

Energiekonzept für die IBA-Projektgebiete Wilhelmsburger Rathausviertel, Elbinselquartier und Spreehafenviertel

Erstellt von:



Averdung
Ingenieure

Averdung Ingenieurgesellschaft mbH
Planckstraße 13
22765 Hamburg

Ansprechpartner:

Philipp Lieberodt und Sophie Brauer

Im Auftrag der:



IBA Hamburg GmbH
Am Zollhafen 12
20539 Hamburg

Ansprechpartner:

Lisa Buttenberg und Christian Hinz

Hamburg, den 05.12.2017

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	5
0 Zusammenfassung für Entscheidungsträger	6
1 Aufgabenstellung	7
2 Hintergrund - Das Klimaschutzkonzept Erneuerbares Wilhelmsburg	7
3 Beschreibung der Projektgebiete	8
3.1 Wilhelmsburger Rathausviertel	9
3.2 Elbinselquartier	10
3.3 Spreehafenviertel	11
4 Ermittlung der Energiebedarfe	12
4.1 Wärme	12
4.2 Strom	12
5 Dimensionierung und Kostenermittlung von Wärmenetzen	14
6 Potenzialanalyse Solarflächen	17
6.1 Potenzialanalyse Solarflächen im Wilhelmsburger Rathausviertel	18
6.2 Potenzialanalyse Solarflächen im Elbinselquartier	19
6.3 Potenzialanalyse Solarflächen im Spreehafenviertel	19
7 Varianten der Wärmeversorgung	21
7.1 Objektbezogene Varianten	22
7.1.1 Variante 0 (Referenz): Gasbrennwertkessel und Solarthermie	22
7.1.2 Variante 1 (objektweise Lösung): Oberflächennahe Geothermie und Wärmepumpen	22
7.2 Quartierslösungen	23
7.2.1 Variante 2a und 2b (Quartierslösung): Nahwärmenetz mit BHKW	23
7.2.2 Variante 2c: Multivalente Quartierslösung	23
7.3 Variante 3: Tiefe Geothermie	24
8 Vergleich der Varianten	27
8.1 Wirtschaftlichkeitsberechnung	27
8.1.1 Investitionskosten	27
8.1.2 Betriebskosten	28

8.1.3 Kostendeckender Wärmepreis	29
8.2 Sensitivitätsanalyse	30
8.3 CO ₂ -Emissionen	34
8.4 Primärenergiefaktor	36
9 Bewertung der Varianten	37
10 Fazit	40
11 Quellenverzeichnis	41
12 Anlagen	41

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage der Projektgebiete Quelle: IBA Hamburg GmbH	8
Abbildung 2: Entwurf Wilhelmsburger Rathausviertel, Quelle IBA Hamburg GmbH	9
Abbildung 3: Entwurf Elbinselquartier, Quelle: IBA Hamburg GmbH	10
Abbildung 4: Testentwurf Spreehafenviertel, Quelle: IBA Hamburg GmbH	11
Abbildung 5: Trassenplanung für das Wärmenetz Wilhelmsburger Rathausviertel	14
Abbildung 6: Trassenplanung für das Wärmenetz Elbinselquartier	15
Abbildung 7: Trassenplanung für das Wärmenetz Spreehafenviertel	16
Abbildung 8: Solarpotenzialflächen Rathausviertel	18
Abbildung 9: Elbinselquartier mit potenziellen Solarflächen	19
Abbildung 10: Spreehafenviertel mit potenziellen Solarflächen in gelb	20
Abbildung 11: Anteil der Erzeuger an der Wärmerzeugung in den verschiedenen Varianten	21
Abbildung 12: Trassenführung Variante 3	24
Abbildung 13: Exemplarische geordnete Jahresdauerlinie des Wärmebedarfes	26
Abbildung 14: Aufteilung der Investitionskosten in den verschiedenen Varianten	27
Abbildung 15: Betriebskosten der Wärmeversorgung in den verschiedenen Varianten	29
Abbildung 16: Kostendeckender Wärmepreis je kWh	29
Abbildung 17: Kosten der Wärmebereitstellung in Abhängigkeit von der Änderung der Energiebezugskosten	31
Abbildung 18: Darstellung der Sensitivitäten für Variante 0	32
Abbildung 19: Darstellung der Sensitivitäten für Variante 2a	33
Abbildung 20: Darstellung der Sensitivitäten für Variante 2c	33
Abbildung 21: Darstellung der Sensitivitäten für Variante 3	34
Abbildung 22: Absolute CO ₂ -Emissionen der verschiedenen Varianten	34
Abbildung 23: Spezifische CO ₂ -Emissionen der verschiedenen Varianten	35
Abbildung 24: Vergleich des Primärenergiefaktors nach FW 309-1	37
Abbildung 25: Bewertungsmatrix Variantenvergleich	39

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht Bedarfsermittlung	13
Tabelle 2: Übersicht Ermittlung Strombedarf	13
Tabelle 3: Übersicht zu den geschätzten Kosten für Wärmenetze in den Projektgebieten	16
Tabelle 4: Solarpotenziale im Rathausviertel nach der Umstrukturierung	18
Tabelle 5: Solarpotenziale im Projektgebiet nach Fertigstellung	20
Tabelle 6: Ergebnisse der Simulation	22
Tabelle 7: Gegenüberstellung der Leistungen Geothermiebohrung und Projektgebiet	26

0 Zusammenfassung für Entscheidungsträger

In diesem Energiekonzept für die IBA-Projektgebiete Wilhelmsburger Rathausviertel, Elbinselquartier und Spreehafenviertel wird, aufbauend auf einer Analyse der geplanten Quartiere, ein Vergleich verschiedener Energieversorgungsvarianten mit dem Schwerpunkt der Wärmeversorgung durchgeführt. In diesem Vergleich hat sich die Variante mit Realisierung einer Tiefengeothermie-Bohrung insbesondere durch das hohe Potenzial zur Treibhausgasersparnis und die Stabilität des resultierenden Wärmepreises als in der Gesamtbetrachtung besonders geeignet erwiesen.

Als Basis des Variantenvergleichs wird der Energiebedarf der neuen Quartiere ermittelt. Weiterhin werden eine Ermittlung des Photovoltaikpotenzials und eine Trassenauslegung für ein Wärmenetz durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Planungen fließen in den Wirtschaftlichkeitsvergleich mit ein.

Es werden eine objektbezogene konventionelle Referenzvariante mit Gasbrennwertkessel und Solarthermieanlage, eine weitere, objektbezogene Variante mit oberflächennaher Geothermie und Wärmepumpen sowie drei unterschiedliche Quartierslösungen betrachtet. Eine Variante mit Realisierung einer Tiefengeothermie-Bohrung zur gemeinsamen Versorgung der drei Projektgebiete rundet das Variantenspektrum ab.

Neben einem Vergleich der Wirtschaftlichkeit unter Berücksichtigung von Investitions- und Betriebskosten bei heutigen Preisen wird eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt und die CO₂-Emissionen sowie der Primärenergiefaktor werden als ökologische Kennzahlen ermittelt.

Im Ergebnis ist der kostendeckende Wärmepreis für die objektbezogene Variante mit Gasbrennwertkessel und Solarthermie nach heutigem Stand am niedrigsten, für die Biomethan-BHKW-Variante am höchsten. Die übrigen Varianten erreichen Preise im Bereich zwischen 8 und 10 Eurocent je kWh.

Die Sensitivitätsanalyse zeigt bei der Geothermievariante eine geringe Abhängigkeit von Brennstoffkosten und Fördermitteln, was voraussichtlich zu den niedrigsten Lebenszykluskosten führt. Die Geothermievariante weist zudem die geringsten CO₂-Emissionen sowie, mit Ausnahme des unwirtschaftlichen Biomethan-BHKWs, den niedrigsten Primärenergiefaktor auf.

Im Fazit wird die Versorgung der Projektgebiete mit tiefer Geothermie als wirtschaftlich konkurrenzfähige, zukunftssichere und klimaschonende Wärmeversorgungsoption empfohlen.

1 Aufgabenstellung

Die IBA Hamburg GmbH ist mit der Projektentwicklung für die Quartiere Wilhelmsburger Rathausviertel, Elbinselquartier und Spreehafenviertel beauftragt. Insgesamt sollen somit auf fast 100 ha ca. 5.300 bis 6.700 Wohneinheiten (städtische und private Flächen) entstehen. In diesem Energiekonzept sollen mehrere Varianten der Wärmeversorgung für das Wilhelmsburger Rathausviertel, das Elbinselquartier und das Spreehafenviertel nach wirtschaftlichen und Nachhaltigkeitsgesichtspunkten untersucht und bewertet werden.

2 Hintergrund - Das Klimaschutzkonzept Erneuerbares Wilhelmsburg

Die Elbinsel Wilhelmsburg war von 2006 bis 2013 Schauplatz der Internationalen Bauausstellung und der Internationalen Gartenschau 2013. Im Rahmen der Internationalen Bauausstellung 2006-2013 wurden unter dem Leitthema "Stadt im Klimawandel" 14 Exzellenzprojekte umgesetzt, zu denen auch das langfristig angelegte Projekt Klimaschutzkonzept Erneuerbares Wilhelmsburg gehörte. Das Klimaschutzkonzept Erneuerbares Wilhelmsburg setzt klare Ziele hinsichtlich einer lokalen und regenerativen Energieversorgung. Bis 2015 solle die Hälfte des Strombedarfs aller Gebäude (bilanziell) auf den Elbinseln produziert werden, bis 2025 der gesamte Strombedarf. Eine vollständig lokale Wärmeversorgung wird für 2050 angestrebt und langfristig soll die Elbinsel klimaneutral durch erneuerbare Energien versorgt werden.

Insbesondere im Wärmebereich setzt das Klimaschutzkonzept auf folgende strategische Säulen: Die Verringerung des Energieverbrauchs durch hohe Standards für Neubau und Sanierung, die Steigerung der Energieeffizienz durch den Einsatz von Blockheizkraftwerken und Wärmenetzen und die umfassende Nutzung lokaler Potenziale an erneuerbaren Energien.

3 Beschreibung der Projektgebiete

Durch die Verlegung der B4/75 in das östlich gelegene Gleisbett werden große Flächen für die Stadtentwicklung frei. Westlich der neuen Mitte Wilhelmsburg entsteht das Wilhelmsburger Rathausviertel, an welches direkt das Elbinselquartier anschließt. Nördlich dieses Gebiets befindet sich das Spreehafenviertel, das sich zwischen dem Ernst-August-Kanal und dem Spreehafen aufspannt.

Abbildung 1 zeigt die Lage der drei Projektgebiete in Wilhelmsburg (violett eingefärbt). Die in Abbildung 1 bis 4 dargestellte städtebauliche Funktionsplanung entspricht dem Stand der Erstellung des Gutachtens Anfang 2017 und ist zum Zeitpunkt der vorliegenden Überarbeitung in Teilen überholt.

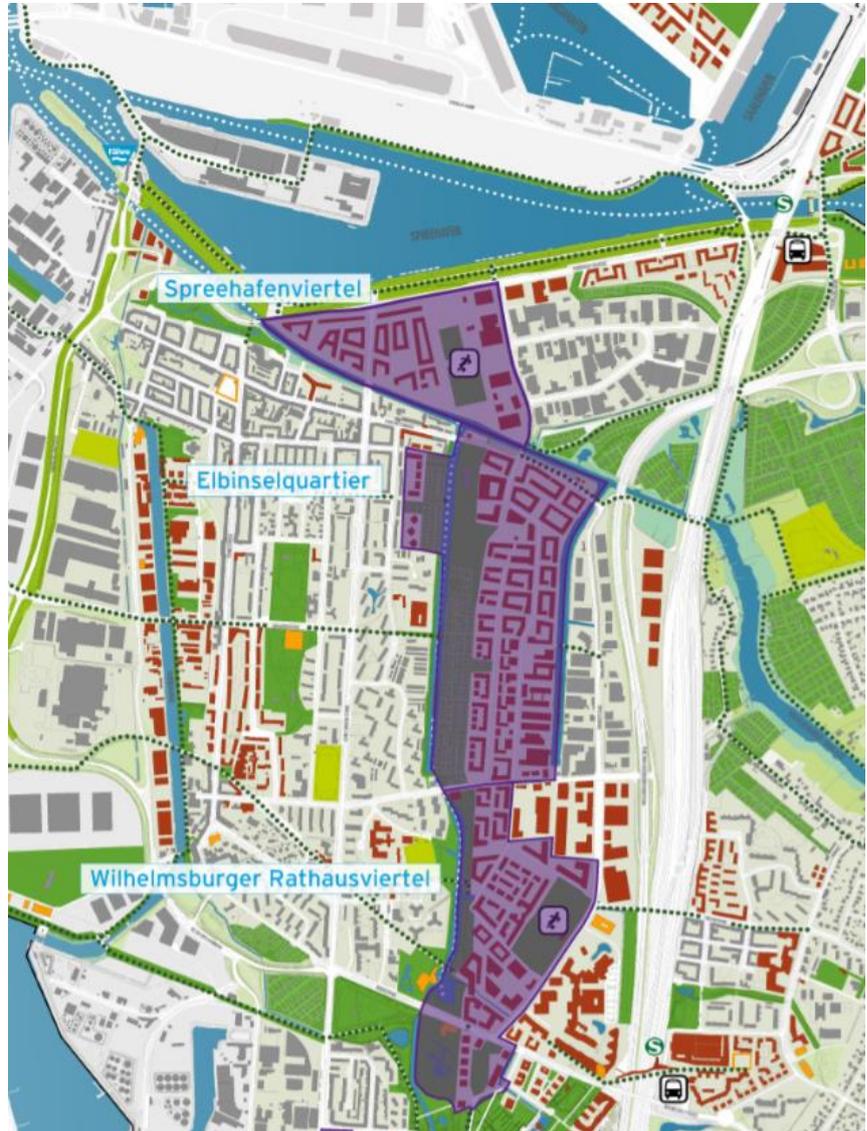


Abbildung 1: Lage der Projektgebiete, Quelle: IBA Hamburg GmbH

3.1 Wilhelmsburger Rathausviertel

Das Wilhelmsburger Rathausviertel soll als ein sozial und funktional gemischtes Quartier im Bereich zwischen der Rotenhäuser Straße, der Dratelnstraße und der Mengestraße entwickelt werden. Die zukünftige Nutzung wird sich aus Wohnen (Geschosswohnungen und Reihenhäusern), wohnverträglichem Gewerbe sowie sozialen Nutzungen zusammensetzen.

Der Entwurf sieht für das ca. 32 ha große Quartier eine bis zu fünfgeschossige Bebauung mit einzelnen Akzenten vor.

Der Neubau von 1.400 bis 1.750 Wohneinheiten summiert sich auf 140.000 m² Bruttogrundfläche (BGF). An gewerblicher BGF entstehen 25.000 m², weitere 1.750 m² BGF sind für soziale Nutzungen vorgesehen.

Im Projektgebiet sind darüber hinaus private Wohn- und Gewerbeflächen vorhanden. Hier wird unter Berücksichtigung des Bestands und der perspektivischen Entwicklung für Wohnnutzung eine BGF von 24.000 m² abgeschätzt, was einem Potenzial von 240 bis 300 Wohneinheiten entspricht. Für Gewerbeflächen werden 15.000 m² angenommen.



Abbildung 2: Entwurf Wilhelmsburger Rathausviertel, Quelle IBA Hamburg GmbH

3.2 Elbinselquartier

Das Elbinselquartier wird im Norden durch den Ernst-August-Kanal, im Osten durch den Jaffe-Davids-Kanal, im Süden durch die Rotenhäuser Straße und im Westen durch den Aßmannkanal begrenzt. Das Projektgebiet ist ca. 47 ha groß und durch die umgebenden Kanäle und die verbleibenden Kleingartensiedlungen geprägt.

Ähnlich wie das Wilhelmsburger Rathausviertel ist eine funktionale Durchmischung von Wohnen und Gewerbe, ergänzt um soziale Nutzungen geplant. Entlang des Aßmannkanals soll eine Landschaftsachse entstehen. Es sollen 2.140 bis 2.675 Wohneinheiten auf ca. 214.000 m² BGF entstehen sowie ca. 28.000 m² BGF Gewerbeflächen und 26.000 m² BGF für soziale Nutzungen. Der verbleibende Bestand an privaten Gewerbeflächen im Projektgebiet wird inkl. der perspektivischen Entwicklung mit 55.000 m² BGF abgeschätzt, die BGF für die Wohnnutzung im Bestand inkl. perspektivischer Entwicklung beträgt etwa 56.000 m². Dies entspricht einem Potenzial von 560 bis 700 Wohneinheiten.

Die Bebauungsstruktur entspricht überwiegend einer offenen Blockrandbebauung mit bis zu acht Geschossen und einem Hochpunkt mit 12 Geschossen.



Abbildung 3: Entwurf Elbinselquartier, Quelle: IBA Hamburg GmbH

3.3 Spreehafenviertel

Der Entwurf für das Spreehafenviertel sieht für die städtischen Flächen 100.000 m² BGF mit 1.000 bis 1.250 Wohneinheiten sowie ca. 24.000 m² BGF für Gewerbenutzung und soziale Nutzungen vor. Für den Bestand werden unter Berücksichtigung der perspektivischen Entwicklung 25.000 m² BGF an Gewerbeflächen geschätzt.

Die Bebauungsdichte und -struktur mit offener und geschlossener Blockrandbebauung mit bis zu sechs Geschossen sowie einem Hochhaus ist vergleichbar mit den Gegebenheiten im Wilhelmsburger Rathausviertel und im Elbinselquartier. Die Größe des Projektgebiets beträgt ca. 20 ha.



Abbildung 4: Testentwurf Spreehafenviertel, Quelle: IBA Hamburg GmbH

4 Ermittlung der Energiebedarfe

4.1 Wärme

Auf Grundlage der von der IBA Hamburg GmbH (siehe Anhang Quellenverzeichnis) übermittelten Unterlagen erfolgt eine Abschätzung des voraussichtlichen Wärmebedarfs. Diese wurde in der vorliegenden Überarbeitung an den aktuellen Stand der städtebaulichen Funktionsplanung (November 2017) angepasst.

Die Wohngebäude sollen entsprechend dem Standard der IBA in einem KfW 55 Standard errichtet werden. Für die Neubauten wurde eine flächenbezogene Jahresarbeit von 35 kWh/m² für Heizwärme¹ zzgl. eines Aufwands von 12,5 kWh/m² für die Warmwasserbereitung² angesetzt.

Für Schule und Kitas sowie für die gewerblichen Flächen wurden 60 kWh/m² für Heizung und Warmwasserbereitung zum Ansatz gebracht. Dieser Erfahrungswert stammt aus diversen Referenzprojekten unseres Büros, die in den letzten Jahren nach EnEV-Standard geplant und errichtet wurden. Für Bestandsbauten, die im Gebiet Elbinselquartier bestehen bleiben, wurde unter Berücksichtigung einer nachträglichen Sanierung ein Jahreswert von 100 kWh/m² angenommen.

Diese flächenbezogenen Werte wurden zur Bedarfsabschätzung mit der Bruttogrundfläche (BGF) der Gebäude multipliziert. Die flächenbezogene Jahresarbeit ist laut EnEV auf die Gebäudenutzfläche bezogen, die sich aus dem Volumen des Gebäudes und der durchschnittlichen Geschosshöhe berechnet. Unter der Annahme, dass die durchschnittliche Geschosshöhe 3,12 m beträgt, entspricht die Gebäudenutzfläche der Bruttogrundfläche.

Zur Ermittlung der erforderlichen Leistung, die sich durch Division der Jahresarbeit durch die Jahresvollbenutzungsstunden ergibt, wurden für die Neubauten 1.800 Vollbenutzungsstunden angenommen, für die Altbauten 2.000.

Es ergibt sich ein jährlicher Wärmebedarf von ca. 45 GWh und eine Anschlussleistung von in Summe ca. 24,2 MW (vgl. Tabelle 1).

4.2 Strom

Zur Abschätzung des Strombedarfs in den Quartieren wurde die Anzahl der Wohneinheiten mit einem jährlichen Bedarf von 3.500 kWh pro Haushalt multipliziert. Für Gewerbeflächen und andere Nichtwohnflächen wird ein jährlicher Bedarf von 50 kWh/m² angesetzt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Es ergibt sich ein Strombedarf von ca. 28.700 bis 33.400 MWh pro Jahr.

¹ Nach KfW Merkblatt 153 max. 70% des spezifischen Transmissionswärmeverlusts eines Referenzgebäudes (ca. 50 kWh/(m²*a))

² Anhang 1 Nr. 2.2 b) zur EnEV 2014

Tabelle 1: Übersicht Ermittlung Wärmebedarf (Heizung und Trinkwarmwasser)

	Wohneinheiten	BGF in m ²	kWh/m ² *a	kWh/a	Voll-bh	Abnahmeleistung in kW
Rathausviertel	1.640 - 2.050	205.750		12.155.000		6.536
Städtische Flächen		166.750		8.255.000		4.586
Wohnen	1.400 - 1.750	140.000	47,5	6.650.000	1.800	3.694
Gewerbe		25.000	60	1.500.000	1.800	833
Soziale Nutzungen		1.750	60	105.000	1.800	58
Private Flächen		39.000		3.900.000		1.950
Wohnen (Bestand inkl. Perspektivische Entwicklung)	240 - 300	24.000	100	2.400.000	2.000	1.200
Gewerbe (Bestand inkl. Perspektivische Entwicklung)		15.000	100	1.500.000	2.000	750
Elbinselquartier	2.700 - 3.375	379.000		24.505.000		12.997
Städtische Flächen		268.000		13.405.000		7.447
Wohnen	2.140 - 2.675	214.000	47,5	10.165.000	1.800	5.647
Gewerbe		28.000	60	1.680.000	1.800	933
Soziale Nutzungen		26.000	60	1.560.000	1.800	867
Private Flächen		111.000		11.100.000		5.550
Wohnen (Bestand inkl. Perspektivische Entwicklung)	560 - 700	56.000	100	5.600.000	2.000	2.800
Gewerbe (Bestand inkl. Perspektivische Entwicklung)		55.000	100	5.500.000	2.000	2.750
Spreehafenviertel	1.000 - 1.250	149.000		8.690.000		4.689
Städtische Flächen		124.000		6.190.000		3.439
Wohnen	1.000 - 1.250	100.000	47,5	4.750.000	1.800	2.639
Gewerbe		22.000	60	1.320.000	1.800	733
Soziale Nutzungen		2.000	60	120.000	1.800	67
Private Flächen		25.000		2.500.000		1.250
Gewerbe (Bestand inkl. Perspektivische Entwicklung)		25.000	100	2.500.000	2.000	1.250
GESAMT	5.340 - 6.675	733.750		45.350.000		24.222

Tabelle 2: Übersicht Ermittlung Strombedarf

	Wohneinheiten	BGF in m ²	kWh/m ² *a	kWh/WE*a	kWh/a
Rathausviertel	1.640 - 2.050	205.750			7.827.500 - 9.262.500
Städtische Flächen		166.750			6.237.500 - 7.462.500
Wohnen	1.400 - 1.750	140.000		3.500	4.900.000 - 6.125.000
Gewerbe		25.000	50		1.250.000 - 1.250.000
Soziale Nutzungen		1.750	50		87.500 - 87.500
Private Flächen		39.000			1.590.000 - 1.800.000
Wohnen (Bestand inkl. Perspektivische Entwicklung)	240 - 300	24.000		3.500	840.000 - 1.050.000
Gewerbe (Bestand inkl. Perspektivische Entwicklung)		15.000	50		750.000 - 750.000
Elbinselquartier	2.700 - 3.375	379.000			14.900.000 - 17.262.500
Städtische Flächen		268.000			10.190.000 - 12.062.500
Wohnen	2.140 - 2.675	214.000		3.500	7.490.000 - 9.362.500
Gewerbe		28.000	50		1.400.000 - 1.400.000
Soziale Nutzungen		26.000	50		1.300.000 - 1.300.000
Private Flächen		111.000			4.710.000 - 5.200.000
Wohnen (Bestand inkl. Perspektivische Entwicklung)	560 - 700	56.000		3.500	1.960.000 - 2.450.000
Gewerbe (Bestand inkl. Perspektivische Entwicklung)		55.000	50		2.750.000 - 2.750.000
Spreehafenviertel	1.000 - 1.250	149.000			5.950.000 - 6.825.000
Städtische Flächen		124.000			4.700.000 - 5.575.000
Wohnen	1.000 - 1.250	100.000		3.500	3.500.000 - 4.375.000
Gewerbe		22.000	50		1.100.000 - 1.100.000
Soziale Nutzungen		2.000	50		100.000 - 100.000
Private Flächen		25.000			1.250.000 - 1.250.000
Gewerbe (Bestand inkl. Perspektivische Entwicklung)		25.000	50		1.250.000 - 1.250.000
GESAMT	5.340 - 6.675	733.750			28.677.500 - 33.350.000

5 Dimensionierung und Kostenermittlung von Wärmenetzen

Um möglichst plausible Kostenrahmen für die Verteilnetze zu ermitteln, wurden beispielhafte Wärmenetze für die Projektgebiete entworfen, dimensioniert und mit spezifischen Kosten für Nennweiten und Erdarbeiten hinterlegt. Grundlage für diese Trassenplanungen (Abbildung 5 bis 7) war die Funktionsplanung mit Stand Anfang 2017, die zum Zeitpunkt der vorliegenden Überarbeitung des Gutachtens zum Teil nicht mehr aktuell ist.

Für das Wilhelmsburger Rathausviertel wurde ein Trassenplan für ein Wärmenetz zur Vollversorgung des neuen Quartiers entworfen, der in Abbildung 5 dargestellt ist. Das Netz wurde so aufgebaut, dass im Bereich des südlichen Wilhelmsburger Rathausviertels (z.B. im Keller eines der neu zu errichtenden Gebäude) eine Energiezentrale für eine eigene Quartierslösung errichtet werden kann.

Für das Elbinselquartier (vgl. Abbildung 6) wurde das Wärmenetz so dimensioniert, dass es entweder direkt an das Wilhelmsburger Rathausviertel angeschlossen werden kann oder dass das Elbinselquartier über ein abgeschlossenes Quartiersnetz versorgt werden kann.

Der geeignete Standort für die Heizzentrale des Elbinselquartiers wäre im zentralen Bereich des Quartiers (siehe Abbildung 6).

Beide Gebiete werden in dieser beispielhaften Auslegung von einer Haupttrasse durchzogen, von der die Versorgungsleitungen zu den einzelnen Gebäuden oder Gebäudegruppen abzweigen. Eine solche Hauptleitung in DN 200 würde, bei einer Spreizung von 30 K, eine gemeinsame Versorgung für alle drei Projektgebiete (das Wilhelmsburger Rathausviertel, das Elbinselquartier und das Spreehafenviertel) ermöglichen. Bei den quartiersbezogenen Lösungen ist eine Nennweite der Haupttrasse von DN 100 ausreichend. Für die angeschlossenen Gebäude wurde entsprechend der in der Bedarfsermittlung (vgl. Kapitel 4.1 Wärme) beschriebenen Methode die Anschlussleistung ermittelt. Die Nennweiten der Versorgungsleitungen zu den Gebäuden wurden entsprechend der Anschlussleistung ausgelegt. Die Trasse verläuft in den öffentlichen Straßen und führt auf den Privatgrundstücken auf kürzestem Weg zum Gebäude. In den Gebäuden ist dann eine weitere Wärmeverteilung erforderlich. Wenn die Lage der Hausanschlussräume im Gebäude feststeht, können sich in Abhängigkeit der Erschließungsrichtung der Gebäude größere Änderungen im Trassenverlauf ergeben.



Abbildung 5: Trassenplanung für das Wärmenetz Wilhelmsburger Rathausviertel



Abbildung 6: Trassenplanung für das Wärmenetz Elbinselquartier

Der Trassenplan zur Vollversorgung des Spreehafenviertels ist in Abbildung 7 dargestellt. Das Netz wurde so aufgebaut, dass das Spreehafenviertel von Süden aus erschlossen und an das Elbinselquartier angeschlossen werden kann. Alternativ könnte auch hier eine Energiezentrale für eine eigene Quartierslösung errichtet werden.

Legende



Abbildung 7: Trassenplanung für das Wärmenetz Spreehafenviertel

Bei der Kostenermittlung wurde davon ausgegangen, dass langlebige Kunststoffmantelrohre (KMR) für den Rohrleitungsbau verwendet werden. Es wurden nur Erdarbeiten für die Herstellung und Verfüllen der Rohrleitungsgräben bis zur Unterkante Straßenaufbau angesetzt, da die Straßenbaukosten unabhängig von der Art der Wärmeversorgung ohnehin entstehen werden. Dadurch ergibt sich ein relativ niedriger Preis von ca. 440 €/m Trasse bzw. 200 €/kW Anschlussleistung für das Wilhelmsburger Rathausviertel, bzw. 450 €/m und 180 €/kW für das Elbinselquartier sowie 400 €/m und 130 €/kW für das Spreehafenviertel. Für das Spreehafenviertel sind die Kosten pro Leistung im Vergleich zu den beiden anderen Projektgebieten deutlich kleiner, da hier eine höhere Wärmedichte mit geringen Rohrlängen und großer Abnahmeleistung vorliegt.

Tabelle 3: Übersicht zu den geschätzten Kosten für Wärmenetze in den Projektgebieten

Gebiet/Kriterium	Wilhelmsburger Rathausviertel	Elbinselquartier	Spreehafenviertel
Kosten pro Trassenmeter [€/m]	440	450	400
Kosten pro Anschlussleistung [€/kW]	200	180	130
Kosten Wärmenetz im Gebiet [€]	1.300.000	2.300.000	600.000

6 Potenzialanalyse Solarflächen

Photovoltaik (PV)-Anlagen erzeugen lokal CO₂-freien Strom. Der spezifische Ertrag beträgt hierbei im Großraum Hamburg ca. 880 kWh/kWp. Der erzeugte Strom kann für den Eigenbedarf genutzt, ins öffentliche Netz eingespeist und nach dem EEG vergütet oder direkt vor Ort vermarktet werden. Der nicht durch das öffentliche Netz durchgeleitete Strom wird nicht mit Stromsteuer, KWK-Umlage, Netzentgelten und weiteren Umlagen belastet, so dass nur die (verminderte³) EEG-Umlage auf den gelieferten und vor Ort verbrauchten Strom abzuführen ist.

Alternativ zur Nutzung der Dachflächen für Photovoltaik ist auch eine Nutzung der Dachflächen in Form von Solarthermie zur Wärmebereitstellung für das geplante Wärmenetz oder eine Kombination aus Photovoltaik und Solarthermie möglich.

Bei den Neubauten sind PV-Anlagen statisch entsprechend zu berücksichtigen, die zusätzlich abzufangende Last beträgt ca. 20 kg/m² und stellt in der Regel keine Hürde dar. Generell handelt es sich bei dem Großteil der zur Verfügung stehenden Flächen um Neubauten mit Flachdach, die als geeignet für die Nutzung von Solarenergie einzustufen sind. Der Hamburger Solaratlas weist die Dachflächen des aktuellen Gebäudebestands des Wilhelmsburger Rathausviertels hauptsächlich als sehr gut geeignet aus. Auch wenn die meisten Bestandsgebäude im Zuge der Umgestaltung des Projektgebietes nicht erhalten bleiben, ist dies ein Hinweis auf die grundsätzliche Eignung des Projektgebietes für PV- und Solarthermienutzung. Bei der Planung der Gebäude sollte darauf geachtet werden, dass Dachaufbauten möglichst in den nördlichen Bereichen des Daches installiert werden, um die Solarmodule nicht zu verschatten. Außerdem sollten bei der Gebäudeplanung weitestgehend verschattungsfreie Dachflächen im Fokus stehen.

Die Dächer der Bestandsgebäude müssen vor der Errichtung von Solaranlagen zusätzlich einer statischen Prüfung unterzogen werden. Der Zustand der Dacheindeckung sollte eine Restlebensdauer von über 20 Jahren erwarten lassen, damit keine umfangreichen Dachsanierungen während der Betriebszeit der PV-Anlage durchgeführt werden müssen. Insgesamt sollten die Sanierungsmaßnahmen vor der Installation der PV-Anlagen durchgeführt werden. Zum Teil können auch Synergieeffekte genutzt werden, da in diesem Zuge ohnehin neue Versorgungsleitungen bzw. -schächte erstellt werden, um Kosten zu sparen. Die Potenzialanalyse (Abbildung 8 bis 10) erfolgte auf Grundlage der städtebaulichen Funktionsplanung mit Stand Anfang 2017, die zum Zeitpunkt der vorliegenden Überarbeitung des Gutachtens teilweise nicht mehr aktuell ist.

Zur Ermittlung des Potenzials werden die Dachflächen um einen umlaufenden Abstandsrand reduziert. Anschließend erfolgt die Verrechnung mit einem Faktor von 0,7, um Verschattungen, technische Aufbauten oder Dachterrassen zu berücksichtigen.

³ Für eigenverbrauchten Solarstrom ist eine verminderte EEG-Umlage i.H.v. 40% der jeweils gültigen EEG-Umlage abzuführen.

6.1 Potenzialanalyse Solarflächen im Wilhelmsburger Rathausviertel



Abbildung 8: Solarpotenzialflächen Rathausviertel

Abbildung 8 zeigt die im Wilhelmsburger Rathausviertel möglichen Flächen zur Nutzung solarer Energie. Gründächer können problemlos mit PV- oder Solarthermie-Anlagen kombiniert werden, so dass hier keine Flächenkonkurrenz auftritt. Für Solarthermie wird ein Faktor von 0,8 verwendet, da geringe Verschattungen hier nicht notwendigerweise ein Ausschlusskriterium darstellen. Tabelle 4 zeigt die ermittelten Potenziale für das Rathausviertel mit einer installierbaren PV-Leistung von über 2.500 kWp oder alternativ einem jährlichen Solarthermieertrag bis zu 3.450 MWh. Der potenzielle Ertrag der PV-Anlagen würde zur Deckung von etwa 27 % des in Abschnitt 4.2 für das Rathausviertel ermittelten Strombedarfes ausreichen.

Tabelle 4: Solarpotenziale im Rathausviertel nach der Umstrukturierung

Areal	Dachfläche [m ²]	Dachfläche ohne Umlauf [m ²]	Nutzbare Dachfläche PV [m ²]	Installierbare PV-Leistung [kWp]	Jahresertrag PV [MWh]	Nutzbare Dachfläche ST [m ²]	Mögl. ST-Wärmemenge [MWh/a]
Wilhelmsburger Rathausviertel	51.255	36.956	25.869	2.587	2.276	29.565	3.449

6.2 Potenzialanalyse Solarflächen im Elbinselquartier

Die Betrachtung des Elbinselquartiers erfolgt analog zu der Potenzialermittlung für das Rathausviertel. Abbildung 9 zeigt das Elbinselquartier mit den um die Randbereiche bereinigten Dachflächen.

Für das Elbinselquartier beläuft sich das Solarpotenzial auf über 4.200 kWp installierbare PV-Leistung oder auf einen Solarthermieertrag von ungefähr 5.700 MWh.

6.3 Potenzialanalyse Solarflächen im Spreehafenviertel

Die Solarpotenziale des Spreehafenviertels wurden mit den bereits für die anderen Projektgebiete beschriebenen Methoden ermittelt. Die Potenzialflächen sind in Abbildung 10 dargestellt.

Es ergibt sich eine installierbare PV-Leistung von knapp 1.900 kWp beziehungsweise alternativ eine Wärmemenge von 2.600 MWh durch Solarthermienutzung.

Bei der gemeinsamen Betrachtung der Projektgebiete ergibt sich ein gesamtes Potenzial von ca. 8.800 kWp für die installierbare PV-Leistung und alternativ eine potenzielle jährliche Wärmemenge von über 11.000 MWh im Falle der Solarthermienutzung. Der potenzielle Jahresertrag der PV-Anlagen reicht aus um etwa 25 % des für die Projektgebiete ermittelten Strombedarfs (vgl. Abschnitt 4.2) zu decken.



Abbildung 9: Elbinselquartier mit potenziellen Solarflächen



Abbildung 10: Spreehafenviertel mit potenziellen Solarflächen in gelb

Auch eine beliebige Kombination von Photovoltaik und Solarthermie ist möglich. Der spezifische Ertrag von Solarthermie-Anlagen bei Einspeisung in ein Wärmenetz ist ab einer relevanten Anlagengröße höher als bei einer rein gebäudebezogenen Nutzung (vgl. Darstellung objektweise Versorgung in Kapitel 7.1), da gebäudebezogen durch die Verschiedenartigkeit der Abnehmer im Wärmenetz geringere Stillstandsverluste auftreten.

Die hier dargestellten Solarthermie-Potenziale beziffern ein theoretisches Potenzial, das von einer weitgehenden Nutzbarkeit der Erträge ausgeht.

Tabelle 5: Solarpotenziale im Projektgebiet nach Fertigstellung

Areal	Dachfläche [m ²]	Dachfläche ohne Umlauf [m ²]	Nutzbare Dachfläche PV [m ²]	Inst. PV-Leistung [kWp]	Jahresertrag PV [MWh]	Nutzbare Dachfläche ST [m ²]	Jahresertrag ST [MWh/a]
Wilhelmsburger Rathausviertel	51.255	36.956	25.869	2.587	2.276	29.565	3.449
Elbinselquartier	94.042	61.000	42.700	4.270	3.758	48.800	5.693
Spreehafenviertel	32.962	27.697	19.388	1.939	1.706	22.158	2.585
Gesamt	178.259	125.653	87.957	8.796	7.740	100.522	11.728

7 Varianten der Wärmeversorgung

Für das Energiekonzept der Neubaugebiete wurden verschiedene Varianten konzipiert. Es werden untersucht:

0. objektbezogene konventionelle Referenzvariante mit Gasbrennwertkessel und Solarthermieanlage
1. weitere, objektbezogene Variante mit oberflächennaher Geothermie und Wärmepumpen
2. Quartierslösungen mit Nahwärmenetz und
 - 2a. Erdgas-BHKW plus Spitzenlastkessel
 - 2b. Biomethan-BHKW und Spitzenlastkessel
 - 2c. einem multivalenten Erzeuger-Mix
3. Variante mit Tiefengeothermie zur gemeinsamen Versorgung der Projektgebiete (Tiefe Geothermie)

Die Ergebnisse des nachfolgenden Variantenvergleichs basieren auf der städtebaulichen Funktionsplanung (insbesondere Wärmebedarfe) mit Stand Anfang 2017 und weichen somit leicht von den in Kapitel 4.1 ermittelten, auf der aktuellen Funktionsplanung fußenden, Bedarfen ab. Dies hat jedoch keine Auswirkungen auf die Grundaussage des Variantenvergleichs.

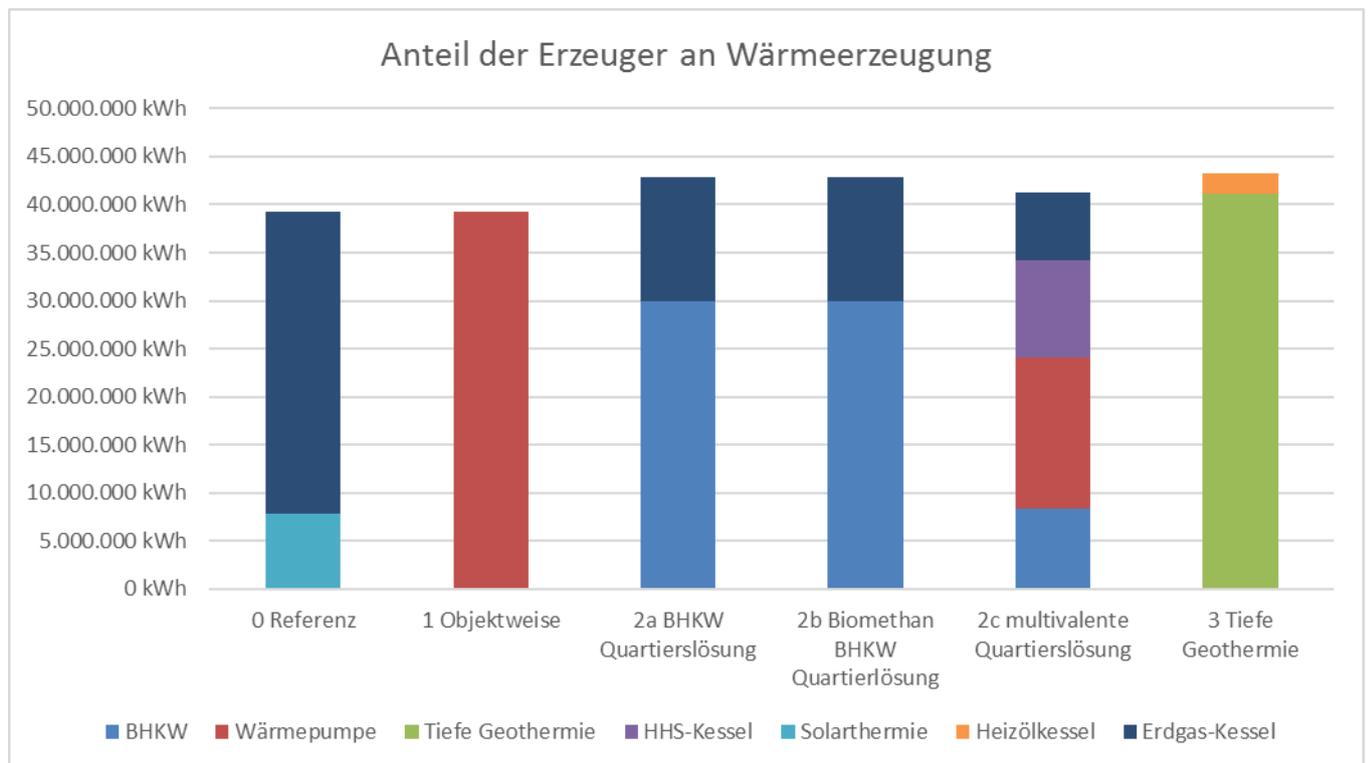


Abbildung 11: Anteil der Erzeuger an der Wärmeerzeugung in den verschiedenen Varianten

Abbildung 11 zeigt den Anteil der Erzeuger an der Wärmeversorgung in den verschiedenen Varianten. Nachfolgend werden die technischen Rahmenbedingungen der Varianten der Wärmeversorgung beschrieben.

7.1 Objektbezogene Varianten

7.1.1 Variante 0 (Referenz): Gasbrennwertkessel und Solarthermie

Die Variante 0 stellt die konventionelle Vergleichslösung für die Wärmeversorgung zur Einhaltung des KfW 55 Standards dar. Sie sieht dezentrale erdgasbetriebene Brennwertkessel in den jeweiligen Gebäuden in Kombination mit Solarthermie auf den Gebäudedächern vor.

Zur Überprüfung, ob mit der Variante 0 mit im Verhältnis zur BGF begrenzten Dachflächen im verdichteten Geschosswohnungsbau der KfW 55 Standard erreicht werden kann, wurde mit der Energieberater Software Hottgenroth ein Beispielgebäude simuliert, das in der Kubatur den Gebäuden der Funktionsplanung des Rathausviertels entspricht. Über diese Anlagenkonzeption wird der KfW 55-Standard nicht erreicht, da der Primärenergiebedarf den Grenzwert überschreitet. Hier sind die sommerlichen Wärmebedarfe, die jahreszeitlich mit der Solarthermieproduktion zusammenfallen und daher über Solarthermie gedeckt werden können, der begrenzende Faktor. Die begrenzten Dachflächen fallen weniger ins Gewicht. Durch die Installation einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung oder vergleichbare Maßnahmen lässt sich der KfW 55-Standard jedoch erreichen.

Die Solarthermie-Anlage erreicht bei diesem Gebäude jedoch eine Größe, bei der es zu wesentlichen sommerlichen Stillstandsverlusten kommt und der spezifische jährliche Ertrag im Vergleich zu der Potenzialermittlung (Kapitel 6) von ca. 350 kWh/m² Kollektorfläche auf ca. 240 kWh/m² Kollektorfläche sinkt. Die für die Gebäudesimulation getroffenen Annahmen sind im Anhang dargestellt, Tabelle 6 zeigt die Ergebnisse der Simulation. Der Jahresprimärenergiebedarf liegt mit 27,01 kWh/(m²a) unter dem Maximalwert für ein KfW-Effizienzhaus 55, der maximale Transmissionswärmeverlust wird mit 0,243 W/(m²K) ebenfalls eingehalten. Die Maximalwerte entsprechen für den Jahresprimärenergiebedarf 55 % des Wertes eines Referenzgebäudes nach EnEV Anlage 1, Tabelle 1, für den Transmissionswärmeverlust 70 % des Wertes eines Referenzgebäudes. Ein weiterer Grenzwert ist der Höchstwert des Transmissionswärmeverlusts nach EnEV Anlage 1, Tabelle 2, der für diese Gebäudekategorie 0,500 W/(m²K) beträgt. Dieser wird durch den KfW-Standard jedoch nicht herabgesetzt und ist für die Einhaltung der KfW-Kriterien nicht von Belang.

Tabelle 6: Ergebnisse der Simulation

	Ist-Wert	Referenzgebäude (EnEV)	KfW-EH 70 * (EnEV)	KfW-EH 55 (EnEV)	KfW-EH 40 ** (EnEV)
Jahres-Primärenergiebedarf q_p [kWh/(m ² a)]	27,01	49,19 ¹⁾	34,44	27,06	19,68
Transmissionswärmeverlust H_T [W/(m ² K)]	0,243	0,422 ²⁾	0,359	0,295	0,232
Transmissionswärmeverlust H_T [W/(m ² K)]	0,243	0,500 ³⁾	0,500	0,500	0,500

Die KfW hat in ihren FAQ zur EnEV abweichende Vorgaben für das Referenzgebäude festgelegt (ab 06.2013), die ggf zu anderen Grenzwerten führen können.

¹⁾ Jahres-Primärenergiebedarf für das entsprechende Referenzgebäude nach EnEV Anlage 1 Tabelle 1.

²⁾ Transmissionswärmeverlust für das entsprechende Referenzgebäude nach EnEV Anlage 1 Tabelle 1.

³⁾ Höchstwert des Transmissionswärmeverlusts nach EnEV Anlage 1 Tabelle 2.

7.1.2 Variante 1 (objektweise Lösung): Oberflächennahe Geothermie und Wärmepumpen

Die objektweise Lösung basiert auf der Setzung von Erdsonden oder der Aktivierung von Energiepfählen zum Betrieb von dezentralen Wärmepumpen mit oberflächennaher Geothermie. Um die benötigte Entzugsleistung bereitzustellen müssten ca. 3.800 Sonden mit einer Tiefe von 100 m gesetzt werden.

Der Platzbedarf für die Sonden beträgt insgesamt ca. 13 ha. Dies liegt im Bereich der bebauten Grundfläche der Neubauquartiere (ca. 13 ha), die sich insgesamt auf ein Gebiet von 93 ha erstrecken. Als Wärmepumpenstrom wird der allgemeine Strommix angesetzt. Zum Betrieb der Wärmepumpen sind dezentrale Wärmespeicher vorgesehen.

Der KfW 55-Standard für das oben dargestellte Beispielgebäude (vgl. Kapitel 7.1) kann mit dieser Variante ohne zusätzliche Maßnahmen eingehalten werden.

7.2 Quartierslösungen

7.2.1 Variante 2a und 2b (Quartierslösung): Nahwärmenetz mit BHKW

In diesen Varianten werden drei separate Quartiersnetze betrachtet, die jeweils von separaten BHKW mit max. 2 MW elektrischer Leistung sowie mit Erdgas befeuerten Redundanz- und Spitzenlastkesseln (je ca. 5 MW thermischen Leistung) mit Wärme versorgt werden. Dies trägt insbesondere den steuerlichen Vergünstigungen von BHKW bis 2 MW elektrischer Leistung und den unterschiedlichen zeitlichen Realisierungshorizonten der drei Projektgebiete Rechnung.

Die Wärmeverluste im Netz wurden für BHKW-typische Systemtemperaturen mit einer Spreizung von 30 K angesetzt. Die Trassenlänge der drei Netze beträgt insgesamt ca. 23 km. In den Energiezentralen werden ausreichend dimensionierte Pufferspeicher zur Optimierung der BHKW-Laufzeiten installiert. Etwa 70% der Wärmearbeit wird über die BHKW bereitgestellt, was etwa 5.000 Volllaststunden entspricht. Die restliche Wärme wird über die Spitzenlasterzeuger (Erdgaskessel) erzeugt.

Als Brennstoff wird in Variante 2 a Erdgas eingesetzt, in Variante 2 b bilanzielles Biomethan.

Der erzeugte Strom wird vollständig in das öffentliche Netz eingespeist und in Variante 2a entsprechend dem aktuellen KWKG vergütet, in Variante 2 b wurde eine Vergütung im Rahmen des aktuell gültigen EEG angenommen.

Es ist in den Kostenschätzungen berücksichtigt, dass für die Energiezentralen jeweils ein separates Heizhaus je Wärmenetz errichtet wird.

7.2.2 Variante 2c: Multivalente Quartierslösung

Wie in den Varianten 2a und 2b werden drei separate Quartiersnetze aufgebaut, die aus drei neu zu errichtenden Energiezentralen mit Wärme versorgt werden. Im Unterschied zu den BHKW-basierten Wärmenetzen werden die Systemparameter so gewählt, dass auch Wärmepumpen und Solarthermie gut integriert werden können. Die Wärmeverluste im Wärmenetz sind aufgrund der Systemtemperaturen von 65°C Vorlauf- und 45°C Rücklauf-temperatur etwas niedriger als in den zuvor beschriebenen Varianten.

Für die Wärmeerzeugung wurde ein Erzeugermix mit BHKW, Erd-Wärmepumpe und Holzhackschnitzelkessel konzipiert, der mit bedarfsgerechter Stromerzeugung, bzw. Abnahme einem zunehmend regenerativen Stromsystem Rechnung trägt. Die Spitzen- und Reservelast wird über einen Erdgas-Kessel sichergestellt.

Alle Erzeuger erzielen in dieser Kombination nur vergleichsweise geringe Vollbenutzungsdauern pro Jahr, was unter den heutigen energietechnischen Rahmenbedingungen die Wirtschaftlichkeit negativ beeinflusst. Es ist anzunehmen, dass sich durch eine Flexibilisierung der Einspeisevergütungen und der netzgebundenen Umlagen oder der Netzentgelte eine flexible Fahrweise der Erzeuger in Zukunft wirtschaftlich besser darstellt, was z.B. heute schon in Dänemark zu sehen ist.

7.3 Variante 3: Tiefe Geothermie

Die Abbildung 12 zeigt schematisch die Trassenführungen in der Variante 3 für die gemeinsame Versorgung aller drei Projektgebiete.

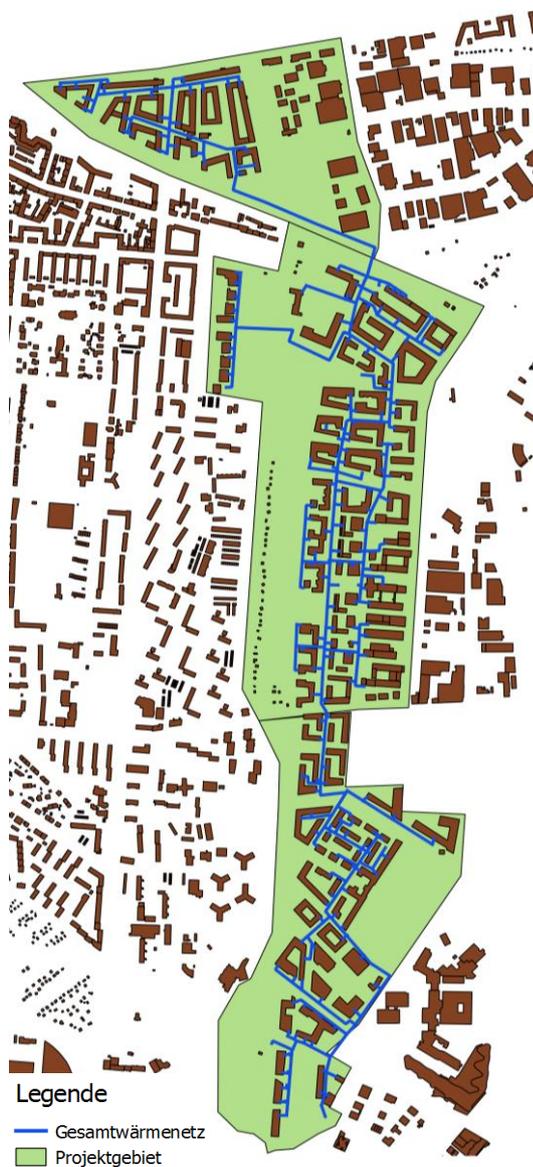


Abbildung 12: Trassenführung Variante 3

Tiefengeothermie bezeichnet die Nutzung von Erdwärme bei einer Tiefe von über 400 m. Sie zeichnet sich gegenüber der oberflächennahen Geothermie vor allem durch deutlich höhere Temperaturen aus. Neben der Nutzung als Wärmequelle kann Tiefengeothermie auch zur Stromerzeugung genutzt werden. Da der Ertrag der Tiefengeothermie nicht maßgeblich vom Wetter abhängig ist, weist diese erneuerbare Technologie eine sehr hohe Verfügbarkeit auf.

Durch die IBA Hamburg GmbH wurde im Rahmen der Internationalen Bauausstellung das Potenzial der Tiefengeothermie in Hamburg-Wilhelmsburg untersucht. Seismische Untersuchungen haben gezeigt, dass in einer Bohrtiefe von 3.000 m bis 4.000 m ausreichende Mengen an förderfähigem Wasser mit einer Temperatur von 130°C vorhanden sind.

Ein Wirtschaftlichkeitsgutachten⁴ aus dem Jahr 2010 ermittelt ein Förderpotenzial zwischen 8,5 und 17,5 MW thermischer Leistung. Für die Variante 3 wurde eine Förderleistung von 10 MW angenommen. Angaben zu den Bohr- und Anlagenbaukosten wurden dem o.g. Gutachten entnommen und mit einem Zuschlag für Baukostensteigerungen versehen.

Es wird angenommen, dass sich der Geothermie-Bohrplatz nicht in unmittelbarer Nähe der IBA-Projektgebiete im dicht besiedelten Bereich einrichten lässt, so dass Kosten für eine ca. 2,5 km lange Wärmebringleitung einkalkuliert wurden. Durch die große zu transportierende Wärmemenge für alle drei Quartiere lässt sich die Errichtung einer Wärmetransportleitung wirtschaftlich darstellen, die Beeinträchtigung der Anwohner durch Geräuschentwicklung und, bei einer Spitzenlastherzeugung mit Heizöl, durch Lieferverkehre wird somit vermieden.

Bei einer Förderleistung von 10 MW würde der Deckungsanteil an der Gesamtwärme ca. 95 % betragen. Der Primärenergiefaktor läge bei ca. 0,1. Die Spitzenlast und Redundanz würde durch herkömmlich gefeuerte Kessel (Gas oder Öl) sichergestellt. Ggf. könnte zur Erreichung einer zu 100 % erneuerbaren Wärmeversorgung das Gas als bilanzielles Biomethan bezogen oder das Öl als Pflanzenöl eingekauft werden. Diese Entscheidung spielt insgesamt aufgrund des geringen Anteils an der Gesamtwärmeerzeugung in der Grenzfallbetrachtung aber sowohl wirtschaftlich, als auch aus Klimaschutzgesichtspunkten eine untergeordnete Rolle.

Die Leistung der Tiefengeothermiebohrung und die Anschlussleistungen der Projektgebiete sind in Tabelle 7 zusammengefasst. Zu beachten ist, dass trotz des Unterschiedes in den Leistungen ein hoher Deckungsgrad erzielt werden kann, da die Anschlussleistung nur an wenigen Stunden im Jahr benötigt wird. Somit werden 95 % des Wärmebedarfes durch Geothermie und der Rest durch ein Spitzenlastheizwerk gedeckt. Dieser Zusammenhang ist in Abbildung 13 dargestellt.

⁴ ifc von Braurmühl und Kollegen GmbH (2010): Tiefengeothermie Hamburg Wilhelmsburg – Simulation zur Wirtschaftlichkeit - Finanzierungsabwicklung

Tabelle 7: Gegenüberstellung der Leistungen Geothermiebohrung und Projektgebiet

Leistung [kW]		Anschlussleistung [kW]	
Tiefengeothermiebohrung	10.000 (Schätzung)	Wilhelmsburger Rathausviertel	6.536
		Elbinselquartier	12.997
		Spreehafenviertel	4.689
Gesamt	10.000	Gesamt	24.222

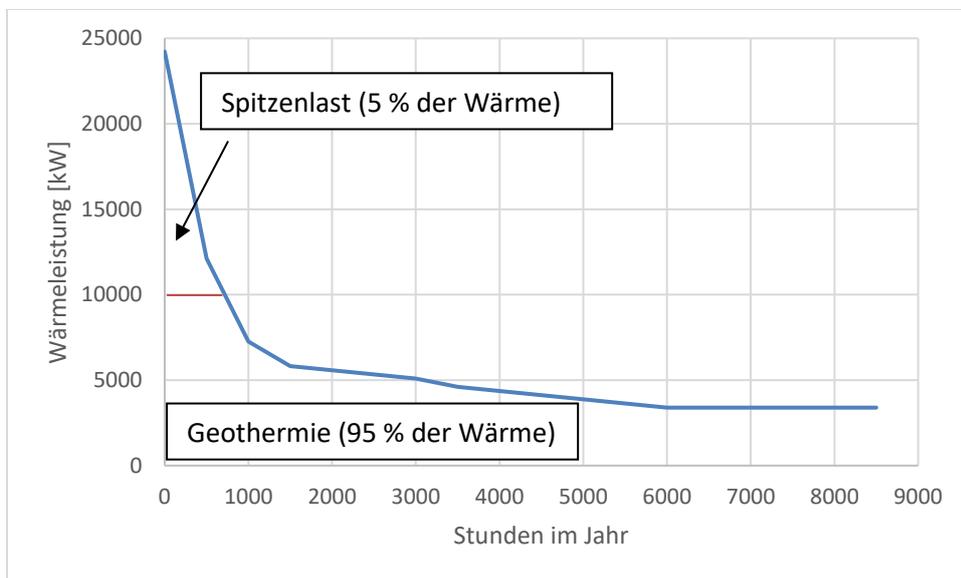


Abbildung 13: Exemplarische geordnete Jahresdauerlinie des Wärmebedarfes

8 Vergleich der Varianten

In diesem Abschnitt wird ein Überblick über die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung gegeben und die verschiedenen Varianten werden hinsichtlich ökonomischer, ökologischer und sonstiger Faktoren miteinander verglichen. Zunächst wurden für jede Variante die Investitionskosten und Betriebskosten bestimmt, um daraus weitere Kennwerte wie kostendeckende Wärmemischpreise zu ermitteln. Die ökologische Betrachtung erfolgt durch die Bestimmung der CO₂-Emissionen und des Primärenergiefaktors.

8.1 Wirtschaftlichkeitsberechnung

8.1.1 Investitionskosten

Bei der Betrachtung der Investitionen führen die Quartierslösungen mit BHKW (2a /2b) zu den geringsten Kosten. Dies ist neben den kürzeren Trassenlängen auch in der Standardisierung und Größenordnung der Anlagen begründet, die zu vergleichsweise geringen spezifischen Investitionen führt. Im Gegensatz dazu sind die Investitionen für die dezentrale Variante 1 mit objektweiser Versorgung recht hoch, weil viele kleine Anlagen mit hohen spezifischen Investitionen zu installieren sind. Die Versorgung der Gebäude über Geothermie-Sonden in Variante 1 ist aufgrund der Erschließung der Wärmequelle besonders investitionsintensiv.

Auch die multivalente Quartierslösung (2c) bringt aufgrund der Vielzahl der eingesetzten Technologien höhere Investitionskosten mit sich. Die Variante mit Tiefengeothermie (3) benötigt die größten Investitionen, was vor allem in den kostenintensiven Bohrungen zur Nutzung der tiefen Geothermie begründet ist. Abbildung 14 zeigt die Aufteilung der Investitionskosten in den verschiedenen Varianten.

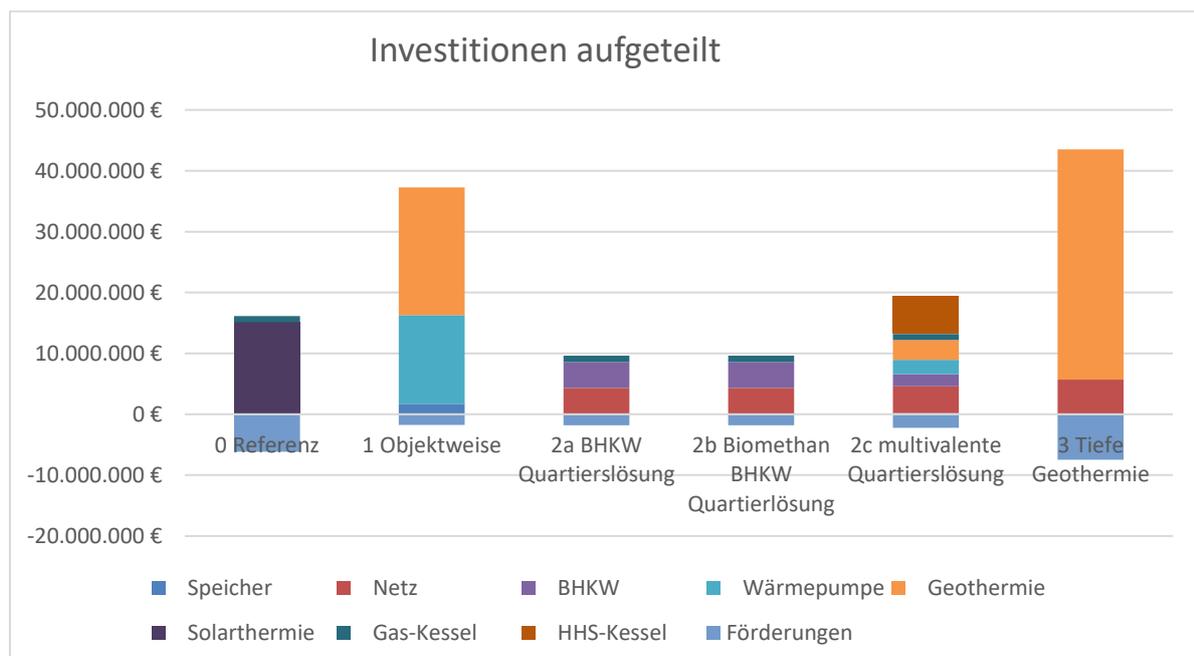


Abbildung 14: Aufteilung der Investitionskosten in den verschiedenen Varianten

8.1.2 Betriebskosten

Alle Investitionskosten werden nach der Annuitätenmethode in einen jährlichen Anteil an den Betriebskosten umgerechnet, sodass die verschiedenen Lebensdauern (z.B. BHKW ca. 12 Jahre bis Wärmenetz min. 40 Jahre) vergleichbar gemacht werden können und ggf. im Lebenszyklus der Gebäude notwendige Reinvestitionen schon berücksichtigt werden können.

Abbildung 15 zeigt die Kostenanteile der Wärmeversorgung in den verschiedenen Varianten. Die Betriebskosten sind hierbei neben dem Kapitalkostenanteil in verbrauchsabhängige (Energie-)Kosten sowie Kosten für Instandhaltung und Betrieb unterteilt. In der Variante mit Biomethan-BHKW sind die verbrauchsabhängigen Kosten aufgrund des eingesetzten Brennstoffes mit ca. 5.500.000 € pro Jahr am größten, das Erdgas-BHKW verursacht im Vergleich lediglich ca. die Hälfte dieser Betriebskosten. Die höhere Einspeisevergütung nach EEG im Vergleich zum KWKG kann diesen Kostennachteil nicht ausgleichen.

Die übrigen Varianten weisen jährliche verbrauchsabhängige Kosten zwischen 1,6 und 2,1 Mio. € auf, die mit dem Referenzszenario vergleichbar sind. Die Position Instandhaltung und Betrieb ist insbesondere für die Variante 3 mit tiefer Geothermienutzung relevant. Dort fallen jährlich Kosten in Höhe von über 700.000 € für Betriebspersonal und Instandhaltung der oberirdischen Anlagentechnik an. Die multivalente Variante weist mit ca. 18 % aufgrund der höheren Anlagenaufwände ebenfalls einen hohen Anteil dieser Position an den Gesamtenergiekosten auf. Der Anteil der Kosten für Instandhaltung und Betrieb an den jährlichen Gesamtenergiekosten der übrigen Varianten beträgt etwa 9-13 %.

Aus den ermittelten jährlichen Gesamtkosten abzüglich der Erlöse für Stromeinspeisung, bzw. KWK-Zuschlag ergeben sich Netto-Kosten, die durch die gelieferte Wärmemenge gedeckt werden müssen.

Bei den BHKW-Konzepten hängt die Wirtschaftlichkeit wesentlich von der aktuell gültigen Förderung ab. Während bei den Erdgas-BHKW die KWK-Förderung nur für ca. 6 Jahre ab Inbetriebnahme gezahlt wird, ist die Vergütung nach EEG für 20 Jahre fixiert, allerdings auch ohne Inflationsausgleich. Nach Wegfall der jeweiligen Förderungen erhöhen sich die Kosten um den hellblauen Balken in Abbildung 16.

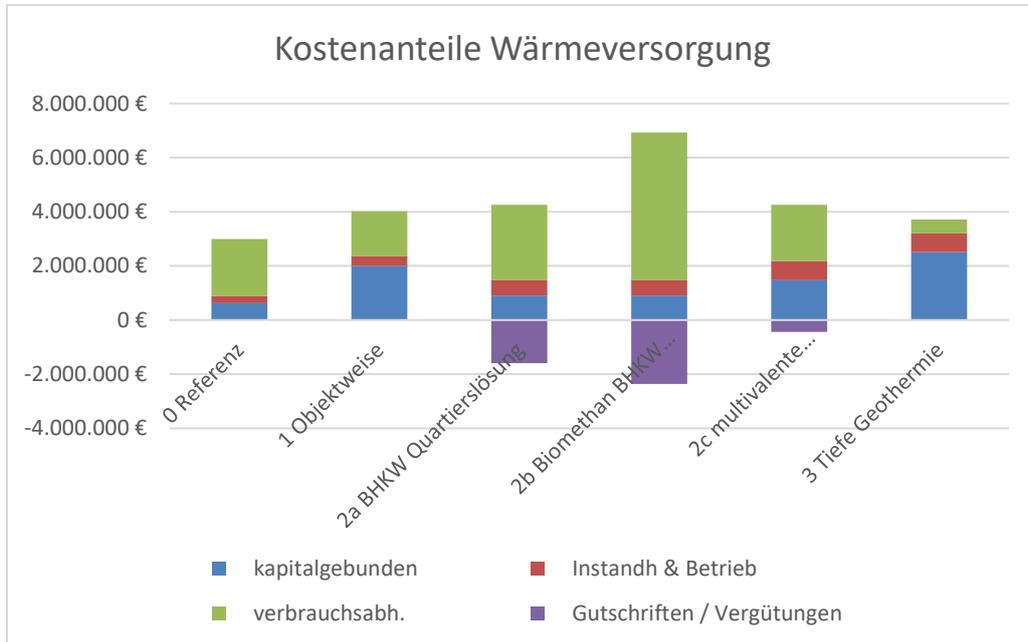


Abbildung 15: Betriebskosten der Wärmeversorgung in den verschiedenen Varianten

8.1.3 Kostendeckender Wärmepreis

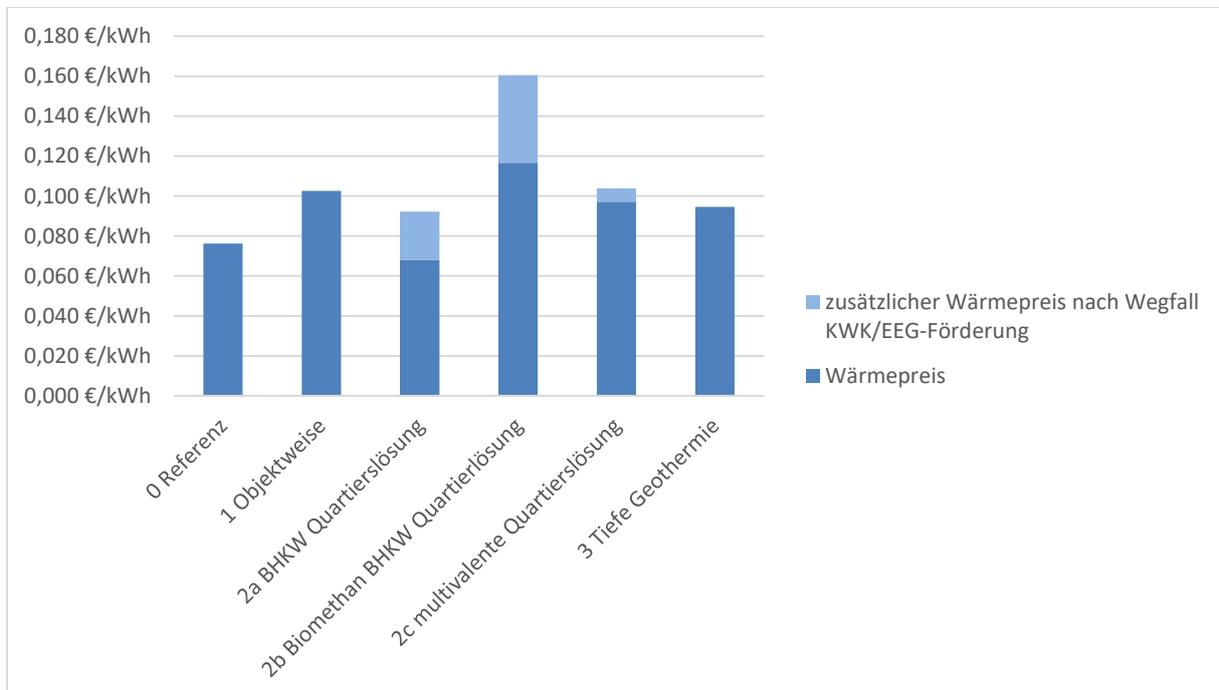


Abbildung 16: Kostendeckender Wärmepreis je kWh

Verglichen mit dem Referenzszenario führen alle Varianten auf Basis der heutigen, besonders günstigen Gaspreise spätestens nach Wegfall der KWK/EEG-Förderung zu insgesamt etwas höheren Energiekosten. Die objektweise Versorgung mit Wärmepumpe resultiert in einem Preis von ca. 10,3 ct/kWh.

Am günstigsten ist die Quartierslösung mit Erdgas-BHKW nur, solange die KWK-Förderung besteht. Danach ist sie vergleichbar mit den Kosten, die für die tiefe Geothermie-Lösung entstehen. Die Biometanvariante führt zu den höchsten spezifischen Wärmekosten von ca. 12 ct/kWh mit und bis zu 16 ct/kWh ohne EEG-Förderung.

8.2 Sensitivitätsanalyse

Die zentrale Frage bei der Beurteilung der langfristigen Preissicherheit liegt in der Abhängigkeit der Kosten der Wärmebereitstellung von zukünftigen Energiepreisentwicklungen. Die stärkste Abhängigkeit vom Brennstoffbezug zeigt die Variante mit Biomethan-BHKW (Variante 2b), da hier die Einspeisevergütung über 20 Jahre fix ohne einen Inflationsausgleich gezahlt wird. Jede Kostensteigerung (auch für die Stromproduktion) muss deshalb über die Wärme kompensiert werden. Die geringste Abhängigkeit zeigt die Tiefengeothermie (Variante 3), da hier die Investitionskosten den dominierenden Anteil an den Gesamtkosten ausmachen.

Die objektweise Versorgung mit Wärmepumpe (Variante 1) ist vergleichsweise preisstabil, da der Wärmepumpenstrom nur ca. 25% der Energie repräsentiert und auch hier ein hoher Kapitalkostenanteil enthalten ist. Die Erdgas-BHKW (Variante 2a) reagiert auch relativ sensibel auf Änderungen des Brennstoffbezugs. Ggf. einhergehende Änderungen der Stromerlöse sind hier nicht berücksichtigt und könnten den Effekt in der Realität abmildern.

In der Variante 2c mit einer multivalenten Erzeugerstruktur schlagen die Energiepreiserhöhungen ähnlich stark durch wie bei der dezentralen Variante mit Gasbrennwertkesseln und Solarthermie. Diese Darstellung berücksichtigt jedoch nicht, dass eine multivalente Energiezentrale besondere Möglichkeiten zur Optimierung der Betriebskosten durch einen gezielten Einsatz der Erzeuger hat. So könnte die Wärmepumpe insbesondere in Zeiten niedriger und das BHKW in Zeiten hoher Börsenstrompreise betrieben werden. Wenn Erdgas schneller teurer wird als Holz, kann der Einsatz zugunsten des Biomasskessels verschoben werden o.ä. Im Ergebnis ist deshalb davon auszugehen, dass die multivalenten Quartierslösungen insgesamt robuster gegen Steigerungen von Energiebezugskosten sind, bzw. mögliche positive Effekte besser nutzen können.

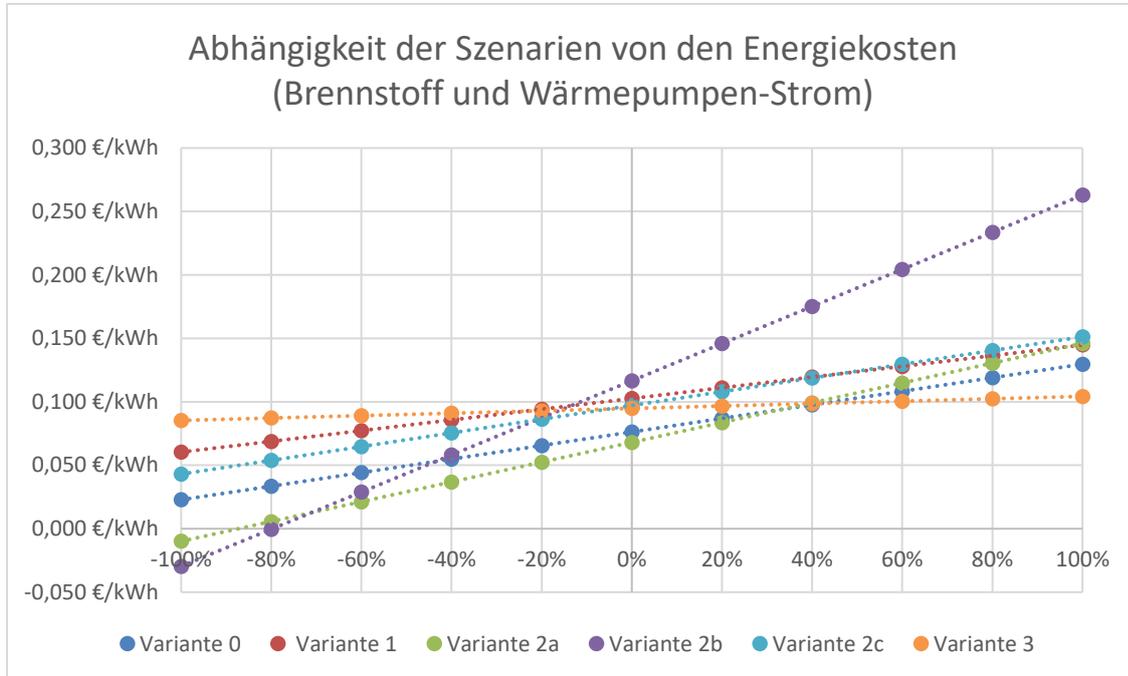


Abbildung 17: Kosten der Wärmebereitstellung in Abhängigkeit von der Änderung der Energiebezugskosten

Des Weiteren wurde für jede einzelne Variante eine Sensitivitätsuntersuchung für verschiedene Einflussfaktoren, wie Investitionskosten, Förderungen, Brennstoffkosten, etc. durchgeführt von denen hier ausgewählte Ergebnisse dargestellt werden.

Für das Referenzszenario ergibt sich neben einer starken Abhängigkeit von den Brennstoffkosten eine vergleichsweise starke Abhängigkeit von den Investitionskosten. Diese Abhängigkeit ist als zweigeteilt zu sehen. Der Betrieb der Kessel hängt fast ausschließlich von den Kosten des Erdgasbezugs ab, während die Kosten der Solarthermie von den Investitionskosten dominiert werden. Bei stark abnehmendem Wärmebedarf und unveränderter Anlagentechnik steigt der spezifische Wärmepreis durch die unveränderten Kapitalkosten stark an. Die übrigen Einflussparameter haben nur einen schwachen Einfluss.

Generell ist zu beachten, dass eine Änderung des angenommenen Parameters um 100 % nicht für alle Parameter gleich wahrscheinlich ist. Eine Verdopplung der aktuell sehr günstigen Erdgaspreise erscheint nicht unwahrscheinlich, während eine Verdopplung der Investitionskosten bei der Planung einer Solarthermie-Anlage eher unwahrscheinlich erscheint.

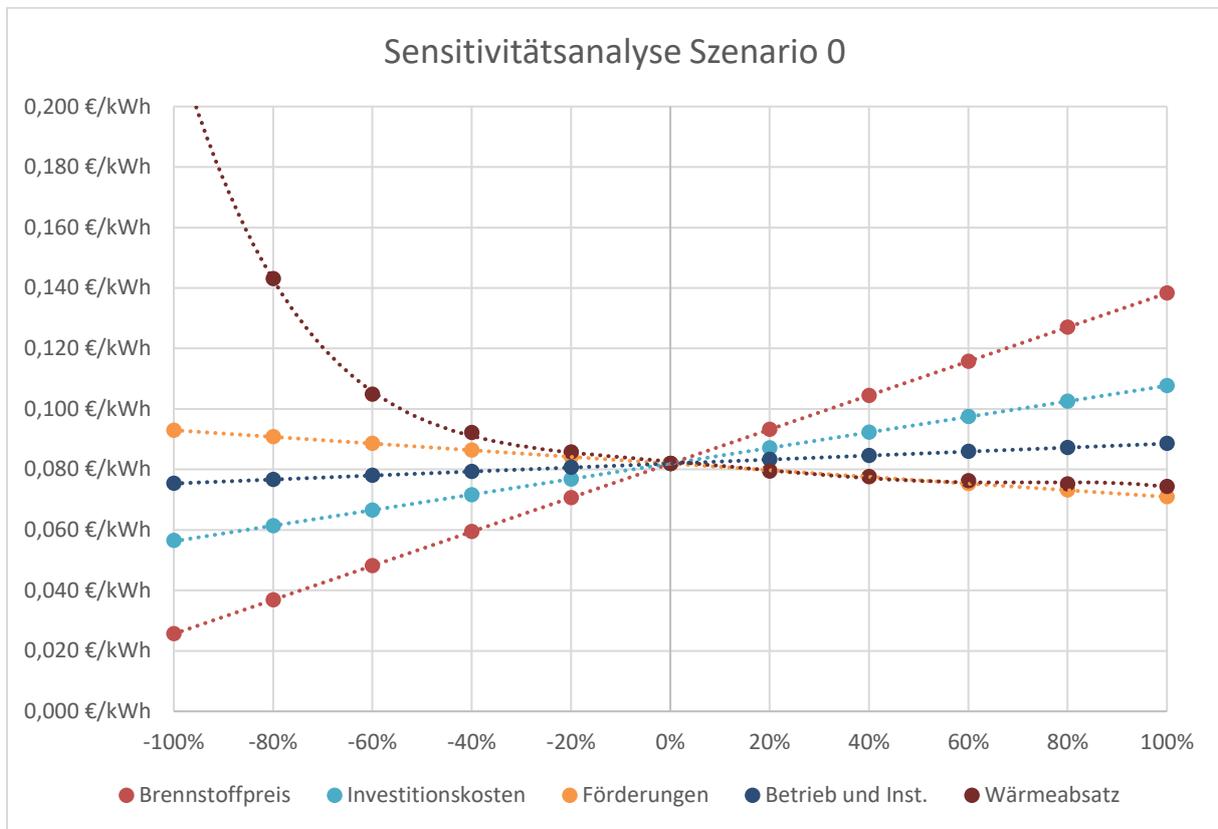


Abbildung 18: Darstellung der Sensitivitäten für Variante 0

In Variante 2a zeigt sich im Vergleich zur Variante 2c eine wesentlich stärkere Abhängigkeit von den Brennstoffkosten, während Variante 2c aufgrund der insgesamt höheren Investitionskosten hier auch stärker auf Änderungen reagiert. Dadurch wird die Variante auch empfindlicher gegenüber Absatzminderungen bei gleicher Anlagentechnik, was mit einer falschen Auslegung gleichzusetzen wäre.

Der Einfluss der KWK-Förderung ist nicht prozentual dargestellt, sondern repräsentiert den sprunghaften Anstieg der Kosten bei Wegfall oder Auslaufen der Förderung, der in Variante 2c von wesentlich geringerer Bedeutung ist.

Variante 3 hängt fast ausschließlich von den Investitionskosten und dem entsprechenden Wärmeabsatz ab.

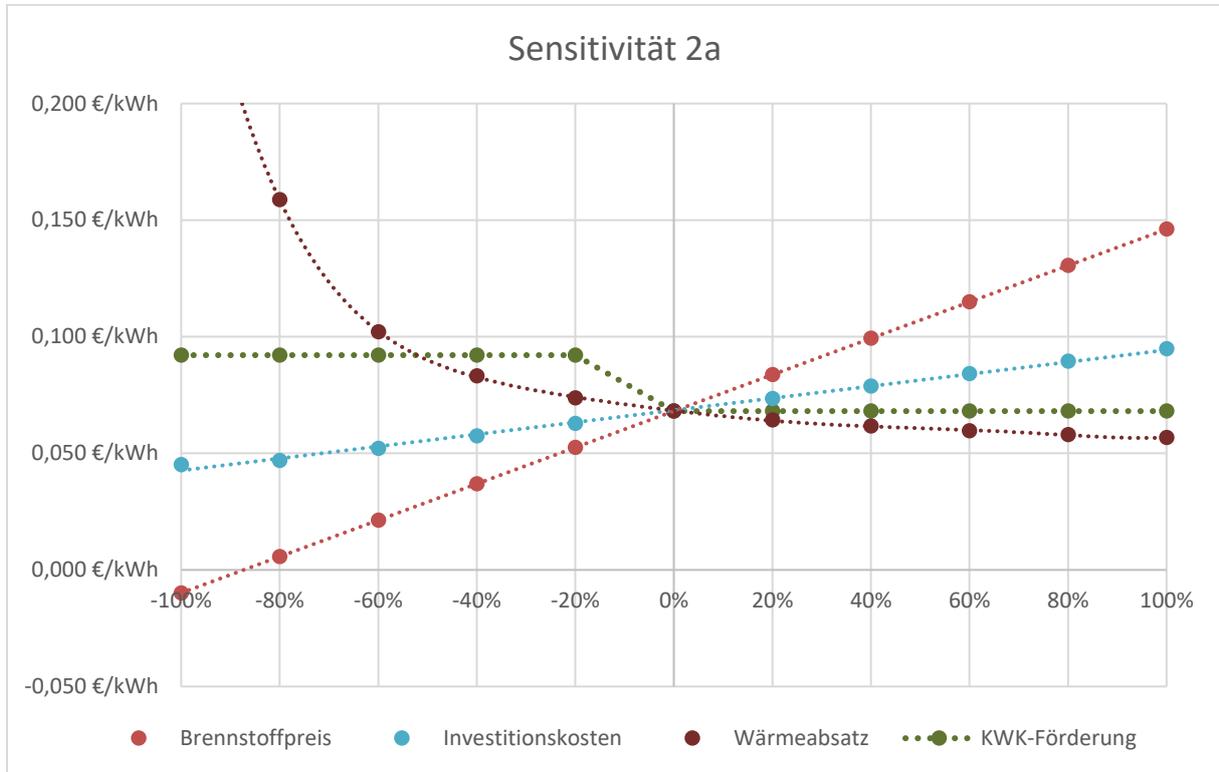


Abbildung 19: Darstellung der Sensitivitäten für Variante 2a

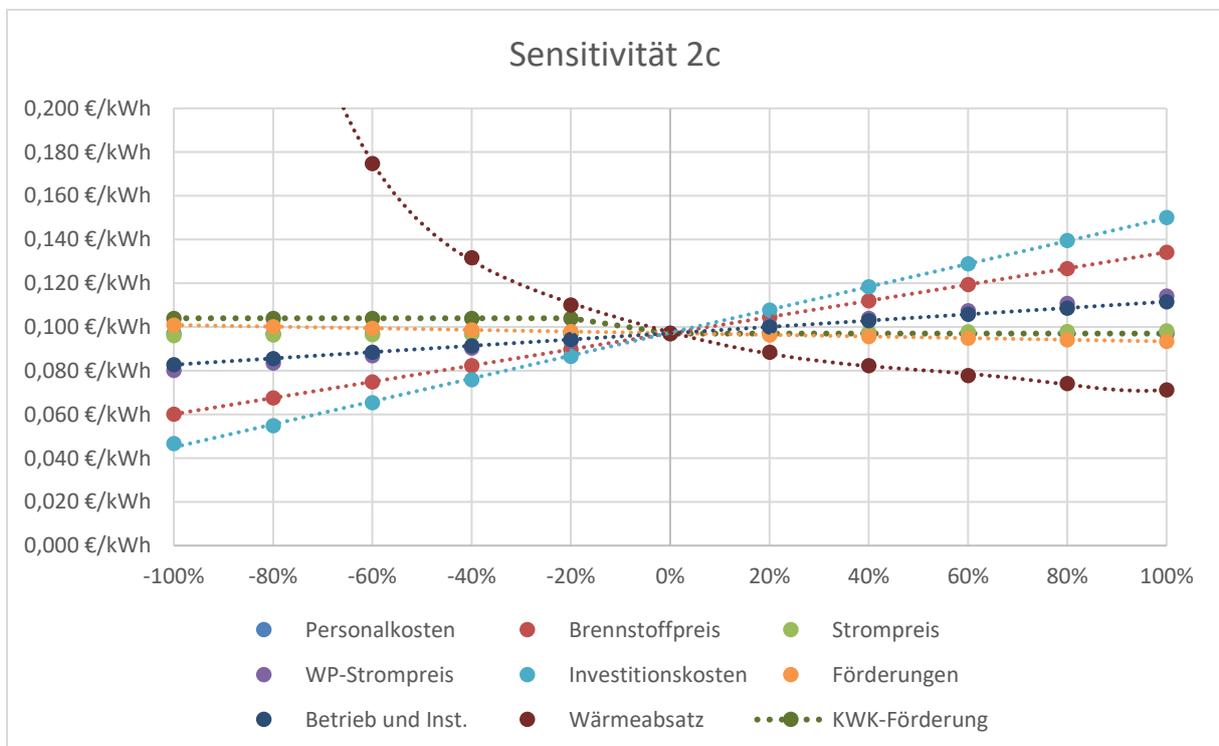


Abbildung 20: Darstellung der Sensitivitäten für Variante 2c

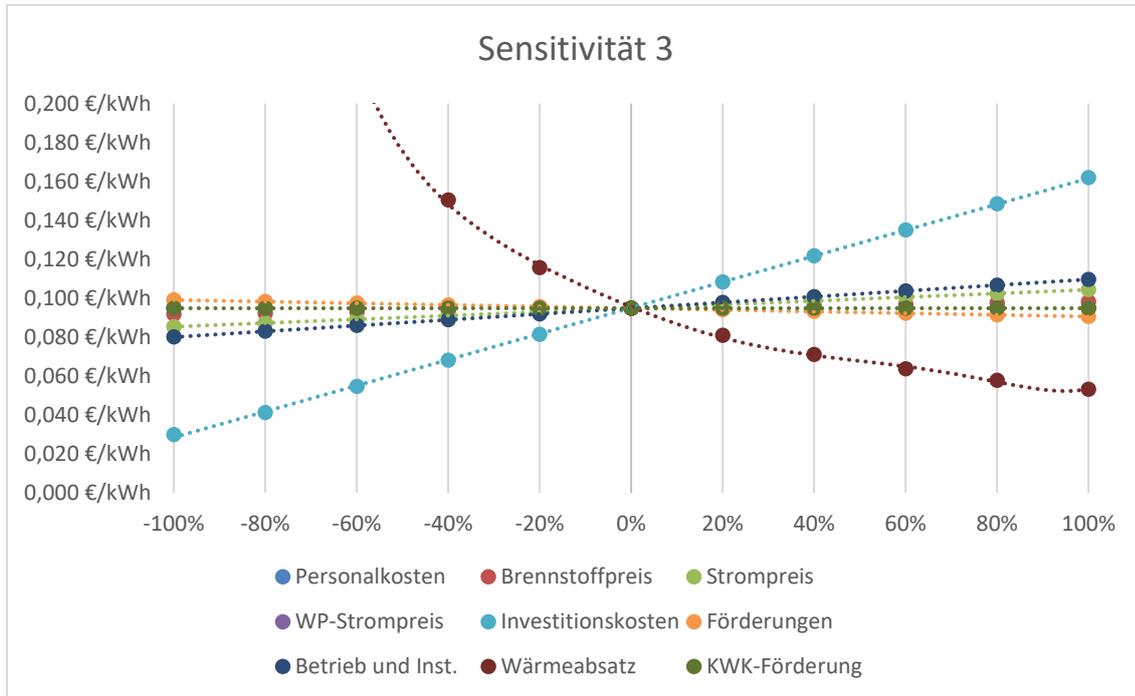


Abbildung 21: Darstellung der Sensitivitäten für Variante 3

8.3 CO₂-Emissionen

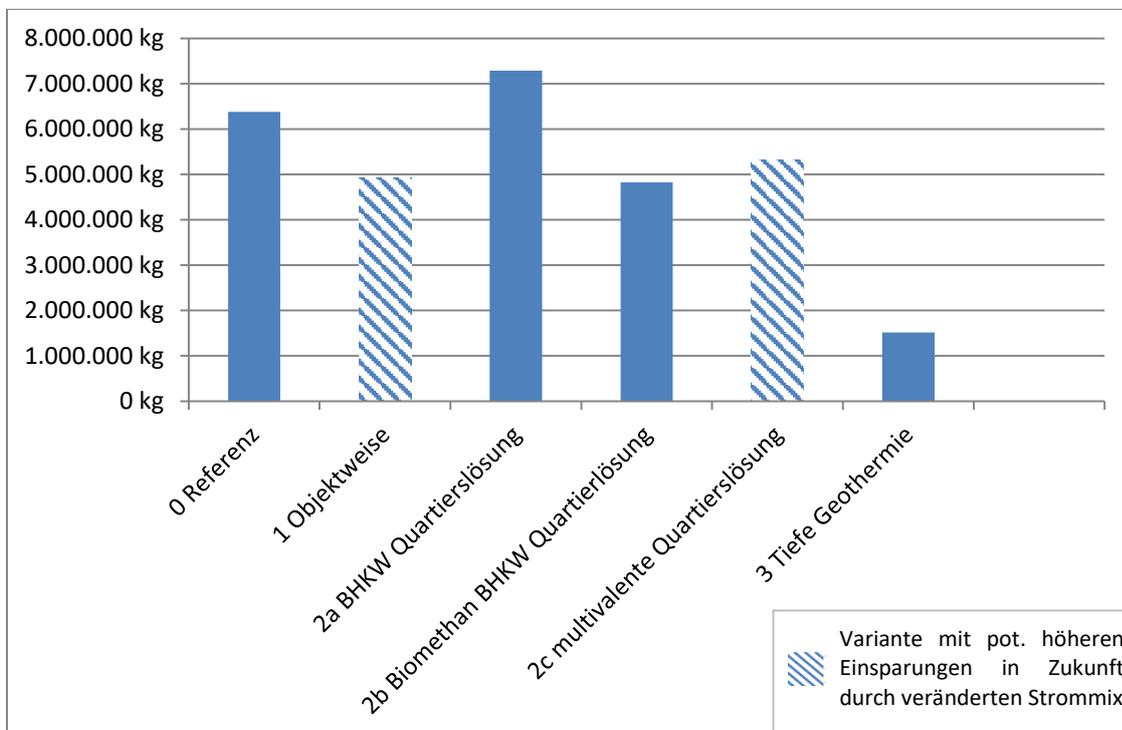


Abbildung 22: Absolute CO₂-Emissionen der verschiedenen Varianten

Abbildung 22 zeigt die absoluten CO₂-Emissionen der verschiedenen Varianten. Der Einsatz von Geothermie in der Variante 3 führt zu sehr niedrigen Emissionen und Einsparungen von über 70 % gegenüber der Referenzvariante. Die objektweise Versorgung mit oberflächennaher Geothermie und Wärmepumpe sowie die Quartierslösung mit Biomethan-BHKW oder die multivalente Quartierslösung führen lediglich zu Reduktion um ca. 25 % gegenüber der Referenzvariante mit Gasbrennwertkessel und Solarthermie. Bei den Varianten 1 und 2c ist der Strombedarf der Wärmepumpen ein entscheidender Faktor für die vergleichsweise niedrigen Einsparungen. In einem zukünftigen Strommix mit einem erhöhten Anteil an erneuerbaren Energien werden die CO₂-Einsparungen in den schraffiert dargestellten Varianten 1 und 2c somit künftig höher ausfallen.

Die Erdgas-BHKW-Variante führt sogar zu etwa 13 % höheren Treibhausgasemissionen als in der Referenzvariante. Dieses Ergebnis beruht auf der Ermittlung der CO₂-Emissionen nach der finnischen Methode. Die Verluste, die bei einem BHKW höher sind als bei einem Brennwertkessel werden relativ gleichmäßig zwischen Strom- und Wärmezeugung aufgeteilt. Dabei wird nicht berücksichtigt, dass der BHKW-Strom heute noch im nationalen Strommix anderen Strom verdrängt, der mit wesentlich höheren CO₂-Emissionen erzeugt wurde. In der Abbildung 23 werden die spezifischen CO₂-Emissionen pro gelieferter kWh Wärme dargestellt. Auch hier wurde die finnische Methode angewendet. Eine Berücksichtigung der Klimaeffekte der Stromeinspeisung erfolgt bei der Ermittlung der Primärenergiefaktoren anhand der Stromgutschriftmethode in Kapitel 8.4.

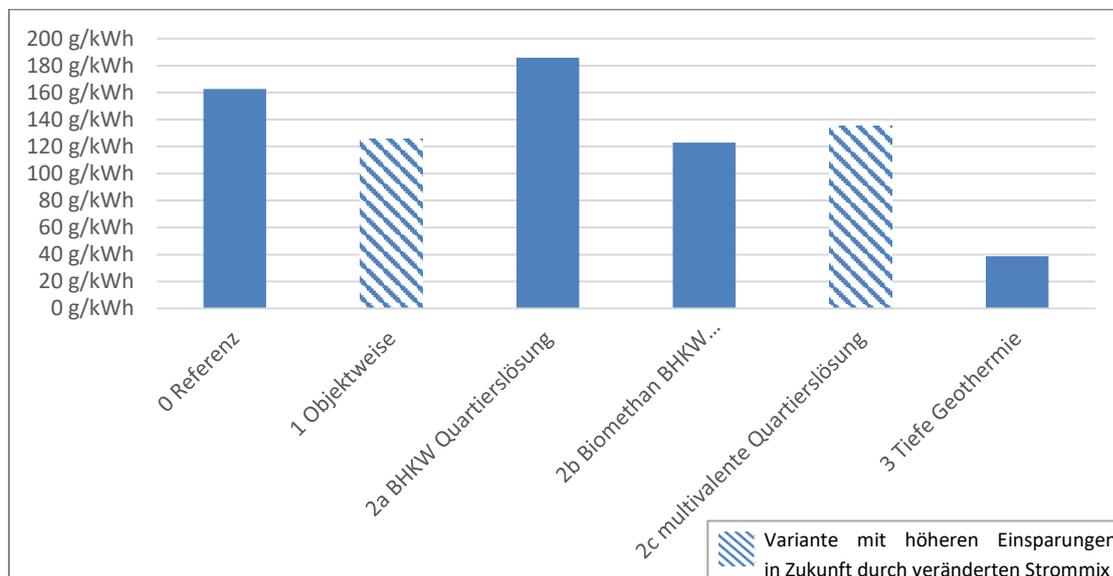


Abbildung 23: Spezifische CO₂-Emissionen der verschiedenen Varianten

8.4 Primärenergiefaktor

Ein weiteres Bewertungskriterium für die Varianten ist der Primärenergiefaktor. Dieser wird für Fernwärme anhand des Arbeitsblatts FW 309-1 des Energieeffizienzverbandes für Wärme, Kälte und KWK e. V. (AGFW) ermittelt. Dieses sieht für die Zertifizierung des Primärenergiefaktors von bestehenden Fernwärmesystemen die Formel 1 vor.

Für die Zertifizierung von neuen Fernwärmesystemen erfolgt die Berechnung auf Planungsdaten nach Formel 2. Diese ist für Systeme mit einem KWK-Anteil und einem Anteil an ungekoppelter Wärmeerzeugung konzipiert. Nach Rücksprache mit dem AGFW ist bei Zertifizierung von komplexen Systemen mit mehr als zwei Wärmeerzeugungstechnologien auch bei der Berechnung auf Basis von Planungsdaten die Formel 1 anwendbar. Da die multivalente Quartierslösung (Variante 2c) ein komplexes System darstellt, wird der Primärenergiefaktor im Folgenden zur besseren Vergleichbarkeit für alle Anlagen nach Formel 1 berechnet. Auch für die dezentralen Varianten 0 und 1 erfolgt für die objektive Vergleichbarkeit eine Bewertung des Primärenergiefaktors nach FW 309-1, die Stromarbeit zum Betrieb des Heiznetzes (AHN) wird gleich Null gesetzt.

Die Variante Biomethan-BHKW führt durch den niedrigen PEF von Biomethan von 0,5 und den hohen PEF des KWK-Verdrängungsstrommixes von 2,8 zu einem negativen Primärenergiefaktor. Laut AGFW-Arbeitsblatt wird dieser am Übergang zur Bilanzgrenze Gebäude gleich Null gesetzt, d.h. das Fernwärmesystem würde mit einem Primärenergiefaktor von Null zertifiziert werden.

In dem multivalenten System (Variante 2c) wird der Strombedarf zum Betrieb der Wärmepumpe von der KWK-Stromeinspeisung abgezogen und fließt somit mit einem PEF von 2,8 in die Berechnung mit ein. Multivalente Lösungen mit KWK und Wärmepumpen sind hier strukturell benachteiligt: Wärmepumpen schneiden in der Einzelbetrachtung besser ab, weil hier ein PEF für den Bezugsstrom von 1,8 angesetzt werden kann.

Dieser Effekt zeigt sich auch für die Variante 3 mit Geothermie. Da in dem Konzept keine KWK vorhanden ist, wird der Strom mit dem PEF von 1,8 (nationaler Strommix) bewertet.

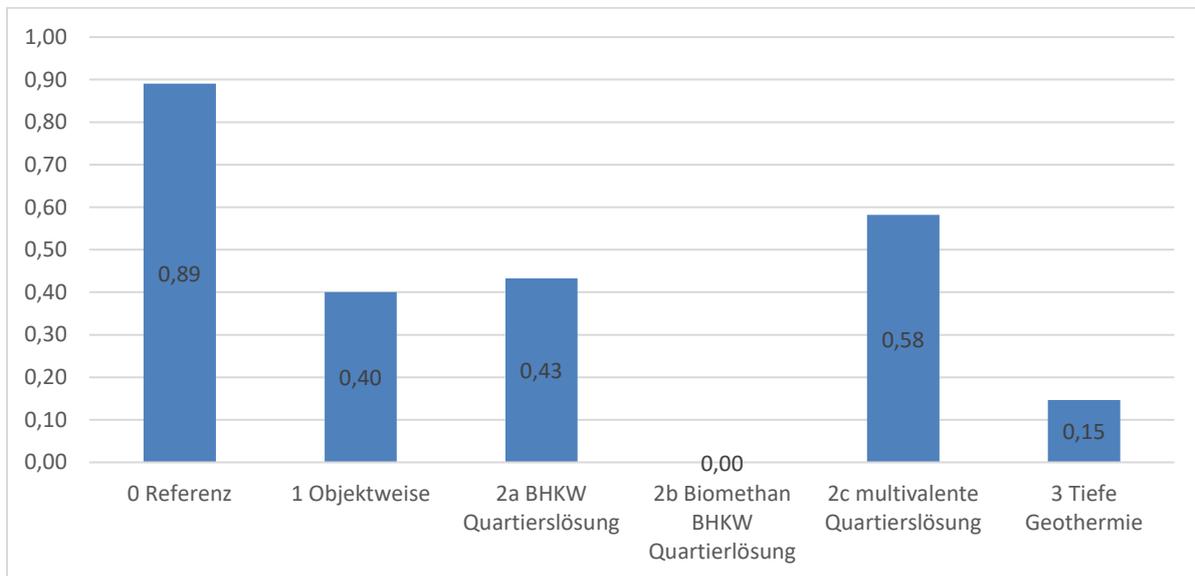


Abbildung 24: Vergleich des Primärenergiefaktors nach FW 309-1

Beim Vergleich schneidet die Variante 2 b Biomethan-BHKW mit einem PEF von Null am besten ab. Der Primärenergiefaktor der Referenzvariante (Var. 0) ist mit 0,89 am höchsten. Die objektbezogene Variante mit Geothermie (Var. 1) liegt im Bereich der Quartierslösung mit BHKW (Var. 2 a). Bei der Variante 2 c führt der Pumpenstrom für die Wärmepumpen, der nach der Systematik der FW 309 mit dem Verdrängungsstrommix für KWK-Anlagen bewertet wird, zu einem höheren PEF als für Variante 2 a. Tiefe Geothermie für die gemeinsame Versorgung der IBA-Projektgebiete (Var. 3) ist die Variante mit dem zweitniedrigsten Primärenergiefaktor (0,15).

9 Bewertung der Varianten

Zur abschließenden Bewertung der Versorgungsvarianten sind neben den in Kapitel 8 untersuchten wirtschaftlichen Größen weitere Punkte relevant. Für die Beurteilung wurden hier die folgenden Kriterien festgelegt und auf einer Skala von -2 bis +2 bewertet. Die Bewertungen stehen für

	+ 2	bestmögliches Ergebnis, erfüllt die Anforderungen sehr gut, kein Risiko
	+ 1	gutes Ergebnis, erfüllt die Anforderungen, geringes Risiko
	0	durchschnittliches Ergebnis, neutral, ohne Einfluss, durchschnittliches Risiko
	-1	unterdurchschnittliches Ergebnis, erfüllt die Anforderungen nur teilweise, erhöhtes Risiko
	-2	schlechtes Ergebnis, erfüllt die Anforderungen nicht, hohes Risiko

Die in Abbildung 25 dargestellten Kategorien sind in der folgenden Tabelle erläutert:

Kriterium	Erläuterung
Wirtschaftlichkeit	Gesamte jährliche Energiekosten inklusive Kapitaldienst
CO ₂ -Emissionen	Spezifische CO ₂ -Emissionen der Varianten
Primärenergiefaktor	Höhe des Primärenergiefaktors
Investitionen	Wie hoch sind die notwendigen Investitionen
Preisstabilität	Wie unempfindlich (sensitiv) ist das Konzept gegen Preissteigerungen bei Einsatz- und Brennstoffen?
Deckung mit Klimaschutzkonzept Erneuerbares Wilhelmsburg	Wie werden die Ziele: Vollständige Versorgung durch erneuerbare Energien, Einsatz von BHKW und Wärmenetzen, Lokale Versorgung bis 2050 erreicht?
Zukunftssicherheit fördermitteltechnischer Rahmen	Wie abhängig ist die Wirtschaftlichkeit des Konzepts von derzeit geltenden gesetzlichen Bestimmungen und Förderrichtlinien?
regionale Wertschöpfung	Werden durch Investitionen Betätigungschancen für regional ansässige Firmen geschaffen? Können Arbeitsplätze geschaffen oder gesichert werden?
Anwohnerakzeptanz	Können Belästigungen oder Beeinträchtigungen der Anwohner oder der anliegenden Betriebe z.B. durch zusätzliche Lieferverkehre, Staub, Schall- oder Geruchsemissionen auftreten?
Sonstige Emissionen	In welchem Maße werden durch die Energieversorgung sonstige Emissionen wie Feinstaub oder NO _x verursacht?

Variante	Wirtschaftlichkeit	CO ₂ -Emissionen	Primärenergiefaktor	Investitionen	Preisstabilität	Deckung mit Klimaschutzkonzept Erneuerbares Wilhelmsburg	Zukunftssicherheit (förder-)rechtlicher Rahmen	regionale Wertschöpfung	Anwohnerakzeptanz	sonstige Emissionen [NoX, Feinstaub, etc.]	Gesamtbewertung	Gewichtetes Gesamturteil Wirtschaftlichkeit*	Gewichtetes Gesamturteil Klimaschutz**
Referenz	↔	↓	↔	↔	↔	↓	↔	↔	↔	↔	-4,0	-2,5	-6,7
1 Objektweise	↓	↔	↔	↓	↔	↔	↔	↔	↑	↑	3,0	-0,8	3,3
2a BHKW Quartierslösung	↔	↓	↔	↔	↔	↔	↓	↔	↔	↓	-4,0	-1,7	-5,8
2b Biomethan BHKW Quartierslösung	↓	↔	↑	↔	↓	↔	↓	↔	↔	↓	-3,0	-3,3	-1,7
2c multivalente Quartierslösung	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↓	1,0	0,0	1,7
3 Tiefe Geothermie	↔	↑	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↔	13,0	9,2	14,2
* Wirtschaftlichkeit und Investitionen doppelt gewichtet						** CO ₂ -Vermeidung und Deckung mit Klimaschutzkonzept Erneuerbares Wilhelmsburg doppelt gewichtet							

Abbildung 25: Bewertungsmatrix Variantenvergleich

10 Fazit

Empfehlung: Tiefe Geothermie

Die Variante 3 ist in Bezug auf den Klimaschutz die zu favorisierende Maßnahme, da im Vergleich zu der Referenzvariante 75% CO₂ eingespart und die Ziele des Klimaschutzkonzepts erneuerbares Wilhelmsburg erreicht werden können. Aus wirtschaftlicher Sicht ist die tiefe Geothermie zumindest konkurrenzfähig. Zudem besteht durch den hohen Kapitalkostenanteil und die (vernachlässigbar) geringen Brennstoffkosten eine hohe Preisstabilität, wie die Sensitivitätsanalyse zeigt. Die tiefe Geothermie verursacht keine Emissionen oder sonstige Belastungen durch Lieferverkehre, optische Einschränkungen o.ä. Die fossile Spitzenlastversorgung trägt nur einen Anteil von 5% zur Wärmeversorgung bei.

Alternative: Multivalente Quartiersnetze

Unter Berücksichtigung der aktuellen KWK-Förderung ist ein Quartierswärmenetz auf KWK-Basis eine wirtschaftlich und technisch sinnvolle Alternative, mit aber nur geringen Klimaschutzeffekten hinsichtlich der CO₂-Einsparungen und einer geringen Flexibilität, die Klimaschutzziele langfristig zu erreichen. Ein aufwändiger Erzeugermix, wie in der multivalenten Quartierslösung, ist heute (noch) nicht wirtschaftlich darstellbar. Ein sinnvoller Entwicklungspfad könnte sein, die Netzparameter, insbesondere die Temperaturniveaus, und Heizhäuser so auszulegen, dass zu den anfangs zu installierenden BHKW, langfristig weitere Erzeuger in Abhängigkeit der technologischen und rechtlichen Entwicklungen ergänzt werden können. So könnte eine weitgehende Technologie-Offenheit bei gleichzeitig relativ geringen Startinvestitionen gewahrt werden. Aufgrund der abweichenden Netzparameter und der fehlenden Erzeugerkapazitäten wäre ein Zusammenschluss mit den Bestandsnetzen für Quartierslösungen nicht anstrebenswert.

Die objektweise Versorgung mit Wärmepumpen und oberflächennaher Geothermie als Wärmequelle bietet vergleichsweise viele Vorteile in Hinblick auf weiche Bewertungskriterien und langfristig mit zunehmend regenerativem Strom auch hohe CO₂-Vermeidungspotenziale, ist aber unter den derzeitigen wirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht konkurrenzfähig. Die Versorgung mit Biomethan-BHKW scheidet schon unter Berücksichtigung der heutigen Förderbedingungen aufgrund des hohen kostendeckenden Wärmepreises aus.

Im Ergebnis empfehlen wir, die Wärmeversorgung der neuen Quartiere über eine Wärmeversorgung mit tiefer Geothermie in einem gemeinsamen Wärmenetz für alle drei Quartiere zu realisieren.

11 Quellenverzeichnis

- [1] Funktionsplan Wilhelmsburger Rathausviertel, Vorabzug vom 18.10.2016
- [2] Flächenübersicht Wilhelmsburger Rathausviertel vom 12.09.2016
- [3] Funktionsplan Elbinselquartier vom 05.05.2017
- [4] Berechnungsliste Elbinselquartier aus dem städtebaulichen Entwurf vom 13.06.2016
- [5] Übersichtsplan mit Kennzahlen Spreehafenviertel vom 06.06.2016
- [6] Machbarkeitsstudie Spreehafenviertel vom 06.06.2016
- [7] ifc von Braunmühl und Kollegen GmbH (2010): Tiefengeothermie Hamburg Wilhelmsburg – Simulation zur Wirtschaftlichkeit - Finanzierungsabwicklung
- [8] KfW Merkblatt 153
- [9] Anhang 1 zur EnEV 2014
- [10] IBA Hamburg GmbH. Klimaschutzkonzept Erneuerbares Wilhelmsburg. [Online] [Zugriff: 29.03.2017.] <http://www.iba-hamburg.de/projekte/klimaschutzkonzept-erneuerbares-wilhelmsburg/projekt/klimaschutzkonzept-erneuerbares-wilhelmsburg.html>.

12 Anlagen

1. Annahmen der Gebäudesimulation
2. Trassenplan Wärmenetz Wilhelmsburger Rathausviertel und Elbinselquartier
3. Trassenplan Wärmenetz Spreehafenviertel

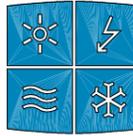
Anlage 1: Annahmen der Gebäudesimulation

Gebäudenutzfläche:	4.756,6 m ²
Vollgeschosse:	5
Anzahl Wohneinheiten:	40
Volumen V _e :	14.864,5 m ³
Hüllfläche A :	5.019,60 m ²
Fensterfläche:	551,00 m ²
Dämmstärke Außenwände:	14 cm, (U-Wert=0,12 W/m ² K)
Dämmstärke Dach:	24 cm, (U-Wert=0,08 W/m ² K)
Dämmstärke Bodenplatte:	10 cm, (U-Wert=0,16 W/m ² K)
Dachfläche:	950 m ²
Kollektorfläche Solarthermieanlage:	230 m ² Röhrenkollektoren (Berücksichtigung von Schornstein, Dachaufbauten, Abständen zur Vermeidung von Verschattung der Modulreihen)
Deckungsanteil Solarthermie:	48 % der Warmwasserbereitung 10 % der Heizung



Stand	01.08.2010	Titel	Lageplan
Gezeichnet	K. Tarkenton	Geprüft	K. Tarkenton
IBA Energiekonzept Wilhelmsburger Rathausviertel			
PLANKENNTZ: LP2 - Vorplanung			
Averdung Ingenieure Beratung - Planung - Bauüberwachung		Averdung Ingenieurgesellschaft mbH Beratung - Planung - Bauüberwachung Hüttenberg 10 22609 Hamburg Tel. 04103 45451 Fax 04103 45452 Email: info@averdung.de	
Projekt-Nr.	216556	Projekt-Nr.	216556
Plan-Nr.	1:25000	Plan-Nr.	1:25000
Gezeichnet	K. Tarkenton	Gezeichnet	K. Tarkenton
Geprüft	K. Tarkenton	Geprüft	K. Tarkenton
Lageplan Wärmernetze Rathausviertel/Eibinseln		Projekt-Nr.: 216556 Zeichnung-Nr.: 216556_S40_LP2_LAG_RV_E1	



a	Index	Datum	Name	Änderung
	BAUVORHABEN IBA Energiekonzept Wilhelmsburger Rathausviertel			
	PLANSTAND LP2 - Vorplanung			
 Averdung Ingenieure			Averdung Ingenieurgesellschaft mbH Beratung- Planung- Bauleitung Heizungs-, Klima-, Sanitär- und Schwimmbadtechnik <small>Juister Str. 11 26871 Papenburg www.ing-averdung.de</small> <small>Planckstrasse 13 22765 Hamburg www.ing-averdung.de</small>	
	Datum	Name		
erstellt	23.02.2017	N. Tollkühn		
geprüft				
Maßstab: 1:2500	Lageplan Wärmenetz Spreetrasassen			Projekt-Nr.: 216056
Blattgröße: A3				Zeichnungs-Nr.: 216056_540_LP2_LAG_ST

Juister Str. 11
 26871 Papenburg
 www.ing-averdung.de
Planckstrasse 13
 22765 Hamburg
 www.ing-averdung.de
Tel.: 04961/94620
 Fax: 04961/946233
 Email: info@ing-averdung.de
Tel.: 040/77185010
 Fax: 040/771850160
 Email: info@ing-averdung.de