

BERICHT ÜBER INGENIEUR- UND BERATUNGSLEISTUNGEN

Berichtsumfang

ENERGETISCHES QUARTIERSKONZEPT RABENHOLZ

Auftraggeber

GEMEINDE RABENHOLZ

c/o Amt Geltinger Bucht
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:

JÜRGEN MEEREIS
Tel.: +49 431 64959-844
E-Mail: j.meereis@ipp-esn.de

Kiel, den 19. August 2024

- Auftraggeber:** Amt Geltinger Bucht (für die Gemeinde Rabenholz)
Holmlück 2
24972 Steinbergkirche
- Ansprechpartner:** Jörg Theet-Meints, Bürgermeister der Gemeinde Rabenholz
- Auftragnehmer:** IPP ESN Power Engineering GmbH
Rendsburger Landstraße 196-198
24113 Kiel
Bearbeitung:
Patrice Ahmadi M.Eng. , Philipp Jahneke M.Sc., Dipl.-Phys. Jürgen Meer-
eis, Jerry Mehl B.Eng.
- In Kooperation mit:** Dipl.-Ing. Architekt Jasper Harten
Fleethörn 25
24103 Kiel
Bearbeitung:
Dipl.-Ing. Architekt Jasper Harten
- Stand:** Endfassung vom 19. August 2024
Redaktionsschluss für die im Bericht verwendeten Daten, Betrachtungen
und Berechnungen war, sofern an einzelnen Stellen keine abweichenden
Angaben erfolgen, für die Mustersanierungsberatungen (Kapitel 8) Mai
2024, ansonsten August 2023.
- Förderhinweis:** Das Projekt Energetische Stadtsanierung im Quartier „Rabenholz“ wird ge-
fördert aus Mitteln des Bundes im Rahmen des KfW-Programms 432 „Ener-
getische 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.....	2
3	Abkürzungsverzeichnis.....	4
4	Gender-Aspekte.....	6
5	Zusammenfassung.....	7
5.1	zentrale Ergebnisse.....	7
5.2	Checkliste KfW energetische Stadtsanierung.....	10
5.3	Energie- und CO ₂ -Bilanz - Verwendungsnachweis KfW energetische Stadtsanierung.....	11
6	Ausgangslage und Auftrag.....	12
7	Bestandsaufnahme.....	14
7.1	Räumliche Lage und Funktionen des Quartiers.....	14
7.2	Bevölkerung, Baufertigstellungen.....	15
7.3	Gebäude- und Heizungsbestand.....	16
7.3.1	Wohnbebauung.....	16
7.3.2	Sanierungsszenarien.....	19
7.3.3	Heizungen im Bestand.....	19
7.3.4	Ergebnisse der Fragebogenaktion und der Energieberatung vor Ort.....	21
7.3.5	Öffentliche Liegenschaften.....	23
7.4	Energie- und CO ₂ -Bilanz des Quartiers.....	24
7.5	Zusammenfassung Bestandsaufnahme.....	28
8	Energie- und CO ₂ -Minderungspotenziale durch Gebäudesanierung.....	29
8.1	Gebäudesanierungspotenzial - Vorgehensweise, Rahmenbedingungen.....	29
8.1.1	BAFA Förderung - Zuschuss.....	29
8.1.2	KfW-Förderung.....	30
8.2	Mustersanierungsberatungen - Energieberatung vor Ort.....	30
8.2.1	Dorfgemeinschaftshaus.....	31
8.2.2	Mustersanierungskonzept 1, Haustyp: Wohnhaus baualtersklasse bis 1910.....	33
8.2.3	Mustersanierungskonzept 2, Haustyp: Wohnhaus Baualtersklasse 1964-1979....	35
8.2.4	Mustersanierungskonzept 3, Haustyp: Wohnhaus Baualtersklasse 1995-2002....	37
8.2.5	Ergänzende Sanierungsberatungen der Verbraucherzentrale.....	39
8.3	Entwicklung des Wärmebedarfs.....	39
9	Versorgungsoptionen.....	40

9.1	Zentrale Versorgungsoptionen	40
9.1.1	Technische Versorgungslösungen	42
9.1.2	Entwurf Wärmenetz	44
9.1.3	Energiewirtschaftliche Ansätze	46
9.1.4	Zentrale Wärmeversorgung	48
9.1.5	CO ₂ -Bilanz und Primärenergiefaktor	58
9.2	Inselnetzversorgung.....	61
9.3	Betreiberkonzepte.....	62
9.4	Dezentrale Versorgungsoptionen.....	64
9.5	Vergleich zentraler und dezentraler Versorgungsoptionen	65
9.6	Sensitivitätsanalysen	66
9.7	Vergleich der Gestehungskosten mit Durchschnittswerten.....	70
9.8	Energy Sharing: Nutzung lokal erzeugter Elektrizität.....	71
9.9	Zusammenfassung Wärmeerzeugung	72
10	Photovoltaik.....	73
10.1	Referenzhaus und Szenarien.....	73
10.2	Energiewirtschaftliche Parameter.....	74
10.3	Szenario 1: Volleinspeisung	75
10.3.1	Energiebilanzen bei Volleinspeisung.....	75
10.3.2	Wirtschaftlichkeit bei Volleinspeisung.....	75
10.4	Szenario 2: Überschusseinspeisung	76
10.4.1	Variante 1: Dreipersonenhaushalt.....	76
10.4.2	Variante 2 und 3	77
10.4.3	Übersicht der Wirtschaftlichkeit der unterschiedlichen Szenarien und Varianten..	80
11	Quartiersentwicklung und Mobilität	81
12	Umsetzungshemmnisse und Möglichkeiten zu ihrer Überwindung	85
12.1	Gebäudesanierung	85
12.2	Leistungsgebundene Wärmeversorgung	86
12.2.1	Technische Herausforderungen.....	86
12.2.2	Rechtliche und organisatorische Herausforderungen.....	86
12.2.3	Wirtschaftliche Herausforderungen	87
12.3	Quartiersentwicklung und Mobilität.....	87
13	Öffentlichkeitsarbeit	88
13.1	Lenkungsgruppe	88

13.2	Allgemeine Öffentlichkeit.....	88
14	Controlling-Konzept.....	90
14.1	Energie- und CO ₂ -Bilanz.....	90
14.2	Bewertungsindikatoren.....	90
14.3	Dokumentation.....	91
15	Maßnahmenkatalog und Empfehlungen für das weitere Vorgehen.....	93
16	Literaturverzeichnis	95

1 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 5-1: Abgleich der Berichtsinhalte mit den Anforderungen der KfW.....	10
Tabelle 5-2: Einsparungen durch Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien	11
Tabelle 7-7-1: Energieeinsparpotential energetische Sanierung.....	19
Tabelle 7-2: Auswertung der Fragebögen zu den Liegenschaften des Quartiers.....	23
Tabelle 7-3: Heizenergiebedarf im Quartier im Jahr 2020	25
Tabelle 7-4: CO ₂ -Emissionsfaktoren und Primärenergiefaktoren verschiedener Energieträger	26
Tabelle 7-5: Jährliche Wärme-, Endenergie-, CO ₂ - und Primärenergiebilanz für das Quartier Rabenholz	27
Tabelle 8-1: MSK 1, Übersicht der Sanierungsvarianten	34
Tabelle 8-2: MSK 2, Übersicht der Sanierungsvarianten	36
Tabelle 8-3: MSK 3, Übersicht der Sanierungsvarianten	38
Tabelle 8-4: Auswirkungen der Energieberatungen der Verbraucherzentrale.....	39
Tabelle 9-1: Parameter der Netzvarianten im Überblick	46
Tabelle 9-2: Energiewirtschaftliche Ansätze	47
Tabelle 9-3: Anlagendimensionierung und Energiebilanzen der zentralen Wärmeversorgung (Netzvariante 3)	51
Tabelle 9-4: Investitionen der zentralen Wärmeversorgung.....	53
Tabelle 9-5: Wärmegestehungskosten der zentralen Wärmeversorgung	56
Tabelle 9-6: CO ₂ -Emissionen der zentralen Wärmeversorgung	59
Tabelle 9-7: Gesamtbilanz der CO ₂ -Emissionen durch die Wärmeversorgung	60
Tabelle 9-8: Primärenergiebedarf der zentralen Wärmeversorgung	61
Tabelle 9-9: Übersicht über mögliche Betreibermodelle	63
Tabelle 9-10: Eingangsparameter der Sensitivitätsanalyse	67
Tabelle 9-11: Legende der Diagramme zur Sensitivitätsanalyse	67
Tabelle 10-1: Energiewirtschaftliche Ansätze der Wirtschaftlichkeitsberechnung PV	74
Tabelle 10-2: Übersicht der Wirtschaftlichkeit.....	80
Tabelle 14-1: Mögliche Indikatoren zum Controlling der Umsetzung klimarelevanter Aspekte des Quartierskonzeptes.....	91
Tabelle 15-1: Maßnahmenkatalog für Umsetzungen	93

2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 5-1: Kostenvergleich der zentralen mit den dezentralen Versorgungsoptionen - durchschnittliche Brennstoff- / Stromkosten 1. Halbjahr 2022 und Mehrkosten 2. Halbjahr 2022.....	8
Abbildung 6-1: Endenergieverbrauch in Deutschland 2022 nach Strom, Wärme und Verkehr (Agentur für Erneuerbare Energien, o. J.)	12
Abbildung 6-2: Erneuerbare Energien - Anteile in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr (UBA, 2024).....	13
Abbildung 7-1: Lage der Gemeinde Rabenholz im Kreis Schleswig-Flensburg (Wikipedia, 2024).....	14
Abbildung 7-2: Das Quartier Rabenholz im Norden der Gemeinde Rabenholz (Quelle: Projektskizze der Gemeinde)	15
Abbildung 7-3: Entwicklung der Bevölkerung von Rabenholz - jeweils 31.12. (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, 2023)	16
Abbildung 7-4: Wohngebäudetypen in Rabenholz (Statistisches Bundesamt, o. J.)	17
Abbildung 7-5: Baualtersklassen Gemeinde Rabenholz (Statistisches Bundesamt, o. J.)	18
Abbildung 7-6: Baualtersklassen Siedlungen im Quartier - Karte aus (LVermGeo SH, 2023).....	18
Abbildung 7-7: Anzahl und Anteil der Heizungsanlagen nach Energieträger	20
Abbildung 7-8: Erdgaskessel nach Baujahren	20
Abbildung 7-9: Heizölkessel nach Baujahren	21
Abbildung 7-10: Fragebogen an alle Haushalte im Quartier	22
Abbildung 7-11: Vorgehensweise zur Erstellung der Wärmeatlasses.....	24
Abbildung 7-12: Wärmeatlas des Quartiers.....	25
Abbildung 7-13: Aufteilung Endenergiebedarf nach Energieträgern	26
Abbildung 7-14: Entwicklung der spezifischen Emissionen des deutschen Strommixes.....	27
Abbildung 8-1: Übersicht Bundesförderung für effiziente Gebäude (BAFA, 2024).....	29
Abbildung 8-2: Dorfgemeinschaftshaus, Außenansicht	31
Abbildung 8-3: Dorfgemeinschaftshaus, IR-Aufnahme	32
Abbildung 8-4: Dorfgemeinschaftshaus, IR-Aufnahme	32
Abbildung 8-5: MSK 1, Außenansicht.....	33
Abbildung 8-6: MSK 1, energetische Kennzahlen	34
Abbildung 8-7: MSK 2, Außenansicht.....	35
Abbildung 8-8: MSK 2, energetische Kennzahlen	36
Abbildung 8-9: MSK 3, Außenansicht.....	37
Abbildung 8-10: MSK 3, energetische Kennzahlen	38
Abbildung 9-1: Mögliche Lage einer Heizzentrale und Struktur der Netzvariante 3 - Karte aus (Google LLC, 2022).....	41

Abbildung 9-2 Mögliche Trassenführung zur Versorgung des Gesamtquartiers – Netzvarianten.....	45
Abbildung 9-3 Erzeugeranteile der Versorgungsvarianten.....	50
Abbildung 9-4: Investitionskosten der Versorgungsoptionen	55
Abbildung 9-5: Gestehungskosten der zentralen Versorgungsvarianten	57
Abbildung 9-6 Kostenvergleich der Inselnetzlösung mit dezentralen Versorgungsoptionen.....	62
Abbildung 9-7 Vergleich der günstigsten zentralen Versorgungslösung mit dezentralen Versorgungsoptionen - durchschnittliche Brennstoff- / Stromkosten 1. Halbjahr 2022 und Mehrkosten 2. Halbjahr 2022	65
Abbildung 9-8: Wärmekosten bei verschiedenen Preissteigerungsraten für Strom.....	68
Abbildung 9-9: Wärmekosten bei verschiedenen Preissteigerungsraten für Erdgas.....	68
Abbildung 9-10: Wärmekosten bei verschiedenen Preissteigerungsraten für Holzpellets.....	69
Abbildung 9-11 Preisbandbreite für Musterverbrauchsfälle (MEKUN, 2023)	70
Abbildung 10-1: Darstellung des Referenzhauses für das Quartier, Quelle: PV*SOL.....	73
Abbildung 10-2: Energieflüsse Volleinspeisung, Quelle: PV*SOL.....	75
Abbildung 10-3: Kumulierter Cashflow im Betrachtungszeitraum, Quelle: PV*SOL.....	75
Abbildung 10-4 Energieflüsse Überschusseinspeisung, Quelle: PV*SOL.....	76
Abbildung 10-5: Kumulierter Cashflow im Betrachtungszeitraum, Quelle: PV*SOL.....	77
Abbildung 10-6: Energieflüsse Überschusseinspeisung mit Stromspeicher, Quelle: PV*SOL	78
Abbildung 10-7: Energieflüsse Überschusseinspeisung mit Stromspeicher und Elektroauto, Quelle: PV*SOL	79
Abbildung 11-1: Impressionen vom BarCamp „Rabenholz 2029“	81
Abbildung 11-2: Ergebnisse des BarCamps „Rabenholz 2029“	84
Abbildung 12-1: Endenergieverbrauch Raumwärme 2018 in Deutschland	85
Abbildung 13-1: Plakat zur ersten öffentlichen Veranstaltung in Rabenholz	88
Abbildung 13-2 Ein gut gefülltes Dorfgemeinschaftshaus zur öffentlichen Auftaktveranstaltung	89

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
BMF	Bundesministerium der Finanzen
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)
EWP	Erdwärmepumpe
GEG	Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz)
GH	Gasheizung
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
LVerGeo SH	Landesamt für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein

LWP	Luft-Wasser-Wärmepumpe
MEKUN	Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur des Landes Schleswig-Holstein
MSK	Mustersanierungskonzept / Mustersanierungsobjekt
NAH.SH	Nahverkehrsverbund Schleswig-Holstein GmbH
NWG	Nichtwohngebäude
OG	Obergeschoss
ÖPNV	öffentlicher Personennahverkehr
o. J.	ohne Jahresangabe
PH	Pelletheizung
PV	Photovoltaik
SH	Schleswig-Holstein
SH-Netz	Schleswig-Holstein Netz AG
ST	Solarthermie
T€	1.000 Euro
th	thermische (Leistung oder Arbeit)
Tr.m	Trassenmeter
UBA	Umweltbundesamt
WE	Wohneinheit
WG	Wohngebäude
WPG	Wärmeplanungsgesetz
Z	Zentrale Versorgung

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 Rabenholz 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 einschließlich 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 WPG zur Dekarbonisierung bzw. die Förderbedingungen für neu zu errichtende Wärmenetze umsetzen müssen.

Daher wurde für das Quartier untersucht, ob ein **Wärmenetz** für das gesamte Quartier oder Teile davon umsetzbar sein könnte. Als mögliche Wärmequellen wurden Großwärmepumpen (Luft- und Erdwärme) unter Nutzung von Strom aus lokalen Windkraftanlagen per Direktleitung, Holzhackschnitzelkessel und Abwärme eines Biogas-BHKW in der Nachbargemeinde sowie Kombinationen dieser Optionen betrachtet.

Das Quartier ist in großen Teilen ein typisches Straßendorf mit sehr geringer Wärmelinien-dichte, 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.

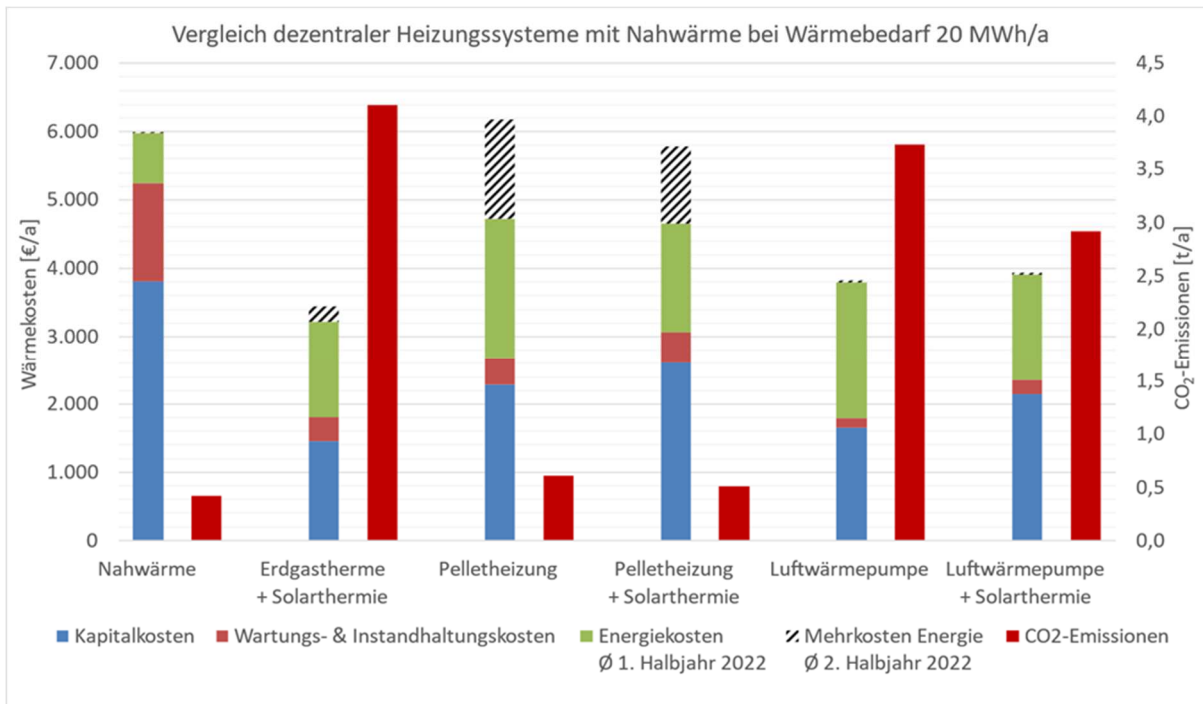


Abbildung 5-1: Kostenvergleich der zentralen mit den dezentralen Versorgungsoptionen - durchschnittliche Brennstoff- / Stromkosten 1. Halbjahr 2022 und Mehrkosten 2. Halbjahr 2022

Es zeigte sich, dass - am Beispiel eines quartierstypischen Einfamilienhauses mit einem jährlichen Wärmebedarf von 20 MWh - die jährlichen Kosten von Wärme eines Wärmenetzes um etwa 2.000,- € über denen einer Luftwärmepumpe lägen. Der Vorteil einer höheren Preisstabilität eines Wärmenetzes, der gegeben ist, wenn mit den Direktstromlieferanten oder Lieferanten von Hack-schnitzeln langfristige Verträge geschlossen werden, würde erst bei sehr starken Strompreissteigerungen auf über 60 ct/kWh greifen.

Unter diesen Umständen ist es 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 kann der Gemeinde derzeit *keine* Errichtung eines Wärmenetzes empfohlen werden.

Die energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen können weiter beobachtet werden. Sollte sich das Preisgefüge für Strom einerseits und den Bau von Wärmenetzen andererseits maßgeblich verändern, könnten die Überlegungen aktualisiert 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 daher noch eine Anschlussquote erreichbar ist, die ein Wärmenetz tragfähig machen würde.

Insofern wurde als Alternative diskutiert, inwiefern die Stromerzeugung eines örtlichen Windparks, an dem auch die Gemeinde und Bürger aus der Gemeinde beteiligt sind, und zukünftig von ggf. neu zu errichtender Freiflächen-Photovoltaikanlagen genutzt werden könnte, um über Direktleitungen oder „**Energy Sharing**“ (Nutzung regional erzeugten Stroms zu vergünstigten Netznutzungskosten) günstige Strompreise für Wärmepumpen u. a. zu ermöglichen. Hier erweist es sich

als ratsam, zunächst die seit 2021 überfällige Umsetzung der EU-Richtlinie 2018/2001 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen in deutsches Recht abzuwarten. Diese Richtlinie verpflichtet die Mitgliedsstaaten, „Energy Sharing“ zu erleichtern.

Ergänzend zur Wärmeversorgung wurden im Rahmen eines partizipativen Workshops (BarCamp) von Menschen aus der Gemeinde mögliche Maßnahmen zur **Quartiersentwicklung** einschließlich **Mobilität** erarbeitet. Betrachtet wurden in verschiedenen Arbeitsgruppen

- Carsharing,
- Förderung der Dorfgemeinschaft,
- Begegnungsstätte,
- Wanderwege,
- Qigong,
- betreutes Wohnen,
- Mobilität im Alter / WhatsApp-Gruppen,
- Photovoltaik-Nutzung auf den Gebäuden und
- smarte Straßenbeleuchtung.

Die Maßnahmen können, teilweise unter Koordination und Priorisierung durch die Gemeindevertretung, von der Gemeinde bzw. interessierten Bürgerinnen und Bürgern umgesetzt werden.

5.2 CHECKLISTE KfW ENERGETISCHE STADTSANIERUNG

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

INHALTLICHE MINDESTANAFORDERUNGEN 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, 11
Beachtung der baukulturellen Zielstellungen unter besonderer Berücksichtigung von Denkmälern, erhaltenswerter Bausubstanz und Stadtbildqualität	7, 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
Bestandsaufnahme von Grünflächen, Retentionsflächen, Beachtung von naturschutzfachlichen Zielstellungen und der vorhandenen natürlichen Kühlungsfunktion der Böden	---
Gesamtenergiebilanz des Quartiers (Vergleich Ausgangspunkt und Zielaussage)	8.3
Bezugnahme auf Klimaschutzziele der Bundesregierung und energetische Zielsetzungen auf kommunaler Ebene	6, 7.3.2
Konkreter Maßnahmenkatalog unter Berücksichtigung quartiersbezogener Wechselwirkungen	15
Analyse möglicher Umsetzungshemmnisse und deren Überwindungsmöglichkeiten	12
Aussagen zu Kosten, Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit der Investitionsmaßnahmen	8, 9
Einbeziehung betroffener Akteure bzw. Öffentlichkeit in die Aktionspläne / Handlungskonzepte	13
Maßnahmen zur organisatorischen Umsetzung des Sanierungskonzepts (Zeitplan, Prioritätensetzung, Mobilisierung der Akteure und Verantwortlichkeiten)	15
Maßnahmen der Erfolgskontrolle und zum Monitoring	14
Bei Digitalisierungsvorhaben: Nutzung von Open Source-Ansätzen und offenen Standards; Beachtung von Datenschutz und -sicherheit	---

5.3 ENERGIE- UND CO₂-BILANZ - VERWENDUNGSNACHWEIS KfW ENERGETISCHE STADTSANIERUNG

Im Quartierskonzept wurden verschiedene Varianten einer zukünftigen Nahwärmeversorgung untersucht. Dem Vergleich von Status quo wurde dabei die Variante zugrunde gelegt, die sowohl wirtschaftlich als auch unter Klimagesichtspunkten die vorteilhafteste wäre. Bei dieser wird die Versorgung des gesamten Quartiers über eine Luftwärmepumpe, die über eine Direktstromleitung aus den örtlichen Windkraftanlagen versorgt wird und einem Erdgas-Spitzenlastkessel gewährleistet. Die Werte beziehen sich auf eine Anschlussquote in Höhe von 80 %. Die CO₂-Einsparungen in Tabelle 5-2 werden gemäß der Vorgaben der KfW mit den Emissionsfaktoren des GEG berechnet.

Tabelle 5-2: Einsparungen durch Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien

Nr.	geplante Maßnahme (Kurzbezeichnung)	Energieträger (gemäß Tabelle 4)	Emissions- fakto [kg/kWh]	Primärener- giefaktor fp	Endenergieverbrauch (ggf. geschätzt)			Einsparung im ersten Jahr			Nutzungs- dauer der Maß- nahme [a]
					Ist-Zustand/ Referenz- anlage [kWh/a]	Optional: prozentuale Einsparung [%]	Soll- Zustand [kWh/a]	End- energie [kWh/a]	Primär- energie [kWh/a]	CO _{2e} - Emissionen [t/a]	
1	Bestandsgebäude	Erdgas	0,240	1,1	1.024.000	68	327.680	696.320	765.952	167,1	
2	Bestandsgebäude	Heizöl	0,310	1,1	1.588.000	68	508.160	1.079.840	1.187.824	334,8	
3	Bestandsgebäude	Flüssiggas	0,276	1,1	94.000	68	30.080	63.920	70.312	17,6	
4	Bestandsgebäude	Netzbezogener St	0,560	1,8	39.000	68	12.480	26.520	47.736	14,9	
5	Fernwärme	Nah-/Fernwärme in	0,047	0,3			1.600.000	-1.600.000	-480.000	-74,8	
								0	0	0,0	
								0	0	0,0	
								0	0	0,0	
								0	0	0,0	
								0	0	0,0	
Summe der Einsparungen aus Tabelle 1a								266.600	1.591.824	459,6	

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.).

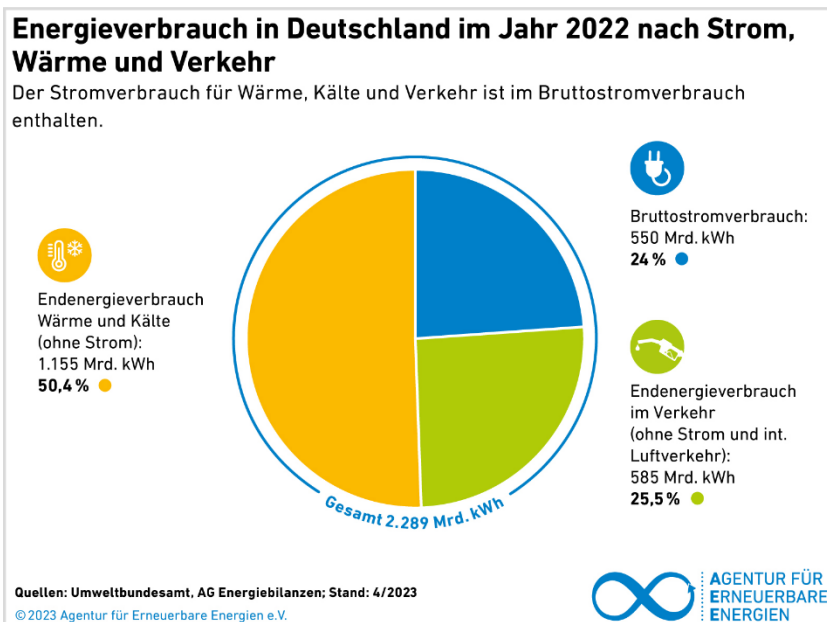


Abbildung 6-1: Endenergieverbrauch in Deutschland 2022 nach Strom, Wärme und Verkehr (Agentur für Erneuerbare Energien, o. J.)

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 Rabenholz, 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.

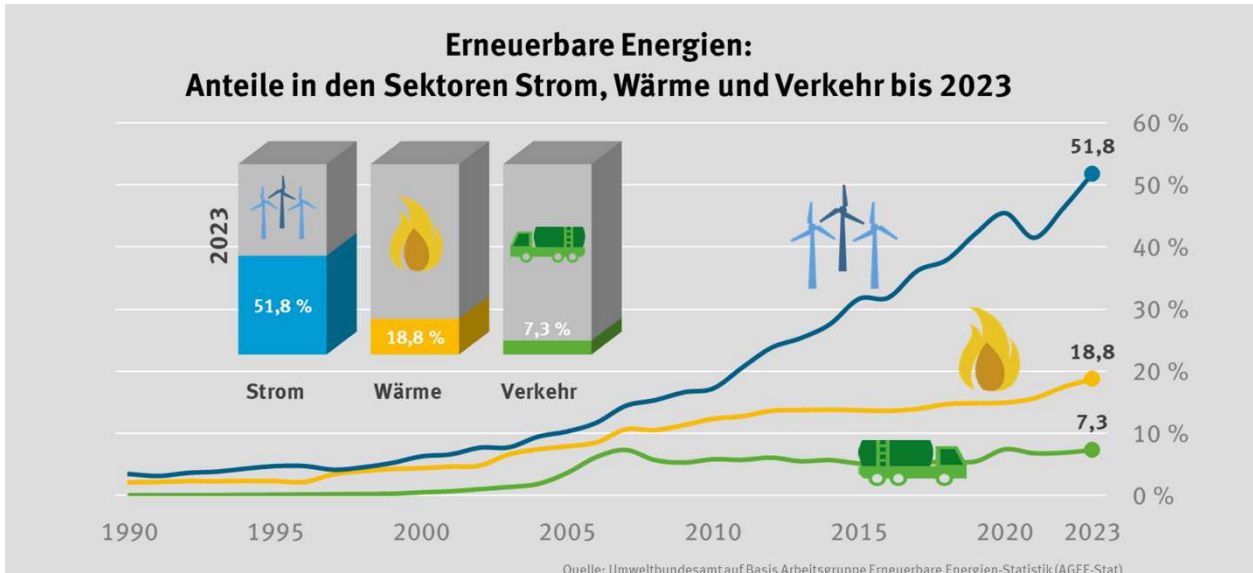


Abbildung 6-2: Erneuerbare Energien - Anteile in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr (UBA, 2024)

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 Rabenholz befindet sich im Norden der Gemeinde Rabenholz und umfasst den größten Teil der Wohnbebauung. Die Gemeinde Rabenholz liegt im schleswig-holsteinischen Kreis Schleswig-Flensburg und ist eine von 16 Gemeinden des Amtes Geltinger Bucht. Der Ort wurde 1462 erstmals erwähnt und gehörte zum Gut Priesholz (Wikipedia, 2024). Das heutige Rabenholz liegt südlich von Gelting an der Kreisstraße 58.

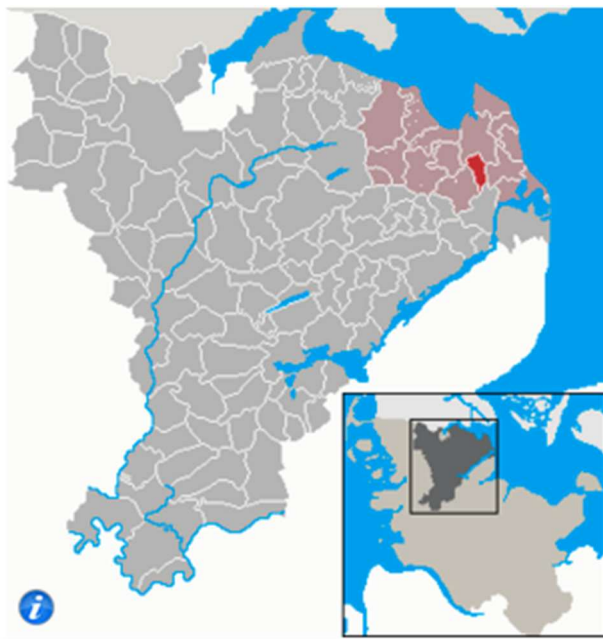


Abbildung 7-1: Lage der Gemeinde Rabenholz im Kreis Schleswig-Flensburg (Wikipedia, 2024)

Das Quartier erstreckt sich entlang der Dorfstraße zwischen Düstholz im Norden und Priesholzmühle im Süden. Es umfasst in westlicher Richtung Westerfeld und Lück. In östlicher Richtung gehört die gesamte Straße Osterfeld zum Quartiersbereich.

Das Quartier besteht aus circa 100 Wohngebäuden. Es ist durch eine kleinteilige Einfamilienhausbebauung, teilweise mit Einliegerwohnungen, geprägt. Wohnhäuser mit drei oder mehr Wohneinheiten sind nicht vorhanden. Im Quartiersgebiet befindet sich eine Autowerkstatt und ein Reiterhof. Einkaufsmöglichkeiten befinden sich in dem ca. 3 km entfernten Gelting.

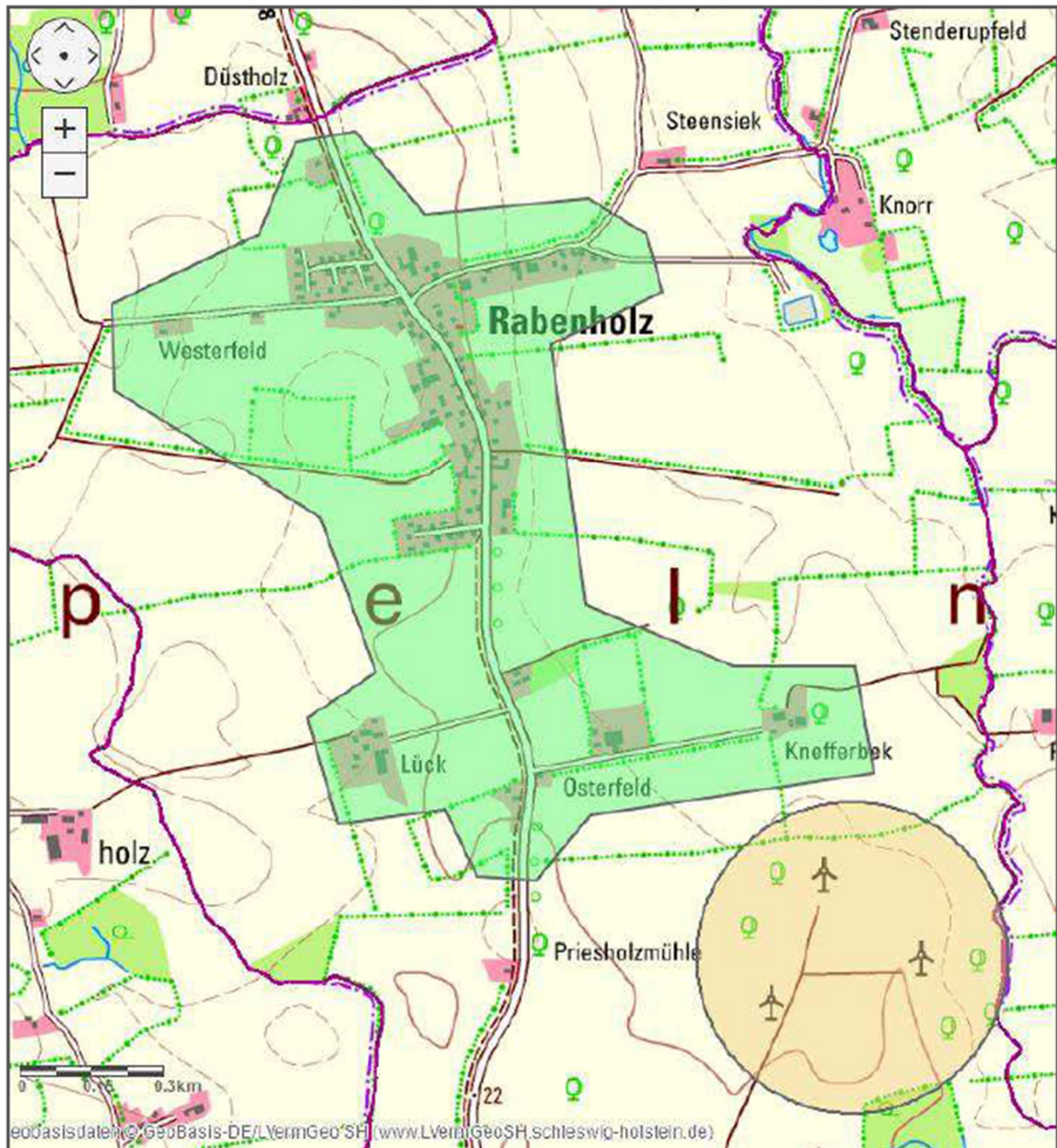


Abbildung 7-2: Das Quartier Rabenholz im Norden der Gemeinde Rabenholz (Quelle: Projektskizze der Gemeinde)

7.2 BEVÖLKERUNG, BAUFERTIGSTELLUNGEN

Da sich der Bereich des energetischen Quartierskonzepts nicht auf die gesamte Gemeinde Rabenholz, sondern einen Teil bezieht, ist eine genaue Analyse der demografischen und siedlungdemografischen Entwicklung aufgrund der fehlenden Datengrundlage nur bedingt möglich. Für die Einwohnerentwicklung wird Rabenholz insgesamt betrachtet.

Am 31.12.23 lebten 277 Personen in der Gemeinde Rabenholz (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, 2023). Die Einwohnerzahl war in den letzten Jahren relativ stabil (vgl. Abbildung 7-3).

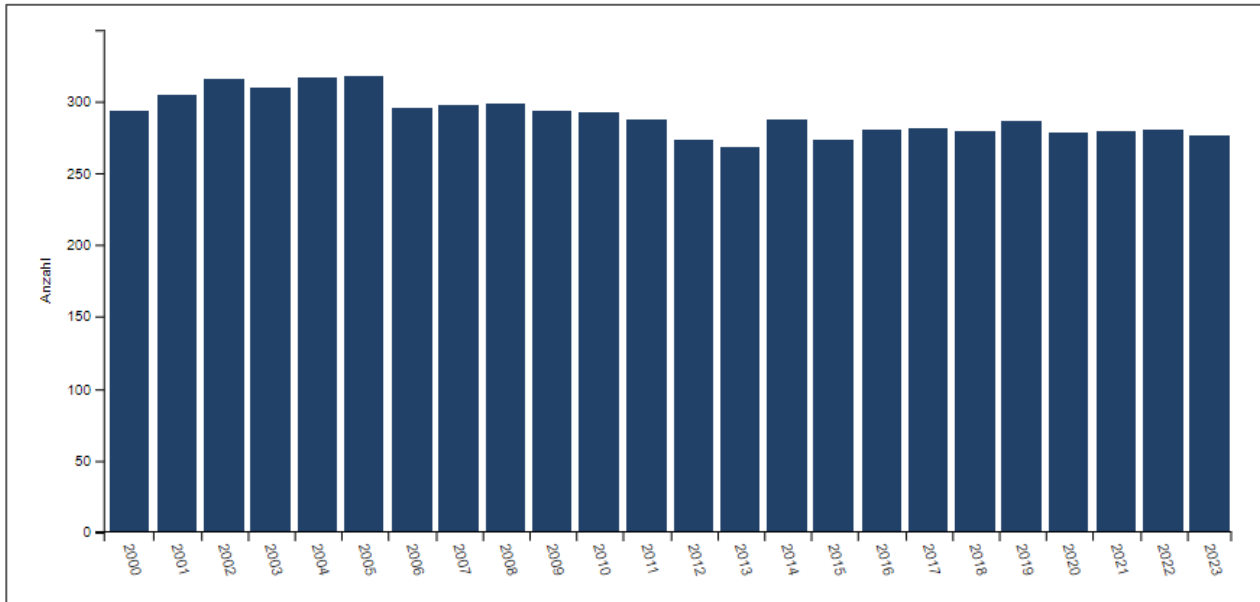


Abbildung 7-3: Entwicklung der Bevölkerung von Rabenholz - jeweils 31.12. (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, 2023)

Aus den Ergebnissen einer Quartiersbegehung mit Mitgliedern der Lenkungsgruppe lassen sich Bauabschnitte und die chronologische Entwicklung der Bebauung des Quartiers ableiten: Der größte Anteil der Häuser von vor 1919 wurde an der Dorfstraße errichtet. 1964 bis 1974 entstanden die ersten Einfamilienhäuser in der Straße „Madsenweg“. 1980 bis 1982 wurde dieses Baugebiet zum Westen hin erweitert. Das jüngste Bebauungsgebiet „Süderfeld“ wurde in den Jahren 1997 - 1999 mit Einfamilienhäusern bebaut.

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 7-2).

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 Rabenholz ist hauptsächlich durch Einfamilienhäuser geprägt. (siehe Abbildung 7-4). Aufgrund fehlender Daten kann keine exakte Aufteilung

der Gebäudetypen für das Quartier vorgenommen werden. Durch die Quartiersbegehung und die Auswertung von Luftbildern kann jedoch auch für das Quartier ein sehr hoher Einfamilienhausanteil angenommen werden. Mehrfamilienhäuser gibt es im Quartiersgebiet nicht.

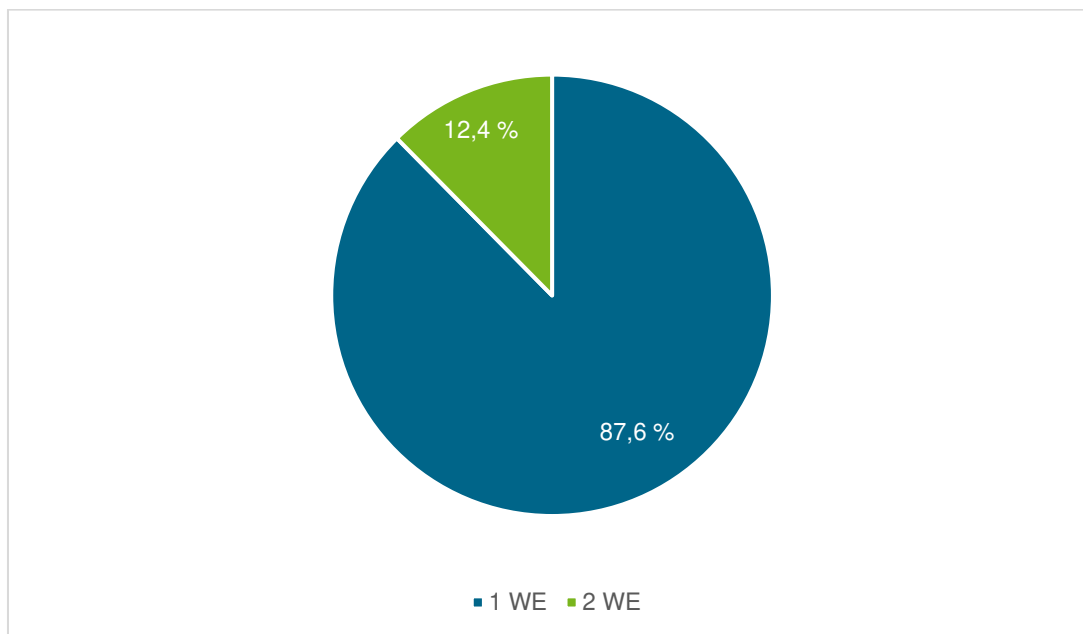


Abbildung 7-4: Wohngebäudetypen in Rabenholz (Statistisches Bundesamt, o. J.)

Die Wohngebäude in Rabenholz 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 2005 dar. 2011 wurden 113 Gebäude in Rabenholz gezählt. Davon waren 95 Einfamilienhäuser und 14 Wohngebäude mit zwei Wohneinheiten. Das Statistische Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein zählte am 31.12.2022 117 Gebäude in Rabenholz. Demnach ist davon auszugehen, dass zwischen 2011 und 2022 lediglich 4 Gebäude in Rabenholz errichtet wurden (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, o. J.). Der Großteil der Wohngebäude in Rabenholz (ca. 70 %) wurde vor 1979 erbaut (Abbildung 7-5).

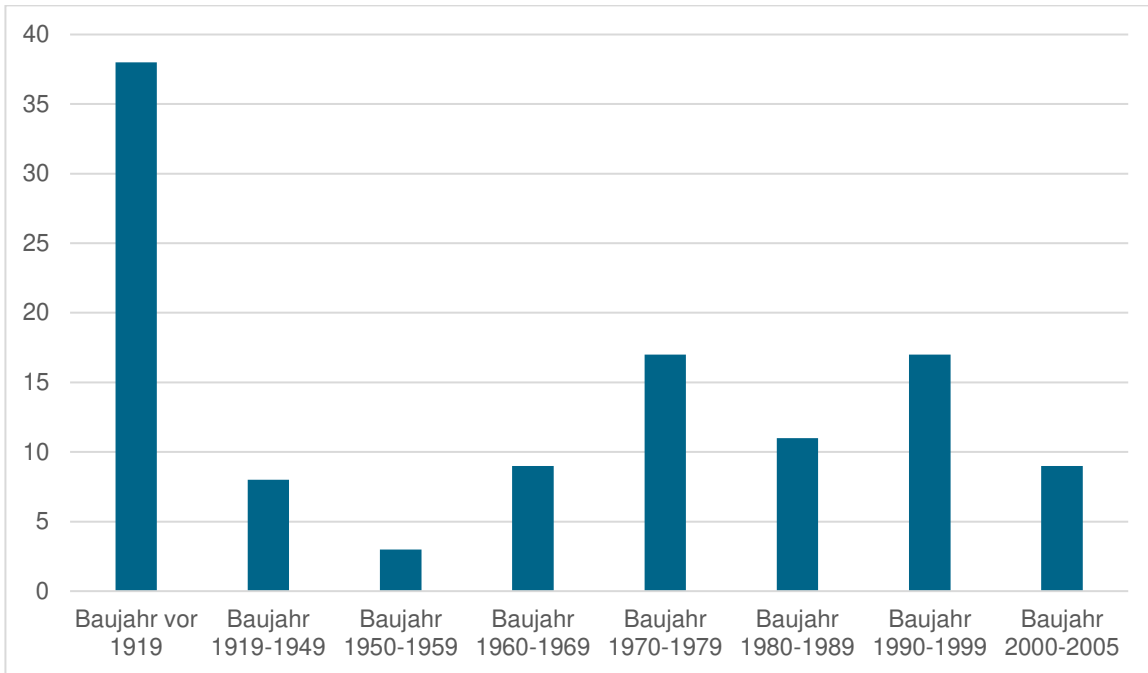


Abbildung 7-5: Baualtersklassen Gemeinde Rabenholz (Statistisches Bundesamt, o. J.)

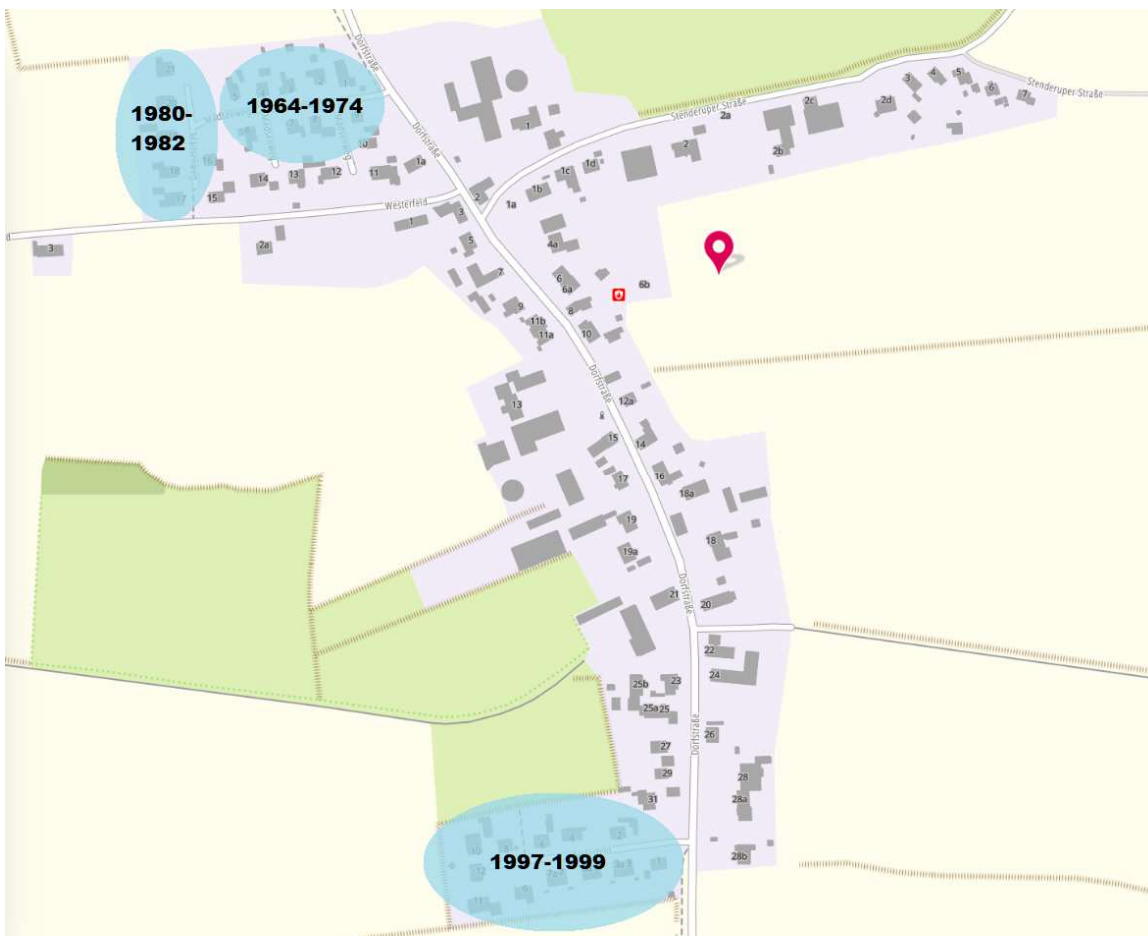


Abbildung 7-6: Baualtersklassen Siedlungen im Quartier - Karte aus (LVermGeo SH, 2023)

7.3.2 SANIERUNGSSZENARIEN

Bei der vorhandenen Gebäudestruktur überwiegen Häuser der Baujahre bis 1979. Der Endenergiebedarf der gemäß Kapitel 8.2 untersuchten Häuser der Baujahre 1849 und 1972 liegt bei 218 und 279 kWh/(m²·a). Die unterschiedlichen Werte ergeben sich einerseits aus den zum Zeitpunkt der Errichtung üblichen Wärmedämmstandards und andererseits 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. Im Bebauungsgebiet „Süderfeld“ mit Wohngebäuden aus der zweiten Hälfte der 1990er Jahre - mit entsprechend besserem Wärmedämmstandard - wurde mit 140 kWh/(m²·a) ein deutlich niedrigerer Wert ermittelt. Im übrigen Quartiergebiet 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 6 und 22 %. 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 25 bis 33 % 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 46 bis 30 %. Wenn zusätzlich elektrisch betriebene Wärmepumpen anstelle der vorhandenen Gasheizungen installiert werden, sinkt der Endenergiebedarfs um ca. 81 %.

Tabelle 7-7-1: Energieeinsparpotential energetische Sanierung

GEBÄUDE	SZENARIO 1 [%]	SZENARIO 2 [%]	SZENARIO 3 [%]	SZENARIO 3 + WÄRMEPUMPE [%]
MSK 1 Baualtersklasse: bis 1910	22	31	46	88
MSK 2 Baualtersklasse: 1964 - 1978	23	33	53	82
MSK 3 Baualtersklasse: 1995-2002	6	25	30	74
Mittelwert	17	30	43	81

7.3.3 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 Rabenholz verfügt in bis auf dem Ortsteil Osterfeld und Westerfeld über eine nahezu geschlossene Erdgasverrohrung.

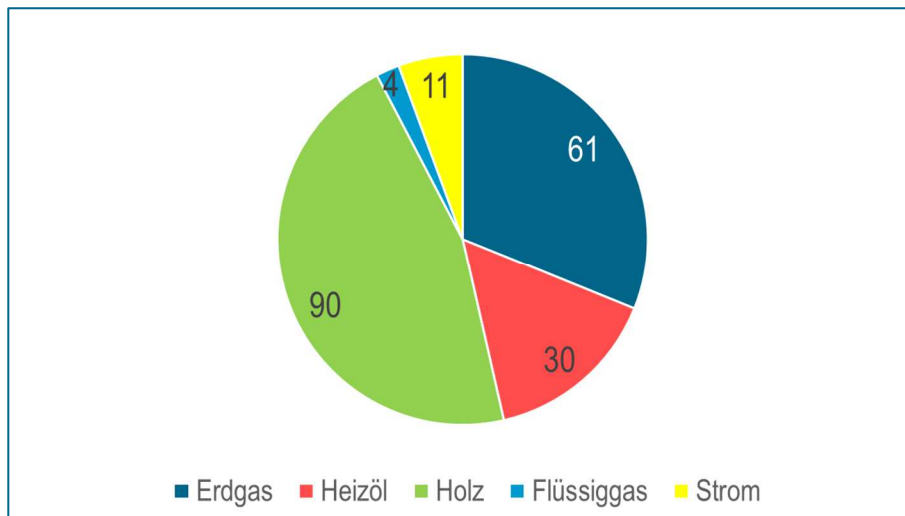


Abbildung 7-7: Anzahl und Anteil der Heizungsanlagen nach Energieträger

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 100 Gebäuden im Quartier werden etwa zwei Drittel mittels Erdgaskessel beheizt. Dies spiegelt die hohe Verrohrungsdichte mit Erdgas im Quartier wider. Die verbliebenen Haushalte werden hauptsächlich mit heizölbasierten Kesselanlagen (rd. 30 Stck; 30 % der Hauptkessel) versorgt. Vier Gebäude werden mittels Flüssiggas und 11 Gebäude über Stromheizungen (z. B. Wärmepumpen oder Nachtspeicherheizungen) versorgt.

Von den Erdgaskesseln sind etwa 42 % bereits älter als 15 Jahre und damit kurz- bis mittelfristig ersatzbedürftig. Mehr als die Hälfte der Erdgaskessel ist jünger als 10 Jahre alt und würde daher, zumindest ohne die Umstellungsanreize des GEG, weiterhin den Bestand prägen.

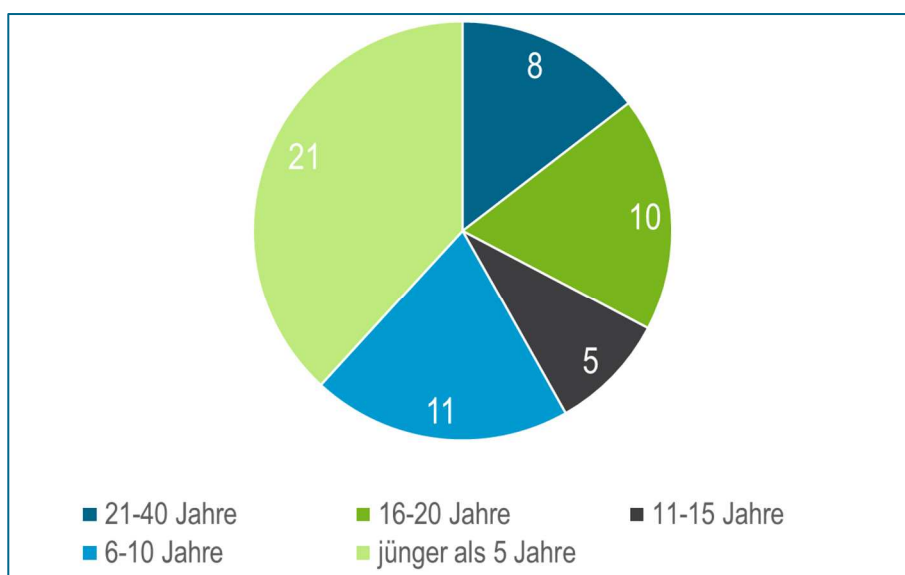


Abbildung 7-8: Erdgaskessel nach Baujahren

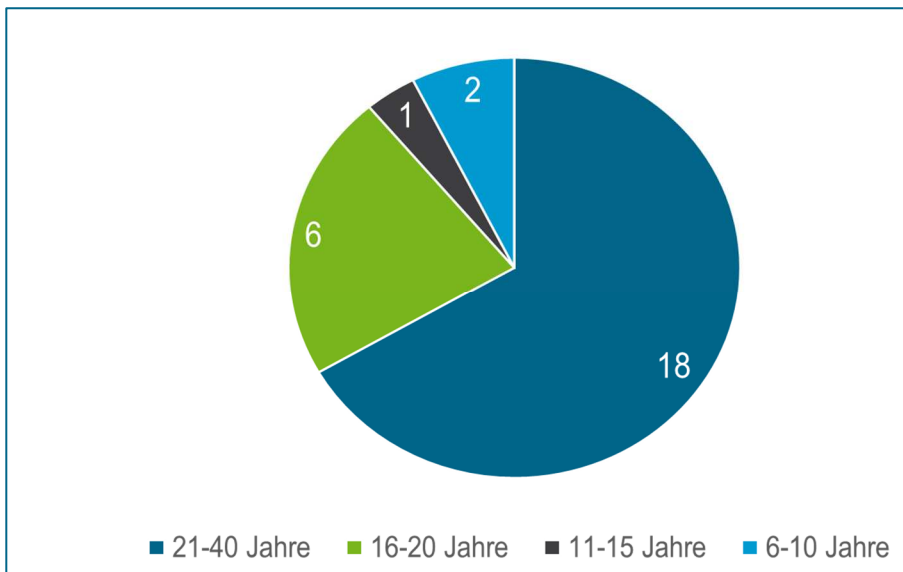


Abbildung 7-9: Heizölkessel nach Baujahren

Heizölkessel sind zumeist langlebiger als Erdgaskessel. Zwei Drittel 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.

7.3.4 ERGEBNISSE DER FRAGEBOGENAKTION UND DER ENERGIEBERATUNG VOR ORT


7.3.4.1 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.

Die Auswertung der abgegebenen Fragebögen zeigt überwiegend Interesse an einer klimafreundlichen zentralen Wärmeversorgung (vgl. Tabelle 7-2).

Energetisches Quartierskonzept Rabenholz

Fragebogen



Für das Quartierskonzept 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, den zu erwartenden Wärmeabsatz zu kennen. Daher bitten wir Sie um Informationen zu Ihrer Heizung, dem Brennstoffverbrauch und Ihrem Gebäude. In der Auftaktveranstaltung am 31.05.2023 möchten wir Sie gerne genauer informieren.

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

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

Ich bin interessiert an einer kostenfreien Energieberatung für mein Haus: ja nein

1. Straße + Hausnummer des Objektes _____
2. Vorname, Name _____
3. Telefon / E-Mail _____ / _____
4. Baujahr des Hauses: _____
5. Sanierungen in den letzten Jahren (Maßnahme und Jahr): _____

6. Wohnfläche: _____ m²
7. Baujahr der Heizungsanlage: _____
8. Leistung der Heizungsanlage: _____ kW
9. Heizungsart / Brennstoff und jährlicher Verbrauch
 - Erdgas Verbrauch: _____ kWh oder m³ (Nichtzutreffende Einheit bitte streichen!)
 - Heizöl Verbrauch: _____ Liter
 - Pellets Verbrauch: _____ kg
 - Holz Verbrauch: _____ m³
 - Strom Verbrauch: _____ kWh (für Wärmepumpe Strom-Direktheizung)
 - Solarthermie
 - Sonstiges Verbrauch: _____ Art der Heizung: _____
10. Art der Trinkwarmwasserbereitung: zentral über Heizungsanlage dezentral elektrisch
11. Grundsätzliches Interesse an einer klimafreundlichen, zentralen Wärmeversorgung: ja nein

Die Teilnahme an der Befragung ist freiwillig. Sie erklären sich mit Ihrer Unterschrift einverstanden, dass die Daten im Rahmen dieser Erhebung durch die Gemeinde Rabenholz, das Amt Geltinger Bucht und die beauftragten Büros IPP ESN Power Engineering GmbH sowie das Architekturbüro Harten verarbeitet und auf deren Servern gespeichert werden. Die Einwilligung zur Verarbeitung und Speicherung Ihrer personenbezogenen Daten können Sie jederzeit widerrufen. Eine Verarbeitung der Daten erfolgt nur im Zusammenhang mit dem energetischen Quartierskonzept. Es erfolgt keine darüber hinausgehende Nutzung oder Weitergabe der Daten an Dritte.

 Ort / Datum Unterschrift

Abbildung 7-10: Fragebogen an alle Haushalte im Quartier

Tabelle 7-2: Auswertung der Fragebögen zu den Liegenschaften des Quartiers

Charakteristik	Wert	Bezug
Abgebende Fragebögen	59	
Interesse an zentr. Wärmeversorgung	14	Ja
	2	Nein
Angabe Energieverbräuche	15	
Baualtersklasse vor 1910	10	
Baualtersklasse 1911-1963	1	
Baualtersklasse 1964-1979	9	
Baualtersklasse 1980-1994	9	
Baualtersklasse 1995-2002	16	
Baualtersklasse nach 2003	6	
Bj. Heizung	1985-2022 (Mittelwert: 2004)	
Energieträger	4	Holz (ergänzend)
	1	Holzpellets
	36	Erdgas
	16	Heizöl
	61	Strom
Mittelwert spez. Verbrauch	123	kWh/(m ² ·a)

7.3.4.2 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).

7.3.5 ÖFFENTLICHE LIEGENSCHAFTEN

In der Dorfstr. 6b befindet sich das Dorfgemeinschaftshaus der Gemeinde Rabenholz. Für dieses Gebäude wurde eine Energieberatung auf Grundlage der zur Verfügung gestellten Unterlagen und einer Begehung durchgeführt.

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.

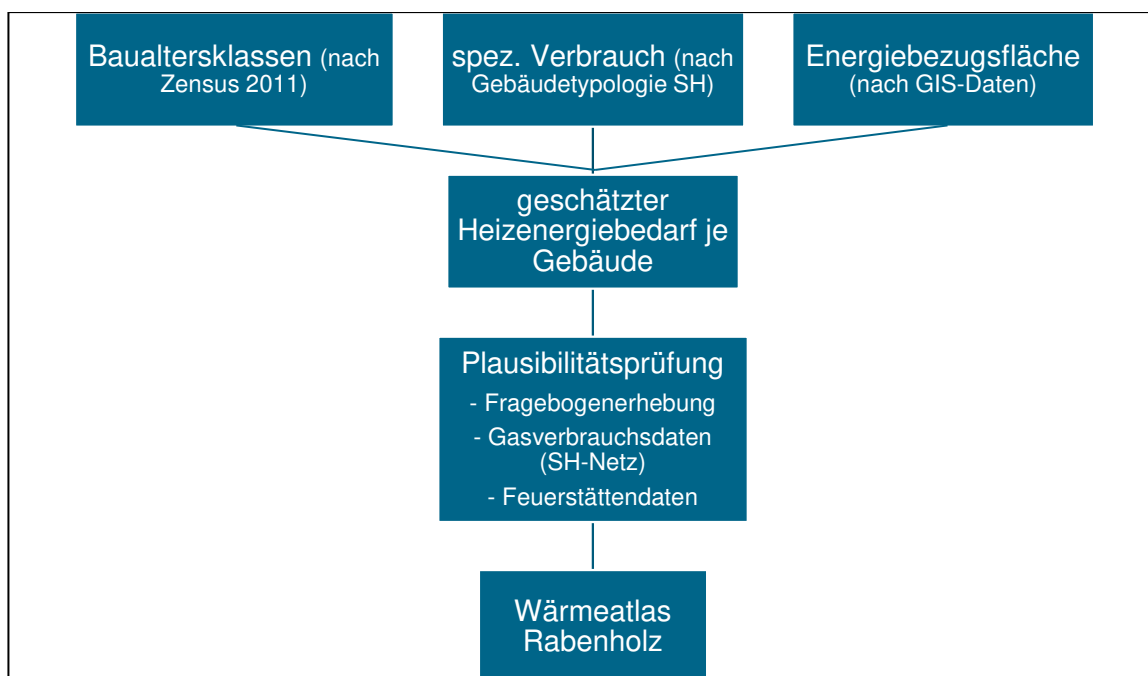


Abbildung 7-11: Vorgehensweise zur Erstellung der Wärmeatlasses

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

Der Heizenergiebedarf im Quartier teilt sich gemäß Tabelle 7-3 auf die verschiedenen Gebäudearten auf.

Abbildung 7-13 zeigt die Verteilung der Energieträger im Quartier auf Basis der Auswertungen der Feuerstättendaten und der ergänzenden Plausibilitätsprüfungen aus Gasverbrauch und statistischen Annahmen und verdeutlicht den hohen Heizöl- und Erdgasanteil des Energieträgersplits der Kesselanlagen (Heizöl ca. 55 % und Erdgas 35 %, bezogen auf den Heizenergiebedarf).

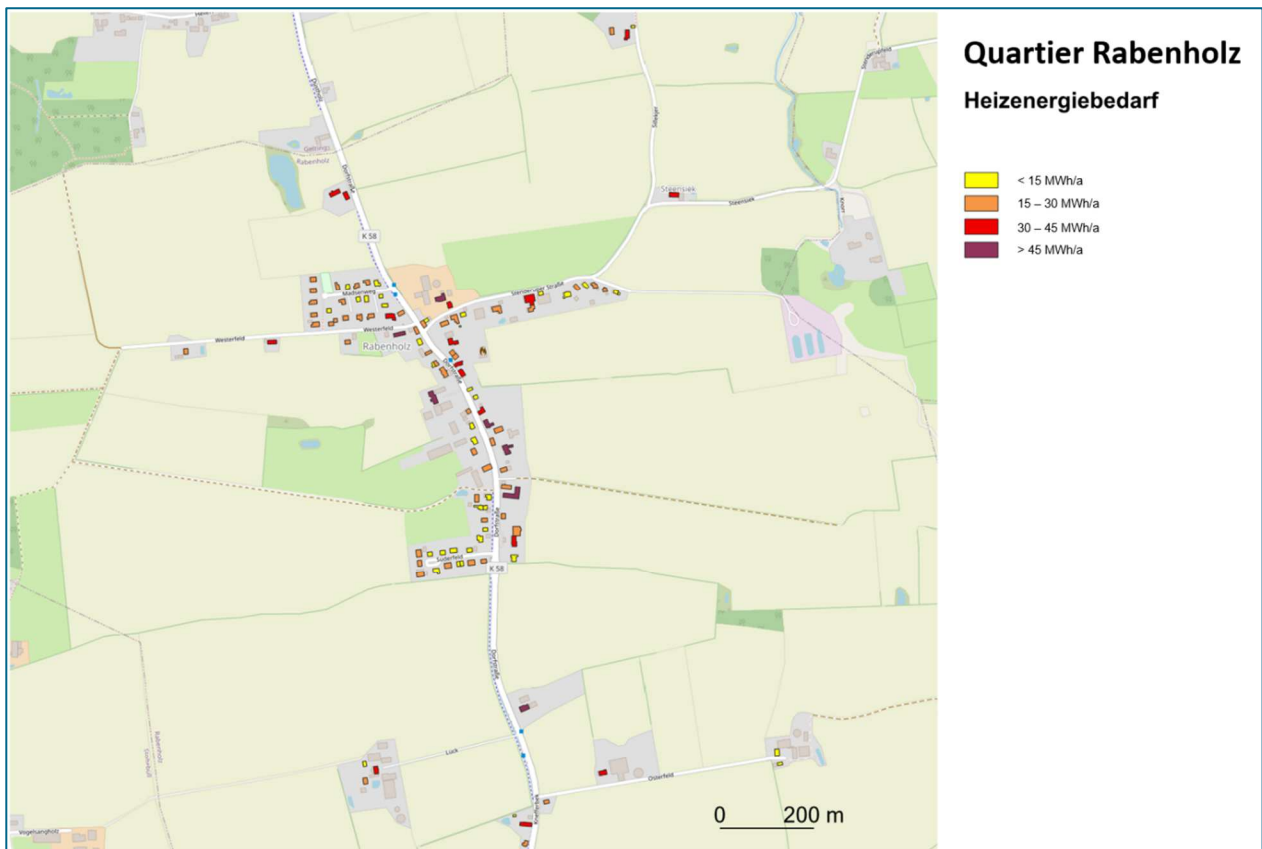


Abbildung 7-12: Wärmeatlas des Quartiers

Tabelle 7-3: Heizenergiebedarf im Quartier im Jahr 2020

Wohngebäude		Nichtwohngebäude		Gesamt
Anzahl	MWh/a	Anzahl	MWh/a	MWh/a
107	2.315	5	83	2.398

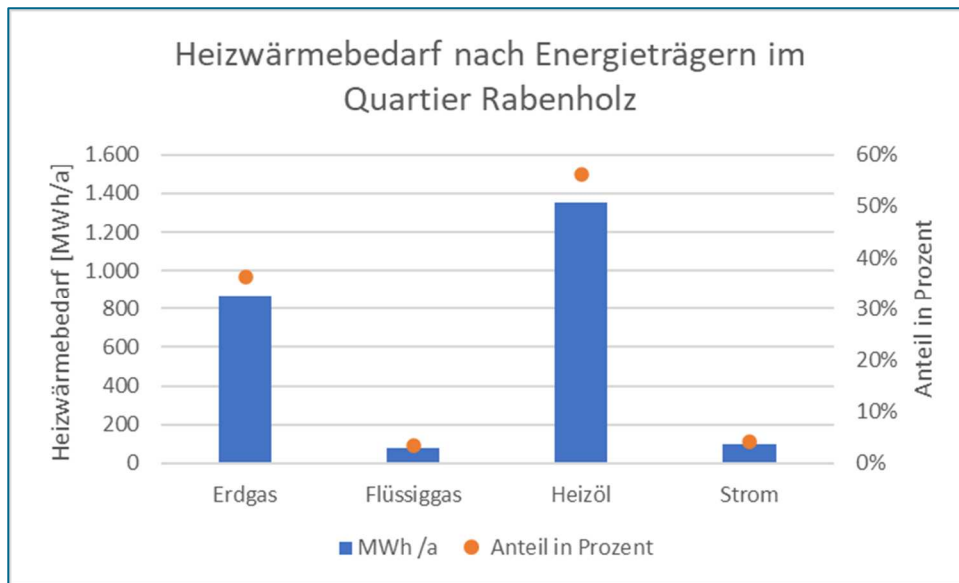


Abbildung 7-13: Aufteilung Endenergiebedarf nach Energieträgern

Die Bestimmung der CO₂-Emissionen des Quartiers erfolgt durch die Multiplikation der ermittelten Energieverbräuche mit den zugrunde gelegten spezifischen CO₂-Emissionsfaktoren gemäß Tabelle 7-4.

Tabelle 7-5 stellt die aktuelle Bilanz des Endenergiebedarfs, der CO₂-Emissionen und des Primärenergiebedarfs des Quartiers dar.

Tabelle 7-4: 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	

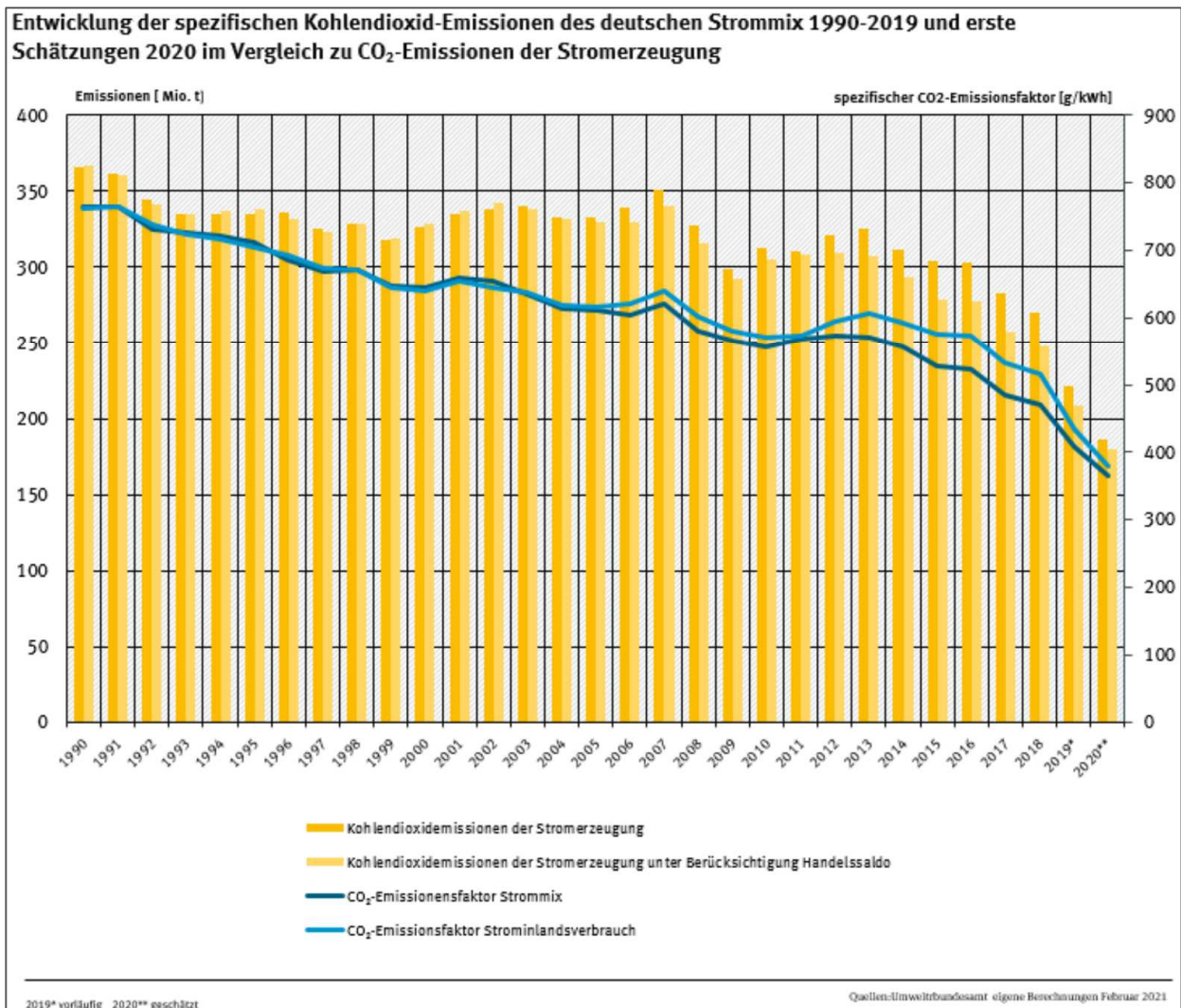


Abbildung 7-14: Entwicklung der spezifischen Emissionen des deutschen Strommixes

Tabelle 7-5: Jährliche Wärme-, Endenergie-, CO₂- und Primärenergiebilanz für das Quartier Rabenholz

Energieträger	Wärmebedarf [MWh]	Endenergiebedarf [MWh]	Primärenergiebedarf [MWh]	CO ₂ -Ausstoß [t]
Heizöl	1.350	1.588	1.747	505
Erdgas	870	1.024	1.126	253
Flüssiggas	80	94	104	26
Strom ²	98	39	70,56	22
Summe	2.398	2.745	3.047	806

² Bei der Wärmeversorgung über Strom kann nicht zwischen Wärmepumpen und Nachtspeicherheizungen unterschieden werden. Daher wurde im Mittel eine Jahresarbeitszahl in Höhe von 2,5 angenommen.

7.5 ZUSAMMENFASSUNG BESTANDSAUFNAHME

Das Quartier Rabenholz ist ein Wohnquartier, bei dem das prägende Merkmal die grundrissbestimmende Dorfstraße ist (Straßendorf). 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. Im Zentrum befindet sich das 2017 neu gebaute Dorfgemeinschaftshaus.

Im Quartier werden vorwiegend Öl- und Gasheizungen zur Wärmeversorgung verwendet. Viele Haushalte nutzen mit Holz befeuerte Kaminöfen als zusätzliche (zweite) Wärmequelle, deren Anteil an der Wärmeversorgung nur schwer quantifiziert werden kann.

In der Nähe der Gemeinde befindet sich ein Windenergiepark, der z. B. über eine Direktstromleitung lokal erzeugten Strom für eine Wärmeerzeugung zur Verfügung stellen könnte.

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 und die Berichte zur thermografischen Untersuchung sind als Anhang beigefügt.

Ergänzend zu den drei Mustersanierungskonzepten erfolgte auch eine Untersuchung des Dorfgemeinschaftshauses. Hier wurde ein Verfahren ohne rechnerischen Nachweis zu Analyse möglicher Sanierungsmaßnahmen angewendet.

8.2.1 DORFGEMEINSCHAFTSHAUS



Abbildung 8-2: Dorfgemeinschaftshaus, Außenansicht

Das Dorfgemeinschaftshaus wurde 2017 errichtet. Es handelt sich um ein eingeschossiges, freistehendes Gebäude. Der Dachboden ist nicht ausgebaut. Das Gebäude ist nicht unterkellert. Die Außenwände sind als zweischaliges Sichtmauerwerk mit 14 cm Wärmedämmung hergestellt. Das Hintermauerwerk besteht aus 17,5 cm Porenbeton. Es sind Kunststoffenster und -türen mit Zweifach-Wärmeschutzverglasung vorhanden. Die oberste Geschossdecke ist mit 20 cm Mineralwolle gedämmt. Als Zugang zum unbeheizten Dachboden dient eine wärmedämmte Bodeneinschubtreppe. Die Gasbrennwerttherme stammt aus dem Jahr 2017.

Der jährliche Gasverbrauch schwankt stark und beträgt durchschnittlich ca. 13.000 kWh/a (Zeitraum 2018-2022). Die Nutzfläche inkl. Fahrzeughalle beträgt 196,65 m². Das Gebäude wird von der Gemeinde für Sitzungen und als Feuerwehrgerätehaus genutzt.

Sanierungsmaßnahmen

An der Gebäudehülle des recht neuen Gebäudes besteht kein Handlungsbedarf für eine energetische Sanierung. Die thermografische Untersuchung mittels Infrarot-Kamera zeigte keine energetischen Schwachstellen (Abbildung 8-3). Lediglich das Sektionaltor der Fahrzeughalle wies bauartbedingt erhöhte Wärmeverluste auf (Abbildung 8-4).



Abbildung 8-3: Dorfgemeinschaftshaus, IR-Aufnahme

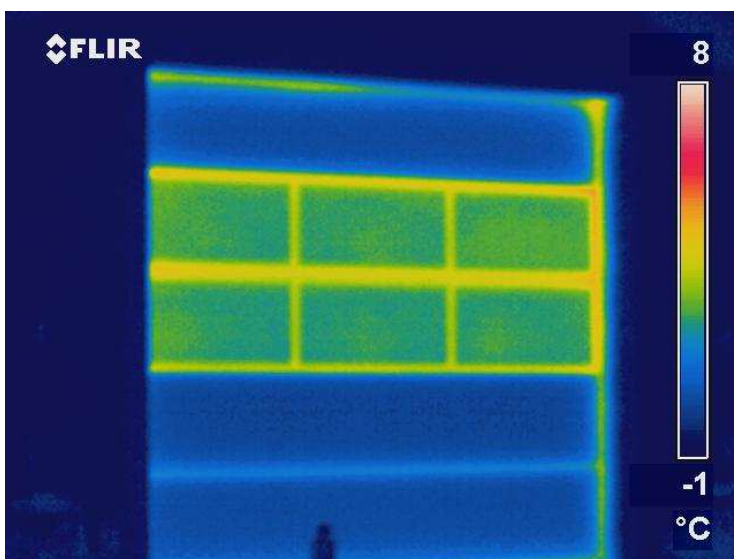


Abbildung 8-4: Dorfgemeinschaftshaus, IR-Aufnahme

Die Gastherme sollte mittelfristig durch eine neue Heizung ersetzt werden. Empfehlenswert wäre, sofern kein Anschluss an ein Wärmenetz in Frage kommt, der Einbau einer Wärmepumpe, ggf. unterstützt durch eine Photovoltaikanlage. Auch unabhängig von der Erneuerung der Heizung sollte eine Heizungsoptimierung durchgeführt werden. Maßnahmen der Heizungsoptimierung sind z. B. die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs, Einbau von voreinstellbaren Thermostatventilen und Senkung der Vorlauftemperatur.

8.2.2 MUSTERSANIERUNGSKONZEPT 1, HAUSTYP: WOHNHAUS BAUALTERSKLASSE BIS 1910



Abbildung 8-5: MSK 1, Außenansicht

Bei dem untersuchten Gebäude handelt es sich um ein 1849 errichtetes, reetgedecktes Wohnhaus. Es ist ein eingeschossiges, freistehendes Gebäude mit bis zur obersten Geschosdecke ausgebautem Krüppelwalmdach. Das Gebäude wurde in den 1970er Jahren um einen zweigeschossigen Anbau erweitert. Die Grundform des Baukörpers ist ein Rechteck mit den Abmessungen 7,27 m x 14,91 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 Niedertemperaturkessel installiert.

Die Außenwände des Hauptgebäudes wurden teilweise von innen mit Holzfaserplatten gedämmt. Eine Außenwand wurde von außen mit einem Wärmedämmverbundsystem versehen. Es sind überwiegend Holzfenster mit Wärmeschutzverglasung vorhanden. Die Dämmung des Daches, der Decke zum Spitzboden und des Anbaues entspricht nicht den heute üblichen Standards.

Der rechnerisch ermittelte Endenergiebedarf beläuft sich auf 55.210 kWh/a bzw. $279 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Die aus dem beheizten Gebäudevolumen ermittelte Bezugsfläche beträgt 198 m^2 . Das Gebäude wird anhand dieses Endenergiebedarfs gemäß Gebäudeenergiegesetz (GEG) der ungünstigsten Energieeffizienzklasse H zugeordnet.

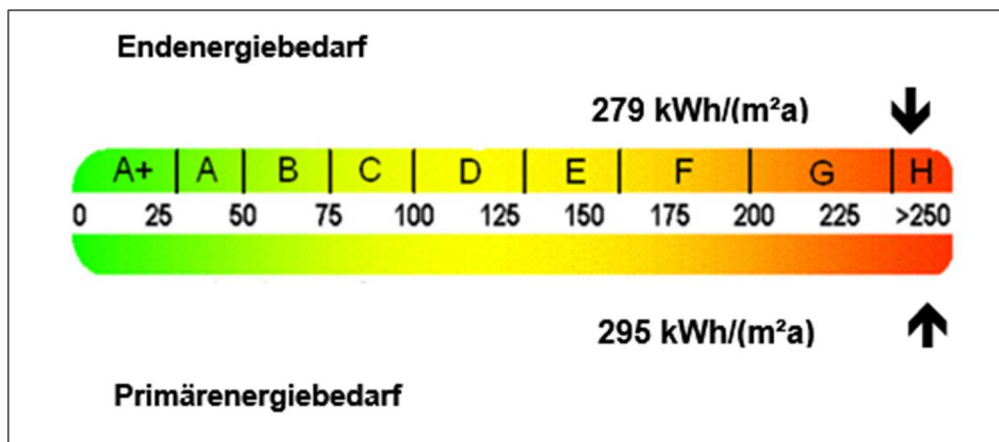


Abbildung 8-6: MSK 1, energetische Kennzahlen

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 oder der Heizungsaustausch führen zu Energieeinsparungen von 8 bis 15 % je Einzelmaßnahme bei relativ kurzen Amortisationszeiten (2,9 bis 16,1 Jahre). Das Einsparpotential bei der Sanierung des Daches ist nur gering, da die Dachflächen größtenteils nicht an beheizten Räumen angrenzen. Der Ersatz der Ölheizung durch eine Wärmepumpe verringert den Energiebedarf um 74 %.

Tabelle 8-1: MSK 1, 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	6.106	-	-	-	-	55.210	-
2	Referenzgebäude	2.295	-	-	67	3.811	18.065	-
3	Heizungsoptimierung	5.501	2.125	375	8	605	50.681	3,5
4	Decke	5.270	12.750	2.250	14	837	47.424	15,2
5	Außenwand	5.236	14.000	3.000	15	870	47.114	16,1
6	Dach	5.592	21.000	9.000	9	514	50.420	40,8
7	Luftwärmepumpe	5.409	2.000	12.000	74	697	14.393	2,9
8	Gesamt-Modernisierung	3.596	46.500	16.500	83	2.510	9.356	18,5

8.2.3 MUSTERSANIERUNGSKONZEPT 2, HAUSTYP: WOHNHAUS BAUALTERSKLASSE 1964-1979



Abbildung 8-7: MSK 2, Außenansicht

Bei dem untersuchten Gebäude handelt es sich um ein Einfamilienhaus von 1972. Es ist ein eingeschossiges, freistehendes Gebäude ohne Keller. Das Satteldach ist komplett ausgebaut. Die Grundform des Baukörpers ist ein Rechteck mit den Abmessungen 8,50 m x 10,00 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 gasbefuerter Brennwertkessel (Baujahr: 2008) installiert. Zur Unterstützung der Brauchwarmwasserbereitung ist zusätzlich eine solarthermische Anlage installiert.

Die Außenwände bestehen aus zweischaligem Mauerwerk mit ca. 6 cm Luftschicht. Es sind überwiegend Holzfenster mit herkömmlicher Isolierverglasung vorhanden. Die Dachflächen sind mit ca. 10 cm Mineralwolle gedämmt. Die Bauwerkssohle besteht aus Beton mit schwimmendem Estrich.

Der rechnerisch ermittelte Endenergiebedarf beläuft sich auf 37.674 kWh/a bzw. $218 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Die aus dem beheizten Gebäudevolumen ermittelte Bezugsfläche beträgt 173 m^2 . Das Gebäude wird anhand dieses Endenergiebedarfs gemäß Gebäudeenergiegesetz (GEG) der Energieeffizienzklasse G zugeordnet.

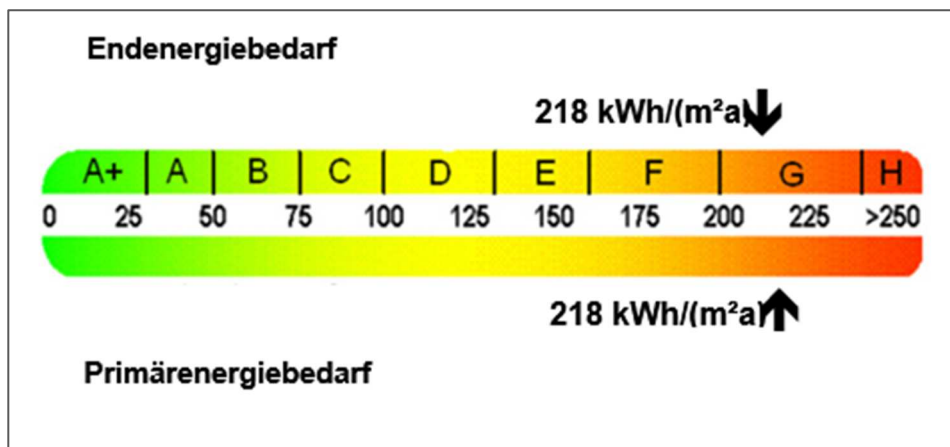


Abbildung 8-8: MSK 2, energetische Kennzahlen

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 7 bis 20 % je Einzelmaßnahme bei relativ kurzen Amortisationszeiten (4,4 bis 11,9 Jahre). Der Ersatz der Gasheizung durch eine Wärmepumpe verringert den Energiebedarf um 69 %. Wegen des derzeit wieder vergleichsweise niedrigen Gaspreises ergibt sich jedoch keine nennenswerte Energiekosteneinsparung.

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	4.407	-	-	-	-	37.674	-
2	Referenzgebäude	1.923	-	-	61	2.484	14.779	-
3	Heizungsoptimierung	4.127	2.125	375	7	281	34.968	7,6
4	Außenwand	3.725	2.975	525	16	682	31.514	4,4
5	Fenster	3.987	3.350	1.650	10	420	33.884	8,0
6	Dach	3.560	10.500	7.950	20	847	30.012	11,9
7	Luftwärmepumpe	4.309	8.000	9.000	69	98	11.653	81,6
8	Gesamt-Modernisierung	2.569	37.000	9.000	82	1.838	6.820	20,1

8.2.4 MUSTERSANIERUNGSKONZEPT 3, HAUSTYP: WOHNHAUS BAUALTERSKLASSE 1995-2002



Abbildung 8-9: MSK 3, Außenansicht

Bei dem untersuchten Gebäude handelt es sich um ein Einfamilienhaus von 1998. Es ist ein eingeschossiges, freistehendes Gebäude ohne Keller. Das Krüppelwalmdach ist bis zur obersten Geschossdecke ausgebaut. Die Grundform des Baukörpers ist ein Rechteck mit den Abmessungen 9,04 m x 12,19 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 gasbefuerter Brennwertkessel (Baujahr: 1998) installiert. Zur Unterstützung der Wärmeerzeugung ist zusätzlich ein Kaminofen im Wohnbereich eingebaut (nur direkte Wärmeabgabe in den Raum).

Die Außenwände bestehen aus zweischaligem Mauerwerk mit 8 cm Wärmedämmung in der Hohl-schicht. Es sind Kunststofffenster mit Wärmeschutzverglasung vorhanden. Die Dachflächen und die Decke zum unbeheizten Dachboden sind mit ca. 16 cm Mineralwolle gedämmt. Die Bauwerks-sole besteht aus Beton mit schwimmendem Estrich und ca. 6 cm Wärmedämmung.

Der rechnerisch ermittelte Endenergiebedarf beläuft sich auf 25.092 kWh/a bzw. $140 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Die aus dem beheizten Gebäudevolumen ermittelte Bezugsfläche beträgt 180 m². Das Gebäude wird anhand dieses Endenergiebedarfs gemäß Gebäudeenergiegesetz (GEG) der Energieeffizienzklasse E zugeordnet.

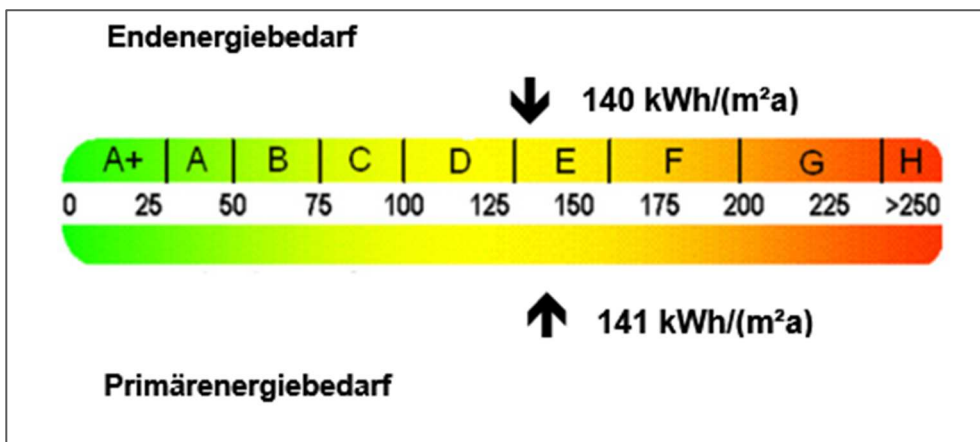


Abbildung 8-10: MSK 3, energetische Kennzahlen

In Tabelle 8-3 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 5 bis 11 % je Einzelmaßnahme bei teilweise sehr langen Amortisationszeiten. Dies liegt daran, dass einerseits der energetische Standard wesentlich besser ist als bei älteren Häusern. Zudem stehen bei dem erst 26 Jahre alten Haus noch keine Sanierungsmaßnahmen an den Außenbauteilen an. Der Ersatz der Gasheizung durch eine Wärmepumpe verringert den Energiebedarf um 67 %. Wegen des derzeit wieder vergleichsweise niedrigen Gaspreises ergibt sich jedoch keine Energiekosteneinsparung.

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	3.054	-	-	-	-	25.092	-
2	Referenzgebäude	2.089	-	-	35	965	16.251	-
3	Heizungsoptimierung	2.887	1.700	300	6	167	23.578	10,2
4	Außenwand	2.905	2.380	420	5	149	23.781	15,9
5	Fenster	2.814	12.700	3.300	8	240	22.977	52,9
6	Dach	2.756	41.000	9.000	11	298	22.456	137,7
7	Luftwärmepumpe	3.076	2.000	12.000	67	-	8.228	-
8	Gesamt-Modernisierung	2.465	82.000	6.000	74	589	6.531	139,2

8.2.5 ERGÄNZENDE SANIERUNGSBERATUNGEN DER VERBRAUCHERZENTRALE

Den Hauseigentümern, die Interesse an einer Mustersanierungsberatung hatten, aber nicht für die differenzierten Untersuchungen im Rahmen des Quartierskonzeptes ausgewählt wurden, hat die Gemeinde bei Interesse Kurzberatungen der Verbraucherzentrale finanziert (Verbraucherzentrale SH, o. J.). Dadurch konnten die Untersuchungen des Quartierskonzeptes um weitere 21 Beratungen ergänzt werden - 15 zum Thema Gebäudeoptimierung und sechs zum Heizungsaustausch.

Die empfohlenen Maßnahmen im Detail werden von der Verbraucherzentrale aus Datenschutzgründen nur gegenüber dem jeweiligen Eigentümern kommuniziert, so dass hier keine Einzelergebnisse dokumentiert werden können. Tabelle 8-4 enthält jedoch eine Zusammenfassung der Wirkungen, die mit der Umsetzung der Beratungen verbunden sein könnten. Die Zahlenwerte basieren auf bundesweiten ex-post-Evaluationen der verschiedenen Beratungsmodule, aus denen sich durchschnittliche Umsetzungen der Beratungen des Vorjahres ergeben. Die Einsparungen verstehen sich aggregiert über die Lebensdauer der jeweiligen Maßnahmen.

Tabelle 8-4: Auswirkungen der Energieberatungen der Verbraucherzentrale

	DURCHGEFÜHRT	GEPLANT	GESAMT
EINSPARUNG ENDENERGIE [MWH]	925	851	1.775
EINSPARUNG EMISSIONEN [T]	363	297	660
ANGESTOßENE INVESTITIONEN [T€]	48	60	108

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. Den Berechnungen liegt die Annahme zugrunde, dass bei einer energetischen Gesamtanierung im Quartier Rabenholz durchschnittlich 43 % des Heizenergiebedarfs eingespart werden können (Szenario 3, Kapitel 7.3.2). Diese Zahl ist abhängig von der Gebäudealtersstruktur im Quartier. Bei einer Sanierungsrate von 1 % könnte der Wärmebedarf der Gebäude bis zum Jahr 2050 um 8,9 % gesenkt werden, bei einer ambitionierten Sanierungsrate in Höhe von 2 % um das Doppelte (17,8 %).

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 im Quartier 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 Rabenholz weist aufgrund seiner Struktur als Straßendorf keine guten Voraussetzungen auf: Die meisten Liegenschaften liegen entlang der Dorfstraße. 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 erzeugtem Strom aus den nahe gelegenen Windkraftanlagen, sodass eine leitungsgebundene Wärmeversorgung des Gesamtquartiers anhand ökologischer, technischer und wirtschaftlicher Kriterien auf Realisierbarkeit geprüft wurde.

Es wurden drei verschiedene Netzvarianten betrachtet, die auch die genannten Kapazitäten des Windparks zur Bereitstellung von Strom berücksichtigen (vgl. Abbildung 9-1):

- Netzvariante 1: Zentrale Wärmeversorgung des Ortskerns optimiert
- Netzvariante 2: Zentrale Wärmeversorgung des gesamten Ortskerns,
- Netzvariante 3: Zentrale Wärmeversorgung des gesamten Ortskerns zzgl. Lück,

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. ein landwirtschaftlicher Betrieb im Außenbereich an, da dieser auch das Interesse an einer Beteiligung an dem Betrieb des Netzes geäußert hat.



Abbildung 9-1: Mögliche Lage einer Heizzentrale und Struktur der Netzvariante 3 - Karte aus (Google LLC, 2022)

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, und die Nutzung von bereits vorhandenen Windenergieanlagen und potenziellen Freiflächenphotovoltaikanlagen aufgrund der Möglichkeiten der Sektorenkopplung bevorzugt. Die Berechnung selbst wurde zunächst auf die im Bestand vorhandenen Windenergieanlagen beschränkt.

Im Südosten der Gemeinde befinden sich Windkraftanlagen mit einer Gesamtleistung in Höhe von 2.350 kW_{el}. Aus diesen kann lokaler Strom über eine eigene Trafostation und einer Direktleitung zum Heizkraftwerk bezogen werden. Im Gegensatz zu Photovoltaik korreliert die Haupterzeugungszeit der Windkraftanlagen mit dem Wärmebedarf im Winter. Weiterhin befindet sich in etwa zwei Kilometern Entfernung (Luftlinie) die Biogasanlage und das BHKW von Bioenergie Witt, dessen Abwärme über eine Transportleitung erschlossen werden könnte.

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 Gesamtanlage wird, je nach Variante, teilweise oder 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.

Eine alternative, nach Abstimmung mit der Lenkungsgruppe betrachtete Quelle zur Versorgung des Nahwärmenetzes im Quartier bilden elektrisch betriebene Luftwärmepumpen, die Außenluft zur Wärmeerzeugung 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.

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 7.3.2). 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 9-2 stellt die möglichen Trassenführungen mehrerer untersuchter Netzvarianten dar.

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 16 und 21 %. 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 Wärmelinienichten der untersuchten Wärmenetze sind ebenfalls in Tabelle 9-1 dargestellt und setzen die Wärmeabnahme ins Verhältnis zur Netzlänge. Je höher die Wärmelinienichte ist, desto mehr Wärme wird pro Leitungsmeter über ein Jahr abgenommen. Daher wird angestrebt, eine möglichst hohe Wärmelinienichte 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 Wärmelinienichten. Zu erkennen ist ein leichter Anstieg der Netzverluste um 2 % durch den Anschluss des außerhalb des Dorfkerns befindlichen landwirtschaftlichen Betriebs an das Nahwärmenetz. Im ländlichen Raum ist der Betrieb von effizienten und klimafreundlichen Wärmenetzen auch mit niedrigen Anschlussdichten und hohen Systemeffizienzen aber durchaus grundsätzlich möglich.

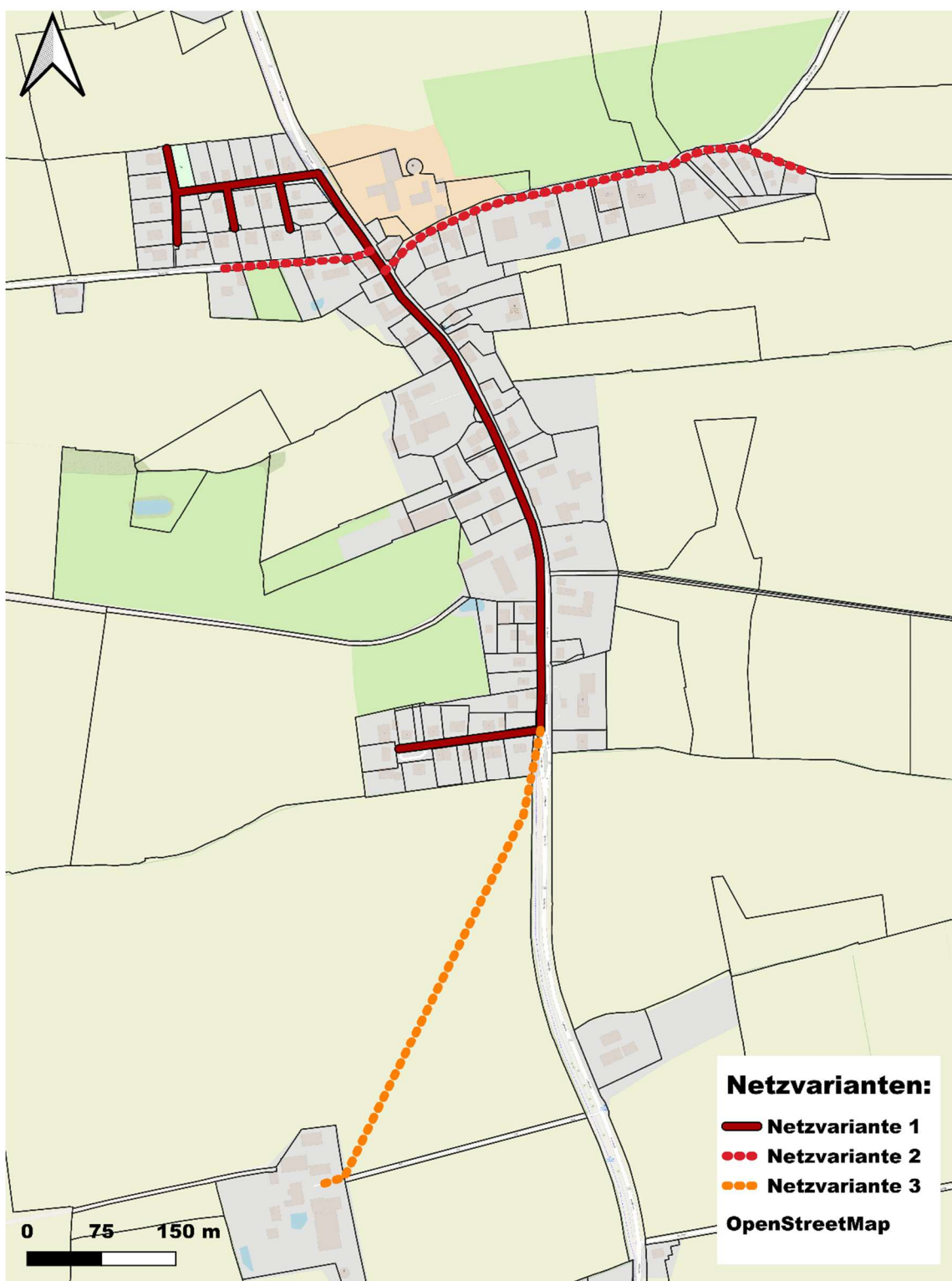


Abbildung 9-2 Mögliche Trassenführung zur Versorgung des Gesamtquartiers – Netzvarianten

Tabelle 9-1: Parameter der Netzvarianten im Überblick³

Bezeichnung	Einheit	Netzvariante 1	Netzvariante 2	Netzvariante 3
Anschlussnehmer	Stk.	67	77	79
Transportleitung	m	1.090	1.700	2.200
Hausanschlussleitungen	m	1.005	1.200	1.200
Wärmeabsatz	kWh _{th} /a	1.390.000	1.600.000	1.660.000
Netzverluste	kWh _{th} /a	270.000	380.000	450.000
Netzverluste	%	16	19	21
Netzwärmebedarf	kWh _{th} /a	1.660.000	1.980.000	2.110.000
Wärmelinien-dichte	MWh/(m·a)	0,67	0,55	0,49

9.1.3 ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE ANSÄTZE

Um die im nächsten Schritt untersuchten Szenarien wirtschaftlich bewerten zu können, wurden energiewirtschaftlich relevanten Rahmenparameter (Stand: August 2023) definiert. Neben einem Kapitalzins von 5 % p. a. wurden aktuelle Kosten für Energieeinkauf, Wartung und Instandhaltung angesetzt, sowie eine CO₂-Bepreisung abgeleitet am gehandelten Börsenpreis an der EEX-Börse (EEX, 2023). Die Ansätze für Wartungs- und Reparaturkosten wurden bei den Herstellern angefragt oder stammen aus vergleichbaren Projekten.

Für die Nutzung lokal erzeugten Windstroms wurde in Absprache mit dem Anlagenbetreiber ein Preis in Höhe von 8 ct/kWh netto festgelegt („Quartiersstrom“). Die Kosten für die Direktleitung ausgehend von dem Windpark bis zur Heizzentrale wurden in den Investitionen berücksichtigt.

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 ersten und des zweiten Halbjahres 2022 gebildet, um einen Vergleich in der Preisentwicklung zu ermöglichen.

Weiterhin wurde die Option der Einbindung von Abwärme aus der westlich des Quartiers gelegenen Biogasanlage der Bioenergie Witt aus Stangheck geprüft. Diese hatten angeboten, die Transportleitung bis zu einem Übergabepunkt in unmittelbarer Nähe von Rabenholz zu bauen und zu betreiben. Die Grenzkostenberechnung hat jedoch ergeben, dass diese Versorgungsoption nicht mit der Erzeugung im potenziellen Heizwerk wirtschaftlich konkurrieren kann und wird daher in den folgenden Darstellungen nicht weiter behandelt.

³ Die Werte beziehen sich auf eine Anschlussquote in Höhe von 80 %.

Tabelle 9-2: Energiewirtschaftliche Ansätze

Energiewirtschaftliche Ansätze				
		zentral		
		netto	brutto	Einheit
MwSt.		19,00%		%
Marge				%
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 1. Halbjahr 2022	4,00	4,76	ct/kWh _{th}
	Ø 2. Halbjahr 2022	5,00	5,95	ct/kWh _{th}
Mischpreis Erdgas	Ø 1. Halbjahr 2022	5,68	6,76	ct/kWh _{Fi}
	Ø 2. Halbjahr 2022	6,74	8,02	ct/kWh _{Fi}
Hackschnitzel - WGH20	Ø 1. Halbjahr 2022	2,90	3,45	ct/kWh _{Fi}
	Ø 2. Halbjahr 2022	3,57	4,25	ct/kWh _{Fi}
Pellets - 5 Tonnen	Ø 1. Halbjahr 2022	6,69	7,96	ct/kWh _{Fi}
	Ø 2. Halbjahr 2022	11,43	13,60	ct/kWh _{Fi}
Mischpreis Strom	Ø 1. Halbjahr 2022	20,29	24,15	ct/kWh _{el}
	Ø 2. Halbjahr 2022	20,50	24,39	ct/kWh _{el}
Quartiersstrom	Ø 1. Halbjahr 2022	8,00	9,52	ct/kWh _{el}
	Ø 2. Halbjahr 2022	8,00	9,52	ct/kWh _{el}
CO ₂ -Bepreisung	Ø 1. Halbjahr 2022	82,81	98,54	€/t CO ₂
	Ø 2. Halbjahr 2022	77,51	92,24	€/t CO ₂

Energiewirtschaftliche Ansätze							
		zentral			dezentral		
		netto	brutto	Einheit	netto	brutto	Einheit
MwSt.		19,00%					
Marge							
Kapitalzins		5,00%		p. a.	5,00%		p. a.
Wartung und Instandhaltung							
Biomassekessel		3,00%		p. a./Invest	336	400	€/Jahr
Erdgaskessel		2,00%		p. a./Invest	252	300	€/Jahr
Wärmepumpen		1,50%		p. a./Invest	126	150	€/Jahr
Solarthermie		0,50%		p. a./Invest	42	50	€/Jahr
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 1. Halbjahr 2022	4,00	4,76	ct/kWh _{th}			
	Ø 2. Halbjahr 2022	5,00	5,95	ct/kWh _{th}			
Mischpreis Erdgas	Ø 1. Halbjahr 2022	5,68	6,76	ct/kWh _{fi}	6,77	8,06	ct/kWh _{fi}
	Ø 2. Halbjahr 2022	6,74	8,02	ct/kWh _{fi}	7,91	9,41	ct/kWh _{fi}
Hackschnitzel - WGH20	Ø 1. Halbjahr 2022	2,90	3,45	ct/kWh _{fi}			
	Ø 2. Halbjahr 2022	3,57	4,25	ct/kWh _{fi}			
Pellets - 5 Tonnen	Ø 1. Halbjahr 2022	6,69	7,96	ct/kWh _{fi}	7,35	8,75	ct/kWh _{fi}
	Ø 2. Halbjahr 2022	11,43	13,60	ct/kWh _{fi}	12,85	15,29	ct/kWh _{fi}
Mischpreis Strom	Ø 1. Halbjahr 2022	20,29	24,15	ct/kWh _{el}	27,55	32,79	ct/kWh _{el}
	Ø 2. Halbjahr 2022	20,50	24,39	ct/kWh _{el}	28,21	33,57	ct/kWh _{el}
Quartiersstrom	Ø 1. Halbjahr 2022	8,00	9,52	ct/kWh _{el}	0,00	0,00	ct/kWh _{el}
	Ø 2. Halbjahr 2022	8,00	9,52	ct/kWh _{el}	0,00	0,00	ct/kWh _{el}
CO ₂ -Bepreisung	Ø 1. Halbjahr 2022	82,81	98,54	€/t CO ₂	82,81	98,54	€/t CO ₂
	Ø 2. Halbjahr 2022	77,51	92,24	€/t CO ₂	77,51	92,24	€/t CO ₂

Eine Marge des Betreibers wurde zunächst nicht angesetzt. Die Margenerwartung hängt vom jeweiligen Geschäftsmodell ab. Beispielsweise bei einer genossenschaftlichen Organisationsform (vgl. Kapitel 9.3) besteht keine Gewinnerzielungsabsicht; sollten dennoch Gewinne anfallen, werden diese zumindest langfristig wieder an die Genossen ausgeschüttet.

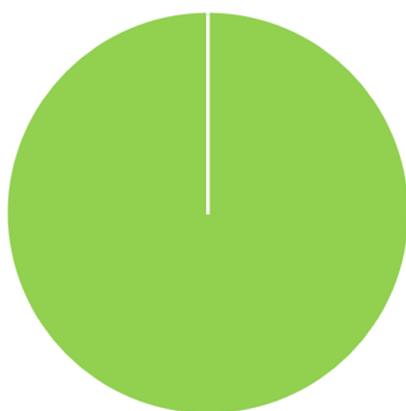
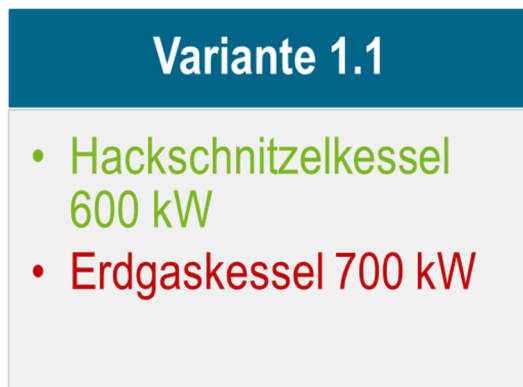
9.1.4 ZENTRALE WÄRMEVERSORGUNG

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

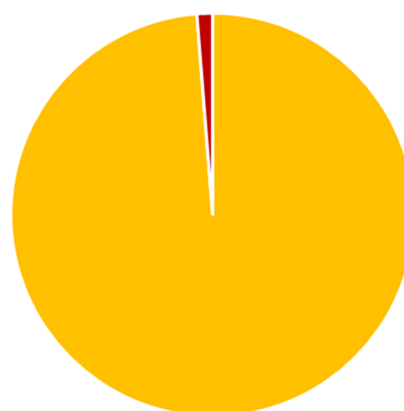
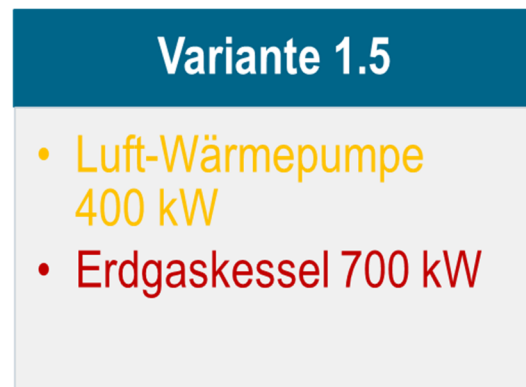
9.1.4.1 ANLAGENDIMENSIONIERUNG UND ENERGIEBILANZEN

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. Tabelle 9-3 stellt die Dimensionierung der Wärmeerzeugungsanlagen und deren Anteile an der Wärmeproduktion dar. Während die Varianten 1.1 und 1.5 lediglich aus einem Erzeuger für Grund- und Mittellast zzgl. eines Spitzenlast- bzw. Redundanzkessels bestehen, ist bei den drei anderen Varianten eine weitere Wärmeerzeugungsanlage für einen flexibleren Betrieb ausgewählt worden. Letzteres führt zu Vorteilen im Betrieb, gleichzeitig jedoch zu höheren Investitionskosten.

In Variante 1.1 wurde die Vollversorgung über einen Hackschnitzelkessel mit einer Leistung von 600 kW_{th} realisiert. Die Redundanzbesicherung erfolgt über einen Erdgaskessel, der im Normalbetrieb nicht läuft. Da die Ressource Holz begrenzt ist und keine Lösung für alle Gemeinden Deutschlands sein kann, muss diese Variante immer im Einklang mit der lokalen langfristigen Verfügbarkeit von Hackschnitzeln stehen. Daher wurde mit Variante 1.5 die Vollversorgung über eine Luftwärmepumpe unter Nutzung (soweit zeitgleich verfügbar) lokal erzeugten Windstroms berechnet. Da die Effizienz der Luftwärmepumpe mit sinkenden Außentemperaturen abnimmt, wird ein kleiner Anteil der Wärme durch den Erdgasspitzenlastkessel erzeugt, der gleichzeitig die Redundanz sichert.



■ Hackschnitzelkessel ■ Erdgaskessel



■ Wärmepumpe ■ Erdgaskessel

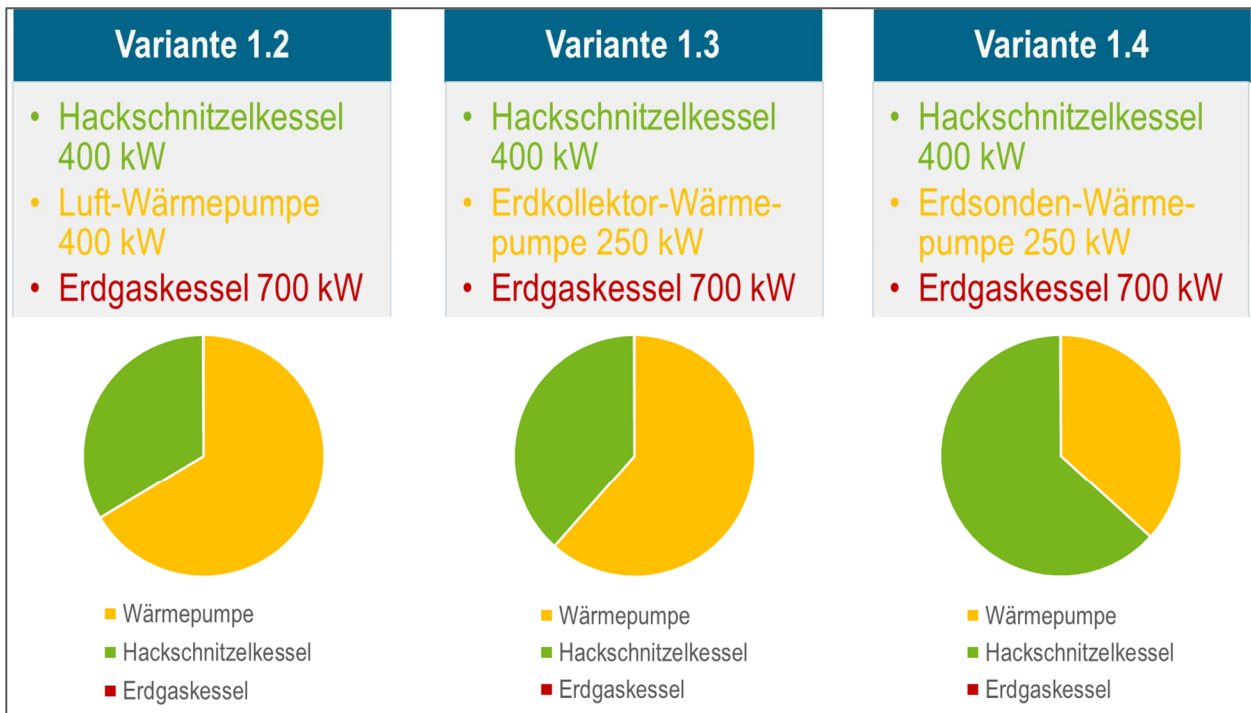


Abbildung 9-3 Erzeugeranteile der Versorgungsvarianten

Die Varianten 1.2 bis 1.4 sind eine Kombination aus unterschiedlichen Wärmequellen von Wärmepumpen (Luft, Erdsonden, Erdfläche) und einem Hackschnitzelkessel sowie dem Redundanz-Erdgaskessel.

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.

Tabelle 9-3: Anlagendimensionierung und Energiebilanzen der zentralen Wärmeversorgung (Netzvariante 3)

	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 1.4	Variante 1.5	Dimension
Gewichtungsfaktoren und Kennwerte	Hackschnitzkessel + Spitzenlasterzeuger	Luft-Wärmepumpe + Hackschnitzkessel + Spitzenlasterzeuger	Erd-Wärmepumpe (Kollektor)+ Hackschnitzkessel + Spitzenlasterzeuger	Erd-Wärmepumpe (Sonde)+ Hackschnitzkessel + Spitzenlasterzeuger	Luftwärmepumpe + Spitzenlasterzeuger	
Gebiet						
Teilgebiet 1						
Anschlussquote	80%	80%	80%	80%	80%	
Anschlussnehmer	77	77	77	77	77	Stk.
Wärmebedarf	ca. 1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000	kWh _{th}
davon Wohngebäude	ca. 1.540.000	1.540.000	1.540.000	1.540.000	1.540.000	kWh _{th}
davon Nichtwohngebäude	ca. 60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	kWh _{th}
Anschlussleistung	ca. 924	924	924	924	924	kW _{th}
davon Wohngebäude	ca. 886	886	886	886	886	kW _{th}
davon Nichtwohngebäude	ca. 38	38	38	38	38	kW _{th}
Wärmenetz						
Gleichzeitigkeitsfaktor	ca. 0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	
Trassenlänge Haupttrasse	ca. 1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	m
Trassenlänge Hausanschluss	15 m/HÜS	1.200	1.200	1.200	1.200	m
Netzverlustleistung	15 W/m	43	43	43	43	kW _{th}
Netzverluste	8.760 Vbh.	380.000	380.000	380.000	380.000	kWh _{th}
Netzverluste	ca. 19%	19%	19%	19%	19%	
Netzwärmebedarf	ca. 1.980.000	1.980.000	1.980.000	1.980.000	1.980.000	kWh _{th}
Netzleistungsbedarf	ca. 687	687	687	687	687	kW _{th}
Strombedarf Netzpumpen	15 kWh/MWh	29.700	29.700	29.700	29.700	kWh _{el}
Anschlussdichte	ca. 0,55 MWh/(m a)	0,55 MWh/(m a)	0,55 MWh/(m a)	0,55 MWh/(m a)	0,55 MWh/(m a)	
Stromerzeugung Wind						
Typ / Leistung	Enercon E-92	2.350	2.350	2.350	2.350	kW _{el}
Anzahl der Anlagen		5	5	5	5	
installierte Leistung		11.750	11.750	11.750	11.750	kW _{el}
erzeugte Energie		23.000.000	23.000.000	23.000.000	23.000.000	kWh _{el}
Verbrauch im Quartier zur Wärmeerzeugung			557.302	537.395	360.592	kWh _{el}
Hackschnitzkessel						
Wärmeerzeuger						
Thermische Leistung	ca. 600	400	400	400		kW _{th}
Vollbenutzungsstunden	ca. 3.310	1.673	1.912	3.142		Std.
erzeugte thermische Energie	ca. 1.986.260	669.000	764.760	1.256.600		kWh _{th}
Jahresnutzungsgrad	ca. 85%	85%	85%	85%		
Brennstoffbedarf	ca. 2.336.776	787.059	899.718	1.478.353		kWh _{th}
Hackschnitzelmenge	828 kWh/m ³	2.822	951	1.087	1.785	m ³
Anzahl Taktungen	ca. 136	53	57	18		Stk.
Deckungsanteil von Wärmeinspeisung	ca. 100%	34%	38%	63%		
Betriebsstrom	10 kWh/MWh	19.863	6.690	7.648	12.566	kWh _{el}
Speicher						
Speichergroße	ca. 30	20	20	20		m ³
Speicherkapazität	Δ 40 °C	1.393	929	929	929	kWh _{th}
Speicherverluste	15,0 W/m ²	5.735	4.190	4.004	4.240	kWh _{th}
Wärmepumpe						
Anzahl			1	1	1	1 Stk.
Wärmequelle			Luft	Erde	Erde	Luft
Bi-Valenz-COP			2,00	2,00	2,00	1,75
Modulation			10%	10%	10%	10%
Thermische Leistung bei 0°C	ca. 400	400	250	250	400	kW _{th}
mittlere thermische Leistung (bei Vorrangbetrieb)	ca. 510	510	250	250	480	
Vollbenutzungsstunden	ca. 2.590	2.590	4.896	2.925	4.086	Std.
erzeugte thermische Arbeit	ca. 1.320.862	1.320.862	1.223.984	731.295	1.961.308	kWh _{th}
Jahresnutzungsgrad	ca. 2,38	2,38	2,29	2,11	2,17	
benötigte elektrische Arbeit	ca. 554.828	554.828	533.474	347.375	902.583	kWh _{el}
Jahresarbeit Wärmeentzug Quelle	ca. 766.034	766.034	690.509	383.920	1.058.725	kWh _{th}
Deckungsanteil am Netzwärmebedarf	ca. 66%	66%	62%	37%	99%	
Speicher						
Speichergroße	ca. 20	20	20	20		m ³
Speicherkapazität	Δ 25 °C	581	581	581	581	kWh _{th}
Speicherverluste	15,0 W/m ²	5.439	4.796	3.851	5.491	kWh _{th}
Spitzenlasterzeuger						
Typ		Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel
installierte thermische Leistung	ca. 700	700	700	700	700	kW _{th}
erzeugte thermische Energie	ca. 0	1.241	903	933	24.763	kWh _{th}
Wirkungsgrad	ca. 93%	93%	93%	93%	93%	
Brennstoffarbeit	ca. 0	1.334	971	1.003	26.627	kWh _{th}
Brennstoffbedarf	1,11	0	1.481	1.078	29.556	kWh _{th}
Betriebsstrom	10 kWh/MWh	0	12	9	248	kWh _{el}
Deckungsanteil von Wärmeinspeisung	ca. 0%	0%	0%	0%	1%	
Wärmespeicher (SUMME)						
Speichergroße	ca. 30	40	40	40	20	m ³
Speicherkapazität	ca. 1.393	1.509	1.509	1.509	581	kWh _{th}
Speicherverluste	ca. 5.735	9.630	8.800	8.091	5.491	kWh _{th}
Quartierstrom						
Eigenverbrauch Wind	ca. 0	557.000	537.000	361.000	862.000	kWh _{el}
Netzbezug Strom	ca. 50.000	34.000	33.000	29.000	71.000	kWh _{el}
Autarkiegrad Strom	ca. 0%	94%	94%	93%	92%	

9.1.4.2 INVESTITIONSSCHÄTZUNG

Für die grobe Ermittlung der Investitionskosten wurden, soweit für die jeweilige Variante zutreffend, Ausgaben für Photovoltaik-, 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.

Die Aufstellung der Investitionskosten ist Tabelle 9-4 zu entnehmen. Auf die in den einzelnen Ausgabenkategorien ermittelten Zwischensummen wurde ein spezifischer Aufschlag für Unvorhergesehenes und Planungsleistungen sowie eine pauschale Preissteigerung 2021/22 in Höhe von 5 % addiert, um eine für die Konzeptphase angemessen konservative Investitionskalkulation zu sichern.

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 (BMF, 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. 1,8 und 3 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. Die Bewerbung um solche Förderprogramme kann eine Aufgabe der Konzeptumsetzung sein. Insbesondere der Förderaufruf für investive Kommunale Klimaschutz Modellprojekte im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) bietet mit bis zu 80 % Förderung ein hohes Förderpotential (BMU, 2021) und verbessert damit die Wirtschaftlichkeit gegenüber der gesicherten Förderung nach BEW.

Da diese genannten Förderprogramme nicht gesichert zur Verfügung stehen, wurden sie in den nachfolgenden Wirtschaftlichkeitsberechnungen nicht berücksichtigt.

Tabelle 9-4: Investitionen der zentralen Wärmeversorgung

Investitionen		Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 1.4	Variante 1.5
		Hackschnitzkessel + Spitzenlastzeuger	Luft-Wärmepumpe + Hackschnitzkessel + Spitzenlastzeuger	Erd-Wärmepumpe (Kollektor)+ Hackschnitzkessel + Spitzenlastzeuger	Erd-Wärmepumpe (Sonde)+ Hackschnitzkessel + Spitzenlastzeuger	Luftwärmepumpe + Spitzenlastzeuger
Biomassekessel						
thermische Leistung	ca.	600	400	400	400	
Kesselanlage inkl. Pheriperie und Silo	250.000 €	460.000	390.000	390.000	390.000	
Volumen Pufferspeicher	ca.	30	20	20	20	
Pufferspeicher	1.800 €/m ³	54.000	36.000	36.000	36.000	
Zwischensumme	ca.	514.000	426.000	426.000	426.000	
Unvorhergesehenes	15%	77.100	64.000	64.000	64.000	
Planung, Gutachten etc.	15%	88.665	74.000	74.000	74.000	
Investition Biomassekessel	ca.	680.000	560.000	560.000	560.000	
Erdkollektoren						
Anzahl				500		
Erdkollektoren	1.290 €/Stück			645.000		
Tiefbau	100 €/m			350.000		
Abtransport Aushub				0		
Sandbedarf	ca.			131.000		
Hauptleitung				83.000		
Zubehör Hauptleitung				28.000		
Montage				44.000		
Zwischensumme	ca.			1.281.000		
Unvorhergesehenes	20%			192.000		
Planung, Gutachten etc.	15%			221.000		
Investition Erdkollektoren	ca.			1.690.000		
Erdsonden						
Sondenanzahl					50	
Sondentiefe					98	
Sondenschließung	130 €/m				637.000	
Zwischensumme	ca.				637.000	
Unvorhergesehenes	20%				96.000	
Planung, Gutachten etc.	15%				110.000	
Investition Erdkollektoren	ca.				840.000	

Großwärmepumpe						
Wärmequelle			Aerothermie	Erdkollektoren	Erdsonden	Aerothermie
thermische Leistung	ca.		400	250	250	400
Wärmepumpe	1.300 €/kW		520.000	220.000	220.000	520.000
Volumen Pufferspeicher	ca.		20	20	20	20
Pufferspeicher	1.800 €/m ³		36.000	36.000	36.000	36.000
Peripherie, Anlagenbau	20%		111.000	51.000	51.000	111.000
Zwischensumme	ca.	667.000	667.000	307.000	307.000	667.000
Unvorhergesehenes	15%		100.000	46.000	46.000	100.000
Planung, Gutachten etc.	15%		115.000	53.000	53.000	115.000
Investition Großwärmepumpe	ca.	880.000	880.000	410.000	410.000	880.000
Erdgaskessel						
thermische Leistung	ca.	700	700	700	700	700
Kesselanlage	85 €/kW	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000
Zubehör	10 €/kW	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Zwischensumme	ca.	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000
Unvorhergesehenes	10%	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000
Planung, Gutachten etc.	15%	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000
Investition Erdgaskessel	ca.	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000
Elektro- und Anlagentechnik						
Druckhaltung und Wasseraufbereitung	ca.	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Pumpen	ca.	55.000	55.000	55.000	55.000	55.000
Steuer- und Regelungstechnik	ca.	30.000	45.000	45.000	45.000	45.000
elektrische Einbindung	ca.	15.000	50.000	50.000	50.000	50.000
hydraulische Einbindung	ca.	35.000	45.000	45.000	45.000	45.000
Direktleitung Windstrom Leistung	ca.		230	150	150	230
Direktleitung Windstrom Länge	ca.		1.200	1.200	1.200	1.200
Direktleitung Windstrom	500 €/m		600.000	600.000	600.000	600.000
Trafostation	ca.		30.000	30.000	30.000	30.000
Hausübergabestation (<= 50 kW)	6.500 €/HÜS	501.000	501.000	501.000	501.000	501.000
Hausübergabestation (>120 kW)	14.500 €/HÜS	0	0	0	0	0
Hausübergabestation (>150-200 kW)	18.500 €/HÜS	0	0	0	0	0
Anlagenbau	65 €/Std.	57.000	99.000	99.000	99.000	57.000
Brennstoffversorgung	ca.	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Abgasanlage	ca.	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000
Zwischensumme	ca.	800.000	1.530.000	1.530.000	1.530.000	1.490.000
Unvorhergesehenes	15%	120.000	230.000	230.000	230.000	220.000
Planung, Gutachten etc.	15%	140.000	260.000	260.000	260.000	260.000
Investition Elektro- & Anlagentechnik	ca.	1.060.000	2.020.000	2.020.000	2.020.000	1.970.000
Wärmenetz						
Länge Transportleitungen	ca.	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690
Länge Hausanschlussleitungen	ca.	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200
Transportleitungen	810 €/m	1.370.000	1.370.000	1.370.000	1.370.000	1.370.000
Hausanschlussleitungen	420 €/m	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000
Zwischensumme	ca.	1.870.000	1.870.000	1.870.000	1.870.000	1.870.000
Unvorhergesehenes	15%	280.000	280.000	280.000	280.000	280.000
Planung, Gutachten etc.	15%	322.500	320.000	320.000	320.000	320.000
Investition Wärmenetz	ca.	2.500.000	2.500.000	2.500.000	2.500.000	2.500.000
Grundstücke & Gebäude						
Heizhaus (Gebäude)	ca.	100.000	180.000	180.000	180.000	100.000
Flächenbedarf		0	0	6.600	65.000	0
Grundstück	5,0 €/m ²	0	0	33.000	325.000	0
Zwischensumme	ca.	100.000	180.000	213.000	505.000	100.000
Unvorhergesehenes	15%	15.000	27.000	32.000	76.000	15.000
Planung und Gutachten	15%	17.000	31.000	37.000	87.000	17.000
Investition Grundstück & Gebäude	ca.	130.000	240.000	280.000	670.000	130.000
Summe	ca.	4.460.000	6.290.000	5.860.000	6.250.000	5.570.000
davon Unvorhergesehenes	ca.	499.100	708.000	659.000	703.000	622.000
davon Planung, Gutachten etc.	ca.	580.165	812.000	756.000	806.000	724.000
Summe (inkl. Förderung)	ca.	2.650.000	3.730.000	2.890.000	3.410.000	3.300.000
BEW-Förderung						
Biomassekessel	40%	237.000	194.000	194.000	194.000	0
Erdkollektoren/sonden	40%	0	0	588.000	292.000	0
Großwärmepumpe	40%	0	306.000	143.000	143.000	306.000
Elektro- und Anlagentechnik	40%	368.000	704.000	704.000	704.000	684.000
Wärmenetz	40%	870.000	870.000	870.000	870.000	870.000
Grundstücke & Gebäude	40%	45.000	84.000	97.000	233.000	45.000
Planungsleistungen	50%	290.000	406.000	378.000	403.000	362.000
Förderung	ca.	1.810.000	2.560.000	2.970.000	2.840.000	2.270.000

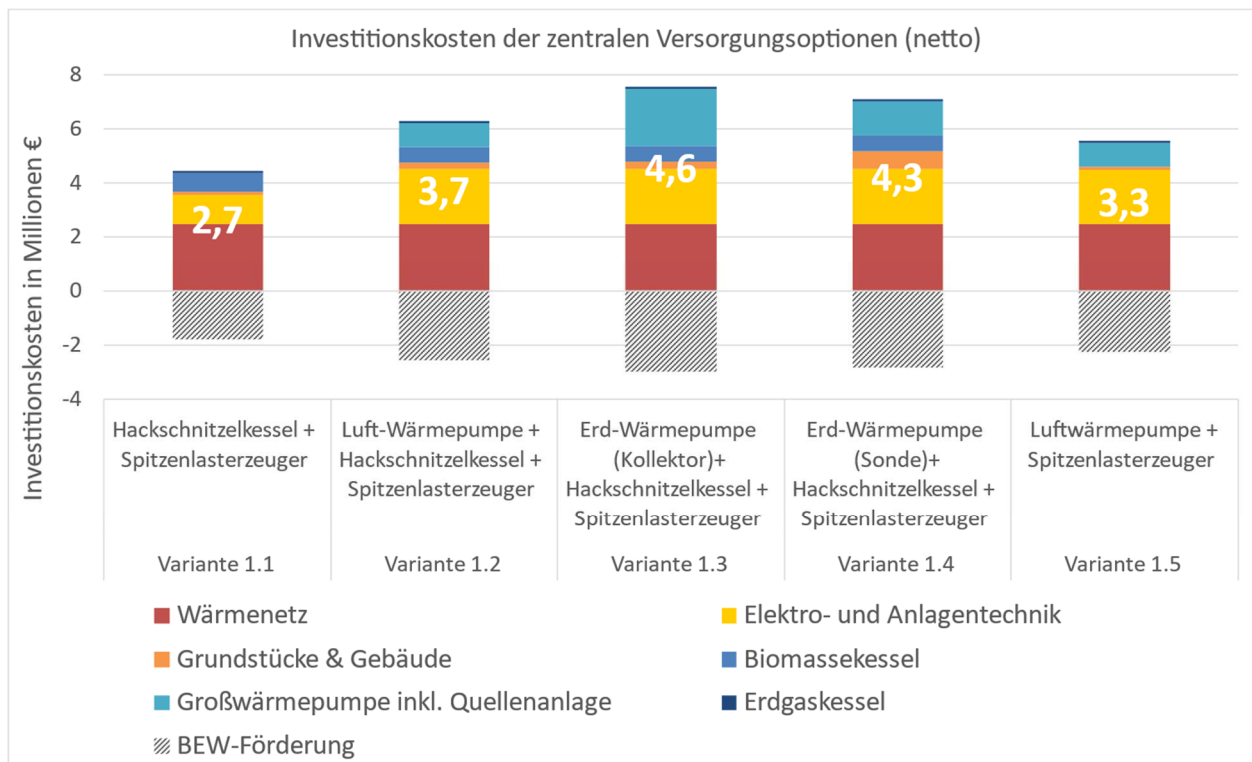


Abbildung 9-4: Investitionskosten der Versorgungsoptionen

9.1.4.3 WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNGEN

Für die untersuchten Szenarien 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. Tabelle 9-5). Die Bewertung der Wirtschaftlichkeit erfolgt über die Berechnung der Wärmegestehungskosten des Wärmeerzeugersystems. Hierbei wurde eine Anschlussquote von 80 % angenommen, die u. U. als ambitioniert angesehen werden kann.

Die Wirtschaftlichkeit der alternativen zentralen Versorgungsvariante, in der ein großer Teil der Versorgung auf Wärmepumpen basiert, die ihren Strom z. T. aus Windkraftanlagen beziehen, hängt entscheidend von der Entwicklung des sich verändernden Preises des erforderlichen Rest-Bezugs von Netzstrom ab. Die Bezugskosten von den Windkraftanlagen können aufgrund der langfristig festgelegten Konditionen sicherer kalkuliert werden. Gegenüber der Variante ohne Wärmepumpe entstehen Mehrkosten von bis zu 40 %. Die maßgebliche Ursache für die starke Kostendifferenz liegt in den hohen Kosten für den fremdbezogenen Netzstrom, der für den verbleibenden Betrieb der Wärmepumpen benötigt wird, sowie im Erdgasbezug für die Spitzenlastkessel begründet.⁴

⁴ Kompensiert werden kann dies ggf., indem der Betrieb des Wärmenetzes aus den Erträgen einer ausreichend groß dimensionierten PV-Anlage quersubventioniert wird. PV-Anlage und Wärmenetz müssten so als ein einheitliches Kombinationsprojekt desselben Betreibers realisiert werden. Ein Anreiz für eine entsprechende Projektgestaltung besteht vor allem dann, wenn ein möglicher Betreiber sich von der Kombination eine höhere Realisierungschance für die PV-Anlage verspricht, z. B. aufgrund höherer lokaler Akzeptanz.

Tabelle 9-5: Wärmegestehungskosten der zentralen Wärmeversorgung

Wirtschaftlichkeit	Variante 1.1		Variante 1.2		Variante 1.3		Variante 1.4		Variante 1.5	
		Hackschnitzelkessel + Spitzenlasterzeuger		Luft-Wärmepumpe + Hackschnitzelkessel + Spitzenlasterzeuger		Erd-Wärmepumpe (Kollektor)+ Hackschnitzelkessel + Spitzenlasterzeuger		Erd-Wärmepumpe (Sonde)+ Hackschnitzelkessel + Spitzenlasterzeuger		Luftwärmepumpe + Spitzenlasterzeuger
Brennstoffzufuhr Erdgas	ca.	0		1.481		1.078		1.113		29.556
Brennstoffzufuhr Hackschnitzel	ca.	2.300.000		790.000		900.000		1.500.000		0
Brennstoffzufuhr Holzpellets	ca.	0		0		0		0		0
Wärmezufuhr Biogaswärme	ca.	0		0		0		0		0
Strombezug öff. Netz	ca.	50.000		34.000		33.000		29.000		71.000
Strombezug Quartiersstrom	ca.	0		557.000		537.000		361.000		861.647
Autarkiegrad	ca.	0%		94%		94%		93%		92%
Strombezug durch Wärmepumpe	ca.	0		555.000		533.000		347.000		903.000
Jahresarbeit Wärmeentzug Quelle	ca.	0		770.000		690.000		380.000		1.060.000
SCOP		2,5								
erzeugte Wärmemenge	ca.	1.600.000		1.600.000		1.600.000		1.600.000		1.600.000
CO ₂ -Emissionen Erdgas	ca.	0,0		0,4		0,3		0,3		7,3
Investitionen										
Hackschnitzelkessel	ca.	680.000		560.000		560.000		560.000		0
Solarthermie	ca.	0		0		0		0		0
Erdgaskessel	ca.	90.000		90.000		90.000		90.000		90.000
Erdkollektoren/sonden	ca.	0		0		1.690.000		840.000		0
Luftwärmepumpe	ca.	0		880.000		410.000		410.000		880.000
Elektro- und Anlagentechnik	ca.	1.060.000		2.020.000		2.020.000		2.020.000		1.970.000
Wärmenetz	ca.	2.500.000		2.500.000		2.500.000		2.500.000		2.500.000
Grundstück & Gebäude	ca.	130.000		240.000		280.000		670.000		130.000
Investitionssumme	ca.	4.460.000		6.290.000		7.550.000		7.090.000		5.570.000
Kapitalkosten										
Hackschnitzelkessel	20 Jahre	50.000		45.000		45.000		45.000		0
Solarthermie	20 Jahre	0		0		0		0		0
Erdgaskessel	20 Jahre	7.000		7.000		7.000		7.000		7.000
Erdkollektoren/sonden	20 Jahre	0		0		136.000		67.000		0
Wärmepumpe	20 Jahre	0		71.000		33.000		33.000		71.000
Elektro- und Anlagentechnik	15 Jahre	100.000		190.000		190.000		190.000		190.000
Wärmenetz	40 Jahre	150.000		150.000		150.000		150.000		150.000
Grundstück & Gebäude	50 Jahre	7.000		13.000		15.000		37.000		7.000
jährliche Kapitalkosten	ca.	310.000		480.000		580.000		530.000		430.000
Förderung										
Biomassekessel	20 Jahre	19.000		16.000		16.000		16.000		0
Solarthermie	20 Jahre	0		0		0		0		0
Erdkollektoren/sonden	20 Jahre	0		0		47.000		23.000		0
Großwärmepumpe	20 Jahre	0		25.000		11.000		11.000		25.000
Elektro- und Anlagentechnik	15 Jahre	35.000		68.000		68.000		68.000		66.000
Wärmenetz	40 Jahre	51.000		51.000		51.000		51.000		51.000
Grundstücke & Gebäude	50 Jahre	2.500		4.600		5.300		12.800		2.500
Planungsleistungen	20 Jahre	23.000		33.000		30.000		32.000		29.000
jährliche Förderung	ca.	131.000		198.000		228.000		214.000		174.000
Betrieb und Wartung										
Hackschnitzelkessel	ca.	18.000		15.000		15.000		15.000		0
Solarthermie	ca.	0		0		0		0		0
Erdgaskessel	ca.	1.600		1.600		1.600		1.600		1.600
Großwärmepumpe	ca.	0		11.000		5.400		5.400		11.000
Elektro- und Anlagentechnik	ca.	14.000		26.000		26.000		26.000		26.000
Wärmenetz	ca.	22.000		22.000		22.000		22.000		22.000
Grundstücke & Gebäude	ca.	280		520		610		1.460		280
Versicherung/Sonstiges	ca.	10.000		15.000		11.000		13.000		13.000
technische Betriebsführung	ca.	10.000		15.000		11.000		13.000		13.000
kaufmännische Betriebsführung	ca.	10.000		10.000		10.000		10.000		10.000
jährliche Betriebs- und Wartungskosten	ca.	86.000		116.000		103.000		107.000		97.000

Energiekosten Ø 1. Halbjahr 2022						
Mischpreis Biogaswärme / Abwärme	4,00 ct/kWh	0	0	0	0	0
Mischpreis Erdgas	5,68 ct/kWh	0	84	61	63	1.679
Hackschnitzel - WGH20	2,90 ct/kWh	67.000	23.000	26.000	43.000	0
Pellets - 5 Tonnen	6,69 ct/kWh	0	0	0	0	0
Mischpreis Strom	20,29 ct/kWh	10.150	6.900	6.700	5.900	14.000
Quartiersstrom	8,00 ct/kWh	0	45.000	43.000	29.000	69.000
CO ₂ -Bepreisung	82,8 €/t	0	30	22	23	600
jährliche Energiebezugskosten	ca.	77.000	75.000	76.000	78.000	85.000
Gutschriften						
Betriebskostenförderung Wärmepumpe (Strombezug öffentliches Netz)	9,20 ct/kWh		4.100	3.700	2.600	7.400
Betriebskostenförderung Wärmepumpe (Strombezug Direktleitung)	3,00 ct/kWh		22.000	20.000	11.000	29.000
jährliche Energiebezugskostenförderung	ca.	0	26.000	24.000	14.000	36.000
Wirtschaftlichkeit Ø 1. Halbjahr 2022						
Wärmegestehungskosten pro Jahr	ca.	342.000	447.000	507.000	487.000	402.000
spezifische Wärmegestehungskosten (netto)		21	28	32	30	25
spezifische Wärmegestehungskosten (brutto)		25	33	38	36	30
Energiekosten Ø 2. Halbjahr 2022						
Mischpreis Biogaswärme / Abwärme	5,00 ct/kWh	0	0	0	0	0
Mischpreis Erdgas	6,74 ct/kWh	0	100	73	75	1.990
Hackschnitzel - WGH20	3,57 ct/kWh	82.000	28.000	32.000	54.000	0
Pellets - 5 Tonnen	11,43 ct/kWh	0	0	0	0	0
Mischpreis Strom	20,50 ct/kWh	10.250	7.000	6.800	5.900	15.000
Quartiersstrom	8,00 ct/kWh	0	45.000	43.000	29.000	69.000
CO ₂ -Bepreisung	77,5 €/t	0	28	21	21	570
jährliche Energiebezugskosten	ca.	92.000	80.000	82.000	89.000	86.000
Wirtschaftlichkeit Ø 2. Halbjahr 2022						
Wärmegestehungskosten pro Jahr	ca.	357.000	452.000	513.000	498.000	403.000
spezifische Wärmegestehungskosten (netto)		22	28	32	31	25
spezifische Wärmegestehungskosten (brutto)		27	34	38	37	30

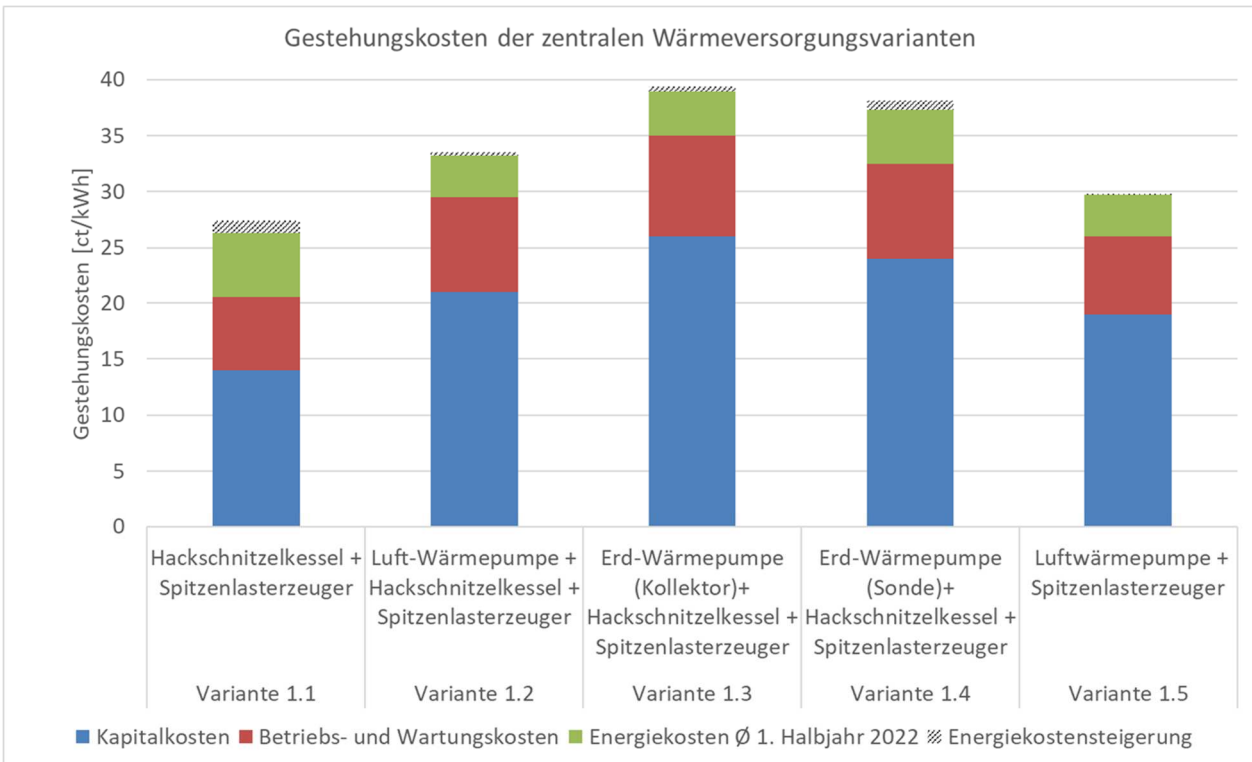


Abbildung 9-5: Gestehungskosten der zentralen Versorgungsvarianten

In Abbildung 9-5 sind die Gestehungskosten unterteilt in Kapitalkosten (blau), Betriebs- und Wartungskosten (rot) und Energiekosten (grün) der unterschiedlichen Versorgungsvarianten der ersten Netzvariante. Die Preissteigerungen des zweiten Halbjahres 2022 sind in grau schraffiert dargestellt. Aufgrund der hohen Investitionskosten für die Wärmepumpenlösung ist Variante 1.1, also ein Hackschnitzelkessel zzgl. eines Erdgasspitzenlastkessel, die im Vergleich günstigste Option.

Die Gestehungskosten der Netzvariante 3 ist aufgrund der höheren Netzinvestition, abhängig von der Versorgungsvariante, 5 - 8 % teurer, Netzvariante 1 lediglich 2,5 % günstiger. Bei Netzvariante 1 sinken die Kosten nur moderat, da durch die Verkleinerung des Versorgungsgebiets im Wesentlichen die Investition für die zusätzlichen Wärmetrassen entfallen. Im Bereich der Wärmeerzeugungsanlagen sind kaum kostenmindernde Einsparungen erzielbar.

Für den Vergleich mit den dezentralen Versorgungsoptionen in Kapitel 9.5 wurde die Variante 1.5 ausgewählt. Diese ist mit spezifischen Kosten in Höhe von 30 ct/kWh nicht die günstigste Lösung. Durch die Einbindung der Windkraftanlagen kann jedoch mittels langfristiger Verträge mit deren Betreibern eine deutlich höhere Preisstabilität erreicht werden.

Abbildung 9-5 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 die Kosten der dezentralen Versorgungsoptionen übersteigen. Trotz der Nutzung lokalen Windstroms kann eine Preisgleichheit nur mit einer Pelletheizung bei relativ hohen Brennstoffkosten während der Energiepreiskrise (Preissteigerung grau schraffiert) erreicht werden. Insbesondere dezentrale Luftwärmepumpen erweisen sich hier im Quartier als deutlich günstiger.

Die CO₂-Bilanz zeigt das deutliche Einsparpotenzial eines Wärmenetzes gegenüber dezentralen Lösungen. So ist im Vergleich zu einer Erdgastherme zzgl. einer Solarthermieanlage eine Einsparung von ca. 90 % möglich. Die Emissionen der Wärmepumpe wurden mit dem Emissionsfaktor des Bundesstrommix bilanziert. Sollte man Ökostrom beziehen, wäre die Versorgung bilanziell klimaneutral.

9.1.5 CO₂-BILANZ UND PRIMÄRENERGIEFAKTOR

Auf Basis der CO₂-Emissionsfaktoren aus Tabelle 7-4 wurden für die einzelnen Versorgungsszenarien die CO₂-Bilanzen erstellt. Hierbei wurde das Methodenpapier „BISKO“ – Bilanzierungsstandard 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).

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 Umwandlung von Strahlungs- oder Wind- in elektrische Energie unter Verwendung von Photovoltaik- oder Windkraft-Anlagen sind lediglich die CO₂-Emissionen der Herstellung der Anlage relevant.⁵

Aktuell betragen die CO₂-Emissionen von dezentralen Öl-, Gas- und Stromheizungen im Quartier aus der Wärmeversorgung (Heizung + Warmwasser) 901 t/a. Bei der Umsetzung einer zentralen

⁵ Der Strom für die Umwälzpumpen wird in beiden Fällen dem Wärmenetz zugerechnet.

Wärmeversorgung auf Basis von Holzhackschnitzeln und fossilem Spitzenlastkessel ergeben sich im Vergleich zu den gegenwärtigen Heizsituationen bei einer Anschlussquote von 80 % Einsparungen der CO₂-Emissionen von etwa 70 %, bei verbleibenden CO₂-Emissionen von 275 t/a. Der Strombezug erfolgt dabei vollumfänglich aus dem Stromnetz, da die Verwendung des Stroms aus den Windkraftanlagen mit erheblichen Investitionen verbunden ist, die nur dann lohnend sind, wenn entsprechende Mengen abgenommen werden. Da sich der Betriebsstrom auf die Netzpumpen und die Regelungstechnik beschränkt, lohnt sich dies in diesem Szenario nicht. 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).

Erfolgt die zentrale Wärmeversorgung des Quartiers alternativ durch elektrisch betriebene Luftwärmepumpen, sinken die Emissionen insbesondere aufgrund des zeitweisen Bezugs von Strom aus den lokalen Windkraftanlagen auf insgesamt 221 t/a um 75%.

Tabelle 9-6 stellt die CO₂-Bilanzen der Versorgungsvarianten für die untersuchten Wärmenetze dar. In den Varianten wird aufgrund der Anschlussquote von 80 % nur ein Teil des Quartiers über ein Wärmenetz versorgt. Es wird unterstellt, dass die Beheizung der nicht versorgten Liegenschaften wie bisher bestehen bleibt.

Tabelle 9-6: CO₂-Emissionen der zentralen Wärmeversorgung

Energiebilanzen		Hackschnitzelkessel + Spitzenlasterzeuger	Luft-Wärmepumpe + Hackschnitzelkessel + Spitzenlasterzeuger	Erd-Wärmepumpe (Kollektor)+ Hackschnitzelkessel + Spitzenlasterzeuger	Erd-Wärmepumpe (Sonde)+ Hackschnitzelkessel + Spitzenlasterzeuger	Luftwärmepumpe + Spitzenlasterzeuger
Emissionsfaktor						
Gewichtungsfaktor des zugeführten Energieträgers Erdgas		247	247	247	247	247
	ca.	0,0	0,4	0,3	0,3	7,3
Gewichtungsfaktor des zugeführten Energieträgers Solarthermie		24	24	24	24	24
	ca.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gewichtungsfaktor des zugeführten Energieträgers Biomasse		25	25	25	25	25
	ca.	58,5	19,8	22,5	37,0	0,0
Gewichtungsfaktor des zugeführten Energieträgers Strom		366	366	366	366	366
	ca.	18,3	12,4	12,1	10,6	26,0
Gesamtemissionen pro Jahr		77	33	35	48	33
CO₂-Emissionsfaktor	ca.	48	20	22	30	21

Energiebilanzen		Hackschnitzelkessel + Spitzenlasterzeuger	Luft-Wärmepumpe + Hackschnitzelkessel + Spitzenlasterzeuger	Erd-Wärmepumpe (Kollektor)+ Hackschnitzelkessel + Spitzenlasterzeuger	Erd-Wärmepumpe (Sonde)+ Hackschnitzelkessel + Spitzenlasterzeuger	Luftwärmepumpe + Spitzenlasterzeuger
Emissionsfaktor						
Gewichtungsfaktor des zugeführten Energieträgers Erdgas	g/kWh	247	247	247	247	247
	t	0,0	0,4	0,3	0,3	7,3
Gewichtungsfaktor des zugeführten Energieträgers Solarthermie	g/kWh	24	24	24	24	24
	t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gewichtungsfaktor des zugeführten Energieträgers Biomasse	g/kWh	25	25	25	25	25
	t	58,5	19,8	22,5	37,0	0,0
Gewichtungsfaktor des zugeführten Energieträgers Strom	g/kWh	366	366	366	366	366
	t	18,3	12,4	12,1	10,6	26,0
Gewichtungsfaktor des exportieren Biogas-Wärme	g/kWh	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ca.	0	0	0	0	0
Gesamtemissionen pro Jahr	t	77	33	35	48	33
CO₂-Emissionsfaktor	g/kWh	48	20	22	30	21

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

Tabelle 9-7: Gesamtbilanz der CO₂-Emissionen durch die Wärmeversorgung

Emissionen aus zentraler Wärmeversorgung	t	77	33	35	48	33
Emissionen aus dezentraler Wärmeversorgung	t	252	252	252	252	252
Gesamtemissionen pro Jahr	t	329	285	287	300	285

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.

In Variante 1.5 können 92 % des Strombedarfs aus den lokalen Windkraftanlagen gedeckt werden. Da der Restbezug aus dem Netz absolut gesehen gegenüber den anderen Varianten etwa doppelt so hoch ist und Holz als biogener Brennstoff mit lediglich 25 g/kWh bemessen wird, liegen die resultierenden Emissionen der unterschiedlichen Varianten in der gleichen Größenordnung. Bei Variante 1 wird der gesamte Strom aus dem Netz bezogen, wodurch der Emissionsfaktor mit 48 g/kWh etwa doppelt so hoch ist wie bei den anderen Varianten mit Direktstromversorgung aus den Windkraftanlagen.

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 7-4 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 Methanschlußes 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 9-8 stellt die Primärenergiebedarfe der Versorgungsvarianten für Netzvariante 3 bei einer Anschlussquote von 80 % dar. Es zeigt sich, dass die Wärmeerzeugung aus Hackschnitzeln im Gegensatz zu den Lösungen mit einer Wärmepumpe, die einen Anteil des Betriebsstroms aus den Windkraftanlagen bezieht, einen höheren Primärenergiefaktor aufweist. Dies liegt daran, dass Strom aus einer Photovoltaik oder Windkraftanlage einen Primärenergiefaktor von 0 aufweist.

Tabelle 9-8: Primärenergiebedarf der zentralen Wärmeversorgung

Energiebilanzen		Hackschnitzelkessel + Spitzenlasterzeuger	Luft-Wärmepumpe + Hackschnitzelkessel + Spitzenlasterzeuger	Erd-Wärmepumpe (Kollektor)+ Hackschnitzelkessel + Spitzenlasterzeuger	Erd-Wärmepumpe (Sonde)+ Hackschnitzelkessel + Spitzenlasterzeuger	Luftwärmepumpe + Spitzenlasterzeuger
Primärenergiefaktor						
Gewichtungsfaktor des zugeführten Energieträgers Erdgas		1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
	ca.	0	1.629	1.186	1.225	32.511
Gewichtungsfaktor des zugeführten Energieträgers Solarthermie		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ca.	0	0	0	0	0
Gewichtungsfaktor des zugeführten Energieträgers Holz		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	ca.	468.000	158.000	180.000	296.000	0
Gewichtungsfaktor des zugeführten Energieträgers Strom		1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
	ca.	90.000	61.200	59.400	52.200	127.800
Gewichtungsfaktor des zugeführten Energieträgers Windstrom		0	0	0	0	0
	ca.	0	0	0	0	0
Primärenergiefaktor	ca.	0,35	0,30	0,30	0,30	0,30
Primärenergiefaktor nach Kappung (§ 22 Abs. 3 GEG)	ca.	0,35	0,20	0,20	0,20	0,21

9.2 INSELNETZVERSORGUNG

Alternativ zu einem große Teile der Gemeinde versorgenden Wärmenetz können sogenannte Inselnetze aufgebaut werden. Dabei wird die Versorgung auf einen Bereich begrenzt, in dem die Rahmenbedingungen wie z. B. die Wärmeliniedichte aufgrund der Struktur und des Bedarfs besser sind als bei der Versorgung größerer Gebiete. Eine solche Inselnetzversorgung wurde im Quartier im Madsenweg geprüft. Ein Nachteil dieser Versorgungsart ist, dass die skalierungsbedingten Kostensenkungen entfallen.

Bezeichnung	Einheit	Netzvariante Madsenweg
Anschlussnehmer	[Stk.]	17
Transportleitung	[m]	315
Hausanschlussleitungen	[m]	255
Wärmeabsatz	[kWh _{th} /a]	297.000
Netzverluste	[kWh _{th} /a]	75.000
Netzverluste	[%]	20
Netzwärmebedarf	[kWh _{th} /a]	372.000
Wärmeliniedichte	[MWh/(m·a)]	0,52

Auch durch die Eingrenzung des Versorgungsgebiets auf einen Straßenzug kann keine wesentliche Verbesserung der Rahmenbedingungen erreicht werden. Die Wärmeliniedichte liegt mit 0,52 MWh/(m·a) auf dem niedrigen Niveau der Netzvarianten 1 und 2. Dadurch, dass keine skalierungsbedingten Kostensenkungen erreicht werden können, sind die spezifischen Gestehungskosten gegenüber der quartiersumfassenden Nahwärmeversorgung mit 35 ct/kWh sogar deutlich teurer.

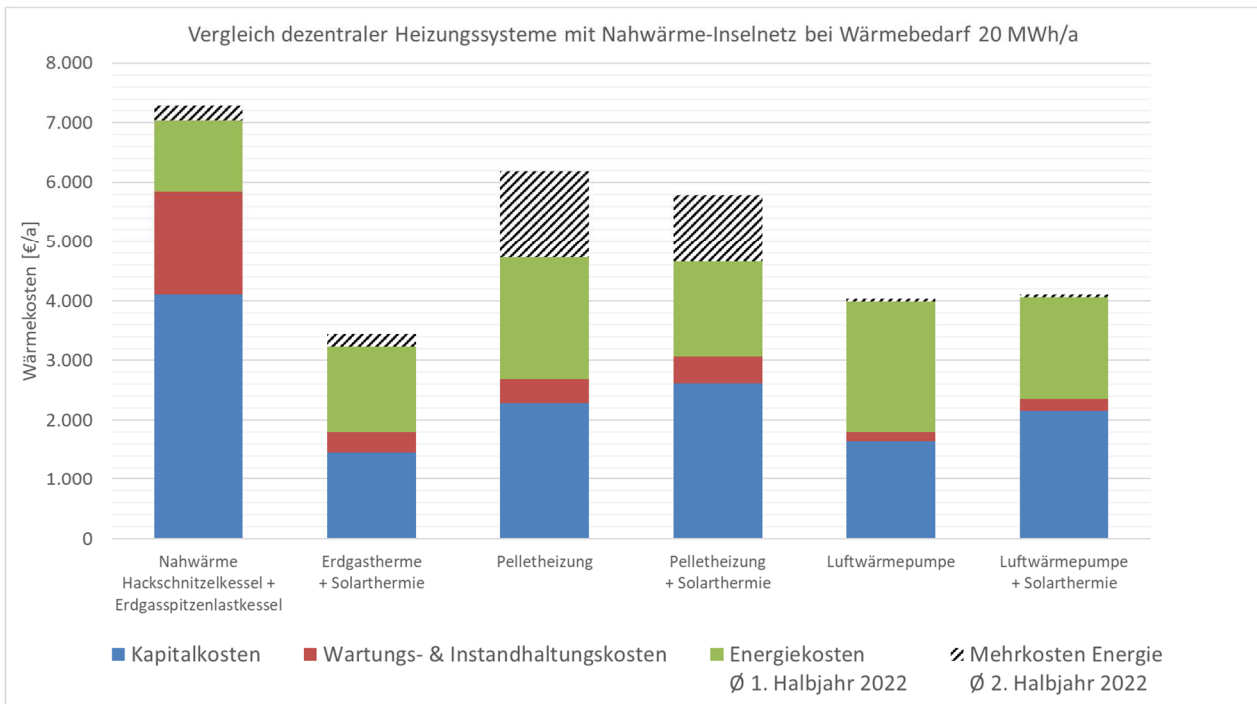


Abbildung 9-6 Kostenvergleich der Inselnetzlösung mit dezentralen Versorgungsoptionen

9.3 BETREIBERKONZEPTE

Sollte im Quartier trotz der ungünstigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen ein Wärmenetz errichtet werden, stellt sich die Frage nach dem Betreiber. 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 9-9.

Tabelle 9-9: Übersicht über mögliche Betreibermodelle

MODELL	VORTEILE	NACHTEILE
BÜRGERENERGIEGENOSSENSCHAFT	<ul style="list-style-type: none"> • Abnehmer als Miteigentümer (identitätsstiftend!) • ggf. auch andere Versorgungsungen (Strom etc.) möglich • Wertschöpfung verbleibt zu großen Teilen in der Kommune 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufwand für Gründung und Aufbau der institutionellen und technischen Infrastruktur • Hohes Engagement von „Treibern“ nötig • Erfahrung mit Wärmenetzen und Wärmeerzeugung ebenso wie mit Abrechnung fehlt i. d. R. zunächst
KOMMUNE / KOMMUNALES EVU / AMTSWERKE	<ul style="list-style-type: none"> • auch andere Versorgungsungen (Strom etc.) möglich • ggf. Kommunalkreditkonditionen • Wertschöpfung verbleibt zu großen Teilen in der Kommune 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufwand für Gründung und Aufbau der institutionellen und technischen Infrastruktur • Erfahrung mit Wärmenetzen und Wärmeerzeugung ebenso wie mit Abrechnung fehlt i. d. R. zunächst
EVU AUS DER REGION	<ul style="list-style-type: none"> • 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 	<ul style="list-style-type: none"> • ggf. Interessenkonflikte wg. Gasverkauf • Erfahrung mit Wärmenetzen und den hier vorgesehenen Wärmequellen im Einzelfall zu prüfen
EVU AUS ANDEREN REGIONEN (CONTRACTOR)	<ul style="list-style-type: none"> • Know-how zu Errichtung, Betrieb vorhanden • Infrastruktur für Abrechnungen u. ä. vorhanden • ggf. kostengünstiger Einkauf (Mengen!) und Effizienzvorteile 	<ul style="list-style-type: none"> • 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.

9.4 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 Anfang 2024 geltenden Fördermöglichkeiten für den Heizanlagen-austausch aus der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BAFA, 2024), die in Abbildung 8-1 dargestellt sind.

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. Abbildung 9-7 zeigt die Jahreskosten mit Berücksichtigung eines CO₂-Preises von 74 € pro Tonne, wie sie aufgrund des sukzessiven und über 2025 hinaus linearen Anstiegs der CO₂-Bepreisung im Mittel in den nächsten zehn Jahren bis 2032 möglich ist (vgl. Kapitel 9.1.3).

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.⁶

⁶ „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. ...“

9.5 VERGLEICH ZENTRALER UND DEZENTRALER VERSORGUNGSOPTIONEN

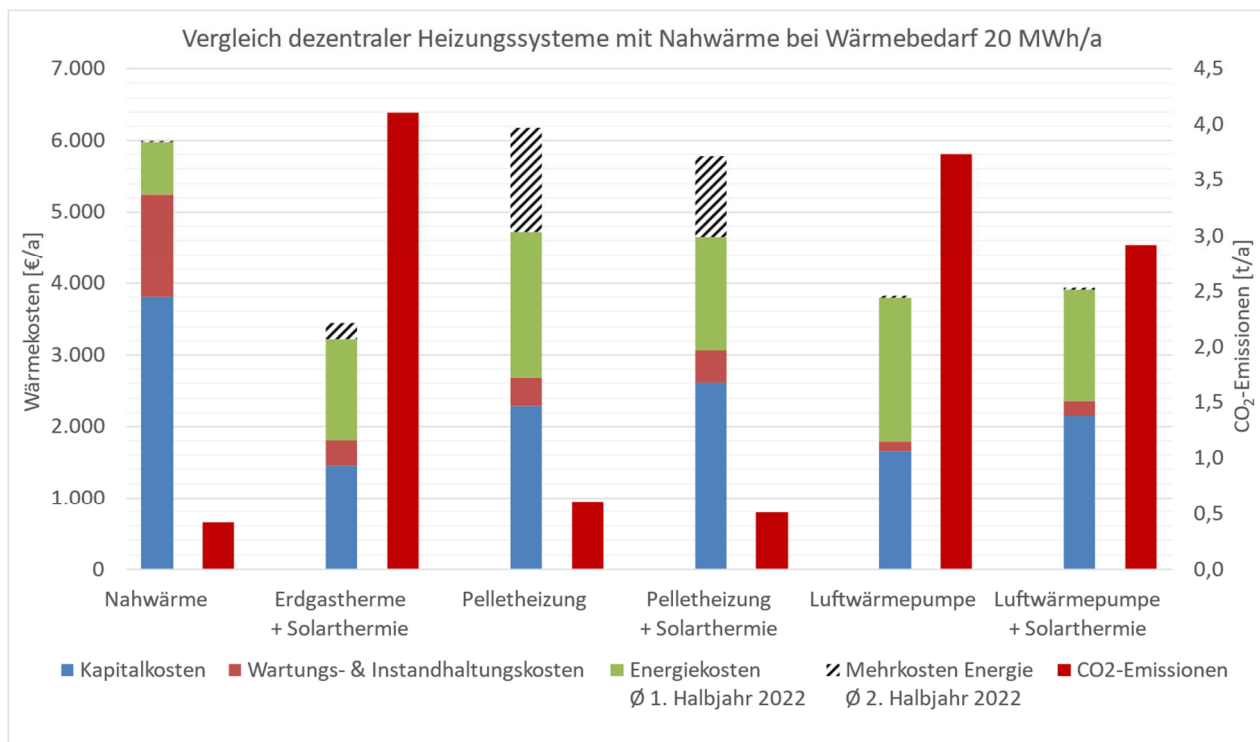


Abbildung 9-7 Vergleich der günstigsten zentralen Versorgungslösung mit dezentralen Versorgungsoptionen - durchschnittliche Brennstoff- / Stromkosten 1. Halbjahr 2022 und Mehrkosten 2. Halbjahr 2022

Die Berechnungen (siehe Abbildung 9-7) haben gezeigt, dass der Aufbau einer zentralen Wärmeversorgungslösung zur Versorgung des Ortskerns unter den getroffenen Annahmen und einer maximalen Förderung von 40 % der förderfähigen Ausgaben mit keiner der dezentralen Alternativen konkurrieren kann - lediglich die dezentrale Pelletheizung liegt bei den Brennstoffkosten des 2. Halbjahres 2022 geringfügig höher.

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.

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 hohem Zins teurer sind als dezentrale Versorgungsoptionen über Wärmepumpen,
- dass aber eine Nahwärmeversorgung aufgrund der Nutzung regional erzeugten Stroms aus den Windkraftanlagen 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 9.6 unterschiedlichste Sensitivitätsanalysen durchgeführt, in denen wesentliche die Kosten beeinflussende Parameter variiert wurden.

Die ökologische Betrachtung hat gezeigt, dass trotz nicht zu vernachlässigbarer Netzverluste durch den Aufbau eines zentralen Wärmenetzes erhebliche Einsparpotentiale im Bereich der CO₂-Emissionen und des Primärenergieeinsatzes zu erreichen sind. Dezentral sind diese lediglich mit einer Pelletheizung erreichbar, die jedoch mit einem zumindest bei den Einfamilienhäusern des Quartiers teilweise problematischen Platzbedarf für Kessel und insbesondere für die Pellets sowie mit einem deutlich höheren Aufwand der Nutzer für die Bestellung von Brennstoff, die Entsorgung von Asche, Wartung / Reparatur und zu gegebener Zeit Neubeschaffung verbunden ist.

Die vergleichsweisen hohen CO₂-Emissionen der dezentralen Wärmepumpen sind darauf zurückzuführen, dass hier die Emissionen des deutschen Strommix angesetzt wurden. Zum einen werden diese mit zunehmendem Umstieg von fossilen auf regenerative Energieträger weiter sinken. Zum anderen könnte hier auch argumentiert werden, dass gerade in Schleswig-Holstein der Strom weit überwiegend regenerativ ist und aktuell zu bestimmten Zeiten sogar Anlagen abgeregelt werden müssen. Wird bei den Wärmepumpen „echter“ Ökostrom angesetzt (Zerger, 2020), fallen nur noch minimale CO₂-Emissionen an.

9.6 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 überschlüssig 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 Angriffskriegs 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 stark. Viele Anlagenbetreiber geben die Wärme kostenlos ab,⁷ während andere Spitzenpreise von bis zu 9 ct/kWh und mehr verlangen. (Herbes, Halbherr, & Braun, 2018)

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 9-10 gibt einen Überblick über die Eingangsparameter der Sensitivitätsanalyse. Tabelle 9-11 zeigt die Legende der Diagramme zur Sensitivitätsanalyse. Für die wirtschaftliche Bewertung der zentralen Versorgungsvarianten wurde der durchschnittliche Preis von Gas, Strom, Hackschnitzeln und Holzpellets angesetzt, der bisher im zweiten Halbjahr (Stand 08/2022) eingetreten ist.

Tabelle 9-10: Eingangsparameter der Sensitivitätsanalyse

PREISCHANCEN / -RISIKEN	
Entwicklung des Erdgaspreises	10 bis 40 ct/kWh
Entwicklung des Strompreises	20 bis 70 ct/kWh
Entwicklung des Holzpelletpreises	3 bis 30 ct/kWh

Tabelle 9-11: Legende der Diagramme zur Sensitivitätsanalyse

	Nahwärme Variante 1.5: Luft-WP + Spitzenlastkessel		
DZ	Dezentrale Versorgung	PH	Pelletheizung
EWP	Erdwärmepumpe	LWP	Luftwärmepumpe
GH	Gasheizung	ST	Solarthermie
GQ	Gesamtquartier	Z	Zentrale Versorgung (Wärmenetz)

⁷ Sie profitieren ggf. dennoch, da sich je nach Förderregime die Vergütung für den Strom durch die Abwärmenutzung erhöhen kann.

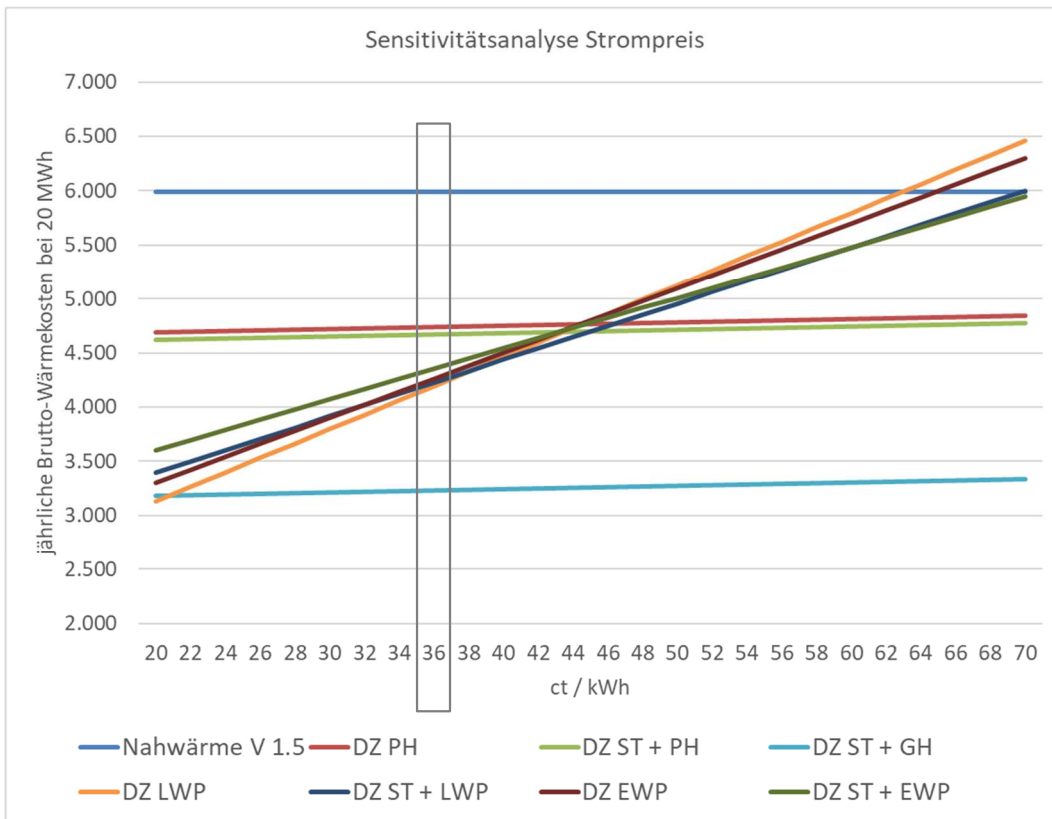


Abbildung 9-8: Wärmekosten bei verschiedenen Preissteigerungsraten für Strom

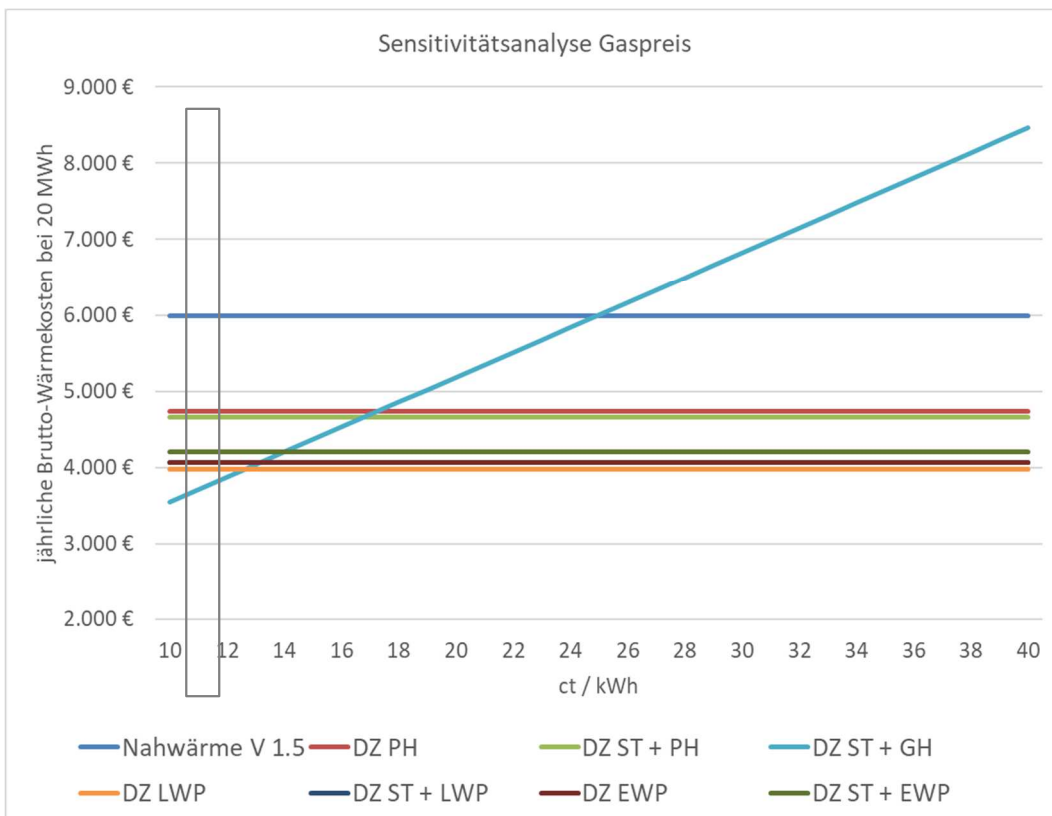


Abbildung 9-9: Wärmekosten bei verschiedenen Preissteigerungsraten für Erdgas

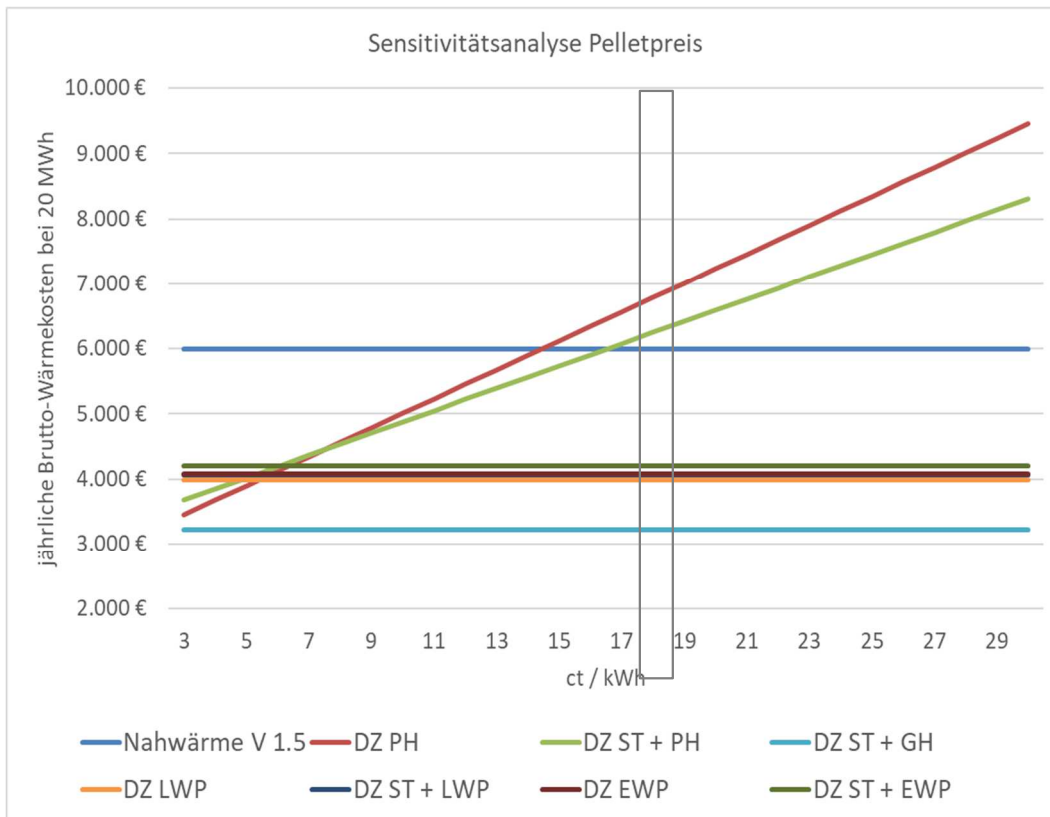


Abbildung 9-10: Wärmekosten bei verschiedenen Preissteigerungsraten für Holzpellets

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 Erdgas oder der von Biomasse, verändert wurde. In der Praxis ist eine Korrelation der Preise zu erwarten.

Die Änderungen der Energiekosten zeigen bei den solarunterstützten dezentralen Wärmeerzeugersystemen (Wärmepumpen, Pelletheizung) erwartungsgemäß eine geringere Auswirkung als bei den entsprechenden Heizarten ohne Solarthermie. Die entfallenen Brennstoffkosten aufgrund der solaren Wärmelösungen, die mit zusätzlichen Investitionskosten für die Solarwärme verbunden sind, können bei entsprechenden Preissteigerungen der Energiekosten ausgeglichen oder sogar überkompensiert werden.

Aufgrund der Verbundlösung mit mehreren Wärmequellen auf Basis fossiler und erneuerbarer Energien sowie der Nutzung ohnehin anfallender Abwärme zeigen die Änderungen der Energiekosten bei der zentralen Versorgungsvariante ebenfalls vergleichsweise geringe Auswirkungen auf die Wärmekosten. Dies unterstreicht die Aussage, dass ein Wärmenetz mit einer besonders hohen Kostenstabilität verbunden ist. Dennoch muss es deutliche Steigerungen beim Strompreis geben, damit ein Nahwärmenetz konkurrenzfähig mit dezentralen Wärmepumpen wird.

9.7 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.

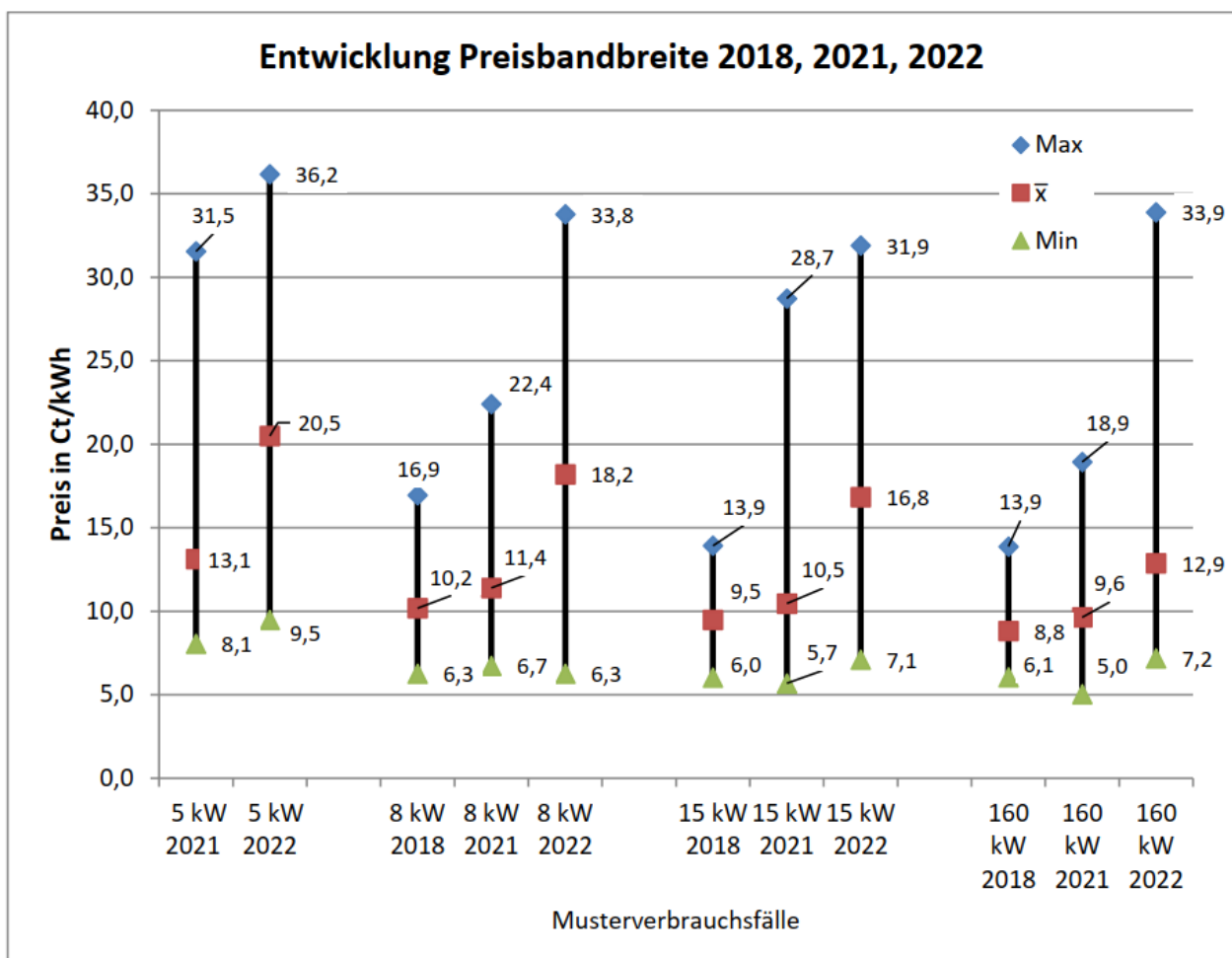


Abbildung 9-11 Preisbandbreite für Musterverbrauchsfälle (MEKUN, 2023)

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 Rabenholz berechneten Wärmeversorgungsoptionen nutzen Erdgas lediglich zur Deckung der Spitzenlasten und haben daher nur einen kleinen Anteil an den Kosten. Die Gestehungskosten liegen zwischen 28 und 37 ct/kWh (ohne Marge des Betreibers), also im Bereich der oberen Preise anderer Wärmenetzbetreiber in Schleswig-Holstein.

9.8 ENERGY SHARING: NUTZUNG LOKAL ERZEUGTER ELEKTRIZITÄT

Angesichts der in Kapitel 9.5 dargestellten Ergebnisse, nach denen dezentrale Wärmepumpen die langfristig vorherrschende Art der Wärmeversorgung werden dürfte, wird der Strombedarf der meisten Haushalte in Rabenholz in den kommenden Jahren stark ansteigen. Weitere Steigerungen könnten durch die Elektrifizierung der Mobilität verursacht werden, wenn die Bewohner der Gemeinde in Zukunft bei Ersatz ihres PKW auf ein Elektroauto umsteigen. Die an das Quartier angrenzenden Flächen bieten Potenziale für weitere Windenergieanlagen oder Freiflächenphotovoltaikanlagen. 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 Rabenholz über Direktleitungen vom Windpark oder zukünftig auch Photovoltaik-Freiflächenanlagen ohne Umlagen-erhebung 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.

9.9 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. Dennoch lägen in Rabenholz wegen der geringen Wärmeliniedichte die Preise von Nahwärme deutlich über denen von dezentralen Wärmepumpen und im oberen Bereich anderer Wärmenetze Schleswig-Holsteins. Eine Kostenparität mit Wärmepumpen würde erst bei einem Anstieg des Strompreises auf Größenordnungen um die 60 ct/kWh erreicht. Wenn dies nicht auf Netzentgelte o. a. Umlagen, sondern auf Entwicklungen am Strommarkt zurückzuführen ist, würden davon langfristig sicher auch die Kosten der Nahwärme beeinflusst.

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 noch weniger. Für diese sind auf jeden Fall die aufgezeigten dezentrale Versorgungsoptionen zu nutzen. Eine Inselnetzversorgung für benachbarte Häuser, die relativ isoliert, jedoch zusammen liegen, wurde geprüft, führt jedoch ebenfalls zu unattraktiv hohen Kosten.

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.

Das Gesetz zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor vom 20. Juli 2022 hat 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

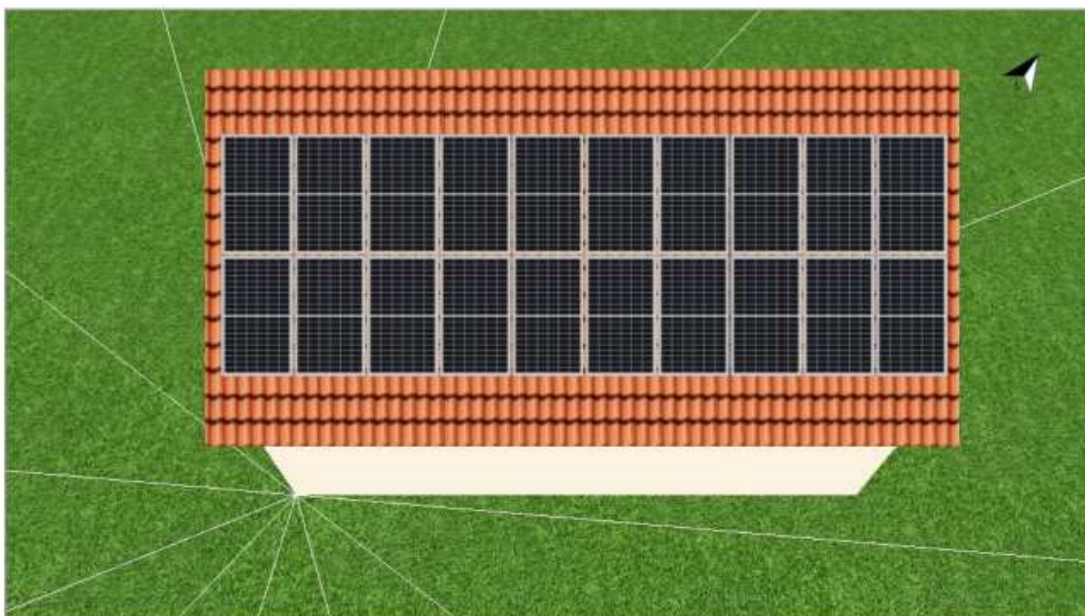


Abbildung: 1. Modulfläche - Gebäude 01-Dachfläche Südost

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 ⁸	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 ⁹	0,32	€/kWh
Preisänderungsfaktor Strombezug	1,00 %	p.a.

⁸ Die Berechnung wurde im September 2023 durchgeführt. Der Zins ist veränderlich und muss tagesaktuell auf den Seiten der KfW abgerufen werden.

⁹ Für die Berechnung wurde der Grundversorgungstarif der E.ON Energie Deutschland GmbH angesetzt.

10.3 SZENARIO 1: VOLLEINSPEISUNG

10.3.1 ENERGIEBILANZEN BEI VOLLEINSPEISUNG

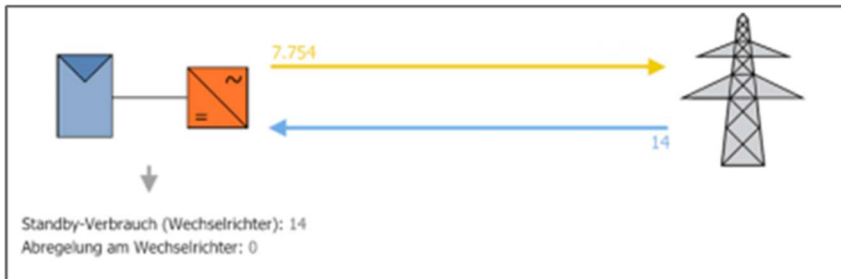


Abbildung 10-2: Energieflüsse Volleinspeisung, Quelle: PV*SOL

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

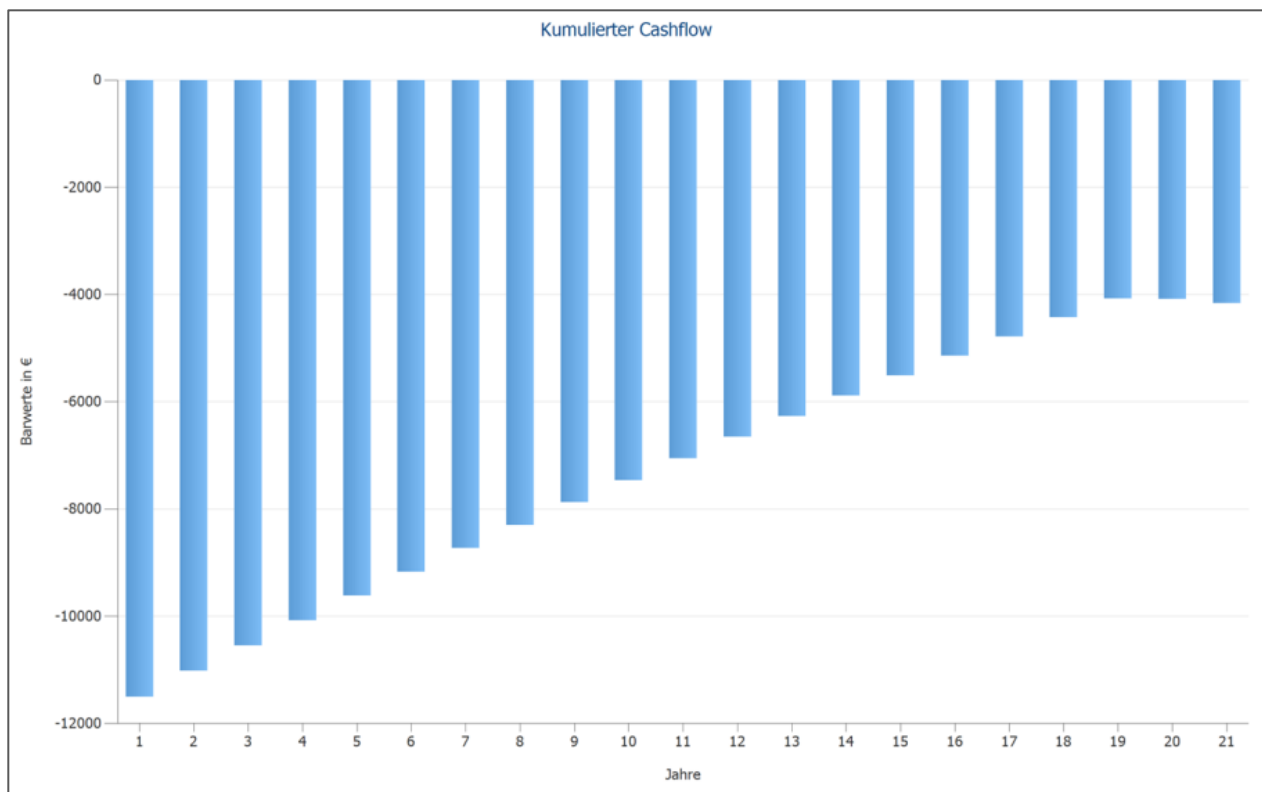


Abbildung 10-3: Kumulierter Cashflow im Betrachtungszeitraum, Quelle: PV*SOL

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 des Zinses: Wird die Anlage vollständig aus Mitteln des Förderkredits finanziert beträgt der Cashflow nach 20 Jahren -7.060 €.¹⁰

10.4 SZENARIO 2: ÜBERSCHUSSEINSPEISUNG

10.4.1 VARIANTE 1: DREIPERSONENHAUSHALT

10.4.1.1 ENERGIEBILANZEN BEI ÜBERSCHUSSEINSPEISUNG VARIANTE 1

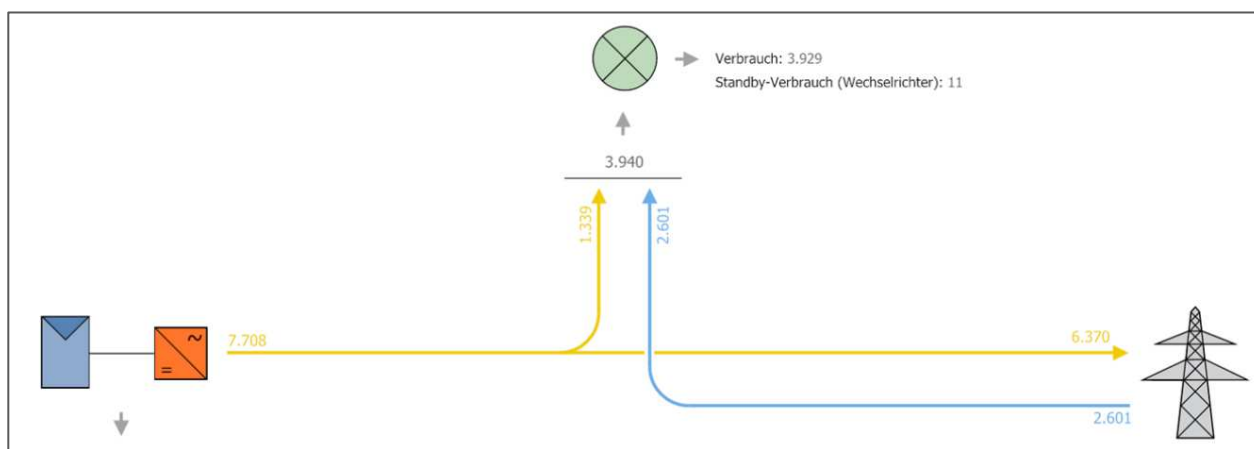


Abbildung 10-4 Energieflüsse Überschusseinspeisung, Quelle: PV*SOL

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).¹¹ 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-

¹⁰ 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.

¹¹ 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.¹²

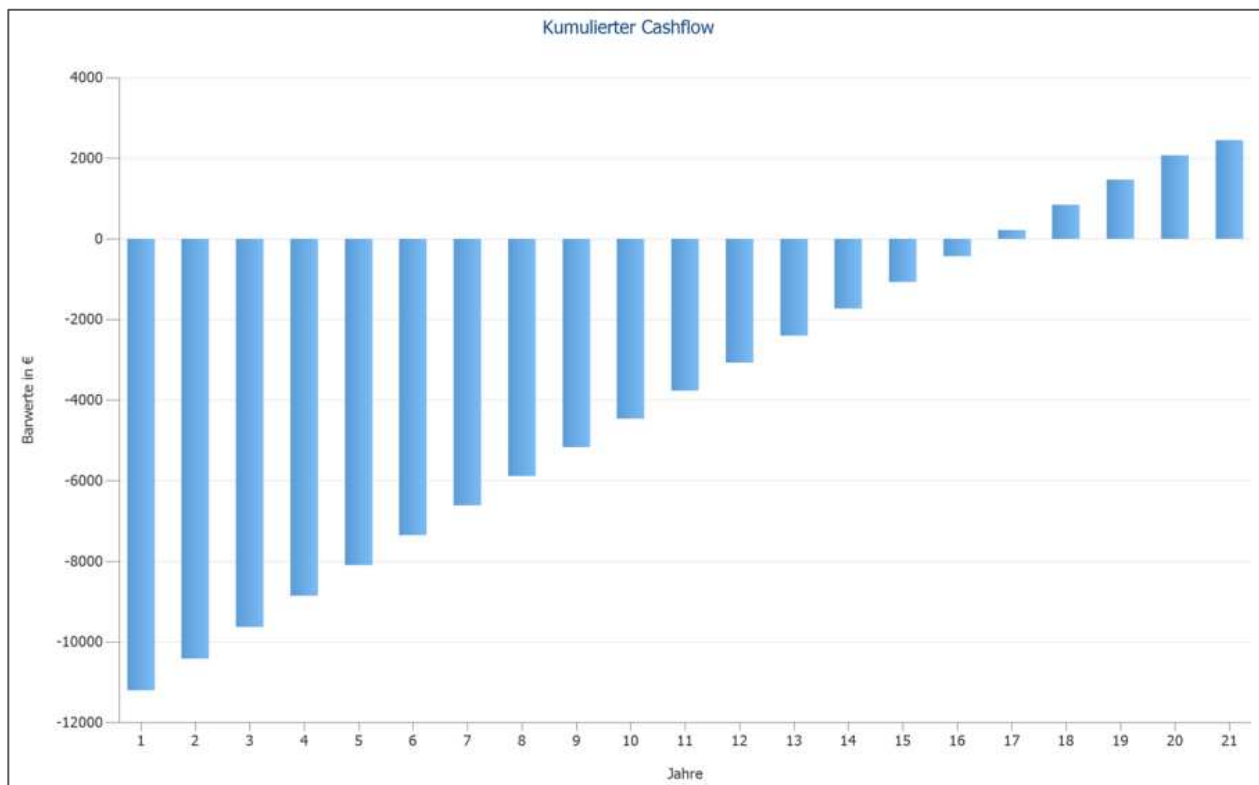


Abbildung 10-5: Kumulierter Cashflow im Betrachtungszeitraum, Quelle: PV*SOL

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.

¹² 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

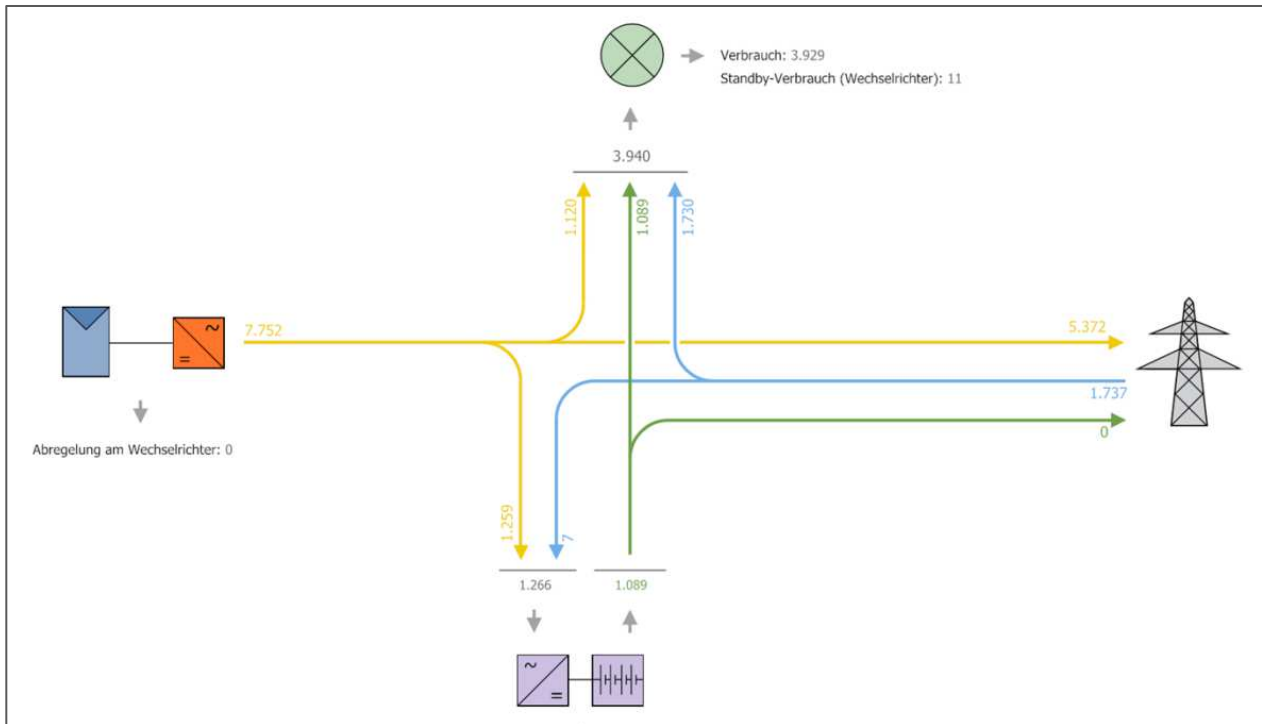


Abbildung 10-6: Energieflüsse Überschusseinspeisung mit Stromspeicher, Quelle: PV*SOL

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

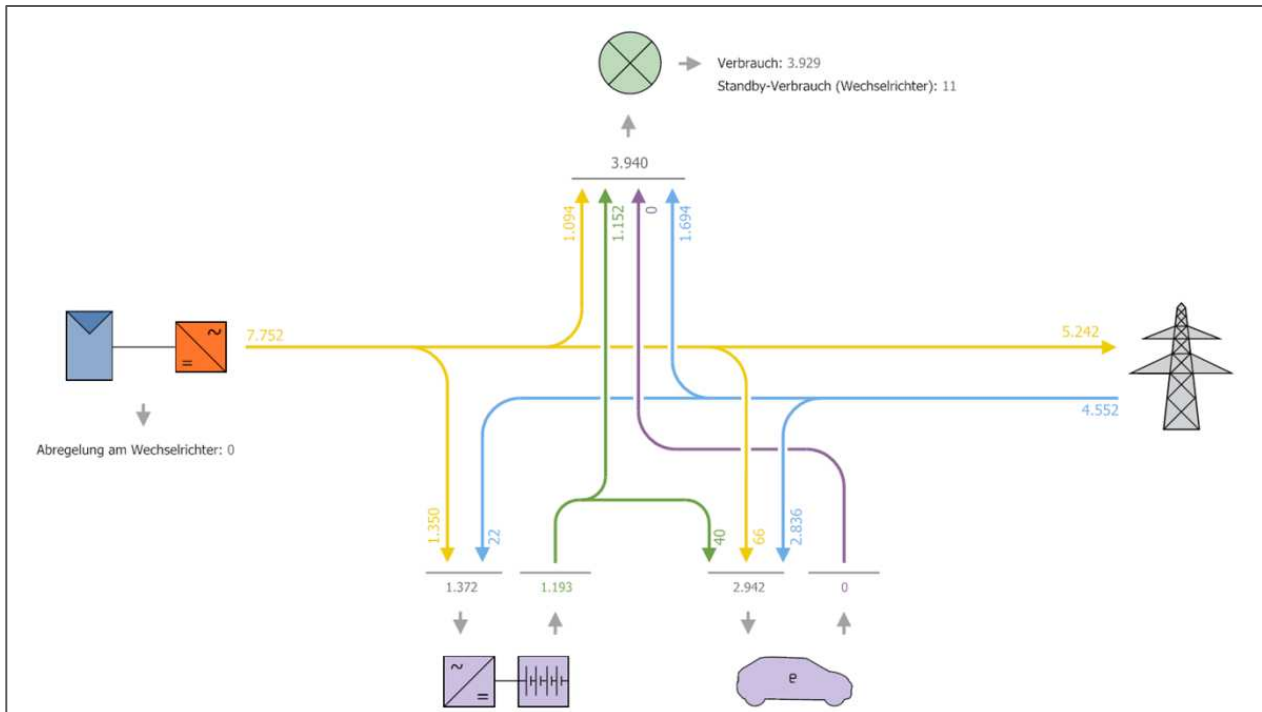


Abbildung 10-7: Energieflüsse Überschusseinspeisung mit Stromspeicher und Elektroauto, Quelle: PV*SOL

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 Verursacherprinzip¹³ 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 Rabenholz nicht erhältlich. Die nächstliegende Alternative ist ein Discounter in Gelting, in 3 bis 4 km Entfernung. Ein ÖPNV-Angebot war bis zum Start des Projektes „SMILE24“ (NAH.SH, o. J.) ausschließlich an Schultagen verfügbar, mit schultäglich vier Bussen zwischen 6:53 und 7:17 h und neun Bussen zwischen 12:05 und 15:36 h.¹⁴



Abbildung 11-1: Impressionen vom BarCamp „Rabenholz 2029“

¹³ in der Abgrenzung zum Territorial- oder Quellenprinzip





¹⁴ Haltestelle Rabenholz, Knefferbek, Stand 23.12.2022

Handlungsbedarfe bei der Gestaltung eines lebenswerten Quartiers und der zugehörigen Mobilität sind vor allem den Bewohnern von Rabenholz bekannt. Insofern wurde im gesamten Ort zu einem BarCamp „Rabenholz 2029“ am 13. Februar 2024 im Dorfgemeinschaftshaus eingeladen. Ein BarCamp ist eine hochgradig partizipative Methode, bei der die Teilnehmenden im gegebenen Themenrahmen - hier die Entwicklung des Ortes in den kommenden fünf Jahren - selbst die Initiativen vorschlagen und auswählen, die sie dann in verschiedenen Kleingruppen bearbeiten möchten. Die Ergebnisse wurden von den einzelnen Arbeitsgruppen nach einem vorgegebenen Schema dokumentiert und in einem abschließenden Plenum vorgestellt, so dass die Beteiligten, die Gemeindevertretung und andere Akteure im Anschluss die Initiativen aufgreifen und ggf. die Umsetzung unterstützen können.

Als Themen wählten die Teilnehmenden

- Carsharing,
- Förderung der Dorfgemeinschaft,
- Begegnungsstätte,
- Wanderwege,
- Qigong,
- betreutes Wohnen,
- Mobilität im Alter / WhatsApp-Gruppen,
- Photovoltaik-Nutzung auf den Gebäuden und
- smarte Straßenbeleuchtung.

Die Ergebnisse sind in Abbildung 11-2 dokumentiert.

 	 
<p style="text-align: center;">Rabenholz 2029</p>	<p style="text-align: center;">Rabenholz 2029</p>
<p>Initiative: Carsharing</p> <p>Es ist 2029 - wir haben mit der Initiative Folgendes erreicht:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1x E-Fahrzeug für allgemeine Nutzung aller Bürger*innen - bewusster Umgang mit dem Fahrzeug - eventuell Lastenrad 	<p>Initiative: Dorfgemeinschaft fördern!</p> <p>Es ist 2029 - wir haben mit der Initiative Folgendes erreicht:</p> <ul style="list-style-type: none"> - gut vernetzt sein! - Gruppen bilden ↳ WhatsApp ↳ Telefonnummern austauschen ↳ Miteinander
<p>Von 2024 bis 2029 waren dies die wichtigsten Umsetzungsschritte:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aufbau von Parkplätzen / Ladestationen - Auswahl u. Anschaffung E-Fahrzeug - Infoveranstaltungen für Einwohner 	<p>Von 2024 bis 2029 waren dies die wichtigsten Umsetzungsschritte:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wie bekommt jeder die gleiche Information? ↳ E-Mobilität - Eigene Angebote schaffen: Fahrradverleih / Qi Gong etc. ↳ Praktisch - Beteiligung an regionalen Angeboten gemeinsam mit dem Geltigen Bucht-in-Bewegung ↳ öffentliche Nutzung - Spiele für Kinder: Eck ab, Teilkäse, Wikinger Schach, Zelle
<p>Mitgewirkt haben ...</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gemeindevertretung - Bürger*innen 	<p>Mitgewirkt haben ...</p> <ul style="list-style-type: none"> Interkommission Soziales Referat Amt Gültiger Bucht ALLE Bürger*innen
<p>Was sonst noch alles wichtig war (Kosten, Rahmenbedingungen, ...):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Förderprogramme - Synergieeffekte nutzen (Autoanbauer) 	<p>Was sonst noch alles wichtig war (Kosten, Rahmenbedingungen, ...):</p> <p>Ehrenamtlich / engagiert</p>

Rabenholz 2029	
Initiative:	Begegnungsstätte
Es ist 2029 - wir haben mit der Initiative Folgendes erreicht:	Durch den Kauf eines Grundstückes, haben wir einen Multi-Funktions- platz für Jung und Alt geschaffen (neben Kiosk) - inkl. Grillplatz/Grillhütte - Klärung der Nutzungsbedingungen und somit Zurechenbarkeit aller Anwohner
Von 2024 bis 2029 waren dies die wichtigsten Umsetzungsschritte:	- Grundstückskauf - Gründung Arbeitskreis aus CVJ Bürgern + Bürger + Fachleuten - Umsetzung
Mitgewirkt haben ...	- Gemeinderat - Bürgerinnen + Bürger - Anwohner - Unterstützung F. H. H.
Was sonst noch alles wichtig war (Kosten, Rahmenbedingungen, ...):	- Verkauf der beiden gelagerten Spielplätze als Baugrundstücke

Rabenholz 2029	
Initiative:	Wanderwege
Es ist 2029 - wir haben mit der Initiative Folgendes erreicht:	Weg Karte das ganze Jahr begehbar Bänke - Killeimer
Von 2024 bis 2029 waren dies die wichtigsten Umsetzungsschritte:	Klärung v. Wegerechten - Osterfeld - Killeimer Sillekjer - Gelling / Bienenroth Anschaffung Bänke - Killeimer
Mitgewirkt haben ...	Wanderfreunde Rabenholz
Was sonst noch alles wichtig war (Kosten, Rahmenbedingungen, ...):	

Rabenholz 2029	
Initiative:	Agony
Es ist 2029 - wir haben mit der Initiative Folgendes erreicht:	Agony Gruppen bestehen + leben
Von 2024 bis 2029 waren dies die wichtigsten Umsetzungsschritte:	Werbung WhatsApp Gruppe Flyer mit Starttermin + Infos Ant. Hemo 8 Ecke Beginn ca 13-4 Wochen (ab 13.2.24) gezeichnet
Mitgewirkt haben ...	Anette Lorenzen Bürgerinnen vom Bt
Was sonst noch alles wichtig war (Kosten, Rahmenbedingungen, ...):	zum Kennenlernen Kostenlos dann Umlage

Rabenholz 2029	
Initiative:	Retirees Wohnen
Es ist 2029 - wir haben mit der Initiative Folgendes erreicht:	- Lebensqualität im Alter - Gemeinschaftsgefühl
Von 2024 bis 2029 waren dies die wichtigsten Umsetzungsschritte:	- Investition finden / überlegen - Wohnraum zur Verfügung stellen - Infomaterial (Weg / Gemeinschaftsbücher)
Mitgewirkt haben ...	Retiree-jüngere Marlene Felicitas v. Karche Paul Hanser Bernd Marquardt Gemeinderat und Interessierte - Umsetzung
Was sonst noch alles wichtig war (Kosten, Rahmenbedingungen, ...):	- Personal - Vorschriften Krankenkasse - Pflegegeld / Zuschüsse

Rabenholz 2029	
Initiative:	Mobilität im Alter & WhatsApp Gruppe(n)
Es ist 2029 - wir haben mit der Initiative Folgendes erreicht:	Förderung Taxierunternehmen in Gellting → SMILE 24 WhatsApp Gruppen: Allgemeine Themen, und Angebote & Fakten Rabenholz App
Von 2024 bis 2029 waren dies die wichtigsten Umsetzungsschritte:	Jonas muss eine App programmieren! Digitale Schulungen für alle. Administatorinnen gruppe
Mitgewirkt haben ...	
Was sonst noch alles wichtig war (Kosten, Rahmenbedingungen, ...):	Kostenklärung für die App Subventionen klären für Taxifahrer

Rabenholz 2029	
Initiative:	Nutzung der Gebäude mit PV zur Energiegewinnung
Es ist 2029 - wir haben mit der Initiative Folgendes erreicht:	- günstige Energie für alle Hausgenossen / Vermieter / Mieter - Nutzung von E-Autos - Öko - Strom wird genutzt - Luft/Wärmepumpe wird attraktiv
Von 2024 bis 2029 waren dies die wichtigsten Umsetzungsschritte:	- Gründung einer Genossenschaft etc - Überzeugungsarbeit leisten - Arbeitsgruppe - Baubehörden für alle!
Mitgewirkt haben ...	- Inoffiziell alle Gebäudenutzer/innen - Genossenschaft
Was sonst noch alles wichtig war (Kosten, Rahmenbedingungen, ...):	- rechtliche Voraussetzungen müssen beachtet werden - Investitionen in einer gemeinsamen Sprache

Rabenholz 2029	
Initiative:	Smarte Straßenbeleuchtung
Es ist 2029 - wir haben mit der Initiative Folgendes erreicht:	- Steigerung der Sicherheit - bedarfsgerechte Beleuchtung - Energieeinsparung - Reduzierung der Lichtverschmutzung
Von 2024 bis 2029 waren dies die wichtigsten Umsetzungsschritte:	- Einführung App - Steuerung zum bedarfsgerechten Ein- und Ausstellen (Freigabe der Beleuchtung) - Austausch der Leuchtenköpfe - LED - Bewegungsmelder - KI
Mitgewirkt haben ...	- Gemeindevertretung - Fachfirmen - interessierte Bürger*innen
Was sonst noch alles wichtig war (Kosten, Rahmenbedingungen, ...):	- Kosten-/Nutzenanalyse - Amortisation - Förderung etc

Abbildung 11-2: Ergebnisse des BarCamps „Rabenholz 2029“

12 UMSETZUNGHEMMNISSE UND MÖGLICHKEITEN ZU IHRER ÜBERWINDUNG

12.1 GEBÄUDESANIERUNG

Die Gebäudesanierung ist klimapolitisch eine besondere Herausforderung: Ein großer, zusammenhängender 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).

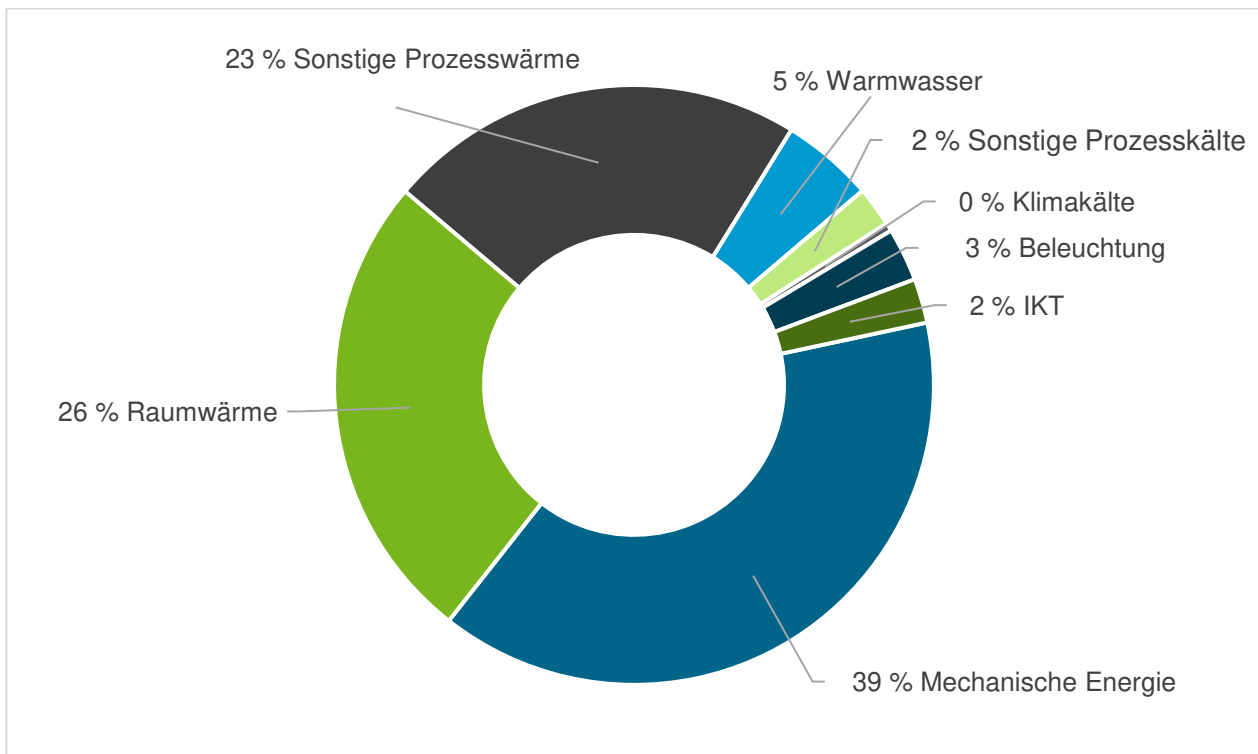


Abbildung 12-1: Endenergieverbrauch Raumwärme 2018 in Deutschland

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). 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

Es müsste, wenn trotz der schwierigen wirtschaftlichen Ausgangslage ein Wärmenetz realisiert werden sollte, ein Betreiber gefunden werden. Sofern der Betreiber des Netzes nicht mit dem Wärmeerzeugern identisch ist, 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.

Der alternativ zu einem Wärmenetz denkbare breitere Einsatz von Wärmepumpen könnte u. U. durch Stromlieferungen vom örtlichen Windpark und zukünftig ggf. örtlichen Photovoltaikanlagen erfolgen. Dies setzt bei Nutzung des öffentlichen Netzes eine Umsetzung des EU-Richtlinie zum Energy Sharing bzw. eine Klärung der rechtlichen Rahmenbedingungen umfangreicherer Direktstromleitungen parallel zum öffentlichen Netz voraus (vgl. Kapitel 9.8), etwa durch die kommunalen Landesverbände.

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 nicht möglich. Wenn sich weitere große Preissprünge fossiler Energieträger ergeben oder sich eine Reduzierung der Tiefbau- und Rohrleitungsbaukosten eines Nahwärmenetzes ergeben sollte, könnte die Wirtschaftlichkeit neu bewertet werden.

Dann würde eine entscheidende Herausforderung darin bestehen, eine ausreichende Anzahl von Anschlussnehmern zu gewinnen. Im Laufe der Zeit dürfte dies zunehmend schwieriger werden, weil ersatzbedürftige Heizungen fossiler Energieträger überwiegend gegen Wärmepumpen ausgetauscht werden und die entsprechenden Häuser dann b. a. W. nicht mehr für den Anschluss an ein Wärmenetz in Frage kommen dürften.

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 im Rahmen des BarCamps erarbeiteten Handlungsansätze (vgl. Kapitel 11) sind vor Ort weiter ausdifferenzieren. Herausforderungen und mögliche Maßnahmen werden sich im Zuge einer weiteren Konkretisierung zeigen. Grundsätzlich sollten jedoch bei allen skizzierten Ansätzen Umsetzungen möglich sein.

13 ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

13.1 LENKUNGSGRUPPE

Die Lenkungsgruppe des Projektes bestand aus dem Bürgermeister (Jörg Theet-Meints), Gemeinderatsvertretern (Tobias Fasbender, Stephanie Ingwersen, Andreas Johnsen, Felicitas von Kahne, Inken Lorenzen, Bernd Marquardsen, Peter-Jürgen Martens, Sigvard Scholz, Uwe Schwipfert und Per Wegner), einer Klimaschutzmanagerin der Klimaschutzregion Flensburg (Manuela Wunderlich), dem Vertreter des Amtes Geltinger Bucht (Dirk Petersen). Geschäftsführend waren die Unternehmen der mit dem Quartierskonzept beauftragten Arbeitsgemeinschaft vertreten.

Die Lenkungsgruppe hat zwischen April 2023 und September 2023 insgesamt drei Mal in Präsenz 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.¹⁵



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

Auf der Veranstaltung am 31. Mai 2023 wurden die Inhalte und die Vorgehensweise von Quartierskonzepten erläutert und allgemeine Informationen zu möglichen Sanierungsmaßnahmen vorgestellt.

¹⁵ Geplant waren ursprünglich vier Veranstaltungen. Aus Effizienzgründen wurden nach Entscheidung der Lenkungsgruppe zwei zusammengelegt.



Abbildung 13-2 Ein gut gefülltes Dorfgemeinschaftshaus zur öffentlichen Auftaktveranstaltung

Bei der zweiten öffentlichen Veranstaltung am 22. November 2023 wurden die Ergebnisse der Mustersanierungsberatungen und die Möglichkeiten einer klimafreundlichen und regionalen leitungsgebundenen Wärmeversorgung für das Quartier vorgestellt und mit dezentralen Wärmeversorgungsoptionen verglichen.

Das BarCamp zur Quartiersentwicklung inklusive Mobilität fand am 13. Februar 2024 statt (vgl. Kapitel 11).

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 trotz ungünstiger wirtschaftlicher Rahmenbedingungen 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
Carsharing („Dörpsmobil“ o. ä.) - zurückgelegte Strecken / Anzahl Ausleihvorgänge	km bzw. Stück	Betreiber
Smarte Straßenbeleuchtung: Anzahl umgestellter Leuchten	Stück	Gemeinde
Rabenholz-App	zu konkretisieren	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, in der der Gemeinde Rabenholz 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 Rabenholz Mitglied ist, übernommen werden kann, wäre zu diskutieren.

Tabelle 15-1: Maßnahmenkatalog für Umsetzungen

AUFGABEN	PRIORITÄT, ABLAUF / AKTEUR
Informationen über weitere Beratungsleistungen zu Sanierungen und dezentralen Heizungsanlagen, einschließlich Photovoltaik	hoch, kontinuierlich / Gemeinde oder Klimaschutzregion
Öffentliche Informationsveranstaltungen zu Sanierungsmöglichkeiten und Heizungsumstellung	hoch, kontinuierlich / Gemeinde mit Klimaschutzregion, Verbraucherzentrale oder Energieberatern
Organisation gemeinschaftlicher Beauftragungen / Beschaffung von Sanierungsmaßnahmen oder Heizungsaustausch	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
Priorisierung und Initiierung der Umsetzung der Maßnahmen des BarCamps zur Quartiersentwicklung	hoch, kurzfristig / Gemeinde
Dokumentation der Arbeiten und operative Umsetzung des Controlling-Konzeptes	niedrig, kontinuierlich / Gemeinde oder Klimaschutzregion

Die Etablierung eines Wärmenetzes wird nun im Rahmen der Bundförderung 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.

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 Wohnbaubestandes 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.

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. (2022 a). *Bundesförderung für Energieberatung für Wohngebäude*. Abgerufen am 24. Oktober 2022 von https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Energieberatung_Wohngebäude/energieberatung_wohngebäude_node.html
- BAFA. (2022 b). *Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)*. Abgerufen am 11. Oktober 2022 von https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente_Waermenetze/effiziente_waermenetze_node.html
- BAFA. (2024). *Bundesförderung für effiziente Gebäude*. Abgerufen am 4. Juli 2024 von https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebäude/Sanierung_Wohngebäude/sanierung_wohngebäude_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
- BMF. (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/W_eitere_Steuert_hemen/Betriebspruefung/AfA-Tabellen/Ergaenzende-AfA-Tabellen/AfA-Tabelle_AV.html
- BMU. (2021). *Förderaufruf Kommunale Klimaschutz-Modellprojekte*. Abgerufen am 25. März 2021 von <https://www.klimaschutz.de/modellprojekte>
- 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>
- 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/>
- EEX. (1. Januar 2023). *EEX.com*. Von <https://www.eex.com/de/marktdaten/umweltprodukte/eex-eua-primary-auction-spot-download> abgerufen
- 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>
- Google LLC. (2022). *Google Earth*. Abgerufen am 6. Juni 2022 von https://www.google.com/intl/de_de/earth/
- Herbes, C., Halbherr, V., & Braun, L. (2018). *Preise für die Abgabe von Wärme aus Biogasanlagen an Dritte*. Abgerufen am 4. Juli 2024 von https://www.hfwu.de/fileadmin/user_upload/ISR/Bilder/Dokumente/Publikationen_Herbes/2018-02-01_Agrarbetrieb_Herbes-et-al.pdf
- 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/derverein/aktuelles-service/aktuell/details/news/die-sanierungsrate-das-unbekannte-wesen/>
- LVerGeo SH. (2023). *Digitaler Atlas Nord*. Abgerufen am 22. Juni 2023 von <https://danord.gdi-sh.de/viewer/resources/apps/Anonym/index.html?lang=de#/>
- 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-als-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). *Zeitreihe für Rabenholz*. Abgerufen am 4. Juli 2024 von https://region.statistik-nord.de/detail_timeline/13/1102/1/1/352/1202/
- Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein. (o. J.). *Meine Region. Regionaldaten für Rabenholz*. Abgerufen am 27. Juni 2024 von <https://region.statistik-nord.de/detail/0010000010000000000/1/352/1202/>
- Statistisches Bundesamt. (o. J.). *Zensus 2022 - Gebäude und Wohnungen*. Abgerufen am 27. Juni 2024 von https://www.zensus2022.de/DE/Aktuelles/Gebaeude_Wohnungen_VOE.html
- 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>
- Wikipedia. (13. März 2024). *Rabenholz*. Abgerufen am 18. Juli 2024 von [https://de.wikipedia.org/wiki/Rabenholz#:~:text=Rabenholz%20\(d%C3%A4nisch%3A%20Ravnholt\)%20ist,%20und%20Steensiek%20\(Stensig\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Rabenholz#:~:text=Rabenholz%20(d%C3%A4nisch%3A%20Ravnholt)%20ist,%20und%20Steensiek%20(Stensig)).
- 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>