teillastbereiche optimal versorgt werden können. Die Wärmepumpen nutzen Rückkühler, welche auf dem Dach oder neben der Energiezentrale platziert werden können. Dabei werden die Leistungen so skaliert, dass sie wiederum ca. 90 % der Jahreswärmemenge bereitstellen. Die Spitzenlastbereitstellung erfolgt über einen Spitzenlastkessel, der auf 100 % der Leistung ausgelegt wird, um bei sehr kalten Außentemperaturen die Leistung allein bereitstellen zu können, und ungefähr 10 % der Jahreswärmemenge liefern soll. Damit wird eine zu große und somit unwirtschaftliche Dimensionierung der Wärmepumpen vermieden.

Tabelle 30: Komponentenwerte der Variante 3

Komponenten	Quelle	Leistung	Wärmemenge	JAZ	Speichergröße
WP 1	Außenluft	1,65 MW	6,78 GWh	2,9	50 m³
WP 2	Außenluft	1,18 MW	5,37 GWh	3,2	
Kessel	Gas	5,2 MW	1,26 GWh	-	

5.4.2.1 Dynamische Simulation

Für jede Variante wurde der Wärmebedarf als Lastgang abhängig von einem Temperaturprofil der Region auf Stundenbasis über den Jahresverlauf verteilt. Ergänzend wird für den Trinkwarmwasserbedarf ein Profil mit drei Tagesspitzen (morgens, mittags, abends) hinterlegt. Die im Gebiet resultierende Zeitreihe ist in Abbildung 51 dargestellt. In den Sommermonaten Juni bis September ist die Grundlast in Form des Trinkwarmwasserbedarfs zu sehen. In der Heizperiode von Herbst bis Frühjahr zeigen sich die temperaturabhängigen Raumwärmebedarfe mit den höchsten Werten in Januar und Februar.

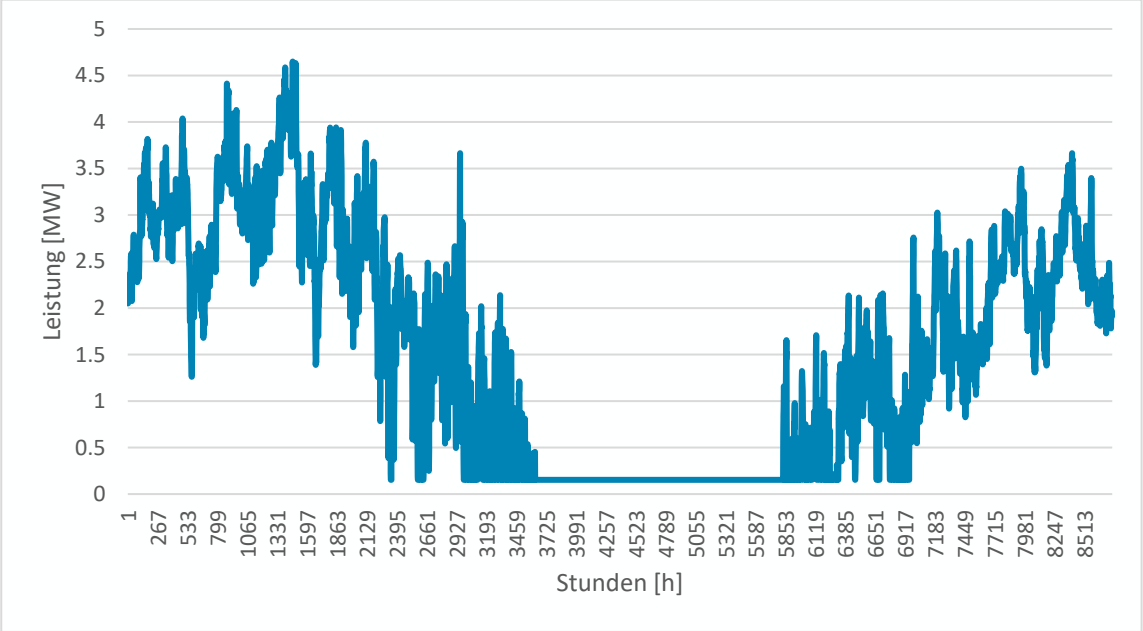


Abbildung 51: Zeitreihe Wärmebedarf des Gebietes West und Mitte

In der folgenden Tabelle 31 werden die Auslegungsergebnisse der Simulationen zur Deckung des Wärmebedarfes, sowie die ermittelten JAZ aufgelistet.

Tabelle 31: Simulationsergebnisse der Varianten

	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Jahr		Zukunft	
Leistung kleine L-WP	2 kW	-	-
JAZ kleine L - WP	3,2	-	-
Leistung mittlere L-WP	11 kW	-	-
JAZ mittlere L-WP	3,2	-	-
Leistung große L- WP	80 kW	-	-
JAZ große L WP	3,2	-	-
Leistung Abwärme– WP 1	-	1,8 MW	-
JAZ Abwasser WP 1	-	3,8	-
Leistung Abwärme – WP 2	-	1,2 MW	-
JAZ L/Sole WP 2	-	3,6	-
Leistung Spitzenlastkessel		4 MW	5,2 MW
Leistung L/Sole -WP	-	-	1,65 MW
JAZ L/Sole WP	-	-	2,9
Leistung L/Sole - WP	-	-	1,18 MW
JAZ L/Sole WP	-	-	3,2
Speicher	2 und 3 m³	50 m³	

Die bereitzustellende Wärmemenge der Varianten 2 und 3 sind gleich und etwas höher als in Variante 1 durch die hinzukommenden Wärmenetzverluste. In Abbildung 52 ist beispielhaft an Variante 2 gezeigt, wie die Deckung des Wärmebedarf durch das Zusammenspiel der Komponenten erfolgen kann. Mit der Wärmepumpe 1 können bereits 70 % des Wärmebedarfs gedeckt werden. In den Sommermonaten liegt die

Bereitstellung regelmäßig über dem Bedarf und bereitgestellte Wärme wird im Speicher zwischengepuffert. Als nächste Komponente setzt die zweite Abwärme-Wärmepumpe immer dann ein, wenn die Leistung aus der ersten Wärmepumpe nicht ausreichend ist, und stellt über das Jahr einen Anteil von 23 % bereit. Nur in den kältesten Zeiten mit der höchsten Leistung wird auch der Spitzenlastkessel eingesetzt. Damit erreicht er lediglich einen Anteil von 7 %. Die Simulation zeigt, dass hier die Leistung des Kessels von nur 4 MW ausreichend ist, um die Spitzenzeiten ergänzend zu den Wärmepumpen-Modulen abzudecken. Die entsprechend ermittelten Energiemengen sind in Tabelle 32 dargestellt.

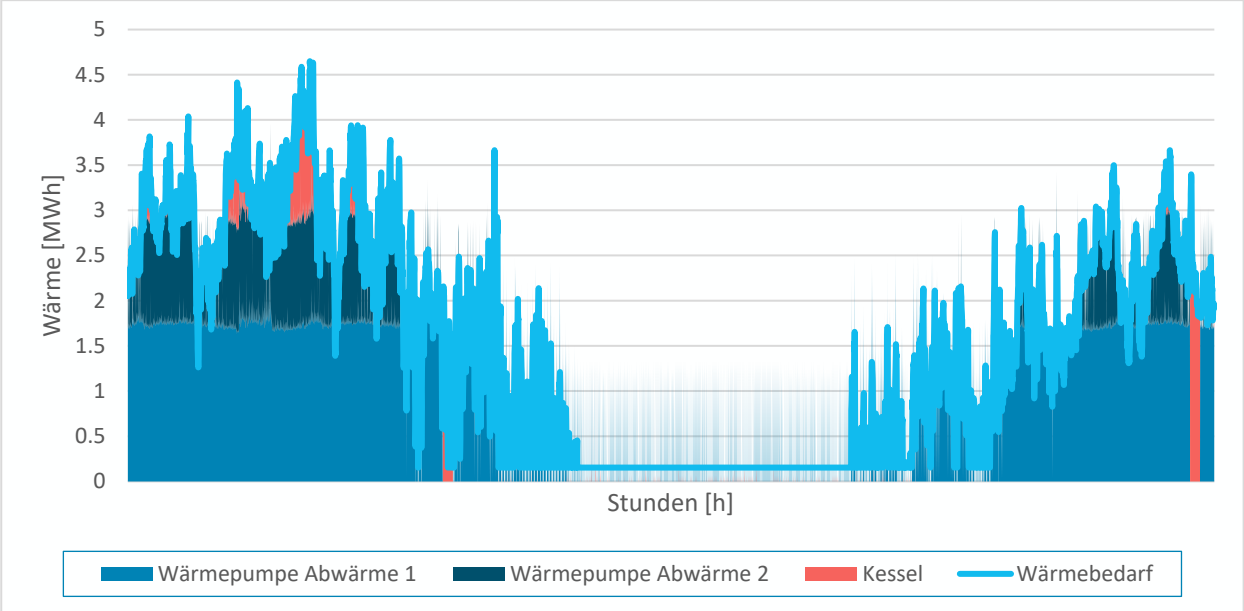


Abbildung 52: Beispiel Variante 2 für die Wärmebereitstellung

Tabelle 32: Energiemengen der Varianten

[MWh]	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Wärmebedarf		13.020	
Wärmebereitstellung inkl. Verlusten	13.020	13.410	13.410
Wärmemenge WP	9.955	12.475	12.145
Davon genutzte Abwärme	-	9.166	-
Wärmemenge Spitzenlast	850	935	1.265
Fernwärme Biomethan	2.215	-	-
Summe Wärmemengen	13.020	13.410	13.410

5.4.2.2 Investitionskosten

Die ermittelten Investitionskosten ohne Förderungen werden für die einzelnen Varianten in Abbildung 53 dargestellt.

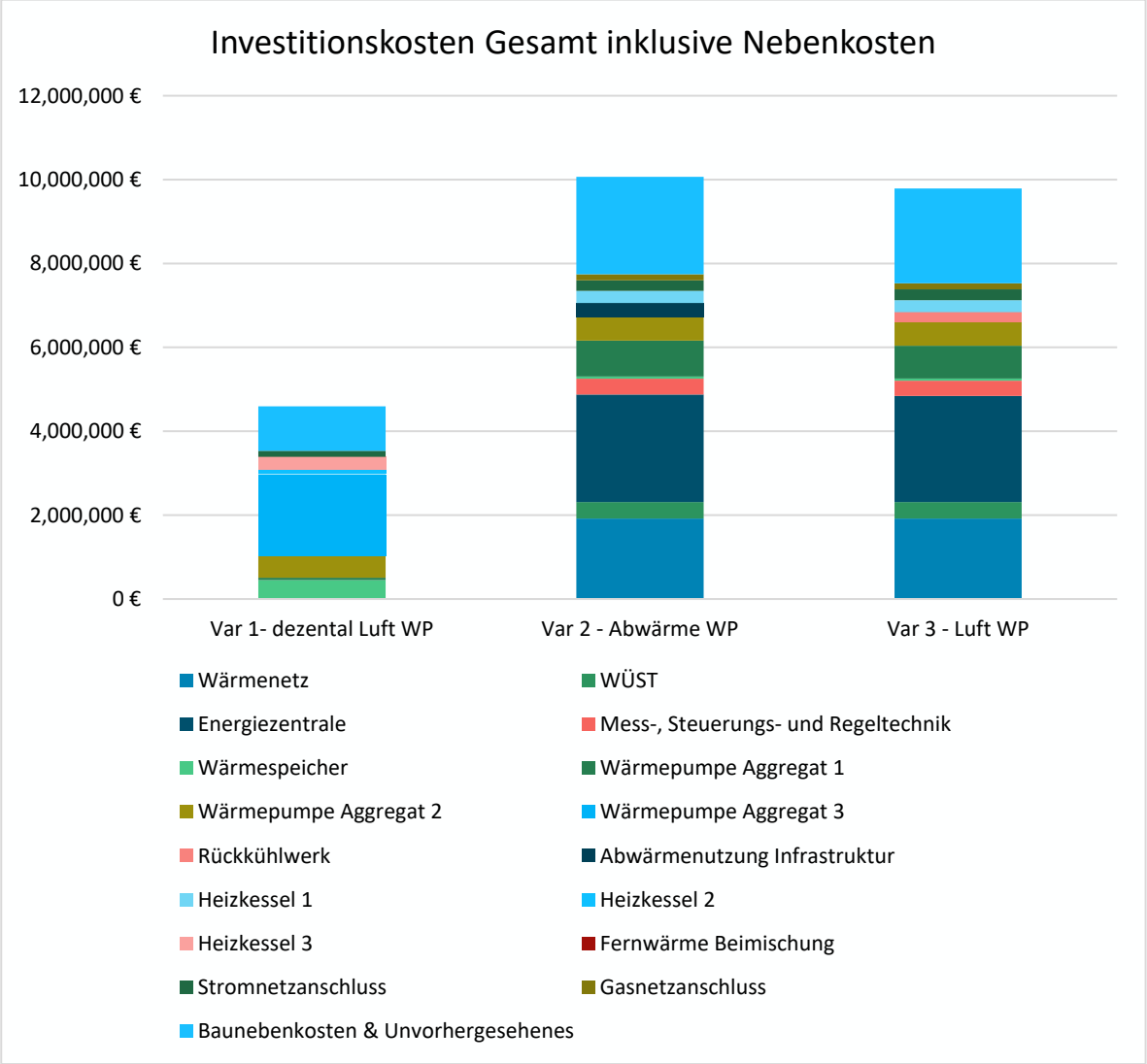


Abbildung 53: Investitionskosten gesamt inklusive Nebenkosten des Gebiets West und Mitte

Die geringsten Investitionskosten mit ca. 4,5 Mio. € verursacht die Variante 1, da hier zusätzliche Investitionen in Gebäude und Technische Ausrüstung der Energiezentrale, umfangreiche Mess- und Regelungstechnik, Wärmenetz und Übergabestationen entfallen. Variante 2 ist mit ca. 7,7 Mio. € am teuersten und ca. 0,2 Mio. € teurer als Variante 3 mit ca. 7,5 Mio. € Kosten. Der Kostenunterschied ergibt sich aus den höheren Kosten für die Integration der Abwärme inklusive Anbindungsleitung in Variante 2 im Gegensatz zum Rückkühlaggregat in Variante 3.

Für die zentralen Varianten (V2 und V3) sind jeweils mögliche Investitionsförderungen über die Bundesförderung Effiziente Wärmenetze (BEW) sowohl für die Netze als auch die Erzeugerkomponenten und Speicher betrachtet. In Variante 1 sind Förderungen über die Bundesförderung Effiziente Gebäude (BEG) für Einzelmaßnahmen möglich. Abbildung 54 stellt die Investitionskosten mit und ohne Förderung sowie die Förderquote der einzelnen Varianten dar.

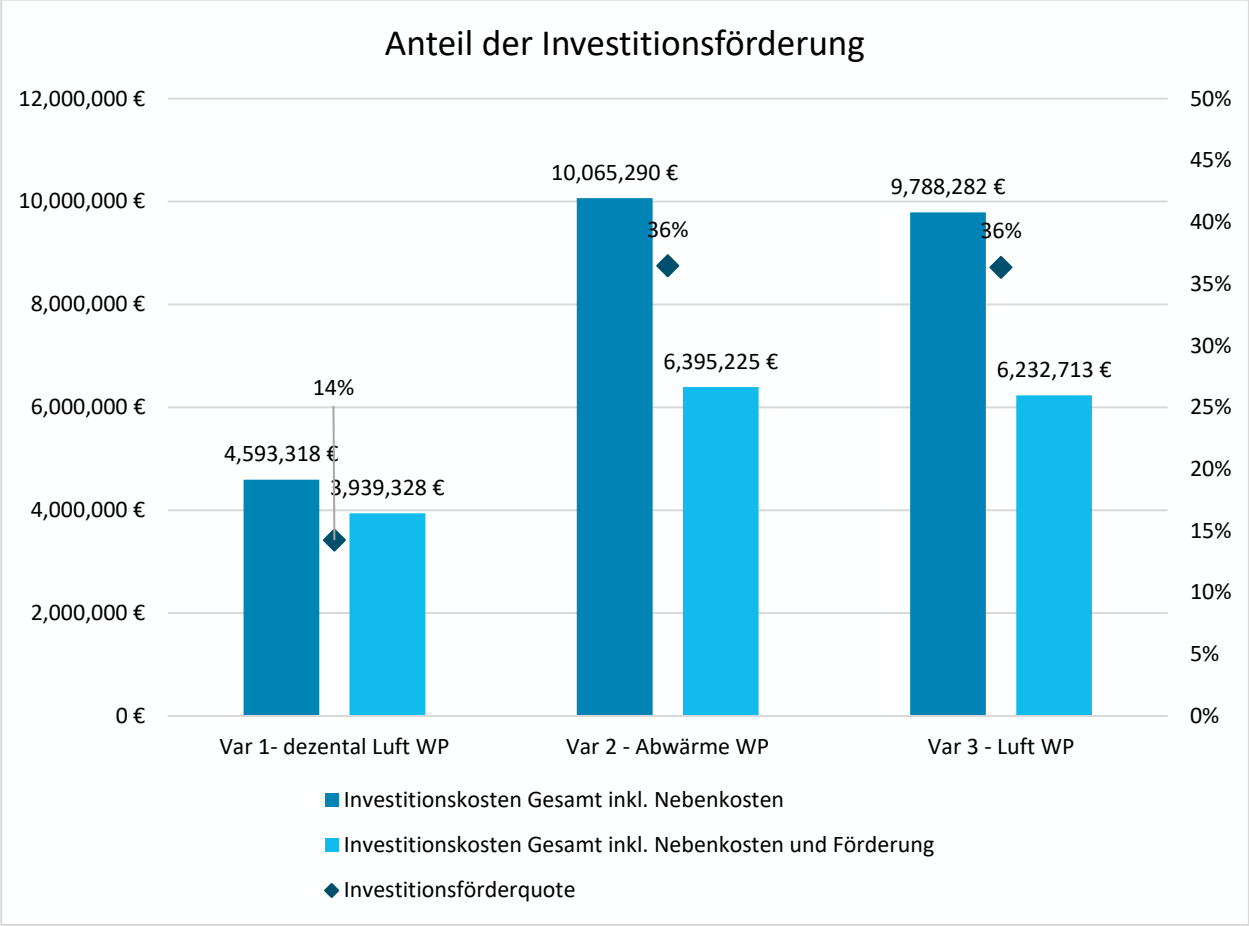


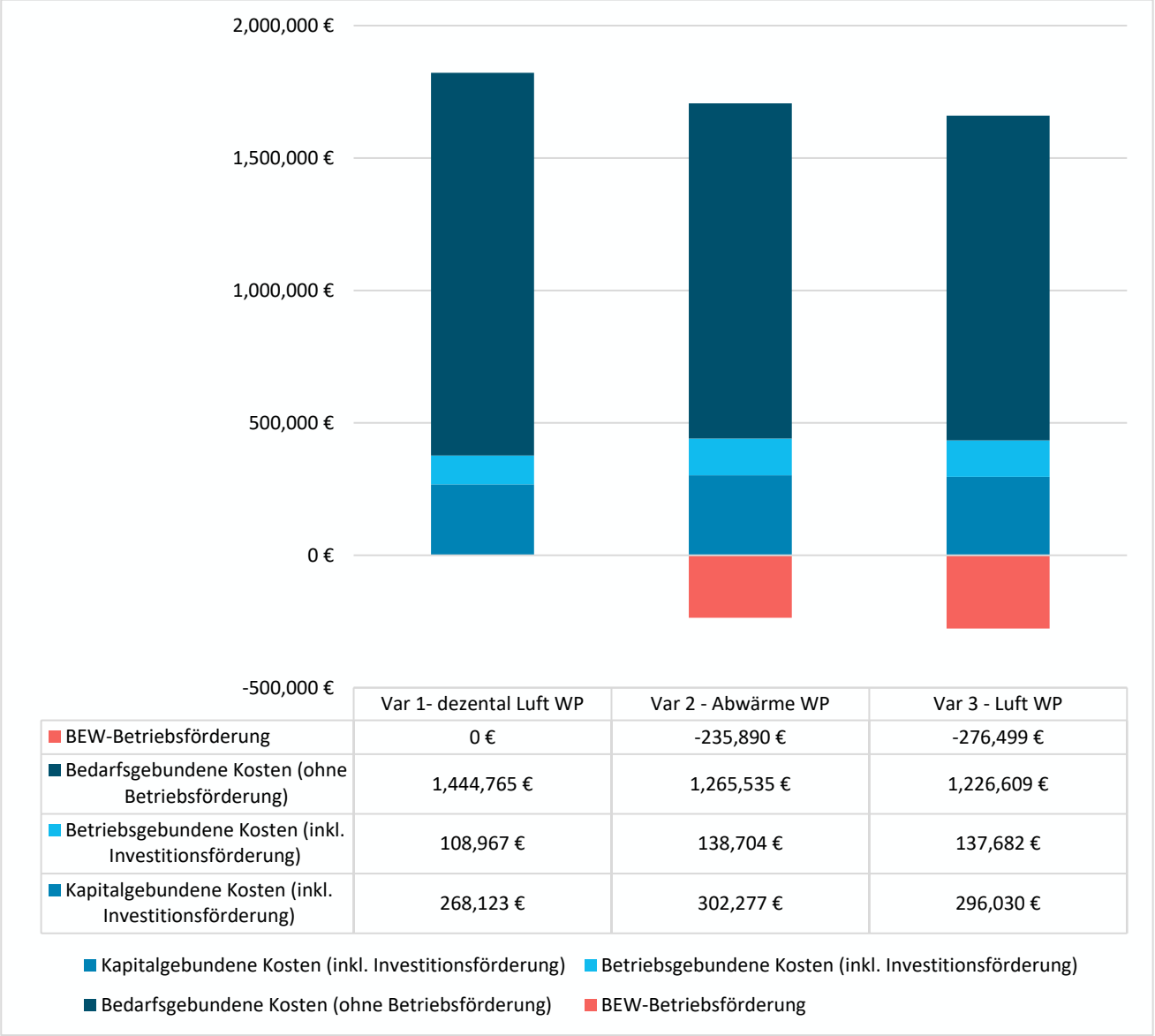
Abbildung 54: Investitionskosten und gegengerechnete Förderung beziehungsweise Förderquote im Gebiet West und Mitte

Die Förderquoten in Variante 2 und 3 liegen mit 36 % gleich auf. Auf Grund der geringfügig höheren Kosten fällt bei Variante 3 auch die Summe der Förderung etwas höher aus als in Variante 2. Trotzdem bleibt Variante 2 die Variante mit den höchsten selbst zu tragenden Kosten für den Energieversorger. Die Variante 1 liegt mit einer Förderquote von 14 % deutlich unterhalb der Varianten 2 und 3, trotzdem entstehen hier die geringsten verbleibenden Investitionskosten.

5.4.2.3 Jährliche Kosten

Neben den Investitionskosten sind aber auch jährlich anfallende verbrauchsabhängige Kosten wie Strom- und Brennstoffkosten sowie Betriebskosten für Wartung und Instandhaltung relevant für die Wirtschaftlichkeit der Varianten. Um diese vergleichbar zu machen, werden die Investitionskosten in eine jährliche Annuität der kapitalgebundenen Kosten umgerechnet.

Abbildung 55 stellt die jährlichen Kostenanteile der Varianten für kapitalgebundene, betriebsabhängige und verbrauchsabhängige Kosten sowie die Betriebskostenförderung durch das BEW dar.



	Var 1- dezental Luft WP	Var 2 - Abwärme WP	Var 3 - Luft WP
BEW-Betriebsförderung	0 €	-235,890 €	-276,499 €
Bedarfsgebundene Kosten (ohne Betriebsförderung)	1,444,765 €	1,265,535 €	1,226,609 €
Betriebsgebundene Kosten (inkl. Investitionsförderung)	108,967 €	138,704 €	137,682 €
Kapitalgebundene Kosten (inkl. Investitionsförderung)	268,123 €	302,277 €	296,030 €

Abbildung 55: Jährliche Kosten der Varianten im Gebiet West und Mitte

Es zeigt sich, dass die kapitalgebundenen Kosten nur einen niedrigen Anteil der jährlichen Kosten ausmachen. Vor allem auf Grund der Stromkosten machen die bedarfsgebundenen Kosten den größten Anteil aus. Den geringsten Anteil verursachen Wartung und Instandhaltung der Anlagen.

Variante 3 weist insgesamt die geringsten Gesamtkosten (ca. 1,6 Mio. €) auf, gegenüber denen weiterhin die Betriebsförderung des Wärmepumpenstroms in Abzug gebracht werden kann. Es folgt Variante 2 mit ca. 1,7 Mio. € Gesamtkosten. Am schlechtesten schneidet die dezentrale Variante 1 (ca. 1,8 Mio. €) ab. Die Gesamtkosten abzüglich Fördermittel liegen dabei für Variante 3 bei ca. 1,4 Mio. €, bei Variante 2 bei ca. 1,5 Mio. € und bei Variante 1 bei ca. 1,8 Mio. €.

Variante 2 erreicht durch die vergleichsweise hohe Quelltemperatur der Abwärme die höchste Effizienz und somit die geringsten Stromkosten. Durch die Bepreisung der Abwärme mit vorläufig 3 ct/kWh liegen die Gesamtkosten (inklusive Betriebsförderung) jedoch etwas höher als in Variante 3. Die Bepreisung der

Abwärme macht hier mit 275.000 € bzw. ca. 22 % einen erheblichen Anteil aus. Stände sie kostenfrei zur Verfügung wäre Variante 2 mit ca. 1,2 Mio. € Gesamtkosten (inklusive Betriebsförderung) die günstigste Variante.

5.4.2.4 Spezifische Gestehungskosten

Setzt man die jährlichen Energiekosten ins Verhältnis zum jährlichen Energieabsatz für die Wärme, erhält man die sogenannten Energiegestehungskosten. Diese werden in Abbildung 56 dargestellt.

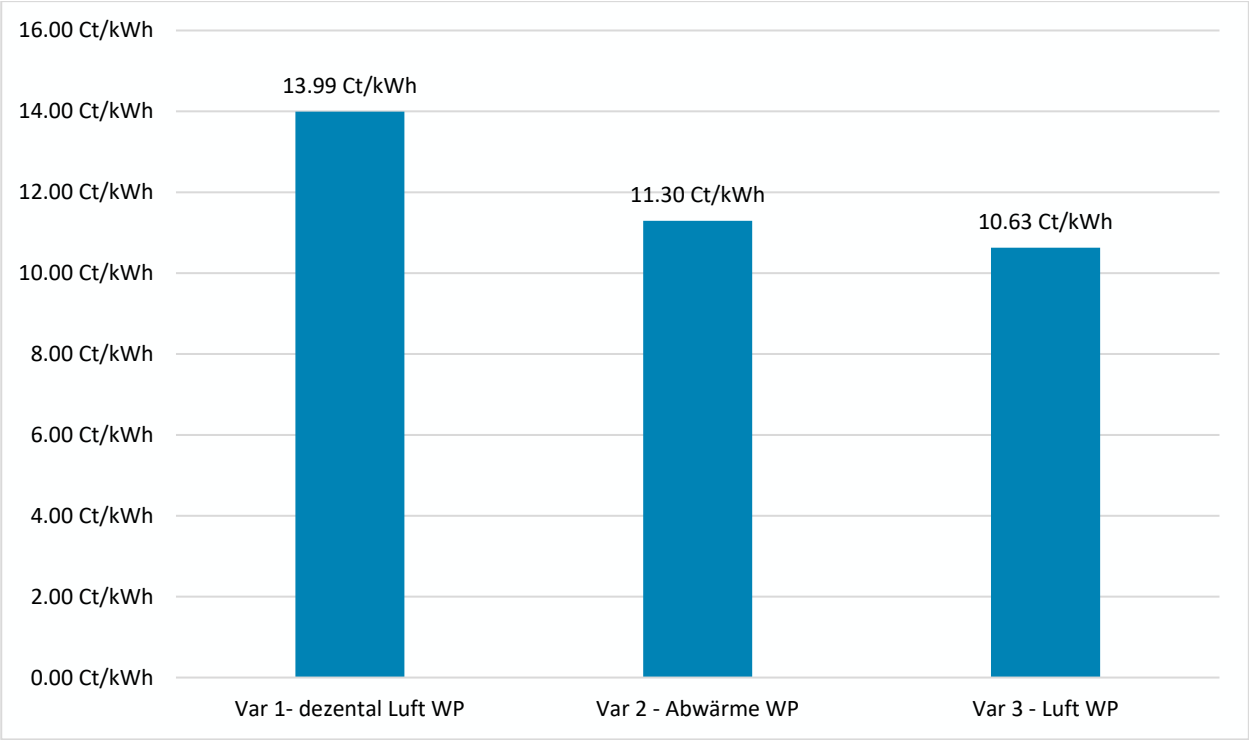


Abbildung 56: Potenzielle Wärmegestehungskosten inklusive BEW–Förderung für Wärme im Gebiet West und Mitte

Die Wärmegestehungskosten in Variante 2 und 3 liegen mit ca. 11,3 und 10,63 ct/kWh etwa gleich auf. Wie zuvor bildet auch hier die Variante 1 das Schlusslicht mit Wärmegestehungskosten von ca. 14 ct/kWh. Die Bepreisung der Abwärme spielt auch hier wieder eine relevante Rolle. Stände sie kostenfrei zur Verfügung, lägen die spezifischen Wärmegestehungskosten für Variante 2 lediglich bei ca. 9 ct/kWh und somit am günstigsten.

5.4.2.5 Potenzielle Wärmepreise

Die zuvor ermittelten Gestehungskosten entsprechen in der dezentralen Variante 1 den potenziellen Gesamtkosten für die Wärmeversorgung. In den zentralen Varianten 2 und 3 hingegen wäre ein Energieversorger einzubinden. Dadurch fallen bei diesem ergänzend zu den Gestehungskosten interne Kosten für Vertrieb und Gemeinkosten sowie eine Marge an. Hierfür werden vorläufig jeweils 10 % der Gestehungskosten angesetzt.

Abbildung 57 stellt die potenziellen Wärmepreise der drei Varianten dar. Variante 1 mit Energiepreisen entsprechend der Wärmegestehungskosten stellt sich hierbei am teuersten dar. Es folgt Variante 2 mit

potenziellen Wärmepreisen von ca. 13,6 ct/kWh. Die günstigsten Preise finden sich in Variante 3 mit ca. 12,8 ct/kWh.

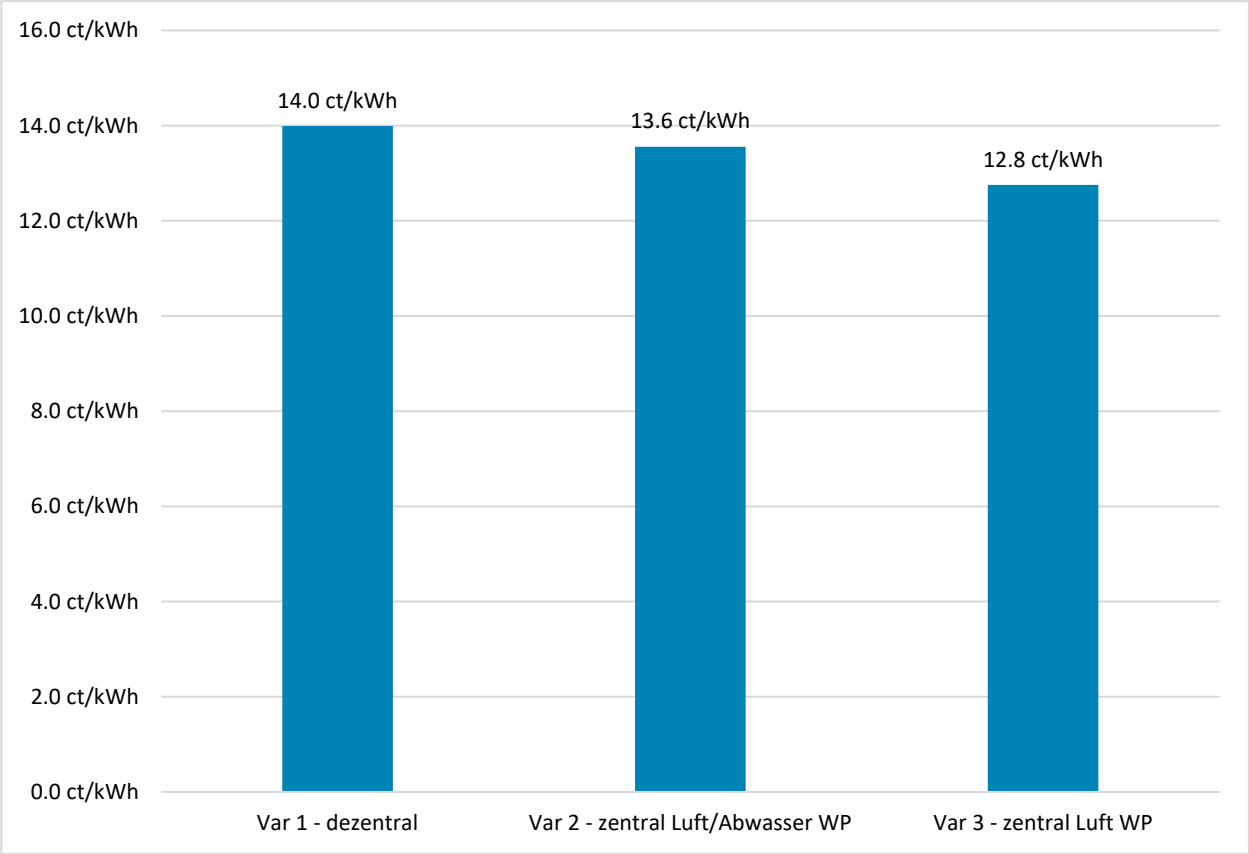


Abbildung 57: Potenzielle Wärmepreise (inkl. internen Kosten und Marge) inklusive BEW- Förderung für Wärme im Gebiet West und Mitte

Ein Fazit zur Handlungsempfehlung wird unter Berücksichtigung weiterer Aspekte in Kapitel 5.4.4 gezogen.

5.4.3 Energie- und CO_2-Einsparungen

Neben der Wirtschaftlichkeit soll auch die Nachhaltigkeit der verschiedenen Varianten betrachtet werden. Hierfür werden die CO_2-Emissionen ermittelt, indem die Energiemengen je Versorgungsvariante mit den spezifischen CO_2-Emissionsfaktoren der Stadt Hamburg verrechnet werden.

5.4.3.1 VU-Gebiet

Für die Erstellung der Energiebilanzen der drei Varianten wurden die jeweils durch die verschiedenen Komponenten bereitgestellten Energiemengen berücksichtigt. Die Anteile, die sich im Rahmen des Energiekonzepts und der dynamischen Simulation der Varianten ergeben, sind in Abbildung 58 dargestellt.

In allen drei Varianten decken die Wärmepumpen den größten Anteil an der Wärmeversorgung. In Variante 1 wird diese Wärme durch einen Anteil von 10 % aus Elektroheizstäben ergänzt. In der Variante 2 deckt die Quelle Abwasser einen Anteil von 77 % und die Quelle Außenluft einen Anteil von 15 %. Der Spitzenlastkessel übernimmt hier einen Anteil von 8 %. In Variante 3 decken die Wärmepumpen mit Quelle Au-

ßenluft einen Anteil von 90 % und werden durch einen Spitzenlastkessel mit 10 % ergänzt. Insgesamt werden in den beiden zentralen Varianten auf Grund der Netzverluste 3 % mehr Wärme bereitgestellt als in Variante 1.

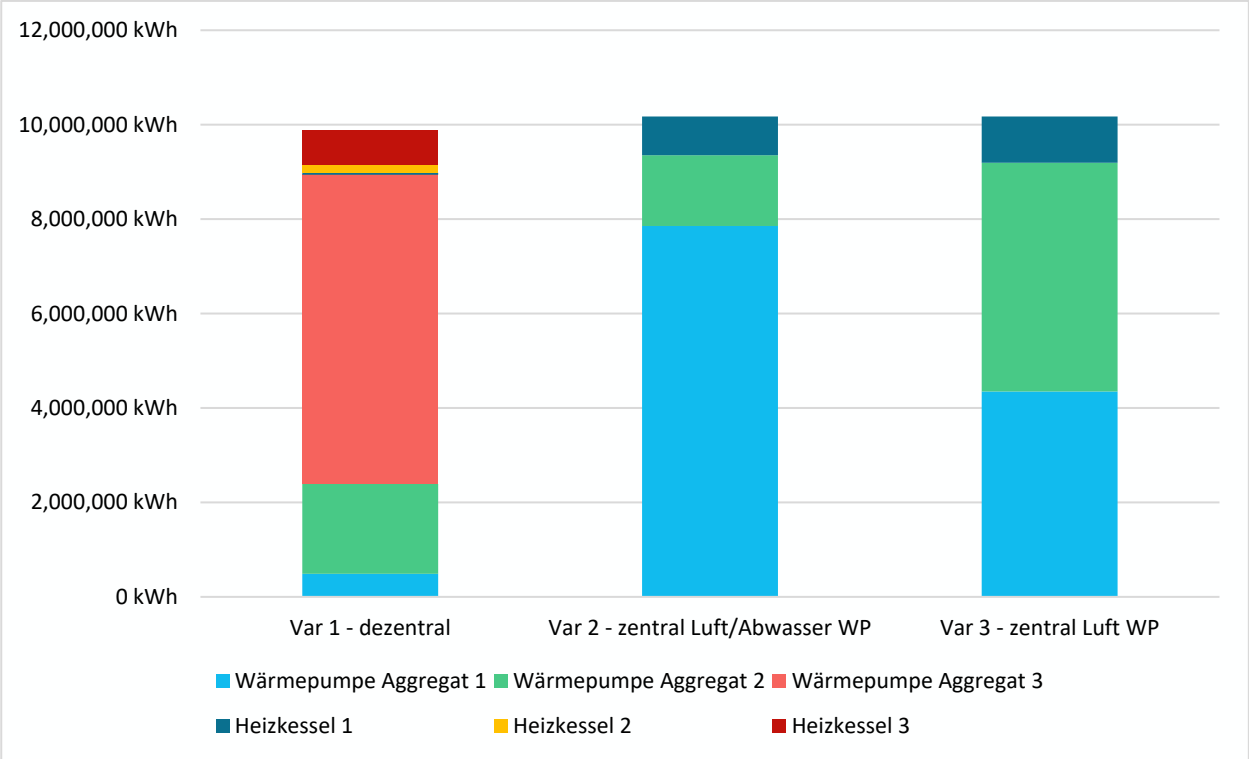


Abbildung 58: Wärmeerzeugeranteile an den Komponenten im VU- Gebiet

Somit werden die Energieträger Strom und Erdgas mit den in Tabelle 33 dargestellten Energiemengen eingesetzt (s. hierzu auch Tabelle 27).

Tabelle 33: Energieträger in den Varianten des VU-Gebiets

Energieträger	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Strom [MWh p.a.]	3.813	2.737	3.112
Erdgas [MWh p.a.]	0	818	977

Im zweiten Schritt wird die Bilanz zur Klimabilanz erweitert und es soll der Einfluss der Wärmeerzeugung auf die Treibhausgasemissionen betrachtet werden. Dazu wurden die Treibhausgasemissionen der einzelnen Varianten mittels der in Kapitel 3.2 angegebenen Emissionsfaktoren bewertet.

Gemäß Emissionsfaktoren des Hamburger Klimaplans werden Stand 2022 414 g/kWh für den bundesweiten Strommix angenommen. Da laut Emissionszielen der Bundesregierung das Stromnetz bis 2045 klimaneutral betrieben werden soll, wird für 2045 ein Emissionsfaktor von verbleibenden 15 g/kWh für den bundesweiten Strommix angesetzt. Für den Ausbau bzw. die Reduktion wird ein linearer Verlauf und somit ein Wert von 275 g/kWh im Stützjahr 2030 verwendet.

Abbildung 59 stellt die sich je Variante ergebenden CO_2-Emissionen in absoluten Jahreswerten dar. Entscheidend ist in allen Varianten der Stromeinsatz für die Wärmepumpen. Hier hängt die Höhe der Emissi-

onen und somit die Nachhaltigkeit der Versorgung vom Emissionsfaktor des bundesweiten Strommixes und somit dem deutschlandweiten Ausbau der erneuerbaren Energien ab. Weitere Emissionen entstehen durch den Betrieb beziehungsweise den Brennstoffeinsatz von Erdgas in den Spitzenlastkesseln.

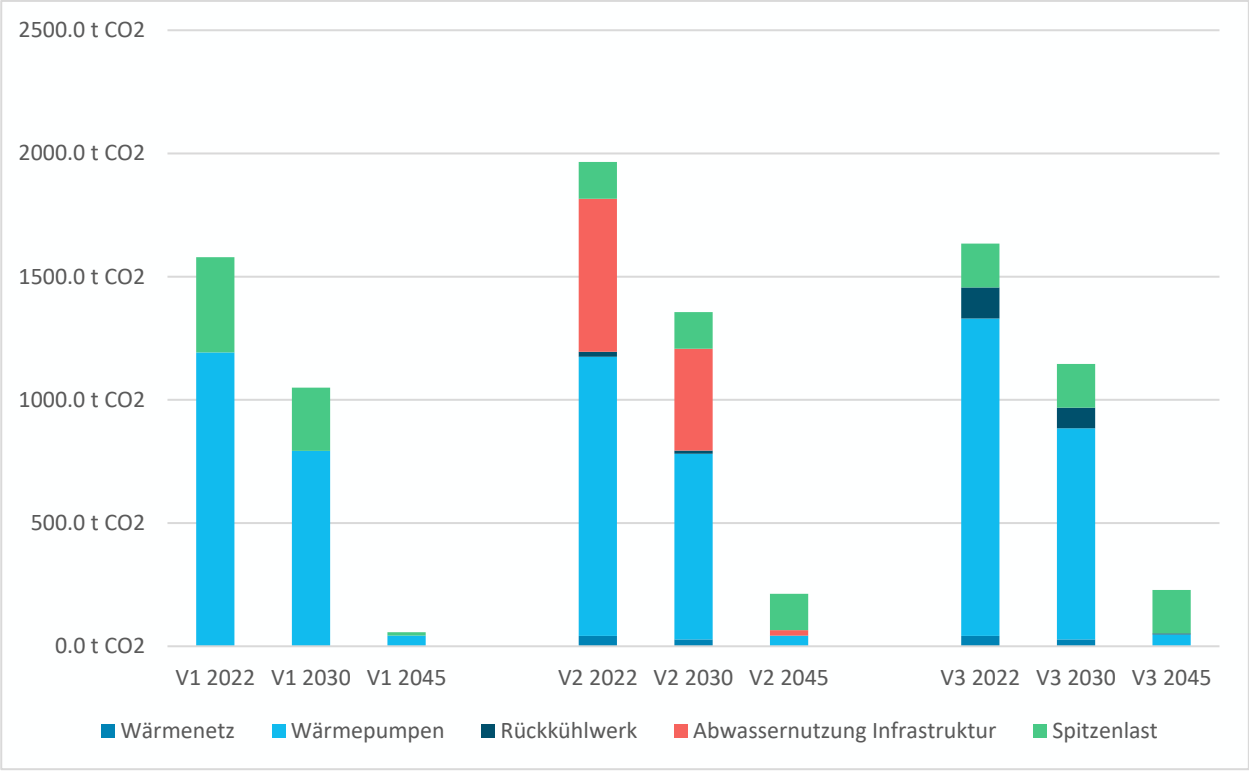


Abbildung 59: Jährliche CO_2-Emissionen nach Komponenten für verschiedene Stützjahre

Variante 2 hat aktuell die größten jährlichen CO_2-Emissionen mit ca. 1.950 t. Gefolgt von Variante 3 mit ca. 1.600 t und Variante 1 mit ca. 1.550 t. In den Stützjahren 2030 und 2045 reduzieren sich die Emissionen durch die Dekarbonisierung des Netzstromes. Durch den größeren Anteil an Wärmebedarfsdeckung mit Heizkesseln in Variante 3 zu Variante 2 dreht sich die Nachhaltigkeit ab dem Jahr 2030 um und die Variante 2 schneidet besser ab als Variante 3, da sich die spezifischen Emissionen von Erdgas nicht ändern.

5.4.3.2 Gebiet West und Mitte

Für die Erstellung der Energiebilanzen der drei Varianten wurden die jeweils durch die verschiedenen Komponenten bereitgestellten Energiemengen berücksichtigt. Die Anteile, die sich im Rahmen des Energiekonzepts und der dynamischen Simulation der Varianten ergeben, sind in Abbildung 60 dargestellt.

In allen drei Varianten decken die Wärmepumpen den größten Anteil an der Wärmeversorgung. In Variante 1 wird diese Wärme durch einen Anteil von 10 % aus Elektroheizstäben ergänzt. In der Variante 2 deckt die Quelle Abwärme einen Anteil von 94 %. Der Spitzenlastkessel übernimmt hier einen Anteil von 6 %. In Variante 3 decken die Wärmepumpen mit Quelle Außenluft einen Anteil von 91 % und werden durch einen Spitzenlastkessel mit 9 % ergänzt. Insgesamt werden in den beiden zentralen Varianten auf Grund der Netzverluste 3 % mehr Wärme bereitgestellt als in Variante 1.

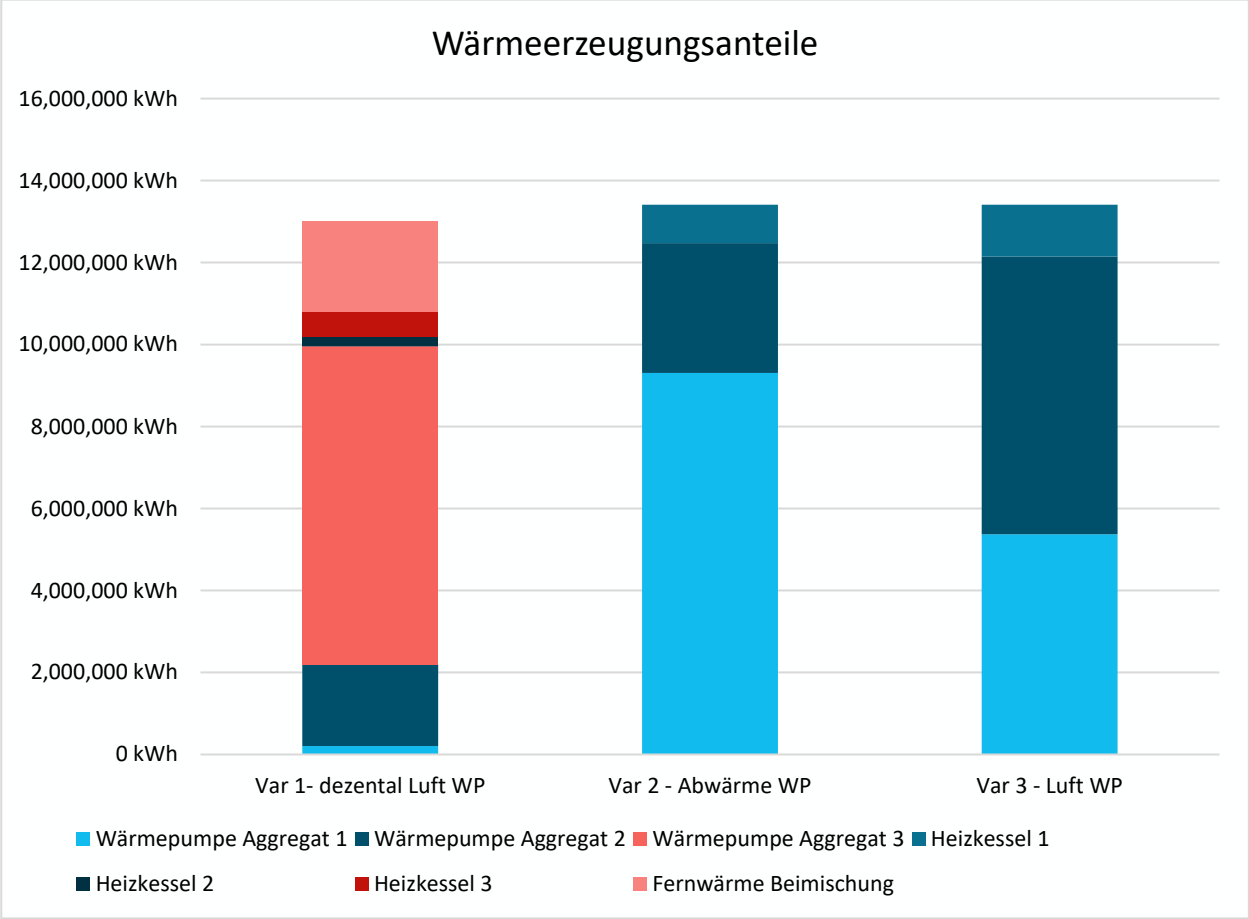


Abbildung 60: Wärmeerzeugeranteile an den Komponenten im Gebiet West und Mitte

Somit werden die Energieträger Strom und Erdgas mit den in Tabelle 34 dargestellten Energiemengen eingesetzt (s. hierzu auch Tabelle 32).

Tabelle 34: Energieträger in den Varianten des VU-Gebiets

Energieträger	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Strom [MWh p.a.]	3.740	3.309	3.956
Erdgas [MWh p.a.]	0	936	1.264

Im zweiten Schritt wird die Bilanz zur Klimabilanz erweitert und es soll der Einfluss der Wärmeerzeugung auf die Treibhausgasemissionen betrachtet werden. Dazu wurden die Treibhausgasemissionen der einzelnen Varianten mittels der in Kapitel 3.2 angegebenen Emissionsfaktoren bewertet.

Gemäß Emissionsfaktoren des Hamburger Klimaplans werden Stand 2022 414 g/kWh für den bundesweiten Strommix angenommen. Da laut Emissionszielen der Bundesregierung das Stromnetz bis 2045 klimaneutral betrieben werden soll, wird für 2045 ein Emissionsfaktor von verbleibenden 15 g/kWh für den bundesweiten Strommix angesetzt. Für den Ausbau bzw. die Reduktion wird ein linearer Verlauf und somit ein Wert von 275 g/kWh im Stützjahr 2030 verwendet.

Abbildung 61 stellt die sich je Variante ergebenden CO_2-Emissionen in absoluten Jahreswerten dar. Entscheidend ist in allen Varianten der Stromeinsatz für die Wärmepumpen. Hier hängt die Höhe der Emissi-

onen und somit die Nachhaltigkeit der Versorgung vom Emissionsfaktor des bundesweiten Strommixes und somit dem deutschlandweiten Ausbau der erneuerbaren Energien ab. Weitere Emissionen entstehen durch den Betrieb beziehungsweise den Brennstoffeinsatz von Erdgas in den Spitzenlastkesseln.

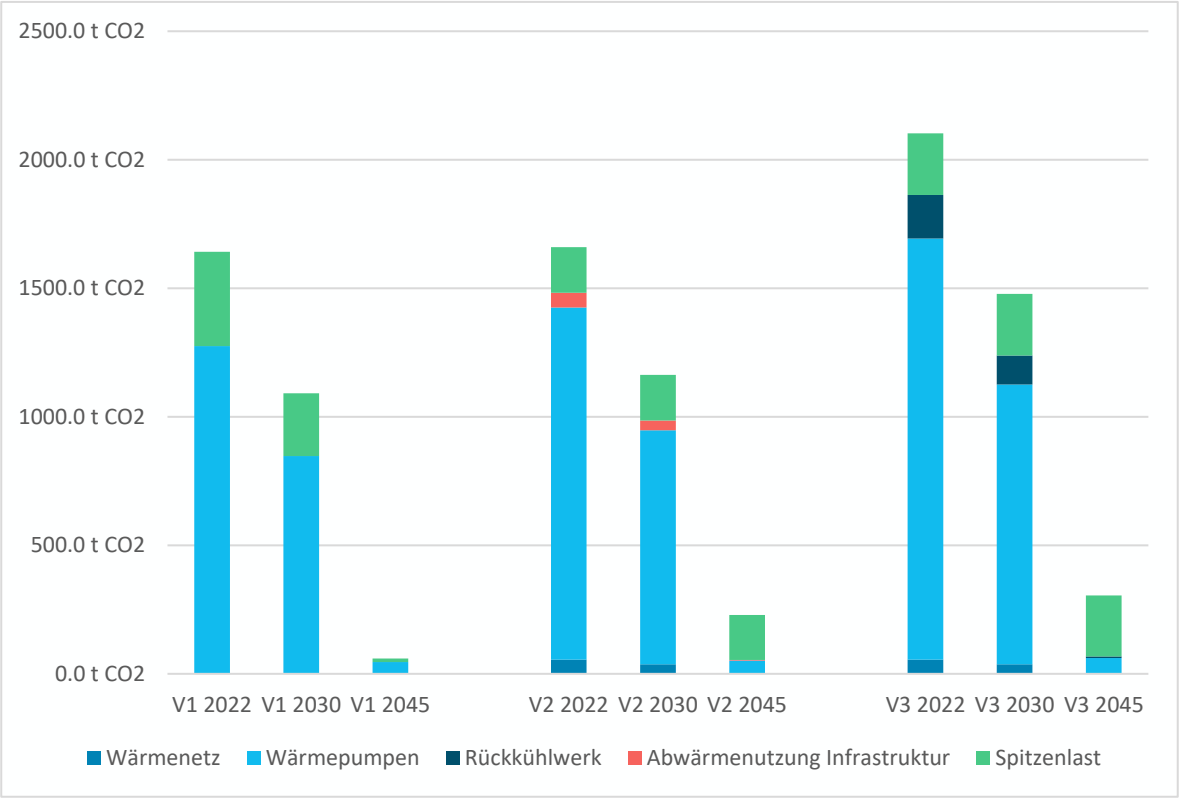


Abbildung 61: Jährliche CO_2-Emissionen nach Komponenten für verschiedene Stützjahre

Variante 3 hat aktuell die höchsten jährlichen CO_2-Emissionen mit ca. 2.050 t. Gefolgt von Variante 2 und 1 mit ca. 1.620 und 1.605 t. In den Stützjahren 2030 und 2045 reduzieren sich die Emissionen durch die Dekarbonisierung des Netzstromes. In den zentralen Varianten verbleiben zukünftig höhere Emissionen als in der dezentralen Variante auf Grund des eingesetzten Erdgases.

5.4.4 Bewertungskriterien und Fazit

Im folgenden Kapitel werden die betrachteten Varianten anhand der ermittelten Kennzahlen und weiterer Bewertungskriterien gegenübergestellt und eine Handlungsempfehlung für die beiden Bereiche VU-Gebiet sowie West und Mitte daraus abgeleitet.

Hierfür wurden mit dem Auftraggeber die folgenden Bewertungskriterien abgestimmt:

- Investitionskosten
- Jährliche Energiekosten
- CO_2-Emissionen
- Sensitivität gegenüber Energiepreisen
- Auswirkungen auf Netzstabilität
- Integration zentral und im größeren Umfang zu erschließender Quellen
- Komplexität der Umsetzung
- Platzbedarf

Dabei wurden die Kriterien Investitionskosten, jährliche Energiekosten, CO_2-Emissionen und Sensitivität gegenüber Energiepreisen quantitativ im Rahmen des Variantenvergleichs ermittelt. Die weiteren Kriterien wurden qualitativ anhand von Projekterfahrungen bewertet.

5.4.4.1 VU-Gebiet

Mit den Ergebnissen des Variantenvergleichs wurde anschließend die in Abbildung 62 dargestellte Bewertungsmatrix befüllt. Je Kriterium werden dabei maximal fünf Punkte für das beste Ergebnis und mindestens ein Punkt für das schlechteste vergeben.

Bewertungskriterium	V1	V2	V3
	dezentral Außenluf	zentral Abwasser	zentral Außenluft
Investitionskosten	4	1	1
jährliche Energiekosten	5	3	5
CO2-Emissionen	5	3	4
Sensitivität gegenüber Energiepreisen	3	1	2
Auswirkung Netzstabilität	2	4	4
Integration zentral zu erschließender Quellen	1	5	3
Komplexität bei der Umsetzung	4	2	3
Platzbedarf	3	3	4
Summe:	**27**	**22**	**26**

Abbildung 62: Bewertungsmatrix VU-Gebiet

Variante 1 erhält dabei für die geringsten Investitionskosten die höchste Punktzahl. Variante 2 und 3 erhalten für gegenseitig ähnliche und gegenüber Variante 1 deutlich höhere Investitionskosten jeweils nur einen Punkt. Die jährlichen Energiekosten inklusive gegengerechneten Fördermitteln sind bei Variante 1 und 3 am geringsten, so dass sie jeweils fünf Punkte erhalten, während Variante 2 nur drei Punkte erhält. Für die geringsten jährlichen CO_2-Emissionen erhält Variante 1 fünf Punkte und nachfolgende Variante 3 und 2 nur vier beziehungsweise drei Punkte. Bei der Sensitivität gegenüber Energiepreisänderungen verhält sich Variante 2 aufgrund der höchsten bedarfsgebundenen Kosten für Wärmepumpen- und Pumpenstrom am anfälligsten und erhält somit nur einen Punkt. Variante 3 und 1 stehen jeweils etwas besser da und erhalten somit 2 beziehungsweise 3 Punkte. Da alle drei Varianten sensibel auf steigende Energiepreise reagieren, werden die höchsten Punktzahlen hier nicht vergeben. Die großen Komponenten in Variante 2 und 3 lassen sich gezielter regeln und in Spitzenlastzeiten durch einen anderen Energieträger ersetzen, sodass die Variante vier Punkte für ihre Auswirkung auf die Netzstabilität erhalten. Variante 1 hingegen erhält nur zwei Punkte auf Grund der vielen, nicht zentral geregelten Einzelkomponenten. Da in Variante 2 das Abwasser als nur zentral zu erschließende Quelle berücksichtigt wird, erhält die Variante hierfür fünf Punkte. In Variante 3 könnten ebenfalls nur zentral zu erschließende Quellen eingebunden werden, da dies aber nicht erfolgt, bekommt die Variante nur drei Punkte. Die dezentrale Variante 1 bietet hier keine Möglichkeiten und erhält somit nur einen Punkt. Da dezentrale Luft-Wärmepumpe vergleichsweise einfach zu errichten sind, erhält Variante 1 vier Punkte für die Komplexität bei der Umsetzung. Die Errichtung des Wärmenetzes in Variante 3 wird als komplexer bewertet und erhält somit nur 3 Punkte. Da bei Variante 2 darüber hinaus mit Abwasser auch noch eine komplexe Umweltquelle erschlossen werden soll, erhält diese Variante nur zwei Punkte. Den geringsten Platzbedarf verursacht Variante 3 und erhält somit vier Punkte. Demgegenüber erhalten Variante 1 und 2 jeweils drei Punkte.

In Summe erzielt Variante 1 mit 27 Punkten den höchsten Wert, dicht gefolgt von Variante 3 mit 26 Punkten. Die wenigsten Punkte erhält Variante 2 mit 22.

Um die Handlungsempfehlung abzusichern, wurde eine Sensitivitätsanalyse der Bewertungskriterien durchgeführt, indem einmal die Kriterien der Wirtschaftlichkeit (Investitionskosten, jährliche Energiekosten und Sensitivität gegenüber Energiepreisänderungen) doppelt gewichtet wurden. Im zweiten Schritt wurden die Kriterien der Nachhaltigkeit (CO_2-Emissionen, Auswirkungen auf Netzstabilität und Integration zentral zu erschließender Quellen) doppelt gewichtet. Die sich ergebende Bewertung ist in Abbildung 63 dargestellt.

Bewertungskriterium	V1	V2	V3		V1	V2	V3
	dezentral Auf	zentral Abwa	zentral Außenluft		dezentral Auf	zentral Abwa	zentral Außer
Investitionskosten	**8**	**2**	**2**		4	1	1
jährliche Energiekosten	**10**	**6**	**10**		5	3	5
CO2-Emissionen	5	3	4		**10**	**6**	**8**
Sensitivität gegenüber Energiepreisen	**6**	**2**	**4**		3	1	2
Auswirkung Netzstabilität	2	4	4		**4**	**8**	**8**
Integration zentral zu erschließender Quellen	1	5	3		**2**	**10**	**6**
Komplexität bei der Umsetzung	4	2	3		4	2	3
Platzbedarf	3	3	4		3	3	4
Summe:	**39**	**27**	**34**		**35**	**34**	**37**

Abbildung 63: Bewertungsmatrix VU-Gebiet doppelte Gewichtung Wirtschaftlichkeit (links) und Nachhaltigkeit (rechts)

In Bezug auf die Wirtschaftlichkeit liegt somit Variante 1 mit 39 Punkten vorne, gefolgt von Variante 3 mit 34 und Variante 2 mit 27 Punkten.

In Bezug auf die Nachhaltigkeit hingegen liegt Variante 3 mit 37 Punkten vor Variante 1 mit 35 und Variante 2 mit 34 Punkten.

Vergleicht man die drei Bewertungen, schneidet V1 sowohl bei der gleichmäßigen Gewichtung der Bewertungskriterien als auch bei der doppelten Gewichtung Wirtschaftlichkeit am besten ab. Da im VU-Gebiet außerdem mit mehreren großen Neuansiedlungen zu rechnen ist und unklar ist, ob diese alle Interesse an einem Wärmenetz zeigen, wird für das VU-Gebiet eine dezentrale Versorgung empfohlen. Ob hierfür Außenluft, Erdsonden oder Spundwände genutzt werden, liegt dann in der Entscheidung der Gebäudeeigentümer:innen.

5.4.4.2 Gebiet West und Mitte

Mit den Ergebnissen des Variantenvergleichs wurde anschließend die in Abbildung 64 dargestellte Bewertungsmatrix befüllt. Je Kriterium werden dabei maximal fünf Punkte für das beste Ergebnis und mindestens ein Punkt für das schlechteste vergeben.

Bewertungskriterium	V1 dezentral Außenluft	V2 zentral Abwas-ser	V3 zentral Außenluft
Investitionskosten	4	1	1
jährliche Energiekosten	3	4	5
CO2-Emissionen	3	5	4
Sensitivität gegenüber Energiepreisen	3	4	2
Auswirkung Netzstabilität	2	4	4
Integration zentral zu erschließender Quel-len	1	4	3
Komplexität bei der Umsetzung	4	2	3
Platzbedarf	3	4	4
Summe:	**23**	**28**	**26**

Abbildung 64: Bewertungsmatrix Gebiet West und Mitte

Variante 1 erhält dabei für die geringsten Investitionskosten die höchste Punktzahl. Variante 2 und 3 erhalten für gegenseitig ähnliche und gegenüber Variante 1 deutlich höhere Investitionskosten jeweils nur einen Punkt. Die jährlichen Energiekosten inklusive gegengerechneten Fördermitteln sind bei Variante 3 am geringsten, sodass es hierfür die Höchstpunktzahl gibt, gefolgt von Variante 2 (inklusive Bepreisung der Abwärme), die hierfür vier Punkte erhält. Die höchsten jährlichen Energiekosten und somit nur drei Punkte ergeben sich für Variante 1. Für die geringsten CO_2-Emissionen erhält Variante 2 auf Grund der höchsten Wärmepumpen-Effizienz fünf Punkte und nachfolgende Variante 3 und 1 nur vier beziehungsweise drei Punkte. Bei der Sensitivität gegenüber Energiepreisänderungen verhält sich Variante 3 am anfälligsten und erhält somit zwei Punkte wie auch im VU-Gebiet. Variante 1 steht ohne Erdgaseinsatz etwas besser da und erhält somit drei Punkte. Die geringste Sensitivität weist Variante 2 auf, da die Abwärme-Bepreisung langfristig vertraglich gebunden sein sollte und die Abwärme mit ihrer hohen Quelltemperatur eine hohe Effizienz und somit geringen Stromeinsatz mit sich bringt. Die Variante erhält entsprechend vier Punkte. Die großen Komponenten in Variante 2 und 3 lassen sich gezielter regeln und in Spitzenlastzeiten durch einen anderen Energieträger ersetzen, sodass die Varianten vier Punkte für ihre Auswirkung auf die Netzstabilität erhalten. Variante 1 hingegen erhält nur zwei Punkte auf Grund der vielen, nicht zentral geregelten Einzelkomponenten. Da in Variante 2 die Abwärme als nur zentral zu erschließende Quelle berücksichtigt wird, erhält die Variante hierfür fünf Punkte. In Variante 3 könnten ebenfalls nur zentral zu erschließende Quellen eingebunden werden, da dies aber nicht erfolgt, bekommt die Variante nur drei Punkte. Die dezentrale Variante 1 bietet hier keine Möglichkeiten und erhält somit nur einen Punkt. Da dezentrale Luft-Wärmepumpe vergleichsweise einfach zu errichten sind, erhält Variante 1 vier Punkte für die Komplexität bei der Umsetzung. Die Errichtung des Wärmenetzes in Variante 3 wird als komplexer bewertet und erhält somit nur 3 Punkte. Da bei Variante 2 darüber hinaus bezüglich der Abwärmenutzung eine rechtliche, technische und wirtschaftliche Einigung mit dem benachbarten Unternehmen gefunden werden muss, erhält diese Variante nur zwei Punkte. Den geringsten Platzbedarf verursachen Variante 2 und 3 und erhalten somit vier Punkte. Demgegenüber erhält Variante 1 nur drei Punkte.

In Summe erzielt Variante 2 mit 28 Punkten den höchsten Wert, gefolgt von Variante 3 mit 26 Punkten. Die wenigsten Punkte erhält Variante 1 mit 23.

Um die Handlungsempfehlung abzusichern, wurde eine Sensitivitätsanalyse der Bewertungskriterien durchgeführt, indem einmal die Kriterien der Wirtschaftlichkeit (Investitionskosten, jährliche Energiekosten und Sensitivität gegenüber Energiepreisänderungen) doppelt gewichtet wurden. Im zweiten Schritt wurden die Kriterien der Nachhaltigkeit (CO_2-Emissionen, Auswirkungen auf Netzstabilität und Integration zentral zu erschließender Quellen) doppelt gewichtet. Die sich ergebende Bewertung ist in Abbildung 65 dargestellt.

Bewertungskriterium	V1	V2	V3		V1	V2	V3
	dezentral Auf	zentral Abwa	zentral Außenluft		dezentral Auf	zentral Abwa	zentral Außer
Investitionskosten	**8**	**2**	**2**		4	1	1
jährliche Energiekosten	**6**	**8**	**10**		3	4	5
CO2-Emissionen	3	5	4		**6**	**10**	**8**
Sensitivität gegenüber Energiepreisen	**6**	**8**	**4**		3	4	2
Auswirkung Netzstabilität	2	4	4		**4**	**8**	**8**
Integration zentral zu erschließender Quellen	1	5	3		**2**	**10**	**6**
Komplexität bei der Umsetzung	4	2	3		4	2	3
Platzbedarf	3	4	4		3	4	4
Summe:	**33**	**38**	**34**		**29**	**43**	**37**

Abbildung 65: Bewertungsmatrix West und Mitte doppelte Gewichtung Wirtschaftlichkeit (links) und Nachhaltigkeit (rechts)

In Bezug auf die Wirtschaftlichkeit liegt somit Variante 2 mit 38 Punkten vorne. Die Varianten 1 und 3 folgen dicht beieinander mit 33 beziehungsweise 34 Punkten.

In Bezug auf die Nachhaltigkeit liegt ebenfalls Variante 2 mit 43 Punkten deutlich vor Variante 3 mit 37 und Variante 1 mit 29 Punkten.

Vergleicht man die drei Bewertungen in Abbildung 64, schneidet Variante 2 durchweg sowohl bei der gleichmäßigen Gewichtung der Bewertungskriterien als auch jeweils bei den doppelten Gewichtungen Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit am besten ab. Somit wird für das Gebiet West und Mitte eine zentrale Wärmeversorgung empfohlen, bei der die Abwärme des benachbarten Industrieunternehmens integriert werden sollte (näheres hierzu findet sich in Kapitel 5.2.3). Hierbei ist jedoch dringend auf günstige Konditionen für die Abnahme der Abwärme hinzuwirken. Alternativ kann die Wärme aber auch mittels der Umweltquelle Außenluft über das Wärmenetz bereitgestellt werden.

Als Standort für die Energiezentrale wird dabei eine Fläche in der Nähe der Abwärmequelle empfohlen. Dies hat den energetischen und wirtschaftlichen Vorteil, dass die Abwärme nicht erst in die eine Richtung ins Gebiet transportiert und dort auf Nutztemperaturniveau angehoben und dann teilweise in die andere Richtung wieder verteilt wird. Konkret könnten hierfür die Grundstücke am süd-westlichen Ende der Blohmstraße, die neu bebaut werden sollen, in Frage kommen.

5.5 Hemmnisse und Lösungsansätze

Im nächsten Schritt sollen potenzielle Umsetzungshemmnisse in den Bereichen Technik, Wirtschaftlichkeit, rechtliche Rahmenbedingungen und Zielgruppe mit Bezug auf die nachhaltige Wärmeversorgung analysiert werden. Anschließend sollen mögliche Lösungsansätze entwickelt werden, um Hemmnissen einerseits vorzubeugen und sie frühzeitig zu vermeiden oder sie andererseits bei unvermeidbarem Eintreten zu überwinden. Tabelle 35 stellt die Ergebnisse tabellarisch dar.

Tabelle 35: Hemmnisse und Lösungsansätze im Bereich der erneuerbaren Wärmeversorgung

Nachhaltige Wärmeversorgung	
Hemmnis	**Lösungsansatz**
Dezentraler Einsatz von Wärmepumpen (Umweltquelle Luft)	
Die Investition in Wärmepumpen benötigt die entsprechenden finanziellen Mittel. Auch wenn sich Wärmepumpen über den Betriebszeitraum gegenüber Erdgaskesseln wirtschaftlich darstellen, ist die Erstinvestition gegebenenfalls in Kombination mit Investitionen in die Gebäudesanierung zur Absenkung von Vorlauftemperaturen und gegebenenfalls Umstellung der Heizungsverteilung oft teurer als ein Ersatzkessel.	Das BAFA fördert mithilfe des Förderprogramms Bundesförderung Effiziente Gebäude (BEG) (Anlagen zur Wärmeerzeugung (Heizungstechnik) die Umstellung auf erneuerbare Wärmeversorgung, sodass hier eine finanzielle Unterstützung erfolgt. Weitere Möglichkeiten bietet die Investitions- und Förderbank Hamburg (IFB) mit dem Programm „Erneuerbare Wärme“. Darüber hinaus informieren und beraten die Hamburger Energielotsen zu Heizungstausch und Energiesparpotenzialen.
Gegenüber einem Erdgaskessel benötigen Wärmepumpen inklusive Rückkühlaggregaten zur Erschließung der Außenluft als Wärmequelle mehr Platz beziehungsweise auch Platz auf Außenflächen und nicht nur in Kellerräumen, somit greifen die Maßnahmen auch ins äußere Erscheinungsbild ein. Weiterhin verursachen die Ventilatoren von Luft-Wärmepumpe Schallemissionen im Außenbereich.	Insbesondere bei Neubauten kann der benötigte Platzbedarf sowie der Aufstellort von Anfang an mit geplant werden. Beispielsweise kann die Wärmepumpe auch vollständig auf dem Dach errichtet werden und somit Platz nutzen, der sonst ungenutzt bliebe. Schallemittierende Ventilatoren können so aufgestellt und ausgerichtet werden, dass die Schallemissionen keine sensiblen Bereiche beeinflussen. Bereits bei der Herstellerauswahl können unterschiedliche Modelle gegeneinander abgewogen werden, die für den jeweiligen Einsatzort passen.
Der Fachkräftemangel bei ausführenden Firmen kann dazu führen, dass gar keine oder nur teure Angebote für die Errichtung von Wärmepumpen abgegeben werden.	Zunächst können Gebäudeeigentümer:innen selbst aktiv werden: Auf der Homepage der BUKEA können sich Gebäudeeigentümer:innen zunächst über die Wärmepumpenpotenziale am eigenen Standort informieren.[29] Darauf aufbauend kann mit dem Wärmepumpenrechner die Eignung des eigenen Gebäudes geprüft werden.[30] Weiterhin steht ein „Wegweiser“ mit Erläuterungen zu Wärmepumpen als auch einer Checkliste der erforderlichen Schritte zur Verfügung.[31] Die Hamburger Energielotsen informieren und beraten zu Heizungstausch und Energieeinsparpotenzialen.[32] Mit dem Elbcampus bietet Harburg darüber hinaus konkrete Möglichkeiten zur Weiterbildung von Fachkräften im Bereich der Umwelt- und Gebäudetechnik.
Der Austausch aller Erdgaskessel durch dezentrale Luft-Wärmepumpen ist von einer Vielzahl einzelner Gebäudeeigentümer:innen abhängig.	Veranstaltungsformate und Informationsstrukturen wie die Binnenhafenbegleitgruppe können genutzt werden, um die Gebäudeeigentümer:innen zusammenzubrin-

[29] https://www.hamburg.de/politik-und-verwaltung/behoerden/bukea/themen/energie/waermepumpen/waermepumpenpotenzialkarte
[30] https://www.hamburg.de/politik-und-verwaltung/behoerden/bukea/themen/energie/waermepumpen/waermepumpenrechner
[31] https://www.hamburg.de/resource/blob/996012/0cbf79fdcf6796c1fc93bd973268368d/d-checkliste-data.pdf
[32] https://www.hamburg.de/politik-und-verwaltung/behoerden/bukea/themen/energie/energielotsen

	gen. Dabei können Erfahrungen ausgetauscht und Synergien genutzt werden.
Wärmenetzerrichtung	
Die Errichtung eines Wärmenetzes inklusive Energiezentrale mit Wärmepumpentechnik im großen Leistungsbereich von mehreren MW Leistung benötigt eine vergleichsweise hohe Erstinvestition.	Die Erstinvestition kann von einem Energieversorger getragen werden, der anschließend seine Einnahmen über den Verkauf von Wärme generiert. Hierfür ist ein wirtschaftlich leistungsstarker und technisch erfahrener Wärmenetzbetreiber zu finden.
Die Planung und Errichtung eines Wärmenetzes nehmen mehrere Jahre in Anspruch. Während dieser Zeit besteht das Risiko, das abgängige Erdgaskessel durch dezentrale Wärmepumpen oder andere neue Erzeuger ersetzt werden.	In Abhängigkeit der Eignungsgebiete aus der Kommunalen Wärmeplanung sollte zeitnah das Interesse eines Wärmenetzbetreibers geweckt werden, ein Wärmenetz zu errichten. Anschließend sollte der Fortschritt des Projekts kontinuierlich kommuniziert werden. Weiterhin sollten Anschlussbedingungen und das Anschlussinteresse der Gebäudeeigentümer:innen abgefragt und zusammengeführt werden.
Für die Aufstellung eines zentralen Wärmepumpensystems wird eine vergleichsweise große Fläche benötigt. Auch wenn die Fläche in der Regel kleiner ist als die Summe der dezentral notwendigen Technikräume für Einzelanlagen, gestaltet es sich im engverdichteten innerstädtischen Raum häufig schwierig entsprechende Flächen günstig zur Verfügung zu stellen.	Der Platzbedarf einer Energiezentrale und sonstige Standortanforderungen (z. B. Nähe zu den zu erschließenden Quellen) sollten frühzeitig konkretisiert und in den weiteren Planungsschritten der Gebietsentwicklung mitgedacht werden.
Die Errichtung eines Wärmenetzes bringt Baustellen und Verkehrsbehinderung während der Errichtung mit sich.	Wenn der privatwirtschaftliche Beschluss eines Wärmenetzbetreibers zur Errichtung eines Wärmenetzes gefallen ist, sollte dies inklusive der Vorteile für Gebäudeeigentümer- und -nutzer:innen kommuniziert werden. Bei der Verkehrsplanung sollten Synergien mit anderen Bauvorhaben genutzt werden.

5.6 Zusammenfassung

Die erneuerbare Wärmeversorgung bietet gute Möglichkeiten einen entscheidenden Beitrag zur Klimawende zu leisten. Wie die Bedarfsanalyse gezeigt hat, wird der Wärmebedarf im gesamten Harburger Binnenhafen durch Nachverdichtung und Neubauten tendenziell steigen. Somit ist entscheidend, dass sowohl der Gebäudebestand energetisch saniert wird, um den vorhandenen Bedarf und auch notwendige Vorlauf-Temperaturen zu senken, als auch die Einbindung erneuerbarer Quellen in die Wärmebereitstellung erfolgt.

Die Potenzialanalyse konnte hierfür aufzeigen, dass die Außenluft als Umweltquelle eine gute Möglichkeit bietet erneuerbare Wärme sowohl dezentral als auch zentral in die Wärmeversorgung einzubinden. Dabei lassen sich die Herausforderungen, die das Potenzial mit sich bringt, (z. B. Aufstellflächen für Rückkühlaggregate, Schallemissionen) mit der heute verfügbaren Technik gut lösen (s. Kapitel 5.2.5). Darüber hinaus können dezentral auch andere Quellen erschlossen werden. Hierzu zählt insbesondere die Geothermie, wobei hierzu anzumerken ist, dass sie auf Grund der Standortfaktoren (z. B. Bohrtiefenbegrenzung, Altlasten, archäologische Funde) im Harburger Binnenhafen in den meisten Fällen unwirtschaftlicher sein wird als Luft-Wärmepumpen es sind. Zentral lassen sich darüber hinaus aber auch Quellen wie Abwasser oder industrielle Abwärme einbinden.

Der wirtschaftlich-ökologische Variantenvergleich konnte zeigen, dass im stark verdichteten Gebiet West und Mitte eine zentrale Versorgung zu empfehlen ist und hierbei nach Möglichkeit in direkter Nachbarschaft verfügbare Abwärme eingebunden werden sollte. In den Bereichen VU-Gebiet und Schlossinsel hingegen wird sowohl auf Grund der etwas weniger dichten Bebauung, aber auch auf Grund der sehr unterschiedlichen Anforderungen für einerseits denkmalgeschützten Bestand und andererseits noch zu entwickelnde Neubauflächen eine dezentrale Wärmeversorgung vorrangig mit Luft-Wärmepumpen empfohlen.

6 Erneuerbare Kälteversorgung

Ergänzend zur Wärmeversorgung soll nun auch der Aspekt der Kälteversorgung betrachtet werden. Analog zur Wärmeversorgung werden hierbei die beiden Seiten Kältebedarfe und Kältepotenziale beleuchtet und anschließend das Potenzial für eine zentrale Kälteversorgung auch in Kombination mit einer zentralen Wärmeversorgung bewertet werden.

6.1 Kältebedarfe im Projektgebiet

Zunächst wurde die Bedarfsseite der Kälteversorgung betrachtet.

Da keine konkreten Daten bezüglich Kältebedarfen beziehungsweise Kältebereitstellung im Projektgebiet vorliegen, erfolgte die Betrachtung theoretisch. Inwiefern über den bezogenen Strom auch Kälteanlagen betrieben werden, ist unbekannt und nur über eine im Rahmen des Energiekonzepts nicht leistbare Abfrage bei den Gebäudeeigentümer:innen und -nutzer:innen quantifizierbar. Grundsätzlich sind zwei Arten von Kältebedarfen denkbar:

- Raumklimatisierung bei hohen Außentemperaturn
- Prozessbedingte, gegebenenfalls kontinuierliche Kältebedarfe

Laut der Technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR) soll die Raumtemperatur von Arbeitsstätten nicht höher als 26 °C liegen. Liegt die Temperatur darüber, sind entsprechende Maßnahmen wie Verschattung, Belüftung oder aktive Kühlung vorzunehmen. Auf Grund der Behaglichkeit sollten Räume dabei nicht auf weniger als 8 K kälter als die Außentemperatur und somit nicht weniger als max. 18 °C gekühlt werden. Die Raumklimatisierung benötigt somit in der Bereitstellung durch Kältemaschinen moderate Temperaturen von ca. 16 bis 18 °C. Die konkrete Temperatur der Zuluft wiederum ist im konkreten Fall unter Berücksichtigung des hx-Diagramms (Enthalpie-Feuchtegrad-Diagramm) beziehungsweise des Behaglichkeitsfelds nach Richard Mollier und für die jeweilige Kälteeinbringung festzulegen. Die Kältebereitstellung zur Raumklimatisierung wird i.d.R. vor allem in den Sommermonaten und gelegentlich den Übergangszeiten Frühjahr und Herbst benötigt. Dann können jedoch vergleichsweise hohe Lastspitzen anfallen, wenn in wenigen Stunden hohe Außentemperaturen ausgeglichen werden sollen.

Prozessbedingte Kältebedarfe hingegen fallen mit einem individuellen Lastgang je nach Anwendung an. Dies kann z. B. auch ganzjährig sehr konstante Leistungen bedeuten. Ebenso kann die benötigte Temperatur je nach Prozess stark variieren. Eine typische Anwendung im Projektgebiet könnte z. B. die Klimatisierung von Serverräumen sein. In einzelnen Unternehmen könnten aber auch Anwendungen unter bestimmten Rahmenbedingungen erfolgen, sodass gegebenenfalls deutlich niedrigere, gegebenenfalls auch negative Temperaturen benötigt werden.

Um die aktiven Klimatisierungsbedarfe möglichst gering zu halten, sollten zunächst bauliche Maßnahmen vorgenommen werden (s. hierzu Maßnahmenkarte G2).

6.2 Zentrale Kälteversorgung

Unabhängig von der Bereitstellungsart (z. B. Kompressionskälteanlagen, Absorptionskältemaschinen, reversible Wärmepumpen, Wärme-Kälte-Kopplung) kann die Bereitstellung der Kälte grundsätzlich gebäudeweise dezentral oder zentral über ein Kältenetz erfolgen. Daher soll hier noch kurz erläutert werden, warum zentrale Bereitstellungsoptionen im Projektgebiet nicht weiterverfolgt werden.

Grundsätzlich ergeben sich drei Möglichkeiten der Verteilung:

- Dezentral
- Kältenetz
- „Kaltes“ Netz

Die dezentrale Bereitstellung wird für das Projektgebiet empfohlen, da hier sowohl bei Investitionen als auch Betrieb bedarfsgerecht agiert werden kann.

Alternativ könnte ein **Kältenetz** errichtet und mit z. B. 16 bis 18 °C im Vorlauf betrieben werden. Dieses könnte parallel zum Wärmenetz oder Teilen des Wärmenetzes verlaufen. Verschiedene Punkte sprechen gegen die Vorteile eines zentralen Kältenetzes. Da die Kältebedarfe im Projektgebiet sehr unklar sind, können aktuell keine Aussagen getroffen werden, wo ein Netz benötigt wird. Somit sind Trassenlänge, -verlauf sowie benötigte Bereitstellungsleistungen unbekannt. Analog zum Wärmenetz würde das Kältenetz eine möglichst hohe Anschlussquote benötigen, um sich wirtschaftlich zu tragen. Da die meisten Bedarfe im Gebiet der Gebäudeklimatisierung liegen dürften, wären relativ hohe Leistungen für wenige, heiße Stunden im Jahr vorzuhalten. Ein reversibler Betrieb zentraler Wärmepumpen als Bereitstellungsoption und zeitweiser Verteilung von Kälte über das Wärmenetz entfällt, da auch sommerliche Wärmebedarfe bestehen und das Wärmenetz nicht zwei Temperaturen gleichzeitig verteilen kann.

Eine weitere Alternative wäre ein sogenanntes **„Kaltes“ Netz**, bei dem Wärme auf einem vergleichsweise niedrigen Temperaturniveau von ca. 10 bis 20 °C bereitgestellt wird. Jedes der angeschlossenen Gebäude verfügt dann über eine Wärmepumpe, mit der dezentral und bedarfsgerecht das benötigte Temperaturniveau bereitgestellt wird. Dabei kann dann z. B. ein denkmalgeschütztes und nur bedingt saniertes Gebäude inklusive Trinkwasserverbrauch ca. 70 °C zur Verfügung stellen, während dem benachbarten Büroneubau ohne Brauchwarmwasser ca. 40°C im Vorlauf für die Flächenheizung reichen und in einem dritten Gebäude prozessbedingte Kälte bei 5 °C bereitgestellt wird.

Wenn die Lastgänge der angeschlossenen Gebäude sich sehr gut ergänzen, gleichen sie sich in etwa aus und es besteht kein Bedarf für einen ergänzenden Energieeintrag. Diese Situation stellt sich jedoch nur selten ein. Im Projektgebiet ist davon auszugehen, dass die Gebäude im Winter eher alle Wärme benötigen und im Sommer die meisten Kälte. Da sich dann kein Ausgleich einstellen würde, müsste der Bedarf über eine zentrale Wärmequelle oder -senke ausgeglichen werden. Es kann also nicht auf eine zentrale Umweltquelle wie Außenluft, Geothermie etc. verzichtet werden. Die Investitionskosten eines „Kalten“ Netzes liegen sowohl zentral als auch dezentral höher als bei einem herkömmlichen Wärmenetz. Zentral muss sowohl eine Energiequelle (Rückkühlaggregate, Erdsonden etc.) als auch das Netz an sich zur Verfügung gestellt werden. Dabei ist das Netz auf Grund geringerer Spreizung zwischen Vor- und Rücklauf und somit größerer Nennweiten als im Wärmenetz teurer als dieses. Dezentral wird je Gebäude eine Wärmepumpe benötigt, die das Nutztemperaturniveau bereitstellt. Diese sind auf Grund von Skaleneffekten in Summe teurer als eine zentrale Wärmepumpe mit Summe der Leistung über alle dezentralen Wärmepumpen.

Für das Projektgebiet wird somit – wie oben bereits allgemein empfohlen – zunächst passive Kühlung durch bauliche Maßnahmen oder Nachtlüftung empfohlen. Für darüberhinausgehende Kältebedarfe wird eine dezentrale und bedarfsgerechte Kältebereitstellung mit Kältekompressionsanlagen befürwortet. Um diese möglichst nachhaltig zu betreiben, wird die „Solare Kühlung“ in Form von Kälteanlagen in Kombination mit Photovoltaik-Anlagen empfohlen. Hierbei kommt der Vorteil zum Tragen, dass die solaren Erträge zeitgleich zum Raumklimatisierungsbedarf am höchsten sind. Das Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen veröffentlicht auf dem „Informationsportal Nachhaltiges Bauen“ regelmäßig aktu-

alisierte Leitfäden.[33] Unternehmen, die Fragen hinsichtlich dem effizienten Betrieb von Kälteanlagen haben, können sich weiterhin an das Netzwerk Kälteeffizienz Hamburg wenden.[34]

Für den Bereich der Kälteversorgung werden keine eigenen Maßnahmen empfohlen. Es finden sich jedoch in anderen Kapiteln Maßnahmen, die zwar zur Gebäudemodernisierung (s. Kapitel 4.2 Maßnahme G2 Bauliche Maßnahmen zur Klimatisierung an Nichtwohngebäuden) oder zur regenerativen Stromversorgung (s. Kapitel 7.3 Maßnahme S1, S2 und S3 Errichtung von Photovoltaikanlagen, deren Stromertrag im Sommer zur Kältebereitstellung mit Kompressionskältemaschinen genutzt werden kann) gehören, und dennoch einen Beitrag zur erneuerbaren Kälteversorgung leisten.

[33] https://www.nachhaltigesbauen.de/
[34] https://www.kaeltenetz-hamburg.de/page,home.htm

7 Regenerative Stromversorgung

Im folgenden Kapitel soll ergänzend zur Wärme- und Kälteversorgung auch die Stromversorgung des Projektgebiets betrachtet werden. Dabei werden zum einen die rechtlichen Rahmenbedingungen hinsichtlich Photovoltaik-Pflicht und Denkmalschutz beleuchtet, zum anderen werden die technischen Potenziale zur erneuerbaren Strombereitstellung aus Photovoltaik betrachtet und anschließend Maßnahmen zum Ausbau der erneuerbaren Stromversorgung entwickelt.

7.1.1 Rechtliche Einordnung Hamburger Klimaschutzgesetz und Denkmalschutz

Das Hamburger Klimaschutzgesetz in seiner aktuellen Fassung hat die Klimaneutralität bis 2045 als erklärtes Ziel. Durch den im Oktober 2025 positiv ausgegangenen „Hamburger Zukunftsentscheid“ ist dieses Ziel nun im Weiteren auf 2040 vorzuziehen. In Bezug auf Photovoltaik (PV)-Anlagen sind dabei konkrete Vorgaben zur Erreichung dieser Ziele gesetzt worden. Hierbei werden sowohl Neubauten als auch Bestandsgebäude unter bestimmten Voraussetzungen verpflichtet, PV-Anlagen zu errichten. Seit Anfang 2024 müssen auf neu zu errichtenden Gebäuden mindestens 30 % der Bruttodachfläche mit PV bedeckt sein. Bei wesentlichen Umbauten von Bestandsdächern müssen mindestens 30 % der Nettofläche des Daches für PV genutzt werden. Ab 2027 müssen die Dächer zusätzlich zu mindestens 70 % der Bruttofläche extensiv begrünt werden. Die Vorgaben für die PV-Belegung bleiben dabei gleich. Mit diesen gesetzlichen Regelungen sollen die Eigentümer:innen von insbesondere für PV sehr gut geeigneten Gebäuden einen Beitrag zum Erreichen der Klimaneutralitätsziele leisten.

Um den Einsatz von erneuerbaren Energien und Gebäudebegrünung auch auf denkmalgeschützten Gebäuden zu ermöglichen, müssen Regelungen und Vorgaben des Denkmalschutzes des Landes Hamburg mit einbezogen werden. Hierfür hat das Denkmalschutzamt Hamburg eine Praxishilfe zum Genehmigungsprozess zur Verfügung gestellt, die das Antragsverfahren der verschieden komplexen Fälle verdeutlicht.[35] Da es sich jeweils um Einzelfallprüfungen handelt, können im Rahmen des Energiekonzepts keine weiteren Aussagen bezüglich konkreter Denkmalschutzanforderungen und Auswirkungen auf das Potenzial getroffen werden. Neben der PV-Pflicht für Neu- und Bestandsgebäude besteht im Hamburger Klimaschutzgesetz ebenfalls eine Regelung für offene Stellplatzanlagen. Hierbei müssen bei der Neuerrichtung von Stellplatzanlagen mit mehr als 35 Stellplätzen für Kraftfahrzeuge mindestens 40 % der für die Nutzung von solarer Strahlungsenergie geeigneten Stellplatzflächen hierfür genutzt werden.

7.2 Potenzialanalyse

Neben den bisher betrachteten Potenzialen zur Wärmebereitstellung sollen nun auch elektrische Potenziale der erneuerbaren Energieerzeugung betrachtet werden. PV-Module wandeln Sonneneinstrahlung in elektrischen Strom um. Der spezifische Ertrag beläuft sich in Norddeutschland je nach Ausrichtung und Neigung der Anlagen auf etwa 900 bis 1.000 kWh/kWp, wobei die maximale elektrische Leistung in Kilowatt-Peak (kWp) angegeben wird. Sowohl eine Nutzung des Stroms für den Eigenbedarf als auch eine Einspeisung ins öffentliche Netz mit Erneuerbare Energien Gesetz (EEG)-Vergütung oder eine Direktvermarktung vor Ort sind möglich.

Das elektrische Potenzial der Solareinstrahlung ergibt sich hauptsächlich durch den Einsatz von PV-Modulen auf Dach- und Freiflächen. Auf Flachdächern im Projektgebiet wird auch die Kombination von PV-

[35] https://www.hamburg.de/politik-und-verwaltung/behoerden/behoerde-fuer-kultur-und-medien/einrichtungen/denkmalschutzamt/praxishilfen-denkmalschutz-105276

Anlagen und Dachbegrünung in Betracht gezogen. Als weitere kombinierte Technologie kommen auch hybride PVT-Module, die sowohl Strom als auch Wärme bereitstellen können, in Frage.

7.2.1 Dachflächenpotenzial Photovoltaik

Zur Bewertung des PV-Potenzials freier Dachflächen werden individuell je Dachfläche verschiedene Annahmen als Erfahrungswerte aus der Fachplanung getroffen:

- Nutzbare Dachfläche: 50 bis 90 %
- Neigung Schrägdächer von 30 ° zur planen Ebene
- Leistung bei Flachdächern: 0,15 kWp/m²
- Leistung bei Satteldächern: 0,17 kWp/m²
- spezifischer Ertrag bei Südausrichtung: ca. 1.000 kWh/kWp
- spezifischer Ertrag bei Ost-/Westausrichtung: ca. 900 kWh/kWp

Damit ergibt sich die in Abbildung 66 dargestellte Photovoltaik-Eignung von sehr gut bis ungeeignet. In Summe ergeben sich somit ein Potenzial für installierbare Leistung von ca. 22,2 MWp sowie eine bereitstellbare Energiemenge von ca. 20,4 GWh p.a. Ohne die denkmalgeschützten Gebäude sowie den Ensembleschutz würde das Potenzial auf ca. 17,2 MWp beziehungsweise ca. 15,8 GWh p.a. reduziert. Durch das Gebiet der Städtebaulichen Erhaltungsverordnung ist wie auf Gebäuden mit Denkmalschutz eine Einzelfallprüfung erforderlich. Vom Gesamtpotenzial liegen ca. 4,5 MWp innerhalb der städtebaulichen Erhaltungsverordnung und davon betreffen ca. 1,3 MWp denkmalgeschütze Gebäude. Somit ergibt sich im Projektgebiet ohne Gebäude im Denkmalschutz und Städtebauliche Erhaltungsverordnung ein Leistungspotenzial von ca. 14 MWp und ein Ertragspotenzial von ca. 12,9 GWh.

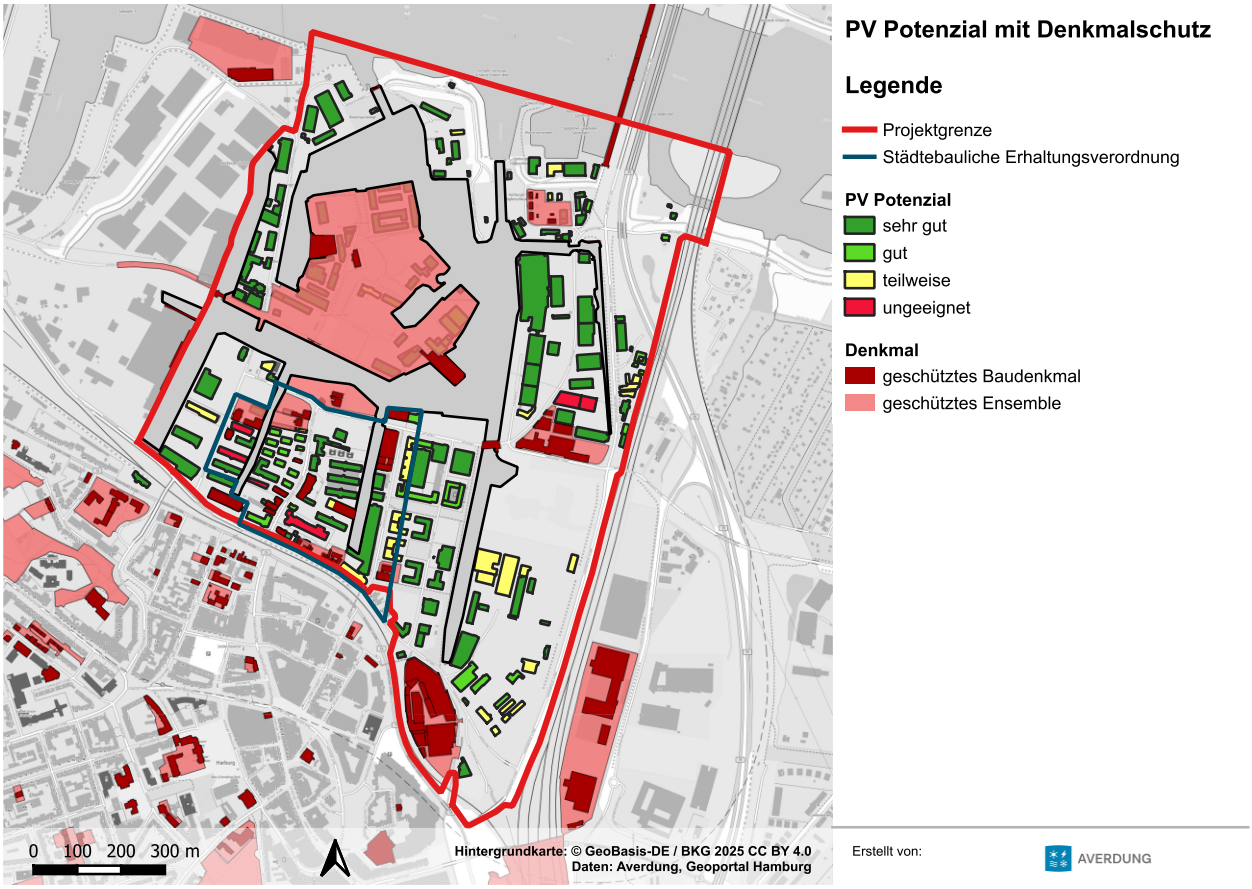


Abbildung 66: Photovoltaik Eignung mit Einschränkung durch Denkmalschutz und städtebauliche Erhaltungsordnung

In der nachstehenden Tabelle 36 sind die Gesamtleistungen und -erträge der Potenzialanalyse nochmals zusammengefasst.

Tabelle 36: Übersicht Leistungs- und Ertragspotenzial PV

Art	Leistung	Ertrag
Gesamtpotenzial PV	22.196 kWp	20,4 GWh
PV-Potenzial auf Gebäuden mit Denkmalschutz	5.012 kWp	4,6 GWh
PV-Potenzial auf Gebäuden innerhalb der Städtebaulichen Erhaltungsverordnung	4.491 kWp	4,1 GWh
PV-Potenzial auf Gebäuden mit Denkmalschutz und innerhalb der städtebaulichen Erhaltungsverordnung	1.340 kWp	1,2 GWh

Gegenüber der bisher geringen energetischen Nutzung der Dächer ergibt sich somit ein sehr hohes theoretisches Potenzial. Dieses ist im Weiteren durch die einzelnen Gebäudeeigentümer:innen hinsichtlich der gebäudespezifischen Anforderungen wie Statik, Bausubstanz und gegebenenfalls Denkmalschutz zu prüfen und umzusetzen.

7.2.2 Überdachungspotenzial

Bei Park- und Stellplatzflächen bietet sich die Möglichkeit diese mit Solarcarports auszustatten oder eine Gesamtüberdachung zzgl. PV-Anlagen zu realisieren. Als Solarcarports stehen verschiedene Varianten zur Verfügung, welche in Abbildung 67 dargestellt sind.

Die Trapezblech- und T-Variante können mit idealer Ausrichtung der PV-Anlage konstruiert werden. Die Y-Variante bietet die Möglichkeit einer Ost-West Ausrichtung und eines zentralen Entwässerungssystems. Bei einer Gesamtüberdachung wird das maximale Flächenpotenzial für die PV-Belegung genutzt. Zudem werden die Verkehrswege im Winter von Schnee und Eis freigehalten. Durch den Einsatz von Glas-Glas-Modulen lässt sich durch die erhöhte Lichtdurchlässigkeit zusätzliche Tagesbeleuchtung einsparen. Ausschließlich bei der Trapezblecheindeckung kann durch den geringeren Lichteinfall am Tag ein zusätzliches Beleuchtungskonzept notwendig sein.

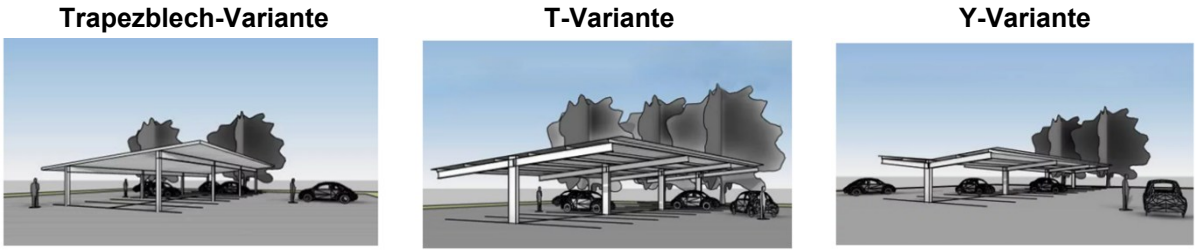


Abbildung 67: Solarcarportvarianten[36]

Ergänzend können die Solarcarports mit elektrischer Ladeinfrastruktur ausgestattet werden und so direkt noch einen weiteren Nutzen bedienen.

Im Projektgebiet befinden sich überschlägig ca. 23.370 m^2 bestehender Parkplatzfläche auf städtischen und privaten Flächen, die in Abbildung 68 dargestellt sind und zum Aufstellen von PV-Überdachung genutzt werden könnten. Daraus ergibt sich nach Abzug von 40 % als Verkehrsflächen ein PV-Potenzial von ca. 655 kWp und ein Ertragspotenzial von ca. 589 MWh im Jahr.

[36] Hörmann GmbH & Co. KG, n.D., verfügbar unter: https://www.hoermann-info.de/photovoltaik/parkplatzueberdachung

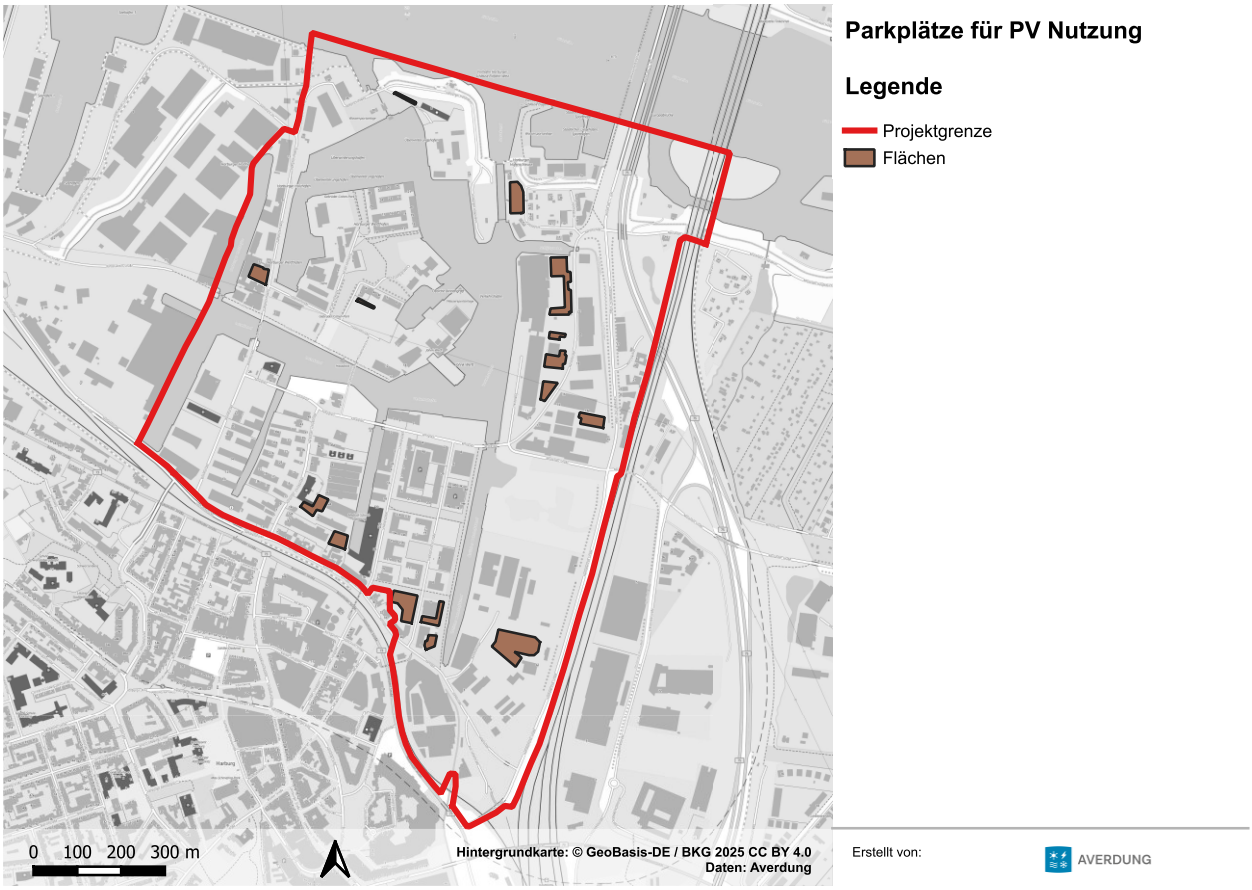


Abbildung 68: Lage der Potenzialflächen für Parkplatz-PV

7.2.3 PVT

Mit hybriden PVT-Modulen können gleichzeitig Wärme und Strom bereitgestellt werden. Es lassen sich die folgenden Annahmen zur Bestimmung der Potenziale treffen:

- Spez. Anlagenleistung elektr. Flach 0,15 kWp/m²
- Spez. Anlagenleistung elektr. Schräg 0,17 kWp/m²
- spezifischer (elektrischer) Ertrag bei Südausrichtung: ca. 1.000 kWh/kWp
- spezifischer (elektrischer) Ertrag bei Ost-/Westausrichtung: ca. 900 kWh/kWp
- Jahresertrag Wärme Flachdach: 320 kWh/m²
- Jahresertrag Wärme Schrägdach Südausrichtung: 360 kWh/m²
- Jahresertrag Wärme Schräg Ost-West-Ausrichtung: 320 kWh/m²

Für das Projektgebiet ergeben sich dadurch die in Tabelle 37 dargestellten thermischen und elektrischen Potenziale.

Tabelle 37: PVT-Potenzial

Art	Leistung [kW]	Betrag [GWh]
PVT thermisch	44.293	46
PVT elektrisch	22.146	20,4

Die thermischen Potenziale von PVT-Modulen unterliegen mehreren Einschränkungen. Zunächst steht das Wärmepotenzial anders als bei der Solarthermie auf einem eher geringen Temperaturniveau von ca. 10 bis 20 °C zur Verfügung. Somit ist in der Regel immer ergänzend eine Wärmepumpe erforderlich, um die Wärme auf ein benötigtes Nutztemperaturniveau von Raumwärme und Trinkwarmwasser (ca. 50 bis 65 °C) zu bringen. Weiterhin ist die Wärme analog zur Solarthermie vor allem in den Sommermonaten bei hoher Solareinstrahlung verfügbar, während sie in der Heizperiode geringer ausfallen. Somit verhält sich die Wärmebereitstellung über die Jahreszeiten gegenläufig zum Wärmebedarf und ist stets durch eine andere Wärmebereitstellung zu ergänzen.

Aus Kosten-Nutzen-Sicht werden daher Photovoltaik-Anlagen in Kombination mit Wärmepumpen statt PVT-Modulen (zzgl. Wärmepumpen) empfohlen.

7.2.4 Fazit

Das Projektgebiet bietet ein relevantes Potenzial zur dezentralen Strombereitstellung mit PV-Anlagen sowohl auf Dächern als auch Parkplatzüberdachungen. Das Potenzial beträgt in Summe 22.861 kWp und 20.989 MWh p.a. Im Verhältnis zum heutigen Strombedarf könnten somit bilanziell ca. 130 % gedeckt werden. Die bilanzielle Gegenüberstellung von Bedarf und Erzeugung pro Jahr berücksichtigt dabei keine dynamische Gegenüberstellung von Bedarf und Erzeugung auf Stunden- oder Viertelstundenbasis. Es wird entsprechend nicht möglich sein, die mögliche Erzeugung immer im jeweiligen Zeitpunkt auch selbst im Projektgebiet zu nutzen. Genauso wie es Zeiten geben wird, in denen Strom von außerhalb des Projektgebiets bzw. von anderen Erzeugern zugekauft werden muss. Durch den Einsatz von Batteriespeichern lässt sich die Eigenverbrauchsquote erhöhen. Die Wirtschaftlichkeit ist aber für den konkreten Einzelfall und das jeweilige Zusammenspiel von Bedarfs- und Erzeugungslastgang zu bewerten. Steigt der Strombedarf zukünftig auf Grund von Nachverdichtung, Elektrifizierung, Wärmepumpen und elektrischer Ladeinfrastruktur auf ca. 60.779 MWh p.a., lassen sich bilanziell nur noch ca. 35 % decken.

Es ist zu berücksichtigen, dass es sich hierbei nur um das technische Potenzial anhand verfügbarer Flächen handelt. Inwiefern die Potenziale auf Grund der vorliegenden Statik oder Anforderungen durch Denkmal- oder Ensembleschutz sowie die Städtebauliche Erhaltungsverordnung tatsächlich umgesetzt werden können, bleibt im Einzelfall zu prüfen.

Es wird daher empfohlen, dass die jeweiligen Gebäudeeigentümer:innen sowie die Parkplatzeigentümer:innen ihre Gebäude und Flächen auf die konkreten Anforderungen von Photovoltaikanlagen prüfen und bei positivem Ergebnis in Bezug auf Statik, Denkmal- und Ensembleschutz und sonstige bauliche Anforderungen möglichst umfangreiche Photovoltaikanlagen errichten. Ergänzend können Batteriespeicher für den Einzelfall bewertet werden, um die Eigenverbrauchsquote z.B. bei relevanten nächtlichen Stromverbräuchen zu erhöhen.

7.3 Maßnahmenkatalog

Auf Basis der Bestands- und Potenzialanalyse werden folgende Maßnahmen zur Umsetzung vorgeschlagen:

Handlungsfeld: Stromversorgung	
S1	Errichtung von Photovoltaik und Eigenverbrauch im Gewerbe
S2	Errichtung von Photovoltaik und Umsetzung von Mieterstromprojekten
S3	Umsetzung von Photovoltaikanlagen auf Überdachung von Parkplatzflächen

Die Priorisierung der Maßnahmen wird in Kapitel 9 Durchführungskonzept erläutert.

S1	*Errichtung von Photovoltaik und Eigenverbrauch im Gewerbe*	

Ziel	Priorität
Es soll erneuerbarer Strom aus Photovoltaikanlagen in Gewerbebetrieben im Projektgebiet eingesetzt werden. Damit lassen sich bilanziell ca. 4.175 MWh p.a. Netzstrom ersetzen.	Hoch
	Zeithorizont
	Kurzfristig

Kurzbeschreibung

Über die gesetzlichen Anforderungen hinaus sollen auch auf Bestandsgebäuden ohne Dachsanierung und Photovoltaik-Anlagen mit Vollbelegungen errichtet werden. Mit hohen Eigenverbrauchsquoten von 50 bis 80 % kann so ein hoher Grad an Unabhängigkeit vom Strommarkt für die Nutzer erreicht werden. In Abhängigkeit des jeweiligen Verbrauchslastgangs sind teilweise Batteriespeicher notwendig und sinnvoll, um diese hohen Quoten zu erreichen. Neben der Erfüllung gesetzlicher Rahmenbedingungen bei Neubauten und Dachsanierungen ermöglichen PV-Anlagen betriebswirtschaftliche Vorteile über die Laufzeit, die eine Nutzung für Gewerbetreibende attraktiv machen. Die Anlagentechnik wird bestenfalls über ein Energiemanagementsystem geregelt werden, um auch steuerbare Verbrauchseinheiten wie beispielsweise Wärmepumpen einbinden zu können. PV-Anlagen lassen sich auf den unterschiedlichsten Gebäuden von Bürogebäuden über Lagerhallen bis hin zu den Gewerbegebäuden nach Prüfung der gebäudespezifischen Rahmenbedingungen wie Dachstatik, Elektroanschluss und Brandschutz errichten. Durch die Möglichkeit der Veräußerung von Überschussmengen lassen sich zusätzliche Einnahmen generieren.

Zuständigkeit	Einzubindende Akteur:innen
Im Quartier ansässige Eigentümer:innen von Gewerbeimmobilien	- Tragwerksplaner, zuständiger Elektrofachbetrieb, PV-Errichterfirmen, Dachdecker, Denkmalschutzbehörde - Energiegenossenschaften

Erste Handlungsschritte

- Erstberatungstermin Solarzentrum Hamburg, Energielotsen
- Prüfung Dachstatik durch Tragwerksplaner
- Prüfung Denkmalschutzanforderungen
- Bewertung Netzanschluss durch Elektrounternehmen
- Einholen von Errichterangeboten oder Unterstützung durch externes Planungsbüro

Einsparpotenzial			Erläuterung
Endenergie	-		Einsparung durch Selbstverbrauch des erzeugten PV-Stroms direkt im Gebäude. Neben den geringeren Reststrombezugskosten spart jede produzierte kWh CO_2-Emissionen ein.
Netzstrom ersetzen	4.175	MWh p.a.	
CO_2-Emissionen	1.728	t CO_2	

Investitionen	Zeitlicher Aufwand
Ca. 800 bis 1.500 €/kWp installierter Leistung, je nach Anlagengröße und -komplexität	Planung: 1 bis 3 Monate Umsetzung: 3 bis 5 Monate

Finanzierung und Förderung	Erfolgsindikatoren
- Eigen- oder Fremdfinanzierung - EEG-Vergütung zur Subvention von Stromeinspeisung - KfW-Kredit 270 Erneuerbare Energien	- Netzanschlussanfragen im Quartier - Installierte PV-Leistung im Quartier

S2	*Errichtung von Photovoltaik und Umsetzung von Mieterstromprojekten im Gewerbe & Wohnen*	

Ziel	**Priorität**
Mit der Maßnahme soll auf vermieteten Gebäuden erneuerbarer Strom in Photovoltaikanlagen erzeugt und an die Mietenden weitergegeben werden. Unter der Annahme, dass ca. 50 % der Gebäude im Projektgebiet vermietet werden, ist das Ziel dadurch ca. 10 GWh p.a. Netzstrom durch lokal und erneuerbar erzeugten Strom zu ersetzen.	Mittel
	Zeithorizont
	Mittelfristig

Kurzbeschreibung

Die Dächer im Quartier stellen ein erhebliches Potenzial für die Erzeugung von PV-Strom dar. Durch Mietverhältnisse in den Immobilien ergeben sich andere Anforderungen an die umgesetzten Betreibermodelle, wenn Photovoltaikanlagen errichtet werden. Durch die Umsetzung von Mieterstromprojekten kann der vor Ort produzierte Strom an alle teilnehmenden Mietparteien verkauft werden. Dies wird überwiegend durch die Einbindung von Mieterstromanbietern umgesetzt, die sich auf diese Betreibermodelle spezialisiert haben. Durch regulatorische Vereinfachungen[37] im Jahr 2024 sind Mieterstrommodelle größtenteils mit geringem technischem Aufwand umsetzbar und bieten sowohl für die Mietenden als auch die Vermieter Vorteile bei der Umsetzung. Bei hoher Beteiligungsquote im Gebäude lassen sich hohe Eigenverbrauchsquoten erzielen, womit diese Modelle wiederum einen signifikanten Anteil zur Nutzung erneuerbarer Energien im Projektgebiet leisten können. Auch hierbei sollte auf eine Vollbelegung in Verbindung mit Batteriespeichertechnik geachtet werden. Die Nutzung von Mieterstrommodellen bietet sich insbesondere auf Immobilien mit mehreren Mietparteien an, die ansonsten nicht von solarer Stromerzeugung profitieren können.

Darüber hinaus verpflichtet die EU-Richtlinie für Erneuerbare Energien die Mitgliedsstaaten, ab 2026 Energy Sharing (das gemeinschaftliche Nutzen von lokal erzeugtem Grünstrom) rechtlich zu ermöglichen.

Zuständigkeit	**Einzubindende Akteur:innen**
Im Quartier ansässige Eigentümer:innen von Gewerbe- und Wohnimmobilien sowie Verwaltungsgesellschaften Interessierte Mietende können sich auch beim Hamburger Mieterverein oder beim Verbraucherservice der Bundesnetzagentur beraten lassen. [38] [39]	- Tragwerksplaner, zuständiger Elektrofachbetrieb, Mieterstromanbieter, Dachdecker, Energiegenossenschaften - Mieter:innen (privat und gewerblich)

Erste Handlungsschritte

- Analyse des Interesses an Mieterstrom im Gebäude (Befragung Mietende) - Kontaktaufnahme zu Mieterstromanbietern, Angebotseinholung	- Prüfung Dachstatik durch Tragwerksplaner - Prüfung Denkmalschutzanforderungen - Bewertung Netzanschluss

Einsparpotenzial			**Erläuterung**
Endenergie	-		Einsparung durch Teilnahme am Mieterstrommodell und Selbstverbrauch des erzeugten PV-Stroms direkt im Gebäude. Jede produzierte kWh vor Ort spart CO_2-Emissionen ein.
Netzstrom ersetzen	10.000	MWh p.a.	
CO_2-Emissionen	4.140	t CO_2	

Investitionen	**Zeitlicher Aufwand**
Ca. 800 bis 1.500 €/kWp installierter Leistung, je nach Anlagengröße und -komplexität. Kosten werden durch Mieterstromanbieter getragen (gegebenenfalls Contractor).	Planung: 1 bis 3 Monate Umsetzung: 3 bis 5 Monate

[37] Beschränkung auf Wohngebäude aufgehoben, Zusammenfassung von Anlagen möglich, steuerliche Entlastung
[38] https://www.mieterverein-hamburg.de/ratgeber/vertraege-verpflichtungen/energiewende/
[39] https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Vportal/Energie/Vertragsarten/Mieterstrom/start.html

Finanzierung und Förderung	Erfolgsindikatoren
- Oftmals Fremdfinanzierung seitens Contractor - Mieterstromzuschlag	- Installierte PV-Leistung auf vermieteten Immobilien im Quartier - Umgesetzte Mieterstromprojekte im Quartier

S3	*Umsetzung von Parkplatz Photovoltaikanlagen im Projektgebiet*	

Ziel	Priorität
Parkplatzflächen sollen durch die Installation von PV-Anlagen mehrfach genutzt werden und bis zu 650 kWp beziehungsweise bis zu 590 MWh im Jahr zur erneuerbaren Stromversorgung beitragen.	Hoch
	Zeithorizont
	kurzfristig

Kurzbeschreibung

Parkplätze als Produktionsfläche für erneuerbare Stromerzeugung ermöglichen eine Kombination aus Klimaschutzmaßnahme und Schutz von parkenden Autos vor Witterungsbedingungen. Durch die Installation von Photovoltaik-Carports können bislang ungenutzte Flächen effizient zur Stromproduktion erschlossen und gleichzeitig aufgewertet werden. Die erzeugte Energie trägt zur lokalen Versorgung im Projektgebiet bei und kann beispielsweise für Betriebsgebäude, Ladeinfrastruktur oder weitere Verbraucher genutzt werden. Zudem erhöht die Überdachung den Komfort für Nutzerinnen und Nutzer, indem Fahrzeuge vor Hitze und Niederschlägen geschützt werden. Die Maßnahme unterstützt damit sowohl die Reduktion von CO_2-Emissionen als auch eine nachhaltige Quartiersentwicklung. Gleichzeitig schafft sie ein sichtbares Zeichen für die Energiewende und steigert die Attraktivität von Standorten.

Zuständigkeit	Einzubindende Akteur:innen
- Grundstückseigentümer:innen der Parkplatzflächen	- Genehmigungsbehörden - Parkplatz-PV-Errichterfirmen (inkl. Tragwerksplanung) - Energiegenossenschaften

Erste Handlungsschritte

- Erstellung einer Standort- und Machbarkeitsanalysen für die jeweilige Parkplatzfläche
  - inkl. Bewertung Netzanschlusssituation am Standort
  - inkl. Prüfung Genehmigungsfähigkeit
  - inkl. Festlegung Betreibermodell
  - inkl. Entscheidung über Integration von Ladeinfrastruktur
  - Bauvoranfrage stellen

Einsparpotenzial			Erläuterung
Endenergie	-		Einsparung von Netzstrom durch Nutzung des Photovoltaikpotenzials der Parkplatzflächen
Netzstrom ersetzen	590	MWh p.a.	
CO_2-Emissionen	244	t CO_2	

Investitionen	Zeitlicher Aufwand
Ca. 2.000 bis 2.500 €/kWp installierter Leistung, je nach Anlagengröße und -layout (inkl. Bau der Überdachung und Fundament)	Planung: 3 bis 6 Monate Umsetzung: 6 bis 12 Monate

Finanzierung und Förderung	Erfolgsindikatoren
• Eigen- oder Fremdfinanzierung • EEG-Vergütung für „besondere Anlagen“ zur Subvention von Stromeinspeisung	• Anteil überdachter Parkplätze in Kombination mit PV-Anlagen im Projektgebiet

7.4 Kosten und Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit von PV-Anlagen hängt von verschiedenen Faktoren ab und lässt sich nicht vereinheitlicht darstellen. Insbesondere das Betreibermodell der PV-Anlage ist entscheidend für die Berechnungsgrundlage der Wirtschaftlichkeit. Im Allgemeinen lassen sich die Einflussfaktoren auf die Wirtschaftlichkeit wie folgt zusammenfassen:

- Kosten von PV-Anlagen
- Einnahmen von PV-Anlagen
- Strompreis des Netzbezugs
- Betreibermodell der PV-Anlage
- Anlagengröße und dessen technische Implikationen

Die einzelnen Faktoren werden im Weiteren erläutert.

7.4.1 Kosten von PV-Anlagen

Die Errichtungskosten sowie die laufenden Kosten von PV-Anlagen sind ein maßgeblicher Treiber für die Wirtschaftlichkeit der Anlage. Auf Seiten der Errichtung ist eine deutliche Entspannung des Marktes in den letzten ein bis zwei Jahren zu beobachten. In der folgenden Tabelle 38 sind spezifische Preisangaben dargestellt, wie sie üblicherweise für die einzelnen Größensegmente vorkommen und die Planung sowie Errichtung der PV-Anlagen miteinschließen.

Tabelle 38: Spezifische Kosten nach Anlagengrößen

PV-Anlagengröße	Spezifische Kosten [€/kWp]*
< 10 kWp	1500 - 1700
> 10 kWp und <30 kWp	1200 - 1500
> 30 kWp und < 100 kWp	900 - 1200
> 100 kWp	700 - 1000

*Die hier angegebenen spezifischen Kosten basieren auf Erfahrungswerten aus realen Projekten und sind stark von der Komplexität des Projekts abhängig.

Auf Seiten der laufenden Kosten sind bei PV-Anlagen insbesondere die Betriebsführungskosten (Wartung, Reparaturen, Reinigung etc.) und die administrativen Kosten ausschlaggebend. Ein guter Richtwert für die Abschätzung dieser Kosten ist ein niedriger, einstelliger Prozentbereich der Errichtungskosten (bei kleinen Anlagen größer als bei großen Anlagen).

7.4.2 Einnahmen von PV-Anlagen

Auf der Einnahmenseite von PV-Anlagen können unterschiedliche Faktoren als maßgeblich angesehen werden. Insbesondere die Verdrängung des Netzbezugs durch die Nutzung von lokal produziertem Strom ermöglicht meist ein hohes Einsparungspotenzial. Eine weitere Einnahmenquelle kann die Vermarktung des Stroms oder die EEG-Einspeisevergütung sein. Aufgrund des allgemeinen Bestrebens, viel Strom vor Ort selbst zu verbrauchen, fällt diese Einnahmequelle meist weniger stark ins Gewicht. Je nach Betreibermodell der PV-Anlagen kann beispielsweise auch der Verkauf von Strom an Mietende (sogenannter Mieterstrom, s. Maßnahme S2) die Einnahmen generieren.

7.4.3 Strompreis des Netzbezugs

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung ist der Strompreis des Netzbezugs ein maßgeblicher Hebel für die Erreichung einer schnellen Amortisationszeit. Je höher der Strompreis des Netzbezugs liegt, desto höher

ist auch das Einsparpotenzial durch die Eigennutzung des Stroms. Je nach Betreibermodell ergeben sich hierbei starke Anreize für die Errichtung von PV-Anlagen.

7.4.4 Betreibermodell der PV-Anlage

Das Betreibermodell der PV-Anlage bestimmt die Art der Wirtschaftlichkeitskalkulation, die ein Akteur für diese Anlage durchführt. Bei einer Eigenstromversorgung gibt es nur einen Akteur, welches die Berechnung übersichtlicher macht. Bei komplizierteren Betreibermodellen wie Mieterstrom- oder Contractingmodellen kommen zusätzlich noch vertragliche Zusammenhänge zwischen Akteuren zum Tragen, die je nach Ausgestaltung die Wirtschaftlichkeit der PV-Anlage beeinflussen.

7.4.5 Anlagengröße und dessen technische Implikationen

Hiermit ist der Aufwand der Errichtung sowie die Anforderungen an technische Richtlinien und gesetzliche Regelungen gemeint. Ein gewisser Basisaufwand besteht immer, weshalb kleinere PV-Anlagen teurer sind als größere und sich dort keine Skaleneffekte nutzen lassen. Bei größeren PV-Anlagen (> 135 kW Anschlussleistung) sind wiederum andere technische Anforderungen an Schutz- und gegebenenfalls Regelungstechnik erforderlich, die Einfluss auf die den Betrieb, die Wartung und damit auch die Wirtschaftlichkeit haben. Auch spielt das Thema Direktvermarktung eine große Rolle, welches für PV-Anlagen ab 100 kWp Modulleistung erforderlich ist.

7.4.6 Wirtschaftlichkeit und zukünftige Entwicklung

Aus den vorher genannten Einflussfaktoren lässt sich die Wirtschaftlichkeit von PV-Anlagen berechnen. Für einen wirtschaftlichen Betrieb der PV-Anlage sollte sich diese mindestens im rechnerischen Finanzierungszeitraum von 20 Jahren amortisieren. Typischerweise sind Amortisationszeiten zwischen 10 und 15 Jahren ein realistischer Zeitraum. Für einen wirtschaftlichen Betrieb der PV-Anlage besteht häufig die Anforderung, eine bedarfsoptimierte Belegung durchzuführen, die zu den Verbrauchseigenschaften der Liegenschaft passt. Durch die zunehmende Digitalisierung werden sich zukünftig neue Möglichkeiten bezüglich des lokalen Teilens von überschüssigen PV-Strommengen ergeben (Stichwort „Energy Sharing“). Diese Entwicklung ermöglicht es PV-Anlagenbetreibern, auch ihren eigenen Bedarf übersteigende Strommengen gewinnbringender zu veräußern, welches die energiewendeförderliche Maximalbelegung von Dächern fördert. Die Fortführung entsprechender Gesetzesentwürfe für diese Änderungen wird in der aktuellen Legislaturperiode erwartet.

7.5 Hemmnisse und Lösungsansätze

Im nächsten Schritt sollen potenzielle Umsetzungshemmnisse in den Bereichen Technik, Wirtschaftlichkeit, rechtliche Rahmenbedingungen und Zielgruppe mit Bezug auf die regenerative Stromversorgung analysiert werden. Anschließend sollen mögliche Lösungsansätze entwickelt werden, um Hemmnissen einerseits vorzubeugen und sie frühzeitig zu vermeiden oder sie andererseits bei unvermeidbarem Eintreten zu überwinden. Tabelle 39 stellt die Ergebnisse tabellarisch dar.

Tabelle 39: Hemmnisse und Lösungsansätze im Bereich der regenerativen Stromversorgung

Regenerative Stromversorgung	
Hemmnis	**Lösungsansatz**
Mieterstromkonzepte	
Da jede:r Mieter:in selbst über die Teilnahme am Mieterstromprojekt entscheidet und der entsprechende Stromliefervertrag nach einem Jahr kündbar ist, besteht ein Vertriebsrisiko für Mieterstromanbieter. Die notwendige Anschlussquote wird so gegebenenfalls nicht erreicht.	Hier kommt der/den Vermieter:innen eine wichtige Rolle zu. Durch eine gemeinsame Kommunikation von Mieterstromanbieter und Vermieter:innen können durch die vorhandene Vertrauensbasis Ängste abgebaut werden und so erfahrungsgemäß deutlich höhere Anschlussquoten von 70 bis 80 % erreicht werden.
Die Vor- und Nachteile der einzelnen Konzepte sind nur durch eine intensive Auseinandersetzung und unabhängige Beratung zu überblicken. Im Rahmen von Mieterstrom hat der/die Anbieter:in zudem Melde-, Nachweis- und Mitteilungsfristen bei unterschiedlichen Behörden einzuhalten. Die Komplexität von Mieterstrom schreckt viele Eigentümer:innen ab. Das Messkonzept und der Messstellenbetrieb werden vor allem in Kombination mit Stromspeichern und in Abhängigkeit der teilnehmenden Wohneinheiten beliebig komplex. Der administrative und bürokratische Aufwand erschwert die Umsetzung von Mieterstrom-Projekten.	Ein Outsourcing des Projekts an einen Mieterstromanbieter oder Contractor, der die administrativen Aufgaben übernimmt, kann daher dem Hemmnis entgegenwirken. Sowohl bei Dachpacht als auch bei Lieferketten-Modellen werden die Komplexität und das unternehmerische Risiko abgemildert. Die Umsetzung ohne Mieterstromanbieter:innen ist nur für erfahrene oder größere Vermieter:innen zu empfehlen.
Momentan besteht eine unsichere Rechtslage durch die europäische Rechtsprechung zum Thema „Kundenanlagen“, welche im Mai 2025 vom BGH in einem konkreten Fall bestätigt wurde. Dies bedeutet, dass das deutsche Konstrukt der „Kundenanlage“, welches diverse energiewirtschaftliche Vereinfachungen für Mieterstromkonzepte beinhaltet, gegebenenfalls in Zukunft nicht mehr einsetzbar ist. Dies hätte weitreichende Folgen für die Umsetzung von Mieterstromkonzepten und daher sind Mieterstromanbieter:innen zurecht verunsichert.	Der Gesetzgeber muss rasch eine belastbare Rechtsordnung schaffen, um die Vorgaben der EU-Richtlinien rechtssicher umzusetzen.
Gewerbe	
Viele Gewerbebetriebe haben nicht die Zeit und das Know-How, sich mit dem Thema Photovoltaik zu beschäftigen und benötigen teilweise Unterstützung bei den ersten Planungsschritten und Hürden.	Hierzu stehen Angebote unterschiedlicher Institutionen zur Verfügung (Energielotsen, Handels- und Handwerkskammer, Beratungskampagnen Bezirke).
Die Dachflächen der Gewerbeimmobilien bieten ein besonders großes Potenzial zur Errichtung von Photovoltaik-Anlagen. Wirtschaftlich umsetzbar waren bisher nur Projekte zur Eigenstromversorgung. Viele Dachflächen blieben daher ungenutzt. Die Gewerbetreibenden beziehungsweise Besitzer:innen der Gewerbeimmobilien haben häufig nicht das erforderliche Interesse und Kapital zur Errichtung von größeren Anlagen.	Eine Verpachtung der Dachflächen an Unternehmen oder Bürgerenergie-Genossenschaften kann dazu beitragen, dass die Potenziale der Dachflächen vollständig genutzt werden. Neben einer eigenstromoptimierten PV-Anlage könnten Volleinspeiseanlagen weitere Renditen erzielen und zum Klimaschutz beitragen. Neue Möglichkeiten wie die gemeinschaftliche Gebäudeversorgung, Mieterstrom auch für Gewerbe und die Nutzung von Nebenanlagen für PV ermöglichen es mehr Gewerbebetrieben an der Energiewende teilzunehmen.
Denkmalschutz	
Im Projektgebiet liegen diverse Gebäude, die entweder direkt unter Denkmalschutz stehen oder dem soge-	Die Zuständigkeiten für die Prüfung der Anträge wurde bereits gebündelt und vereinfacht. Eine Unterstützung

nannten Ensembleschutz sowie der städtebaulichen Erhaltungsverordnung unterliegen. Durch diesen Status ist die Installation von PV-Anlagen aufgrund der bürokratischen Einzelfallprüfung und dem Ermessen des Denkmalschutzamtes erschwert.	der Unternehmen bei der Kommunikation und dem Prüfverfahren mit dem Denkmalschutzamt könnte einen positiven Effekt auf den Ausgang der Verfahren haben, da hierbei auch städtische Interessen zur Erfüllung von Klimaschutzzielen mehr Gewicht erhalten.

7.6 Zusammenfassung

Das Potenzial zur erneuerbaren Strombereitstellung im Projektgebiet wird bisher nur zu geringen Teilen genutzt. Das technische Potenzial auf Dachflächen sowie Parkplatzflächen liegt dabei bei ca. 22.861 kWp und 20.989 MWh p.a. Insbesondere da zukünftig von steigenden Strombedarfen auszugehen ist, sollte es möglichst umfangreich gehoben werden. Einschränkend ist zu berücksichtigen, dass viele Gebäude im Projektgebiet unter Denkmal- und Ensembleschutz sowie die Städtebauliche Erhaltungsverordnung fallen, sodass jeweils im Einzelfall die konkreten Anforderungen und Umsetzungsmöglichkeiten zu prüfen sind. Die einzelnen Gebäudeeigentümer:innen sind hier in der Verantwortung die Errichtung von Photovoltaikanlagen anzugehen. Positiv ist hervorzuheben, dass Gebäudeeigentümer:innen beziehungsweise -nutzer:innen ihren Strombedarf anteilig lokal erzeugt und erneuerbar decken können. Hierdurch können bei Eigenstromnutzung und in der Regel auch bei Mieterstrommodellen Stromkosten reduziert werden. Weiterhin besteht die Möglichkeit auch elektrische Ladeinfrastruktur mit erneuerbarem Strom zu versorgen und somit den Effekt auf den Sektor Verkehr auszuweiten. Eine zusätzliche Koppelung mit strombasierter Wärmeversorgung (Wärmepumpe) erhöht durch den steigenden Stromverbrauch die Solarstromausbeute aus der PV-Anlage.

8 Klimaanpassung (als Synergie zu Wärme, Gebäude und Strom)

Der Klimawandel ist bereits heute deutlich spür- und messbar, auch in Hamburg. Mit fortschreitendem Klimawandel rücken die bereits heute spürbaren, teilweise irreversiblen Auswirkungen der Klimaveränderung in den Vordergrund, weshalb die Anpassung an die zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels aktiv in Planungen mitgedacht werden muss.

Im Klimainformationssystem der FHH findet ein Monitoring der Klimaentwicklung in Hamburg statt und es werden Daten über beispielsweise Jahresmitteltemperaturen, Trockenperioden und Starkregenereignisse im Hamburger Stadtgebiet zur Verfügung gestellt.[40] Im Klimareport sind klimatische Daten aus der Vergangenheit und Gegenwart sowie prognostizierte Klimadaten zusammengefasst.[41] Die Daten beschreiben für Hamburg eine Zunahme der Anzahl der Sommertage und Tropennächte und einen Anstieg der Jahresniederschlagssumme, bei gleichzeitiger Zunahme der Häufigkeit, Dauer und Intensität von Starkregenereignissen. Zusätzlich steigen die Messwerte des Meeresspiegels des für Hamburg relevanten Pegels in Cuxhaven in der gleichen Größenordnung wie der globale Meeresspiegel.

Seit 2025 besteht als Reaktion auf die klimatischen Veränderungen für die gesamte Hansestadt eine Klimaanpassungsstrategie, mit der die Weichen für eine klimaresiliente Stadt gestellt werden.[42] Zudem wurde ein Hitzeaktionsplan beschlossen, der als planerisches Instrument zur Vorbereitung auf Hitzeereignisse dient.[43] Starkregenereignisse werden in Hamburg im Rahmen des Projektes RISA (RegenInfraStrukturAnpassung) analysiert. Ziel von RISA ist es, ein zukunftsfähiges und nachhaltiges Regenwassermanagement zu entwickeln. Derzeit erarbeitet das Bezirksamt Harburg zudem ein Klimaanpassungskonzept, in dem konkrete Maßnahmen erarbeitet werden, um den Bezirk sowie alle bezirklichen Strukturen und Systeme an die Folgen des Klimawandels anzupassen.

Auch wenn der Fokus des „Energiekonzeptes Harburger Binnenhafen“ mit der Einsparung von CO_2-Emissionen auf dem Klimaschutz liegt, wird die Klimaanpassung im folgenden Handlungsfeld betrachtet. Hierbei werden Synergien mit anderen Handlungsfeldern identifiziert, damit Klimaschutz und Klimaanpassung Hand in Hand gehen. Relevant innerhalb dieses Quartierskonzeptes sind insbesondere Analysen zur Hitze- sowie zur Starkregenvorsorge.

8.1 Potenzialanalyse

Die nächsten Kapitel beinhalten die Bestands- sowie die Potenzialanalyse für die zwei Hauptthemen ‚Hitze‘ und ‚Starkregen‘. Zwischen den beiden Themen bestehen viele Abhängigkeiten und Synergien, worauf in den nachfolgenden Kapiteln eingegangen wird. Es werden die vorliegenden Fachkarten aus dem Geoportal genutzt und Potenziale ermittelt. Diese bilden die Grundlage für die Maßnahmenentwicklung.

8.1.1 Hitze

Stadtklimaanalyse

Eine hohe Hitzebelastung wirkt sich negativ auf die Aufenthaltsqualität im Freien und auf die körperliche Gesundheit aus. Für die Einschätzung der Hitzebelastung im Projektgebiet wurde die Stadtklimaanalyse

[40] Stabsstelle Klimafolgenanpassung/RISA (o.J.). Klimainformationssystem Hamburg. https://www.hamburg.de/politik-und-verwaltung/behoerden/bukea/themen/klima/klimaanpassung/klimainformationssystem (abgerufen am 16.06.2025)
[41] DWD (2021). Klimareport Hamburg; Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main, Deutschland.
[42] BUKEA (2025). Gut vorbereitet auf die Folgen des Klimawandels mit der Klimaanpassungsstrategie. Klimaanpassungstrategie für Hamburg - hamburg.de
[43] Behörde für Arbeit, Gesundheit, Soziales, Familie und Integration (Hrsg.) (2025). Hitzeaktionsplan Hamburg. Herausforderung Hitze. Gesundheit der Hamburger Bevölkerung schützen.

hinzugezogen, im Speziellen die Bewertung am Tag und nachts. Im Gebiet des Harburger Binnenhafens ist eine insgesamt starke bis extreme Hitzebelastung der Siedlungs- und Verkehrsflächen vorzufinden. Es gibt nur wenige Flächen mit einer schwachen Belastung. Diese sind vorwiegend im Norden des Gebiets direkt an der Süderelbe anzutreffen. Dort sind auch Grün- und Freiflächen zu finden, die eine hohe Aufenthaltsqualität bieten. Ebenfalls gibt es vereinzelt kleine Grünflächen mit einer mäßigen Aufenthaltsqualität in der Mitte des Projektgebiets auf der Schlossinsel.

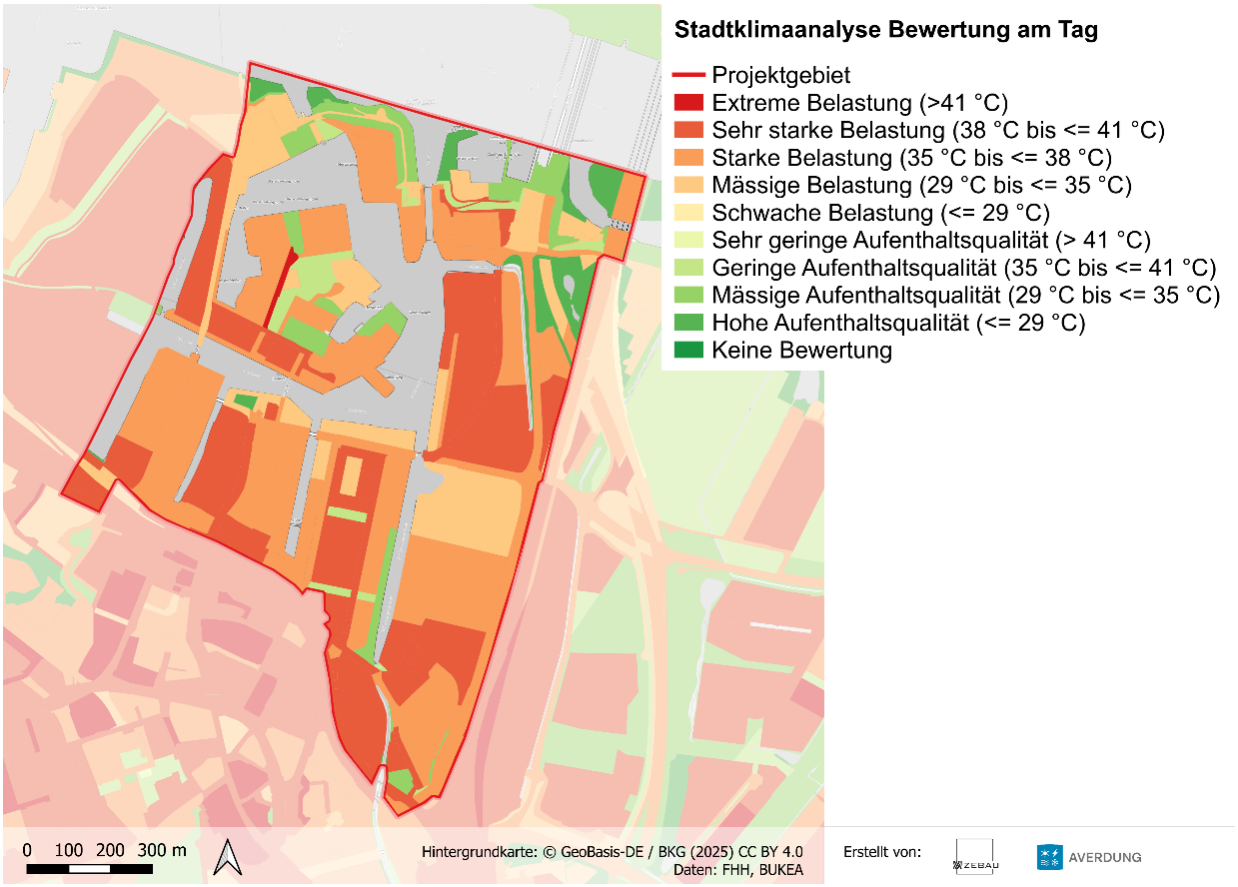


Abbildung 69: Stadtklimaanalyse Bewertung Tag

Bei der Betrachtung der Bewertung nachts wird deutlich, wie wenig das Gebiet nachts abkühlen kann. Durch die Wärmespeicherwirkung von Wasser wird die Wärme des Tages (insbesondere bei mehrtägigen Hitzeperioden) in den Kanälen gespeichert und nachts an die Umgebung abgegeben. Dies führt dazu, dass fast im gesamten Gebiet eine ungünstige beziehungsweise sehr ungünstige Situation vorzufinden ist. Dieses Phänomen ist als nächtlicher Wärmeinseleffekt zu benennen und vor allem für die Wohnbebauung beziehungsweise die Anwohnenden eine Herausforderung und Belastung.

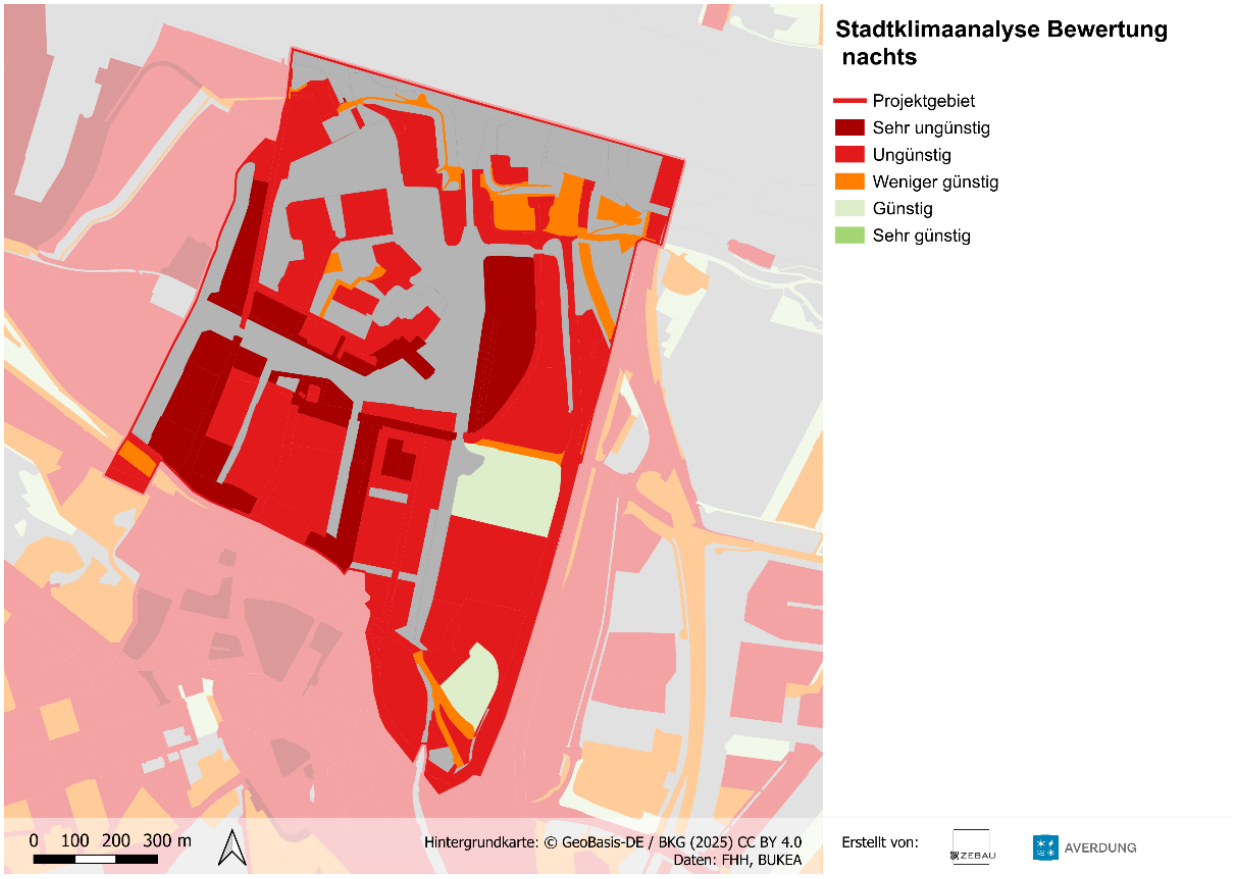


Abbildung 70: Stadtklimaanalyse Bewertung Nacht

Im Projektgebiet sind einige relevante Kaltluftvolumenströme vorhanden. Vor allem im Norden des Gebiets sowie um die Wasserflächen sind Windvektoren nachts zu vermerken, die über 1 m/s aufweisen. Hierbei handelt es sich um bodennahe lokale thermische Windsysteme. Zudem ist in untenstehender Abbildung der Kaltlufteinwirkbereich dargestellt. Fast das gesamte Projektgebiet liegt in diesem Bereich, sodass sowohl im bodennahen Bereich als auch darüber hinaus ein klimatisch wirksamer Kaltluftvolumenstrom (mehr als 2 $m^3/(s*m)$)[44] vorhanden ist.

[44] FHH, BUKEA (2023). Stadtklimaanalyse Hamburg 2023. Stadtklimaanalyse_Hamburg_2023_Bericht

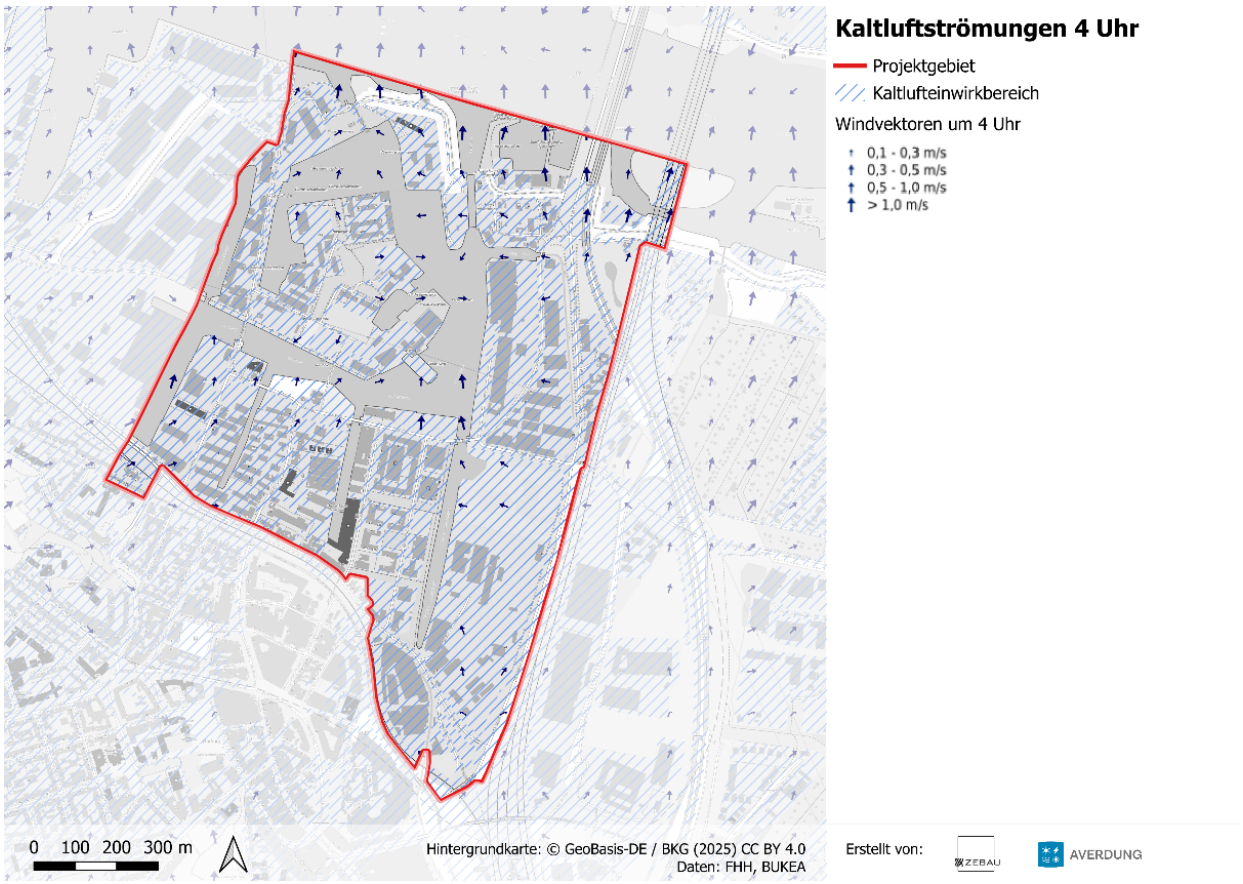


Abbildung 71: Stadtklimaanalyse Luftaustausch

Bodenkühlleistung

Die Fähigkeit des Bodens, Temperaturen auszugleichen und zur Kühlung beizutragen, ist ein wichtiger Faktor für das Mikroklima in urbanen Räumen. Die vorliegende Karte gibt einen Überblick über die Bodenkühlleistung in den Sommermonaten im Projektgebiet. Zu beachten ist, dass sie Bodenkühlleistung nur für unversiegelte oder zukünftig entsiegelte Bereiche aussagekräftig ist. Sobald eine Fläche beispielsweise durch eine Bebauung voll versiegelt ist, ist keine Bodenkühlleistung vorhanden. Die Bodenkühlleistung wird in nur drei Kategorien aufgeteilt: hoch (Böden mit Grundwasseranschluss), mittel (Böden mit hoher Wasserspeicherfähigkeit) und niedrig (Böden mit geringer Wasserspeicherfähigkeit).

Das Projektgebiet weist fast ausschließlich eine niedrige Bodenkühlleistung auf. Die wenigen Bereiche mit mittlerer Kühlleistung konzentrieren sich auf kleine Flächen im zentralen und nördlichen Bereich des Hafens. Eine hohe Kühlleistung tritt nur in einer Ecke des Projektgebiets im Südwesten auf.

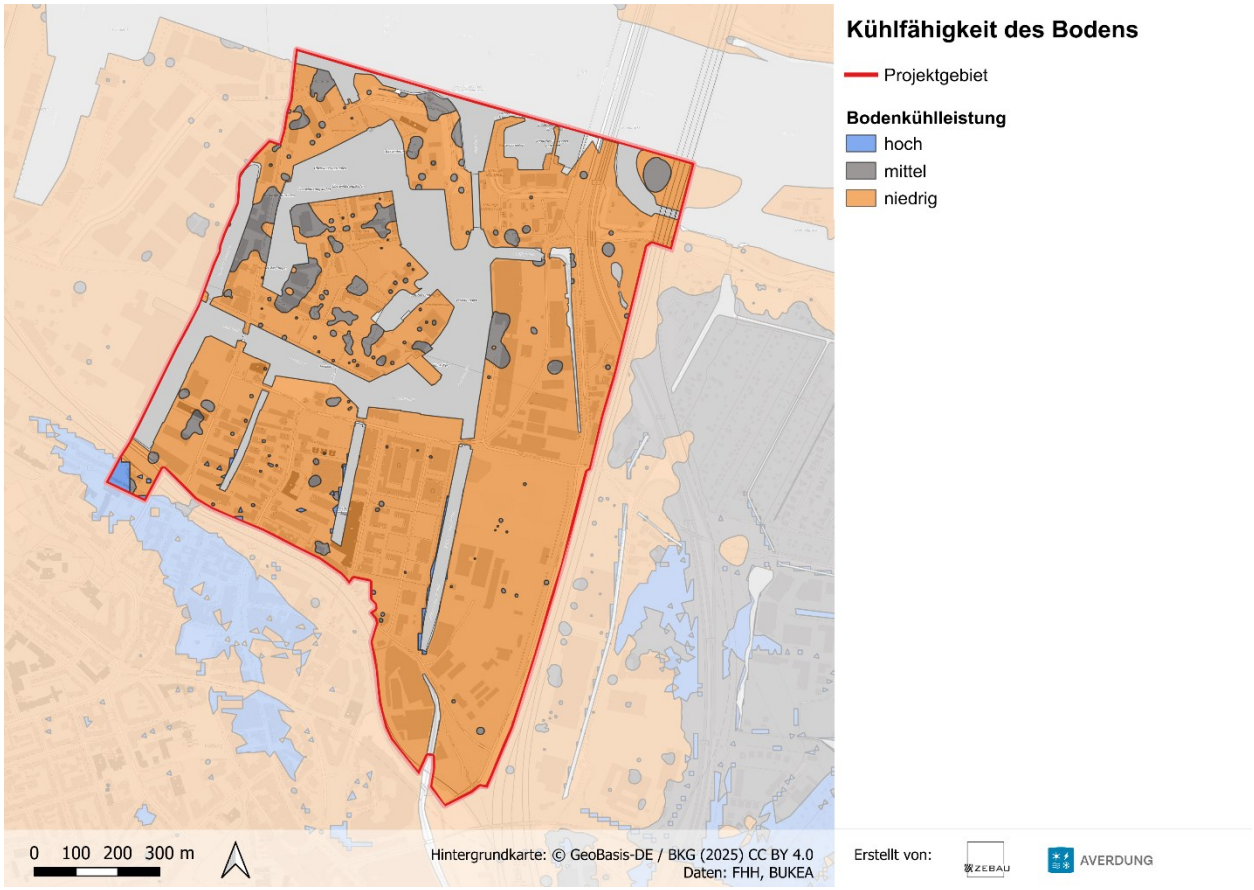


Abbildung 72: Kühlfähigkeit des Bodens

Grün- und Freiflächen

Vegetation ist relevant für die Kühlung von Stadträumen aufgrund der Transpirationskühlung und des Schattenspendens. Ebenso führen Grünstrukturen zu einer erhöhten Aufenthaltsqualität im Freien und sie können durch den entsiegelten Boden im Fall von Starkregenereignissen potenziell Wasser aufnehmen.

Der Harburger Binnenhafen weist insgesamt wenig kartierte Grünflächen auf. Es gibt nur einen Bereich im Zentrum des Projektgebiets auf der Schlossinsel, in dem Grünflächen kartiert sind. Alle halb-öffentlichen (private Grundstücke, aber frei zugänglich, z. B. zwischen Mehrfamilienhäusern) Grünflächen sind hier nicht erfasst. Durch sie ergibt sich ein anderes Bild. Dies ist bei der Betrachtung dieser Karte zu beachten. Straßenbäume lassen sich häufig und im Projektgebiet verteilt finden. Besonders viele Straßenbäume befinden sich im Nord-Osten entlang der Hannoverschen Straße.

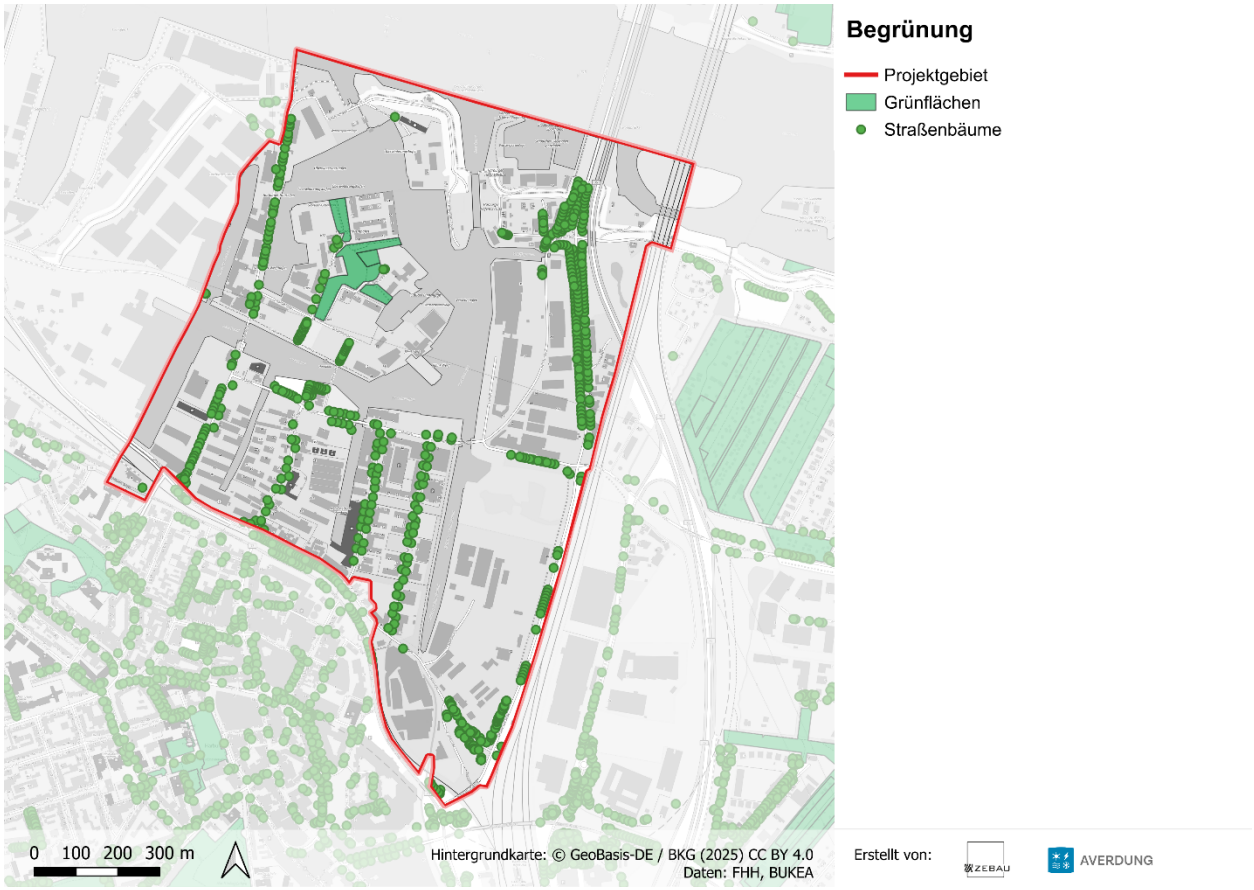


Abbildung 73: Darstellung Grünflächen und Straßenbäume

Potenziale zur Hitzereduktion im Projektgebiet
(In Bezug auf Synergien zu den Handlungsfeldern ‚Nachhaltige Wärmeversorgung'; ‚Gebäudemodernisierung' und ‚Regenerative Stromversorgung')

Innerstädtisches Grün kann dem Wärmeinseleffekt entgegenwirken. Durch eine quantitative sowie qualitative Steigerung des Grünanteils und Verdunstung der in den Pflanzen gespeicherten Feuchtigkeit treten kühlende Effekte auf. Schattenspendende Bäume wirken sich an Hitzetagen zudem positiv auf das Mikroklima aus. Vor allem in stark verdichteten Gebieten und Straßenräumen kann urbanes Grün erhebliche Kühleffekte aufweisen.

Im Harburger Binnenhafen sollten bestehende Grünflächen geschützt und erhalten sowie Möglichkeiten der Entsiegelung und Begrünung genutzt werden. Eine solche Möglichkeit kann die Verlegung von Nah- und Fernwärmeleitungen sowie Stromleitungen sein. Hierbei sollte bereits bei der Planung mitgedacht werden, inwieweit eine Entsiegelung und anschließende Begrünung der Flächen möglich ist (z. B. im Straßenraum). Bei der Schaffung neuer und Umgestaltung bestehender Grünflächen sollte die zukünftige Hitzeresistenz mit beachtet werden. Insbesondere für hitzevulnerable Personengruppen bieten Grünanlagen Schutz und Aufenthaltsqualität. So können hitzesensibel angelegte Grünflächen mit Beschattung und Sitzgelegenheiten während Hitzetagen als Klimakomfortplätze genutzt werden und Hitzeschutz für diese Personengruppen bieten.

Best-Practice aus dem Bezirk Harburg: Klimabäume im Quartierspark Vogelkamp

Besucher:innen des Quartierspark Vogelkamp im Bezirk Harburg haben sich im Zuge mehrerer Beteiligungsverfahren eine Umgestaltung des Parks gewünscht. Im Rahmen des EU-Projektes Clever Cities konnten die Wünsche umgesetzt werden und es wurden zehn zusätzliche Klimabäume gepflanzt und neue Sitzbänke aufgestellt. Ausgewählt wurden Baumarten, die besonders widerständig gegenüber Hitze sind und deren Schatten nun den Aufenthalt im Park auch während Hitzetagen attraktiver macht.[45]



Abbildung 74: Neugepflanzter Klimabaum im Quartierspark Vogelkamp (Quelle: BA Harburg)

Insbesondere im verdichteten Stadt- und Straßenraum kommt es durch Flächenkonkurrenz zu Herausforderungen bei der Umsetzung von mehr Grünflächen. Hier bieten Gründächer und Fassadenbegrünungen, ohne zusätzlichen Flächenbedarf, das Potenzial den innerstädtischen Grünanteil zu erhöhen und das Stadtklima zu verbessern. Grundsätzlich lassen sich bei energetisch motivierten **Gebäudemodernisierungen** Klimaanpassungsmaßnahmen, wie Gründächer, mitdenken und Synergieeffekte nutzen. Werden Gebäude energetisch modernisiert, sollten die Vor- und Nachteile der baulichen Änderungen für das Lokalklima mitgedacht werden. Neben der kühlenden Wirkung können Gründächer und Fassadenbegrünungen zur Dämmung eines Gebäudes beitragen, was im Winter Heizkosten und insbesondere in Zeiten von Hitzebelastung den Kühlbedarf senken kann. Zudem besteht die Möglichkeit sowohl Photovoltaik- als auch Solarthermieanlagen gemeinsam mit Gründächern zu planen und umzusetzen und so die Dachfläche für verschiedene Funktionen zu nutzen (Multikodierung). Ein Vorteil der Kombination von Begrünung und Photovoltaik ist die kühlende Wirkung der Begrünung auf die Module, was zu einer höheren Leistung führen kann (bis zu 5%; sh. dazu auch Kap. 7.1.1). Umgekehrt kann sich durch die Teilverschattung durch PV-Module auch die Biodiversität des Gründaches erhöhen. Im Zuge von Gebäudemodernisierung können ergänzend diverse kleinere bauliche Anpassungsmaßnahmen an Hitze erfolgen. Beispielsweise können am Gebäude Verschattungssysteme, wie Rollos oder Markisen oder Fenster mit integriertem Sonnenschutz, fest installiert werden. Das Potenzial der Nutzung der Bodenkühlleistung im Projektgebiet ist nied-

[45] Bezirksamt Harburg (n.D.). Klimabäume im Quartierspark Vogelkamp. Klimabäume im Quartierspark Vogelkamp - hamburg.de

rig. In kleinen Teilbereichen könnte die ‚mittlere' Bodenkühlleistung genutzt werden, indem die Flächen entsiegelt werden und in kühlende Grünflächen umgewandelt werden. Hier können vor allem Synergieeffekte genutzt werden, wenn für die Installation von Wärmeleitungen oder Wärmeerzeugungsanlagen Flächen entsiegelt werden.

Potenziale Hitzevorsorge (in Bezug auf Wärme, Gebäude, Strom)	
Gebäude	Fassadenbegrünungen haben eine kühlende Wirkung und sind flächeneffizient
Gebäude	Im Zuge von Gebäude- sowie Dachmodernisierung sollte die Möglichkeit eines (Retentions-)Gründachs geprüft werden.
Wärme	Bei der Verlegung neuer Strom- oder Wärmeleitungen sollte eine langfristige Entsiegelung und Begrünung mitgedacht werden.
Wärme	Gründächer können mit Solarthermieanlagen kombiniert werden und Dachflächen effizient genutzt werden (Multikodierung).
Strom	Gründächer können mit Photovoltaikanlagen kombiniert werden und Dachflächen effizient genutzt werden (Multikodierung).

8.1.2 Starkregen

Um die Betroffenheit des Gebietes durch Starkregenereignisse abzuschätzen, wird die Starkregengefahrenkarte herangezogen. Die vorliegende Karte zeigt die Wassertiefe bei einem Starkregenereignis mit dem Starkregenindex 7[46] an (siehe Abbildung 75). Die Karte gibt einen Überblick über potenzielle Gefahrenbereiche und ermöglicht eine erste Einschätzung der erforderlichen Maßnahmen zur Starkregenvorsorge.

Innerhalb des Projektgebiets gibt es mehrere Bereiche, die im Starkregenfall von Wasseransammlungen betroffen sind. Im Falle eines Starkregenereignisses mit dem SRI 7 sind mehr Bereiche betroffen als im Fall eines Ereignisses mit dem SRI 5 beziehungsweise alle Bereiche verstärkt. Die potenziellen Überschwemmungen konzentrieren sich vor allem auf Bereiche innerhalb der bebauten Strukturen beziehungsweise versiegelten Flächen. Bei einem SRI 7 Ereignis lässt sich anhand der Karten feststellen, dass besonders der östliche Teil des Projektgebiets von potenziellen Überschwemmungen betroffen ist. Vor allem im Süd-Osten (VU-Gebiet) kann es im Starkregenfall zu großflächigen Wasseransammlungen kommen. Im Nord-Osten hingegen ist eine besondere Wassertiefe von 50-100 cm unterhalb der Alten Harburger Elbbrücke im Uferbereich möglich.

Die Starkregengefahrenkarte ist auf einer hohen Flughöhe (Projektgebiet) nicht besonders aussagekräftig. Es muss im Einzelfall kleinräumiger geprüft werden, ob die Wasseransammlung Schaden anrichten kann und ob die Gebäude oder anderen Infrastrukturen ausreichend geschützt sind. Dies ist als Synergie zum Handlungsfeld Gebäude zu erörtern, z. B. im Rahmen der Mustersanierungskonzepte beziehungsweise der Maßnahmen im Handlungsfeld Klimaanpassung (siehe ‚K3 Integration von Überflutungsschutz').

[46] Starkregenindex (SRI) 7: „außergewöhnlicher Starkregen" mit einer Regenmenge von 36l in einer Stunde. BUKEA (n. D.). Starkregengefahrenkarte. Starkregengefahrenkarte - hamburg.de

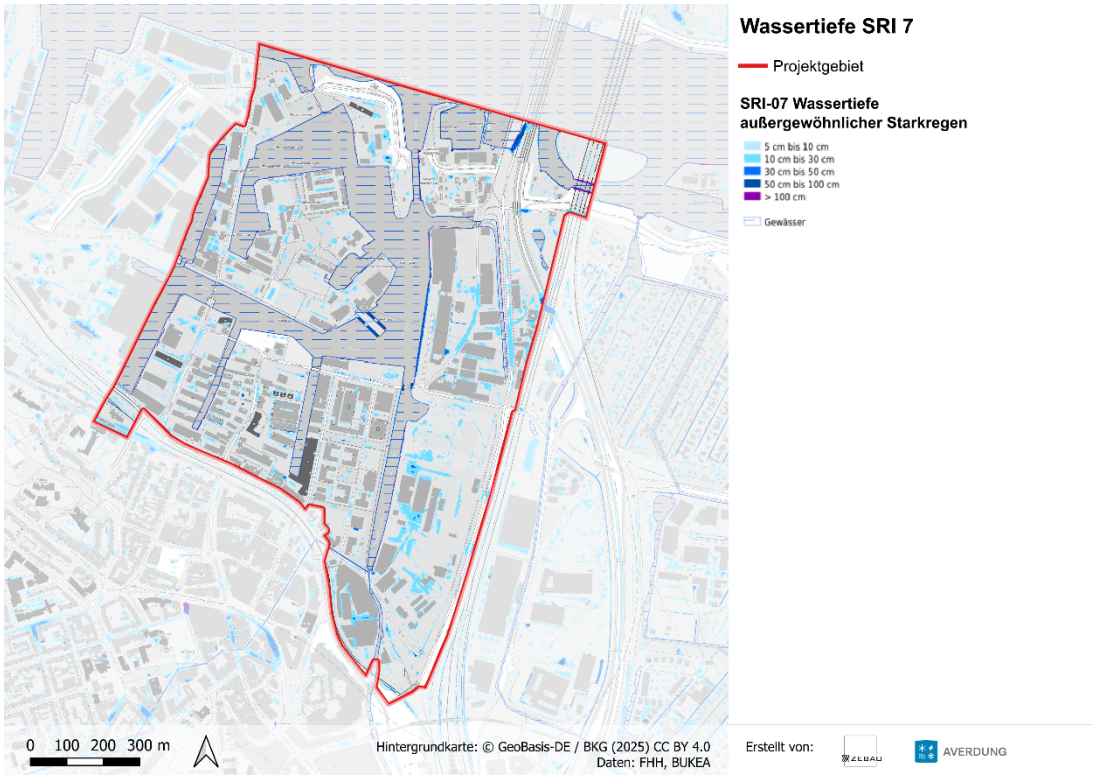


Abbildung 75: Wassertiefe bei SRI 7

Versickerungspotenzial

In der Abbildung 76 wird das Versickerungspotenzial anhand der möglichen Versickerungstiefe dargestellt. Das Versickerungspotenzial zeigt, in welchen Bereichen des Projektgebiets Wasser theoretisch in den Boden eindringen kann und wo dies durch geringe Bodendurchlässigkeit eingeschränkt ist. Ein hohes Versickerungspotenzial bedeutet eine hohe Versickerungstiefe. Diese Fachkarte dient hauptsächlich der Einschätzung der Durchführbarkeit von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen wie z. B. Versickerungsanlagen. Zusätzlich zu dieser Karte muss die Bodenversiegelung betrachtet werden.

Innerhalb des Projektgebiets gibt es deutliche Unterschiede im Versickerungspotenzial. In vielen Bereichen, insbesondere in den zentralen und westlichen Teilen, sind die Versickerungsmöglichkeiten begrenzt. Hier dominieren Flächen mit geringer Versickerungstiefe von weniger als zwei Metern, was darauf hindeutet, dass der Boden nur begrenzt Wasser aufnehmen kann. Demgegenüber zeigen die südlichen und östlichen Randbereiche des Projektgebiets ein höheres Versickerungspotenzial. Hier treten größere zusammenhängende Flächen mit einer Versickerungstiefe von mehr als zwei Metern auf. Im Süd-Osten des Projektgebiets zeigt sich eine besonders große Fläche mit einem hohen Versickerungspotenzial, welche ein kleineres Gebiet mit einer geringen Versickerungstiefe einschließt.

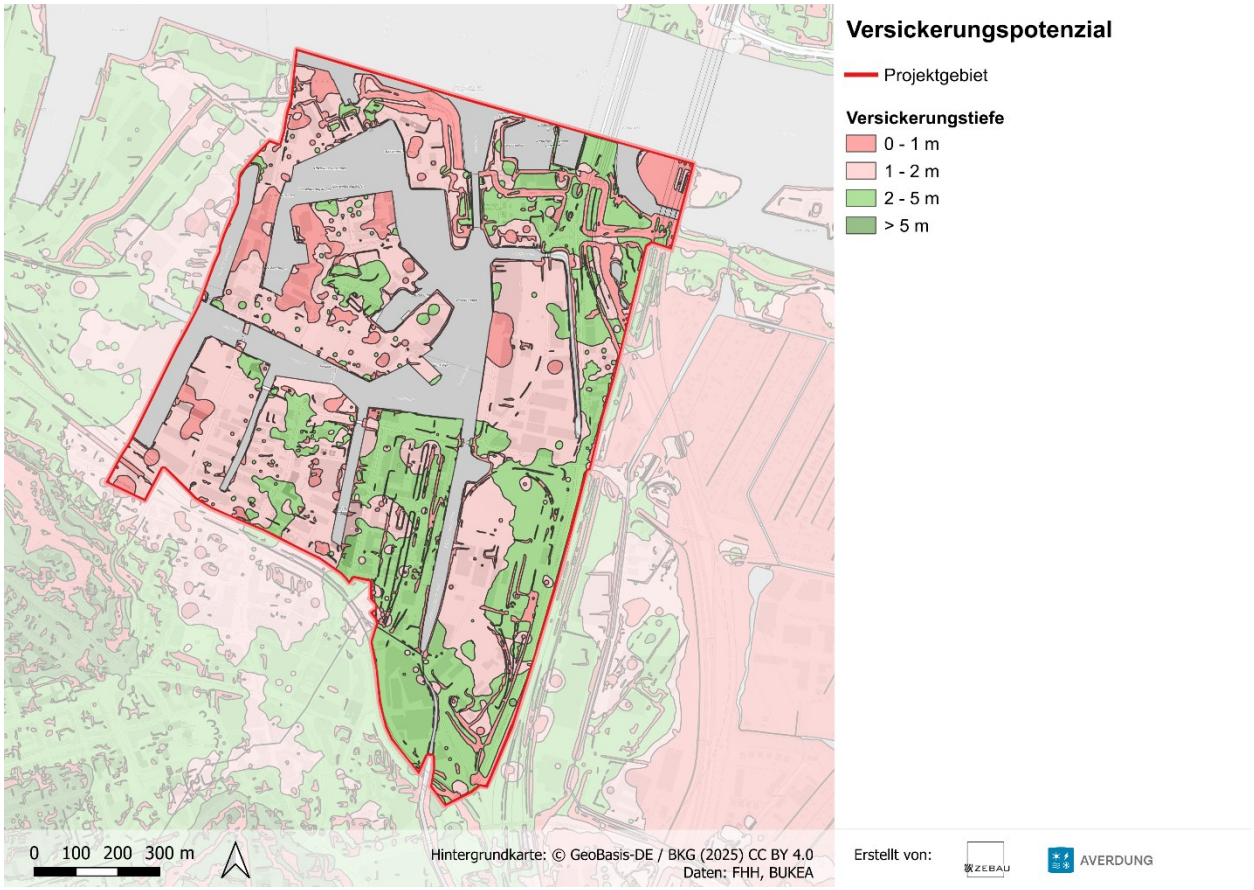


Abbildung 76: Versickerungspotenzial

Bodenversiegelung / -bedeckung

Eine hohe Bodenversiegelung verhindert das Versickern von Wasser und erhöht dadurch die Gefahr für Überschwemmungen. Deswegen wurde in diesem Schritt die Bodenversiegelung im Projektgebiet untersucht, um einen Überblick über die aktuelle Versiegelung zu erhalten.

Im Harburger Binnenhafen ist in großen Teilen eine sehr hohe Bodenversiegelung vorzufinden (siehe Abbildung 77, z. B. Straßen, Gebäude, etc.). Allerdings gibt es auch vereinzelte großflächige Gebiete, vor allem im Süd-Osten und Norden des Projektgebiets, mit Vegetation und offenen Böden. Mit dem B-Plan H72 sowie der Planung im VU-Gebiet (Osten des Projektgebiets) ist mit weiteren Versiegelungen zu rechnen. Jedoch bietet sich teilweise auch die Möglichkeit im Zuge einer Neuplanung versiegelte Bereiche zu entsiegeln.

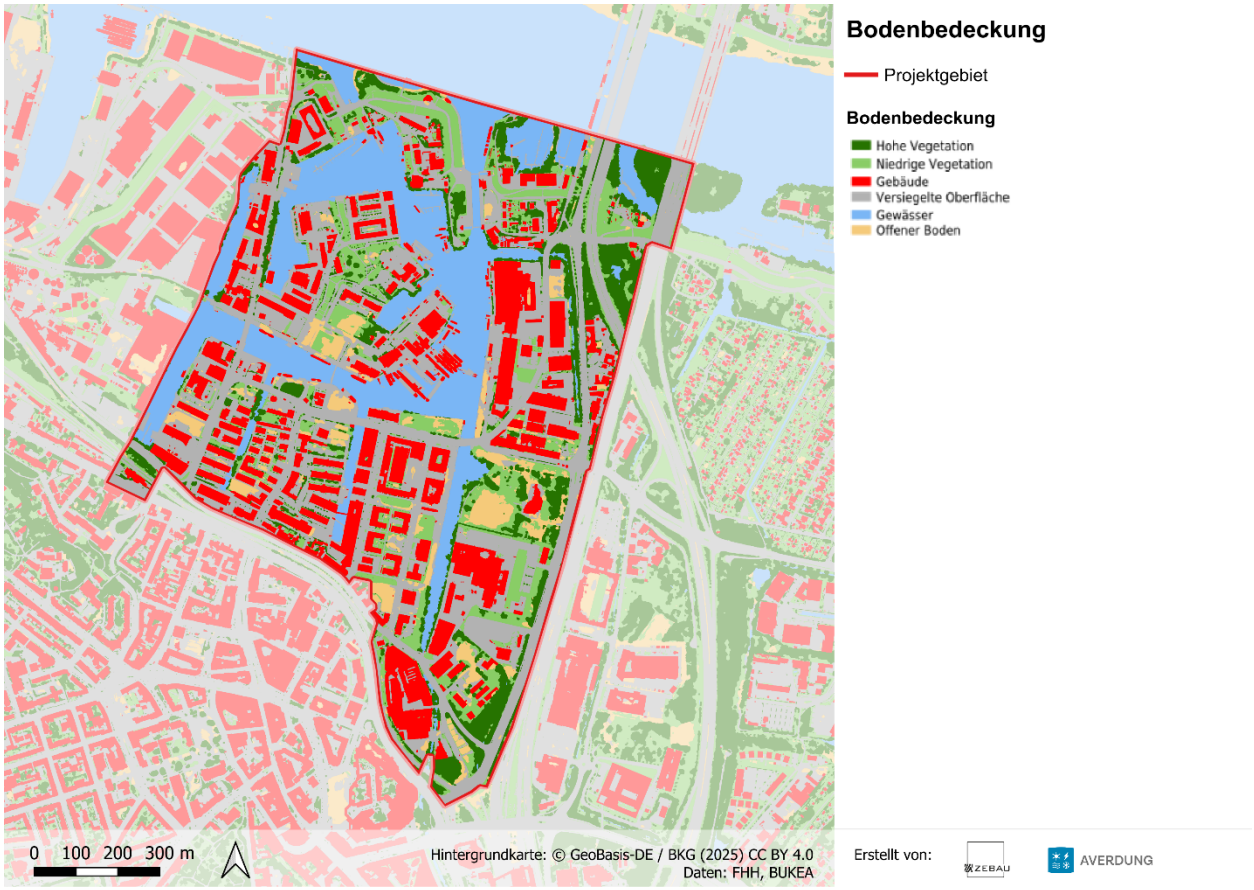


Abbildung 77: Bodenbedeckung, Versiegelung

Potenziale zur Starkregenvorsorge im Projektgebiet
(In Bezug auf Synergien zu den Handlungsfeldern ‚Nachhaltige Wärmeversorgung'; ‚Gebäudemodernisierung' und ‚Regenerative Stromversorgung')

Auch hinsichtlich der sich durch den Klimawandel erhöhten Gefahr von Starkregenereignissen stellen sich Synergien zu den anderen Handlungsfeldern (Gebäudemodernisierung, nachhaltige Wärmeversorgung sowie regenerative Stromversorgung) dar. Die hier genannten Potenziale sind als ergänzend zu den aufgeführten Potenzialen im Themenfeld Hitze zu verstehen, da diverse Klimaanpassungsmaßnahmen sowohl vorbeugend auf Hitze- als auch Starkregenereignisse wirken.

Ideal für die lokale Starkregenvorsorge ist eine wassersensible Stadtraumgestaltung, die möglichst viel Niederschlagswasser speichert und so dem Überschwemmungsrisiko bei Starkregenereignissen entgegenwirkt. Gleichzeitig senkt die Evaporation des gespeicherten Niederschlagswassers die hohe Hitzebelastung im Harburger Binnenhafen. Grundsätzlich sind alle Maßnahmen, die sich dem Konzept der Schwammstadt zuordnen lassen, geeignet, um den Harburger Binnenhafen an klimatische Veränderungen anzupassen.

Schwammstadt

Der Begriff Schwammstadt beschreibt ein städtebauliches Konzept zur Anpassung an den Klimawandel. Es zielt darauf ab, Regenwasser im städtischen Raum zu speichern, zu verdunsten, zu versickern und dadurch in verringerten Mengen zeitverzögert abzuleiten. Durch grüne und blaue Infrastruktur wird das Wasser nur langsam und in geringeren Mengen in die Kanalisation abgeleitet, was die Überschwemmungsgefahr im Falle eines Starkregenereignisses verringert. Gleichzeitig hat blau-grüne Infrastruktur positive Effekte auf das Mikroklima sowie Bioklima. Insbesondere während Hitzephasen wird der städtische Hitzeinseleffekt abgedämpft und die Luftqualität verbessert.

Wie bereits im Themenbereich Hitze beschrieben, sollte bei der Verlegung neuer Wärmenetze die anschließende Wiederversiegelung auf Notwendigkeit geprüft werden. Auch um sich an die Gefahr von zunehmenden Starkregenereignissen anzupassen, ist die Entsiegelung und anschließende Verwendung beziehungsweise der Bau von Retentionsmaßnahmen zu prüfen. Durch eine erhöhte Retentionskapazität von Flächen kann dem Risiko von Überflutungsereignissen entgegengewirkt werden. Insbesondere in den Gebieten mit hohem Versickerungspotenzial in den südlichen und östlichen Randbereichen des Projektgebietes ist die Planung von Retentionsmaßnahmen zu empfehlen. Dringend zu beachten ist dabei die Flächenbelastung des Gebietes aufgrund der industriellen Nutzung. Im gesamten H 72 Gebiet ist von einer Versickerung abzusehen.

Auch unterschiedliche Formen der Gewinnung von Erdwärme können mit einer Entsiegelung des Bodens kombiniert werden. Beispielsweise können Flächen, die für Erdwärmeanlagen genutzt werden, anstelle versiegelt zu werden, mit flachwurzelnden Pflanzen oder Rasen bewachsen werden. Auch Bodenflächen über Erdsonden, die Wärme im tiefen Erdreich gewinnen, können vielfältig genutzt werden. Ein Beispiel ist die Berufliche Schule Hamburg-Harburg. Hier ist unter dem Park- und Sportplatz, der Sporthalle sowie dem Pausenhof eine Erdsonde installiert.

Aufgrund von Nutzungs- und Flächenkonflikten wird es in stark verdichteten Räumen immer notwendiger, alle verfügbaren Flächen zu nutzen. Retentionsgründächer bieten das Potenzial Regenwasser zu speichern, können so die Kanalisation entlasten und das Überschwemmungsrisiko im Falle eines kurz anhaltenden Starkregenereignisses senken. Je nach Beschaffenheit des Retentions-Gründaches wird das Wasser zeitverzögert oder gar nicht abgeleitet. Sie tragen in noch höherem Maße als Gründächer ohne Retentionsfunktion zum Wasserrückhalt und zur Verdunstung von Regenwasser bei und stärken so den natürlichen Wasserkreislauf. Außerdem führt die höher Wasserverfügbarkeit zu einer biodiversen Entwicklung der Begrünung. Im Zuge von Gebäudemodernisierungen sollte demnach die Möglichkeit einer Umsetzung von Retentionsgründächern geprüft werden.

Zur Optimierung der Regenwasserbewirtschaftung kann ergänzend eine grundstücksübergreifende Planung sinnvoll sein, die im Zuge von Gebäudemodernisierungsmaßnahmen umgesetzt werden kann. Durch grundstücksübergreifende Regenwasserbewirtschaftung können effizientere Lösungen gefunden werden, die Ausgleiche zwischen dicht und weniger dicht bebauten Flächen schaffen können. Großflächig und dezentral geplante Regenwasserbewirtschaftung kann eine Überlastung der Kanalisation und die Gefahr einer Überschwemmung reduzieren. Außerdem kann durch dezentrale Regenwasserbewirtschaftung das Regenwasser lokal genutzt werden, z. B. zur Bewässerung von angrenzenden Grünanlagen. Aufgrund der hohen Baudichte im Harburger Binnenhafen und der Belastung bestimmter Bereiche weist eine kooperative Regenwasserbewirtschaftung hohes Potenzial auf. Eine hier ergänzend aufzuführende Synergie beziehungsweise Notwendigkeit zwischen dem Handlungsfeld Wärme und Starkregen besteht darin, Wärmeerzeugungsanlagen vor Überschwemmungsereignissen zu schützen. Bereits bei der Neuinstallation sollte

der Standort auf das Überschwemmungsrisiko geprüft werden, um potenzielle Schäden oder einen Ausfall der Anlage zu vermeiden. Zudem ist zu prüfen, ob Flächen bestehen, die doppelt, sowohl zur Wärmeerzeugung als auch zur Regenwasserrückhaltung, genutzt werden können.

Aufgrund der hohen Bebauungsdichte und Versiegelung weisen im Harburger Binnenhafen alle Maßnahmen, die sich der Multikodierung zuordnen lassen, hohes Potenzial auf. Beispielsweise können Flächen, die mittels Erdsonden zur Wärmeerzeugung genutzt werden, gleichzeitig als Regenwasserrückhalt fungieren. Die wenigen Flächen, die für Klimaanpassungsmaßnahmen zur Verfügung stehen könnten, sowie Gebäudedächer und -fassaden gilt es effektiv zu nutzen. Auch aufgrund der teilweisen Bodenbelastung, die das Potenzial einer Schwammstadt mindert, sollte verstärkt auf Gebäudebegrünung gesetzt werden.

Information zu Multikodierung
Multikodierung ist ein Lösungsansatz, um der beschränkten Flächenverfügbarkeit in verdichteten Räumen zu begegnen. Der Begriff meint die Mehrfachnutzung von Flächen, sodass sie mindestens zwei unterschiedliche Zwecke erfüllen. Sowohl in der Energiewende als auch in der Wärmewende treten aufgrund begrenzter Flächenverfügbarkeit immer wieder Flächenkonflikte auf. Durch die Mehrfachnutzung kann der Flächenkonkurrenz entgegengewirkt werden. Hierbei können Flächen zeitlich versetzt mehrfach genutzt werden, wie beispielsweise Sportplätze, die im Falle eines Starkregenereignisses als Retentionsfläche genutzt werden. Des Weiteren können Flächen zeitgleich verschiedene Nutzungen ermöglichen, wie z. B. Solarthermieanlagen, die mit landwirtschaftlicher Nutzung kombiniert werden.[47]

Potenziale Starkregenvorsorge (in Bezug auf Wärme, Gebäude, Strom)	
Gebäude	Retentions-Gründächer können Niederschlag speichern, leiten das Regenwasser nur zeitverzögert oder gar nicht ab, entlasten so im Falle eines Starkregenereignisses die Kanalisation und mindern folglich das Überschwemmungsrisiko.
Gebäude	Kooperative und grundstücksübergreifende Regenwasserbewirtschaftung kann das Überschwemmungsrisiko senken.
Wärme	Wärmeerzeugungsanlagen sollten vor Überschwemmungsereignissen geschützt sein.
Wärme	Multikodierung: Doppelnutzung von Wärmeerzeugungsflächen zur Regenwasserrückhaltung kann Flächenkonkurrenz in städtischen Gebieten entgegenwirken.
Wärme/Strom	Bei Verlegung von neuen Strom- oder Wärmeleitungen kann die Möglichkeit einer anschließenden Entsiegelung sowie der Einbau von Retentionsmaßnahmen mitgedacht und geprüft werden.

[47] BUKEA (2021). Wegweiser „Clever kombiniert“. d-wegweiser-data.pdf (abgerufen am 30.09.2025)

8.2 Maßnahmenkatalog

Im Bereich Klimaanpassung wurden Maßnahmen entwickelt, die Synergien zu den anderen definierten Handlungsfeldern (Gebäudemodernisierung, nachhaltige Wärmeversorgung, regenerative Stromversorgung) aufweisen. Aus der Bestands- und Potenzialanalyse wurden folgende Maßnahmen entwickelt, um das Thema Klimaanpassung integrativ einzuplanen:

Handlungsfeld: Klimaanpassung (als Synergie zu Wärme, Gebäude und Strom)	
Gebäudemodernisierung	
K1	Prüfung der Möglichkeit von Gebäudebegrünung (inklusive Retention)
K2	Integration von Hitzeschutz
K3	Integration von Überflutungsschutz
Nachhaltige Wärmeversorgung	
K4	Entsiegelung, Begrünung und Retention nach Leitungsverlegung

K1	*Prüfung Möglichkeit Gebäudebegrünung (inklusive Retention)*	

Ziel	**Zeithorizont**
Bei energetischen Modernisierungen von Gebäuden oder der Planung von Neubauten soll die Möglichkeit der Gebäudebegrünung geprüft werden.	Fortlaufend

Kurzbeschreibung

Die Analyse der Fachkarten zeigt deutlich den besonderen Handlungsbedarf im Quartier in Bezug auf Hitzevorsorge. Aufgrund der geringen Flächenverfügbarkeit im Projektgebiet sind großflächige Begrünungen kaum möglich. Daher sollte geprüft werden, welche Dächer und Fassaden für die Begrünung des Quartiers geeignet sind. Aufgrund der hohen nächtlichen Hitzebelastung ist die Umsetzung dieser Maßnahme vor allem in den Wohngebieten zu empfehlen, die in stark hitzebelasteten Bereichen nachts liegen: Blohmstraße, Harburger Schloßstraße, Veritaskai, Schellerdamm und Theodor-Yorck-Straße. Bei der Planung von Gründächern sollte zudem geprüft werden, ob auch die Installation eines Retentionsgründaches möglich ist.

Bezug zu anderen Maßnahmen

- G1 Umsetzung von energetischen Modernisierungsmaßnahmen an Wohngebäuden
  Doppelhäuser im Hafenbezirk im Norden des Quartiers: Potenzial begrenzt (z. B. wg. Steildächern und Dachfenstern) > Prüfung der Nebengebäude und Fassaden
- G2 Umsetzung von energetischen Modernisierungsmaßnahmen zur sommerlichen Klimatisierung an Nichtwohngebäuden (Bsp. Harburger Schlossstraße 28)
  Channel-Gebäude: nach erster Analyse Potenzial zur Gebäudebegrünung (z. B. Flachdächer), Prüfung weiterer Parameter notwendig z. B. Statik, Integration von Begrünungsmaßnahmen in die Kühlungsstrategie der Gebäude empfehlenswert
- G3 Einbindung von erneuerbaren Energien in denkmalgeschützten Gebäuden (Bsp. Kanalplatz 6)
  Gebäude am Kanalplatz 6: Denkmalschutz > Gebäudebegrünung nur unter bestimmten Voraussetzungen möglich (z. B. an Fassaden/auf Dächern, die vom öffentlichen Raum nicht einsehbar sind, siehe auch: https://www.hamburg.de/resource/blob/105266/90cf07024280dee6e7e4f5a908f9c68c/d-denkmalschutz-service-praxishilfen-erneuerbare-energien-data.pdf)

Zuständigkeit	**Einzubindende Akteur:innen**
- Bezirksamt Harburg - Eigentümer:innen	- Hamburger Energielotsen (HEL) - Ggf. RISE Gebietskoordination des Bezirkamtes - Je nach Maßnahmen einzubindende Fachdisziplinen: Statik, Dachdeckung, GaLaBau, Architektur, Landschaftsplanung, ggf. Energieberatung

Erste Handlungsschritte

1. Klimaanpassungs-Check / zusätzliche Beratung für Begrünung bewerben (z.B. durch Postwurfsendung im Quartier oder durch die RISE-Gebietskoordination, priorisierte Gebiete siehe Kurzbeschreibung)
2. Klimaanpassungs-Checks (z.B. HEL) durchführen > Eigentümer:innen
3. Förderprogramm ‚Hamburger Gründachförderung' bewerben (Möglichkeiten siehe 1.)
4. Maßnahmen umsetzen (sh. einzubindende Fachdisziplinen sowie Leitfäden siehe unten) > Eigentümer:innen
5. Maßnahmen Instand halten (um die Entfaltung aller positiven Effekte sicher zu stellen), > Eigentümer:innen

Weiterführende Informationen

- Leitfaden zur Planung Dachbegrünung: 180223_Hamburg_Leitfaden Dachbegrünung.indd
- Handbuch Grüne Wände: Handbuch grüne Wände
- Was ist ein Gründach: Was ist ein Gründach? - hamburg.de
- Pflanzenliste ‚einfache Intensivbegrünung' von Flachdächern: d-naturdach-einfach-intensiv-data.pdf

Finanzierung und Förderung	**Erfolgsindikatoren**
- Hamburger Energielotsen: Klimaanpassungs-Check - IFB HH: Hamburger Gründachförderung	- Anzahl/Fläche der umgesetzten Gebäudebegrünungen - Anzahl der umgesetzten Gebäudebegrünungen mit gesonderter Retentionsfunktion

K2	*Integration von Hitzeschutz*	

Ziel	Zeithorizont
Integration von Hitzeschutzmaßnahmen im Gebäudebestand (v.a. im Zuge von energetischen Modernisierungen)	Fortlaufend

Kurzbeschreibung

Die insgesamt starke bis extreme Hitzebelastung der Siedlungs- und Verkehrsflächen im Harburger Binnenhafen macht bauliche Maßnahmen an den besonders hitzebelasteten Gebäuden erforderlich. Räumlich priorisiert werden sollten im Harburger Binnenhafen Gebäude oder Gebäudeteile mit nach Süden ausgerichteten Fensterfronten, Gebäude, in welchen sich viele Personen tagsüber aufhalten sowie Gebäude, die vulnerable Bevölkerungsgruppen beherbergen: Kita Elbzwerge, Dampfschiffsweg, Blohmstraße, Kanalplatz, Schellerdamm, Channelgebäude. Mögliche Einzel-Maßnahmen zur Integration von Hitzeschutz an Gebäuden sind:

- außenliegende Verschattungsmöglichkeiten (durch Begrünung in Form von Bäumen oder durch technische Elemente wie Raffstores, Rollläden oder Markisen)
- Ermöglichung nächtlicher Lüftung sowie eine Querlüftung (Reduktion von Hitzespitzen der Innenraumtemperaturen durch z.B. dezentrale Wohnraumlüftungsgeräte, die nächtliche Lüftung ermöglichen)
- bei der Wahl der Fenster (in Zuge einer Modernisierung, durch die Wahl von Hitzeschutzbeschichtungen)
- Möglichkeiten der Gebäudebegrünungen (siehe K1)

Nicht alle Einzel-Maßnahmen sind für jedes Gebäude geeignet. Eine Prüfung im Einzelfall ist notwendig und sollte durch Vor-Ort-Beratungen spezifisch erörtert werden.

Bezug zu anderen Maßnahmen

- G1 Umsetzung von energetischen Modernisierungsmaßnahmen an Wohngebäuden
  Privater Wohnungsbau: mehrere Möglichkeiten des Hitzeschutzes Gebäude: außenliegender Sonnenschutz (z. B. Markisen), Ermöglichung von effektivem Luftaustausch (z. B. Einbruchschutz gekippter Fenster nachts, etc.)
- G2 Umsetzung von energetischen Modernisierungsmaßnahmen zur sommerlichen Klimatisierung an Nichtwohngebäuden (Bsp. Harburger Schlossstraße 28)
  Durch die großen Südfassaden ergibt sich hier ein hohes Potenzial und ein hoher Bedarf an hitzevorsorgenden Maßnahmen an den Gebäuden: Verschattungsmöglichkeiten, Lüftung, evtl. aktive Kühlung (siehe G2)

Zuständigkeit	Einzubindende Akteur:innen
- Gebäudeeigentümer:innen	- Hamburger Energielotsen (HEL) - Je nach Maßnahme einzubindende Fachdisziplinen: Statik, Dachdeckung, GaLaBau, Architektur, Landschaftsplanung, Energieberatung

Erste Handlungsschritte

1. Klimaanpassungs-Check empfehlen / bewerben (Möglichkeiten sh. K1, priorisierte Gebiete siehe Kurzbeschreibung)
2. Klimaanpassungs-Checks durchführen (z.B. HEL)
3. Ggf. Berechnung sommerlicher Wärmeschutz für kritischste Räume (durch Energieberatung)
4. Planung geeigneter Hitzeschutzmaßnahmen im Zuge der Modernisierungsplanung (durch Energieberatung gemeinsam mit Eigentümer:innen)
5. Maßnahmenumsetzung durch Gebäudeeigentümer:innen

Weiterführende Informationen

- Hitzeaktionsplan Hamburg: hitzeaktionsplan-data.pdf
- Leitfaden 'Mein Haus – in Zukunft klimaangepasst!': Mein Haus - in Zukunft klimaangepasst!

Finanzierung und Förderung	Erfolgsindikatoren
- KfW, Bafa: BEG Einzelmaßnahmen - IFB HH ‚Wärmeschutz im Gebäudebestand'	- Umgesetzte Projekte - Reduzierte Innentemperaturen - Reduzierter Kühlungsbedarf/-verbrauch

K3	*Integration von Überflutungsschutz*	

Ziel	Zeithorizont
Integration von Maßnahmen des Überflutungsschutzes im Gebäudebestand.	Fortlaufend

Kurzbeschreibung

Um Schäden an Gebäuden sowie Gefahrensituationen für Bewohner:innen zu vermeiden, sollte die Starkregenvorsorge und der Überflutungsschutz für den Gebäudebestand mitgedacht werden (vor allem im Zuge von energetischen Modernisierungen). Hierzu müssen die ‚typischen' Wassereintrittsstellen für jedes Gebäude individuell geprüft werden: Keller, Siel, Lichtschächte, Fenster, Dach, Türen. Als erste Überprüfung kann die Starkregengefahrenkarte aus dem Wasseratlas Hamburg gesichtet werden. Falls eine Betroffenheit vorliegt, sollten Maßnahmen, die das Gebäude vor Überflutungsschäden schützen, umgesetzt werden: z.B. Gebäudeabdichtungen, Rückstausicherungen, Austausch Fenster, Flutschutztore oder erhöhte Einfassungen von Kellerschächten, Höherlegung Elektroinstallationen, Umgestaltung des Außenraumes, Installation von Retentionsmaßnahmen (siehe auch K1). Räumlich priorisiert werden sollen Bereiche, die bei einem außergewöhnlichen Starkregenereignis eine hohe Wassertiefe aufweisen: einzelne Gebäude im Dampfschiffweg, in der Blohmstraße, Harburger Schlossstraße und der Theodor-Yorck-Straße.

Bezug zu anderen Maßnahmen

- G1 Umsetzung von energetischen Modernisierungsmaßnahmen an Wohngebäuden
  Auf privaten Grundstücken können (vor allem im Außenraum) Maßnahmen ergriffen werden, um Gebäude zu schützen: zum Beispiel der Einbau Zisternen, Entsiegelung sowie minimalinvasive Maßnahmen wie Lichtschachtabdeckungen und regelmäßige Wartung von Regenrinnen und Rohren.
- G2 Umsetzung von energetischen Modernisierungsmaßnahmen zur sommerlichen Klimatisierung an Nichtwohngebäuden (Bsp. Harburger Schlossstraße 28)
  Auch an Nichtwohngebäuden ist der Überflutungsschutz relevant und kann hier z. B. bei einer Dachsanierung oder einem Fensteraustausch mit beachtet werden.

Zuständigkeit	Einzubindende Akteur:innen
- Gebäudeeigentümer:innen	- Je nach Maßnahme zu beteiligende Fachdisziplinen: GaLaBau, Architektur, Landschaftsplanung, Energieberatung, Tiefbau - Hamburger Energielotsen (HEL)

Erste Handlungsschritte

1. Bewerbung der Starkregengefahrenkarten gegenüber Gebäudeeigentümer:innen (Ansprache pot. Betroffener Gebäude sh. Kurzbeschreibung)
2. Bewerbung Klimaanpassungs-Check (HEL) (Ansprache sh. 1.)
3. Integration in Modernisierungsmaßnahmen (siehe weiterführende Informationen)
4. Umsetzung der Maßnahmen (siehe weiterführende Informationen)

Weiterführende Informationen

- Starkregengefahrenkarte FHH: Starkregengefahrenkarte - hamburg.de
- Praktische Anleitungen für Ihr Grundstück (RISA): Bibliothek - RISA Hamburg (unter anderem: nachhaltiges Regenwassermanagement privater Grundstücke; Mein Haus- in Zukunft klimaangepasst!; etc.)
- Anbieterdatenbank dezentr. Regenwasserbewirtschaftung: Anbietersuche für Regenwasserbewirtschaftung

Finanzierung und Förderung	Erfolgsindikatoren
- KfW, Bafa: BEG Einzelmaßnahmen - IFB HH: verschiedene Förderprogramme zur energetischen Modernisierung - RISA: Versickerung, Regenwasserzisternen, Entsiegelung	- Umgesetzte Projekte - Reduzierte Schadenshöhe

K4	*Entsiegelung, Begrünung und Retention nach Leitungsverlegung*	

Ziel	**Zeithorizont**
Erhöhung der Resilienz gegenüber Starkregen- und Hitzeereignissen.	Fortlaufend

Kurzbeschreibung

In Siedlungsgebieten mit hoher bioklimatischer Hitzebelastung bietet die Entsiegelung von Flächen großes Potenzial zur Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen und Verbesserung des Lokalklimas. Entsiegelungs-, Begrünungs- und Retentionsmaßnahmen im Außenraum lassen sich in Synergie zur Verlegung neuer Wärmeleitungen umsetzen. Auf eine Wiederversiegelung nach einer Leitungsverlegung soll, wenn möglich, verzichtet werden und eine anschließende klimaangepasste Nutzung der Fläche priorisiert werden. Durch die Kombination beider Maßnahmen können finanzielle als auch personelle Ressourcen eingespart werden und Bauphasen können sich verkürzen.

Synergien sind insbesondere im Zuge der stadtplanerischen Umgestaltung im VU-Gebiet zu nutzen. Im Rahmen der Umgestaltung und beispielsweise der Tiefbauarbeiten sollte die Notwendigkeit einer anschließenden Versiegelung geprüft werden. Auch bei den anderen potenziellen Maßnahmen zur Verlegung eines Wärmenetzes im Bereich „West“, auf der Schlossinsel sowie der Erweiterung des GETEC-Netzes ist die anschließende Entsiegelung (plus Begrünung und Retention) anzustreben. Eine genaue Verortung der Maßnahme hängt maßgeblich mit der Planung weiterer Wärmeleitungen zusammen. Selbstverständlich können Entsiegelungs-, Begrünungs- und Retentionsmaßnahmen unabhängig von Leitungsverlegung umgesetzt werden. Diese Maßnahme beschränkt sich jedoch auf die Synergie zum Handlungsfeld ‚nachhaltige Wärmeversorgung‘.

Bezug zu anderen Maßnahmen

- W1 Potenzielles Wärmenetz im VU-Gebiet
- W2 Potenzielles Wärmenetz im Bereich „West“ mit Nutzung Abwärme
- W3 Potenzielles Wärmenetz auf der Schlossinsel
- W4 Dekarbonisierung und potenzielle Erweiterung des Wärmenetzes der GETEC Wärme & Effizienz GmbH

Zuständigkeit	**Einzubindende Akteur:innen**
- Bezirksamt Harburg - Flächeneigentümer:innen	- Fachdisziplinen: GaLaBau, Landschaftsplanung, Wärmeplanung, Tiefbau, Stadtplanung

Erste Handlungsschritte

1. Prüfung der Möglichkeit zur Entsiegelung/Begrünung/Retention vor der Verlegung neuer Leitungen / Kontakt zu Unternehmen/Projekten im Quartier aufbauen, die potenzielle Entsiegelungen beinhalten
2. Planung der Umsetzung der Kombination von Leitungsverlegungen und anschließender Entsiegelung/Begrünung/Retention

Weiterführende Informationen

- Projektdatenbank der Berliner Regenwasseragentur (Beispiele für Gelegenheitsfenster nach Entsiegelungen/Umgestaltungen): Schwammstadt Beispiele für nachhaltige Stadtentwicklung
- Umplanung nach Kriterien der blau-grüne Infrastruktur wegen anstehender Fahrbahnerneuerung: Blaupause für klimagerechten Straßenbau: Königstraße wird zur „Straße der Zukunft“ - hamburg.de

Finanzierung und Förderung	**Erfolgsindikatoren**
- Gegebenenfalls Förderprogramm RISE – Rahmenprogramm integrierte Stadtteilentwicklung - gegebenenfalls RISA: Versickerung, Regenwasserzisternen, Entsiegelung	- Dauerhaft entsiegelte Flächen - Ergänzte Grünflächen/Grünvolumen - Wasservolumen der installierten Retentionsmaßnahmen

8.3 Hemmnisse und Lösungen

Tabelle 40: Hemmnisse und Lösungsansätze im Bereich der Klimaanpassung

Klimaanpassung	
Hemmnis	**Lösungsansatz**
Mit größeren Umstrukturierungs- und Neugestaltungsmaßnahmen können teils störende Baumaßnahmen verbunden sein, die zu Beeinträchtigungen in der Nutzung der Wohnungen einhergehen. (z.B. im Zuge der Umsetzung von K1, K2, K3 sowie K4)	Um Verärgerungen in der Bewohnerschaft zu vermeiden, sollte schon frühzeitig über die Maßnahmen und deren positive Aspekte berichtet werden, um Vorurteile abzubauen und Vorfreude über die gewonnenen Vorteile zu verbreiten (z.B. im Rahmen der Binnenhafenbegleitgruppe). Zudem sollten Maßnahmen aus verschiedenen Handlungsfeldern zusammen gedacht werden und so Baumaßnahmenzeiten reduziert werden (alle K-Maßnahmen sind Synergiemaßnahmen).
Niedrige Akzeptanz der Bewohner:innen, da Insekten und andere Tierarten, die mit z. B. mehr Grünstrukturen einhergehen, nicht immer am eigenen Wohnort gewollt sind und mit Ärgernissen verknüpft werden können. (z.B. im Zuge der Umsetzung von K1, K3 sowie K4)	Kommunikationsarbeit im Rahmen der Aktivitäten innerhalb des RISE-Gebiets: Hinweis auf die positiven Aspekte, die die Artenvielfalt vor der Haustür mit sich bringen und wie sich das Wohnumfeld auch visuell verschönert.
Fehlende finanzielle Mittel beziehungsweise mangelnde Investitionsbereitschaft zur Umsetzung der Verbesserungsmaßnahmen (z.B. im Zuge der Umsetzung von K1, K2, K3 sowie K4)	Beantragung von Fördermitteln und Maßnahmenbündelung/Nutzung Gelegenheitsfenster, um Kosten zu senken (siehe auch Finanzierung und Förderung in den Maßnahmensteckbriefen). Umfangreiche und zielgerichtete Information über die bestehenden Vorteile der Maßnahmen sowie die langfristige Kosteneinsparung durch die Vermeidung von möglichen Schäden, die ohne Klimaanpassungsmaßnahmen entstehen würden. Zudem können finanzielle Einsparpotenziale durch z. B. Entsiegelung beziehungsweise den Einbau von Retentionsanlagen erreicht werden, indem die Niederschlagsgebühr neu berechnet wird und nach umgesetzten Maßnahmen sinken wird. Nutzung von Synergieeffekten mit energetischen Modernisierungsmaßnahmen, Wärmenetzausbauten oder Mobilitätsmaßnahmen.
Flächenkonflikte von Klimaanpassungsmaßnahmen und anderen Nutzungen (z.B. im Zuge der Umsetzung von K1 sowie K4)	Aufgrund der Flächenkonkurrenz im Harburger Binnenhafen können Konflikte hinsichtlich der zu bevorzugenden Nutzungsart auftreten. Priorisierung von klimaangepassten Maßnahmen sowie Multikodierung können die Flächenkonkurrenz abschwächen (z.B. Solar-Gründach)
Begrenzte Flächen, die sich zur Versickerung von Niederschlagswasser eignen, aufgrund von Schadstoffbelastungen im Boden (z.B. im Zuge der Umsetzung von K3 sowie K4)	Zonierung der Schadstoffbelastung im Harburger Binnenhafen. Umsetzung von alternativen Lösungen, wie Gründächern oder Fassadenbegrünung in betreffenden Gebieten. Zudem können nach unten abgedichtete Verdunstungsbeete auf schadstoffbelasteten Böden verwendet werden. So wird auch Regenwasser zwischengespeichert und (durch Verdunstung) dem Wasserkreislauf zugeführt.

8.4 Zusammenfassung

Klimaanpassungsmaßnahmen weisen zahlreiche Synergien zu den anderen Handlungsfeldern Gebäudemodernisierung, nachhaltige Wärmeversorgung sowie regenerative Stromversorgung auf. Umsetzung von Gebäudebegrünungen/baulichem Hitzeschutz im Zuge von energetischen Modernisierungen, Einbau von Retentionsmaßnahmen im Zuge von anstehenden Umgestaltungen für die Wärmeversorgung, Kombination von PV/Solarthermie und Grün auf Dächern, Bau von Verdunstungsbeeten/Baumrigolen mit abgedichteten Baumgruben. Aufgrund der hohen nächtlichen Hitzebelastung ist die Umsetzung von Hitzeschutzmaßnahmen (siehe K1, K2) vor allem in den Wohngebieten zu empfehlen, die in stark hitzebelasteten Bereichen nachts liegen: Blohmstraße, Harburger Schloßstraße, Veritaskai, Schellerdamm und Theodor-Yorck-Straße. Außerdem sollten Gebäude oder Gebäudeteile mit nach Süden ausgerichteten Fensterfronten, Gebäude, in welchen sich viele Personen tagsüber aufhalten sowie Gebäude, die vulnerable Bevölkerungsgruppen beherbergen (z.B. Kita Elbzwerge, Dampfschiffsweg, Blohmstraße, Kanalplatz, Schellerdamm, Channelgebäude) bei der Umsetzung von Hitzeschutzmaßnahmen priorisiert werden. Für die Umsetzung von Überflutungsschutzmaßnahmen (siehe K3) sollten Bereiche fokussiert werden, die bei einem außergewöhnlichen Starkregenereignis eine hohe Wassertiefe aufweisen, wie z.B. einzelne Gebäude im Dampfschiffweg, in der Blohmstraße, Harburger Schlossstraße und der Theodor-Yorck-Straße. Wie bereits beschrieben, gelten viele Potenziale sowohl für Hitze- als auch für Starkregenvorsorge. Beispielsweise mindert ein Retentions-Gründach das Überschwemmungsrisiko und schafft gleichzeitig einen thermischen Ausgleich während Hitzeperioden. Die Themenbereiche sind folglich als abhängig voneinander zu betrachten, weshalb die Maßnahmenentwicklung die verschiedenen Bereiche der Klimaanpassung integriert betrachtet.

9 Durchführungskonzept

Abschließend zu den entwickelten Maßnahmen wurde ein Durchführungskonzept erstellt. Die Darstellung in Abbildung 78 schafft einen Überblick über die zeitliche Einordnung der vorgeschlagenen Maßnahmen und soll dazu dienen die Durchführung der einzelnen Maßnahmen in eine sinnvolle Reihenfolge zu bringen und die jeweiligen Verantwortlichkeiten aufzeigen.

Bei der Reihenfolge der Maßnahmen wurden verschieden Einflussfaktoren berücksichtigt:

- Wechselwirkungen zwischen den Maßnahmen
- Investitionskosten der Maßnahmen
- Zu erwartende Planungs- und Umsetzungszeiten
- Anzahl der Einzelmaßnahmen und -akteure

Bei Maßnahmen, die in gegenseitiger Wechselwirkung stehen, ergeben sich teilweise sinnvolle Umsetzungsreihenfolgen. Gebäude sollten erst auf einen optimalen Energiebedarf (so gering wie energetisch und wirtschaftlich nötig) und bei Bedarf auf Niedertemperaturfähigkeit für den Betrieb von Wärmepumpen saniert werden, bevor die Umstellung auf alternative Versorgung (z. B. dezentrale, erneuerbare Quellen oder erneuerbare Fernwärme) erfolgt. Daraus ergibt sich bezogen auf das einzelne Gebäude G1 Modernisierungsmaßnahmen am Gebäude vor G3 Einbindung erneuerbarer Energien. Insgesamt können aber bereits sanierte oder neue Gebäude auf erneuerbare Energien umgestellt werden (G3), während andere Gebäude zunächst saniert werden (G1). Somit starten die graphischen Darstellungen der beiden Maßnahmen G1 und G3 gleichzeitig.

Es empfiehlt sich Maßnahmen mit geringeren Investitionskosten und geringer Komplexität wie Maßnahme S1 (Errichtung von Photovoltaikanlagen zum Eigenverbrauch) frühzeitig umzusetzen, um deren Einsparpotenziale möglichst schnell nutzen zu können. Umgekehrt haben Maßnahmen mit vergleichsweise hohen Investitionskosten einen höheren zeitlichen Vorlauf bis zur Umsetzung, da gegebenenfalls Fördermittel beantragt werden können und die Maßnahme gut geplant und vorbereitet werden sollte. Daraus ergibt sich bei der Errichtung eines Wärmenetzes ein entsprechender zeitlicher Vorlauf.

Die Planungs- und Umsetzungszeiten der einzelnen Maßnahmen sind sehr unterschiedlich. Während der Austausch eines einzelnen Erdgaskessels durch eine Wärmepumpe innerhalb von ca. einem halben Jahr durchgeführt werden kann, benötigt die Planung und Errichtung eines Wärmenetzes i.d.R. zwei bis drei Jahre oder mehr.

Auch wenn der einzelne Austausch eines Erdgaskessels durch eine Wärmepumpe innerhalb von ca. einem halben Jahr erfolgen kann, wird die Umsetzung, bis alle fossilen Wärmeerzeuger im Projektgebiet durch erneuerbare Energien ersetzt sind, aufgrund der Anzahl betroffener Anlagen beziehungsweise Gebäudeeigentümer:innen einen deutlich längeren Zeitraum in Anspruch nehmen. Sowohl GEG als darüber hinaus auch das Hamburger Klimaschutzgesetz geben zwar Anteile für Erneuerbare Energien bei der Wärmeversorgung von Neubauten vor, funktionierende Altanlagen hingegen dürfen noch bis 2044 mit fossilen Brennstoffen betrieben werden. Entsprechend lässt sich aktuell nicht quantifizieren, wann die Umstellung aller Altanlagen auf Erneuerbare Energien abgeschlossen sein wird.

Eine Priorisierung der Maßnahmen wurde bereits jeweils in den Maßnahmenkarten angegeben. Dabei wurden jeweils drei Kategorien für die Priorität und den Zeithorizont genutzt, die wie folgt gewählt wurden:

- Priorisierung legt fest, wie schnell eine Maßnahme aufgrund ihrer Relevanz angegangen werden sollte. Dabei werden die Kriterien Klimaschutzwirkung und Wirtschaftlichkeit berücksichtigt.
    - Hoch – Die Maßnahmen G1 Sanierung von Wohngebäuden, W1 Dezentrale Wärmepumpen im VU-Gebiet sowie W2 Wärmenetz im Bereich West/Mitte und S1 Photovoltaikanlagen für Eigenverbrauch im Gewerbe und S3 Photovoltaikanlagen auf Parkplatzflächen sollten aufgrund ihres großen Beitrags zu den Klimazielen sowie ihrer Auswirkung auf die Wirtschaftlichkeit (Einsparung von Energiekosten, attraktive Wärmepreise durch hohe Anschlussquote, geringere Investitionskosten im Neubau als im Bestand unter Priorität mittel) so schnell wie möglich angegangen und umgesetzt werden.
    - Mittel – Die Maßnahmen G2 Sommerliche Klimatisierung von Nichtwohngebäuden, G3 Erneuerbare Energien in denkmalgeschützten Gebäuden, W3 Dezentrale Wärmepumpen auf der Schlossinsel sowie S2 Photovoltaikanlagen für Mieterstrommodelle sollten aufgrund ihres etwas geringeren Beitrags zu den Klimazielen und einer etwas geringeren Wirtschaftlichkeit (höhere Investitionskosten durch Denkmalschutz und im Bestand als im Neubau unter Priorität hoch) nach den hoch priorisierten Maßnahmen umgesetzt werden.
    - Niedrig – Lediglich die Maßnahme W4 Energetische Aktivierung von Spundwänden wurde als niedrig priorisiert, da sie zwar eine Besonderheit für den Harburger Binnenhafen darstellt, aber keinen höheren bzw. wirtschaftlicheren Beitrag leistet als beispielsweise Luft-Wärmpumpen in den Maßnahmen W1 und W3
- Zeithorizont gibt an, wie schnell die Maßnahme aufgrund ihrer Komplexität und der beteiligten Akteure voraussichtlich umgesetzt werden kann
    - Fortlaufend – Die Maßnahmen G1 Sanierung von Wohngebäuden, G2 Sommerliche Klimatisierung von Nichtwohngebäuden, G3 Erneuerbare Energien in denkmalgeschützten Gebäuden sowie W1 Dezentrale Wärmepumpen im VU-Gebiet und W3 Dezentrale Wärmepumpen auf der Schlossinsel wurden aufgrund der Vielzahl an betroffenen Gebäuden und verantwortlichen Gebäudeeigentümer:innen als fortlaufend umzusetzend eingestuft.
    - Kurzfristig – Die Maßnahmen S1 Photovoltaikanlagen für Eigenverbrauch im Gewerbe und S3 Photovoltaikanlagen auf Parkplatzflächen sollten aufgrund ihres hohen Beitrags zu den Klimazielen sowie der geringen Komplexität bei der Umsetzung kurzfristig umgesetzt werden. Ergänzend wird angenommen, dass die beiden Maßnahmen bezogen auf alle einzelnen Gebäude beziehungsweise Flächen bis 2030 beziehungsweise 2035 abgeschlossen werden können.
    - Mittelfristig – Die Maßnahmen W2 Wärmenetz im Bereich West/Mitte, W4 Energetische Aktivierung von Spundwänden und S2 Photovoltaikanlagen für Mieterstrommodelle wurden aufgrund ihrer Komplexität und der entsprechend benötigten Vorlauf- und Planungszeiten als mittelfristig umzusetzen eingestuft.

Durchführungskonzept
für das Projektgebiet Harburger Binnenhafen

Hauptverantwortliche
Bezirksamt Harburg | Gebäudeeigentümer:innen | zu findender Energieversorger
Meilenstein

Maßnahme		2026				2027				2028				2030	2035	2040
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4			
Gebäudemodernisierung																
G1	Umsetzung von energetischen Modernisierungsmaßnahmen an Wohngebäuden															
G2	Umsetzung von energetischen Modernisierungsmaßnahmen an Nichtwohngebäuden (sommerliche Klimatisierung)															
G3	Einbindung Erneuerbarer Energien in denkmalgeschützten Gebäuden															
Nachhaltige Wärmeversorgung																
W1	Zukünftige Wärmeversorgung im VU-Gebiet (dezentrale Wärmepumpen)															
W2	Potenzielles Wärmenetz im Bereich West und Mitte		Gespräche mit potenziellen Energieversorgern											Inbetriebnahme Wärmenetz		
W3	Wärmeversorgung auf der Schlossinsel (dezentrale Wärmepumpen)															
W4	energetische Aktivierung von Spundwänden															
Regenerative Stromversorgung																
S1	Errichtung von Photovoltaik und Eigenverbrauch im Gewerbe															
S2	Errichtung von Photovoltaik für Mieterstrommodelle															
S3	Kombination aus Gründach & Photovoltaik auf Neubauten															
Klimaanpassung																
K1	Prüfung Möglichkeit Gebäudebegrünung (inkl. Retention)															
K2	Integration Hitzeschutz															
K3	Integration Überflutungsschutz															
K4	Entsiegelung, Begrünung und Retention nach Leitungsverlegung															

Abbildung 78: Graphische Darstellung Durchführungskonzept

10 Zusammenfassung

Das Energiekonzept konnte zeigen, dass das Projektgebiet Harburger Binnenhafen im Rahmen der Energie- und Klimawende vor verschiedenen Herausforderungen steht. Um einen Beitrag zu den Hamburger Klimazielen zu leisten und um sich selbst auf die anstehenden Veränderungen vorzubereiten, können im Harburger Binnenhafen verschiedene Maßnahmen ergriffen werden.

Das Energiekonzept hat die Bereiche

- Gebäudemodernisierung
- Erneuerbare Wärme- und Kälteversorgung
- Regenerative Stromversorgung und
- Klimaanpassung

betrachtet, jeweils die Ausgangssituation sowie Potenziale ermitteltet und Maßnahmen abgeleitet.

10.1 Gebäudemodernisierung

Das Projektgebiet ist durch einen sehr heterogenen Gebäudebestand sowohl bezüglich der Nutzungen als auch der Baualtersklassen geprägt. Hinzu kommen an vielen Stellen im Gebiet verteilt Neubauten. Das Einsparpotenzial durch die energetische Gebäudemodernisierung bei der Wärmeversorgung wird mit 12,9 GWh p.a. als relevant eingeordnet. Auf Grund der unterschiedlichen Gebäude fallen die gebäudespezifischen Einsparungen jedoch sehr unterschiedlich aus. Während bei alten, unsanierten Gebäuden relevante Potenziale bestehen, sind diese bei neueren Gebäuden eher gering. Bei den von Denkmalschutz beziehungsweise Ensembleschutz betroffenen Gebäuden bleibt darüber hinaus außerdem zu prüfen, inwiefern die technischen Einsparpotenzialen auf Grund der Auswirkungen auf das äußere Erscheinungsbild umgesetzt werden können. Die energetische Sanierung und Prüfung und gegebenenfalls Anpassung der Heizungsverteilung ist außerdem erforderlich, um die Vorlauftemperaturen abzusenken und so einen effizienten Betrieb von Wärmepumpen bei der Umstellung auf erneuerbare Quellen zu gewährleisten.

Die Verantwortung zur Umsetzung dieses Potenzials liegt bei den einzelnen Gebäudeeigentümer:innen, die sich regelmäßig von den Gebäudenutzer:innen unterscheiden. Somit liegen regelmäßig auch die Investitionskosten für die Maßnahmen und umgekehrt die Einsparungen im Betrieb bei unterschiedlichen Akteuren. Anreize zur Umsetzung der Maßnahmen werden durch Fördermöglichkeiten des BAFA sowie der IFB gesetzt.

10.2 Erneuerbare Wärmeversorgung

Die erneuerbare Wärmeversorgung bietet gute Möglichkeiten einen entscheidenden Beitrag zur Klima- beziehungsweise Wärmewende entsprechend dem Hamburger Klimaplan zu leisten. Wie die Bedarfsanalyse gezeigt hat, wird der Wärmebedarf im gesamten Harburger Binnenhafen durch Nachverdichtung und Neubauten von heute ca. 36 GWh p.a. zukünftig auf voraussichtlich 46 GWh p.a. steigen. Somit ist entscheidend, dass sowohl der Gebäudebestand nach gebäudeindividuellem Bedarf energetisch saniert wird, um den vorhandenen Bedarf optimal zu reduzieren (so gering wie energetisch und wirtschaftlich sinnvoll) und sofern noch nicht erreicht, die Niedertemperaturfähigkeit für den Betrieb von Wärmepumpen herzustellen, als auch die Einbindung erneuerbarer Quellen in die Wärmebereitstellung erfolgt. Dabei ist zunächst zu

prüfen, inwiefern eine energetische Sanierung erforderlich ist, im Anschluss ist diese bei Bedarf umzusetzen und abschließend sind erneuerbare Energien zur Deckung des bleibenden Bedarfs einzusetzen.

Die Potenzialanalyse konnte hierfür aufzeigen, dass die Außenluft als Umweltquelle mit einem überschlägigen Potenzial von ca. 16 bis 25 GWh p.a. eine gute Möglichkeit bietet erneuerbare Wärme sowohl dezentral als auch zentral in die Wärmeversorgung einzubinden. Dabei lassen sich die Herausforderungen, die das Potenzial mit sich bringt, (z. B. Aufstellflächen für Rückkühlaggregate, Schallemissionen) mit der heute verfügbaren Technik planerisch und baulich lösen (s. hierzu Kapitel 5.2.5). Für den stark verdichteten Bereich im Gebiet West und Mitte hingegen werden keine dezentralen Luft-Wärmepumpen, sondern ein Wärmenetz empfohlen (s. nächster Absatz). Darüber hinaus können dezentral auch andere Quellen erschlossen werden. Hierzu zählt insbesondere die Geothermie mit einem Potenzial von ca. 1 bis 7 GWh p.a., wobei hierzu anzumerken ist, dass sie auf Grund der Standortfaktoren (z. B. Bohrtiefenbegrenzung, Altlasten, archäologische Funde) im Harburger Binnenhafen in den meisten Fällen unwirtschaftlicher sein wird als Luft-Wärmepumpen es sind. Zentral lassen sich darüber hinaus aber auch Quellen wie Abwasser oder industrielle Abwärme einbinden. Dabei konnte für die Abwasserkanäle ein Potenzial von ca. 5 bis 27 GWh p.a. ermittelt werden, welches sich aufgrund der Standortbedingungen nur zu sehr hohen Kosten und somit gegenüber anderen Potenzialen unwirtschaftlich wird heben lassen. Bei der Abwärme hingegen liegt ein wirtschaftlich gut nutzbares Potenzial von ca. 14 GWh p.a. vor

Der wirtschaftlich-ökologische Variantenvergleich konnte zeigen, dass im stark verdichteten Gebiet West und Mitte eine zentrale Versorgung zu empfehlen ist und hierbei nach Möglichkeit in direkter Nachbarschaft verfügbare Abwärme eingebunden werden sollte. In den Bereichen VU-Gebiet und Schlossinsel hingegen wird sowohl auf Grund der etwas weniger dichten Bebauung, aber auch auf Grund der sehr unterschiedlichen Anforderungen für einerseits denkmalgeschützten Bestand und andererseits noch zu entwickelnde Neubauflächen eine dezentrale Wärmeversorgung mit Luft-Wärmepumpen empfohlen.

10.3 Regenerative Stromerzeugung

Das Potenzial zur erneuerbaren Strombereitstellung im Projektgebiet wird bisher nur zu geringen Teilen genutzt. Das technische Potenzial auf Dachflächen sowie Parkplatzflächen liegt dabei bei ca. 22.861 kWp und 20.989 MWh p.a. (s. Kapitel 7.2 und Abbildung 66). Insbesondere da zukünftig von steigenden Strombedarfen auszugehen ist, sollte es möglichst umfangreich gehoben werden. Einschränkend ist zu berücksichtigen, dass viele Gebäude im Projektgebiet unter Denkmal- und Ensembleschutz sowie die Städtebauliche Erhaltungsverordnung fallen, sodass jeweils im Einzelfall die konkreten Anforderungen und Umsetzungsmöglichkeiten zu prüfen sind. Die einzelnen Gebäudeeigentümer:innen sind hier in der Verantwortung die Errichtung von Photovoltaikanlagen anzugehen.

Im Rahmen des Maßnahmenkatalogs wird den Gebäude- und Parkplatzeigentümer:innen kurzfristig empfohlen, Photovoltaikanlagen zur Eigenstromnutzung und Überschusseinspeisung ins Netz der öffentlichen Versorgung empfohlen. Darüber hinaus sollen mittelfristig auch Photovoltaikanlagen im Rahmen von Mieterstrommodellen installiert werden und zur erneuerbaren und lokalen Versorgung beitragen.

10.4 Klimaanpassung

Klimaanpassungsmaßnahmen weisen einige Synergien zu den anderen Handlungsfeldern Gebäudemodernisierung, nachhaltige Wärmeversorgung sowie regenerative Stromversorgung auf. Aufgrund der höchsten Dringlichkeit wurden die beiden Themenbereiche der Klimaanpassung Hitze sowie Starkregen betrachtet. Wie bereits beschrieben, gelten viele Potenziale sowohl für Hitze- als auch für Starkregenvorsorge. Beispielsweise mindert ein Retentions-Gründach das Überschwemmungsrisiko und schafft gleichzeitig einen thermischen Ausgleich während Hitzeperioden. Die Themenbereiche sind folglich als abhängig voneinander zu betrachten, weshalb die Maßnahmenentwicklung die verschiedenen Bereiche der Klimaanpassung integriert betrachtet.

Insgesamt weist das Gebiet des Harburger Binnenhafens eine sehr hohe Versiegelung auf. Wo eine Entsiegelung möglich ist, sollte diese gegenüber anderen Nutzungsformen zu Gunsten der Klimaanpassung priorisiert werden und im Zuge von Leitungsverlegungen umgesetzt werden. Aufgrund des hohen Versiegelungsgrades und der Bodenbelastung bieten sich zudem insbesondere Dach- und Fassadenbegrünungen sowie Verdunstungsbeete oder Baumrigolen mit abgedichteten Baumgruben an, um den Grünanteil zu erhöhen und das Konzept der Schwammstadt aufzugreifen und umzusetzen. Insbesondere die Hitzebelastung stellt eine zunehmende Herausforderung für das Projektgebiet dar, weshalb bauliche Maßnahmen ergriffen werden sollten.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Projektgebiet "Harburger Binnenhafen" 10
Abbildung 2: Gebietsaufteilung 12
Abbildung 3: Lage der drei Teilabschnitte des Bebauungsplans H72 16
Abbildung 4: Rahmenkonzept Harburger Binnenhafen - Entwurfsstand 12/2024 17
Abbildung 5: Übersicht über Baudenkmal und Ensembleschutz im Projektgebiet 18
Abbildung 6: denkmalgeschützte Gebäude Kanalplatz 6 und 8 19
Abbildung 7: Darstellung des betroffenen Gebietes 21
Abbildung 8: Wärmenetzgebiet der GETEC Wärme & Effizienz GmbH 23
Abbildung 9: Verlauf des GETEC Wärmenetz innerhalb des Projektgebietes 24
Abbildung 10: Gasverbraucher im Projektgeiet 26
Abbildung 11: Heatmap Gasverbrauch Harburger Binnenhafen 2022 27
Abbildung 12: Punkte mit Wärmebedarf 28
Abbildung 13: Wärmebedarfsverteilung im Bestand (Wärmekataster „unsaniert“) 29
Abbildung 14: Neubauflächen 30
Abbildung 15: Wärmebedarfsverteilung in der Zukunft (Bedarfsermittlung Neubau und Wärmekataster „saniert“) 31
Abbildung 16: Verteilung Stromverbrauch nach geclusterten Abnahmestellen 33
Abbildung 17: Sankey-Diagramm Verbrauchssektoren in kWh 35
Abbildung 18: Primär- und Endenergie für Wärme und Strom 36
Abbildung 19: CO_2-Emissionen je Energiesektor und prozentuale Anteile 36
Abbildung 20: Anteil der Energieträger an den Emissionen bei der Wärmeversorgung 37
Abbildung 21: Gebäudenutzungen 38
Abbildung 22: Anteil der Gebäudenutzungen (Quelle: ALKIS) 39
Abbildung 23: Gebäudetypologie 41
Abbildung 24: Anteil Gebäudetypologien im Binnenhafen 42
Abbildung 25: Geschossigkeit 43

Abbildung 26: Baualtersklassen 44

Abbildung 27: Anteile Baualtersklassen 45

Abbildung 28: Wärmenetzeignungsgebiete "Schlossinsel" und „VU-Gebiet (Nord)“ (Quelle: Geoportal) 58

Abbildung 29: Wärmeliniendichte mit 100 % Anschlussquote 60

Abbildung 30: Wärmeliniendichte mit 60 % Anschlussquote 61

Abbildung 31: Durchschnittstemperaturen der Elbe an der Bunthäuser Spitze (Quelle: Hamburg Service) 63

Abbildung 32: Übersichtsplan mit Lage der potenziellen Kaimauern mit Möglichkeit zur Aktivierung der Spundwände 65

Abbildung 33: Infrage kommende Abwassersiele 67

Abbildung 34: Lage der Abwärmepotenzialen 70

Abbildung 36: Spezifische Wärmeleitfähigkeit des Bodens bis 100 m Tiefe 73

Abbildung 37: Potenzielle Flächen für die Nutzung von Geothermie 74

Abbildung 38: Rückkühlaggregate im Bereich von 1 MW Leistung in Slagslund Dänemark (Urheber PlanEnergi) 76

Abbildung 39: Darstellung von Wärmebedarf und Außentemperatur im Jahresverlauf 76

Abbildung 40: Anteil der Wärmebedarfsdeckung in Abhängigkeit zur Außentemperatur 77

Abbildung 41: Beispiel Innenaufstellung von Luft-Wärmepumpen 79

Abbildung 42: Gegenüberstellung Bedarfe und erneuerbare Potenziale der vier Bereiche 83

Abbildung 43: Jahresdauerlinie des VU-Gebietes mit saniertem Bedarf und 60 % Anschlussquote 91

Abbildung 44: Zeitreihe Wärmebedarf des VU-Gebietes 93

Abbildung 45: Beispielhafte Deckung des Wärmebedarfs der Variante 2 95

Abbildung 46: Investitionskosten Gesamt inklusive Nebenkosten des VU-Gebietes 96

Abbildung 47: Investitionskosten und gegengerechnete Förderung beziehungsweise Förderquote im VU-Gebiet 97

Abbildung 48: Jährliche Kosten der Varianten im VU - Gebiet 98

Abbildung 49: Potenzielle Wärmegestehungskosten inklusive BEW–Förderung für Wärme im VU-Gebiet 99

Abbildung 50: Potenzielle Wärmepreise inklusive BEW- Förderung für Wärme im VU-Gebiet 100

Abbildung 51: Jahresdauerlinie des Gebietes West und Mitte mit saniertem Bedarf und 60 % Anschlussquote 101

Abbildung 52: Zeitreihe Wärmebedarf des Gebietes West und Mitte 104

Abbildung 53: Beispiel Variante 2 für die Wärmebereitstellung 105

Abbildung 54: Investitionskosten gesamt inklusive Nebenkosten des Gebiets West und Mitte 106

Abbildung 55: Investitionskosten und gegengerechnete Förderung beziehungsweise Förderquote im Gebiet West und Mitte 107

Abbildung 56: Jährliche Kosten der Varianten im Gebiet West und Mitte 108

Abbildung 57: Potenzielle Wärmegestehungskosten inklusive BEW–Förderung für Wärme im Gebiet West und Mitte 109

Abbildung 58: Potenzielle Wärmepreise (inkl. internen Kosten und Marge) inklusive BEW-Förderung für Wärme im Gebiet West und Mitte 110

Abbildung 59: Wärmeerzeugeranteile an den Komponenten im VU- Gebiet 111

Abbildung 60: Jährliche CO_2-Emissionen nach Komponenten für verschiedene Stützjahre 112

Abbildung 61: Wärmeerzeugeranteile an den Komponenten im Gebiet West und Mitte 113

Abbildung 62: Jährliche CO_2-Emissionen nach Komponenten für verschiedene Stützjahre 114

Abbildung 63: Bewertungsmatrix VU-Gebiet 115

Abbildung 64: Bewertungsmatrix VU-Gebiet doppelte Gewichtung Wirtschaftlichkeit (links) und Nachhaltigkeit (rechts) 116

Abbildung 65: Bewertungsmatrix Gebiet West und Mitte 117

Abbildung 66: Bewertungsmatrix West und Mitte doppelte Gewichtung Wirtschaftlichkeit (links) und Nachhaltigkeit (rechts) 118

Abbildung 67: Photovoltaik Eignung mit Einschränkung durch Denkmalschutz und städtebauliche Erhaltungsordnung 127

Abbildung 68: Solarcarportvarianten 128

Abbildung 69: Lage der Potenzialflächen für Parkplatz-PV 129

Abbildung 70: Stadtklimaanalyse Bewertung Tag 141

Abbildung 71: Stadtklimaanalyse Bewertung Nacht 142

Abbildung 72: Stadtklimaanalyse Luftaustausch 143

Abbildung 73: Kühlfähigkeit des Bodens 144

Abbildung 74: Darstellung Grünflächen und Straßenbäume 145

Abbildung 75: Neugepflanzter Klimabaum im Quartierspark Vogelkamp (Quelle: BA Harburg) 146

Abbildung 76: Wassertiefe bei SRI 7 148

Abbildung 77: Versickerungspotenzial 149

Abbildung 78: Bodenbedeckung, Versiegelung 150

Abbildung 79: Graphische Darstellung Durchführungskonzept 162

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Nutzungsarten der Gebäude 11

Tabelle 2: Übersicht Bebauungsstand der Flächen im Projektgebiet 11

Tabelle 3: Festgestellte Bebauungspläne im Projektgebiet 15

Tabelle 4: Bebauungspläne im Verfahren innerhalb des Projektgebietes 16

Tabelle 5: Anteile Denkmal- und Ensembleschutz 18

Tabelle 6: Annahmen zu spezifischen CO_2-Emissions- und Primärenergiefaktoren. 23

Tabelle 7: Verteilung der Energieträger in Wohngebäuden lt. Zensus 2022 25

Tabelle 8: Wärmebedarfe im Bestand nach Bereichen 29

Tabelle 9: Wärmebedarfe nach Bereichen für die Zukunft (Wärmekataster „saniert“ und Bedarfsermittlung Neubau) 31

Tabelle 10: Aufteilung des Wärmebedarfs (Nutzenergie) im Bestand („unsaniert“) auf Energieträgern (Endenergie) 32

Tabelle 11: Verbrauchssektoren und Nutzungskategorien 34

Tabelle 12: Ausgewählte Fotos Nichtwohngebäude, Wohngebäude, denkmalgeschützte Gebäude 40

Tabelle 13: Energieeinsparpotenziale der energetischen Sanierungsmaßnahmen 48

Tabelle 14: Einsparpotenzial nach Energieträgern pro Bereich in GWh 49

Tabelle 15: Einsparung in den CO_2 Emissionen nach Energieträgern und Gebiet in t 49

Tabelle 16: Spezifische Kosten für Maßnahmen der Gebäudesanierung (Quelle: Erfahrungswerte bearbeiteter Projekte) 54

Tabelle 17: Hemmnisse und Lösungsansätze im Bereich der Gebäudemodernisierung 55

Tabelle 18: Eignung Wärmeliniendichte 59

Tabelle 19: Ergebnisse der aktiven Spundwandbetrachtung 66

Tabelle 20: Ergebnisse der Potenzialanalyse Geothermie 75

Tabelle 21: Ungefähre Platzbedarfe für die Rückkühler je Bereich in Abhängigkeit der bereitgestellten Wärmemenge 78

Tabelle 22: Wärmemengen der Varianten 91

Tabelle 23: Kategorisierung der Einzelgebäude für die Variante 1 92

Tabelle 24: Komponentenwerte der Variante 2 92
Tabelle 25: Komponentenwerte der Variante 3 93
Tabelle 26: Aus der Simulation abgeleitete Leistungen der Varianten 94
Tabelle 27: Energiemengen der Varianten 95
Tabelle 28: Kategorisierung der Einzelgebäude für die Variante 1 102
Tabelle 29: Komponentenwerte der Variante 2 103
Tabelle 30: Komponentenwerte der Variante 3 103
Tabelle 31: Simulationsergebnisse der Varianten 104
Tabelle 32: Energiemengen der Varianten 105
Tabelle 33: Energieträger in den Varianten des VU-Gebiets 111
Tabelle 34: Energieträger in den Varianten des VU-Gebiets 113
Tabelle 35: Hemmnisse und Lösungsansätze im Bereich der erneuerbaren Wärmeversorgung 119
Tabelle 36: Übersicht Leistungs- und Ertragspotenzial PV 127
Tabelle 37: PVT-Potenzial 129
Tabelle 38: Spezifische Kosten nach Anlagengrößen 136
Tabelle 39: Hemmnisse und Lösungsansätze im Bereich der regenerativen Stromversorgung 138
Tabelle 40: Hemmnisse und Lösungsansätze im Bereich der Klimaanpassung 158
Tabelle 41: Vergleich der Gasheizung zur Wärmepumpe 174
Tabelle 42: Datentabelle Bedarfe und Potenziale 176

11 Anhang

11.1 Mustersanierungskonzept Kanalplatz 6

Am Beispiel Kanalplatz 6 soll die Umsetzung von energetischen Sanierungsmaßnahmen beziehungsweise die Einbindung erneuerbarer Energien in denkmalgeschützten Gebäuden betrachtet werden.

Das denkmalgeschützte Gebäude Kanalplatz 6 stammt aus dem Jahr 1854 inklusive Umbau mit Erweiterung (Treppenhaus und Kontoranbau) von 1906 und befindet sich im Eigentum der „WEG Kanalplatz 6“. Es besteht aus zwei Gebäuden beziehungsweise Gebäudeteilen: dem Haupthaus (das ehemalige Kontorhaus) und dem Nebengebäude (das ehemalige Lagerhaus). Aktuell wird das Haupthaus durch zwei Wohnungen und eine kulturelle Einrichtung sowie das Lagerhaus durch drei Gewerbeeinheiten genutzt. Die Nutzfläche beträgt insgesamt ca. 620 m².

Die durch den sehr hohen Grundwasserstand bedingte Feuchtigkeitsbelastung im Mauerwerk der unteren Etagen wurde zwar durch mehrere Sanierungsmaßnahmen deutlich verbessert, besteht aber grundsätzlich weiterhin. Hier inbegriffen war die denkmalgerechte Dacherneuerung beider Gebäude einschließlich Wärmedämmung sowie Dachbegrünung des Flachdachs. Weitere Sanierungsmaßnahmen waren bislang:

- Kontorhaus:
  - 1990: Einbau isolierverglaster Fenster im EG und 1. OG
  - 2004/05: Fassadensanierung, Innenausbau/Modernisierung Dachgeschoss
  - 2005: Einbau isolierverglaster Fenster im DG, Erneuerung der isolierverglasten Fenster im EG (Holzfenster)[48]
  - 2010/11: Erneuerung des Flachdachs (Kontoranbau) mit Dachbegrünung
  - 2012: Abdichtungs- und Entwässerungsmaßnahmen
  - 2014: Ausbau des Dachgeschosses, Dacherneuerung, Einbau von Dachgauben, Ersatz der Fenster durch Fenster mit höherem energetischem Standard
  - 2015: Erneuerung der Gasetagenheizung (1. OG)
  - 2016: Einbau einer Gasbrennwertheizung (EG/DG)
- Lagerhaus:
  - 1980: Innenausbau, Modernisierung des Lagerhauses zu Büroräumen
  - 2004/05: Sanierung/Modernisierung, Einbau von Sanitäranlagen, Rückbau Nachtstromspeicherheizung und Einbau Gasheizung
  - 2016: neue Pfannen und neue Dämmung sowie Fassadensanierung
  - 2017: neue Feuchtigkeitssperre in Wänden des Erdgeschosses und Dämmung des Bodens in Teilbereichen
  - 2021: neue Feuchtigkeitssperre in Wänden des Erdgeschosses in den weiteren Bereichen

Die Möglichkeiten für weitere Dämmungen der Gebäudehülle wird seitens der Eigentümerin aus denkmalpflegerischen Aspekten aber auch aufgrund der Feuchtigkeitsproblematik für gering bewertet. So ist nach gründlicher Abwägung bei der Fassadensanierung des Lagerhauses auf eine Außendämmung bewusst verzichtet worden. Potential zur energetischen Verbesserung könnte bei der Kellerdecke des Haupthauses bestehen.

[48] Bis auf die Originalfenster von 1906 im Treppenhaus (Holzfenster mit Einfachverglasung) und im EG (Kastenfenster) sind heute alle Fenster isolierverglast, allerdings mit unterschiedlichen Standards.

Das jährliche Gasverbrauch beträgt für Erd- und Dachgeschoss im Kontorhaus ca. 106 kWh/m² x 264 m² = 28 MWh p.a. sowie ca. 75 kWh/m² x 128 m² = 10 MWh p.a. Der jährliche Gasverbrauch für das Lagerhaus beträgt ca. 129 kWh/m² x 169 m² = 22 MWh p.a. In Summe für den Gebäudekomplex sind dies ca. 60 MWh p.a.

Derzeit wird die benötigte Wärme (ohne zentrale Warmwasserversorgung) durch drei Gasheizungen unterschiedlichen Baualters und unterschiedlicher Technik bereitgestellt:

- Gasbrennwertkessel von 2016 für Erd- und Dachgeschoss des Kontorhauses
- Gastherme von 2015 für 1. OG des Kontorhauses
- Gasheizung von 2004 zur Versorgung des Lagerhauses im Keller des Haupthauses

Für die Heizung des Lagerhauses besteht zeitnah (voraussichtlich im nächsten Jahr oder schon im Herbst 2025) Erneuerungsbedarf.

Da das Potenzial zur energetischen Sanierung weitestgehend erschöpft scheint, wird im Weiteren ein Vorschlag zur Umstellung auf eine erneuerbare und effiziente Wärmeversorgung entwickelt.

Die Einbindung in ein Fernwärmenetz ist kurzfristig keine Option, da aktuell kein Fernwärmenetz in der Nähe des Gebäudes liegt. Ein potenziales Nahwärmenetz könnte in den kommenden Jahren (ca. > 5) entstehen und dann einen Anschluss ermöglichen. Hierfür wären die dann bestehenden Technischen Anschlussbedingungen des Wärmenetzes (Vorlauftemperatur und Druckverhältnisse) gegenüber den Bedingungen im Gebäude zu prüfen und gegebenenfalls die gebäudeseitigen Voraussetzungen z. B. durch Absenkung der Vorlauftemperatur beziehungsweise Ergänzung weiterer Heizkörper anzupassen.

Maßnahmen:
Die Gasheizung im Lagerhaus ist abgängig und sollte aus Gründen der Nachhaltigkeit zukünftig durch eine Luft-Wärmepumpe ersetzt werden. Hierfür wird vorläufig eine Leistung von ca. 10 kW angenommen. Die Wärmepumpe sollte durch einen Pufferspeicher ergänzt werden, um das Betriebsverhalten und die Effizienz der Wärmepumpe zu verbessern.

Einsparungen:
Durch die Umstellung von Gasheizung auf Wärmepumpe kann keine Energie eingespart werden. Durch den Energieträgerwechsel von Erdgas auf Strom können jedoch direkte, fossile Emissionen eingespart werden. Der jährliche Gasverbrauch von ca. 22 MWh entspricht bei einem durchschnittlich angenommenen Wirkungsgrad von ca. 92 % einem Wärmeverbrauch von ca. 20,2 MWh p.a. Würde man diese Wärme mit Hilfe einer Luft-Wärmepumpe und einer JAZ von 2,7 zur Verfügung stellen, würden dafür lediglich ca. 7,5 MWh p.a. Strom benötigt.

Der Gasverbrauch verursacht jährliche Emissionen von ca. 4,4 t CO_2. Der Wärmepumpenstrom hingegen hätte im Jahr 2022 nur 3,1 t CO_2 verursacht. Mit dem fortschreitenden Ausbau der erneuerbaren Energien im deutschen Stromnetz würden diese Emissionen bei Netzbezug weiter sinken. Installiert man eine Photovoltaikanlage, kann der Betrieb durch lokal erzeugten Solarstrom optimiert werden. Der Anteil ist hierbei jedoch eher gering einzuschätzen (ca. 20 %), da Strombereitstellung (vor allem im Sommer) und Wärmebedarf (vor allem im Winter) zeitlich auseinanderfallen.

Kosten (alle Zahlen verstehen sich netto):
Der Ersatz der Gasheizung mit einer Leistung von ca. 10 kW auf Grund der bekannten Jahresmenge würde ca. 3.400 € kosten. Die gasbetriebene Heizung durch eine Luft-Wärmepumpe inklusive Speicher zu ersetzen, würde hingegen ca. 11.300 € kosten. Die gegebenenfalls anfallenden Kosten zur Absenkung der Vorlauftemperatur auf ca. 60 °C werden hierbei nicht berücksichtigt beziehungsweise als Kosten, die ohnehin für die Vorbereitung auf einen Wärmenetzanschluss und die Einhaltung zu erwartender Technischer Anschlussbedingungen notwendig wären, gesehen. Für die Installation einer Wärmepumpe können unter Einhaltung bestimmter Kriterien[49] Fördermittel beim BAFA über das Förderprogramm Bundesförderung Effiziente Gebäude (BEG) in Kombination mit einem Zuschuss für erneuerbare Wärme bei der Hamburger Investitions- und Förderbank (IFB) i.H.v. bis zu 70 % beantragt werden. Somit würden bei einer geförderten Wärmepumpe Mehrkosten von ca. 790 € in der Investition verbleiben.

Durch den Energieträgerwechsel ergeben sich jährliche Stromkosten für die Wärmepumpe bei einem angenommenen Wärmepumpen-Strompreis von 24,6 ct/kWh von ca. 1.845 € p.a. Demgegenüber ist für den Gaskessel zukünftig mit steigenden Brennstoffkosten u. a. auf Grund der CO_2-Bepreisung zu rechnen. Bei einem zukünftigen Gaspreis inklusive aller Abgaben und Nebenkosten von 7,1 ct/kWh ergeben sich jährlich Kosten von ca. 1.560 €. Eine geförderte Luft-Wärmepumpe würde sich somit statistisch bereits nach 3 Jahren amortisieren.

Als Übersicht sind die Ergebnisse in Tabelle 41: Vergleich der Gasheizung zur WärmepumpeTabelle 41 dargestellt.

Tabelle 41: Vergleich der Gasheizung zur Wärmepumpe

Kategorie	Gasheizung	Wärmepumpe (Luft)
Energieverbrauch	22 MWh Gas → 20,2 MWh Wärme (Wirkungsgrad 92 %)	7,5 MWh Strom (JAZ 2,7)
CO_2-Emissionen p.a.	ca. 4,4 t	ca. 3,1 t (2022)
Emissionstrend	gleichbleibend durch fossile Brennstoffe	Sinkend durch Ausbau erneuerbarer Energien
PV-Nutzungspotenzial	-	ca. 20 % Eigenstromnutzung möglich
Investitionskosten	ca. 3.400 €	ca. 11.300 €
Förderung möglich	Nein	Ja, bis zu 70 % (BAFA + IFB Hamburg)
Mehrkosten nach Förderung	–	ca. 800 €
Betriebskosten p.a.	ca. 1.560 € (bei 7,1 ct/kWh)	ca. 1.300 € (bei 24,6 ct/kWh)
Amortisationszeit	–	ca. 3 Jahre (bei Förderung)
Technische Anpassungen	Nicht erforderlich, aber sinnvoll	gegebenenfalls Absenkung Vorlauftemperatur auf 60 °C nötig

11.2 Anforderungen zur thermischen Nutzung des Oberflächengewässers Binnenhafen

Genehmigungsrechtlich ist die Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft (BUKEA) beziehungsweise deren Amt für Wasser, Abwasser und Geologie, Abteilung Wasserwirtschaft die zuständige

[49] gilt nur für die Grundförderung und nicht für Klimageschwindigkeits- oder Einkommensbonus, je nach Nutzungsart (Wohngebäude/Nicht-Wohngebäude werden die Förderungen gedeckelt

Genehmigungsbehörde für die thermische Nutzung des Oberflächengewässers Harburger Binnenhafen. Es liegt ein entsprechendes Dokument „Anforderung an die Genehmigung von Anlagen zur thermischen Nutzung von Oberflächengewässern in Hamburg“ im Entwurf mit Stand 03/2025 vor. Hieraus gehen die folgenden Anforderungen hervor:

- Auswirkungen auf das Gewässer sind zu prüfen und mit anderen Schutzgütern und Nutzungen (Gewässerschutz, Lebensraum für Tiere, Erholungsgebiet, Schifffahrt etc.) in Einklang zu bringen
- Potenzialanalyse soll verschiedene Wärmequellen (Außenluft, Abwärme, Abwasser…) gegenüberstellen
- Wassertemperatur > 4 °C, um Grundeisbildung zu vermeiden
- Gewässerökologische Verträglichkeit (§ 6 WHG)
- Auswirkung auf Bewirtschaftung nach WRRL
- Gegebenenfalls betroffene weitere Rechtsbereiche (z. B. BNatSchG)
- „Grundlagen und Leitlinien für eine ökologisch verträgliche Nutzung von Gewässern zur Wärmegewinnung“ vor allem für offene Anlagensysteme
- Nutzung zu Kühlzwecken nicht genehmigungsfähig
- Kontinuierlicher Betrieb über das gesamte Jahr muss gewährleistet sein
- Offene WP-Systeme aus wasserwirtschaftlicher Sicht aktuell nur in der Elbe prüffähig
- Standorte mit bereits bestehenden harten Uferkanten, z. B. Spundwände, Ufermauern, an denen auch langfristig keine gewässerökologische Entwicklung aus städtebaulichen Gründen möglich ist, sind aus Sicht des Gewässer- und Uferschutzes prüffähig
- Anlagen auf dem Gewässergrund sind abzulehnen
- WP-Mindestleistung von 200 kW ist einzuhalten
- Gewässerökologische verträgliche Absenkung der Temperatur: max. 5 K zwischen sog. Innerem Mischungsbereich nahe der Anlage (anlagenspezifisch festzulegen) und unbeeinflusstem Gewässerabschnitt flussaufwärts der Anlage und einzuhaltende Temperaturänderungsrate von max. 1 K/h im inneren Mischungsbereich
- Immissionsseitige Anforderungswerte für WP-bedingte Temperaturverminderung sind einzuhalten
- Maßnahmen gegen Einsaugung (Gitter, Anströmgeschwindigkeit…)
- Gewässerverunreinigung vermeiden, kein Einsatz von Bioziden
- Kältemittel: nur nicht wassergefährdende und biologisch abbaubare Stoffe (Anforderungen des § 62 WHG und Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) sind einzuhalten)
- Monitoring: Automatische Überwachung des Anlagenbetriebs zur Überwachung der Einhaltung und Temperaturen des Entnahme- und Rückleitungswassers; größere Anlagen erfordern ein erweitertes biologisches sowie Temperaturmonitoring des Gewässers

Nach Sichtung des Dokuments erfolgte ein gemeinsamer Austausch per Videokonferenz am 14.04.2025 zwischen

- Averdung Ingenieure und Berater GmbH
- Bezirksamt Harburg, Dezernat Wirtschaft, Bauen und Umwelt, Fachamt Stadt- und Landschaftsplanung, Abteilung Klima und Energie
- Bezirksamt Harburg, Management des öffentlichen Raums
- Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft, Amt Wasser, Abwasser und Geologie, Abteilung Wasserwirtschaft

Darin teilte die BUKEA, Amt für Wasser, Abwasser und Geologie, Abteilung Wasserwirtschaft als genehmigungsrechtlich zuständige Behörde mit, dass der Harburger Binnenhafen zum Gewässer des Seeveka-

nals gehört und somit offene Systeme nicht prüffähig sind. Das Potenzial wird somit zum aktuellen Zeitpunkt für das Projektgebiet nicht weiterverfolgt. An anderen Stellen im Hamburger Stadtgebiet befinden sich aktuell Flusswasserwärmepumpen in Planung, um die Gewässerwärme der Elbe zu nutzen, um ab 2030 das Kraftwerk Tiefstark im Wärmenetz von Hamburg Energie zu ersetzen.

11.3 Datentabelle Bedarfe & Potenziale

Tabelle 42: Datentabelle Bedarfe und Potenziale

[MWh]	Schlossinsel	VU-Gebiet	Mitte	West
Bedarf aktuell	7.700	2.400	11.500	10.200
Bedarf zukünftig (60 %)	4.320	10.260	6.900	6.120
Erdsonden	0 bis 2.000	1.000 bis 3.500	0 bis 400	0 bis 900
Außenluft	2.500 bis 3.900	6.150 bis 9.200	4.150 bis 6.200	3.650 bis 5.500
Spundwandaktivierung	0 bis 300	0 bis 680		0 bis 900
Abwärme			0 bis14.000	0 bis 20.000
Abwasser West				0 bis 19.350
Abwasser Ost		5.300 bis 8.150		