

Vorlageart:
Vorlagenummer:
Öffentlichkeitsstatus:

Vorlage
2024-04GV-164
öffentlich

Quartierskonzept in der Gemeinde Hasselberg
hier: Beratung und Billigung des Entwurfs

Datum:
Federführung:
Sachbearbeitung:

06.11.2024
Bauamt
Dirk Petersen

Beratungsfolge	Geplante Sitzungstermine	Öffentlichkeitsstatus
Gemeindevertretung der Gemeinde Hasselberg (Beratung und Beschluss)	20.11.2024	Ö

Sachverhalt

Die Gemeindevertretung Hasselberg hat mit Beschluss vom 24.11.2022 die Erstellung eines Quartierskonzeptes in Zusammenarbeit mit der Klimaschutzregion Flensburg sowie die Förderantragstellung beschlossen. Nach Übersendung der Fördermittel- Bescheide KfW am 30.05.2023 (75 %) und IB.SH am 24.05.2023 (15 %) ist nach Vergabeverfahren das Planungsbüro IPP ESN mit der Erstellung beauftragt worden. Nach einem Auftaktgespräch, diversen Lenkungsgruppensitzungen sowie der Beteiligung der Öffentlichkeit liegt der Abschlussbericht nun als Anlage vor.

Finanzielle Auswirkungen

Finanzielle Auswirkungen vorhanden
Betroffenes Produktkonto: 511100.543110
Haushaltsansatz im lfd. Jahr: AfA/Jahr: 76.000 €

Ja: ☒ Nein: ☐

Beschlussvorschlag

Die Gemeindevertretung Hasselberg stimmt dem Bericht: „Energetisches Quartierskonzept Hasselberg“ in der vorliegenden Fassung zu.

oder

stimmt dem Bericht mit folgenden Änderung zu:

.....
.....

Anlage/n

1 - 2024-11-12 QK Hasselberg Bericht (öffentlich)

BERICHT ÜBER INGENIEUR- UND BERATUNGSLEISTUNGEN

Berichtsumfang

ENERGETISCHES QUARTIERSKONZEPT HASSELBERG

Auftraggeber

AMT GELTINGER BUCHT (FÜR DIE GEMEINDE HASSELBERG)

Holmlück 2
24972 Steinbergkirche

Auftragnehmer

IPP ESN POWER ENGINEERING GMBH

Rendsburger Landstraße 196 - 198
24113 Kiel

In Kooperation mit

DIPL.-ING. ARCHITEKT JASPER HARTEN

Fleethörn 25
24103 Kiel

Ansprechpartner:

PATRICE AHMADI
Tel.: +49 431 64959-853
E-Mail: p.ahmadi@ipp-esn.de

Kiel, den 12. November 2024

- Auftraggeber:** Amt Geltinger Bucht (für die Gemeinde Hasselberg)
Holmlück 2
24972 Steinbergkirche
- Ansprechpartner:** Herr Ernst-Wilhelm Greggersen, Bürgermeister der Gemeinde Hasselberg
Malte Henningsen, Gemeindevertreter
- Auftragnehmer:** IPP ESN Power Engineering GmbH
Rendsburger Landstraße 196-198
24113 Kiel
Bearbeitung:
Patrice Ahmadi M.Eng., Kateryna Thomsen M.Eng
- In Kooperation mit:** Dipl.-Ing. Architekt Jasper Harten
Fleethörn 25
24103 Kiel
Bearbeitung:
Dipl.-Ing. Architekt Jasper Harten, Christof Hammer M.A, Svea Rodemund
- Stand:** 12.11.2024

Redaktionsschluss für die im Bericht verwendeten Daten, Betrachtungen und Berechnungen war, sofern an einzelnen Stellen keine abweichenden Angaben erfolgen, März 2024.
- Förderhinweis:** Das Projekt Energetische Stadtsanierung im Quartier „Hasselberg“ wird gefördert aus Mitteln des Bundes im Rahmen des KfW-Programms 432 „Energetische Stadtsanierung“ sowie ergänzend über die IB.SH aus Mitteln des Landes Schleswig-Holstein.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Verkehr, Bau
und Stadtentwicklung



aufgrund eines Beschlusses des
Deutschen Bundestages

INHALTSVERZEICHNIS

1	Tabellenverzeichnis.....	1
2	Abbildungsverzeichnis.....	1
3	Abkürzungsverzeichnis.....	4
4	Gender-Aspekte	6
5	Zusammenfassung	7
5.1	zentrale Ergebnisse	7
5.2	Checkliste KfW energetische Stadtsanierung.....	10
6	Ausgangslage und Auftrag	11
7	Bestandsaufnahme.....	13
7.1	Räumliche Lage und Funktionen des Quartiers.....	13
7.2	Bevölkerung, Baufertigstellungen.....	14
7.3	Gebäude- und Heizungsbestand.....	15
7.3.1	Wohnbebauung	15
7.3.2	Heizungen im Bestand.....	17
7.3.3	Ergebnisse der Fragebogenaktion und der Energieberatung vor Ort	20
7.4	Energie- und CO ₂ -Bilanz des Quartiers.....	23
7.5	Zusammenfassung Bestandsaufnahme	26
8	Energie- und CO ₂ -Minderungspotenziale durch Gebäudesanierung.....	27
8.1	Gebäudesanierungspotenzial - Vorgehensweise, Rahmenbedingungen.....	27
8.1.1	BAFA Förderung - Zuschuss.....	27
8.1.2	KfW-Förderung	28
8.2	Mustersanierungsberatungen - Energieberatung vor Ort.....	28
8.2.1	Mustersanierungskonzept 1, Haustyp: Wohnhaus baualtersklasse bis 1933.....	29
8.2.2	Mustersanierungskonzept 2, Haustyp: Wohnhaus Baualtersklasse 1951-1975....	31
8.2.3	Mustersanierungskonzept 3, Haustyp: Wohnhaus Baualtersklasse 1976-1985....	33
8.3	Entwicklung des Wärmebedarfs.....	35
9	Versorgungsoptionen	37
9.1	Zentrale Versorgungsoptionen	37
9.1.1	Technische Versorgungslösungen	39
9.1.2	Entwurf Wärmenetz	41
9.1.3	Energiewirtschaftliche Ansätze	44
9.1.4	Zentrale Wärmeversorgung	45

9.1.5	CO ₂ -Bilanz und Primärenergiefaktor	50
9.2	Betreiberkonzepte	55
9.3	Dezentrale Versorgungsoptionen	57
9.4	Vergleich zentraler und dezentraler Versorgungsoptionen	58
9.5	Sensitivitätsanalysen	60
9.6	Vergleich der Gestehungskosten mit Durchschnittswerten	63
9.7	Energy Sharing: Nutzung lokal erzeugter Elektrizität	65
9.8	Zusammenfassung Wärmeerzeugung	66
10	Photovoltaik	67
10.1	Referenzhaus und Szenarien	67
10.2	Energiewirtschaftliche Parameter	68
10.3	Szenario 1: Volleinspeisung	69
10.3.1	Energiebilanzen bei Volleinspeisung	69
10.3.2	Wirtschaftlichkeit bei Volleinspeisung	69
10.4	Szenario 2: Überschusseinspeisung	70
10.4.1	Variante 1 Dreipersonenhaushalt	70
10.4.2	Variante 2 und 3	71
10.4.3	Übersicht der Wirtschaftlichkeit der unterschiedlichen Szenarien und Varianten ..	74
11	Quartiersentwicklung und Mobilität	75
12	Umsetzungshemmnisse und Möglichkeiten zu ihrer Überwindung	78
12.1	Gebäudesanierung	78
12.2	Leitungsgebundene Wärmeversorgung	79
12.2.1	Technische Herausforderungen	79
12.2.2	Rechtliche und organisatorische Herausforderungen	79
12.2.3	Wirtschaftliche Herausforderungen	79
12.3	Quartiersentwicklung und Mobilität	80
13	Öffentlichkeitsarbeit	81
13.1	Lenkungsgruppe	81
13.2	Allgemeine Öffentlichkeit	81
14	Controlling-Konzept	82
14.1	Energie- und CO ₂ -Bilanz	82
14.2	Bewertungsindikatoren	82
14.3	Dokumentation	84
15	Maßnahmenkatalog und Empfehlungen für das weitere Vorgehen	85

16	Literaturverzeichnis	87
17	Anhang.....	90

1 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 5-1: Abgleich der Berichtsinhalte mit den Anforderungen der KfW.....	10
Tabelle 7-1: Auswertung der Fragebögen zu den Liegenschaften des Quartiers.....	22
Tabelle 7-2: CO ₂ -Emissionsfaktoren und Primärenergiefaktoren verschiedener Energieträger	24
Tabelle 7-3: Jährliche Wärme-, Endenergie-, CO ₂ - und Primärenergiebilanz für das Quartier Hasselberg	25
Tabelle 8-1: MSK 1, Übersicht der Sanierungsvarianten	31
Tabelle 8-2: MSK 2, Übersicht der Sanierungsvarianten	32
Tabelle 8-3: MSK 3, Übersicht der Sanierungsvarianten	34
Tabelle 8-4: Energieeinsparpotential energetische Sanierung.....	36
Tabelle 9-1: Parameter der Netzvarianten im Überblick	43
Tabelle 9-2: Energiewirtschaftliche Ansätze	45
Tabelle 9-3: CO ₂ -Emissionen der zentralen Wärmeversorgung	52
Tabelle 9-4: Gesamtbilanz der CO ₂ -Emissionen durch die Wärmeversorgung	52
Tabelle 9-5: Primärenergiebedarf der zentralen Wärmeversorgung	54
Tabelle 9-6: Übersicht über mögliche Betreibermodelle	56
Tabelle 9-7: Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)	57
Tabelle 9-8: Eingangsparameter der Sensitivitätsanalyse	60
Tabelle 10-1: Energiewirtschaftliche Ansätze der Wirtschaftlichkeitsberechnung PV	68
Tabelle 10-2: Übersicht der Wirtschaftlichkeit.....	74
Tabelle 14-1: Mögliche Indikatoren zum Controlling der Umsetzung klimarelevanter Aspekte des Quartierskonzeptes.....	83
Tabelle 15-1: Maßnahmenkatalog für Umsetzungen	86
Tabelle 17-1: Energiebilanz der Versorgungsoptionen	94
Tabelle 17-2: Detaillierte Darstellung der Investitionskosten	98
Tabelle 17-3: Detaillierte Darstellung der Wirtschaftlichkeit	101

2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 5-1: Kostenvergleich der zentralen mit den dezentralen Versorgungsoptionen - durchschnittliche Brennstoff- / Stromkosten 2. Halbjahr 2022 und Mehrkosten 1. Halbjahr 2023.....	8
Abbildung 6-1: Endenergieverbrauch in Deutschland 2022 nach Strom, Wärme und Verkehr (Agentur für Erneuerbare Energien, o. J.)	11
Abbildung 6-2: Erneuerbare Energien - Anteile in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr (UBA, 2024)	12

Abbildung 7-1: Lage der Gemeinde Hasselberg im Kreis Schleswig-Flensburg (Wikipedia, 2024).....	13
Abbildung 7-2: Das Quartier Hasselberg im mittleren Teil der Gemeinde Hasselberg, Quelle: Projektskizze.....	14
Abbildung 7-3: Wohngebäudetypen in Hasselberg (Statistikamt Nord, 2022).....	15
Abbildung 7-4: Baualtersklassen Gemeinde Hasselberg (Zensus, 2022)	16
Abbildung 7-5: Baualtersklassen Siedlungen im Quartier (GDI-SH, 2024).	16
Abbildung 7-6: Anzahl und Anteil der Heizungsanlagen nach Energieträger	17
Abbildung 7-7: Erdgaskessel nach Baujahren.....	18
Abbildung 7-8 Flüssiggaskessel nach Baujahren	19
Abbildung 7-9: Heizölkessel nach Baujahren	20
Abbildung 7-10: Fragebogen an alle Haushalte im Quartier	21
Abbildung 7-11: Vorgehensweise zur Erstellung der Wärmeatlases.....	23
Abbildung 7-12: Wärmeatlas des Quartiers.....	24
Abbildung 7-13: Entwicklung der spezifischen Emissionen des deutschen Strommixes.....	25
Abbildung 8-1: Übersicht Bundesförderung für effiziente Gebäude (BAFA, 2024).....	28
Abbildung 8-2: MSK 1, Außenansicht.....	29
Abbildung 8-3: MSK 1, energetische Kennzahlen	30
Abbildung 8-4: MSK 2, Außenansicht.....	31
Abbildung 8-5: MSK 2, energetische Kennzahlen	32
Abbildung 8-6: MSK 3, Außenansicht.....	33
Abbildung 8-7: MSK 3, energetische Kennzahlen	34
Abbildung 9-1 Mögliche Trassenführung zur Versorgung des Ortsteils Schwackendorf	41
Abbildung 9-2 Mögliche Trassenführung zur Versorgung des Ortsteils Gundelsby	42
Abbildung 9-3 Mögliche Trassenführung zur Versorgung beider Ortsteile (Gesamtnetz).....	43
Abbildung 9-4 Erzeugeranteile der Versorgungsvarianten (Netzvariante 2 – Gundelsby).....	46
Abbildung 9-5: Investitionskosten abzüglich der BEW-Förderung der unterschiedlichen Versorgungsoptionen	48
Abbildung 9-6: Gestehungskosten der zentralen Versorgungsvarianten	50
Abbildung 9-7: Vergleich dezentraler Heizungssystemen mit Nahwärme bei 20 MWh/a Wärmebedarf	58
Abbildung 9-8: Wärmekosten bei verschiedenen Preissteigerungsraten für Strom.....	61
Abbildung 9-9: Wärmekosten bei verschiedenen Preissteigerungsraten für Abwärme	61
Abbildung 9-10: Wärmekosten bei verschiedenen Preissteigerungsraten für Hackschnitzel	62
Abbildung 9-11: Wärmekosten bei unterschiedlichen Anschlussquoten	63
Abbildung 9-12 Preisbandbreite für Musterverbrauchsfälle (MEKUN, 2023)	64
Abbildung 10-1: Darstellung des Referenzhauses für das Quartier, Quelle: PV*SOL.....	67
Abbildung 10-2: Energieflüsse Volleinspeisung, Quelle: PV*SOL.....	69

Abbildung 10-3: Kumulierter Cashflow im Betrachtungszeitraum, Quelle: PV*SOL.....	69
Abbildung 10-4: Energieflüsse Überschusseinspeisung, Quelle: PV*SOL.....	70
Abbildung 10-5: Kumulierter Cashflow im Betrachtungszeitraum, Quelle: PV*SOL.....	71
Abbildung 10-6: Energieflüsse Überschusseinspeisung mit Stromspeicher, Quelle: PV*SOL	72
Abbildung 10-7: Energieflüsse Überschusseinspeisung mit Stromspeicher und Elektroauto, Quelle: PV*SOL	73
Abbildung 11-1 Exemplarische Darstellung der Verkehrssituation im Eckstang (Quelle: Google Streetview).....	76
Abbildung 11-2 Vogelperspektive Eckstang	77
Abbildung 12-1: Endenergieverbrauch 2018 in Deutschland	78
Abbildung 13-1: Plakat zur ersten öffentlichen Veranstaltung in Hasselberg	81
Abbildung 17-1: Wärmeetlas Ausschnitt Nord	90
Abbildung 17-2: Wärmeetlas Ausschnitt Mitte	91
Abbildung 17-3: Wärmeetlas Ausschnitt Südwest	92
Abbildung 17-4: Wärmeetlas Ausschnitt Südost.....	93

3 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

SI-Einheiten und allgemeinsprachliche Abkürzungen sind nicht erläutert.

a	Jahr
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BEE	Bundesverband Erneuerbare Energie e.V
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
Bj	Baujahr
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BMWE	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
C.A.R.M.E.N.	Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk e.V.
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DPH	Dreipersonenhaushalt
DZ	dezentrale Versorgung
EE	erneuerbare Energien / Energieträger
EEG	Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz)
el	elektrische (Leistung oder Arbeit)
EM	Einzelmaßnahme(n)
EVU	Energieversorgungsunternehmen
EWKG	Gesetz zur Energiewende und zum Klimaschutz in Schleswig-Holstein (Energiewende- und Klimaschutzgesetz Schleswig-Holstein)
GEG	Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz)
GK	Gesamtquartier
h	Stunde
IB.SH	Investitionsbank Schleswig-Holstein
iSFP	individueller Sanierungsfahrplan
IPP ESN	IPP ESN Power Engineering GmbH
k. A.	keine Angaben verfügbar / gemacht
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
MEKUN	Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur des Landes Schleswig-Holstein
MSK	Mustersanierungskonzept
NAH.SH	Nahverkehrsverbund Schleswig-Holstein GmbH
NWG	Nichtwohngebäude

OG	Obergeschoss
ÖPNV	öffentlicher Personennahverkehr
o. J.	ohne Jahresangabe
PV	Photovoltaik
SH	Schleswig-Holstein
SH-Netz	Schleswig-Holstein Netz AG
T€	1.000 Euro
th	thermische (Leistung oder Arbeit)
Tr.m	Trassenmeter
UBA	Umweltbundesamt
WE	Wohneinheit
WG	Wohngebäude
WPG	Wärmeplanungsgesetz

4 GENDER-ASPEKTE

Die Autoren des vorliegenden Berichtes sind sich dessen bewusst, dass es verschiedene Geschlechter gibt. Aus Gründen der sprachlichen Vereinfachung wird im Bericht in der Regel das männliche Geschlecht verwendet. Damit ist seitens der Autoren keinerlei inhaltliche Bewertung verbunden.

5 ZUSAMMENFASSUNG

5.1 ZENTRALE ERGEBNISSE

Das Energetische Quartierskonzept der Gemeinde Hasselberg befasste sich zum einen mit Sanierungsmöglichkeiten bestehender Gebäude, wodurch sich der Wärmebedarf reduzieren lässt. Zum anderen wurde untersucht, wie sich der verbleibende Wärmebedarf möglichst klimaverträglich, wirtschaftlich und unter Nutzung lokaler Wertschöpfung decken lässt. Ergänzend wurden Fragen der Quartiersentwicklung zum Thema Mobilität behandelt.

Drei exemplarische Mustersanierungsberatungen machten deutlich, dass unter Nutzung der heute verfügbaren Fördermittel Maßnahmen zur energetisch optimierten **Gebäudesanierung** in vielen Fällen rentabel sind - vor allem, wenn ohnehin Sanierungsmaßnahmen wie z. B. neue Dacheindeckungen anstehen. Standards heutiger Neubauten können bei Sanierungen von Bestandsgebäuden jedoch in aller Regel nicht (oder nur unter Einsatz von auch unter energetischen Gesichtspunkten unverhältnismäßigen Mitteln) erreicht werden.

Zur sukzessiven Umstellung ihrer **Heizungsanlagen** auf erneuerbare Energieträger sind Hauseigentümer seit Anfang 2024 bei einem Austausch ihrer bestehenden Heizungsanlage durch das GEG verpflichtet. Auch wenn die Vorgaben außerhalb von Neubaugebieten erst nach Verabschiedung einer kommunalen Wärmeplanung bzw. Mitte 2028 greifen, ist auch bei Erdgasheizungen, die aktuell, d. h. während der Übergangsphase zwischen Anfang 2024 und Beschluss der kommunalen Wärmeplanung, installiert werden, ein steigender Anteil erneuerbarer Energieträger einzusetzen: Derzeit 15 % (Vorgabe des EWKG), 30 % ab 2035, 60 % ab 2040 und 100 % ab 2045 (Vorgaben des GEG).

Die Vorgaben des GEG können zum einen durch den vorgegebenen Einsatz erneuerbarer Energieträger beim Betrieb dezentraler (hausweiser) Heizungsanlagen erfolgen. In der Praxis kommen hier vor allem Wärmepumpen und ggf. Pelletheizungen in Frage. Die einfachste Möglichkeit zur Erfüllung der Vorgaben des GEG besteht jedoch in einem Anschluss an ein bestehendes oder neu zu planendes Wärmenetz, dessen Betreiber dann die Vorgaben des Wärmeplanungsgesetzes zur Dekarbonisierung umsetzen müssen.

Daher wurde für das Quartier untersucht, ob ein **Wärmenetz** für das gesamte Quartier oder Teile davon umsetzbar sein könnte. Dabei bestehen in zwei Bereichen der Gemeinde bereits kleinere Wärmenetze, die z. B. die örtliche Schule versorgen. Die Bereitstellung der Wärme erfolgt über Satelliten-BHKW, die wiederum über eine Gasleitung ausgehend der Nachbargemeinde aus der dort liegenden Biogasanlage versorgt wird. Da der Betrieb die Gasleistung weiter erhöhen könnte, wurde unter anderem geprüft, zu welchen Konditionen die Ortsteile Schwackendorf und Gundelsby ggf. unter Einbindung weiterer Versorgungsanlagen versorgt werden könnten. Als mögliche Wärmequellen wurden Luftwärmepumpen und Holzhackschnitzelkessel sowie Kombinationen dieser Optionen mit der Abwärme aus den Satelliten-BHKW betrachtet.

Das Quartier ist in großen Teilen ein typisches Straßendorf mit sehr geringer Wärmeliniedichte, d. h. es müssten, bezogen auf den Wärmeabsatz, relativ lange Leitungen verlegt werden. Dies würde aus ökologischer Sicht zu einem unverhältnismäßigen Einsatz an Ressourcen (Stahl und / oder Kunststoff u. a. für die Rohrleitungen) sowie im laufenden Betrieb zu vergleichsweise hohen Wärmeverlusten führen. Ökonomisch zeigt sich dies am Preis der Wärme eines Wärmenetzes.

Der Vergleich von zentralen (Wärmenetz) und dezentralen Heizungsanlagen ist in Abbildung 5-1 dargestellt.

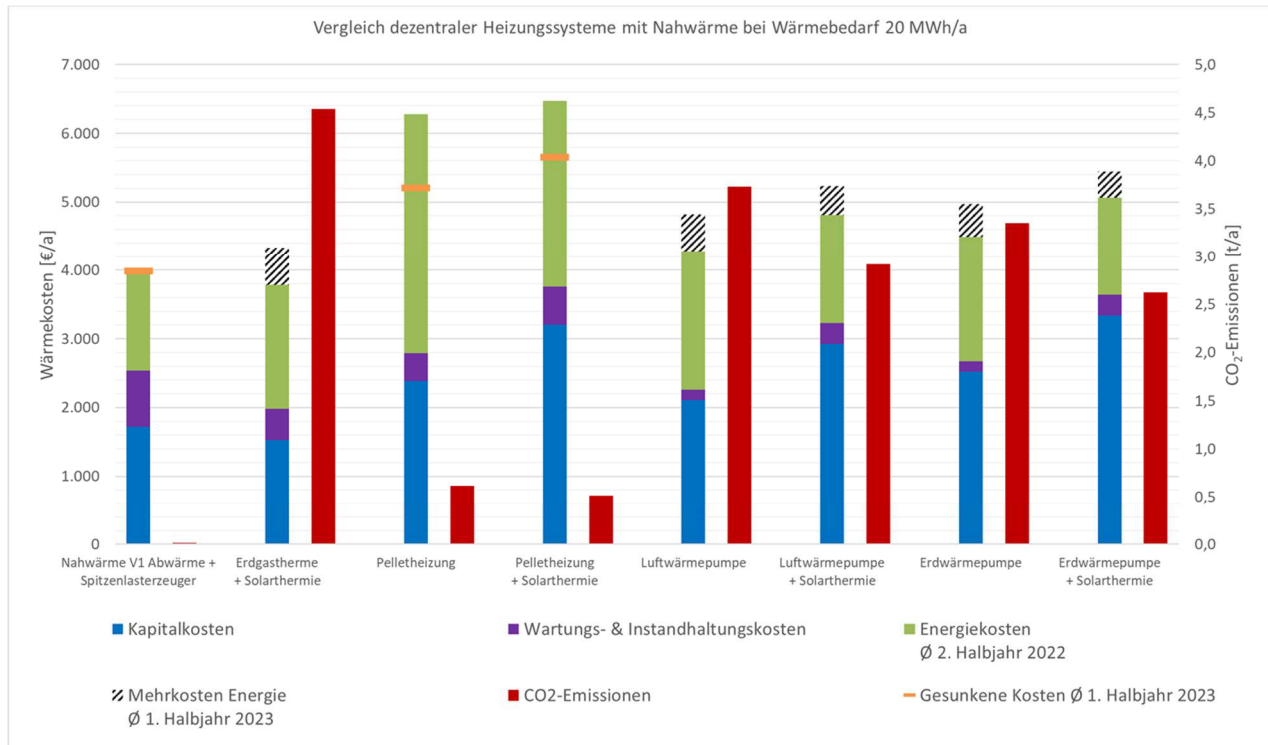


Abbildung 5-1: Kostenvergleich der zentralen mit den dezentralen Versorgungsoptionen - durchschnittliche Brennstoff- / Stromkosten 2. Halbjahr 2022 und Mehrkosten 1. Halbjahr 2023

Es zeigte sich, dass - am Beispiel eines quartierstypischen Einfamilienhauses mit einem jährlichen Wärmebedarf von 20 MWh - die jährlichen Kosten einer Versorgung aus einem Wärmenetz in etwa denen einer Erdgasthermie inkl. Solarthermieranlage entspricht und günstiger sein kann als individuelle Wärmepumpen-Lösungen. Die Nahwärme bietet dazu den Vorteil einer höheren Preisstabilität, da der Brennstoff lokal erzeugt wird und weniger stark den Preisschwankungen am Markt unterliegt und viele der Pflichten, die mit dem Betrieb einer eigenen Heizungsanlage zusammenhängen abgibt (z. B. Brennstoffbeschaffung, Wartungsarbeiten und Schornsteinfeger).

Diese Betrachtung liegt jedoch unter dem Vorbehalt einer sehr ambitionierten Anschlussquote in Höhe von 80 %. Es ist sehr unwahrscheinlich, dass sich eine ausreichende Anzahl von Hauseigentümer*innen freiwillig an ein Wärmenetz anschließen lassen würde, und die Verabschiedung einer Anschluss- und Benutzungspflicht, die nach § 17 Abs. 2 der Gemeindeordnung für Schleswig-Holstein möglich wäre, dürfte in der Gemeinde kaum als opportun angesehen werden. Von daher ist für eine mögliche Umsetzung ein zahlreiches Bekenntnis der Bewohner erforderlich, um das Vorhaben weiter vorantreiben zu können.

Die energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen können weiter beobachtet werden. Sollte sich das Preisgefüge für den Bau von Wärmenetzen und der Kapitalzins maßgeblich verändern, könnten die Überlegungen aktualisiert und ein hochattraktiver Preis erreicht werden. Allerdings stellt sich die Frage, bei wie vielen Häusern die Beheizung bis dahin auf Wärmepumpen oder andere GEG-konforme Energieträger umgestellt wurde und ob dann noch eine Anschlussquote erreichbar ist, die ein Wärmenetz tragfähig machen würde.

Ergänzend zur Wärmeversorgung wurden mögliche Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssituation in der Straße Eckstang erarbeitet. Diese wird vor allem in der Urlaubszeit als Weg zum Strand viel genutzt und birgt derzeit Gefahrenpotenziale. Als kurzfristige Maßnahme könnte die Reduzierung der zulässigen Geschwindigkeit die Sicherheit erhöhen. Langfristig könnte die Situation durch einen parallel zur Fahrbahn verlaufenden Fahrrad- und Fußgängerweg verbessert werden.

5.2 CHECKLISTE KfW ENERGETISCHE STADTSANIERUNG

Tabelle 5-1: Abgleich der Berichtsinhalte mit den Anforderungen der KfW

INHALTLICHE MINDESTANFORDERUNGEN AN DAS INTEGRIERTE QUARTIERSKONZEPT LAUT MERKBLATT	KAPITEL
Betrachtung der für das Quartier maßgeblichen Energieverbrauchssektoren (insbes. komm. Einrichtungen, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Industrie, private Haushalte) (Ausgangsanalyse)	7.3, 7.4
Beachtung von Klimaschutz- und Klimaanpassungskonzepten, integrierten Stadtteilentwicklungs- oder wohnwirtschaftlichen Konzepten bzw. von integrierten Konzepten auf Quartiersebene.	8
Aussagen zu Energieeffizienzpotenzialen und deren Realisierung im Bereich der quartiersbezogenen Mobilität	11
Identifikation von alternativen, effizienten und gegebenenfalls erneuerbaren lokalen oder regionalen Energieversorgungsoptionen und deren Energieeinspar- und Klimaschutzpotenziale für das Quartier	9
Einbeziehung betroffener Akteure bzw. Öffentlichkeit in die Aktionspläne / Handlungskonzepte	13
Beachtung der baukulturellen Zielstellungen unter besonderer Berücksichtigung von Denkmälern, erhaltenswerter Bausubstanz und Stadtbildqualität	7, 8
Gesamtenergiebilanz des Quartiers (Vergleich Ausgangspunkt und Zielaussage)	8.3, 9.1.5
Bezugnahme auf Klimaschutzziele der Bundesregierung und energetische Zielsetzungen auf kommunaler Ebene	6
Konkreter Maßnahmenkatalog unter Berücksichtigung quartiersbezogener Wechselwirkungen	15
Analyse möglicher Umsetzungshemmnisse und deren Überwindungsmöglichkeiten	12
Aussagen zu Kosten, Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit der Investitionsmaßnahmen	8, 9
Benennung konkreter energetischer Sanierungsmaßnahmen und deren Ausgestaltung (Maßnahmenkatalog) unter Berücksichtigung der quartiersbezogenen Interdependenzen mit dem Ziel der Realisierung von Synergieeffekten sowie entsprechender Wirkungsanalyse und Maßnahmenbewertung	8
Maßnahmen zur organisatorischen Umsetzung des Sanierungskonzepts (Zeitplan, Prioritätensetzung, Mobilisierung der Akteure und Verantwortlichkeiten)	15
Maßnahmen der Erfolgskontrolle und zum Monitoring	14

6 AUSGANGSLAGE UND AUFTRAG

Leitbild und Maßstab für die deutsche Klimaschutzpolitik sind die Vereinbarungen der UN-Klimarahmenkonvention und das Übereinkommen von Paris sowie die von der EU im Gesetzespaket von 2018 vorgegebenen Ziele für 2030. Im Klimaschutzplan 2050 legte die Bundesregierung zunächst erste Minderungsziele für die Treibhausgasemissionen fest. Aufgrund des Beschlusses des Bundesverfassungsgerichtes vom 24. März 2021 (Bundesverfassungsgericht, 2021) wurden weitere Verschärfungen beschlossen. So sollen nun die Treibhausgasemissionen im Vergleich zu 1990 bis 2030 um 65 % (zuvor: 55 %) und bis 2040 um 88 % gesenkt werden; für das Jahr 2045 (zuvor: 2050) wird Klimaneutralität angestrebt und für 2050 eine negative CO₂-Bilanz (Bundesregierung, o. J.).

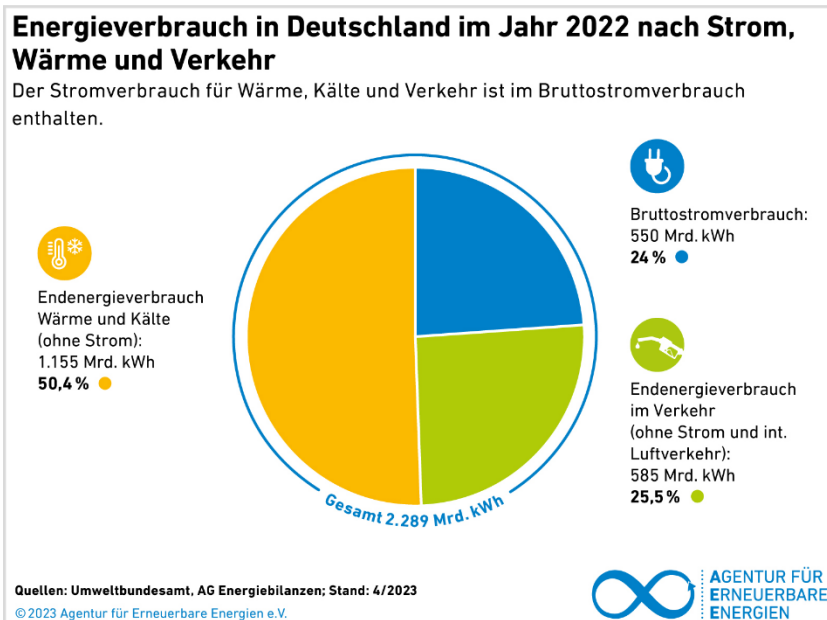


Abbildung 6-1: Endenergieverbrauch in Deutschland 2022 nach Strom, Wärme und Verkehr (Agentur für Erneuerbare Energien, o. J.)

Etwa 50 % des Endenergieverbrauchs Deutschlands waren 2022 auf Wärme- und Kältegewinnung zurückzuführen (vgl. Abbildung 6-1). Der Anteil erneuerbarer Energieträger im Wärmesektor liegt aktuell bei lediglich knapp 19 % (vgl. Abbildung 6-2), d. h. über 80 % werden noch fossil erzeugt. Insofern ist die Minderung der Treibhausgasemissionen im Wärmesektor eine der zentralen Herausforderungen der Klimaschutzpolitik in Deutschland.

Das Programm „Energetische Stadtsanierung“ der KfW greift diese Zielvorstellung auf und bietet mit einer 75%igen Förderung die Möglichkeit, ein integratives, zukunftsweisendes Konzept zur energetischen Sanierung und Wärmeversorgung innerhalb des jeweiligen Quartiers zu erstellen (KfW, o. J.). Die Umsetzung kann anschließend für bis zu fünf Jahre durch ein in gleicher Höhe gefördertes Sanierungsmanagement begleitet werden. Diese Förderung der KfW wird in Schleswig-Holstein durch eine weitere Förderung des Landes in Höhe von 15 bis 20 % ergänzt (IB.SH, o. J.).¹

¹ Nachtrag: Das Programm KfW 432 wurde aus Haushaltsgründen im Jahr 2024 ersatzlos eingestellt.

In diesem Kontext hat sich auch die Gemeinde Hasselberg, vertreten durch das Amt Geltinger Bucht, zur Erstellung eines energetischen Quartierskonzepts durch die IPP ESN Engineering GmbH (IPP ESN) in Kooperation mit dem Büro Dipl.-Ing. Architekt Jasper Harten entschieden. Die Ergebnisse der Arbeiten finden sich im vorliegenden Bericht.

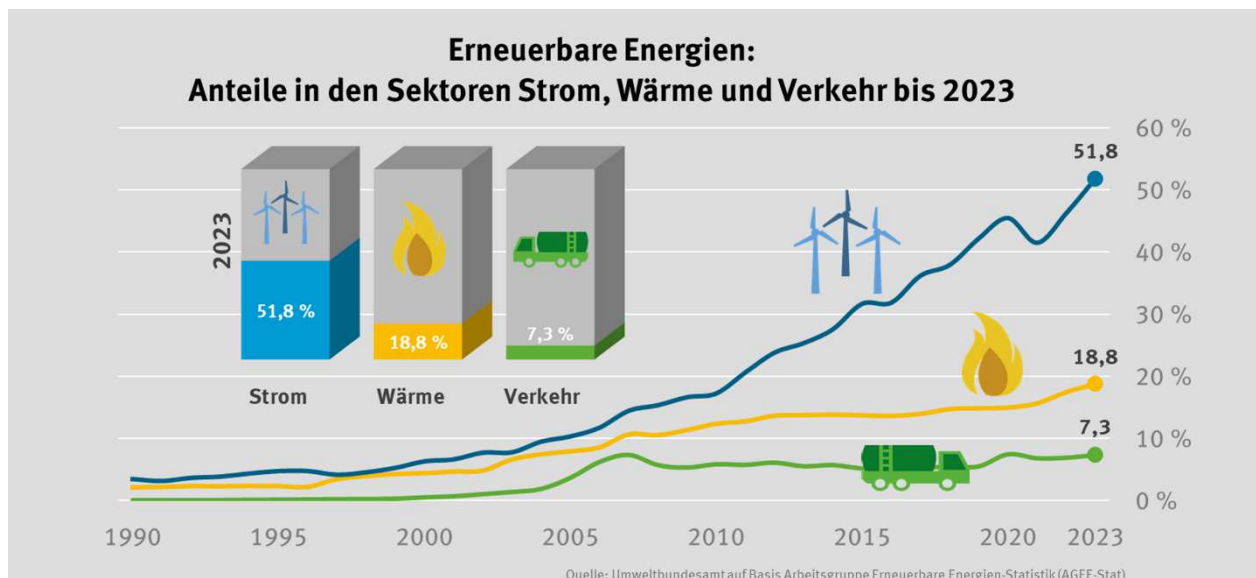


Abbildung 6-2: Erneuerbare Energien - Anteile in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr (UBA, 2024)

7 BESTANDSAUFNAHME

Jedes Quartier weist Unterschiede hinsichtlich der Nutzungs- und Siedlungsstrukturen, des Baualters, der Bauweisen, der Eigentumsverhältnisse sowie der energetischen Ausgangssituationen und Herausforderungen auf. Insofern ist eine Bestandsaufnahme des Projektgebietes ein erster essenzieller Schritt für die Entwicklung eines ganzheitlichen, integrierten energetischen Quartierskonzeptes.

7.1 RÄUMLICHE LAGE UND FUNKTIONEN DES QUARTIERS

Das Gebiet des energetischen Quartierskonzeptes Hasselberg befindet sich im mittleren Teil der Gemeinde Hasselberg. Die Gemeinde Hasselberg liegt im schleswig-holsteinischen Kreis Schleswig-Flensburg und ist eine von 16 Gemeinden des Amtes Geltinger Bucht (Zensus, 2022) in der Landschaft Angeln. Angeln wird im Norden von der Flensburger Förde, im Osten von der Ostsee und im Süden von der Schlei begrenzt.

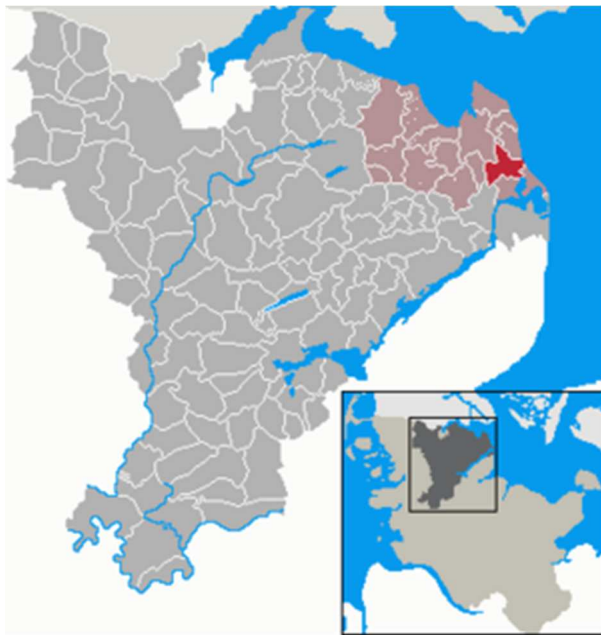


Abbildung 7-1: Lage der Gemeinde Hasselberg im Kreis Schleswig-Flensburg (Wikipedia, 2024)

Das Quartier umfasst neben den beiden größten zusammenhängenden Ortsteile Schwackendorf und Gundelsby auch einige Splittersiedlungen. Es zieht sich entlang der B199 bis zur Kreuzung Mühlenstraße im Norden. Im Südosten markiert das Pumpwerk in Wormshöft die Quartiersgrenze.

Das Quartier besteht aus circa 436 Gebäuden. Es ist durch eine kleinteilige Einfamilienhausbebauung, teilweise mit Einliegerwohnung, geprägt. Wohnhäuser mit drei oder mehr Wohneinheiten sind kaum vorhanden. Im Quartiersgebiet befindet sich ein Gasthof mit Hotelbetrieb und acht landwirtschaftliche Betriebe. Durch die Nähe zur Ostsee ist das Quartier vom Tourismus geprägt. Einkaufsmöglichkeiten befinden sich in dem ca. 6 km entfernten Kappeln.



Abbildung 7-2: Das Quartier Hasselberg im mittleren Teil der Gemeinde Hasselberg, Quelle: Projektskizze

7.2 BEVÖLKERUNG, BAUFERTIGSTELLUNGEN

Da sich der Bereich des energetischen Quartierskonzepts nicht auf die gesamte Gemeinde Hasselberg, sondern einen Teil bezieht, ist eine genaue Analyse der demografischen und siedlungsdemografischen Entwicklung aufgrund der fehlenden Datengrundlage nur bedingt möglich. Für die Einwohnerentwicklung wird Hasselberg insgesamt betrachtet. Nach Angaben des Statistischen Amtes für Hamburg und Schleswig-Holstein leben 867 Personen in der Gemeinde Hasselberg (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, 2023). Die Einwohnerzahl nahm in den letzten Jahren ab (Stand 31.12.2000: 1.077 Personen).

Aus den Ergebnissen des sogenannten Quartiersspaziergangs mit Mitgliedern der Lenkungsgruppe, lassen sich Bauabschnitte und chronologische Entwicklung der Bebauung des Quartiers ableiten.

Der größte Anteil der Häuser von vor 1933 wurde an den Straßen „Schwackendorf“ und „Gundersby“ errichtet. 1951 bis 1971 entstanden Einfamilienhäuser in der Straße „Schulkoppel“. Im Süden der Straßen „Schwackendorf“ und „Gundersby“ entstanden zwischen 1999 und 2020 die jüngsten zusammenhängenden Bebauungsgebiete für Einfamilienhäuser.

7.3 GEBÄUDE- UND HEIZUNGSBESTAND

Die wichtigen Daten und Erhebungen für die Bestandsaufnahmen des Gebäudebestands und ihrer energetischen Kenngrößen sind insbesondere folgende:

- die Entwicklung der Bebauung (nach Zensus 2011),
- Datensatz des Kreises Schleswig-Flensburg aus dem Jahr 2022,
- Gasnetzdaten,
- Feuerstättendaten des Schornsteinfegers,
- Ergebnisse aus den im Quartier verteilten Fragebögen (vgl. Tabelle 7-1).

Mit Hilfe dieser Daten wurde der Wärmeatlas erarbeitet. Mit der frei zugänglichen Software QGIS ist dieser Atlas für die kommunale Wärmeplanung weiterhin nutzbar.

7.3.1 WOHNBEBAUUNG

Der Bestand der Wohngebäude in der Gemeinde Hasselberg ist hauptsächlich durch Einfamilienhäuser geprägt (siehe Abbildung 7-3). Aufgrund fehlender Daten kann keine exakte Aufteilung der Gebäudetypen für das Quartier vorgenommen werden. Durch den Quartiersspaziergang und die Auswertung von Luftbildern kann jedoch auch für das Quartier ein sehr hoher Einfamilienhausanteil angenommen werden. Nur 3,8 % der Wohnhäuser in der Gemeinde sind Mehrfamilienhäuser.

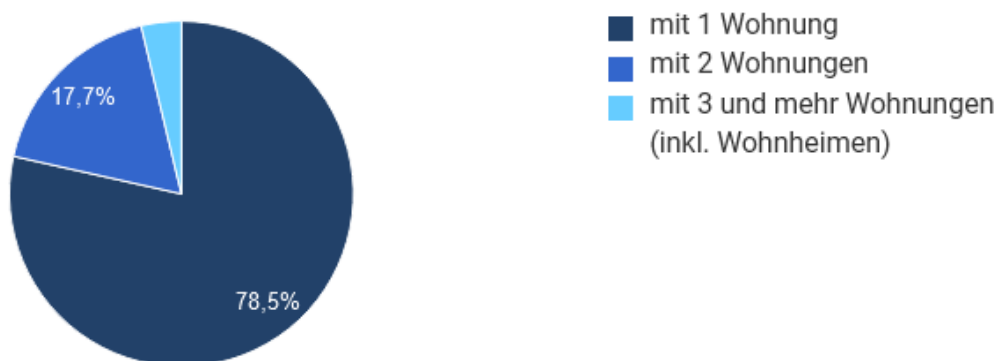


Abbildung 7-3: Wohngebäudetypen in Hasselberg (Statistikamt Nord, 2022).

Die Wohngebäude in Hasselberg weisen heterogene Baualtersklassen auf. Grundlage dieser Untersuchung bilden Daten zu den Baujahren der Wohngebäude des Zensus. Diese stammen aus dem Jahr 2011, beziehen sich auf das gesamte Gemeindegebiet und stellen Bauaktivitäten bis zum Jahr 2016 und später dar. 2011 wurden 376 Wohngebäude in Hasselberg gezählt. Davon waren 295 Einfamilienhäuser und 53 Wohngebäude mit zwei Wohneinheiten. Das Statistische Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein zählte am 2022, 372 Wohngebäude in Hasselberg. Demnach ist davon auszugehen, dass zwischen 2011 und 2022, 4 Wohngebäude in Hasselberg

aus einer Nutzung herausgenommen wurden (Statistikamt Nord, 2022). Ein Großteil der Wohngebäude (ca. 30,6 %) in Hasselberg wurde vor 1919 erbaut (

Abbildung 7-4).

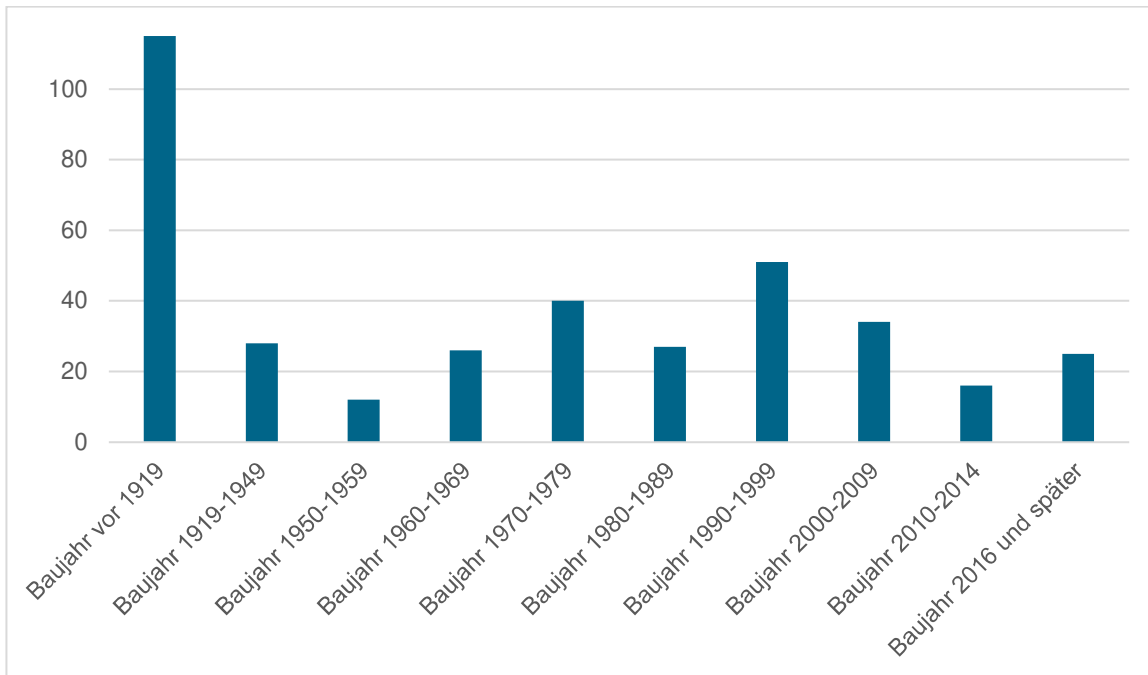


Abbildung 7-4: Baualtersklassen Gemeinde Hasselberg (Zensus, 2022)



Abbildung 7-5: Baualtersklassen Siedlungen im Quartier (GDI-SH, 2024).

7.3.2 HEIZUNGEN IM BESTAND

Der zuständige Bezirksschornsteinfegermeister hat die Daten der Feuerstättenschau gemäß § 7 Abs. 11 EWKG zur weiteren Bearbeitung im Quartierskonzept anonym übergeben. Die Auswertung der Daten gibt Aufschluss über die relative Verteilung der eingesetzten Energieträger. Das betrachtete Quartier von Hasselberg verfügt in bis auf dem Ortsteil Osterfeld und Westerfeld über eine nahezu geschlossene Erdgasverrohrung.

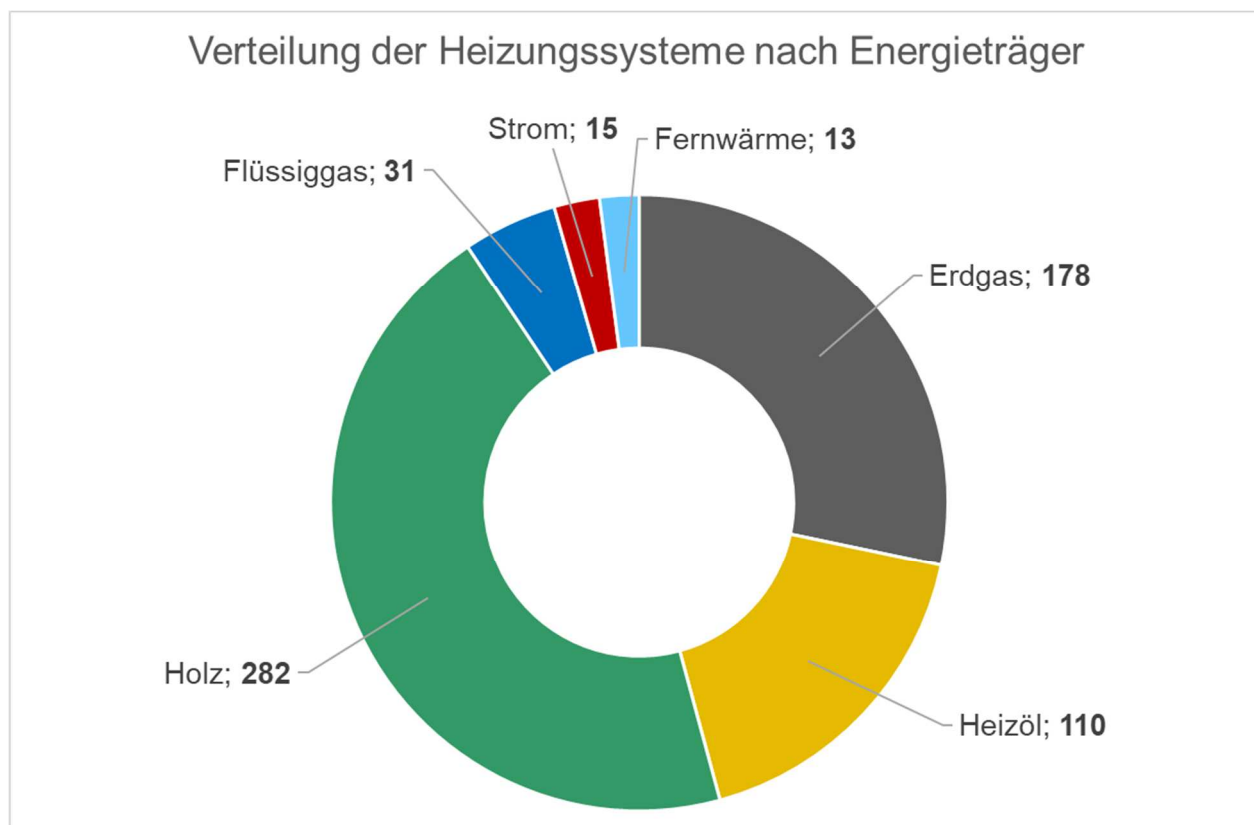


Abbildung 7-6: Anzahl und Anteil der Heizungsanlagen nach Energieträger

Auffällig ist der große Anteil an holzbetriebenen Heizungen. Diese werden, bis auf wenige Ausnahmen, zusätzlich zum Hauptkessel zur Erwärmung der Raumluft eingesetzt.

Von den etwa 400 Gebäuden im Quartier wird etwa die Hälfte mittels Erdgas- bzw. Flüssiggaskessel beheizt. Dies spiegelt die hohe Verrohrungsdichte mit Erdgas im Quartier wider. Die Flüssiggasheizungen befinden sich vor allem in den Außenbereichen der Gemeinde. Die verbliebenen Haushalte werden hauptsächlich mit heizölbasierten Kesselanlagen (rd. 110 Stk; 30 % der Hauptkessel) versorgt. 15 Gebäude werden über Stromheizungen (z. B. Wärmepumpen oder Nachtspeicherheizungen) versorgt – diese liegen vor allem im Neubaugebiet, dass im Süden von Schwackendorf errichtet wurde.

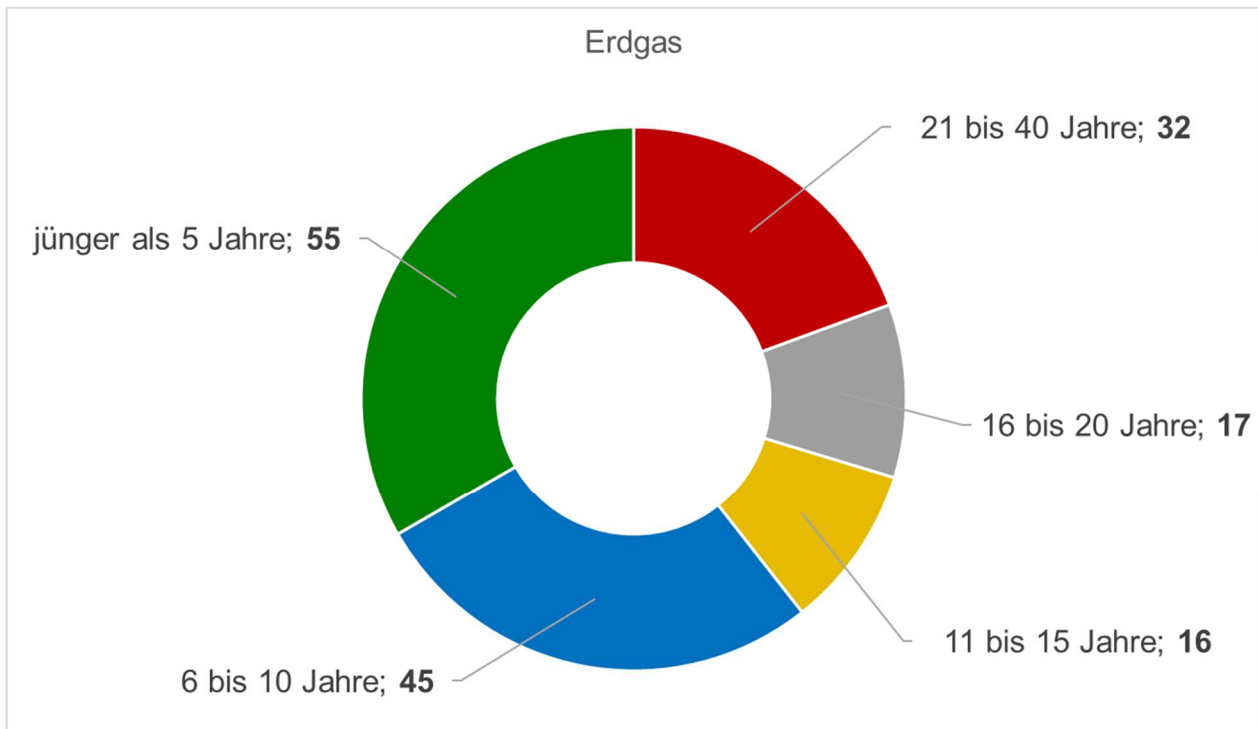


Abbildung 7-7: Erdgaskessel nach Baujahren

Abbildung 7-7 zeigt die Verteilung der Altersklassen von den Erdgaskesseln im Quartier. Mehr als die Hälfte ist jünger als 10 Jahre und damit noch nicht ersatzbedürftig. etwa 40 % der Kessel sind bereits älter als 10 Jahre und damit kurz- bis mittelfristig ersatzbedürftig.

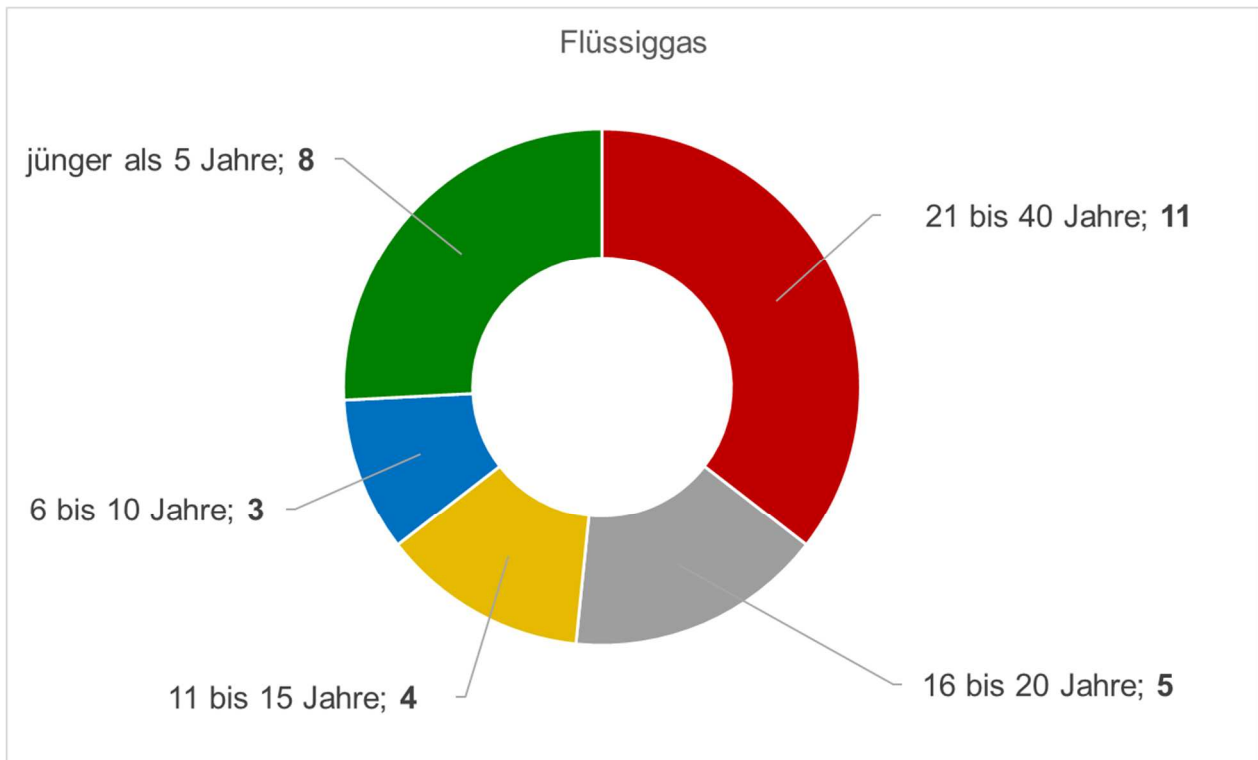


Abbildung 7-8 Flüssiggaskessel nach Baujahren

Von den Flüssiggaskesseln sind etwa zwei Drittel kurz- bis mittelfristig ersatzbedürftig und das letzte Drittel jünger als 10 Jahre und damit erstmal nicht ersatzbedürftig.

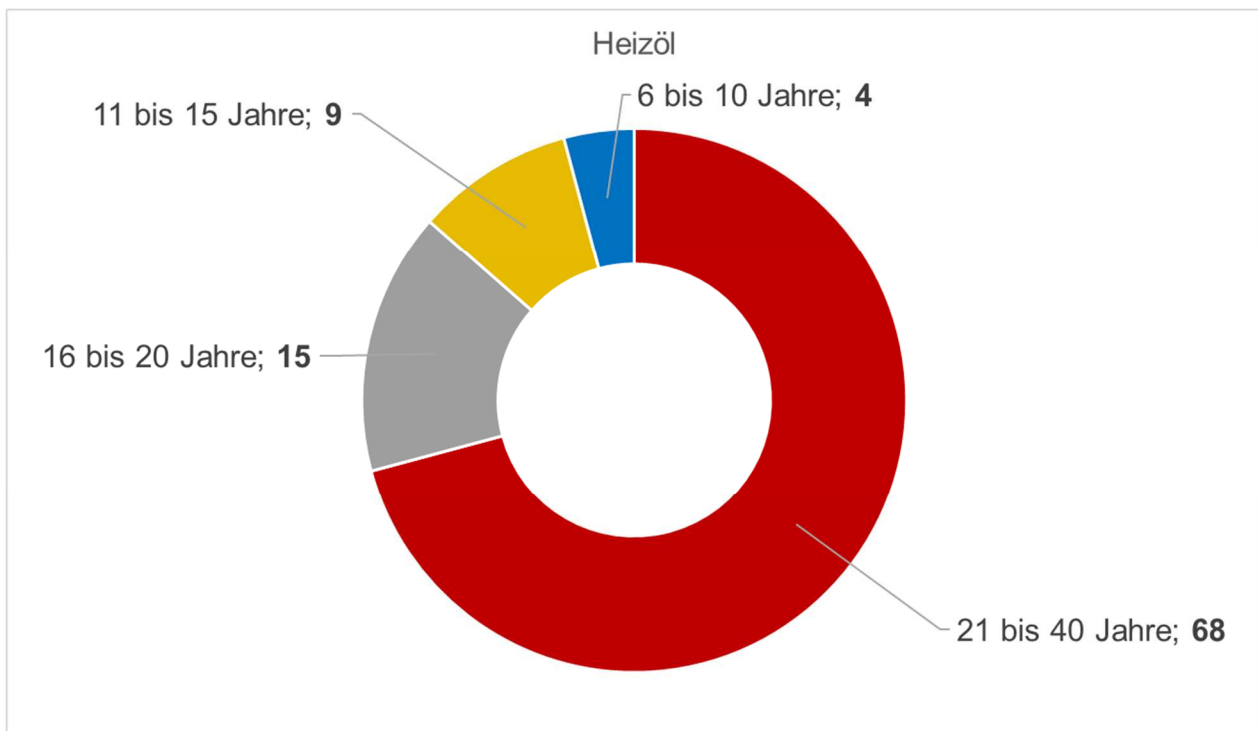


Abbildung 7-9: Heizölkessel nach Baujahren

Heizölkessel sind zumeist langlebiger als Erdgaskessel. Fast drei Viertel der Heizölkessel sind bereits älter als 20 Jahre und könnten damit trotzdem kurzfristig ersatzbedürftig sein. Im Gegensatz zu den Erdgaskesseln gibt es nur wenige neue Heizölkessel und keinen, der jünger ist als 5 Jahre.

7.3.3 ERGEBNISSE DER FRAGEBOGENAKTION UND DER ENERGIEBERATUNG VOR ORT

7.3.3.1 FRAGEBOGENAKTION

Um die Abschätzung zum Wärmebedarf möglichst genau zu verifizieren sowie das Interesse an einer klimafreundlichen zentralen Wärmeversorgung abzufragen, wurde ein Fragebogen erstellt (vgl. Abbildung 7-10). Dieser wurde an alle Haushalte des Quartiers verteilt. Um die Rückmeldequote zu erhöhen, hat die Gemeinde in Eigenleistung eine weitere Befragung durchgeführt.

Die Auswertung der abgegebenen Fragebögen zeigt überwiegend Interesse an einer klimafreundlichen zentralen Wärmeversorgung (vgl. Tabelle 7-1).

Energiekonzept Hasselberg

Fragebogen



Für das Energiekonzept werden sowohl die Energie- und Kosteneinsparpotentiale im Bereich Gebäudesanierung als auch Optionen für eine zukunftsweisende Wärmeversorgung ermittelt. Um möglichst realistische Ergebnisse zu erarbeiten, ist es erforderlich, Informationen zu Ihrer Heizung, dem Brennstoffverbrauch und Ihrem Gebäude aufzunehmen. In einer Auftaktveranstaltung am 12.10.2023 ab 19:00 Uhr im Hotel Spieskamer (Hasselberg 3) möchten wir Sie genauer informieren.

Bitte bringen Sie diesen Fragebogen ausgefüllt mit und nehmen Sie an der Bewerbung zur kostenfreien Mustersanierungsberatung teil. Bitte geben Sie den Fragebogen auch dann ab, wenn Sie derzeit kein Interesse zum Thema Gebäudesanierung oder klimafreundlicher Wärmeversorgung haben.

<https://umfrage.esn.de/hasselberg/1715028/9CT9BI>



Alternativ bequem
online ausfüllen!

HINWEIS: Das Beantworten der Fragen verpflichtet Sie zu nichts! Sollten Sie bei der Ermittlung der Daten Unterstützung benötigen oder sonstige Fragen haben, steht Ihnen Herr Jasper Harten von der Firma Energie-Planung Harten gerne per Mail (j.harten@t-online.de) oder telefonisch (0431 5192378) zur Verfügung.

1. Interesse an einer klimafreundlichen, zentralen Wärmeversorgung ☐ ja ☐ nein
 2. Interesse an einer Umnutzung eines ehemals landw. genutzten Gebäudes ☐ ja ☐ nein
 3. Straße + Hausnummer des Objektes _____
 4. Vorname, Name _____
 5. Telefon / E-Mail _____ / _____
 6. Baualtersklasse Haus: ☐ vor 1933 ☐ 1951 bis 1975 ☐ 1976 bis 1985 ☐ nach 1985
 7. Sanierungen in den letzten Jahren (Maßnahme und Jahr) _____
 8. Wohnfläche _____ m² 9. Alter der Heizungsanlage _____
 10. Leistung der Heizungsanlage _____ kW
 11. Brennstoff und Brennstoffverbrauch, jährlich
 - o Erdgas Verbrauch: _____ kWh oder m³ (Nichtzutreffende Einheit bitte streichen!)
 - o Heizöl Verbrauch: _____ Liter
 - o Nahwärme Verbrauch: _____ kWh
 - o Pellets Verbrauch: _____ kg
 - o Holz Verbrauch: _____ m³
 - o Strom Verbrauch: _____ kWh (für ☐ Wärmepumpe ☐ Stromheizung)
 - o Sonstiges Verbrauch: _____ Art der Heizung: _____
 12. Art der Trinkwarmwasserbereitung: ☐ zentral über Heizungsanlage oder ☐ dezentral elektrisch
- ☐ Die anliegende Einverständniserklärung bzgl. der Erfassung und Verarbeitung personenbezogener Daten gemäß Art. 7 DSGVO und der Veröffentlichung von Fotos und/oder Videoaufnahmen habe ich vollständig ausgefüllt und unterschrieben. Damit akzeptiere ich die Datenschutzhinweise hinsichtlich der Herstellung und Verwendung von Foto und/oder Videoaufnahmen gemäß Art. 13 DSGVO.

Abbildung 7-10: Fragebogen an alle Haushalte im Quartier

Tabelle 7-1: Auswertung der Fragebögen zu den Liegenschaften des Quartiers

Kategorie	Anzahl	Anmerkung
Abgegebene Fragebögen <u>Schwackendorf</u> :	41	An Wärmenetz anschließbar
Interesse an zentr. Wärmeversorgung:		
- Ja	26	
- Nein	14	
- Keine Angabe	1	
Abgegebene Fragebögen <u>Gundelsby</u> :	37	An Wärmenetz anschließbar
Interesse an zentr. Wärmeversorgung:		
- Ja	34	
- Nein	2	
- Keine Angabe	1	
Außenlieger (weit entfernt vom Wärmenetz)	30	An Wärmenetz nicht anschließbar
Interesse an zentr. Wärmeversorgung:		
- Ja	26	
- Nein	4	
Außerhalb des Quartiers	4	
Interesse an zentr. Wärmeversorgung:		
- Ja	3	
- Nein	1	

Angesichts der fast 400 Haushalte in Hasselberg hat fast ein Viertel an der Befragung teilgenommen. Für eine adäquate Entscheidungsgrundlage z. B. für oder gegen den Bau eines Wärmenetzes sind höhere Rückmeldequoten erforderlich.

7.3.3.2 MUSTERSANIERUNGSBERATUNGEN PRIV. WOHNGEBÄUDE

Bei der zweiten Lenkungsgruppensitzung wurden aus den abgegebenen Fragebögen drei Energieberatungen für Wohngebäude verschiedener Baualtersklassen ausgewählt. Dabei wurde auf eine mit Bezug zum Gesamtquartier möglichst repräsentative Auswahl der Gebäude geachtet (Baualtersklasse etc.).

Die Mustersanierungsberatungen orientieren sich an der Bundesförderung für Energieberatung für Wohngebäude (BAFA, 2022 a).

7.4 ENERGIE- UND CO₂-BILANZ DES QUARTIERS

Grundlage der Energie- und CO₂-Bilanzierung sind die abgeschätzten spezifischen Heizwärmebedarfe nach Baualtersklassen (siehe Kapitel 7.3.1). Die zweite notwendige Kenngröße ist die Energiebezugsfläche. Hier erfolgte die Abschätzung auf Basis von Geodaten. Das Landesamt für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein stellt den Städten und Gemeinden in Schleswig-Holstein kostenfrei Geobasisdaten zur Verfügung. Mit Hilfe des Liegenschaftskatasters und des 3D-Gebäudemodells (LoD1) konnten die Gebäudegrundflächen und die jeweilige Geschossanzahl ermittelt werden. Die so berechneten Heizenergiebedarfe je Gebäude wurden in einem letzten Schritt mit den übermittelten Realdaten des Gasverbrauchs, der Fragebogenerhebung sowie den Feuerstättendaten plausibilisiert.

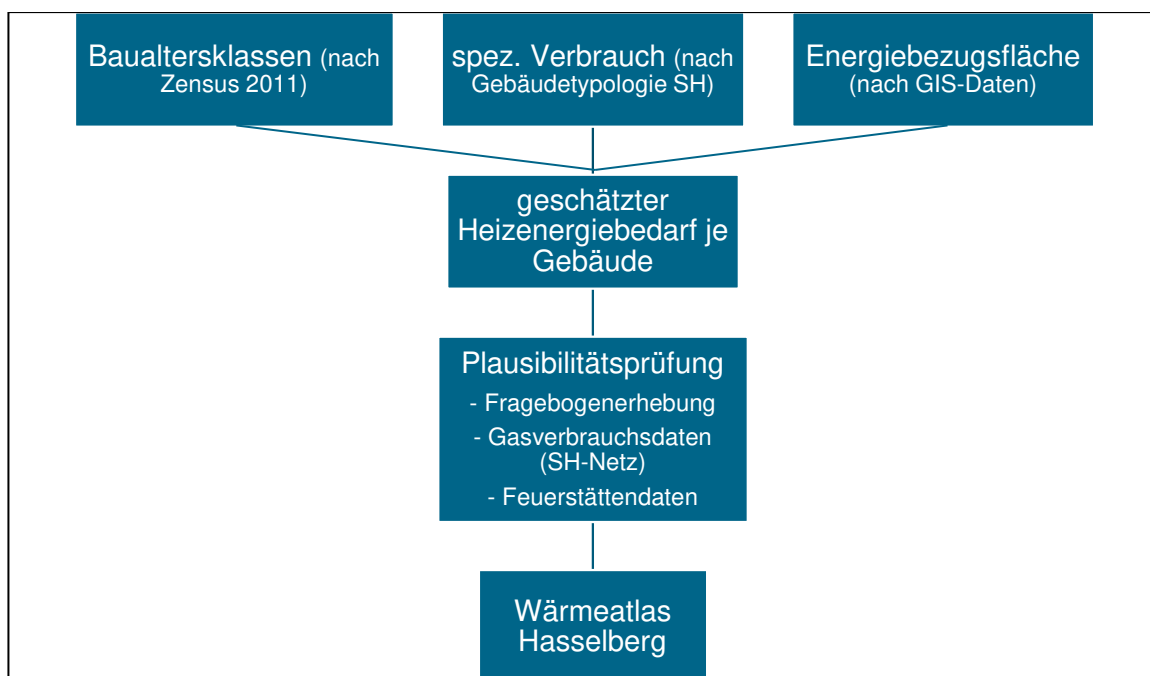


Abbildung 7-11: Vorgehensweise zur Erstellung der Wärmeatlases

Das Ergebnis ist im Wärmeatlas (vgl. Abbildung 7-12) dargestellt.

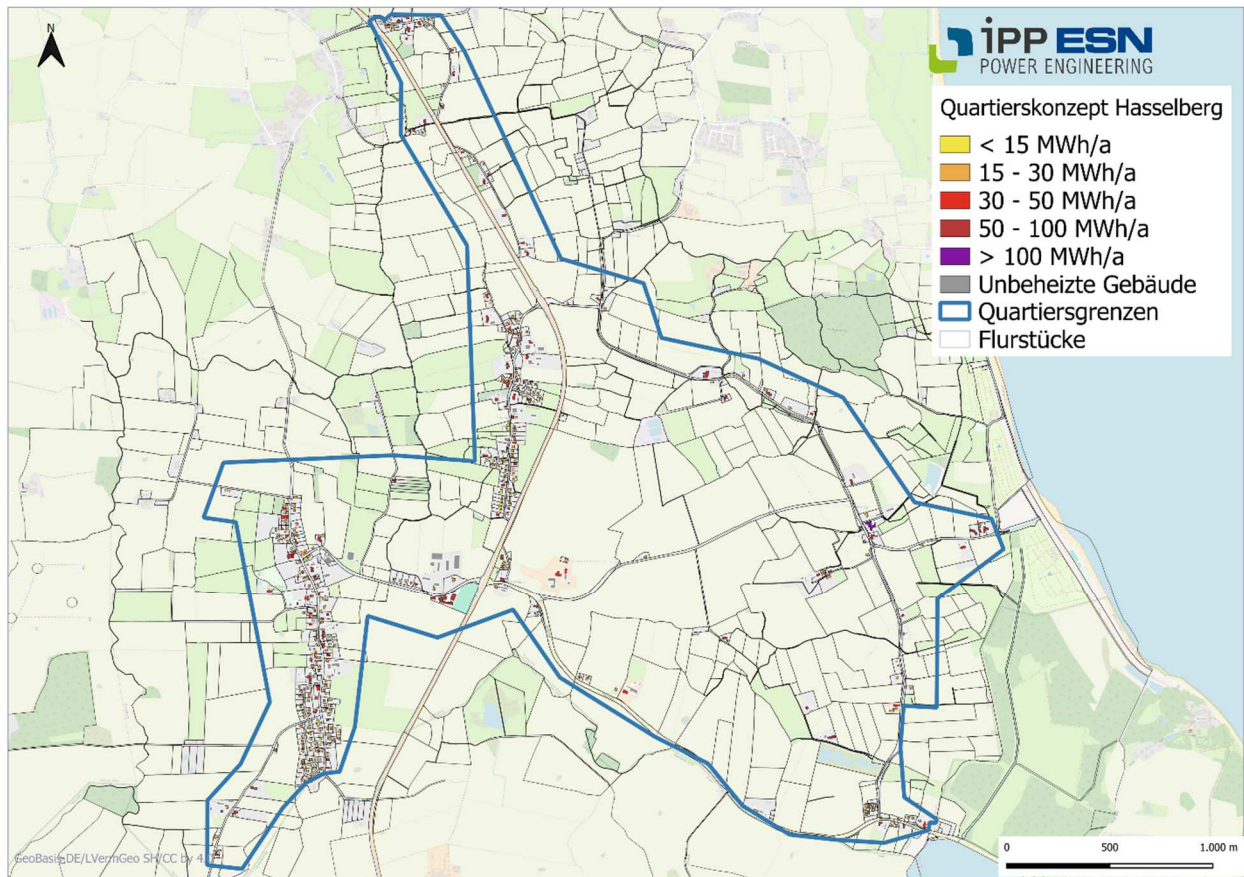


Abbildung 7-12: Wärmeatlas des Quartiers

Aufgrund des großen Umfangs des Quartiers, lässt sich die Darstellung des Gesamtquartiers nicht interpretieren. Im Anhang sind mit Abbildung 17-1 bis Abbildung 17-4 Teilabschnitte beigelegt, die das Ablesen der Daten ermöglichen.

Die Bestimmung der CO₂-Emissionen des Quartiers erfolgt durch die Multiplikation der ermittelten Energieverbräuche mit den zugrunde gelegten spezifischen CO₂-Emissionsfaktoren gemäß Tabelle 7-2.

Tabelle 7-2: CO₂-Emissionsfaktoren und Primärenergiefaktoren verschiedener Energieträger

ENERGIETRÄGER	SPEZIFISCHE EMISSIONEN	QUELLE	PRIMÄRENERGIEFAKTOREN	QUELLE
Erdgas	247 g/kWh	(IfEU, 2019)	1,1	GEG
Heizöl	318 g/kWh		1,1	
Flüssiggas	276 g/kWh		1,1	
Holzpellets	25 g/kWh		0,2	
Solarthermie	24 g/kWh		0,0	
Strom	554 g/kWh		1,8 bzw. 2,8	

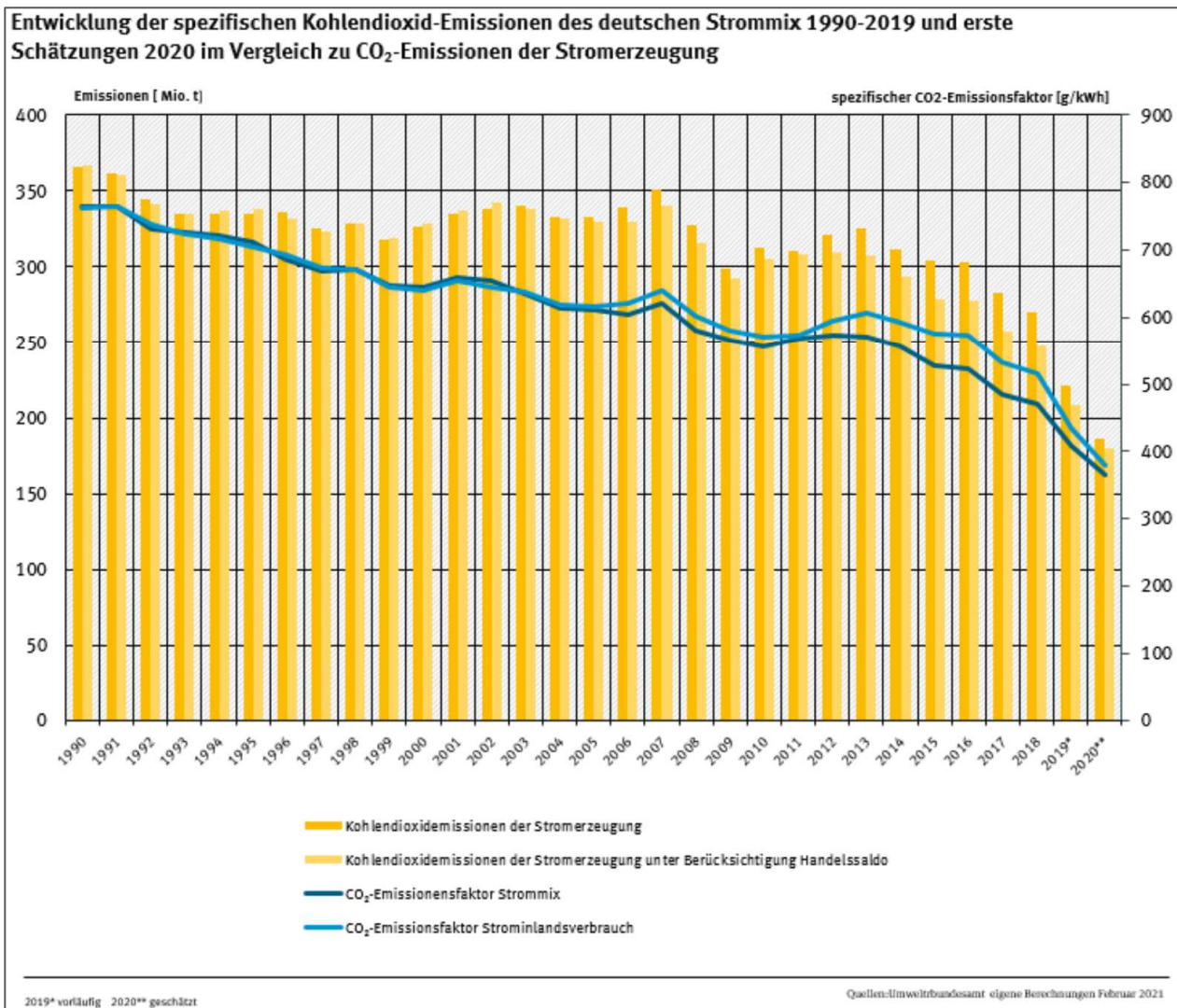


Abbildung 7-13: Entwicklung der spezifischen Emissionen des deutschen Strommixes

Tabelle 7-3: Jährliche Wärme-, Endenergie-, CO₂- und Primärenergiebilanz für das Quartier Hasselberg

Energieträger:	Wärmebedarf [MWh]	Endenergiebedarf [MWh]	Primärenergiebedarf [MWh]	CO ₂ -Ausstoß [t]
Erdgas:	4.884	5.746	6.320	1517
Heizöl	3.483	4.098	4.507	1397
Flüssiggas	982	1.155	1.271	343
Strom	33	11	20	11
Fernwärme	652	816	163	7
Holz	317	396	79	2
Summen	10.351	12.222	12.361	3.277

Tabelle 7-3 stellt die aktuelle Bilanz des Wärme-, Endenergie und Primärenergiebedarfs sowie der CO₂-Emissionen des Quartiers dar. Da aus Datenschutzgründen keine Zuordnung der Energieträger zu den Gebäuden möglich ist, handelt es sich hierbei um eine prozentuale Aufteilung der Verbräuche anhand der Anzahl der Heizungsanlagen je Energieträger.

7.5 ZUSAMMENFASSUNG BESTANDSAUFNAHME

Das Quartier Hasselberg ist ein Wohnquartier, bei dem das prägende Merkmal zumeist beidseitig bebaute lange Straßenzüge sind. Die Bebauung ist hauptsächlich durch Einfamilienhäuser charakterisiert, nur vereinzelt finden sich Gebäude mit zwei Wohneinheiten. Dies unterstreicht die Attraktivität des Standortes für Familien, die beruflich z. B. nach Eckernförde, Schleswig oder Flensburg pendeln.

Die Wohngebäudesituation bzw. der Gebäudezustand ist divers und die Altersstruktur heterogen. Neben vereinzelt Lückenbebauungen schließen sich im Süden des Ortsteils Schwackendorf auch Neubaugebiete an. Zwischen den beiden Ortsteilen Schwackendorf und Gundelsby befindet sich eine Schule, die bereits von einem der zwei kleinen Wärmenetze von Hasselberg versorgt wird. Die im Nachbarort Rabel befindliche Biogasanlage erzeugt Biogas, dass durch Gasleitungen zu den beiden BHKW-Standorten transportiert wird.

Die allermeisten Häuser werden dezentral, vorwiegend mittels Öl- und Gasheizungen versorgt. Viele Haushalte nutzen mit Holz befeuerte Kaminöfen als zusätzliche (zweite) Wärmequelle, deren Anteil an der Wärmeversorgung nur schwer quantifiziert werden kann.

8 ENERGIE- UND CO₂-MINDERUNGSPOTENZIALE DURCH GEBÄUDESANIERUNG

8.1 GEBÄUDESANIERUNGSPOTENZIAL - VORGEHENSWEISE, RAHMENBEDINGUNGEN

Durch die energetische Sanierung der Gebäude im Quartiersgebiet können der Energiebedarf und die CO₂-Emissionen deutlich gesenkt werden. Mit der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) wird die Sanierung von Gebäuden, die dauerhaft Energiekosten einsparen und damit das Klima schützen, unterstützt. Die Bundesförderung für effiziente Gebäude fasst frühere Förderprogramme zur Förderung von Energieeffizienz und erneuerbaren Energien im Gebäudebereich zusammen und unterstützt unter anderem den Einsatz neuer Heizungsanlagen, die Optimierung bestehender Heizungsanlagen, Maßnahmen an der Gebäudehülle und den Einsatz optimierter Anlagentechnik.

Die BEG besteht aus drei Teilprogrammen:

1. Bundesförderung für effiziente Gebäude – Wohngebäude (BEG WG)
2. Bundesförderung für effiziente Gebäude – Nichtwohngebäude (BEG NWG)
3. Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM)

8.1.1 BAFA FÖRDERUNG - ZUSCHUSS

Förderfähig sind alle Maßnahmen an Gebäuden, die die Energieeffizienz verbessern. Darüber hinaus lässt sich die Fachplanung und Baubegleitung der Maßnahmen durch Energieeffizienz-Experten bezuschussen. Für die BEG gelten bestimmte (technische) Voraussetzungen und Einschränkungen. Eine Übersicht der förderfähigen Einzelmaßnahmen und der Förderquoten sind in Abbildung 8-1 dargestellt.



Abbildung 8-1: Übersicht Bundesförderung für effiziente Gebäude (BAFA, 2024)

8.1.2 KfW-FÖRDERUNG

Die KfW fördert die Sanierung (Produktnummer 261), den Neubau und den Kauf eines neuen Effizienzhauses (Produktnummer 297, 298). Das Effizienzhaus ist ein technischer Standard, den die KfW in den Förderprodukten nutzt. Unterschiedliche Zahlenwerte geben an, wie energieeffizient ein Gebäude im Vergleich zu einem Referenzgebäude ist. Dabei gilt: Je niedriger die Zahl, desto höher ist die Energieeffizienz. Es werden alle energetischen Maßnahmen, die zu einer Effizienzhaus-Stufe 85 oder besser führen, gefördert. Dazu gehören auch Baunebenkosten und Wiederherstellungskosten. Zusätzlich wird die notwendige Fachplanung und Baubegleitung durch eine Energie-Effizienz-Expertin oder einen Energie-Effizienz-Experten gefördert. Es kann zwischen einem Annuitätendarlehen und einem endfälligen Darlehen gewählt werden. In beiden Fällen wird zusätzlich ein Tilgungszuschuss gewährt. Die Höhe des Tilgungszuschusses ist abhängig von der erzielten Effizienzhaus-Stufe. Informationen zu den KfW-Förderprodukten sind unter www.kfw.de abrufbar.

Auch das Zuschussprogramm für die Erneuerung von Heizungsanlagen als Einzelmaßnahme ist bei der KfW angesiedelt (Produktnummer 458).

Für bezuschusste Einzelmaßnahmen kann zusätzlich ein Ergänzungskredit beantragt werden (Produktnummer 358, 359).

8.2 MUSTERSANIERUNGSBERATUNGEN - ENERGIEBERATUNG VOR ORT

Für drei Gebäude des Quartiers wurden, in Anlehnung an die Richtlinien des Bundes zur Förderung der "Vor-Ort-Beratung" in Wohngebäuden, Mustersanierungskonzepte erstellt. Auf Grundlage der Ortsbegehungen, einer thermografischen Untersuchung und den zur Verfügung gestellten Unterlagen wurde eine computergestützte Energiediagnose durchgeführt.

Dazu werden aus den bau- und heizungstechnischen Daten die Energieströme des Gebäudes ermittelt. Die Energieströme ergeben sich aus den Transmissionswärmeverlusten (Wärmedurchgang) der Gebäudehülle, insbesondere der Fenster, der Außenwände, der Geschossdecken und der Dachflächen. Zusätzlich werden die Lüftungsverluste, die Verluste in der Heizungsanlage sowie die der Warmwasserbereitung bilanziert. Die Verteilung der Verluste auf die einzelnen Bauteilgruppen und die Anlagentechnik sind in den Mustersanierungskonzepten tabellarisch und in Diagrammen dargestellt.

Nach der Ermittlung des Ist-Zustandes wurden die Schwachstellen analysiert und Maßnahmen zur Sanierung vorgeschlagen. Die Effektivität der Maßnahmen wird anhand der voraussichtlichen Energieeinsparung, Wirtschaftlichkeit und Schadstoffbelastung aufgezeigt.

Es gibt unterschiedliche Ansätze zur Erstellung einer Energiediagnose von Gebäuden. Die Verfahren unterscheiden sich im Wesentlichen im Grad der Detaillierung und der Einbeziehung des Nutzerverhaltens. In den vorliegenden Mustersanierungskonzepten wurden die Berechnungen gemäß DIN V 18599, den VDI-Richtlinien und dem GEG 2022 durchgeführt. Einflüsse des Nutzerverhaltens sind bei diesem Verfahren weitgehend ausgeklammert. Dies erlaubt eine Beurteilung der reinen Bausubstanz sowie der Anlagentechnik.

Die Mustersanierungskonzepte sind als Anhang beigelegt.

8.2.1 MUSTERSANIERUNGSKONZEPT 1, HAUSTYP: WOHNHAUS BAUALTERSKLASSE BIS 1933



Abbildung 8-2: MSK 1, Außenansicht

Bei dem untersuchten Gebäude handelt es sich um ein ca. 1900 errichtetes Wohnhaus. Es ist ein eingeschossiges, freistehendes Gebäude mit bis zur obersten Geschossdecke ausgebautem Satteldach. Das Gebäude wurde in den 1980er Jahren um einen kleinen eingeschossigen Anbau erweitert. Die Grundform des Baukörpers ist ein Rechteck mit den Abmessungen 8,75 m x 14,00 m. Das Verhältnis von der Hüllflächen zum beheizten Volumen ergibt einen für diesen Haustyp durchschnittlichen Wert von $0,84 \text{ m}^{-1}$.

Zur Beheizung und Erzeugung des Brauchwarmwassers ist ein ölbefuerter Heizkessel installiert.

Die Außenwände im Erdgeschoss bestehen aus rotem Sichtmauerwerk. Eine Wärmedämmung ist nicht vorhanden. Die Giebelwände im Dachgeschoss wurden 1973 im Zuge des Dachgeschossausbaus errichtet und bestehen aus zweischaligem Mauerwerk ohne Luftschicht. Die Fenster bestehen überwiegend aus Kunststoffrahmen mit Wärmeschutzverglasung. Teilweise sind noch Holzfenster mit herkömmlicher Isolierverglasung vorhanden. Die Haustür besteht aus Holz mit Einfachverglasung. Die Dämmung des Daches und der Gauben entspricht dem zum Zeitpunkt der Sanierung üblichen Wärmedämmstandard. Die Decke zum Spitzboden ist mit 10 -12 cm Mineralwolle gedämmt. Das Gebäude ist bis auf einen Raum nicht unterkellert. Der Fußboden ist als hinterlüftete Holzbalkendecke erstellt.

Der rechnerisch ermittelte Endenergiebedarf beläuft sich auf 68.524,25 kWh/a bzw. 310,06 kWh/(m²·a). Die aus dem beheizten Gebäudevolumen ermittelte Bezugsfläche beträgt 221 m². Das Gebäude wird anhand dieses Endenergiebedarfs gemäß Gebäudeenergiegesetz (GEG) der ungünstigsten Energieeffizienzklasse H zugeordnet.

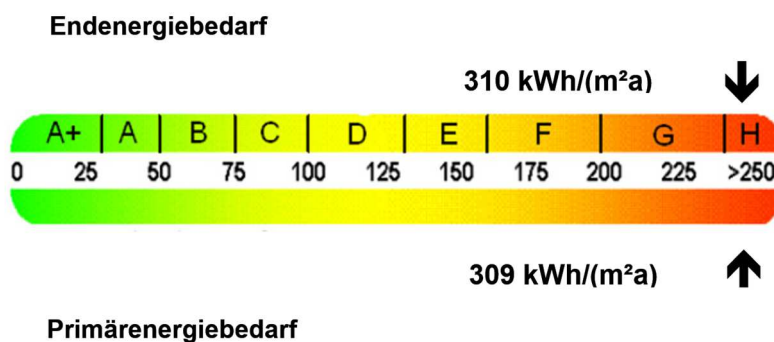


Abbildung 8-3: MSK 1, energetische Kennzahlen

In Tabelle 8-1 sind die Prognose der jährlichen Energiekosten für Heizung und Warmwasser nach Durchführung der einzelnen energetischen Sanierungsmaßnahmen und die Energiekosteneinsparung den energetisch bedingten Sanierungskosten gegenübergestellt. Öffentliche Fördermittel im Programm „Bundesförderung für effiziente Gebäude“ (BEG) und Kosten für sowieso anstehende Sanierungen wurden von den in der Tabelle aufgeführten Investitionskosten bereits abgezogen. Bei der Amortisationsrechnung wurden nur die energiebedingten Mehrkosten der Sanierungen und die mit den weitergehenden Maßnahmen verbundenen zusätzlichen Einsparungen zugrunde gelegt.

Die berechneten Maßnahmen an der Gebäudehülle und die Heizungsoptimierung führen zu Energieeinsparungen von 3,5 bis 38,2 % je Einzelmaßnahme bei teilweise langen Amortisationszeiten (4,8 bis 26,8 Jahre). Das Einsparpotential bei der Optimierung der obersten Geschossdecke (Tabelle 8-1. Nr.4) ist nur gering, da die Decke bereits gedämmt ist. Der Ersatz der Ölheizung durch eine Pelletheizung verringert den Energiebedarf um 18,3 %.

Tabelle 8-1: MSK 1, Übersicht der Sanierungsvarianten

Nr.	BEZEICHNUNG	JÄHRLICHE ENERGIEKOS- TEN [€/A]	INVESTITI- ONS- KOSTEN [€/A]	ZUSCHUSS BEG [€/A]	JÄHRLICHE ENERGIEEIN- SPARUNG [%]	JÄHRLICHE ENERGIEKOS- TENEINSPAR- UNG [€]	ENDENERGIE- BEDARF [kWh/A]	AMORTISA- TION [A]
1	Ist-Zustand	7.260,68	0,00	-	0,0	-	68.524,25	-
2	Referenzgebäude	2.392,03	0,00	-	72,5	4.868,65	18.822,34	-
3	Heizungsoptimie- rung	6.731,18	2.550,00	450	6,2	529,5	64.263,62	4,8
4	Decke	7.011,16	5.950,00	892,50	3,5	245,40	66.128,56	23,8
5	Außenwand + Fenster	4.530,98	34.500,00	10.5000	38,2	2.729,70	42.354,29	12,6
6	Dach	6.532,23	19.500,00	10.500	10,2	728,45	61.529,23	26,8
7	Pellet-Heizung	4.442,93	7.500,00	22.500	18,3	2.817,75	55.965,91	2,7
8	Gesamt- Moderni- sierung	2.210,72	68.500,00	46.500	60,8	5.049,96	26.851,80	13,6

8.2.2 MUSTERSANIERUNGSKONZEPT 2, HAUSTYP: WOHNHAUS BAUALTERSKLASSE 1951-1975



Abbildung 8-4: MSK 2, Außenansicht

Bei dem untersuchten Gebäude handelt es sich um ein Einfamilienhaus von 1970. Es ist ein eingeschossiges, freistehendes Gebäude. Das Satteldach ist komplett ausgebaut. Die Grundform des Baukörpers sind zwei versetzt angeordnete Rechtecke mit Gesamtabmessungen von 8,10 m x 12,46 m. Das Verhältnis von der Hüllflächen zum beheizten Volumen ergibt einen für diesen Haustyp günstigen Wert von $0,74 \text{ m}^{-1}$.

Zur Beheizung und Erzeugung des Brauchwarmwassers ist ein gasbefeuerter Brennwertkessel (Baujahr: 2013) installiert.

Die Außenwände bestehen aus zweischaligem Mauerwerk mit ca. 6 cm Luftschicht. Das Hintermauerwerk besteht aus Leichtbeton-Hohlblocksteinen. Es sind überwiegend Holzfenster mit herkömmlicher Isolierverglasung vorhanden. Teilweise wurde nachträglich Wärmeschutzverglasung eingebaut. Die Dachflächen sind mit ca. 5 cm Mineralwolle gedämmt. Die Kellerdecke des voll unterkellerten Gebäudes besteht aus Beton mit schwimmendem Estrich.

Der rechnerisch ermittelte Endenergiebedarf beläuft sich auf 45.997,55 kWh/a bzw. 305 kWh/(m²·a). Die aus dem beheizten Gebäudevolumen ermittelte Bezugsfläche beträgt 151 m². Das Gebäude wird anhand dieses Endenergiebedarfs gemäß Gebäudeenergiegesetz (GEG) der Energieeffizienzklasse H zugeordnet.

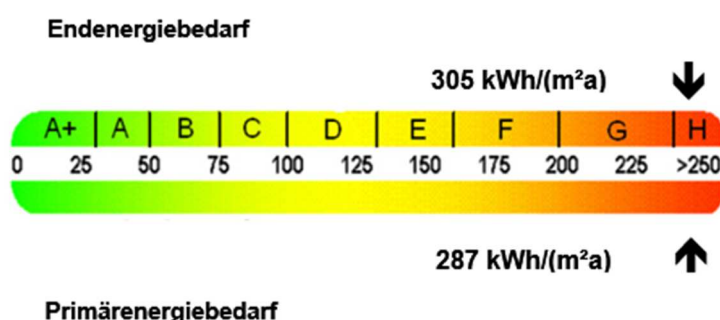


Abbildung 8-5: MSK 2, energetische Kennzahlen

In Tabelle 8-2 sind die Prognose der jährlichen Energiekosten für Heizung und Warmwasser nach Durchführung der einzelnen energetischen Sanierungsmaßnahmen und die Energiekosteneinsparung den energetisch bedingten Sanierungskosten gegenübergestellt. Öffentliche Fördermittel im Programm „Bundesförderung für effiziente Gebäude“ (BEG) und Kosten für sowieso anstehende Sanierungen wurden von den in der Tabelle aufgeführten Investitionskosten bereits abgezogen. Bei der Amortisationsrechnung wurden nur die energiebedingten Mehrkosten der Sanierungen und die mit den weitergehenden Maßnahmen verbundenen zusätzlichen Einsparungen zugrunde gelegt.

Die berechneten Maßnahmen an der Gebäudehülle und die Heizungsoptimierung führen zu Energieeinsparungen von 4,3 bis 23,5 % je Einzelmaßnahme bei teilweise kurzen Amortisationszeiten. Insbesondere das Verfüllen der Luftschicht in den Außenwänden mit Kerndämmstoff rechnet sich bereits nach ca. 2 Jahren. Die Gesamt-Modernisierung einschließlich Anschluss an ein Wärmenetz verringert den Energiebedarf um 61 %.

Tabelle 8-2: MSK 2, Übersicht der Sanierungsvarianten

Nr.	BEZEICHNUNG	JÄHRLICHE ENERGIEKOSTEN [€/A]	INVESTITIONSKOSTEN [€/A]	ZUSCHUSS BEG [€/A]	JÄHRLICHE ENERGIEEINSPARUNG [%]	JÄHRLICHE ENERGIEKOSTENEINSPARUNG [€]	ENDENERGIEBEDARF [kWh/A]	AMORTISATION [A]
1	Ist-Zustand	5.235,08	-	-	-	-	45.997,55	-
2	Referenzgebäude	1.919,41	-	-	67,8	3.315,67	14.790,64	-
3	Decke	5.005,50	5.100,00	900	4,6	229,58	43.879,56	22,2
4	Außenwand	4.063,45	2.975,00	525	23,5	1.171,63	35.178,63	2,5
5	Fenster	5.022,37	2.500,00	1.500	4,3	212,71	44.039,04	11,8
6	Dach	4.525,29	3.000,00	12.000	14,2	709,78	39.447,26	4,2
7	Keller	4.560,08	8.000,00	-	13,5	675	39.767,77	11,9

8	Gesamt- Modernisierung	3.788,79	25.750,00	14.250	60,8	1.446,29	18.010,00	17,8
---	---------------------------	----------	-----------	--------	------	----------	-----------	------

8.2.3 MUSTERSANIERUNGSKONZEPT 3, HAUSTYP: WOHNHAUS BAUALTERSKLASSE 1976-1985



Abbildung 8-6: MSK 3, Außenansicht

Bei dem untersuchten Gebäude handelt es sich um ein Einfamilienhaus von 1983. Es ist ein eingeschossiges, freistehendes Gebäude. Das Krüppelwalmdach ist bis zur obersten Geschossdecke ausgebaut. Die Grundform des Baukörpers ist ein Rechteck mit den Abmessungen 9,24 m x 11,16 m. Das Verhältnis von der Hüllflächen zum beheizten Volumen ergibt einen für diesen Haustyp durchschnittlichen Wert von $0,78 \text{ m}^{-1}$.

Zur Beheizung und Erzeugung des Brauchwarmwassers ist ein ölbefuerter Niedertemperaturkessel (Baujahr: 2001) installiert.

Die Außenwände bestehen aus zweischaligem Mauerwerk mit ca. 4 cm Luftschicht und einer 8 cm dicken Dämmschicht zwischen den Mauerwerksschalen. Das Hintermauerwerk ist aus Kalksandstein errichtet. Die ursprünglich vorhandenen Fenster wurde 2019 durch Kunststoffens-ter mit Zweifach-Wärmeschutzverglasung vorhanden. Eine energetische Sanierung der bereits gut gedämmten Außenwände und der erst fünf Jahre alten Fenster steht auch mittelfristig noch nicht an.

Die Dachflächen und die Gaube sind mit ca. 12 cm Mineralwolle gedämmt. Die Kellerdecke des voll-unterkellerten Gebäudes besteht aus einer Betondecke mit schwimmendem Estrich.

Der rechnerisch ermittelte Endenergiebedarf beläuft sich auf 36.065,92 kWh/a bzw. 196 kWh/($\text{m}^2 \cdot \text{a}$). Die aus dem beheizten Gebäudevolumen ermittelte Bezugsfläche beträgt 184,3

m². Das Gebäude wird anhand dieses Endenergiebedarfs gemäß Gebäudeenergiegesetz (GEG) der Energieeffizienzklasse F zugeordnet.

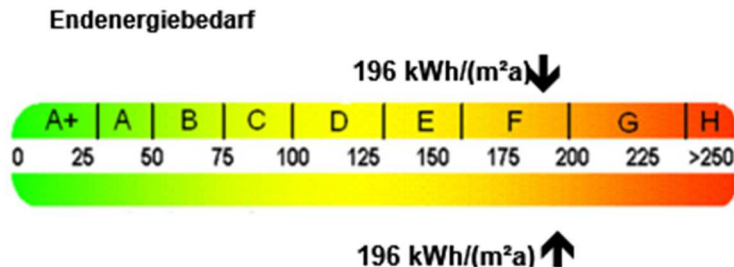


Abbildung 8-7: MSK 3, energetische Kennzahlen

In der folgenden Tabelle sind die Prognose der jährlichen Energiekosten für Heizung und Warmwasser nach Durchführung der einzelnen energetischen Sanierungsmaßnahmen und die Energiekosteneinsparung den energetisch bedingten Sanierungskosten gegenübergestellt. Öffentliche Fördermittel im Programm „Bundesförderung für effiziente Gebäude“ (BEG) und Kosten für sowieso anstehende Sanierungen wurden von den in der Tabelle aufgeführten Investitionskosten bereits abgezogen. Bei der Amortisationsrechnung wurden nur die energiebedingten Mehrkosten der Sanierungen zugrunde gelegt.

Die berechneten Maßnahmen an der Gebäudehülle und die Heizungsoptimierung führen zu Energieeinsparungen von 7 bis 19 % je Einzelmaßnahme bei Amortisationszeiten von 5,5 bis 20,3 Jahren. Der Ersatz der Ölheizung durch eine Pelletheizung ist bei diesem Gebäude trotz der höheren Investitionskosten wirtschaftlicher als der Einbau einer Wärmepumpe.

Tabelle 8-3: MSK 3, Übersicht der Sanierungsvarianten

Nr.	BEZEICHNUNG	JÄHRLICHE ENERGIEKOSTEN [€/A]	INVESTITIONSKOSTEN [€/A]	ZUSCHUSS BEG [€/A]	JÄHRLICHE ENERGIEEINSPARUNG [%]	JÄHRLICHE ENERGIEKOSTENEINSPARUNG [€]	ENDENERGIEBEDARF [kWh/A]	AMORTISATION [A]
1	Ist-Zustand	3.871	-	-	-	-	36.066	-
2	Referenzgebäude	2.255	-	-	51	1.617	17.732	-
3	Heizungs-optimierung	3.563	1.700	300	7	309	33.642	5,5
4	Keller	3.368	10.200	1.800	13	503	31.256	20,3
5	Dach	3.146	5.600	11.400	19	726	29.115	7,7
6	Wärmepumpe Luft	3.863	1.500	16.500	66	9	12.153	170,1
7	Pelletheizung	2.520	25.500	17.500	14	1.351	31.084	18,9
8	Gesamt-Modernisierung	2.781	20.500	28.500	77	1.091	8.467	18,8

8.3 ENTWICKLUNG DES WÄRMEBEDARFS

Am 28. September 2010 hat die damalige Bundesregierung das Ziel festgeschrieben, bis 2050 einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand zu erreichen. In dem „Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung“ heißt es, dass „eine Verdoppelung der energetischen Sanierungsrate von jährlich 1 % auf 2 % erforderlich“ sei. Eine einheitliche Definition für den Begriff der Sanierungsrate liegt bislang jedoch nicht vor (Kölner Haus- und Grundbesitzverein von 1888, 2017).

Als energetische Sanierung definieren wir alle Maßnahmen, die zu einer Verringerung des Wärmebedarfs führen. Aus den Ergebnissen der Mustersanierungskonzepte und dem Vergleich, welchen Anteil die Baualtersklasse im Quartier hat, leiten wir ab, um wie viel Prozent der Wärmebedarf bei einer „quartiersdurchschnittlichen Sanierung“ sinkt. Aus dieser quartiersdurchschnittlichen Sanierung berechnen wir die Wärmebedarfseinsparungen bis zum Jahr 2030 bzw. bis zum Jahr 2050 für die Sanierungsrate von 1 % bzw. von 2 %.

Dabei orientiert sich die Rate von 1 % am bundesdeutschen Durchschnitt, die Rate von 2 % stellt ein optimistischeres Szenario dar.

Bei der vorhandenen Gebäudestruktur überwiegen Häuser der Baujahre bis 1979. Der Endenergiebedarf der untersuchten Häuser der Baujahre 1900 und 1970 liegt bei 310 und 305 kWh/(m²a). Die annähernd gleichen Werte ergeben sich durch bereits durchgeführte Sanierungen. So wurden bei den älteren Häusern oftmals schon die Dächer saniert, bei einigen Häusern aus den 1960er und 1970er Jahren steht diese Maßnahme noch an. Bei dem Wohngebäude aus dem Jahr 1983 – mit entsprechend besserem Wärmedämmstandard - wurde mit 196 kWh/(m²·a) ein deutlich niedrigerer Wert ermittelt. Im gesamten Quartiergebiet – mit Ausnahme der jüngeren Bebauungsgebiete im Süden von Schwackendorf und Gundelsby - sind zunehmend Wärmebedarfssenkungen durch anstehende Sanierungen zu erwarten.

Für die Entwicklung des Endenergiebedarfs wurden drei Szenarien entwickelt. Das Szenario 1 beinhaltet schnell und kostengünstig umsetzbare Maßnahmen - wie die Wärmedämmung zu unbeheizten Bereichen. Das Energieeinsparpotential dieser Maßnahmen liegt zwischen 7 % und 28 %. Im Szenario 2 sind zusätzlich die Maßnahmen enthalten, die sowieso zur Instandhaltung notwendig sind (z.B. Austausch von alten Fenstern, Neueindeckung des Daches). Es können Energieeinsparungen von 26 % bis 47 % erreicht werden. Das Szenario 3 gibt einen Ausblick, wie die Gebäude optimal energetisch verbessert werden können. Bei Umsetzung dieses eher langfristig angesetzten Szenarios verringert sich der Endenergiebedarf um 57 % bis 61 %. Wenn zusätzlich elektrisch betriebene Wärmepumpen anstelle der vorhandenen Gas- oder Ölheizungen installiert werden, sinkt der Endenergiebedarfs um ca. 77 %.

Tabelle 8-4: Energieeinsparpotential energetische Sanierung

GEBÄUDE	SZENARIO 1 [%]	SZENARIO 2 [%]	SZENARIO 3 [%]	SZENARIO 3 + WÄRMEPUMPE [%]
MSK 01 Baualtersklasse: bis 1933	10	44,7	61	-
MSK 02 Baualtersklasse: 1951 – 1975	28	46,6	60	-
MSK 03 Baualtersklasse: 1976 – 1985	7	26	57	77
Mittelwert	15	39,1	59,3	

Den Berechnungen liegt die Annahme zugrunde, dass bei einer energetischen Gesamtsanierung im Quartier Hasselberg durchschnittlich 59 % des Heizenergiebedarfs eingespart werden können. Diese Zahl ist abhängig von der Gebäudealtersstruktur im Quartier. Bei einer Sanierungsrate von 1 % könnte der Wärmebedarf der Gebäude bis zum Jahr 2050 um 15,6 % gesenkt werden, bei einer ambitionierten Sanierungsrate in Höhe von 2 % um das Doppelte (31,2 %).

9 VERSORGUNGSOPTIONEN

Die Reduzierung des Wärmebedarfs mithilfe energetischer Sanierung von Gebäuden ist ein erster Teilbereich des Quartierskonzeptes. Ein zweiter Bestandteil ist die Optimierung der Wärmeversorgung. Nach der Betrachtung der Sanierungspotenziale im vorangegangenen Kapitel folgt in diesem Kapitel die ganzheitliche Untersuchung der Versorgungsoptionen des Quartiers.

Man unterscheidet bei der Wärmeversorgung zwischen einer dezentralen, also gebäudeindividuellen Wärmeversorgung und einer zentralen Versorgung mit Nah- oder Fernwärme (Pfnür, Winiewska, Mailach, & Oschatz, 2016). Eine eindeutige Abgrenzung zwischen Nah- und Fernwärme existiert dabei nicht, so dass beide Begriffe synonym verwendet werden können. Bei der dezentralen Versorgung, wie sie in den meisten Teilen des Quartiers aktuell üblich ist, wird im jeweiligen Gebäude selbst Wärme erzeugt; dies geschieht im Quartier bisher überwiegend auf Erdgas- oder Heizölbasis. Bei der zentralen Wärmeversorgung wird die Wärme in einer (oder ggf. auch mehreren) Heizzentrale(n) erzeugt und durch erhitztes Wasser in Wärmeleitungen zu den Abnehmern transportiert. In Neubau- oder sanierten Bestandsgebieten kann auch die sog. kalte Nahwärme eingesetzt werden. Dabei wird lediglich eine Wärmequelle mit niedrigerem Temperaturniveau benötigt, wie z. B. Wärme aus einem Eisspeicher. Das dann nicht mehr gedämmte Wärmenetz wirkt u. U. noch als Erdwärmekollektor und liefert Wasser an die Gebäude. Dem Wärmenetz wird dezentral in den einzelnen Gebäuden durch eine Wasserwärmepumpe Wärme entzogen. Wasserwärmepumpen arbeiten effizienter als Luftwärmepumpen.

9.1 ZENTRALE VERSORGUNGSOPTIONEN

Vor dem Hintergrund der aus Klimaschutzgründen gebotenen Senkung der CO₂-Emissionen sowie mit Blick auf die Versorgungssicherheit wird zunächst auf eine zentrale und weitestgehend regenerative Wärmeversorgung des Quartiers fokussiert.

Die Struktur des Quartiers spielt eine wesentliche Rolle, da größere Entfernungen zwischen potenziellen Abnehmern aufgrund höherer Investitionskosten für die Leitungen sowie höherer Wärmeverluste innerhalb des Netzes zur wirtschaftlichen Verschlechterung beitragen. Das Quartier in Hasselberg bzw. die Ortsteile Schwackendorf und Gundelsby weisen aufgrund ihrer Struktur als Straßendorf keine guten Voraussetzungen auf: Für den Großteil der Versorgung ist also eine lange Hauptrasse notwendig, was im Gegensatz zu einem kompakteren Netz, bei dem die einzelnen Stränge kleiner ausfallen können, zu höheren Netzinvestitionen führt. Wiederum für ein zentrales Wärmenetz spricht die Möglichkeit der Abnahme von lokal erzeugter Abwärme aus dem Blockheizkraftwerk der Biogasanlage, sodass eine leitungsgebundene Wärmeversorgung der Ortsteile anhand ökologischer, technischer und wirtschaftlicher Kriterien auf Realisierbarkeit geprüft wurde.

Es wurden drei verschiedene Netzvarianten betrachtet (vgl. Abbildung 9-1 bis Abbildung 9-3):

- Netzvariante 1: Zentrale Wärmeversorgung Teilgebiet 1 „Schwackendorf“,
- Netzvariante 2: Zentrale Wärmeversorgung Teilgebiet 2 „Gundelsby“,
- Netzvariante 3: Zentrale Wärmeversorgung beider Ortsteile (Gesamtnetz)

Die Planung des Wärmeverteilsystems setzt die Festlegung eines Netzaufbaus voraus. Hierbei muss neben der Darstellung der Struktur von Wärmeverteilungsnetzen und deren Betriebstemperaturen auch auf die Netzdimensionierung und die Wärmeverluste eingegangen werden. Die notwendige Energiezentrale sollte insbesondere bei einer Nutzung anzuliefernder Brennstoffe (z. B. Holzhackschnitzel) möglichst straßennah an einer Straße mit hohem Verkehrsaufkommen verortet werden, da so innerörtliche Störungen von Wohngebieten durch Emissionen, Brennstofflieferungen u. a. minimiert werden können. Im Quartier bietet sich dafür u. a. das ehemalige Grundstück der Raiffeisenbank. Für die Versorgung der Teilgebiete wurde angenommen, dass ein Heizwerk ortsnah aufgestellt werden kann.

9.1.1 TECHNISCHE VERSORGUNGSLSÖSUNGEN

In welcher Form sich eine zentrale Wärmeversorgung im Quartier zukünftig gestalten ließe, wird basierend auf den zur Verfügung stehenden Informationen über die Gebäude und die Gegebenheiten des Quartiers untersucht. In einem zweistufigen Verfahren wurden dabei zunächst vielfältigste derzeit verfügbare Verfahren und Technologien qualitativ anhand ökologischer, technischer und wirtschaftlicher Kriterien auf Realisierbarkeit im Quartier geprüft. Nach dieser mit der Lenkungsgruppe (vgl. Kapitel 13.1) abgestimmten Abwägung wurden der ausschließliche Einsatz von Öl- und Gaskesseln, Brennstoffzellen, Erdgas-BHKW und Pyrolyse in den Detailbetrachtungen für den Ausbau einer zentralen Wärmeversorgung nicht weiter berücksichtigt:

- Alleinige Öl- und Gaskessel sind aus Klimaschutzgründen, aufgrund der Versorgungssicherheit und zunehmend auch aus Kostengründen für eine zentrale Wärmeversorgung nicht weiter akzeptabel.
- Der Einsatz eines Erdgas-BHKW wird angesichts der Nutzung eines fossilen Energieträgers, der aktuellen Förderbedingungen sowie der steigenden Bepreisung der CO₂-Emissionen nicht als zukunftsfähige und wirtschaftliche Lösung angesehen.
- Brennstoffzellen wären nur dann ökologisch sinnvoll, wenn sie mit grünem Wasserstoff betrieben würden, der bisher kaum verfügbar ist, hier nicht wirtschaftlich eingesetzt werden kann und in absehbarer Zeit energiewirtschaftlich in anderen Bereichen (z. B. Dekarbonisierung bestimmter Industriesektoren oder Schwerlastverkehr) dringender als für Heizzwecke benötigt wird (IPP ESN, 2019).
- Grundsätzlich ist die Abwärmenutzung einer Pyrolyse, welche durch regionale und biogene Einsatzstoffe betrieben wird, nachhaltig und umweltfreundlich. Aufgrund geringer Erfahrungswerte mit Pyrolyse besonders in Verbindung mit der Wärmeversorgung von Quartieren und den hohen Investitionen, der unklaren Nutzungsmöglichkeit der Reststoffe sowie den hohen Betriebs- und Wartungskosten erfolgten keine weiterführenden Untersuchungen. Generell kann Pyrolyse auch eher als eine Produktionsanlage denn als Anlage zur Wärmeerzeugung angesehen werden, deren Abwärme dann, wenn sie zu *Produktionszwecken* errichtet wird, genutzt werden sollte.
- Die Integration von solarthermischen Anlagen in die technischen Versorgungslösungen wurde ausgeschlossen. Aufgrund der potenziellen Abwärme aus dem Biogas-BHKW steht vor allem in der Sommerzeit bereits ausreichend Wärme zur Versorgung des Warmwasserbedarfs zur Verfügung und würde in Konkurrenz zu einer solarthermischen Anlage stehen.
- Eine Verbesserung der wirtschaftlichen Situation durch potenzielle Freiflächenphotovoltaikanlagen ist derzeit nicht zu erwarten, da auch hier die Hauptertragszeit in der heizfreien Periode liegt und in Konkurrenz zu bereits bestehender Abwärme aus dem Biogas-BHKW stehen würde. In der Heizperiode, in der der Wärmebedarf am höchsten ist, ist die Anzahl der Sonnenstunden gering und damit kaum stromertrag zu Heizzwecken verfügbar.

In der Nachbargemeinde Rabel (südlich des Quartiers) befindet sich die Biogasanlage der Gasgruen GmbH & Co. KG. Von dort aus wird Biogas über eine Gasleitung zu einem Satelliten-BHKW im Kieholm östlich der B199 transportiert und zu Strom und Wärme umgesetzt. Das Bestands-BHKW hat eine Wärmeleistung in Höhe von 300 kW. Die Betreiberin strebt an die Leistung zu verdoppeln und den Betrieb der Anlage zu flexibilisieren. Das bedeutet, dass die BHKW vor allem

dann eingeschaltet werden, wenn das Stromnetz, z. B. aufgrund einer Dunkelflaute (keine Sonne und kein Wind) stabilisiert werden muss. Gleichzeitig ist zu diesen Zeiten der erzielbare Erlös an der Strombörse in der Regel höher und diese Betriebsweise damit auch attraktiv für Betreiber. Gleichzeitig erfordert diese Betriebsweise Investitionen in ein weiteres BHKW und in größere Pufferspeicher, die die anfallende Abwärme aufnehmen und zu Zeiten, in denen die BHKW nicht im Betrieb sind, das Wärmenetz mit Wärme bedienen. Die verbaute Gasleitung verfügt über Leistungsreserven, sodass eine Verdopplung der Leistung keine Folgekosten für die Transportleitung verursacht. Je nachdem, wo der Standort für die Heizzentrale gewählt würde, müsste entsprechend eine Gasleitung verbaut werden.

Der Wärmebedarf, der die verbleibenden Kapazitäten der Biogasanlage oder einer Wärmepumpe übersteigt, kann dem Wärmenetz durch einen Holzhackschnitzel-Heizkessel zugeführt werden. Die Vorratshaltung an Holzhackschnitzeln wird durch einen maßgeschneiderten Bunker gewährleistet. Der Strom zum Betrieb der Versorgungsvarianten wird vollständig aus dem öffentlichen Netz bezogen.

Bei der Beschaffung von Holzhackschnitzeln sollte generell auf eine regionale Herkunft Wert gelegt werden. Es ist zu prüfen, ob mit regionalen Produzenten auch langfristige Lieferverträge mit einer hohen Kostenstabilität geschlossen werden können. Alternativ oder ergänzend zum Fremdbezug ist außerdem das Potential selbst erzeugter Hackschnitzel aus gemeindeeigenen Flächen und deren Qualität zu erheben. Eine Trocknung könnte eventuell mit überschüssiger Wärme aus der umliegenden Biogasanlage erfolgen. Die Wertschöpfung würde in diesem Falle noch stärker in der Region verbleiben.

Zusätzlich kann es zunächst noch einen Erdgaskessel geben, der aber nur selten zum Einsatz kommt: bei vereinzelt Lastspitzen, wie sie an extrem kalten Tagen auftreten können, oder wenn andere Anlagen für kurze Zeit wegen Wartung und Reparatur außer Betrieb sind. Spätestens ab 2045 wäre das Erdgas dann durch andere Energieträger zu ersetzen. Alternativ kann die Spitzenlastabdeckung und Ersatzversorgung auch über einen mobilen Kessel dargestellt werden. Dafür muss ein Anschlussstutzen vorgehalten werden.

Eine alternative, nach Abstimmung mit der Lenkungsgruppe betrachtete Quelle zur Versorgung des Nahwärmenetzes im Quartier bilden elektrisch betriebene Luftwärmepumpen, die Außenluft zur Wärmeherzeugung nutzen. Solch ein Konzept ist vor allem dann interessant, wenn eine Photovoltaikanlage oder Windkraftanlage über eine Direktleitung zur Wärmepumpe (ohne Nutzung des öffentlichen Netzes) eingebunden werden kann, wodurch der Strombezug aus dem öffentlichen Netz deutlich reduziert wird. Die auftretenden Stromüberschüsse können durch die Ergänzung eines Wärmespeichers sinnvoll zur Wärmebereitstellung genutzt werden. Die Nutzung des vor Ort erzeugten Stroms ist günstiger als der Strombezug aus dem öffentlichen Netz, da bei einer örtlichen Stromproduktion die Netznutzungsentgelte, die Konzessionsabgaben und die Stromsteuer entfallen. Diese Möglichkeit besteht für das Quartier bisher nicht. Darüber hinaus bestehen Hürden durch die Vergütungsregulatorik des EEG. Eine Anlage kann entweder nach EEG vergütet werden oder muss den gesamten Strom direktvermarkten. Da ein Wärmenetz dieser Größenordnung die Gesamtstromerzeugung einer Anlage nicht abnehmen kann, ist diese Art der Stromveräußerung für Anlagenbetreiber unattraktiv. Sollten weitere Großverbraucher hinzukommen oder sich die Regulatorik ändern, kann dies aber eine Option werden.

9.1.2 ENTWURF WÄRMENETZ

Für die Ermittlung der Gesamtinvestitionen sowie der Netzwärmeverluste ist die Bestimmung der Trassenlängen der untersuchten Wärmenetze erforderlich. Diese wurden anhand einer Ortsbegehung und luftbildfotografischen Abbildungen näherungsweise ermittelt. Die Netzverluste wurden hierbei exemplarisch für ein gut gedämmtes und zu empfehlendes Netz sogenannter Twin-Rohren mit gemeinsamem Vor- und Rücklauf in einem Mantel und gemeinsamer Dämmung, bzw. Isolierung betrachtet.

Alle Wärmeerzeugungsanlagen wurden auf den aktuellen Wärmebedarf bei einer ambitionierten, aber durchaus realistischen Anschlussquote in Höhe von 80 % ausgelegt. Langfristig ist mit einer Sanierung einer Vielzahl von Gebäuden zu rechnen. Die Sanierungen werden jedoch nicht auf einen Schlag realisiert, sondern sukzessive verteilt über viele Jahre (vgl. Kapitel 8.3). Dadurch werden weitere Kapazitäten frei, durch die wiederum weitere Gebäude angeschlossen werden können. Einige Wärmeerzeugungsanlagen haben eine Lebensdauer von 10 bis 20 Jahren; hier kann dann die Dimensionierung bei der Erneuerung an die jeweilige Verbrauchsentwicklung angepasst werden. Außerdem wird durch eine Gebäudesanierung die Heizlast nur bedingt beeinflusst, da sich der Leistungsbedarf für das Trinkwarmwasser nicht verändern wird.

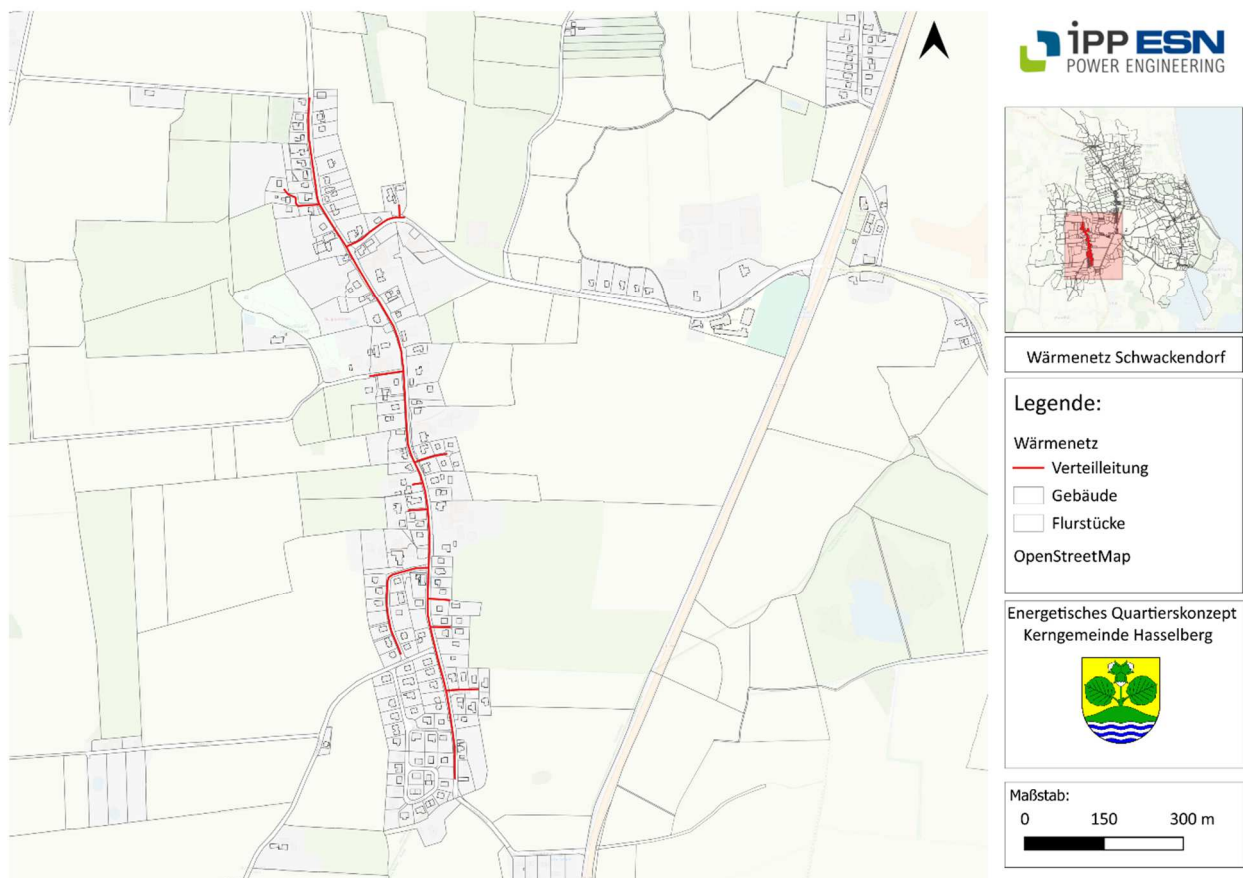


Abbildung 9-1 Mögliche Trassenführung zur Versorgung des Ortsteils Schwackendorf

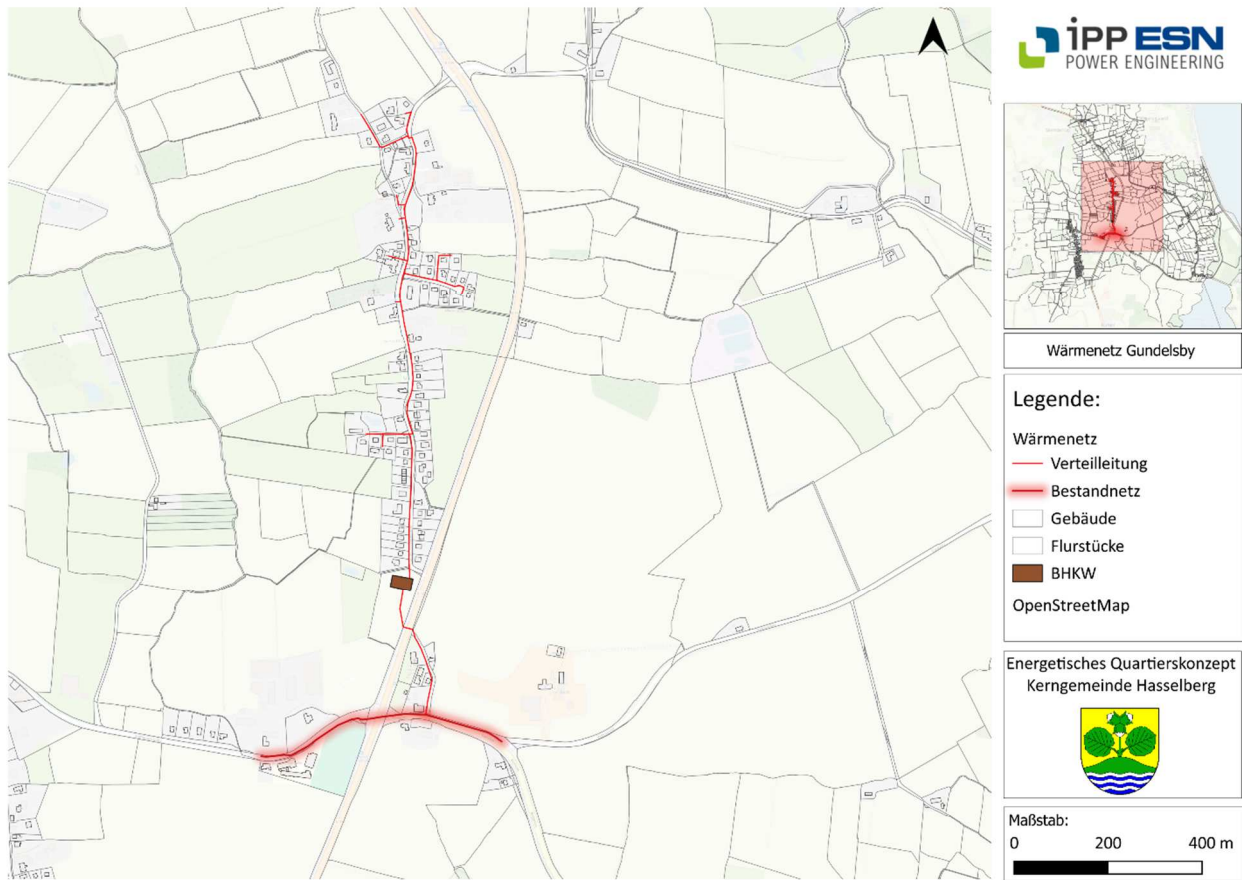


Abbildung 9-2 Mögliche Trassenführung zur Versorgung des Ortsteils Gundelsby

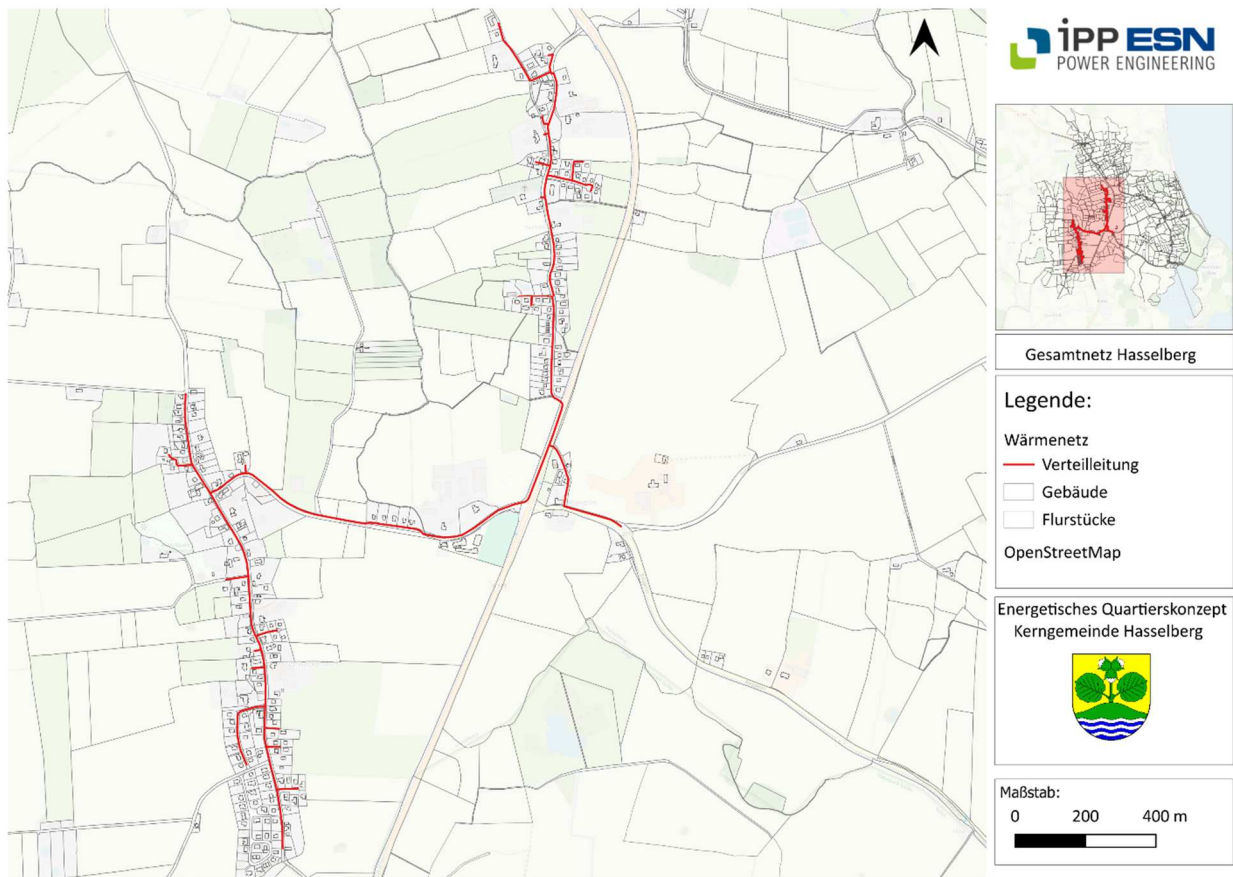


Abbildung 9-3 Mögliche Trassenführung zur Versorgung beider Ortsteile (Gesamtnetz)

Tabelle 9-1: Parameter der Netzvarianten im Überblick²

Bezeichnung	Einheit	Netzvariante 1 – Schwacken- dorf	Netzvariante 2 – Gundelsby	Netzvariante 3 - Gesamt- netz
Anschlussneh- mer	[Stk.]	92	76	208
Transportlei- tung	[m]	2.100	1.940	5.829
Hausan- schlussleitun- gen	[m]	1.380	1.140	3.120
Wärmeabsatz	[kWh _{th} /a]	2.232.799	1.846.228	5.142.822
Netzverluste	[kWh _{th} /a]	457.272	405.106	1.175.899
Netzverluste	[%]	17	18	19
Netzwärmebe- darf	[kWh _{th} /a]	2.690.071	2.251.334	6.318.720
Wärmelinien- dichte	[MWh/(m·a)]	0,64	0,60	0,60

² Die Werte beziehen sich auf eine Anschlussquote in Höhe von 80 %.

Um die Wärmenetze im Hinblick auf Netzverluste bzw. Wärmeverteilung qualitativ bewerten zu können, müssen die zwischen Heizzentrale und Abnehmern verloren gehenden Wärmemengen mit betrachtet werden. Diese sind hauptsächlich von der Netzlänge und damit der Siedlungsstruktur abhängig und liegen bei einer Anschlussquote von 80 % zwischen 17 und 19 %. Die Wärmeverluste beeinflussen die Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes und sollten daher möglichst geringgehalten werden. Dies ist insbesondere dann wichtig, wenn die Wärme nicht (nur) aus ohnehin vorhandener und bisher nicht genutzter Abwärme stammt. Bei einer niedrigeren Netzanschlussquote bleiben die absoluten Wärmeverluste in etwa gleich, die relativen steigen somit. Dies würde die Wirtschaftlichkeit und die ökologische Effizienz des Gesamtsystems verschlechtern.

Die Wärmeliniendichten der untersuchten Wärmenetze sind ebenfalls in Tabelle 9-1 dargestellt und setzen die Wärmeabnahme ins Verhältnis zur Netzlänge. Je höher die Wärmeliniendichte ist, desto mehr Wärme wird pro Leitungsmeter über ein Jahr abgenommen. Daher wird angestrebt, eine möglichst hohe Wärmeliniendichte zu erzielen, da so neben den Investitionskosten für die Leitungen auch die Wärmeverluste innerhalb des Netzes in Relation zur Wärmeabnahme niedrig gehalten werden. Aufgrund der relativ moderaten Wärmeabnahme auf langer Wärmetrasse haben die hier untersuchten Wärmenetze relativ moderate Wärmeliniendichten. Im ländlichen Raum ist der Betrieb von effizienten und klimafreundlichen Wärmenetzen auch mit niedrigen Anschlussdichten und hohen Systemeffizienzen aber durchaus möglich, da dies von vielen weiteren Faktoren abhängig ist, die im Folgenden beschrieben werden.

9.1.3 ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE ANSÄTZE

Um die im nächsten Schritt untersuchten Szenarien wirtschaftlich bewerten zu können, wurden energiewirtschaftlich relevante Rahmenparameter (Stand: April 2024) definiert. Neben einem Kapitalzins von 5 % p. a. wurden aktuelle Kosten für Energieeinkauf, Wartung und Instandhaltung angesetzt. Die Ansätze für Wartungs- und Reparaturkosten wurden bei den Herstellern angefragt oder stammen aus vergleichbaren Projekten.

Für die Nutzung lokal erzeugter Abwärme aus dem BHKW wurde ein Preis in Höhe von 5 ct/kWh_{th} netto als Ausgangswert für die Berechnung angenommen. Dieser Wert steht allerdings unter dem Vorbehalt, dass der Umfang der Investition für die Erweiterung und Umstellung des Betriebs noch genauer kalkuliert werden müssen.

Tabelle 9-2 gewährt einen Überblick über die energiewirtschaftlichen Ansätze, die der Wirtschaftlichkeitsberechnung zu Grunde gelegt wurden. Für die wirtschaftliche Bewertung der zentralen Versorgungsvarianten wurde der durchschnittliche Preis von Gas, Strom und Hackschnitzeln des zweiten Halbjahres 2022 und des ersten Halbjahres 2023 gebildet, um einen Vergleich in der Preisentwicklung zu ermöglichen.

Eine Marge des Betreibers wurde zunächst nicht angesetzt. Die Margenerwartung hängt vom jeweiligen Geschäftsmodell ab. Beispielsweise bei einer genossenschaftlichen Organisationsform (vgl. Kapitel 9.2) besteht keine Gewinnerzielungsabsicht; sollten dennoch Gewinne anfallen, werden diese zumindest langfristig wieder an die Genossen ausgeschüttet.

Energiewirtschaftliche Ansätze zentrale Versorgungsoptionen				
		netto	brutto	Einheit
MwSt.		19,00%		
Marge		0,00%		
Kapitalzins		5,00%		p. a.
Wartung und Instandhaltung				
Biomassekessel		3,00%		p. a./Invest
Erdgaskessel		2,00%		p. a./Invest
Ölkessel		2,00%		p. a./Invest
Wärmepumpen		1,50%		p. a./Invest
Solarthermie		0,50%		p. a./Invest
Anlagentechnik und Installation		1,50%		p. a./Invest
Wärmenetz		1,00%		p. a./Invest
Grundstücke & Gebäude		0,25%		p. a./Invest
Versicherung/Sonstiges		0,50%		p. a./Invest
technische Betriebsführung		0,50%		p. a./Invest
kaufmännische Betriebsführung		130 €	155 €	p. Anschluss./p. a.
Energiekosten				
Mischpreis Abwärme	Ø 2. Halbjahr 2022	5,00	5,95	ct/kWh _{th}
	Ø 1. Halbjahr 2023	5,00	5,95	ct/kWh _{th}
Mischpreis Erdgas	Ø 2. Halbjahr 2022	6,74	8,02	ct/kWh _{Hi}
	Ø 1. Halbjahr 2023	6,82	8,11	ct/kWh _{Hi}
Hackschnitzel - WGH20	Ø 2. Halbjahr 2022	3,57	4,25	ct/kWh _{Hi}
	Ø 1. Halbjahr 2023	3,42	4,08	ct/kWh _{Hi}
Pellets - 5 Tonnen	Ø 2. Halbjahr 2022	11,05	13,15	ct/kWh _{Hi}
	Ø 1. Halbjahr 2023	6,55	7,79	ct/kWh _{Hi}
Mischpreis Strom	Ø 2. Halbjahr 2022	20,50	24,39	ct/kWh _{el}
	Ø 1. Halbjahr 2023	23,28	27,70	ct/kWh _{el}

Tabelle 9-2: Energiewirtschaftliche Ansätze

9.1.4 ZENTRALE WÄRMEVERSORGUNG

In diesem Kapitel werden die verschiedenen Versorgungsoptionen ohne Berücksichtigung möglicher Bedarfsreduzierungen durch Gebäudesanierung betrachtet. Die Berechnungen werden detailliert für Netzvariante 2 - Gundelsby dargestellt, während die Auswirkungen der alternativen Netzvarianten lediglich zusammenfassend benannt werden.

9.1.4.1 ANLAGENDIMENSIONIERUNG UND ENERGIEBILANZEN

Im ersten Schritt wurden zunächst die Wärmeerzeuger dimensioniert und die unterschiedlichen Energieflüsse bilanziert. Hierfür wurden Erzeuger und Verbraucher, bzw. deren Lastgänge, in ein Simulationstool eingebettet und analysiert. Das Bestandsnetz wird derzeit mit Abwärme aus dem BHKW versorgt. Dieses verfügt über eine Leistung in Höhe von 300 kW_{th}. Diese reicht nicht aus, um eines der Teilgebiete oder das Gesamtgebiet vollumfänglich zu versorgen. Demzufolge wurde die Leistung durch weitere Erzeugungsanlagen wie einem Hackschnitzelkessel oder eine Luftwärmepumpe ergänzt und zusätzlich geprüft, wie hoch die Gestehungskosten wären, wenn ein Hackschnitzelkessel oder eine Luftwärmepumpe für die Vollversorgung der jeweiligen Gebiete genutzt würde. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit den Betrieb von BHKW zu flexibilisieren. So könnte die Anlagenleistung auf 600 kW_{th} verdoppelt werden (Erläuterung siehe 9.1.1 Technische Versorgungslösungen). Unter dieser Voraussetzung ist für die Teilgebiete keine weitere Wärmeerzeugungsanlage notwendig. Um den Bericht nicht zu überfrachten, wird die Darstellung auf folgende drei Varianten reduziert:

1. Vollversorgung aus Abwärme,
2. Vollversorgung mittels Hackschnitzelkessel,
3. Vollversorgung mittels Luftwärmepumpe

Die Kombination mit weiteren Wärmeerzeugungsanlagen führt zu Mehrinvestitionen, die die Versorgung unattraktiver machen. Alle Varianten wurden mit einem Erdgaskessel besichert, der bei Defekt oder Wartung einer der Wärmeerzeugungsanlagen die Wärmebereitstellung absichert.

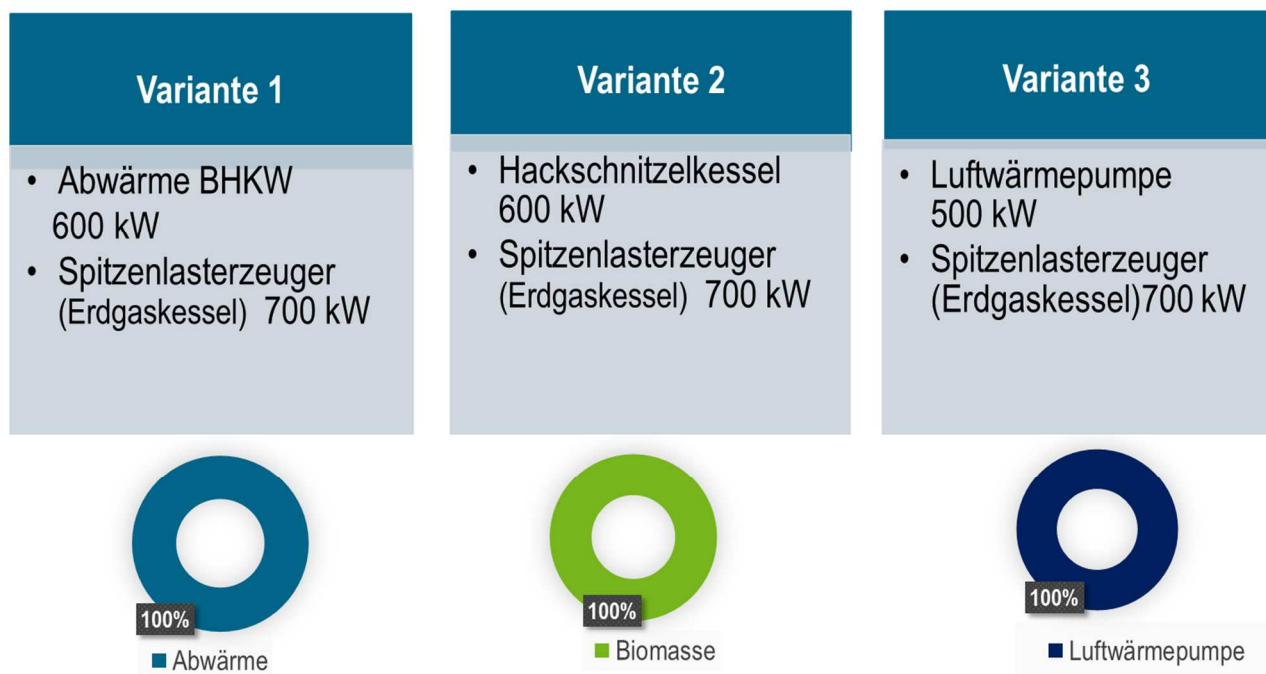


Abbildung 9-4 Erzeugeranteile der Versorgungsvarianten (Netzvariante 2 – Gundelsby)

Die Option der „fossilen Spitzenlastabdeckung“ stellt einen Kompromiss dar: Einerseits handelt es sich bei Erdgas noch um einen fossilen Energieträger, der mittelfristig zu ersetzen ist. Andererseits sind aufgrund der sehr begrenzten Einsatzzeiten die CO₂-Emissionen begrenzt und die

relativ geringen Investitionskosten eines solchen Kessels halten die Kosten des Gesamtsystems in Grenzen. So kann eine möglichst hohe Anschlussquote erreicht werden, d. h. es wird vermieden, dass sich sehr preissensible Haushalte nicht anschließen und bei ihrer derzeitigen, komplett fossilen Versorgung verbleiben, was per Saldo zu einer höheren CO₂-Belastung führen kann.

9.1.4.2 INVESTITIONSSCHÄTZUNG

Für die grobe Ermittlung der Investitionskosten wurden, soweit für die jeweilige Variante zutreffend, Ausgaben für Wärmepumpen-, Holzhackschnitzel- und Kesselanlage, Anlagentechnik und Installation sowie Infrastrukturmaßnahmen kalkuliert, die auf Erfahrungswerten von IPP ESN aus entsprechenden aktuellen Planungsarbeiten basieren und auf die projektspezifischen Gegebenheiten abgestimmt wurden.

In der Aufstellung der Investitionskosten sind darüber hinaus eine pauschale Preissteigerung und Kostenpositionen für Unvorhergesehenes bedacht, um eine für die Konzeptphase angemessene konservative Investitionskalkulation zu sichern. Neben der zusammenfassenden Darstellung in Abbildung 9-5 ist eine detaillierte Darstellung der Berechnung der Investitionskosten in Tabelle 17-2 im Anhang aufgeführt.

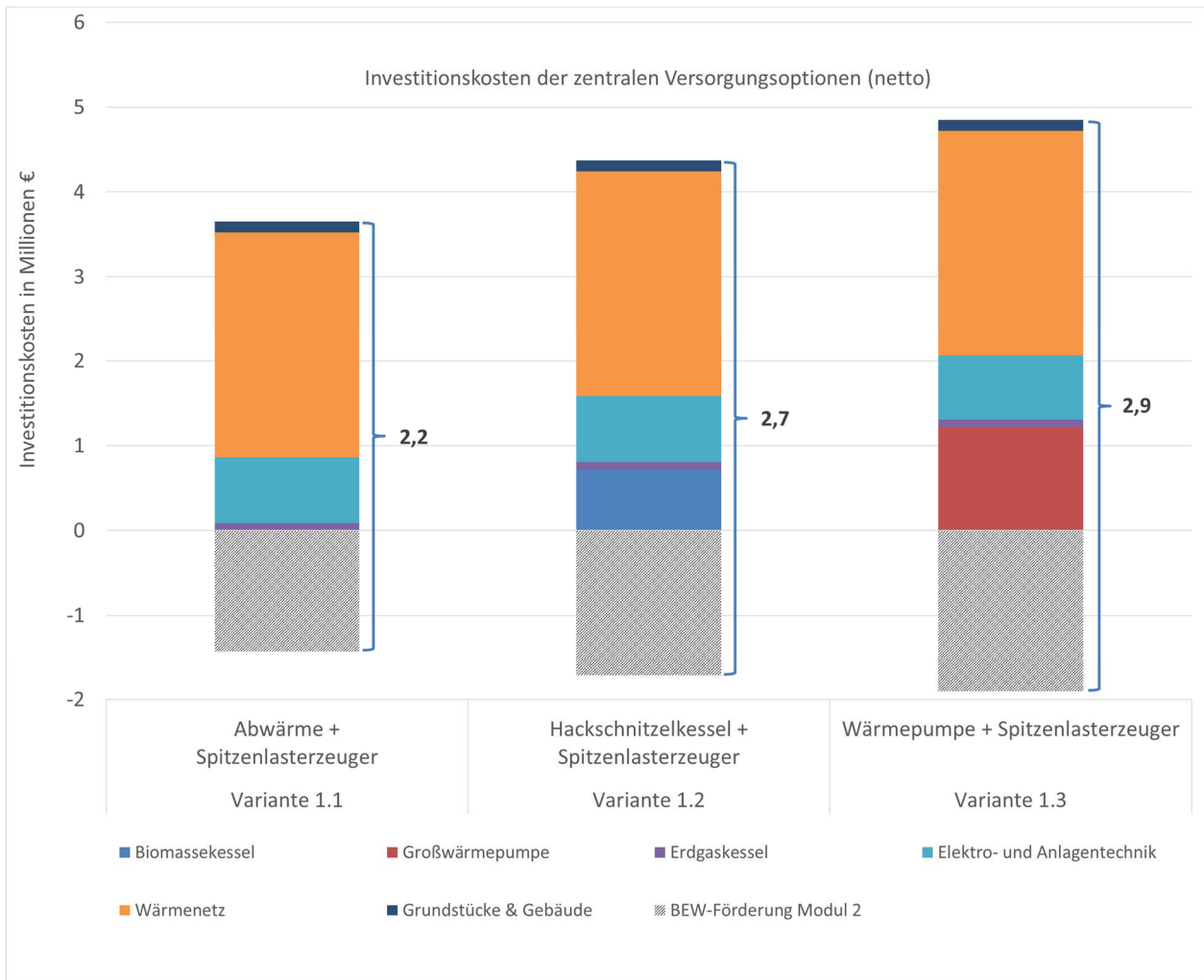


Abbildung 9-5: Investitionskosten abzüglich der BEW-Förderung der unterschiedlichen Versorgungsoptionen

Abbildung 9-5 stellt die Investitionskosten aufgeteilt nach den unterschiedlichen technischen Systembestandteilen und die Höhe der Fördermittel dar. Rechts neben den jeweiligen Varianten ist die langfristig zu finanzierende Summe abzüglich der Förderung dargestellt. Den allergrößten Anteil an der Investition entfällt mit 2,66 Mio. € auf das Wärmenetz (orange).

Die Investitionen gehen als jährlich gleichbleibende Zahlung in die Wirtschaftlichkeitsberechnung ein. Die kapitalgebundenen Kosten orientieren sich an der Nutzungsdauer der technischen Anlagen gemäß VDI-Richtlinie 2067 Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen (Bundesfinanzministerium, 2000).

Folgende technische Nutzungszeiträume wurden angenommen:

- Holzkessel: 20 Jahre
- Photovoltaik: 20 Jahre
- Wärmepumpe / Erdsonden: 18 Jahre / 40 Jahre
- Erdgaskessel: 20 Jahre
- Anlagentechnik und Installation: 15 Jahre
- Bautechnik (inkl. Wärmenetz): 40 Jahre
- Gebäude und Außenanlagen: 50 Jahre

Um die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes erneuerbarer Energieträger im Wärmebereich zu verbessern, können in der Regel Fördermittel auf Landes- und Bundesebene in Form von zinsgünstigen Krediten und direkten Zuschüssen in Anspruch genommen werden. Die staatliche Förderung erfolgt derzeit nach den Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung Erneuerbarer Energien im Wärmemarkt und besteht aus zwei alternativen Förderoptionen. Diese umfassen zum einen Investitionszuschüsse über das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) und zum anderen zinsverbilligte Darlehen und Tilgungszuschüsse über die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW).

Mit der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) werden der Neubau von Wärmenetzen mit hohen Anteilen erneuerbaren Energien sowie die Dekarbonisierung von bestehenden Netzen gefördert. Das Förderprogramm sieht sowohl eine systematische Förderung für erneuerbare und klimaneutrale Neubaunetze mit maximal 40 % der förderfähigen Ausgaben für die Investitionen in Erzeugungsanlagen und Infrastruktur vor, als auch eine Betriebskostenförderung für Solarthermieanlagen und Wärmepumpen (BAFA, 2022 b). Die Gesamtförderung wird auf die Wirtschaftlichkeitslücke begrenzt. Hierfür muss aufgezeigt werden, dass „die beantragte Förderung unter Berücksichtigung sämtlicher Kosten-, Erlös- und Förderkomponenten über die Lebenszeit des zu fördernden Projekts sowie eines plausiblen kontrafaktischen Falls für die Wirtschaftlichkeit des Vorhabens erforderlich ist“ (BMWK, 2022).

Die maximal möglichen Förderungen über die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) liegen entsprechend den Versorgungsvarianten und den tatsächlich zu verlegenden Leitungslängen hier zwischen ca. 1,3 und 2 Mio. €.

Neben den bereits genannten Förderprogrammen, welche sich dadurch auszeichnen, dass sie bei Einhaltung der technischen und organisatorischen Vorgaben durch den Fördermittelgeber im Rahmen der Verfügbarkeit von Haushaltsmitteln gesichert zur Verfügung stehen, gibt es weitere investive Förderprogramme, bei denen die Mittel im Bewerbungsverfahren vergeben werden. Da die BEW-Förderung keine Kumulierung zulässt, stellen diese allerdings lediglich eine Alternative, jedoch keine ergänzende Förderung dar.

9.1.4.3 WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNGEN

Für die untersuchten Varianten wurde auf Basis der Investitionsschätzungen und der Energiebilanzen eine statische Wirtschaftlichkeitsberechnung anhand der Ein- und Auszahlungen in den Kategorien Kapital-, Betriebs-, Wartungs- und Instandhaltungs- sowie Energiebezugskosten durchgeführt (vgl. Abbildung 9-6). Die Bewertung der Wirtschaftlichkeit erfolgt über die Berechnung der Wärmegestehungskosten des Wärmeerzeugersystems. Darin werden alle Kosten abgebildet, was die Vergleichbarkeit mit anderen z. B. dezentralen Versorgungsoptionen erleichtert. Es wurde eine Anschlussquote von 80 % angenommen, die u. U. als ambitioniert angesehen werden kann.

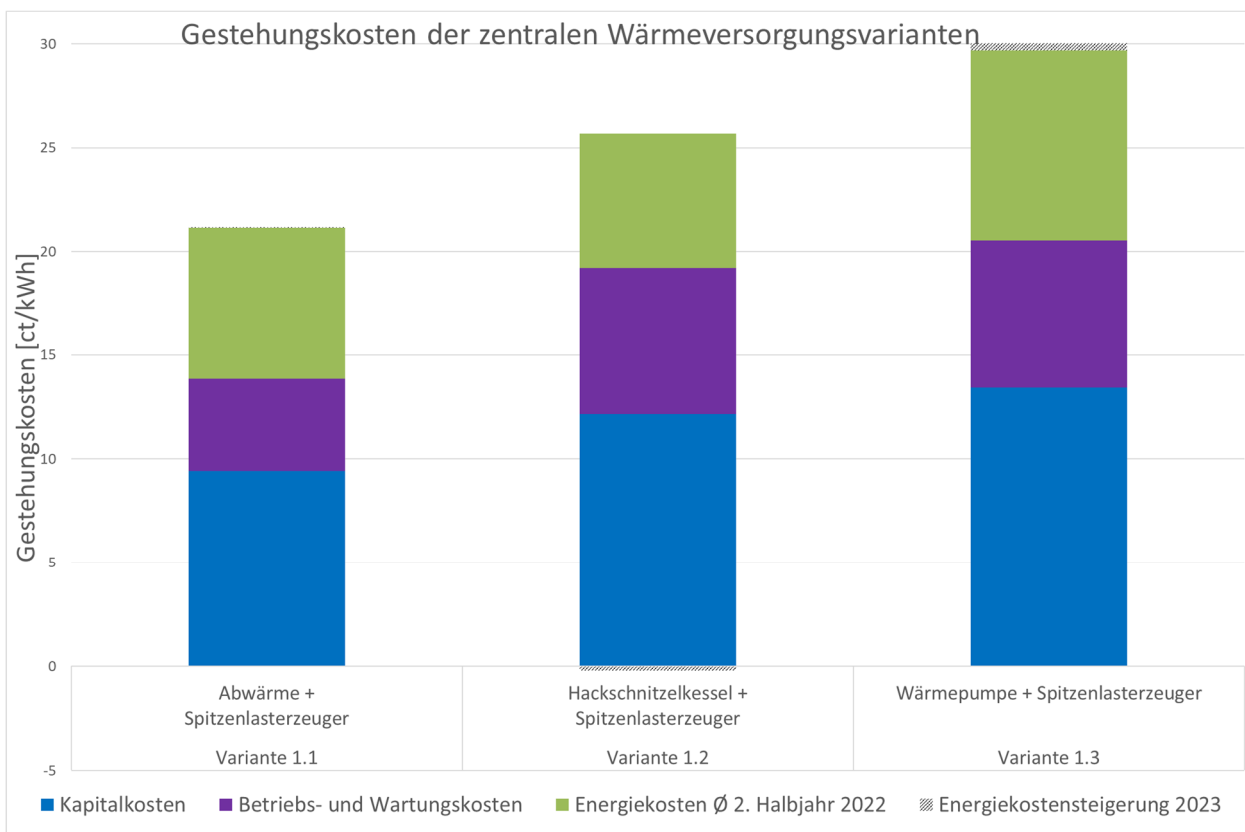


Abbildung 9-6: Gestehungskosten der zentralen Versorgungsvarianten

In Abbildung 9-6 sind die Gestehungskosten unterteilt in Kapitalkosten (blau), Betriebs- und Wartungskosten (rot) und Energiekosten (grün) der unterschiedlichen Versorgungsvarianten des Ortsteils Gundelsby. Die Preissteigerungen bzw. Preissenkungen des ersten Halbjahres 2023 sind in grau schraffiert dargestellt. Aufgrund der niedrigeren Investitions- und Betriebskosten für die Abwärmelösung ist Variante 1.1 die im Vergleich günstigste Option. Da keine lokalen Stromerzeugungsanlagen verfügbar sind, ist der Betrieb einer Wärmepumpe aufgrund hoher Kosten für den Bezug von Netzstrom die teuerste Lösung. Eine detaillierte Darstellung der Wirtschaftlichkeit ist Tabelle 17-3 im Anhang zu entnehmen.

Diese Aussagen gelten gleichermaßen für die anderen untersuchten Netzvarianten. Im Vergleich untereinander entstehen Kostenunterschiede zum einen durch die sehr ähnlichen, jedoch unterschiedlichen Wärmelinienlängen und zum anderen durch teilweise positive und teilweise negative Skalierungseffekte. So müssen in einem kleinen Netz ggf. zwei kleine Wärmepumpen eingesetzt werden, die im Gegensatz zu einer größeren Wärmepumpe in einem größeren Netz deutlich höhere Investitionskosten verursachen. Andersherum kann es genauso sein, dass ein größeres Netz die Leistungskapazitäten einer Wärmepumpe gerade überschreiten und die Investition in eine weitere erfordern und damit zu Mehrkosten beitragen.

9.1.5 CO₂-BILANZ UND PRIMÄRENERGIEFAKTOR

Auf Basis der CO₂-Emissionsfaktoren aus Tabelle 7-2 wurden für die einzelnen Versorgungsszenarien die CO₂-Bilanzen erstellt. Hierbei wurde das Methodenpapier „BISKO“ – Bilanzierungs-Standard Kommunal zu Grunde gelegt, das vom Institut für Energie- und Umweltforschung GmbH

entwickelt wurde und für Energie- und Treibhausgasbilanzen Bilanzierungsregeln für Kommunen in Deutschland liefert (IfEU, 2019).

Die Nutzung von Abwärme aus KWK-Prozessen ist aufgrund der Aufwendungen der Produktion trotz Nutzung von biogenen Stoffen nicht klimaneutral. Eine kWh Wärme wird mit 40 g/kWh bewertet.

Bei der Verbrennung von Holzpellets und Hackschnitzeln werden im Gegensatz zu Heizöl und Erdgas nur die beim Herstellungs- und Veredelungsprozess sowie die beim Transport entstandenen Emissionen freigesetzt. Bei der Verwendung von Strom entstehen Treibhausgasemissionen - in erster Linie durch die Verbrennung fossiler Energieträger wie zum Beispiel Kohle - am Stromerzeugungsstandort, die dem Stromverbraucher am Verbrauchsort zugerechnet und durch die Auswahl der Stromherkunft wesentlich beeinflusst werden. Bei der Verbrennung von Biogas wird die zur Erzeugung und Verarbeitung und Transport der dafür notwendigen Biomasse und die zur Herstellung der Anlagenkomponenten bilanziert.³

Aktuell betragen die CO₂-Emissionen von dezentralen Öl-, Gas- und Stromheizungen im Quartier aus der Wärmeversorgung (Heizung + Warmwasser) 3.277 t/a. In dem potenziell zu versorgenden Gemeindeteil Gundelsby können bei einer Anschlussquote in Höhe von 80 % ca. 76 Gebäude zentral versorgt werden. Bei allen anderen Gebäuden wird angenommen, dass diese so versorgt werden, wie bisher. Bei der Versorgung auf Basis von Abwärme und einem Erdgasspitzenlastkessel ergeben sich im Vergleich zu den gegenwärtigen Heizsituationen in Gundelsby Einsparungen der CO₂-Emissionen von etwa 55 %, bei verbleibenden CO₂-Emissionen von 378 t/a (vorher 837 t/a. Bezogen auf das gesamte Quartier entspricht dies einer Reduktion um 14 % auf 2.819 t/a.

Erfolgt die zentrale Wärmeversorgung des Quartiers alternativ durch elektrisch betriebene Luftwärmepumpen, sinken die Emissionen insbesondere aufgrund des Bezugs von Strom aus dem öffentlichen Netz innerhalb des Quartiers lediglich um 11 % auf 762 t/a. Aufgrund der aktuell noch fossilen Erzeugungsanteile des deutschen Strommix wirkt sich dies negativ auf die Bilanz aus. Hier könnte angesichts der in Schleswig-Holstein bilanziell bei über 100 % liegenden Stromerzeugung aus regenerativen Energieträgern und häufigen Zeiten mit Einspeisemanagement allerdings kontrovers diskutiert werden, ob der Ansatz der Emissionen des bundedeutschen Strommix im schleswig-holsteinischen Netzgebiet angemessen ist. Bei einem Bezug von Ökostrom wäre darauf zu achten, dass „echter“ Ökostrom eingesetzt wird, bei dem Herkunftsnachweise und Bezugsquelle gekoppelt sind (Zerger, 2020).

Tabelle 9-3 stellt die CO₂-Bilanzen der Versorgungsvarianten für das untersuchte Wärmenetz in Gundelsby dar.

³ Der Strom für die Umwälzpumpen wird in beiden Fällen dem Wärmenetz zugerechnet.

Tabelle 9-3: CO₂-Emissionen der zentralen Wärmeversorgung

	V1.1 Abwärme + Spitzenlasterzeuger	V1.2 Hackschnitzelkessel + Spitzenlasterzeuger	V1.3 Wärmepumpe + Spitzenlasterzeuger	Dimension
Emissionsfaktor				
spezifische Emissionsfaktor von Erdgas	247	247	247	g/kWh
CO ₂ -Emissionen Erdgas	0,0	0,0	0,2	t CO ₂ /a
spezifische Emissionsfaktor von Solarthermie	24	24	24	g/kWh
CO ₂ -Emissionen Solarthermie	0,0	0,0	0,0	t CO ₂ /a
spezifische Emissionsfaktor von Biomasse	25	25	25	g/kWh
CO ₂ -Emissionen Biomasse	0,0	66,5	0,0	t CO ₂ /a
spezifische Emissionsfaktor von Strom	475	475	475	g/kWh
CO ₂ -Emissionen Strom	1,07	11,8	594,7	t CO ₂ /a
spezifische Emissionsfaktor von Direktstrom (EE)	0	0	0	g/kWh
CO ₂ -Emissionen Direktstrom (EE)	0,0	0,0	0,0	t CO ₂ /a
spezifische Emissionsfaktor von Biogas-Wärme	40,0	0,0	0,0	g/kWh
CO ₂ -Emissionen Biogas-Wärme	210	0	0	t CO ₂ /a
spezifische CO₂-Emissionsfaktor	114	42	322	g/kWh
CO₂-Emissionen	211	78	595	t CO₂/a

In der Gesamtbilanz werden die Emissionen der nicht angeschlossenen Gebäude, bei denen unterstellt wird, dass die Beheizung wie bisher bestehen bleibt, berücksichtigt.

Tabelle 9-4: Gesamtbilanz der CO₂-Emissionen durch die Wärmeversorgung

	V1.1 Abwärme + Spitzenlasterzeuger	V1.2 Hackschnitzel- kessel + Spitzenlas- terzeuger	V1.3 Wärmepumpe + Spitzenlasterzeu- ger	Dimension
Emissionen aus zentraler Wärme- versorgung	211,3	78,3	594,8	t CO ₂ /a
Emissionen aus dezentraler Wär- meversorgung	2.607,5	2.607,5	2.607,5	t CO ₂ /a
Gesamtemissionen pro Jahr	2.819	2.686	3.202	t CO₂/a

Für die Ermittlung der Emissionen durch den Einsatz von Strom, welcher für den Betrieb der Anlagentechnik benötigt wird (z. B. Steuer- und Regelungstechnik der Wärmeerzeuger, Hochleistungspumpen zur Förderung des Wassers im Wärmenetz), wurde der spezifische Emissionsfaktor für den deutschen Strommix angesetzt. Aufgrund der jährlichen Zunahme des Erneuerbare-Energien-Anteils an der Stromerzeugung in Deutschland werden die Emissionen des deutschen Strommix in Zukunft niedriger ausfallen.

Kritisch bei der Bewertung des Einsatzes von Erdgas im Spitzenlastkessel ist der Methanschluß, d. h. der Teil des Erdgases, das unverbrannt durch den Verbrennungsraum von Erdgaskesseln schlüpft (Traber & Fell, 2019). Diese ist in den üblichen Emissionsfaktoren gemäß BSKO-Bilanzierung wie in Tabelle 7-2 dargestellt noch nicht enthalten. Die Klimawirkung von Methan ist dabei etwa 25 mal so hoch wie die von CO₂. Hier gibt es jedoch bisher keine abschließenden quantitativen Bewertungen; so dürfte die Höhe des Methanschlupfs auch von der konkreten Anlagentechnik abhängen.

Da eine komplette kurzfristige Umsetzung der Gebäudesanierungen als sehr unwahrscheinlich erscheint, werden die Primär- und Endenergiebedarfe für den aktuellen Gebäudebestand angegeben.

Der Primärenergiebedarf der einzelnen Versorgungsvarianten für die untersuchten Wärmenetze ergibt sich aus dem Nutzwärmebedarf multipliziert mit dem berechneten Primärenergiefaktor. Tabelle 9-5 stellt die Primärenergiebedarfe der Versorgungsvarianten für Gundelsby bei einer Anschlussquote in Höhe von 80 % dar. Die Primärenergiefaktoren der Versorgung mittel BHKW-Abwärme oder mittels Hackschnitzelkessel liegen mit 0,3 am unteren Grenzwert, der nach §22 (3) GEG als unterer Grenzwert festgelegt ist. Dahingegen wird die Versorgungsvariante mit einer Wärmepumpe, die den Strom aus dem öffentlichen Netz bezieht mit 0,81 primärenergetisch deutlich schlechter bewertet.

Tabelle 9-5: Primärenergiebedarf der zentralen Wärmeversorgung

	V1.1 Abwärme + Spitzenlasterzeug- er	V1.2 Hackschnitzelkes- sel +Spitzenlaste- rzeuger	V1.3 Wärmepumpe + Spitzenlasterzeug- er	Dimension
Primärenergiefaktor				
Primärenergiefaktor von Erdgas	1,1	1,1	1,1	
Primärenergiebedarf Erdgas	0	0	719	kWh _{Hi} /a
Primärenergiefaktor von Biogas- Wärme/Abwärme	0,2	0,0	0,0	
Primärenergiebedarf Biogas-Wärme	450.267	0	0	kWh _{Hi} /a
Primärenergiefaktor von Holz	0,2	0,2	0,2	
Primärenergiebedarf Holz	0	531.736	0	kWh _{Hi} /a
Primärenergiefaktor von Umwelt- wärme	0	0	0	
Primärenergiebedarf Umweltwärme	0	0	0	kWh _{th} /a
Primärenergiefaktor von Netz-Strom	1,8	1,8	1,8	
Primärenergiebedarf Netz-Strom	4.052	24.850	4.062	kWh _{el} /a
Primärenergiefaktor von Netz-Strom (Großwärmepumpe)	1,2	1,2	1,2	
Primärenergiebedarf Netz-Strom (Großwärmepumpe)	0	0	1.499.643	kWh _{el} /a
Primärenergiefaktor von Direkt- strom (EE)	0	0	0	
Primärenergiebedarf Direktstrom (EE)	0	0	0	kWh _{el} /a
Primärenergiefaktor	0,30	0,30	0,81	
Primärenergiebedarf	454.319	556.587	1.504.424	kWh _{Hi}

9.2 BETREIBERKONZEPTE

Aufgrund der Bestandsnetze gibt es im Quartier bereits etablierte Verhältnisse, wenn es um das Eigentum und den Betrieb des Netzes geht. Da im Rahmen der Versorgung größerer Teile der Gemeinde bzw. des Quartiers entsprechend größere Investitionen getätigt werden müssen, kann auch andere Modelle in Betracht gezogen werden. Grundsätzlich sind verschiedene Funktionen zu erfüllen:

- Aufbau des Wärmenetzes,
- Betrieb des Wärmenetzes,
- Aufbau zusätzlicher Wärmeerzeugungsanlagen,
- Betrieb der Wärmeerzeugungsanlagen,
- verwaltende Tätigkeiten (Abrechnungen etc.).

Diese Funktionen können grundsätzlich von unterschiedlichen Unternehmen wahrgenommen werden. Auch der Betrieb von Wärmeerzeugungsanlagen kann sich wiederum auf verschiedene Anbieter verteilen. Selbst wenn die Gesamtverantwortung in einer Hand liegt, können Teilfunktionen an externe Dienstleister vergeben werden oder Kooperationen (Joint Venture) aus lokalen Akteuren und externen Dienstleistern gegründet werden. Kriterien für die Entscheidung sind unter anderem

- Erfahrung, Effizienz, Professionalität;
- Skaleneffekte / Preis;
- Maximierung der regionalen Wertschöpfung;
- Vermarktung / Identitätsstiftung bei den potenziellen Kunden.

Eine Übersicht über verschiedene Modelle zeigt Tabelle 9-6.

Tabelle 9-6: Übersicht über mögliche Betreibermodelle

MODELL	VORTEILE	NACHTEILE
BESTANDSNETZBETREI- BER	• Versorgt bereits Kunden • Alles aus einer Hand, Erhöhtes Eigeninteresse Wärme zu verkaufen, um den Weiterbetrieb der Biogasanlage zu sichern.	• Begrenzte Finanzkraft • Technische und Betriebsführung bis zu gewissen Größenordnungen eigenständig machbar.
BÜRGERENERGIEGENOS- SENSCHAFT	• Abnehmer als Miteigentümer (identitätsstiftend!) • ggf. auch andere Versorgungen (Strom etc.) möglich • Wertschöpfung verbleibt zu großen Teilen in der Kommune	• Aufwand für Gründung und Aufbau der institutionellen und technischen Infrastruktur • Hohes Engagement von „Treibern“ nötig • Erfahrung mit Wärmenetzen und Wärmeherzeugung ebenso wie mit Abrechnung fehlt i. d. R. zunächst
KOMMUNE / KOMMUNALES EVU / AMTSWERKE	• auch andere Versorgungen (Strom etc.) möglich • ggf. Kommunalkreditkonditionen • Wertschöpfung verbleibt zu großen Teilen in der Kommune	• Aufwand für Gründung und Aufbau der institutionellen und technischen Infrastruktur • Erfahrung mit Wärmenetzen und Wärmeherzeugung ebenso wie mit Abrechnung fehlt i. d. R. zunächst
EVU AUS DER REGION	• Know-how zu Errichtung, Betrieb i. d. R. vorhanden • Infrastruktur für Abrechnungen u. ä. vorhanden • ggf. Kommunalkreditkonditionen • ggf. kostengünstiger Einkauf (Mengen!) und Effizienzvorteile • Wertschöpfung verbleibt in (größerer) Region	• ggf. Interessenkonflikte wg. Gasverkauf • Erfahrung mit Wärmenetzen und den hier vorgesehenen Wärmequellen im Einzelfall zu prüfen
EVU AUS ANDEREN REGIONEN (CONTRACTOR)	• Know-how zu Errichtung, Betrieb vorhanden • Infrastruktur für Abrechnungen u. ä. vorhanden • ggf. kostengünstiger Einkauf (Mengen!) und Effizienzvorteile	• Erfahrung mit den hier vorgesehenen Wärmequellen zu prüfen • Gewinnmarge fließt aus der Region ab

Für Bürgerenergiegenossenschaften, die sich an verschiedenen Orten in Schleswig-Holstein gebildet haben, spricht vor allem der auch unter Vermarktungseffekten wichtige Effekt, dass die Bürger ihre Energieversorgung in die eigene Hand nehmen, nicht mehr von Entscheidungen Dritter abhängen, mögliche Gewinne an die Nutzer zurückfließen und die Wertschöpfung in der Region gehalten werden kann. Die regionale Wertschöpfung und der Rückfluss von Gewinnen ist dabei

jedoch nur in dem Umfang möglich, indem die Wertschöpfung auch tatsächlich innerhalb der Genossenschaft erfolgt. Sie sinkt in dem Umfang, in dem Leistungen von außen eingekauft werden, wenn die Genossenschaft nicht selbst über die nötigen Arbeitskapazitäten oder Kompetenzen verfügt. Ihr Aufbau erfordert auf jeden Fall bürgerschaftliches Engagement und erfahrungsgemäß auch einige lokale „Treiber“, die sich der Gründung und des Aufbaus annehmen.

Grundsätzlich ähnlich gelagert ist die Situation, wenn die Kommune, ggf. über ein kommunales EVU, die Leistungen erbringt, nur dass die Kommune an die Stelle der Genossen tritt. Ein Vorteil könnten hier, gerade bei Investitionen in das Netz und auch in Erzeugungsanlagen, die Kommunalkreditkonditionen sein. Zudem kann die Kommune die Refinanzierung des Netzes über die gesamte Lebensdauer von etwa 40 Jahren kalkulieren. Contractoren könnten sich dagegen möglicherweise, wenn sie Unsicherheiten hinsichtlich der langfristigen Nutzung sehen und keine Übergabvereinbarungen mit der Kommune bestehen, bei ihrer Kalkulation an den anfänglichen Vertragslaufzeiten von 10 oder 15 Jahren orientieren, was zu höheren Kapitalkosten führt. Auch erwarten finanzierende Kreditinstitute in der Regel einen Rückfluss des investierten Kapitals innerhalb von 15 bis 20 Jahren.

9.3 DEZENTRALE VERSORGUNGSOPTIONEN

Als Kostenvergleich zu einer zentralen Wärmeversorgung sowie ggf. für die Teile des Quartiers, in denen wegen der geringen Wärmeabnahmedichte kein Wärmenetz in Frage kommt, wurden für ein quartierstypisches Einfamilienhaus verschiedene dezentrale Wärmeversorgungsoptionen gegenübergestellt. Die Berechnungen berücksichtigen dabei die seit Mitte August des Jahres 2022 geltenden Fördermöglichkeiten für den Heizanlagentausch aus der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BAFA, 2021), die in Tabelle 9-7 dargestellt sind.

Tabelle 9-7: Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)



Entscheidend für die Förderquote einer Erneuerung der Heizungsanlage ist, ob die bisherige Heizung eine Gas- oder Ölheizung war. Da sich auf Grundlage der Schornsteinfegerdaten ein hoher

Anteil an Gasheizungen im Quartier abschätzen lässt, wurde in den Berechnungen von einer dezentralen Gasheizung als aktuelle Versorgungsvariante ausgegangen.

Beim Austausch eines (vorhandenen) Gaskessels wurde davon ausgegangen, dass zusätzlich eine Solarthermieanlage errichtet wird, um so die Anforderungen von § 9 Abs. 1 EWKG zu erfüllen.⁴

9.4 VERGLEICH ZENTRALER UND DEZENTRALER VERSORGUNGSOPTIONEN

Für den Vergleich mit den dezentralen Versorgungsoptionen wurde die Variante 1.1, also die Nutzung der Abwärme aus dem BHKW ausgewählt. Diese ist mit spezifischen Kosten in Höhe von 21 ct/kWh die günstigste und preisstabilste Lösung und trägt darüber hinaus am meisten zur lokalen Wertschöpfung bei.

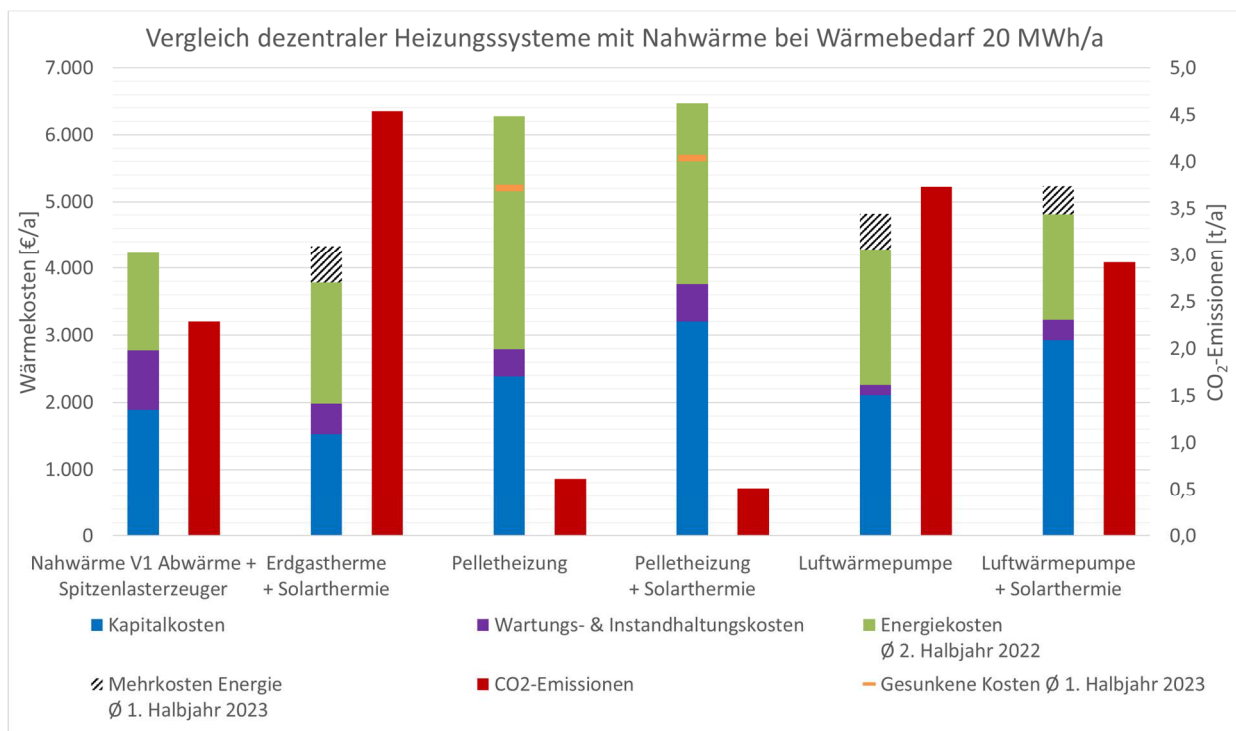


Abbildung 9-7: Vergleich dezentraler Heizungssystemen mit Nahwärme bei 20 MWh/a Wärmebedarf

Abbildung 9-7 vergleicht die Vollkosten und die Emissionen der zentralen und dezentralen Versorgungsoptionen. Dabei wird in die drei Preisbestandteile Kapitalkosten (blau), Wartungs- und Instandhaltungskosten (rot) und Energiekosten (grün) unterschieden. Die CO₂-Emissionen sind als separate Säule in rot dargestellt und der rechten Achse zugeordnet.

Der Vergleich der zentralen Wärmeversorgungen mit per Gesetz zugelassenen dezentralen Alternativen zeigt, dass die Kosten der zentralen Wärmeversorgung den Kosten einer dezentralen

⁴ „Beim Austausch oder dem nachträglichen Einbau einer Heizungsanlage ab dem 1. Juli 2022 sind die Eigentümerinnen und Eigentümer der betroffenen Gebäude, die vor dem 1. Januar 2009 errichtet wurden, verpflichtet, mindestens 15 Prozent des jährlichen Wärme- und Kälteenergiebedarfs durch Erneuerbare Energien zu decken. ...“

Gasheizung entsprechen und günstiger sind als die regenerativen Alternativen. Dezentrale Luftwärmepumpen setzen allerdings voraus, dass das Gebäude für die Versorgung mittels Wärmepumpe geeignet ist. Nicht berücksichtigt wurden Kosten für z. B. den Austausch der Heizkörper, um niedrigere Vorlauftemperaturen zu ermöglichen.

Die Gasheizung war zu Spitzenzeiten der Energiekrise die teuerste Lösung. Inzwischen ist das nicht mehr der Fall, sie bleibt aber die mit Abstand klimaschädlichste Versorgungsvariante. Die weiteren Entwicklungen der Energiepreise sind schwer abzuschätzen. Absehbar ist jedoch, dass der steigende CO₂-Preis und die Kosten für den Betrieb eines Gasnetzes, dessen Betriebskosten aufgrund der Umstellung vieler Haushalte von immer weniger Kunden getragen werden müssen, langfristig zu Preissteigerungen führen wird. Zudem ist der Neubau einer Gasheizung nach GEG nicht mehr zulässig bzw. müssen, sofern er während der vom GEG definierten Übergangsfristen erfolgt, ab 2025 zunehmende Anteile erneuerbarer Gase eingesetzt werden.

Die orangenen Markierungen zeigen den Preisstand der Versorgung mit einer Pelletheizung nach der Energiekrise. Die Betriebskosten sind durch massive Preissteigerungen des Brennstoffs angestiegen, haben sich inzwischen aber weitestgehend erholt.

Die CO₂-Bilanz zeigt das deutliche Einsparpotenzial eines Wärmenetzes gegenüber dezentralen Lösungen. Die Verwendung von Biogas in einem BHKW-Prozess wird mit 40 g/kWh bewertet. Dazu kommen Emissionen für den Strom der Netzpumpen und der sonstigen technischen Elemente. So ist im Vergleich zu einer Erdgastherme zzgl. einer Solarthermieanlage eine Reduktion der jährlichen Emissionen von 4,5 t auf 2,3 t, also nahezu die Halbierung der Emissionen möglich. Die Emissionen der Wärmepumpe wurden mit dem Emissionsfaktor des Bundesstrommix bilanziert. Sollte man Ökostrom beziehen, wäre die Versorgung bilanziell klimaneutral. Bei Nutzung von holziger Biomasse wird ein Emissionsfaktor in Höhe von 20 g/kWh angesetzt. Daher schneiden die dezentralen Pelletheizungen am besten ab. Daher wäre auch die zentrale Versorgung mittels Hackschnitzelkessel im Sinne der Emissionen die effizienteste Lösung. Da die Variante unter Nutzung von Abwärme aus dem Biogas-BHKW am günstigsten und die Umsetzung dieser Variante am wahrscheinlichsten ist, wird diese in der Gesamtbilanz berücksichtigt.

Bei Vergleich von Wärmenetz und dezentralen Versorgungsvarianten ist zu berücksichtigen, dass bei der Nahwärmeversorgung zunächst eine Anschlussquote von 80 % angenommen wurde und sich durch eine niedrigere / höhere Anschlussquote die Wirtschaftlichkeit zentraler Lösungen verschlechtert / verbessert.

Da in allen Berechnungen Annahmen eingeflossen sind und Brennstoffpreise ebenso wie Investitionskosten sich weiter ändern werden, ist die heute seriös zu treffende Aussage vor allem die,

- dass die Kosten für eine Nahwärmeversorgung über ein Wärmenetz aufgrund der Struktur der Gemeinde und dem aktuell hohen Zins teurer sind als dezentrale Versorgungsoptionen über Wärmepumpen,
- dass aber eine Nahwärmeversorgung aufgrund der Nutzung regional erzeugten Abwärme aus Biomasse aufgrund langfristiger Konditionen voraussichtlich den Vorteil einer deutlich höheren Preisstabilität aufweist.

Da in diesen getroffenen Annahmen im Rahmen eines Quartierskonzeptes systembedingt noch Ungenauigkeiten liegen, wurden im Kapitel 9.5 unterschiedlichste Sensitivitätsanalysen durchgeführt, in denen wesentliche die Kosten beeinflussende Parameter variiert wurden.

9.5 SENSITIVITÄTSANALYSEN

Anhand eines typischen Einfamilienhauses im Quartier wurden die jährlichen durchschnittlichen Wärmekosten über 10 Jahre unter Veränderung von jeweils einem wesentlichen Berechnungsparameter variiert. Dabei wurde keine Inflation unterstellt. Diese Systematik zeigt Chancen und Risiken eines Projektes auf und lässt auch eine Nutzung der zuvor erstellten Berechnungen unter geänderten Rahmenbedingungen zu. Wenn z. B. Energiepreise sich verändern, kann anhand der Grafiken die Auswirkung auf das Projekt überschlägig ermittelt werden.

Wichtig ist vor allem, ob sich bei der Variation die Rangfolge der Wirtschaftlichkeit der Versorgungsvarianten verändert, d. h. die Entscheidung für eine bestimmte Versorgungsvariante bei sich ändernden Bedingungen ab einem bestimmten Punkt unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten anders ausfallen könnte.

Zur Abschätzung wirtschaftlicher Chancen und Risiken durch sich verändernde Energiepreise bedarf es zunächst der Quantifizierung möglicher Energiepreisentwicklungen. Für den fossilen Energieträger Erdgas werden die Wärmepreise der Versorgungsvarianten innerhalb einer Preisspanne von 10 bis 40 ct/kWh ermittelt, was auch sehr stark schwankende Kosten, wie sie u. a. durch den russischen Angriffskrieg auf die Ukraine verursacht wurden, berücksichtigt. Für den Netzstrombezug wurde eine Preisspanne zwischen 20 und 70 ct/kWh betrachtet

Es lässt sich feststellen, dass es im Vergleich zu Hackschnitzeln für Holzpellets in der jüngeren Vergangenheit erhebliche Preisveränderungen – Preissteigerungen von über 70 % in den Monaten Mai 2021 bis Februar 2022 – gab (C.A.R.M.E.N., 2022). Nimmt die Anzahl von Holzpelletsheizungen in starkem Maße zu, ohne dass zusätzliche Angebote auf den Markt kommen, können weitere Preissteigerungen einsetzen.

Die zu erzielenden Preise für die erzeugte Biogaswärme in Biogasanlagen (unbesicherte Leistung) schwanken laut Studie der Hochschule für Umwelt und Wirtschaft Nürtingen-Geislingen und des Fachverband Biogas e. V. stark. Viele Anlagenbetreiber geben die Wärme kostenlos ab,⁵ während andere Spitzenpreise von bis zu 9 ct/kWh und mehr verlangen

Die Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen hängt wesentlich von der Anschlussquote ab – je höher die Anschlussquote, desto stärker werden die erforderlichen Investitionskosten auf viele Schultern verteilt. Aus diesem Grund wurde ebenfalls das Risiko / die Chance einer geringeren / höheren Anschlussquote in Folge einer anderen Anzahl der an das Wärmenetz angeschlossenen Abnehmer der Wohngebäude berücksichtigt.

Tabelle 9-8 gibt einen Überblick über die Eingangsparameter der Sensitivitätsanalyse. Für die wirtschaftliche Bewertung der zentralen Versorgungsvarianten wurde der durchschnittliche Preis von Gas, Strom, Hackschnitzeln und Holzpellets angesetzt, der bisher im ersten Halbjahr (Stand 08/2023) eingetreten ist.

Tabelle 9-8: Eingangsparameter der Sensitivitätsanalyse

PREISCHANCEN / -RISIKEN	
Entwicklung der Biogaswärme	0 bis 12 ct/kWh
Entwicklung des Strompreises	20 bis 90 ct/kWh

⁵ Sie profitieren ggf. dennoch, da sich je nach Förderregime die Vergütung für den Strom durch die Abwärmenutzung erhöhen kann.

Entwicklung des Hackschnitzelpreises

0 bis 15 ct/kWh

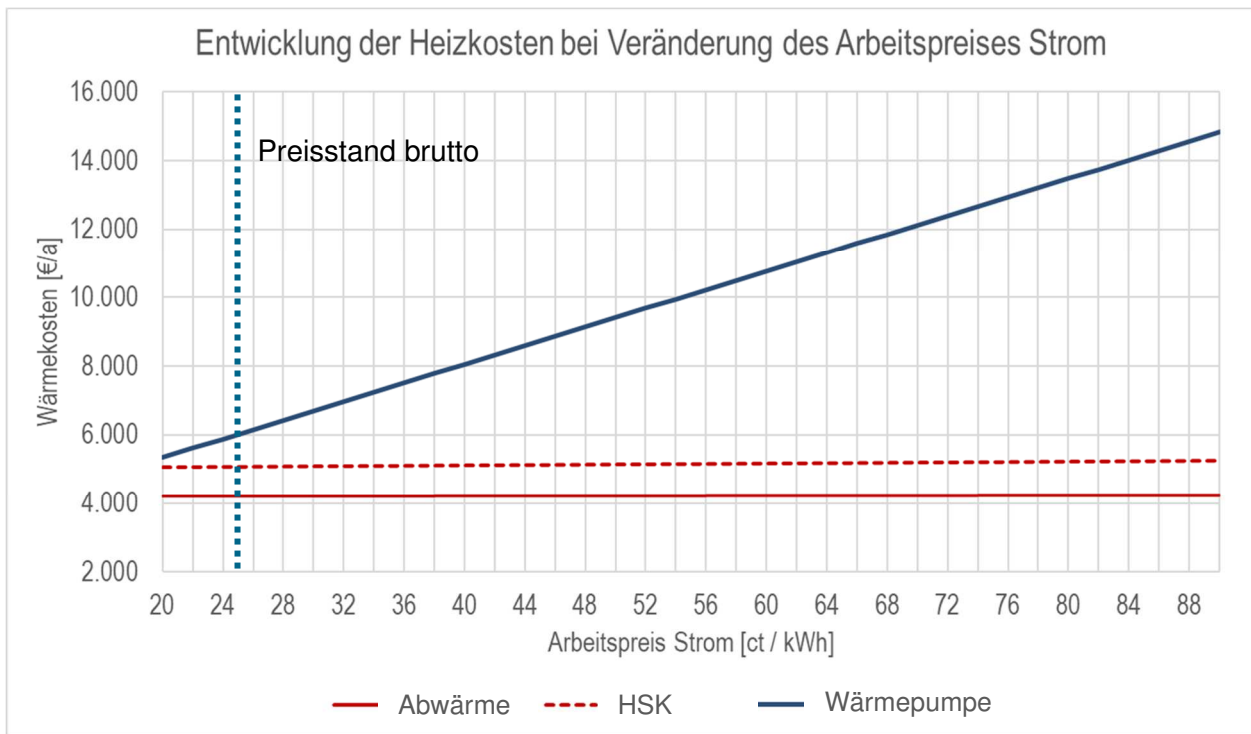


Abbildung 9-8: Wärmekosten bei verschiedenen Preissteigerungsraten für Strom

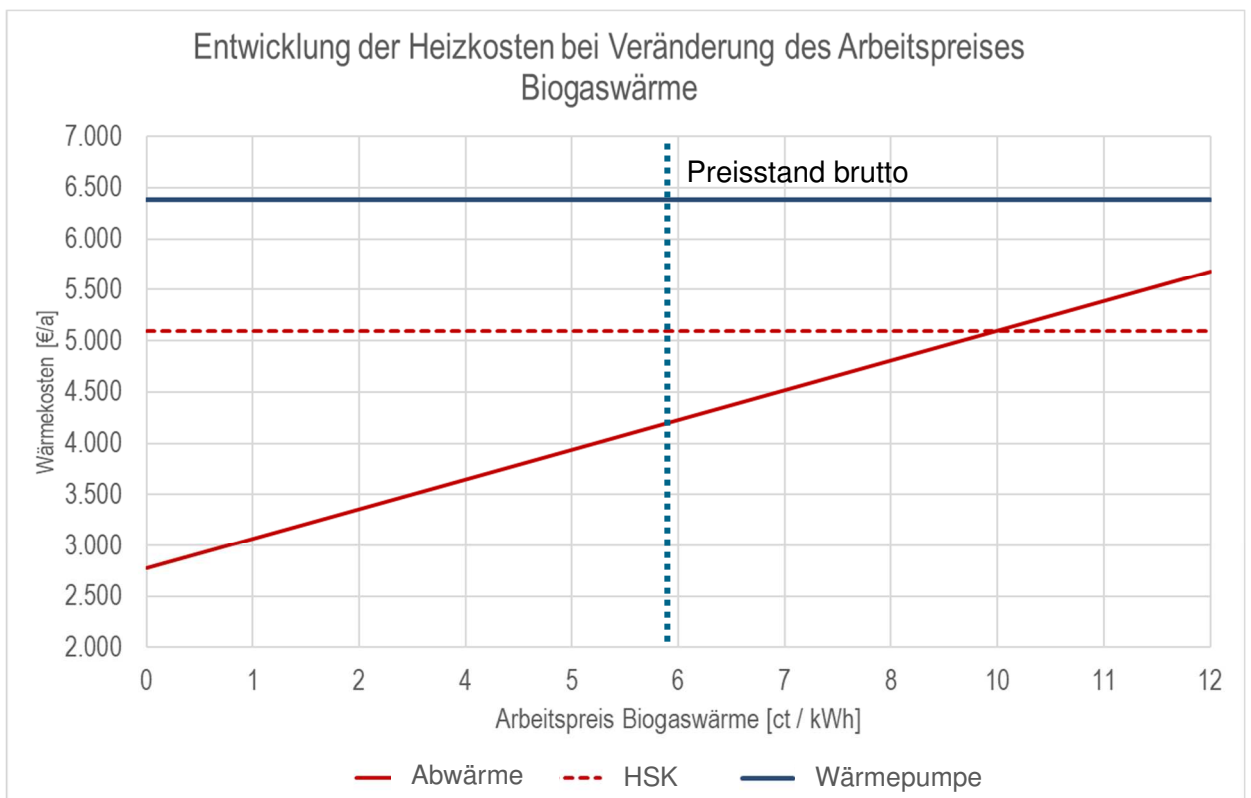


Abbildung 9-9: Wärmekosten bei verschiedenen Preissteigerungsraten für Abwärme

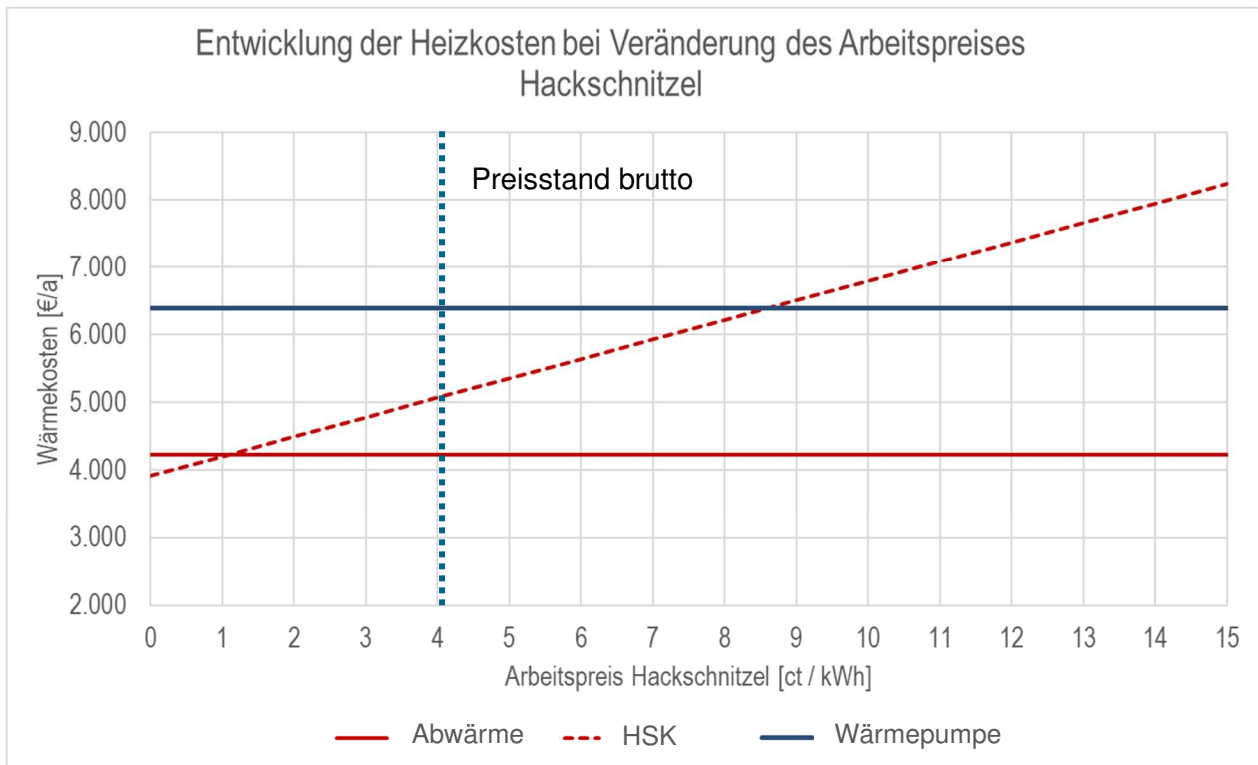


Abbildung 9-10: Wärmekosten bei verschiedenen Preissteigerungsraten für Hackschnitzel

Die Sensitivitätsanalysen zeigen, dass alle getroffenen Variationen den Wärmepreis in unterschiedlichem Maße beeinflussen. Änderungen der Wirtschaftlichkeits-Rangfolge verschiedener Versorgungssysteme treten erwartungsgemäß bei stark steigenden Energiepreisen auf. Diese sind jedoch auch darauf zurückzuführen, dass in der Sensitivitätsanalyse immer nur ein Parameter, z. B. entweder der Preis von Strom oder der von Biomasse, verändert wurde. In der Praxis ist eine Korrelation der Preise zu erwarten. Die Variation der Abwärmekosten zeigt aber, dass ein Preisgleichstand mit der Versorgung mittels Hackschnitzelkessel erst bei Erhöhung von 6 ct/kWh auf 10 ct/kWh erreicht wird.

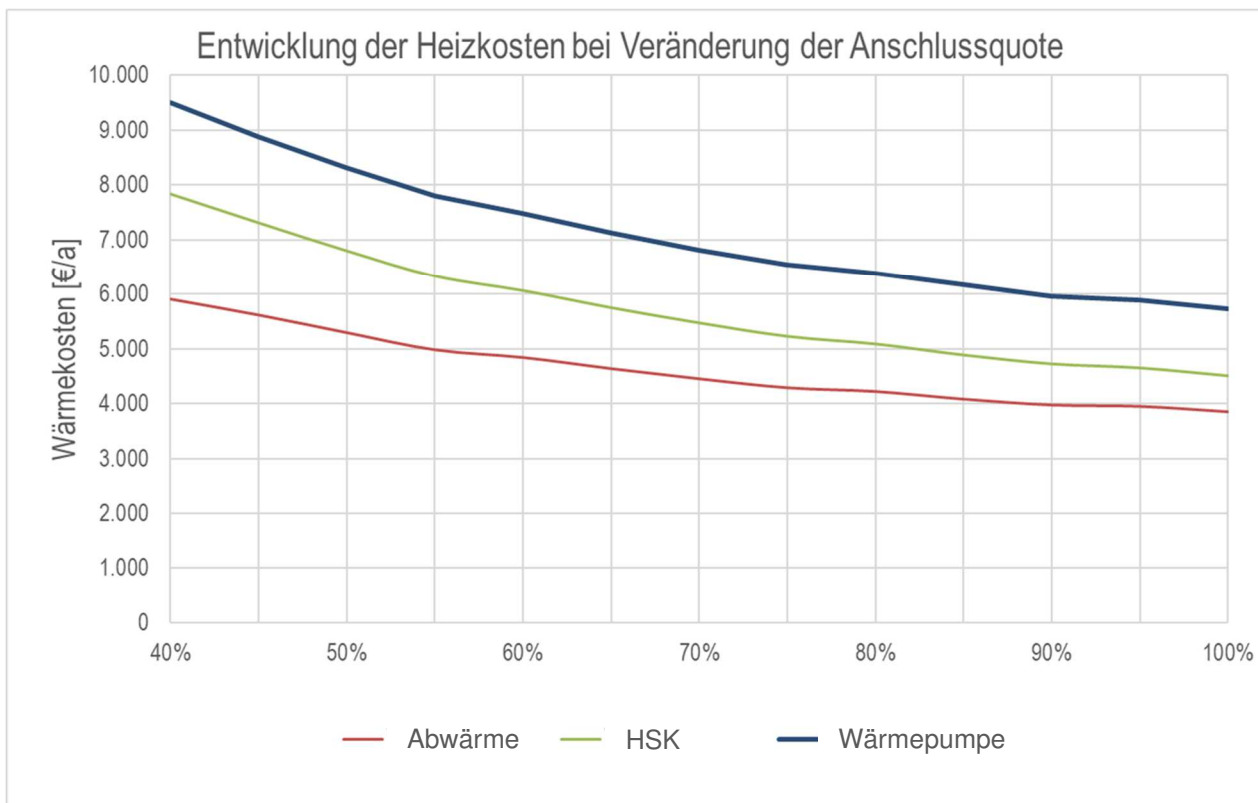


Abbildung 9-11: Wärmekosten bei unterschiedlichen Anschlussquoten

Der preisbestimmende Faktor bei Nahwärme ist die Anschlussquote. Je höher diese ausfällt, umso effizienter kann das Netz betrieben werden und umso mehr Parteien können die Kapitalkosten tragen. Abbildung 9-11 stellt die Jahreskosten eines Mehrfamilienhauses anhand der Anschlussquote dar. Sollte statt einer ambitionierten Anschlussquote in Höhe von 80 % lediglich 50 % erreicht werden können, ist mit einer Kostensteigerung von ca. 24 % zu rechnen.

9.6 VERGLEICH DER GESTEHUNGSKOSTEN MIT DURCHSCHNITTSWERTEN

Die Landeskartellbehörde für Energie hat im August 2023 einen Bericht zur Fernwärmeumfrage 2022 erstellt (MEKUN, 2023). Anlass der Untersuchung ist, dass Fernwärmepreise in Deutschland keiner behördlichen Genehmigungspflicht und keiner Preiskontrolle unterliegen. Grundsätzlich gilt aber die Einhaltung der Verbraucherschutzregelungen der Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Fernwärme (AVB-FernwärmeV). In diesem Bericht sind die Durchschnittspreise und durchschnittlichen Preissteigerungen der untersuchten Fernwärmenetze dargestellt. Durch den Vergleich mit diesen Werten sollen die Ergebnisse der Untersuchung eines potenziellen Wärmenetzes im aktuellen Markt eingeordnet werden.

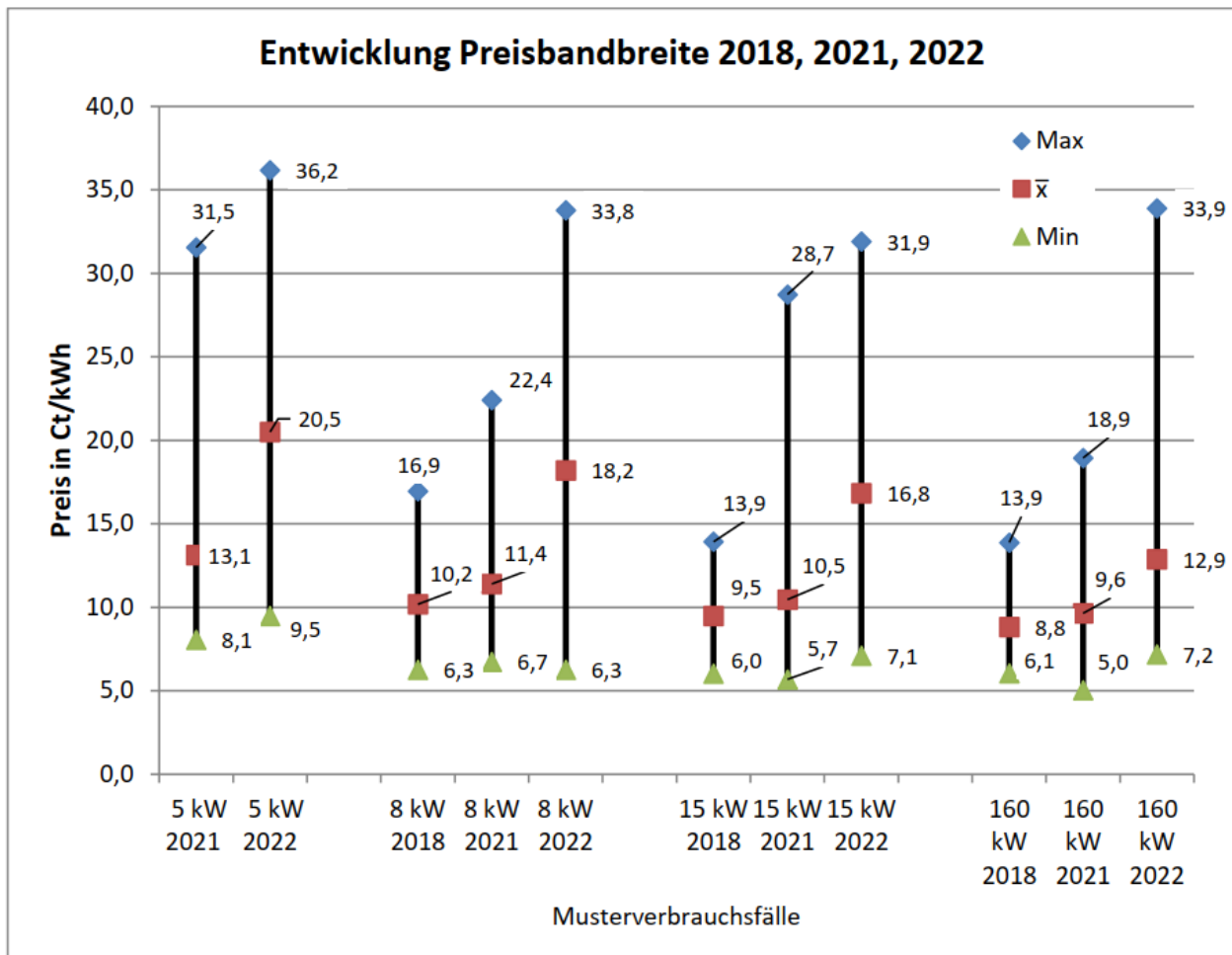


Abbildung 9-12 Preisbandbreite für Musterverbrauchsfälle (MEKUN, 2023)

Die Abbildung zeigt die minimalen, maximalen und durchschnittlichen Preise der Jahre 2018, 2021 und 2022 für unterschiedliche Lastfälle. Für den Vergleich werden die Werte für 15 kW Anschlussleistung herangezogen, da diese am ehesten den Lastfällen im Quartier entsprechen. Die Energiepreissteigerungen der 2020er Jahre führten nahezu zur Verdoppelung der durchschnittlichen Preise von 9,5 ct/kWh im Jahr 2018 auf 16,8 ct/kWh im Jahr 2022. Die maximalen Preise haben sich mit einer Steigerung von 13,9 ct/kWh auf 33,9 ct/kWh mehr als verdoppelt. Dabei gilt zu beachten, dass der vorherrschende Energieträger für die Wärmebereitstellung über Fernwärme in Schleswig-Holstein Erdgas ist. Dieser Energieträger war besonders von Preissteigerungen besonders betroffen. Die für Hasselberg berechneten Wärmeversorgungsoptionen nutzen Erdgas lediglich zur Deckung der Spitzenlasten und haben daher nur einen kleinen Anteil an den Kosten. Die Gestehungskosten liegen zwischen 21 und 31 ct/kWh (ohne Marge des Betreibers), also im Bereich der oberen Preise anderer Wärmenetzbetreiber in Schleswig-Holstein.

9.7 ENERGY SHARING: NUTZUNG LOKAL ERZEUGTER ELEKTRIZITÄT

Mit der Zunahme der elektrischen Wärmeversorgung durch Wärmepumpen oder durch die Elektrifizierung der Mobilität, wird der Strombedarf der meisten Haushalte in Hasselberg in den kommenden Jahren stark ansteigen. Die an das Quartier angrenzenden Flächen könnten Potenziale für Windenergieanlagen oder Freiflächenphotovoltaikanlagen bieten. Vor diesem Hintergrund galt zu prüfen, inwieweit dieser Strom von den Bewohnern lokal genutzt werden könnte.

Für Direktbelieferungen hinter dem Netzverknüpfungspunkt, d. h. ohne Nutzung des öffentlichen Netzes, fallen seit der Umsetzung des 2022er „Osterpaketes“ des BMWK die bei der Netzstromnutzung üblichen Umlagen nicht mehr an (Kapellmann und Partner Rechtsanwälte, 2022). Daraus könnte abgeleitet werden, dass auch sämtliche interessierten Haushalte in Hasselberg über Direktleitungen vom Windpark oder auch Photovoltaik-Freiflächenanlagen ohne Umlagenerhebung versorgt werden dürfen. Inwiefern ein damit teilweise entstehendes Parallelnetz, zu dem der allgemeinen Versorgung im Konflikt zu den geltenden Konzessionsverträgen stehen könnte und dessen Kosten-Nutzen-Verhältnis, waren nicht Gegenstand der Prüfungen des vorliegenden Quartierskonzeptes.

Das sog. „Energy Sharing“ unter Nutzung des öffentlichen Netzes ist unabhängig davon Gegenstand von Artikel 22 der EU-Richtlinie 2018/2001 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union, 2018). Andere Länder wie Italien, Österreich, Spanien, Portugal oder Frankreich haben die Richtlinie umgesetzt und so z. B. deutlich reduzierte Netzentgelte für Energy Sharing festgelegt (Solar Promotion, 2023). Eine Umsetzung auch in deutsches Recht ist gemäß Artikel 36 der Richtlinie seit dem 30.06.2021 überfällig, wird verschiedentlich gefordert (BEE, 2023) und ist im Koalitionsvertrag der die Bundesregierung tragenden Parteien für die aktuelle Legislaturperiode vorgesehen (SPD, Bündnis 90 / Die Grünen, FDP, 2021, S. 45).

Im Quartierskonzept erfolgte zu diesem Thema im Rahmen einer Lenkungsgruppensitzung am 25.09.2023 eine Diskussion mit Vertretern der BürgerEnergie Nord eG (BEN) und der SH-Netz. Fazit der Lenkungsgruppe war, dass über entsprechende Maßnahmen entschieden werden sollte, wenn die Umsetzung der o. g. EU-Richtlinie in deutsches Recht absehbar wird, oder ansonsten, wenn rechtliche Klärungen der Möglichkeiten einer breiteren Direktbelieferung auf anderer Ebene (z. B. seitens der kommunalen Landesverbände) erfolgt sind.

9.8 ZUSAMMENFASSUNG WÄRMEERZEUGUNG

Die Berechnungen haben gezeigt, dass der Aufbau einer leitungsgebundenen Wärmeversorgung sehr stark zur Senkung der CO₂-Emissionen beitragen kann. Durch Nutzung lokal erzeugten Windstroms kann diese Einsparung bis zu 76 % betragen.

Die Berechnungen haben ferner gezeigt, dass die Vergleiche verschiedener Energiesysteme sehr stark von der Entwicklung der Energiepreise abhängen. Eine besonders hohe Preisstabilität weist dabei die Nahwärmeversorgung im Vergleich zu dezentralen (jeweils hauseigenen) Heizanlagen auf. In den Ortsteilen Schwackendorf oder Gundelsby kann bei ambitionierten Anschlussquoten in Höhe von 80 % eine Nahwärmeversorgung zu Konditionen errichtet werden, die mit den Kosten von dezentralen Alternativen konkurrieren können. Im Kostenvergleich ggü. bereits bestehender Wärmenetze liegt die zentrale Versorgungsoption im mittleren bis oberen Preissegment. Dies ist aber derzeit aufgrund hoher Tiefbaukosten und Kapitalzinsen erwartbar.

In Außenbereichen der Gemeinde mit noch niedrigerer Wärmeabnahmedichte, insbesondere bei alleinstehenden Liegenschaften, lohnt sich die Versorgung über ein Wärmenetz wegen der hohen Investitionen und Wärmeverluste der Leitungen nicht. Für diese sind auf jeden Fall die aufgezeigten dezentrale Versorgungsoptionen zu nutzen.

In Entscheidungen sind neben den aktuellen Preisen und den CO₂-Emissionen weitere Faktoren mit einzubeziehen, wie etwa der höhere Komfort einer leitungsgebundenen Nah- / Fernwärmeversorgung. So besteht keine Notwendigkeit mehr, sich um Reparatur, Wartung, Brennstoffbeschaffung etc. der dezentralen Anlagen zu kümmern und, im Gegensatz zu Öl- oder Pelletheizungen, kein Platzbedarf für die Brennstoffbevorratung in den einzelnen Gebäuden. Dabei lassen sich die Kosten der Wärmeversorgung weiter senken, wenn zunächst adäquate Gebäudesanierungen durchgeführt werden (vgl. Kapitel 8).

10 PHOTOVOLTAIK

Ein weiterer wichtiger Baustein der Energiewende ist die Dekarbonisierung der Stromerzeugung. Photovoltaik-Anlagen (PV-Anlagen) auf Wohnhäusern bieten die Möglichkeit, sich an der Energiewende zu beteiligen und direkt von ihr zu profitieren. Gleichzeitig wird der Strom dort erzeugt, wo er verbraucht wird, und entlastet damit die Versorgungsnetze. Gerade im ländlichen Raum, in dem viele Menschen in Eigentum wohnen, ist neben der Eignung des Daches die Höhe der Investition die größte Hürde.

Die Gesetze zum beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien (Bundesregierung, 2022) haben zur teilweisen Entbürokratisierung für Anlagen bis zu einer Leistung von bis zu 30 kW_p beigetragen und die Vergütungssätze erhöht. Gleichzeitig sind durch die Krisen die Kosten für die Komponenten und die Installation gestiegen. Im folgenden Abschnitt wird ein Überblick über die technischen Möglichkeiten für ein im Quartier typisches Einfamilienhaus erläutert und die Kosten sowie die Wirtschaftlichkeit von PV-Anlagen dargestellt. Nach Redaktionsschluss der Berechnungen des Quartierskonzepts haben sich die Rahmenbedingungen weiter verändert. Zum Jahreswechsel 2022/23 wurde das EEG 2023 eingeführt und damit die Erhebung der Mehrwertsteuer auf Komponenten, Lieferung und Installationsarbeiten abgeschafft. Insofern sind die Gesamtkosten etwas gesunken, wodurch sich die Wirtschaftlichkeit verbessert.

10.1 REFERENZHAUS UND SZENARIEN

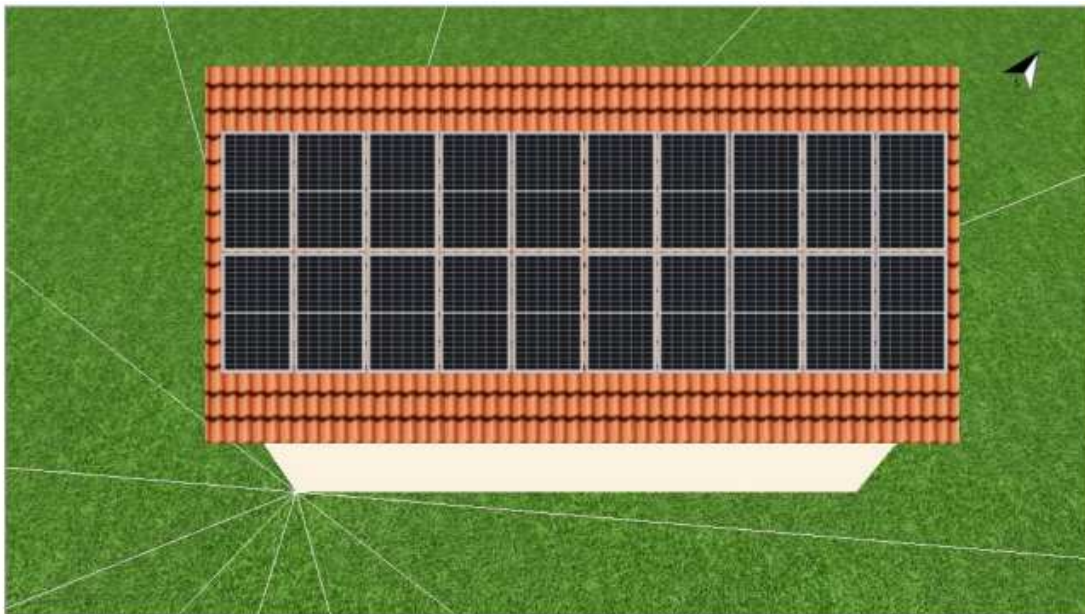


Abbildung: 1. Modulfläche - Gebäude 01-Dachfläche Südost

Abbildung 10-1: Darstellung des Referenzhauses für das Quartier, Quelle: PV*SOL

Die Größe und Ausrichtung der Gebäude im Quartier sind heterogen. Die häufigste Gebäudeausrichtung ist Südosten (145°). Für die Bestimmung der Anlagenleistung wurde eine gängige Gebäudegröße mit einer typischen Dachneigung von 37° gewählt. Aus diesen Parametern ergibt sich eine maximale Anlagenleistung in Höhe von 7,5 kW_p. Es wurden die beiden Szenarien Volleinspeisung und Überschusseinspeisung simuliert. Bei der Volleinspeisung wird der Strom bilanziell

vollumfänglich zu einem festen Vergütungssatz in das Netz eingespeist. Bei der Überschusseinspeisung wird der Strom je nach Bedarf zunächst selbst verbraucht und nur noch die Überschüsse zu einem festen, aber ggü. der Volleinspeisung niedrigeren Vergütungssatz in das Netz eingespeist. Der selbstverbrauchte Strom ersetzt netzbezogenen und damit zumeist deutlich teureren Strom. Bei der Überschusseinspeisung wurden zusätzlich drei Verbrauchsvarianten unterschieden:

- Variante 1: Dreipersonenhaushalt mit einem Jahresverbrauch 3.929 kWh/a
- Variante 2: Variante 1 zzgl. 5 kWh Stromspeicher
- Variante 3: Variante 2 zzgl. Elektroauto (Kleinwagen 16.060 km/a bzw. 3.000 kWh/a)

10.2 ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE PARAMETER

Tabelle 10-1: Energiewirtschaftliche Ansätze der Wirtschaftlichkeitsberechnung PV

Energiewirtschaftliche Ansätze netto		
Eigenkapitalzins	2,00 %	p.a.
Wartung und Instandhaltung	1,00 %	p.a./Invest
KfW Förderkredit EE-Standard ⁶	5,21 %	p.a./Invest
Investitionskosten PV-Anlage	1.600	€/kWp
Investitionskosten Speicher	1.000	€/kWh
Einspeisevergütung Volleinspeisung	0,13	€/kWh
Einspeisevergütung Überschusseinspeisung	0,082	€/kWh
Arbeitspreis Strombezug ⁷	0,32	€/kWh
Preisänderungsfaktor Strombezug	1,00 %	p.a.

⁶ Die Berechnung wurde im September 2023 durchgeführt. Der Zins ist veränderlich und muss tagesaktuell auf den Seiten der KfW abgerufen werden.

⁷ Für die Berechnung wurde der Grundversorgungstarif der E.ON Energie Deutschland GmbH angesetzt.

10.3 SZENARIO 1: VOLLEINSPEISUNG

10.3.1 ENERGIEBILANZEN BEI VOLLEINSPEISUNG



Abbildung 10-2: Energieflüsse Volleinspeisung, Quelle: PV*SOL

In Abbildung 10-2 sind der Anlagenaufbau und die resultierenden Energieflüsse schematisch dargestellt. Die PV-Module (blau) erzeugen Gleichstrom, der durch den Wechselrichter (orange) auf netzüblichen Wechselstrom gewandelt und in das öffentliche Netz (grau) eingespeist wird. Die PV-Anlage erzeugt pro Jahr 7.754 kWh Strom und bezieht für den Standby-Betrieb 14 kWh aus dem Netz.

10.3.2 WIRTSCHAFTLICHKEIT BEI VOLLEINSPEISUNG

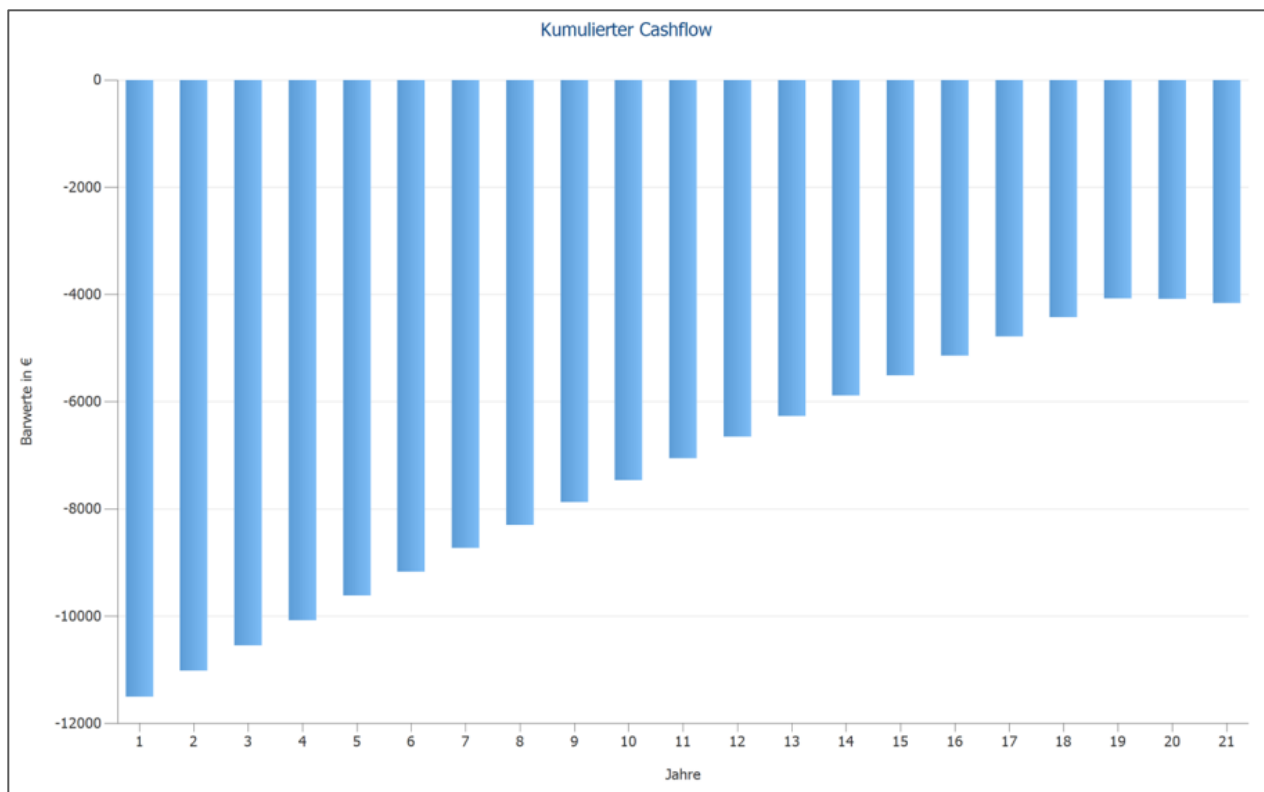


Abbildung 10-3: Kumulierter Cashflow im Betrachtungszeitraum, Quelle: PV*SOL

Abbildung 10-3 zeigt den kumulierten Cashflow über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren. Die Investition in Jahr 1 in Höhe von 12.000 € wird über die jährlichen Einnahmen nicht refinanziert. Nach 20 Jahren beträgt der Cashflow -4.160 €. Es gilt zu beachten, dass diese Darstellung

für eine Anlage gilt, die vollständig aus Eigenkapital finanziert wird. Wird Fremdkapital eingebracht, verschlechtert sich der Cashflow entsprechend dem Zins: Wird die Anlage vollständig aus Mitteln des Förderkredits finanziert beträgt der Cashflow nach 20 Jahren -7.060 €.⁸

10.4 SZENARIO 2: ÜBERSCHUSSEINSPEISUNG

10.4.1 VARIANTE 1 DREIPERSONENHAUSHALT

10.4.1.1 ENERGIEBILANZEN BEI ÜBERSCHUSSEINSPEISUNG VARIANTE 1

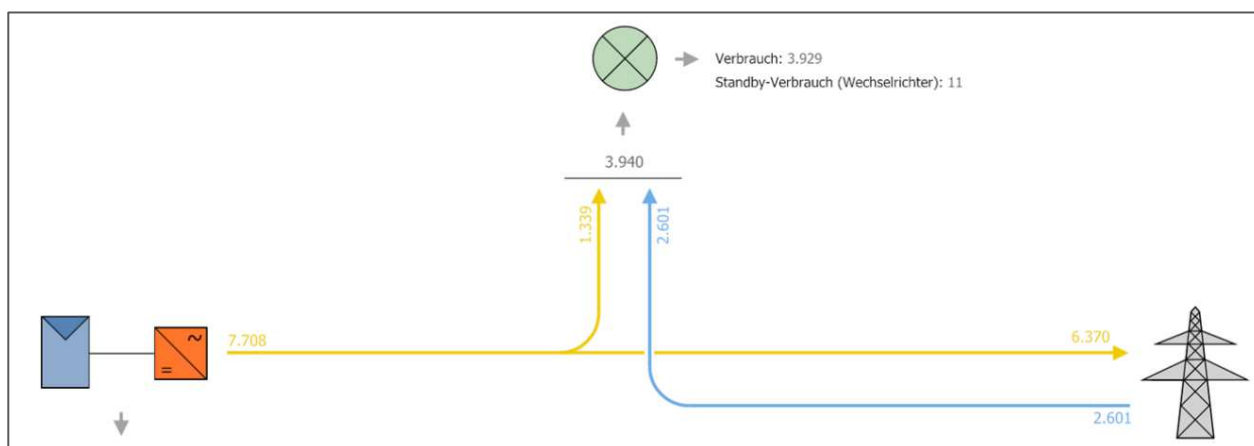


Abbildung 10-4 Energieflüsse Überschusseinspeisung, Quelle: PV*SOL

Ein Dreipersonenhaushalt (DPH) mit einem Jahresverbrauch in Höhe von 3.929 kWh (grün) kann aus der Anlage 1.339 kWh zeitgleich zur Erzeugung verbrauchen. Die sog. Eigenverbrauchsquote, die angibt, welcher Anteil der erzeugten Energie vor Ort verbraucht werden kann, beträgt damit 17,3 %. Der solare Deckungsgrad (oder Autarkiegrad), also der Anteil des PV-Stroms am Stromverbrauch des Haushalts, beträgt ca. 34 %. Die überschüssigen 6.370 kWh werden in das Netz eingespeist.

10.4.1.2 WIRTSCHAFTLICHKEIT BEI ÜBERSCHUSSEINSPEISUNG VARIANTE 1

Der wesentliche Faktor für den wirtschaftlichen Betrieb einer PV-Anlage bei Überschusseinspeisung ist die Eigenverbrauchsquote. Der selbst verbrauchte Strom ersetzt den Bezug von teurem Netzstrom (32 ct/kWh).⁹ Der überschüssige und ins Netz einzuspeisende Strom wird dagegen lediglich mit 8,2 ct/kWh vergütet. Um die Eigenverbrauchsquote zu erhöhen, kann entweder ein Speicher zur zeitlich versetzten Nutzung installiert oder der Verbrauch z. B. durch ein Elektroauto erhöht werden, das vorwiegend dann lädt, wenn PV-Strom erzeugt wird. Alternativ kann die Anla-

⁸ Es ist allerdings darauf hinzuweisen, dass die Lebensdauer einer PV-Anlage üblicherweise mehr als 20 Jahre beträgt, so dass auch nach dieser Zeit weitere Einspeisevergütungen oder Ersparnisse durch Eigenstromnutzung erfolgen. Dies verbessert die Wirtschaftlichkeit, auch für alle nachfolgend diskutierten Varianten.

⁹ gemäß durchschnittlichen Bezugskosten des Jahres 2023 – vgl. Tabelle 9-2

gengröße reduziert werden. Im Sinne der Energiewende sollten Dächer jedoch möglichst vollständig genutzt werden. Die Aufwendungen für die Planung und Installation sind nahezu gleich und sollten aufgrund der begrenzten Kapazitäten im Handwerk möglichst effizient genutzt werden.¹⁰

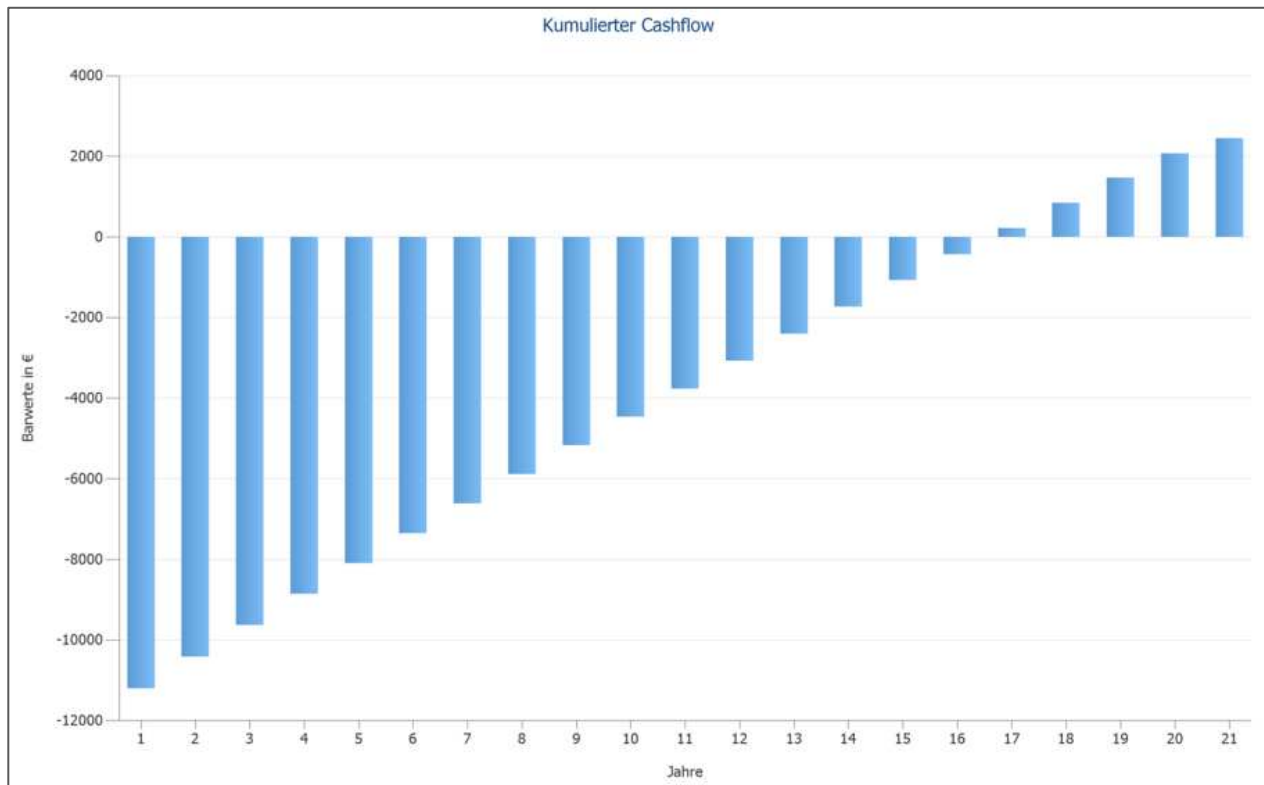


Abbildung 10-5: Kumulierter Cashflow im Betrachtungszeitraum, Quelle: PV*SOL

Trotz der niedrigeren Eigenverbrauchsquote in Höhe von 17,3 % erzielt die Anlage im Szenario Überschusseinspeisung mit ca. 2.440 € einen positiven Cashflow. Durch Änderung des Verbraucherverhaltens (z. B. Verbraucher zur Mittagszeit einschalten) kann die Eigenverbrauchsquote weiter erhöht und damit die Wirtschaftlichkeit verbessert werden. Auch hier gilt, dass die Einbringung von Fremdkapital zur Verschlechterung der Wirtschaftlichkeit führt.

10.4.2 VARIANTE 2 UND 3

Im folgenden Abschnitt werden zunächst die Energiebilanzen der Varianten 2 und 3 zur Steigerung der Eigenverbrauchsquote und im Anschluss die Wirtschaftlichkeit für alle Szenarien und Varianten tabellarisch dargestellt.

¹⁰ Durch Gesetzesänderungen ist es nun auch möglich, eine Anlage zu unterteilen, sodass ein Teil der Anlage für den Selbstverbrauch (Überschusseinspeisung) und der Rest als Volleinspeise-Anlage genutzt werden kann. Damit ist die wirtschaftliche Optimierung durch Verkleinerung der Anlagenleistung, wie sie in der Vergangenheit üblich war, nicht mehr notwendig. Dieses Szenario wurde zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Wirtschaftlichkeitsberechnungen noch nicht berücksichtigt (MVV Energie AG, 2022).

10.4.2.1 ENERGIEBILANZEN BEI ÜBERSCHUSSEINSPEISUNG VARIANTE 2

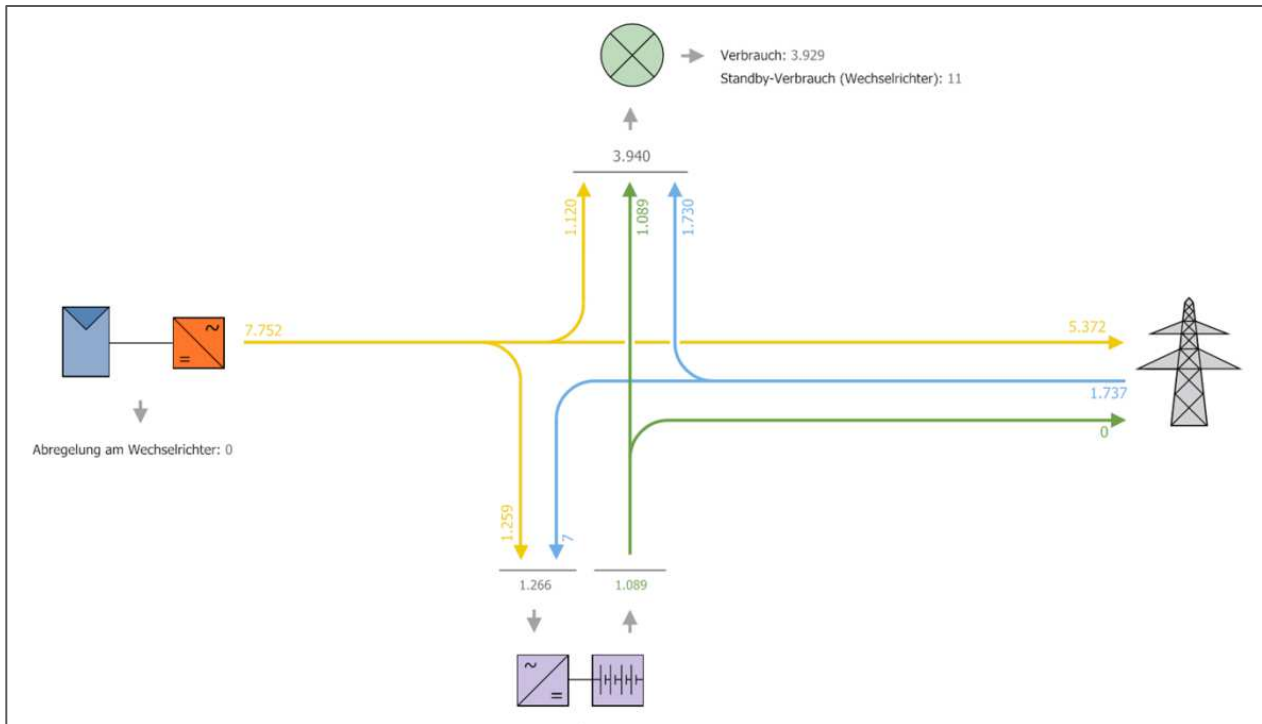


Abbildung 10-6: Energieflüsse Überschusseinspeisung mit Stromspeicher, Quelle: PV*SOL

Durch den Stromspeicher mit einer Kapazität in Höhe von 5 kWh können weitere 1.089 kWh vor Ort verbraucht werden. Die Eigenverbrauchsquote wird mit 30,6 % nahezu verdoppelt. Etwas mehr als die Hälfte des Strombedarfs wird aus der PV-Anlage gedeckt.

10.4.2.2 ENERGIEBILANZEN BEI ÜBERSCHUSSEINSPEISUNG VARIANTE 3

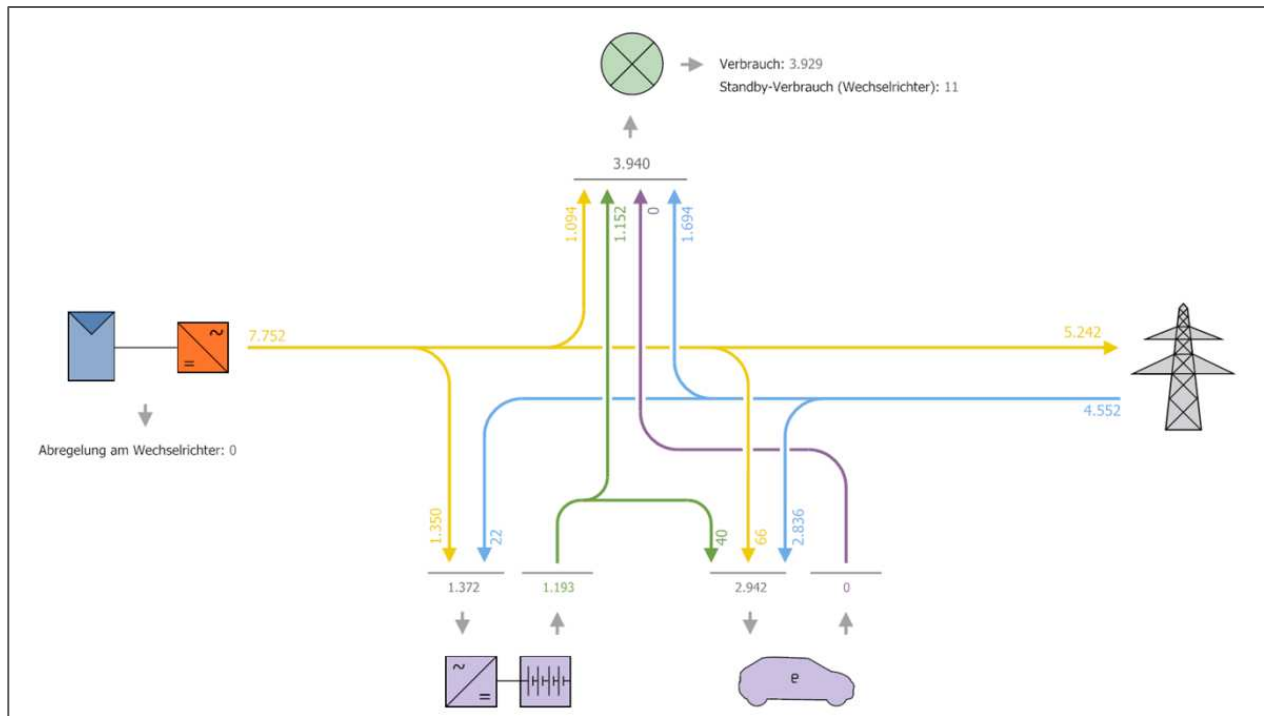


Abbildung 10-7: Energieflüsse Überschusseinspeisung mit Stromspeicher und Elektroauto, Quelle: PV*SOL

Ein Elektroauto mit einer bundesdurchschnittlichen Fahrleistung von 16.000 km/a verursacht einen Mehrverbrauch in Höhe von ca. 3.100 kWh. Das Nutzungsprofil des Elektroautos bezieht sich auf einen Arbeitnehmer, der unter der Woche zur Arbeit pendelt. Demzufolge kann der PV-Strom im Wesentlichen nur in den Morgen- und Abendstunden direkt genutzt, bzw. nach Ankunft aus dem Stromspeicher entnommen werden. In dieser Konstellation kann eine Anlagenausrichtung nach Osten und Westen zur Steigerung der Eigenverbrauchsquote beitragen. Nutzer, die z. B. aus dem Homeoffice arbeiten, können von der Mittagssonne profitieren und eine entsprechend höhere Eigenverbrauchsquote auch bei Südausrichtung erzielen.

Die Eigenverbrauchsquote erhöht sich lediglich um 1,7 % auf 32,6 %. Für eine weitere Steigerung der Eigenverbrauchsquote müsste in einen deutlich größeren Speicher investiert werden. In diesem Berechnungsfall verbessert auch die Ausrichtung der Anlage nach Osten und Westen nicht den Eigenverbrauch und verschlechtert aufgrund des niedrigeren Ertrags sogar die Wirtschaftlichkeit. Bei der Auslegung einer PV-Anlage gilt also möglichst das Optimum aus physikalischen Voraussetzungen des Standortes und dem Nutzerverhalten anzustreben.

Theoretisch könnte der Speicher des Elektroautos auch zur Deckung des Strombedarfs im Haushalt dienen und damit den Heimspeicher ergänzen. Aufgrund fehlender Schnittstellentechnologie ist dies bisher jedoch nur bei wenigen Ladestationen und Elektroautos möglich. Daher wurde diese Option hier nicht berücksichtigt.

10.4.3 ÜBERSICHT DER WIRTSCHAFTLICHKEIT DER UNTERSCHIEDLICHEN SZENARIEN UND VARIANTEN

Tabelle 10-2: Übersicht der Wirtschaftlichkeit

Variante	Anlagenleistung	Stromspeicher	Investition	Energieertrag	Eigenverbrauchsquote	Kumulierter Cashflow	Kumulierter Cashflow bei 100 % Eigenkapital	Ø-Verzinsung des Eigenkapitals
	[kWp]	[kWh]	[€]	[kWh]	[%]	[€]	[€]	[%]
Volleinspeisung	7,5		12.000	7.708	0	-7.060	-4.160	-2,11
Überschusseinspeisung								
DPH (3.943 kWh / Jahr)	7,5		12.000	7.752	17,3	-840	2.440	0,93
DPH mit Stromspeicher	7,5	5	17.000	7.752	30,6	-4.000	90	0,03
DPH mit Stromspeicher und Elektroauto	7,5	5	17.000	7.752	32,3	-3.400	690	0,20
DPH mit Stromspeicher und Elektroauto Ost-West	7,5	5	17.000	6.277	40,4	-5.150	-1.000	-0,30

Aufgrund hoher Gestehungskosten schneidet die Anlage, die die Energie vollständig in das Netz einspeist, am schlechtesten ab. Durch die Ersetzung von netzbezogenem Strom gegen Strom aus der PV-Anlage steigt die Wirtschaftlichkeit deutlich an. Bei Anschaffung eines Stromspeichers (Variante 2) arbeitet das System nur dann wirtschaftlich, wenn Eigenkapital eingesetzt wird, d. h. sein Einbau verschlechtert bei den hier angenommenen Rahmenbedingungen die Wirtschaftlichkeit. Bei Nutzung eines Elektroautos wird der Gesamtverbrauch des Haushalts nahezu verdoppelt. Ohne Einbezug der Anschaffungskosten für die Ladestation und das Elektroauto arbeitet die PV-Anlage mit 690 € kumulierten Cashflow wirtschaftlicher als ohne das Elektroauto.

Diese Berechnung zeigt, dass die Mehrinvestition in einen Stromspeicher auf das individuelle Nutzerverhalten abgestimmt werden muss. Ein Elektroauto kann nur dann zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit beitragen, wenn es zeitgleich zur Erzeugung geladen wird. Alternativ müsste in einen größeren Speicher mit hoher Entladeleistung investiert werden, um den Eigenverbrauch berufstätiger zu erhöhen. Aufgrund der noch recht hohen Kosten für Stromspeicher ist dies für den jeweiligen Einzelfall zu bewerten.

11 QUARTIERSENTWICKLUNG UND MOBILITÄT

Ein maßgeblicher Teil des Energiebedarfs und der CO₂-Emissionen nach dem Verursacherprinzip¹¹ entfällt gerade bei Kommunen im ländlichen Raum auf die Mobilität. Anders als in städtischen Bereichen sind dabei der Veränderung des Modal Split (Ersatz von Kfz.-Fahrten durch ÖPNV, Radfahrten und Fußwege) Grenzen gesetzt, bzw. müssen diese im regionalen Kontext statt auf Quartiersebene betrachtet werden (z. B. Ausweitung des ÖPNV-Angebotes als Linienverkehr oder On-Demand-Angebot). Zudem hängt der Bedarf an Mobilität stark von der Infrastruktur im Dorf ab, insbesondere von Möglichkeiten der Versorgung mit Waren des täglichen Bedarfs sowie Angeboten für die Freizeitgestaltung.

Waren des täglichen Bedarfs wie z. B. Lebensmittel sind in Hasselberg nicht erhältlich. Auf den Campingplätzen gibt es kleine Geschäfte mit einer begrenzten Auswahl. Die nächstliegende Alternative ist ein Discounter in Gelting, in 3 bis 4 km Entfernung. Ein ÖPNV-Angebot besteht stündlich in Richtung Flensburg über Gelting, Steinbergkirche, Dollerup, Langballig usw. und stündlich in Richtung Kappeln über die Nachbargemeinde Rabel. Durch das Projekt „SMILE24“ (NAH.SH, o. J.) wird das Angebot des ÖPNV massiv gestützt.

Da es sich bei Hasselberg durch die Nähe zur Ostseeküste und den anliegenden Campingplätzen, sowie zahlreicher Ferienhäuser im gesamten Gemeindebereich um eine Urlaubsregion handelt, bestehen saisonal bedingt besondere Anforderungen und in der Sommerzeit ein besonders hohes Verkehrsaufkommen. Demzufolge seien die Straßen die von der Bundesstraße 199 zum Strand

¹¹ in der Abgrenzung zum Territorial- oder Quellenprinzip

führen besonders betroffen. Allen voran führe dabei die Verbindungsstraße Eckstang zu gefährlichen Situationen.



Abbildung 11-1 Exemplarische Darstellung der Verkehrssituation im Eckstang (Quelle: Google Streetview)

Wie in Abbildung 11-1 zu erkennen handelt es sich dabei um eine Allee, die von altem Baumbestand geprägt ist. An der einen Seite ist ein Fahrrad- und Fußgängerweg, der weder durch eine Erhöhung noch durch einen Bordstein von der durch Autos befahrenen Strecke abgegrenzt wird. Da sich die Straße außerorts, ohne gesonderte Geschwindigkeitsbegrenzung befindet, darf dort mit einer Geschwindigkeit in Höhe von maximal 100 km/h gefahren werden. Aufgrund der unzureichenden Breite der Straße (4,5 m), müssen Fahrzeuge bei Gegenverkehr auf den Fahrrad- bzw. Fußgängerweg (1,5 m) ausweichen und gefährden dabei entsprechende Verkehrsteilnehmer.

Eine Sofortmaßnahme zur Entschärfung der Gefahrensituation wäre die Begrenzung der zulässigen Geschwindigkeit auf 50, besser 30 km/h, damit allen Verkehrsteilnehmern ausreichend Zeit bleibt adäquat zu reagieren. Dieses Anliegen kann an die Kreisverkehrsaufsicht adressiert werden.

Die langfristig sinnvollere Lösungsstrategie ist der Umbau der Straße, damit allen Verkehrsteilnehmern eine sichere Nutzung der Straße möglich wird. Aufgrund von fehlendem Bankett entstehen Risse in der Deckschicht der Straße, die langfristig regelmäßige Reparaturen erfordern. Im Rahmen des Umbaus könnte also auch dieser Missstand behoben werden.

Aufgrund des Baumbestands ist eine klassische Verbreiterung der Fahrbahn nicht möglich.



 Radweg
 Ein-/Ausfahrten

Abbildung 11-2 Vogelperspektive Eckstang

Abbildung 11-2 stellt die Vogelperspektive der Verkehrssituation dar. Eine mögliche Lösung ist die separate Erstellung eines Fahrrad- bzw. Fußgängerweges. Nördlich der Straße befindet sich Ferienwohnungen und zwei Ein- bzw. Ausfahrten zu landwirtschaftlich genutzten Flächen. Im Süden befinden sich dagegen lediglich zwei Ein- bzw. Ausfahrten zu landwirtschaftlich genutzten Flächen. Insofern ist eine Bebauung im Süden zu bevorzugen. Mit einem 5 m breiten Streifen von der landwirtschaftlich genutzten Fläche könnte ein Weg mit einer Breite von 2,5 m und umlaufenden Bankett mit einer Breite von 0,5 bis 1 m erstellt werden. Zusätzlich könnte der Graben, bzw. die Mulde zu entwässerungszwecken erweitert bzw. ausgebessert werden. Bei einer Länge von ca. 1,6 km beläuft sich die Investition für diese Maßnahme auf ca. 500. 000 €.

12 UMSETZUNGSHEMMNISSE UND MÖGLICHKEITEN ZU IHRER ÜBERWINDUNG

12.1 GEBÄUDESANIERUNG

Die Gebäudesanierung ist klimapolitisch eine besondere Herausforderung: Ein großer Anteil der Energiebedarfsdeckung in Deutschland wird für die Raumwärmebereitstellung verwandt. Vom gesamten bundesdeutschen Endenergieverbrauch in 2018 betrug der Energieaufwand für die Beheizung der Gebäude, wie in Abbildung 12-1 dargestellt, ca. 26 % (BMWE, 2018).

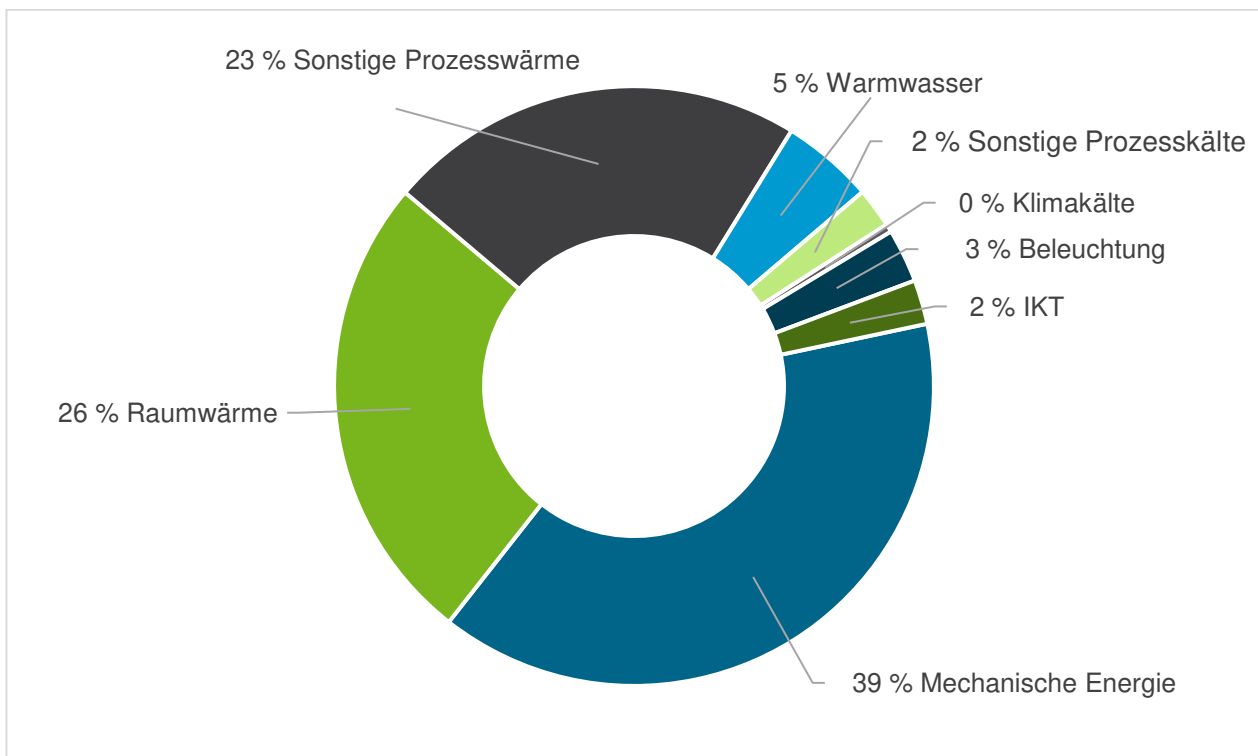


Abbildung 12-1: Endenergieverbrauch 2018 in Deutschland

Die Bundesregierung hat auf die Herausforderung der Reduktion der Treibhausgasemissionen im Gebäudebestand mit umfangreichen Förderprogrammen reagiert, zuletzt - mit dem seit Januar 2024 geltenden Förderdesign (vgl. Kapitel 8.1.2). Trotzdem bestehen Hemmnisse, die Fortschritte bei der Gebäudesanierung, die für das Erreichen der Klimaschutzziele der Bundesrepublik - Klimaneutralität bis 2045 - notwendig wären, behindern.

Viele sind begründet in der Haltung der Eigentümer zum Thema Gebäudesanierung. Typische Äußerungen, die z. B. in den bilateralen Gesprächen während der Energieberatungen vor Ort zu hören waren, sind folgende:

- „Die Energiepreise steigen, aber mich überfordert die Fülle der technischen Möglichkeiten zur energetischen Sanierung.“
- „Ich bekomme keine Energieberatung und keine Angebote von den Handwerksfirmen.“
- „Die Förderanträge sind zu umständlich und ohne Experten verstehe ich das nicht.“
- „Für wen soll ich denn sanieren? Wir haben doch niemanden, der das Haus übernehmen würde!“

- „Die Sanierungskosten sind einfach zu hoch, das rechnet sich nicht.“
- „Das Thema Gebäudesanierung ist mir zu komplex und da kann man viel falsch machen. Nachher bildet sich noch Schimmel!“

Begegnet werden kann diesen Hemmnissen durch eine kontinuierliche Beratung über die technischen Möglichkeiten und finanziellen Förderungen von Sanierungen. Dies ist ein wichtiger Bestandteil des Sanierungsmanagements, einschließlich der weiteren Einbindung externer Beratungsmöglichkeiten wie etwa der Verbraucherzentrale. An die Notwendigkeit der jetzt dringenden Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen muss immer wieder erinnert werden.

Eine ergänzende Rolle auf der Verordnungsseite kann auch ein konsequenterer Vollzug etwa der Vorgaben des GEG-2024 sein. Dies gilt z. B. für die Einhaltung der Nachrüstpflichten im Gebäudebestand. Hier hat die Kommune keinen Einfluss, sondern dies muss über die Aufsichtsbehörde, in diesem Fall das Innenministerium des Landes, organisiert werden.

Wirtschaftlich sind viele Sanierungsmaßnahmen - ebenso wie Bausteine einer regenerativen Energieversorgung - heute noch durch die faktische Subventionierung fossiler Energieträger unattraktiv, die darin besteht, dass die Verursacher von Treibhausgasemissionen nicht oder nur sehr bedingt für die Folgekosten aufkommen. Erste Schritte zur Internalisierung dieser externen Kosten sind durch den seit Anfang 2021 greifenden Aufbau der CO₂-Bepreisung auch für die Emissionen, die nicht bereits wie die von Großkraftwerken, Industriebetrieben etc. dem Emissionshandelssystem unterliegen, gemacht.

12.2 LEITUNGSGEBUNDENE WÄRMEVERSORGUNG

12.2.1 TECHNISCHE HERAUSFORDERUNGEN

Bei den im vorliegenden Konzept untersuchten Versorgungsvarianten handelt es sich um bereits vielfach vorhandene und ausgereifte Technologien. Besondere technische Herausforderungen sind nicht zu erkennen.

12.2.2 RECHTLICHE UND ORGANISATORISCHE HERAUSFORDERUNGEN

Aufgrund der Tatsache, dass in der Gemeinde bereits zwei kleine Netze erfolgreich betrieben werden und der grundsätzlichen Bereitschaft zum Betrieb potenzieller Netzerweiterungen bzw. Erschließung neuer Netze, bestehen gute Voraussetzungen. Sollte aus welchen Gründen auch immer der Betreiber des Netzes nicht mit dem Betreiber der Wärmeerzeuger identisch sein, sind Verträge zu schließen, aus denen auch hervorgeht, wer für die Besicherung der Wärmeleistungen (Errichtung und Betrieb von Anlagen zur Erzeugung von Redundanz) verantwortlich ist. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit (siehe 9.2) Teile der Aufgaben an Dritte zu vergeben.

12.2.3 WIRTSCHAFTLICHE HERAUSFORDERUNGEN

Die Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes hängt entscheidend von den energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen und der Anschlussquote ab. Ein wirtschaftlicher Betrieb des Wärmenetzes bei gleichzeitig attraktiven Konditionen für die Kunden ist aufgrund der Struktur der Gemeinde unter den derzeitigen energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen nur bei sehr ambitionierten Anschlussquoten möglich. Wenn sich weitere große Preissprünge fossiler Energieträger ergeben

oder sich eine Reduzierung der Tiefbau- und Rohrleitungsbaukosten eines Nahwärmenetzes ergeben sollte, kann eine solch hohe Anschlussquote bei einem attraktiven Preis und den qualitativen Vorzügen eines Fernwärmeanschlusses durchaus erreicht werden.

Gleichzeitig ist aufgrund der Altersstruktur der Bestandsheizungen ein Austausch von Heizungsanlagen zu erwarten. Ersatzbedürftige Heizungen fossiler Energieträger werden überwiegend gegen Wärmepumpen ausgetauscht und die entsprechenden Häuser dürften dann b. a. W. nicht mehr für den Anschluss an ein Wärmenetz in Frage kommen.

Die Stromversorgung für Wärmepumpen aus lokalen Quellen könnte wirtschaftlich attraktiver werden, indem die Rahmenbedingungen für Direktstromlieferungen oder Energy Sharing geklärt bzw. geschaffen werden (vgl. Kapitel 12.2.2).

12.3 QUARTIERSENTWICKLUNG UND MOBILITÄT

Die erarbeiteten Handlungsansätze (vgl. Kapitel 11) sind vor Ort weiter auszudifferenzieren. Herausforderungen und mögliche Maßnahmen werden sich im Zuge einer weiteren Konkretisierung zeigen. Ein Antrag zur Reduktion der erlaubten Geschwindigkeit sei in der Vergangenheit bereits abgelehnt worden.

13 ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

13.1 LENKUNGSGRUPPE

Die Lenkungsgruppe des Projektes bestand aus dem Bürgermeister (E. W. Greggensen), Gemeinderatsvertretern (H. Führung, M. Henningsen, A. Meusel, I. Wilk, E. Frahm, H.J. Michelsen, P. Scheumann und Thomas Boysen) und einer Klimaschutzmanagerin der Klimaschutzregion Flensburg (M. Wunderlich). Geschäftsführend waren die Unternehmen der mit dem Quartierskonzept beauftragten Arbeitsgemeinschaft vertreten.

Die Lenkungsgruppe hat zwischen August 2023 und September 2024 insgesamt 7 Mal getagt. Auf den Sitzungen wurden das Vorgehen sowie maßgebliche inhaltliche Weichenstellungen abgestimmt und beschlossen. Zudem diente die Lenkungsgruppe als Multiplikator ins Quartier sowie als Resonanzgruppe für Rückmeldungen aus dem Quartier.

13.2 ALLGEMEINE ÖFFENTLICHKEIT

Für die Öffentlichkeit des Quartiers wurden drei Veranstaltungen durchgeführt.



Abbildung 13-1: Plakat zur ersten öffentlichen Veranstaltung in Hasselberg

Auf der Veranstaltung am 12. Oktober 2023 wurden die Inhalte und die Vorgehensweise von Quartierskonzepten erläutert und allgemeine Informationen zu möglichen Sanierungsmaßnahmen vorgestellt. Bei der zweiten öffentlichen Veranstaltung am 04. April 2024 wurden die Möglichkeiten einer klimafreundlichen und regionalen leitungsgebundenen Wärmeversorgung für das Quartier vorgestellt und mit dezentralen Wärmeversorgungsoptionen verglichen. Bei der dritten öffentlichen Veranstaltung am 23. Mai 2024 wurden die Ergebnisse der Mustersanierungskonzepte vorgestellt. Zu den Veranstaltungen wurden im gesamten Quartier Einladungen verteilt und auf der Webseite der Gemeinde geworben.

14 CONTROLLING-KONZEPT

Controlling-Konzepte als Kontroll-, Planungs- und Steuerungsinstrumente dienen der Verwirklichung und der hohen Wirksamkeit von Maßnahmen und somit einer effizienten Erreichung der Energie- und Klimaschutzziele. Im Zusammenhang mit dem Quartierskonzept zählen folgende Elemente zum Controlling-Konzept:

- fortschreibbare Energie- und CO₂-Bilanz als zentrales Ergebnis des Controllings,
- verschiedene Bewertungsindikatoren,
- durchgehende Dokumentation.

Die im Rahmen des Quartierskonzepts erarbeiteten Ziele und Maßnahmen können mithilfe dieser Elemente im Verlaufsprozess kontrolliert werden. Bei nicht zielführendem Verlauf kann durch eine Anpassung der Planung umgesteuert werden.

14.1 ENERGIE- UND CO₂-BILANZ

Die Energie- und CO₂-Bilanz ist in der Überprüfung der Erfolge einer energetischen Quartierssanierung der zentrale Baustein. Die Erfassung von Verbrauchs- und Emissionswerten im Rahmen des Quartierskonzeptes ermöglichte eine Beurteilung der IST-Situation anhand von vergangenen Werten. Bei der Umsetzung von Maßnahmen ist eine problemlose Fortschreibung der Bilanz möglich.

Die Bilanz über den Ausgangszustand des Wärmebedarfs des Quartiers (IST-Zustand) ist in Kapitel 7.4 zu finden. Der Fortschritt der energetischen Sanierung und der Umstellung der Heizung weg von fossilen Einzelfeuerungen wird über die Differenz zwischen der Start-Bilanz und der jeweils aktuellen Bilanz deutlich.

14.2 BEWERTUNGSINDIKATOREN

Bewertungsindikatoren geben die Möglichkeit, einen Sachverhalt messbar zu bewerten. Ausschlaggebend für eine erfolgreiche Bewertung ist eine einfache Erfassbarkeit und gute Verfügbarkeit dieser Daten.

Die Bestimmung der Parametereinheit wird abhängig vom jeweiligen Indikator gewählt. Sie variiert zwischen konkreten Werten und Pauschalansätzen für z. B. Energieeinsparungen, Reduzierungen des Schadstoffausstoßes oder die Anzahl von Erstberatungen.

Mögliche Indikatoren in Verbindung mit ihrer Einheit und Quelle werden für das Quartier in Tabelle 14-1 dargestellt.

Tabelle 14-1: Mögliche Indikatoren zum Controlling der Umsetzung klimarelevanter Aspekte des Quartierskonzeptes

INDIKATOR	EINHEIT	DATENQUELLE
Anschlussnehmer am Wärmenetz	Stück	Wärmenetzbetreiber, sofern ein Wärmenetz umgesetzt wird.
Verkaufte Wärmemenge im Netz	kWh/a	
Verluste im Wärmenetz	kWh/a	
Primärenergiefaktor Wärmenetz	---	
Einsatz dezentraler regenerativer Heizungen	Stück	Schornsteinfeger (Pellets), Stromnetzbetreiber (Wärmepumpen)
Von Erdgas, Heizöl oder Flüssiggas auf erneuerbare Energieträger umgestellte Heizungen	Stück	Schornsteinfeger
Aufdach-Photovoltaik-Nutzung im Quartier: Installierte Anlagen / Leistung	Stück bzw. kW _p	Marktstammdatenregister
Photovoltaik-Freiflächenanlagen: Leistung	kW _p	Betreiber
Primärenergieeinsatz für das Quartier	kWh/a	zu aggregieren (Wärmenetzbetreiber für Nahwärme, Schornsteinfeger für Erdgas, Heizöl, Pellets etc.)
CO ₂ -Emissionen	t/a	aus Primärenergieeinsatz abzuleiten
Anzahl Sanierungs- / Energieberatungen	Stück	Energieberater (sofern zentral koordiniert)
Sanierte Gebäude (ggf. Differenzierung nach Sanierungsart)	Stück	Begehungen
SMILE-24-Nutzung / Anzahl Ausleihvorgänge	km bzw. Stück	Betreiber

14.3 DOKUMENTATION

Zunächst sollte dieser Bericht allen beteiligten Akteuren, politischen Gremien und der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden.

Ein elementarer Teil der Erfolgskontrolle aller Faktoren, die sich aus den Arbeiten des Quartierskonzeptes ergaben, ist die fortlaufende Dokumentation der zu erfassenden Daten. Diese Dokumentation wurde früher zunächst durch das Sanierungsmanagement übernommen und betreut, das der Umsetzung der Quartierskonzepte diente. Durch die ersatzlose Streichung dieses Förderprogramms ist eine fortlaufende Dokumentation in der Praxis nicht mehr gesichert. Sie müsste ggf. von der Gemeinde oder ggf., sofern dort entsprechende Kapazitäten vorhanden wären, von der Klimaschutzregion Flensburg übernommen werden, der die Gemeinde Hasselberg angehört.

Die Dokumentation beinhaltet die Sammlung aller notwendigen Daten sowie deren abschließende Auswertung, die beispielsweise in einem jährlichen Bericht erfolgt. Auf Grundlage dieser Auswertung sind im Bedarfsfall Korrekturen der beschlossenen Inhalte des Quartierskonzepts abzuleiten und umzusetzen. Im Hinblick auf den Aufwand eines vollständigen Controllings und der Zeit, bis Maßnahmen verwirklicht sind, sollte eine Wirkungskontrolle frühestens nach einem Jahr erfolgen.

15 MAßNAHMENKATALOG UND EMPFEHLUNGEN FÜR DAS WEITERE VORGEHEN

Auf Basis der voran gegangenen Untersuchungen ergeben sich die in Tabelle 15-1 dargestellten Haupt-Maßnahmenstränge. Diese konnten in der Vergangenheit idealerweise im Sanierungsmanagement durchgeführt werden, das im Förderprogramm 432 der KfW der Umsetzungsbegleitung des Quartierskonzeptes diente. Durch die Streichung des Förderprogramms ist eine umfangreiche Betreuung und Begleitung zu relativ niedrigen Eigenanteilen der Gemeinden nicht mehr möglich. Während in einem Sanierungsmanagement alle Maßnahmen, die im Rahmen des Quartierskonzeptes erarbeitet wurden, begleitet werden konnten, müssten nun, soweit verfügbar, themenspezifische Förderinstrumente identifiziert und beantragt werden.

Das Sanierungsmanagement fungierte als Anlauf- und Koordinationsstelle. Es vermittelte zwischen Bauherren und Maßnahmenträgern, unterstützte die Maßnahmenumsetzung im Quartier, beriet private Bauherren über Fördermöglichkeiten und führte die weitere Öffentlichkeitsarbeit aus. In der Regel sollte ein „Kümmerer“ vor Ort verfügbar sein, der als Vertrauensperson mit angemessener Verfügbarkeit fungiert. Inwiefern diese Funktion zumindest eingeschränkt von der Klimaschutzregion Flensburg, in der die Gemeinde Hasselberg Mitglied ist, übernommen werden kann, wäre zu diskutieren.

In eigener Initiative kann jeder Gebäudeeigentümer die Beratung eines Energieeffizienzexperten für einen Heizungstausch oder aber einen umfangreichen individuellen Sanierungsfahrplan über die sogenannte BEG-Förderung annehmen.

Die umfangreichste Förderung zur Etablierung eines Wärmenetzes wird nun im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) in Modul 1, das eine Machbarkeitsstudie und die Leistungsphasen 1-4 umfasst, zu 50 % gefördert. Darin ist allerdings nur ein kleines Budget für die Öffentlichkeitsarbeit vorgesehen.

Sollte Abwärme aus dem BHKW-Prozess der Biogasanlage genutzt werden, ist auch eine niederschwellige Förderung des Netzes nach KWKG möglich. Für diese ist keine Machbarkeitsstudie notwendig, gleichzeitig wird jedoch lediglich der Netzbau gefördert. Weitere Wärmeerzeugungsanlagen, die Wärmeübergabestationen und die Planungsleistungen werden nicht gefördert.

Die Ergebnisse der Berechnungen zeigen, dass die Gestehungskosten einer zentralen Wärmeversorgung zu hoch sind, um sich unter den aktuellen energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen gegenüber den dezentralen Versorgungsoptionen behaupten zu können. Insofern sollte die Sanierung des Wohnbebauungsbestandes zur Reduzierung des Wärmebedarfs und die Beratung zur Ausstattung der Gebäude mit nachhaltigen dezentralen Wärmeerzeugungsanlagen vorangetrieben werden. Dafür kommt u. a. die niederschwellige, mit sehr geringen Kosten verbundene Erstberatung der Verbraucherzentrale in Frage, die die Gemeinde interessierten Eigentümern bereits während des Quartierskonzeptes finanziert hat (Verbraucherzentrale SH, o. J.). Sie kann mit gemeinsamen öffentlichen Veranstaltungen kombiniert werden. Für differenziertere, ebenfalls öffentlich geförderte Beratungen stehen dann zertifizierte Energieberater zur Verfügung (BAFA, 2022 a).

Einen Überblick relevanter Aufgaben gibt Tabelle 15-1.

Tabelle 15-1: Maßnahmenkatalog für Umsetzungen

AUFGABEN	PRIORITÄT, ABLAUF / AKTEUR
Anschlussinteresse in Gundelsby konkretisieren	Hoch / Gemeinde oder Klimaschutzregion
Informationen über weitere Beratungsleistungen zu Sanierungen und dezentralen Heizungsanlagen, einschließlich Photovoltaik	hoch, kontinuierlich / Gemeinde, Klimaschutzregion oder Energieeffizienzexperte
Öffentliche Informationsveranstaltungen zu Sanierungsmöglichkeiten und Heizungsumstellung	hoch, kontinuierlich / Gemeinde mit Klimaschutzregion, Verbraucherzentrale oder Energieeffizienzexperte
Organisation gemeinschaftlicher Beauftragungen / Beschaffung von Sanierungsmaßnahmen oder Heizungs austausch	mittel, anschließend / Gemeinde oder Klimaschutzregion
Verfolgung der Entwicklung energiewirtschaftlicher Rahmenbedingungen bezüglich einer möglichen späteren Umsetzung eines Wärmenetzes	niedrig, kontinuierlich / Gemeinde mit Klimaschutzregion
Verfolgung der Umsetzung der EU-Richtlinie zum Energy Sharing in deutsches Recht	hoch, kontinuierlich / Gemeinde mit Klimaschutzregion
Umsetzung von Maßnahmen des Energy Sharings zur Ermöglichung günstiger Strombezugskonditionen (Wärmepumpen, Elektromobilität u. a.)	hoch, nach Umsetzung in deutsches Recht / Gemeinde mit Klimaschutzregion
Dokumentation der Arbeiten und operative Umsetzung des Controlling-Konzeptes	niedrig, kontinuierlich / Gemeinde oder Klimaschutzregion

16 LITERATURVERZEICHNIS

- Agentur für Erneuerbare Energien. (o. J.). *Energieverbrauch nach Strom, Wärme und Verkehr*. Abgerufen am 11. April 2024 von <https://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/endenergieverbrauch-strom-waerme-verkehr>
- BAFA. (2021). *Bundesförderung für effiziente Gebäude*. Abgerufen am 9. März 2021 von https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/Sanierung_Wohngebaeude/sanierung_wohngebaeude_node.html
- BAFA. (2022 a). *Bundesförderung für Energieberatung für Wohngebäude*. Abgerufen am 24. Oktober 2022 von https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Energieberatung_Wohngebaeude/energieberatung_wohngebaeude_node.html
- BAFA. (2022 b). *Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)*. Abgerufen am 11. Oktober 2022 von [bafa.de: https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente_Waermenetze/effiziente_waermenetze_node.html](https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente_Waermenetze/effiziente_waermenetze_node.html)
- BEE. (5. April 2023). *Positionspapier "Eckpunkte eines Energy Sharing Modells"*. Abgerufen am 12. April 2024 von https://www.bee-ev.de/fileadmin/Redaktion/Dokumente/Meldungen/Positionspapiere/2023/20230417_BE_E_Positionspapier_Energy_Sharing_Model.pdf
- BMWE. (August 2018). *Energiedaten: Gesamtausgabe*. Abgerufen am 13. März 2019 von https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/Energiedaten/energiedaten-gesamt-pdf-grafiken.pdf?__blob=publicationFile&v=38
- BMWK. (1. August 2022). *Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze - BEW*. Abgerufen am 15. September 2022 von <https://www.bundesanzeiger.de/pub/de/amtliche-veroeffentlichung?2>
- Bundesfinanzministerium. (15. Dezember 2000). *AfA-Tabelle für die allgemein verwendbaren Anlagegüter*. Abgerufen am 9. März 2021 von https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Steuern/Weitere_Steuerthemen/Betriebspruefung/AfA-Tabellen/Ergaenzende-AfA-Tabellen/AfA-Tabelle_AV.html
- Bundesregierung. (Juli 2022). *Bundesgesetzblatt*. Abgerufen am 10. Dezember 2022 von [https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&start=/*\[@attr_id=%27bgbl122s1237.pdf%27\]#__bgbl__%2F%2F%5B%40attr_id%3D%27bgbl122s1237.pdf%27%5D__1674554015762](https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&start=/*[@attr_id=%27bgbl122s1237.pdf%27]#__bgbl__%2F%2F%5B%40attr_id%3D%27bgbl122s1237.pdf%27%5D__1674554015762)
- Bundesregierung. (o. J.). *Generationenvertrag für das Klima*. Abgerufen am 20. Mai 2022 von <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschutzgesetz-2021-1913672>
- Bundesverfassungsgericht. (29. April 2021). *Pressemitteilung Nr. 31/2021: Verfassungsbeschwerden gegen das Klimaschutzgesetz teilweise erfolgreich*. Abgerufen am 20. Mai 2022 von

- <https://www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2021/bvg-21-031.html>
- C.A.R.M.E.N. (2022). *Marktpreisvergleich*. Abgerufen am 25. März 2021 von <https://www.carmen-ev.de/service/marktueberblick/marktpreise-energieholz/marktpreisvergleich/>
- Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union. (11. Dezember 2018). *Richtlinie (EU) 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen*. Abgerufen am 12. April 2024 von <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=DE>
- IB.SH. (o. J.). *Energetische Stadtsanierung*. Abgerufen am 20. Mai 2022 von <https://www.ib-sh.de/produkt/energetische-stadtsanierung/>
- IfEU. (November 2019). *Bilanzierungs-Systematik Kommunal*. Abgerufen am 13. März 2021 von https://www.ifeu.de/wp-content/uploads/BISKO_Methodenpapier_kurz_ifeu_Nov19.pdf
- IPP ESN. (6. September 2019). *Potenzialstudie Wasserstoffwirtschaft*. Abgerufen am 19. Oktober 2021 von https://ee-sh.de/de/dokumente/content/berichte_studien/2019-09-06_Potentialstudie-H2-NF-Endfassung-L-Web.pdf
- Kapellmann und Partner Rechtsanwälte. (2. August 2022). *EEG 2023: Das Energiefinanzierungsgesetz*. Abgerufen am 12. April 2024 von <https://www.kapellmann.de/de/beitraege/das-energiefinanzierungsgesetz-enfg-wo-kommt-das-geld-fuer-die-foerderung-von-erneuerbare-energien-und-kwk-anlagen-kuenftig-her>
- KfW. (o. J.). *Energetische Stadtsanierung – Zuschuss*. Abgerufen am 20. Mai 2022 von [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/Energie-und-Umwelt/F%C3%B6rderprodukte/Energetische-Stadtsanierung-Zuschuss-Kommunen-\(432\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/Energie-und-Umwelt/F%C3%B6rderprodukte/Energetische-Stadtsanierung-Zuschuss-Kommunen-(432)/)
- Kölner Haus- und Grundbesitzverein von 1888. (2017). *Die Sanierungsrate, das unbekannte Wesen*. Abgerufen am 12. Januar 2023 von <https://www.koelner-hug.de/der-verein/aktuelles-service/aktuell/details/news/die-sanierungsrate-das-unbekannte-wesen/>
- MEKUN. (August 2023). *Bericht zur Fernwärmeumfrage 2022*. Abgerufen am 19. März 2024 von https://www.schleswig-holstein.de/DE/landesregierung/ministerien-behoerden/V/Presse/PI/Dokumente/231116_Fernwaermebericht_2022.pdf?__blob=publicationFile&v=1
- MVV Energie AG. (3. August 2022). *EEG-Reform 2023: Was sich wann für PV-Anlagen ändert*. Abgerufen am 31. Januar 2023 von <https://www.mvv.de/photovoltaik/ratgeber/eeg-reform-2023-was-sich-wann-fuer-pv-anlagen-aendert#>
- NAH.SH. (o. J.). *SMILE24 - Wir bringen die Region ins Rollen*. Abgerufen am 12. April 2024 von <https://smile24.nah.sh/>
- Pfnür, A., Winiewska, B., Mailach, B., & Oschatz, B. (2016). *Dezentrale vs. zentrale Wärmeversorgung im deutschen Wärmemarkt*. Dresden.

- Solar Promotion. (5. Juni 2023). *Energy Sharing entscheidend für Ausbau der Erneuerbaren*. Abgerufen am 12. April 2024 von <https://www.thesmartere.de/trendpapier/energy-sharing-as-schlüssel>
- SPD, Bündnis 90 / Die Grünen, FDP. (2021. Dezember 2021). *Mehr Fortschritt wagen - Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit*. Abgerufen am 12. April 2024 von https://www.spd.de/fileadmin/Dokumente/Koalitionsvertrag/Koalitionsvertrag_2021-2025.pdf
- Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein. (2023). *Regionaldaten für Hasselberg*. Abgerufen am 9. Januar 2023 von <https://region.statistik-nord.de/detail/0010000000000000000/1/350/916/>
- Traber, T., & Fell, H.-J. (September 2019). *Erdgas leistet keinen Beitrag zum Klimaschutz*. Energy Watch Group. Abgerufen am 24. März 2021 von http://energywatchgroup.org/wp-content/uploads/EWG_Erdgasstudie_2019.pdf
- UBA. (8. März 2024). *Erneuerbare Energien in Zahlen*. Abgerufen am 11. April 2024 von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick>
- Verbraucherzentrale SH. (o. J.). *Energieberatung*. Abgerufen am 16. April 2024 von <https://www.verbraucherzentrale.sh/energieberatung>
- Zerger, C. (8. Oktober 2020). *Für einen fairen Ökostrom-Markt außerhalb des EEG*. Abgerufen am 17. Januar 2023 von <https://www.klimareporter.de/strom/fuer-einen-fairen-oekostrom-markt-ausserhalb-des-eeg>

17 ANHANG

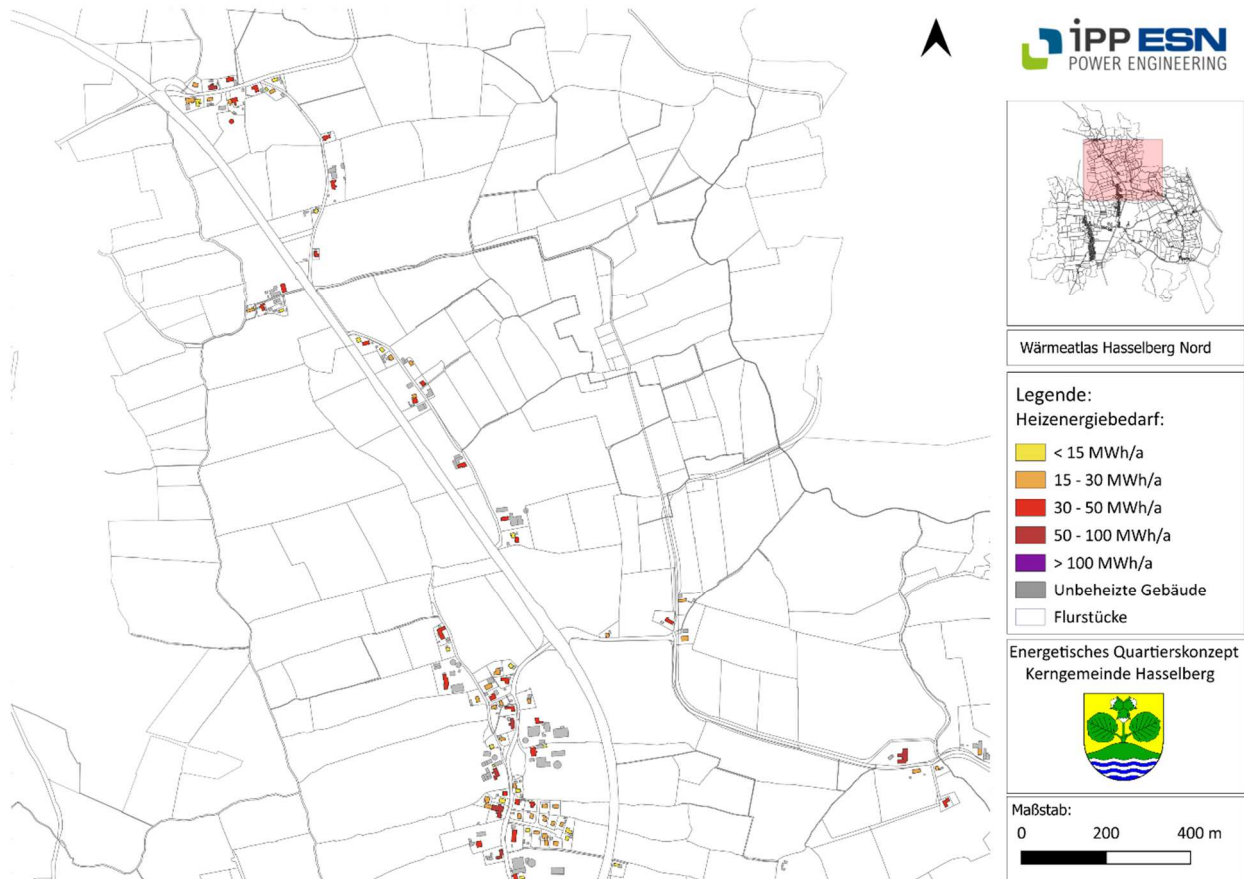


Abbildung 17-1: Wärmeetlas Ausschnitt Nord

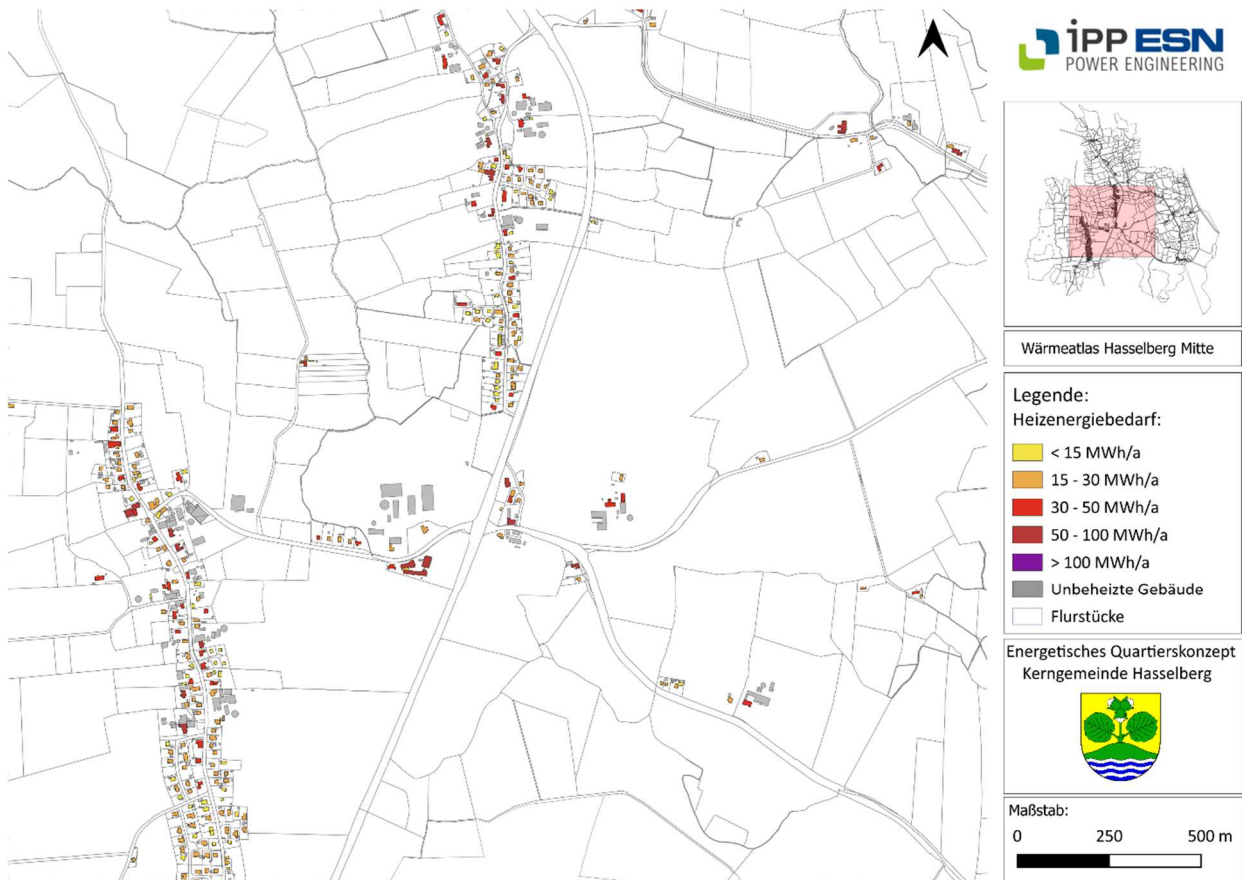


Abbildung 17-2: Wärmeatlas Ausschnitt Mitte

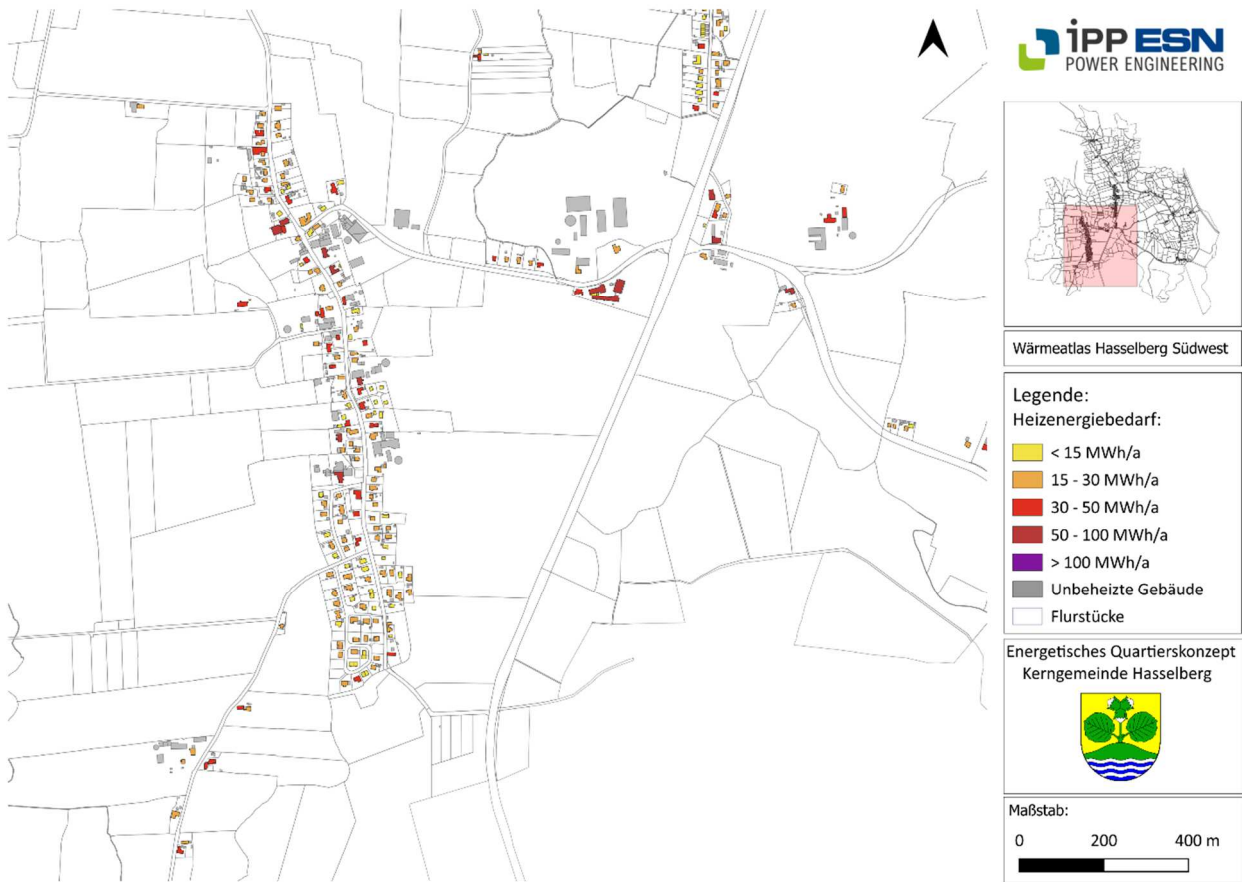


Abbildung 17-3: Wärmeatlas Ausschnitt Südwest

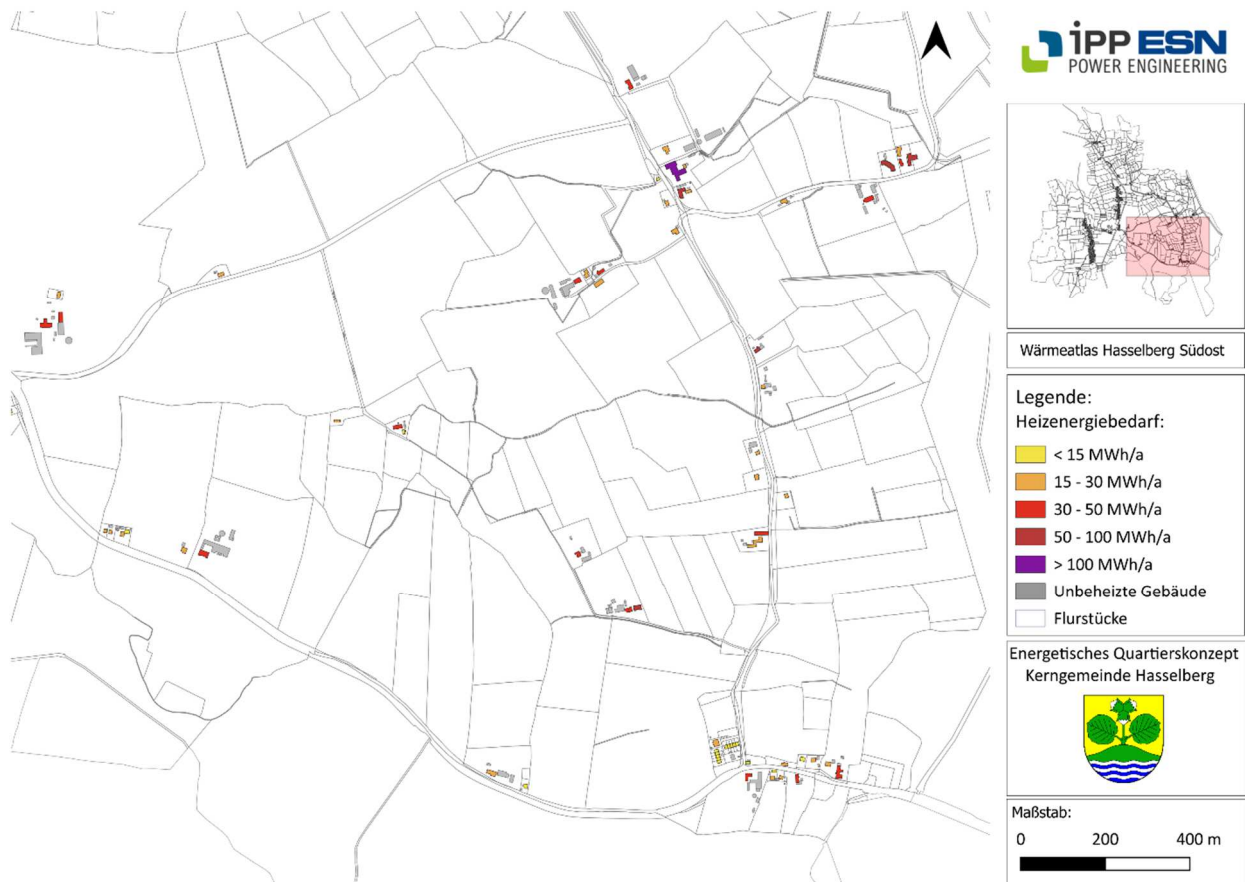


Abbildung 17-4: Wärmeatlas Ausschnitt Südost

Tabelle 17-1: Energiebilanz der Versorgungsoptionen

Energiebilanzen		V1.1 Ab- wärme Spitzenlas- terzeuger	Ab- + Hackschnit- zelkessel + Spitzenlas- terzeuger	V1.3 Wärme- pumpe + Spitzenlas- terzeuger	Dimen- sion
Simulation					
Wetterstation	Schleswig				
Jahr (Auswahl für Wetterdaten)	2019				
Gebiet		Teilgebiet 2			
Sanierungsquote					
Anschlussquote		80%	80%	80%	
Anschlussnehmer		76	76	76	Stk.
davon Leistung <= 50 kW		75	75	75	Stk.
davon Leistung <= 120 kW		1	1	1	Stk.
davon Leistung > 120 kW		0	0	0	Stk.
Wärmebedarf	ca.	1.846.228	1.846.228	1.846.228	kWh _{th}
davon Wohngebäude	ca.	1.711.490	1.711.490	1.711.490	kWh _{th}
davon Nichtwohngebäude	ca.	134.738	134.738	134.738	kWh _{th}
Anschlussleistung	ca.	852	852	852	kW _{th}
davon Wohngebäude	ca.	776	776	776	kW _{th}
davon Nichtwohngebäude	ca.	75	75	75	kW _{th}
Wärmenetz					
Gleichzeitigkeitsfaktor	ca.	0,72	0,72	0,72	
Trassenlänge Hauptstraße	ca.	1.943	1.943	1.943	m
Trassenlänge Hausanschluss	15 m/HÜS	1.140	1.140	1.140	m
Netzverlustleistung	15 W/m	46	46	46	kW _{th}
Netzverluste	8.760 Vbh.	405.106	405.106	405.106	kWh _{th}
Netzverluste	ca.	18%	18%	18%	
Netzwärmebedarf	ca.	2.251.334	2.251.334	2.251.334	kWh _{th}
Netzleistungsbedarf	ca.	634	634	634	kW _{th}
Vollbenutzungsstunden	ca.	3.552	3.552	3.552	Std.

Energiebilanzen		V1.1 Ab- wärme + Spitzenlas- terzeuger	V1.2 Hackschnit- zelkessel + Spitzenlas- terzeuger	V1.3 Wärme- pumpe + Spitzenlas- terzeuger	Dimen- sion
Strombedarf		2.251	24.850	1.251.959	
davon Strombedarf Netzpumpen	1 kWh/MWh	2.251	2.251	2.251	kWh _{el}
davon Strombedarf Erzeuger (außer Wärme- pumpen)		0	22.599	5	
davon Strombedarf Wärmepumpen		0	0	1.249.703	
Anschlussdichte	ca.	0,60 MWh/(m·a)	0,60 MWh/(m·a)	0,60 MWh/(m·a)	
Abwärme					
thermische Leistung	ca.	600			kW _{th}
verfügbare thermische Energie	ca.	5.256.000	0	0	kWh _{th}
davon direkt verwendet		2.251.227	0	0	
davon aus Speicher verwendet		107	0	0	
davon ungenutzt (exkl. Speicherverluste)		2.999.861	0	0	
Deckungsanteil von Wärmeeinspeisung	ca.	100%	0%	0%	
Speicher					
Wärmespeicher	1 Std.	ja	nein	nein	
Speicher-Kapazität	Δ 40 °C	600	0	0	kWh _{th}
Speichergröße (Volumen)		13	0	0	m ³
Speicher-Oberfläche	H/D: 2,0	32	0	0	m ²
Startwert		0	0	0	kWh _{th}
Endwert		600	0	0	kWh _{th}
Verlustbehaftet		ja	ja	ja	
Speicherverluste	15,0 W/m ²	4.205	0	0	kWh _{th}
Hackschnitzelkessel					
Wärmeerzeuger					
Thermische Leistung	ca.	0	600		kW _{th}
Modulation (Minimalleistung)	30%	30%	30%		



Energiebilanzen		V1.1 Ab- wärme + Spitzenlas- terzeuger	V1.2 Hackschnit- zelkessel + Spitzenlas- terzeuger	V1.3 Wärme- pumpe + Spitzenlas- terzeuger	Dimen- sion
Vollbenutzungsstunden	ca.	2.628	3.766		Std.
erzeugte thermische Energie	ca.	0	2.259.880		kWh _{th}
Jahresnutzungsgrad	ca.	85%	85%		
Brennstoffbedarf	ca.	0	2.658.682		kWh _{Hi}
Hackschnitzelmenge	828 kWh/m ³	0	3.211		m ³
Anzahl Taktungen	ca.	0	7		Stk.
Deckungsanteil von Wärmeeinspeisung	ca.	0%	100%		
Betriebsstrom	10 kWh/MWh	0	22.599		kWh _{el}
Speicher					
Speichergröße	ca.	1	50		m ³
Speicher-Oberfläche	H/D: 2,0	6	79		
Speicherkapazität	Δ 40 °C	46	2.322		kWh _{th}
Startwert					
Endwert	ca.	-50	981		
Verlustbehaftet		ja	ja	ja	
Speicherverluste	15,0 W/m ²	50	7.566		kWh _{th}
Wärmepumpe					
Anzahl				2	Stk.
Wärmequelle			Gewässer	Luft	
Jahresmittlere Fluidtemperatur (Erdsonde)					
Periodische Fluidtemperatur Heizsaison (Erdsonde)					
Unterkühlung des Wärmeträgermediums (Erde, Fluss)					
Gütegrad				0,42	
Bivalenzpunkt				monovalent	



Energiebilanzen		V1.1 Ab- wärme + Spitzenlas- terzeuger	V1.2 Hackschnit- zelkessel + Spitzenlas- terzeuger	V1.3 Wärme- pumpe + Spitzenlas- terzeuger	Dimen- sion
Bi-Valenz-COP				2,00	
Bivalenz-Verhalten				Ausgeschaltet	
Modulation				10%	
Thermische Leistung bei 0°C	ca.			500	kW _{th}
mittlere thermische Leistung (bei Vorrangbe- trieb)	ca.			600	kW _{th}
Vollbenutzungsstunden	ca.			3.763	Std.
erzeugte thermische Arbeit	ca.			2.257.825	kWh _{th}
Jahresnutzungsgrad	ca.			1,81	
SCOP für BEW Modul 4				2,50	
benötigte elektrische Arbeit	ca.			1.249.703	kWh _{el}
Jahresarbeit Wärmeentzug Quelle	ca.			1.249.703	kWh _{th}
Flächenbedarf	ca.			0	
Deckungsanteil am Netzwärmebedarf	ca.			100%	
Speicher					
Speichergröße	ca.			24	m³
Speicher-Oberfläche	H/D: 2,0			48	
Speicherkapazität	Δ 25 °C			697	kWh _{th}
Startwert	ca.				
Endwert				697	
Verlustbehaftet				ja	
Speicherverluste	15,0 W/m²			6.344	kWh _{th}
Spitzenlasterzeuger					
Typ		Erdgaskes- sel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	
installierte thermische Leistung	ca.	700	700	700	kW _{th}
maximal genutzte thermische Leistung		0	0	99	kW _{th}
erzeugte thermische Energie	ca.	0	0	549	kWh _{th}

Energiebilanzen		V1.1 Ab- wärme Spitzenlas- terzeuger	Ab- + V1.2 Hackschnit- zelkessel + Spitzenlas- terzeuger	V1.3 Wärme- pumpe + Spitzenlas- terzeuger	Dimen- sion
Wirkungsgrad	93%	93%	93%	93%	
Brennstoffarbeit	ca.	0	0	590	kWh _{Hi}
Brennstoffbedarf	1,108	0	0	654	kWh _{HS}
Betriebsstrom	10 kWh/MWh	0	0	5	kWh _{el}
Deckungsanteil von Wärmeeinspeisung	ca.	0%	0%	0%	
Wärmespeicher (SUMME)					
Speichergröße	ca.	14	50	24	m ³
Speicherkapazität	ca.	646	2.322	697	kWh _{th}
Speicherverluste	ca.	4.255	7.566	6.344	kWh _{th}

Tabelle 17-2: Detaillierte Darstellung der Investitionskosten

Investitionen	V1.1 Ab- wärme + Spitzenlas- terzeuger	V1.2 Hack- schnittel- kessel + Spitzenlas- terzeuger	V1.3 Wärme- pumpe + Spitzenlas- terzeuger	Dimension
Biomassekessel				
thermische Leistung		600		kW _{th}
Kesselanlage inkl. Peripherie und Silo		480.000		€
Volumen Pufferspeicher		50		m ³
Pufferspeicher		90.000		€
Zwischensumme		570.000		€
Unvorhergesehenes		57.000		€
Planung, Gutachten etc.		94.000		€
Investition Biomassekessel		721.000		€
Großwärmepumpe				
Wärmequelle			Luft	

Investitionen	V1.1 Ab- wärme + Spitzenlas- terzeuger	V1.2 Hack- schnittel- kessel + Spitzenlas- terzeuger	V1.3 Wärme- pumpe + Spitzenlas- terzeuger	Dimension
thermische Leistung		0	500	kW _{th}
Wärmepumpe		0	760.000	€
Volumen Pufferspeicher		0	24	m ³
Pufferspeicher		0	43.200	€
Peripherie, Anlagenbau		0	160.000	€
Zwischensumme		0	963.200	€
Unvorhergesehenes		0	96.000	€
Planung, Gutachten etc.		0	160.000	€
Investition Großwärmepumpe		0	1.219.200	€
Investition Großwärmepumpe (inkl. Quellenanlage)		0	1.219.200	€
davon Unvorhergesehenes		0	96.000	€
davon Planung, Gutachten, etc.		0	160.000	€
Erdgaskessel				
thermische Leistung	700	700	700	kW _{th}
Kesselanlage	60.000	60.000	60.000	€
Zubehör	7.000	7.000	7.000	€
Zwischensumme	67.000	67.000	67.000	€
Unvorhergesehenes	7.000	7.000	7.000	€
Planung, Gutachten etc.	11.000	11.000	11.000	€
Investition Erdgaskessel	85.000	85.000	85.000	€
Elektro- und Anlagentechnik				
Druckhaltung und Wasseraufbereitung	30.000	30.000	30.000	€
Pumpen	30.000	30.000	30.000	€
Steuer- und Regelungstechnik	20.000	20.000	20.000	€
elektrische Einbindung	15.000	15.000	15.000	€
hydraulische Einbindung	35.000	35.000	35.000	€

Investitionen	V1.1 Ab- wärme + Spitzenlas- terzeuger	V1.2 Hack- schnittzel- kessel + Spitzenlas- terzeuger	V1.3 Wärme- pumpe + Spitzenlas- terzeuger	Dimension
Hausübergabestation (<= 50 kW)	380.000	380.000	380.000	€
Hausübergabestation (>120 kW)	8.000	8.000	8.000	€
Anlagenbau	50.000	50.000	50.000	€
Brennstoffversorgung	10.000	10.000	10.000	€
Abgasanlage	40.000	40.000	20.000	€
Zwischensumme	618.000	618.000	598.000	€
Unvorhergesehenes	60.000	60.000	60.000	€
Planung, Gutachten etc.	100.000	100.000	100.000	€
Investition Anlagentechnik	778.000	778.000	758.000	€
Wärmenetz				
Länge Transportleitungen	1.943	1.943	1.943	M
Länge Hausanschlussleitungen	1.140	1.140	1.140	M
Transportleitungen	1.600.000	1.600.000	1.600.000	€
Hausanschlussleitungen	500.000	500.000	500.000	€
Zwischensumme	2.100.000	2.100.000	2.100.000	€
Unvorhergesehenes	210.000	210.000	210.000	€
Planung, Gutachten etc.	350.000	350.000	350.000	€
Investition Wärmenetz	2.660.000	2.660.000	2.660.000	€
Grundstücke & Gebäude				
Heizhaus (Gebäude)	100.000	100.000	100.000	€
Zwischensumme	100.000	100.000	100.000	€
Unvorhergesehenes	10.000	10.000	10.000	€
Planung und Gutachten	17.000	17.000	17.000	€
Investition Grundstück & Gebäude	127.000	127.000	127.000	€
Summe	3.650.000	4.371.000	4.849.200	€
davon Unvorhergesehenes	287.000	344.000	383.000	€
davon Planung, Gutachten etc.	478.000	572.000	638.000	€

Investitionen	V1.1 Ab- wärme + Spitzenlas- terzeuger	V1.2 Hack- schnittel- kessel + Spitzenlas- terzeuger	V1.3 Wärme- pumpe + Spitzenlas- terzeuger	Dimension
Summe (inkl. Förderung)	2.224.000	2.656.600	2.943.520	€

Tabelle 17-3: Detaillierte Darstellung der Wirtschaftlichkeit

Wirtschaftlichkeit		V1.1 Ab- wärme + Spitzenlas- terzeuger	V1.2 Hack- schnittel- kessel + Spitzenlas- terzeuger	V1.3 Wärme- pumpe + Spit- zenlasterzeu- ger	Dimen- sion
Brennstoffzufuhr Erdgas	ca.	0	0	654	kWh _{Hi}
Brennstoffzufuhr Hackschnitzel	ca.	0	2.658.682	0	kWh _{Hi}
Brennstoffzufuhr Holzpellets	ca.	0	0	0	
Wärmezufuhr Biogaswärme	ca.	2.251.334	0	0	kWh _{th}
Strombezug öfftl. Netz	ca.	2.251	24.850	1.251.959	kWh _{el}
Strombezug Quartiersstrom	ca.	0	0	0	
Jahresarbeit Wärmeentzug Quelle	ca.	0	0	1.249.703	kWh _{th}
erzeugte Wärmemenge	ca.	1.846.228	1.846.228	1.846.228	kWh _{th}
CO ₂ -Emissionen (fossil)	ca.	0,0	0,0	0,2	t CO ₂
Investitionen					
Biomassekessel	ca.	0	721.000	0	€/a
Solarthermie	ca.	0	0	0	€/a
Erdgaskessel	ca.	85.000	85.000	85.000	€/a
Großwärmepumpe	ca.	0	0	1.219.200	€/a
Elektro- und Anlagentechnik	ca.	778.000	778.000	758.000	€/a
Wärmenetz	ca.	2.660.000	2.660.000	2.660.000	€/a
Grundstück & Gebäude	ca.	127.000	127.000	127.000	€/a
Investitionssumme	ca.	3.650.000	4.371.000	4.849.200	€/a
Kapitalkosten					
Biomassekessel	15 Jahre	0	69.463	0	€/a
Solarthermie	20 Jahre	0	0	0	€/a
Erdgaskessel	20 Jahre	6.821	6.821	6.821	€/a
Großwärmepumpe	18 Jahre	0	0	104.298	€/a
Elektro- und Anlagentechnik	15 Jahre	74.954	74.954	73.027	€/a
Wärmenetz	40 Jahre	155.020	155.020	155.020	€/a

Wirtschaftlichkeit		V1.1 Ab- wärme + Spitzenlas- terzeuger	V1.2 Hackschnit- zelkessel + Spitzenlas- terzeuger	V1.3 Wärme- pumpe + Spit- zenlasterzeu- ger	Dimen- sion
Grundstück & Gebäude	50 Jahre	6.957	6.957	6.957	€/a
jährliche Kapitalkosten	ca.	243.751	313.214	346.123	€/a
Förderung					
Biomassekessel	15 Jahre	0	24.163	0	€/a
Solarthermie	20 Jahre	0	0	0	€/a
Großwärmepumpe	18 Jahre	0	0	36.244	€/a
Elektro- und Anlagentechnik	15 Jahre	26.128	26.128	25.357	€/a
Wärmenetz	40 Jahre	53.849	53.849	53.849	€/a
Grundstücke & Gebäude	50 Jahre	2.410	2.410	2.410	€/a
Planungsleistungen	20 Jahre	14.989	18.006	20.125	€/a
jährliche Förderung	ca.	97.377	124.556	137.986	€/a
Betrieb und Wartung					
Biomassekessel	ca.	0	37.620	0	€/a
Solarthermie	ca.	0	0	0	€/a
Erdgaskessel	ca.	2.220	2.220	2.220	€/a
Großwärmepumpe	ca.	0	0	37.072	€/a
Elektro- und Anlagentechnik	ca.	27.120	27.120	26.320	€/a
Wärmenetz	ca.	11.550	11.550	11.550	€/a
Grundstücke & Gebäude	ca.	275	275	275	€/a
Versicherung/Sonstiges	ca.	8.730	10.423	11.528	€/a
technische Betriebsführung	ca.	8.730	10.423	11.528	€/a
kaufmännische Betriebsführung	ca.	9.880	9.880	9.880	€/a
jährliche Betriebs- und Wartungskos- ten	ca.	68.505	109.511	110.372	€/a
Energiekosten Ø 2. Halbjahr 2022					
Mischpreis Biogaswärme / Abwärme	5,00 ct/kWh	112.567	0	0	€/a
Mischpreis Erdgas	6,74 ct/kWh	0	0	44	€/a
Hackschnitzel - WGH20	3,57 ct/kWh	0	95.031	0	€/a
Pellets - 20 Tonnen	11,05 ct/kWh	0	0	0	€/a
Mischpreis Strom	20,50 ct/kWh	461	5.093	256.599	€/a
Direktstrom (EE)	23,28 ct/kWh	0	0	0	€/a
CO ₂ -Bepreisung	32,5 €/t	0	0	5	€/a
jährliche Energiebezugskosten	ca.	113.028	100.124	256.643	€/a

Wirtschaftlichkeit		V1.1 Ab- wärme + Spitzenlas- terzeuger	V1.2 Hackschnit- zelkessel + Spitzenlas- terzeuger	V1.3 Wärme- pumpe + Spit- zenlasterzu- ger	Dimen- sion
Betriebskostenförderung					
Förderung Betrieb Wärmepumpe öfftl. Strom (10 Jahre)	ca.			114.556	€/a
Förderung Betrieb Solarthermie (10 Jahre)	ca.			0	€/a
jährliche Betriebskostenförderung	ca.	0	0	114.556	€/a
Wirtschaftlichkeit Ø 2. Halbjahr 2022					
Wärmegestehungskosten pro Jahr	ca.	327.908	398.293	460.596	€/a
spezifische Wärmegestehungskosten (netto)		17,76	21,57	24,95	ct/kWh
spezifische Wärmegestehungskosten (brutto)		21,14	25,67	29,69	ct/kWh
Energiekosten Ø 1. Halbjahr 2023					
Mischpreis Biogaswärme / Abwärme	5,00 ct/kWh	112.567	0	0	€/a
Mischpreis Erdgas	6,82 ct/kWh	0	0	45	€/a
Hackschnitzel - WGH20	3,42 ct/kWh	0	91.058	0	€/a
Pellets - 20 Tonnen	6,55 ct/kWh	0	0	0	€/a
Mischpreis Strom	23,28 ct/kWh	524	5.784	291.422	€/a
Direktstrom (EE)	23,28 ct/kWh	0	0	0	€/a
CO ₂ -Bepreisung	32,5 €/t	0	0	5	€/a
jährliche Energiebezugskosten	ca.	113.091	96.842	291.472	€/a
Wirtschaftlichkeit Ø 1. Halbjahr 2023					
Wärmegestehungskosten	ca.	327.971	395.011	495.425	€/a
spezifische Wärmegestehungskosten (netto)		17,76	21,40	26,83	ct/kWh
spezifische Wärmegestehungskosten (brutto)		21,14	25,46	31,93	ct/kWh