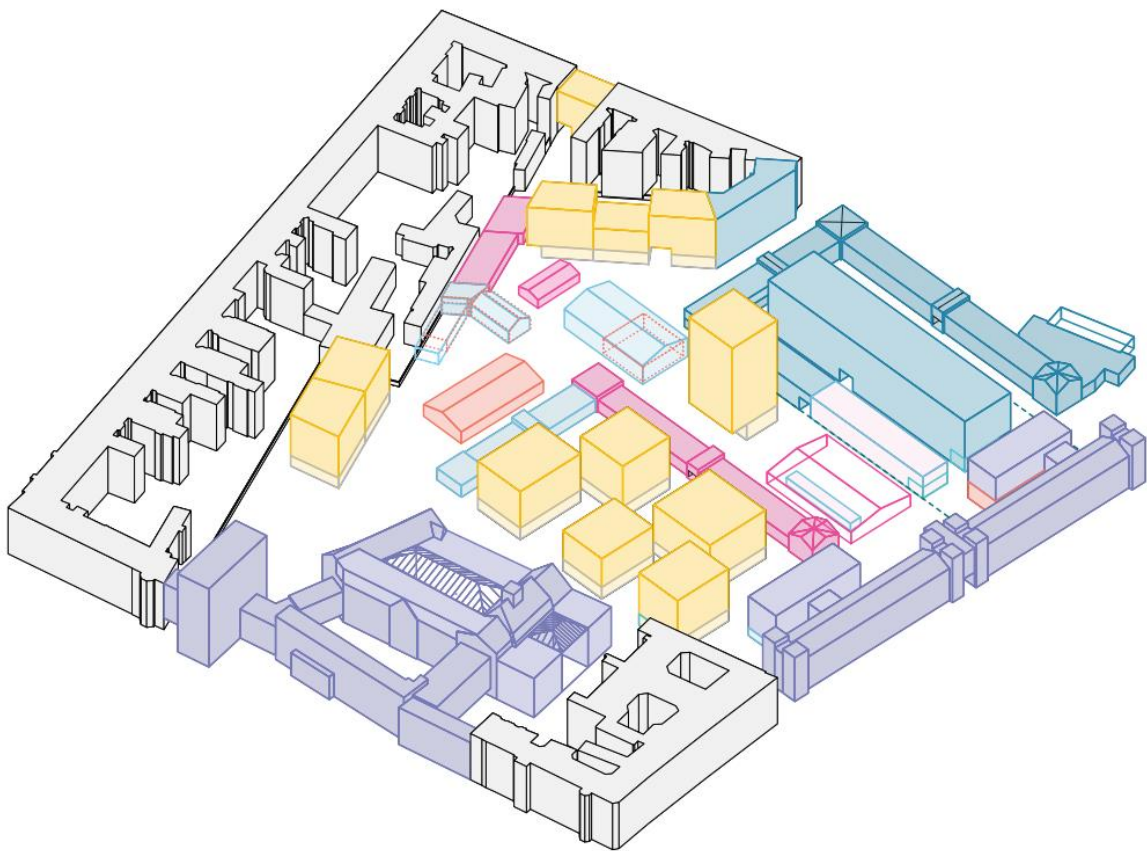


Energetisches Quartierskonzept für das Sanierungsgebiet Rathausblock, Bezirk Friedrichshain-Kreuzberg



Städtebaulicher Entwurf vom 23.11.2020; SMAQ; Man Made Land; Barbara Schindler

Schlussbericht 15.02.2022

Bezirksamt Friedrichshain-Kreuzberg

Bezirksamt Friedrichshain-Kreuzberg von Berlin

Abteilung für Bauen, Planen und Facility Management
Stadtentwicklungsamt
Yorckstr. 4-11, 10965 Berlin

Bearbeitung

Marcel Hanakam
Philipp Lieberodt
Shams Osman
Josephine Marquardt

Megawatt
Ingenieurgesellschaft mbH

Standort Berlin
Paul-Lincke-Ufer 8b
10999 Berlin

T 030-85 79 18-0
F 030-85 79 18-99
kontakt@megawatt.de

www.megawatt.de

Berlin, den 15. Februar 2022

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	10
1.1	Projektbeschreibung	10
1.2	Projektablauf	11
2	Bestandsanalyse und Grundlagenermittlung	15
2.1	Das Quartier	15
2.2	Gebäudebestand und Nutzungsstruktur	17
2.3	Energieverbrauch und Bedarfsermittlung	23
2.4	Bestandsnetze	29
2.4.1	Stromnetz	29
2.4.2	Fernwärmenetz	30
2.4.3	Gasnetz	31
2.4.4	Kühlung	32
2.4.5	Weitere Bestandsanlagen für die Energieversorgung	33
3	Potentialanalyse	35
3.1	Zielgruppenspezifischer Maßnahmenkatalog	35
3.1.1	Lokale Erzeugungsoptionen	36
3.1.2	Fossile Übergangslösungen	43
3.1.3	Lokale Verteilungsoptionen	48
3.1.4	Lokale Speicheroptionen	52
3.1.5	Verbrauchsoptionen für effiziente Energieverwendung	56
3.1.6	Schnittstellen mit der Stadt- und Landschaftsplanung	59
3.1.7	Schnittstellen mit Mobilität	61
3.1.8	Betriebsmodelle	66
3.2	Bewertung der Maßnahmen	70
4	Szenarien der Energieversorgung	74

4.1 Phase I: Kerngebiet Dragonerareal, Finanzamt und Rathausgelände	74
4.1.1 Szenarientwicklung	74
4.1.2 Treibhausgasbilanz und Primärenergiefaktoren	85
4.1.3 Wirtschaftlichkeit, Sozialverträglichkeit und Fördermöglichkeiten	92
4.1.4 Zusammenfassung und Empfehlung	100
4.2 Phase II: Sanierungsgebiet Rathausblock	101
4.2.1 Szenarientwicklung	101
4.2.2 Treibhausgasbilanz und Primärenergiefaktoren	112
4.2.3 Wirtschaftlichkeit, Sozialverträglichkeit und Fördermöglichkeiten	117
4.2.4 Zusammenfassung und Empfehlung	121
5 Durchführungs- und Controllingkonzept	123
5.1 Sanierungsmanagement als Fortführungsoption	123
5.2 Planung	123
5.3 Bau	124
6 Ausblick	126
6.1 Anwendung des Konzepts bei Änderungen	126
6.2 Förderprogramme	129
7 Anlagen	131

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung und Abgrenzung von Phase I (Dragonerareal, Rathausgrundstück und Finanzamt) und Phase II (Sanierungsgebiet Rathausblock) der Konzepterstellung	12
Abbildung 2: Auszug aus der Denkmalkarte Stand 12.06.2019	16
Abbildung 3: Gebäudestatus auf dem Dragonerareal als Teil des Gebietes der Phase I	17
Abbildung 4: Geplanter Erhalt und Abriss auf dem Gebiet der Phase I	18
Abbildung 5: Neubau- und Bestandsgebäude auf dem Gebiet der Phase I	19
Abbildung 6: Geplante Nutzungen auf dem Gebiet der Phase I	20
Abbildung 7: Eigentums-/ Verwaltungs- und Erbbaurechtsstruktur im Sanierungsgebiet Rathausblock	21
Abbildung 8: Baualter im Sanierungsgebiet	22
Abbildung 9: Geplanter, spezifischer Heizwärmebedarf im Sanierungsgebiet Rathausblock	26
Abbildung 10: Stromleitungen und Hausanschlussstationen im Rathausblock	29
Abbildung 11: Hausanschlussstation im LPG-Gebäude für Strom für das Gebiet der Phase I (links); Hauptstromverteiler der Hausanschlussstation (rechts)	30
Abbildung 12: Fernwärme im Sanierungsgebiet Rathausblock	31
Abbildung 13: Rückkühlgeräte hinter dem LPG-Markt	32
Abbildung 14: Öltank für die Wärmeversorgung des Gebiets der Phase I	33
Abbildung 15: Strombedarfsdeckungsanteil aus den Stromerzeugungsanlagen in Phase I: Szenario 1 (oben links), Szenario 2 (oben rechts), Szenario 3A (mittig links), Szenario 3B (mittig rechts), Szenario 3C (unten links)	77
Abbildung 16: Stromproduktion je Erzeuger und Szenario für Phase I	78
Abbildung 17: Wärmebedarfsdeckungsanteil aus den Wärmeerzeugungsanlagen in Phase I: Szenario 1 (oben links), Szenario 2 (oben rechts), Szenario 3 (A, B, C) (unten links)	81

Abbildung 18: Wärmeproduktion je Erzeuger und Szenario für Phase I	82
Abbildung 19: Exemplarische Leitungsführung des Nahwärmenetzes für Phase I	84
Abbildung 20: Treibhausgasemissionen von 2025 bis 2045 nach Szenario für Phase I	87
Abbildung 21: Gesamte Treibhausgasemissionen und Emissionseinsparungen im Vergleich zum Referenzszenario von 2025 bis 2045 nach Szenario für Phase I	88
Abbildung 22: Treibhausgasemissionen der Szenarien im Jahr 2045 und Emissionseinsparung gegenüber 1990 für Phase I (Strommix 1990, Erdgas)	89
Abbildung 23: Primärenergiefaktor des Nahwärmenetzes je Szenario für Phase I	91
Abbildung 24: Aufgeschlüsselte Investitionskosten je Szenario für Phase I	95
Abbildung 25: Annahmen zur Entwicklung des CO ₂ -Preises nach dem BEHG und der BUKEA	97
Abbildung 26: Betriebs-, bedarfsgebundene und sonstige Kosten der Wärmeerzeugung je Szenario für Phase I	98
Abbildung 27: Strombedarfsdeckungsanteil aus den Stromerzeugungsanlagen in Phase II Szenario 1 (oben links), Szenario 2 (oben rechts), Szenario 3A (unten links), Szenario 3B (unten rechts)	104
Abbildung 28: Stromproduktion je Erzeuger und Szenario für Phase II	105
Abbildung 29: Karte der Freiflächen im Sanierungsgebiet Rathausblock (Stand: 23.11.2020)	108
Abbildung 30: Wärmebedarfsdeckungsanteil aus den Wärmeerzeugungsanlagen in Phase II Szenario 1 (oben links), Szenario 2 (oben rechts), Szenario 3A (unten links), Szenario 3B (unten rechts)	109
Abbildung 31: Wärmeproduktion je Erzeuger und Szenario für Phase II	110
Abbildung 32: Exemplarische Leitungsführung des Nahwärmenetzes für Phase II	111
Abbildung 33: Treibhausgasemissionen von 2025 bis 2045 nach Szenario für Phase II	113
Abbildung 34: Gesamte Treibhausgasemissionen und Emissionseinsparungen im Vergleich zum Referenzszenario von 2025 bis 2045 nach Szenario für Phase II	114

Abbildung 35: Treibhausgasemissionen der Szenarien im Jahr 2045 und Emissionseinsparung gegen-über 1990 für Phase II	115
Abbildung 36: Primärenergiefaktor des Nahwärmenetzes je Szenario für Phase II	117
Abbildung 37: Aufgeschlüsselte Investitionskosten je Szenario für Phase II	118
Abbildung 38: Betriebs-, bedarfsgebundene und sonstige Kosten der Wärmeerzeugung je Szenario für Phase II	119

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Nutzung und Gebäudestandards auf dem Dragonerareal	23
Tabelle 2: Flächenspezifische Bedarfswerte in Abhängigkeit der Gebäudenutzung	25
Tabelle 3: Nutzungsabhängiges Verhältnis von Bruttogrundfläche zu Nutzfläche	27
Tabelle 4: Flächen und Bedarfe für Phase I und Phase II	28
Tabelle 5: Matrix zur Bewertung der erneuerbaren Energieerzeugungspotentiale im Sanierungsgebiet Rathausblock	71
Tabelle 6: Nennleistung bzw. Anschlussleistung der Stromerzeugungsanlagen für Phase I	76
Tabelle 7: Nennleistung bzw. Anschlussleistung der Wärmeerzeugungsanlagen für Phase I	80
Tabelle 8: Emissionsfaktoren der Energieträger im aktuellen Jahr sowie im Jahr 2045	86
<i>Tabelle 9: Annahmen für die Wirtschaftlichkeitsberechnung</i>	96
Tabelle 10: Investitionskosten, Förderhöhe und Gesamtannuität je Szenario für Phase I	99
Tabelle 11: Wärmegestehungskosten je Szenario für Phase I	99
Tabelle 12: Jährliche und monatliche flächenbezogene Wärmekosten je Szenario für Phase I	100
Tabelle 13: Nennleistung bzw. Anschlussleistung der Stromerzeugungsanlagen für Phase II	103
Tabelle 14: Nennleistung bzw. Anschlussleistung der Wärmeerzeugungsanlagen für Phase II	106
Tabelle 15: Investitionskosten, Förderhöhe und Gesamtannuität je Szenario für Phase II	120
Tabelle 16: Wärmegestehungskosten je Szenario für Phase II	120
Tabelle 17: Jährliche und monatliche flächenbezogene Wärmekosten je Szenario für Phase II	121



Akronyme und Abkürzungen

ADL	Abwasserdruckleitung
AGFW	Energieeffizienzverbands für Wärme, Kälte und KWK
BEHG	Brennstoffemissionshandelsgesetz
BAFA	Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BGF	Bruttogrundfläche
BHKW	Blockheizkraftwerk
BIM	Berliner Immobilienmanagement GmbH
BSW	Berliner Stadtwerke
COP	Coefficient of Performance
EMSR	elektrische Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik
eQK	Energetisches Quartierskonzept
FR	Forum Rathausblock
GEG	Gebäudeenergiegesetz
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
NF	Nutzfläche
PEF	Primärenergiefaktor
VTR	Vernetzungstreffen Rathausblock
WBM	Wohnungsbaugesellschaft Berlin Mitte mbH

1 Einleitung

Die fortschreitende Klimakrise erfordert entschlossenes Handeln auf allen Ebenen, um die Auswirkungen der globalen Erwärmung auf ein beherrschbares Ausmaß zu begrenzen. Ohne ein konsequentes und entschlossenes Handeln auf allen Ebenen durch unterschiedlichste Akteure kann die Erde den nächsten Generationen nicht in einem biodiversen, klimatisch beherrschbaren und politisch stabilen Zustand übergeben werden. Die Energiewende zum Schutz des Klimas ist dahingehend schnellstmöglich unter sozialer Verträglichkeit umzusetzen. Dementsprechend und um die Ziele des Pariser Abkommens einhalten zu können, sind kurzfristig erhebliche Emissionsminderungen notwendig. Mit der Novelle des Klimaschutzgesetzes vom Mai 2021 hat die Bundesregierung zudem eine deutliche Verschärfung der Klimaziele vorgenommen und das Zieljahr der Treibhausgasneutralität bis 2045 vorgezogen.

Das Sanierungsgebiet Rathausblock im Berliner Bezirk Friedrichshain-Kreuzberg ist ein Leuchtturmprojekt, das einen modellhaften Charakter haben soll. Dementsprechend werden Innovationen in jeder Hinsicht – somit auch in der Energieversorgung – angestrebt. Im Rahmen des energetischen Quartierskonzepts Rathausblock werden drei verschiedene Energieversorgungsszenarien entwickelt und hinsichtlich ihres Einflusses auf das Klima und ihrer sozio-ökonomischen Effekte miteinander verglichen. Ziel ist es, sowohl die verschiedenen Strom- und Wärmeversorgungsmöglichkeiten aufzuzeigen als auch eine Empfehlung für eine modellhafte energetische Versorgung des Quartiers abzugeben. Hierbei wird Innovation aus technischer, ökologischer und ökonomischer Sicht angestrebt, sodass die Szenarien jeweils mit Faktoren (beispielsweise Primärenergiefaktor und Wärmegestehungskosten) zur quantitativen Bewertung versehen und miteinander verglichen werden können.

1.1 Projektbeschreibung

In dem etwa 13,5 ha großen Sanierungsgebiet Rathausblock im Bezirk Friedrichshain-Kreuzberg soll ein gemischtes, urbanes Quartier entwickelt werden. Ein erster Fokus liegt hierbei in der Phase I auf dem 4,7 ha großen Dragonerareal, wo ca. 500 Wohneinheiten, 20.000 m² Gewerbefläche sowie verschiedene Flächen für soziale Infrastrukturen, zur Gemeinwohlnutzung und Verwaltungseinrichtungen realisiert werden sollen sowie dem Grundstück des Rathauses und des Finanzamts. Geprägt durch das als Gesamtanlage (Denkmalbereich) geschützte Gelände der ehemaligen Garde-Dragoner-Kaserne sollen auf dem Dragonerareal ein großer Neubauanteil und die Sanierung des Bestands umgesetzt werden.

Dies soll mithilfe eines stadtökologisch und energetisch anspruchsvollen Konzepts erfolgen, das zusätzlich auch Lösungen für die wachsende Nachfrage an ökonomisch zugänglichem Wohn-

raum aufzeigt und so nicht nur einen Beitrag zur CO₂-Reduktion leistet, sondern auch die zukunftsfähige Weiterentwicklung der urbanen Kreuzberger Mischung aus Wohnen, Kultur und Arbeit ermöglicht.

Für die Entwicklung im Sanierungsgebiet Rathausblock haben sich Vertreter*innen der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen, des Bezirkes Friedrichshain-Kreuzberg, des Vernetzungstreffen Rathausblock (VTR), des Forum Rathausblock (FR), der Berliner Immobilienmanagement GmbH (BIM) sowie der Wohnungsbaugesellschaft Berlin-Mitte mbH (WBM) zu einer Kooperation im „Modellprojekt Rathausblock Kreuzberg“ zusammengeschlossen. Diese sechs Kooperationspartner*innen haben sich in der am 17.06.2019 geschlossenen Kooperationsvereinbarung auch Ziele zur Nachhaltigkeit des Gebietes gesetzt¹. Unter anderem soll ein klimaresilientes sowie ökologisch, energetisch und technisch zukunftsweisendes Stadtquartier entstehen. Basierend auf diesen Zielen entwickelt die Megawatt Ingenieurgesellschaft mbH ein energetisches Quartierskonzept im Auftrag vom Bezirksamt Friedrichshain-Kreuzberg. Das energetische Quartierskonzept wird im Rahmen eines Förderprogramms der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) – das KfW-Programm Energetische Stadtsanierung 432 – bearbeitet.

1.2 Projektablauf

Der Rathausblock ist mit der geplanten Sanierung und den geplanten Neubauten bezüglich einer Quartiersentwicklung die perfekte Projektionsfläche für eine Vision, die sich sowohl aus praxiserprobten als auch innovativen Elementen zusammensetzt.

Das energetische Quartierskonzept betrachtet das Sanierungsgebiet Rathausblock in zwei Phasen (s. Abbildung 1). In einer ersten Phase wird ein Konzept für das Kerngebiet Dragonerareal (inklusive Finanzamt) und das Rathausgebäude entwickelt. Darauf baut das Konzept der zweiten Phase auf, in der die umliegenden Gebäude privater Eigentümer*innen Berücksichtigung finden (gesamtes Sanierungsgebiet Rathausblock).

¹ <https://www.berlin.de/rathausblock-fk/zusammenarbeit/kooperationsvereinbarung/>

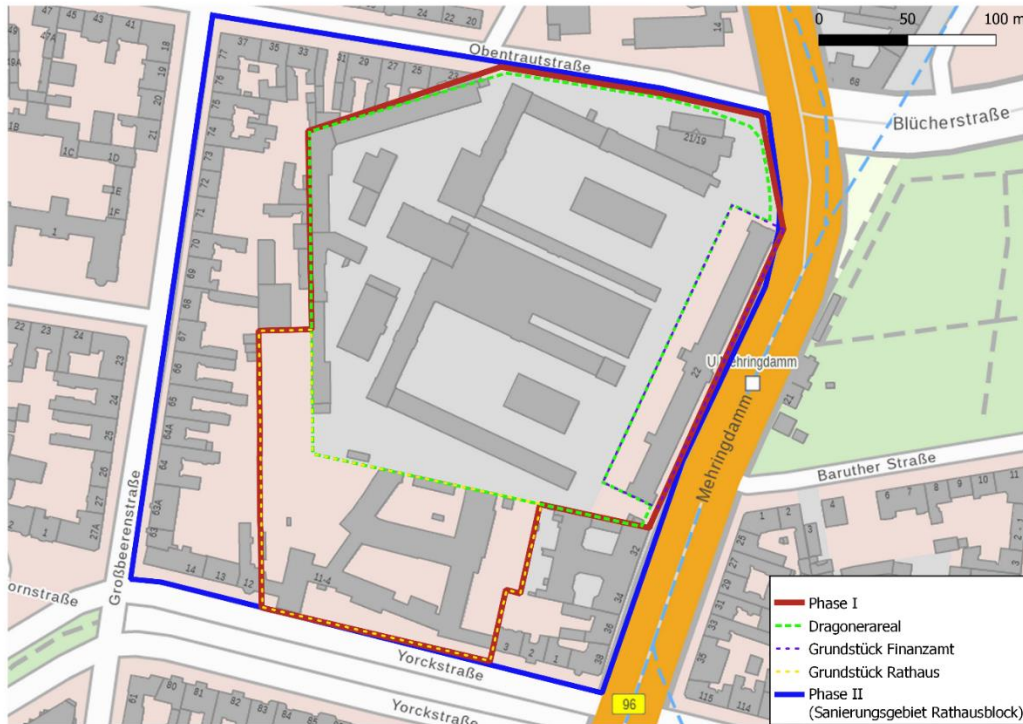


Abbildung 1: Darstellung und Abgrenzung von Phase I (Dragonerareal, Rathausgrundstück und Finanzamt) und Phase II (Sanierungsgebiet Rathausblock) der Konzepterstellung²

Auf eine umfassende Bestandsanalyse folgt die Untersuchung, welche Technologien an diesem Standort sinnvoll eingesetzt werden können und welche Potentiale sie bergen. Diese Untersuchungen bauen auf Maßnahmenkarten auf, in denen jede einzelne Technologie erklärt und ihr Potential am Standort bewertet wird. Darauf aufbauend werden ausgewählte Maßnahmen zu verschiedenen Energieversorgungszenarien zusammengestellt und miteinander verglichen.

Das Büro Megawatt hat über den Erarbeitungszeitraum an verschiedensten Stellen mit der Öffentlichkeit interagiert. So wurden beispielsweise die erklärenden Maßnahmenkarten auf meinberlin.de (digital) und an der Kiezgalerie vor Ort auf dem Dragonerareal (analog) veröffentlicht. Hier konnten alle Interessierten Fragen und Anmerkungen zu den jeweiligen Technologien hinterlassen und diese diskutieren. Die Anmerkungen wurden bewertet und in der weiteren Bearbeitung berücksichtigt.

² Eigene Darstellung

Darüber hinaus hat Megawatt an acht Sitzungen der Arbeitsgruppe (AG) Ökologie und Nachhaltigkeit und an zwei Veranstaltungen des Forum Rathausblock sowie an einem Lernlabor teilgenommen. Hier wurde regelmäßig der aktuelle Entwicklungsstand des energetischen Quartierskonzepts vorgestellt, diskutiert und Anmerkungen und Wünsche für die weitere Bearbeitung mitgenommen. Die Zivilgesellschaft aus dem Umkreis des Rathausblocks, der Gegenstand des energetischen Quartierskonzeptes ist, ist sich dieser klimatischen Gesamtsituation bewusst, begleitet daher die Konzeptentwicklung und tritt engagiert für eine möglichst klimafreundliche Energieversorgung auf.

Die Basis des Konzepts ist eine umfassende Bestandsaufnahme zur Energieversorgung und dem Sanierungsstand der Gebäude. Im Rahmen der Potentialanalyse werden Möglichkeiten zum Einsatz erneuerbarer oder emissionsarmer Technologien dargestellt und bewertet. Vor allem im Bereich der Wärmeversorgung soll die Umweltbelastung durch fossile Energieträger reduziert werden. Alternative Quellen für die Bereitstellung der nötigen Wärme sowie damit verträgliche Verteilungs- und Übergabevarianten werden im Rahmen der Konzepterstellung untersucht.

Energetische und bauliche Standards – sowohl für den Neubau als auch für die Sanierung von Bestandsgebäuden – für die bauliche und versorgungstechnische Ausführung – sind mittels normativer und gesetzlicher Rahmenbedingungen festgelegt. Zudem gelten die aktuellen Klimaziele der Bundesregierung nach dem Klimaschutzgesetz für die Jahre 2030 und 2045³, die insbesondere im Berliner Energiewendegesetz berücksichtigt werden. Diese Regelungen und politischen Ziele, die im Bericht weiter ausgeführt werden, gilt es in diesem Modellprojekt nicht nur zu erreichen, sondern zu übertreffen.

Darüber hinaus soll die kleinklimatische Situation im Viertel spürbar verbessert werden, z. B. durch Dach- und Fassadenbegrünung und die grüne Gestaltung von Freiflächen. Durch diese Maßnahmen kann in Kombination mit einer Regenwasserbewirtschaftung eine verbesserte Klimaresilienz im Quartier erreicht werden.

Die Berechnung der jährlichen Treibhausgasemissionen sowie Primärenergiefaktoren (PEF) stellen den Ausgangspunkt der Bewertung aus ökologischer Sicht dar. Die Szenarien werden miteinander verglichen und die Emissionseinsparungen gegenüber einem aktuellen Referenzszenario, welches sich aus dem Anschluss an das Berliner Fernwärme- und Stromnetz zusammensetzt, sowie einer Energieversorgung im Bezugsjahr 1990 verglichen. Für die wirtschaftliche Betrachtung werden Investitionskosten ermittelt, geeignete Förderungen vorgeschlagen sowie

³ <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschutzgesetz-2021-1913672>



die Wärmegestehungskosten mit Bezug auf die Lebensdauer der integrierten technischen Anlagen ausgerechnet. Da leistbare Mieten weiterhin in diesem Projektgebiet das Ziel sind, werden die monatlich anfallenden Kosten, die Teil der Warmmiete darstellen, auch dargelegt.

2 Bestandsanalyse und Grundlagenermittlung

Eine Aufnahme der Bestandsgebäude, Nutzungsstrukturen und Energieverbräuche in einem Projektgebiet als Ausgangssituation ermöglicht die Entwicklung eines ganzheitlichen, integrierten energetischen Quartierskonzeptes. Dies ist die Ausgangssituation, auf der bei der Entwicklung des energetischen Quartierskonzeptes weiter aufgebaut wird.

Die Basis eines energetischen Quartierskonzeptes liegt darin, den Energiebedarf in dem Quartier zu kennen bzw. zu ermitteln. Der Strombedarf ist hierbei maßgeblich von der Art der Nutzung (Wohnen, Gewerbe, Verwaltung, etc.) abhängig, wohingegen der Wärmebedarf vor allem von der Bauart und dem Baulter des jeweiligen Gebäudes, zusätzlich zur Nutzung (bspw. Anteil des Trinkwarmwasserbedarfs am Wärmebedarf) abhängt.

In der Bestandsanalyse werden die Informationen zu den Gebäudestandards und -altersklassen sowie zur derzeitigen bzw. geplanten Nutzung zusammengetragen und im Folgenden dargelegt.

2.1 Das Quartier

Der Rathausblock befindet sich im Berliner Stadtteil Friedrichshain-Kreuzberg und wird von den Straßen Mehringdamm, Yorckstraße, Großbeerenstraße und Obentrautstraße begrenzt. Das sogenannte Dragonerareal ist ein zentraler Teil des Rathausblocks (s. Abbildung 1, grün), das seinen Namen der zwischen 1850 und 1854 errichteten Garde-Dragoner-Kaserne zu verdanken hat. Das Gebiet der Phase I steht als Gesamtanlage (abgesehen vom Rathausgebäude) unter Denkmalschutz. Ein Auszug aus der Denkmalkarte zeigt Abbildung 2. Zudem befinden sich Einzeldenkmale auf dem Areal.

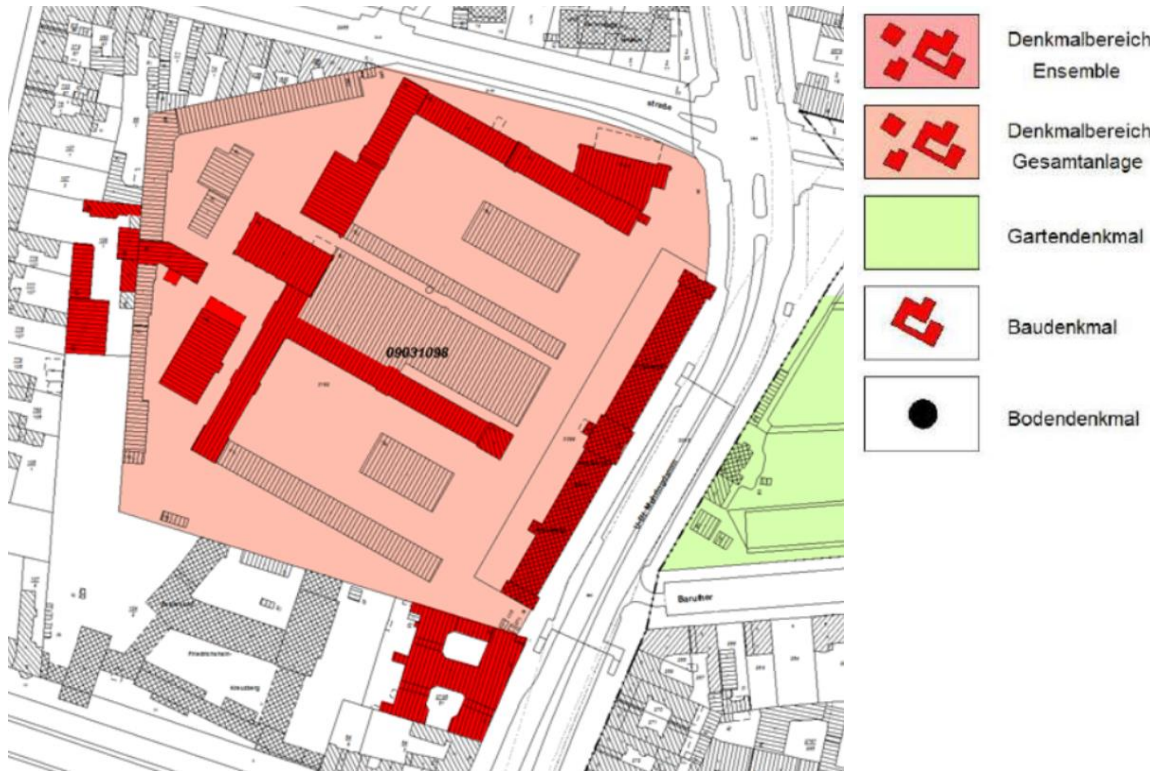


Abbildung 2: Auszug aus der Denkmalkarte Stand 12.06.2019⁴

Außerhalb des Gebiets der Phase I, jedoch im Sanierungsgebiet Rathausblock befinden sich Gebäude privater Eigentümer*innen, die ab dem 18. Jahrhundert und zum Teil zwischen den 1950er und 1980er Jahren entstanden sind. Eine detailliertere Darstellung der Eigentums- und Verwaltungsstrukturen ist im Kapitel 2.2 zu finden.

Das Sanierungsgebiet Rathausblock soll nach Umsetzung sowohl leistbares Wohnen inkl. gemeinwohlorientierter Infrastrukturen als auch Verwaltungseinrichtungen und Gewerbeflächen bieten. Diese unterschiedlichen Nutzungen gilt es im energetischen Konzept für das Quartier zu berücksichtigen.

⁴ Dragonerareal Kreuzberg Denkmalpflegeplan, Büro West Denkmalpflege, 2020.

2.2 Gebäudebestand und Nutzungsstruktur

Wie im Kapitel 2.1 deutlich geworden ist, finden sich im Sanierungsgebiet Rathausblock bereits unterschiedlichste Nutzungen und Gebäudetypen, die in Zukunft qualifiziert und erweitert werden sollen. Der aktuelle und geplante Gebäudebestand, sowie Nutzungsstrukturen werden in diesem Kapitel genauer beleuchtet.

Das Kerngebiet des Rathausblocks, das Gebiet der Phase I, wird dem größten Wandel unterzogen. In Abbildung 3 ist zu sehen, welche der derzeit dort befindlichen Gebäude in Benutzung sind (grün) und welche leer stehen (rot).

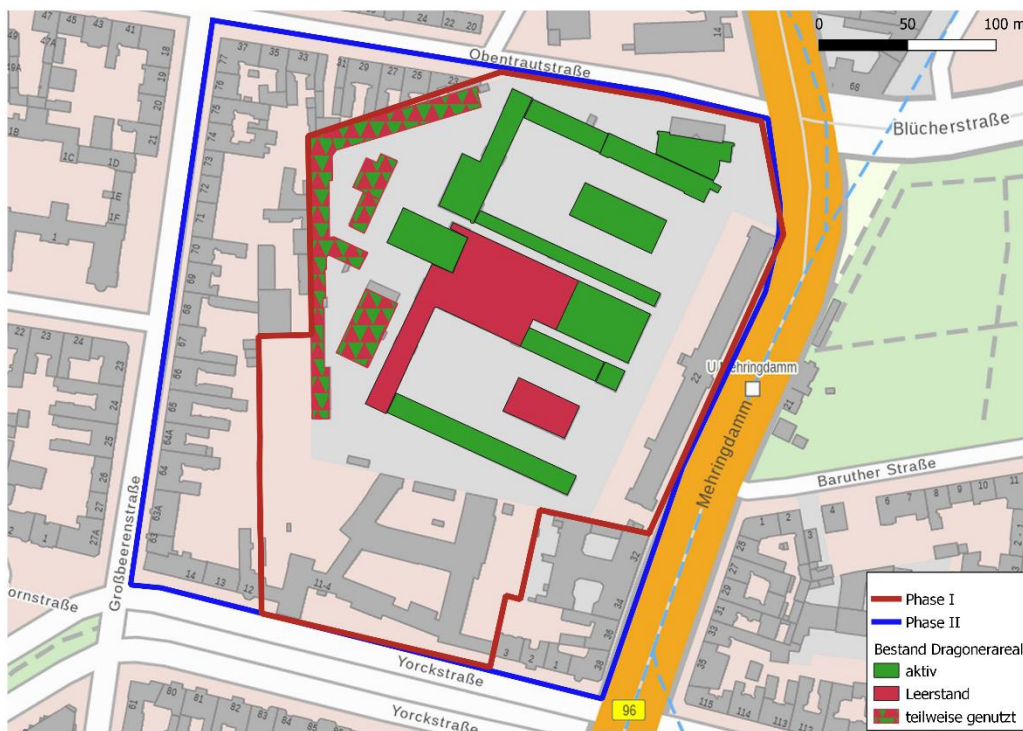


Abbildung 3: Gebäudestatus auf dem Dragonerareal als Teil des Gebietes der Phase I⁵

⁵ Eigene Darstellung auf Basis des städtebaulichen Entwurfs (Stand 23.11.2020) und des Quickcheck Betreiberverantwortung Dragonerareal der BIM

Bei den leerstehenden Gebäuden handelt es sich zu großen Teilen um eingeschossige Garagen. In Abbildung 4 ist zu sehen, welche Gebäude im Zuge des neu entstehenden Quartiers saniert und weiter genutzt und welche Gebäude abgerissen werden sollen.

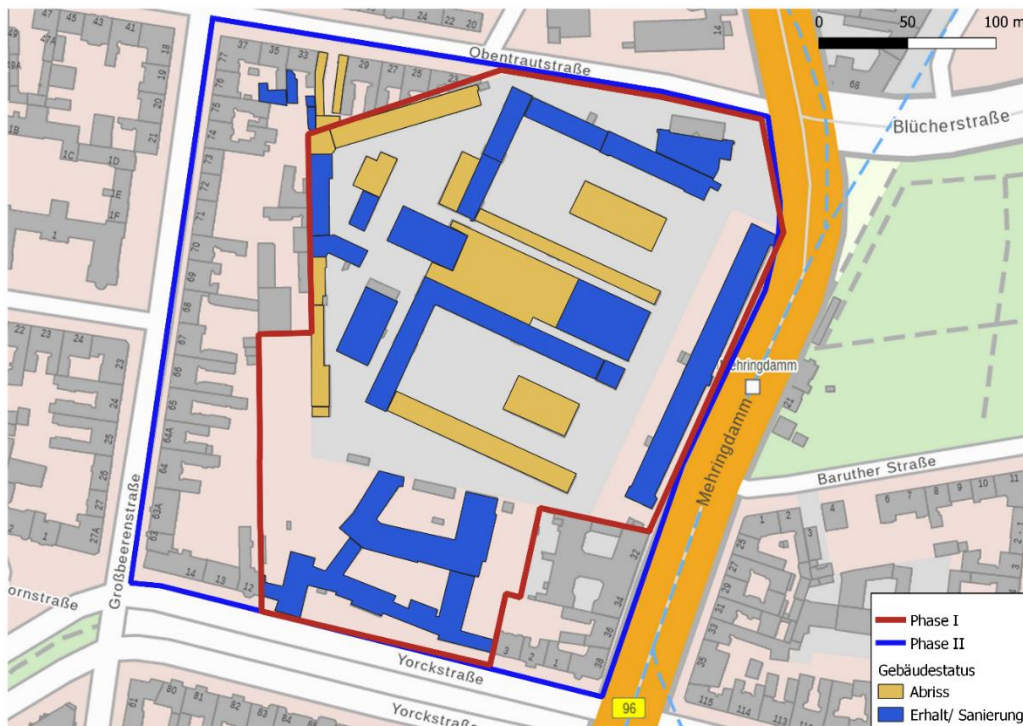


Abbildung 4: Geplanter Erhalt und Abriss auf dem Gebiet der Phase I⁶

Deutlich zu sehen ist, dass die meisten der Garagen im Westen und Norden des Geländes nicht erhalten bleiben. Zentrale Gebäude wie z. B. die ehemaligen Reitställe und -hallen und Teile der Adlerhalle sollen hingegen saniert und wieder genutzt werden.

Auf dem Areal werden Neubau- und Bestandsgebäude nebeneinander existieren (s. Abbildung 5).

⁶ Eigene Darstellung auf Basis des städtebaulichen Entwurfs (Stand März 2021)

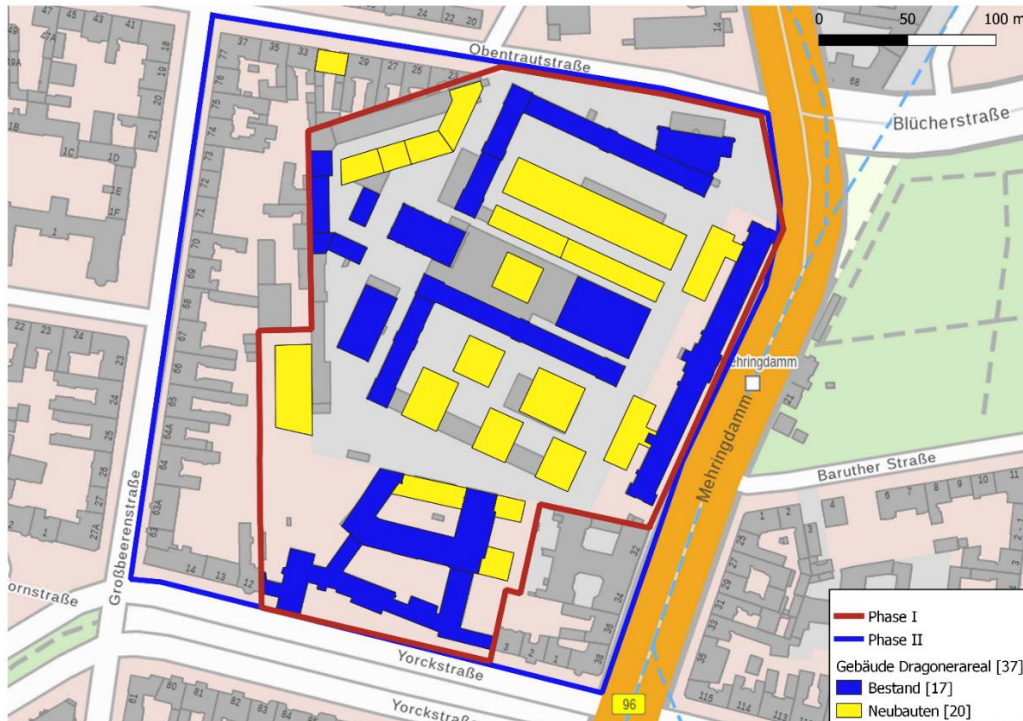


Abbildung 5: Neubau- und Bestandsgebäude auf dem Gebiet der Phase I⁷

In Abbildung 5 ist zu sehen, welche Gebäude neu entstehen sollen⁸ (gelb). Der Stand der Planung, der in diesem Konzept zugrunde gelegt wird, ist der Überarbeitungsstand des städtebaulichen Entwurfes von März 2021 „Dragonerareal - Überarbeitung Ergebnis Werkstattverfahren - Endbericht“. Die Überarbeitung des Entwurfes ist derzeit in der weiteren Bearbeitung innerhalb der Kooperation.

Für die Erweiterungsbebauung des Rathauses Kreuzberg liegen erste Planungsideen vor, die noch nicht so weit abgestimmt sind, dass sie veröffentlicht werden können. Die dargestellten Anbauten werden nicht realisiert werden.

⁷ Eigene Darstellung auf Basis des städtebaulichen Entwurfs (Stand März 2021)

Für die Bedarfsberechnungen innerhalb dieses Konzeptes sind die Annahmen zur Nutzung aus dem städtebaulichen Entwurf von März 2021 ausreichend. Die weiteren, vertiefenden Planungsschritte können mit den fortentwickelten Planungen der Standorte gegangen werden.

Bei diesen Gebäuden handelt es sich um Wohngebäude und Gebäude mit gewerblicher oder gemeinwohlorientierter Nutzung.

Zu den Bestandsgebäuden im Gebiet der Phase I zählen neben den Bestandsgebäuden auf dem Dragonerareal das Finanzamt und das Rathaus des Bezirks Friedrichshain-Kreuzberg. Beide Gebäude sind ebenfalls im öffentlichen Eigentum und sollen jeweils saniert und erweitert werden. Die Bestandsgebäude auf dem Dragonerareal sollen für gewerbliche oder Gemeinwohzzwecke genutzt werden. Die Wohngebäude auf dem Dragonerareal werden Neubauten sein.

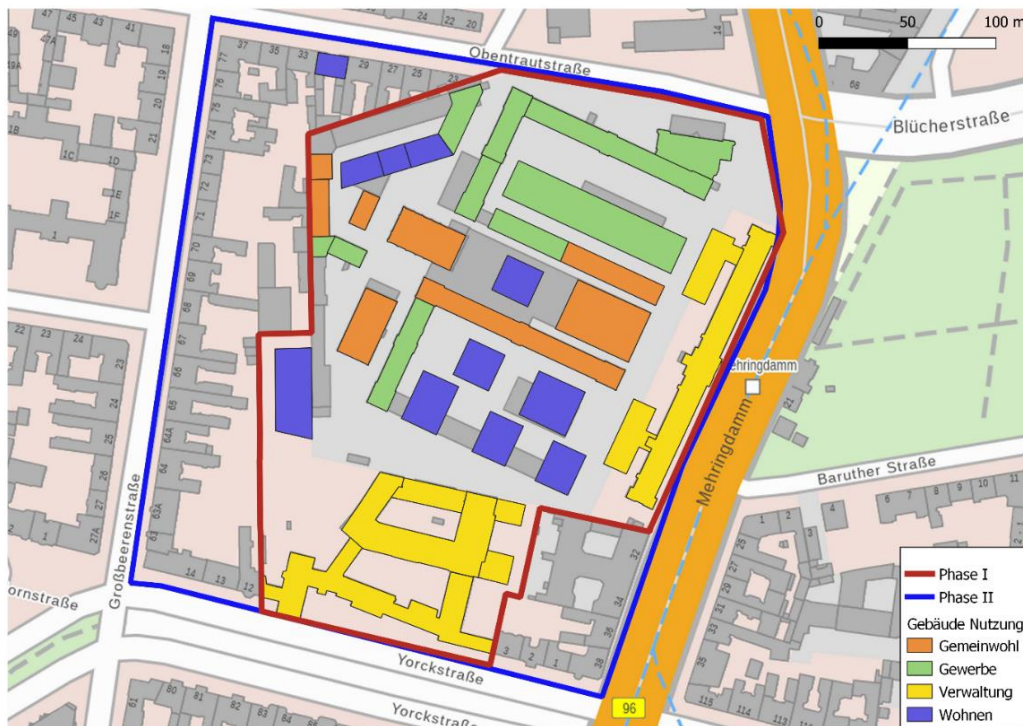


Abbildung 6: Geplante Nutzungen auf dem Gebiet der Phase I⁹

⁹ Eigene Darstellung auf Basis des städtebaulichen Entwurfs (Stand März 2021)

Die Bestandsgebäude auf dem Dragonerareal werden von der BIM verwaltet. Die BIM ist auch für die Nichtwohngebäude, die im Zuge des Neubaus auf dem Areal entstehen sollen, zuständig. Die Wohn-Neubauten sollen durch die WBM und weiteren gemeinwohlorientierten Akteuren, den sogenannten „Dritten“, geplant und realisiert werden. Eine grafische Übersicht über die geplante Eigentums-/Verwaltungs- und Erbbaurechtsstruktur gibt Abbildung 7.

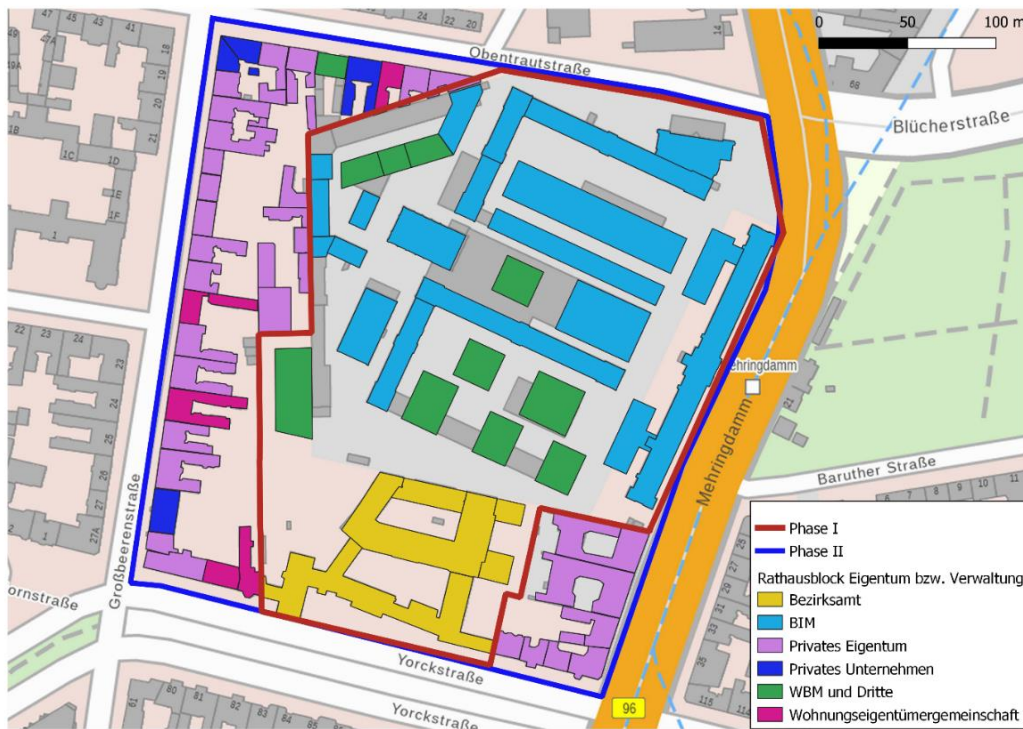


Abbildung 7: Eigentums-/ Verwaltungs- und Erbbaurechtsstruktur im Sanierungsgebiet Rathausblock¹⁰

Die Nutzung der Gebäude ist im städtebaulichen Entwurf weitestgehend zugeordnet. Für die Aufteilung der Nutzungen auf dem Dragonerareal wurde innerhalb der Kooperation das Gremium „Raum und Flächenkuratorium“ geschaffen, das Vorschläge zur Nutzungsverteilung erarbeitet. Der Zukunftsrat entscheidet darüber. Hier wird sich die Nutzungsverteilung im Detail also noch verändern. Die Anteile der Nutzungsarten bleiben jedoch bestehen.

¹⁰ Eigene Darstellung auf Basis des städtebaulichen Entwurfs (Stand März 2021)

Aus der Nutzung, dem Baualter, dem Sanierungszustand, etc. lässt sich der Wärme- und Strombedarf ermitteln (s. Kapitel 2.3). Ein weiterer Einflussfaktor auf den Wärmebedarf eines Gebäudes ist neben seiner Nutzung das Baualter. Abbildung 8 zeigt die verschiedenen Baualtersklassen im Quartier. Für die Neubauten wird von einem Baubeginn im Jahr 2025 ausgegangen. Für die zu erhaltenden Bestandsgebäude auf dem Dragonerareal liegen keine Informationen über den Energiebedarf vor. Daher mussten hier konservative Annahmen aufgrund des Baualters getroffen werden, die in Kapitel 2.3 genauer erläutert werden.

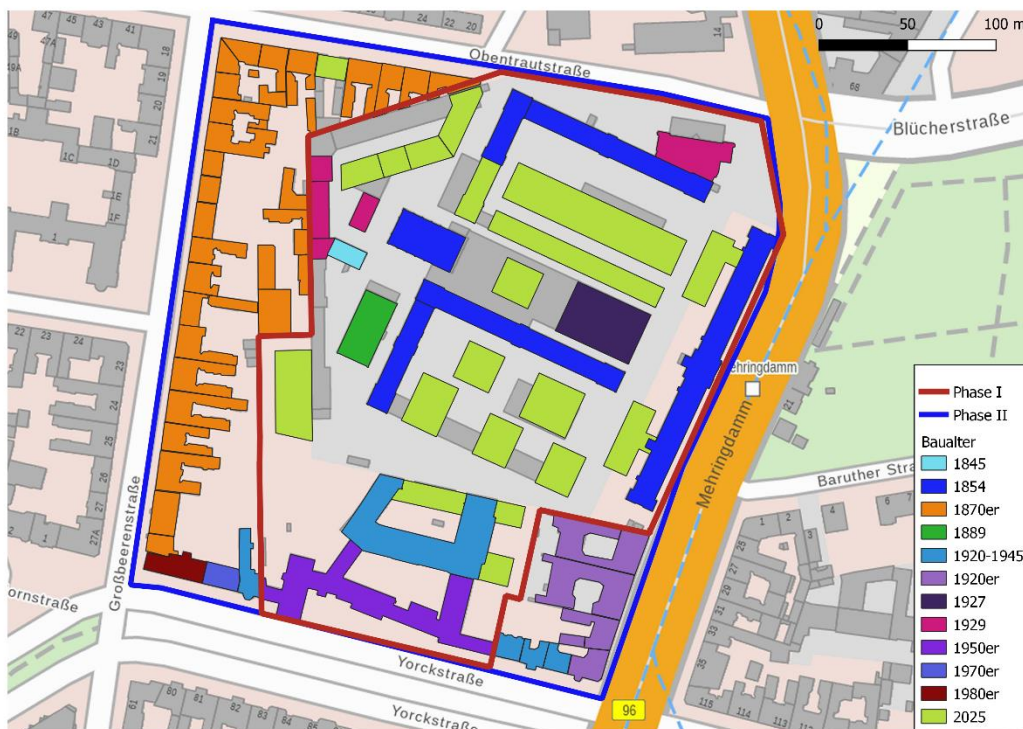


Abbildung 8: Baualter im Sanierungsgebiet¹¹

¹¹ Eigene Darstellung auf Basis der Studie zum Baukulturellen Erbe (<https://www.berlin.de/rathausblock-fk/themen/geschichte-und-denkmalpflege/artikel.768849.php>)

Darüber hinaus ist zu erkennen, dass es sich bei den meisten privaten Wohngebäuden um Altbauten handelt. Da keine realen Verbrauchsdaten der Nutzenden vorliegen, werden auch hier konservative Annahmen für die Bedarfsermittlung (s. Kapitel 2.3) getroffen.

2.3 Energieverbrauch und Bedarfsermittlung

Für die bezirkseigenen Gebäude und die Gebäude der BIM-Liegenschaften wurden die Energieverbrauchsdaten der Jahre 2018 und 2019 zur Verfügung gestellt. Diese wurden genutzt, um die zukünftigen Energiebedarfe nach der vollständigen Sanierung zu plausibilisieren. Die Bedarfsermittlung beruht auf einer umfangreichen Sanierung der Bestandsgebäude, insbesondere die Vorbildfunktion der öffentlichen Gebäude fordert eine Reduktion des Energieverbrauchs. Die Energiebedarfswerte werden daher wie im Folgenden beschrieben festgelegt.

Nach Aussagen der Eigentümerin bzw. Erbbaurechtsnehmerin BIM, als Verwalterin des Dragonerareals und Finanzamtsgrundstückes und der WBM als kommunaler Wohnungsbaugesellschaft, die einen großen Teil der Wohnbebauung errichten wird, werden für die Gebäude im Dragonerareal folgende Annahmen getroffen:

Tabelle 1: Nutzung und Gebäudestandards auf dem Dragonerareal

Eigentümerin/Erbbaurechtsnehmerin	Nutzung	Gebäudestandard
WBM ¹²	Wohnen	KfW 55
BIM ¹³	Gewerbe/ Verwaltung/ Gemeinwohl (s. Abbildung 7)	Neubau: KfW 40 Bestand: KfW 55

Der KfW-Standard ist hierbei folgendermaßen zu verstehen: Das zu errichtende Gebäude benötigt aufgrund seiner Gebäudehülle und der verwendeten Anlagentechnik nur 55 % der Primärenergie des dazugehörigen Referenzgebäudes. Das Referenzgebäude ist mit seinen Eigenschaften gemäß GEG, Anlage 1 und 2 definiert. Primärenergie ist die Energie, die direkt aus z. B. Erdöl, Erdgas oder Photovoltaik zur Verfügung steht. Um den Primärenergiebedarf zu bestimmen, wird zunächst der Endenergiebedarf des Gebäudes berechnet. Hier fließen alle Energiebedarfe

¹² Kommunikation mit der WBM Projektleitung im Rahmen der kontinuierlichen Projektbegleitung

¹³ Festlegung durch BIM Projektleitung im Juni 2021 als Bedarfsgrundlage

aus Heizen, Trinkwarmwasserbereitung, Strom, Lüftung, Beleuchtung, etc. ein. Der Endenergiebedarf wird dann mit dem Primärenergiefaktor der jeweiligen Energiequelle multipliziert. Wird beispielsweise die Wärme über einen Gaskessel erzeugt, so wird die aus dem Gaskessel bezogene Endenergiemenge mit dem Primärenergiefaktor für Erd- bzw. Biogas multipliziert. Analog geschieht dies mit den anderen Energieerzeugern. Auf diese Weise ergibt sich der Primärenergiebedarf. Die Primärenergiefaktoren können beispielsweise dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) entnommen werden.

Aus den in Tabelle 1 gegebenen Gebäudestandards sowie der vorgesehenen Nutzung ergeben sich für die Bedarfsermittlung die flächenspezifischen Bedarfswerte in Tabelle 2.

Der Wärmebedarf beinhaltet den Bedarf für Heizen und für die Trinkwassererwärmung. In den Quellen zu den spezifischen Bedarfen bei unterschiedlicher Nutzung findet sich zumeist eine Angabe für den gesamten spezifischen Wärmebedarf und eine für den spezifischen Trinkwarmwasserbedarf. Um den spezifischen Heizwärmebedarf zu ermitteln, muss der Trinkwarmwasserbedarf vom Gesamtwärmebedarf abgezogen werden.

Der Gebäudestandard für die Wohn-Neubauten wurde von der WBM mit KfW55 angegeben. Unter Berücksichtigung der oben beschriebenen Methode wurde hierfür von einem Gesamtwärmebedarf von $55 \text{ kWh/m}^2\text{a}^{14}$ ausgegangen, der anteilige Trinkwarmwasserbedarf liegt bei $12,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

¹⁴ Der Gesamtwärmebedarf wäre gemäß dem Gebäudeenergiegesetz entsprechend der jeweiligen Gebäudetypologie explizit auszurechnen. $55 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ entsprechen einer fachüblichen, konservativen Verbrauchsannahme, welche im Rahmen des zukünftig zu erstellenden Bauantrages gebäudespezifisch nachgewiesen werden muss.

Tabelle 2: Flächenspezifische Bedarfswerte in Abhängigkeit der Gebäudenutzung

Status/ Nutzung	Heizen [kWh/m ² a]	TWW [kWh/m ² a]	Strom [kWh/m ² a] ¹⁵
Neubau Wohnen	42,5	12,5 ¹⁶	28
Bestand Wohnen ¹⁷	133,5	11,7	28
Bestand Wohnen (saniert)	83,9	11,7	28
Verwaltung ¹⁸	104,9	0,1	35
Gemeinwohl ¹⁸	102,0	3,0	20
Gewerbe BIM ¹⁸	32,0	8,0	60

Bei den privaten Bestandsbauten außerhalb des Dragonerareals teilt sich die Nutzung nach eingehender Bestandsanalyse in 17 % Gewerbe und 83 % Wohnen¹⁹. Die Bedarfe von Wohnen und Gewerbe wurden anteilig berücksichtigt. Die privaten Wohngebäude außerhalb des Dragonerareals unterscheiden sich aufgrund einer heterogenen Eigentümerstruktur im Hinblick auf ihren bausubstanziellen Zustand. Das Ergebnis ist Tabelle 2 („Bestand Wohnen“ und „Bestand Wohnen (saniert)“) zu entnehmen. In der Tabelle sind Kennwerte für den Energieverbrauch in Energieeinheit pro Flächeneinheit und Jahr für alle im Sanierungsgebiet vorhandenen Nutzungsarten angegeben. Eine grafische Übersicht über die flächenspezifischen Heizwärmebedarfe pro Jahr gibt Abbildung 9.

¹⁵ betriebseigene Erfahrungswerte Megawatt und Averdung Ingenieure & Berater

¹⁶ GEG (2020-08) §20-2 mit Verweis auf DIN V 4701-10: 2003-08

¹⁷ Für den unsanierten Wohnbestand wurde ein Bedarf von 160 kWh/m²*a, für den sanierten Bestand von 100 kWh/m²*a angenommen. Quelle: http://energieberatung.ibs-hlk.de/eb_begr.htm (letzter Abruf: 08.02.22) Diese wurden wie beschrieben mit den Bedarfswerten für das Gewerbe (Fußnote 18) verrechnet.

¹⁸ Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichskennwerte im Nichtwohngebäudebestand; Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2015-04

¹⁹ Eigene Berechnung nach Angaben aus den Gebäudesteckbriefen, STERN, 2017.

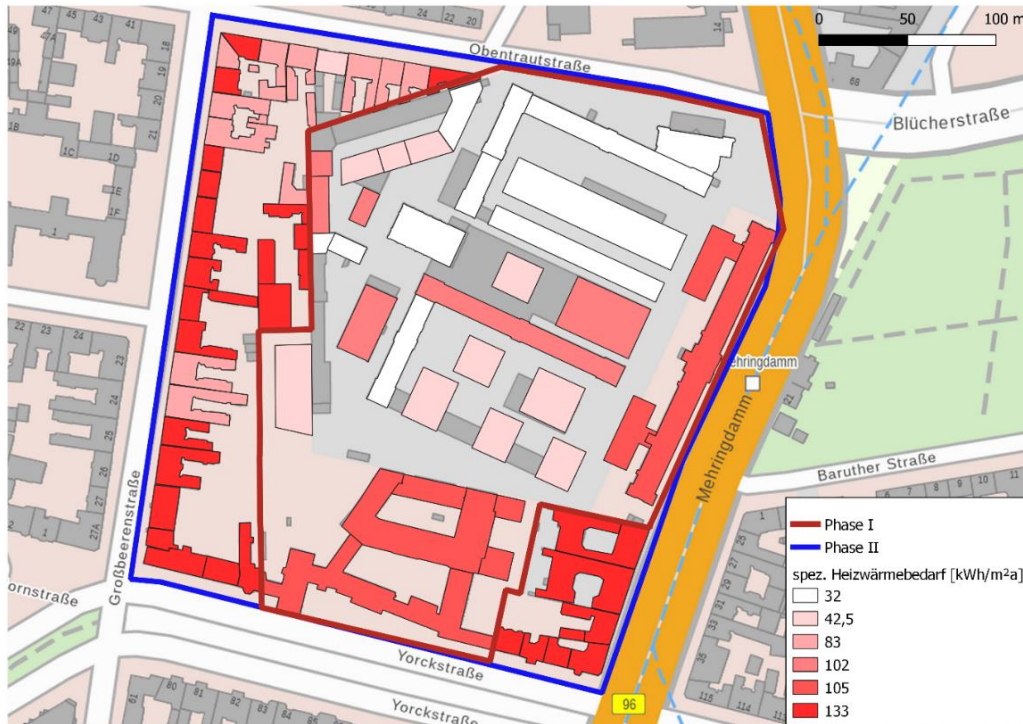


Abbildung 9: Geplanter, spezifischer Heizwärmebedarf im Sanierungsgebiet Rathausblock²⁰

Es ist deutlich zu erkennen, dass die privaten Bestandsgebäude außerhalb der Phase I den höchsten flächenspezifischen Heizwärmebedarf aufweisen. Dies ist vor allem dem Baulter und dem unsanierten Gebäudezustand geschuldet.

Spezifische Bedarfswerte beziehen sich auf die Gebäudenutzfläche. Der Energiebedarf ergibt sich aus den spezifischen Bedarfswerten und der Nutzfläche. Die Umrechnung der bekannten Bruttogrundfläche (BGF) in die Nutzfläche (NF) eines Gebäudes ist nutzungsabhängig und als Verhältnis BGF/NF in Tabelle 3 angegeben.

²⁰ Eigene Darstellung

Tabelle 3: Nutzungsabhängiges Verhältnis von Bruttogrundfläche zu Nutzfläche

Nutzung²¹	Umrechnung BGF/NF
Wohnen ²²	1,55
Verwaltung	1,65
Gemeinwohl	1,57
Gewerbe	1,30

Über diese angegebenen Umrechnungsfaktoren wurde die Nutzfläche²³ je Gebäude bestimmt und für die Berechnung des jeweiligen Energiebedarfs verwendet. Die Zuordnung der Nutzungen zu den jeweiligen Gebäuden kann Abbildung 6 entnommen werden. Insgesamt ergibt sich ein Wärmebedarf von 5.290 MWh/Jahr für das Gebiet der Phase I und von 10.750 MWh/Jahr für das Gebiet der Phase II (gesamtes Sanierungsgebiet Rathausblock). Die Strombedarfe der Gebäudenutzung ergeben sich zu 3.170 MWh/Jahr für Phase I und zu 4000 MWh/Jahr für das gesamte Sanierungsgebiet Rathausblock (Phase II). Die ermittelten Strom- und Wärmebedarfe pro Gebäude sind Anlage 1 zu entnehmen.

²¹ Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskenwerte und der Vergleichskennwerte im Nichtwohngebäudebestand; Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2015-04

²² <https://datenbank.nwb.de/Dokument/323931/>

²³ Die Nutzungsfläche ist der Teil der Nettonraumfläche, der der wesentlichen Zweckbestimmung des Bauwerks dient. Die Nettonraumfläche umfasst alle Grundflächen der nutzbaren Raumflächen mit ihren Innenmaßen. Die BGF umfasst die Grundflächen aller Grundrissebenen (äußere Maße).

Tabelle 4: Flächen und Bedarfe für Phase I und Phase II

Nutzung	Phase I BGF [m²]	Phase I NF [m²]	Phase II BGF [m²]	Phase II NF [m²]
Wohnen ²⁴	39.390	25.414	103.596	66.836
Verwaltung	40.675	24.695	40.675	24.695
Gemeinwohl	5.782	3.679	5.782	3.679
Gewerbe	31.712	24.331	31.712	24.331
Strombedarf [MWh/a]	3170		4000	
Wärmebe- darf [MWh/a]	3370		5130	

Zum Stromverbrauch innerhalb der Gebäude kommen noch weitere Strombedarfe aufgrund der Sektorkopplung dazu. Durch die Nutzung strombetriebener Anlagen zur Wärmebereitstellung entsteht ein zusätzlicher Strombedarf. Die Höhe des erwarteten Stromverbrauchs dieser Anlagen ist vom jeweiligen Szenario abhängig und ist dementsprechend Gegenstand von Kapitel 4.1.1 und 4.2.1. Weiterhin fällt der Strombedarf der Elektromobilität durch die Elektrifizierung des Verkehrssektors an. Nach dem aktuellen Mobilitätskonzept soll das Modellprojekt autofrei sein, allerdings sind für das Dragonerareal zwölf Stellplätze für Elektroautos geplant²⁵. Angenommen es werden AC-Ladesäulen als Dauerstellplätze mit einer Ladeleistung von 11 kW pro Ladepunkt installiert, ergibt sich ein Gesamtstrombedarf von 19,3 MWh pro Jahr für die Elektromobilität.

Von den künftigen Erbbaurechtsnehmer*innen wurde kein Kältebedarf, der mit aktiven Maßnahmen gedeckt werden soll, für die Gebäude in Phase I angegeben. Von der Zivilgesellschaft ist dieser jedoch gewünscht. Ein mögliches Kältepotential wird in Kapitel 6.1 dargestellt und

²⁴ <https://datenbank.nwb.de/Dokument/323931/>

²⁵ Mobilitätskonzept; inno2grid, 2021

rechnerisch ausgewiesen. Bisher ist vorgesehen, einen Kühlungseffekt durch passive Verschattungsmaßnahmen am Gebäude sowie durch Dach- und Fassadenbegrünung zu erreichen.

2.4 Bestandsnetze

Um die Energie räumlich zu verteilen, sind Verteilnetze notwendig. Bevor jedoch neue Netze gebaut werden, wird untersucht, welche Bestandsnetze im Sanierungsgebiet Rathausblock vorhanden und in welchem Zustand sie sind.

2.4.1 Stromnetz

Als Ergebnis einer Begehung des Dragonerareals im Mai 2021 wurde u.a. ein Stromanschluss inkl. Verteilung für das Dragonerareal im Gebäude des LPG-Markts. Davon ausgeschlossen sind das Finanzamt und das Rathausgrundstück, die jeweils einen eigenen Hausanschluss besitzen. Im Sanierungsgebiet Rathausblock außerhalb des Gebiets der Phase I werden gebäudespezifische Hausanschlüsse vorausgesetzt. Auf der Karte in Abbildung 10 sind die Leitungen, die zu einer Hausanschlussstation führen, in hellblau dargestellt.

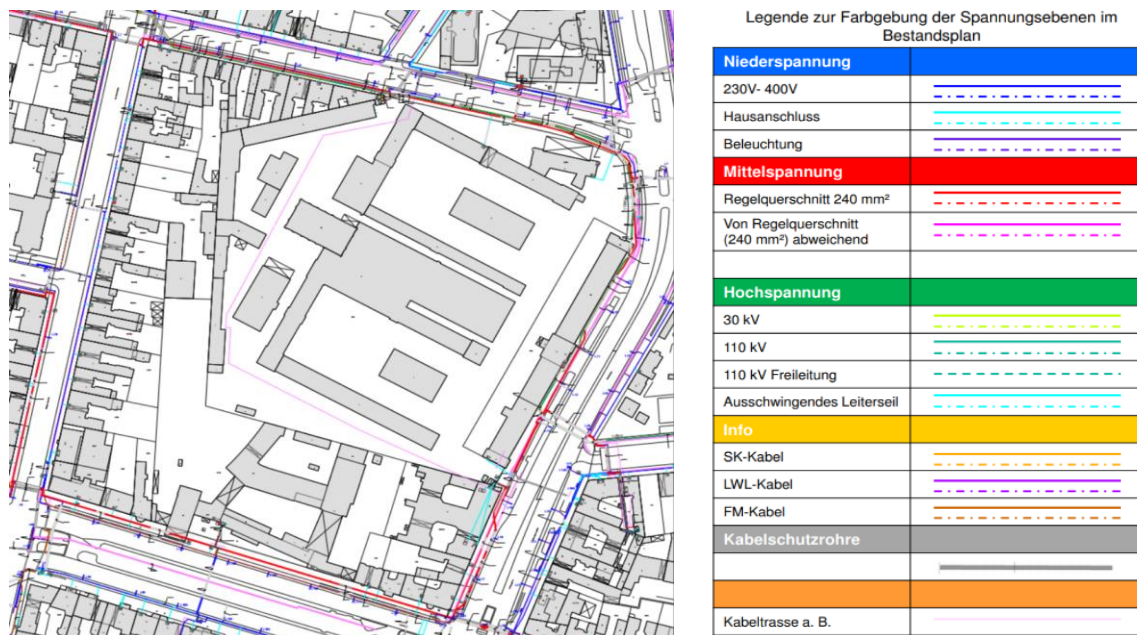


Abbildung 10: Stromleitungen und Hausanschlussstationen im Rathausblock²⁶

²⁶ Infrest, Stromnetz Berlin GmbH, 2021.

Die Hausanschlussstation sowie die Hauptstromverteilung des Gebiets der Phase I, die sich im LPG-Gebäude befinden, sind in Abbildung 11 zu sehen.



Abbildung 11: Hausanschlussstation im LPG-Gebäude für Strom für das Gebiet der Phase I (links); Hauptstromverteiler der Hausanschlussstation (rechts)²⁷

Die Verteilung ist intakt, jedoch wurde diese über die Jahre immer weiter durch kleinere Hausanschlüsse ergänzt und ist demnach nicht auf dem aktuellen Stand der Technik. Des Weiteren befindet sich diese derzeit in einem Raum mit regelmäßigem Wassereintritt und hoher Luftfeuchtigkeit, was sich negativ auf den Zustand der Kabel und sonstigen Technikanlagen im Raum auswirkt. Mit der Sanierung des Gebäudes wird hierfür eine geeignete Lüftung empfohlen.

2.4.2 Fernwärmenetz

Ein Abschnitt des Fernwärmenetzes der Vattenfall Wärme Berlin verläuft teilweise an der Grenze des Sanierungsgebietes Rathausblock. An der Yorckstraße, Großbeerstraße und Obentrautstraße sind neben dem Rathausgebäude 3 weitere Gebäude im Sanierungsgebiet Rathausblock, die an das Fernwärmenetz angeschlossen. Abbildung 12 zeigt diese Anschlüsse.

²⁷ Begehung vom Mai 2021



Abbildung 12: Fernwärme im Sanierungsgebiet Rathausblock²⁸

Auf dem Dragoner Areal liegt kein Fernwärmeanschluss vor. In den verschiedenen entwickelten Szenarien im Rahmen des energetischen Quartierskonzepts wird teilweise auch die Fernwärme benötigt, nähere Informationen dazu sind in Kapitel 4.1.1 bzw. 4.2.1 zu finden.

2.4.3 Gasnetz

Im Gebiet der Phase I sind das Finanzamt und das Gebäude des Kiezraums an das Gasnetz angeschlossen. Die Gasleitung läuft vom Mehringdamm zwischen dem Finanzamt und der Hausnummer 32 auf das Gelände der Phase I. Weitere Gasleitungen gibt es auf dem Gelände nicht.

Im restlichen Teil des Sanierungsgebiets Rathausblock (Phase II) werden die Häuser mit Gasanschluss straßenseitig angedient. Es liegen Gasleitungen in der Obentrautstraße, der Yorckstraße, der Großbeerenstraße und dem Mehringdamm. Das Erdgas wird dort für Anlagen für Heizungszwecke und Trinkwassererwärmung verwendet.

²⁸ Infrest, Vattenfall Wärme Berlin AG, 2021

2.4.4 Kühlung

Im Gebiet der Phase I verfügt aktuell ausschließlich der LPG-Markt über Kühl- und Tiefkühlgeräte für die Lagerung der Lebensmittel. Diese sind mit Kältemaschinen und dazugehörigen Rückkühlern (s. Abbildung 13) gekoppelt. Der Kältebedarf wird ausschließlich nutzerspezifisch gedeckt.



Abbildung 13: Rückkühlgeräte hinter dem LPG-Markt²⁹

Weder für die Phase I noch für die Phase II sind weitere Kältebedarfe für die Gebäude oder deren Nutzungen im Bestand bekannt. Durch die aktuellen und künftigen Eigentümer*innen bzw. Erbbaurechtsnehmer*innen wurden keine Kältebedarfe übermittelt. Der Bedarf wird jedoch von der Zivilgesellschaft gesehen, wird jedoch aufgrund der unklaren Bedarfsverhältnisse nicht in das energetische Quartierskonzept integriert.

²⁹ Begehung vom Mai 2021

2.4.5 Weitere Bestandsanlagen für die Energieversorgung

Sowohl im Rahmen der vorbereitenden Untersuchungen aus dem Jahr 2016 als auch aus im Zuge einer Begehung im Mai 2021 konnten Informationen über die Art der Wärmeversorgung im Sanierungsgebiet Rathausblock zusammengetragen werden. Zur Stromversorgung gibt es neben den Anschlüssen ans lokale Stromnetz auch einige Photovoltaik-Anlagen, u.a. eine 16 kWp-Anlage auf dem Dach des Rathausgebäudes und eine weitere Photovoltaik-Anlage auf dem Dach der Großbeerenstraße 71. Erstere wird über einen Contracting-Vertrag von den Berliner Stadtwerken (BSW) betrieben, während die andere dem/ der privaten Eigentümer*in des Gebäudes gehört.



Abbildung 14: Öltank für die Wärmeversorgung des Gebiets der Phase I³⁰

Neben der Fernwärme gibt es unterschiedliche Wärmeversorgungsarten im Sanierungsgebiet Rathausblock. Einige Gebäude im Gebiet der Phase I werden über verschiedene Ölkessel beheizt. Ein 10.000 Liter Öltank wird als Speicher für das Heizöl verwendet, siehe Abbildung 14. Dieser steht im Keller des LPG-Markts und wird während der Heizperiode nach Angaben des

³⁰ Begehung vom Mai 2021

Hausmeisters vom Mai 2021 in dreiwöchigen Intervallen aufgefüllt. Das Finanzamt wird mit einem Erdgas-Blockheizkraftwerk (BHKW) beheizt.

Die unterschiedlichen Arten der Wärmeversorgung im Sanierungsgebiet sind den vorbereitenden Untersuchungen für den Rathausblock zu entnehmen³¹. Die Gebäude im Gebiet der Phase II werden hauptsächlich mit gebäudebezogenen Heizöl- und Erdgaskesseln beheizt. Weiterhin gibt es drei Gebäude, die über eine Heizung mit Festbrennstoffen oder einen Kamin verfügen. Einige Nebengebäude sind unbeheizt.

³¹ Vorbereitende Untersuchungen für den Rathausblock, 2016

3 Potentialanalyse

Im folgenden Kapitel werden die Potentiale zum Einsatz verschiedener Technologien im Rathausblock anhand von einzelnen Maßnahmenkarten beschrieben. Diese Maßnahmenkarten erklären zunächst kurz die vorgeschlagene Technologie, anschließend wird das Potential, diese Maßnahme im Rathausblock umzusetzen, bewertet.

3.1 Zielgruppenspezifischer Maßnahmenkatalog

Um alle Beteiligten und Interessierten zu befähigen, Einfluss auf die Szenarientwicklung im energetischen Quartierskonzept zu nehmen, wurden für einige mögliche, energetische Maßnahmen leicht verständliche technische Beschreibungen verfasst und in Form von sogenannten Maßnahmenkarten zusammengestellt. Mithilfe dieser Maßnahmenkarten konnte eine technisch fundierte Diskussion stattfinden.

Die folgenden Maßnahmen sind wie hier beschrieben auf mein.Berlin.de (digital) sowie an der Kiezgalerie direkt auf dem Dragonerareal (analog) veröffentlicht worden. Auf eine verständliche Sprache wurde Wert gelegt. Interessierte konnten auf mein.Berlin.de in der Zeit vom 16. April 2021 bis zum 9. Mai 2021 Fragen zu den einzelnen Technologien stellen, diese diskutieren und eine Bewertung („Daumen hoch“ oder „Daumen runter“) für die jeweilige Technologie abgeben. Neben der Plakatwand lagen an verschiedenen Orten im Kiez Postkarten aus, die sowohl zur Information als auch für Feedback genutzt werden konnten. Anregungen und Hinweise konnten auf die Postkarten geschrieben und diese neben der Thementafel Ökologie und Nachhaltigkeit an der Kiezgalerie in einen Briefkasten eingeworfen werden.

Das Beteiligungsverfahren ist im Anschluss hinsichtlich der Anzahl der Teilnehmenden und der Bewertungen (beliebteste, unbeliebteste und meist diskutierte Technologie) ausgewertet worden. Das so entstandene Meinungsbild ist in Kapitel 3.2 dargestellt.

Die Maßnahmenkarten wurden in sieben Kategorien unterteilt:

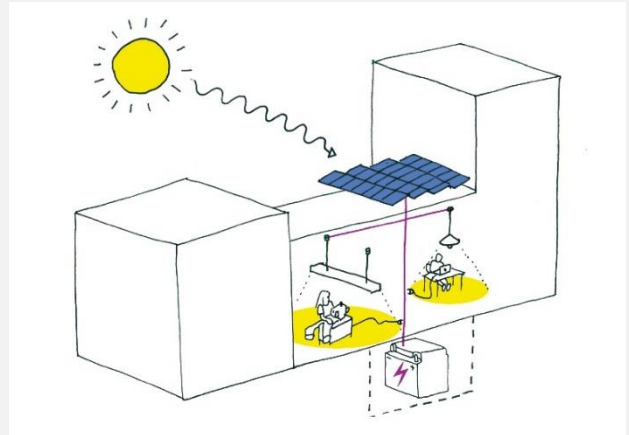
- Lokale Erzeugungsoptionen
- Fossile Übergangslösungen
- Lokale Verteilungsoptionen
- Lokale Speicheroptionen
- Verbrauchsoptionen für effiziente Energieverwendung
- Schnittstellen mit Mobilität
- Betriebsmodelle

3.1.1 Lokale Erzeugungsoptionen

3.1.1.1 Photovoltaik

Allgemeine Informationen

Bei der Photovoltaik wird die Energie des Sonnenlichts in elektrischen Strom umgewandelt. Hierfür werden große, dunkle Flächenkollektoren auf Dächern und Fassaden angebracht, die der Sonne zugewandt sind. Der erzeugte Strom kann entweder direkt verwendet oder ins öffentliche Stromnetz eingespeist werden. Bei Verfügbarkeit von Batteriespeichern kann überschüssiger Strom auch in der Batterie gespeichert und bei Bedarf verbraucht werden.



@Grit Koalick

Durch das Solargesetz-Berlin (12-2020) ist der Mindestanteil an Dachfläche für Photovoltaik-Anlagen geregelt. Dieser liegt bei ca. 30% für Neubauten und wesentliche Bauvorhaben. Zudem soll laut des Berliner Energiewendegesetzes bis Ende 2024 Photovoltaik auf allen Dächern öffentlicher Gebäude installiert werden.

Produkt: Strom

Ertrag: ca. 1000 kWh/kWp (ca. 100 kWh/m²) bei polykristallinen Solarzellen

Kosten: 3,71 – 11,54 ct/kWh, Investitionskosten ca. 600 – 1400 €/kWp bei polykristallinen Solarzellen

Potential im Rathausblock

hoch

Positive Nebeneffekte

- Mieterstrom
- höhere Erträge in Kombination mit Dachbegrünung

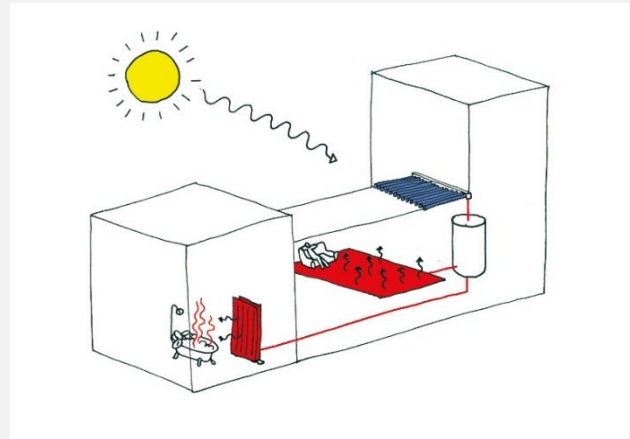
Hemmnisse

- Denkmalschutz

3.1.1.2 Solarthermie

Allgemeine Informationen

Bei der Solarthermie wird die Energie der Sonne genutzt, um Wasser zu erwärmen. Ähnlich wie bei der Photovoltaik müssen hier auf Dächern und Fassaden Kollektoren angebracht werden. Das warme Wasser kann für Raumwärme oder mit einem weiteren Wärmetauscher zur Trinkwassererwärmung verwendet werden. Es ist sinnvoll diese Variante mit einem Warmwasserspeicher und Niedrigtemperaturheizungen, wie einer Fußbodenheizung, zu kombinieren.



@Grit Koalick

Produkt: Wärme

Ertrag: 350 - 450 kWh/m²

Flächenbedarf: zur Warmwasserbereitstellung: 1 m²/Person (Vakuumkollektor) – 1,5 m²/Person (Flachkollektor); zur Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitstellung: 2 m²/Person (Vakuumkollektor) – 3 (Flachkollektor) m²/Person.

Kosten: inklusive Investitionskosten ca. 350 €/m² (bei Vakuumkollektor) bzw. 600 €/m² (bei Flachkollektor)

Potential im Rathausblock

mittel: Es ist möglich, diese Maßnahme umzusetzen, sie ist jedoch nicht für den kompletten Bedarf ausreichend.

Positive Nebeneffekte

- lokale Wärmeerzeugung und dadurch niedrige Wärmeverluste durch kurze Leitungswege

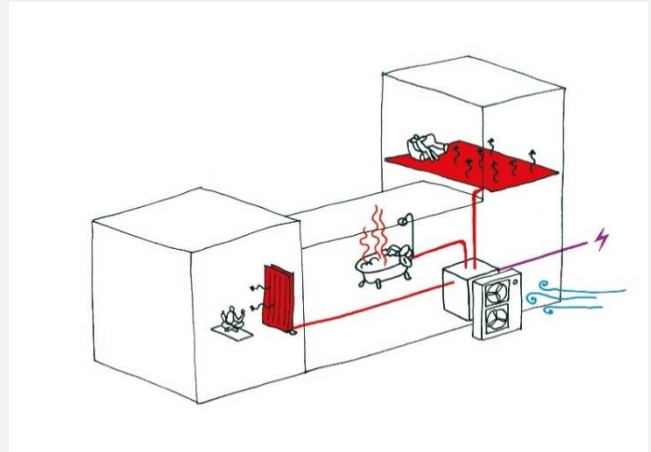
Hemmnisse

- Denkmalschutz, Flächenkonkurrenz mit Photovoltaik und Dachbegrünung/Dachnutzung

3.1.1.3 Wärmepumpen (Luft-Wasser)

Allgemeine Informationen

Mit Wärmepumpen kann vorhandene Wärme aus der Umwelt genutzt und mithilfe von elektrischem Strom auf ein gewünschtes Temperaturniveau angehoben werden. Im Falle von Luft-Wasser-Wärmepumpen wird die Wärme aus der Umgebungsluft genutzt. Luft-Wasser-Wärmepumpen können auch nachträglich installiert werden. Allerdings können sie im Betrieb auch sehr laut sein.



@Grit Koalick

Produkt: Wärme

Ertrag: 1 kW \cong 400 m³/h Luft

Kosten: 8,4 – 11,9 ct/kWh, inklusive Investitionskosten von ca. 775 €/kW

Potential im Rathausblock

hoch

Positive Nebeneffekte

- geringste Anschaffungskosten aller Wärmepumpen
- standortunabhängig
- leichte Installation, keine Erdarbeiten notwendig

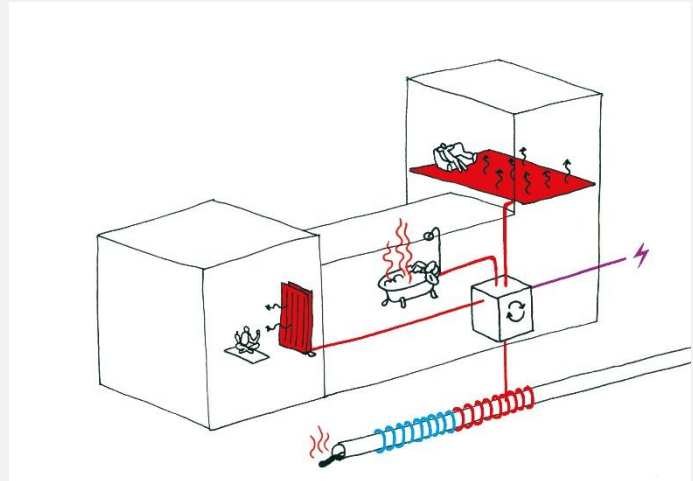
Hemmnisse

- Lärmemissionen
- höhere Stromkosten als andere Wärmepumpen
- mittelmäßiger Nutzungsgrad
- häufig zweiter Wärmeerzeuger notwendig (bei niedrigen Lufttemperaturen)

3.1.1.4 Wärmepumpen (Wasser-Wasser)

Allgemeine Informationen

Mit Wärmepumpen kann vorhandene Wärme aus der Umwelt genutzt und mithilfe von elektrischem Strom auf das gewünschte Temperaturniveau angehoben werden. Im Falle von Wasser-Wasser-Wärmepumpen kann z. B. die Wärme des Grundwassers oder Abwassers genutzt werden. Da diese das ganze Jahr über eine hohe Temperatur aufweisen, sind sie als Quelle gut geeignet. Jedoch sind für die Nutzung des Grundwassers mindestens 2 Bohrungen nötig, deren Tiefe sich nach der Höhe des Grundwasserspiegels richtet.



@Grit Koalick

Produkt: Wärme

Ertrag: ca. 4 kW/(m³h) bzw. 1 kW \cong 250 l/h

Kosten: 9,2 – 11,5 ct/kWh, inklusive Investitionskosten von ca. 1180 €/kW

Potential im Rathausblock

hoch: für die Nutzung einer Abwasser-Wärmepumpe (Mehringdamm)

Positive Nebeneffekte

- ganzjährig konstante Nutzung möglich

Hemmnisse

- kostenintensive Bohrungen (genehmigungspflichtig)
- Wasserqualität entscheidend

3.1.1.5 Wärmepumpen (Sole-Wasser)

Allgemeine Informationen

Mit Wärmepumpen kann vorhandene Wärme aus der Umwelt genutzt und mithilfe von elektrischem Strom auf das gewünschte Temperaturniveau angehoben werden. In diesem Fall wird Wärme aus dem Erdreich entzogen – entweder durch große, unterhalb der Frostgrenze (0,8-1,5m) in der Erde liegende Flächenkollektoren oder durch mehrere, tiefgehende Bohrungen (50-100m).

Produkt: Wärme

Ertrag: 10-25 W/m² oder 30-50 W/m Tiefe

Kosten: 11,3 – 17,6 ct/kWh, inklusive Investitionskosten von ca. 1400 €/kW

Potential im Rathausblock

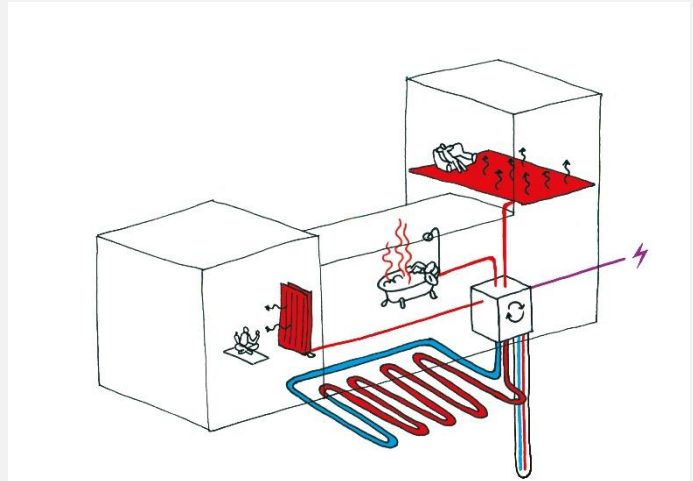
mittel: hoher Flächenbedarf an unbebauten Flächen

Positive Nebeneffekte

- u.U. im Sommer auch für Raumkühlung nutzbar

Hemmnisse

- benötigt große Fläche (1,5- bis 2,5-fache der beheizten Wohnfläche) oder große Tiefe
- kostenintensive Bohrungen nötig
- vorab Genehmigung zur Prüfung der Nutzung von Geothermie nötig

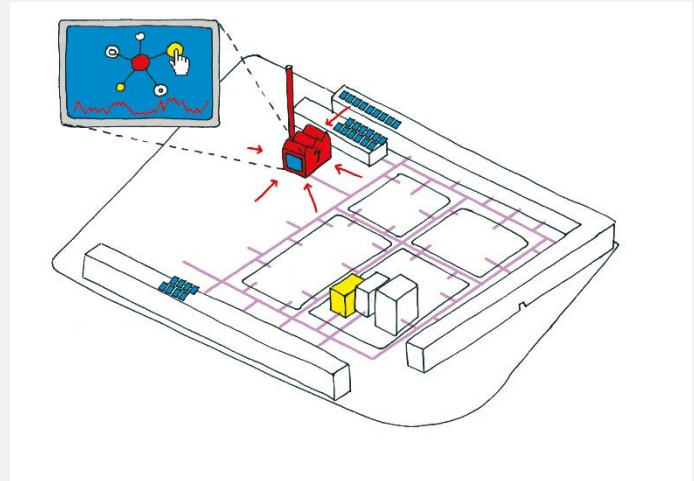


@Grit Koalick

3.1.1.6 Holzfeuerung/Biomasse

Allgemeine Informationen

In Biomassekesseln werden Materialien organischer Herkunft verbrannt und die daraus entstehende Wärme für Heizungszwecke und die Warmwasserbereitung verwendet. Häufig kommen Holzpellets zum Einsatz. Die Biomasse wird lokal gelagert und mehrmals jährlich nachgefüllt. Es ist notwendig den Biomassekessel mit einem Wärmespeicher zu kombinieren.



@Grit Koalick

Produkt: Wärme

Brennstoff: Biomasse, beispielsweise Holzpellets, Holz hackschnitzel, Stroh, Moorschliff, etc.

Kosten: 6,5 – 13,0 ct/kWh (abhängig von der Anlagengröße und dem Brennstoff)

Potential im Rathausblock

mittel: zur Erzeugung von Wärme findet eine Verbrennung statt.

Positive Nebeneffekte

- Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft regional und ganzjährig verfügbar
- zuverlässige und gleichzeitig emissionsneutrale Möglichkeit der Wärmeversorgung

Hemmnisse

- hoher Platzbedarf für Holzlager
- Transport von Holz ist mit Emissionen verbunden

3.1.1.7 "Kiezkraftwerk"

Allgemeine Informationen

Alle Energieerzeugungsanlagen auf dem Areal bilden zusammen ein „virtuelles Kraftwerk“, welches bilanziell die Versorgung sicherstellt. Zentrale Komponenten wie eine Wärme- und/oder Stromverteilung können in einer Energiezentrale auch räumlich zusammengefasst werden.

Potential im Rathausblock

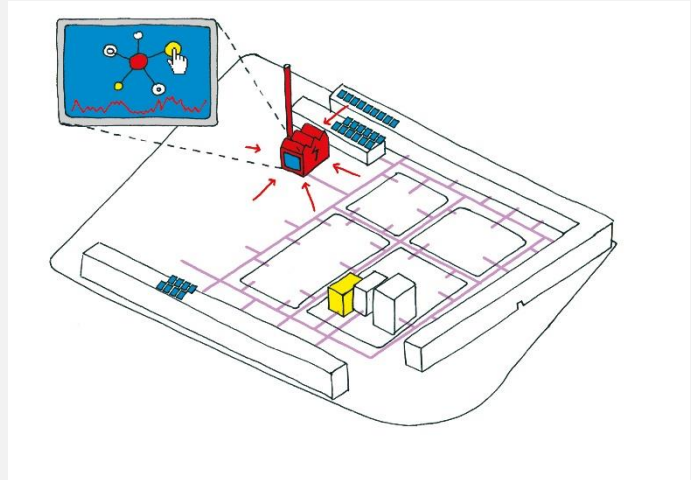
mittel

Positive Nebeneffekte

- Alle genehmigungspflichtigen Anlagen können an einem Ort aufgestellt werden.

Hemmnisse

- hohe Flächenkonkurrenz im Areal



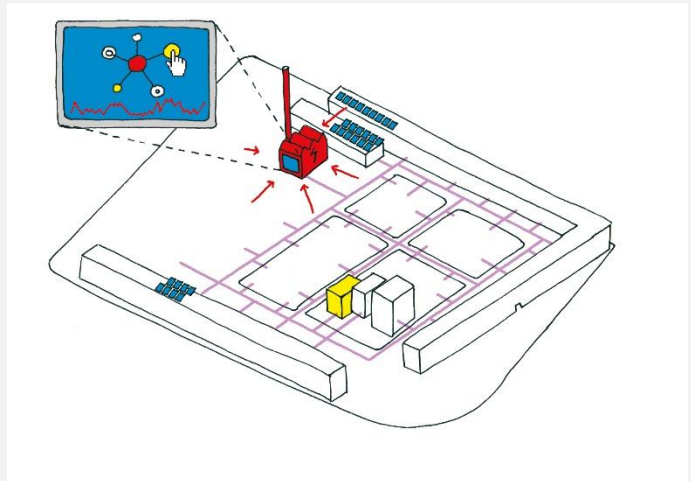
@Grit Koalick

3.1.2 Fossile Übergangslösungen

3.1.2.1 Blockheizkraftwerk

Allgemeine Informationen

Ein Blockheizkraftwerk (BHKW) ist ein Verbrennungsmotor, mit dem Strom und Wärme gewonnen werden können. Es sollte sich idealerweise am Ort des Wärmeverbrauchs befinden. Es wird ein Brennstoff verbrannt. Durch die Verbrennung wird ein Motor angetrieben, der - mit einem Generator verbunden - Strom erzeugt. Die bei der Verbrennung entstehende Wärme kann für die Heizung oder das Trinkwarmwasser genutzt werden.



Strom, der nicht verbraucht wird, kann in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden. @Grit Koalick

Produkt: Strom und Wärme

Brennstoff: Erdgas, Heizöl, Biodiesel, Holzpellets, Biogas, etc.

Fläche: Notwendigkeit einer Energiezentrale (s. 1.7 Kiezkraftwerk) im Areal

Kosten: 8,9 – 29,0 ct/kWh mit Erdgas, 16,8 – 23,8 ct/kWh mit Biogas

Potential im Rathausblock

mittel: Zur Erzeugung von Wärme und Strom findet eine Verbrennung statt.

Positive Nebeneffekte

- Stromverkauf als Erlösquelle, Umschaltung von Erdgas auf Biogas oder synthetische Brennstoffe möglich

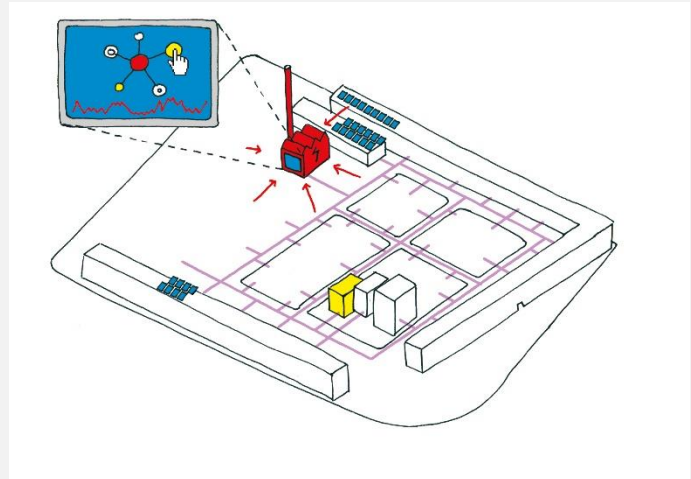
Hemmnisse

- Lärmemissionen, hohe Wartungskosten, lokale CO₂ Emissionen durch Verbrennung, steigender CO₂ Preis erhöht die Energiekosten

3.1.2.2 Mikrogasturbine

Allgemeine Informationen

Mit einer Mikrogasturbine können Strom und Wärme erzeugt werden. Bei der Verbrennung eines Gases wird eine Turbine angetrieben, die mit einem Generator verbunden ist. Auf diese Weise wird Strom erzeugt. Die Wärme der heißen Abgase aus der Turbine wird zum einen intern für den Prozess verwendet, zum anderen wird sie mithilfe eines Wärmeübertragers an das Wasser im Heizkreislauf abgegeben.



Produkt: Strom und Wärme

@Grit Koalick

Brennstoff: Erdgas

Fläche: Notwendigkeit einer Energiezentrale (s. 1.7 Kiezkraftwerk) im Areal

Kosten: ca. 10,0 ct/kWh

Potential im Rathausblock

mittel: aufgrund des hohen Flächenbedarfs

Positive Nebeneffekte

- Spitzenlastdeckung
- Abwärmenutzung möglich

Hemmnisse

- hoher Flächenbedarf

3.1.2.3 Brennwertkessel (als Reserve/Spitzenlastabdeckung)

Allgemeine Informationen

Ein Brennwertkessel erwärmt Wasser und nutzt dabei auch die Wärme des bei der Verbrennung entstehenden Abgases. Ein Brennwertkessel kann unterstützend zu einer anderen Form der Warmwasserbereitung zur Deckung von Spitzenlasten und als Reserverlast verwendet werden.

Produkt: Wärme

Brennstoff: konventionell: Erdgas, Heizöl
emissionsneutral: Biogas

Fläche: gering (Aufstellung im Heizraum des jeweiligen Gebäudes)

Kosten: 4,9 – 8,6 ct/kWh bei Erdgas, 10,3 – 11 ct/kWh bei Biogas, inklusive Investitionskosten von 6.000-25.000€ (abhängig von Brennstoff, Größe, etc.)

Potential im Rathausblock

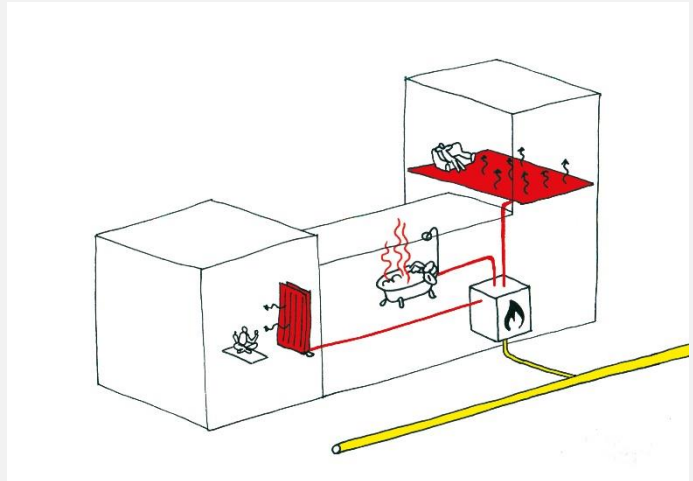
mittel: Zur Erzeugung von Wärme findet eine Verbrennung statt.

Positive Nebeneffekte

- Umstellung auf umweltfreundlicheren Brennstoff (Biogas statt Erdgas) möglich
- Hohe Energieeffizienz durch hohe Nutzungsgrade
- Einfache Installation

Hemmnisse

- Säurebeständige Leitungen wegen säurehaltigem Kondensat im Abgas
- Lokale CO₂-Emissionen durch Verbrennung
- Steigender CO₂-Preis erhöht Energiekosten



@Grit Koalick

3.1.2.4 Fernwärme (VWB Versorgungsoption)

Allgemeine Informationen

Wärme wird zentral in Kraftwerken produziert und durch die Stadt bis zum Verbraucher geleitet. Die Kraftwerke können teils regenerative und teils nicht-regenerative Energiequellen nutzen.

Produkt: Wärme

Brennstoff: fossile und nicht-fossile Brennstoffe

Fläche: kein besonderer Bedarf

Kosten: ca. 12,89 ct/kWh (Grundpreis + Arbeitspreis)

Potential im Rathausblock

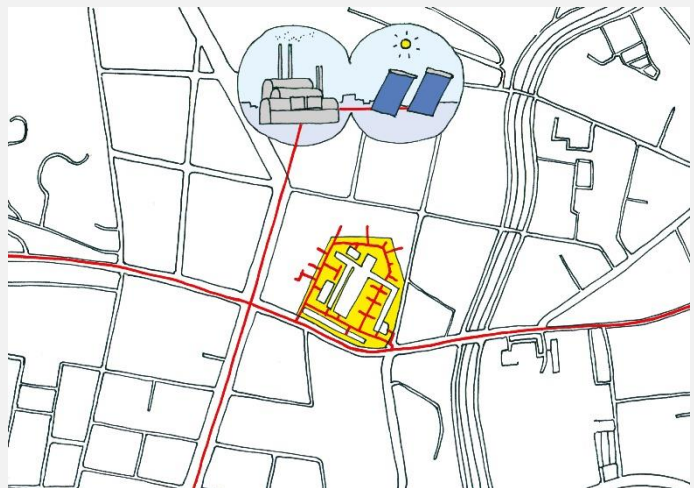
mittel: ganzjährig verfügbar, jedoch ist der CO₂-Faktor unabhängig vom gewählten Versorgungstarif mit dem CO₂-Faktor des Verbundnetzes anzusetzen

Positive Nebeneffekte

- geringer Platzbedarf

Hemmnisse

- Die Berliner Fernwärme ist weiterhin maßgeblich abhängig von fossilen Brennstoffen und deren lokalen CO₂-Emissionen

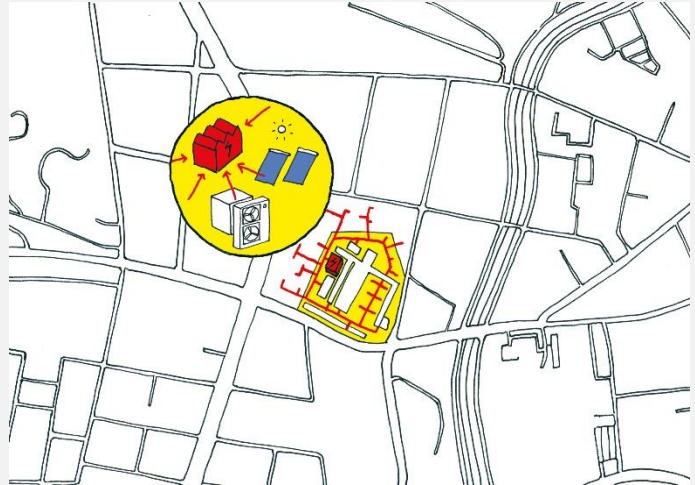


@Grit Koalick

3.1.2.5 Nahwärme (Contractor)

Allgemeine Informationen

Contracting ist eine zusätzliche Dienstleistung, bei der ein spezialisiertes Unternehmen die Planung, Anschaffung und den Betrieb der Wärmelieferung im Auftrag übernimmt. Damit gehört die komplette Heiztechnik zum Dienstleistungsunternehmen. Wärme wird lokal produziert und auf dem Gelände des Verbrauchers verteilt. Contracting kann auch die Verteilleitungen, wie zum Beispiel ein Wärmenetz, umfassen.



@Grit Koalick

Brennstoff: fossile und nicht-fossile Brennstoffe

Produkt: Wärme

Fläche: im räumlichen Zusammenhang zum Versorgungsobjekt, Fläche ist abhängig vom Erzeugerkonzept

Kosten: ca. 12,89 ct/kWh (Grundpreis + Arbeitspreis)

Potential im Rathausblock

mittel: bei Verwendung fossiler Brennstoffe

Positive Nebeneffekte

- Contractoren haben regelmäßig ein gutes Potential innovative Lösungen umzusetzen

Hemmnisse

- Standard-Contractingmodelle basieren regelmäßig auf Erdgasverbrennung, um wirtschaftlich konkurrenzfähig zu sein

3.1.3 Lokale Verteilungsoptionen

3.1.3.1 Stromnetz

Allgemeine Informationen

Das Stromnetz verbindet Erzeuger, Verbraucher und ggf. Speicher miteinander. Üblicherweise werden die dafür benötigten Stromleitungen unter der Erde im Areal verlegt. Der Strom steht auf Niederspannungsniveau zur Verfügung, das im Areal für die Hausanschlüsse benötigt wird.

Funktion: Stromverteilung

Kosten: im Stromliefervertrag enthalten



@Grit Koalick

Potential im Rathausblock

hoch: bereits verfügbar, ggf. Erweiterung notwendig

Positive Nebeneffekte

-

Hemmnisse

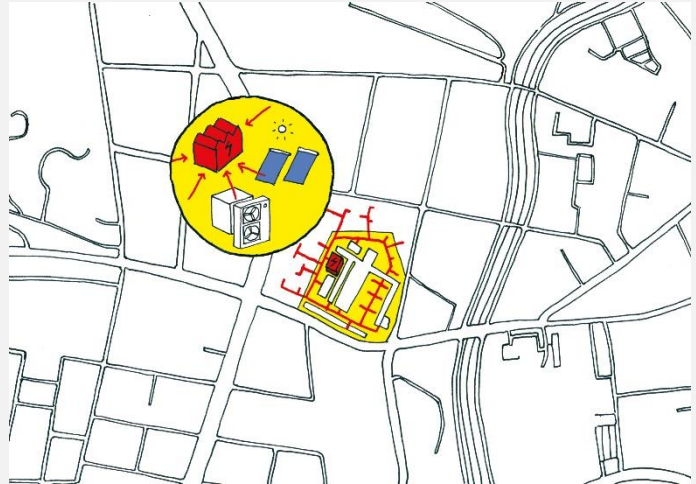
- Das Berliner Stromnetz ist weiterhin maßgeblich abhängig von fossilen Brennstoffen und deren lokalen CO₂ Emissionen.



3.1.3.2 Wärmenetz 90/60

Allgemeine Informationen

Ein Wärmenetz ist für die Anbindung an und Verteilung von Nah- sowie Fernwärme notwendig. Es verbindet Wärmeerzeuger, -verbraucher und ggf. -speicher miteinander. Bei Nahwärme werden zentrale oder dezentrale Wärmeerzeuger ans Wärmenetz angebunden. Bei Fernwärme ist lediglich eine Verbindung von den Hausanschlussstationen im Areal zum Wärmeversorger notwendig.



@Grit Koalick

Das Temperaturniveau 90/60 bezieht sich auf die Vorlauftemperatur zum bzw. Rücklauftemperatur vom Verbraucher. Diese hohen Temperaturen werden vor allem für nicht-sanierte Bestandsgebäude benötigt. Die Versorgung aus einem Fern- oder Nahwärmenetz ist für dieses Temperaturniveau möglich. Die Wärme wird über ein BHKW, einen Brennwertkessel, einen Biomassenkessel und/oder eine Hochtemperatur-Wärmepumpe erzeugt.

Funktion: Wärmeverteilung

Kosten: im Wärmeliefervertrag enthalten

Potential im Rathausblock

hoch

Positive Nebeneffekte

- Prosumer möglich (Energie zum Eigenverbrauch selbst erzeugen - **Producer** und **Consumer** in einem)

Hemmnisse

- gut gedämmte Rohrleitungen notwendig

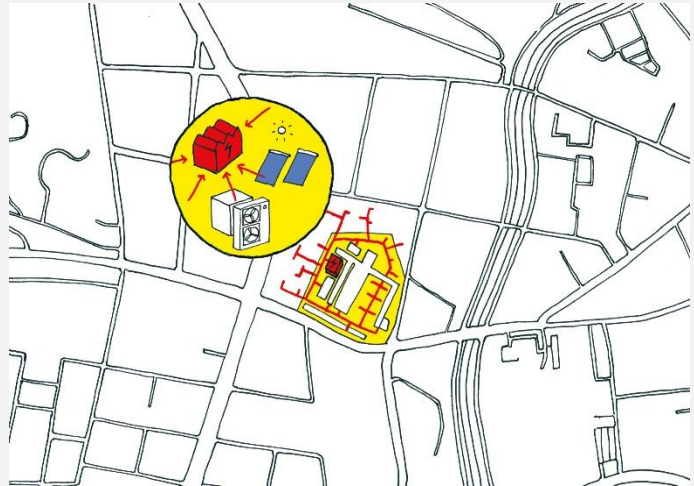


3.1.3.3 Wärmenetz 60/30

Allgemeine Informationen

Ein Wärmenetz ist für die Anbindung an und Verteilung von Nah- sowie Fernwärme notwendig. Es verbindet Wärmeerzeuger, -verbraucher und ggf. -speicher miteinander. Bei Nahwärme werden zentrale oder dezentrale Wärmeerzeuger ans Netz angebunden.

Das Temperaturniveau 60/30 bezieht sich auf die Vorlauftemperatur zum bzw. Rücklauftemperatur vom Verbraucher. Es ist häufig bei sanierten Bestandsgebäuden zu finden und lässt sich gut mit der Nutzung von Solarthermie, Wärmepumpen, Biomassenkessel, BHKW und/oder Brennwertkesseln kombinieren. Für die Verteilung eignen sich eher nur Nahwärmenetze.



@Grit Koalick

Funktion: Wärmeverteilung

Kosten: im Wärmeliefervertrag enthalten

Potential im Rathausblock

hoch

Positive Nebeneffekte

- Prosumer möglich (Energie zum Eigenverbrauch selbst erzeugen - Producer und Consumer in einem)
- Primärenergieeinsparung und somit großer Beitrag zur Wärmewende

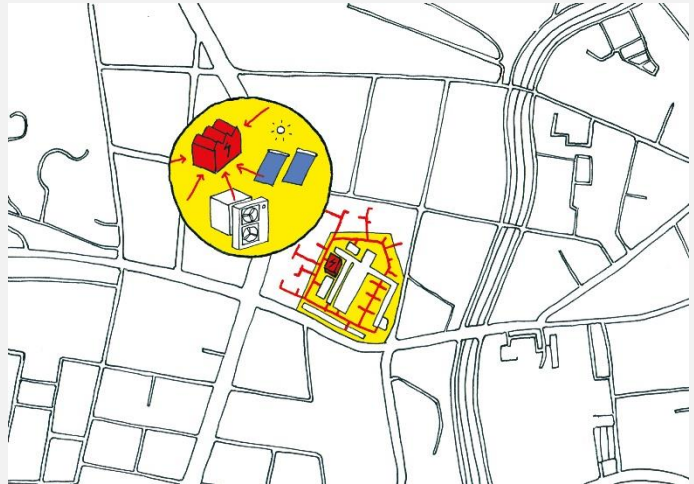
Hemmnisse

-

3.1.3.4 Kaltes Netz für Wärmepumpen

Allgemeine Informationen

Ein Wärmenetz ist für Nah- sowie Fernwärme notwendig. Sie verbindet Wärmeerzeuger, -verbraucher und ggf. -speicher miteinander. Bei Nahwärme werden zentrale oder dezentrale Wärmeerzeuger ans Netz gebunden. Die Temperatur eines kalten Nahwärmenetzes liegt zwischen 0°C und 25°C. Dabei ist zu beachten, dass eine zusätzliche Erwärmung des Trinkwassers notwendig ist.



@Grit Koalick

Kalte Nahwärmenetze können bei sanierten Bestandsgebäuden und Neubau zur Anwendung kommen. Dieses Temperaturniveau eignet sich gut für die Nutzung von Solarthermie, Wärmepumpen und/ oder Brennwertkesseln und nachfolgend für die Kombination mit Flächenheizungen.

Funktion: Wärmeverteilung

Kosten: im Wärmeliefervertrag enthalten

Potential im Rathausblock

hoch

Positive Nebeneffekte

- keine Rohrdämmung notwendig
- Prosumer (**Producer** und **Consumer** in einem) bzw. Energieeinspeisung durch Verbraucher*innen möglich
- Primärenergieeinsparung und somit großer Beitrag zur Wärmewende

Hemmnisse

- große Rohrdurchmesser in Gebäuden notwendig
- kostenintensiv

3.1.4 Lokale Speicheroptionen

3.1.4.1 Wärmespeicher zentral

Allgemeine Informationen

Ein Wärmespeicher ist oft essenziell für die Wärmeversorgung. Wasser in einem zentralen Wärmespeicher nimmt die erzeugte Wärme in einem Wärmenetz auf. Das Warmwasser wird dann dem Speicher bei Bedarf entzogen. Dieser Speicher ist für Heizung und Warmwasser geeignet. Er kann im Rahmen eines Nahwärmenetzes auf dem Areal Anwendung finden.

Funktion: Wärmespeicherung

Kosten: ab 200 €/m³

Potential im Rathausblock

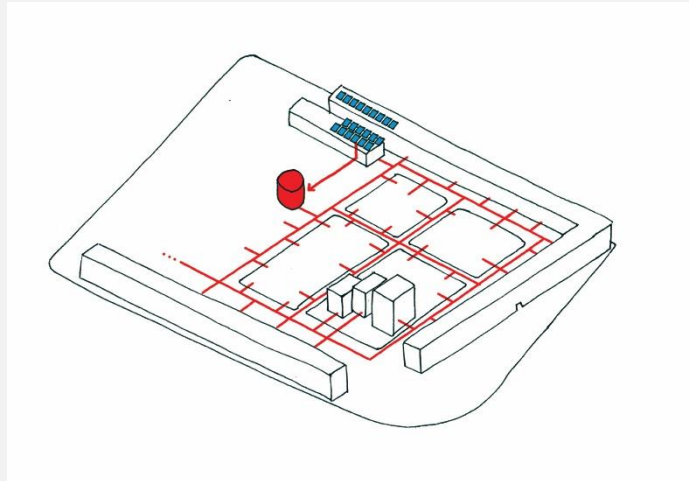
hoch

Positive Nebeneffekte

- kein Platzbedarf in jedem Gebäude benötigt

Hemmnisse

- hoher Platzbedarf an zentraler Stelle nötig
- hohe Wärmeverluste in den Leitungen
- hohes Temperaturniveau des Wärmenetzes



@Grit Koalick

3.1.4.2 Wärmespeicher dezentral

Allgemeine Informationen

Ein Wärmespeicher ist oft essenziell für die Wärmeversorgung. Bei Anwendung dieser Option wird mindestens ein Reaktionswärmespeicher je Gebäude benötigt. Wasser im Speicher nimmt die erzeugte Wärme auf und das Warmwasser wird dem Speicher dann bei Bedarf entzogen. Dieser Speicher ist für Heizung und Warmwasser geeignet. Er kann im Rahmen eines Nahwärmenetzes auf dem Areal Anwendung finden.

Funktion: Wärmespeicherung

Kosten: 650 – 1000 €/m³

Potential im Rathausblock

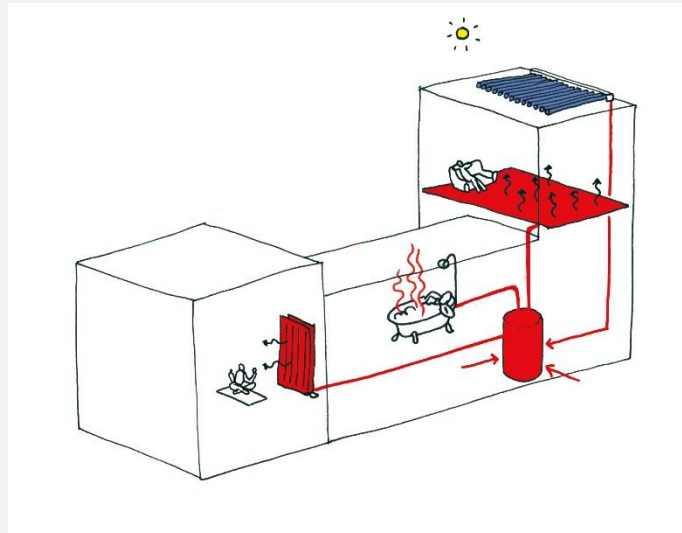
hoch

Positive Nebeneffekte

-

Hemmnisse

- benötigt Aufstellung in der Nähe des Verbrauchers



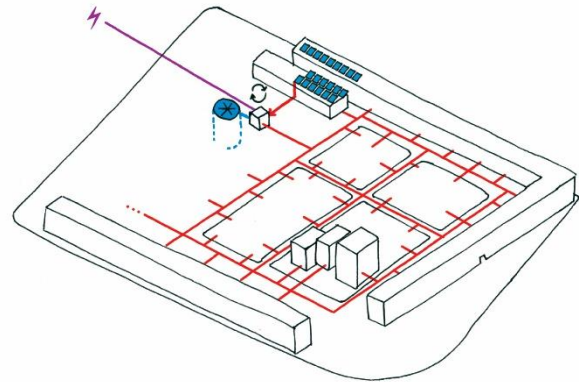
@Grit Koalick

3.1.4.3 Eisspeicher zentral

Allgemeine Informationen

Eisspeicher sind eine Form von Energiespeicher. Es wird ausgenutzt, dass der Phasenübergang zwischen Wasser und Eis viel Energie benötigt – sowohl beim Gefrieren als auch beim Tauen. Die Energiemenge hierfür ist ungefähr genauso groß wie die Energie, die bei einer Abkühlung von Wasser mit einer Temperatur von 80°C auf 0°C frei wird. Im Eisspeicher befindet sich ein Wärmeübertrager. Mithilfe einer Wärmepumpe kann die Wärmeenergie des flüssigen Wassers im Speicher z. B. für die Heizung genutzt werden. Dabei gefriert das Wasser im Speicher. Es kann solange Wärme entzogen werden, bis der gesamte Inhalt des Speichers gefroren ist. Spätestens dann muss der Speicher regeneriert werden, d.h. das Eis im Speicher muss abgetaut werden. Dies kann entweder durch überschüssige Wärme aus solarthermischen Anlagen oder durch Abfuhr von Raumwärme im Sommer in den Eisspeicher geschehen. Somit können Eisspeicher ggf. im Sommer auch für die Kühlung genutzt werden.

@Grit Koalick



Eisspeicher befinden sich in der Regel unterirdisch.

Funktion: Wärmespeicherung

Kosten: ca. 350 €/m³

Potential im Rathausblock

mittel: aufgrund der Flächenkonkurrenz für die Nutzung der Freiflächen

Positive Nebeneffekte

- Kombination mit Solarthermie oder zur Kühlung möglich

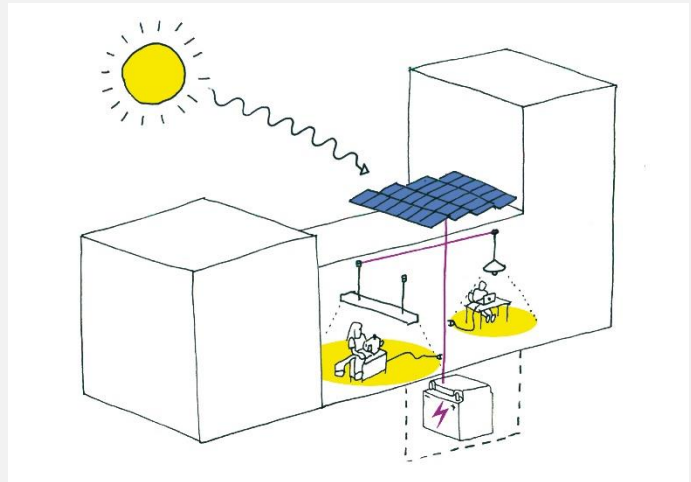
Hemmnisse

- Großer Flächenbedarf

3.1.4.4 Batteriespeicher

Allgemeine Informationen

Stromerzeugung aus regenerativen Quellen findet oft nicht gleichzeitig mit dem Stromverbrauch statt. Für eine erhöhte Ausnutzung des erneuerbaren Stromerzeugungssystems, beispielsweise Photovoltaik, eignen sich Batteriespeicher. Die Batterien werden bei überschüssiger Erzeugung geladen und bei Bedarf zum Stromverbrauch entladen.



Standardmäßig wird der Batteriespeicher im Keller eines Gebäudes aufgestellt. Alternativ können Batterien in Elektrofahrzeugen bei der Möglichkeit des bidirektionalen Ladens als Stromspeicher dienen.

@Grit Koalick

Funktion: Stromspeicherung

Kosten: 1000 – 1800 €/kWh

Potential im Rathausblock

hoch

Positive Nebeneffekte

- Sektorkopplung: Strom und Verkehr
- erhöhter Eigenverbrauch von lokal erzeugtem Strom
- zurzeit förderfähig

Hemmnisse

- hohe Investitionskosten

3.1.5 Verbrauchsoptionen für effiziente Energieverwendung

3.1.5.1 Flächenheizungen

Allgemeine Informationen

Flächenheizungen werden zumeist im Fußboden verlegt, bei Bedarf auch in der Decke oder an den Wänden. Sie sorgen für ein angenehmes Raumklima und haben aufgrund der großen Wärmeübertragungsfläche den Vorteil geringer Vor- und Rücklauftemperaturen. Dadurch lassen sie sich sehr gut z. B. mit Wärmepumpen kombinieren.

Produkt: Wärme

Leistung: 30 – 60 W/m²

Kosten: 35 – 45 €/m²

Potential im Rathausblock

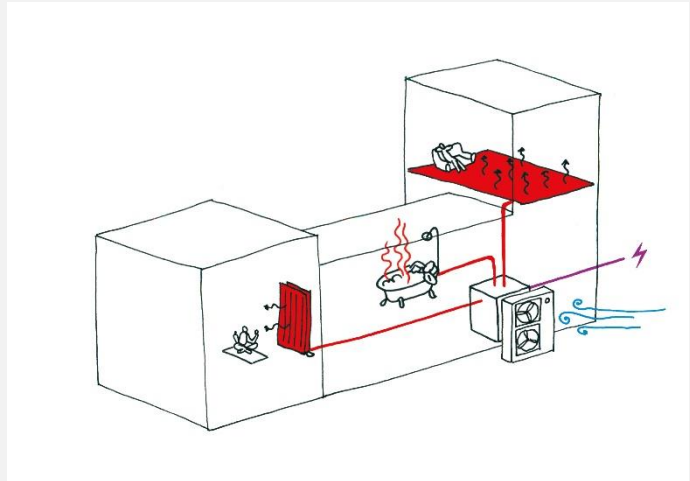
hoch

Positive Nebeneffekte

- keine Heizkörper
- lässt sich gut mit Niedrigtemperatur-Wärmenetzen kombinieren

Hemmnisse

- lange Zeiten bis Heizeffekt spürbar nach vollständiger Abkühlung (ca. 4-8h)

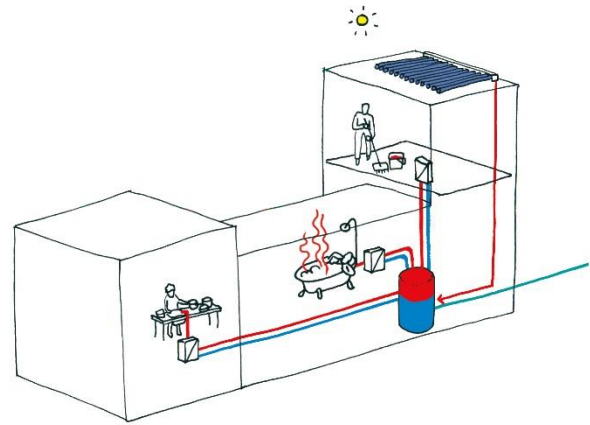


@Grit Koalick

3.1.5.2 Frischwasserstationen für Trinkwarmwasser

Allgemeine Informationen

Eine Frischwasserstation wird genutzt, um Trinkwasser zu erhitzen. Das Trinkwasser wird nach dem Durchlaufprinzip erwärmt, also erst dann, wenn ein Bedarf an warmem Trinkwasser entsteht (z. B. Duschen, Abwaschen, etc.). Die Wärme hierfür kommt aus dem Speicher des Heizsystems. Der Wärmeübergang wird mit einem Wärmetauscher realisiert. Das Wasser aus dem Heizsystem und das Trinkwasser laufen separat in ihren Kreisläufen, nur die Wärme wird übertragen.



@Grit Koalick

Produkt: Trinkwarmwasser

Kosten: 1.000-2.500€ pro Station

Potential im Rathausblock

hoch

Positive Nebeneffekte

- mit Solarthermieanlage kombinierbar
- geringe Gefahr von Legionellen
- geringe Gerätegröße
- Trennung von Trink- und Heizungswasser

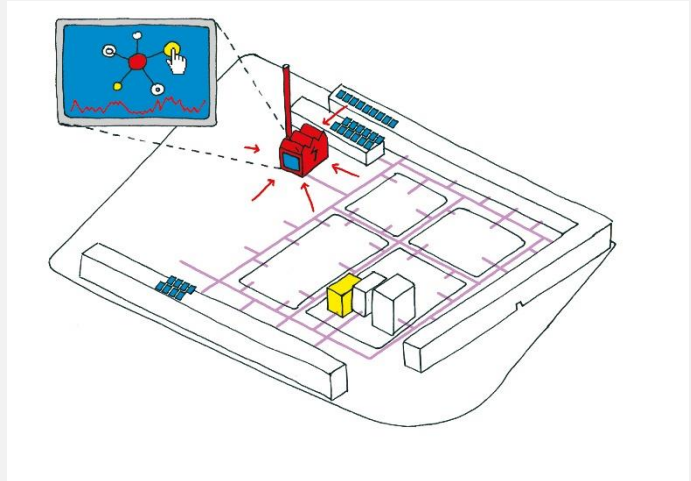
Hemmnisse

- zusätzlicher Strombedarf
- Abhängigkeit vom Wärmeerzeuger

3.1.5.3 Transparente Verbrauchserfassung und Visualisierung

Allgemeine Informationen

Die Visualisierung des Energieverbrauchs führt zu einer bewussteren Wahrnehmung des Energieverbrauchs durch den/die Nutzer*in. Eine Verbrauchserfassung kann auf einem Bildschirm im Gebäude oder in einer Energiemanagement-App visualisiert werden. Dies ermöglicht den Nutzer*innen nicht nur die Quelle der verbrauchten Energie zu kennen, sondern auch sein/ihr Verbrauchsverhalten anzupassen.



@Grit Koalick

Potential im Rathausblock

hoch

Positive Nebeneffekte

- Senkung des Energieverbrauchs und Bedarfs und damit Beitrag zur Energiewende
- Kosteneinsparung durch bewussten Energieverbrauch

Hemmnisse

- kostenintensiv

3.1.6 Schnittstellen mit der Stadt- und Landschaftsplanung

3.1.6.1 Verdunstungsflächen

Allgemeine Informationen

Durch den Klimawandel bedingt ereignen sich Extremwetterereignisse wie z. B. Starkregen häufiger. Um darauf zu reagieren und dies sogar nutzen zu können, werden landschaftsplanerisch sog. Verdunstungsflächen angelegt. Hier kann sich das Regenwasser sammeln. Während es verdunstet, wird die Umgebung abgekühlt. Mit diesem Prinzip können ganze Stadtteile fühlbar abgekühlt werden. Das verringert den Kältebedarf bzw. die Stadtteile werden auf natürliche Weise im Sommer abgekühlt.



Bildquelle: bgmr.de

Potential im Rathausblock

Hoch: hoher Anteil versickerungsfähiger Flächen im Entwurf vorgesehen

Positive Nebeneffekte

- Förderung der Gesundheit der Stadtbäume
- Vielfältige Umsetzungsmöglichkeiten (versickerungsfähiges Pflaster, Dach- und Fassadenbegrünung, etc.)
- Verbesserung des Stadtklimas

Hemmnisse

- große Flächen notwendig

3.1.6.2 Bauliche Integration von Speichern

Allgemeine Informationen

Bei einem Solargründach handelt es sich um ein begrüntes Dach, auf dem auch Solarkollektoren aufgestellt sind. Begrünte Dachflächen eignen sich gut zur Regenwasserrückhaltung. Das zurückgehaltene Regenwasser kühlt bei Verdunstung die umgebende Luft ab.



Bildquelle: bgmr.de

Dies wirkt sich gerade im Sommer positiv auf das Mikroklima und das Wohlbefinden aus. Begrünte Dächer tragen zu einer Verbesserung der Luftqualität in Städten bei und können auch Lärm in begrenztem Maße dämpfen.

Im Fall von Solargründächern wird die Dachfläche durch das Aufstellen von Solarkollektoren doppelt genutzt. Die Vorteile beider Technologien sind dadurch nutzbar: Einerseits die Erzeugung von elektrischem Strom durch Photovoltaik, andererseits die Kühlung und der Regenwasserrückhalt durch die Dachbegrünung. Alternativ können auch Solarthermie-Kollektoren aufgestellt werden.

Potential im Rathausblock

hoch

Positive Nebeneffekte

- Verbessertes Stadtklima aufgrund der Begrünung
- Erweiterung der Regenwasserspeicherung durch entsprechende Systeme möglich

Hemmnisse

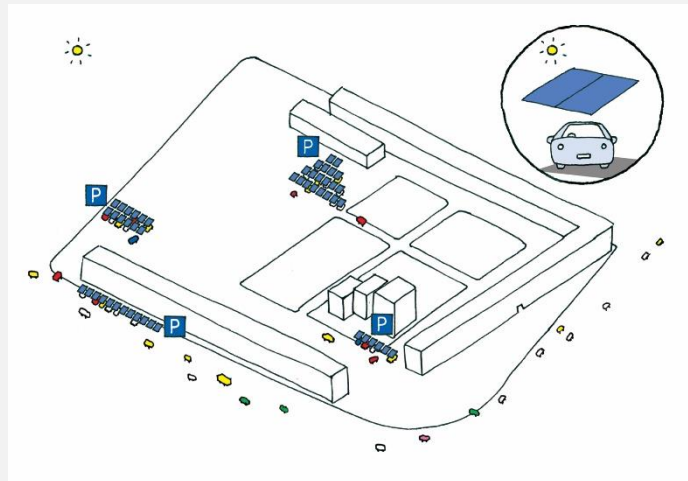
- aktive Pflege der Dachbegrünung nötig und dadurch erhöhte Kosten
- Denkmalschutz

3.1.7 Schnittstellen mit Mobilität

3.1.7.1 Verschattungsoptionen

Allgemeine Informationen

Die Überdachung von Parkplätzen kann mittels Photovoltaik genutzt werden, um elektrische Energie zu gewinnen. Neben der Energiegewinnung ergibt sich der weitere Vorteil überdachten Parkraums. Die gewonnene Energie kann entweder direkt genutzt, ins öffentliche Netz eingespeist oder in Kombination mit Ladestationen für E-Mobilität verwendet werden.



@Grit Koalick

Potential im Rathausblock

gering: aufgrund der Verkehrslage

Positive Nebeneffekte

- Synergien nutzen: doppelte Nutzung der Fläche (Stromerzeugung und verschatteter Parkplatz)

Hemmnisse

- hohe Investitionskosten

3.1.7.2 EE-Strom zur Verfügung stellen

Allgemeine Informationen

Der Beitrag von Elektroautos zur Energie- wende hängt eng mit der Stromquelle zu- sammen. Die Nutzung erneuerbaren Stroms für das Laden von Elektroautos ist eine Voraussetzung für einen neutralen ökologischen Fußabdruck.

Potential im Rathausblock

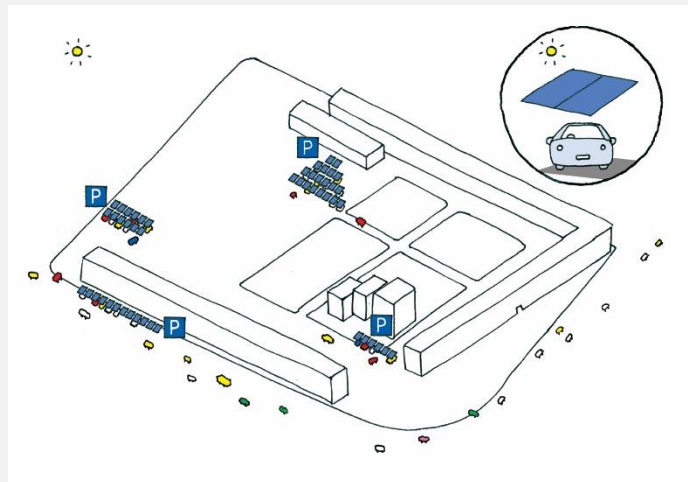
hoch

Positive Nebeneffekte

- Speichermöglichkeit für überschüssigem Strom
- hohe Eigenverbrauchsquote bei Selbsterzeugung des Stroms

Hemmnisse

-

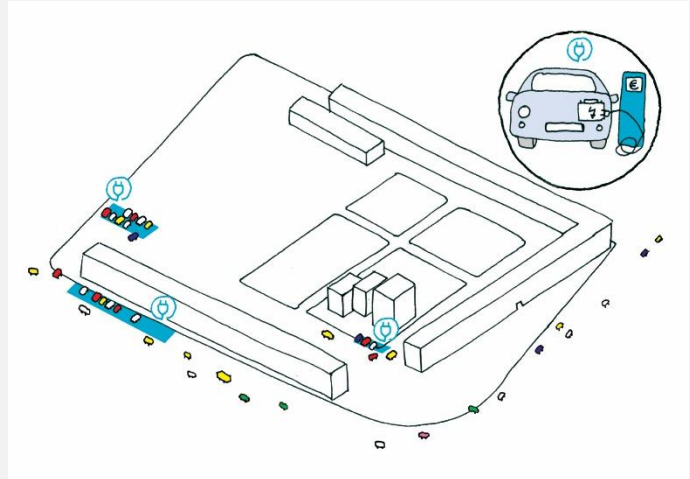


@Grit Koalick

3.1.7.3 E-Fahrzeuge als Zwischenspeicher nutzen

Allgemeine Informationen

Beim Laden von Elektroautos wird Strom aus dem Netz bezogen. Bidirektionales Laden der Batterie stellt eine Möglichkeit der Netzstabilisierung dar, indem die Batterie des Elektrofahrzeugs bei Bedarf entladen wird. Damit stellt das Elektroauto dem Netz Strom zur Verfügung. Diese Möglichkeit lässt sich gut mit einem Energiemanagementsystem kombinieren, so dass das Auto zu den Nutzungszeiten immer geladen ist.



@Grit Koalick

Potential im Rathausblock

hoch

Positive Nebeneffekte

-

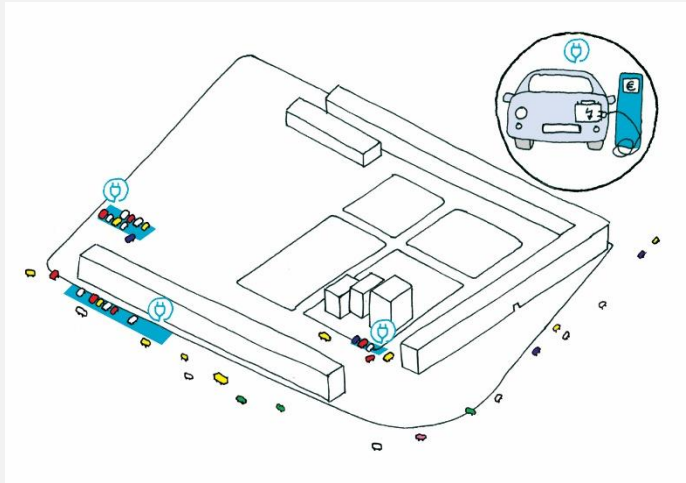
Hemmnisse

- setzt die Möglichkeit des bidirektionalen Ladens der Batterie voraus

3.1.7.4 Lademöglichkeiten für halböffentlichen Bedarf schaffen

Allgemeine Informationen

Beim Aufstellen von Ladesäulen für Elektroautos nahe den Stellplätzen für private Fahrzeuge auf öffentlichen Straßen können Einwohner*innen sowie Besucher*innen des Areals dort ihre Elektroautos laden. Damit stehen bestimmte Parkplätze ausschließlich für den Elektroverkehr zur Verfügung und dieser wird dadurch gefördert. Dies schafft eine Motivation für Bürger*innen Elektroautos als umweltfreundliche Mobilitätsoptionen zu nutzen.



@Grit Koalick

Potential im Rathausblock

gering: autofreies Quartier geplant

Positive Nebeneffekte

- Förderung des nachhaltigen Individualverkehrs

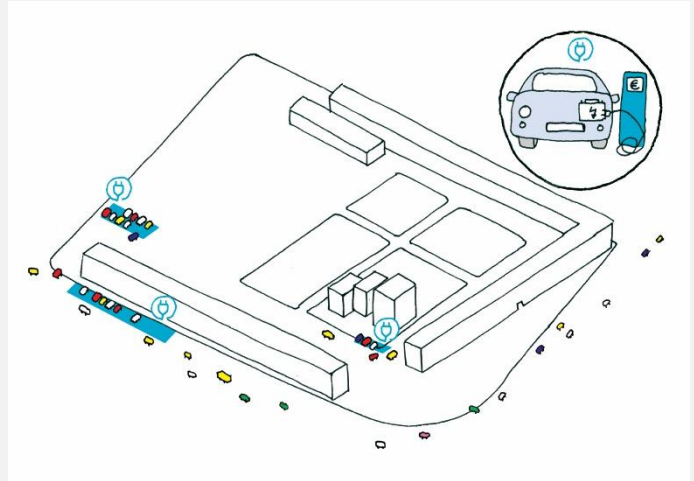
Hemmnisse

- wenige vorhandene öffentliche Parkflächen

3.1.7.5 Stellplatzschlüssel nur für E-Autos

Allgemeine Informationen

Sonderparkplätze mit Ladesäulen können für Elektrofahrzeuge zur Verfügung gestellt werden. Durch Gebäude-Elektromobilitätsinfrastruktur-Gesetz (GEIG) ist die Anzahl an Ladesäulen bzw. die Anschaffung der Ladeinfrastruktur bei Neubauten und großen Bauvorhaben bereits geregelt. Diese sind von der Nutzungsart des Gebäudes und der Gesamtanzahl an Stellplätzen abhängig.



@Grit Koalick

Potential im Rathausblock

hoch

Positive Nebeneffekte

- Elektrofahrzeuge stellen eine Speichermöglichkeit für erneuerbaren Strom dar

Hemmnisse

-

3.1.8 Betriebsmodelle

3.1.8.1 Klassisches Kundenmodell: „jeder einen Hausanschluss“

Allgemeine Informationen

Im konventionellen Fall hat jede*r Kunde/Kundin einen eigenen Hausanschluss und die damit verbundenen Strom- und Wärmelieferverträge mit den Energieversorgungsunternehmen.

Potential im Rathausblock

hoch: bereits in Benutzung

Positive Nebeneffekte

-

Hemmnisse

-

3.1.8.2 Energiegenossenschaft

Allgemeine Informationen

In einer Energiegenossenschaft werden dezentrale Anlagen zwecks der regionalen Energieerzeugung durch ein konzernunabhängiges Unternehmen betrieben. Eine Energiegenossenschaft zeichnet sich durch eine hohe Bürger*innenbeteiligung und eine ökologische Energieerzeugung aus. In diesem Fall sind die Verbraucher*innen gleich die Mitglieder der Genossenschaft. Voraussetzung ist die Zahlung eines regelmäßigen Mitgliedsbeitrags.

Potential im Rathausblock

hoch

Positive Nebeneffekte

- keine Investitionskosten für Mitglieder

Hemmnisse

- erhöhter Abstimmungsbedarf im Rathausblock

3.1.8.3 Contracting

Allgemeine Informationen

Durch die Bereitstellung dezentraler, lokaler Energieerzeuger, beispielsweise Photovoltaik auf dem Dach oder einer Wärmepumpe im Keller eines Gebäudes, wird Energie direkt vor Ort erzeugt. Beim Contracting ist die energieerzeugende Anlage im Eigentum eines Energieversorgungsunternehmens und die Energie wird den Bewohner*innen zur Verfügung gestellt.

Potential im Rathausblock

hoch

Positive Nebeneffekte

- keine Investitionskosten
- hohes Potential für erneuerbare Energieerzeuger

Hemmnisse

-

3.1.8.4 Mieterstrom/Mieterwärme

Allgemeine Informationen

Durch die Bereitstellung dezentraler, lokaler Energieerzeuger, beispielsweise Photovoltaik auf dem Dach oder Wärmepumpe im Keller eines Gebäudes, wird Energie direkt vor Ort erzeugt. Die energieerzeugenden Anlagen gehören dem/der Eigentümer*in des Gebäudes. Strom und Wärme werden von dem/ der Eigentümer*in bzw. Vermieter*in direkt oder über Energieversorgungsunternehmen an die Mieter*innen verkauft.

Dieses Modell kommt nur bei einem Mietverhältnis in Frage.

Potential im Rathausblock

hoch

Positive Nebeneffekte

- vereinfacht die lokale Energieerzeugung

Hemmnisse

-

3.2 Bewertung der Maßnahmen

Ausgehend von einer Strom- bzw. Wärmequelle kann Energie über eine geeignete Technologie erzeugt werden. Zur Entwicklung von Energieversorgungsszenarien hat die Nutzung der lokal verfügbaren erneuerbaren Energiequelle erste Priorität, immer mit Blick auf die technische Umsetzbarkeit im Sanierungsgebiet Rathausblock und die Wirtschaftlichkeit. In den folgenden Energieversorgungsszenarien werden die einzelnen vorgestellten Technologien so miteinander kombiniert, dass der Energiebedarf (Strom und Wärme) gedeckt werden kann. Vor der Zusammenstellung zu einzelnen Szenarien werden die einzelnen Technologien nach den Kriterien:

- CO₂-Minderungspotential,
- Zeit,
- Kosten und
- technische Umsetzbarkeit

bewertet. Hierbei hat jedes Kriterium ein Ziel: das CO₂-Minderungspotential soll hoch, die Umsetzung kurzfristig, die Kosten niedrig und die technische Umsetzbarkeit einfach sein. Die Bewertungsskala besteht aus den Werten 0, 1 und 2, wobei die niedrigste Zahl am weitesten vom Ziel entfernt ist und die höchste Zahl diesem entspricht. Wird das jeweilige Ziel des Kriteriums von der Technologie erreicht, wird es entsprechend mit einer 2 (grün) bewertet. Wird das Ziel des Kriteriums nur mittelmäßig erreicht, wird es mit einer 1 (gelb), oder nicht erreicht, wird es mit einer 0 (rot) bewertet. Die einzelnen Kriterien werden dann wie in Tabelle 5 angegeben gewichtet. In Tabelle 5 sind für die verschiedenen Strom- bzw. Wärmeerzeugungstechnologien inklusive ihrer Energiequellen die Bewertungen der einzelnen Kriterien sowie die gewichtete Gesamtbewertung zu sehen. Zusätzlich dazu spiegelt die Spalte „Potential im Sanierungsgebiet Rathausblock“ das spezifische Potential am Projektstandort wider. Sollte dieser Null betragen, ist die finale Bewertung auch Null (rot = Ziel nicht erreicht).

Die Bewertung der Energiequellen bzw. -technologien durch die Öffentlichkeit im Beteiligungsverfahren auf mein.Berlin.de ist zur Vergleichbarkeit in der Tabelle angegeben.

Der Tabelle 5 sind die beschriebenen Angaben zu entnehmen.

Tabelle 5: Matrix zur Bewertung der erneuerbaren Energieerzeugungspotentiale im Sanierungsgebiet Rathausblock

Erzeugung										
Nr.	Quelle	Technologie	CO2-Minderungspotential		Zeit	Kosten	Technische Umsetzbarkeit	Potenzial im Sanierungsgebiet Rathausblock	Finale Bewertung	Bewertung durch Öffentlichkeitsbeteiligung
			Ziel: hoch Gewichtung: 30%	Ziel: kurzfristig Gewichtung: 10%						
1	Luft	Luft-Wasser-Wärmepumpe	1	2	1	2	1	1,3	1	
2	Abwärme	Luft-Wasser-Wärmepumpe	2	2	2	2	0	0,0	1	
3	Fernwärme	Wasser-Wasser-Wärmepumpe	0	2	1	2	1	1,1	0	
4	Oberflächennahe Geothermie / Solarstrahlung	Sonden + Sole-Wasser-Wärmepumpe	2	1	1	1	1	1,2	1	
5		Erdkollektoren + Sole-Wasser-Wärmepumpe	2	1	1	1	0	0,0	1	
6		Energiepfähle + Sole-Wasser-Wärmepumpe	2	1	1	1	0	0,0	1	
7	Abwasserdruckleitung	Wasser-Wasser-Wärmepumpe	2	1	2	1	2	1,7	2	
8	Abwasserkanal	Wasser-Wasser-Wärmepumpe	2	1	2	2	0	0,0	2	
9	Grundwasser	Wasser-Wasser-Wärmepumpe	2	0	1	0	1	0,9	1	
10	Solarstrahlung	Solarthermie (Flachkollektoren)	2	2	1	2	2	1,8	2	
11		Solarthermie (Vakuümrohrenkollektoren)	2	2	1	2	2	1,8	2	
12		Solarthermie (Solarabsorber)	2	2	1	2	2	1,8	2	
13		Solarthermie + Photovoltaik (Hybridkollektoren)	2	2	1	1	2	1,6	2	
14		Photovoltaik	2	2	2	2	2	2,0	2	
15	Feste Biomasse (Holz)	Blockheizkraftwerk	2	1	1	1	2	1,5	0	
16	Synthetische Gase (Methan)	Blockheizkraftwerk	1	0	0	2	2	1,3	0	
17	Wasserstoff, wenn grün	Blockheizkraftwerk	2	0	0	1	2	1,3	0	
18	Biomethan	Blockheizkraftwerk	1	2	1	2	2	1,6	1	
19	Strom	Power2Heat	0	2	0	2	1	0,9	1	
20		Power2Gas	0	0	0	0	1	0,3	1	
21		Power2Cold	0	2	1	2	1	1,1	1	
22		Power2Mobility	1	2	2	2	0	0,0	0	

Ein hohes Umweltwärmepotential ist durch die im Mehringdamm verfügbare Abwasserdruckleitung vorhanden (Zeile 7). Mit einer Wärmepumpe kann diese Wärme zur anteiligen Deckung des Heiz- und Trinkwarmwasserbedarfs genutzt werden. Nach einer Messung der Berliner Wasserbetriebe zur Nutzung der Abwasserwärme weist diese Leitung eine durchschnittliche tägliche Fördermenge von 210 l/s mit einer zulässigen Temperaturabsenkung des Abwassers in der

Heizperiode von 2-3 Kelvin³² und einer Temperaturerhöhung außerhalb der Heizperiode von 1 Kelvin auf. Die ermittelte maximale Entzugsleistung von 2,6 MW stellt ein hohes Potential zur Nutzung als Wärmebedarfsdeckung dar. Aus diesem Grund wird diese Wärmequelle mit der entsprechenden Technologie für das energetische Quartierskonzept ausgewählt.

Eine Luft-Wasser-Wärmepumpe stellt eine gute Möglichkeit dar, Umweltwärme zu nutzen. Luft-Wärmepumpen beziehen Umweltwärme aus der latenten Energie der Außen- oder Abluft. Damit die Wärme von der Luft auf das Trägermedium in der Wärmepumpe übertragen werden kann, werden Luftkühler oder auch Rückkühler eingesetzt. Besonders bei Groß-Wärmepumpen sind hierfür Aufstellflächen vorzusehen. Da aus energetischen Gründen ein Abplatzen anstelle des Abtauens der eingefrorenen Geräteteile bevorzugt wird, sind als Aufstellflächen Freiflächen ideal. Auch die Aufstellung auf Gebäudedächern ist bei statischer Absicherung möglich. Etwa 15% der Rückkühler befindet sich im Vollastfall abwechselnd im Abtaumodus. Daher muss das Rückkühlerfeld leicht (+20%) überdimensioniert werden. Für das Abtauen kann ein Zwischen-Kreislauf geschaltet werden, dieser nutzt einen kleinen Teil der gewonnenen Wärme zum Abtauen. Durch den hohen Platzbedarf, relativ niedrigen Wirkungsgrad bei geringen Außentemperaturen und hohen Lärmemissionen, resultiert dies in einer mittleren Potentialbewertung.

Abwärme ist für das Konzept nicht geeignet, da es keine bekannten, lokalen Abwärmequellen gibt, solange die Gewerbenutzer*innen vor Ort nicht bekannt sind.

Fernwärme ist für das Konzept nach dieser Bewertung geeignet, obwohl das CO₂-Minderungspotential niedrig ist.

Die unterschiedlichen Ausführungsvarianten für oberflächennahe Geothermie sind für das Projekt geeignet, sollte die Abwasserwärme nicht ausreichend vorhanden sein. Sonst ist diese Quelle redundant, da die Wärme gleichzeitig mit der Abwasserwärme anfällt. Die Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz ist zuständig für die Genehmigung. Bei Anlagen mit einer Heizleistung von über 30 kW ist mit einem aufwendigen Genehmigungsverfahren zu rechnen³³.

³² Die Temperaturskalen von Grad Celsius und Kelvin sind identisch unterteilt, der Zahlenbereich ist jedoch unterschiedlich. Technisch korrekt erfolgt die Angabe von Temperaturdifferenzen in Kelvin. Die Temperaturdifferenz zwischen 20°C und 30°C entspricht demnach 10K.

³³ Vgl. SenUVK, <https://www.berlin.de/sen/uvk/umwelt/wasser-und-geologie/grundwasserbenutzung/erdwaermenutzung/>

Die vier am Standort vorhandenen Abwasserkanäle bieten ähnlich wie die Abwasserdruckleitung ein Umweltwärmepotential. Dies ist jedoch bezogen auf den anfallenden Wärmebedarf zu gering (unter 5% des Bedarfs der Phase I).

Grundwasser-Wärmepumpen werden gleich wie geothermische Wärmepumpen bewertet. Die Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz ist zuständig für die Genehmigung. Laut den im Rahmen des Lernlabors gewonnenen Informationen sind keine genehmigten Grundwassernutzungsprojekte in für das Sanierungsgebiet relevanten Größenordnung in Berlin bekannt. Dieses Potential wurde nicht weiterverfolgt.

Die Solarstrahlung kann zur Wärmeerzeugung durch solarthermische Anlagen genutzt werden. Die so erzeugte Wärmemenge ist jedoch erneut zu gering (unter 5% des Bedarfs der Phase I). Zudem besteht eine Flächenkonkurrenz zu Photovoltaik. Photovoltaik wird für die weitere detailliertere Untersuchung in den Szenarien ausgewählt, da diese Technologie ein hohes Potential für die Stromversorgung birgt. Die Dachflächen werden daher für die Aufstellung von Photovoltaik-Modulen (und Begrünung) genutzt.

Die Strom- und Wärmeerzeugung durch ein BHKW und/oder einen Heißwasserkessel kann über verschiedene klimaneutrale Brennstoffe erfolgen. Feste Biomasse, bspw. Holz als Brennstoff ist nicht lokal verfügbar – dieses müsste aus Waldgebieten angeliefert werden, was zu einer Verlagerung von Emissionen in den Verkehrsbereich führen würde – während synthetische Gase und grüner Wasserstoff noch einige Zeit bis zur kommerziellen Verfügbarkeit benötigen. Biogas bzw. Biomethan eignet sich hier für die weitere Untersuchung.

Strom ist ein universeller Energieträger und maßgeblicher Bestandteil für Sektorkopplung mit dem Bereich der Gebäudewärmeversorgung. Strom trägt bereits einen CO₂-Fußabdruck mit sich, wenn er nicht in erneuerbaren Energieerzeugungsanlagen hergestellt wurde. Dies ist bei der Ermittlung der CO₂-Bilanz zu berücksichtigen. Durch einen Stromnetzanschluss ist Strom theoretisch in unbegrenztem Maße bis zur Leistungsgrenze des Stromanschlusses verfügbar. Praktisch jedoch sind die Stromnetze heutzutage (noch) nicht darauf ausgelegt, dass die Wärmeversorgung zusätzlich zu den bestehenden Stromlasten wie Haushaltsstrom, Technikstrom für Gewerbebetriebe und auch Strom für die Elektromobilität bereitgestellt werden kann. Durch die universelle Einsatzfähigkeit von Strom werden lokale Stromerzeugungsmöglichkeiten ausgeschöpft, um die Erzeugung, Verteilung und Nutzung vom in der Gebäudeenergieversorgung im Sanierungsgebiet zu maximieren. So kann über Power2Heat Wärme aus Strom erzeugt werden. Das CO₂-Minderungspotential dieser Technologie ist von der Quelle des Stroms abhängig. Power2Gas und Power2Cold werden im Rahmen dieses Konzepts nicht benötigt. Power2Mobility wird im Rahmen der Stromversorgung für Elektromobilität betrachtet.

4 Szenarien der Energieversorgung

Nach weiterer Verfeinerung der in der Potentialanalyse betrachteten Energiequellen und Strom- und Wärmeerzeugungstechnologien werden drei Szenarien für jede Entwicklungsphase des Gebiets aufgestellt. Diese werden jeweils mit einem Referenzszenario verglichen. Das Referenzszenario besteht aus einem klassischem Stromanschluss je Gebäude, dem Anschluss an das Berliner Fernwärmeverbundnetz und dient dem Vergleich der ökologischen und ökonomischen Aspekte der erstellten Szenarien.

In Abhängigkeit des ermittelten Bedarfs und aufbauend auf den Ergebnissen der Potentialanalyse ergeben sich unterschiedliche Szenarien zur Strom- und Wärmeversorgung. Dabei wird zwischen der Phase I der Konzepterstellung – bestehend aus dem Dragonerareal, dem Rathausstandort und dem Finanzamt – und der Phase II der Konzepterstellung – dem gesamten Sanierungsgebiet Rathausblock – unterschieden.

Nach der Szenarientwicklung erfolgt eine Berechnung der Treibhausgasemissionen und Primärenergiefaktoren sowie eine Wirtschaftlichkeitsberechnung.

4.1 Phase I: Kerngebiet Dragonerareal, Finanzamt und Rathausgelände

Für die Phase I des Projektgebietes werden drei verschiedene Energieversorgungsszenarien miteinander verglichen. Zur Optimierung der Wirtschaftlichkeit der Reserve- und Spitzenlastversorgung wird das Szenario 3 in drei weitere Varianten unterteilt. Alle betrachteten Szenarien und deren Varianten werden folgend nach allen Gesichtspunkten vorgestellt und gleichwertig miteinander verglichen.

4.1.1 Szenarientwicklung

Strombereitstellung

Der Strombedarf setzt sich zusammen aus den in Kapitel 2.3 ermittelten Bedarfen nach Gebäudenzustand und Gebäudenutzungsart sowie dem Strombedarf für den Betrieb der Wärmepumpen und ggf. einer Power2Heat-Anlage.

Im Referenzszenario wird von einem einfachen Stromanschluss pro Gebäude ausgegangen.

In Szenario 1 werden Photovoltaik-Anlagen nach dem in Berlin gesetzlichen Minimum vorgesehen. Nach dem Berliner Solargesetz³⁴ sind 30 % der Dachflächen der Neubaugebäude mit Solaranlagen zu belegen. Da Solarthermie aufgrund des niedrigen Wärmebereitstellungspotentials ausgeschlossen wurde, werden hier die vorgeschriebenen 30 % der Dachfläche für Photovoltaik-Anlagen für die lokale Stromerzeugung vorgesehen. Für eine maximale Ausnutzung der Dachflächen und um den höchstmöglichen Ertrag zu erzielen wird eine Ost-West-Ausrichtung der Photovoltaik-Module empfohlen. Ost-West ausgerichtete Anlagen haben den Vorteil, dass weniger Abstände zwischen den Anlagen aufgrund geringerer Verschattung benötigt werden im Vergleich zu südausgerichteten Anlagen. So lassen sich mehr Anlagen auf einem Flachdach aufstellen. Es ergeben sich auf den Dachflächen der Neubauten insgesamt 450 kWp. Außerdem besagt das Berliner Energiewendegesetz³⁵, dass alle technisch geeigneten Dachflächen öffentlicher Gebäude bis Ende 2024 mit Photovoltaik-Anlagen bestückt werden müssen³⁶. Öffentliche Gebäude im Gebiet der Phase I sind das Rathaus und das Finanzamt. Letzteres steht unter Denkmalschutz, sodass nicht davon ausgegangen wird, dass Photovoltaik darauf installiert wird. Auf dem Rathausgebäude existiert bereits eine 16 kWp Anlage, sodass die dafür verwendete Fläche von der verfügbaren Fläche für Neuanlagen abgezogen wird. Da die Bestandsanlage eine Südausrichtung aufweist, werden die neu zu installierenden Anlagen auf dem flachen Teil des Dachs ebenfalls so angeordnet. Ein weiterer Teil des Rathauses verfügt über ein Satteldach, welches in drei Ausrichtungen belegt werden kann. Das maximale Potential des Dachs wird über dachparallele Photovoltaik-Anlagen ausgeschöpft. Insgesamt ergibt sich eine Anlage mit 380 kWp auf die Dächer des Rathausgebäudes. In Tabelle 6 sind die Peak-Leistungen der Anlagen angegeben. Der restliche Strom wird aus dem öffentlichen Stromnetz bezogen.

In Szenario 2 wird das Potential der Dachflächen maximal ausgeschöpft. Auch hier werden Flachdächer für die Neubauten mit Ost-West ausgerichteten Photovoltaik-Anlagen angenommen. Bei Nutzung des ganzen Dachs für Photovoltaik in Kombination mit Dachbegrünung führt dies dazu, dass größere Abstände zwischen den Modulreihen vorgesehen werden, was die zu installierende Peak-Leistung pro Flächeneinheit um 33 % absenkt. Hinzu kommt die Photovoltaik-Anlage auf dem Rathausgebäude. Weitere Bestandsgebäude stehen unter Denkmalschutz, ihre Dachflächen werden somit nicht für solare Nutzung vorgesehen. In diesem Szenario wird der restliche Strom durch ein Blockheizkraftwerk (BHKW) bereitgestellt. Überschüssiger BHKW-Strom wird ins Netz eingespeist und vergütet. Die Nennleistung des BHKWs gemeinsam mit der Gesamt-Peakleistung der Photovoltaik-Anlagen ist in Tabelle 6 angegeben.

³⁴ <https://www.berlin.de/sen/energie/energie/erneuerbare-energien/solargesetz-berlin/artikel.1053243.php>

³⁵ <https://www.berlin.de/sen/uvk/klimaschutz/klimaschutzpolitik-in-berlin/energiewendegesetz/>

³⁶ Berliner Klimaschutz- und Energiewendegesetz (EWG Berlin, 2016-03) §19 (3)ff

Die Annahmen und Anlagen zur Stromerzeugung mittels Photovoltaik auf Dachflächen sind für die Szenarien 2 und 3 (A, B und C) identisch. In Szenario 3 (A, B und C) kommen zusätzlich Fassaden-Photovoltaik-Anlagen ab einer Höhe von 10 m bis zur entsprechenden Gebäudehöhe an jede südausgerichtete Fassade der Neubauten im Dragonerareal. Insgesamt ergibt sich eine Peakleistung von 110 kW_p aus allen Fassadenanlagen. Von dieser Stromerzeugung wird für alle Varianten des Szenarios 3 (A, B und C) ausgegangen. Der zusätzlich notwendige Strom wird aus dem öffentlichen Stromnetz bezogen.

Tabelle 6: Nennleistung bzw. Anschlussleistung der Stromerzeugungsanlagen für Phase I

Anlage	Referenz-szenario	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3A	Szenario 3B	Szenario 3C
Photovoltaik: Bestandsanlage Rathaus	-	16 kW _p				
Photovoltaik: Solargründächer		830 kW _p	1.600 kW _p			
Photovoltaik: Fassadenanlage	-	-	-	110 kW _p		
Blockheizkraftwerk (BHKW)	-	-	1.560 kW _{el}	-	-	-
Stromnetzanschluss	800 kW	975 kW		1.350 kW		

Die angegebenen Größen der jeweiligen Stromnetzanschlüsse enthalten ebenso die notwendige Stromanschlussgröße für die sektorgekoppelten Wärmeerzeugungsanlagen, s. Abschnitt „Wärmebereitstellung“. Die oben genannten Anlagenkombinationen der einzelnen Szenarien werden mit Hilfe des Simulationsprogramms EnergyPro zur Dimensionierung und Plausibilisierung simuliert. Für die Stromerzeugung aus Photovoltaik werden dort eingebettete Wetterdaten der direkten und diffusen solaren Einstrahlung sowie die Umgebungstemperatur am Projektstandort verwendet. Mit den in Kapitel 2.3 ermittelten und im Programm hinterlegten

Strombedarfen für die verschiedenen Sektoren sowie den in Tabelle 6 angegebenen Anlagenleistungen wird das Energieerzeugungssystem simuliert. In den Szenarien, in denen ein Teil des Wärmebedarfes über strombetriebene Wärmepumpen gedeckt wird, erhöht sich der Gesamtstrombedarf um den Strombedarf der Wärmepumpen. Die in Abbildung 15 angegebenen Deckungsanteile beruhen auf den anfallenden Bedarfen sowie der simulierten Erzeugung über ein Jahr.

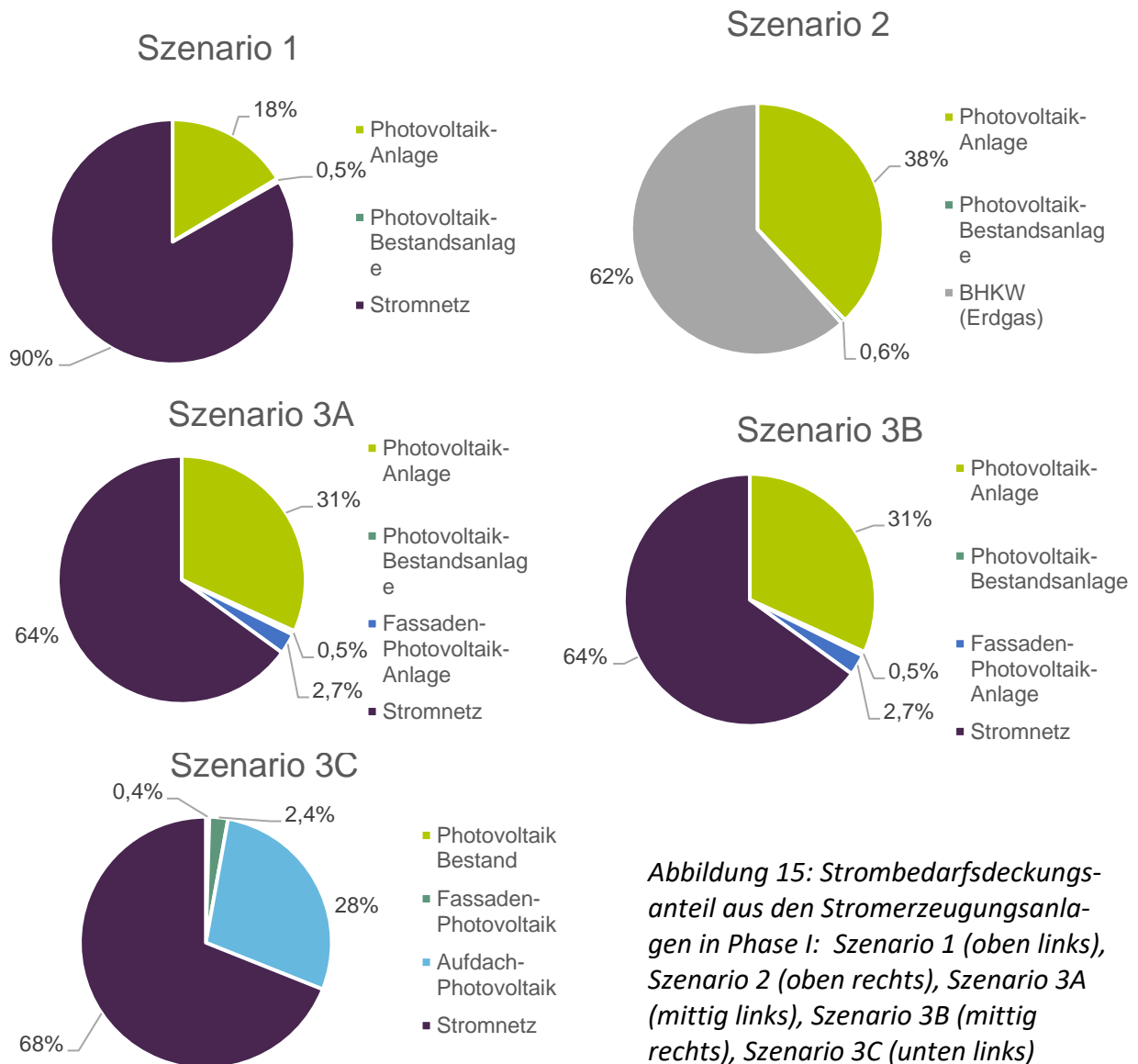


Abbildung 15: Strombedarfsdeckungsanteil aus den Stromerzeugungsanlagen in Phase I: Szenario 1 (oben links), Szenario 2 (oben rechts), Szenario 3A (mittig links), Szenario 3B (mittig rechts), Szenario 3C (unten links)

Die jährlichen Erträge jeder Anlage sind in Abbildung 16 dargestellt.

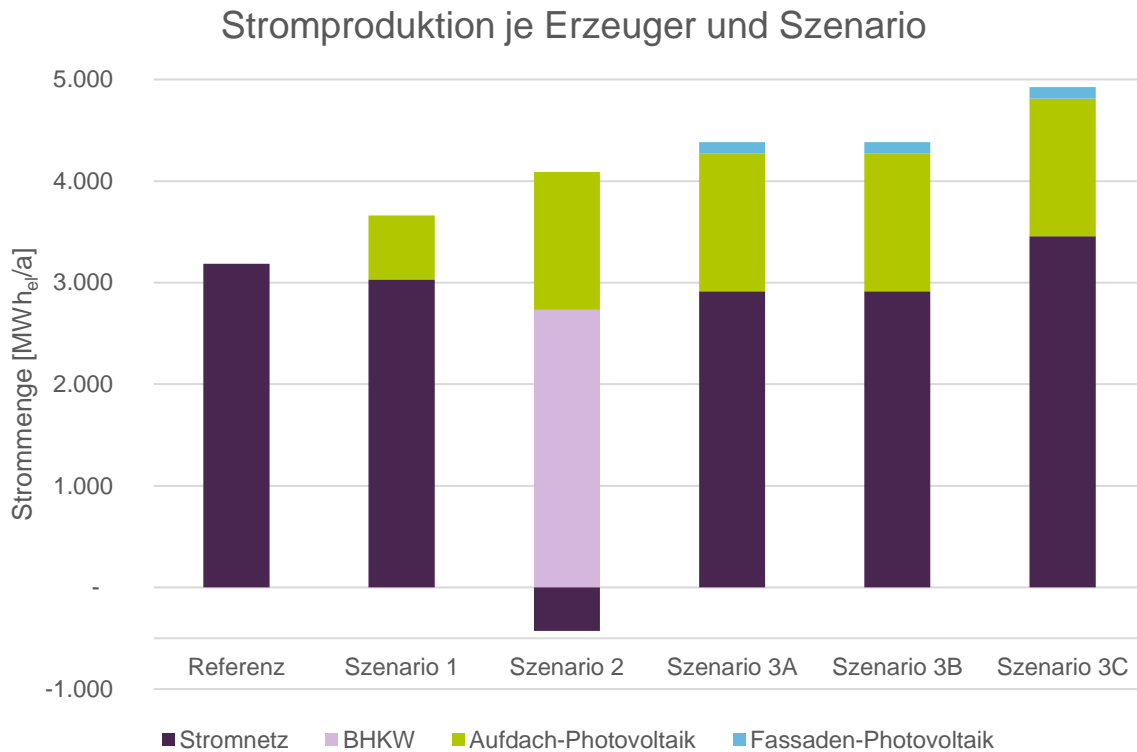


Abbildung 16: Stromproduktion je Erzeuger und Szenario für Phase I³⁷

Da ein Stromnetzanschluss immer vorhanden ist und es keine Notwendigkeit für eine Inselö-
sung gibt, trägt eine Stromspeicherung nicht zu einem Mehrwert des Energiekonzeptes bei. Aus
diesem Grund werden Stromspeicher für die Erhöhung der Eigenverbrauchsquote des im Quar-
tier erzeugten Stroms innerhalb der Gebäude in diesem Konzept nicht empfohlen.

Ein Stromnetzanschluss in der entsprechenden Größe für das Gebiet der Phase I wird benötigt.
Für eine Erweiterung des bestehenden Stromnetzanschlusses in Verbindung mit fachgerechter
Sanierung und Rückbau des Heizöltankes könnte sich der Hausanschlussraum im LPG-Gebäude

³⁷ Eigene Ergebnisdarstellung

gemäß Kapitel 2.4.5. grundsätzlich eignen. In Abhängigkeit der Bauabschnitte und des Neubaufortschrittes sind mehrere Hausanschluss- und Technikräume denkbar und sinnvoll.

Wärmebereitstellung

Wärme wird auf dem Areal für Heiz- sowie Trinkwarmwasserzwecke, wie in Kapitel 2.3 beschrieben, benötigt.

In Szenario 1 wird zur Deckung der Grundlast eine Abwasser-Wärmepumpe mit 520 kW und einem COP (coefficient of performance) von 4,5 vorgesehen. Der COP ist ein Wert, der die Effizienz der Wärmepumpe widerspiegelt. Dieser gibt das Verhältnis der erzeugten Wärme zum benötigten Betriebsstrom an. Für den weiteren Wärmebedarf wird ein Fernwärmeanschluss vorgesehen. Ein 10 m³ Pufferspeicher dient in diesem Szenario dazu, die zeitliche Differenz zwischen Wärmeerzeugung und Wärmebedarf zu überbrücken. Die durch die Wärmepumpen erzeugte Wärme wird vom Wärmespeicher aufgenommen und diesem bei Bedarf wieder entzogen. Die Integration eines netzdienlichen Wärmespeichers bietet zudem die Möglichkeit, den Wärmedeckungsanteil des bevorzugten Wärmeerzeugers zu optimieren.

In Szenario 2 wird dieselbe Abwasser-Wärmepumpe wie in Szenario 1 für die Grundlastdeckung ausgewählt. Der weitere Mittellast-Wärmebedarf wird durch ein erdgasbetriebenes BHKW gedeckt. Das BHKW in diesem Szenario 2 stellt sowohl Strom als auch Wärme bereit und wird so dimensioniert, dass der Wärmebedarf außerhalb der Spitzenlasten gedeckt wird. Die Spitzenlastdeckung übernimmt ein Heizkessel, der an einen gemeinsamen Erdgasanschluss und an eine gemeinsame Schornsteinanlage angeschlossen wird. Für dieses Szenario wurde eine Pufferspeichergröße von 40 m³ ermittelt. Mit diesem Speicher kann zusätzlich zu den bereits genannten Vorteilen das BHKW optimal betrieben werden.

In Szenario 3 wird die Abwasser-Wärmepumpe so dimensioniert, dass sie den gesamten Wärmebedarf außer der Spitzenlast deckt. Zur modularen Wärmedeckung der Bauabschnitte und um den schwankenden Leistungsbedarf gut auszusteuern, wird die insgesamt benötigte Wärmepumpenleistung auf drei Wärmepumpen aufgeteilt. Der restliche Wärmebedarf wird über einen Spitzenlasterzeuger gedeckt. In der ersten Variante dieses Szenarios – Szenario 3 Variante A – wurde hierfür analog zu Szenario 1 ein Fernwärmeanschluss gewählt. In Variante B deckt ein Biogas gefeuerter Heizkessel die Spitzenlast, während eine Power2Heat-Anlage in Form eines Elektroströmungserhitzers dies in Variante C übernimmt. Ein 10 m³ Pufferspeicher wird für alle drei Varianten empfohlen.

Im Referenzszenario wird von einer Fernwärmeversorgung für jedes Gebäude einzeln ausgegangen. Eine Übersicht der Anlagengrößen und Leistungen gibt Tabelle 7 an.

Tabelle 7: Nennleistung bzw. Anschlussleistung der Wärmeerzeugungsanlagen für Phase I

Anlage	Referenz	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3A	Szenario 3B	Szenario 3C
Fernwärme	3.000 kW	2.500 kW	-	2.500 kW	-	-
Abwasser- Wärmepumpe	-	520 kW		1.610 kW		
Blockheizkraft- werk	-	-	1.578 kW _{th}	-	-	-
Spitzenlastkes- sel	-	-	1.100 kW	-	2.500 kW	-
Power2Heat	-	-	-	-	-	2.500 kW

Da zur Aufrechterhaltung des Betriebes der gesamten Städtentwässerung temporäre Umleitungen der Abwassermengen, z. B. aufgrund von Wartungsarbeiten, notwendig werden kann, demnach die Abwasserdruckleitung im Mehringdamm in dem Zeitraum nicht als Wärmequelle zur Verfügung steht, dient der Spitzenlasterzeuger ebenfalls als Reservewärmeerzeuger. Er wird so groß dimensioniert, dass im Falle eines Ausfalls der Abwasserwärme noch 80 % des Bedarfs über den Spitzenlasterzeuger gedeckt werden kann.

Die Wärmeerzeuger pro Szenario werden gemeinsam mit den Stromerzeugern und in Abhängigkeit der jeweiligen ermittelten Bedarfe und Umweltbedingungen am Projektstandort simuliert. Die Simulation der Wärmeerzeugung erfolgt jeweils auf Basis eines bereinigten Wärmebedarfslastgangs für den Standort auf Basis des kältesten Jahres der letzten 10 Jahre.

Der Anteil des Wärmebedarfs, der durch jede Anlage im jeweiligen Szenario gedeckt werden kann, ist in Abbildung 17 zu sehen. Der Wärmeerzeugungsanteil der Spitzenlasterzeuger in den Szenarien 3 A bis C bleibt konstant (9 %).

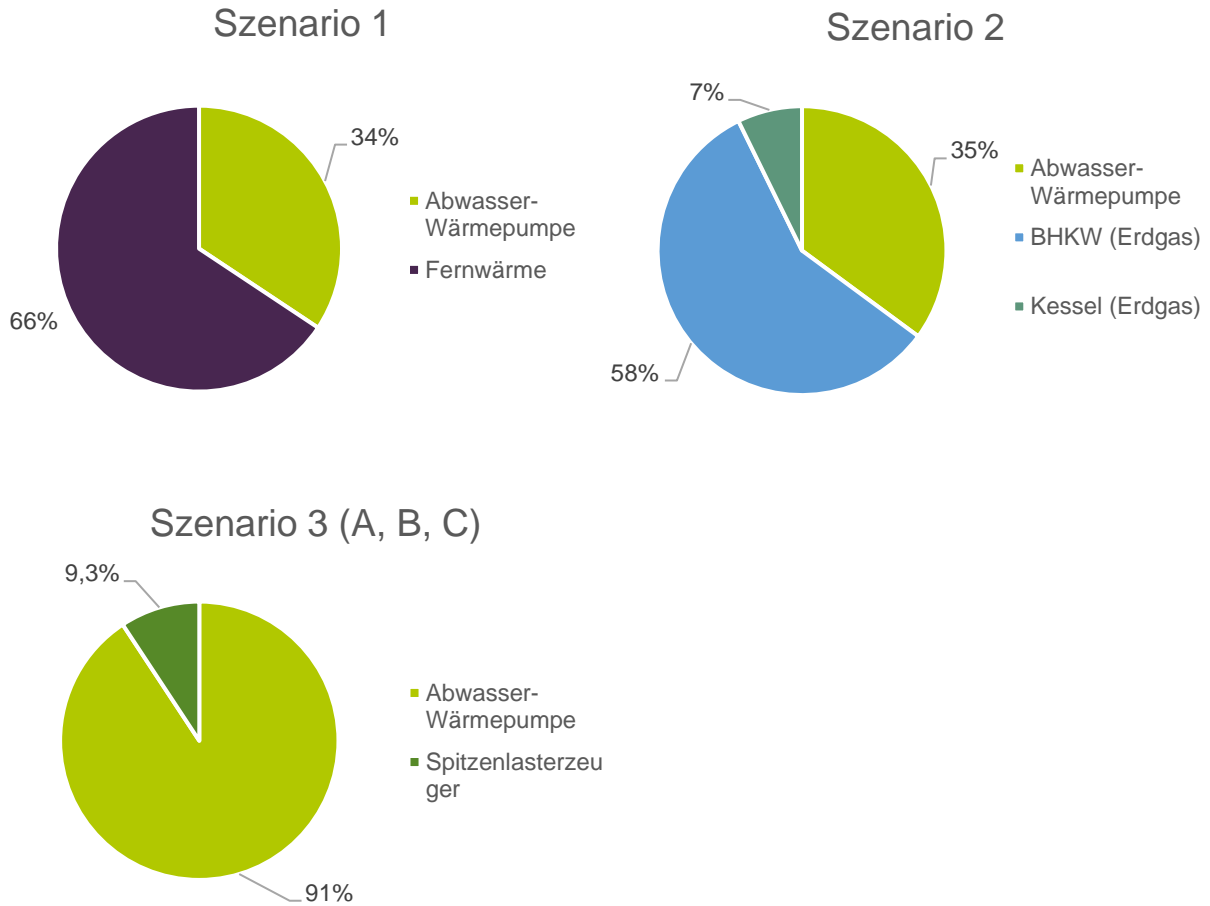


Abbildung 17: Wärmebedarfsdeckungsanteil aus den Wärmeerzeugungsanlagen in Phase I: Szenario 1 (oben links), Szenario 2 (oben rechts), Szenario 3 (A, B, C) (unten links)³⁸

Die absoluten Erträge aus jeder Anlage und jedem Szenario sind in Abbildung 18 dargestellt.

³⁸ Eigene Ergebnisdarstellung

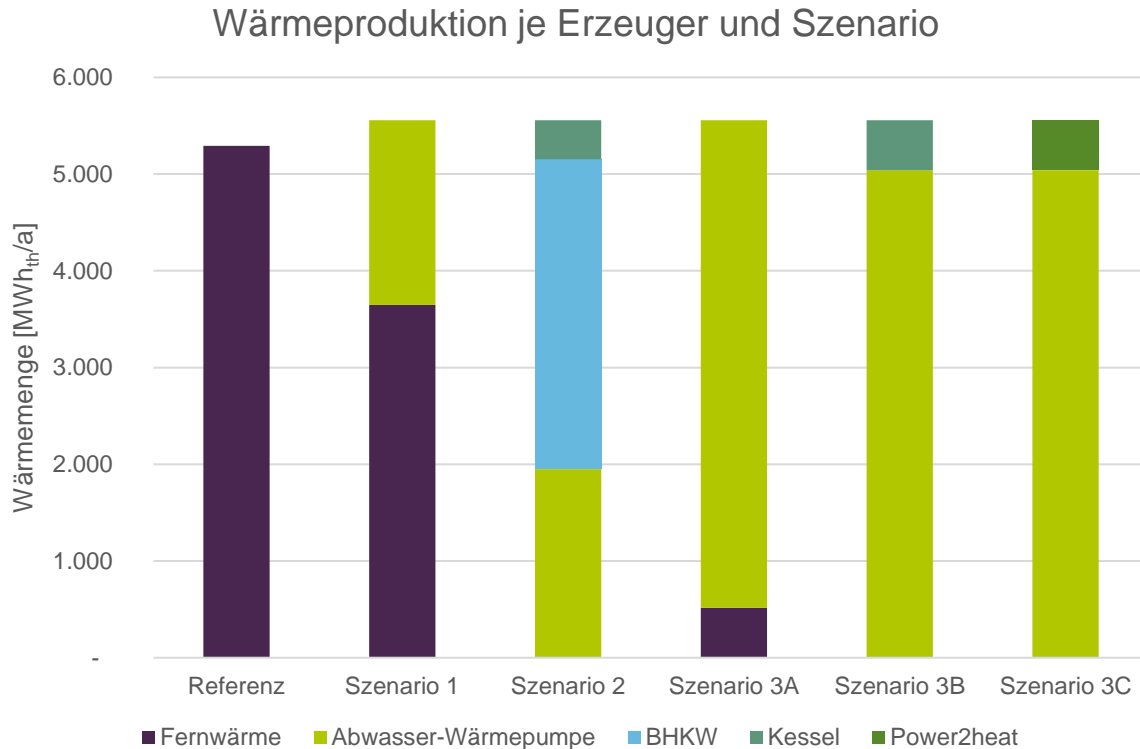


Abbildung 18: Wärmeproduktion je Erzeuger und Szenario für Phase I³⁹

In allen Szenarien wird die Abwasser-Wärmepumpe benötigt. Dafür soll ein Rohr-in-Rohr-Wärmetauscher um die Abwasserdruckleitung im Mehringdamm angebracht werden. Die Berliner Wasserbetriebe (BWB) haben sich frühzeitig und aktiv an der Entwicklung des energetischen Quartierskonzeptes beteiligt, insbesondere mit der Durchführung einer Abwasserdurchflussmessung⁴⁰, um das Potential zur Wärmenutzung zu bestimmen. Die grundsätzliche Bereitschaft der BWB besteht, eine Sanierung der Druckleitung im Mehringdamm mit dem Einbau eines Abwasserwärmetauschers zu verbinden. Laut Aussage des BWB scheint die Sanierung fällig zu sein, sodass hier Handlungsdruck seitens der Akteure im Sanierungsgebiet Rathausblock notwendig wird, um Synergieeffekte wie eine Baustelleneinrichtung auf der Hauptverkehrsstraße Mehringdamm und eine vorläufige Kostenaufteilung zu heben. Außerdem sind im Leitungsver-

³⁹ Eigene Ergebnisdarstellung

⁴⁰ BWB, Grundlagenermittlung Nutzung von Wärme aus Abwasser zur Gebäudeheizung bzw. Kühlung für das geplante Neubauvorhaben Dragoner Areal/Rathausblock, Berlin, vom 9.2.2021

lauf auch weitere Abwasserwärmetauscher geplant, die ggf. einen Einfluss auf die zu entnehmende Wärmemenge haben könnten. Die Länge des Wärmetauschers ist von der benötigten Leistung abhängig. In den Szenarien 1 und 2 beträgt die Länge für eine Wärmepumpenleistung von 520 kW ca. 70 m. Bei einer Wärmepumpenleistung von 1.610 kW in Szenario 3 (A, B, C) wird ein ca. 180 m langer Wärmetauscher benötigt. In diesem Wärmetauscher fließt ein Wärmeträgermedium, das die Wärme aus dem Abwasser aufnimmt und zu den Wärmepumpen in der Technik- bzw. Energiezentrale transportiert. Die Lage der Abwasserdruckleitung sowie der Verbindungsleitung ist in Abbildung 19 veranschaulicht. Dabei ist die Abwasserdruckleitung, die entlang dem Mehringdamm verläuft, in rot eingezeichnet und die Verbindungsleitung in rot/blau. Diese schließt sich hier direkt ans Nahwärmenetz an, da keine genaue Verortung der Energiezentrale stattgefunden hat.

Eine Energiezentrale wird für die Unterbringung der für die Wärme- und ggf. Stromerzeugung notwendigen Technik benötigt. Je näher diese an der Abwasserdruckleitung im Mehringdamm ist, desto weniger Wärmeverluste entstehen. Die Energiezentrale kann aus einem oder mehreren Räumen in einem Bestandgebäude und/oder Neubaugebäude bestehen. Alternativ kann diese eine freistehende Zentrale sein. Für die Kostenermittlung wird von einem Neubau ausgegangen. Für die Phase I wird von einer Technikzentrale mit 200 m² Fläche und 3 m Raumhöhe ausgegangen. Je nach Szenario werden hier folgende Anlagen untergebracht: Wärmepumpe(n), BHKW, Heizkessel und/oder Power2Heat-Anlage. Dies ist auch der geeignete Ort für einen Fernwärmeanschluss und den Stromanschluss für die Wärmepumpen. Es kommt weitere Anlagentechnik, unter anderem EMSR (elektrische Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik), Druckhaltungsanlagen, Netzpumpen, elektrische Anlagen sowie IT und Sicherheitstechnik dazu. Eine Abgasanlage und ein Schornstein werden für Szenario 2 und Szenario 3 Variante B benötigt, da in diesen Szenarien eine Verbrennung stattfindet. Ein oder mehrere Wärmeübertrager sorgen hier dafür, dass die durch die Anlagen in der Energiezentrale erzeugte Wärme in das Nahwärmenetz im Projektgebiet eingetragen wird.

Ein wichtiger Bestandteil in allen Szenarien sind die Trassenführung und die Leitungsdimensionen des Nahwärmenetzes, in denen die Wärme transportiert wird. In Abbildung 19 wird ein exemplarischer Leitungsverlauf für die weitere Simulation und die anschließende Kostenermittlung dargestellt. Bei einer Detailplanung der Leitungsführung des Wärmenetzes werden Faktoren wie bspw. die Lage der geschützten Wurzelräume, weitere Grundleitungen und insbesondere der Baufortschritt Berücksichtigung finden. Die Anschlussleistung jeder Wärmeübertragungsstation ist ebenfalls Abbildung 19 sowie Anlage 3 zu entnehmen. Ein Zwei-Leiter-System mit einer Vorlauftemperatur von 55°C und Rücklauftemperatur von 35°C wird für das Nahwärmenetz mit den in Kapitel 2.3 beschriebenen Gebäudestandards und Erzeugertechnologien empfohlen. Es ergibt sich eine Gesamtnetzlänge (Vorlauf und Rücklauf) von 3.045 m. Nähere Informationen zu den Leitungen sind in Anlage 5 zu finden.

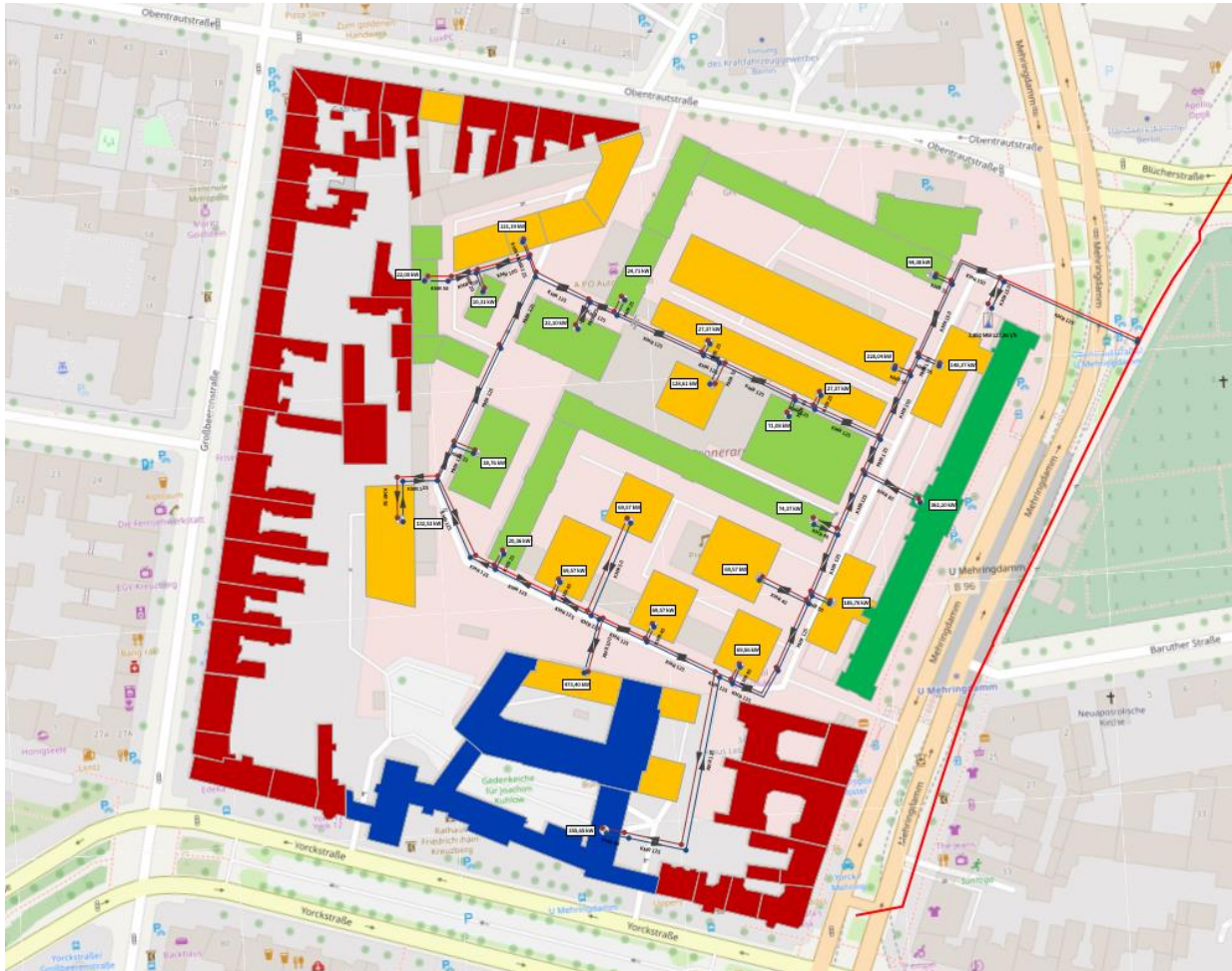


Abbildung 19: Exemplarische Leitungsführung des Nahwärmenetzes für Phase I⁴¹

Zur Trinkwarmwassererwärmung können Frischwasserstationen installiert werden. Für den Bereich Wohnneubau mit 500 Wohneinheiten ergeben sich 250 Stück, für die Verwaltung 8 Stück, für das Gemeinwohl 12 Stück und für das Gewerbe 118 Frischwasserstationen. Bei einer dezentralen Warmwassererzeugung und Einhaltung der sogenannten 3-Liter-Regel kann auf eine Zirkulation und thermische Desinfektion mit mindestens 60°C verzichtet werden. Die 3-Liter-Regel besagt, dass sich zwischen der Erwärmung des Trinkwassers und der letzten Entnahmestelle lediglich maximal 3 Liter Wasser in der Leitung befinden dürfen.

⁴¹ Eigene Darstellung

4.1.2 Treibhausgasbilanz und Primärenergiefaktoren

Zur Bewertung der Szenarien und deren Vergleich miteinander aus ökologischer Sicht werden die Treibhausgasemissionen, die Emissionseinsparung sowie die Primärenergiefaktoren herangezogen. Treibhausgasemissionen entstehen bei der Verbrennung fossiler und biogener Brennstoffe, sowohl vor Ort als auch bei Strom- oder Fernwärmebezug aus den entsprechenden Netzen, solange die Strom- und Wärmeerzeugung in diesen Netzen anteilig durch Verbrennung entsteht. Die Emissionseinsparung in jedem Szenario wird als Vergleichsgröße verwendet, um die Szenarien ökologisch bewerten zu können. Zudem kann der notwendige Einsatz von Primärenergie in jedem Szenario durch die Berechnung eines Primärenergiefaktors eines Wärmenetzes ermittelt werden.

Treibhausgasbilanz

Bei der Berechnung der Treibhausgasemissionen werden hier ausschließlich Emissionen, die durch den Betrieb der Anlagen und den Betrieb des Wärmenetzes entstehen, eingerechnet. Emissionen, die durch Herstellung und Rückbau der Anlagen entstanden sind, werden nicht einbezogen, da diese in der Ermittlung der abrechenbaren Energiekosten nicht anwendbar sind. Im Rahmen der dynamischen Entwicklung der weltweiten Klimaschutzgesetzgebungen und der Entstehung und Erweiterung von Emissionshandelssystemen (vgl. die Einführung des nationalen Brennstoffemissionshandels zum 01.01.2021 in Deutschland und die erwartete Einführung eines europäischen Emissionshandelssystems für Gebäude und Verkehr⁴² im Jahr 2025) gehen wir davon aus, dass die Emissionen zukünftig in Produktpreisen abgebildet werden.

Die Berechnung der Treibhausgasemissionen aus jedem Szenario bedarf der Nutzung von spezifischen Emissionsfaktoren, die die Menge der entstehenden Treibhausgasemissionen pro erzeugter Energieeinheit aus dem jeweiligen Brennstoff angibt. Die hier verwendeten Brennstoffspezifischen Emissionsfaktoren sowie die des Strom- und Fernwärmenetzes sind in Tabelle 8 angegeben. Es wird davon ausgegangen, dass der Betrieb dieses Energiesystems im Jahr 2025 startet und die Anlagen über das Jahr 2045 hinaus betrieben werden, sodass die Emissionen über eine Laufzeit von 20 Jahren ermittelt werden. In der Tabelle sind die aktuellen Emissionsfaktoren angegeben. Für die Brennstoffe Erdgas und Biogas sowie für Photovoltaik-Strom bleiben die Emissionsfaktoren über die Zeit unverändert. Jedoch ist eine Dekarbonisierung sowohl der Stromnetze als auch der Fernwärmenetze in Deutschland vorgesehen. Dementsprechend wird prognostiziert, dass die Emissionen bis zum politischen Zieljahr der Klimaneutralität (das

⁴² https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/qanda_21_3542

Jahr 2045 zur Zeit der Verfassung dieses Berichts) absinken. Es ergeben sich somit niedrigere Emissionsfaktoren dieser Netze im Jahr 2045.

Tabelle 8: Emissionsfaktoren der Energieträger im aktuellen Jahr sowie im Jahr 2045

Energieträger	Emissionsfaktor aktuell [t/MWh]	Emissionsfaktor 2045 [t/MWh]
<i>Stromnetz</i>	0,560 ⁴³	0,019 ⁴⁴
<i>Photovoltaik</i>	0,000	0,000
<i>Fernwärme</i>	0,236 ⁴⁵	0,121 ⁴⁶
<i>Erdgas</i>	0,240 ⁴⁰	0,240
<i>Biogas</i>	0,140 ⁴⁰	0,140

Aus diesen Emissionsfaktoren und Dekarbonisierungspfaden sowie der Energieerträge jedes Strom- bzw. Wärmeerzeugers werden die Treibhausgasemissionen errechnet und in Abbildung 20 veranschaulicht. Zur Berechnung der Emissionen aus dem BHKW wird die Stromgutschriftmethode angewendet.

⁴³ Gebäudeenergiegesetz 2020

⁴⁴ IINAS (Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien) (2019). Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch und THG-Emissionen des deutschen Strommix im Jahr 2018 sowie Ausblicke auf 2020 bis 2050

⁴⁵ Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, 2021: <https://www.berlin.de/sen/uvk/klimaschutz/klimaschutz-in-der-umsetzung/vorbildrolle-oeffentliche-hand/energieverbrauch-oeffentlicher-gebäude/>

⁴⁶ Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm 2030

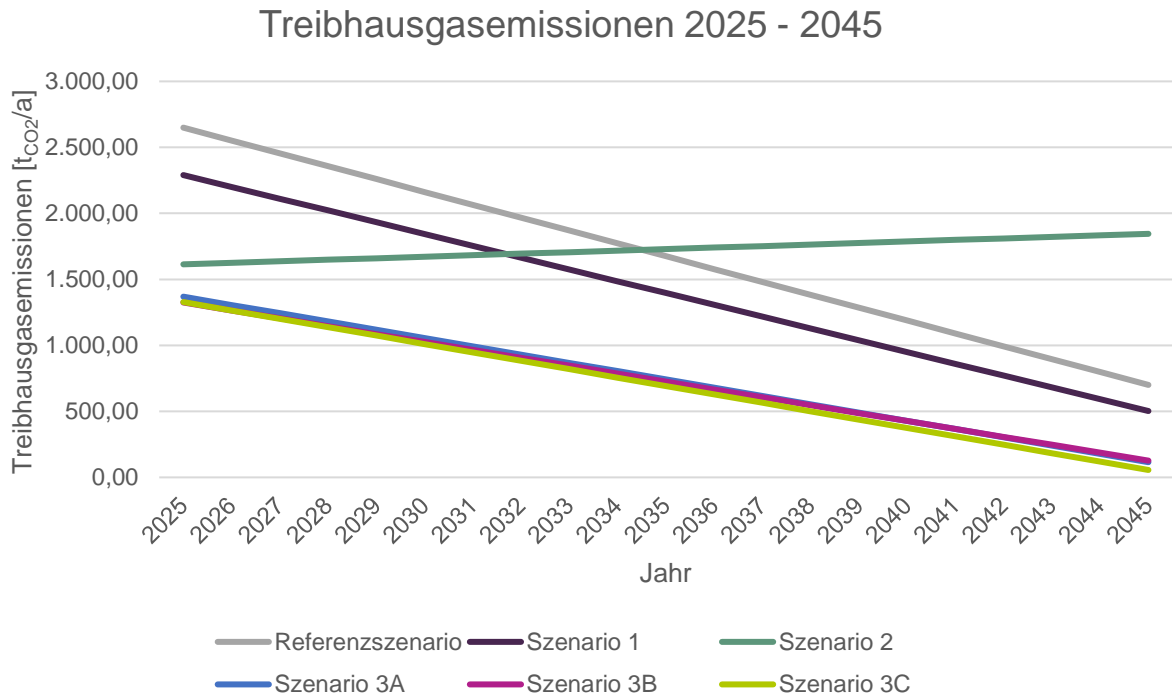


Abbildung 20: Treibhausgasemissionen von 2025 bis 2045 nach Szenario für Phase I⁴⁷

Die gesamten Emissionen aus diesem Zeitraum aus einem Energiesystem nach den vorgeschlagenen Szenarien werden mittels Aufsummierens der jährlich entstehenden Emissionen von 2025 bis 2045 berechnet. Zur ökologischen Bewertung der Szenarien werden die Emissionseinsparungen im Vergleich mit dem Referenzszenario dargestellt. Diese betragen 11 % für Szenario 1, -9 % für Szenario 2 (d.h. es werden 9 % mehr Treibhausgasemissionen erzeugt als bei einer Energieversorgung nach dem Referenzszenario), 40 % für Szenario 3A, 41 % für Szenario 3B und 38 % für Szenario 3C. Abbildung 21 veranschaulicht diesen Vergleich.

Die Varianten des Szenario 3 liegen alle nah aneinander, da die Wärme zum größten Teil aus Abwasserwärme stammt. In Szenario 3A wird die Spitzenlast (unter 10 % des Wärmebedarfs) mit Fernwärme gedeckt, sodass die Emissionen vom Dekarbonisierungspfad der Fernwärme abhängen. Bei Spitzenlastdeckung mittels eines Biogaskessels bleiben die aus dem Kessel entstehenden Emissionen konstant über die Zeit, da sich die Emissionen aus dem Brennstoff Biogas nicht verändern. Diese liegen am Anfang des Betrachtungszeitraums unter den Emissionen aus

⁴⁷ Eigene Ergebnisdarstellung

Fernwärme und Strom und am Ende des Betrachtungszeitraums weit darüber. Szenario 3C mit Power2Heat ist ebenfalls vom Dekarbonisierungspfad des Stromnetzes abhängig. Dieser ist steiler als der Dekarbonisierungspfad der regionalen Fernwärme, sodass die Emissionen aus Szenario 3C im Jahr 2025 höher sind als die der Varianten A und B und im Jahr 2045 niedriger.

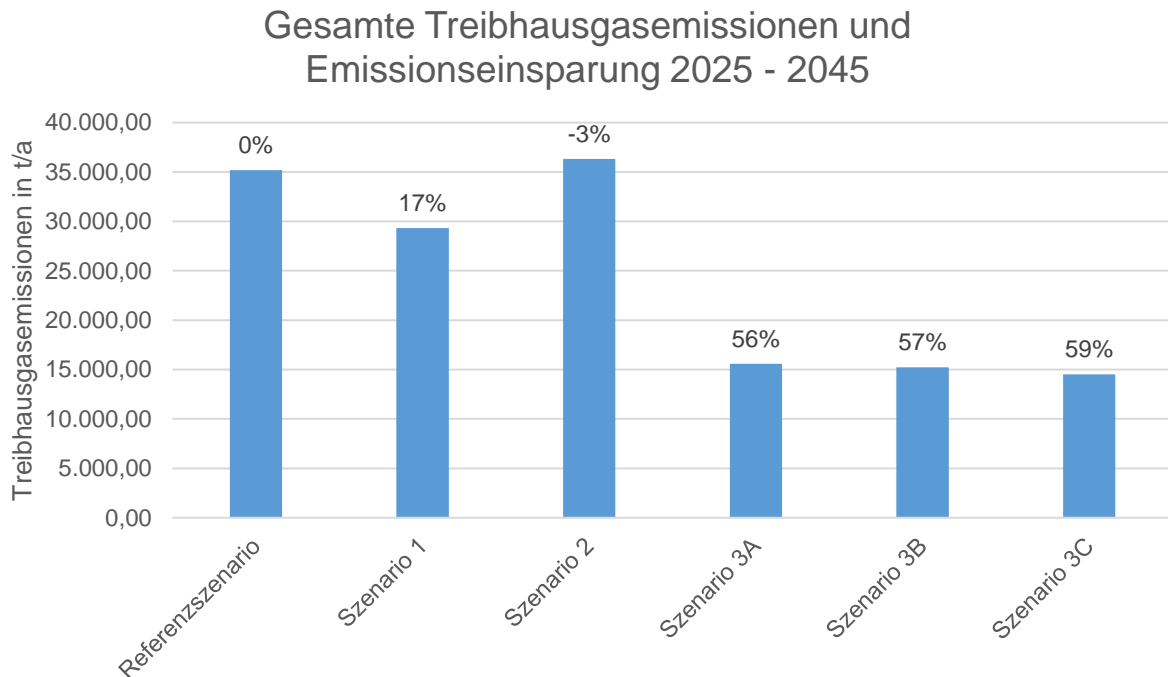


Abbildung 21: Gesamte Treibhausgasemissionen und Emissionseinsparungen im Vergleich zum Referenzszenario von 2025 bis 2045 nach Szenario für Phase I⁴⁸

Die weltweiten sowie nationalen Klimaziele beziehen sich üblicherweise auf das Bezugsjahr 1990. Zur Vergleichbarkeit werden die aus jedem für Phase I entwickelten Energieversorgungsszenario entstehenden Treibhausgasemissionen mit den Emissionen, welche aus einer Stromversorgung mit dem deutschen Strommix im Jahr 1990 sowie einer Wärmeversorgung mit einem Erdgas gefeuerten Heizkessel entstehen, in Bezug gesetzt. Es ergeben sich Emissionseinsparungen von 81 % mit dem Referenzszenario, 86 % mit Szenario 1, 50 % mit Szenario 2, 96 % mit den Szenarien 3A und 3B sowie 98 % mit Szenario 3C. Die absoluten Emissionen sowie die Emissionseinsparungen zeigt Abbildung 22.

⁴⁸ Eigene Ergebnisdarstellung

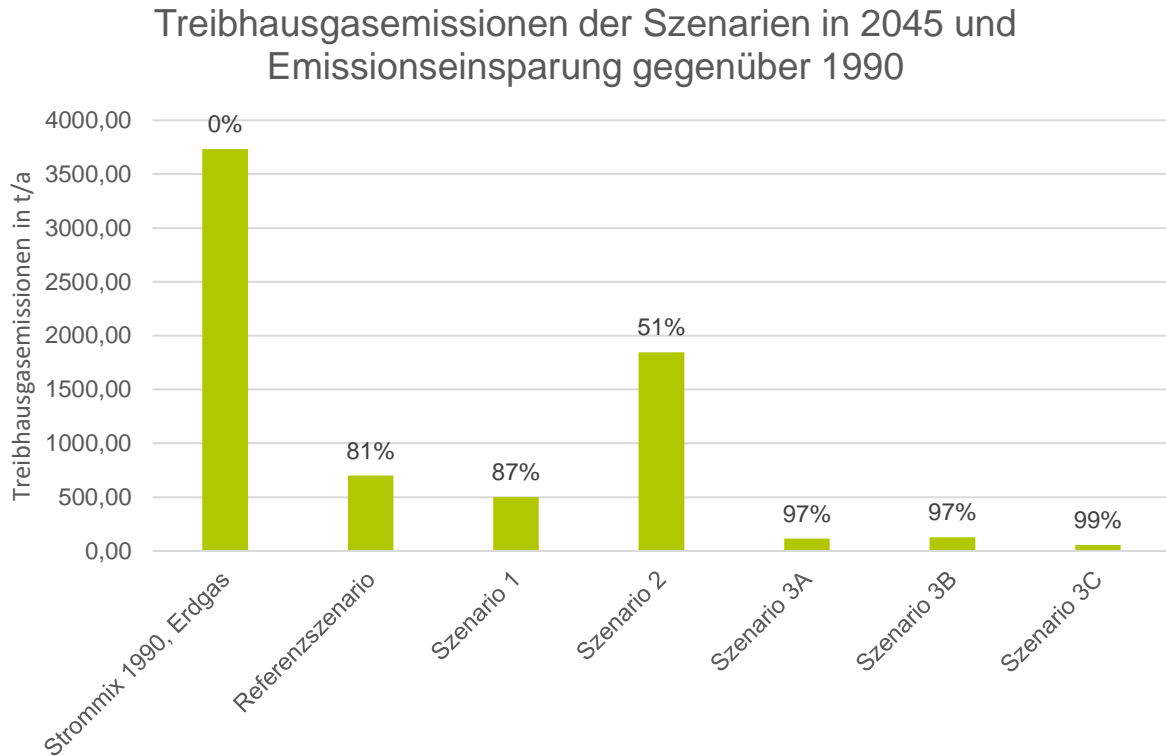


Abbildung 22: Treibhausgasemissionen der Szenarien im Jahr 2045 und Emissionseinsparung gegenüber 1990 für Phase I (Strommix 1990, Erdgas)⁴⁹

Primärenergiefaktorermittlung

Der Primärenergiefaktor (PEF) gibt Aufschluss über die primärenergetischen Verbräuche und bezieht die vorgelagerten Prozessketten zur Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der eingesetzten Energieträger mit ein. Für Wärmenetze können eigene Primärenergiefaktoren ermittelt werden. Die Berechnung des Primärenergiefaktors erfolgt hier nach den Vorgaben des Energieeffizienzverbands für Wärme, Kälte und KWK (AGFW) nach der Stromgutschriftmethode. Dabei werden die im gekoppelten Prozess (bspw. bei einem BHKW) entstehenden CO₂-Emissionen ausschließlich der Stromproduktion zugeschrieben, wodurch die Primärenergiefaktoren der Wärmeversorgung auch negativ werden können. Im Gebäudeenergiegesetz (GEG) sind Mindest-Primärenergiefaktoren von 0,2 beim Einsatz erneuerbarer Brennstoffe bzw. von

⁴⁹ Eigene Ergebnisdarstellung



0,3 beim Einsatz fossiler Energien im BHKW als Untergrenze fest vorgeschrieben. Die ermittelten PEF dienen als Grundlage zur Nachweisführung, dass die Gebäude die nach GEG maximal zulässigen Jahresprimärenergiebedarfe einhalten.

Vor allem Szenarien mit einem hohen Kraft-Wärme-Kopplung-Wärmeanteil erreichen bedingt durch die Verwendung der Stromgutschriftmethode geringe Primärenergiefaktoren. Wärme wird bei der Stromgutschriftmethode nur als eine Art Nebenprodukt angesehen und der produzierte Strom mit dem Primärenergiefaktor des Verdrängungsstrommix von 2,8 betrachtet. Bedingt durch den sukzessiven Ausbau des Anteils Erneuerbarer Energien am deutschen Strommix ist perspektivisch mit sinkenden PEF für Strom zu rechnen.

Angelehnt an das GEG darf Strom, der Mithilfe von Photovoltaik erzeugt wird, teilweise für den PEF angerechnet werden. Als Grundsatz sind 150 kWh pro installiertem kW-Peak Leistung anrechenbar. Zusätzlich sind 70 % des benötigten Technikstroms anrechenbar, wenn die räumlichen und technischen Voraussetzungen für Wohngebäude und Nichtwohngebäude gemäß §23 GEG erfüllt werden. Diese Voraussetzungen sind für alle Gebäude im Projektgebiet erfüllt. Als Maximum sind jedoch 30 % des errechneten Jahresprimärenergiebedarfs anrechenbar. Als Technikstrom wird für die Szenarien, einerseits der Hilfsstrombedarf für Pumpen und EMSR-Technik betrachtet, welcher pauschal mit 1,5 % des Wärmebedarfs ermittelt werden kann, andererseits der Stromeinsatz für Wärmepumpen, sowie der Strombedarf für den Spitzenlastzeuger in Szenario 3C.

Für Szenario 1 wird ein PEF von 0,32 ermittelt. Mit einem Deckungsanteil von ca. 66 % und einem Faktor von 0,45 beeinflusst die Fernwärme den Faktor stark. Insgesamt können 96 % des benötigten Technikstromes, durch die Photovoltaik-Anlage angerechnet werden.

Für Szenario 2 wird ein PEF von 0,3 ermittelt. Aufgrund des BHKW in diesem Szenario kommt die oben beschriebene Stromgutschriftmethode zum Einsatz. Es wird angenommen, dass der gesamte BHKW-Strom als Verdrängungsstrom mit einem PEF von 2,8 ins öffentliche Netz eingespeist wird. Der theoretisch anrechenbare Wert für den Photovoltaik-Strom liegt unter dem tatsächlichen Bedarf für den Technikstrom, sodass der tatsächliche Bedarf für die Berechnung angesetzt wird. Bilanziell betrachtet wird somit der gesamte Technikstrom durch die Photovoltaik-Anlagen gedeckt. In Kombination mit der Stromgutschrift des BHKW ergibt sich ein rechnerischer PEF von 0,16. Wie oben beschrieben wird aufgrund des fossilen Energieträgers Erdgas, der PEF 0,3 gewählt.

Für das Szenario 3 werden PEF zwischen 0,21 und 0,27 ermittelt. In diesem Szenario deckt die Abwasserwärmepumpe ca. 90 % des Wärmebedarfs, wodurch der Strombedarf im Vergleich zu

den anderen Szenarien steigt. Durch den höheren Technikstrombedarf, steigt auch der anrechenbare Anteil des Stromes durch Photovoltaik, weshalb für alle Varianten der Maximalwert von 30 % des Primärenergiebedarfs angerechnet wird. Die Variante A hat mit 0,21 den niedrigsten Wert, da Fernwärme der Spitzenlastabdeckung dient und mit 0,45 einen niedrigen PEF aufweist. Für Variante B beträgt der Faktor insgesamt 0,24, da Biogas für den Spitzenlast-Kessel mit 1,1 einen moderaten PEF aufweist. Für die Variante C ist ein Power2Heat Spitzenlasterzeuger vorgesehen, welcher bilanziell mit Netzstrom versorgt wird. Aufgrund des PEF des netzbezogenen Stromes mit 1,8 ist der PEF höher als bei den Varianten A und B. Da wie bereits beschrieben von einer zunehmenden Dekarbonisierung des Stroms im Zuge der Energiewende auszugehen ist, wird dieser Wert zukünftig sinken.

Ein Vergleich der Primärenergiefaktoren der einzelnen Szenarien inklusive der Varianten des Szenario 3 ist in Abbildung 23 abgebildet. Wichtig ist, dass diese Ergebnisse für die aktuellen Emissionsfaktoren gelten, d.h. dass bei Dekarbonisierung der Strom- und Fernwärmenetze die Primärenergiefaktoren der betroffenen Szenarien niedriger werden.

Die Berechnungen der Primärenergiefaktoren sind in Anlage 7 zu finden.

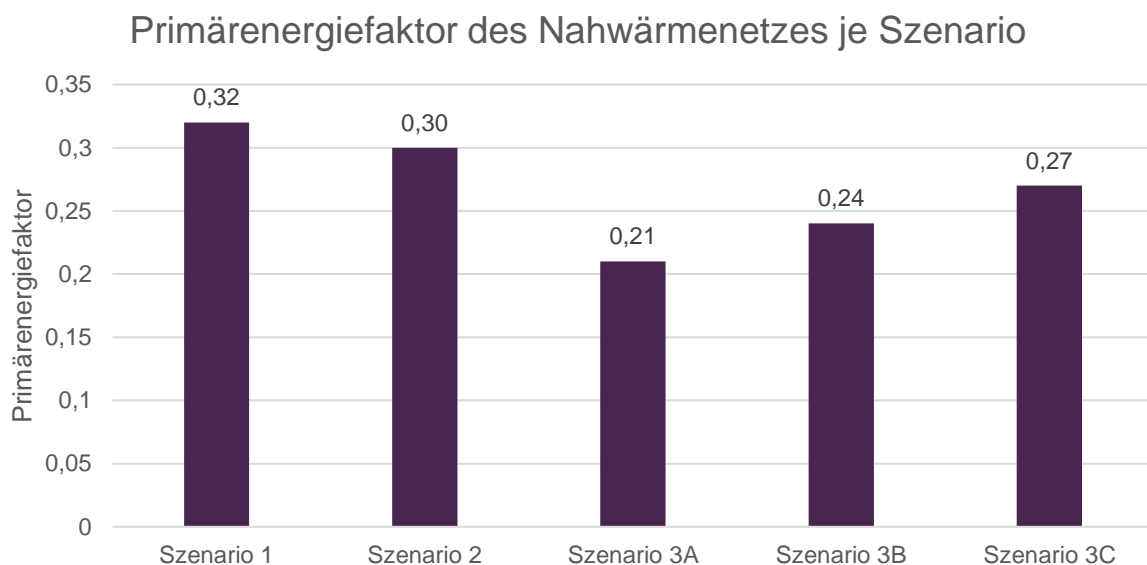


Abbildung 23: Primärenergiefaktor des Nahwärmenetzes je Szenario für Phase I⁵⁰

⁵⁰ Eigene Ergebnisdarstellung

4.1.3 Wirtschaftlichkeit, Sozialverträglichkeit und Fördermöglichkeiten

Die qualifizierte Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der umzusetzenden Wärmeversorgungslösung ist ein zentraler Bestandteil des energetischen Quartierskonzeptes. So ist bezahlbares Wohnen im Projektgebiet eine wichtige Forderung, und dadurch ist ein niedriger Wärmepreis pro Flächeneinheit von hoher Priorität. Auf diesem Weg kann Wohnen und Gewerbebetrieb im Sanierungsgebiet Rathausblock sozialverträglich sein. Nach Untersuchung verschiedener Möglichkeiten der Strom- und Wärmeversorgung aus technischer und ökologischer Sicht, werden diese nachfolgend aus ökonomischer Sicht betrachtet. Dafür werden die Investitionskosten ermittelt, die Wirtschaftlichkeit über die Lebensdauer des Wärmenetzes berechnet sowie geeignete Fördermöglichkeiten ausgewählt.

Die Investitionskosten beruhen auf marktüblichen Kosten sowie Richtpreisanfragen von Anlagenherstellern und Energieversorgungsunternehmen. Bepreist werden je nach Szenario

- für Wärmeerzeugung mittels einer Abwasser-Wärmepumpe:
 - Abwasserwärmetauscher nach Aufteilung der kooperativen Maßnahme Sanierung/Wärmenutzung
 - Wärmepumpe
 - Stromanschluss
- für Strom- und Wärmeerzeugung mit einem Blockheizkraftwerk:
 - Blockheizkraftwerk
 - Abgasanlage
 - Schornstein
- für die Spitzenlastherzeugung der Wärme:
 - Fernwärmeanschluss
 - Heizkessel
 - Power2Heat-Anlage und zusätzliche Leistung am Stromanschluss
- für Stromerzeugung durch Photovoltaikanlagen:
 - Photovoltaik-Module
 - Weiteres Anlagentechnik, wie Wechselrichter, Verkabelung, Aufständigung, etc.

Hinzu kommen Kosten der Energiezentrale bei Neubau, Kosten des Wärmespeichers sowie der sonstigen Anlagentechnik, wie: EMSR, Druckhaltungsanlagen, Netzpumpen, Verrohrung, Netzwasseranschluss, Raumlufttechnik der Energiezentrale, elektrische Anlagen, IT und Sicherheitstechnik. Für das Wärmenetz fallen zudem Kosten für die Trassen inklusive Bauarbeiten und Leitungen sowie Wärmeübertrager an den Hausübergabestationen der einzelnen Gebäude und Frischwasserstationen zur Warmwasserbereitung an. Die Investitionskosten schließen Kosten der Anlagen und Materialien inklusive deren Liefer- und Montagekosten sowie Kosten für Gut-

achten, Probemessungen und anfallende Tiefbauarbeiten mit ein. Zudem werden Planungsleistungen nach HOAI berücksichtigt. Bei der Planung des umzusetzenden Szenarios sind die Kosten durch verbindliche Angebotsanfragen von Herstellern bzw. Dienstleistern zu bestätigen bzw. aktualisieren.

Es gibt einige Förderprogramme in Form von Zuschüssen. Das Förderprogramm Wärmenetze 4.0 des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) eignet sich für Wärmenetze mit einem innovativen Gesamtkonzept, in dem mindestens 1,5 GWh/a durch den Einsatz von Wärmepumpen erfolgt⁵¹. Dieses Kriterium ist in allen vorgestellten Szenarien, das Referenzszenario ausgeschlossen, erfüllt. Weiterhin ist die Einhaltung der Mindestgröße durch eine Einspeisung von Wärme aus gemäß den nach EEWärmeG als erneuerbar definierten Energiequellen von mindestens 3 GWh/a ins Wärmenetz in den Szenarien 2 und 3 erfüllt¹¹. Somit eignet sich diese Förderung für Szenario 2 und alle Varianten des Szenarios 3. Förderfähig sind Komponenten der Wärmeverteilung, Wärmeerzeugung und Wärmespeicherung, sowie die Erschließung der Wärmequelle (Maßnahme Einbringung eines Wärmetauschers um die Abwasserdruckleitung im Mehringdamm) und die Regelungs- und Steuerungstechnik für den unmittelbaren Betrieb des Wärmenetzes. Zudem werden die Planungsleistungen LP1-LP4 (Modul 1), LP5-LP8 (Modul 2) und das Online-Monitoring gefördert.

Im Zuge der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wurden verschiedene Förderprogramme (z.B. KfW Erneuerbare Energien Premium, BAFA Wärme- und Kältenetze Förderung, etc.) untersucht. Die vielversprechendste Förderung ist von der BAFA die Förderung Wärmenetz 4.0⁵², die im Juli 2017 eingeführt wurde. Im Gegensatz zu Fördermaßnahmen, die bis dahin existierten, werden nicht nur Einzeltechnologien und -komponenten gefördert, sondern auch Gesamtsysteme. Die geförderten Wärmenetze sollen sich hierbei durch hohe Anteile erneuerbarer Energien, die effiziente Nutzung von Abwärme und ein deutlich niedrigeres Temperaturniveau im Vergleich zu klassischen Wärmenetzen aus. Gefördert wird die Realisierung eines Wärmenetzsystems 4.0 mit bis zu 50 Prozent der förderfähigen Vorhabenkosten (Fördermodul II). Die Höhe der Förderung beträgt dabei bis zu 15 Mio. Euro für die Realisierung eines Wärmenetzsystems 4.0. Ergänzend können zudem Maßnahmen zur Kundeninformation im Gebiet des geplanten Wärmenetzsystems 4.0 zur Erhöhung der Anschlussquote an ein Modellvorhaben mit bis zu 80 Prozent der förderfähigen Kosten und bis zu einer betragsmäßigen Obergrenze von max. 200.000 € als Zuschuss gewährt werden. Die Zuwendung darf mit anderen staatlichen Beihilfen nicht kumuliert werden (Kumulierungsverbot), es sei denn, die andere Beihilfe bezieht sich nicht auf dieselben förderfähigen Ausgaben. Die Basisförderquote beträgt 20%. Wenn es sich bei dem Antragsteller

⁵¹BAFA, Modellvorhaben Wärmenetzsysteme 4.0 Modul II: Antragstellung und Verwendungsnachweis, 2019

⁵² https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/waermenetze_node.html



um ein kleines oder mittleres Unternehmen (KMU) handelt oder ein KMU im Rahmen eines Antragstellerkonsortiums beteiligt ist, beträgt die Basisförderquote 30%. Ein hoher Anteil erneuerbarer Energien führt zu einer Erhöhung der Förderquote um bis zu 10 Prozentpunkte. Hierbei erhöht sich die Förderung um jeweils 0,2 Prozentpunkte für jeden Prozentpunkt, um den der Anteil erneuerbarer Energien 50% übersteigt; d.h. ein Netz, das zu 100% aus erneuerbaren Energien versorgt wird, erhält die volle, um 10 Prozentpunkte erhöhte Förderung. Der Anteil der erneuerbaren Energie an der in das Netz eingespeisten Wärme muss mindestens für die ersten 10 Jahre des Betriebs des Wärmenetzsystems aufrechterhalten werden.

In Abhängigkeit der Projektrahmenbedingungen und der Investitionskosten lassen sich die Förderhöhen für das vorliegende Projekt berechnen. Sie betragen 30% der Kosten der förderfähigen Anlagen und Maßnahmen. Zusätzlich dazu gibt es eine Nachhaltigkeitsprämie von 10 % aufgrund der Nutzung erneuerbarer Energien. Die absolute Förderhöhe wird durch die maximale Förderhöhe von 15 Mio. € begrenzt. Diese wird in keinem der Szenarien erreicht, sodass die kompletten 40 % der Investitionskosten des Wärmenetzes angerechnet werden können.

Abbildung 24 gibt Auskunft über die Investitionskosten inklusive Förderungen. Dabei werden die Investitionskosten nach Komponenten aufgeschlüsselt und die Förderungssumme davon abgezogen, um die Netto-Investitionskosten anzugeben.

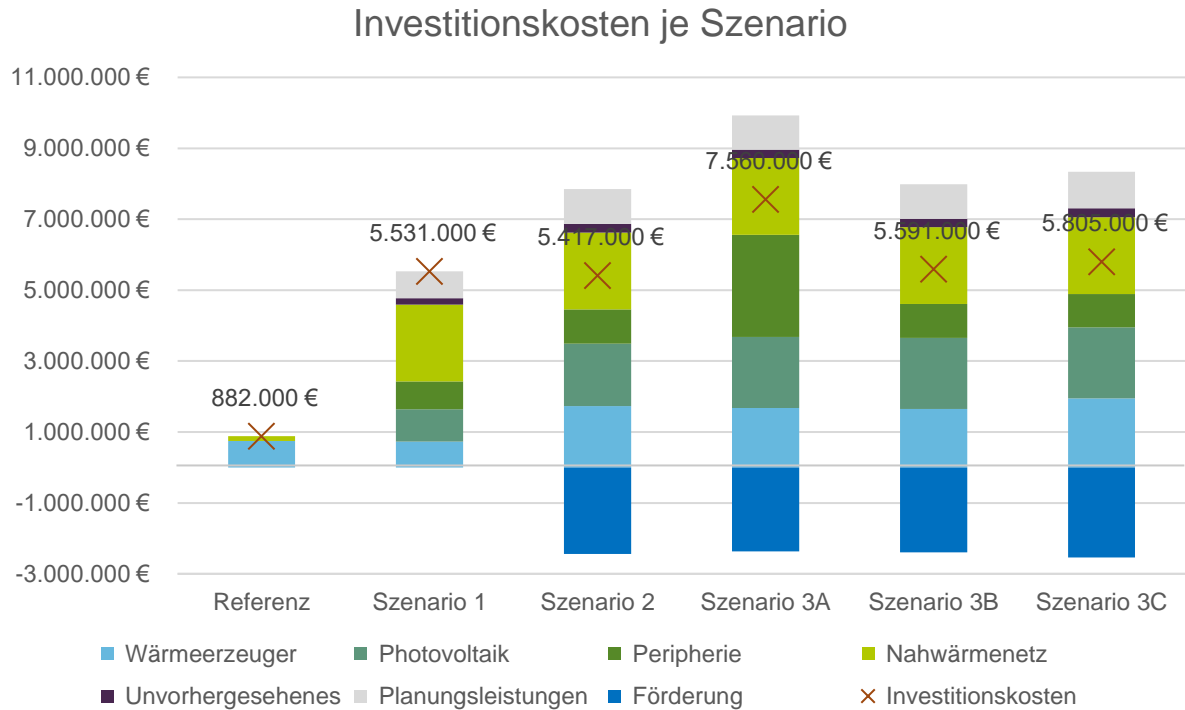


Abbildung 24: Aufgeschlüsselte Investitionskosten je Szenario für Phase I⁵³

Die Ermittlung von Wärmegestehungskosten sowie flächenspezifischer Wärmekosten bedarf der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit des Wärmenetzes über die Lebensdauer. Dafür wird die Annuitätsmethode der Wirtschaftlichkeitsrechnung herangezogen. Die Annuität drückt die Gesamtkosten bezogen auf den Investitions- und Betriebszeitraums in gleichmäßigen Abständen in wiederkehrender, konstanter Höhe aus. Hier unterteilen sich die Kosten in fünf Kostengruppen auf:

- kapitalgebundene Kosten
- Betriebskosten
- bedarfsgebundene Kosten
- Erlöse
- sonstige Kosten.

Mit Hilfe von Barwertfaktoren, Aufzinsungsfaktoren und den Annuitätsfaktor werden Kostensteigerungen der unterschiedlichen Kostengruppen im Laufe der Zeit betrachtet. Der Berechnung zu Grunde liegen die Annahmen in Tabelle 9. Die Annahmen in dieser Tabelle beruhen auf

⁵³ Eigene Ergebnisdarstellung

aktuellen Werten. Die Veränderung der Kosten mit der Zeit wird mit einem Annuitätenfaktor von 0,058 sowie kostengruppenspezifische Preissteigerungsfaktoren berücksichtigt. Für kapitalgebundene Kosten, Kosten der Instandhaltung und Erlöse wird von einem Zinssatz von 3 % und für betriebsgebundene und sonstige Kosten von 2 % ausgegangen⁵⁴. Auch für die bedarfsgebundenen Kosten wird der Zinsfaktor von 3 % angenommen, mit der Ausnahme von Strom, der nach aktuellen Prognosen innerhalb des Betrachtungszeitraums dieser Wirtschaftlichkeitsberechnung im Durchschnitt unverändert bleibt⁵¹.

Tabelle 9: Annahmen für die Wirtschaftlichkeitsberechnung

Gegenstand	Annahme
Wärmepumpen-Strompreis	19 ct/kWh
Strompreis	22 ct/kWh
Fernwärme	Grund- und Arbeitspreis basieren auf der jeweiligen Anschlussleistung und den jeweiligen Verbrauch pro Szenario. ⁵⁵
KWK-Vergütungssätze	6,2 ct/kWh
Planungskosten	20 % der Investitionskosten
Unvorhergesehenes	5 % der Investitionskosten

Kapital- und betriebsgebundene Kostenrechnungen erfolgen nach VDI 2067, wo Anlagen ihrer entsprechenden Abschreibungszeiträume nach ihren jeweiligen Lebensdauern sowie Aufwand für Wartung, Inspektion, Instandhaltung und Bedienung zugeordnet werden. Unter die bedarfsgebundenen Kosten fallen bspw. Wärmepumpenstrom mit seinem eigenen Tarif sowie der Hilfsstrom, der für den Netzbetrieb notwendig ist. Auch Kosten für Fernwärmebezug und Brennstoffe fallen unter diese Kategorie. In diesen werden CO₂-Zertifikatpreise berücksichtigt. Die CO₂-Zertifikatspreise haben Festpreise bis 2025 nach dem nationalen Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG). Danach wird eine Preisprognose herangezogen. Der Zertifikatspreis, der

⁵⁴ Betriebseigene Kennwerte

⁵⁵ <https://wärme.vattenfall.de/fernw%C3%A4rme/fernw%C3%A4rme-berlin/>



in Euro pro Tonne CO₂-Emissionen angegeben wird, wird für die Integration in die Wirtschaftlichkeitsberechnung in Cent pro Kilowattstunde umgerechnet, s. Abbildung 25.

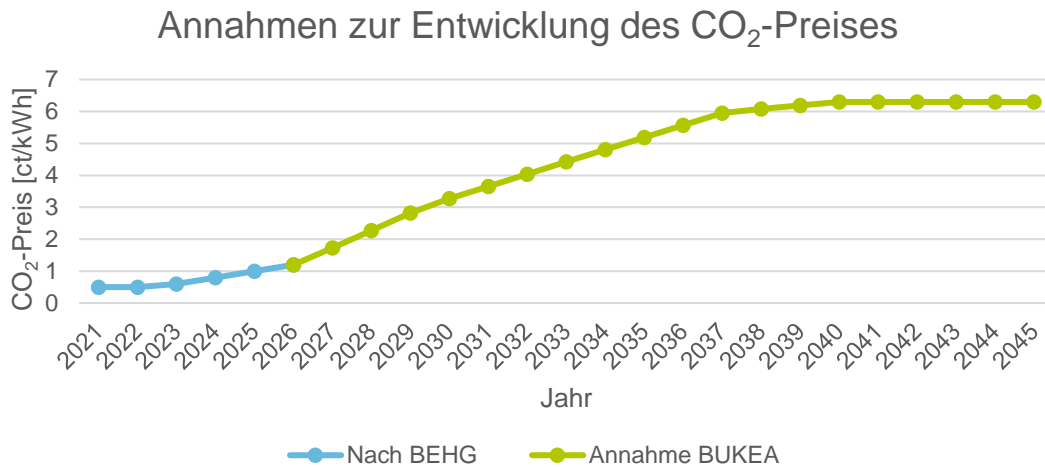


Abbildung 25: Annahmen zur Entwicklung des CO₂-Preises nach dem BEHG und der BUKEA⁵⁶

Aus der Datensammlung und den oben genannten Annahmen ergeben sich betriebs-, bedarfsgebundene und sonstige Kosten, die in Abbildung 26 dargestellt sind.

⁵⁶ Annahme der BUKEA (Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft)

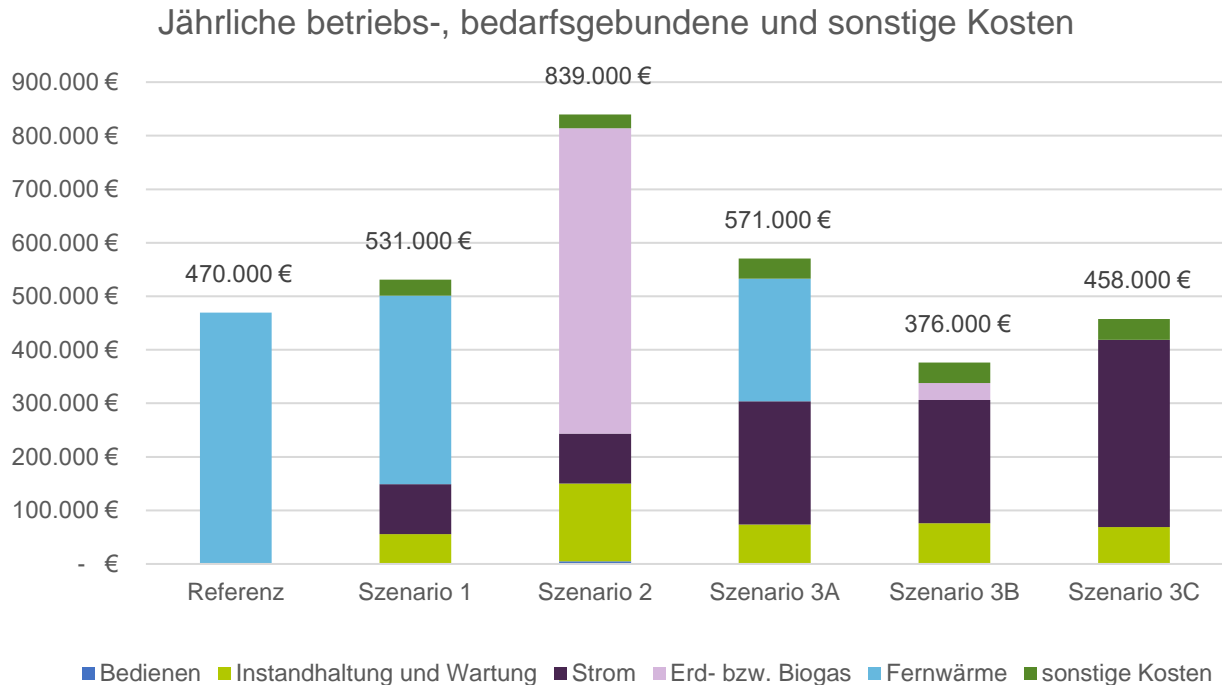


Abbildung 26: Betriebs-, bedarfsgebundene und sonstige Kosten der Wärmezeugung je Szenario für Phase I⁵⁷

Es fallen weiterhin jährliche Entgelte für die Abwasserwärmenutzung und Versicherungskosten an. Diese werden unter den sonstigen Kosten berücksichtigt.

Die durchschnittliche Lebensdauer der Anlagen und Bauwerke in diesem Wärmenetz beträgt ca. 30 Jahre. Dies ist entsprechend der Betrachtungszeitraum für die Wirtschaftlichkeitsberechnung. Tabelle 10 enthält die ermittelten Investitionskosten ohne Förderung, die Förderhöhe und die Gesamtannuität über die Lebensdauer des Wärmenetzes für Szenarien 1 bis 3 inklusive aller Varianten des Szenarios 3 sowie dieselben Angaben des Referenzszenarios zum Vergleich.

⁵⁷ Eigene Ergebnisdarstellung

Tabelle 10: Investitionskosten, Förderhöhe und Gesamtannuität je Szenario für Phase I

	Referenz- szenario	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3A	Szenario 3B	Szenario 3C
<i>Investitionskosten [T€]</i>	881	4.618	6.095	5.911	5.982	6.339
<i>Förderhöhe [T€]</i>	-	-	2.438	2.364	2.393	2.536
<i>Gesamtannuität [T€]</i>	762	1.021	881	975	693	765

Bei Bezug der Annuität auf die bereitgestellte Wärmemenge ergeben sich die Wärmegestehungskosten, s. Tabelle 11.

Tabelle 11: Wärmegestehungskosten je Szenario für Phase I

	Referenz- szenario	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3A	Szenario 3B	Szenario 3C
<i>Wärmegestehungskosten [€/MWh]</i>	144,11	193,06	166,61	184,25	130,90	144,50

Für bezahlbares Wohnen sind die Wärmekosten pro Flächeneinheit von großer Bedeutung. Diese werden jährlich sowie monatlich in Tabelle 12 angegeben. Im Vergleich mit dem aktuellen deutschen Heizkostenspiegel liegen diese im niedrigen bis mittleren Bereich⁵⁸.

⁵⁸ <https://www.heizspiegel.de/heizkosten-pruefen/heizspiegel/>

Tabelle 12: Jährliche und monatliche flächenbezogene Wärmekosten je Szenario für Phase I

	Referenz- szenario	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3A	Szenario 3B	Szenario 3C
spezifische Wärmekosten [€/m ² a]	6,49	8,69	7,50	8,29	5,89	6,50
spezifische Wärmekosten [€/m ² mon.]	0,54	0,72	0,62	0,69	0,49	0,54

Für die dezentrale Trinkwassererwärmung innerhalb aller Gebäude in Phase I betragen die Investitionskosten für Frischwasserstationen und entsprechende gebäudeinterne Wärmeverteilung für das in Kapitel 4.1.1 beschriebene Konzept ca. 2,3 Mio. €. Diese Kosten ersetzen Kosten für die herkömmliche zentrale Trinkwassererwärmung. Diese gebäudeseitigen Kosten werden nicht in der Berechnung der Wärmegestehungskosten, bzw. der spezifischen Wärmekosten (Betriebskostenrelevant) berücksichtigt, sondern als Bestandteil der Kaltmiete (Herstellungskosten des Gebäudes) im Rahmen der Bauvorhaben berücksichtigt. Die Wohnkosten sind kein Bestandteil des energetischen Quartierskonzeptes.

4.1.4 Zusammenfassung und Empfehlung

Der notwendige Innovationsgrad für effiziente Wärmenetze ist in allen entwickelten Szenarien durch die Nutzung von Niedrigtemperatur-Wärmenetzen und Umweltwärme gegeben. Weiterhin werden die Szenarien aus Sicht ihrer ökologischen sowie sozio-ökonomischen Auswirkungen analysiert.

Es wird davon ausgegangen, dass das Referenzszenario im Zieljahr der Klimaneutralität – auch wenn sich dies aus politischen Gründen in der Zukunft ändert – klimaneutral wird, da die Strom- und Fernwärmenetze dann klimaneutral werden müssen. Der Zeitpunkt, an dem diese Klimaneutralität erreicht wird, ist von den Dekarbonisierungspfaden der Strom- und Fernwärmenetze abhängig. Da Szenario 1 immer ökologischer ist als das Referenzszenario, ist dies auch früher klimaneutral. Szenario 2 erreicht Klimaneutralität durch den hohen Einsatz von Erdgas nicht. Außerdem ist es empfehlenswert, Verbrennung besonders im innerstädtischen Gebiet zu vermeiden, solange Alternativen vorhanden sind. Die Varianten des Szenarios 3 weisen nach den oben vorgestellten Ergebnissen einen deutlich geringeren Treibhausgasausstoß als die anderen Szenarien auf. Die Abhängigkeit vom Dekarbonisierungspfad der Fernwärme entfällt in den Varianten B und C, eine Abhängigkeit der Dekarbonisierung des Stromnetzes ist jedoch in allen Szenarien aufgrund der Sektorkopplung durch den Betriebsstrom der Wärmepumpen noch vorhanden. In Variante B findet eine Verbrennung vor Ort statt und ein Schornstein wird

benötigt. In Variante C wird die Spitzenlast der Wärme, die nur an wenigen Tagen im Jahr benötigt wird, durch einen Power2Heat Strömungserhitzer erzeugt. Dieser bietet die Möglichkeit der Sektorenkopplung und benötigt einen flexiblen Stromanbieter, der kurzfristig hohe Leistungsabnahmen aus dem Stromnetz zur Verfügung stellen kann.

Mit Blick auf die Wärmegestehungskosten und die flächenbezogenen Wärmekosten setzt sich Szenario 3B durch. Über die Lebensdauer des Netzes gesehen ist dieses Szenario mit 5 ct/m² im Monat weniger als das Referenzszenario am wirtschaftlichsten. Es wird von Szenario 3C gefolgt, das ungefähr die gleichen Kosten wie das Referenzszenario aufweist.

Um verbrennungsfrei und langfristig eine CO₂-freie Wärmeerzeugung zu schaffen, ist Szenario 3C mit dem maximalen Potential aus Photovoltaik-Strom und Abwasserwärme sowie Power2Heat zur Spitzenlast-Wärmedeckung zu empfehlen. Dieses Szenario ist zudem bei Förderung kosteneffizient und trägt somit zur Schaffung von leistbarem Wohnen im innerstädtischen Bereich der Hauptstadt bei.

4.2 Phase II: Sanierungsgebiet Rathausblock

Es ist wünschenswert, dass alle Gebäude im Sanierungsgebiet Rathausblock ihre Energieversorgung umstellen, um einen Beitrag zur Klimaneutralität zu leisten. In der Phase II des energetischen Quartierskonzeptes, werden für die Szenarien der Strom- und Wärmeversorgung, zusätzlich zu den Gebäuden im Gebiet der Phase I (Dragonerareal, Finanzamt und Rathaus) die Gebäude der privaten Eigentümer*innen miteinbezogen (Phase II). Die Strom- sowie Wärmebedarfe erhöhen sich dementsprechend nach den Angaben in Kapitel 2.3.

4.2.1 Szenarientwicklung

Strombereitstellung

Zur Deckung des anfallenden Strombedarfs, sowie zur Strombereitstellung für die Wärmeverversorgung werden die folgenden Szenarien erstellt und mit einem Referenzszenario verglichen.

Analog zu der ersten Phase wird in Szenario 1 Strom durch die Aufstellung von Photovoltaik-Anlagen, gemäß dem aktuellen gesetzlichen Minimum auf 30 % der Dachfläche der Neubauten und volle Besetzung der Dachflächen des Rathausgebäudes, bereitgestellt. Da die zusätzlichen Gebäude in der zweiten Phase alle Bestandsgebäude sind, bleibt die installierte Photovoltaik-Leistung in Szenario 1 unverändert. Der restliche anfallende Strombedarf wird über den Bezug von Netzstrom gedeckt.

In Szenario 2 werden alle geeigneten Dachflächen mit Photovoltaik-Anlagen belegt. Dachbegrünung ist für Bestandsgebäude nicht vorgesehen, sodass hier die installierte Leistung auf Dachflächen der Gebäude privater Eigentümer*innen nicht durch Dachbegrünung begrenzt wird. Diese Dächer sind meist Satteldächer mit unterschiedlichen Ausrichtungen, so dass hierfür dachparallele Anlagen mit den entsprechenden Winkeln vorgesehen werden. Es ergibt sich eine zusätzlich zu installierende Peak-Leistung von 1.140 kWp. Das BHKW wird wärmegeführt, d.h. es wird an erster Stelle die notwendige Wärme erzeugt und der gleichzeitig erzeugte Strom wird zur Stromdeckung verwendet. Überschüssiger Strom wird ins Netz eingespeist und vergütet.

In Szenario 3 wird das maximale Potential der Dachflächen ausgeschöpft und zusätzlich Fassadenanlagen auf Neubauten vorgesehen. Die zusätzliche Peak-Leistung der Aufdach-Photovoltaikanlagen ist analog zu Szenario 2. Fassadenanlagen für Bestandsgebäude werden nicht empfohlen, da diese Maßnahme einer Erneuerung der Gebäudefassaden bedürfen würde. Aus Szenario 3 werden zwei Varianten mit Unterschieden in der Wärmeversorgung erstellt, s. Abschnitt „Wärmebereitstellung“. Sie unterscheiden sich u.a. in der anfallenden Stromlast aufgrund der Sektorkopplung mit Wärme. Es wird ein größerer Stromanschluss für Variante B benötigt, aber es gibt einen höheren Strombedarf in Variante A.

Im Referenzszenario wird die Stromlastdeckung durch einen einfachen Stromnetzanschluss hergestellt. Die vorgeschlagene Anlagenleistung der Photovoltaikanlage und des BHKWs, sowie die zusätzlich benötigte Netzanschlussleistung, unter Berücksichtigung der Stromanschlüsse für Wärmepumpen, sind in Tabelle 13 dargestellt.

Tabelle 13: Nennleistung bzw. Anschlussleistung der Stromerzeugungsanlagen für Phase II

Anlage	Referenz- szenario	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3A	Szenario 3B
<i>Photovoltaik: Bestandsanlage Rathaus</i>	-	16 kWp			
<i>Photovoltaik: Solargründächer</i>	-	830 kWp	2740 kWp		
<i>Photovoltaik: Fassadenanlage</i>	-			110 kWp	
<i>Blockheizkraft- werk</i>	-	-	3.120 kWel	-	-
<i>Stromnetzan- schluss</i>	900 kW	1.450 kW		3.400 kW	3.400 kW

Bei dieser installierten Anlagenleistung und unter Betrachtung der Stromlast lässt sich die Last auf die Stromerzeuger nach Abbildung 27 aufteilen.

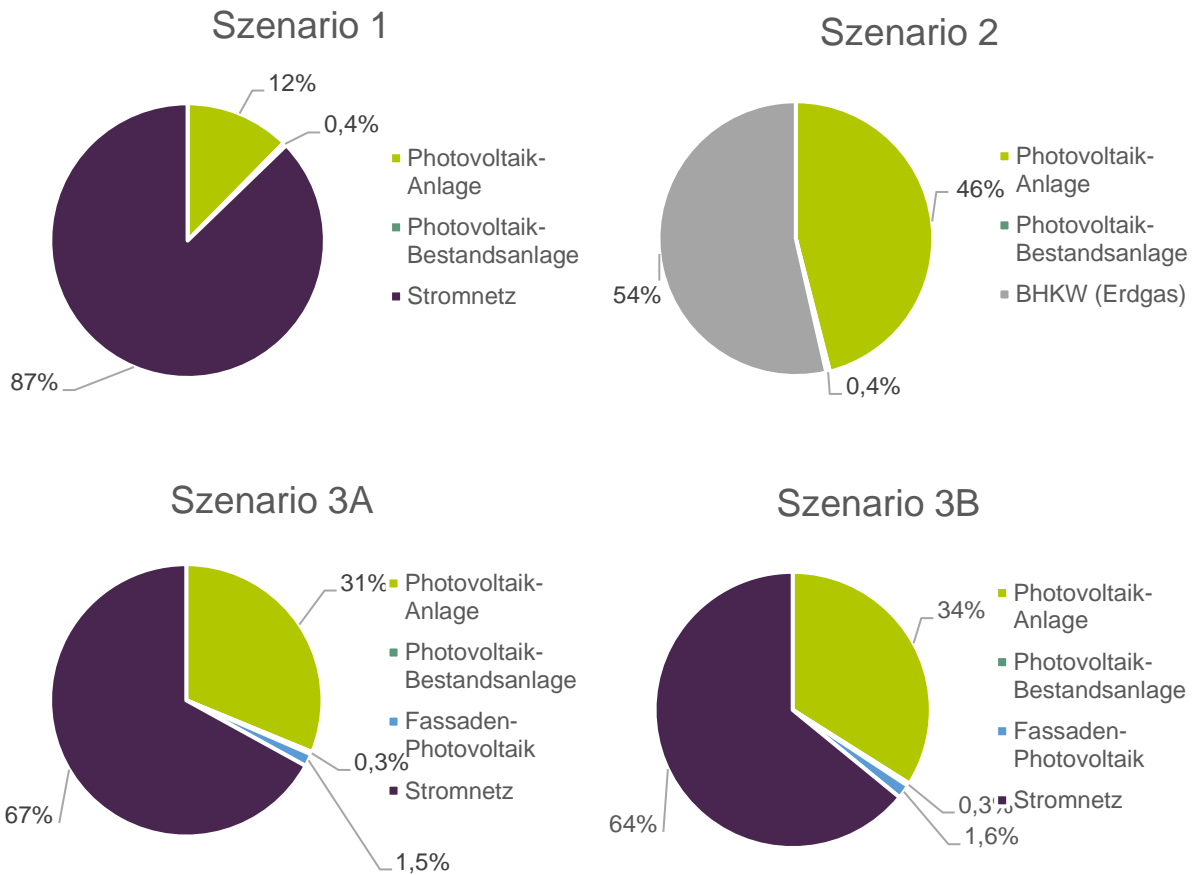


Abbildung 27: Strombedarfsdeckungsanteil aus den Stromerzeugungsanlagen in Phase II Szenario 1 (oben links), Szenario 2 (oben rechts), Szenario 3A (unten links), Szenario 3B (unten rechts)⁵⁹

In Szenario 2 decken weniger Photovoltaik-Anlagen mehr der insgesamt anfallenden Stromlast, da in den Varianten des Szenario 3 mehr Strom für die Wärmeerzeugung benötigt wird. Für die Erträge der Stromproduktion jeder Anlage in dem jeweiligen Szenario siehe Abbildung 28.

⁵⁹ Eigene Ergebnisdarstellung

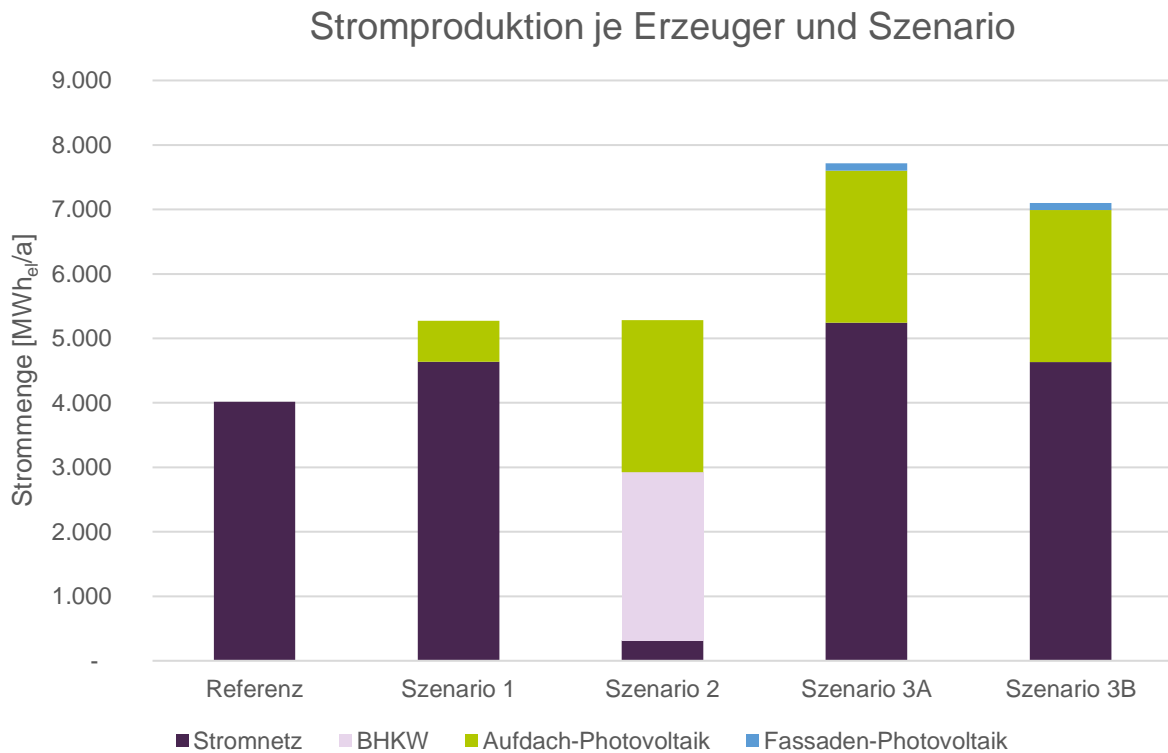


Abbildung 28: Stromproduktion je Erzeuger und Szenario für Phase II⁶⁰

Wärmebereitstellung

Die Wärmeerzeugung der Szenarien in Phase II folgt derselben Herangehensweise wie die Szenarienerstellung für Phase I. Im Szenario 1 werden mehr Abwasser-Wärmepumpen für die Grundlast der Wärme eingeplant: insgesamt drei Wärmepumpen je 520 kW. Der restliche Wärmebedarf wird über die Fernwärme gedeckt. In Szenario 2, auch analog zu Szenario 2 der ersten Phase, kommen Abwasserwärme, ein BHKW und ein Heizkessel zum Einsatz. Hier wird die installierte Leistung jeder Anlage erhöht.

In Szenario 3 wird das Potential der Abwasserdruckleitung mit einer Gesamtwärmepumpenleistung von 2,6 MW (aufgeteilt auf 5 Wärmepumpen) ausgeschöpft und die Power2Heat-Anlage

⁶⁰ Eigene Ergebnisdarstellung

zur Spitzenlastdeckung verwendet. Jedoch ist diese Anlagenkombination nicht ausreichend, so dass weitere regenerative Wärmequellen herangezogen werden. Es entstehen zwei Varianten dieses Szenarios, in den zwei weitere Arten von Wärmepumpen zur Wärmelastdeckung beitragen. Eine Übersicht der Anlagenleistung und Netzanschlussleistung gibt Tabelle 14.

Tabelle 14: Nennleistung bzw. Anschlussleistung der Wärmeerzeugungsanlagen für Phase II

Anlage	Referenz-szenario	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3A	Szenario 3B
<i>Fernwärme</i>	6.200 kW	5.200 kW	-	-	-
<i>Abwasser-Wärmepumpe</i>	-	1.560 kW	1.560 kW	2.600 kW	2.600 kW
<i>Geothermische Wärmepumpe</i>	-	-	-	2.080 kW	-
<i>Eisspeicher-Wärmepumpe</i>	-	-	-	-	2.600 kW
<i>Blockheizkraftwerk</i>	-	-	3.156 kW	-	-
<i>Spitzenlastkessel</i>	-	-	3.300 kW	-	-
<i>Power2Heat</i>	-	-	-	2.600 kW	2.600 kW

In Szenario 3A wird oberflächennahe Geothermie als regenerative Wärmequelle verwendet, die eine Wärmepumpengruppe aus 4 Wärmepumpen, mit einer Gesamtleistung von 2,08 MW versorgt. Zur Nutzung der Geothermie wird das Sanierungsgebiet Rathausblock mit oberflächennahen Bohrungen erschlossen. Insgesamt sind 435 Sonden mit einer Tiefe von 100 m notwendig, um den Wärmebedarf zu decken. Der Flächenbedarf beträgt insgesamt bis zu 18.380 m², da im Rahmen einer passiven Regeneration des Erdreiches – d.h. eine natürliche Regeneration über die Erwärmung des Erdreiches durch die Sonne in der Sommerzeit – ausreichende Abstände zwischen den einzelnen Sonden notwendig sind. Kleinere Abstände zwischen den Sonden, bzw. geringere Flächen für dieselbe Anzahl an Sonden, würde mit der Zeit dazu führen,

dass das Erdreich unvollständig regeneriert werden würde, da die Sonneneinstrahlung nicht mehr für eine vollständige Regeneration ausreichen würde. Eine aktive Regeneration durch überschüssige Wärme aus der Abwasserwärmepumpe kann den Flächenbedarf reduzieren und gleichzeitig eine vollständige Regeneration des Bodens garantieren. Die Reduktion des Flächenbedarfs ist von der Bodenzusammensetzung sowie der in die Sonden zuzuführenden Wärmemenge abhängig. Die Reperation erfolgt in der Sommerzeit und führt dazu, dass dieselbe Wärmemenge und ein weiterhin hoher COP der geothermischen Wärmepumpen über die Jahre eingehalten werden kann. Für die geothermische Nutzung eignen sich beispielsweise unversiegelte Flächen. Der maximale Flächenbedarf kann nur unter der Nutzung aller Vegetations- und halboffenen Flächen im Sanierungsgebiet Rathausblock gedeckt werden, wobei nach Installation der Erdsonden im Erdreich die Flächen über den Sonden weiterhin genutzt werden können⁶¹. Für die Erschließung der Erdwärmequelle ist im Vorfeld eine Probebohrung empfehlenswert, um die Eignung des Gebietes für oberflächennahe Geothermie zu prüfen. Für die Probebohrung und die anschließende Erschließung der Quelle sind Genehmigungen bei der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz⁶², sowie bei der Oberen Wasserbehörde und ab 100 m Tiefe bei der Unteren Wasserbehörde einzuholen.

In Variante B ist ein Eisspeicher mit insgesamt 5 Wärmepumpen mit einer Gesamtleistung von 2,6 MW vorgesehen. Der Eisspeicher gibt beim Einfrieren latente Wärme ab, welche als Energiequelle für die Wärmepumpen dient. Zur Regeneration des Eisspeichers wird üblicherweise Solarthermie verwendet. Da diese im Gebiet jedoch nur einen geringen Ertrag aufweist und parallel zur beschriebenen Photovoltaik existieren müsste, wird im Sommer die Wärme der Abwasserdruckleitung zur Regeneration (Schmelzen) genutzt. So wird die Wärme außerhalb der Heizperiode aufgenommen, saisonal gespeichert und während der Heizperiode an die Wärmepumpen abgegeben. Für eine Wärmeaufnahme und Wärmeabgabe in dieser Leistungsklasse ist ein Gesamtspeichervolumen von 4.000 m³ notwendig. Bei Aufteilung dieser auf 3 Speicher, je 1.333 m³ (je 18 m Durchmesser bei einer Höhe von 6 m), fällt ein Gesamtflächenbedarf von 1.130 m² auf dem Gebiet der Phase II an. In Abbildung 29 ist eine Karte der Freiflächen inklusive Vegetations- und halboffenen Flächen im Gebiet der Phase I dargestellt.

⁶¹ Vgl. Wegweiser „Clever kombiniert“ – Wie erneuerbare Energien und Grünplanung einen Beitrag für das Klima und zur effizienten Flächennutzung leisten. Abruf unter: <https://www.hamburg.de/content-blob/15204308/4f766aed8902dcc6989d62c7b4543f36/data/d-wegweiser.pdf>, Mai 2021

⁶² Näheres dazu hier: <https://www.berlin.de/sen/uvk/umwelt/wasser-und-geologie/geologie/geothermie/>



Abbildung 29: Karte der Freiflächen im Sanierungsgebiet Rathausblock (Stand: 23.11.2020)⁶³

Nach der Anlagendimensionierung auf Grundlage der obigen Tabelle 14 ergibt sich die folgende Aufteilung der Wärmeproduktion nach Abbildung 30.

⁶³ Eigene Darstellung auf Basis des städtebaulichen Entwurfs (Stand 23.11.2020)

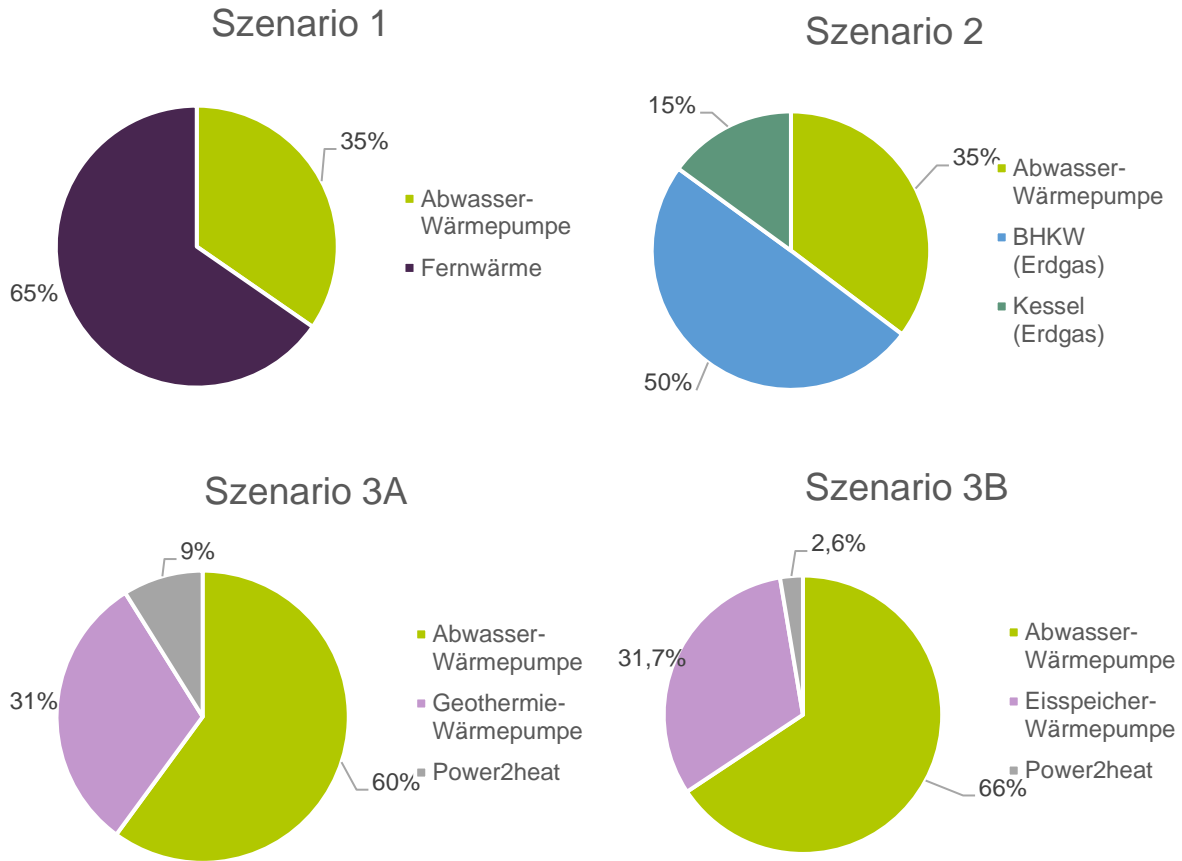


Abbildung 30: Wärmebedarfsdeckungsanteil aus den Wärmeerzeugungsanlagen in Phase II Szenario 1 (oben links), Szenario 2 (oben rechts), Szenario 3A (unten links), Szenario 3B (unten rechts)⁶⁴

Die jährlichen Erträge, die jeder Wärmeerzeuger zur Verfügung stellen kann, sind in Abbildung 31 dargestellt.

⁶⁴ Eigene Ergebnisdarstellung

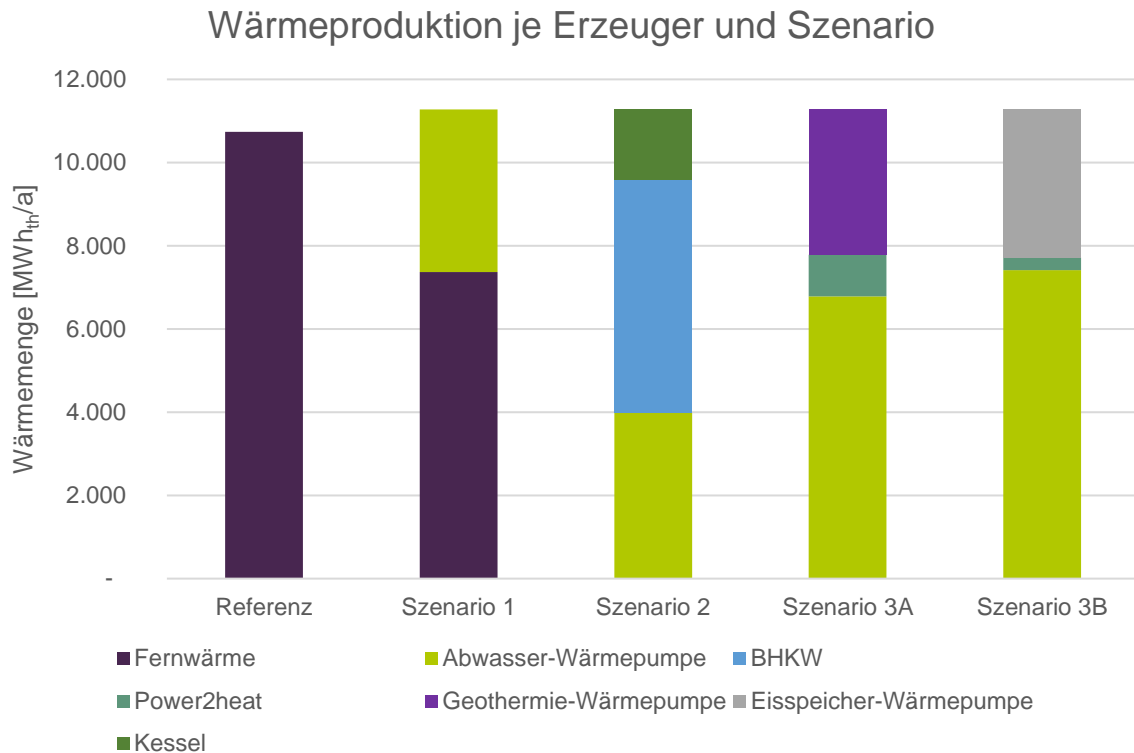


Abbildung 31: Wärmeproduktion je Erzeuger und Szenario für Phase II⁶⁵

Das Wärmenetz der Phase I wird erweitert, um alle Gebäude der Phase II mit Wärme zu versorgen. Die Anschlussleistungen jedes Wärmeübertragers bzw. jeder Hausanschlussstation sowie die Leitungswege sind Abbildung 32 sowie Anlage 4 zu entnehmen. Aufgrund des Anschlusses von unsanierten Bestandsgebäuden an dieses Netz wird hierfür eine Netztemperatur von 70/50°C Vorlauf-/Rücklauf­temperatur empfohlen. Die Netzlänge (Vorlauf und Rücklauf) beträgt insgesamt 4.437 m. Weitere Informationen zu den Rohrleitungen befinden sich in Anlage 6. Zur Unterbringung der technischen Anlagen wird in Phase II von einer Energiezentrale mit einer Fläche von ca. 350 m² ausgegangen.

⁶⁵ Eigene Ergebnisdarstellung

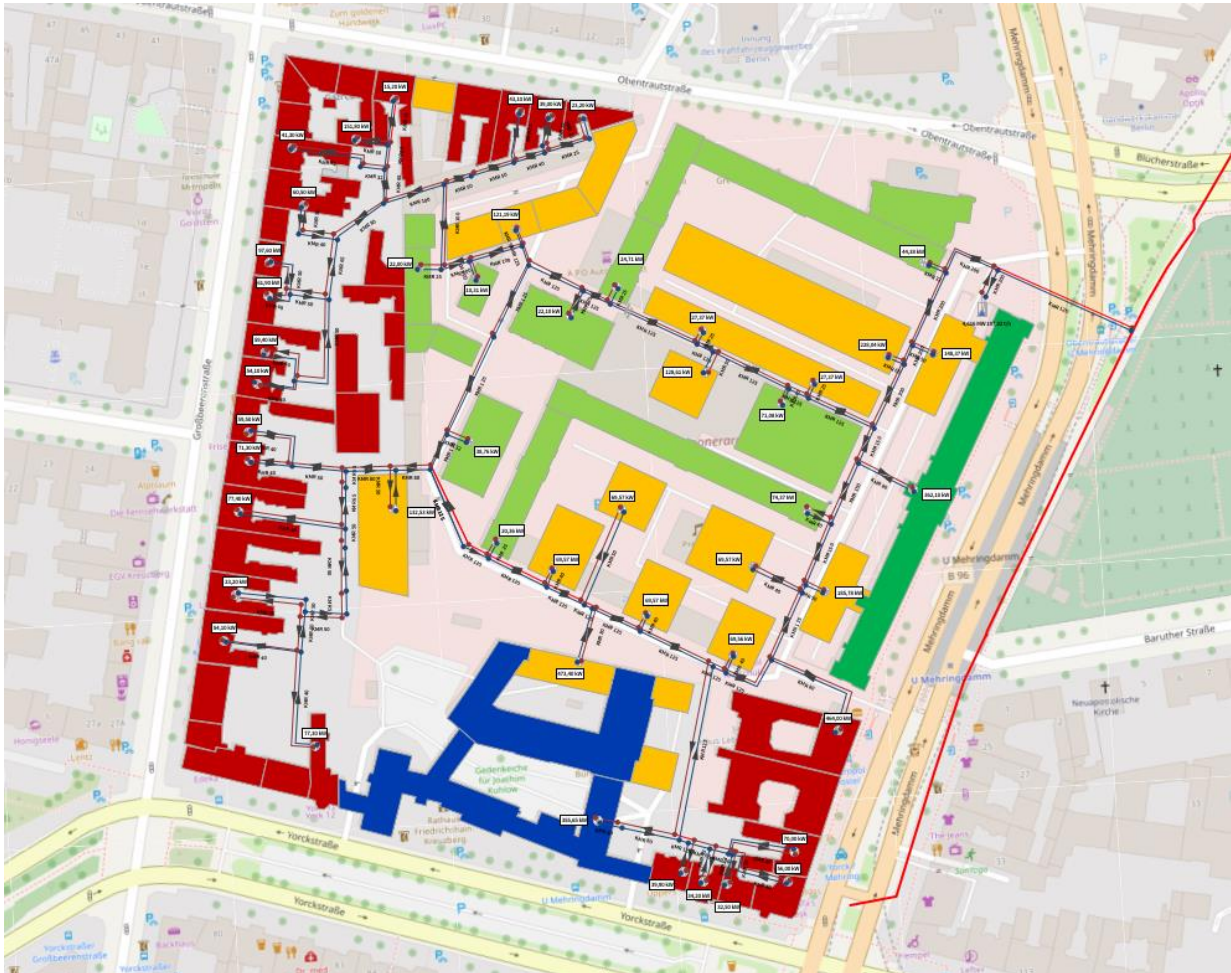


Abbildung 32: Exemplarische Leitungsführung des Nahwärmenetzes für Phase II⁶⁶

Zur Trinkwasserversorgung können Frischwasserstationen verwendet werden. Zusätzlich zu den Frischwasserstationen der Phase I kommen hier für die weiteren Bestandsgebäude 408 Frischwasserstationen im Bereich Wohnen und 43 Stationen im Bereich des Gewerbes hinzu.

⁶⁶ Eigene Darstellung

4.2.2 Treibhausgasbilanz und Primärenergiefaktoren

Die ökologische Bewertung der Szenarien der Phase II wird über Berechnung der Treibhausgasemissionen, Emissionseinsparung und Primärenergiefaktoren so wie die der Phase I durchgeführt.

Treibhausgasbilanz

Die Treibhausgasemissionen, die bei der Energieversorgung nach den vorgestellten Szenarien für das gesamte Sanierungsgebiet Rathausblock (Phase II) über eine Laufzeit von 2025 bis 2045 entstehen, werden mit Hilfe der Emissionsfaktoren aus Tabelle 8 ermittelt. Diese werden in Abbildung 33 veranschaulicht. Auffällig ist, dass obwohl Szenario 2 anfänglich am ökologischsten ist, die Emissionen über die Jahre hinweg kontinuierlich steigen. Im Gegensatz dazu sinken die Emissionen der anderen Szenarien. Das ist darauf zurückzuführen, dass das Blockheizkraftwerk in Szenario 2 für die Wärmeversorgung dimensioniert ist und somit zu überschüssiger Stromerzeugung führt. Dieser Strom wird ins Netz eingespeist und verdrängt dem Strommix Deutschlands, der anfangs höhere Emissionen als bei Erdgasverbrennung in einem Blockheizkraftwerk aufweist, jedoch über die Zeit dekarbonisiert wird. Somit verdrängt der BHKW-Strom Netzstrom mit immer niedriger werdenden Emissionen.

In allen anderen Szenarien haben die Emissionen der Strom- und Wärmeversorgung eine sinkende Tendenz. Am Ende des Betrachtungszeitraums sind die Treibhausgasemissionen von Szenario 1, 3A und 3B niedriger als im Referenzszenario.

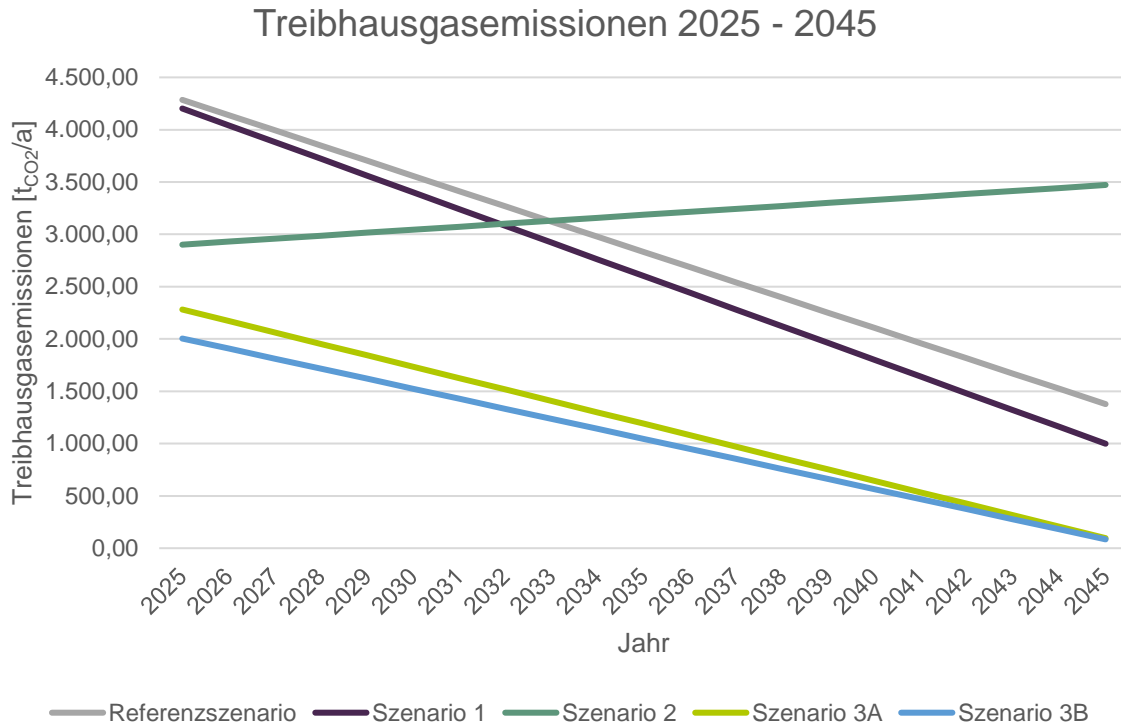


Abbildung 33: Treibhausgasemissionen von 2025 bis 2045 nach Szenario für Phase II⁶⁷

Die Summe der absoluten Emissionen über den Zeitraum von 2025 bis 2045 kann mit dem Referenzszenario verglichen werden, s. Abbildung 34. Bei Umsetzung von Szenario 1 werden in diesem Zeitraum 3 % der Emissionen gegenüber der Referenz gespart. Im Fall von Szenario 2 entstehen 13 % mehr Treibhausgasemissionen. In den Szenarien 3A und 3B ergeben sich 31 % bzw. 37 % Emissionseinsparung im Vergleich mit dem Referenzszenario.

⁶⁷ Eigene Ergebnisdarstellung

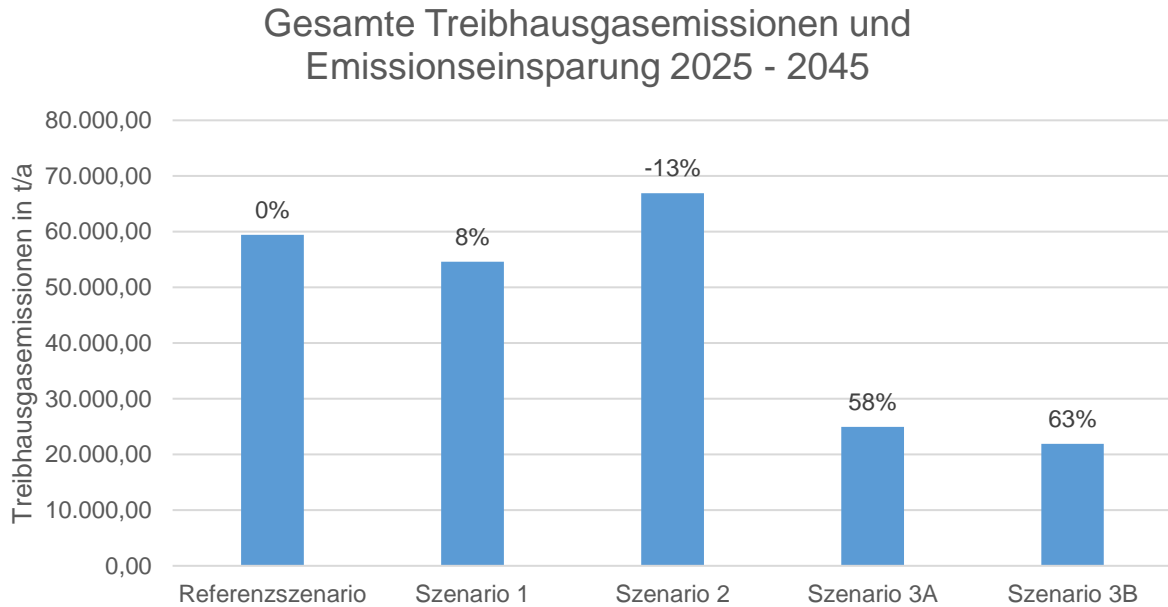


Abbildung 34: Gesamte Treibhausgasemissionen und Emissionseinsparungen im Vergleich zum Referenzszenario von 2025 bis 2045 nach Szenario für Phase II⁶⁸

Zum Vergleich der Szenarien im aktuellen Zieljahr für Klimaneutralität mit einem Energiesystem aus dem Jahr 1990 wird wieder mit einer Stromversorgung mit dem deutschen Strommix im Jahr 1990 und ein erdgasgefeuerter Heizkessel für Wärme verglichen, s. Abbildung 35. Demgegenüber ergeben sich Treibhausgasemissionseinsparungen von 76 % im Referenzszenario, 83 % in Szenario 1, 40 % in Szenario 2 und 95 % in beiden Varianten des Szenario 3.

⁶⁸ Eigene Ergebnisdarstellung

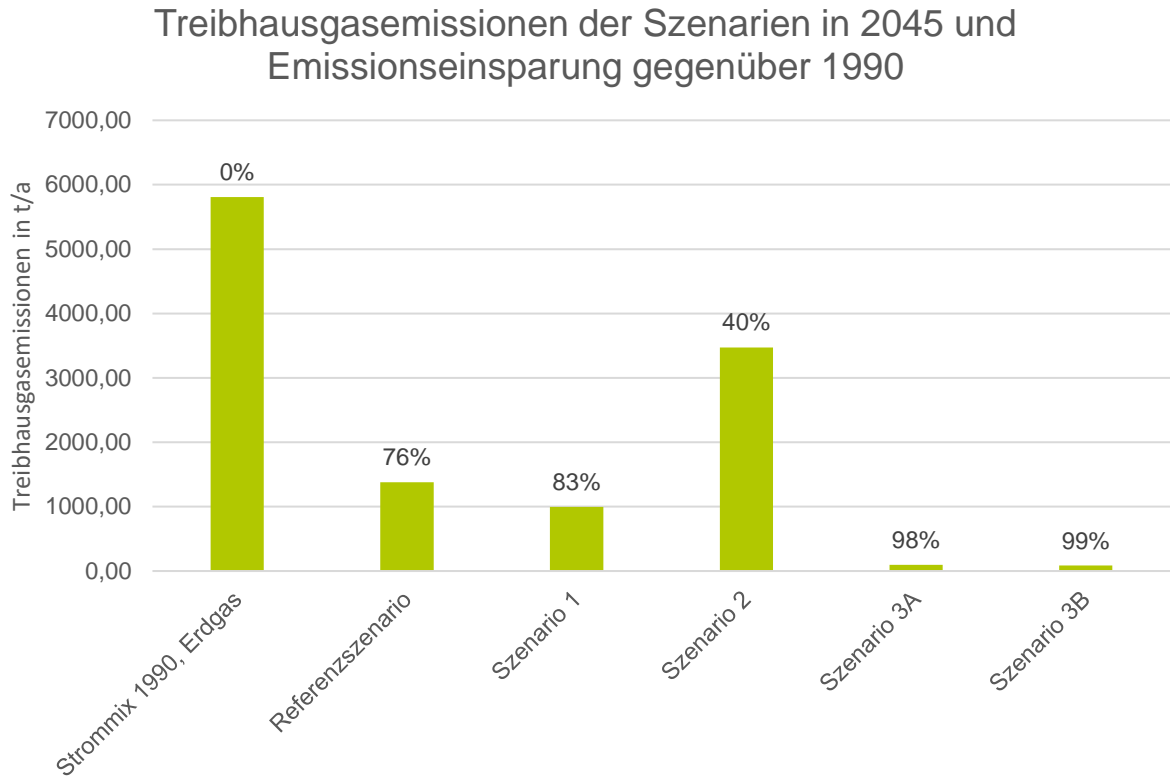


Abbildung 35: Treibhausgasemissionen der Szenarien im Jahr 2045 und Emissionseinsparung gegenüber 1990 für Phase II⁶⁹

Primärenergiefaktoren

Die Primärenergiefaktoren für Phase II werden so ermittelt wie die Faktoren für Phase I, gemäß Kapitel 4.1.2.

Für Szenario 1 beträgt der PEF 0,41. Der Wert resultiert aus dem PEF der Fernwärme von 0,45 und seinem Deckungsgrad von ca. 66 %. Durch den Deckungsanteil der Abwasserwärmepumpe wird der Wert gesenkt. Der anrechenbare Strombedarf aus Photovoltaik-Stromerträgen ist geringer als der jährliche Gesamtertrag durch Photovoltaik, weshalb dieser für die Berechnung angesetzt wird.

⁶⁹ Eigene Ergebnisdarstellung

Für Szenario 2 wird ein PEF von 0,35 ermittelt. Aufgrund des BHKW wird die Stromgutschriftmethode angewandt. Es wird davon ausgegangen, dass der gesamte BHKW-Strom als Verdrängungsstrom ins öffentliche Netz eingespeist wird. Aufgrund des geringeren Bedarfs an Technikstrom, durch einen Deckungsanteil von 35 % durch die Abwasserwärmepumpe, fällt auch der anrechenbare Photovoltaik-Strom geringer aus. Ohne die Gutschrift für den BHKW Strom wäre der PEF bei 1,66.

Für Szenario 3A wird ein PEF von 0,42 ermittelt. Aufgrund der überwiegenden Wärmeerzeugung mit Wärmepumpen und einer Spitzenlastdeckung mit Power2Heat ist der anrechenbare Photovoltaik-Strom durch den Technikstrom hoch. Es wird der maximal anrechenbare Wert von 30 % des Gesamtprimärenergiebedarfs für den Photovoltaik-Strom angesetzt. Durch eine voranschreitende Dekarbonisierung des Stromes wird der Wert zukünftig sinken.

Für Szenario 3B wird ein PEF von 0,36 ermittelt. Durch den Eisspeicher müssen lediglich 2,6 % der Wärme durch den Spitzenlasterzeuger in Form von Power2Heat gedeckt werden. Durch den geringeren Strombedarf und den PEF von 1,8 für Netzstrom, sinkt der PEF für Variante B, verglichen mit Variante A deutlich. Das beweist die Wirksamkeit von Speichern – vor allem saisonaler Art – zur Reduzierung von Lastspitzen. Auch hier wird der Maximalwert von 30 % zur Anrechnung von Photovoltaik-Strom angesetzt.

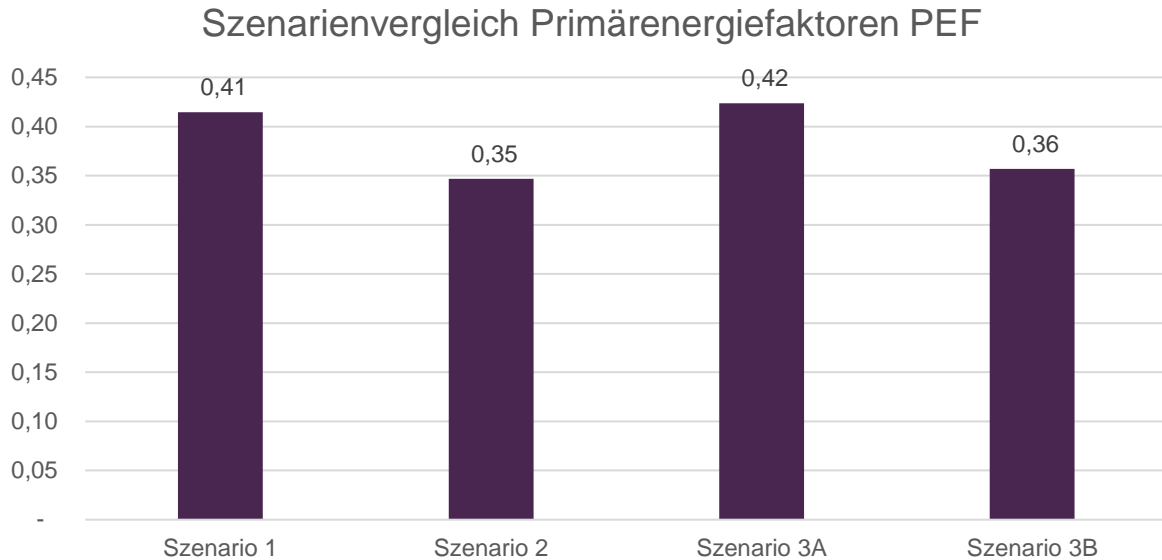


Abbildung 36: Primärenergiefaktor des Nahwärmenetzes je Szenario für Phase II⁷⁰

4.2.3 Wirtschaftlichkeit, Sozialverträglichkeit und Fördermöglichkeiten

Die Wirtschaftlichkeitsanalyse erfolgt analog zu Phase I. Zunächst werden die Investitionskosten der Strom- und Wärmeerzeugungsanlagen, Netze, Peripherie und Planungskosten ermittelt. In Phase II beinhalten die Investitionskosten in Szenario 3A auch die der Erdsonden und Variante B die Kosten der Eisspeicher und Wärmepumpen. Anschließend sind geeignete Förderungen dargestellt. Für die aufgeschlüsselte Investitionskosten und Förderungen siehe Abbildung 37. Im Gegensatz zu Phase I können in dieser Phase alle Szenarien gefördert werden. Das liegt daran, dass durch die Erhöhung des Bedarfs und der daraus resultierenden Erweiterung des Netzes die Förderbedingungen für Wärmenetze 4.0 erfüllt werden können.

⁷⁰ Eigene Ergebnisdarstellung

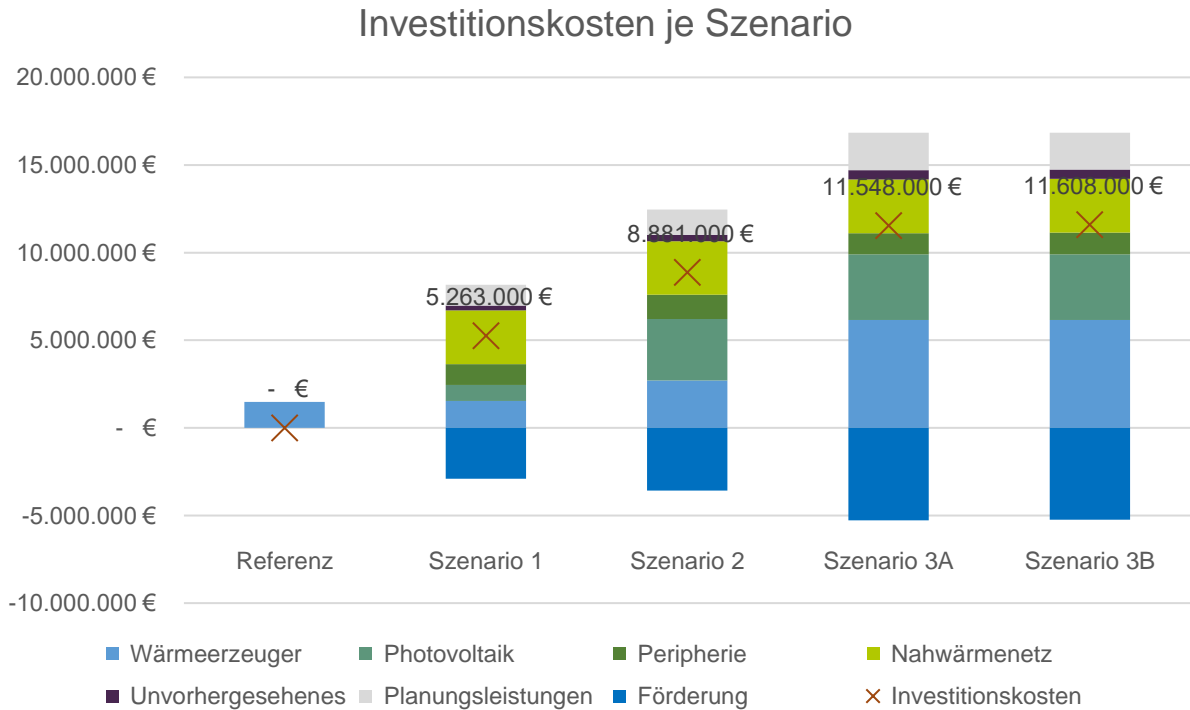


Abbildung 37: Aufgeschlüsselte Investitionskosten je Szenario für Phase II⁷¹

Betriebsgebundene, bedarfsgebundene und sonstige Kosten erhöhen sich entsprechend des erhöhten Wärmebedarfs und sind Abbildung 38 zu entnehmen. Die Annahmen aus Tabelle 9 gelten weiterhin für diese Berechnung.

⁷¹ Eigene Ergebnisdarstellung

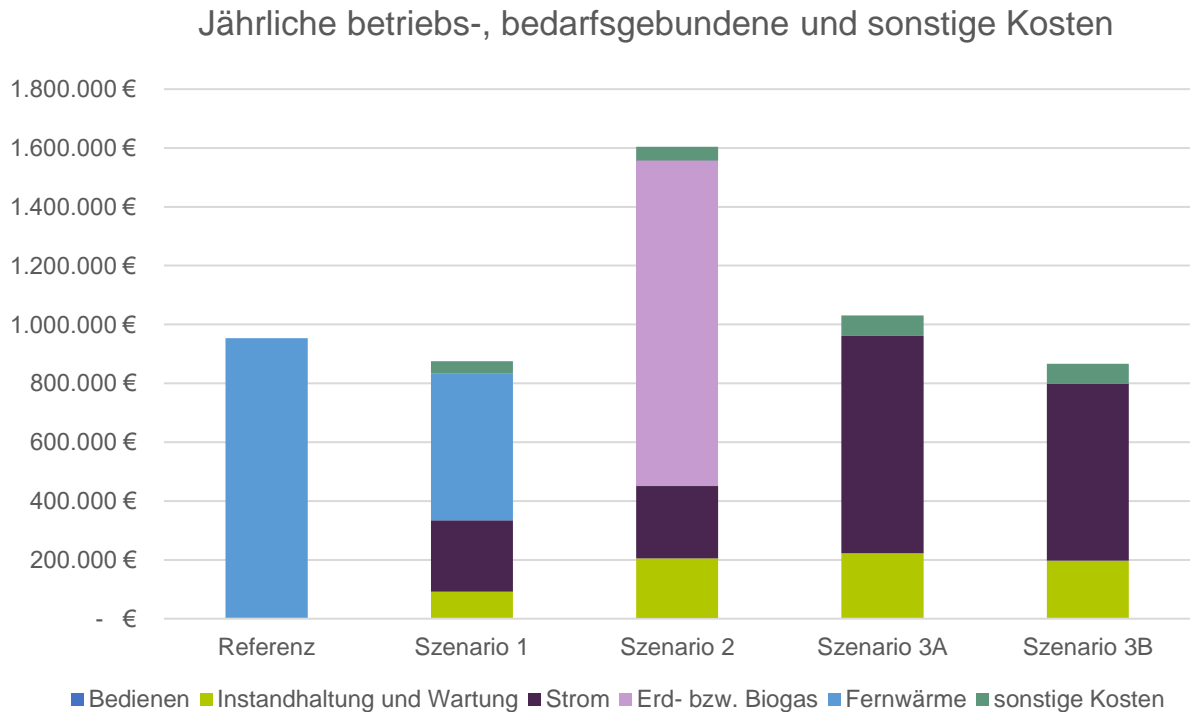


Abbildung 38: Betriebs-, bedarfsgebundene und sonstige Kosten der Wärmezeugung je Szenario für Phase II⁷²

Die sich daraus ergebende Gesamtannuität bei Betrachtung der Investitionskosten, kapitalgebunden, bedarfsgebunden und sonstigen Kosten sowie Erlöse über die durchschnittliche Lebensdauer des Wärmenetzes (30 Jahre) sind in Tabelle 15 dargestellt. Szenario 1 ist für Phase II das wirtschaftlichste Szenario, dicht gefolgt von Szenario 3B.

⁷² Eigene Ergebnisdarstellung

Tabelle 15: Investitionskosten, Förderhöhe und Gesamtannuität je Szenario für Phase II

	Referenz- szenario	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3A	Szenario 3B
<i>Investitionskosten [T€]</i>	1.771	7.249	8.954	13.212	13.096
<i>Förderhöhe [T€]</i>	-	2.900	3.581	5.285	5.238
<i>Gesamtannuität [T€]</i>	1.547	1.460	1.615	1.724	1.534

Bei Bezug der Gesamtannuität auf den Gesamtwärmebedarf des Sanierungsgebiet Rathausblock lassen sich die Wärmegestehungskosten pro Energieeinheit ermitteln, s. Tabelle 16.

Tabelle 16: Wärmegestehungskosten je Szenario für Phase II

	Referenz- szenario	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3A	Szenario 3B
<i>Wärmegestehungskosten [€/MWh]</i>	143,94	135,84	150,25	160,40	142,69

Die flächenspezifische Wärmekosten pro Monat und pro Jahr gelten für Heizwärme und Trinkwassererwärmung, s. Tabelle 17. Im preiswertesten Fall, Szenario 1, belaufen sich die Wärmekosten auf 7 ct/m² weniger als im Referenzszenario der Phase II, während die Wärmegestehungskosten in Szenario 3B mit den Kosten des Referenzszenarios vergleichbar sind.

Tabelle 17: Jährliche und monatliche flächenbezogene Wärmekosten je Szenario für Phase II

	Referenz	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3A	Szenario 3B
spezifischen Wärmekosten [€/m ² a]	13,16	12,42	13,74	14,67	13,05
spezifischen Wärmekosten [€/m ² mon.]	1,10	1,04	1,14	1,22	1,09

Investitionskosten für die gebäudeseitige Trinkwassererwärmung betragen ca. 3.144 T€ und werden wie in Kapitel 4.1.3 behandelt.

4.2.4 Zusammenfassung und Empfehlung

In diesem Projekt, das einen Modellcharakter aufweist, sollen die vielschichtigen Interessen der Kooperationspartner*innen berücksichtigt werden. So soll das zu implementierende Szenario sowohl niedrige Emissionen als auch niedrige Wärmekosten aufweisen. Zusätzlich zum Vergleich der Szenarien aus ökologischer und ökonomischer Sicht werden die Varianten des Szenario 3 aus Sicht der notwendigen Flächenbedarfe verglichen, da in diesem innerstädtischen Bereich mit hohen Anforderungen an die Entwicklung des Gebiets eine hohe Flächenkonkurrenz herrscht. Nach diesen Kriterien wird eine Empfehlung vorgenommen.

Szenario 2 weist vergleichsweise hohe Treibhausgasemissionen auf, da die Emissionen jährlich konstant bleiben. Im Gegensatz dazu nehmen die Treibhausgasemissionen in Szenario 1 kontinuierlich ab, sodass diese über die gesamte Lebensdauer des Wärmenetzes betrachtet niedriger sind als die des Referenzszenarios und auch des Szenario 2. Ein höheres Treibhausgaseinsparpotential stellen jedoch die Varianten des Szenario 3 dar.

Bei Förderung aller Szenarien wird Szenario 1 in Phase II im Gegensatz zu Phase I aus wirtschaftlicher Sicht konkurrenzfähig. Szenario 3B kommt an zweiter Stelle und seine zugeordneten Wärmegestehungskosten sowie flächenspezifischen Wärmekosten liegen knapp unterhalb denen des Referenzszenarios.

In Hinsicht auf die notwendigen Flächen zur Umsetzung jedes Szenarios benötigen die Varianten des Szenario 3 mehr Technikflächen als die anderen Szenarien. In Szenario 3A müssen alle geplanten Vegetations- und halboffenen Flächen für Erdsonden verwendet werden. Die Erdsonden sind unterirdisch und eine sonstige oberirdische Nutzung bleibt unberührt. Jedoch ist

diese Maßnahme mit einem hohen Anteil an Verrohrung zum Transport der Wärme zur Energiezentrale und somit mit mehr Erdarbeiten als in allen anderen Szenarien, inklusive Szenario 3B, verbunden. Weiterhin muss die geophysikalische Machbarkeit geprüft und das Vorhaben von der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz genehmigt werden. In Szenario 3B benötigen die Eisspeicher deutlich weniger Platz als die Erdsonden. Für die Eisspeicher wird eine unterirdische Bauweise empfohlen, sodass die vorgesehene, oberirdische Nutzung als Vegetationsfläche so gering wie möglich beeinflusst wird.

Nach den oben genannten Kriterien und Betrachtung der Szenarien aus den unterschiedlichen Gesichtspunkten wird Szenario 3B mit Abwasserwärmepumpen, Eisspeicher in Kombination mit Wärmepumpen sowie Power2heat bei Umsetzung des energetischen Quartierskonzepts für das gesamte Sanierungsgebiet Rathausblock (Phase II) empfohlen.

5 Durchführungs- und Controllingkonzept

5.1 Sanierungsmanagement als Fortführungsoption

Das Sanierungsgebiet Rathausblock ist bereits jetzt ein Modellprojekt. Auf Basis eines gemeinsamen Kooperationsvertrages setzen sich sowohl die Kommune als auch die Wohnungsbaugesellschaften, die städtischen Gesellschaften und die Zivilgesellschaft das gemeinsame Ziel durch das energetische Quartierskonzept eine modellhafte, klimaneutrale und bezahlbare Energieversorgung zu realisieren. Die Zielstellung des energetischen Quartierskonzeptes ist alle Beteiligten der Kooperationsvereinbarung zu einer gemeinsamen Lösung innerhalb einer gemeinsamen Projektvereinbarung zu gewinnen und zu verpflichten, diese auch gemeinsam zu fördern und umzusetzen. Ist die grundsätzliche Machbarkeit und Umsetzungsbereitschaft geregelt, gilt es die Maßnahmen auch durchzuführen. Dafür bietet sich die Fortführung der energetischen Stadtsanierung im Rahmen eines Sanierungsmanagements an, welches von der KfW gefördert wird⁷³.

Das Sanierungsmanagement hat insbesondere folgende Aufgaben:

- Konzeptumsetzung planen
- Akteure aktivieren und vernetzen
- Maßnahmen koordinieren und kontrollieren
- Als zentrale*r Ansprechpartner*in für Fragen zu Finanzierung und Förderung fungieren

Die Funktion des Sanierungsmanagements hat sich bei der konkreten Umsetzung der Ergebnisse von energetischen Quartierskonzepten bewährt und wird mit einem Förderzuschuss in Höhe von 75 % der förderfähigen Kosten durch die KfW für einen Zeitraum von bis zu maximal 3 Jahren mit einer Verlängerungsoption auf bis zu 5 Jahre gewährt.

5.2 Planung

Zu Beginn einer verbindlichen Planung des energetischen Quartierskonzeptes für das Sanierungsgebiet Rathausblock sollte eine verbindliche Befragung der privaten Gebäudeeigentümer*innen im Sanierungsgebiet Rathausblock durchgeführt werden, um die Bereitschaft für den Anschluss an das Nahwärmenetz und die Installation von Photovoltaik-Anlagen abzufragen. Danach sollten die Verantwortlichkeiten für den zukünftigen Bau und Betrieb des Netzes, sowie

⁷³ Vgl. Energetische Stadtsanierung – Zuschuss, KfW, [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/F%C3%B6rderprodukte/Energetische-Stadtsanierung-Zuschuss-Kommunen-\(432\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/F%C3%B6rderprodukte/Energetische-Stadtsanierung-Zuschuss-Kommunen-(432)/)

Wärme- und Strom-Contracting geklärt werden. Das ermöglicht eine zielgerichtete weitere Planung. Parallel dazu ist die Entscheidung für ein detailliertes Energiekonzept zu treffen, da die nachfolgende Detailplanung davon abhängt. Bei frühzeitiger Abstimmung aller Beteiligten können Verzögerungen im Bauablauf und Zusatzkosten vermieden werden. Die Wahl des Szenarios des Energiekonzeptes beeinflusst die Erschließung des Areals und der Abwasserwärmequelle – hier sollte so zügig wie möglich eine schriftliche Vereinbarung über die Nutzung, Verfügbarkeit, Kostenaufteilung, etc. der Abwasserdruckleitung mit der BWB geschlossen werden – sowie den Platzbedarf für die Energiezentrale und den Speicher. Außerdem wird bestimmt, welche Form der Wärmeübergabe innerhalb der Gebäude (z. B. Fußbodenheizung oder Heizkörper) und der Erzeugung von Warmwasser (z. B. Frischwasserstation oder zentraler Speicher) möglich sind. Die Bereitschaft ein Szenario des energetischen Quartierkonzepts umzusetzen, soll in einer Projektvereinbarung zwischen den Kooperationspartner*innen festgehalten werden.

Es sollte auch final geklärt werden, ob eine Kühlung in Wohn- und Arbeitsräumen vorgesehen werden soll. Die Festlegung der Raumwärmeübergabe hat Einfluss auf die Bodenaufbauten. Die Festlegung der Warmwasserbereitung ist für die Größe der Technikräume, den Platzbedarf in den Wohnungen und die Größe von Schächten entscheidend. Die Festlegung der Kühlung macht deutlich, ob vorhandene Systeme wie Fußbodenheizung genutzt werden können oder zusätzliche Elemente wie Kühldecken geplant werden müssen. Auf dieser Grundlage kann die technische Gebäudeausrüstung für die Neubauten geplant werden.

Im Anschluss muss der Flächenbedarf für den Außenraum unter Berücksichtigung von Bäumen, Verkehrswegen, gemeinwohlorientierte Nutzungen etc. finalisiert werden, um einen zentralen Standort für die Energiezentrale und Speicher zu finden, sowie die Trassenführung des Netzes festzulegen. Außerdem muss eine Festlegung zum Umgang mit Photovoltaik-Strom getroffen werden: Mieterstrom, Einspeisung ins öffentliche Netz, Versorgung für Ladestationen oder ein Technikstromkonzept. Parallel sollte der Umfang der Sanierungsmaßnahmen der Bestandsgebäude festgelegt werden. Erst wenn die Planung so weit fortgeschritten ist, kann mit Abrissarbeiten der jeweiligen Bestandsgebäude begonnen werden. Auf diese Weise können die Gebäude möglichst lang weitergenutzt werden.

5.3 Bau

Losgelöst von der Erschließung des Areals sollte die Erschließung des Wärmeübertragers der Abwasserdruckleitung im Zuge der Sanierungsmaßnahmen im Mehringdamm erfolgen. Dazu wird der Wärmeübertrager mit allen Tiefbauarbeiten eingebracht und die notwendigen Leitungen bis zur Energiezentrale anschlussbereit vorgehalten. Parallel dazu kann die Errichtung der Energiezentrale und der Speicher so erfolgen, dass der Anschluss und die Nutzung des Wärmeübertragers auch erst dann erfolgen kann, wenn die Gebäude auf dem Areal bereit sind. Auf

Grundlage der detaillierten Gebäudeplanungen, der Befragung zum Netzanschluss, des Photovoltaikstrom-Konzeptes und der Trassenplanung erfolgt die infrastrukturelle Erschließung des Areals. Zur Reduzierung von Kosten für die Baustelleneinrichtung und zur Vermeidung von Verzögerungen, sollte das gesamte Areal in einem Zug erschlossen werden.

Die Strom- und Wärmeerzeugungsanlagen werden im Verhältnis zu den Bauabschnitten nach und nach erweitert. Aufdach-Photovoltaikanlagen werden im Anschluss an den Gebäudebau und Fassaden-Anlagen währenddessen installiert. Die Anzahl der Wärmepumpen wird im Verhältnis zur anfallenden Wärmelast je Bauabschnitt erhöht. Die Infrastruktur beinhaltet das Nahwärmenetz, Wasser- und Abwasseranschlüsse, Strom, sowie Kommunikation, Internet und Außenraumbeleuchtung für die Energiezentrale. Tendenziell sollte das Netz im Rathausblock anhand der Befragung der privaten Eigentümer*innen errichtet werden, es ist jedoch empfehlenswert Strukturen vorzuhalten, die nachträgliche Anschlüsse ermöglichen, besonders wenn durch das Konzept Energie- und CO₂-Kosten reduziert werden.

Zur Einhaltung eines möglichst reibungslosen Bauablaufs sollte erst nach Abschluss der Erschließung mit den Neubauten begonnen werden, da während der Tiefbauarbeiten die Verkehrswege nicht passierbar sind. Sobald die Versorgung des Areals gesichert ist und das Netz in Betrieb gehen kann, sollten die Bestandsbauten mit der Umstrukturierung der jeweiligen Versorgung mit Wärme und Strom beginnen, da so Zeiten mit Übergangslösungen wie mobilen Heizzentralen minimiert werden. Die Sanierung der Gebäudehülle und die Installation von Photovoltaik-Modulen auf Bestandsgebäuden kann sukzessiv und auch während anderer Bauabläufe vorgenommen werden.

6 Ausblick

6.1 Anwendung des Konzepts bei Änderungen

Dynamische Anpassung der Gebäudestandards

Auf Bitte der WBM wurde untersucht, welcher Bedarfsunterschied sich ergibt, wenn die WBM ihre Gebäude statt mit einem KfW55 mit einem KfW40 Standard ausführt. Der Bedarfsunterschied zwischen den beiden Gebäudestandards für die Gebäude der WBM (und Dritte) beläuft sich auf 381,2 MWh/a. Zunächst mag dies als nicht viel erscheinen, jedoch beträgt der Flächenanteil der WBM am Sanierungsgebiet Rathausblock (Phase II) lediglich 22%, also weniger als ein Viertel. Darüber hinaus handelt es sich um Neubaugebäude, die in verschiedenen Standards ausgeführt werden sollen. Der Bedarf der Bestandsgebäude sowohl im Gebiet der Phase I als auch im Gebiet der Phase II liegt deutlich über dem Bedarf einer KfW55-ausgeführten Neubaus. Mit einer umfassenden Sanierung der Gebäude im Sanierungsgebiet (s.u.) kann der Bedarf also stark gesenkt werden. Umso niedriger der Bedarf ist, desto einfacher wird es, diesen nur mithilfe von erneuerbaren Energien zu decken. Jedoch steht dieser Bedarfssenkung ein erheblicher Kostenfaktor zur Seite. Auf der anderen Seite ist es ökologisch unkritisch einen hohen Energiebedarf eines Gebäudes mit erneuerbaren Energien zu decken. Es ist daher nötig die Kosten (Neubau- oder Sanierungskosten) für die Gebäudehülle mit den vorhandenen Erzeugerpotentialen und den dazugehörigen Kosten abzuwägen und so den besten Mittelweg zu finden.

Sanierung

Um den Einsatz von Primärenergie gering zu halten, kann die Energieeffizienz der Gebäude privater Eigentümer*innen im Sanierungsgebiet Rathausblock durch Sanierung der Gebäudehülle und der Haustechnik gesteigert werden. Durch die Sanierung der Gebäudehülle sinkt der Energiebedarf insgesamt, während durch Sanierung der Haustechnik auch die benötigten Vorlauftemperaturen für Raumheizung und insbesondere für Trinkwarmwasserbereitung gesenkt werden können. Bei einer durchgehenden Sanierung kann die Wärmenetztemperatur gesenkt werden. So wird weniger Wärme aus den Wärmepumpen und auch den weiteren Wärmeerzeugern benötigt. Bei Wärmeeinsparung wird auch Betriebsstrom der Wärmepumpen und ggf. der Power2Heat-Anlage eingespart. Die Sanierung der Bestandsgebäude ist politisch gewollt, wird zukünftig verstärkt gefördert und ist insbesondere bei der Auslegung der Wärmeerzeuger und der Leitungsdurchmesser zu berücksichtigen.



Kältebedarf

Wie in Kapitel 2.4.4 beschrieben ist bisher nicht mit einer aktiven Kühlung im Rahmen des energetischen Quartierskonzepts zu rechnen. In diesem Abschnitt werden Kältepotentiale aufgezeigt, sollten sie zukünftig benötigt werden. Als erstes kann durch dieselben Wärmepumpen, die für Wärmezwecke in der Heizperiode genutzt werden, auch gekühlt werden. Bei Kühlung im Sommer kann eine reversible Wärmepumpe den Kältebedarf über Wärmeeintrag in die Abwasserdruckleitung decken. Sollten gleichzeitig Wärme und Kälte gebraucht werden, kann eine sogenannte Verschiebungs-Wärmepumpe verwendet werden. Diese verschiebt Wärme vom Ort, wo gekühlt werden soll, zum Ort, wo geheizt werden soll. Solche Anlagen weisen eine hohe Jahresarbeitszahl auf und würden auch die Abwasserwärme als Wärmequelle bzw. -senke nutzen. Eine zusätzliche Kühlungsmöglichkeit bietet der Eisspeicher bei Implementierung des Szenarios 3B für die Phase II (gesamtes Sanierungsgebiet Rathausblock). Dieser kann im Sommer zur Kühlung verwendet werden. Durch Wärmeaufnahme aus den Räumen für deren Kühlung kann der Eisspeicher anstatt über Wärmeaufnahme aus der Abwasserdruckleitung außerhalb der Heizperiode regeneriert werden. Bei Wärmeeintrag in die Abwasserdruckleitung für Kühlzwecke außerhalb der Heizperiode kann eine Wärmepumpe mit einer Leistung von 660 kW Kälte bereitstellen.

Photovoltaik

Im Konzept wurde das Photovoltaik-Potential nur für die Gebäude ausgerechnet, die für Solaranlagen aufstellung und gleichzeitige Dachbegrünung vorgesehen sind. Viele der Gebäude (das Finanzamt, Bestandsgebäude im Dragonerareal und einige Bestandsgebäude der privaten Eigentümer) im Sanierungsgebiet Rathausblock stehen unter Denkmalschutz und zählen aus diesem Grund nicht dazu. Sollte eine Nutzung der Dächer dieser Gebäude ändern, sodass die Aufstellung von Photovoltaik-Anlagen ermöglicht wird, wird Photovoltaik-Strom zusätzliche 20 % des anfallenden Strombedarfs – ohne Wärmepumpenstrom – decken können.

Es wird zurzeit davon ausgegangen, dass die Wärmeversorgung von der Stromversorgung entkoppelt ist, da das Betriebsmodell nicht feststeht. Sollte Strom aus den Photovoltaik-Anlagen durch bspw. eine Contracting-Firma als Betriebsstrom für die Wärmepumpen zur Verfügung gestellt werden, sinken damit die Treibhausgasemissionen und die Emissionseinsparungen steigen. Es wurde ein Preis von 19 ct/kWh für den Wärmepumpenstrom angenommen. Sollte die Contracting-Firma der Photovoltaik-Anlagen einen niedrigeren Preis für Wärmepumpenstrom aus Photovoltaik anbieten, wird die Wärmeerzeugung wirtschaftlicher. Das bedeutet, dass die Wärmegestehungskosten und flächenbezogenen Wärmekosten geringer werden.

Contracting für eine gemeinsame Energieversorgung

Die berechneten Wärmekosten beinhalten bereits Betriebskosten auch in Form von Bedienungskosten durch Fachpersonal. Fraglich jedoch ist, wie eine gemeinsame Wärmeversorgung für das Sanierungsgebiet organisatorisch umgesetzt werden sollte. Dafür kommen in vergleichbaren Quartieren regelmäßig Konzessionsvergabeverfahren zur Wärmeversorgung zu tragen. Unter der Maßgabe, dass alle Beteiligten in der Phase I eine gemeinsame Wärmeversorgung wünschen, kann, auf Basis einer technischen Vorzugslösungsvariante und maßgeblichen Eckpunkten, im Rahmen eines geeigneten Ausschreibungsverfahrens ein Contracting-Anbieter, ein Konzessionsnehmer diese Wärmeversorgung anbieten. Klassische Konzessionsteilnehmer sind zum Beispiel Vattenfall New Energy Solutions, Naturstrom, Blockheizkraftwerks- Träger- und Betreibergesellschaft oder auch die Berliner Stadtwerke. Solche Ausschreibungsverfahren brauchen sowohl eine sorgfältige, prozessuale und juristisch einwandfreie Vorbereitung, als auch Zeit. Regelmäßig sind für solche Verfahren zwischen 12 bis 36 Monaten Laufzeit anzusetzen, in schwierigen Rahmenbedingungen auch deutlich darüber hinaus.

Eine Alternative zu den klassischen, wettbewerbsorientierten Konzessionsvergabeverfahren wäre eine Direktvergabe der Herstellung einer gemeinsamen Wärmeversorgung für das Sanierungsgebiet Rathausblock an die städteigene Gesellschaft Berliner Stadtwerke Kommunalpartner GmbH⁷⁴. Das hätte den Charme, dass die Mehrheit der Beteiligten der Phase I kommunale Gesellschaften sind, die eine gemeinsame Mission hin zu einer klimaneutralen städtischen Entwicklung antreiben und das Eigentum an der Energieerzeugungs- und verteilungsanlagen mittelbar in den Händen der Bürger*innen der Stadt Berlin liegt.

Sowohl für ein Contracting-/Konzessionsvergabeverfahren als auch eine Direktvergabe gilt es einen verlässlichen Kostenrahmen zu vereinbaren. Außerdem ist der Zeithorizont zur Umsetzung der Anlagen mit den Sanierungsplänen der Bauträger zu verbinden. Durch die verstärkten Aktivitäten für den Umbau der Energieversorgungslandschaft in Berlin ist mit hohen Auslastungen sowohl der potentiellen Contractingnehmer als auch mit den Berliner Stadtwerken Kommunalpartner GmbH zu rechnen.

⁷⁴ Berlin – Schritte zur Klimaneutralen Stadt – Ein Leitfaden für öffentliche Auftraggeber mit den Berliner Stadtwerken, Juli 2020

6.2 Förderprogramme

Bundeshilfe für effiziente Wärmenetze (BEW)

Die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze ist das Nachfolgeprogramm von Wärmenetz 4.0, das für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen (Kapitel 4.1.3 und 4.2.3) berücksichtigt wurde. Wesentlicher Bestandteil ist neben der Investitionsförderung auch die Betriebsförderung von Wärmepumpen. Ziel der BEW ist es, den Anteil erneuerbarer und klimaneutraler Wärmequellen bis 2030 auf 30% auszubauen.

Die Investitions- und Betriebskostenförderung ist eine systemische Förderung, die alle Maßnahmen von der Installierung der Erzeugungsanlagen über die Wärmeverteilung bis zur Übergabe der Wärme an die versorgten Gebäude umfasst, sofern sie einen Beitrag zur Dekarbonisierung und Effizienzsteigerung des Wärmenetzes leisten. Damit sind sowohl die notwendigen Planungen, Investitionen in förderfähige Wärmequellen, Effizienz- und Digitalisierungsmaßnahmen sowie weitere Maßnahmen im unmittelbaren Zusammenhang mit der Netztransformation (Umfeldmaßnahmen) erfasst. Eine Liste der förderfähigen Wärmequellen, Infrastruktur und Umfeldmaßnahmen findet sich im Entwurf der Förderrichtlinie⁷⁵. Die systemische Förderung für Neubaunetze kann maximal 40 % der förderfähigen Ausgaben für die Investitionen in Erzeugungsanlagen und Infrastruktur betragen. Die Förderung ist bis zu einer Förderhöhe von 50 Mio. Euro pro Projekt notifizierungsfrei möglich. Förderung über den Betrag von 50 Mio. Euro hinaus können nur nach Erteilung einer beihilferechtlichen Einzelgenehmigung durch die EU-Kommission erfolgen. Für die Erzeugung von erneuerbaren Wärmemengen aus Solarthermieanlagen sowie aus strombetriebenen Wärmepumpen, die in Wärmenetze einspeisen, sowohl in Neubau- wie in transformierten Bestandsnetzen wird eine Betriebskostenförderung für alle Wärmetechniken, die jeweils eine Jahresarbeitszahl (JAZ) von mind. 1,25 erreichen, gewährt. Die Betriebskostenförderung endet zehn Jahre nach Inbetriebnahme der geförderten Anlage. Der Betriebskostenzuschuss für (Groß-)Wärmepumpen, die in Wärmenetze einspeisen beträgt 90 % der nachgewiesenen Stromkosten für die ersten zehn Jahre des Betriebs, ist maximal jedoch in Abhängigkeit der JAZ begrenzt (Berechnung s. Richtlinie). Für den Anteil der Wärme, der mit Strom aus erneuerbaren Energieanlagen ohne Netzdurchleitung erzeugt wird, gilt eine maximale Betriebskostenförderung von 3 ct/kWh, die jedoch auch über eine Formel errechnet wird. Die Förderung darf nicht mit staatlichen Beihilfen für das gleiche

⁷⁵ https://www.agfw.de/fileadmin/AGFW_News_Mediadateien/Energiewende_Politik/20210818_BEW-RL_Entwurf2.pdf

Projekt kumuliert werden, es sei denn, die Förderung betrifft unterschiedliche bestimmbare beihilfefähige Kosten.

Da jede Maßnahme nur einmal gefördert werden kann, würde die Förderung durch die Wärmenetze 4.0 durch eine Nutzung der BEW entfallen. Dafür werden hier nicht nur Investitionskosten und Machbarkeitsstudien gefördert, sondern auch der Betrieb der Wärmepumpen für bis zu 10 Jahre. Durch eine Betriebskostenförderung kann bis zu 90 % des Wärmepumpenstroms in Form von Zuschüssen gefördert werden. Auf diese Weise werden nicht nur die Investitionskosten, sondern auch die Betriebskosten eines Wärmenetzes mit einem hohen Wärmeanteil aus Wärmepumpen wirtschaftlicher. Diese Förderung ist zurzeit nur im Entwurf vorhanden. Bei ihrem Inkrafttreten ist sie für das energetische Quartierskonzept Rathausblock zu empfehlen.

7 Anlagen

Anlage 1: Übersicht über die Nutzungsarten und Energiebedarfskennwerte im Sanierungsgebiet Rathausblock

ID	Adresse	Hausnr.	Grundfläche	Geschosszahl	BGF	Baujahr	Nutzungsart	Heizwärmebedarf [MWh/a]	TWW-Bedarf [MWh/a]	Strombedarf [MWh/a]	Anschlussleistung Wärme [kW]	Eigentum
73	Großbeerenstraße 63	63	165,95	7	1.162	1870er	Wohnen Bestand	99,45	9,37	20,98	60	Privates Eigentum
72	Großbeerenstraße 63 A	63A	349,73	7	2.448	1870er	Wohnen Bestand	209,59	19,74	44,22	130	Privates Unternehmen
71	Großbeerenstraße 64	64	514,01	4	2.056	1870er	Wohnen Bestand	176,03	16,58	37,14	110	Privates Eigentum
70	Großbeerenstraße 64 A	64A	350,84	4	1.403	1870er	Wohnen Bestand	120,15	11,32	25,35	70	Privates Eigentum
69	Großbeerenstraße 65	65	577,82	5	2.889	1870er	Wohnen Bestand saniert	154,98	23,30	52,19	100	Wohnungseigentümergeinschaft
68	Großbeerenstraße 66	66	501,73	5	2.509	1870er	Wohnen Bestand saniert	134,57	20,23	45,32	90	Privates Eigentum
67	Großbeerenstraße 67	67	380,77	4	1.523	1870er	Wohnen Bestand	130,40	12,28	27,51	80	Privates Eigentum
48	Großbeerenstraße 68	68	163,48	6	981	1870er	Wohnen Bestand	83,98	7,91	17,72	50	Wohnungseigentümergeinschaft
66	Großbeerenstraße 68	68	211,78	6	1.271	1870er	Wohnen Bestand	108,79	10,25	22,95	70	Wohnungseigentümergeinschaft
65	Großbeerenstraße 69	69	289,01	4	1.156	1870er	Wohnen Bestand	98,97	9,32	20,88	60	Privates Eigentum
64	Großbeerenstraße 70	70	316,92	4	1.268	1870er	Wohnen Bestand	108,53	10,22	22,90	70	Privates Eigentum
42	Großbeerenstraße 71	71	191,02	6	1.146	1870er	Wohnen Bestand	98,12	9,24	20,70	60	Privates Eigentum
44	Großbeerenstraße 71	71	124,31	6	746	1870er	Wohnen Bestand	63,86	6,02	13,47	40	Privates Eigentum
45	Großbeerenstraße 71	71	138,97	6	834	1870er	Wohnen Bestand	71,39	6,72	15,06	50	Privates Eigentum
46	Großbeerenstraße 71	71	463,14	6	2.779	1870er	Wohnen Bestand	237,91	22,41	50,20	140	Privates Eigentum
47	Großbeerenstraße 71	71	237,91	6	1.427	1870er	Wohnen Bestand	122,21	11,51	25,79	80	Privates Eigentum



ID	Adresse	Hausnr.	Fläche	Geschosszahl	BGF	Baujahr	Nutzungsart	Heizwärmebedarf [MWh/a]	TWW-Bedarf [MWh/a]	Strombedarf [MWh/a]	Anschlussleistung Wärme [kW]	Eigentum
63	Großbeerenstraße 71	71	220,26	6	1.322	1870er	Wohnen Bestand	113,14	10,66	23,87	70	Privates Eigentum
62	Großbeerenstraße 72	72	165,49	6	993	1870er	Wohnen Bestand	85,01	8,01	17,94	50	Privates Eigentum
61	Großbeerenstraße 73	73	156,91	7	1.098	1870er	Wohnen Bestand	94,04	8,86	19,84	60	Privates Eigentum
60	Großbeerenstraße 74	74	490,57	4	1.962	1870er	Wohnen Bestand saniert	105,26	15,82	35,45	70	Privates Eigentum
41	Großbeerenstraße 75	75	40,37	4	161	1870er	Wohnen Bestand saniert	8,66	1,30	2,92	10	Privates Eigentum
59	Großbeerenstraße 75	75	335,09	4	1.340	1870er	Wohnen Bestand saniert	71,90	10,81	24,21	50	Privates Eigentum
58	Großbeerenstraße 76	76	199,71	5	999	1870er	Wohnen Bestand	85,49	8,05	18,04	50	Privates Eigentum
40	Großbeerenstraße 77	77	21,35	5	107	1870er	Wohnen Bestand saniert	5,73	0,86	1,93	10	Privates Unternehmen
57	Großbeerenstraße 77	77	163,92	5	820	1870er	Wohnen Bestand saniert	43,97	6,61	14,81	30	Privates Unternehmen
23	Mehringdamm 22	1	2413,78	3	9656	1854	Verwaltung	614,98	0,59	205,19	390	BIM
83	Mehringdamm 32	32	978,27	5	4.891	1920er	Wohnen Bestand	418,77	39,45	88,36	250	Privates Eigentum
82	Mehringdamm 34	34	1003,16	5	5.016	1920er	Wohnen Bestand	429,43	40,45	90,61	250	Privates Eigentum
49	Mehringdamm 36	36	81,17	4	325	1920er	Wohnen Bestand	27,80	2,62	5,87	20	Privates Eigentum
81	Mehringdamm 36	36	373,74	4	1.495	1920er	Wohnen Bestand	127,99	12,06	27,01	80	Privates Eigentum
80	Mehringdamm 38	38	299,28	4	1.197	1920er	Wohnen Bestand	102,49	9,65	21,63	60	Privates Eigentum
50	Obentrautstraße 23	23	247,74	2	495	1870er	Wohnen Bestand	42,42	4,00	8,95	30	Privates Eigentum
51	Obentrautstraße 25	25	252,81	5	1.264	1870er	Wohnen Bestand saniert	67,81	10,19	22,83	50	Privates Eigentum



ID	Adresse	Hausnr.	Fläche	Geschosszahl	BGF	Baujahr	Nutzungsart	Heizwärmebedarf [MWh/a]	TWW-Bedarf [MWh/a]	Strombedarf [MWh/a]	Anschlussleistung Wärme [kW]	Eigentum
52	Obentrautstraße 27	27	279,34	5	1.397	1870er	Wohnen Bestand saniert	74,92	11,26	25,23	50	Wohnungseigentümergeinschaft
53	Obentrautstraße 29	29	461,98	4	1.848	1870er	Wohnen Bestand saniert	99,13	14,90	33,38	60	Privates Unternehmen
37	Obentrautstraße 33	33	99,37	2	199	1870er	Wohnen Bestand saniert	10,66	1,60	3,59	10	Privates Eigentum
38	Obentrautstraße 33	33	236,96	2	474	1870er	Wohnen Bestand saniert	25,42	3,82	8,56	20	Privates Eigentum
54	Obentrautstraße 33	33	246,98	2	494	1870er	Wohnen Bestand saniert	26,50	3,98	8,92	20	Privates Eigentum
84	Obentrautstraße 33	33	102,9	2	206	1870er	Wohnen Bestand saniert	11,04	1,66	3,72	10	Privates Eigentum
39	Obentrautstraße 35	35	131,86	5	659	1870er	Wohnen Bestand saniert	35,37	5,32	11,91	30	Privates Eigentum
55	Obentrautstraße 35	35	256,88	4	1.028	1870er	Wohnen Bestand saniert	55,12	8,29	18,56	40	Privates Eigentum
56	Obentrautstraße 37	37	204,77	5	1.024	1870er	Wohnen Bestand	87,66	8,26	18,50	60	Privates Unternehmen
79	Yorckstraße 1	1	173,67	4	695	1920-1945	Wohnen Bestand	59,47	5,60	12,55	40	Privates Eigentum
76	Yorckstraße 12	12	330,21	5	1.651	1920-1945	Wohnen Bestand	141,35	13,31	29,83	90	Wohnungseigentümergeinschaft
75	Yorckstraße 13	13	245,92	6	1.476	1970er	Wohnen Bestand	126,33	11,90	26,65	80	Wohnungseigentümergeinschaft
74	Yorckstraße 14	14	397,96	6	2.388	1980er	Wohnen Bestand	204,43	19,26	43,13	120	Privates Eigentum
78	Yorckstraße 2	2	183,2	4	733	1920-1945	Wohnen Bestand	62,74	5,91	13,24	40	Privates Eigentum
77	Yorckstraße 3	3	213,07	4	852	1920-1945	Wohnen Bestand	72,97	6,87	15,40	50	Privates Eigentum
24	Yorckstraße 4-11	11	2224,97	6	8900	1920-1945	Verwaltung	566,83	0,54	189,13	360	Bezirksamt
25	Yorckstraße 4-11	11	2371,18	6	9.484	1950er	Verwaltung	604,03	0,58	201,54	380	Bezirksamt



ID	Adresse	Hausnr.	Fläche	Geschosszahl	BGF	Baujahr	Nutzungsart	Heizwärmebedarf [MWh/a]	TWW-Bedarf [MWh/a]	Strombedarf [MWh/a]	Anschlussleistung Wärme [kW]	Eigentum
1	Dragonerareal	B	326,07	7	1404	2025	Wohnen Neubau	38,50	11,32	25,36	30	WBM und Dritte
2	Dragonerareal	Ca	222,74	3	1404	2025	Wohnen Neubau	38,50	11,32	25,36	30	WBM und Dritte
3	Dragonerareal	Cb	312,11	7	1404	2025	Wohnen Neubau	38,50	11,32	25,36	30	WBM und Dritte
4	Dragonerareal	D	466,18	6	3.482	2025	Gewerbe BIM	85,48	21,37	160,28	50	BIM
5	Dragonerareal	Ea	2278,68	5	17.090	2025	Gewerbe BIM	419,59	104,90	786,73	240	BIM
6	Dragonerareal	Eb	1250,41	2	4.103	2025	Gewerbe BIM	100,73	25,18	188,88	60	BIM
7	Dragonerareal	F	483,95	16	7249	2025	Wohnen Neubau	198,76	58,46	130,95	140	WBM und Dritte
8	Dragonerareal	G	492,54	8	3921	2025	Wohnen Neubau	107,51	31,62	70,83	80	WBM und Dritte
9	Dragonerareal	H	781,11	7	3921	2025	Wohnen Neubau	107,51	31,62	70,83	80	WBM und Dritte
10	Dragonerareal	I	509,78	6	3921	2025	Wohnen Neubau	107,51	31,62	70,83	80	WBM und Dritte
11	Dragonerareal	K	502,5	8	3921	2025	Wohnen Neubau	107,51	31,62	70,83	80	WBM und Dritte
12	Dragonerareal	M	654,45	7	3921	2025	Wohnen Neubau	107,51	31,62	70,83	80	WBM und Dritte
13	Dragonerareal	N	649,26	5	3.956	2025	Verwaltung	251,98	0,24	84,07	160	BIM
14	Dragonerareal	O	612,11	5	4.954	2025	Verwaltung	315,53	0,30	105,28	200	BIM
15	Dragonerareal	L	1010,26	8	7470	2025	Wohnen Neubau	204,82	60,24	134,94	140	WBM und Dritte
16	Dragonerareal	Pa	469,27	6	1.877	2025	Verwaltung	119,55	0,11	39,89	80	Bezirksamt
17	Dragonerareal	Pb	197,17	6	789	2025	Verwaltung	50,23	0,05	16,76	40	Bezirksamt



ID	Adresse	Hausnr.	Fläche	Geschosszahl	BGF	Baujahr	Nutzungsart	Heizwärmebedarf [MWh/a]	TWW-Bedarf [MWh/a]	Strombedarf [MWh/a]	Anschlussleistung Wärme [kW]	Eigentum
18	Dragonerareal	Pc	264,57	6	1.058	2025	Verwaltung	67,40	0,06	22,49	50	Bezirksamt
19	Dragonerareal	A	213,81	6	855	2025	Wohnen Neubau	23,45	6,90	15,45	20	WBM und Dritte
20	Dragonerareal	4	428,13	2	856	2025	Gewerbe BIM	21,02	5,25	39,41	20	BIM
21	Dragonerareal	3C/8 3B/7	1296,4	2	2592	1854	Gewerbe BIM	63,64	15,91	119,32	40	BIM
22	Dragonerareal	3A/18c	497,79	2	996	1854	Gewerbe BIM	24,45	6,11	45,85	20	BIM
26	Dragonerareal	33/6	178,14	1	171	1929	Gemeinwohl	11,07	0,33	2,17	10	BIM
27	Dragonerareal	33/6	341,14	1	171	1929	Gemeinwohl	11,07	0,33	2,17	10	BIM
28	Dragonerareal	37/5	200,89	1	201	1929	Gemeinwohl	13,05	0,38	2,56	20	BIM
29	Dragonerareal	33/4b	127,14	2	127	1929	Gewerbe BIM	3,12	0,78	5,85	10	BIM
30	Dragonerareal	9/4a	205,99	2	206	1845	Gewerbe BIM	5,06	1,26	9,48	10	BIM
31	Dragonerareal	5/14	1446,52	1	1447	1854	Gemeinwohl	93,92	2,76	18,42	80	BIM
32	Dragonerareal	6/16	762,62	1	1526	1854	Gewerbe BIM	37,47	9,37	70,25	30	BIM
33	Dragonerareal	16/3	753,52	2	754	1889	Gemeinwohl	48,94	1,44	9,60	50	BIM
34	Dragonerareal	2/17	827,75	2	1656	1854	Gewerbe BIM	33,72	8,43	63,23	40	BIM
35	Dragonerareal	27c/13	1382,55	1	1383	1927	Gemeinwohl	89,77	2,64	17,60	80	BIM
36	Dragonerareal	35/9	733,96	1	734	1929	Gewerbe BIM	18,02	4,51	33,79	20	BIM

Anlage 2: Photovoltaik-Potential der Dachflächen im Sanierungsgebiet Rathausblock

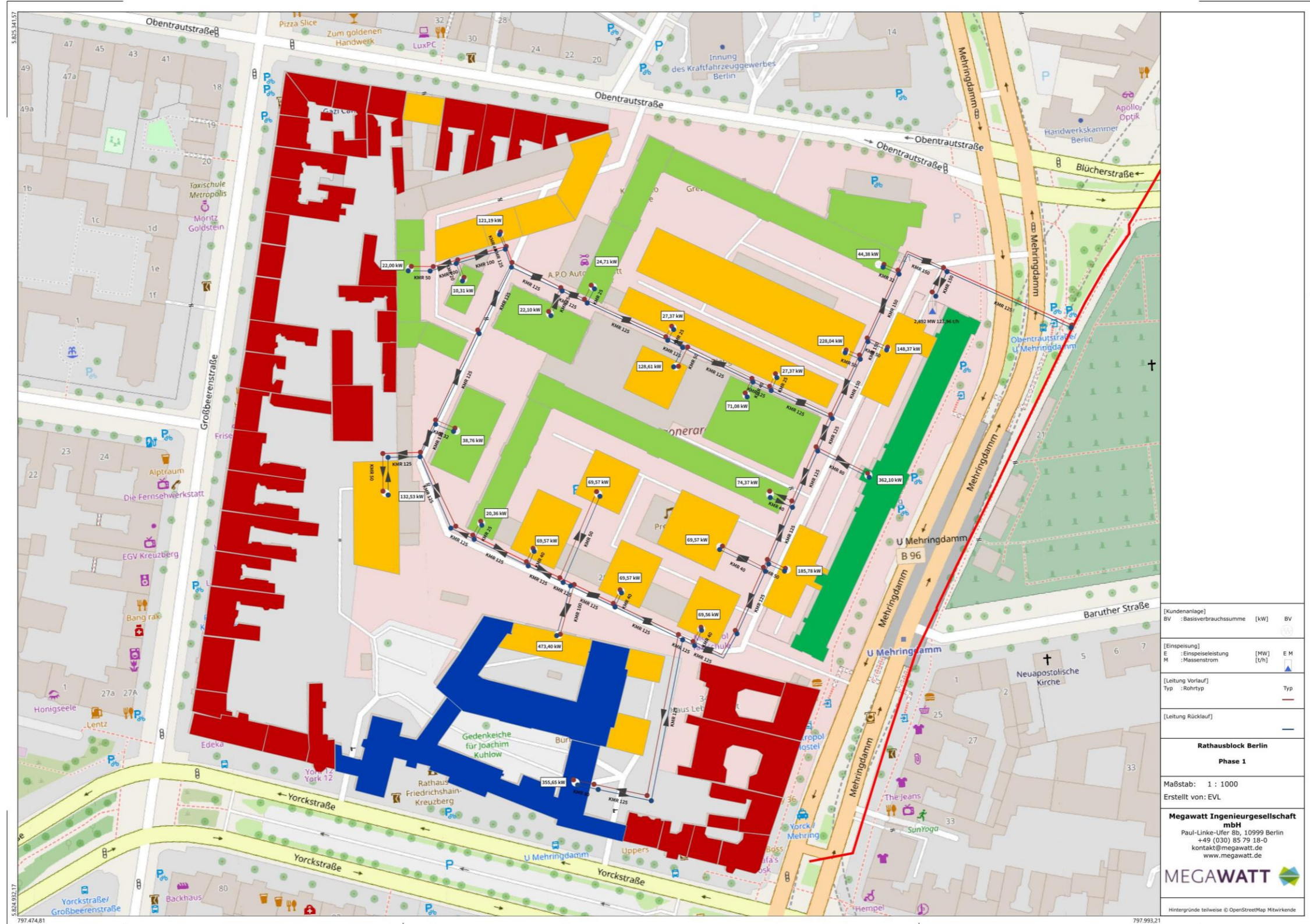
ID	Dachfläche [m²]	Nutzfläche (abzüglich Aufbauten) [m²]	Anlagenleistung [kWp]
73	166	66	16
72	350	140	34
71	514	206	51
70	351	140	35
69	578	231	57
68	502	201	49
67	381	152	37
48	163	65	16
66	212	85	21
65	289	116	28
64	317	127	31
42	191	76	19
44	124	50	12
45	139	56	14
46	463	185	46
47	238	95	23
63	220	88	22
62	165	66	16
61	157	63	15
60	491	196	48
41	40	16	4
59	335	134	33
58	200	80	20
40	21	9	2
57	164	66	16
23	2414	966	238
83	978	489	120
82	1003	502	123
49	81	32	8
81	374	149	37
80	299	120	29
50	248	99	24
51	253	101	25
52	279	112	27
53	462	185	45
37	99	40	10

ID	Dachfläche [m²]	Nutzfläche (abzüglich Aufbauten) [m²]	Anlagenleistung [kWp]
38	237	95	23
54	247	99	24
84	103	41	10
39	132	53	13
55	257	103	25
56	205	82	20
79	174	69	17
76	330	132	32
75	246	98	24
74	398	159	39
78	183	73	18
77	213	85	21
24	2225	1112	274
25	2371	711	112
1	326	261	41
2	223	178	28
3	312	250	39
4	466	373	59
5	2279	1823	286
6	1250	1000	157
7	484	387	61
8	493	394	62
9	781	625	98
10	510	408	64
11	503	402	63
12	654	524	82
13	649	519	82
14	612	490	77
15	1010	808	127
16	469	375	59
17	197	158	25
18	265	212	33
19	214	171	27
20	428	343	54
21	1296	648	159
22	498	249	61

ID	Dachfläche [m²]	Nutzfläche (abzüglich Aufbauten) [m²]	Anlagenleistung [kWp]
26	178	89	22
27	341	171	42
28	201	100	25
29	127	64	16
30	206	103	25
31	1447	723	178
32	763	381	94
33	754	377	93
34	828	414	102
35	1383	691	170
36	734	367	90

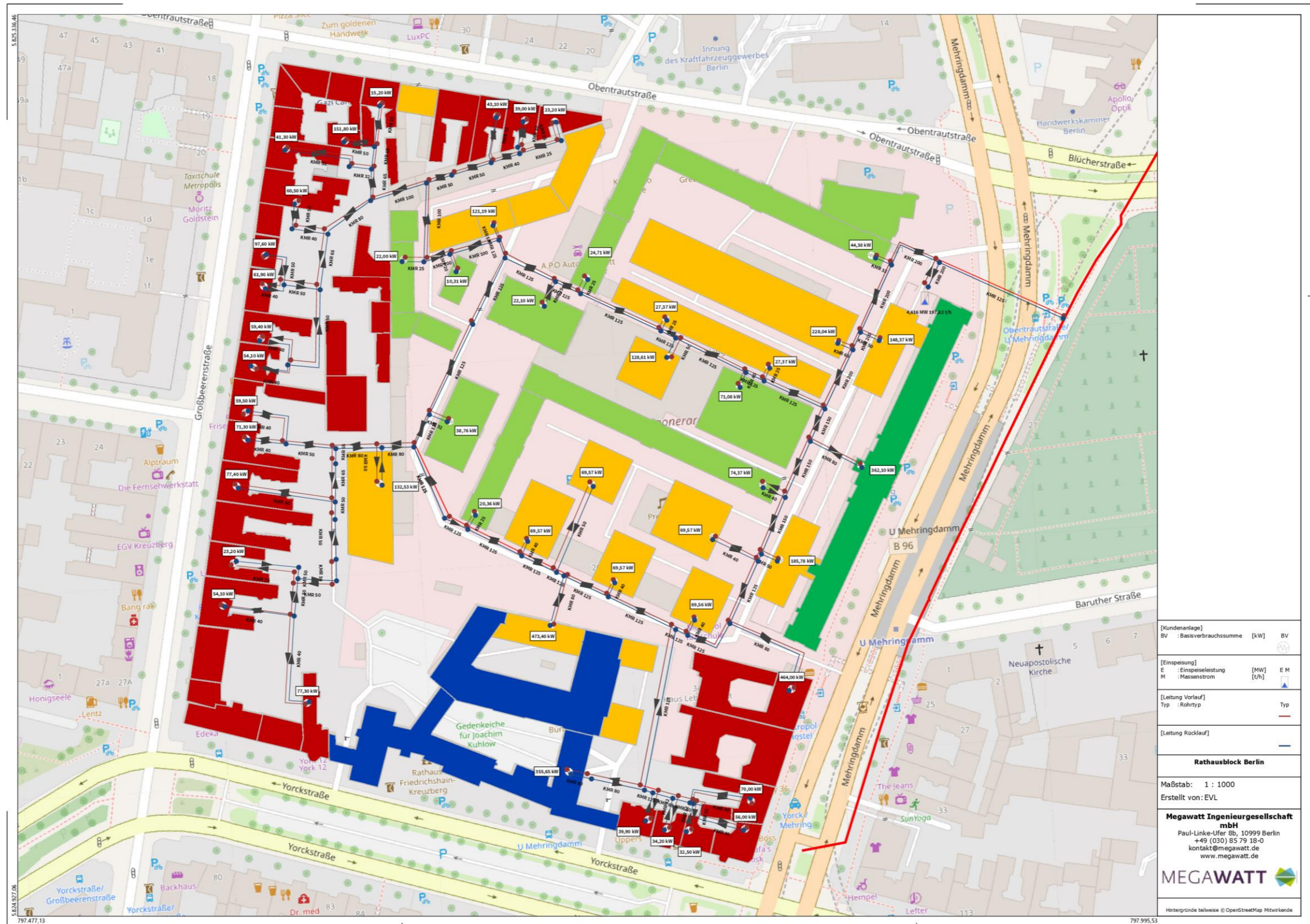
Anlage 3:

Exemplarische Leitungsführung und Hausübergabestationen des Nahwärmenetzes für Phase I



Anlage 4:

Exemplarische Leitungsführung und Hausübergabestationen des Nahwärmenetzes für Phase II



Anlage 5: Material, Dimensionen und Anzahl der Rohrleitungen für ein Wärmenetz für Phase I

<i>Material</i>	<i>Durchmesser [mm]</i>	<i>Länge [m]</i>	<i>Volumen [m³]</i>	<i>Anzahl</i>
<i>KMR</i>	20	16,89	0,01	2
	25	76,88	0,05	10
	32	53,27	0,06	4
	40	137,36	0,20	14
	50	208,52	0,49	14
	80	71,50	0,38	4
	100	366,55	3,30	12
	125	1.890,27	25,75	68
	175	225,74	6,11	10
Alle		3.046,99	36,35	138

Anlage 6: Material, Dimensionen und Anzahl der Rohrleitungen für ein Wärmenetz für Phase II

<i>Material</i>	<i>Durchmesser [mm]</i>	<i>Länge [m]</i>	<i>Volumen [m³]</i>	<i>Anzahl</i>
<i>KMR</i>	20	16,89	0,01	2
	25	244,21	0,16	20
	32	273,70	0,30	20
	40	763,61	1,11	38
	50	607,72	1,42	36
	65	132,78	0,52	10
	80	324,52	1,73	12
	100	194,34	1,75	8
	125	1.509,51	20,56	66
	150	143,68	2,90	6
	200	225,74	7,90	10
Alle		4.436,69	38,36	228



Anlage 7: Primärenergiefaktorberechnung für Phase I

Phase I - Szenario 1

Anlagenkomponente	Brennstoff- / Stromeinsatz			Wärmeerzeugung	
	Art	f _P [-]	Menge [kWh/a]	Primärenergie [kWh/a]	Menge [kWh/a]
Wärme					
Fernwärme	Fernwärme	0,45		1.641.735	3.648.300
			3.648.300		
Abwasserwärmepumpe	Umweltwärme	0		-	1.906.731
			1.906.731		
Strom					
Hilfsenergie - WP	Strom	1,8		719.820	
			399.900		
Hilfsenergie - Technik/Netz	Strom	1,8		149.986	
			83.325		
Stromgutschrift PV	Strom	-1,8		-	832.964
			462.758		
gesamt				1.678.577	
Verteilverluste					264.525
Gelieferte Wärme					5.290.506
f _P				0,32	

Phase I - Szenario 2

Anlagenkomponente	Brennstoff- / Stromeinsatz			Wärmeerzeugung	
	Art	f _P [-]	Menge [kWh/a]	Primärenergie [kWh/a]	Menge [kWh/a]
Wärme					
BHKW	Erdgas	1,1		8.044.953	3.203.300
			7.313.594		
Kessel	Erdgas	1,1		457.351	403.300
			415.773		
Abwasser WP	Umweltwärme	0		-	1.951.100
			1.951.100		
Strom					
Hilfsenergie - WP	Strom	1,8		719.820	
			399.900		
Hilfsenergie - Technik/Netz	Strom	1,8		149.986	
			83.325		
BHKW	Strom	-		-	
			2.737.000		
				7.663.600	
Stromgutschrift PV	Strom	-		-	869.806
			483.225		
			1,8		
gesamt				838.703	5.557.700
Verteilverluste					264.525
Gelieferte Wärme					5.293.175
f _P				0,16	
				0,30	

Phase I - Szenario 3A

Anlagenkomponente	Brennstoff- / Stromeinsatz			Wärmeerzeugung	
	Art	f _p [-]	Menge [kWh/a]	Primärenergie [kWh/a]	Menge [kWh/a]
Wärme					
Spitzenlast - FW	Wärme	0,45	515.300	231.885	515.300
AbwasserWP	Umwelt- wärme	0	5.040.800	-	5.040.800
Strom					
Hilfsenergie - WP	Strom	1,8	1.119.900	2.015.820	
Hilfsenergie - Technik/Netz	Strom	1,8	83.325	149.986	
Stromgutschrift PV	Strom	-1,8	719.307	- 1.294.753	
gesamt fossil				1.102.938	5.556.100
Verteilverluste					264.525
Gelieferte Wärme					5.291.575
f _p				0,21	

Phase I - Szenario 3B

Anlagenkomponente	Brennstoff- / Stromeinsatz			Wärmeerzeugung	
	Art	f _p [-]	Menge [kWh/a]	Primärenergie [kWh/a]	Menge [kWh/a]
Wärme					
Spitzenlast - Kessel Biogas	Gas	1,1	531.237	584.361	515.300
AbwasserWP	Umwelt- wärme	0	5.040.800	-	5.040.800
Strom					
Hilfsenergie - WP	Strom	1,8	1.119.900	2.015.820	
Hilfsenergie - Technik/Netz	Strom	1,8	83.325	149.986	
Stromgutschrift PV	Strom	-	825.050	- 1.485.090	
gesamt fossil				1.265.077	5.556.100
Verteilverluste					264.525
Gelieferte Wärme					5.291.575
f _p				0,24	



Phase I - Szenario 3C

Anlagenkomponente	Brennstoff- / Stromeinsatz			Wärmeerzeugung	
	Art	f _p [-]	Menge [kWh/a]	Primärenergie [kWh/a]	Menge [kWh/a]
Wärme					
Spitzenlast - P2H	Strom	1,8	542.000	975.600	515.300
AbwasserWP	Umwelt- wärme	0	5.040.800	-	5.040.800
Strom					
Hilfsenergie - WP	Strom	1,8	1.119.900	2.015.820	
Hilfsenergie - Technik/Netz	Strom	1,8	83.325	149.986	
Stromgutschrift PV	Strom	-	942.422	- 1.696.359	
		1,8			
gesamt fossil				1.445.047	5.556.100
Verteilverluste					264.525
Gelieferte Wärme					5.291.575
f _p				0,27	

Anlage 8: Primärenergiefaktorberechnung für Phase II

Phase II - Szenario 1

Anlagenkomponente	Brennstoff- / Stromeinsatz			Wärmeerzeugung	
	Art	f_p	Menge [kWh/a]	Primärenergie [kWh/a]	Menge [kWh/a]
Wärme					
<i>Fernwärme</i>	Fernwärme	0,45	7.379.200	3.320.640	7.379.200
<i>Abwasserwärmepumpe</i>	Umwelt- wärme	0	3.899.438	-	3.899.438
Strom					
<i>Hilfsenergie - WP</i>	Strom	1,8	1.092.300	1.966.140	
<i>Hilfsenergie - Technik/Netz</i>	Strom	1,8	169.180	304.523	
<i>Stromgutschrift PV</i>	Strom	-1,8	631.672	- 1.137.010	
gesamt				4.454.294	
<i>Verteilverluste</i>					537.078
Gelieferte Wärme					10.741.560
f_p				0,41	

Phase II - Szenario 2

Anlagenkomponente	Brennstoff- / Stromeinsatz			Wärmeerzeugung	
	Art	f _p	Menge	Primärenergie	Menge
				[kWh/a]	[kWh/a]
Wärme					
<i>BHKW</i>	Erdgas	1,1	14.627.187	16.089.906	5.617.700
<i>Kessel</i>	Erdgas	1,1	1.743.918	1.918.309	1.691.600
<i>Abwasser WP</i>	Umweltwärme	0	3.983.900	-	3.983.900
Strom					
<i>Hilfsenergie - WP</i>	Strom	1,8	1.105.900	1.990.620	
<i>Hilfsenergie - Technik/Netz</i>	Strom	1,8	169.180	304.523	
<i>BHKW</i>	Strom	-	5.038.000	14.106.400	
<i>Stromgutschrift PV</i>	Strom	-	1.371.056	2.467.900	
gesamt				3.729.058	11.293.200
<i>Verteilverluste</i>					537.078
Gelieferte Wärme					10.756.122
<i>f_p</i>				0,35	



Phase II - Szenario 3A

Anlagenkomponente	Brennstoff- / Stromeinsatz			Wärmeerzeugung	
	Art	f _p	Menge	Primärenergie	Menge
		[-]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Wärme					
Spitzenlast - P2H	Strom	1,8	1.056.316	1.901.368	1.003.500
AbwasserWP	Umweltwärme	0	6.780.700	-	6.780.700
GeothermieWP	Umweltwärme	0	3.505.100	-	
Strom					
Hilfsenergie - AbwasserWP	Strom	1,8	1.848.400	3.327.120	
Hilfsenergie - GeothermieWP	Strom	1,8	632.700	1.138.860	
Hilfsenergie - Technik/Netz	Strom	1,8	169.180	304.523	
Stromgutschrift PV	Strom	-	-	3.602.811	
		1,8	2.001.561		
gesamt fossil				3.069.061	7.784.200
Verteilverluste					537.078
Gelieferte Wärme					7.247.122
f _p				0,42	



Phase II - Szenario 3B

Anlagenkomponente	Brennstoff- / Stromeinsatz			Wärmeerzeugung	
	Art	f _p	Menge	Primärenergie	Menge
		[-]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Wärme					
Spitzenlast - PTH	Wärme	1,8	314.316	565.768	298.600
AbwasserWP	Umweltwärme	0	7.414.100	-	7.414.100
EisspeicherWP	Umweltwärme	0	3.576.800	-	
Strom					
Hilfsenergie - AbwasserWP	Strom	1,8	1.981.100	3.565.980	
Hilfsenergie - EisspeicherWP	Strom	1,8	628.400	1.131.120	
Hilfsenergie - Technik/Netz	Strom	1,8	169.180	304.523	
Stromgutschrift PV	Strom	-		- 3.006.391	
gesamt fossil		1,8	1.670.217	2.561.000	7.712.700
Verteilverluste					537.078
Gelieferte Wärme					7.175.622
f _p				0,36	

Anlage 9: Kostenbausteine für die Annuität inklusive Förderungen je Szenario für Phase I

	Referenzszenario	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3A	Szenario 3B	Szenario 3C
Investitionskosten [T€]	881	4.618	3.657	3.547	3.589	3.803
Kapitalgebundene Kosten [T€]	79	269	296	256	257	265
Bedarfsgebundene Kosten [T€]	684	606	664	563	277	350
Betriebsgebundene Kosten [T€]	-	81	218	107	110	100
Sonstige Kosten [T€]	-	38	32	48	48	50
Erlöse (aus dem Wärmeverkauf) [T€]	-	-	328	-	-	-
Gesamtannuität [T€]	762	1.021	881	975	693	765

Anlage 10: Kostenbausteine für die Annuität inklusive Förderungen je Szenario für Phase II

	Referenzszenario	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3A	Szenario 3B
Investitionskosten [T€]	1.771	4.350	5.372	7.927	7.857
Kapitalgebundene Kosten [T€]	158	305	430	573	558
Bedarfsgebundene Kosten [T€]	1.389	969	1.352	739	600
Betriebsgebundene Kosten [T€]	-	133	298	323	287
Sonstige Kosten [T€]	-	53	60	89	88
Erlöse (aus dem Wärmeverkauf) [T€]	-	-	15	-	-
Gesamtannuität [T€]	1.547	1.460	2.125	1.724	1.534