

BERICHT ÜBER INGENIEUR- UND BERATUNGSLEISTUNGEN

Berichtsumfang

ENERGETISCHES QUARTIERSKONZEPT WANKENDORF

Auftraggeber

AMT BOKHORST-WANKENDORF (FÜR DIE GEMEINDE WANKENDORF)

Kampstraße 1
24601 Wankendorf

Auftragnehmer

IPP ESN POWER ENGINEERING GMBH

Rendsburger Landstraße 196 - 198
24113 Kiel

In Kooperation mit

FRANK ECOZWEI GMBH

Stadtdeich 7
20097 Hamburg

Ansprechpartner:

PATRICE AHMADI

Tel.: +49 431 64959-853

E-Mail: p.ahmadi@ipp-esn.de

Kiel, den 31. Januar 2023

- Auftraggeber:** Amt Bokhorst-Wankendorf (für die Gemeinde Wankendorf)
Kampstraße 1
24601 Wankendorf
- Ansprechpartner:** Herr Teegen, Amt Bokhorst-Wankendorf
- Auftragnehmer:** IPP ESN Power Engineering GmbH
Rendsburger Landstraße 196-198
24113 Kiel
Bearbeitung:
Patrice Ahmadi M.Eng., Torge Lorenzen M.Eng., Dipl.-Ing. Thomas Lutz-
Kulawik, Dipl.-Phys. Jürgen Meereis, Jerry Mehl B.Eng.
- In Kooperation mit:** FRANK Eco Zwei GmbH
Stadtdeich 7,
20097 Hamburg
Bearbeitung:
Dipl.-Holzwirtin Maren Grohs, Marie Maluck M.Sc.
- Stand:** Entwurf, Stand 31.01.2023
Redaktionsschluss für die im Bericht verwendeten Daten, Betrachtungen
und Berechnungen war August 2022.
- Förderhinweis:** Das Projekt Energetische Stadtsanierung im Quartier „Wankendorf“ wird gefördert aus Mitteln des Bundes im Rahmen des KfW-Programms 432 „Energetische Stadtsanierung“ sowie ergänzend über die IB.SH aus Mitteln des Landes Schleswig-Holstein.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des
Deutschen Bundestages

INHALTSVERZEICHNIS

1	Tabellenverzeichnis.....	1
2	Abbildungsverzeichnis.....	2
3	Abkürzungsverzeichnis.....	5
4	Gender-Aspekte.....	7
5	Zusammenfassung.....	8
5.1	zentrale Ergebnisse.....	8
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	Sanierungsrate.....	20
7.3.3	Heizungen im Bestand.....	21
7.3.4	Ergebnisse der Fragebogenaktion und der Energieberatung vor Ort.....	24
7.3.5	Öffentliche Liegenschaften.....	26
7.4	Energie- und CO ₂ -Bilanz des Quartiers.....	27
7.5	Zusammenfassung Bestandsaufnahme.....	31
8	Energie- und CO ₂ -Minderungspotenziale durch Gebäudesanierung.....	32
8.1	Gebäudesanierungspotenzial – Vorgehensweise, Rahmenbedingungen.....	32
8.1.1	Wohngebäude Kredit 261 und Zuschuss 461.....	32
8.1.2	BAFA Förderung.....	33
8.2	Mustersanierungsberatungen - Energieberatung vor Ort.....	34
8.2.1	Sanierungsempfehlungen öffentliche Gebäude.....	35
8.2.2	Mustersanierungskonzept Bahnhofstraße 12.....	42
8.2.3	Mustersanierungskonzept Bahnhofstraße 26.....	56
8.2.4	Mustersanierungskonzept Achtern Höven 15.....	68
8.2.5	Zusammenfassende Ergebnisse der Mustersanierungskonzepte.....	79
9	Versorgungsoptionen und -szenarien.....	81
9.1	Zentrale Versorgungsoptionen.....	81

9.1.1	Technische Versorgungslösungen	83
9.1.2	Entwurf Wärmenetz	84
9.1.3	Energiewirtschaftliche Ansätze	87
9.1.4	Zentrale Wärmeversorgung ohne Sanierung.....	88
9.1.5	Zentrale Wärmeversorgung mit Sanierungsvariante 1	97
9.1.6	Zentrale Wärmeversorgung mit Sanierungsvariante 2	100
9.1.7	CO ₂ -Bilanz und Primärenergiefaktor	101
9.2	Betreiberkonzepte.....	103
9.3	Dezentrale Versorgungsoptionen.....	105
9.4	Vergleich zentraler und dezentraler Versorgungsoptionen	107
9.5	Sensitivitätsanalyse	108
9.6	Zusammenfassung Wärmeerzeugung	113
10	Photovoltaik.....	115
10.1	Referenzhaus und Szenarien.....	115
10.2	Energiewirtschaftliche Parameter.....	116
10.3	Szenario 1: Volleinspeisung	116
10.3.1	Energiebilanzen bei Volleinspeisung.....	116
10.3.2	Wirtschaftlichkeit bei Volleinspeisung.....	117
10.4	Szenario 2: Überschusseinspeisung	118
10.4.1	Variante 1: Dreipersonenhaushalt.....	118
10.4.2	Variante 2 und 3	119
10.4.3	Übersicht der Wirtschaftlichkeit der unterschiedlichen Szenarien und Varianten	122
11	Mobilität.....	123
11.1	Lückenschluss überregionale Fahrradwege	123
11.2	Sharing von Lastenfahrrädern.....	125
11.3	Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge	125
12	Umsetzungshemmnisse und Möglichkeiten zu ihrer Überwindung	128
12.1	Gebäudesanierung	128
12.2	Leitungsgebundene Wärmeversorgung	129
12.2.1	Technische Herausforderungen.....	129
12.2.2	Rechtliche und organisatorische Herausforderungen.....	129
12.2.3	Wirtschaftliche Herausforderungen	129
12.3	Mobilität	130
13	Öffentlichkeitsarbeit	131

13.1	Lenkungsgruppe	131
13.2	Allgemeine Öffentlichkeit.....	131
14	Controlling-Konzept	133
14.1	Energie- und CO ₂ -Bilanz.....	133
14.2	Bewertungsindikatoren.....	133
14.3	Dokumentation.....	134
15	Maßnahmenkatalog und Empfehlungen für das Sanierungsmanagement	135
16	Literaturverzeichnis	137

1 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 5-1: Abgleich der Berichtsinhalte mit den Anforderungen der KfW.....	10
Tabelle 5-2: Bestätigung Einspareffekte.....	11
Tabelle 7-1: Auswertung der Fragebögen zu den Liegenschaften des Quartiers.....	26
Tabelle 7-2: Heizenergiebedarf im Quartier im Jahr 2020	28
Tabelle 7-3: CO ₂ -Emissionsfaktoren und Primärenergiefaktoren verschiedener Energieträger	29
Tabelle 7-4: Jährliche Wärme-, Endenergie-, CO ₂ - und Primärenergiebilanz für das Quartier Wankendorf.....	30
Tabelle 8-1: Förderübersicht der BEG-Varianten (Stand Januar 2023)	33
Tabelle 8-2: Bauteile IST-Zustand.....	44
Tabelle 8-3: Übersicht Sanierungsvarianten Bahnhofstraße 12.....	48
Tabelle 8-4: Variantenvergleich Bahnhofstraße 12.....	49
Tabelle 8-5: Kostenschätzung Sanierungsvarianten Bahnhofstr. 12.....	54
Tabelle 8-6: Energetische Bewertung Ist-Zustand	58
Tabelle 8-7: Übersicht Sanierungsvarianten Gebäude Bahnhofstraße 26	62
Tabelle 8-8: Kostenschätzung Sanierungsvarianten Bahnhofstr. 26.....	66
Tabelle 8-9: Kostenschätzung Achtern Höven 15.....	78
Tabelle 9-1: Annahmen zum Neubaugebiet „Backofenkoppel“	86
Tabelle 9-2: Energiewirtschaftliche Ansätze	88
Tabelle 9-3: Anlagendimensionierung und Energiebilanzen der zentralen Wärmeversorgung.....	91
Tabelle 9-4: Investitionen der zentralen Wärmeversorgung.....	93
Tabelle 9-5: Wärmegestehungskosten der zentralen Wärmeversorgung	96
Tabelle 9-6: Anlagendimensionierung und Energiebilanzen Sanierungsvariante 1.....	98
Tabelle 9-7: Wärmegestehungskosten Sanierungsvariante 1	100
Tabelle 9-8: CO ₂ -Emissionen der zentralen Wärmeversorgung	102
Tabelle 9-9: Primärenergiebedarf der zentralen Wärmeversorgung	103
Tabelle 9-10: Übersicht über mögliche Betreibermodelle	104
Tabelle 9-11: Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)	106
Tabelle 9-12: Eingangsparameter der Sensitivitätsanalyse	109
Tabelle 9-13: Legende der Diagramme zur Sensitivitätsanalyse	109
Tabelle 10-1: Übersicht der Wirtschaftlichkeit.....	122
Tabelle 14-1: Mögliche Indikatoren zum Controlling der Umsetzung des Quartierskonzeptes	134
Tabelle 15-1: Maßnahmenkatalog für Umsetzungen u. a. im Rahmen des Sanierungsmanagements	135

2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 5-1: Kostenvergleich der zentralen mit den dezentralen Versorgungsoptionen - durchschnittliche Brennstoff- / Stromkosten 1. Halbjahr 2022 und Mehrkosten im August 2022.....	9
Abbildung 6-1: Endenergieverbrauch in Deutschland 2020 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, 2022).....	13
Abbildung 7-1: Lage der Gemeinde Wankendorf im Kreis Plön (Schwochow, 2023).....	14
Abbildung 7-2: Das Quartier Wankendorf im Nord-Westen der Gemeinde Wankendorf, eigene Abbildung, Daten: (Google Maps, 2023).....	15
Abbildung 7-3: Wohngebäudetypen in Wankendorf (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, 2023).....	17
Abbildung 7-4: Baualtersklassen Gemeinde Wankendorf (Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2023) (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, 2023)	18
Abbildung 7-5: Verteilung der Gebäude des Quartiers nach Baujahren (Kreisverwaltung Plön, 2022)	19
Abbildung 7-6: Baualtersklassen Siedlungen im Quartier (Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2023) und (Kreisverwaltung Plön, 2022).....	19
Abbildung 7-7: Entwicklung Wärmebedarf durch Gebäudesanierung.....	20
Abbildung 7-8: Anzahl und Anteil der Heizungsanlagen nach Energieträger	21
Abbildung 7-9: Erdgaskessel nach Baujahren	22
Abbildung 7-10: Heizölkessel nach Baujahren	23
Abbildung 7-11: Feststoffkessel nach Baujahren.....	24
Abbildung 7-12: Fragebogen an alle Haushalte im Quartier	25
Abbildung 7-13: Vorgehensweise zur Erstellung der Wärmeatlasses.....	27
Abbildung 7-14: Wärmeatlas des Quartiers	28
Abbildung 7-15: Aufteilung Endenergiebedarf nach Energieträgern	29
Abbildung 7-16: Entwicklung der spezifischen Emissionen des deutschen Strommixes.....	30
Abbildung 8-1: Luftbild Grundschule Wankendorf (Google Maps, 2023)	36
Abbildung 8-2: Grundschule, Gebäudeteil 1, Foto: FRANK.....	36
Abbildung 8-3: Grundschule, Gebäudeteil 2, Foto: FRANK.....	37
Abbildung 8-4: Grundschule, Gebäudeteil 3, Foto: FRANK.....	37
Abbildung 8-5: Grundschule, Gebäudeteil 4, Foto: FRANK.....	38
Abbildung 8-6: Grundschule, Gebäudeteil 5, Foto: FRANK.....	39
Abbildung 8-7: Sporthalle, Foto: FRANK.....	40
Abbildung 8-8: Luftbild DRK-KiTa (Google Maps, 2023)	40
Abbildung 8-9: DRK-KiTa, nördlicher Teil, Foto: FRANK.....	41
Abbildung 8-10: Krippe Wankendorf, Foto: FRANK.....	41

Abbildung 8-11: Bahnhofstr 12, Vorderansicht. Foto: FRANK	42
Abbildung 8-12: 3D Modellierung, erstellt durch FRANK mit dem Programm Hottgenroth.....	43
Abbildung 8-13: Thermische Gebäudehülle, v. l. n. r. EG, 1. OG, 1. DG, 2. DG	43
Abbildung 8-14: Energetische Verluste und Gewinne Ist-Zustand, Bahnhofstraße 12	45
Abbildung 8-15: Energetische Verluste Ist-Zustand, Bahnhofstraße 12.....	45
Abbildung 8-16: Gesamtbewertung Ist-Zustand Bahnhofstraße 12	47
Abbildung 8-17: Gebäudehülle, Anlagentechnik, Umweltwirkung Ist-Zustand Bahnhofstraße 12	47
Abbildung 8-18: Bewertung Variante 1a Bahnhofstraße 12	50
Abbildung 8-19: Bewertung Variante 1b Bahnhofstraße 12	51
Abbildung 8-20: Bewertung Variante 1c Bahnhofstraße 12	52
Abbildung 8-21: Bewertung Variante 2 Bahnhofstraße 12	53
Abbildung 8-22: Bewertung Variante 3 Bahnhofstraße 12	53
Abbildung 8-23: MSK 1, Rentabilität der Varianten nach 20 Jahren	55
Abbildung 8-24: Bahnhofstr 26, Vorderansicht, Foto: FRANK	56
Abbildung 8-25: 3D Modellierung, erstellt durch FRANK mit dem Programm Hottgenroth.....	57
Abbildung 8-26: Thermische Gebäudehülle, v. l. n. r. KG, EG, 1.OG, DG	57
Abbildung 8-27: Energetische Verluste und Gewinne Ist-Zustand, Bahnhofstraße 26	59
Abbildung 8-28: Energetische Verluste Ist-Zustand, Bahnhofstraße 26.....	60
Abbildung 8-29: Gesamtbewertung Ist-Zustand, Bahnhofstr. 26.....	61
Abbildung 8-30: Gebäudehülle, Anlagentechnik, Umweltwirkung Ist-Zustand, Bahnhofstr. 26.....	61
Abbildung 8-31: Bewertung Variante 1, Bahnhofstraße 26	63
Abbildung 8-32: Bewertung Variante 2a, Bahnhofstraße 26	64
Abbildung 8-33: Bewertung Variante 2b, Bahnhofstraße 26	65
Abbildung 8-34: Bewertung Variante 3, Bahnhofstraße 26	66
Abbildung 8-35: MSK 2, Rentabilität der Maßnahmen nach 20 Jahren.....	67
Abbildung 8-36: Achtern Höven 15, Vorderansicht, Foto: FRANK	68
Abbildung 8-37: 3D Modellierung, erstellt durch FRANK mit dem Programm Hottgenroth.....	69
Abbildung 8-38: Thermische Gebäudehülle Achtern Höven 15, v. l. n. r. EG und DG.....	69
Abbildung 8-39: Energetische Verluste und Gewinne Ist-Zustand, Achtern Höven 15.....	71
Abbildung 8-40: Energetische Verluste Ist-Zustand, Achtern Höven 15.....	72
Abbildung 8-41: Gesamtbewertung Ist-Zustand, Achtern Höven 15	73
Abbildung 8-42: Gebäudehülle, Anlagentechnik, Umweltwirkung Ist-Zustand, Achtern Höven 15	73
Abbildung 8-43: Bewertung Variante 1a, Achtern Höven 15.....	75
Abbildung 8-44: Bewertung Variante 1b, Achtern Höven 15.....	76
Abbildung 8-45: Bewertung Variante 2a, Achtern Höven 15.....	77

Abbildung 8-46: Bewertung Variante 2b, Achtern Höven 15.....	78
Abbildung 8-47: MSK 3, Rentabilität der Maßnahmen nach 20 Jahren.....	79
Abbildung 9-1: Mögliche Lage einer Heizzentrale (Google LLC, 2022).....	82
Abbildung 9-2 Mögliche Trassenführung zur Versorgung des Gesamtquartiers (Google LLC, 2022)	85
Abbildung 9-3: Netzverluste und Wärmelinienendichte der untersuchten Netzvarianten bei 80 % Anschlussquote.....	87
Abbildung 9-4 Vergleich der günstigsten zentralen Versorgungslösung mit dezentralen Versorgungsoptionen - durchschnittliche Brennstoff- / Stromkosten 1. Halbjahr 2022 und Mehrkosten im August 2022.....	107
Abbildung 9-5: Wärmekosten bei verschiedenen Preissteigerungsraten für Strom.....	110
Abbildung 9-6: Wärmekosten bei verschiedenen Preissteigerungsraten für Erdgas	110
Abbildung 9-7: Wärmekosten bei verschiedenen Preissteigerungsraten für Holzpellets	111
Abbildung 9-8: Wärmekosten bei verschiedenen Preissteigerungsraten für Hackschnitzel	111
Abbildung 9-9: Wärmekosten bei verschiedenen Preisen für Biogaswärme	112
Abbildung 9-10: Wärmekosten bei verschiedenen Anschlussquoten.....	112
Abbildung 10-1: Darstellung des Referenzhauses für das Quartie, Quelle: PV*SOL	115
Abbildung 10-2: Energiewirtschaftliche Ansätze der Wirtschaftlichkeitsberechnung PV	116
Abbildung 10-3: Energieflüsse Volleinspeisung, Quelle: PV*SOL.....	116
Abbildung 10-4: Kumulierter Cashflow im Betrachtungszeitraum, Quelle: PV*SOL.....	117
Abbildung 10-5 Energieflüsse Überschusseinspeisung, Quelle: PV*SOL.....	118
Abbildung 10-6: Kumulierter Cashflow im Betrachtungszeitraum, Quelle: PV*SOL	119
Abbildung 10-7: Energieflüsse Überschusseinspeisung mit Stromspeicher, Quelle: PV*SOL	120
Abbildung 10-8: Energieflüsse Überschusseinspeisung mit Stromspeicher und Elektroauto, Quelle: PV*SOL	121
Abbildung 12-1: Endenergieverbrauch Raumwärme 2018 in Deutschland	128
Abbildung 13-1: Erste öffentliche Veranstaltung in Wankendorf	132
Abbildung 13-2 Zweite öffentliche Veranstaltung.....	132

3 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

SI-Einheiten und allgemeinsprachliche Abkürzungen sind nicht erläutert.

a	Jahr
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
Bj	Baujahr
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
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
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)
f _p	Primärenergiefaktor
GEG	Gebäudeenergie Gesetz (löste die frühere EnEV ab)
h	Stunde
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
HSH	Hackschnitzelheizung
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
KiTa	Kindertagesstätte
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LIS	Ladeinfrastruktur
LWP	Luft-Wasser-Wärmepumpe

MIV	Motorisierter Individualverkehr
NOW	NOW GmbH – Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellen
NWG	Nichtwohngebäude
OG	Obergeschoss
ÖPNV	öffentlicher Personennahverkehr
o. J.	ohne Jahresangabe
PEF	Primärenergiefaktor
PK	Pelletkessel
PV	Photovoltaik
QE	Endenergiebedarf
Qp	Primärenergiebedarf
rd.	rund, circa, etwa
SH	Schleswig-Holstein
SH-Netz	Schleswig-Holstein Netz AG
ST	Solarthermie
SWP	Sole-Wasser-Wärmepumpe
T€	1000 Euro
th	thermische (Leistung oder Arbeit)
Tr.m	Trassenmeter
TZ	Tilgungszuschuss (zusätzlich zum zinsgünstigen Kredit bei KfW-Programmen werden Tilgungen in bestimmter Höhe erlassen)
UBA	Umweltbundesamt
U _d	Wärmedurchgangskoeffizient door (Tür)
U _w	Wärmedurchgangskoeffizient window (Fenster)
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient („unit of heat transfer“)
WDVS	Wärmedämm-Verbundsystem
WE	Wohneinheit
WLG	Wärmeleitfähigkeitsgruppe
WG	Wohngebäude
WW	Warmwasser
Z	Zentrale Versorgung

4 GENDER-ASPEKTE

Die Autor*innen 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 für das Gebiet Wankendorf-Nordwest der Gemeinde Wankendorf 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 Mobilitätsfragen 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.

Umso mehr erfordert Klimaneutralität, die **Wärmeversorgung** der Gebäude auf erneuerbare Energieträger oder die Nutzung von Abwärme umzustellen. Ungenutzte Abwärmepotenziale von z. B. bestehenden Biogasanlagen sind im Umfeld des Quartiers vorhanden. Deren Nutzung ist praktisch ohne zusätzliche Belastungen möglich, die ansonsten selbst bei regenerativen Energieträgern anfallen würden. Zu diesen Belastungen zählen, neben den Ressourcen für die Herstellung der entsprechenden Anlagen, die Flächeninanspruchnahme für Solarthermie, Nachbarschaftskonflikte und die Einwirkungen auf Vögel bei Windkraftanlagen, die Strom für Wärmepumpen bereitstellen etc. In einem Biogas-BHKW des Gutes Löhndorf wird Strom und Wärme erzeugt und die Wärme zum Teil bereits über ein kleines Wärmenetz in Gebäuden im Quartier und zum Teil angrenzend an das Quartier genutzt.

Für die Versorgung des Quartiers wurden zunächst verschiedenste Optionen qualitativ untersucht. Als unter technischen und wirtschaftlichen Aspekten grundsätzlich realisierbar erwiesen sich Holzhackschnitzelkessel und Wärmepumpen, so dass diese dann Gegenstand einer detaillierten Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und Klimabilanzierung waren. Freiflächen-Solarthermie wurde aufgrund fehlender quartiersnaher Flächenverfügbarkeit ausgeschlossen. Zur Besicherung der Redundanz und zur Abdeckung von Spitzenlasten kann vorübergehend noch ein Erdgaskessel eingesetzt werden, da er durch niedrige Investitionskosten die Möglichkeit bietet, die weit überwiegend regenerative Wärmeerzeugung zu einem möglichst attraktiven Preis anzubieten. Damit wird auch besonders preissensiblen Haushalten eine Umstellung leichter gemacht und somit per Saldo eine größere Klimawirkung erzielt, als wenn eine Vielzahl von Haushalten bei ihrer heutigen komplett fossilen Beheizung verbliebe. Bei weiteren Preissteigerungen der fossilen Energieträger kann eine regenerative Spitzenlastdeckung wirtschaftlich werden.

Berechnungen von Kosten sind in einer konzeptionellen Phase, wie sie im energetischen Quartierskonzept gegeben ist, stets mit Unsicherheiten von typischerweise 20 bis 30 % verbunden. Dies gilt in besonderem Maße angesichts der aktuellen Schwankungen sowohl der Energiepreise als auch der Baukosten.

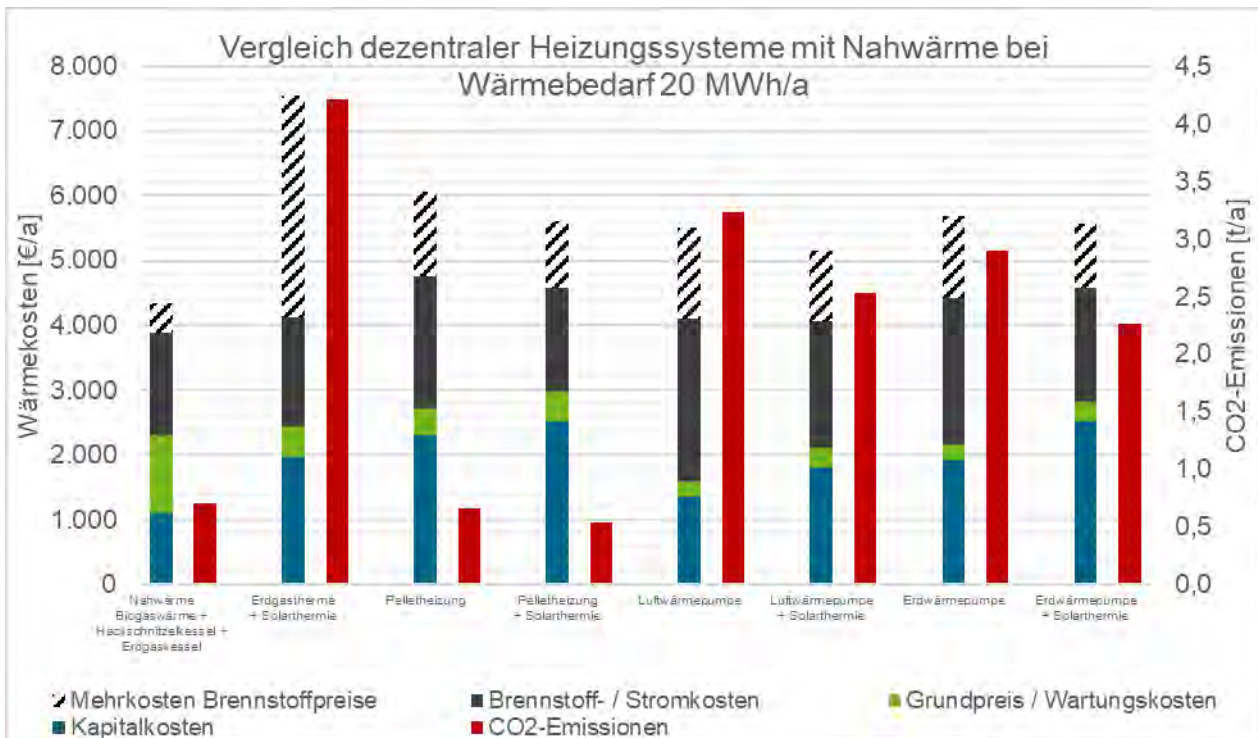


Abbildung 5-1: Kostenvergleich der zentralen mit den dezentralen Versorgungsoptionen - durchschnittliche Brennstoff- / Stromkosten 1. Halbjahr 2022 und Mehrkosten im August 2022

Die mit diesem Vorbehalt versehenen Vollkostenvergleiche ergaben, dass bei den durchschnittlichen Energiepreisen des ersten Halbjahres 2022 Wärme aus dem Wärmenetz in etwa genauso teuer, wie die von dezentralen Heizanlagen war – ggü. einem zu erneuernden und aufgrund der Vorgaben des EWKG um 15 % regenerative Energien zu ergänzenden Erdgaskessel konnten bereits Einsparungen erreicht werden. Bei den Energiepreisen von August 2022 ergaben sich Kostenvorteile gegenüber allen dezentralen Versorgungsoptionen.

Zusammenfassend kann somit festgehalten werden, dass die Kosten von Wärme aus dem Wärmenetz im Vergleich zu dezentralen Alternativen in Wankendorf in einer vergleichbaren Größenordnung liegen. Zudem ist davon auszugehen, dass durch die Nutzung von Abwärme aus dem Biogas-BHKW eine höhere Kostenstabilität als bei den dezentralen Alternativen besteht. Letztlich basiert die untersuchte Nahwärmeversorgung auf einer regionalen Versorgung, weist also eine höhere Versorgungssicherheit als fossile Energieträger auf, und sorgt dafür, dass große Teile der Wertschöpfung in der Region bleiben. **Es wird der Gemeinde daher empfohlen, die Planungen eines Wärmenetzes im Rahmen des Sanierungsmanagements voranzutreiben.**

Entscheidend für den Erfolg einer zentralen Wärmeversorgung ist eine möglichst hohe Anschlussquote. Um diese zu ermitteln, kann im Vorfeld oder im Rahmen des sich ggf. anschließenden Sanierungsmanagements das Anschlussinteresse der Bewohner aller Haushalte ermittelt werden. Im weiteren Verlauf der Arbeiten des Sanierungsmanagements ist durch Öffentlichkeitsarbeit an einer weiteren Erhöhung der Rückmeldungen zu arbeiten.

Im Bereich der **Mobilität** konnten drei Themenfelder identifiziert werden, die teilweise bereits an die entsprechenden Institutionen adressiert wurden. Dazu gehört der Lückenschluss überregionaler Fahrradverbindungen zu anderen Gemeinden bzw. Städten, zu denen viele berufsbedingt

pendeln sowie die Etablierung von Leihlastenrädern und öffentliche Ladeinfrastrukturen für Elektroautos.

Nachdem das Quartierskonzept die Möglichkeiten aufgezeigt hat, kann nun die Umsetzung im Rahmen eines drei- bis fünfjährigen Sanierungsmanagements begleitet werden. Auch dieses wird, wie Quartierskonzepte, vom Bund und vom Land Schleswig-Holstein mit insgesamt 90 % gefördert.

5.2 CHECKLISTE KfW ENERGETISCHE STADTSANIERUNG

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

ZU BERÜCKSICHTIGENDE ASPEKTE	KAPITEL
Betrachtung der für das Quartier maßgeblichen Energieverbrauchssektoren (insbesondere kommunale Einrichtungen, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Industrie, private Haushalte) und deren Energieeinspar- und Effizienzpotenziale (Ausgangsanalyse)	7.3, 7.4, 8
Beachtung vorhandener integrierter Stadtteilentwicklungs- (INSEK) oder wohnwirtschaftlicher Konzepte bzw. integrierter Konzepte auf kommunaler Quartiersebene sowie von Fachplanungen und Bebauungsplänen	7.3.1
Aktionspläne und Handlungskonzepte unter Einbindung aller betroffener Akteure (einschließlich Einbeziehung der Öffentlichkeit)	12, 15
Aussagen zu baukulturellen Zielstellungen unter Beachtung der Denkmäler und erhaltenswerter Bausubstanz sowie bewahrenswerter Stadtbildqualitäten	7.3.1
Gesamtenergiebilanz des Quartiers als Ausgangspunkt sowie als Zielaussage für die energetische Stadtsanierung unter Bezugnahme auf die im Energiekonzept der Bundesregierung vom 28.9.2010 formulierten Klimaschutzziele für 2020 bzw. 2050 und bestehende energetische Ziele auf kommunaler Ebene	5.3, 7.4
Analyse möglicher Umsetzungshemmnisse (technisch, wirtschaftlich, zielgruppenspezifisch bedingt) und deren Überwindung, Gegenüberstellung möglicher Handlungsoptionen	12
Benennung konkreter energetischer Sanierungsmaßnahmen und deren Ausgestaltung (Maßnahmenkatalog) unter Berücksichtigung der quartiersbezogenen Interdependenzen mit dem Ziel der Realisierung von Synergieeffekten sowie entsprechender Wirkungsanalyse und Maßnahmenbewertung	8
Aussagen zu Kosten, Machbarkeit und zur Wirtschaftlichkeit der Sanierungsmaßnahmen, Maßnahmen der Erfolgskontrolle	8
Maßnahmen zur organisatorischen Umsetzung des Sanierungskonzepts (Zeitplan, Prioritätensetzung, Mobilisierung der Akteure und Verantwortlichkeiten)	15
Information und Beratung, Öffentlichkeitsarbeit.	13

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

Im Quartierskonzept wurden verschiedene Varianten einer zukünftigen Nahwärmeversorgung untersucht. Dem Vergleich von Status quo und möglicher zukünftiger Situation wurde dabei die Variante zugrunde gelegt, die sowohl wirtschaftlich als auch unter Klimagesichtspunkten die vorteilhafteste war. Bei dieser wird die Versorgung des gesamten Quartiers mittels ohnehin anfallender Abwärme aus einem Biogas-BHKW, einem Holzhackschnitzelkessel und einem Erdgas-Spitzenlastkessel gewährleistet. Die Werte beziehen sich auf eine Anschlussquote in Höhe von 100 %, da nur der Anschluss aller Gebäude das maximale Einsparpotenzial erschließt.

In Tabelle 5-2 werden die Effekte für verschiedene Szenarien der Gebäudesanierung quantifiziert.

Tabelle 5-2: Bestätigung Einspareffekte

Bezeichnung	Heizenergiebedarf [MWh]	Endenergiebedarf [MWh]	Primärenergiebedarf [MWh]	CO ₂ -Ausstoß [t]
Gegenwärtige Heizsituation	6.070	7.141	5.734	1.298
Zentr. Wärmeversorgung ohne Gebäudesanierung	6.070	7.526	2.258	444
Zentr. Wärmeversorgung Sanierungsvariante 1	5.493	7.011	2.103	372

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 2020 nach Strom, Wärme und Verkehr (Agentur für Erneuerbare Energien, o. J.)

Etwa 52,1 % des Endenergieverbrauchs Deutschlands waren 2020 auf Wärme- und Kältegewinnung zurückzuführen (vgl. Abbildung 6-1). Der Anteil erneuerbarer Energieträger lag 2021 im Wärmesektor bei lediglich 16,5 % (vgl. Abbildung 6-2). Insofern ist die Minderung der Treibhausgasemissionen im Wärmesektor eine der zentralen Herausforderungen der Klimaschutzpolitik in Deutschland.



Abbildung 6-2: Erneuerbare Energien - Anteile in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr (UBA, 2022)

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.).

In diesem Kontext hat sich auch die Gemeinde Wankendorf, vertreten durch das Amt Bokhorst-Wankendorf, zur Erstellung eines energetischen Quartierskonzepts durch die IPP ESN Engineering GmbH (IPP ESN) in Kooperation mit FRANK Ecozwei entschieden. Die Ergebnisse der Arbeiten finden sich im vorliegenden Bericht.

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 Wankendorf befindet sich im Nordwesten der Gemeinde Wankendorf. Die Gemeinde Wankendorf liegt im schleswig-holsteinischen Kreis Plön und ist Verwaltungssitz des Amtes Bokhorst-Wankendorf. Sie ist Heimat von rund 3.000 Einwohnern und erfüllt eine Vielzahl an Funktionen der Daseinsvorsorge für kleinere Gemeinden des südlichen Kreisgebiets (Amt Bokhorst-Wankendorf, 2022).



Abbildung 7-1: Lage der Gemeinde Wankendorf im Kreis Plön (Schwochow, 2023)

Das Quartier erstreckt sich im nordwestlichen Bereich über das geplante Neubaugebiet Backofenkoppel / Pinnbergkoppel, die Straßen Wohldtor und Pinnberg sowie die Tannenbergstraße, deren Bebauung auch den südwestlichen Grenzbereich des Quartiers markiert. Den nördlichen Abschnitt bildet die Steigkoppel. Die ebenfalls zum Quartier gehörende Grundschule Wankendorf & Umgebung stellt die nordöstliche Quartiersgrenze dar. Im Süden schließen der Schulweg sowie der westliche Teil der Dorfstraße an. Das Gebiet erstreckt sich im Südosten über den nördlichen Teil der Bahnhofstraße, Achtern Höven, Thomas-Mann-Straße, Friedrich-Hebbel-Weg sowie den westlichen und zum Teil östlichen Bereich der Theodor-Storm-Straße.

Das Quartier besteht aus circa 230 Wohngebäuden mit über 300 Wohneinheiten und ist durch eine kleinteilige Einfamilienhausbebauung geprägt (Kreisverwaltung Plön, 2022) (Amt Bokhorst-Wankendorf, 2022). Vereinzelt gibt es niedriggeschossige Mehrfamilienhäuser. Im östlichen Teil des Quartiers befinden sich kleine Gewerbebetriebe wie eine Bäckerei, eine Metzgerei sowie ein Hotel- und Restaurantbetrieb. Darüber hinaus befinden sich dort eine örtliche Polizeistation und ein Seniorenwohnheim. Im Norden des Gebiets liegt die Grundschule Wankendorf. Im Nordwesten des Quartiers ist das Neubaugebiet „Backofenkoppel“ geplant, in dem rund 70 Wohneinheiten entstehen werden.



Abbildung 7-2: Das Quartier Wankendorf im Nord-Westen der Gemeinde Wankendorf, eigene Abbildung, Daten: (Google Maps, 2023)

7.2 BEVÖLKERUNG, BAUFERTIGSTELLUNGEN

Da sich der Bereich des energetischen Quartierskonzepts nicht auf die gesamte Gemeinde Wankendorf, sondern einen Teil bezieht, ist eine genaue Analyse der demografischen und siedlungs-demografischen Entwicklung aufgrund der fehlenden Datengrundlage nur bedingt möglich. Für die Einwohnerentwicklung wird Wankendorf insgesamt betrachtet. Nach Angaben des Statistischen Amtes für Hamburg und Schleswig-Holstein leben aktuell 2.916 Personen in der Gemeinde Wankendorf (Stand 31.12.2021) (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, 2023).

Anders als in den umliegenden Kommunen ist die Einwohnerzahl in Wankendorf stabil. In den vergangenen Jahren hat die Gemeinde Wankendorf aufgrund ihrer Lage an der BAB 21, der Nähe zum Oberzentrum Neumünster und der hohen Gewerbeansiedlung einen Funktionszuwachs als

ländlicher Zentralort erhalten. Nicht zuletzt rückt Wankendorf zunehmend in den Fokus der Wohnungsnachfrage aus dem Bereich Hamburg (Amt Bokhorst-Wankendorf, 2022).

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 Plön aus dem Jahr 2022,
- Gasnetzdaten,
- Feuerstättendaten des Schornsteinfegers,
- Ergebnisse aus den im Quartier verteilten Fragebögen (vgl. Tabelle 7-1).

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

7.3.1 WOHNBEBAUUNG

Der Bestand der Wohngebäude in Wankendorf ist hauptsächlich durch Einfamilienhäuser geprägt. Mehrfamilienhäuser mit drei oder mehr Wohneinheiten machen lediglich 9 % des Gebäudebestands aus (siehe Abbildung 7-3). Aufgrund fehlender Daten kann keine exakte Aufteilung der Gebäudetypen für das Quartier vorgenommen werden. Durch den Quartiersspaziergang und die Auswertung von Luftbildern kann jedoch auch für das Quartier ein sehr hoher Einfamilienhausanteil angenommen werden. Sehr vereinzelt gibt es Mehrfamilienhäuser, jedoch stets niedriggeschossig und mit wenigen Einheiten. Informationen zu denkmalgeschützten Gebäuden, bewahrenswerten Stadtbildqualitäten, erhaltenswerter Bausubstanz oder Baukultur liegen nicht vor.

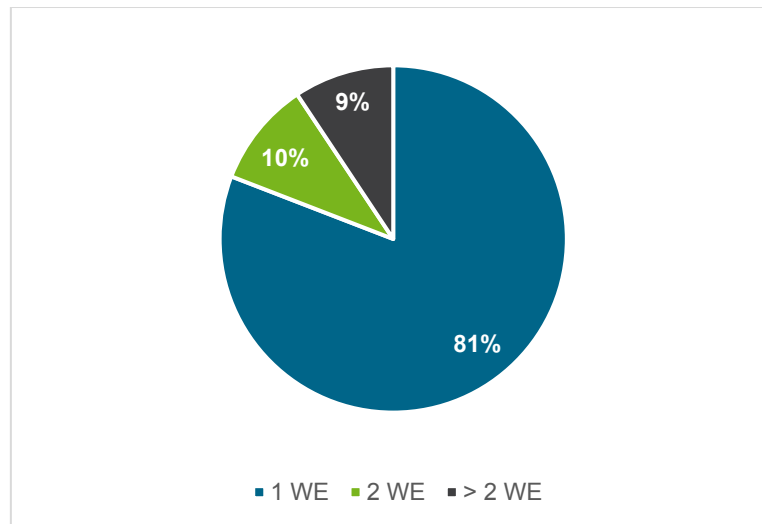


Abbildung 7-3: Wohngebäudetypen in Wankendorf (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, 2023)

Die Wohngebäude in Wankendorf weisen heterogene Baualtersklassen auf. Grundlage dieser Untersuchung bilden Daten zu den Baujahren der Wohngebäude der Regionaldatenbank Deutschland. Diese stammen aus dem Jahr 2011, beziehen sich auf das gesamte Gemeindegebiet und stellen Bauaktivitäten von vor 1919 bis zum Jahr 2009 dar. 2011 wurden 849 Gebäude in Wankendorf gezählt. Das Statistische Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein zählte am 31.12.2021 878 Gebäude in Wankendorf. Demnach ist davon auszugehen, dass zwischen 2011 und 2021 29 Gebäude in Wankendorf errichtet wurden (Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2023) (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, 2023). Der Großteil der Wohngebäude in Wankendorf wurde zwischen 1949 und 1978 erbaut (Abbildung 7-4).

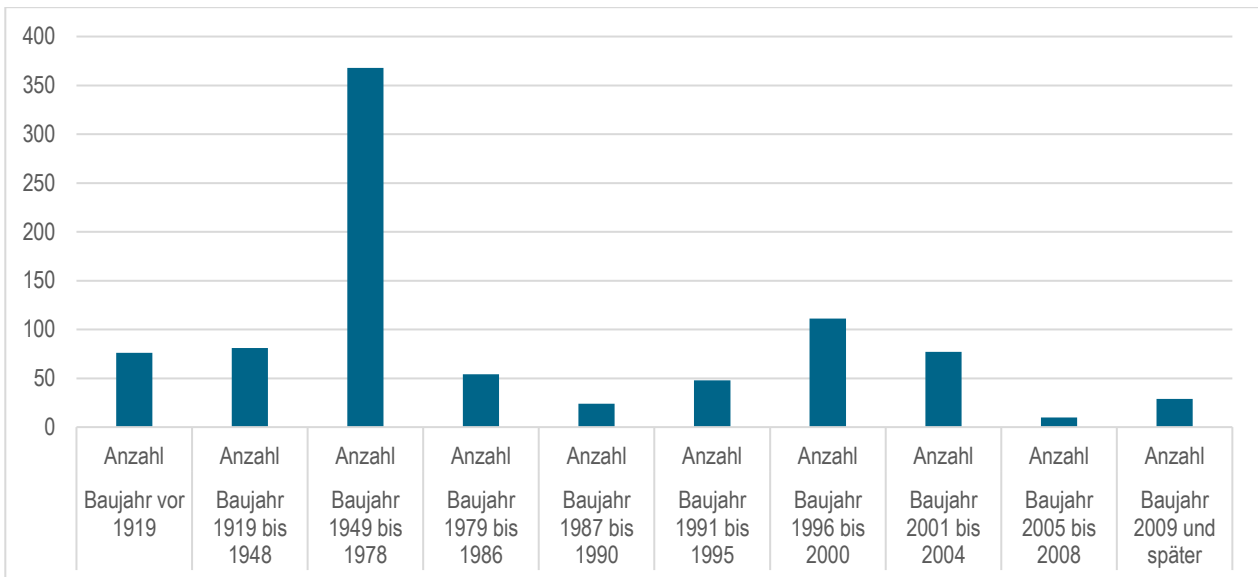


Abbildung 7-4: Baualtersklassen Gemeinde Wankendorf (Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2023) (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, 2023)

Neben den Daten der Regionaldatenbank Deutschland, die sich auf die gesamte Gemeinde Wankendorf beziehen und sich nicht auf das Quartier herunterbrechen lassen, liegen Daten zu den Baujahren der Wohngebäude der Kreisverwaltung Plön vor, die sich auf das Quartier eingrenzen lassen. Die Daten der Kreisverwaltung Plön stammen aus dem Jahr 2022, beziehen sich jedoch nur auf die Bauaktivitäten der Jahre 1950-2022, sodass keine Auskünfte zu den Bautätigkeiten im Quartier vor 1950 vorliegen. Laut Feuerstättenliste befinden sich 233 Wohngebäude im Quartier, von denen 206 im Zeitraum 1950-2022 erbaut wurden. Daraus lässt sich schließen, dass 27 Gebäude vor 1949 entstanden sind (Kreisverwaltung Plön, 2022).

Die Betrachtung der Bauaktivitäten zwischen 1950 und 2022 zeigt, dass besonders viele Wohngebäude im Quartier in den 1990er Jahren errichtet wurden, gefolgt von den 1970er Jahren. Auch wenn das Quartier heterogene Gebäudealtersklassen aufweist, lassen sich Siedlungen erkennen, die zur selben Zeit entstanden sind (vgl. Abbildung 7-6). Dazu zählt die Siedlung an der Tannenbergsstraße im Südwesten des Quartiers, die am Ende der 1950er Jahre gebaut wurde. Weitere Einfamilienhausgebiete sind Anfang der 1970er Jahre im Bereich Achtern Höven und in den 1980er Jahre im Bereich Friedrich-Hebbel-Weg entstanden. Hohe Bauaktivitäten sind in den 1990er Jahren zu verzeichnen. Um 1990 entstand eine große Siedlung an der Steigkoppel, Anfang der 1990er Jahre im Bereich Achtern Höven sowie im Norden der Tannenbergsstraße und am Pinnbarg. Darüber hinaus wurde das Quartier über die Zeit an verschiedenen Stellen nachverdichtet. An Straßen wie der Bahnhofstraße, der Dorfstraße, Wohldtor oder der Theodor-Storm-Straße ist eine sehr heterogene Bebauungsstruktur hinsichtlich der Baualtersklassen vorzufinden – hier wurden zu jeder Zeit neue Wohnhäuser gebaut.

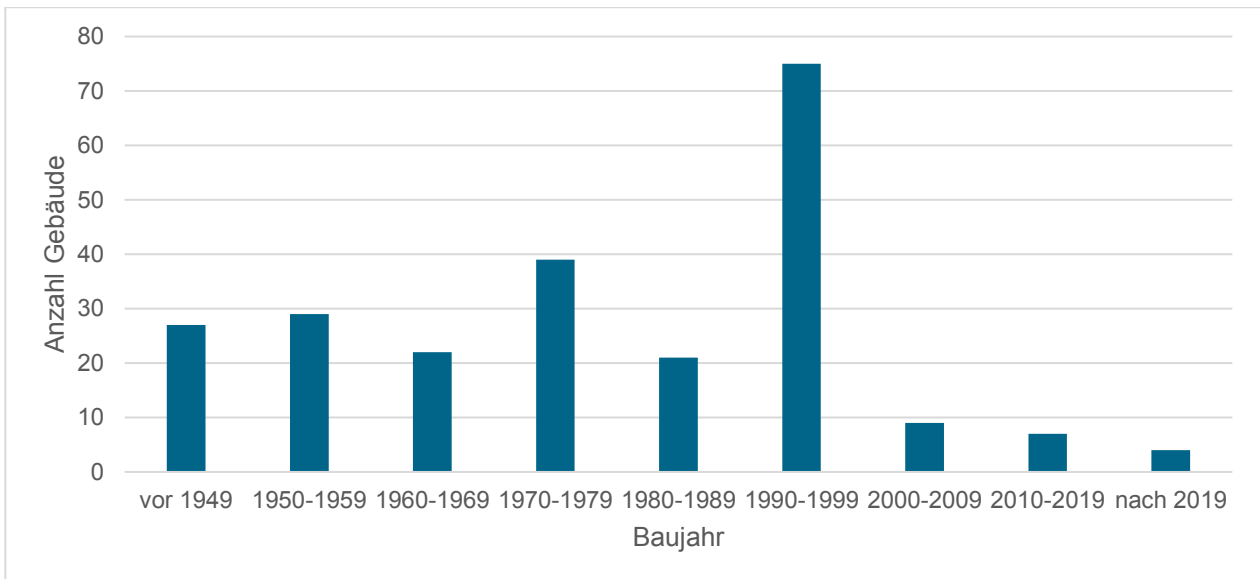


Abbildung 7-5: Verteilung der Gebäude des Quartiers nach Baujahren (Kreisverwaltung Plön, 2022)

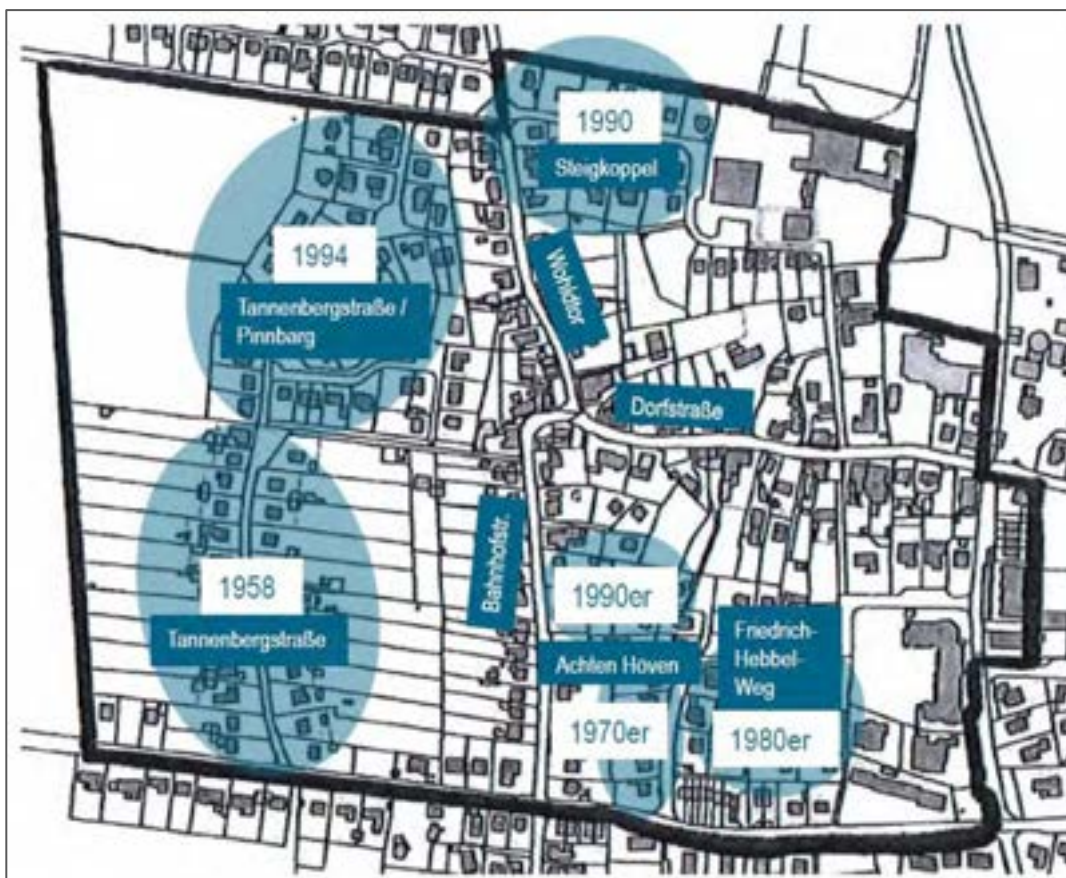


Abbildung 7-6: Baualtersklassen Siedlungen im Quartier (Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2023) und (Kreisverwaltung Plön, 2022)

7.3.2 SANIERUNGSRATE

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 Sanierung definieren wir alle Maßnahmen, die bei Betrachtung der Investitionskosten und unter Einbeziehung der verfügbaren Förderung wirtschaftlich sind. Aus den Ergebnissen der Mustersanierungskonzepte und dem Vergleich, welchen Anteil die Baualterklasse 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 Sanierung im Quartier Wankendorf durchschnittlich 34 % des Heizenergiebedarfs eingespart werden können. Diese Zahl ist abhängig von der Gebäudealtersstruktur im Quartier. Bei einer Sanierungsrate von 1 % könnte der Wärmebedarf der Gebäude bis zum Jahr 2050 um 9,5 % gesenkt werden, bei einer ambitionierten Sanierungsrate in Höhe von 2 % sogar um das Doppelte (19 %).

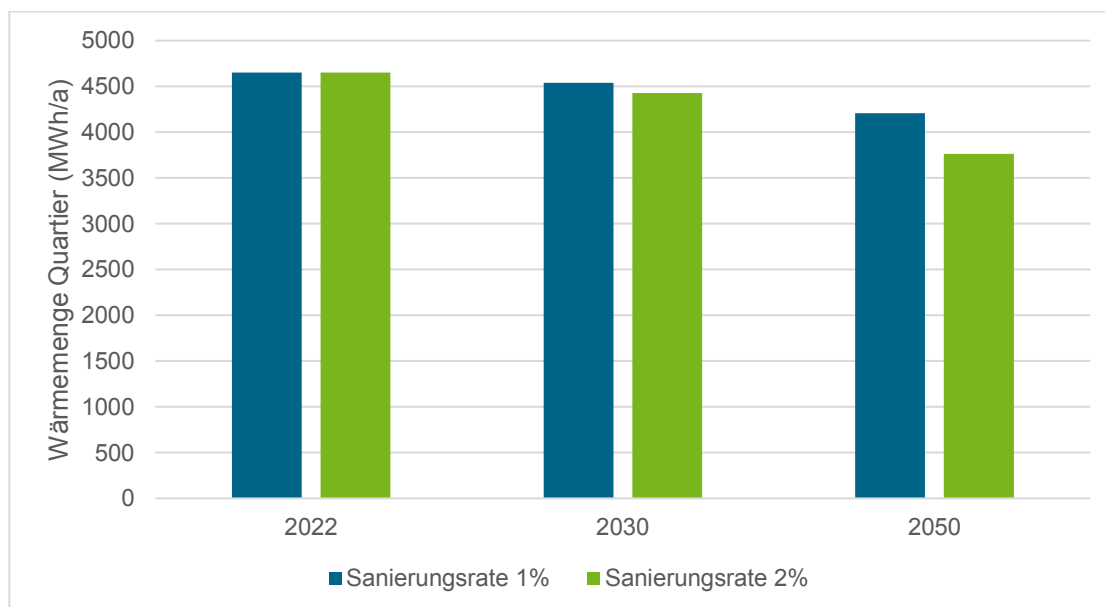


Abbildung 7-7: Entwicklung Wärmebedarf durch Gebäudesanierung

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. Der betrachtete Ortsteil von Wankendorf verfügt über eine nahezu geschlossene Erdgasverrohrung. Ein Teil des Quartiers wird bereits über ein Wärmenetz versorgt. Die dafür benötigte Wärme wird am Sportplatz der Schule als Nebenprodukt der Stromerzeugung durch ein Biogas-BHKW erzeugt. Derzeit halten die versorgten Liegenschaften die alten Kessel zu Redundanzzwecken vor. Insofern sind auch diese Anlagen in den folgenden Darstellungen enthalten.

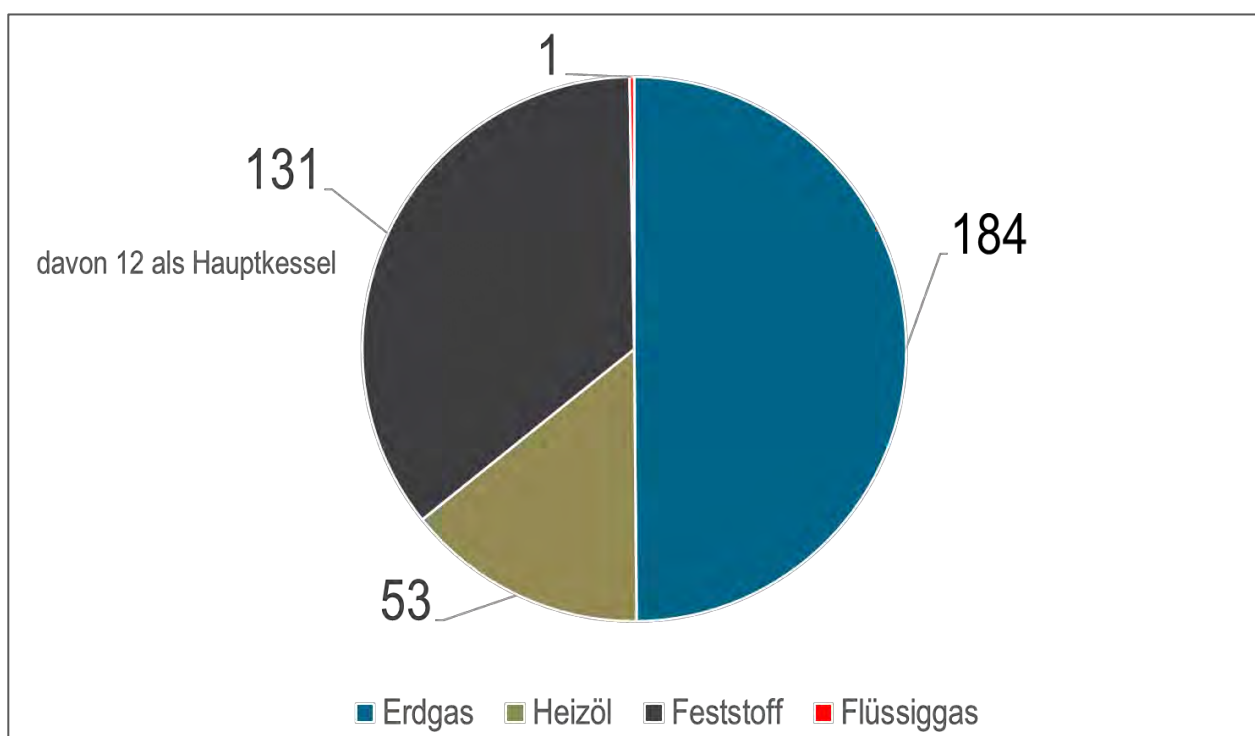


Abbildung 7-8: Anzahl und Anteil der Heizungsanlagen nach Energieträger

Auffällig ist der große Anteil an erdgasbetriebenen Kesselanlagen und Thermen (rd. 184 Stck. bzw. 73 % der Hauptkessel), dies spiegelt auch die hohe Verrohrungsdichte mit Erdgas im Quartier wider. Die verbliebenen Haushalte werden hauptsächlich mit heizölbasierten Kesselanlagen (rd. 53 Stck; 21 % der Hauptkessel) versorgt. Weiterhin wird in mehr als 100 Haushalten über Holzkessel ein Teil des Heizwärmebedarfs gedeckt.

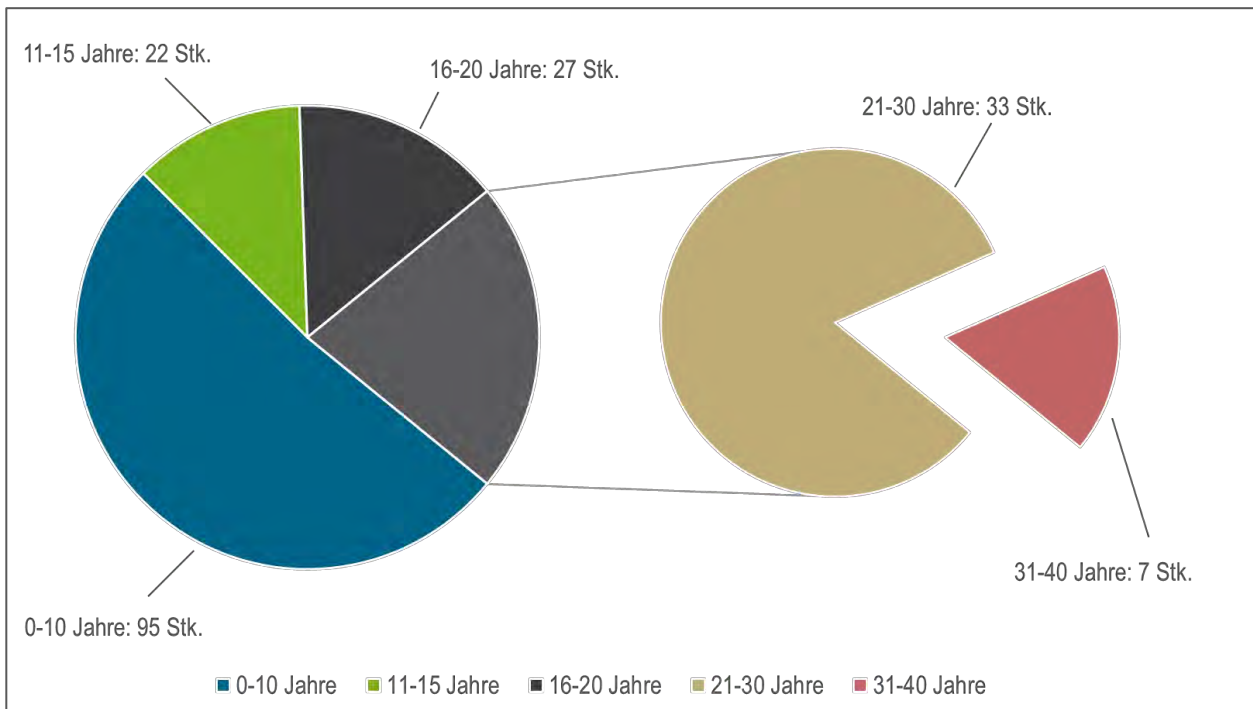


Abbildung 7-9: Erdgaskessel nach Baujahren

Von den Erdgaskesseln sind etwa ein Viertel bereits älter als 20 Jahre und damit kurzfristig ersatzbedürftig. Ein weiteres Viertel wird voraussichtlich in den nächsten 10 Jahren ersatzbedürftig. Die andere Hälfte der Kessel ist 10 Jahre alt oder jünger.

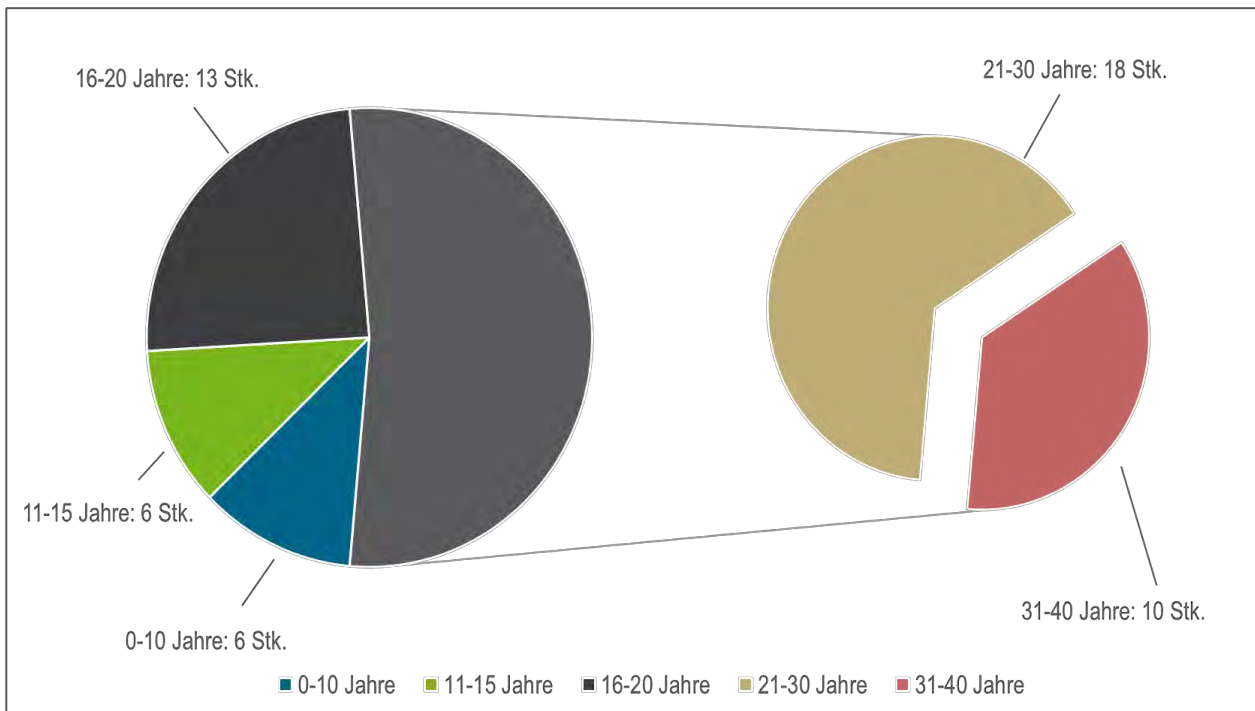


Abbildung 7-10: Heizölkessel nach Baujahren

Heizölkessel sind zumeist langlebiger als Erdgaskessel. Etwas mehr als die Hälfte der Heizölkessel ist bereits älter als 20 Jahre und könnte damit kurzfristig ersatzbedürftig sein.

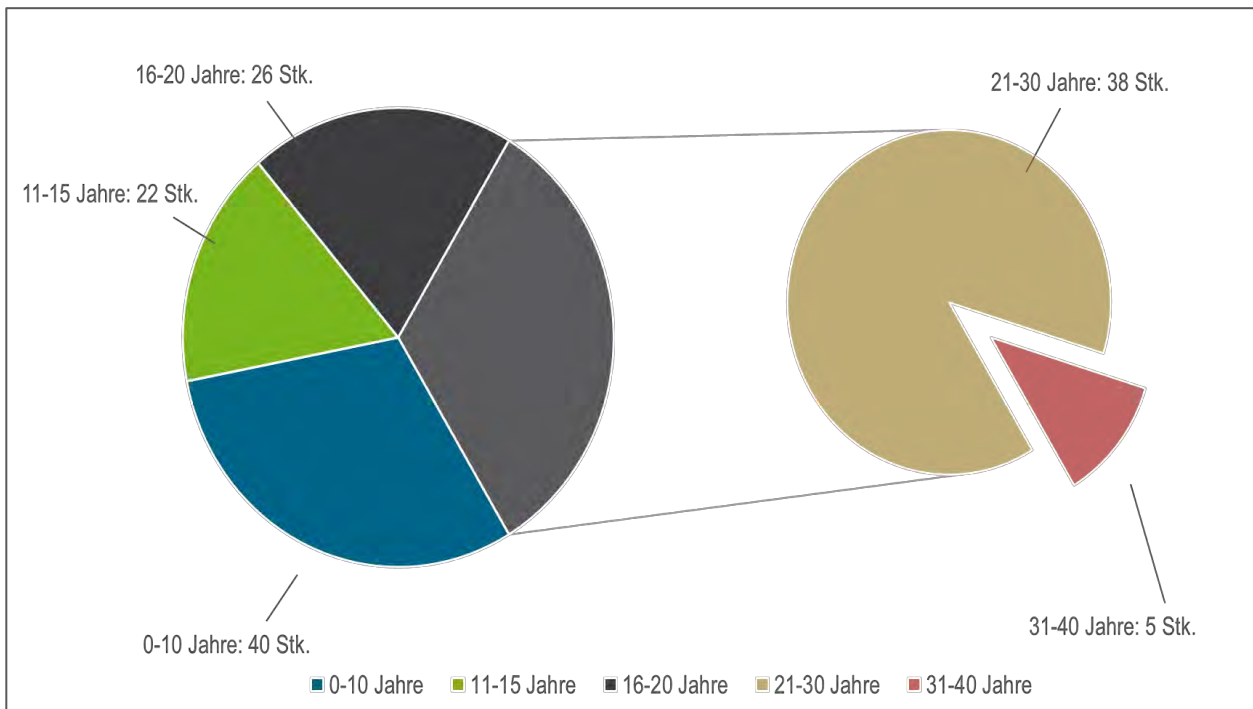


Abbildung 7-11: Feststoffkessel nach Baujahren

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 7-12). Dieser wurde an alle Haushalte des Quartiers verteilt.

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

Energetisches Quartierskonzept Wankendorf

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 möchten wir von Ihnen gerne Informationen zu Ihrer Heizung, dem Brennstoffverbrauch und Ihrem Gebäude aufnehmen. In einer Auftaktveranstaltung am 29.08.2022 ab 19 Uhr im Restaurant Schlüter möchten wir Sie genauer informieren.

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

HINWEIS: Das Beantworten der Fragen verpflichtet Sie zu nichts. Sollten Sie bei der Ermittlung der Daten Unterstützung benötigen oder sonstige Fragen haben, steht Ihnen Frau Marie Maluck von der Firma FRANK Ecozwei gerne telefonisch (0151 29608118) oder per Mail (marie.maluck@frank.de) zur Verfügung.

1. Interesse an einer klimafreundlichen, zentralen Wärmeversorgung ja nein

2. Straße + Hausnummer des Objektes _____

3. Vorname, Name _____

4. Telefon / E-Mail _____ / _____

5. Baualtersklasse Haus:
 vor 1949 1950 bis 1964 1965 bis 1979 1980 bis 1999 nach 2000

6. Sanierungen in den letzten Jahren (Maßnahme und Jahr) _____

7. Wohnfläche _____ m²

8. Baujahr der Heizungsanlage _____

9. Leistung der Heizungsanlage _____ kW

10. Brennstoff und Brennstoffverbrauch, jährlich (Nichtzutreffendes bitte streichen)

Erdgas Verbrauch: _____ kWh oder m³

Heizöl Verbrauch: _____ Liter oder m³

Nahwärme Verbrauch: _____ kWh

Holz Verbrauch: _____ m³

Sonstiges: Verbrauch: _____

11. Art der Trinkwarmwasserbereitung: zentral über Heizungsanlage oder dezentral elektrisch

Die anliegende **Einwilligungserklärung** bzgl. der Erfassung und Verarbeitung personenbezogener **Daten** gemäß Art. 7 DSGVO und der Veröffentlichung von Fotos und/oder Videoaufnahmen habe ich vollständig ausgefüllt und unterschrieben. Damit akzeptiere ich die Datenschutzhinweise hinsichtlich der Herstellung und Verwendung von Foto und /oder Videoaufnahmen gemäß Art. 13 DSGVO.

Abbildung 7-12: Fragebogen an alle Haushalte im Quartier

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

Charakteristik	Angabe	Bezug
Abgebende Fragebögen:	21	
Interesse an zentr. Wärmeversorgung	14	Ja
	2	Nein
Angabe Energieverbräuche	15	
Baualterklasse vor 1949	2	
Baualterklasse 1950-1964	6	
Baualterklasse 1965-1979	3	
Baualterklasse 1980-1999	9	
Baualterklasse nach 2000	1	
Bj. Heizung	1978-2022 (Mittelwert 2004)	
Energieträger	6	Holz
	14	Erdgas
	5	Heizöl
	1	Strom
Mittelwert spez. Verbrauch	94	kWh/(m ² ·a)

7.3.4.2 MUSTERSANIERUNGSBERATUNGEN PRIV. WOHNGEBÄUDE

Auf der öffentlichen Informationsveranstaltung wurden drei kostenfreie Energieberatungen für Wohngebäude verlost (vgl. Kapitel 8.2). Die vorliegenden Fragebögen mit den Angaben zu den Gebäuden wurden auf verschiedene Baualterklassen aufgeteilt und drei Gewinner ausgelost. Damit wurde einerseits der lokale und möglichst repräsentative Bezug zu den abgegebenen Fragebögen für die Mustersanierungen geschaffen und andererseits wurde die Attraktivität der Informationsveranstaltung erhöht. Die Mustersanierungsberatung orientiert sich hierbei an der Bundesförderung für Energieberatung für Wohngebäude (BAFA, 2022 a).

7.3.5 ÖFFENTLICHE LIEGENSCHAFTEN

Im Quartier bestehen einige öffentliche Liegenschaften. Die Liegenschaften wurden im Zuge einer Erstberatung zu Sanierungspotenzialen näher betrachtet (siehe Kapitel 8.2.1).

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.

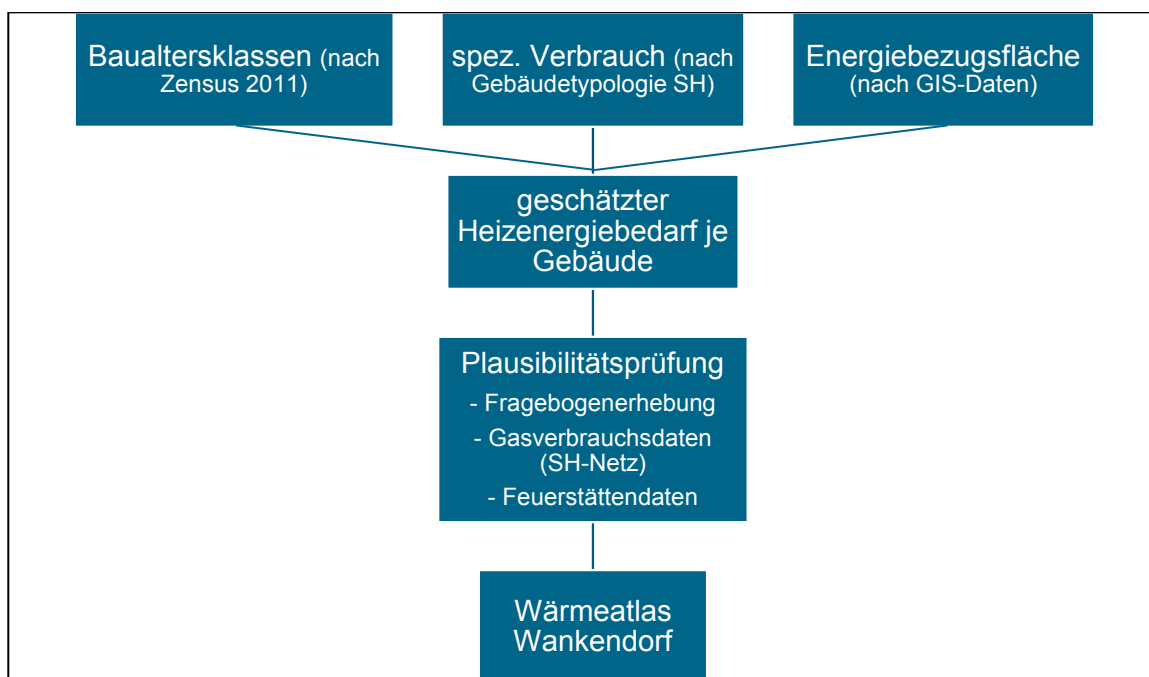


Abbildung 7-13: Vorgehensweise zur Erstellung der Wärmeatlasses

Das Ergebnis ist im Wärmeatlas (vgl. Abbildung 7-14) dargestellt.

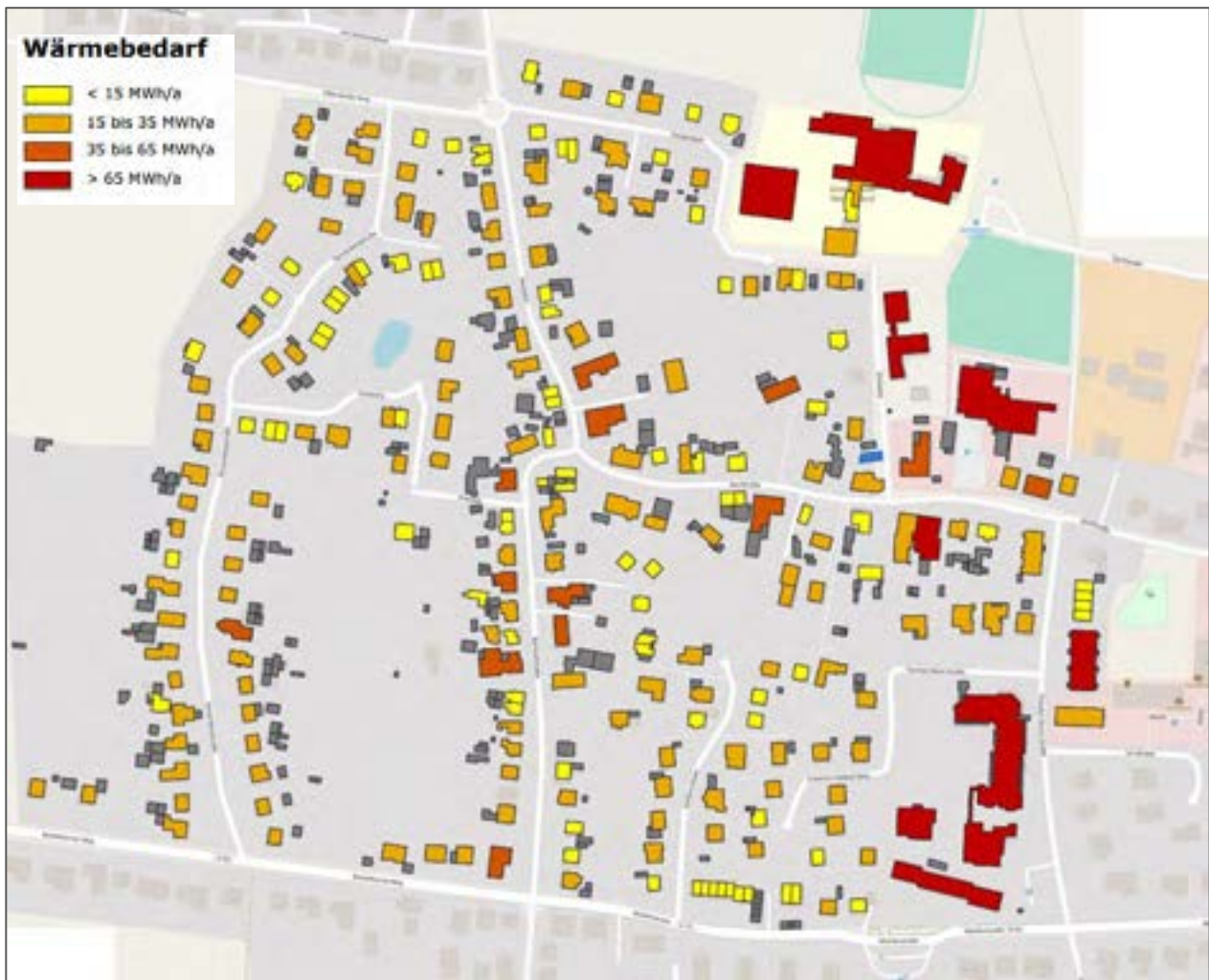


Abbildung 7-14: Wärmeatlas des Quartiers

Der Heizenergiebedarf im Quartier teilt sich gemäß Tabelle 7-2 auf die verschiedenen Gebäudearten auf.

Tabelle 7-2: Heizenergiebedarf im Quartier im Jahr 2020

Wohngebäude		Nichtwohngebäude		Gesamt
Anzahl	MWh/a	Anzahl	MWh/a	MWh/a
233	4.651	14	1.419	6.070

Abbildung 7-15 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 Erdgasanteil des Energieträgersplits der Kesselanlagen (ca. 83 %, bezogen auf den Heizenergiebedarf).

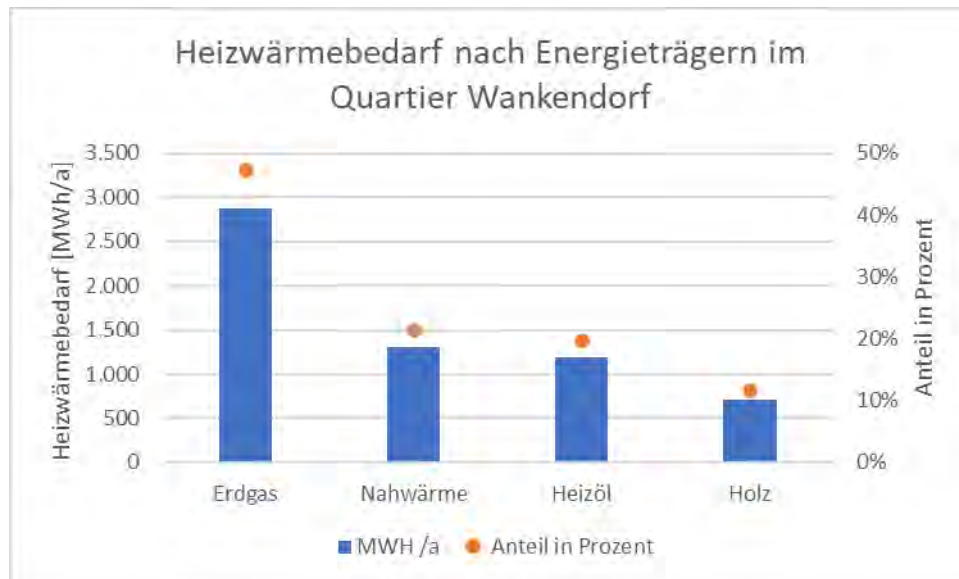


Abbildung 7-15: Aufteilung Endenergiebedarf nach Energieträgern

Die Bestimmung der CO₂-Emissionen des Quartiers erfolgt durch die Multiplikation der ermittelten Energieverbräuche mit den zugrunde gelegten spezifischen CO₂-Emissionsfaktoren:

Tabelle 7-3: CO₂-Emissionsfaktoren und Primärenergiefaktoren verschiedener Energieträger

ENERGIETRÄGER	SPEZIFISCHE EMISSIONEN	QUELLE	PRIMÄRENERGIE-FAKTOREN	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	vgl. Abbildung 7-16 (UBA, 2021)		1,8 bzw. 2,8	

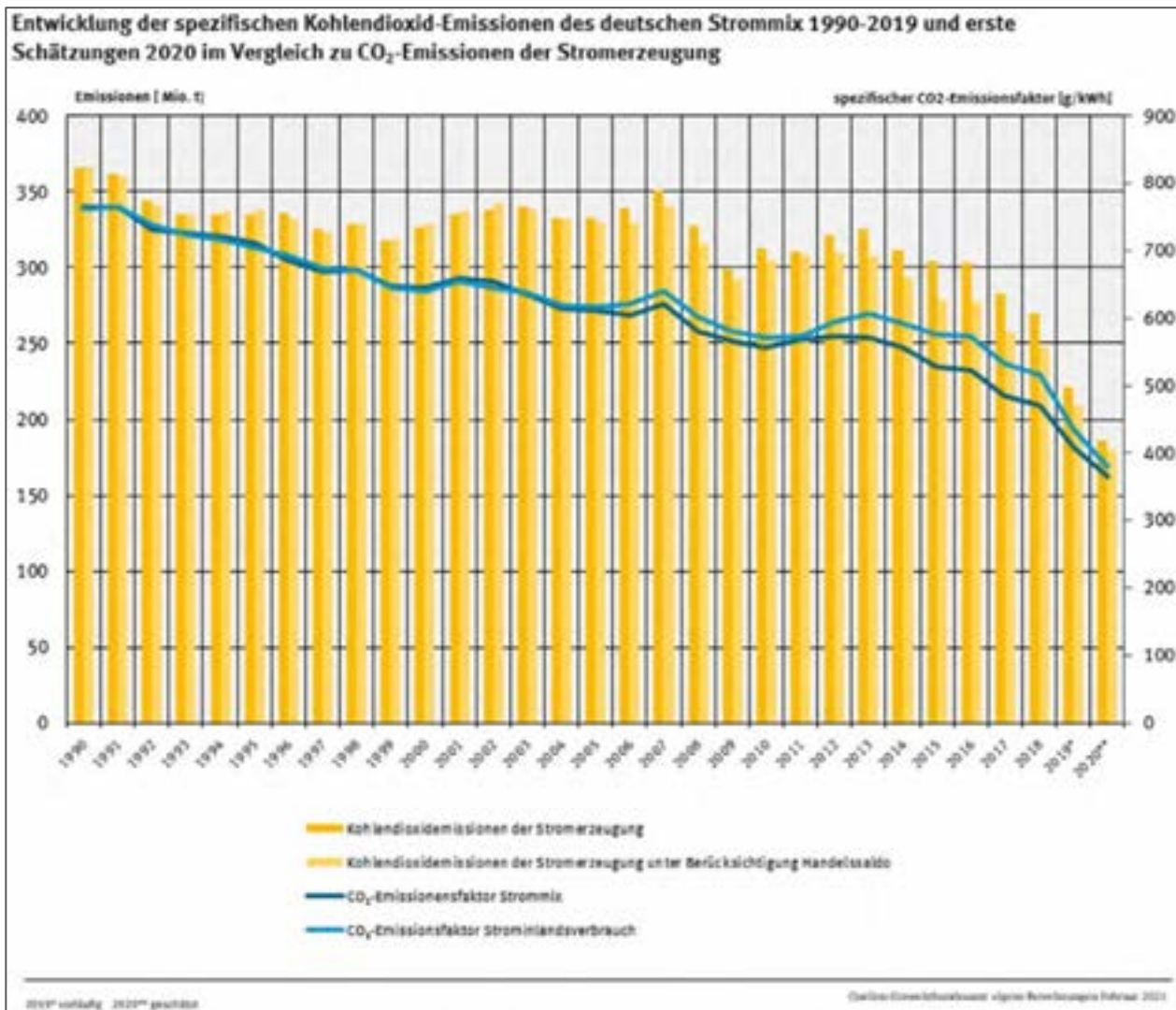


Abbildung 7-16: Entwicklung der spezifischen Emissionen des deutschen Strommixes

Tabelle 7-4: Jährliche Wärme-, Endenergie-, CO₂- und Primärenergiebilanz für das Quartier Wankendorf

ENERGIETRÄGER	WÄRME BEDARF [MWh]	ENDENERGIEBEDARF [MWh]	PRIMÄRENERGIE-BEDARF [MWh]	CO ₂ -AUSSTOß [T]
Heizöl	1.195	1.406	1.547	447
Erdgas	2.871	3.377	3.716	834
Holz	702	826	165	17
Nahwärme ¹	1.301	1.530	306	0
Summe	6.070	7.141	5.734	1.298

¹ Im Quartier werden bereits Liegenschaften über ein Nahwärmenetz versorgt. Da es sich hierbei um eine Versorgung durch eine KWK-Anlage mit 100 % regenerativem Brennstoffeinsatz handelt, kann die Emissionsbilanz aufgrund der Stromgutschriftmethode negativ werden. Daher wurde der Emissionswert vereinfacht auf null gesetzt.

Tabelle 7-4 stellt die aktuelle Bilanz des Endenergiebedarfs, der CO₂-Emissionen und des Primärenergiebedarfs des Quartiers dar.

7.5 ZUSAMMENFASSUNG BESTANDSAUFNAHME

Das Quartier Wankendorf-Nordwest ist ein stetig wachsendes Wohnquartier. Der größte Zubau mit etwa 75 Gebäuden erfolgte in den 1990er Jahren. Da der Bedarf an Wohnraum weiter zunimmt, ist ein Neubaugebiet westlich des Quartiers geplant. Die Bebauung ist hauptsächlich durch Einfamilienhäuser charakterisiert, nur vereinzelt finden sich Gebäude mit mehr als zwei Wohneinheiten. Dies unterstreicht die Attraktivität des Standortes für Familien, die beruflich z. B. nach Kiel oder Neumünster pendeln.

Die Wohngebäudesituation bzw. der Gebäudezustand ist divers und die Altersstruktur heterogen. Im Osten des Quartiers befinden sich mehrere öffentliche Gebäude, wie z. B. die Schule und die Polizeistation. Darüber hinaus finden sich weitere Gebäude des öffentlichen Interesses, wie z. B. die Kindertagesstätte und im Süden die Wohnanlage für Senioren des DRK.

Im Quartier werden vorwiegend Gasheizungen zur Wärmeversorgung verwendet. Ölheizungen sowie Holzheizungen sind ebenfalls vorhanden. Viele Haushalte nutzen Kaminöfen als zusätzliche (zweite) Wärmequelle. Fast ein Viertel des Wärmeenergiebedarfs wird bereits über ein zentrales Wärmenetz gedeckt. Dabei werden bisher hauptsächlich die größeren Liegenschaften wie z. B. die Schule versorgt.

8 ENERGIE- UND CO₂-MINDERUNGSPOTENZIALE DURCH GEBÄUDESANIERUNG

8.1 GEBÄUDESANIERUNGSPOTENZIAL – VORGEHENSWEISE, RAHMENBEDINGUNGEN

Für die Sanierung von Wohngebäuden gibt es aktuell umfassende Förderungen. Ziel der Bundesförderung ist es, die Quote der energetischen Sanierungen zu erhöhen und dadurch den CO₂-Ausstoß des Wohnungsbestandes in Deutschland zu reduzieren. Dies trägt dazu bei, die energiepolitischen Ziele der Bundesregierung, insbesondere einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand, bis zum Jahr 2050 zu erreichen. Die Förderung soll darüber hinaus die finanzielle Belastung für Eigentümer und Nutzer reduzieren.

Mit der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) wurde die energetische Gebädeförderung des Bundes neu aufgesetzt. Die BEG ist zum Jahresbeginn 2021 gestartet. Sie ist in eine Grundstruktur mit den drei Teilprogrammen Wohngebäude (WG), Nichtwohngebäude (NWG) und Einzelmaßnahmen (EM) aufgeteilt. Das Teilprogramm BEG WG vereint sämtliche Förderangebote für Gesamtmaßnahmen bei Wohngebäuden. Als Gesamtmaßnahme sind alle Vorhaben zu verstehen, die im Ergebnis zu einem energetischen Zustand des Gebäudes auf Effizienzhausniveau führen (KfW, o. J. b), sei es in Folge einer Sanierung oder als Neubau.

Im Rahmen der Sanierung eines Wohngebäudes gibt es zahlreiche förderfähige Maßnahmen. Es werden Anforderungen an die Qualität der Maßnahme als auch die Umsetzung dieser gestellt, um eine energieeffizientere Ausführung als die gesetzlich vorgeschriebene umzusetzen.

Förderfähige Kosten bei Sanierungen von Bestandsgebäuden sind

- Wärmedämmung von Wänden, Dachflächen und Geschossdecken;
- Erneuerung, Ersatz oder erstmaliger Einbau von Fenstern und Außentüren;
- Erneuerung der Heizungsanlage im Gebäude;
- Einbau und Erneuerung einer Lüftungsanlage;
- Einbau und Installation von Geräten zur digitalen Energieverbrauchsoptimierung (KfW, 2022).

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) hat die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) sowie das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) mit der Durchführung des Förderprogramms beauftragt. Im Teilprogramm BEG WG liegt die Zuständigkeit für die Durchführung der Kreditvariante für Effizienzhäuser bei der KfW. Die Zuständigkeit für die Durchführung der Zuschussvariante für BEG Einzelmaßnahmen liegt bei dem BAFA (KfW, 2022 a).

8.1.1 WOHNGEBÄUDE KREDIT 261 UND ZUSCHUSS 461

Die KfW fördert die energetische Sanierung von Wohngebäuden, deren Bauantrag oder Bauanzeige zu dem Zeitpunkt des Antrags mindestens fünf Jahre zurückliegt. Der KfW-Kredit 261 kommt bei einer Sanierung einer Bestandsimmobilie zum Effizienzhaus in Frage.

Wie hoch der Kreditbetrag für die Sanierung von bestehenden Immobilien zum Effizienzhaus ist, hängt davon ab, wie energieeffizient die sanierte Immobilie ist und wie hoch die förderfähigen Kosten sind. Wird eine Effizienzhaus-Stufe erreicht, wird das Vorhaben mit einem Kreditbetrag von bis zu 120.000 € je Wohneinheit gefördert. Wenn die Immobilie zusätzlich die Kriterien für eine Erneuerbare-Energien-Klasse erreicht, steigt der maximale Kreditbetrag auf 150.000 € je Wohneinheit.

Der Tilgungszuschuss reduziert das Darlehen und verkürzt die Laufzeit. Es muss also nicht der gesamte Betrag zurückgezahlt werden. Der maximale Tilgungszuschuss liegt bei 37.500 € je Wohneinheit. Je besser die Effizienzhaus-Stufe der Immobilie nach der Sanierung, desto höher der Tilgungszuschuss. Der Tilgungszuschuss wird nach Abschluss des Vorhabens gutgeschrieben.

Auch die Baubegleitung wird mit einem zusätzlichen Kreditbetrag und Tilgungszuschuss gefördert. Bei einem Mehrfamilienhaus mit drei oder mehr Wohneinheiten beträgt der maximale Kreditbetrag 4.000 € je Wohneinheit bzw. bis zu 40.000 € je Vorhaben, bei dem eine neue Effizienzhaus-Stufe erreicht wird (KfW, 2022).

8.1.2 BAFA FÖRDERUNG

Tabelle 8-1: Förderübersicht der BEG-Varianten (Stand Januar 2023)

Bezeichnung	BEG EM	BEG 85	BEG 70	BEG 55	BEG 40
BEG Wohngebäude - Kredit 261	nein	ja	ja	ja	ja
BEG Wohngebäude Kredit 261 - Förderhöchstbetrag	-	bis zu 150.000 € Kredit je WE	bis zu 150.000 € Kredit je WE	bis zu 150.000 € Kredit je WE	bis zu 150.000 € Kredit je WE
BEG Wohngebäude Kredit 261 - Tilgungszuschuss	-	5 % (von max. 120.000 € Kreditbetrag)	10 % (von max. 120.000 € Kreditbetrag)	15 % (von max. 120.000 € Kreditbetrag)	20% (von max. 120.000 € Kreditbeitrag)
BEG Einzelmaßnahmen - Zuschuss	ja	nein	nein	nein	nein
BEG Einzelmaßnahmen - Zuschusshöhe	15-25 % (bei max. Investitionshöhe von 60.000 €)	-	-	-	-
Zuschuss Baubegleitung	ja	ja	ja	ja	ja
Zuschuss Baubegleitung	50 % (2.000 € je WE, max. 40.000 € je Vorhaben)	50 % (4.000 € je WE, max. 40.000 € je Vorhaben)	50 % (4.000 € je WE, max. 40.000 € je Vorhaben)	50 % (4.000 € je WE, max. 40.000 € je Vorhaben)	50 % (4.000 € je WE, max. 40.000 € je Vorhaben)
Zuschuss Nachhaltigkeitszertifizierung	Nur Neubau	Nur Neubau	Nur Neubau	Nur Neubau	Nur Neubau
Tilgungszuschuss Erneuerbare Energien	nein	5%	5 %	5%	5%
Individueller Sanierungsfahrplan	5%	0%	0 %	0 %	0 %

Das BAFA ist für die Förderung der BEG-Einzelmaßnahmen zuständig. Förderfähig sind alle Gebäudemaßnahmen, die die Energieeffizienz verbessern. Der Fördersatz variiert zwischen den unterschiedlichen Sanierungskategorien wie Maßnahmen an der Gebäudehülle, Anlagentechnik, Heizungsanlagen und Heizungsoptimierung, beträgt aber mindestens 15 % (BAFA, o. J.).

Das BAFA ermöglicht zusätzlich eine schrittweise Modernisierung der Gebäude mit einem individuellen Sanierungsfahrplan (iSFP) unter Begleitung durch einen Energie-Effizienz-Experten. Dabei wird die Zielstufe einer möglichen Modernisierung festgelegt. Für die Erstellung gibt es einen direkten Zuschuss von 80 % der Kosten, maximal jedoch 1.700 € zzgl. nochmals 500 € für das Vorstellen des iSFP auf einer Eigentümer- oder Beiratsversammlung. Zusätzlich gibt es für jede weitere umgesetzte Maßnahme einen Bonus von 5 % zu den Förderkonditionen aus den BEG-Programmen Einzelmaßnahmen (nur für Wohngebäude) oder BEG Wohngebäude (BAFA, 2022).

8.2 MUSTERSANIERUNGSBERATUNGEN - ENERGIEBERATUNG VOR ORT

Es wurden für drei Gebäude des Quartier Mustersanierungskonzepte erstellt, die den derzeitigen Gebäudezustand aufzeigen und entsprechende Sanierungsmaßnahmen ableiten lassen. Die Ergebnisse lassen Rückschlüsse auf den gesamten Bestand zu. Ziel ist es, übertragbare Maßnahmen zu entwickeln, die Energie einsparen und somit eine Reduzierung von CO₂-Emissionen bewirken.

Am 19.07.2022 fand die Begehung der drei Objekte mit den jeweiligen Eigentümern statt. Für die Bearbeitung wurden verschiedene Unterlagen zur Verfügung gestellt, u. a. Planunterlagen, Informationen über bereits durchgeführte Sanierungen, die Verbrauchsdaten der letzten Jahre und die Nutzerstatistik. Mithilfe dieser Daten und der Begehung wurde eine Energiebedarfsberechnung mit dem Programm Hottgenroth Energieberater 18599 nach DIN 4108-6/4701-10 und DIN 18599 durchgeführt.

Für die drei untersuchten Gebäude wurde zunächst die Ausgangslage ermittelt. Dabei wurden der Gebäudebestand, der Zustand der einzelnen Bauteile sowie die thermische Gebäudehülle erfasst. Die thermische Gebäudehülle umfasst dabei alle Räume, die direkt oder indirekt beheizt werden und sich gegen Außenluft, Erdreich und unbeheizte Zonen abgrenzen. Durch alle Bauteile dieser Räume findet ein Wärmeaustausch zur Außenluft, zu unbeheizten Räumen oder zum Erdreich statt.

Im Anschluss daran erfolgte die energetische Bewertung des Ist-Zustandes sowie die Beschreibung der Energiebilanz. Für die energetische Gebäudebewertung stellte der vorhandene Energieverbrauch einen wichtigen Indikator dar. Die Energiebilanz gibt Antworten auf die Fragen, ob das Haus viel oder wenig Energie verbraucht und durch welche Maßnahmen sich wie viel Energie einsparen lässt. Dazu werden alle Energieströme, die dem Gebäude zu- bzw. abgeführt werden, quantifiziert und anschließend bilanziert. Bei der Energiebilanz werden die Wärmeverluste und Wärmegewinne der Gebäudehülle sowie die Verluste der Anlagen zur Raumheizung, Trinkwasserbereitung und Lüftungstechnik berücksichtigt. Aus der Bilanz ergibt sich dann der Endenergiebedarf QE (notwendige Energiemenge, die für die Beheizung, Lüftung und Warmwasserbereitung zu erwarten ist) und der Primärenergiebedarf Q_p des Gebäudes (zusätzliche Einbeziehung der Energiemenge der vorgelagerten Prozesskette außerhalb des Gebäudes [Gewinnung, Umwandlung, Verteilung]).

Besonders dargestellt werden auch die Energieverluste, die über die Gebäudehülle (Transmission), durch den Luftwechsel und bei der Erzeugung und Bereitstellung der benötigten Energie entstehen. Die Aufteilung der Verluste, d. h. der Transmissionsverluste der Bauteilgruppen Dach, Außenwand, Fenster, Keller, der Anlagenverluste der Bereiche Heizung, Warmwasser, Hilfsenergie (Strom) sowie der Lüftungsverluste, sind für die einzelnen Gebäude tabellarisch oder in Diagrammen dargestellt.

Daraufhin fand eine Gesamtbewertung des Gebäudes statt. Diese erfolgte aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro Nutzfläche. Für die Einordnung der Energieeffizienz des Gebäudes ist der Primärenergiebedarf jedoch nicht geeignet. Er beziffert nicht nur die Energiemenge, die im Gebäude voraussichtlich verbraucht wird, sondern erfasst auch den Energiebedarf zur Herstellung, Lagerung und zum Transport der verwendeten Brennstoffe, so dass er im Grunde die Umweltbelastung widerspiegelt. Eine genauere energetische Bewertung erlaubt der Endenergiebedarf, da er den tatsächlich rechnerischen Verbrauch widerspiegelt. Diesen gilt es durch mögliche Maßnahmen zu senken, was gleichzeitig auch eine Reduzierung der Heizkosten bewirkt. Der tatsächliche Endenergieverbrauch eines Gebäudes ist sehr stark vom Nutzerverhalten der Bewohner abhängig. So haben die Nutzungsdauer, das Lüftungsverhalten, die Raumtemperaturen und die Anzahl bzw. Größe der beheizten Räume einen wesentlichen Einfluss.

Aufbauend auf die Darstellung des energetischen Ist-Zustands erfolgte die Ausarbeitung der drei Sanierungsvarianten. Hierbei wurde geeignete Sanierungsmaßnahmen vorgeschlagen und dabei aufgezeigt, wie sich der Primär- und Endenergiebedarf sowie die CO₂-Emissionen und der Transmissionswärmeverlust durch die errechneten Varianten verändern.

Nach der energetischen Berechnung der einzelnen Varianten erfolgte eine Kostenschätzung, die auf der DIN 276 im Hochbau basiert. Dieses normierte Verfahren ermöglicht eine strukturierte Kostenschätzung der einzelnen Bauteile und ist bei Banken anerkannt. Dies ist deshalb von Bedeutung, da über entsprechende Vergleichsobjekte die Werthaltigkeit der Maßnahme durch die Banken und ihre Sachverständigen geprüft werden kann. Die Baukosten sind Bruttokosten einschließlich 19 % Mehrwertsteuer.

Abschließend erfolgte eine Wirtschaftlichkeitsberechnung, in der die errechneten Kosten und Fördermöglichkeiten berücksichtigt und die einzelnen Varianten erneut gegenübergestellt wurden.

Die Ergebnisse der Mustersanierungskonzepte sind in Kapitel 8.2.2 bis 8.2.4 dargestellt.

8.2.1 SANIERUNGSEMPFEHLUNGEN ÖFFENTLICHE GEBÄUDE

Ergänzend zu den drei Mustersanierungskonzepten für Wohngebäude erfolgte auch eine Untersuchung der öffentlichen Liegenschaften im Quartier. Dabei handelte es sich um die Schule mit der Sporthalle, um das DRK-Kita-Gebäude sowie das Krippen-Gebäude. Anhand der Begehungen und Unterlagen, die der Arbeitsgemeinschaft vom Amt Bokhorst-Wankendorf zur Verfügung gestellt worden sind, wurde die Qualität des Zustands beurteilt und daraufhin Handlungsmöglichkeiten und Einsparpotenzialen erarbeitet. Die Steckbriefe sind nachstehend dargestellt und sollen aufzeigen, welche Sanierungsmaßnahmen für die untersuchten öffentlichen Gebäude sinnvoll sind. Die Empfehlungen dienen als Entscheidungsgrundlage für die Kommune, ob eine differenzierte Energieberatung gemäß DIN V 18599 durchgeführt werden soll, für die aus dem Programm „Bundesförderung für Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme“ des BAFA

eine Förderung von bis zu 80 % übernommen wird. Am 08.07.2022 fand die Begehung der öffentlichen Liegenschaften in Wankendorf statt.

Grundschule Wankendorf	
 <p style="font-size: small; margin-top: 5px;">Abbildung 8-1: Luftbild Grundschule Wankendorf (Google Maps, 2023)</p>	<p>Die „Grundschule Wankendorf und Umgebung“ besteht aus fünf verschiedenen Gebäudeteilen. Der Gebäudeteil 1 wurde Anfang der 1950er Jahren gebaut, der letzte Gebäudeteil (Teil 5) wurde 2002 errichtet. Die Schule wird von knapp 300 Schülern besucht. Der Gebäudekomplex befindet sich in einem sehr gepflegten Gesamtzustand. In den Gebäuden 1, 2 und 3 erfolgte eine Sanierung der Sanitäreinrichtungen im Jahr 2019.</p>
Gebäudeteil 1	
 <p style="font-size: small; margin-top: 5px;">Abbildung 8-2: Grundschule, Gebäudeteil 1, Foto: FRANK</p>	<p>Ist-Zustand: Der Gebäudeteil 1 wurde Anfang der 1950er Jahre gebaut. Die Fenster der Südseite des Gebäudes (Richtung Schulhof) wurden im Jahr 1997 erneuert, sind jedoch zum Teil undicht. Die Fenster der Nordseite des Gebäudes wurden 2009 erneuert und weisen keine Mängel auf.</p>
<p>Handlungsempfehlung: Für den Gebäudeteil 1 wird ein Fensteraustausch dringend empfohlen. Ein Fensteraustausch ist als Einzelmaßnahme durchführbar und hätte einen großen Einfluss auf die Behaglichkeit der Innenräume. Vermutlich wird der Fensteraustausch ohne eine Fassadendämmung nur mit einem Fenster-U-Wert von 1,3 durchführbar sein. Eine Prüfung des Wärmedurchgangs gegen die Wände ist unabdingbar. Wird im Rahmen des Fensteraustausches auch eine Fassadendämmung durchgeführt, wäre der Einsatz zeitgemäßer Fenster erreichbar. Es ist zu prüfen, ob eine Einblasdämmung oder eine Vorsatzfassade in Frage kommen. Die Dämmung des Daches ist an den Stellen sinnvoll, an denen die oberste Geschossdecke nicht gedämmt ist. Für diese Maßnahme ist die Prüfung der Statik erforderlich. Die Durchführung der Dachdämmung ist ebenfalls als Einzelmaßnahme möglich. Der Gebäudeteil 1 eignet sich energetisch auch für eine Komplettanierung zum Effizienzhaus. Die</p>	

Komplettsanierung würde zu einer erheblichen Verbesserung der Gebäudehülle führen und die Wärmeverluste sowie den CO₂-Ausstoß stark verringern. Jedoch ist hier in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit zu betonen, dass die Kosten der Sanierung abzüglich der Förderung den Einsparungen gegenübergestellt werden müssen.

Gebäudeteil 2



Abbildung 8-3: Grundschule, Gebäudeteil 2, Foto: FRANK

Ist-Zustand:

Der Gebäudeteil 2 wurde im Jahr 1962 erbaut. Die Fenster dieses Gebäudeteils wurden, so wie auch die des Gebäudeteils 1, im Jahr 1997 erneuert. Unterhalb des Gebäudeteils 2 befindet sich eine Teilunterkellerung. Der Dachboden des Gebäudeteils ist zum Teil ausgebaut, das Dach ist zum Teil ungedämmt, jedoch ist die oberste Geschosdecke gedämmt.

Handlungsempfehlung:

Da der Gebäudeteil 2 einen ähnlichen baulichen Zustand aufweist wie der Gebäudeteil 1, werden auch für diesen Gebäudeteil ähnliche Sanierungsmaßnahmen empfohlen. Der Fensteraustausch, die Dämmung der Fassade, die Dämmung des Daches sowie die Komplettsanierung zum Effizienzhaus wären auch für diesen Gebäudeteil sinnvoll. Da auf dem Gebäude in Teilen bereits Photovoltaik vorhanden ist, ist eine Erweiterung von PV auf dem Dach zu prüfen.

Da dieser Gebäudeteil zum Teil unterkellert ist, bietet sich eine Dämmung der Kellerdecke an. Eine Kellerdeckendämmung ist als Einzelmaßnahme einfach und kostengünstig durchführbar. Bei der Begehung wurde festgestellt, dass die Kellerdeckenhöhe ausreichend Dämmungsmöglichkeit bietet.

Gebäudeteil 3



Abbildung 8-4: Grundschule, Gebäudeteil 3, Foto: FRANK

Ist-Zustand:

Der Gebäudeteil 3 wurde 1968 errichtet. Die Fenster wurden auch hier im Jahr 1997 erneuert, jedoch nicht die des Anbaus an der Nordseite des Gebäudes. Der Anbau an der Nordseite des Gebäudes ist zudem unbeheizt.

Handlungsempfehlung:

Da der Gebäudeteil 3 aus einer ähnlichen Baualtersklasse stammt wie die Gebäudeteile 1 und 2 und ähnliche Schwachstellen aufweist, werden auch für diesen Gebäudeteil die bereits beschriebenen Sanierungsmaßnahmen empfohlen. Der Fensteraustausch, die Dämmung der Fassade, die Dämmung des Daches sowie die Komplettisanierung zum Effizienzhaus sind auch für diesen Gebäudeteil sinnvoll. Da bei diesem Gebäudeteil der Anbau an der Nordseite des Gebäudes unbeheizt ist, wird eine Dämmung der Wand zwischen beheiztem und unbeheiztem Bereich empfohlen. Durch die Außendämmung der Innenwand zum unbeheizten Vorbau erfolgt dann eine thermische Abgrenzung. Alternativ wäre zu prüfen, ob der Anbau in den beheizten Bereich integriert werden kann. Dafür wären jedoch ein Fensteraustausch und eine Fassadendämmung unbedingt nötig.

Gebäudeteil 4



Abbildung 8-5: Grundschule, Gebäudeteil 4, Foto: FRANK

Ist-Zustand:

Der Gebäudeteil 4 wurde 1995 errichtet.

Handlungsempfehlung:

Bislang befindet sich der Gebäudeteil 4 in einem guten energetischen Zustand. Aufgrund des Alters und der Lebensdauer der Fenster wird vermutet, dass in den nächsten Jahren erste Probleme bei den Fenstern entstehen könnten. Dann wäre der Austausch auf einen besseren energetischen Stand empfehlenswert. In dem Zusammenhang mit dem Fensteraustausch sollte dann auch geprüft werden, ob die Dämmung der Fassade noch zeitgemäß ist und ob eine Vorsatzfassade oder ein Wärmedämmverbundsystem (WDVS) in Frage kämen. Die Komplettisanierung zum Effizienzhaus ist bei Gebäuden dieser Baualtersklasse in der Regel gut zu erreichen, jedoch muss in einer Wirtschaftlichkeitsrechnung unter Berücksichtigung der Fördermittel geprüft werden, inwiefern sich die Sanierung wirtschaftlich rentiert.

Gebäudeteil 5



Abbildung 8-6: Grundschule, Gebäudeteil 5, Foto:
FRANK

Ist-Zustand:

Der Gebäudeteil 5 wurde im Jahr 2002 errichtet.

Handlungsempfehlung:

Der Gebäudeteil 5 befindet sich in einem guten energetischen Zustand, weshalb aktuell kein Handlungsbedarf für eine energetische Sanierung gesehen wird. Der Gebäudeteil weist PV-Potenzial auf, weshalb statisch zu prüfen ist, inwiefern sich das Dach für die Nutzung von PV eignet.

Sporthalle



Abbildung 8-7: Sporthalle, Foto: FRANK

Ist-Zustand:

Die Turnhalle wurde im Jahr 1970 gebaut. Im Jahr 2022 wurden die Glasbausteine auf der Südseite des Gebäudes gegen Kunststofffenster ausgetauscht. Im Jahr 2019 wurden die Eingangstür sowie der Boden der Sporthalle erneuert.

Für die Turnhalle liegt ein Energieausweis vor. Der Primärenergiebedarf des Gebäudes beträgt 214,66 kWh(m²·a).

Handlungsempfehlung:

Da der energetische Zustand des Gebäudes – abgesehen von den Fenstern auf der Südseite der Fassade – nicht mehr dem heutigen energetischen Stand entspricht, ist eine Dämmung der Fassade sowie eine Dämmung des Daches zu empfehlen. Bezüglich der Fassade ist der Einsatz einer Vorsatzfassade zu prüfen. Vor Beginn der Maßnahmen sollte unbedingt eine Prüfung hinsichtlich verbauter Schadstoffe (Asbest, Holzschutzmittel) erfolgen. Hinsichtlich des Daches ist die Prüfung der Statik erforderlich. Da die Dachfläche großes Potenzial für PV bietet, ist in dem Zusammenhang auch die PV-Nutzung zu prüfen. Die Komplettsanierung der Turnhalle hätte eine erhebliche Verbesserung des energetischen Zustands der Gebäudehülle und damit eine enorme Verringerung der Wärmeverluste und somit des CO₂-Ausstoßes zur Folge.

KiTa



Abbildung 8-8: Luftbild DRK-KiTa (Google Maps, 2023)

Ist-Zustand:

Die KiTa besteht aus zwei Gebäuden, die durch einen Durchgang miteinander verbunden sind.

Das südliche Gebäude besteht wiederum aus zwei Gebäudeteilen. Der in Ost-West-Richtung ausgerichtete Gebäudeteil wurde im Jahr 1969 errichtet, die Fenster wurden 1997 erneuert, eine Dachdämmung erfolgte 2010. Der in Nord-Süd-Richtung ausgerichtete Anbau wurde im Jahr 1976 errichtet, die Erneuerung der Fenster erfolgte 2017. Es ist geplant, den südlichen



Abbildung 8-9: DRK-KiTa, nördlicher Teil, Foto: FRANK

Gebäudeteil um drei Büroräume zur Straße hin zu erweitern.

Das nördliche Gebäude wurde im Jahr 2004 errichtet.

Handlungsempfehlung:

Bei dem südlichen Gebäude ist als erstes der Austausch der Fenster zu prüfen. Dieser ist als Einzelmaßnahme durchführbar. Die Fassadendämmung aus den 1970er Jahren ist nicht mehr zeitgemäß, weshalb eine Aufdopplung der Dämmung zu prüfen ist. Neben der Fassadendämmung ist auch eine Dachdämmung zu empfehlen. In dem Zuge der Dachdämmung bietet sich die Errichtung von PV an. Für die Eignung der Errichtung von PV ist zunächst die Statik des Daches zu prüfen. Das nördliche Gebäude der KiTa stammt aus einer jüngeren Baualtersklasse und befindet sich in einem guten energetischen Zustand. Auch hier bietet das Dach - auf der Ost- und Westseite - Potenzial für PV.

Krippe



Abbildung 8-10: Krippe Wankendorf, Foto: FRANK

Ist-Zustand:

Die Krippe wurde im Jahr 2013 errichtet.

Handlungsempfehlung:

Die Krippe befindet sich auf einem sehr guten energetischen Stand. Insofern besteht kein aktueller Sanierungsbedarf. Auch dieses Dach eignet sich nach einer ersten Betrachtung für die PV-Nutzung. Hierfür ist zunächst die Statik zu prüfen.

8.2.2 MUSTERSANIERUNGSKONZEPT BAHNHOFSTRASSE 12

Im Zuge der Verlosung der Mustersanierungskonzepte wurde das Objekt Bahnhofstraße 12 ausgewählt. Es handelt sich um ein freistehendes Zweifamilienhaus aus dem Jahr 1912 mit zwei Vollgeschossen und einem Dachgeschoss plus einem Spitzboden. Im Erdgeschoss befinden sich ein Ladengeschäft und eine Ferienwohnung, das erste Obergeschoss sowie das Dachgeschoss werden als Wohnraum genutzt.



Abbildung 8-11: Bahnhofstr 12, Vorderansicht. Foto: FRANK

8.2.2.1 BESTANDSAUFNAHME

In den letzten Jahren fanden einige Sanierungsmaßnahmen an dem Objekt statt.

Die Fassade der Bahnhofstr 12 wurde in den 1980er Jahren komplett überarbeitet. Im Jahr 2007 erfolgte eine Einblasdämmung der Fassade. Bei den Fassadenfenstern handelt es sich um dreifach verglaste Holzfenster mit Alu-Außenschale aus dem Jahr 2010. An den Dachflächen wurden 2013 Veluxfenster eingesetzt. Im Jahr 2012 wurde die oberste Geschossdecke gedämmt. An dem Wintergarten wurden zwischen 2006 und 2019 Einzelmaßnahmen vorgenommen. So wurde der Wintergarten im Jahr 2006 von außen mit Kupferplatten verkleidet, im Jahr 2013 wurde ein festes Dach mit einer Lichtkuppel angebracht. Im Jahr 2019 wurden im Wintergarten Fenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutzisolierverglasung eingebaut.

Im Jahr 1993 wurde eine Zentralheizung mit Gas-Spezial-Kessel eingebaut. In den vergangenen acht Jahren wurden Teile der Gastherme erneuert, die Rohrleitungen gedämmt und die Pumpen gegen Effizienzpumpen ausgetauscht. Weiterhin ist ein Kamin vorhanden.

Das Objekt befindet sich in einem gepflegten Allgemeinzustand. Trotz der getätigten Maßnahmen an der Heizungsanlage befindet sich diese nicht mehr auf dem aktuellen Stand der Technik und bietet Verbesserungspotenziale. Das Gebäude ist nicht unterkellert. Die Bodenplatte gegen Erdreich stellt den größten energetischen Schwachpunkt der Immobilie dar. Eine Dämmung könnte nur von oben aufgebracht werden, was einen großen Eingriff im Wohnbereich zur Folge hätte.

Eine wirtschaftliche Variante zur energetischen Sanierung der Bodenplatte ist somit nicht gegeben.

Aufgrund der bereits erfolgten Sanierungsmaßnahmen kann insgesamt von einem guten energetischen Zustand gesprochen werden.

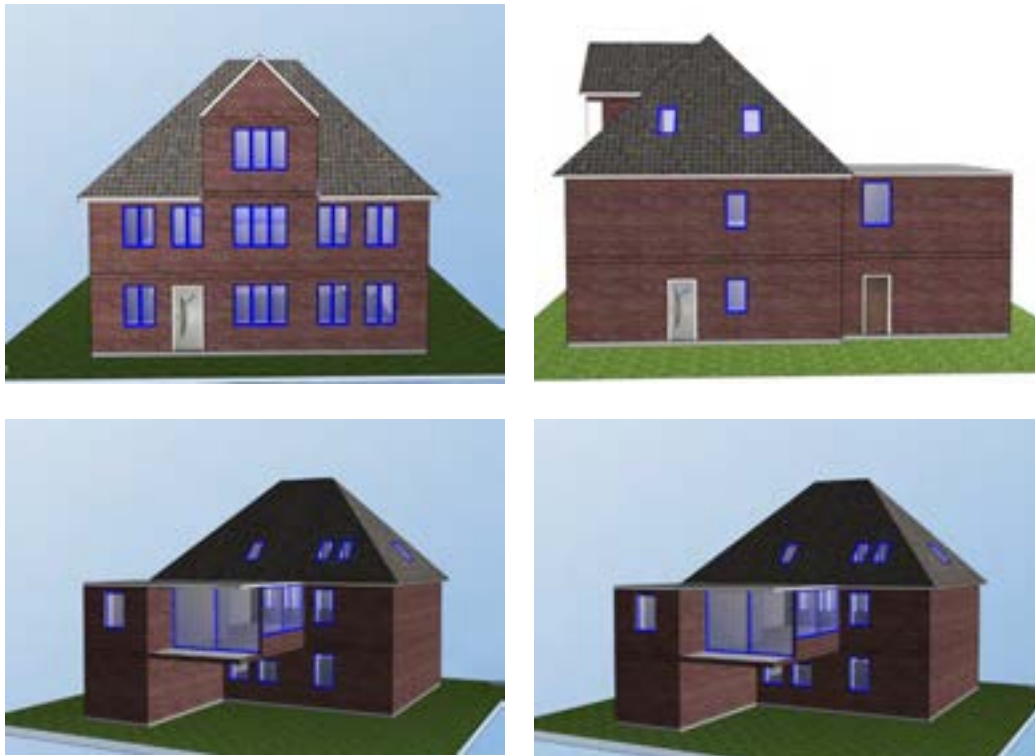


Abbildung 8-12: 3D Modellierung, erstellt durch FRANK mit dem Programm Hottgenroth

Thermische Gebäudehülle

Zur thermischen Gebäudehülle ist festzuhalten, dass das Erdgeschoss, das erste Obergeschoss und das erste Dachgeschoss beheizt sind. Das 2. Dachgeschoss (Spitzboden) ist unbeheizt.

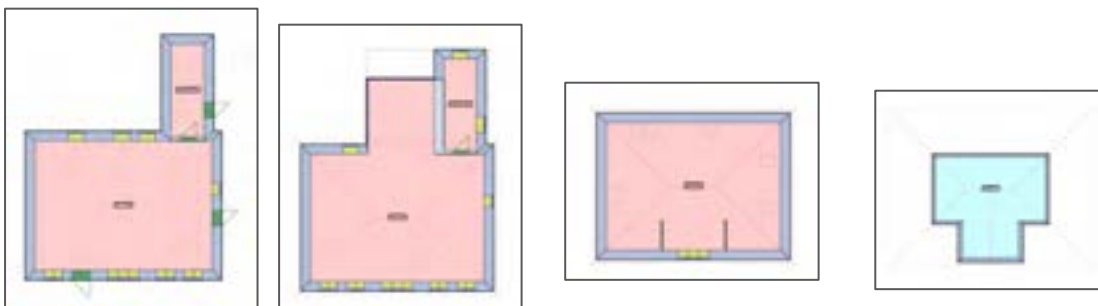


Abbildung 8-13: Thermische Gebäudehülle, v. l. n. r. EG, 1. OG, 1. DG, 2. DG

Energetische Bewertung Ist-Zustand

In der folgenden Tabelle befindet sich eine Zusammenstellung der einzelnen Bauteile der Gebäudehülle mit den momentanen U-Werten. Zum Vergleich sind die Mindestanforderungen angegeben, die das GEG bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden stellt.

Tabelle 8-2: Bauteile IST-Zustand

Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert ²² in W/(m ² ·K)	U _{max} GEG ² in W/(m ² ·K)	U _{max} BEG ³ in W/(m ² ·K)
DA	Dachschrägen	98,89	0,26	0,24	0,14
DA	Dach Wintergarten + Treppenhaus	38,22	0,34	0,20	-
FA	Fassadenfenster	32,54	0,95	1,30	0,95
FA	Dachflächenfenster	6,09	1,30	1,30	1,00
FA	Fenster Wintergarten	20,01	1,10	1,30	-
WA	Außenwände	295,13	0,58	0,24	0,20
TA	Eingangstür Treppenhaus + FeWo	4,30	3,50	1,80	1,30
TA	Glastür Gewerbe	2,88	0,95	1,80	1,30
BE	Sohle Erdgeschoss	139,97	1,60	0,30	0,25
BA	Boden Wintergarten	18,92	1,00	0,24	-
OG	Oberste Geschossdecke	44,80	0,46	0,24	0,14

Energiebilanz

Die Energiebilanz gibt Aufschluss darüber, in welchen Bereichen hauptsächlich die Energie verloren geht bzw. wo zurzeit die größten Einsparpotenziale in dem Gebäude liegen. In dem nachfolgenden Diagramm ist die Energiebilanz für die Raumwärme aus Wärmegewinnen und Wärmeverlusten der Gebäudehülle und der Anlagentechnik dargestellt.

Energieverluste entstehen über die Gebäudehülle, durch den Luftwechsel sowie bei der Erzeugung und Bereitstellung der benötigten Energie. Bei dem betrachteten Gebäude verursachen die Anlagenverluste (38.394 kWh/a) die größten Verluste, gefolgt von den Transmissionsverlusten (37.848 kWh/a) und den Lüftungsverlusten (16.395 kWh/a).

² Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der in dem GEG vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,045 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ nicht zu überschreiten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von $1,30 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$.

³ Die Mindestanforderungen für BEG-EM-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die BAFA-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen können jederzeit aktualisiert werden.

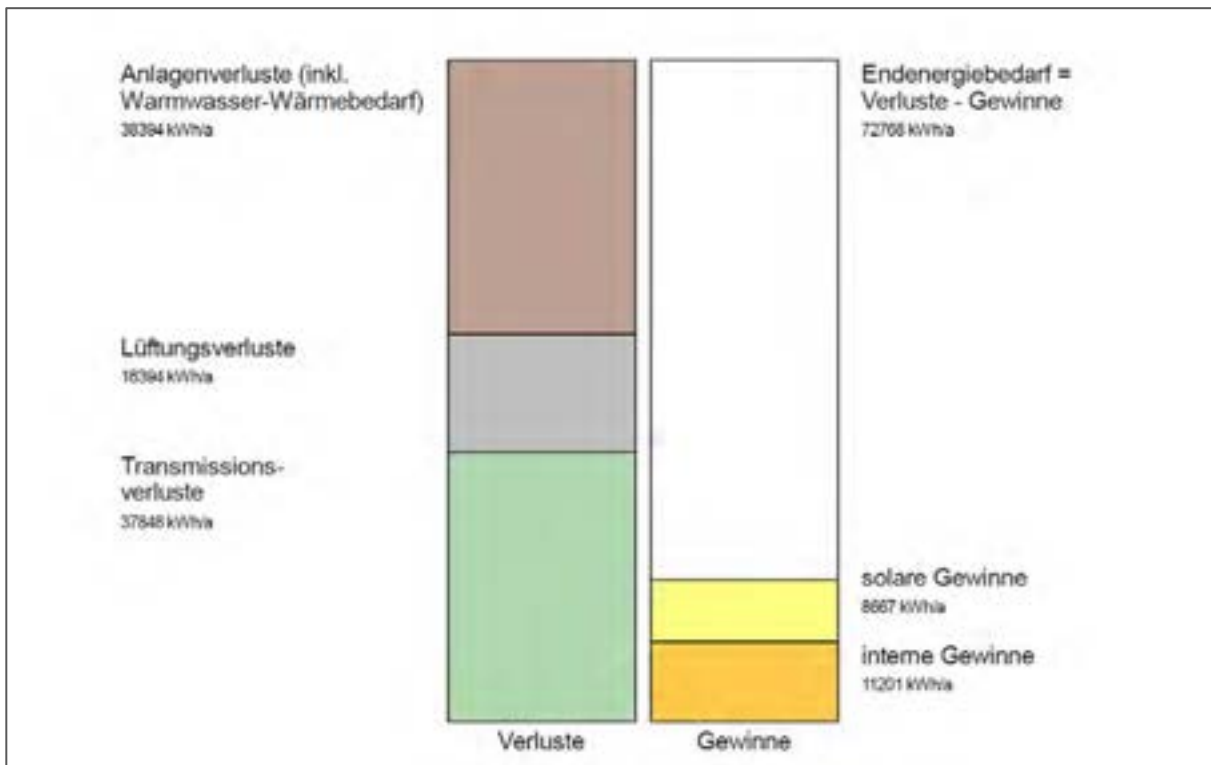


Abbildung 8-14: Energetische Verluste und Gewinne Ist-Zustand, Bahnhofstraße 12

Wie genau sich die Transmissions- und Anlagenverluste zusammensetzen, ist Abbildung 8-15 zu entnehmen. Demnach sind die größten Transmissionsverluste bei der Außenwand (16.750 kWh/a) zu verzeichnen, gefolgt von dem Keller (10.400 kWh/a), dem Dach (5.580 kWh/a) und den Fenstern (5.120 kWh/a). Bei den Anlagenverlusten stellen die Warmwasserverluste (19.360 kWh/a) die größten Verluste dar, gefolgt von den Heizungsverlusten (14.660 kWh/a) und der Hilfsenergie (800 kWh/a).

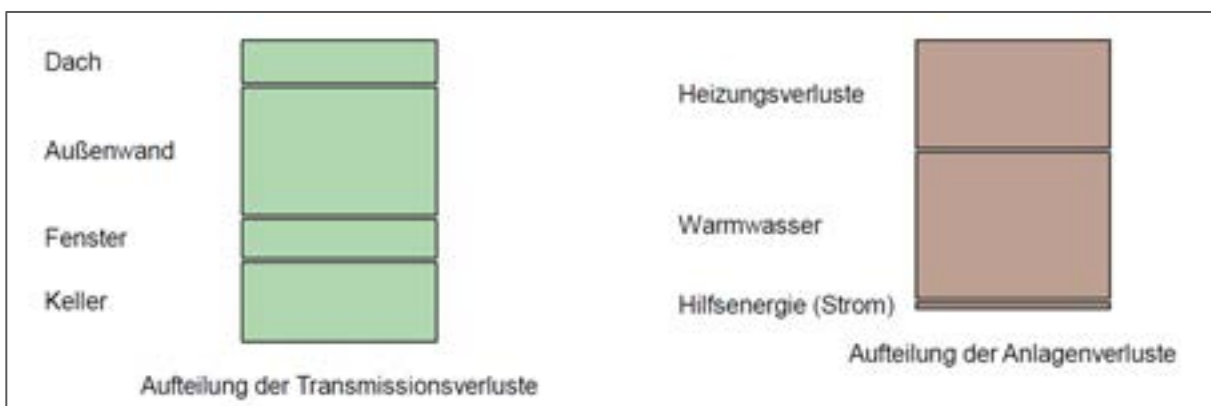


Abbildung 8-15: Energetische Verluste Ist-Zustand, Bahnhofstraße 12

Bewertung des Gebäudes

Die CO₂-Emissionen betragen im Bestand 51 kg/(m²·a). Grundlage für die CO₂-Emissionsberechnung bilden die CO₂-Emissionsfaktoren gemäß Umweltbundesamt. In der energetischen Klassenbewertung auf Basis des Endenergiebedarfs wird das Gebäude in die Kategorie G eingeordnet

(Klassen A-H). Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 230 kWh/(m²·a). Wie im vorherigen Kapitel beschrieben, ist nicht der Primärenergiebedarf, sondern der Endenergiebedarf zur energetischen Bewertung des Gebäudes geeignet.

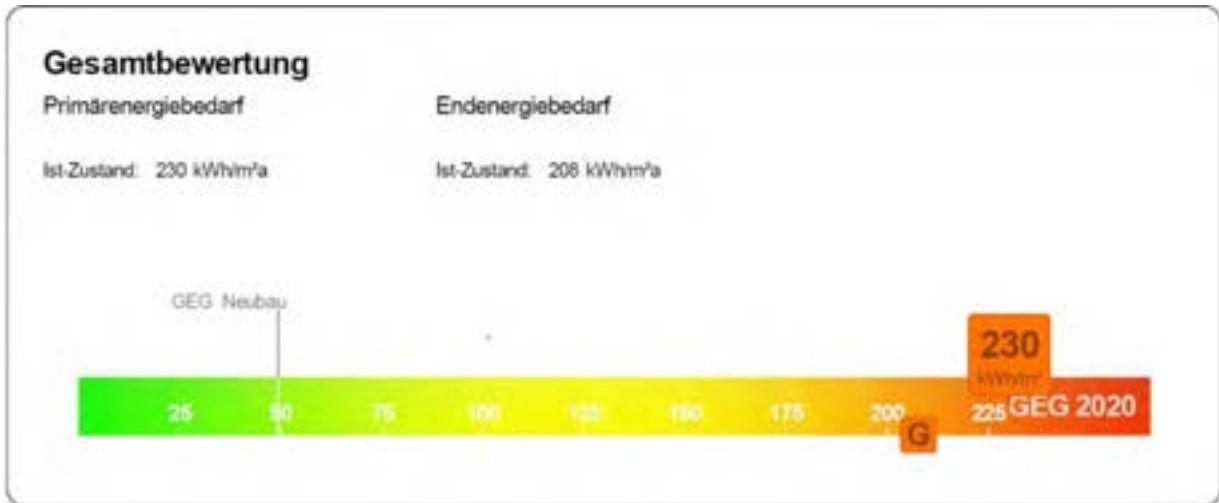


Abbildung 8-16: Gesamtbewertung Ist-Zustand⁴ Bahnhofstraße 12

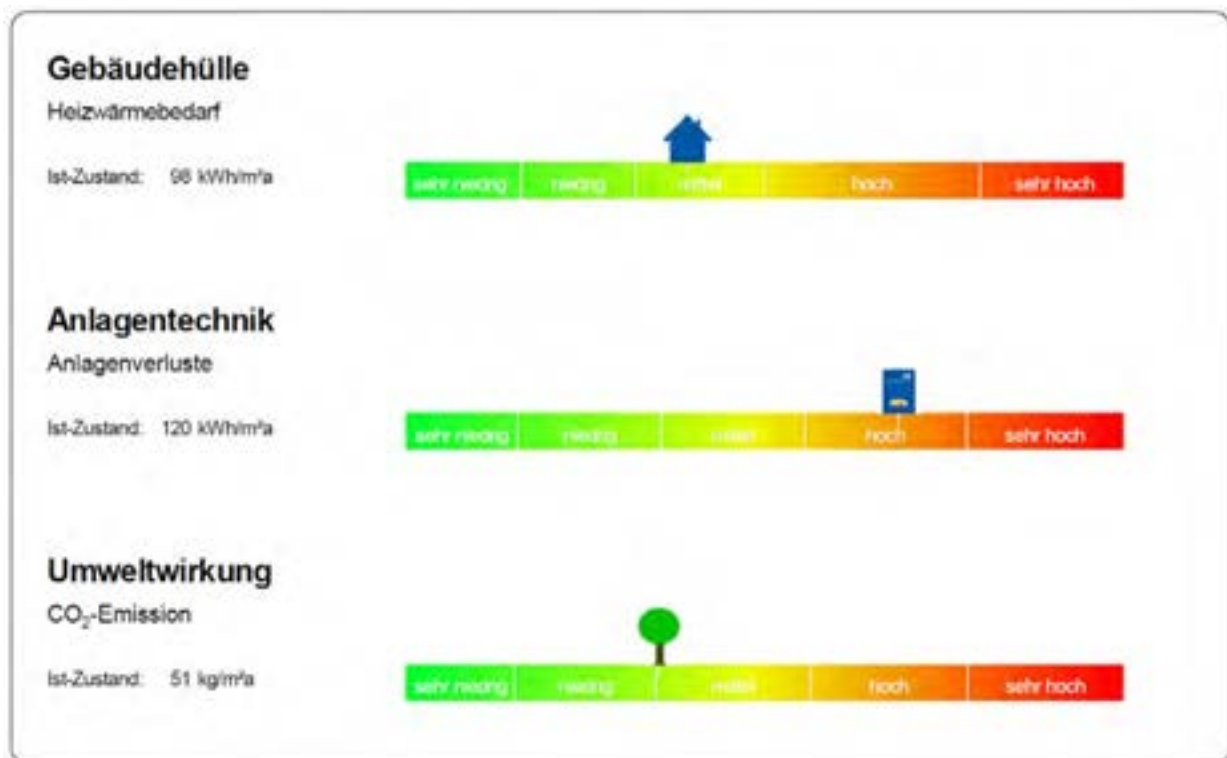


Abbildung 8-17: Gebäudehülle, Anlagentechnik, Umweltwirkung Ist-Zustand Bahnhofstraße 12

Für die Berechnung im Rahmen dieses Projekts wurde das GEG-Standard-Nutzungsverhalten zugrunde gelegt:

mittlere Innentemperatur: 19,0 °C,
 Luftwechselrate: 0,70 h⁻¹,

⁴ Die Angabe „kWh/m²a“ ist hier und in den nachfolgenden Grafiken zu verstehen als „kWh/(m²·a)“.

interne Wärmegewinne: 11.201 kWh pro Jahr,
Warmwasser-Wärmebedarf: 4.377 kWh pro Jahr.

8.2.2.1 SANIERUNGSVARIANTEN

Im Folgenden werden Maßnahmen zur Sanierung vorgeschlagen, welche sinnvoll miteinander zu Gesamtpaketen kombiniert wurden.

Für eine vollumfängliche Planung ist eine objektbezogene Kostenschätzung (Leistungsphase 2) oder -berechnung (Leistungsphase 3) der HOAI von einem Architekten notwendig.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Gegenüberstellung der verschiedenen Sanierungsvarianten.

Tabelle 8-3: Übersicht Sanierungsvarianten Bahnhofstraße 12

Bauteil	V 1a: GBT + Solar- thermie	V 1b: Nah- wärme	V 1c: Luft-Wasser- WP + PV	V 2: Nah- wärme + Dachsanie- rung + OGD	V 3: EH-100 EE
Baukonstruktion					
Oberste Geschoss- decke				+ 18 cm Däm- mung WLG 035	
Dach				+ 14 cm Holzfa- ser WLG 045	+ 14 cm Holzfa- ser WLG 045
Außenwände					+ 16 cm Däm- mung WLG 032
Hauseingangstür					U _d 1,30
Dachflächenfenster					3-fach ver- glaste Fenster U _w 1,0
Wintergarten Dach					+ 16 cm Däm- mung WLG 035
Wintergarten Bo- den					+ 18 cm Däm- mung WLG 035
Anlagentechnik					
Photovoltaik			ja, 25 m ² mit 5,63 kW _p		
Austausch Heizung	ja, Gasbrennwert- therme mit So- larthermie (Hei- zungsunterstüt- zung)	ja, Nahwärme (f _p = 0,31)	ja, Luft-Wärme- pumpe	ja (f _p = 0,31)	ja (f _p = 0,31)

Tabelle 8-4: Variantenvergleich Bahnhofstraße 12

Bahnhofstr 12	Ist-Zustand	V 1a: GBT + Solarthermie	V 1b: Fernwärme	V 1c: Luft-Wasser-WP + PV	V 2: Fernwärme + Dachsanierung + OGD	V 3: EH-100 EE
Primärenergiebedarf [kWh/(m ² ·a)]	230	141	49	76	48	38
Endenergiebedarf [kWh/(m ² ·a)]	208	126	155	50	150	119
Reduzierung des Endenergiebedarfs		39 %	26 %	76 %	28 %	43 %
CO ₂ -Emissionen [kg/(m ² ·a)]	51	31	7	24	7	6
Reduzierung der CO ₂ -Emissionen		38 %	86 %	53 %	86 %	89 %
Brennstoffkosten [€/a]	4.840	3.075	3.693	3.437	3.593	2.903

Variante 1a: Solarthermie

Bei den Varianten 1 a-c wird keine energetische Sanierung der Gebäudehülle, jedoch eine Modernisierung der Anlagentechnik empfohlen. Damit werden die aktuellen gesetzlichen Vorgaben des GEG erfüllt. Die Varianten halten die Regelung ein, dass in Häusern, die vor 2009 gebaut wurden, mindestens 15 % der Wärmeversorgung aus Erneuerbaren Energien stammen.

In der Variante 1a wird die Installation einer Gas-Brennwert-Heizung mit einer Solarthermieanlage empfohlen, sodass im Vergleich zum jetzigen Zustand Heizkosten und CO₂-Emissionen eingespart werden können. Eine Solarthermieanlage wandelt Sonnenenergie in Wärme um. Diese Wärme wird zum Erhitzen des Trink- und Duschwasser sowie zum Heizen genutzt. Mit einer Solarthermieanlage wird der verpflichtende regenerative Anteil eingehalten.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 72.768 kWh/Jahr reduziert sich auf 44.163 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 28.605 kWh/Jahr bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen. Die CO₂-Emissionen werden um 6.801 kg/Jahr reduziert. Anders als der Endenergiebedarf berücksichtigt der Primärenergiebedarf auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes von 230 kWh/m²/Jahr auf 141 kWh/m²/Jahr. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 1a beträgt 39 %.

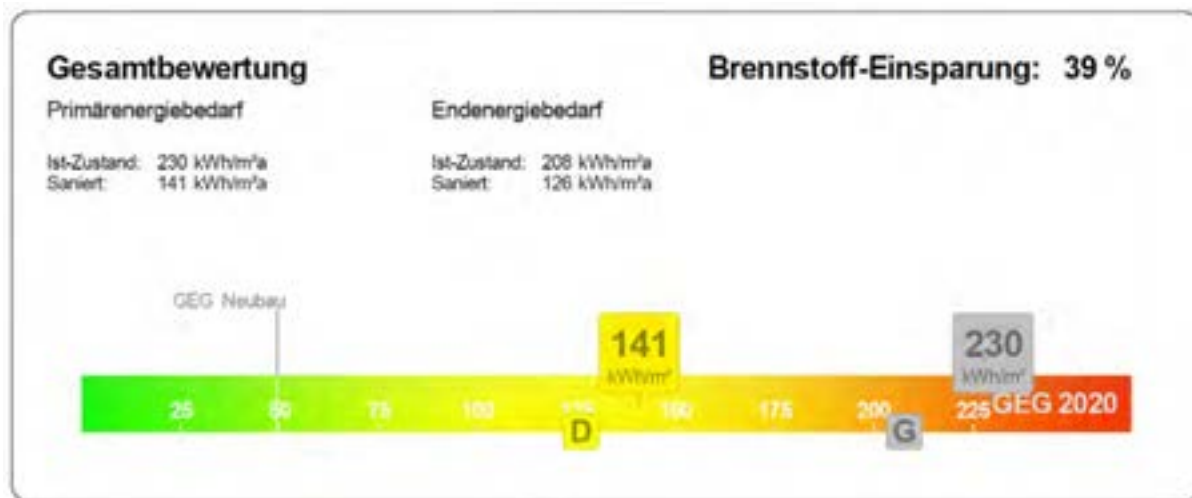


Abbildung 8-18: Bewertung Variante 1a Bahnhofstraße 12

Variante 1b: Nahwärme

Auch in Variante 1b wird keine energetische Sanierung der Gebäudehülle, jedoch eine Modernisierung der Anlagentechnik empfohlen: Wenn es zukünftig in der Umgebung die Möglichkeit zum Anschluss an ein Nahwärmenetz gibt, kann auf die bestehende Heizung komplett verzichtet werden. Die Nahwärme wird dann für das Heizen sowie die Warmwasserbereitung verwendet. Der Anschluss an ein Nahwärmenetz wurde in der Lenkungsgruppe als sinnvolle Option der Wärmeversorgung für Wankendorf diskutiert. Auch die Auswertung der abgegebenen Fragebögen zeigt, dass überwiegend Interesse an einer klimafreundlichen zentralen Wärmeversorgung besteht (vgl. Tabelle 7-1). Bei der Nahwärme würde die Versorgung des gesamten Quartiers mittels ohnehin anfallender Abwärme aus einem Biogas-BHKW, einem Holzhackschnittelkessel und einem Erdgas-Spitzenlastkessel gewährleistet. In dieser Konstellation erreicht die Wärmeversorgung einen Primärenergiefaktor von 0,31. Nähere Informationen zum Nahwärmenetz sind in Kapitel 9.1 zu finden.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 72.768 kWh/Jahr reduziert sich auf 54.103 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 18.665 kWh/Jahr bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen. Die CO₂-Emissionen werden um 15.230 kg CO₂/Jahr reduziert. Anders als der Endenergiebedarf berücksichtigt der Primärenergiebedarf auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes von 230 kWh/m²/Jahr auf 49 kWh/m²/Jahr. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 1b beträgt 26 %.

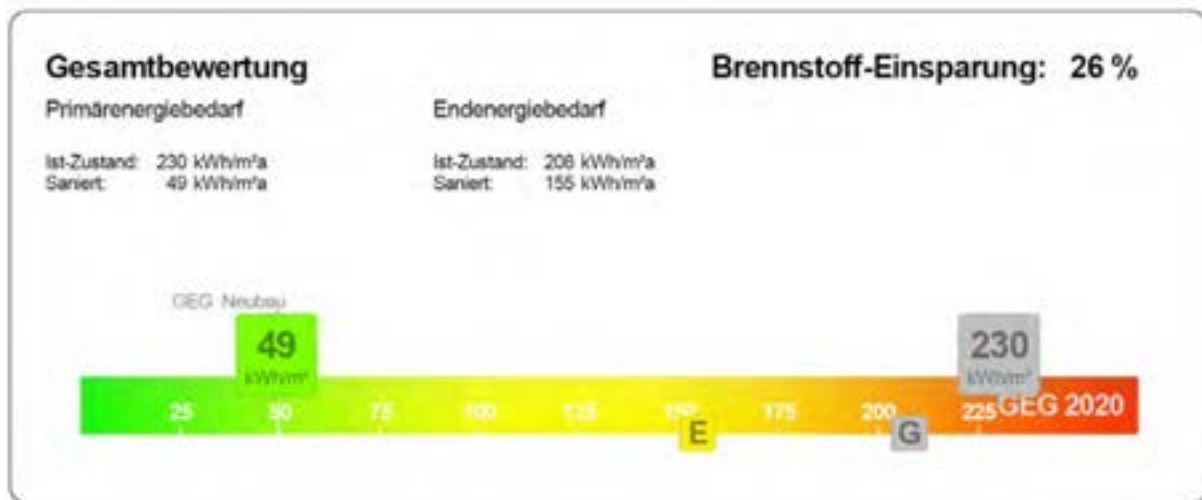


Abbildung 8-19: Bewertung Variante 1b Bahnhofstraße 12

Variante 1c: Luft-Wärmepumpe und Photovoltaik

Auch in Variante 1c wird keine Sanierung der Gebäudehülle, jedoch die Installation einer Luft-Wasser-Wärmepumpe empfohlen, die für das Heizen und die Warmwasserbereitung verwendet wird. Eine Luft-Wärmepumpe arbeitet mit Energie aus der Umgebungsluft. Sie wandelt die in der Luft gespeicherte Energie in Heizwärme um. In Kombination mit einem Warmwasserspeicher stellt sie zusätzlich die Warmwasserversorgung sicher.

In der Variante 1c wird zusätzlich zur Luft-Wärmepumpe die Belegung des Daches mit Photovoltaik empfohlen, um einen möglichst hohen Selbstversorgungsanteil zu realisieren. Für ein Einfamilienhaus reicht in der Regel die Installation einer PV-Anlage mit 25 m² Bruttogesamtfläche und einer Gesamtleistung von 5,63 kW_p aus. Im Falle einer Umsetzung sollte eine Solarsimulation durchgeführt werden, um das wirtschaftlichste Kosten-Nutzen-Verhältnis dazustellen. Unter Berücksichtigung der aktuellen Preisentwicklungen wird die Wirtschaftlichkeit der PV-Anlage folgendermaßen eingeschätzt: Die Amortisationszeit der gesamten Anlage beträgt circa 20 Jahre inkl. dem Austausch der Stromspeicher und Konverter nach 15 Jahren. Ohne Speicher wird die Amortisationszeit auf circa 15 Jahre eingeschätzt. Die Lebenszeit der PV-Module beträgt rund 30 Jahre.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 72.768 kWh/Jahr reduziert sich auf 17.638 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 55.129 kWh/Jahr bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen. Die CO₂-Emissionen werden um 9.462 kg CO₂/Jahr reduziert. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes von 230 kWh/m²/Jahr auf 76 kWh/m²/Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 1c beträgt 76 %.

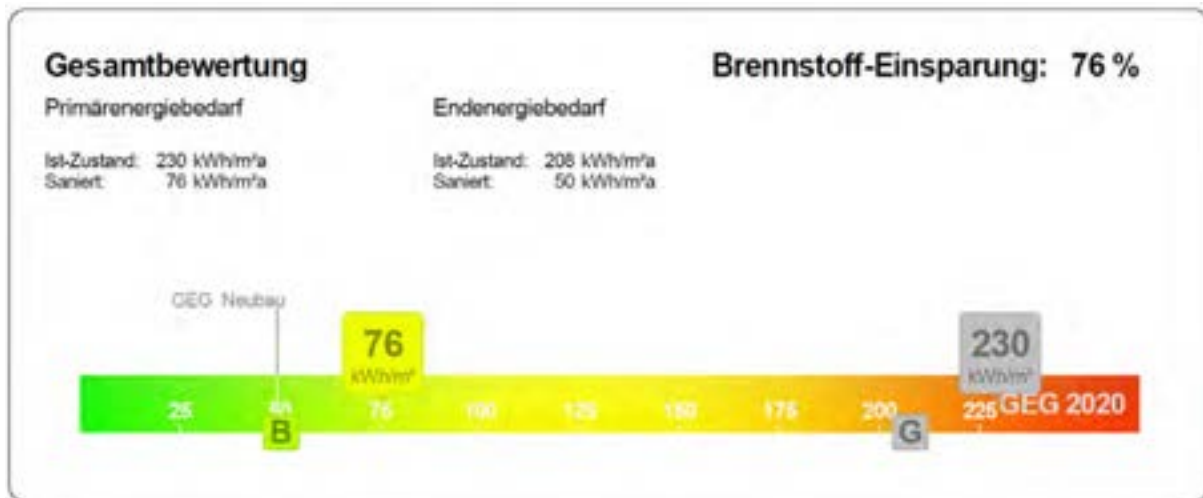


Abbildung 8-20: Bewertung Variante 1c Bahnhofstraße 12

Variante 2: Nahwärme, Dachsanierung, Dämmung oberste Geschossdecke

In dieser Sanierungsvariante werden eine energetische Sanierung der Gebäudehülle und der Anlagentechnik aufgezeigt. Für die Gebäudehülle werden die Dämmung des Daches (14 cm, Wärmeleitgruppe 045) sowie die Dämmung der obersten Geschossdecke (18 cm, Wärmeleitgruppe 035) vorgeschlagen. Diese Maßnahmen werden aktuell jedoch nicht als notwendig angesehen. Sollte das Dach mittel- bis langfristig neu gedeckt werden, ist es sinnvoll, die Dachdämmung bzw. in dem Zuge auch die Dämmung der obersten Geschossdecke zu ergänzen. Sollte es zukünftig in der Umgebung ein Nahwärmenetz geben, wäre ein Anschluss an ein Nahwärmenetz aus energetischer Sicht zu empfehlen.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 72.768 kWh/Jahr reduziert sich auf 52.536 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 20.232 kWh/Jahr bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen. Die CO₂-Emissionen werden um 15.294 kg CO₂/Jahr reduziert. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes von 230 kWh/m²/Jahr auf 48 kWh/m²/Jahr. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 2 beträgt 28 %.

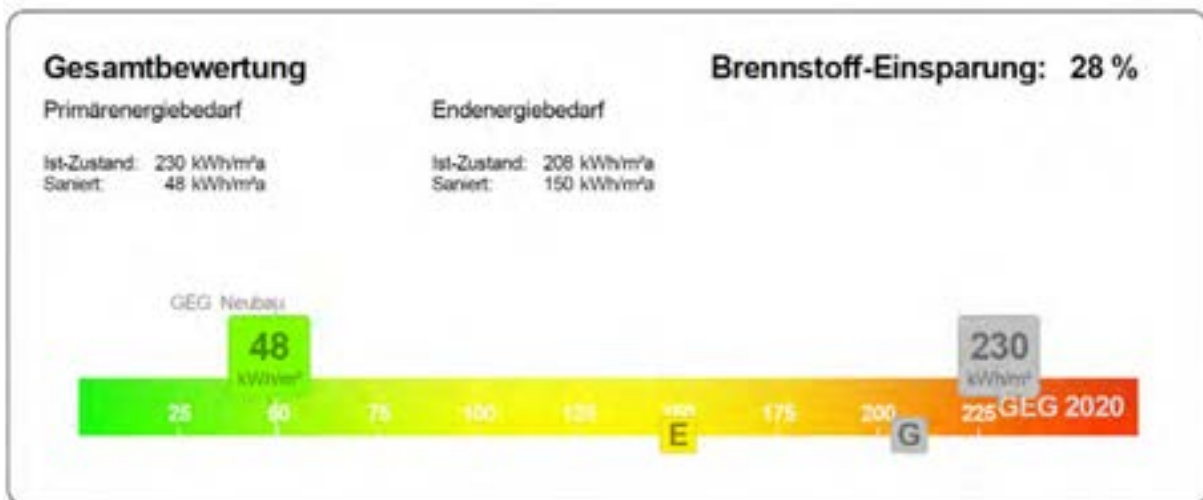


Abbildung 8-21: Bewertung Variante 2 Bahnhofstraße 12

Variante 3: Effizienzhaus 100 EE

In dieser vollumfänglichen Variante wird durch die Sanierung dieses Objekts der Effizienzhausstandard 100 EE der KfW erreicht. So wie auch in Variante 2 werden die Dämmung des Daches und der obersten Geschosdecke geplant. Darüber hinaus werden zusätzlich die Dämmungen der Außenwände (16 cm WLG 032), des Wintergardendaches (16 cm WLG 035) und des Wintergartenbodens (18 cm WLG 035) sowie der Tausch der Hauseingangstüren (U_d 1,3) sowie der Dachfenster zu dreifach verglasten Fenstern mit einem U_w -Wert von 1,0 geplant. An dieser Stelle muss erwähnt werden, dass mit dieser Variante 3 gezeigt werden soll, dass die Sanierung des Gebäudes zu einem Effizienzhaus theoretisch möglich ist. Aktuell ist die Komplettisanierung des Gebäudes zum Effizienzhaus wenig sinnvoll und wird nicht empfohlen, da das Gebäude über bereits gut gedämmte Bauteile verfügt.

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf in dieser Variante um 43 %.

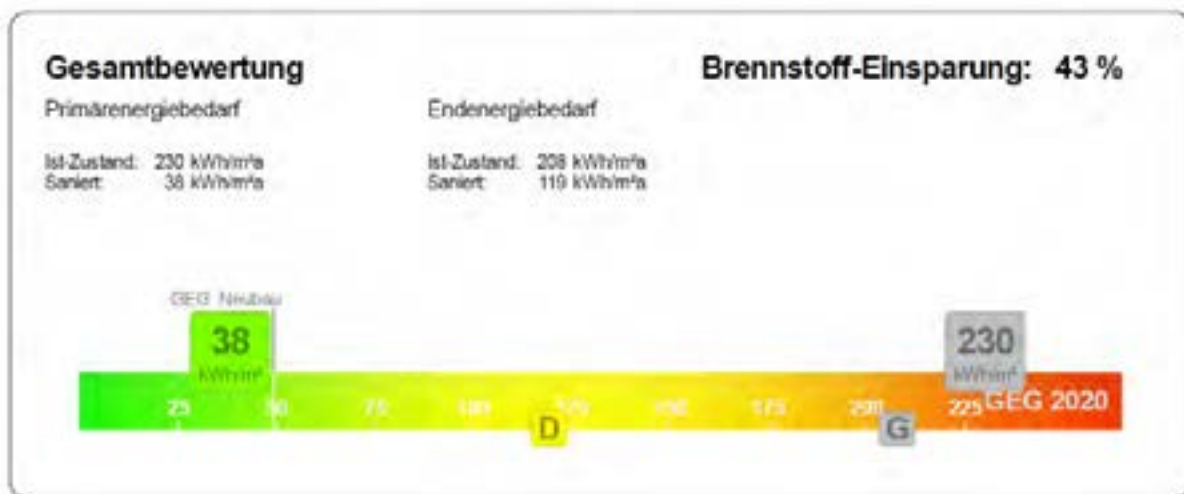


Abbildung 8-22: Bewertung Variante 3 Bahnhofstraße 12

Der derzeitige Endenergiebedarf von 72.768 kWh/Jahr reduziert sich auf 41.814 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 30.954 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen. Die CO₂-Emissionen werden um 15.737 kg CO₂/Jahr reduziert. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes von 230 kWh/m²/Jahr auf 38 kWh/m²/Jahr.

8.2.2.2 KOSTENSCHÄTZUNG

Tabelle 8-5 enthält die Kostenschätzung und basiert auf der DIN 276 - Kosten im Hochbau.

Tabelle 8-5: Kostenschätzung Sanierungsvarianten Bahnhofstr. 12

	Variante 1a	Variante 1b	Variante 1c	Variante 2	Variante 3
Gesamtkosten brutto	30 T€	12 T€	56 T€	75 T€	196 T€

8.2.2.3 WIRTSCHAFTLICHE AUSWERTUNG

Die wirtschaftliche Auswertung erfolgt unter Einbezug der verfügbaren Fördermittel der BEG. Dabei handelt es sich zum einen um die Förderung der Einzelmaßnahmen, die als Zuschuss vom BAFA zur Verfügung gestellt werden, sowie die Förderung der Komplettsanierung zum Effizienzhaus, die durch einen Kredit der KfW ermöglicht wird.

Es wird die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen über einen Zeitraum von 20 Jahren betrachtet. Basis für die Berechnung sind die Energieverbräuche und Kosten der vergangenen Jahre. Diese wurden den Heizkostenabrechnungen des Eigentümers entnommen. Der durchschnittliche Gasverbrauch des Objekts Bahnhofstraße 12 liegt bei etwa 42.000 kWh/a. Darüber hinaus wird eine Teuerungsrate des Brennstoffs von jährlich 4 % angenommen.

Die Abbildung 8-23 zeigt für die einzelnen Sanierungsvarianten eine Gegenüberstellung der Investitionskosten und Sowieso-Kosten auf der einen Seite und der Energiekostensparnis (nach 20 Jahren) sowie Förderzuschüsse auf der anderen Seite. Bei den Sowieso-Kosten handelt es sich um Kosten für Maßnahmen, dessen Ausführung mittel- bis langfristig „sowieso“ durch den Eigentümer erforderlich wären. In allen Varianten dieses Objekts wird der Heizungswechsel zu den Sowieso-Kosten gezählt. Da die Nahwärme die kostengünstigste Variante darstellt, wird diese in allen Varianten als Sowieso-Kosten für den Heizungsaustausch angenommen.

Die Grafik verdeutlicht, dass sich die Varianten 1b und 1c nach 20 Jahren amortisiert haben. Für Variante 1b ist dies vor allem darauf zurückzuführen, dass der Anschluss an die Nahwärme verhältnismäßig günstig ist. In Variante 1c sind neben der hohen Energiekostensparnis die hohen Förderzuschüsse für die Wärmepumpe zu nennen, wodurch sich die Maßnahme amortisiert.

Die Grafik zeigt sehr hohe Investitionskosten in Variante 2 und insbesondere in Variante 3, bei denen die Energiekostensparnis und die aktuellen Fördermöglichkeiten die Investitionskosten nicht kompensieren können. Daher sind diese Varianten aus wirtschaftlicher Sicht aktuell nicht zu empfehlen. Wie in Kapitel 8.2.2.1 beschrieben, ist die Durchführung der in den Varianten 2 und 3 beschriebenen Maßnahmen auch aus energetischer Sicht aktuell nicht erforderlich.

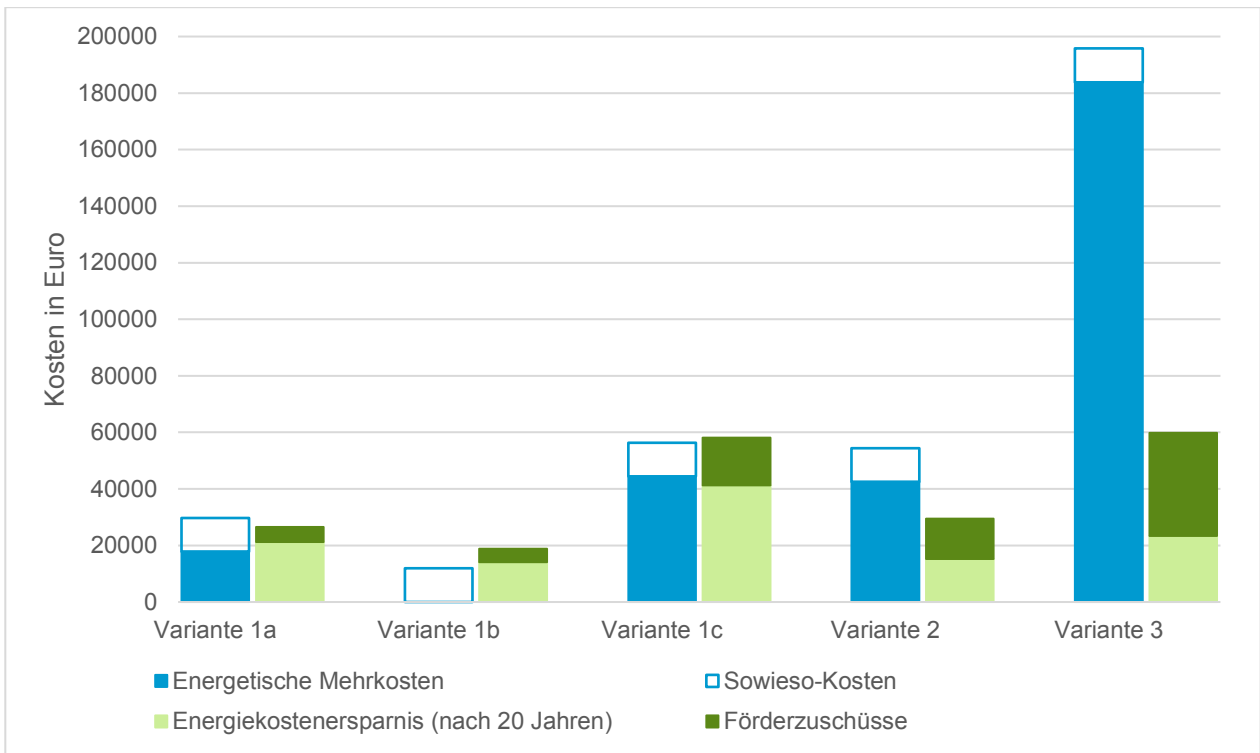


Abbildung 8-23: MSK 1, Rentabilität der Varianten nach 20 Jahren

8.2.3 MUSTERSANIERUNGSKONZEPT BAHNHOFSTRAÙE 26

Im Zuge der Verlosung der Mustersanierungskonzepte wurde das Objekt Bahnhofstraße 26 ausgewählt. Es handelt sich um ein freistehendes Einfamilienhaus aus dem Jahr 1938 mit zwei Vollgeschossen, Dachboden und einem Keller, der rund ein Viertel der Grundfläche ausmacht. Die Nutzfläche des Objekts beträgt 96 m².



Abbildung 8-24: Bahnhofstr 26, Vorderansicht, Foto: FRANK

8.2.3.1 BESTANDSAUFNAHME

Das Einfamilienhaus zeichnet sich durch ein einschaliges Mauerwerk aus. Bei der Fassade des Objektes handelt es sich um einen Sparklinker inkl. 2 cm Dämmung. Die Westseite des Objekts ist nicht gedämmt, hier wurden im Jahr 1978 Riemchen geklebt. Im Jahr 1995 wurden die Fenster des Objekts (Zwei-Scheiben-Wärmeschutzverglasung $U=1,6 \text{ W/m}^2/\text{K}$) erneuert. Bei der Hauseingangstür handelt es sich um eine rund 20 Jahre alte Holzrahmenbaukonstruktion. Im Jahr 2020 wurde eine Zwischensparrendämmung am Dach durchgeführt. Die oberste Geschossdecke ist mit einer 10 cm Mineralwollplatte gedämmt. Die Beheizung des Objekts erfolgt über eine Zentralheizung mit Brennwert-Kessel (Erdgas E) aus dem Jahr 2004. Unterstützt wird diese durch eine Solarthermieanlage aus dem Jahr 2011 und einen Kachelofen.



Abbildung 8-25: 3D Modellierung, erstellt durch FRANK mit dem Programm Hottgenroth

Thermische Gebäudehülle

Zur thermischen Gebäudehülle ist festzuhalten, dass das Erdgeschoss und das erste Obergeschoss beheizt sind – außer dem Nebenraum. Der Keller und das Dachgeschoss sind unbeheizt.



Abbildung 8-26: Thermische Gebäudehülle, v. l. n. r. KG, EG, 1.OG, DG

Energetische Bewertung Ist-Zustand

In der folgenden Tabelle befindet sich eine Zusammenstellung der einzelnen Bauteile der Gebäudehülle mit den momentanen U-Werten. Zum Vergleich sind die Mindestanforderungen angegeben, die das GEG bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden stellt.

Tabelle 8-6: Energetische Bewertung Ist-Zustand

Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/(m ² ·K)	U _{max} GEG in W/(m ² ·K)	U _{max} KfW in W/(m ² ·K)
OG	Oberste Geschossdecke Haupthaus	30,08	0,29	0,24	0,14
OG	Geschossdecke Bad Anbau	4,16	1,60	0,24	0,14
DA	Dachschrägen	50,10	0,24	0,24	0,14
WA	Fassade Nord-Ost und Süd (Sparklinker)	74,67	0,85	0,24	0,20
WA	Fassade West (Riemchen)	17,94	1,51	0,24	0,20
FA	Dachflächenfenster	2,27	1,20	1,30	1,00
FA	Fassadenfenster	11,92	1,60	1,30	0,95
WK	Treppenabgang zum Keller	1,44	1,60	0,30	0,25
WK	Innenwand Anbau zu Haupthaus (OG)	4,53	2,23	0,30	0,25
WK	Innenwand Kellerabgang	8,96	2,23	0,30	0,25
WK	Innenwände Anbau Bad	11,16	1,62	0,30	0,25
WK	Innenwand Anbau zu Haupthaus (EG)	2,23	1,65	0,30	0,25
TA	Hauseingangstür	4,51	2,90	1,80	1,30
TA	Kellerabgangstür	1,57	3,50	1,80	1,30
TA	Tür Anbau	1,89	3,50	1,80	1,30
BK	Decke Gewölbekeller	11,70	0,57	0,30	0,25
BE	Sohle EG gg. Erdreich	54,77	0,57	0,30	0,25

Energiebilanz

Die Energiebilanz gibt Aufschluss darüber, in welchen Bereichen hauptsächlich die Energie verloren geht bzw. wo zurzeit die größten Einsparpotenziale in dem Gebäude liegen. In dem nachfolgenden Diagramm ist die Energiebilanz für die Raumwärme aus Wärmegewinnen und Wärmeverlusten der Gebäudehülle und der Anlagentechnik dargestellt.

Energieverluste entstehen über die Gebäudehülle, durch den Luftwechsel sowie bei der Erzeugung und Bereitstellung der benötigten Energie. Bei dem zu betrachtenden Gebäude verursachen die Transmissionsverluste (17.437 kWh/a) die größten Verluste, gefolgt von den Anlagenverlusten (5.202 kWh/a) und den Lüftungsverlusten (4.499 kWh/a).

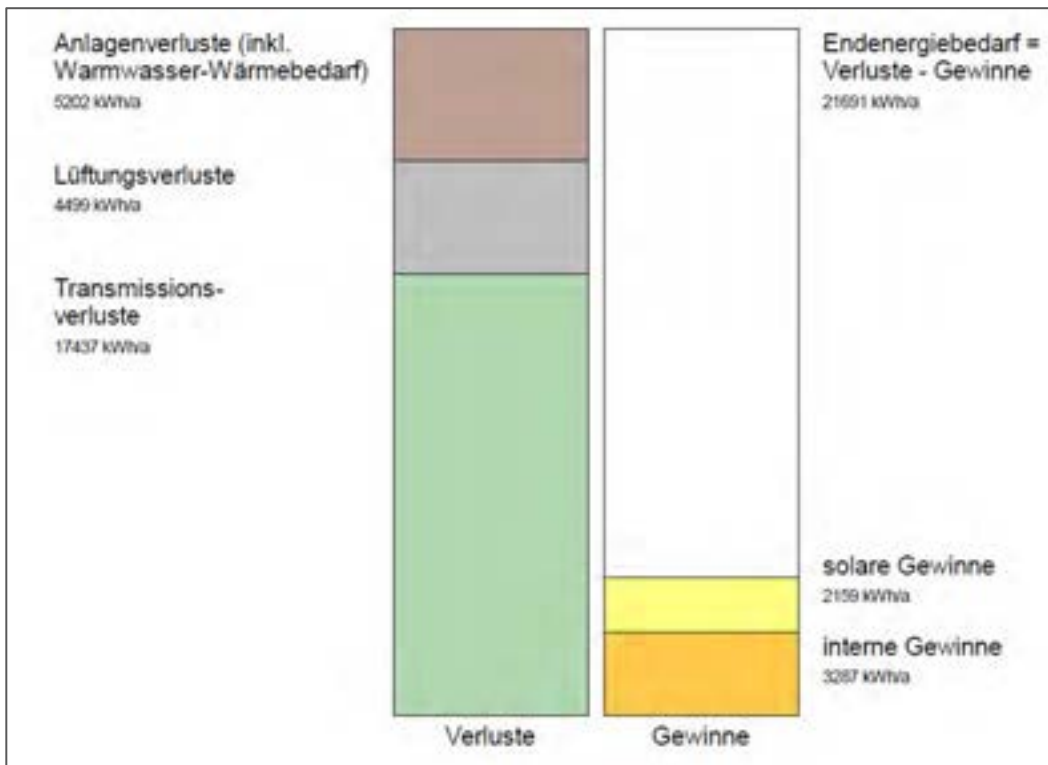


Abbildung 8-27: Energetische Verluste und Gewinne Ist-Zustand, Bahnhofstraße 26

Wie genau sich die Transmissions- und Anlagenverluste zusammensetzen, ist Abbildung 8-28 zu entnehmen. Demnach sind die größten Transmissionsverluste bei der Außenwand (11.030 kWh/a) zu verzeichnen, gefolgt vom Dach (2.460 kWh/a), dem Keller (2.200 kWh/a) und den Fenstern (1.740 kWh/a). Bei den Anlagenverlusten stellen die Heizungsverluste (2.600 kWh/a) die größten Verluste dar, gefolgt von den Warmwasserverlusten (1.400 kWh/a) und der Hilfsenergie (760 kWh/a).

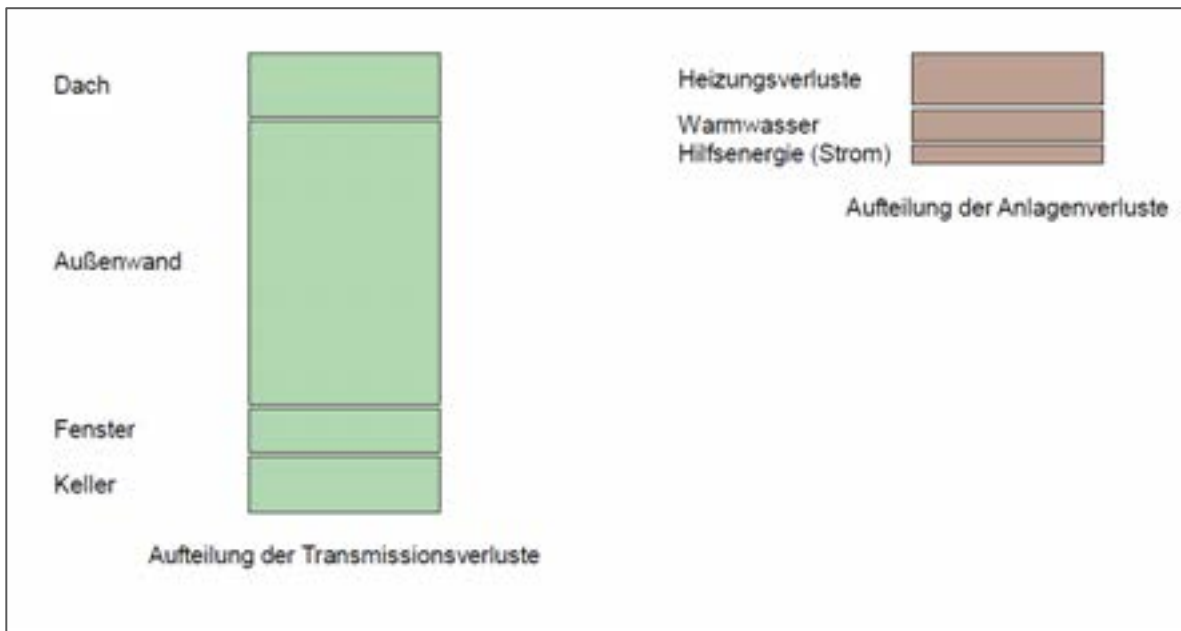


Abbildung 8-28: Energetische Verluste Ist-Zustand, Bahnhofstraße 26

Bewertung des Gebäudes

Die CO₂-Emissionen betragen im Bestand 57 kg/(m²·a). Grundlage für die CO₂-Emissionsberechnung bilden die CO₂-Emissionsfaktoren gemäß Umweltbundesamt. In der energetischen Klassenbewertung auf Basis des Endenergiebedarfs wird das Gebäude in die Kategorie G eingeordnet (Klassen A-H). Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 254 kWh/(m²·a). Wie im vorherigen Kapitel beschrieben, ist nicht der Primärenergiebedarf, sondern der Endenergiebedarf zur energetischen Bewertung des Gebäudes geeignet.

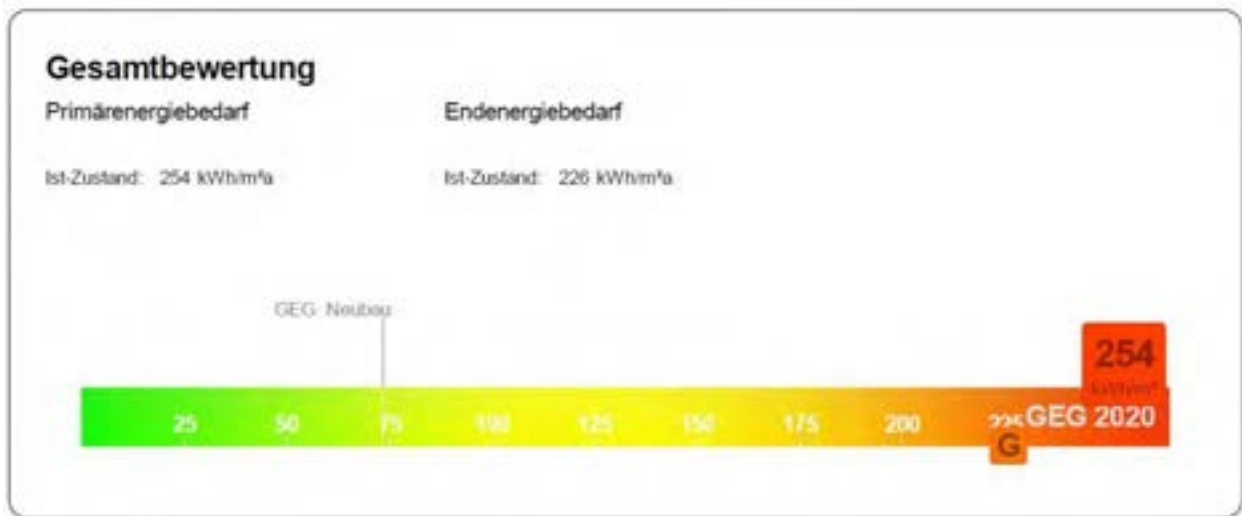


Abbildung 8-29: Gesamtbewertung Ist-Zustand, Bahnhofstr. 26

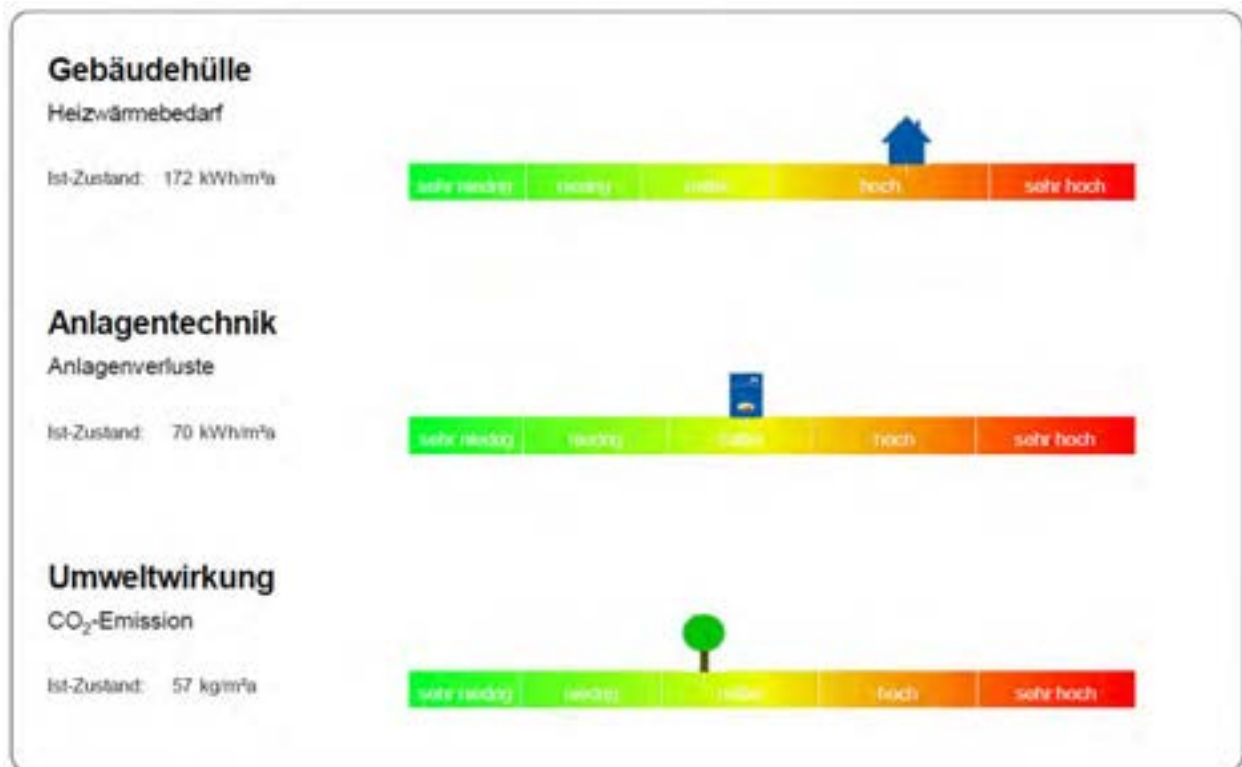


Abbildung 8-30: Gebäudehülle, Anlagentechnik, Umweltwirkung Ist-Zustand, Bahnhofstr. 26

Für die Berechnung im Rahmen dieses Projekts wurde das GEG-Standard-Nutzungsverhalten zugrunde gelegt:

- mittlere Innentemperatur: 19,0 °C,
- Luftwechselrate: 0,70 h⁻¹,
- interne Wärmegewinne: 3.287 kWh pro Jahr,

Warmwasser-Wärmebedarf: 1.201 kWh pro Jahr.

8.2.3.2 SANIERUNGSVARIANTEN

Im Folgenden werden Maßnahmen zur Sanierung vorgeschlagen, welche sinnvoll miteinander zu Gesamtpaketen kombiniert wurden.

Für eine vollumfängliche Planung ist eine objektbezogene Kostenschätzung (Leistungsphase 2) oder -berechnung (Leistungsphase 3) der HOAI von einem Architekten notwendig.

Tabelle 8-7 zeigt die Gegenüberstellung drei verschiedener Sanierungsvarianten.

Tabelle 8-7: Übersicht Sanierungsvarianten Gebäude Bahnhofstraße 26

Bauteil	V 1: WDVS, Fenster, OG	V 2a: WDVS, Fenster, OG, Wärme- pumpe, PV	V 2b WDVS, Fenster, OG, Nahwärme	V 3: EH 100 EE: zahlr. Sanierungs- maßnahmen, Nah- wärme
Baukonstruktion				
Dach				+ 10 cm Däm- mung
Oberste Geschoss- decke	14 cm Dämmung	14 cm Dämmung	14 cm Dämmung	14 cm Dämmung
OGD Anbau	22 cm Dämmung	22 cm Dämmung	22 cm Dämmung	22 cm Dämmung
Dachflächenfenster				3-fach verglaste Fenster
Außenwände West	14 cm Dämmung	14 cm Dämmung	14 cm Dämmung	14 cm Dämmung
Außenwände Nord,Ost, Süd	12 cm Dämmung	12 cm Dämmung	12 cm Dämmung	12 cm Dämmung
Fassadenfenster	3-fach verglast	3-fach verglast	3-fach verglast	3-fach verglast
Eingangstür	Hauseingangstür U _d 1,30	Hauseingangstür U _d 1,30	Hauseingangstür U _d 1,30	Hauseingangstür U _d 1,30
IW EG zum Anbau				14 cm Dämmung
IW EG Bad Anbau				14 cm Dämmung
IW 1.OG zum An- bau				16 cm Dämmung
Tür zum Anbau				Nebeneingangs- tür
Anlagentechnik				
Heizungstausch	nein	ja, Luftwärme- pumpe	ja, Nahwärme f _p =0,31	ja, Nahwärme f _p =0,31
Photovoltaik	nein	ja, 25 m ² mit 5,63 kW _p		

Variante 1

Wie in Abbildung 8-28 aufgezeigt, sind die größten Wärmeverluste an der Gebäudehülle zu verzeichnen. Diese stellt den größten energetischen Schwachpunkt dar, gefolgt von den Fenstern. Insofern wird grundsätzlich die Dämmung der Fassade sowie ein Tausch der Fenster und der Hauseingangstür empfohlen. Zusätzlich ist eine Dämmung der obersten Geschossdecke empfehlenswert, da es sich dabei um eine einfach durchzuführende, kostengünstige und energetisch effiziente Maßnahme handelt.



Abbildung 8-32: Bewertung Variante 2a, Bahnhofstraße 26

Variante 2b

Während in Variante 2a neben den Maßnahmen an der Gebäudehülle der Austausch der Anlagentechnik durch eine Luft-Wärmepumpe und Photovoltaik vorgeschlagen wird, wird in Variante 2b der Anschluss an die regenerativ erzeugte Nahwärme ($f_p=0,31$) zur zentralen Heizung und Warmwasserbereitung empfohlen. Nähere Informationen zur Nahwärme sind in Kapitel 9.1 zu finden.

Der Anschluss an ein Nahwärmenetz wurde in der Lenkungsgruppe als sinnvolle Option der Wärmeversorgung für Wankendorf diskutiert. Auch die Auswertung der abgegebenen Fragebögen zeigt, dass überwiegend Interesse an einer klimafreundlichen zentralen Wärmeversorgung besteht (Tabelle 7-1).

Der derzeitige Endenergiebedarf von 21.691 kWh/Jahr reduziert sich auf 15.535 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 6.156 kWh/Jahr bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen. Die CO₂-Emissionen werden um 4.602 kg/Jahr reduziert. Anders als der Endenergiebedarf berücksichtigt der Primärenergiebedarf auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes von 254 kWh/m²/Jahr auf 55 kWh/m²/Jahr. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 2b beträgt 28 %.

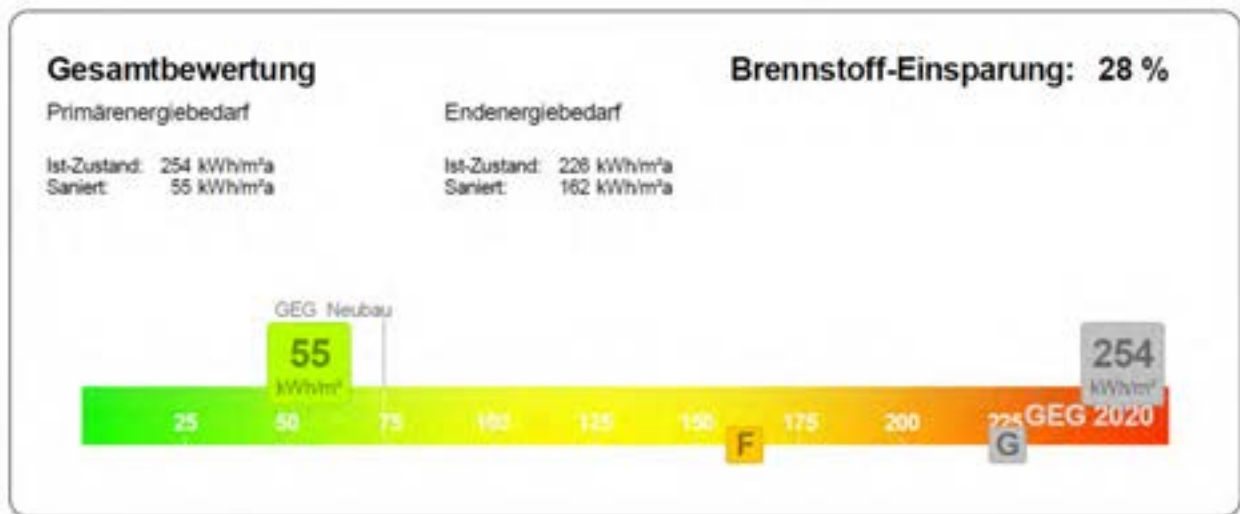


Abbildung 8-33: Bewertung Variante 2b, Bahnhofstraße 26

Variante 3

Variante 3 sieht eine Sanierung des Objekts zum Effizienzhaus 100 vor. Neben den zuvor benannten Maßnahmen an der Gebäudehülle werden hier zusätzlich die Dämmung der Innenwände zum Anbau, der Austausch der Nebeneingangstür (U_w 1,0) sowie die Dämmung des Daches inkl. des Austauschs der Dachflächenfenster vorgeschlagen. Die Variante 3 wurde als Komplettisanierung zum Effizienzhaus gerechnet, um aufzuzeigen, dass es möglich ist, die Sanierung zum Effizienzhaus zu erreichen. An dieser Stelle bleibt festzuhalten, dass die hier vorgeschlagene vollumfängliche Sanierung aktuell nicht als notwendig und als wirtschaftlich nicht sinnvoll angesehen wird. Sollte es zukünftig in der Umgebung ein Nahwärmenetz geben, wäre ein Anschluss an ein Nahwärmenetz aus energetischer Sicht zu empfehlen.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 21.691 kWh/Jahr reduziert sich auf 14.151 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 7.539 kWh bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen. Die CO_2 -Emissionen werden um 4.662 kg/Jahr reduziert. Anders als der Endenergiebedarf berücksichtigt der Primärenergiebedarf auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes von 254 kWh/m²/Jahr auf 51 kWh/m²/Jahr. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 3 beträgt 35 %.

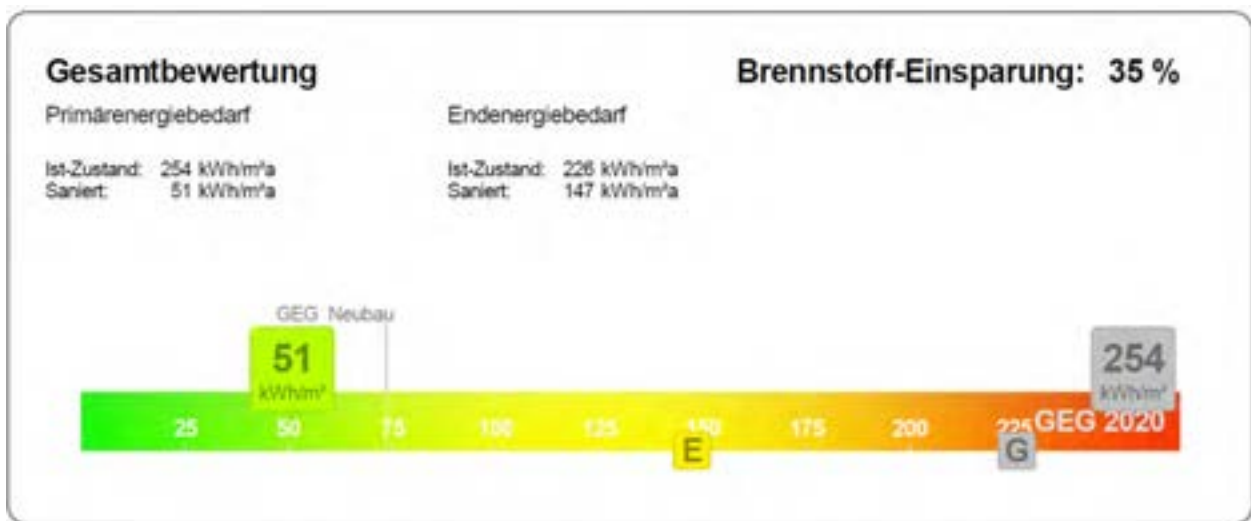


Abbildung 8-34: Bewertung Variante 3, Bahnhofstraße 26

8.2.3.3 KOSTENSCHÄTZUNG

Tabelle 8-8 enthält die Kostenschätzung und basiert auf der DIN 276 - Kosten im Hochbau.

Tabelle 8-8: Kostenschätzung Sanierungsvarianten Bahnhofstr. 26

	Variante 1a	Variante 2a	Variante 2b	Variante 3
Gesamtkosten brutto	37 T€	95 T€	51 T€	89 T€

8.2.3.4 WIRTSCHAFTLICHE AUSWERTUNG

Die wirtschaftliche Auswertung erfolgt unter Einbezug der verfügbaren Fördermittel der BEG. Dabei handelt es sich zum einen um die Förderung der Einzelmaßnahmen, die als Zuschuss vom BAFA zur Verfügung gestellt werden sowie die Förderung der Komplettsanierung zum Effizienzhaus, die durch einen Kredit der KfW ermöglicht wird.

Es wird die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen über einen Zeitraum von 20 Jahren betrachtet. Basis für die Berechnung sind die Energieverbräuche und Kosten der vergangenen Jahre. Diese wurden den Heizkostenabrechnungen des Eigentümers entnommen. Der durchschnittliche Gasverbrauch des Objekts Bahnhofstraße 26 liegt bei rund 10.000 kWh/a. Darüber hinaus wird eine Teuerungsrate des Brennstoffs von jährlich 4 % angenommen.

Die Abbildung 8-35 zeigt für die einzelnen Sanierungsvarianten eine Gegenüberstellung der Investitionskosten und Sowieso-Kosten auf der einen Seite und der Energiekostensparnis (nach 20 Jahren) sowie Förderzuschüsse auf der anderen Seite. Bei den Sowieso-Kosten handelt es sich um Kosten für Maßnahmen, dessen Ausführung mittel- bis langfristig „sowieso“ durch den Eigentümer erforderlich wären. In allen Varianten dieses Objekts werden die Dämmung der Außenwände und der Austausch der Fenster zu den Sowieso-Kosten gezählt. Aufgrund des Alters der Fenster sind diese auszutauschen. Für eine bauphysikalisch korrekte Ausführung muss das

Außenmauerwerk einen besseren Dämmwert aufweisen als die Fenster. Dies ist nur durch eine Dämmung zu erreichen.

Die Grafik zeigt, dass in der Variante 1 allein die Energiekostensparnis nach 20 Jahren unter Abzug der Sowieso-Kosten höher ist als die reinen Investitionskosten und sich damit amortisiert. Hinzu kommen die Förderzuschüsse, die die Variante 1 noch wirtschaftlicher werden lassen. In den Varianten 2a, 2b und 3 liegen die Investitionskosten unter Abzug der Sowieso-Kosten über einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren z. T. deutlich über der Energiekostensparnis und den Förderzuschüssen. Insgesamt bleibt festzuhalten, dass die Variante 1 aus wirtschaftlicher Sicht und insbesondere aus energetischer Sicht sehr zu empfehlen ist.

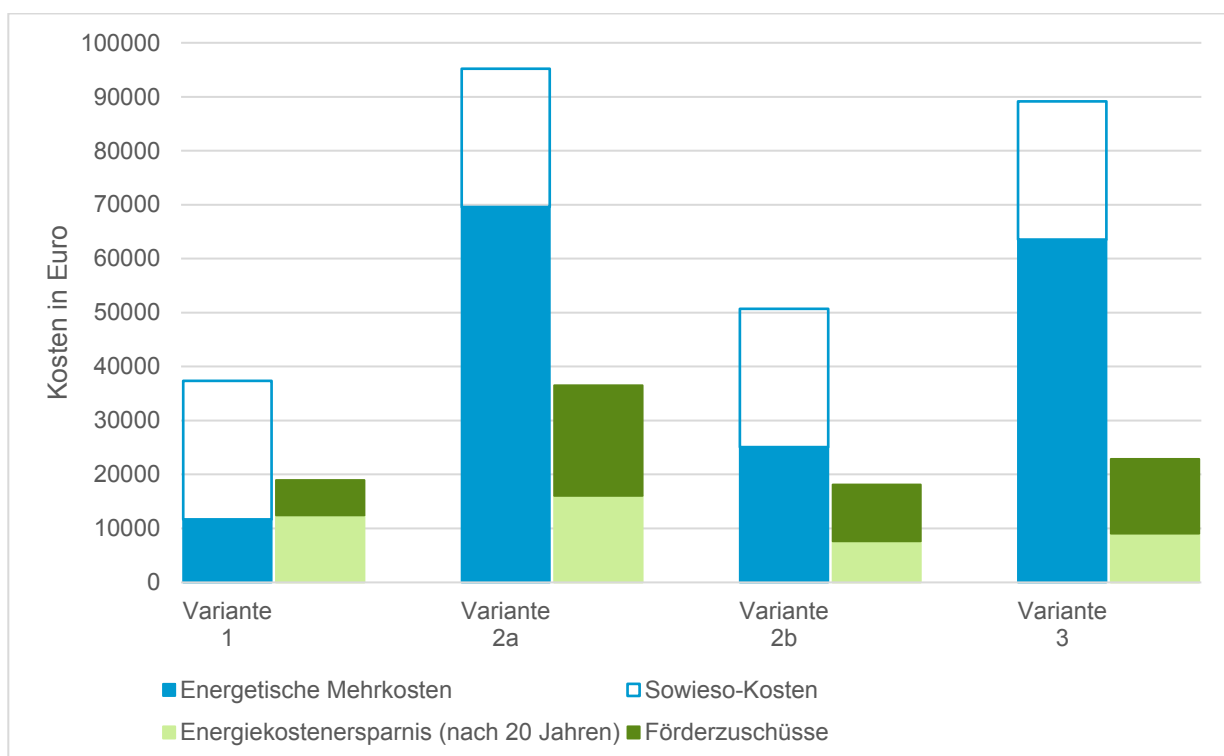


Abbildung 8-35: MSK 2, Rentabilität der Maßnahmen nach 20 Jahren

8.2.4 MUSTERSANIERUNGSKONZEPT ACHTERN HÖVEN 15

Im Zuge der Verlosung der Mustersanierungskonzepte wurde das Objekt Achtern Höven 15 ausgewählt. Es handelt sich um ein freistehendes Einfamilienhaus aus dem Jahr 1990 mit einer Nutzfläche von 236 m².



Abbildung 8-36: Achtern Höven 15, Vorderansicht, Foto: FRANK

8.2.4.1 BESTANDSAUFNAHME

Bei der Außenfassade des Objektes handelt es sich um ein zweischalig gedämmtes Mauerwerk. Auch die Geschossdecken sind wärmegeklämmt. Bei den Fenstern handelt es sich um Kunststofffenster mit 2-Scheiben-Isolierverglasung aus dem Jahr 1990. Ein Keller ist nicht vorhanden.

Das Dachgeschoss wurde ausgebaut. Zudem wurde ein komplettverglaster Wintergarten, der Teil der thermischen Hülle ist, angebaut. Im Jahr 2019 wurde die Heizungsanlage getauscht. Es handelt sich um eine Zentralheizung mit Brennwert-Kessel (Erdgas E). Weiterhin ist ein Kaminofen vorhanden.

Die Bodenplatte gegen Erdreich stellt den größten energetischen Schwachpunkt der Immobilie dar. Eine Dämmung könnte nur von oben aufgebracht werden, was einen großen Eingriff im Wohnbereich zur Folge hätte. Eine wirtschaftliche Variante zur energetischen Sanierung der Bodenplatte ist somit nicht gegeben.

Das Objekt befindet sich in einem gepflegten Allgemeinzustand.



Abbildung 8-37: 3D Modellierung, erstellt durch FRANK mit dem Programm Hottgenroth

Thermische Gebäudehülle

Zur thermischen Gebäudehülle ist festzuhalten, dass sowohl das Erdgeschoss als auch das Dachgeschoss beheizt sind.

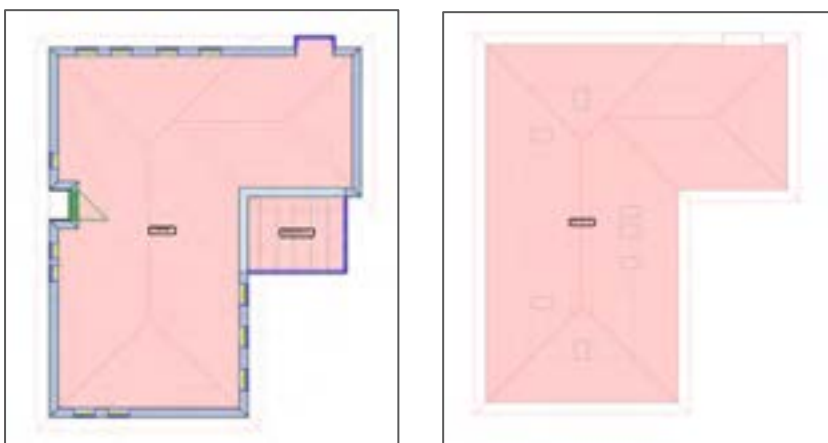


Abbildung 8-38: Thermische Gebäudehülle Achtern Höven 15, v. l. n. r. EG und DG

Energetische Bewertung Ist-Zustand

In der folgenden Tabelle befindet sich eine Zusammenstellung der einzelnen Bauteile der Gebäudehülle mit den momentanen U-Werten. Zum Vergleich sind die Mindestanforderungen angegeben, die das GEG bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden stellt.

Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/(m ² ·K)	U _{max} GEG in W/(m ² ·K)	U _{max} BEG in W/(m ² ·K)
DA	Dachflächen	201,81	0,26	0,24	0,14
DA	Wintergardendach	2,25	1,30	0,24	-
FA	Dachflächenfenster	3,75	2,70	1,30	1,00
FA	Fenster (Wintergarten)	41,47	1,30	1,40	-
FA	Fassadenfenster	20,49	3,00	1,30	0,95
FA	Fenster (Bad)	0,69	1,90	1,30	0,95
BA	Überhang Hauseingang	1,21	0,30	0,24	0,20
WA	Außenwände	140,24	0,40	0,42	0,20
WA	Wandkonstruktion (Wintergarten)	2,72	1,30	1,30	-
BE	Boden EG	186,37	0,61	0,30	0,25
TA	Hauseingangstür	3,11	2,90		1,30

Energiebilanz

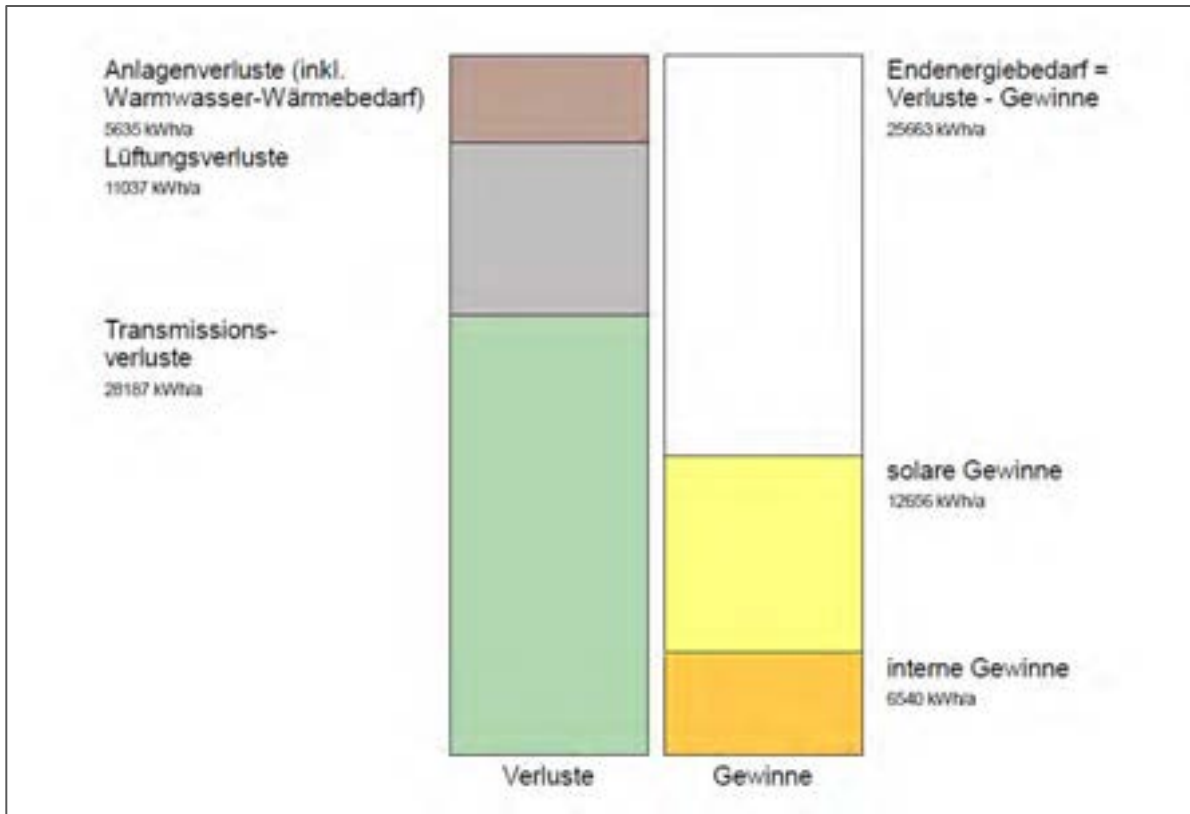


Abbildung 8-39: Energetische Verluste und Gewinne Ist-Zustand, Achtern Höven 15

Wie genau sich die Transmissions- und Anlagenverluste zusammensetzen, ist der nachfolgenden Grafik zu entnehmen. Demnach sind die größten Transmissionsverluste bei den Fenstern (10.220 kWh/a) zu verzeichnen, gefolgt von der Außenwand (6.400 kWh/a), dem Keller (5.810 kWh/a) und dem Dach (5.760 kWh/a). Bei den Anlagenverlusten stellen die Warmwasserverluste (4.110 kWh/a) die größten Verluste dar, gefolgt von der Hilfsenergie (520 kWh/a).

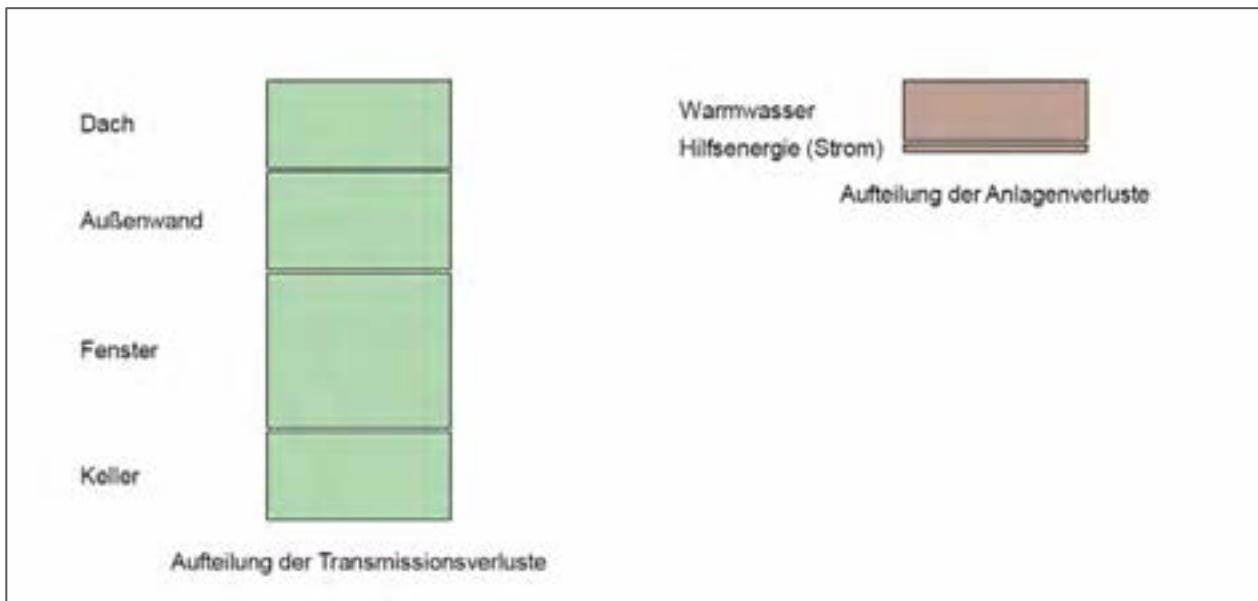


Abbildung 8-40: Energetische Verluste Ist-Zustand, Achtern Höven 15

Bewertung des Gebäudes

Die CO₂-Emissionen betragen im Bestand 27 kg/(m²·a). Grundlage für die CO₂-Emissionsberechnung bilden die CO₂-Emissionsfaktoren gemäß Umweltbundesamt. In der energetischen Klassenbewertung auf Basis des Endenergiebedarfs wird das Gebäude in die Kategorie D eingeordnet (Klassen A-H). Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m² Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 121 kWh/(m²·a). Wie im vorherigen Kapitel beschrieben, ist nicht der Primärenergiebedarf, sondern der Endenergiebedarf zur energetischen Bewertung des Gebäudes geeignet.



Abbildung 8-41: Gesamtbewertung Ist-Zustand, Achtern Höven 15

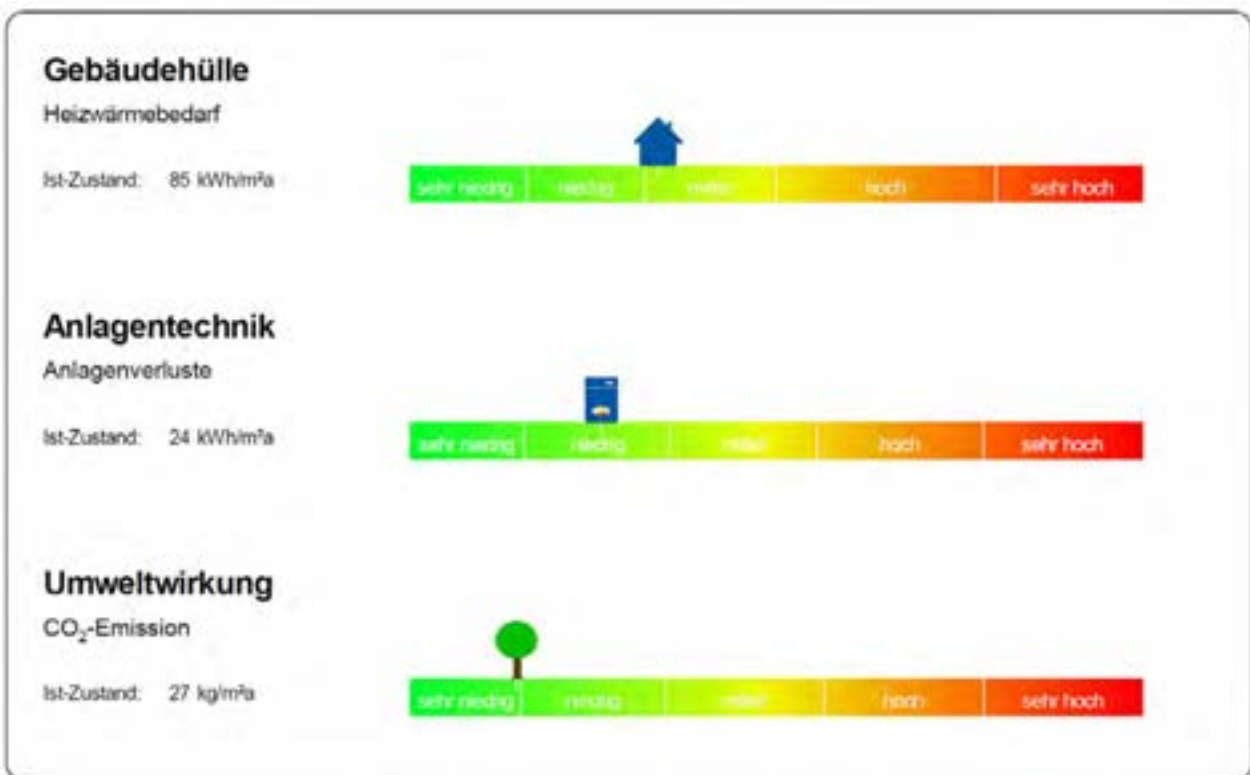


Abbildung 8-42: Gebäudehülle, Anlagentechnik, Umweltwirkung Ist-Zustand, Achtern Höven 15

Für die Berechnung im Rahmen dieses Projekts wurde das GEG-Standard-Nutzungsverhalten zugrunde gelegt:

- mittlere Innentemperatur: 19,0 °C,
- Luftwechselrate: 0,70 h⁻¹,
- interne Wärmegevinne: 6.540 kWh pro Jahr,

Warmwasser-Wärmebedarf: 2.947 kWh pro Jahr.

8.2.4.2 SANIERUNGSVARIANTEN

Im Folgenden werden Maßnahmen zur Sanierung vorgeschlagen, welche sinnvoll miteinander zu Gesamtpaketen kombiniert wurden.

Für eine vollumfängliche Planung ist eine objektbezogene Kostenschätzung (Leistungsphase 2) oder -berechnung (Leistungsphase 3) der HOAI von einem Architekten notwendig.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Gegenüberstellung drei verschiedener Sanierungsvarianten.

Bauteil	V 1a: Fassadenfenster, Haustür, Einblas- dämmung	V 1b: Fassadenfenster, Haustür, Einblas- dämmung, Solar- thermie	V 2a: EH-100 EE mit WP+PV	V 2b: EH-100 EE mit Nahwärme
Baukonstruktion				
Dach	-	-	16 cm Zwischen-sparrendämmung WLG 035 (Be-stand) + 14 cm Holzfaser Auf-dachdämmung WLG 045	16 cm Zwischen-sparrendämmung WLG 035 (Be-stand) + 14 cm Holzfaser Auf-dachdämmung WLG 045
Dachflächenfenster	-	-	3-fach verglaste Dachflächenfenstr $U_w 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	3-fach verglaste Dachflächenfenster $U_w 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Außenwand	4 cm Einblasdäm-mung WLG 035	4 cm Einblasdäm-mung WLG 035	4 cm Einblasdäm-mung WLG 035	4 cm Einblasdäm-mung WLG 035
Fenster (Fassade)	3-fach verglaste Fenster $U_w 0,90 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	3-fach verglaste Fenster $U_w 0,90 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	3-fach verglaste Fenster $U_w 0,90 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	3-fach verglaste Fenster $U_w 0,90 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Eingangstür	Hauseingangstür $U_d 1,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Hauseingangstür $U_d 1,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Hauseingangstür $U_d 1,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Hauseingangstür $U_d 1,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Bodenplatte	-	-	-	-
Wintergarten	-	-	-	-
Anlagentechnik				
Hydraulischer Abgleich	nein	ja	ja	ja
Dämmung der Hei-zungsleitungen im Keller	nein	nein	ja	ja
Vor-/Rücklauf-temperatur	55 °C / 45 °C	55 °C / 45 °C	55 °C / 45 °C	55 °C / 45 °C
Austausch Thermostat-ventil	nein	nein	nein	nein
Austausch Heizungs-anlage	nein	nein	ja, Wärmepumpe	ja, Nahwärme mit $f_p = 0,31$
Solarthermie (Hei-zungsunterstützend)	nein	ja	nein	nein
Photovoltaik	nein	nein	ja, 25 m ² mit 5,63 kW _p	nein
Wärmebrückenfaktor	0,1	0,1	0,1	0,1
Luftwechselrate	0,70	0,70	0,70	0,70

Variante 1a

Wie in der Abbildung 8-40 aufgezeigt, sind die größten Wärmeverluste durch die Fenster zu verzeichnen. Diese stellen damit den größten energetischen Schwachpunkt des Gebäudes dar.

In der Variante 1a wird ein Tausch der Fenster, der Hauseingangstür und eine Einblasdämmung für die Außenwand empfohlen. Der Tausch der Fenster wird aufgrund ihres Alters mittelfristig als notwendig angesehen. Da aufgrund des zweischaligen Mauerwerks eine Luftschicht gegeben ist, stellt die Einblasdämmung eine sinnvolle geringinvestive Maßnahme dar.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 25.663 kWh/Jahr reduziert sich auf 22.365 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 3.297 kWh/Jahr bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen. Die CO₂-Emissionen werden um 798 kg/Jahr reduziert. Anders als der Endenergiebedarf berücksichtigt der Primärenergiebedarf auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes von 121 kWh/m²/Jahr auf 106 kWh/m²/Jahr. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 1a beträgt 13 %.

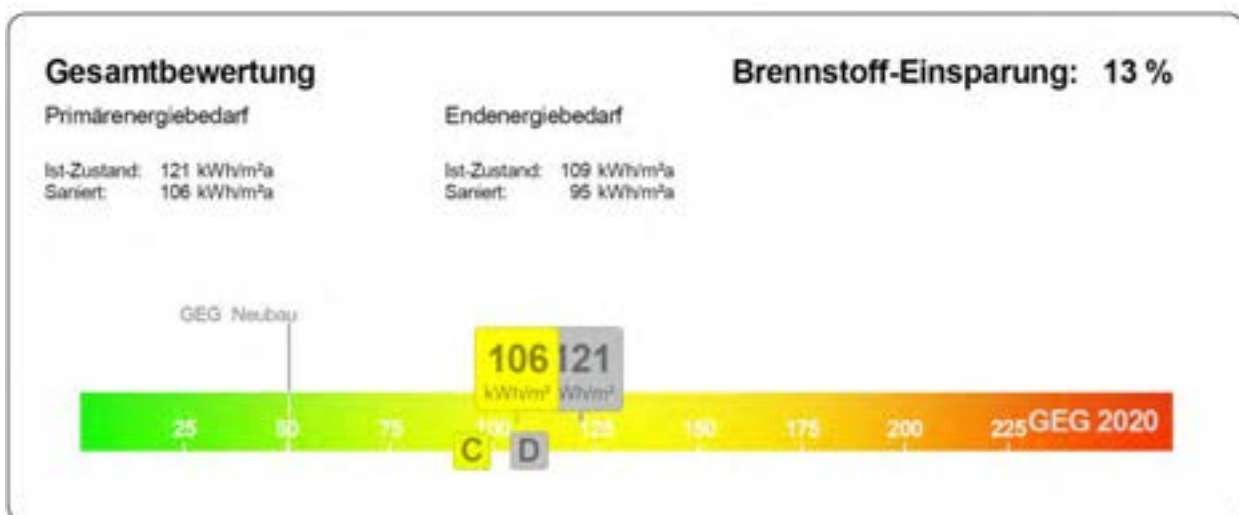


Abbildung 8-43: Bewertung Variante 1a, Achtern Höven 15

Variante 1b

In der Variante 1b wird zusätzlich zu den in Variante 1a aufgeführten Maßnahmen an der Gebäudehülle eine Solarthermieanlage zur Unterstützung des Brennwert-Kessels für das Heizen und die Warmwasserbereitung installiert.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 25.663 kWh/Jahr reduziert sich auf 17.789 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 7.874 kWh bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen. Die CO₂-Emissionen werden um 1.882 kg/Jahr reduziert. Anders als der Endenergiebedarf berücksichtigt der Primärenergiebedarf auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes von 121 kWh/m²/Jahr auf 85 kWh/m²/Jahr. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 1b beträgt 31 %.

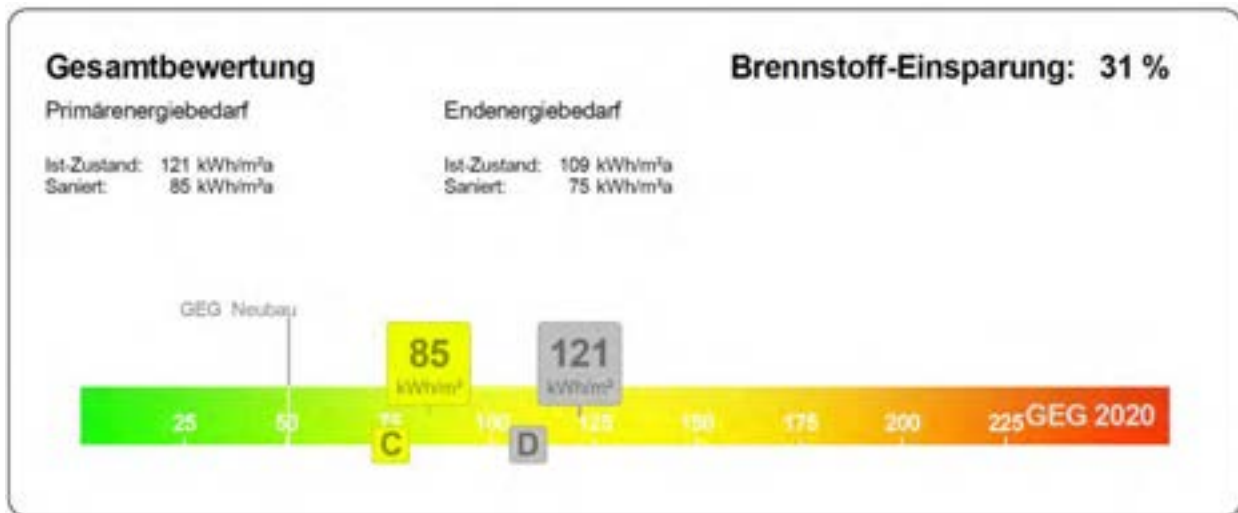


Abbildung 8-44: Bewertung Variante 1b, Achtern Höven 15

Variante 2a

Variante 2a sieht eine Sanierung des Objekts zum Effizienzhaus 100 EE vor. Neben den zuvor benannten Maßnahmen an der Gebäudehülle sind hier zusätzlich eine Zwischensparren- und Aufdachdämmung des Daches sowie ein Austausch der Dachflächenfenster (U_w 1,0) vorgesehen.

Zudem sieht diese Sanierungsvariante für das Heizen und die Warmwasserbereitung die Installation einer Luft-Wärmepumpe vor. Darüber hinaus enthält der Vorschlag dieser Sanierungsvariante die Installation einer Photovoltaikanlage, um einen möglichst hohen Selbstversorgungsanteil zu realisieren. Für ein Einfamilienhaus reicht in der Regel die Installation einer PV-Anlage mit 25 m² Bruttogesamtfläche und einer Gesamtleistung von 5,63 kW_p aus. Im Falle einer Umsetzung sollte eine Solarsimulation durchgeführt werden, um das wirtschaftlichste Kosten-Nutzen-Verhältnis dazustellen.

Die Variante 2a wurde als Komplettsanierung zum Effizienzhaus gerechnet, um aufzuzeigen, dass es möglich ist, die Sanierung zum Effizienzhaus zu erreichen. An dieser Stelle bleibt festzuhalten, dass die hier vorgeschlagene vollumfängliche Sanierung aktuell nicht als notwendig und als wirtschaftlich nicht sinnvoll angesehen wird. Sollte das Dach mittelfristig angefasst werden müssen, könnte in dem Zuge die Aufdachdämmung realisiert werden.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 25.663 kWh/Jahr reduziert sich auf 7.498 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen eine Einsparung von 18.164 kWh/Jahr. Die CO₂-Emissionen werden um 2.390 kg/Jahr reduziert. Anders als der Endenergiebedarf berücksichtigt der Primärenergiebedarf auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes von 121 kWh/m²/Jahr auf 54 kWh/m²/Jahr. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 2a beträgt 71 %.

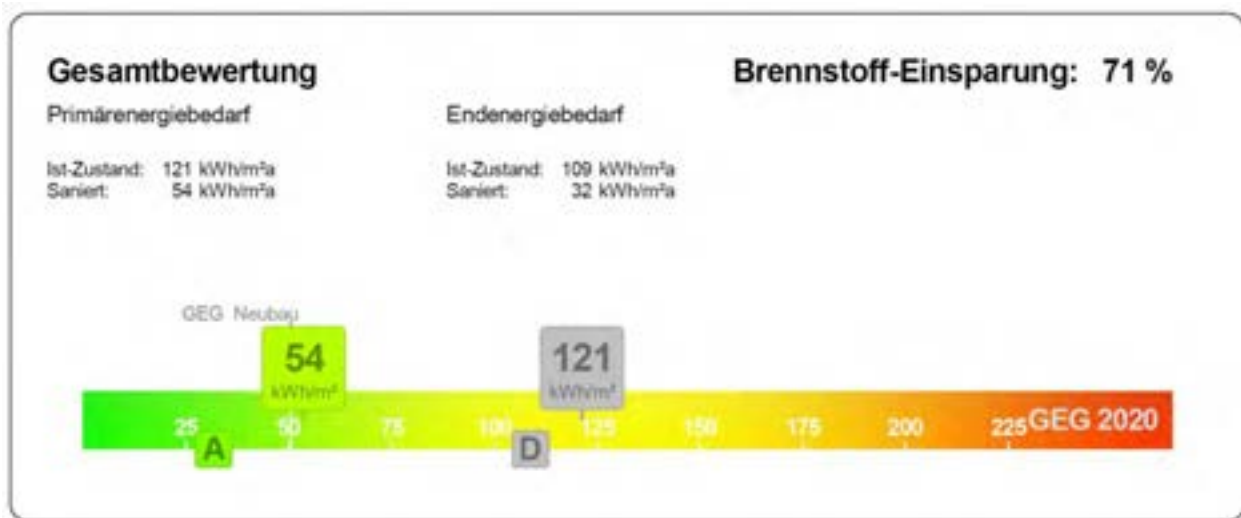


Abbildung 8-45: Bewertung Variante 2a, Achtern Höven 15

Variante 2b

So wie auch die Variante 2a sieht die Variante 2b eine Sanierung des Objekts zum Effizienzhaus 100 EE vor. Der einzige Unterschied zwischen den beiden Varianten liegt in der Anlagentechnik. So wird in der Variante 2b der Anschluss an die Nahwärme empfohlen, sollte es zukünftig in der Umgebung ein Nahwärmenetz geben.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 25.663 kWh/Jahr reduziert sich auf 22.372 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 3.290 kWh bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen. Die CO₂-Emissionen werden um 5.193 kg/Jahr reduziert. Anders als der Endenergiebedarf berücksichtigt der Primärenergiebedarf auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes von 121 kWh/m²/Jahr auf 31 kWh/m²/Jahr. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 2b beträgt 13 %.

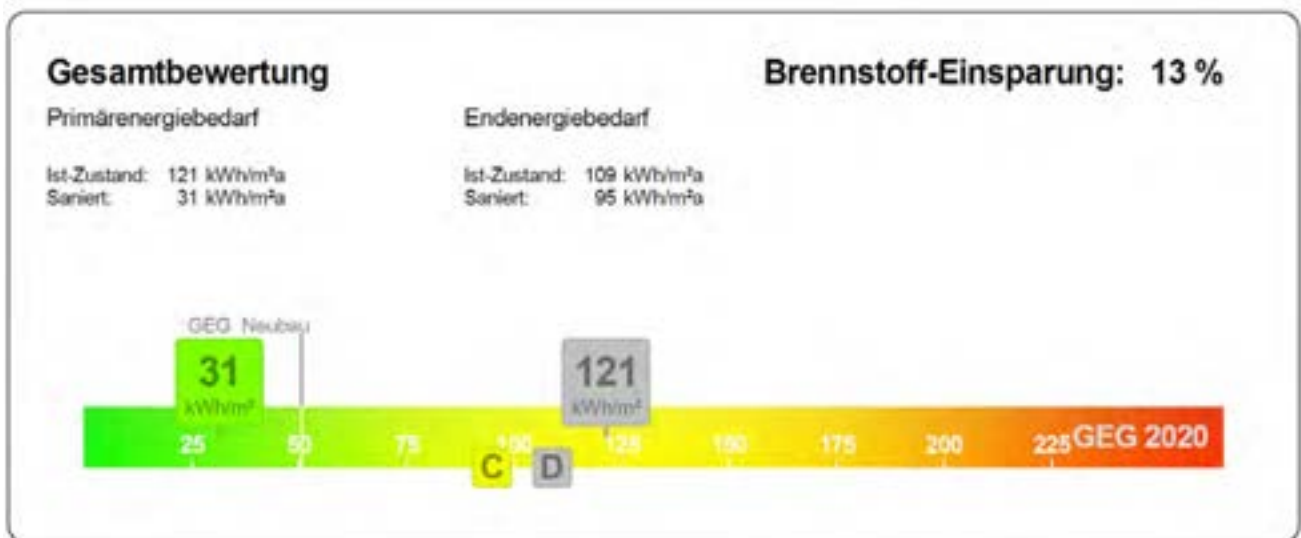


Abbildung 8-46: Bewertung Variante 2b, Achtern Höven 15

8.2.4.3 KOSTENSCHÄTZUNG

Die nachstehende Tabelle enthält die Kostenschätzung und basiert auf der DIN 276 - Kosten im Hochbau.

Tabelle 8-9: Kostenschätzung Achtern Höven 15

	Variante 1a	Variante 1b	Variante 2a	Variante 2b
Gesamtkosten brutto	27 T€	42 T€	181 T€	136 T€

8.2.4.4 WIRTSCHAFTLICHE AUSWERTUNG

Die wirtschaftliche Auswertung erfolgt unter Einbezug der verfügbaren Fördermittel der BEG. Dabei handelt es sich zum einen um die Förderung der Einzelmaßnahmen, die als Zuschuss vom BAFA zur Verfügung gestellt werden sowie die Förderung der Komplettsanierung zum Effizienzhaus, die durch einen Kredit der KfW ermöglicht wird.

Es wird die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen über einen Zeitraum von 20 Jahren betrachtet. Basis für die Berechnung sind die Energieverbräuche und -kosten der vergangenen Jahre. Diese wurden den Heizkostenabrechnungen des Eigentümers entnommen. Der durchschnittliche Gasverbrauch des Objekts Achtern Höven 15 liegt bei rund 18.000 kWh/a. Darüber hinaus wird eine Teuerungsrate des Brennstoffs von jährlich 4 % angenommen.

Die Abbildung 8-47 zeigt für die einzelnen Sanierungsvarianten eine Gegenüberstellung der Investitionskosten und Sowieso-Kosten auf der einen Seite und der Energiekostensparnis (nach 20 Jahren) sowie Förderzuschüsse auf der anderen Seite. Bei den Sowieso-Kosten handelt es sich um Kosten für Maßnahmen, dessen Ausführung mittel- bis langfristig „sowieso“ durch den Eigentümer erforderlich wären. In allen Varianten dieses Objekts wird nur der Austausch der Fenster zu den Sowieso-Kosten gezählt.

Die Grafik zeigt, dass sich keine der Varianten schon nach 20 Jahren amortisiert hat. Dennoch werden die Varianten 1a und 1b aus energetischer Sicht mittelfristig empfohlen. Die Varianten 2a und 2b stellen sich aktuell als unwirtschaftlich dar.

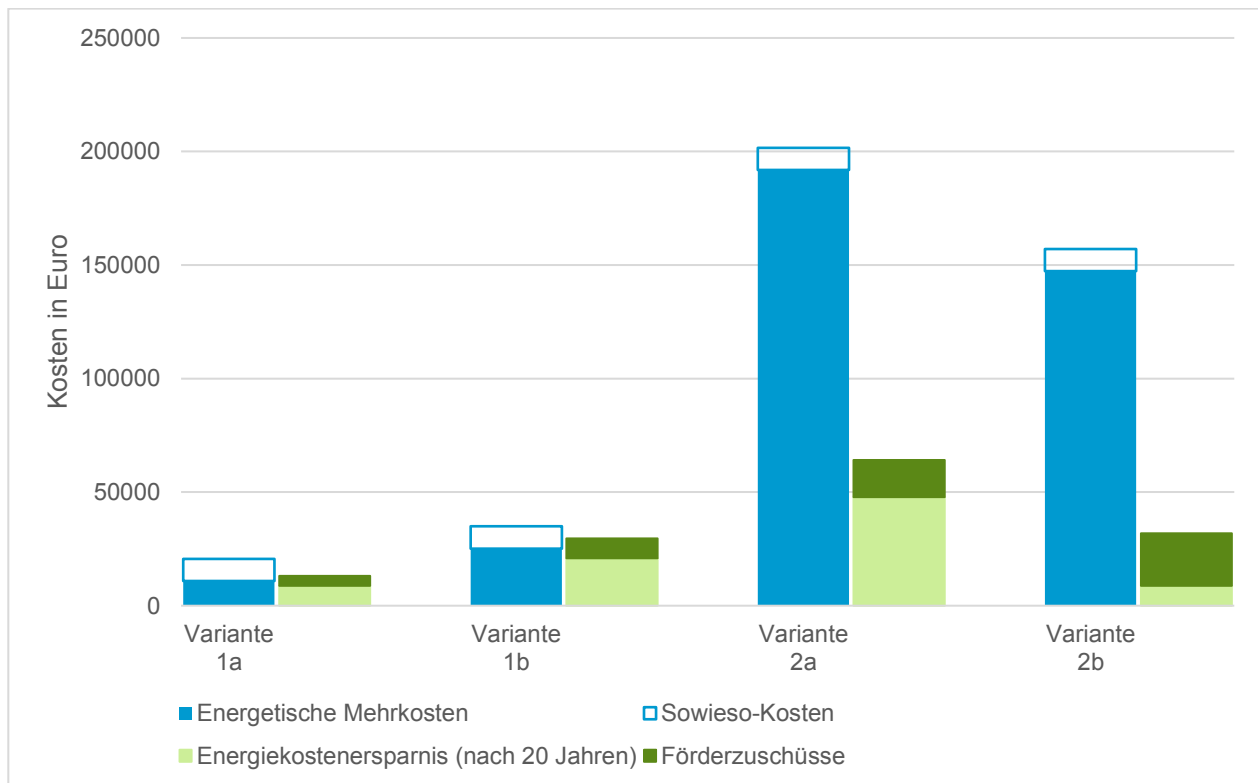


Abbildung 8-47: MSK 3, Rentabilität der Maßnahmen nach 20 Jahren

8.2.5 ZUSAMMENFASSENDE ERGEBNISSE DER MUSTERSANIERUNGSKONZEPTE

Für die drei Gebäude Bahnhofstraße 12, Bahnhofstraße 26 und Achtern Höven 15 wurden zunächst detaillierte Bestandsaufnahmen durchgeführt, bei denen der derzeitige energetische Zustand jedes Gebäudes ermittelt und energetische Schwachpunkte identifiziert wurden. Darauf aufbauend wurden für jedes Objekt verschiedene Sanierungsvarianten erarbeitet. Insgesamt kann festgehalten werden, dass alle drei untersuchten Gebäude Potenzial zur energetischen Sanierung bieten.

Bei dem Objekt Bahnhofstraße 12 bietet die Heizungsanlage, trotz verschiedener durchgeführter Instandhaltungsmaßnahmen, Verbesserungspotenziale. Von den erarbeiteten Sanierungsvarianten werden vor allem die Variante 1b (Anschluss an die Nahwärme) oder die Variante 1c (Installation einer Luft-Wärmepumpe und Belegung des Daches mit Photovoltaik) empfohlen. Damit könnten 26 % (Variante 1b) bzw. 76 % (Variante 1c) Brennstoff eingespart werden. Diese beiden Varianten amortisieren sich über einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren durch die hohe Energiekostensparnis und die Förderzuschüsse.

Bei dem Objekt Bahnhofstraße 26 sind hohe Transmissionsverluste durch die Außenwände zu verzeichnen, weshalb vor allem in diesem Bereich energetische Einsparpotenziale zu verzeichnen sind. Von den erarbeiteten Sanierungsvarianten wird vor allem die Variante 1 empfohlen, bei der die Außenwände und die oberste Geschossdecke gedämmt und die Fenster sowie die Hausingangstür ausgetauscht werden. Bei der Variante beträgt die Brennstoff-Einsparung 28 %. Unter Abzug der Sowieso-Kosten, zu denen die Dämmung der Außenwand und der Austausch der Fenster zählen, liegen die Energiekostensparnis und die Förderzuschüsse in dieser Variante über den Investitionskosten, wodurch sich die Variante 1 rentiert.

Das Gebäude Achtern Höven 15 verzeichnet die größten Wärmeverluste durch die Fenster, wodurch diese den größten energetischen Schwachpunkt der Immobilie darstellen. Die Variante 1a empfiehlt in einem Zug den Austausch der Fenster und die zusätzliche Dämmung der Fassade mittels Einblasdämmung. Dies würde zu einer Brennstoff-Einsparung von 13 % führen. Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ergibt, dass sich die Variante 1a nach 20 Jahren noch nicht amortisiert hat. Dennoch ist ein Austausch der Fenster aus energetischer Sicht mittelfristig zu empfehlen.

Für die Objekte Bahnhofstraße 12 und Achtern Höven 15 ist zudem festzuhalten, dass diese nicht unterkellert sind. Das Objekt Bahnhofstraße 26 ist zu einem Viertel unterkellert. Neben den beschriebenen energetischen Schwachpunkten stellt bei den drei Objekten die Bodenplatte gegen Erdreich die größte energetische Schwachstelle der Immobilien dar. Eine Dämmung könnte nur von oben aufgebracht werden, was einen großen Eingriff im Wohnbereich zur Folge hätte und sich nicht wirtschaftlich darstellen lässt.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass mit den Einzelmaßnahmen-Varianten Maßnahmen erarbeitet wurden, die die wesentlichen bautechnischen Punkte aufnehmen, die aktuell für Mängel an dem Objekt sorgen. Mit der Effizienzhaus 100-Variante sollte für jedes Objekt aufgezeigt werden, dass es möglich ist, eine Komplettsanierung des Gebäudes zu einem Effizienzhaus durchzuführen. Jedoch wird diese Komplettsanierung derzeit für keines der Objekte empfohlen, da sie gegenwärtig bei keinem der Objekte energetisch erforderlich ist und sich die vollumfängliche Sanierung aktuell nicht wirtschaftlich darstellt.

Grundsätzlich ist bei der Entscheidung über Sanierungsmaßnahmen neben der Amortisation immer auch der verminderte Emissionsausstoß sowie die sofortige Wertsteigerung der Immobilie und der erhöhte Wohnkomfort zu betrachten.

9 VERSORGUNGSOPTIONEN UND -SZENARIEN

Die Reduzierung des Wärmebedarfs mithilfe energetischer Sanierung von Gebäuden ist ein erster Teilbereich des Quartierskonzeptes. Ein zweiter Bestandteil ist die Optimierung der Wärmeversorgung und ihre Anpassung an den zukünftig geringeren Verbrauch. 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 zum Großteil aktuell üblich ist, wird im jeweiligen Gebäude selbst Wärme erzeugt; dies geschieht im Quartier bisher überwiegend auf Erdgasbasis. 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 Wasser-Wärmepumpe Wärme entzogen. Wasser-Wärmepumpen 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 führen. Das Quartier in Wankendorf weist gute Voraussetzungen durch die relativ zentralisierte Anordnung der Wohngebäude auf, sodass eine leitungsgebundene Wärmeversorgung des Gesamtquartiers anhand ökologischer, technischer und wirtschaftlicher Kriterien auf Realisierbarkeit geprüft wurde. Ebenfalls wird die Möglichkeit einer Erweiterung der Nahwärmeversorgung auf das zukünftige Neubaugebiet „Backofenkoppel“, für das derzeit jedoch keine differenzierteren Planungen vorliegen, untersucht. Auf dem drei Hektar großen Areal ist ein Mix aus Ein- und Zweifamilienhäusern sowie Mehrfamilienhäusern geplant.

Gegenwärtig versorgt die Biogasanlage (BGA) des Gut Löhndorf zusätzlich zum Eigenbedarf über ein Wärmenetz 13 Gebäude des Quartiers, u. a. das Seniorenwohnheim und die Schule. Hierfür wurde ein BHKW nördlich des Sportfeldes errichtet, das über eine Gasleitung von Gut Löhndorf mit Biogas versorgt wird („Satelliten-BHKW“). Im BHKW wird Biogas in Strom und Wärme umgewandelt und die Wärme in ein Wärmenetz eingespeist. Das BHKW weist noch Wärme-Reserven auf, die bei einer Erweiterung des Wärmenetzes genutzt werden können.

Es werden drei verschiedene Netzvarianten betrachtet, die auch die genannten Kapazitäten des BHKW zur Bereitstellung weiterer Wärme sowie z. T. nach Möglichkeit die Nahwärmeversorgung des zukünftigen Baugebietes berücksichtigen (vgl. Abbildung 9-2):

- Netzvariante 1: Zentrale Wärmeversorgung des gesamten bestehenden Quartiers,⁵
- Netzvariante 2: Zentrale Wärmeversorgung des gesamten bestehenden Quartiers sowie des Neubaugebietes „Backofenkoppel“,
- Netzvariante 3: Kaltes Nahwärmenetz im Neubaugebietes „Backofenkoppel“

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 oder nahe einer Straße mit hohem Verkehrsaufkommen verortet werden, da so innerörtliche Störungen von Wohngebieten durch Emissionen, Brennstofflieferungen u. a. minimiert werden können. Im Quartier bietet sich dafür u. a. das bestehende Gelände im Norden an, auf dem bereits das Satteliten-BHKW betrieben wird (vgl. Abbildung 9-1).

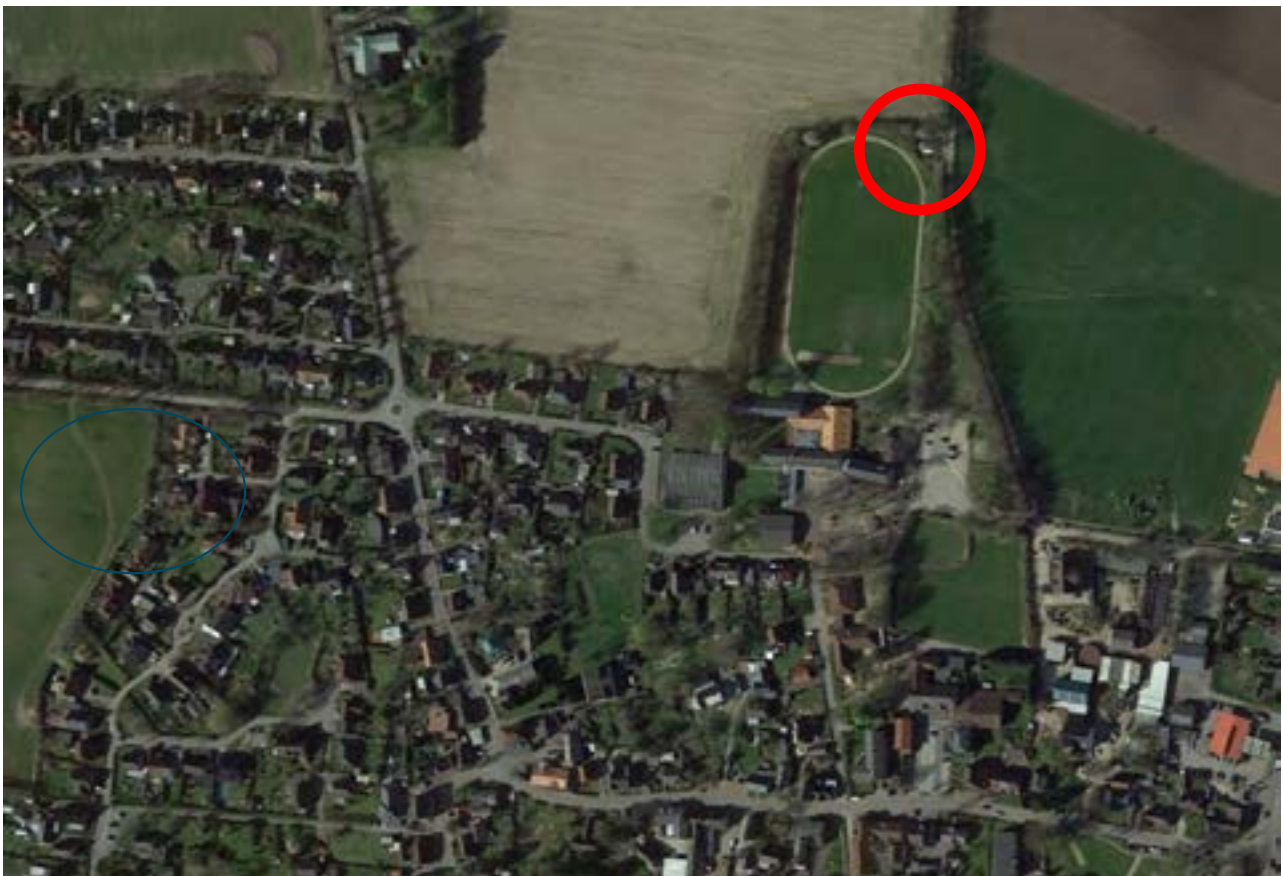


Abbildung 9-1: Mögliche Lage einer Heizzentrale (Google LLC, 2022)

⁵ Es werden auch für die Gebäude, die bereits an das Wärmenetz angeschlossen sind, Investitionskosten für das Wärmenetz berücksichtigt, da davon auszugehen ist, dass das bisherige Netz für eine Vollversorgung nicht ausreicht.

9.1.1 TECHNISCHE VERSORGUNGSLÖSUNGEN

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, Pyrolyse und Solarthermieanlagen 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 der Wärmeversorgung von Quartieren und den hohen Investitionen, der unklaren Nutzungsmöglichkeit der Reststoffe sowie den hohen Betriebs- und Wartungskosten erfolgten keine weiterführenden Untersuchungen.
- Die Integration von solarthermischen Anlagen in die technischen Versorgungslösungen wurde aufgrund nicht vorhandener Flächen ausgeschlossen.

Auf dem Gut Löhndorf befindet sich die Biogasanlage Biogas Löhndorf GmbH & Co. KG, die seit 2006 ein BHKW mit einer elektrischen Leistung von 1.415 kW betreibt. Seit 2014 erfolgt eine flexibilisierte (stromnachfrageorientierte) Betriebsführung mit Inanspruchnahme der Flexibilitätsprämie. Die Betreiber der Biogasanlage versorgen seit 2011 mit einem zweiten BHKW im Quartier (Satelliten-Betrieb; 544 kW_{el}) bereits Verbraucher im Quartier über ein Nahwärmenetz, das auch einer leitungsgebundenen Wärmeversorgung des gesamten Quartiers sowie des Neubaugebiets „Backofenkoppel“ dienen könnte.

Die Wärme, die die noch verbleibenden Kapazitäten der Biogasanlage 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 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 eingegangen 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 umliegenden Biogasanlagen erfolgen.⁶ 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.

Eine alternative, nach Abstimmung mit der Lenkungsgruppe betrachtete Quelle zur Versorgung des Nahwärmenetzes im Quartier bilden elektrisch betriebene Luftwärmepumpen, die Außenluft zur Wärmezeugung nutzen. Solch ein Konzept ist vor allem dann interessant, wenn eine Photovoltaikanlage 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.

Ebenfalls wird die Versorgung des Neubaugebietes über ein sogenanntes kaltes Nahwärmenetz untersucht. Die Heizwärme- und Warmwasserversorgung erfolgt durch elektrisch betriebene Wärmepumpen. Diese befinden sich in den zu versorgenden Gebäuden und sind mit einem kalten Nahwärmenetz verbunden, welches dem Erdreich durch Sonden Wärme entzieht. Eine elektrische Nacherwärmung sorgt für die notwendige Temperaturerhöhung des Trinkwarmwassers. Eine Alternative zu Erdwärmesonden bilden Erdkollektoren, die zwar leistungsspezifisch kostengünstiger sind, jedoch deutlich mehr Fläche für die gleiche Leistung benötigen.

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 Nahwärmeverluste sind hierbei exemplarisch für ein gut gedämmtes und zu empfehlendes Netz sogenannter Twin-Rohren mit gemeinsamem Vor- und Rücklauf in einem Mantel und gemeinsamer Isolierung betrachtet worden.

Die Auslegung der Wärmenetze erfolgte nach den aktuellen Wärmebedarfen der Gebäude. Grundlage der Berechnungen ist angesichts der hier gegebenen Netz- bzw. Nutzerkonstellationen eine Anschlussquote von 100 %, so dass mit den berechneten Kapazitäten langfristig ein Wärmeanschluss für jeden Haushalt gewährleistet werden kann. Alle Wärmezeugungsanlagen 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

⁶ Diese Möglichkeiten könnten ggf. im Rahmen eines auf das Quartierskonzeptes folgenden Sanierungsmanagements näher geprüft werden.

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 mögliche Trassenführung des untersuchten Wärmenetzes zur Versorgung des gesamten Quartiers dar. Auf die genaue Darstellung des Neubaugebiets wurde verzichtet und lediglich seine Lage im Nordwesten des Quartiers markiert.

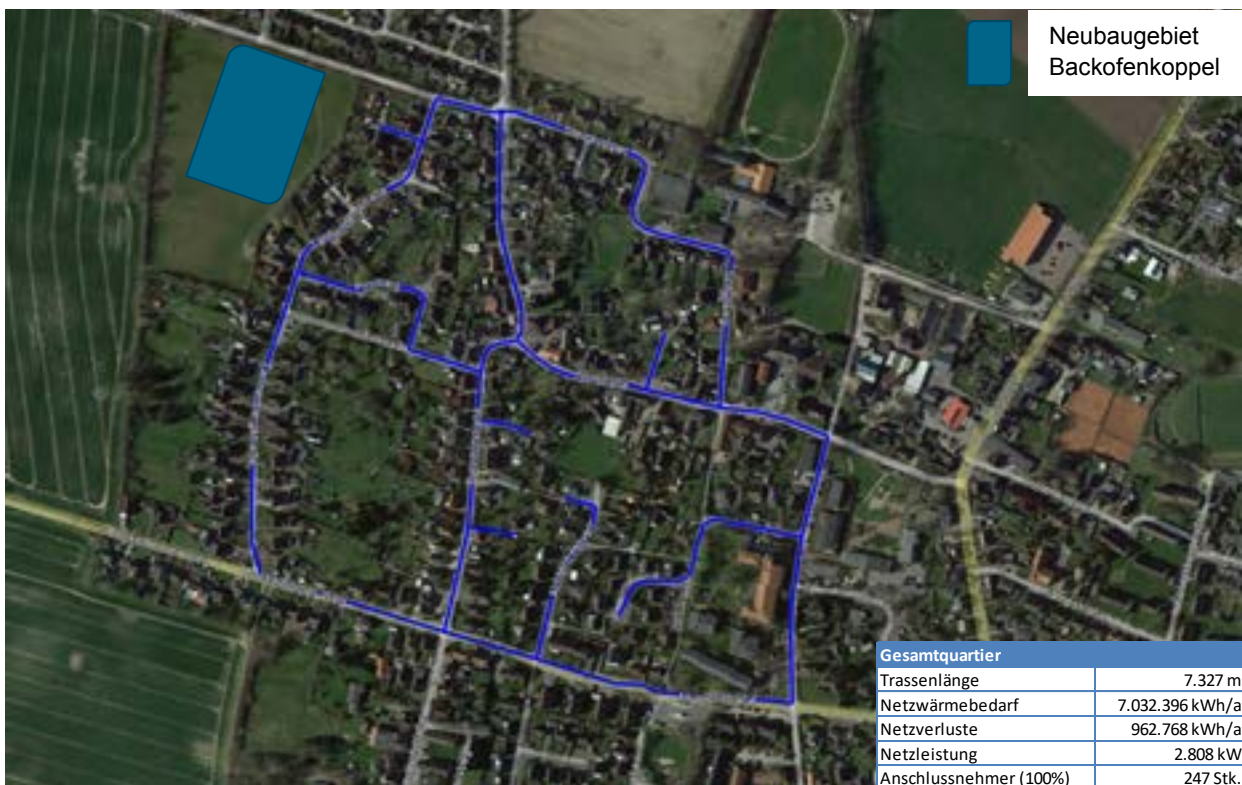


Abbildung 9-2 Mögliche Trassenführung zur Versorgung des Gesamtquartiers (Google LLC, 2022)

Da zum Zeitpunkt der Berichterstellung keine differenzierten Planungen für das Neubaugebiet „Backofenkoppel“ vorlagen, wurden Annahmen als Grundlage für weitere Berechnungen herangezogen (vgl. Tabelle 9-1). Der Wärmebedarf der Neubauten setzt sich aus dem Bedarf an Heizwärme und dem Wärmebedarf für Warmwasserbereitung zusammen. Für die Bedarfsermittlung wurden flächenbezogene Ansätze gewählt. Alle Neubauten weisen einen KfW 40-Standard auf. Die benötigte jährliche Wärmemenge der Neubauten liegt im Mittel bei etwa 536 MWh. Die Netzverluste betragen ca. 280 MWh/a bei einer angenommenen Trassenlänge von etwa 2.100 m.

Tabelle 9-1: Annahmen zum Neubaugebiet „Backofenkoppel“⁷

Bezeichnung	Einfamilienhaus	Mehrfamilienhaus	Doppelhaus	Reihenhaus
Gebäudeanzahl	39	7	4	10
Wohnfläche	5.500 m ²	2.400 m ²	1.040 m ²	1.981 m ²
Raumwärme	137.500 kWh/a	60.000 kWh/a	26.000 kWh/a	49.500 kWh/a
Warmwasser	92.040 kWh/a	62.933 kWh/a	18.880 kWh/a	51.920 kWh/a
Wärmebedarf	229.540 kWh/a	122.933 kWh/a	44.880 kWh/a	101.420 kWh/a
Heizlast	585 kW	210 kW	120 kW	150 kW

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 (vgl. Abbildung 9-3). Diese sind hauptsächlich von der Netzlänge und damit der Siedlungsstruktur abhängig und liegen bei einer Anschlussquote von 80 % zwischen 15 und 18 %. 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.

Ein kaltes Nahwärmenetz hat gegenüber konventionellen Nahwärmesystemen aufgrund der geringen Vorlauftemperatur kaum Wärmeverluste. Das Kaltwärmenetz fungiert z. T. selbst als Wärmekollektor und nimmt Wärme aus der Umgebung auf - besonders über den Rücklauf, wenn das Arbeitsmittel kälter als die Umgebung ist.

Die Anschlussdichten der untersuchten Wärmenetze sind ebenfalls in Abbildung 9-3 dargestellt und setzen die Wärmeabnahme ins Verhältnis zur Netzlänge. Je höher die Anschlussdichte ist, desto mehr Wärme wird pro Leitungsmeter über ein Jahr abgenommen. Daher wird angestrebt, eine möglichst hohe Anschlussdichte zu erzielen, da so neben den Investitionskosten für die Leitungen auch die Wärmeverluste innerhalb des Netzes in Relation zur Wärmeabnahme niedrig gehalten werden. Die Gegenüberstellung von Anschlussdichte und Netzverlusten der Netze zeigt, dass die Verluste mit zunehmender Anschlussdichte sinken. Aufgrund der relativ moderaten Wärmeabnahme auf langer Wärmetrasse haben die hier untersuchten Wärmenetze relativ moderate Anschlussdichten. Zu erkennen ist ein leichter Anstieg der Netzverluste um 3 % durch den Anschluss des Neubaugebietes an das Nahwärmenetz. Im ländlichen Raum ist der Betrieb von effizienten und klimafreundlichen Wärmenetzen auch mit niedrigen Anschlussdichten und hohen Systemeffizienzen durchaus möglich.

⁷ In den Neubaugebiet befindet sich ebenfalls ein Feuerwehrhaus mit einem Wärmebedarf von ca. 37 MWh/a bei einer Heizlast von 30 kW

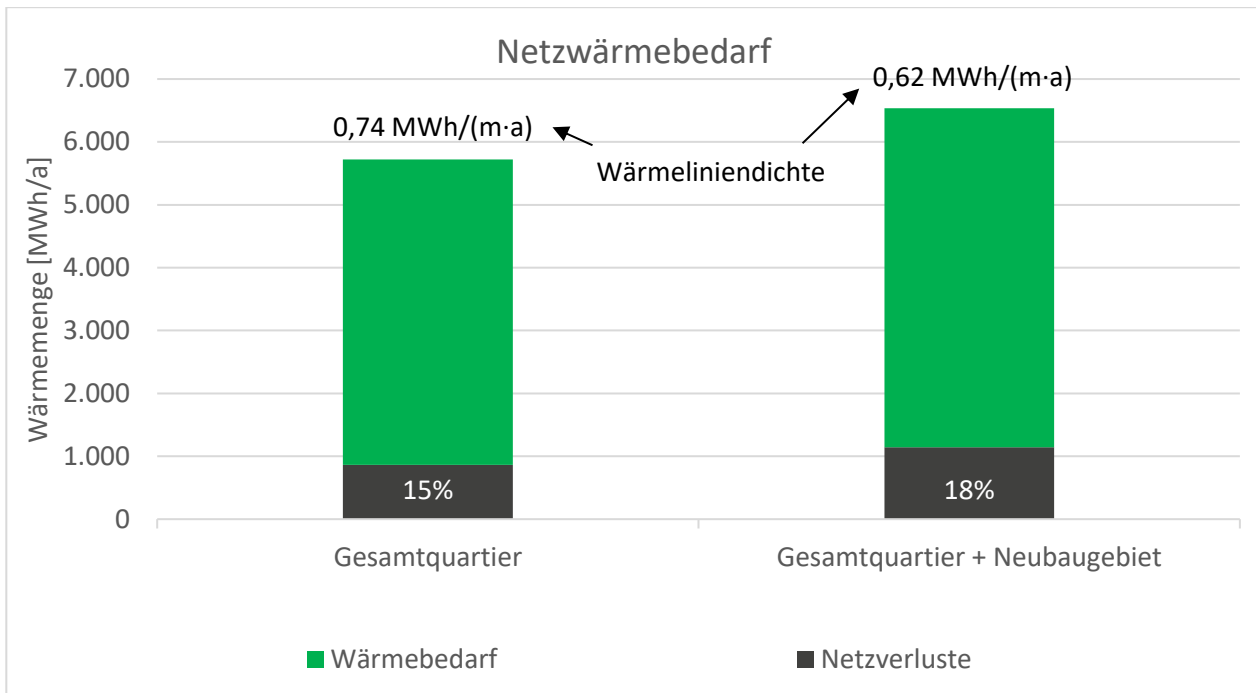


Abbildung 9-3: Netzverluste und Wärmeliniendichte der untersuchten Netzvarianten bei 80 % Anschlussquote

9.1.3 ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE ANSÄTZE

Um die im nächsten Schritt untersuchten Szenarien wirtschaftlich bewerten zu können, wurden energiewirtschaftlich relevanten Rahmenparameter (Stand: August 2022) definiert. Neben einem Kapitalzins von 3,5 % p. a. wurden aktuelle Kosten für Energieeinkauf, Wartung und Instandhaltung angesetzt sowie eine CO₂-Bepreisung von 74 €/t angenommen, wie sie aufgrund des sukzessiven und über 2025 hinaus hier angenommenen linearen Anstiegs der CO₂-Bepreisung mit einer Steigung von 7,5 €/t p. a. im Mittel in den nächsten zehn Jahren bis 2032 anfallen sollte (Bundesregierung, 2019). Die Ansätze für Wartungs- und Reparaturkosten wurden bei den Herstellern angefragt oder stammen aus vergleichbaren Projekten.

Die Kosten der Biogas-Wärme in Höhe von 50 €/MWh enthalten die kompletten Gestehungskosten des BGA-Betreibers frei Anlieferung an das Wärmenetz. Die Belieferung mit Holzhackschnitzeln sollte möglichst durch regionale Unternehmen erfolgen. Hier wurde ein Preis von etwa 30 €/m³ angesetzt. Für die Freiflächen-Photovoltaikanlage wird aufgrund der Anlagengröße und der Eigenstromnutzung keine Förderung für die eingespeisten Strommengen im Sinne des EEGs erhalten. Der produzierte Strom muss ohne Markprämie an der Börse direkt vermarktet werden. Abzüglich eines Dienstleistungsentgeltes wird ein konservativer Marktpreis von 10 ct/kWh für den eingespeisten PV-Strom angenommen.

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 vom Jahr 2022 (Stand 08/2022) angesetzt.

Tabelle 9-2: Energiewirtschaftliche Ansätze

Energiewirtschaftliche Ansätze (netto)			
Kapitalzins		2,00%	p. a.
Wartung und Instandhaltung			
Solarthermie		1,00%	p. a./Invest
Biomassekessel		4,00%	p. a./Invest
Kesselanlage		1,00%	p. a./Invest
Wärmepumpen		150 €	p. a.
Wärmequelle		1,00%	p. a./Invest
Anlagentechnik und Installation		1,50%	p. a./Invest
Wärmenetz		0,25%	p. a./Invest
Grundstücke & Gebäude		0,25%	p. a./Invest
Versicherung/Sonstiges		0,50%	p. a./Invest
technische Betriebsführung		2,00%	p. a./Invest
kaufmännische Betriebsführung		130 €	p. P./p. a.
Energiekosten			
Mischpreis Erdgas	Ø 1. Halbjahr 2022	8,08	ct/kWh
	Aug 22	25,04	ct/kWh
Mischpreis Hackschnitzel	Ø 1. Halbjahr 2022	3,08	ct/kWh
	Aug 22	3,70	
Mischpreis Strom	Ø 1. Halbjahr 2022	31,59	ct/kWh _{el}
	Aug 22	49,32	ct/kWh _{el}
Mischpreis Holzpellets	Ø 1. Halbjahr 2022	7,35	ct/kWh
	Aug 22	12,02	ct/kWh
CO ₂ -Bepreisung	Ø Jahr 2023-2032	73,75	€/t CO ₂

9.1.4 ZENTRALE WÄRMEVERSORGUNG OHNE SANIERUNG

In diesem Kapitel werden die verschiedenen Versorgungsoptionen ohne Berücksichtigung einer Gebäudesanierung betrachtet.

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 Energiebilanzen der einzelnen Versorgungsszenarien für die untersuchten Wärmenetze dar.

Die benötigte jährliche Wärmemenge aller Gebäude im Quartier inklusive der Gebäude, die dem schon bestehenden Wärmeverbund der Biogasanlage angeschlossen sind, liegt im Mittel bei etwa 6.070 MWh. Bei einer Anschlussquote von 80 % beträgt der Wärmeabsatz im zukünftigen Nahwärmenetz ca. 4.856 MWh/a. Obwohl die Wärmeverluste des Netzes durch moderne, gut gedämmte Wärmeleitungen verringert werden können, würde durch die Verteilung eine Wärmeenergie von 865 MWh pro Jahr verloren gehen, die dem zukünftigen Nahwärmenetz zusätzlich zugeführt werden muss. Die Verluste betragen etwa 0,74 MWh/(a·m) bzw. 15 % des gesamten Netzwärmebedarfs. Somit muss dem Wärmenetz unter Einbezug aller Übertragungsverluste eine jährliche Wärmemenge von etwa 5.721 MWh zugeführt werden.

Aus dem Biogas der Biogas Löhndorf GmbH & Co. KG wird in Blockheizkraftwerken (BHKW) Strom und Wärme produziert. Dabei steht die Stromproduktion im Vordergrund. Die anfallende Wärme wird bisher nicht vollständig genutzt, sondern z. T. an die Umgebung abgegeben. Die Wärme des Satelliten-BHKW könnte zukünftig ohne zusätzliche CO₂-Emissionen gänzlich im Quartier genutzt werden. Mit einer thermischen Leistung von ca. 598 kW könnte die Biogaswärme rund 68 % des gesamten Netzbedarfs zur Versorgung des Quartiers decken. Die zusätzliche Versorgung des Neubaugebiets „Backofenkoppel“ mindert den Deckungsanteil am Netzwärmebedarf durch die BHKW-Anlage nur marginal. Während der Stillstandzeiten des BHKW wird das Nahwärmenetz z. T. über einen Pufferspeicher mit Wärme versorgt.

Um den Wärmebedarf auch dann sicherzustellen, wenn das Satelliten-BHKW keine ausreichende Wärme liefert, wird hier eine mit regionalem Holzhackschnitzeln befeuerte Kesselanlage mit einer thermischen Leistung von 400 kW (ggf. Erzeugersystem bestehend aus mehreren Kesselanlagen) angesetzt, der über 26 % des Netzwärmebedarfs abdeckt. Die noch erforderliche fossile Wärmeerzeugung zur Abdeckung von Spitzenlasten aus dem Erdgaskessel an kalten Wintertagen macht dann weniger als 6 % des gesamten Netzwärmebedarfs aus. Durch den Anschluss des Neubaugebietes an das Nahwärmenetz ist ein leichter Anstieg der fossilen Spitzenlastabdeckung auf 9 % zu erwarten.

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.

Ebenfalls ist eine zentrale Belieferung des Quartiers mit Wärme durch Luftwärmepumpen mit einer thermischen Gesamtleistung von 1.200 kW denkbar, wodurch etwa 95 % des Netzwärmebedarfs gedeckt werden könnten. Als Wärmequelle dient die Umgebungsluft. Die verbleibende benötigte Wärmemenge wird fossil durch den Betrieb eines Erdgaskessels zur Verfügung gestellt. Das Konzept wird zusätzlich durch eine ca. 2,4 ha große Freiflächen-Photovoltaik-Anlage mit einer Spitzenleistung von 1.500 kW_p mit dem Ziel einer Erhöhung des Anteils an erneuerbaren Energien bei gleichzeitiger Reduzierung der Energiekosten durch die Produktion von Solarstrom unterstützt.⁸

Das energetische Potenzial der Photovoltaikanlage mit einer jährlichen Erzeugung von ca. 1.387 MWh Strom reicht bilanziell aus, um ca. 37 % des geschätzten Strombedarfs für die Wärme- und Netzpumpen zu decken.⁹ Auch wenn die Photovoltaik-Anlage im Jahresdurchschnitt mehr Strom liefert als für die Wärmeerzeugung und -verteilung verbraucht wird, entstehen an sonnigen Tagen Überschüsse, die ins Stromnetz eingespeist werden, während an bedeckten Tagen Strom aus dem Netz bezogen werden muss. Dementsprechend fällt die Eigenverbrauchsquote kleiner aus.

Eine alternative Quelle zur Versorgung des Neubaugebietes „Backofenkoppel“ bilden dezentrale

⁸ Der in 2015 ermittelte durchschnittliche Flächenbedarf beträgt pro Megawatt 1,6 Hektar (Bundesnetzagentur, 2016).

⁹ Der spezifische Solarertrag beläuft sich im Großraum Wankendorf auf ca. 925 kWh/kW_p

Wärmepumpen (61 Stk.), die über ein kaltes Nahwärmenetz versorgt werden, das Niedertemperaturwärme aus einem ca. 1 ha großen Erdsondenfeld mit insgesamt 102 Erdsonden bezieht. Die übliche Bohrtiefe der Erdwärmesonden beträgt bei einer mittleren Wärmeleitfähigkeit des umliegenden Erdreichs von 2,5 W/(m·K) jeweils 100 m.

Tabelle 9-3: Anlagendimensionierung und Energiebilanzen der zentralen Wärmeversorgung

Energiebilanz	Einheit	Gesamtquartier		Gesamtquartier + Neubaublock		Gesamtquartier + Neubaublock	
		Variante 1.1 Einspeisung + Erzeugerleistung	Variante 1.2 V 1.1 mit Einspeisung des Nachbarkonzepts + Neubaublocke	Variante 1.3 Photovoltaik + Luftwärmepumpe + Erzeugerleistung	Variante 2.1 Kälte Netz + dän. Wärmepumpe	Dimension	
Anzahl Wohngebäude	ca	180	247	180	61 Stk		
Anzahl Nichtwohngebäude	ca	11	11	11	0 Stk		
Wärmebedarf	ca	4.856.703	5.201.476	4.856.703	536.773 kWh _{th}		
davon Wohngebäude	ca	3.726.831	4.256.405	3.726.831	536.773 kWh _{th}		
davon Nichtwohngebäude	ca	1.129.872	1.129.872	1.129.872	0 kWh _{th}		
Anschlusleistung	ca	2.678	3.133	2.678	1.096 kW _e		
davon Wohngebäude	ca	2.067	2.322	2.067	1.096 kW _e		
davon Nichtwohngebäude	ca	611	811	611	0 kW _e		
Wärmeverlust							
Geschosszahl	ca	0,75	0,75	0,75	0,75		
Trennlänge Hauptstraße	ca	3.622	4.852	3.622	m		
Trennlänge Hausanschluss	15 m/4,5	2.964	3.879	2.964	m		
Netzerleistung	10 km	99	121	99	kVA		
Netzerlast	8.760 Vsh	885.400	1.144.625	885.400	kVA _h		
Netzerlast in %	ca	19%	19%	19%			
Netzwärmebedarf	ca	5.721.103	6.536.102	5.721.103	kVA _h		
Netzeinsparungsbedarf	ca	2.257	2.480	2.257	kVA		
Volllaststunden	ca	2.536	2.636	2.536	Std		
Überbedarf Netzpumpen	0,015 kWh/kWh	85.817	98.042	85.817	kVA _h		
Anschlussdichte	ca	0,737	0,619	0,737	Mittel		
Photovoltaik							
Anlagenleistung	ca			1.500	kVA		
Einbaufläche pro Modul	1,8 kWh/kWp			2.400	m ²		
Kennwert	ca			925	kWh/kWp		
erzeugte elektrische Energie	ca			1.367.126	kVA _h		
davon Eigenverbrauch (Netzpumpen, Wärmepumpe, WW)	ca			507.623	kVA _h		
davon Einspeisung	ca			859.503	kVA _h		
Eigenverbrauchsquote	ca			37%			
Aufschlaggrad	ca			19%			
Luftwärmepumpe							
Typ	ca			Luft-Wasser			
thermische Leistung (kW T ₀)	ca			1.200	kVA		
Jahresarbeitszahl	ca			2,11	kVA _h		
erzeugte thermische Energie	ca			5.647.699	kVA _h		
benötigte elektrische Energie	ca			2.684.327	kVA _h		
Wärmeabdeckung	ca			95%			
Speichergröße	± 30 °C			52	m ³		
BHKW							
Typ	ca	Bogen	Bogen				
Regelung	ca	Wärmegeführt	Wärmegeführt				
elektrische Leistung	ca	544	544		kVA		
thermische Leistung	ca	598	606		kVA		
erzeugte thermische Energie	ca	3.857.742	4.237.368		kVA _h		
Deckungsanteil vor Wärmeeinspeisung	ca	80%	80%				
Speicherinhalt	± 30 °C	52	52		m ³		
Nachbarkonzept							
thermische Leistung	ca	400	400		kVA		
erzeugte thermische Energie	ca	1.484.791	1.728.730		kVA _h		
Jahresnutzungsgrad	ca	85%	85%				
Brennstoffbedarf	ca	1.795.813	2.033.803		kVA _h		
Ertragsstrom (System-Erzeuger)	10 kWh/Mittelh.	14.344	17.267		kVA _h		
Deckungsanteil vor Wärmeeinspeisung	ca	26%	26%				
Speichergröße	± 30 °C	11,5	11,5		m ³		
Luft-Wasser-Wärmepumpen							
Anzahl	ca				61 Stk		
thermische Leistung Bedarf	ca				821 kVA		
Jahresarbeitszahl	ca				4,3		
erzeugte thermische Energie	ca				536.773 kVA _h		
Überbedarf	ca				130.943		
Erdbondenlänge	ca				10.200 m		
Anzahl Erdbonden	100 m				102 Stk		
Flächenbedarf Erdbonden (30 m ² Erdboden bei Mindestabstand 10 Mtr)	80 m ² Erdboden				8.160 m ²		
Wärmeabdeckung	ca				100%		
Wärmegewinne über Netz 10 °C							
Länge Wärmeverb	ca				2.125 m		
Erzeugungslänge	5 km				10,6 kVA		
Wärmegewinn	8.760 Vsh				85.675 kVA _h		
Überbedarf Netzpumpen	0,015 kWh/kWh				1.306 kVA _h		
Erzeugerleistung							
installierte thermische Leistung	ca	2.500	2.500	1.800	kVA		
zusätzlich erforderliche thermische Energie	ca	339.983	571.009	274.082	kVA _h		
Einsparungsgrad	ca	90%	90%	90%			
zusätzlich erforderliche Brennstoffarbeit	ca	360.573	614.020	294.712	kVA _h		
Ertragsstrom (System-Erzeuger)	10 kWh/Mittelh.	3.400	5.710	2.741	kVA _h		
Deckungsanteil vor Wärmeeinspeisung	ca	9%	9%	9%			

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 abhängig von der Preisentwicklung der technischen Anlagen und Komponenten in Höhe von 5 % addiert, um einer für die Konzeptphase angemessenen konservativen Investitionskalkulation Rechnung zu tragen.

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

Folgende Abschreibungszeiträume wurden angenommen:

- Holzkessel: 20 Jahre
- Photovoltaik: 20 Jahre
- Wärmepumpe / Erdsonden: 20 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. 1,6 und 3,6 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 wird eine Aufgabe des Sanierungsmanagements sein. Insbesondere der Förderaufruf für investive Kommunale Klimaschutz Modellprojekte im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) bietet mit bis zu 80 % Förderung ein hohes Förderpotential (BMU, 2021).

Da diese genannten Förderprogramme nicht gesichert zur Verfügung stehen, wurden sie in den nachfolgenden Wirtschaftlichkeitsberechnungen nicht berücksichtigt. Dies gilt auch für das bis Anfang Januar 2023 noch nicht konkretisierte neue Landesprogramm Wirtschaft 2021-2027 - Nachhaltige Wärmeversorgungs-systeme. Ggf. kann sich die Wirtschaftlichkeit weiter verbessern.

Tabelle 9-4: Investitionen der zentralen Wärmeversorgung

Investitionen	Gesamtquartier		Gesamtquartier + Neubaubereich		Gesamtquartier		Neubaubereich	
	Variant 1.1 Biogas-Wärme + Hackschnitzkessel + Erdgaskessel	Variant 1.2 V 1.1 mit Versorgung des Neubaubereichs	Variant 1.3 Photovoltaik + Luftwärmepumpe + Erdgaskessel	Variant 2.1 Kaltes Netz + detr. Wärmepumpen	Dimension			
Photovoltaik								
Modulkosten inkl. Anschluss und Montage	1100 €/kltp			1.650.000				€
Zubehör	10%			165.000				€
Zwischensumme	ca.			1.815.000				€
Unvorhergesehenes	10,0%			181.500				€
Planung, Gutachten etc.	15,0%			299.475				€
Investition Photovoltaik (netto)	ca.			2.295.975				€
Investitionen Photovoltaik (brutto)	ca.			2.732.210				€
Luftwärmepumpe								
Wärmepumpe	ca.			700.000				€
Pufferspeicher	1.800 €/m³			33.014				€
Zwischensumme	ca.			733.014				€
Unvorhergesehenes	10%			73.301				€
Planung, Gutachten etc.	15%			130.847				€
Investition Luftwärmepumpe (netto)	ca.			937.161				€
Investitionen Luftwärmepumpe (brutto)	ca.			1.036.056				€
Hackschnitzkessel								
Kesselanlage inkl. Filterphase und Silo	ca.	270.000	270.000					€
Pufferspeicher	2.000 €/m³	23.000	23.000					€
Zwischensumme	ca.	293.000	293.000					€
Unvorhergesehenes	10%	29.300	29.300					€
Preissteigerung 2022	25%	80.575	80.575					€
Planung, Gutachten etc.	15%	60.431	60.431					€
Investition Biomassekessel (netto)	ca.	463.306	463.306					€
Investition Biomassekessel (brutto)	ca.	551.334	551.334					€
Erdgaskessel								
Kesselanlage	ca.	180.000	180.000	120.000				€
Zubehör	ca.	90.000	90.000	60.000				€
Zwischensumme	ca.	270.000	270.000	180.000				€
Unvorhergesehenes	10%	27.000	27.000	18.000				€
Preissteigerung 2022	5%	14.850	14.850	9.900				€
Planung, Gutachten etc.	15%	46.778	46.778	31.185				€
Investition Erdgaskessel (netto)	ca.	358.628	358.628	239.085				€
Investition Erdgaskessel (brutto)	ca.	426.767	426.767	284.511				€

Erdwärmepumpen					
Wärmepumpe (inkl. Peripherie, Anlagenbau, Speicher etc.)	20.000 €/Stk				1.220.000 €
Zwischensumme	ca.				1.220.000 €
Unvorhergesehenes	10%				122.000 €
Preissteigerung 2022	5%				61.000 €
Planung, Gutachten etc.	15%				211.365 €
Investition Wärmepumpen (netto)	ca.				1.620.465 €
Investition Großwärmepumpe (brutto)	ca.				1.928.363 €
Wärmequelle					
Wärmequelle	110 €/m				1.122.000 €
Zwischensumme	ca.				1.122.000 €
Unvorhergesehenes	10%				112.200 €
Preissteigerung 2022	5%				61.710 €
Planung, Gutachten etc.	15%				194.387 €
Investition Wärmequelle (netto)	ca.				1.490.297 €
Investition Wärmequelle (brutto)	ca.				1.773.453 €
Elektro- und Anlagentechnik					
Druckhaltung und Wasseraufbereitung	ca.	50.000	50.000	50.000	€
Pumpen	ca.	80.000	80.000	80.000	€
Steuer- und Regelungstechnik	ca.	45.000	45.000	30.000	€
elektrische Einbindung	ca.	15.000	15.000	100.000	€
hydraulische Einbindung	ca.	45.000	45.000	45.000	€
Anlagenbau	ca.	150.000	150.000	100.000	€
Hausübergabestation (<= 50 kW)	3.500 €/HUS	833.000	1.047.000	833.000	€
Hausübergabestation (>120 kW)	7.500 €/HUS	53.000	53.000	53.000	€
Hausübergabestation (>150-200 kW)	12.000 €/HUS	24.000	24.000	24.000	€
Brennstoffversorgung	ca.	20.000	20.000	8.000	€
Abgasanlage	ca.	150.000	150.000	40.000	€
Zwischensumme	ca.	1.445.000	1.659.000	1.343.000	0 €
Unvorhergesehenes	15%	216.750	248.850	201.450	0 €
Planung, Gutachten etc.	15%	249.263	286.178	231.668	0 €
Investition Elektro- & Anlagentechnik (netto)	ca.	1.911.013	2.194.028	1.776.118	0 €
Investition Elektro- & Anlagentechnik (brutto)	ca.	2.274.105	2.610.893	2.113.580	0 €
Wärmenetz					
Länge Transportleitungen	ca.	3.622	4.832	3.622	1.210 m
Länge Hausanschlussleitungen	ca.	2.964	3.879	2.964	915 m
Transportleitungen	520 €/m	1.883.440	2.512.640	1.883.440	€
Hausanschlussleitungen	450 €/m	1.829.900	2.174.400	1.829.900	€
Kaltes Netz	300 €/m				637.500 €
Zwischensumme	ca.	3.813.340	4.687.040	3.813.340	637.500 €
Unvorhergesehenes	10%	381.334	468.704	381.334	63.750 €
Planung, Gutachten etc.	15%	571.901	703.056	571.901	105.188 €
Investition Wärmenetz (netto)	ca.	4.444.375	5.329.106	4.444.375	806.438 €
Investition Wärmenetz (brutto)	ca.	5.288.806	7.055.636	5.288.806	950.661 €
Grundstücke & Gebäude					
Heizhaus (Gebäude)	ca.	200.000	200.000	200.000	50.000 €
Außenanlage (Zaun, Oberflächen, Rigole, etc.)	ca.	50.000	50.000	50.000	€
Grundstück	ca.			10.000	€
Zwischensumme	ca.	290.000	290.000	260.000	50.000 €
Unvorhergesehenes	15%	37.500	37.500	39.000	7.500 €
Preissteigerung 2022	5%	14.375	14.375	14.950	2.875 €
Planung, Gutachten etc.	15%	43.125	43.125	44.850	8.625 €
Investition Grundstücke & Gebäude (netto)	ca.	345.000	345.000	358.800	69.000 €
Investition Grundstücke & Gebäude (brutto)	ca.	410.550	410.550	426.972	82.110 €
Summe (netto)	ca.	7.522.321	9.290.067	9.988.668	3.986.199 €
Summe (brutto)	ca.	8.991.962	11.055.180	11.894.138	4.743.577 €

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 Kapitalkosten, Betriebs-, Wartungs- und Instandhaltungskosten und Energiebezugs-kosten durchgeführt (vgl. Tabelle 9-5). Die Bewertung der Wirtschaftlichkeit erfolgt über die Berechnung der Wärmegestehungskosten des Wärmeerzeugersystems. Hierbei wurde eine ambitionierte Anschlussquote von 80 % (Neubaugelbiet 100 %) angenommen.

Von den Ergebnissen der Wirtschaftlichkeitsberechnung ausgehend lässt sich grundsätzlich festhalten, dass die Wärmegestehungskosten der verschiedenen Versorgungsvarianten unabhängig von der Wärmenetzgröße angesichts der in einem Quartierskonzept unvermeidbaren Planungsunsicherheiten und möglichen Schwankungen in einer vergleichbaren Größenordnung liegen. Dabei weist die Abnahme von Biogaswärme aus der Biogasanlage Biogas Löhndorf GmbH & Co. KG im Erzeugermix mit Holzfeuerung und fossiler Spitzenlastabdeckung zur Versorgung des gesamten Quartiers zunächst die beste Wirtschaftlichkeit der beiden untersuchten zentralen Versorgungsvarianten auf. Dies liegt in den geringeren Kapitalkosten und dem günstigen Einkaufspreis der Biogaswärme – die bisher nicht vollständig genutzt wird und z. T. an die Umgebung abgegeben werden muss – und der Hackschnitzel begründet. Ob sich allerdings die Einbeziehung der Biogaswärme als Ergänzung des Holzhackschnitzelkessels unter rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten lohnt, wäre zu entscheiden, wenn die Vergütung der möglichen Bereitstellung der Biogaswärme für den BGA-Betreiber genauer ausgehandelt wird. Der Einbezug von Biogaswärme wäre in jedem Fall, da auch die Verfügbarkeit von Holzhackschnitzeln begrenzt ist, besonders ressourcenschonend. Die zusätzliche Versorgung des Neubaugebietes „Backofenkoppel“ hat eine Erhöhung der Wärmekosten um ca. 14 % als Folge.

Die Wirtschaftlichkeit der alternativen zentralen Versorgungsvariante, in der ein großer Teil der Versorgung auf Wärmepumpen basiert, die ihren Strom z. T. aus einer Freiflächen-Photovoltaik-Anlage beziehen, hängt entscheiden von der Entwicklung des sich verändernden Preises des erforderlichen Rest-Bezugs von Netzstrom ab. Eine Photovoltaikanlage kann den Strombezug über das öffentliche Netz reduzieren. Zudem gilt, dass die Gestehungskosten für die Photovoltaikanlage aufgrund der festgelegten Kapitalkosten sicherer kalkuliert werden können, da im Betrieb keine Kosten für elektrische Energie und geringe Wartungskosten anfallen. Bei dem hier angenommenen Autarkiegrad von 19 % weist diese Versorgungsvariante gegenüber der anderen Variante Mehrkosten von über 65 % auf. 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 für den Erdgasbezug für die Spitzenlastkessel begründet.¹⁰

Bei der Untersuchung für die Versorgung des Neubaugebietes „Backofenkoppel“ weist das exemplarisch betrachtete Erzeugersystem mit dezentralen Wärmepumpen und kalten Nahwärmenetz in Kombination mit elektrischer Nachheizung nochmals deutlich höhere Wärmegestehungskosten auf.

¹⁰ 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 betrachtet 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

Dyn. Wirtschaftlichkeit über 10 Jahre		Variante 1.2 Biomasse + Hackschnitzelkessel + Erdgaskessel	Variante 1.2 V1.1 mit Verengung des Neubauplotts	Variante 1.3 Photovoltaik + Luftwärmepumpe + Erdgaskessel	Variante 2.1 Kaltwasser + dreh. Wärmepumpen	Dimension
Biomasse	ca.	3.897.742	4.237.388	0	0	0 kWh _{th}
Brennstoffbezug Erdgas	ca.	365.573	614.620	294.712	0	0 kWh _{th}
Brennstoffbezug Holz	ca.	1.746.813	2.035.803	0	0	0 kWh _{th}
Strombezug öffentl. Netz/Heizentrale	ca.	194.264	121.039	2.185.061	135.336	135.336 kWh _{th}
Wärmelieferung (Wärmebedarf Anschlussnehmer)	ca.	4.855.703	5.381.476	4.855.703	535.773	535.773 kWh _{th}
CO ₂ -Emissionen (anrechenbarer Wert)	ca.	86	147	71	0	0 t CO ₂
Investitionen						
Hackschnitzelkessel	ca.	463.306	463.306	0	0	0 €
Erdgaskessel	ca.	358.628	358.628	239.085	0	0 €
Freiflächen-Photovoltaik	ca.	0	0	2.295.975	0	0 €
Wärmepumpe	ca.	0	0	872.318	1.620.485	0 €
Wärmequelle	ca.	0	0	0	1.490.297	0 €
Anlagentechnik und Installation	ca.	1.811.513	2.194.528	1.776.118	0	0 €
Wärmesetz	ca.	4.444.375	5.929.106	4.444.375	800.438	0 €
Grundstücke & Gebäude	ca.	345.000	345.000	345.000	69.000	0 €
Investitionsaussumme (netto)	ca.	7.822.324	9.290.047	9.966.668	3.986.198	
Investitionsaussumme (brutto)	ca.	8.951.562	11.055.180	11.894.135	4.743.577	
Kapitalkosten						
Hackschnitzelkessel	20 Jahre	28.334	28.334	0	0	0 €
Erdgaskessel	20 Jahre	21.832	21.832	14.822	0	0 €
Freiflächen-Photovoltaik	20 Jahre	0	0	140.414	0	0 €
Wärmepumpe	20 Jahre	0	0	53.348	99.102	0 €
Wärmequelle	40 Jahre	0	0	0	54.479	0 €
Anlagentechnik und Installation	15 Jahre	148.725	170.751	138.227	0	0 €
Wärmesetz	40 Jahre	162.467	218.743	162.467	29.480	0 €
Gebäude	50 Jahre	10.379	10.379	11.418	2.196	0 €
Jährliche Kapitalkosten (netto)	ca.	372.439	449.740	505.497	185.257	
Jährliche Kapitalkosten (brutto)	ca.	443.202	534.000	619.301	220.486	
Förderung						
Hackschnitzelkessel	20 Jahre	13.467	11.334	0	0	0 €
Wärmesetz	40 Jahre	77.335	86.697	64.987	11.792	0 €
Elektro- und Anlagentechnik	20 Jahre	55.631	53.672	43.449	0	0 €
Wärmepumpe	20 Jahre	0	0	21.330	39.641	0 €
Wärmequelle	40 Jahre	0	0	0	21.792	0 €
Gebäude	50 Jahre	5.226	4.362	4.507	878	0 €
Jährliche Förderung (netto)	ca.	-191.678	-194.994	-134.342	-74.193	
Jährliche Förderung (brutto)	ca.	-180.497	-185.752	-159.857	-88.182	
Betrieb und Wartung						
Hackschnitzelkessel	ca.	16.115	16.115	0	0	0 €
Erdgaskessel	ca.	3.119	3.119	2.079	0	0 €
Wärmepumpen	ca.	0	0	27.960	9.190	0 €
Wärmequelle	ca.	0	0	0	12.959	0 €
Anlagentechnik und Installation	ca.	24.926	28.818	25.167	0	0 €
Wärmesetz	ca.	9.962	13.889	9.962	1.753	0 €
Gebäude	ca.	755	755	795	151	0 €
Versicherung/Sonstiges	ca.	32.715	40.401	43.345	17.333	0 €
Technische Betriebsführung	ca.	130.860	161.804	150.419	89.333	0 €
Kaufmännische Betriebsführung	ca.	24.232	32.162	46.464	7.500	0 €
Jährliche Betriebs- und Wartungskosten (netto)	ca.	242.384	295.642	308.680	118.809	
Jährliche Betriebs- und Wartungskosten (brutto)	ca.	268.437	351.838	363.997	141.145	
Energiekosten						
Biomasse	ca.	194.867	211.869	0	0	0 €
Erdgas	ca.	31.547	163.763	73.802	0	0 €
Holz	ca.	94.632	75.251	0	0	0 €
Strom	ca.	51.324	58.696	1.067.793	86.749	0 €
CO ₂ -Kosten	73,8 €/t	6.471	10.868	5.218	0	0 €
Jährliche Energiebezugskosten (netto)	ca.	408.841	511.447	1.146.812	86.749	
Jährliche Energiebezugskosten (brutto)	ca.	485.544	608.622	1.264.708	79.431	
Einsparungsvergütung PV (netto)	10,0 ct/kWh			-87.830		
Wirtschaftlichkeit						
Wärmegestehungskosten (netto)	ca.	872.905	1.086.756	1.750.916	296.512	
spez. Wärmegestehungskosten (netto)	ca.	18 ct/kWh	20 ct/kWh	36 ct/kWh	55 ct/kWh	
Wärmegestehungskosten (brutto)	ca.	1.037.685	1.308.708	2.083.590	352.848	
spez. Wärmegestehungskosten (brutto)	ca.	21 ct/kWh	24 ct/kWh	43 ct/kWh	66 ct/kWh	

9.1.5 ZENTRALE WÄRMEVERSORGUNG MIT SANIERUNGSVARIANTE 1

Heizungsanlagen, die heute ausgetauscht bzw. neu errichtet werden, müssen zunächst auch den heutigen Wärmebedarf decken. Diese Auslegung war Grundlage der bisher angestellten Betrachtungen. Wenn Maßnahmen zur Gebäudesanierung durchgeführt werden, reduziert sich der Wärmebedarf. Die Dimensionierung anschließend zu errichtender Heizungsanlagen kann dann entsprechend geringer ausfallen. Somit stellt sich die Frage, ob sich dann, wenn zunächst Sanierungen erfolgen, die Reihenfolge der Wirtschaftlichkeit der Heizungssysteme ändern könnte, also dann andere Versorgungsvarianten zu bevorzugen wären. Dies wird nachfolgend für zwei verschiedene Sanierungsvarianten untersucht.

Es muss darauf hingewiesen werden, dass ein Blick in die so weite Zukunft mit großen Unsicherheiten hinsichtlich der bis dahin möglichen Entwicklungen der Investitions- und Brennstoffkosten verbunden ist. Dennoch liefern diese Rechnungen eine Indikation, ob die vorgeschlagene Systemscheidung auch bei einem verändertem Wärmebedarf stabil ist.

Sanierungsvariante 1 beinhaltet eine Reduzierung des Heizenergiebedarfs um 9,5 % bis zum Jahr 2050 durch einzelne energetische Sanierungsmaßnahmen (z. B. Dämmung von Dach und Außenwänden).

Bei der Vorplanung eines sich konkretisierenden Wärmenetzes sind die hier zugrunde gelegten Annahmen und die Abschätzung der Heizenergiebedarfe der Gebäude insbesondere bei den Großabnehmern zu überprüfen. So sollten im Sanierungsmanagement die entlang der Trasse betroffenen Nutzer vorab angesprochen werden, um anhand der dann gewonnenen Hinweise auf Gebäudesanierungsvorhaben oder Produktions- / Nutzungsänderungen die resultierenden Wärmebedarfe für diese Netzführung zu aktualisieren.

9.1.5.1 ANLAGENDIMENSIONIERUNG UND ENERGIEBILANZEN

Die Energiebilanzen für die Sanierungsvariante 1 sind in Tabelle 9-6 dargestellt.

Tabelle 9-6: Anlagendimensionierung und Energiebilanzen Sanierungsvariante 1

Energiebilanz	Einheit	Gesamtquartier		Gesamtquartier + Neubaublock	Gesamtquartier	Neubaublock	Dimension
		Variante 1.1 Energie-Wärme + Hochschichtkessel + Erdspeicher	Variante 1.2 V 1.1 mit Versorgung des Neubaublocks	Variante 1.3 Photovoltaik + Luftwärmepumpe + Erdspeicher	Variante 2.1 Kalte Netz + Soll-Wärmepumpe		
Anzahl Wohngebäude	ca	180	247	180		61 Stk	
Anzahl Nichtwohngebäude	ca	11	11	11		0 Stk	
Wärmebedarf	ca	4.383.840	4.829.213	4.383.840		535.773 kWh _{th}	
davon Wohngebäude	ca	3.366.427	3.902.201	3.366.427		535.773 kWh _{th}	
davon Nichtwohngebäude	ca	1.027.013	1.027.013	1.027.013		0 kWh _{th}	
Anschlussleistung	ca	2.804	2.858	2.804		1.096 kW _e	
davon Wohngebäude	ca	1.870	2.125	1.870		1.096 kW _e	
davon Nichtwohngebäude	ca	734	734	734		0 kW _e	
Wärmesetz							
Geschwindigkeit	ca	0,75	0,75	0,75		0,75	
Trennlänge Hauptleitung	ca	3.622	4.632	3.622		m	
Trennlänge Hausanschluss	10 m/KV	2.364	3.879	2.364		m	
Netzfürsorgung	10 Wm	88	131	88		kW _{th}	
Netzelekt	8.760 kWh	885.400	1.144.625	885.400		kW _{th}	
Netzelekt in %	ca	19%	19%	19%			
Netzwärmebedarf	ca	5.258.840	6.073.838	5.258.840		kW _{th}	
Netzelektbedarf	ca	2.052	2.275	2.052		kW _e	
Strombedarf Netzpumpen	0,015 kWh/kWh	78.883	81.108	78.883		kW _{th}	
Anschlüsse	ca	0,867	0,940	0,867		Mittel	
Photovoltaik							
Anlagenleistung	ca			1.300		kW _e	
Bruttokollektorenfläche pro Modul	1,6ha/Modul			2.400		m ²	
Kennwert	ca			925		kWh/kWh	
erzeugte elektrische Energie	ca			1.387,126		kW _{th}	
davon Eigenverbrauch (Netzpumpen, Wärmepumpe, BHK)	ca			474,147		kW _{th}	
davon Einspeisung	ca			912,979		kW _{th}	
Eigenverbrauchsquote	ca			34%			
Aufschlag	ca			19%			
Luftwärmepumpe							
Typ				Luft-Wasser			
thermische Leistung (AT FC)	ca			1.200		kW _{th}	
Jahresarbeitszahl	ca			2,11		kW _{th}	
erzeugte thermische Energie	ca			5.183,368		kW _{th}	
benötigte elektrische Energie	ca			2.422,131		kW _{th}	
Wärmeabdeckung	ca			57%			
Speichergöße	± 30 °C			52		m ³	
BHKW							
Typ	ca	BHKW	BHKW				
Regelung	ca	Wärmegeführt	Wärmegeführt				
elektrische Leistung	ca	544	544			kW _e	
thermische Leistung	ca	598	598			kW _{th}	
erzeugte thermische Energie	ca	3.748,220	4.105,360			kW _{th}	
Deckungsanteil vor Wärmeinspeisung	ca	71%	68%				
Speichervolumen	± 30 °C	52	52			m ³	
Hochschichtkessel							
thermische Leistung	ca	400	400			kW _{th}	
Nutznutzungsstunden	ca	3.258	3.941			Stk	
erzeugte thermische Energie	ca	1.301.980	1.576.362			kW _{th}	
Wärmeabdeckungsgrad	ca	85%	89%				
Brennstoffbedarf	ca	1.531,741	1.804,532			kW _{th}	
Hochschichtkessel	ca	629 kWh/ha	1.850	2.240		m ²	
Bedarfsstrom (System-Einsparung)	10 kWh/Mittel	13.020	15.794			kW _{th}	
Deckungsanteil vor Wärmeinspeisung	ca	26%	26%				
Speichergöße	± 30 °C	11,3	11,3			m ³	
Salz-Wasser-Wärmepumpe							
Anzahl	ca					61 Stk	
thermische Leistung Bedarf	ca					621 kW _{th}	
Jahresarbeitszahl	ca					4,0	
erzeugte thermische Energie	ca					535.773 kWh _{th}	
Strombedarf	ca					133.943	
Anzahl Erdsonden	100 m					102 Stk	
Flächenbedarf Erdsonden 30 m ² /Sonde bei Mindestabstand 10 Met	80 m ² /Sonde					8.160 m ²	
Wärmeabdeckung	ca					100% kW _{th}	
Wärmespeisung über Netz 10 °C							
Länge Wärmesetz	ca					2.125 m	
Erdspeisung Leistungswert	5 Wm					10,6 kW _{th}	
Wärmegewinn	8.760 kWh					90.075 kWh _{th}	
Strombedarf Netzpumpen	0,015 kWh/kWh					1.390 kWh _{th}	
Erdspeicher							
Wärmespeicher							
zusätzliche thermische Leistung	ca	2.500	2.500	1.600		kW _{th}	
zusätzlich erdberührende thermische Energie	ca	212.260	300.372	156.375		kW _{th}	
Wärmeabdeckungsgrad	ca	89%	83%	80%			
zusätzlich erdberührende Brennstoffbedarf	ca	228.237	473.943	188.140		kW _{th}	
Bedarfsstrom (System-Einsparung)	10 kWh/Mittel	2.120	3.024	1.564		kW _{th}	
Deckungsanteil vor Wärmeinspeisung	ca	4%	6%	2%			

9.1.5.2 INVESTITIONSSCHÄTZUNG

Für die einzelnen Versorgungsszenarien wurde bereits eine grobe Investitionsschätzung durchgeführt. Diese gilt auch für einen verringerten Wärmebedarf aufgrund von gebäudetechnischen Sanierungen, da die eingesetzten Technologien und Auslegungsgrößen nicht verändert werden (vgl. Kapitel 9.1.4.2).

Hintergrund der unveränderten Auslegung der Erzeugungsanlagen ist die Annahme, dass die Umstellung der Wärmeversorgung innerhalb weniger Jahre realisiert werden kann, während die Sanierungsmaßnahmen aufgrund der dafür erforderlichen Ressourcen über einen längeren Zeitraum umgesetzt werden dürften. Insofern muss die Wärmeversorgung zunächst i. W. den aktuellen Leistungsbedarf decken. Allerdings beträgt beispielsweise die typische Lebenszeit eines Holzhackschnitzel-Heizkessels etwa 20 Jahre. Insofern kann die Anlagengröße bei später fälligen Ersatzinvestitionen an den jeweils noch verbleibenden Leistungsbedarf angepasst werden. Dabei sind die dann geltenden energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen zu beachten, d. h. die vorliegenden Rechnungen fortzuschreiben.¹¹

9.1.5.3 WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNGEN

Für die untersuchten Szenarien der Sanierungsvariante 1 wurde auf Basis der Investitionsabschätzungen und der Energiebilanzen eine statische Wirtschaftlichkeitsberechnung durchgeführt (vgl. Tabelle 9-7).

Die Berechnungen zeigen, dass sich die spezifischen Wärmegestehungskosten infolge der geringeren erzeugten Wärmemengen erhöhen. Aufgrund des geringeren Heizenergiebedarfs kommt es allerdings bei den Wohngebäuden zu einem absoluten Kostenvorteil je nach Versorgungs- und Netzvariante von rund 6 bis 10 %.

Dabei führt die Abnahme von Biogaswärme aus der Biogasanlage Biogas Löhndorf GmbH & Co. KG im Erzeugermix mit Holzfeuerung und fossiler Spitzenlastabdeckung zur Versorgung des gesamten Quartiers auch bei einer Reduzierung des Heizenergiebedarfs um 9,5 % zur besten Wirtschaftlichkeit der untersuchten Versorgungsvarianten.

¹¹ Gerade im Bereich der Energiepreise gibt es signifikante Änderungen der Rahmenbedingungen. So ist bspw. die nach 2026 greifende CO₂-Bepreisung noch nicht konkret absehbar.

Tabelle 9-7: Wärmegestehungskosten Sanierungsvariante 1

Dyn. Wirtschaftlichkeit über 10 Jahre		Variante 1.2 Biogas-Wärme + Hackschnitzelkessel + Erdgaskessel	Variante 1.2 V 1.1 mit Versorgung des Neubaugebiets	Variante 1.3 Photovoltaik + Luftwärmepumpe + Erdgaskessel	Variante 2.1 Kaltes Netz + zahlr. Wärmepumpen	Dimension
Biogas-Wärme	ca.	3.746.507		4.105.345	0	0 kWh _{th}
Brennstoffbezug Erdgas	ca.	228.853		425.530	168.638	0 kWh _{th}
Brennstoffbezug Holz	ca.	1.532.591		1.855.114	0	0 kWh _{th}
Strombezug öffentl. Netz-Heizzentrale	ca.	94.646		110.829	2.028.616	135.339 kWh _{th}
Wärmeleitung (Kamerabedarf Anschlussnehmer)	ca.	4.394.411		4.500.184	4.394.411	535.775 kWh _{th}
CO ₂ -Emissionen (anzustehender Wert)	ca.	55		152	40	0 tCO ₂
Investitionen						
Hackschnitzelkessel	ca.	463.306		463.306	0	0 €
Erdgaskessel	ca.	358.628		358.628	239.085	0 €
Freiflächen-Photovoltaik	ca.	0		0	2.295.975	0 €
Wärmepumpe	ca.	0		0	872.318	1.620.465 €
Wärmequelle	ca.	0		0	0	1.490.207 €
Anlagentechnik und Installation	ca.	1.905.723		2.187.415	1.770.828	0 €
Wärmesetz	ca.	4.444.375		5.929.106	4.444.375	806.438 €
Grundstücke & Gebäude	ca.	345.000		345.000	358.800	69.000 €
Investitionssumme (netto)	ca.	7.817.831		9.283.454	9.961.378	3.996.199 €
Investitionssumme (brutto)	ca.	8.945.267		11.047.311	11.877.840	4.743.577 €
Kapitalkosten						
Hackschnitzelkessel	20 Jahre	28.334		28.334	0	0 €
Erdgaskessel	20 Jahre	21.832		21.832	14.622	0 €
Freiflächen-Photovoltaik	20 Jahre	0		0	180.414	0
Großwärmepumpe	20 Jahre	0		0	53.348	99.102 €
Wärmequelle	40 Jahre	0		0	0	54.479 €
Anlagentechnik und Installation	15 Jahre	148.314		170.237	137.815	0 €
Wärmesetz	40 Jahre	162.467		219.743	162.467	29.480 €
Gebäude	50 Jahre	10.979		10.979	11.418	2.196 €
Jährliche Kapitalkosten (netto)	ca.	372.827		448.225	520.085	188.257 €
Jährliche Kapitalkosten (brutto)	ca.	442.712		533.988	618.901	220.456 €
Förderung						
Hackschnitzelkessel	20 Jahre	13.487		11.334	0	0 €
Wärmesetz	40 Jahre	77.335		80.697	64.987	11.792 €
Elektr.- und Anlagentechnik	20 Jahre	55.477		53.510	43.319	0 €
Wärmepumpe	20 Jahre	0		0	21.330	39.841 €
Wärmequelle	40 Jahre	0		0	0	21.792 €
Gebäude	50 Jahre	5.226		4.362	4.587	878 €
Jährliche Förderung (netto)	ca.	-151.824		-155.933	-134.213	-74.103 €
Jährliche Förderung (brutto)	ca.	-180.314		-185.560	-159.713	-88.182 €
Betrieb und Wartung						
Hackschnitzelkessel	ca.	16.115		16.115	0	0 €
Erdgaskessel	ca.	3.119		3.119	2.679	0 €
Wärmepumpen	ca.	0		0	27.960	9.150 €
Wärmequelle	ca.	0		0	0	12.959 €
Anlagentechnik und Installation	ca.	24.857		28.532	23.098	0 €
Wärmesetz	ca.	9.862		12.889	9.862	1.753 €
Gebäude	ca.	795		795	795	151 €
Versicherung/Sonstiges	ca.	32.892		40.372	43.322	17.333 €
Technische Betriebsführung	ca.	130.798		191.489	150.327	68.333 €
Kaufmännische Betriebsführung	ca.	24.232		32.162	48.494	7.800 €
Jährliche Betriebs- und Wartungskosten (netto)	ca.	242.200		295.432	305.696	118.609 €
Jährliche Betriebs- und Wartungskosten (brutto)	ca.	268.218		351.564	363.778	141.145 €
Energiekosten						
Biogas-Wärme	ca.	187.329		205.267	0	0 €
Erdgas	ca.	57.259		196.060	42.230	0 €
Holz	ca.	56.587		68.639	0	0 €
Strom	ca.	48.363		54.660	1.000.500	66.749 €
CO ₂ -Kosten	73,8 €/t	4.547		7.495	2.985	0 €
Jährliche Energiebezugskosten (netto)	ca.	351.702		442.124	1.045.715	66.749 €
Jährliche Energiebezugskosten (brutto)	ca.	418.526		526.127	1.244.401	79.431 €
(Einspeisevergütung PV (netto))	10,5 ct/kWh				-91.262	€
Wirtschaftlichkeit						
Wärmegestehungskosten (netto)	ca.	814.405		1.229.849	1.645.992	296.812 €
spez. Wärmegestehungskosten (netto)	ca.	19 ct/kWh		21 ct/kWh	37 ct/kWh	56 ct/kWh
Wärmegestehungskosten (brutto)	ca.	968.141		1.229.520	1.958.730	362.849 €
spez. Wärmegestehungskosten (brutto)	ca.	22 ct/kWh		25 ct/kWh	45 ct/kWh	56 ct/kWh

9.1.6 ZENTRALE WÄRMEVERSORGUNG MIT SANIERUNGSVARIANTE 2

Ergänzend wurde eine Sanierungsvariante 2 mit einer Reduzierung des Heizenergiebedarfs um 19 % bis zum Jahr 2050 durch eine Sanierungsrate in Höhe von 2 % berechnet (vgl. 7.3.2).

Auch bei dieser Sanierungsstufe führt die Abnahme von Biogaswärme aus der Biogasanlage Biogas Löhndorf GmbH & Co. KG im Erzeugermix mit Holzfeuerung und fossiler Spitzenlastabdeckung zur Versorgung des gesamten Quartiers zur besten Wirtschaftlichkeit der untersuchten Versorgungsvarianten. Da bis zu einer Reduzierung des Heizenergiebedarfs um 19 % so viel Zeit vergehen dürfte, dass dann auch energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen sich maßgeblich verändern, ist diese Rechnung jedoch als wenig aussagekräftig anzusehen, so dass auf eine Darstellung im Bericht verzichtet wird.

Sofern die Versorgung auf eine komplett regenerative Basis, bestenfalls sogar in Form von ohnehin anfallender Abwärme, umgestellt werden kann, erreichen die Gebäude auch ohne sehr weitgehende Sanierungen Klimaneutralität. Damit stellt sich die Frage, wie weit der Aufwand an „grauer Energie“ für weitere Dämmungen etc. unter Energie- und Klimagesichtspunkten überhaupt noch sinnvoll ist. Zu beantworten ist dies nur im jeweils konkreten Einzelfall.

9.1.7 CO₂-BILANZ UND PRIMÄRENERGIEFAKTOR

Auf Basis der CO₂-Emissionsfaktoren aus Tabelle 7-3 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. Die auf dem Weg der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) gewonnene Wärme aus Biogas, die als „Nebenprodukt“ der Stromerzeugung in den Biogasanlagen bereits heute entsteht und bisher z. T. ungenutzt bleibt, wird als CO₂-neutral angesehen.¹² Bei der Umwandlung von Strahlungs- in elektrische Energie unter Verwendung von Photovoltaik-Anlagen sind lediglich die CO₂-Emissionen der Herstellung der Anlage relevant.¹³

Aktuell betragen die CO₂-Emissionen von dezentralen Öl-, Gas- und Feststoffheizungen im Quartier aus der Wärmeversorgung (Heizung + Warmwasser) 1.298 t/a. Bei der Umsetzung einer zentralen Wärmeversorgung auf Basis von Biogaswärme, Holzhackschnitzeln und fossilem Spitzenlastkessel ergeben sich im Vergleich zu den gegenwärtigen Heizsituationen bei einer Anschlussquote von 80 % Einsparungen der CO₂-Emissionen von etwa 67 %, bei verbleibenden CO₂-Emissionen von 433 t/a.

Erfolgt die zentrale Wärmeversorgung des Quartiers alternativ durch elektrisch betriebene Luftwärmepumpen mit Photovoltaik, erhöhen sich die Emissionen insbesondere aufgrund des zeitweise erforderlichen Bezugs von Netzstrom. Aufgrund der aktuell noch fossilen Erzeugungsanteile

¹² Auch wenn sich die (i. W. prozessbedingten) CO₂-Emissionen des Biogas-BHKW auf die Strom- und Wärmeproduktion aufteilen ließen, steht doch hier fest, dass der Strom auf jeden Fall produziert würde und mit der Nutzung der überschüssigen Wärme gegenüber dem Status quo keine zusätzlichen CO₂-Emissionen verbunden sind.

¹³ Der Strom für die Umwälzpumpen wird in beiden Fällen dem Wärmenetz zugerechnet.

des deutschen Strommix wird Gesamtbilanz ungünstiger (1.401 t/a) und liegt somit deutlich über dem Status quo. Hier könnte angesichts der in Schleswig-Holstein bilanziell bei über 100 % liegenden Stromerzeugung aus regenerativen Energieträgern allerdings kontrovers diskutiert werden, wie der Bezug von „echtem“ Ökostrom, bei dem Herkunftsnachweise und Bezugsquelle gekoppelt sind (Zerger, 2020), zu bewerten wäre.

Tabelle 9-8 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 9-8: CO₂-Emissionen der zentralen Wärmeversorgung

Gewichtungsfaktoren und Kennwerte	Variante 1.1 Biogas-Wärme + Hackschnitzelkessel + Erdgaskessel	Variante 1.2 V 1.1 mit Versorgung des Neubaugebiets	Variante 1.3 Photovoltaik + Luftwärmepumpe + Erdgaskessel	Variante 2.1 Kaltes Netz + dztrl. Wärmepumpen	Dimension
Emissionsfaktor					
Gewichtungsfaktor des zugeführten Energieträgers Erdgas	ca.	240	240	240	240 g CO _{2,3q} /kWh _{Hi}
		64	114	40	0 t
Gewichtungsfaktor des zugeführten Energieträgers Holzpellets	ca.	20	20	20	20 g CO _{2,3q} /kWh _{Hi}
		28	37	0	0 t
Gewichtungsfaktor des zugeführten Energieträgers Strom	ca.	485	485	485	485 g CO _{2,3q} /kWh _{Hi}
		45	54	984	66 t
Gewichtungsfaktor des zugeführten Energieträgers PV-Strom	ca.	40	40	40	40 g CO _{2,3q} /kWh _{Hi}
		0	0	19	0 t
Gewichtungsfaktor des zugeführten Energieträgers Biogas-Wärme	ca.	0	0	0	0 g CO _{2,3q} /kWh _{Hi}
		0	0	0	0 t
CO₂-Emissionsfaktor	f_{we,WL}	31	42	237	123 g CO_{2,3q}/kWh_{Hi}
CO₂-Emissionen		137	205	1.043	66 t

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

Gewichtungsfaktoren und Kennwerte	Variante 1.1 Biogas-Wärme + Hackschnitzelkessel + Erdgaskessel	Variante 1.2 V 1.1 mit Versorgung des Neubaugebiets	Variante 1.3 Photovoltaik + Luftwärmepumpe + Erdgaskessel	Variante 2.1 Kaltes Netz + dztrl. Wärmepumpen	Dimension
CO₂-Emissionen der zentralen Versorgung des Quartiers		184	184	1.141	0 t
CO₂-Emissionen der dezentralen Versorgung des Quartiers		260	260	260	260 t
CO₂-Emissionen der zentralen Versorgung des Neubaugebiets		0	80	0	66 t
Summe CO₂-Bilanz		444	524	1.401	326 t
Mit Berücksichtigung der Sanierungsquote 1:					
CO₂-Emissionen der zentralen Versorgung des Quartiers		137	137	1.043	0 t
CO₂-Emissionen der dezentralen Versorgung des Quartiers		235	235	235	235 t
CO₂-Emissionen der zentralen Versorgung des Neubaugebiets		0	68	0	66 t
Summe CO₂-Bilanz		372	440	1.279	301 t

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 verrechnet. Dieser betrug im Jahr 2021 etwa 485 g/kWh. 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 1.3 können lediglich 19 % des Strombedarfs aus der PV-Anlage gedeckt werden. Der weitaus größere Anteil muss weiterhin aus dem Netz bezogen werden. Dies begründet den recht hohen Emissionsfaktor dieser Variante.

Kritisch bei der Bewertung des Einsatzes von Erdgas im Spitzenlastheizwerk ist der Methanschleupf, 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 7-3 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 Methanschleupfs 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 9-9 stellt die Primärenergiebedarfe der Versorgungsvarianten für die untersuchten Wärmenetze bei einer Anschlussquote von 80 % dar. Es zeigt sich, dass die Abnahme von Biogas-Wärme aus der Biogasanlage im Vergleich zu Wärme aus Luftwärmepumpen mit Photovoltaik zu einem geringeren Primärenergiebedarf führt. Für Nah- und Fernwärme mit einem erneuerbaren KWK-Anteil von 70 % ist ein Primärenergiefaktor von 0,0 typisch und aus diesem Grund gewählt (AGFW, 2021). Dementsprechend weisen die Varianten mit einer Abnahme von Biogaswärme zur Wärmeversorgung günstigere Primärenergiefaktoren auf.

Tabelle 9-9: Primärenergiebedarf der zentralen Wärmeversorgung

Energiebilanzen		Variante 1.1 Biogas-Wärme + Hackschnitzelkessel + Erdgaskessel	Variante 1.2 V 1.1 mit Versorgung des Neubaugebiets	Variante 1.3 Photovoltaik + Luftwärmepumpe + Erdgaskessel	Variante 2.1 Kaltes Netz + dztrl. Wärmepumpen	Dimension
Primärenergiefaktor						
Gewichtungsfaktor des zugeführten Energieträgers Erdgas	ca.	1,1	1,1	1,1	1,1	
	ca.	402	675	324	0	MWh/a
Gewichtungsfaktor des zugeführten Energieträgers Holz	ca.	0,2	0,2	0,2	0,2	
	ca.	349	407	0	0	MWh/a
Gewichtungsfaktor des zugeführten Energieträgers Strom	ca.	1,8	1,8	1,8	1,8	
	ca.	187	218	3897	244	MWh/a
Gewichtungsfaktor des zugeführten Energieträgers Biogas-Wärme	ca.	0,0	0,0	0,0	0,0	
	ca.	0,0	0,0	0,0	0,0	MWh/a
Primärenergiefaktor (§ 22 Abs. 2 GEG)	ca.	0,30	0,30	0,87	0,45	
Primärenergiefaktor nach Kappung (§ 22 Abs. 3 GEG)	ca.	0,20	0,20	0,87	0,45	

9.2 BETREIBERKONZEPTE

Sollte im Quartier 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 9-10.

Tabelle 9-10: 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 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 i. d. R. vorhanden • Infrastruktur für Abrechnungen u. ä. vorhanden • ggf. kostengünstiger Einkauf (Mengen!) und Effizienzvorteile • Umfangreiche Erfahrungen 	<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.

Konkret in Wankendorf bieten sich verschiedene Konstellationen an. So besteht ja bereits ein kleines Netz der Biogasanlage im Norden des Quartiers, das durch den Betreiber der Biogasanlage weiter ausgebaut werden könnte. Der Vorteil läge darin, dass der Biogasanlagenbetreiber dann auch ein hohes Interesse daran hätte, seine Wärmeerzeugung dauerhaft weiter zu betreiben - beispielsweise die Biogasanlage auch nach dem Ablauf der EEG-Förderung. Dies setzt voraus, dass der bisherige Akteur bereit und in der Lage ist, auch die Investitionen in den weiteren Netzausbau zu tragen. Sollte dies nicht der Fall sein, könnte der Ausbau auch durch die Kommune selbst erfolgen, wobei sich dann die Frage stellen würde, ob sie auch die bestehenden Netze übernimmt. Dies muss nicht zwangsläufig dazu führen, dass die Kommune die Netze auch betreibt, denn sie könnte sie wiederum langfristig an den bisherigen Betreiber verpachten, so dass sie, wie bisher, keinerlei Belastung durch operative Aufgaben (Betrieb, Sicherung der Redundanz, Abrechnungen etc.) hätte.

Denkbar sind auch gemischte Verantwortlichkeiten. Beispielsweise könnte der Biogasanlagenbetreiber in das Wärmenetz einspeisen, das von einem anderen Akteur betrieben wird. Dieser kauft die Biogaswärme an und ist für den Weiterverkauf an die Nutzer sowie die Sicherung der Redundanz verantwortlich. Der Betreiber des Wärmenetzes könnte das Wärmenetz selbst besitzen oder von der Kommune gepachtet haben. Eine höhere Komplexität der Konstruktion könnte aber auch zu höheren administrativen Kosten führen.

Letztlich wäre es eine der Aufgaben des Sanierungsmanagements, hier die anstehenden Gespräche zu führen und die für alle Akteure passenden Entscheidungen vorzubereiten.

9.3 DEZENTRALE VERSORGUNGSOPTIONEN

Als Kostenvergleich zu einer zentralen Wärmeversorgung sowie ggf. für die Teile des Quartiers, in denen wegen der geringen Wärmeabnahmedichte kein Wärmenetz in Frage kommt, wurden für ein quartierstypisches Einfamilienhaus verschiedene dezentrale Wärmeversorgungsoptionen

gegenübergestellt. Die Berechnungen berücksichtigen dabei die seit Mitte August des Jahres 2022 geltenden Fördermöglichkeiten für den Heizanlagen-tausch aus der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BAFA, 2021), die in Tabelle 9-11 dargestellt sind.

Tabelle 9-11: Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)

Einzelmaßnahmen zur Sanierung von Wohngebäuden (WG) und Nichtwohngebäuden (NWG)		Fördersatz	Fördersatz mit Heizungs-Tausch-Bonus	Fachplanung
Gebäudehülle ¹	Dämmung von Außenwänden, Dach, Geschossdecken und Bodenflächen; Austausch von Fenstern und Außentüren; sommerlicher Wärmeschutz	15 %		
Anlagentechnik ²	Einbau/Austausch/Optimierung von Lüftungsanlagen; WG: Einbau „Efficiency Smart Home“; NWG: Einbau Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Raumkühlung und Beleuchtungssysteme	15 %		
Heizungsanlagen	Solarthermieanlagen	25 %		
	Wärmepumpen ³	25 %	35 %	
	Biomasseanlagen ³	10 %	20 %	
	Innovative Heizanlagen auf EE-Basis	25 %	35 %	
	EE-Hybridheizungen mit Biomasseheizung ^{3,1} EE-Hybridheizungen ohne Biomasseheizung ³	20 % 25 %	30 % 35 %	50 %
Heizungsnetz	Errichtung, Erweiterung, Umbau eines Gebäudenetzes Mindestens 55 % Anteil EE im Wärmemix	25 %		
	Anschluss an ein Gebäudenetz Mindestens 25 % Anteil EE im Wärmemix	25 %	35 %	
	Anschluss an ein Wärmenetz Mindestens 25 % Anteil EE im Wärmemix oder Primärenergiefaktor höchstens 0,6	25 %	35 %	
Heizungsoptimierung ²		15 %		

¹ ISFP-Bonus: Bei Umsetzung einer Sanierungsmaßnahme als Teil eines im Förderprogramm „Bundesförderung für Energieberatung für Wohngebäude“ geförderten individuellen Sanierungsfahrplanes (ISFP) ist ein zusätzlicher Förderbonus von 5 % möglich.
² Innovationsbonus Biomasse: Bei Einhaltung eines Emissionsgrenzwertes für Feinstaub von max. 2,5 mg/m³ ist ein zusätzlicher Förderbonus von 5 % möglich.
³ Wärmepumpen-Bonus: Wenn als Wärmequelle Wasser, Erdreich oder Abwasser erschlossen wird, ist ein zusätzlicher Förderbonus von 5 % möglich.
 Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)

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 9-4 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.¹⁴

¹⁴ „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. ...“

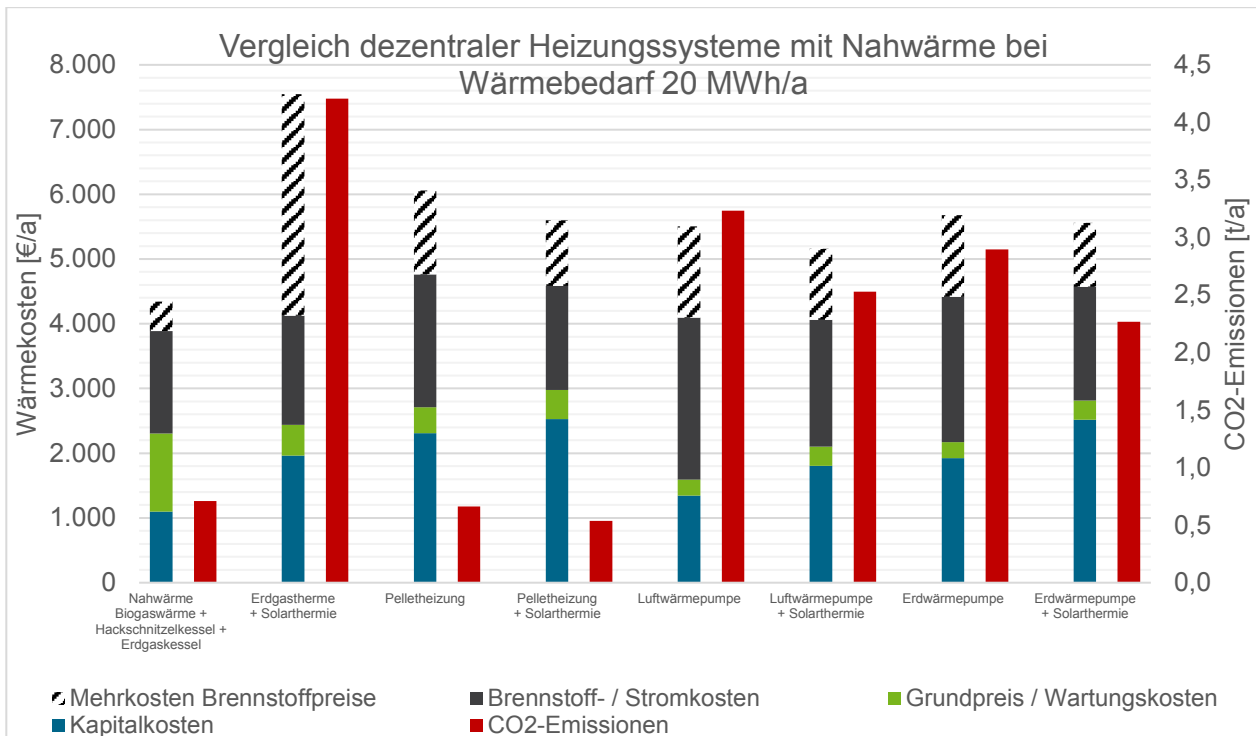


Abbildung 9-4 Vergleich der günstigsten zentralen Versorgungslösung mit dezentralen Versorgungsoptionen - durchschnittliche Brennstoff- / Stromkosten 1. Halbjahr 2022 und Mehrkosten im August 2022

9.4 VERGLEICH ZENTRALER UND DEZENTRALER VERSORUNGSOPTIONEN

Die Berechnungen (siehe Abbildung 9-4) haben gezeigt, dass der Aufbau einer zentralen Wärmeversorgungslösung zur Versorgung des gesamten Quartiers unter den getroffenen Annahmen und einer maximalen Förderung von 40 % der förderfähigen Ausgaben ca. 4 bis 18 % günstiger ist als die dezentralen Beheizungsmöglichkeiten.

Um die Auswirkungen von Preisschwankungen von Energie zu verdeutlichen, wurde zum Vergleich neben den durchschnittlichen Preisen von Gas, Strom und Holzpellets vom ersten Halbjahr 2022 auch die Mehrkosten durch die Preise vom zweiten Halbjahr 2022 (Stand 08/2022) ausgewiesen. Mit steigenden Energiepreisen, wie sie im zweiten Halbjahr 2022 zu verzeichnen waren, sind die Wärmekosten der Nahwärmelösung ca. 16 bis 43 % günstiger als die dezentralen Heizungssysteme. Insbesondere die Gasheizung ist nicht nur am klimaschädlichsten, sondern auch am teuersten. Die weiteren Entwicklungen der Energiepreise, insbesondere des Pellets-, Gas- und Strompreises, verschieben die in der Abbildung dargestellten Verhältnisse zugunsten der zentralen Versorgung mit Biogas- und Hackschnitzelwärme.

Hierbei 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 derzeit in einer ähnlichen Höhe liegen wie die dezentraler Beheizungsmöglichkeiten,

- dass aber eine Nahwärmeversorgung aufgrund der Nutzung ohnehin anfallender Abwärme sowie aufgrund der Verbundlösung mit mehreren Wärmequellen voraussichtlich den Vorteil einer deutlich höheren Preisstabilität aufweist.

Da in diesen getroffenen Annahmen im Rahmen eines Quartierskonzeptes systembedingt noch Ungenauigkeiten liegen, wurden im Kapitel 9.5 unterschiedlichste Sensitivitätsanalysen durchgeführt, indem 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 vergleichsweise hohen CO₂-Emissionen der 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.

9.5 SENSITIVITÄTSANALYSE

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

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

Zur Abschätzung wirtschaftlicher Chancen und Risiken durch sich verändernde Energiepreise bedarf es zunächst der Quantifizierung möglicher Energiepreisentwicklungen. Für den fossilen Energieträger Erdgas werden die Wärmepreise der Versorgungsvarianten innerhalb einer Preisspanne von -10 bis +30 % p. a. gegenüber dem in den Rahmenbedingungen zu Grunde gelegten Preis ermittelt, was auch sehr stark schwankende Kosten, wie sie u. a. durch den russischen Angriffskriegs auf die Ukraine verursacht wurden, berücksichtigt. Da der Preis für Strom bisher noch stark an die Entwicklung des Gaspreises gekoppelt ist, gilt diese Preisspanne auch für den Energieträger Strom.

Es lässt sich feststellen, dass es im Vergleich zu Hackschnitzeln für Holzpellets in den letzten Monaten 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, kann sich dies auch weiterhin ändern.

Die zu erzielenden Preise für die erzeugte Biogaswärme in Biogasanlagen (unbesicherte Leistung) schwanken laut Studie der Hochschule für Umwelt und Wirtschaft Nürtingen-Geislingen und des Fachverband Biogas e. V. stark. Viele Anlagenbetreiber geben die Wärme kostenlos ab,¹⁵ während andere Spitzenpreise von bis zu 9 ct/kWh und mehr verlangen (Halbherr, Herbes, & 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 9-12 gibt einen Überblick über die Eingangsparameter der Sensitivitätsanalyse. Tabelle 9-13 zeigt die Legende der Diagramme zur Sensitivitätsanalyse. Für die wirtschaftliche Bewertung der zentralen Versorgungsvarianten wurde der durchschnittliche Preis von Gas, Strom, Hackschnitzel und Holzpellets angesetzt, der bisher im zweiten Halbjahr (Stand 09/2022) eingetreten ist.

Tabelle 9-12: Eingangsparameter der Sensitivitätsanalyse

PREISCHANCEN / -RISIKEN	
Steigerung des Erdgaspreises pro Jahr	-10 % bis +30 %
Steigerung des Strompreises pro Jahr	-10 % bis +30 %
Steigerung des Holzpelletspreises pro Jahr	-10 % bis +30 %
Steigerung des Holzhackschnitzelpreises pro Jahr	-10 % bis +30 %
Biogaswärmepreis ¹⁶	0 ct/kWh bis 9 ct/kWh
Anschlussquote ans Wärmenetz	40 % bis 100 %

Tabelle 9-13: Legende der Diagramme zur Sensitivitätsanalyse

BW	Biogaswärme	SHH	Hackschnitzelheizung
DZ	Dezentrale Versorgung	PH	Pelletheizung
EWP	Erdwärmepumpe	LWP	Luftwärmepumpe
GH	Gasheizung	ST	Solarthermie
GQ	Gesamtquartier	Z	Zentrale Versorgung (Wärmenetz)

¹⁵ Sie profitieren ggf. dennoch, da sich je nach Förderregime die Vergütung für den Strom durch die Abwärmennutzung erhöhen kann.

¹⁶ Es wird angenommen, dass die aus Biogas erzeugte Wärme dem Nahwärmenetz zu einem Festpreis zugeführt wird. Daher wird in der Sensitivitätsbetrachtung keine Änderung, sondern eine unterschiedliche Höhe des vereinbarten Energiepreises betrachtet.

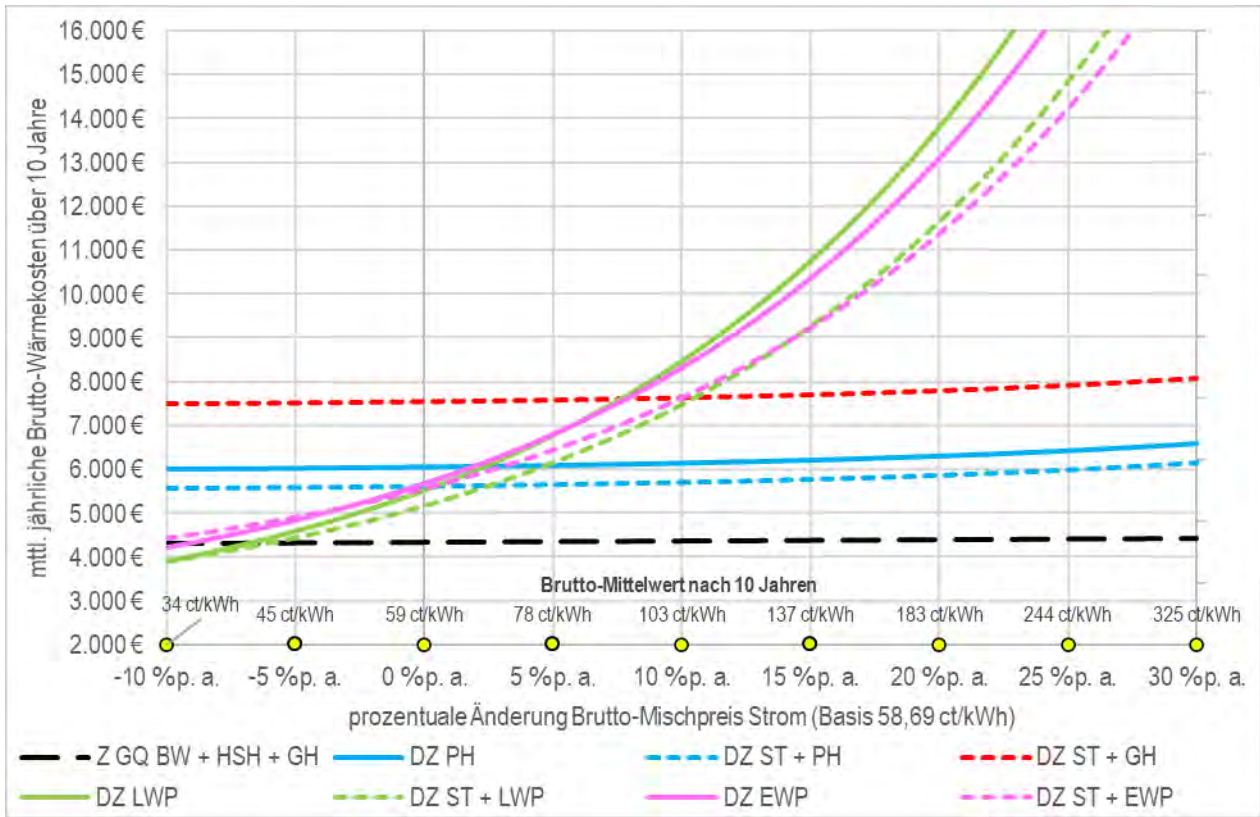


Abbildung 9-5: Wärmekosten bei verschiedenen Preissteigerungsraten für Strom

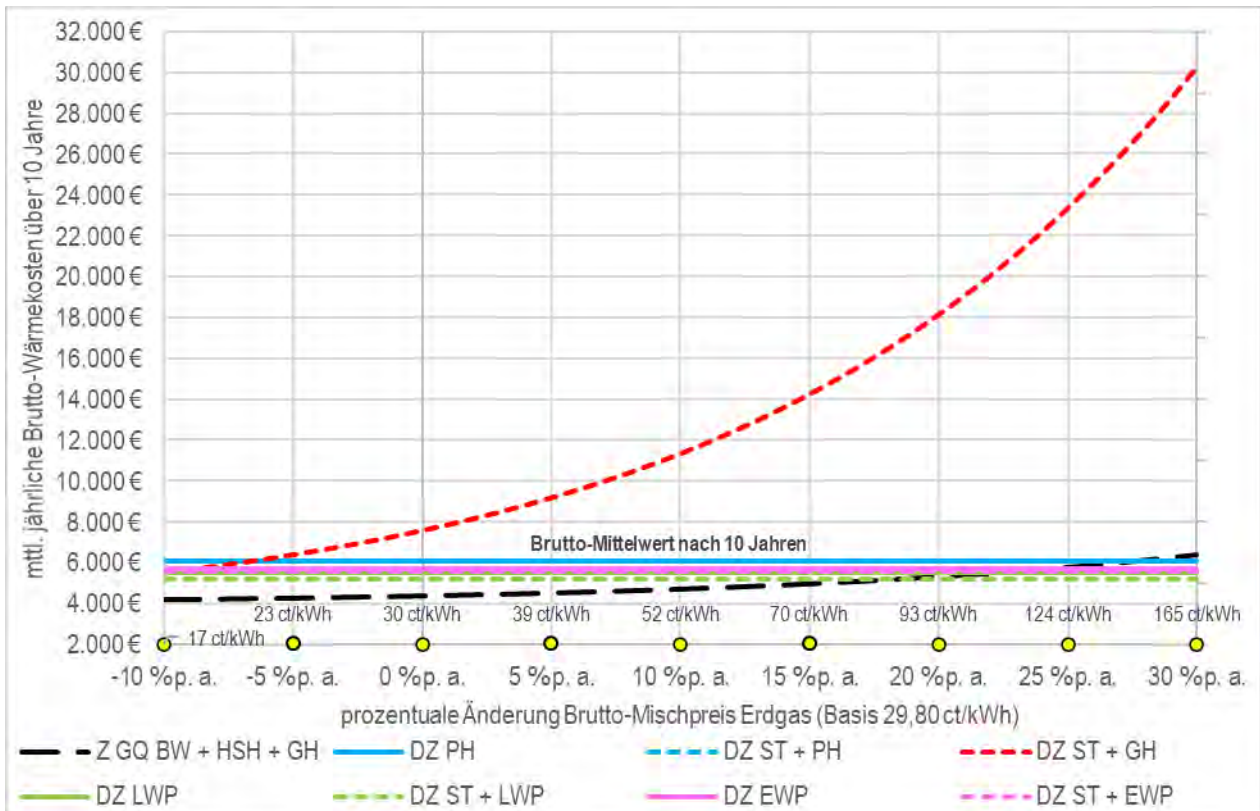


Abbildung 9-6: Wärmekosten bei verschiedenen Preissteigerungsraten für Erdgas

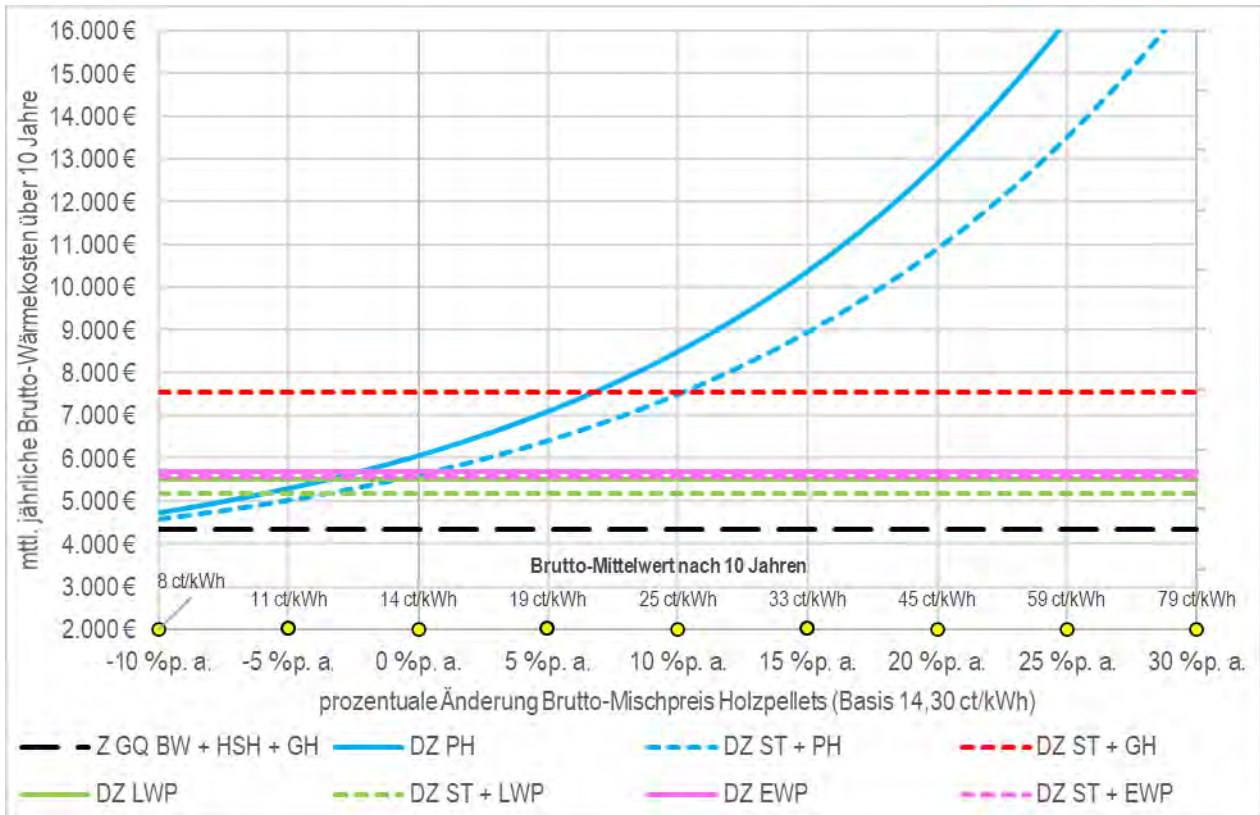


Abbildung 9-7: Wärmekosten bei verschiedenen Preissteigerungsraten für Holzpellets

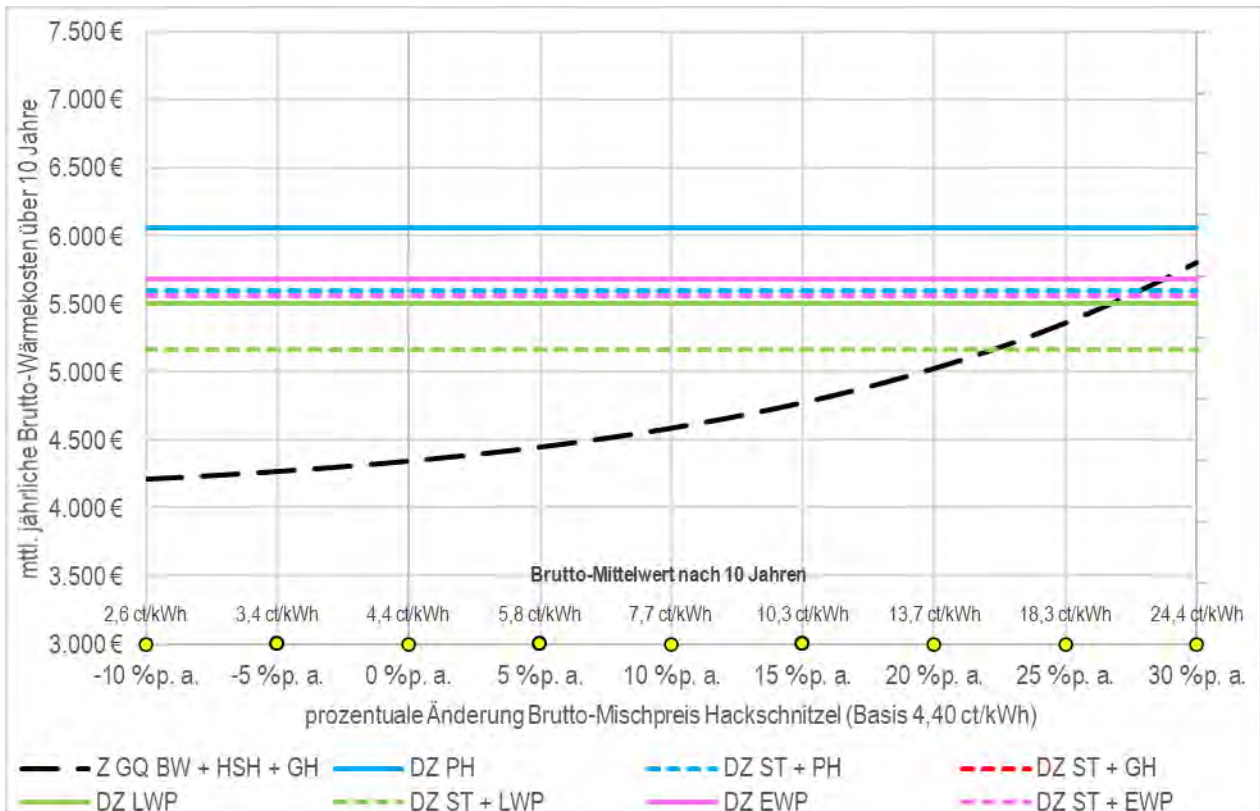


Abbildung 9-8: Wärmekosten bei verschiedenen Preissteigerungsraten für Hackschnitzel

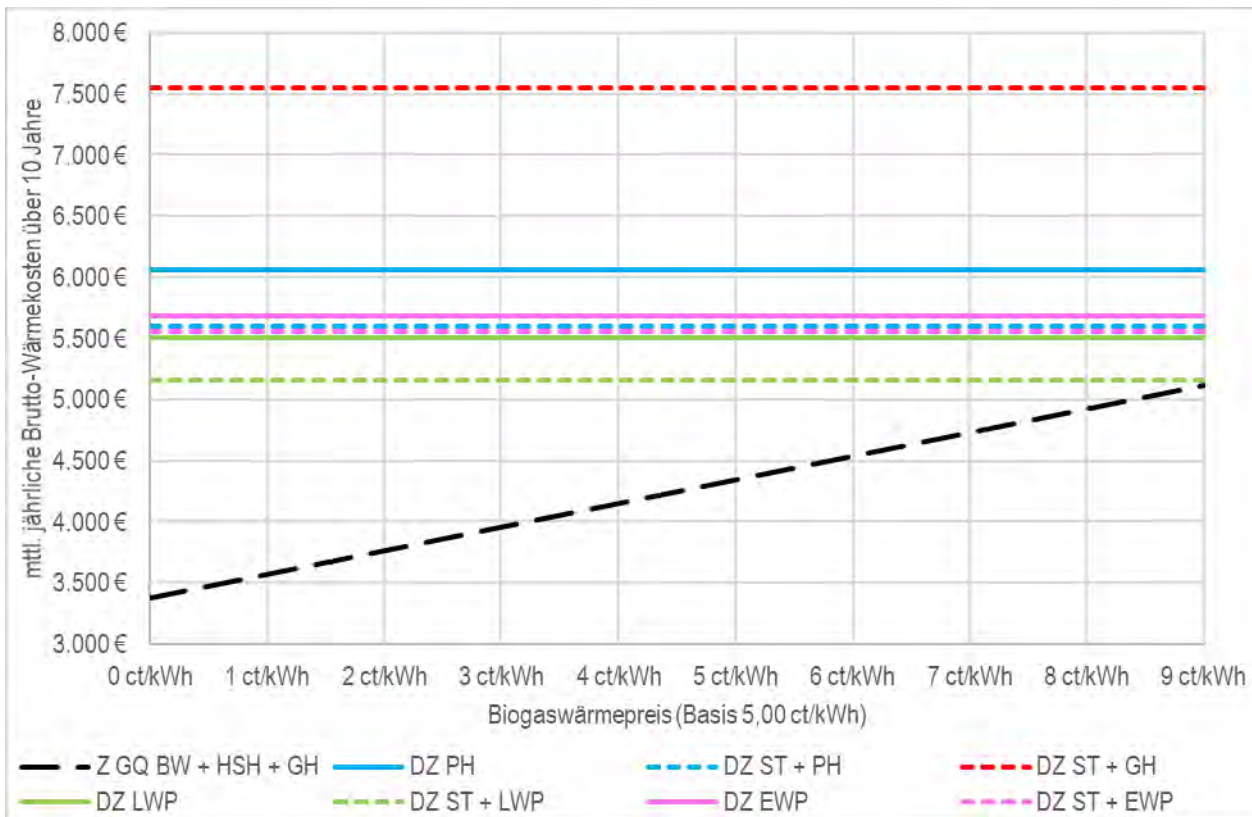


Abbildung 9-9: Wärmekosten bei verschiedenen Preisen für Biogaswärme

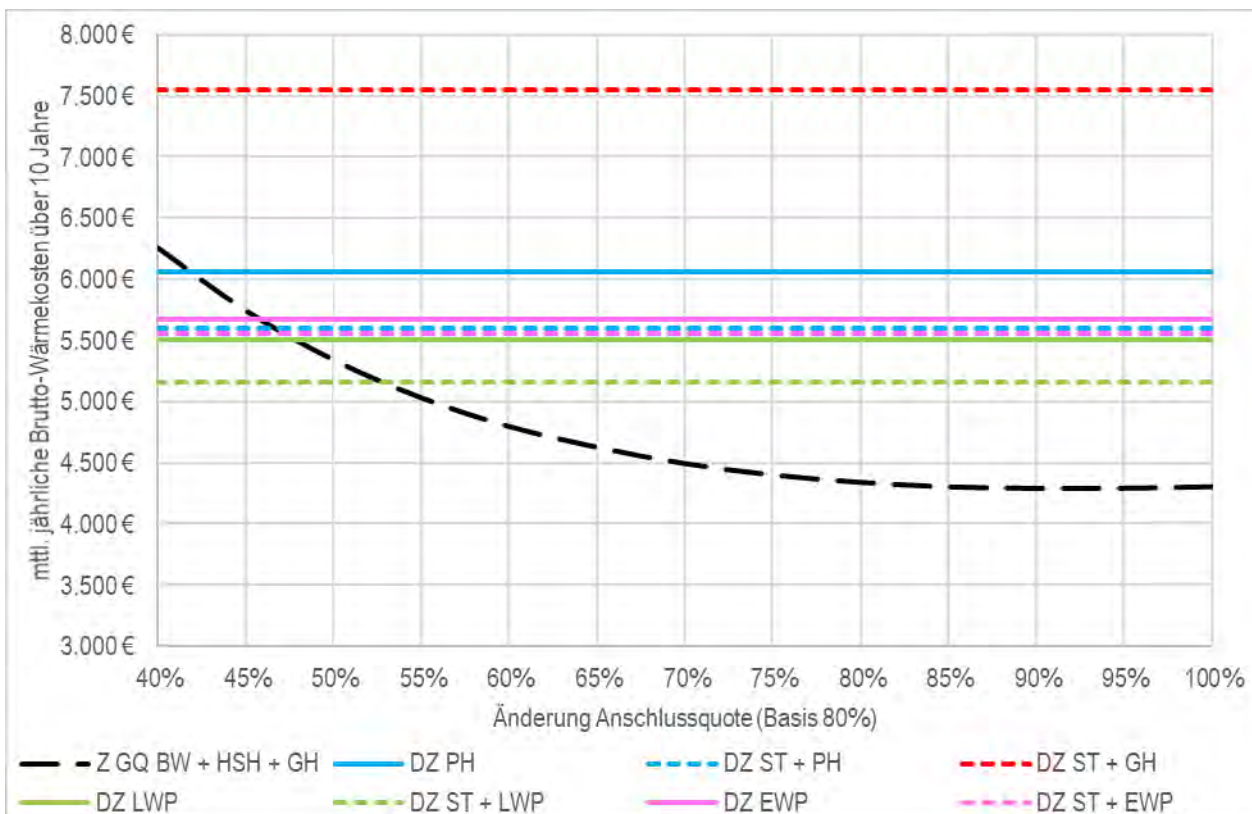


Abbildung 9-10: Wärmekosten bei verschiedenen Anschlussquoten

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 gewisse 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.

Den größten Einfluss auf die Kosten der zentralen, leitungsgebundenen Wärmeversorgung hat erwartungsgemäß die Anschlussquote (vgl. Abbildung 9-10). Die Gegenüberstellung von Anschlussquote und Wärmekosten zeigt, dass die Kosten für die Wärme mit abnehmender Anschlussquote steigen. Insofern ist die zumindest mittelfristige Sicherung einer ausreichenden Anschlussquote der entscheidende Erfolgsfaktor einer zentralen Wärmeversorgung und muss im Mittelpunkt der Bemühungen eines eventuellen Sanierungsmanagements stehen.

9.6 ZUSAMMENFASSUNG WÄRMEERZEUGUNG

Die Berechnungen haben gezeigt, dass der Aufbau einer leitungsgebundenen Wärmeversorgung sehr stark zur Senkung der CO₂-Emissionen beitragen kann. Durch Nutzung anfallender, aber bisher nicht genutzter Abwärme aus dem Biogas-BHKW könnte rund 60 % der benötigten Wärmemenge im Quartier bereitgestellt werden.

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, aufgrund der Verbundlösungen mit mehreren Wärmequellen und der Nutzung ohnehin anfallender Abwärme.

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).

In Bereichen mit niedriger Wärmeabnahmedichte, insbesondere bei alleinstehenden Liegenschaften, lohnt sich die Versorgung über ein Wärmenetz wegen der hohen Investitionen und Wärmeverluste der Leitungen oft nicht. Für diese wurden jedoch verschiedene dezentrale Versorgungsoptionen aufgezeigt. Ggf. kann für benachbarte Häuser, die relativ isoliert, jedoch zusammen liegen, jeweils eine kleine Inselversorgung aufgebaut werden. Auch wenn sich nur zwei oder drei Nutzer zusammenfinden, kann dennoch z. B. eine gemeinsame Pelletanlage günstiger sein als Einzellösungen.

10 PHOTOVOLTAIK

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

Die Gesetze zum beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien (Bundesregierung, 2022) haben zur teilweisen Entbürokratisierung für Anlagen bis zu einer Leistung von bis zu 30 kW_p beigetragen und die Vergütungssätze erhöht. Gleichzeitig sind durch die Krisen die Kosten für die Komponenten und die Installation gestiegen. Im folgenden Abschnitt wird ein Überblick über die technischen Möglichkeiten für ein im Quartier typisches Einfamilienhaus erläutert und die Kosten sowie die Wirtschaftlichkeit von PV-Anlagen dargestellt.

10.1 REFERENZHAUS UND SZENARIEN

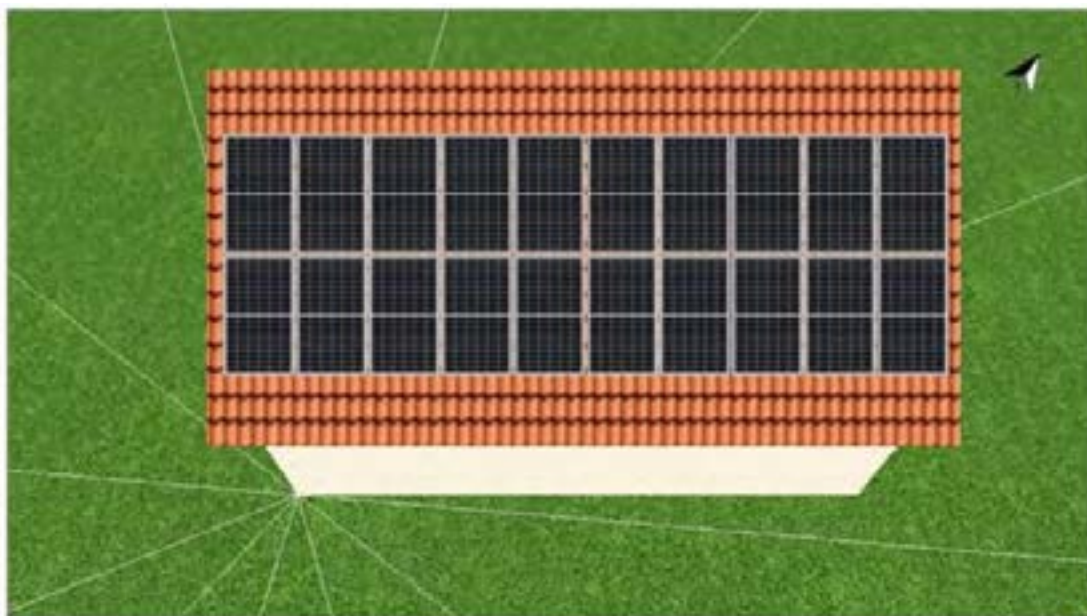


Abbildung: 1. Modulfläche - Gebäude 01-Dachfläche Südost

Abbildung 10-1: Darstellung des Referenzhauses für das Quartie, 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

Energiewirtschaftliche Ansätze netto			
Kapitalzins		2,00 %	p.a.
Wartung und Instandhaltung		1,00 %	p.a./Invest
KFW Förderkredit EE-Standard*		3,19 %	p.a./Invest
Investitionskosten PV-Anlage		1.600	€/kWp
Investitionskosten Speicher		1.000	€/kWp
Einspeisevergütung Volleinspeisung		0,13	€/kWh
Einspeisevergütung Überschusseinspeisung		0,082	€/kWh
Arbeitspreis Strombezug**		0,32	€/kWh
Preisänderungsfaktor Strombezug		2,00 %	p.a.

Abbildung 10-2: Energiewirtschaftliche Ansätze der Wirtschaftlichkeitsberechnung PV¹⁷

10.3 SZENARIO 1: VOLLEINSPEISUNG

10.3.1 ENERGIEBILANZEN BEI VOLLEINSPEISUNG



Abbildung 10-3: Energieflüsse Volleinspeisung, Quelle: PV*SOL

In Abbildung 10-3 ist 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

17

* Die Berechnung wurde im August 2022 durchgeführt. Der Zins ist veränderlich und muss tagesaktuell auf den Seiten der KFW abgerufen werden.

** Für die Berechnung wurde der Grundversorgungstarif der SH-Netz angesetzt.

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

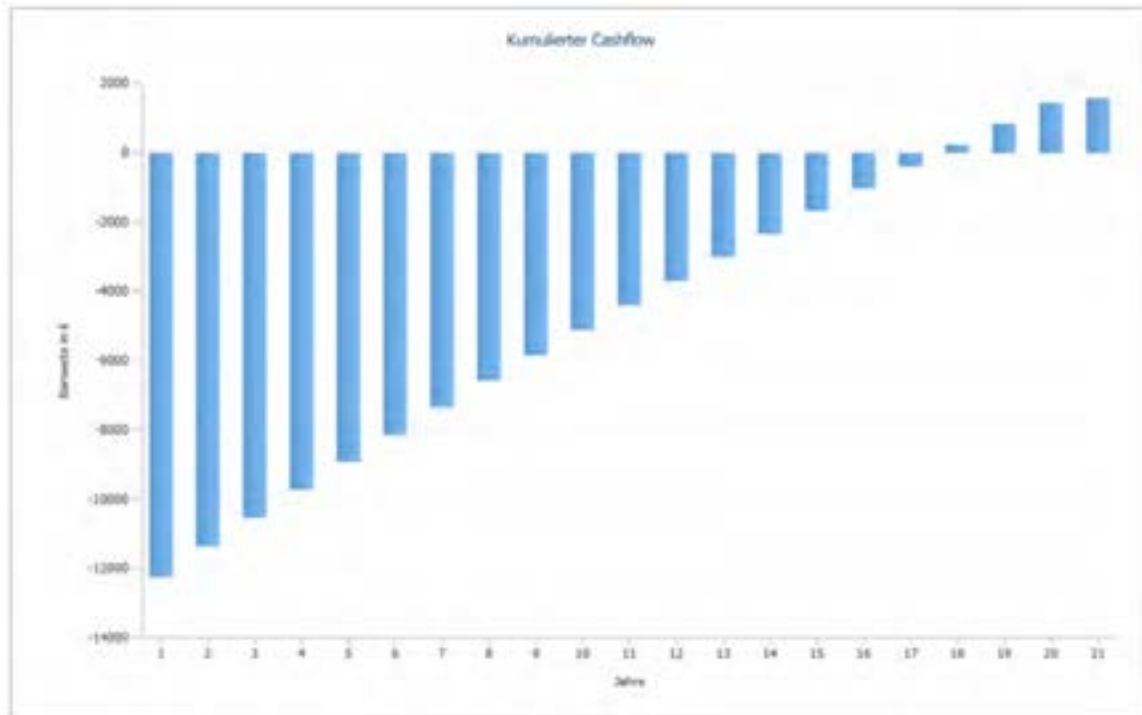


Abbildung 10-4: Kumulierter Cashflow im Betrachtungszeitraum, Quelle: PV'SOL

Abbildung 10-4 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 innerhalb von 18 Jahren refinanziert. Nach 20 Jahren beträgt der Cashflow 1.550 €. Es gilt zu beachten, dass diese Anlage vollständig kreditfinanziert ist. Wird Eigenkapital eingebracht, verbessert sich der Cashflow: Wird die Anlage vollständig aus eigenen Mitteln finanziert beträgt der Cashflow nach 20 Jahren 2.650 €.

10.4 SZENARIO 2: ÜBERSCHUSSEINSPEISUNG

10.4.1 VARIANTE 1: DREIPERSONENHAUSHALT

10.4.1.1 ENERGIEBILANZEN BEI ÜBERSCHUSSEINSPEISUNG VARIANTE 1

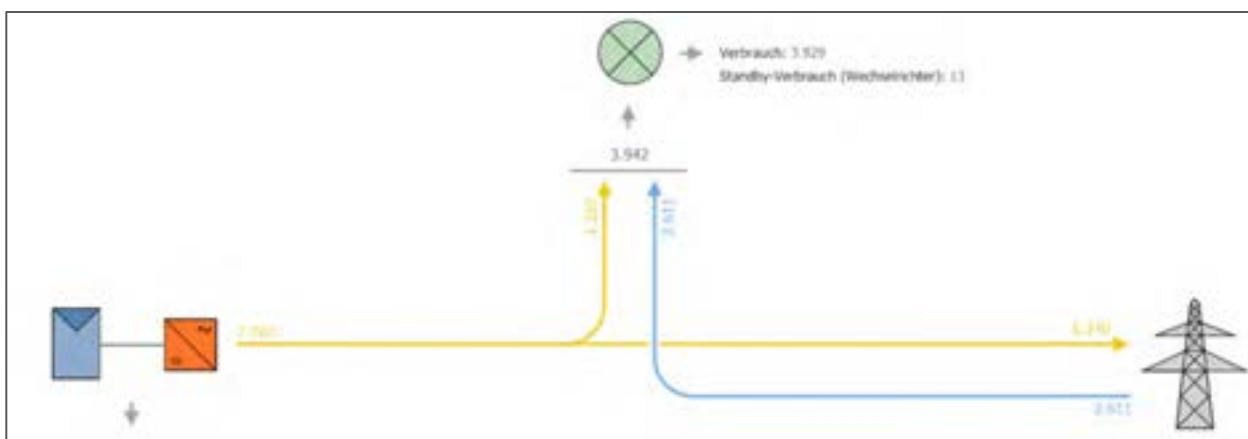


Abbildung 10-5 Energieflüsse Überschusseinspeisung, Quelle: PV*SOL

Ein Dreipersonenhaushalt mit einem Jahresverbrauch in Höhe von 3.929 kWh (grün) kann aus der Anlage 1.332 kWh zeitgleich zur Erzeugung verbrauchen. Die sog. Eigenverbrauchsquote, also wie viel Prozent 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. 30 %. 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).¹⁸ 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. Alternativ kann die Anlagengröße 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.¹⁹

¹⁸ gemäß durchschnittlichen Bezugskosten des Jahres 2022 – vgl. Tabelle 9-2

¹⁹ Nachtrag Januar 2023: 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. (AG, 2023)

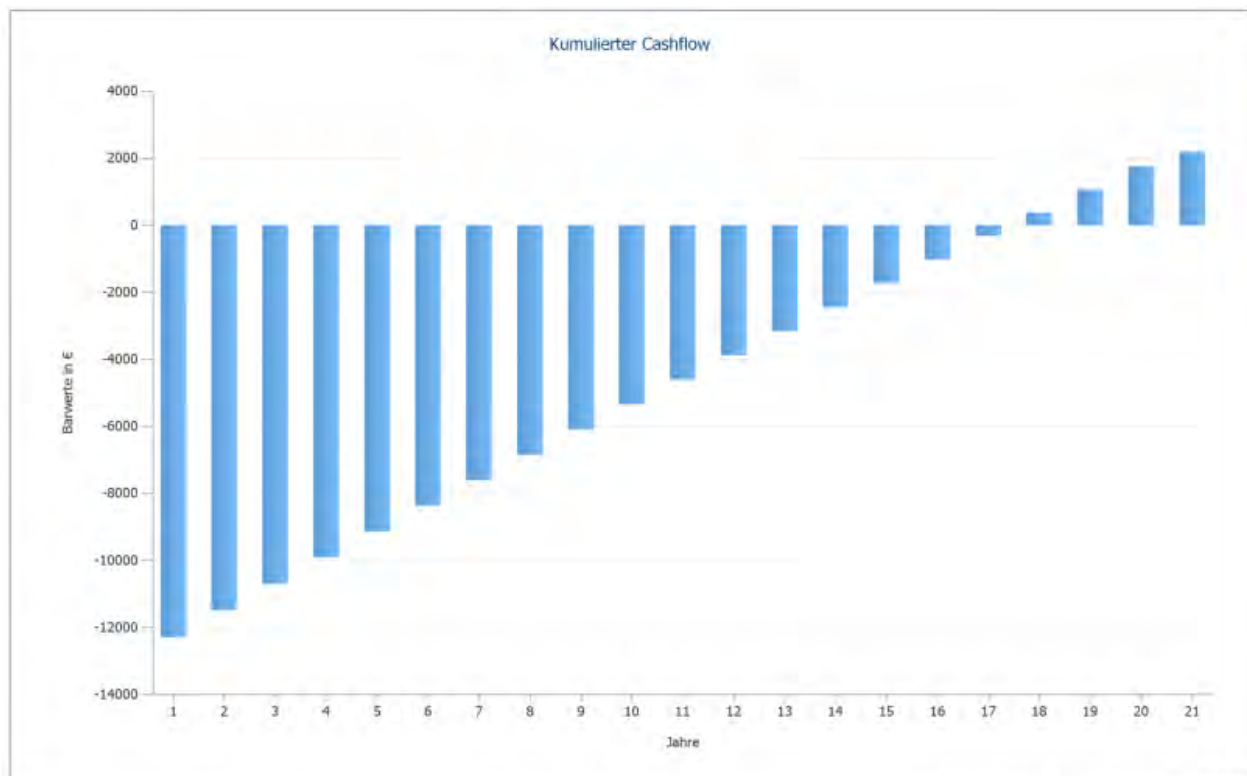


Abbildung: Kumulierter Cashflow

Abbildung 10-6: Kumulierter Cashflow im Betrachtungszeitraum, Quelle: PV*SOL

Trotz der niedrigeren Eigenverbrauchsquote in Höhe von 17,3 %, erzielt die Anlage im Szenario Überschusseinspeisung mit ca. 2.000 € einen höheren Cashflow als bei Volleinspeisung.

10.4.2 VARIANTE 2 UND 3

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

10.4.2.1 ENERGIEBILANZEN BEI ÜBERSCHUSSEINSPEISUNG VARIANTE 2

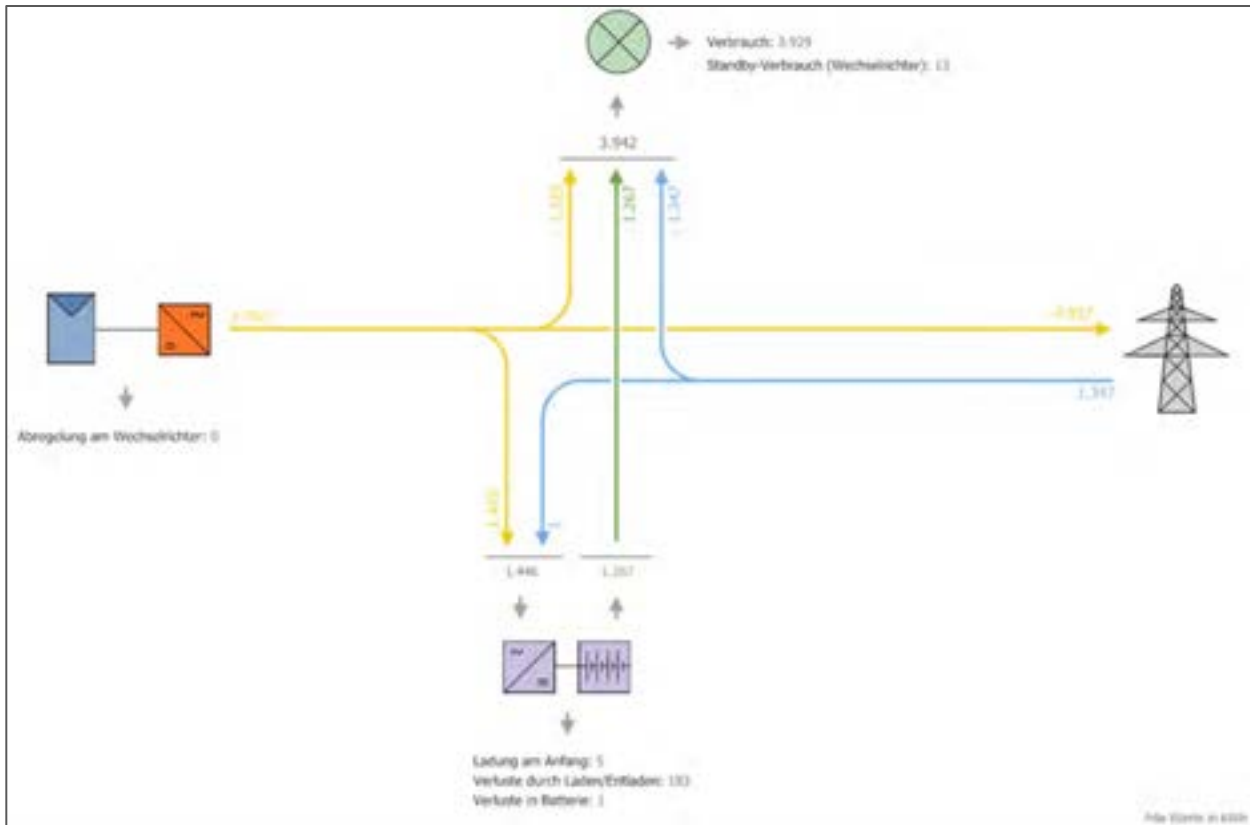


Abbildung 10-7: Energieflüsse Überschusseinspeisung mit Stromspeicher, Quelle: PV*SOL

Durch den Stromspeicher mit einer Kapazität in Höhe von 5 kWh können weitere 1.267 kWh vor Ort verbraucht werden. Die Eigenverbrauchsquote wird mit 33,7 % nahezu verdoppelt. Nur noch ein Drittel des Energiebedarfs muss aus dem Netz bezogen werden.

10.4.2.2 ENERGIEBILANZEN BEI ÜBERSCHUSSEINSPEISUNG VARIANTE 3

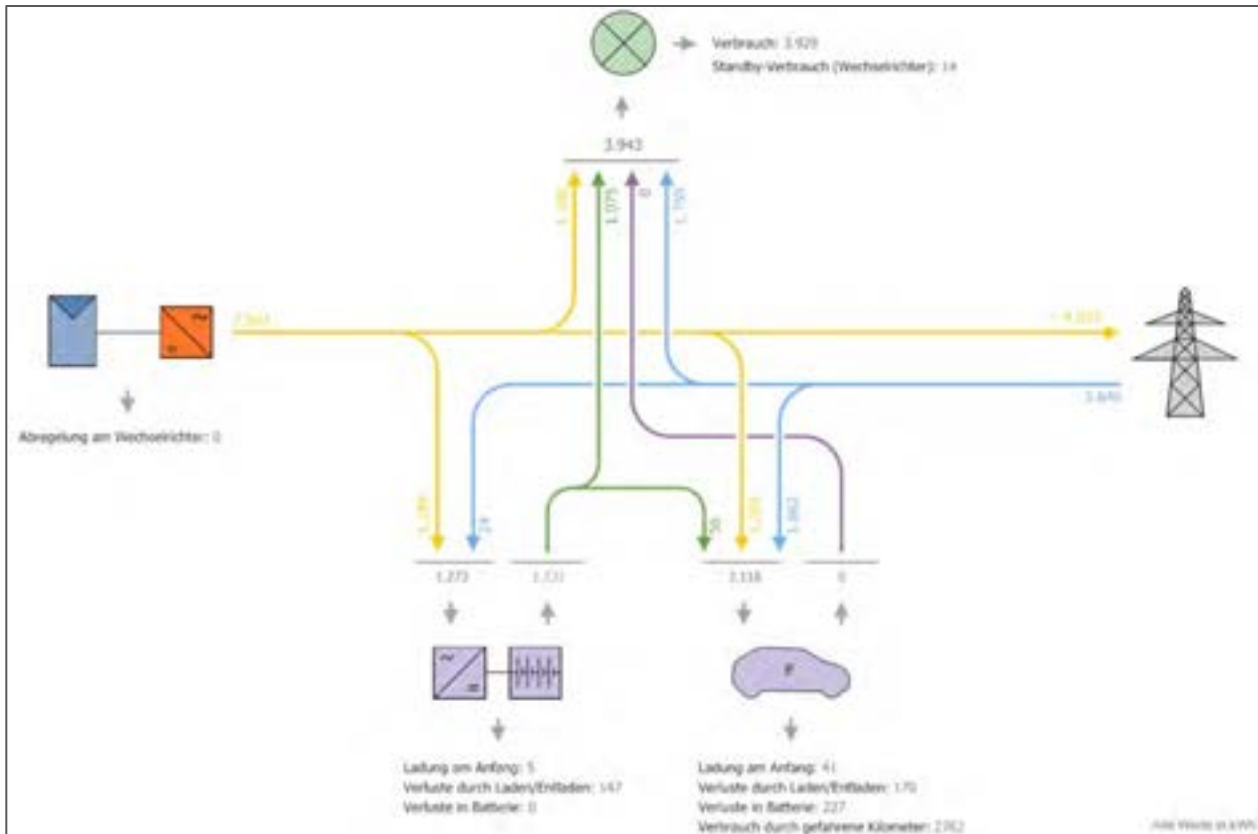


Abbildung 10-8: Energieflüsse Überschusseinspeisung mit Stromspeicher und Elektroauto, Quelle: PV*SOL

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 durch den Mehrverbrauch auf 46,8 %. 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 10-1: Übersicht der Wirtschaftlichkeit

Variante	Anlagenleistung	Stromspeicher	Investition	Eigenverbrauchsquote	Kumulierter Cashflow	Kumulierter Cashflow bei 100 % Eigenkapital	Ø-Verzinsung des Eigenkapitals
	[kWp]	[kWh]	[€]	[%]	[€]	[€]	[%]
Volleinspeisung	7,5		12.000	0	1.550	2.650	1,00
Überschusseinspeisung							
DPH (3.943 kWh / Jahr)	7,5		12.000	17,3	2.000	3.300	1,22
DPH mit Stromspeicher	7,5	5	19.500	33,7	-900	850	0,21
DPH mit Stromspeicher und Elektroauto	7,5	5	19.500	46,8	3.300	5.000	1,15

Bei Anschaffung eines Stromspeichers (Variante 2) arbeitet das System nicht wirtschaftlich, da die Mehrinvestition nicht durch den eingesparten Netzstrombezug kompensiert wird. Wird die Anlage und der Speicher aus Eigenkapital finanziert, ist diese zwar wirtschaftlich, schneidet aber gegenüber der Variante ohne den Stromspeicher oder auch der Anlage, die vollständig in das Netz einspeist, schlechter ab. 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 3.300 € kumulierten Cashflow besonders wirtschaftlich. Wird diese Variante vollständig aus Eigenkapital finanziert, erhöht sich dieser Wert auf 5.000 €.

11 MOBILITÄT

Ein weiterer Aspekt der Quartiersentwicklung und inhaltlicher Bestandteil des Quartierskonzepts ist die Mobilität. Dazu gehören alle Formen der Mobilität: Zu Fuß, mit dem Fahrrad, mit dem Kraftfahrzeug und mit dem Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV), ebenso wie Barrierefreiheit.

Mit Mobilitätsfragen befasste sich bereits das 2018/19 unter Einbindung der Bevölkerung erarbeitete Zukunftskonzept Daseinsvorsorge für Wankendorf & Nahbereich (Kathke, Berger, Teucher, & Hanika, 2020). Das Konzept ging dabei über das hier betrachtete Quartier hinaus, indem es die gesamte Gemeinde Wankendorf sowie die Gemeinden Belau, Rendswühren, Ruhwinkel, Schillsdorf und Stolpe mit einbezog. Dies trägt dem Sachverhalt Rechnung, dass wesentliche Teile der Mobilität nicht auf das Quartier beschränkt sind, sondern das Quartier lediglich als Quelle (i. W. für die dort lebenden Bewohner) oder als Ziel (z. B. für Schüler der Grundschule oder KiTa, Besucher des Seniorenzentrums, Nutzer von Geschäften oder Dienstleistungen) dient.

Im Zukunftskonzept identifizierte Handlungsbedarfe, die vor allem oder auch das hier betrachtete Quartier betreffen, sind

- die Verbesserung der Verbindung zwischen ZOB und Schule / KiTa,
- durchgängige Barrierefreiheit der Fußwege,
- der Angebotsumfang des ÖPNV,
- Angebote wie Carsharing und der Verleih von Lastenfahrrädern,
- sichere Fahrradabstellmöglichkeiten insbesondere an öffentlichen Einrichtungen, Geschäften u. ä. sowie
- der Lückenschluss überregionaler Fahrradverbindungen.

Zur Erarbeitung aktueller Handlungsmöglichkeiten wurden die Bewohnenden hier im Rahmen des Quartierskonzeptes zu einem Mobilitätsworkshop eingeladen. Der partizipative Ansatz ergibt sich daraus, dass die Bewohner täglich mit den Herausforderungen im Quartier konfrontiert sind und am besten wissen, welche Veränderungen eine Besserung der Mobilitätsqualität herbeiführen könnten. Auf dem Workshop wurde ein kurzer Input des Mobilitätsmanagers des Kreises Plön zu verschiedenen Mobilitätsoptionen sowie zu aktuellen Entwicklungen in Wankendorf (Einführung Rufbussystem vor etwa einem halben Jahr, Optimierung der sich am ZOB kreuzenden Buslinien) gegeben. Der Schwerpunkt lag dann jedoch auf den Diskussionen der Teilnehmenden. Dabei wurden Handlungsbedarfe bei den in den nachfolgenden Kapiteln behandelten Aspekten

- Lückenschluss von Fahrradverbindungen,
- Lastenfahrräder und
- Ladesäulen für E-Fahrzeuge

identifiziert.

11.1 LÜCKENSCHLUSS ÜBERREGIONALE FAHRRADWEGE

Wie bereits im Zukunftskonzept festgestellt wurde, orientieren sich wichtige regionale Verkehre zum Besuch weiterführender Schulen, zu Arbeitsplätzen, Einkäufen, gesundheitlichen Einrichtungen, Freizeitangeboten etc. nach Neumünster sowie Plön, die beide knapp 20 km von Wankendorf entfernt liegen. Dabei handelt es sich um Entfernungen, die gerade angesichts der zunehmenden

Elektrifizierung des Radverkehrs durchaus mit Fahrrädern zurückgelegt werden können. Dies könnte zu einer Reduzierung des Motorisierten Individualverkehrs (MIV) mit resultierender Verminderung von Schadstoffemissionen, Schall und Parkraumbedarf führen, bzw. gerade zu Schulbeginn und -ende zu einer Entlastung der Busse.

Voraussetzung für eine intensive Nutzung ist eine angemessene Qualität der Radwege, die gerade für den Pendlerverkehr idealerweise als Radschnellwege ausgebaut sein sollten. Der Bund fördert gemäß (BMDV, 2022) seit 2017 die Planung und den Bau von Radschnellwegen in der Baulast der Länder und Kommunen bis 2030 mit insgesamt rd. 390 Mio. €. So standen im Haushaltsjahr 2022 Mittel in Höhe von 48,5 Mio. Euro zur Verfügung. Unter die Bundesförderung fallen Radschnellwege, die in der Regel

- entweder alleine oder als Bestandteil einer Radschnellverbindung mehr als 10 km lang sind;
- einen Querschnitt von 3 m (einspurig) und 4 m (zweispurig) Breite aufweisen;
- von anderen Verkehrsteilnehmenden baulich getrennt sind;
- sichere und komfortable Kreuzungspunkte haben;
- über eine hohe Belagsqualität und eine geringe Steigung verfügen
- und dauerhaft verkehrssicher betrieben und unterhalten werden – einschließlich Winterdienst.

Auch wenn die für eine Bundesförderung im Regelfall erforderlichen rund 2.000 Radfahrten täglich hier nicht erfüllt sein sollten, können die Kriterien als qualitative Leitlinie für eine neu zu errichtende oder auszubauende Fahrradinfrastruktur in der Region gelten. Weitere Möglichkeiten zur Attraktivitätssteigerung sind Beleuchtung und Servicepunkte (Luftpumpen, Abstellanlagen, punktueller Regenschutz u. ä.).

Die kürzeste Strecke vom Quartier nach Neumünster beginnt am Bockelhorner Weg und führt über die Langereihe, Schillsdorf und den Bönebütteler Damm. Auf dem etwa 5 km langen Abschnitt zwischen Wankendorf und Altbokhost ist nicht nur kein Radweg, der annähernd den o. g. Kriterien entspricht, vorhanden, sondern überhaupt kein Fuß- und Radweg, so dass Radfahrende gemeinsam mit Kraftfahrzeugen die Straße nutzen müssen. Hier könnte der Bau eines qualitativ möglichst hochwertigen Radweges die Gefährdung Radfahrender reduzieren und somit eine deutliche Attraktivitätssteigerung des Radverkehrs bewirken. Im weiteren Verlauf könnte die Strecke um mehr als 1 km verkürzt werden, wenn ein neuer Radweg abseits der bisher zu benutzenden Dorfstraße von Altbokhorst entlang der Predigerau und dann der ehemaligen Bahnlinie bis nach Bokhorst geführt würde. Auch der Bönebütteler Damm verfügt auf den etwa 3 km bis Bönebüttel weder über einen Rad- noch über einen Fußweg und könnte zugunsten des Radverkehrs ausgebaut werden.

Gleiches gilt für den Weg nach Plön: Hier haben etwa 3 km der Straße Perdöl keinerlei Rad- und Fußweg. Die Strecke nach Plön könnte um etwa 0,5 km verkürzt werden, wenn ein angemessener Radweg über den Campingplatz am Nordende des Belauer Sees geführt bzw. diese Teilstrecke als Fahrradstraße ausgewiesen würde.

Planungen zur Verbesserung dieser Strecken müssten in die Prioritätenliste des Kreises Plön für den Radwegebau eingebracht werden. In diesem Sinne müsste die Gemeinde Wankendorf auf den Kreis zugehen.

11.2 SHARING VON LASTENFAHRRÄDERN

Auch Menschen, die maßgebliche Teile ihres Mobilitätsbedarfs zu Fuß oder mit dem Fahrrad decken, transportieren gelegentlich größere oder schwere Lasten, beispielsweise Getränkekisten. Das sich dafür normale Fahrräder nur bedingt eignen, besteht die Neigung, für diese Transporte - sofern verfügbar - doch das Auto zu nutzen. Eine Alternative könnten hier Lastenfahrräder darstellen. Da diese jedoch sehr kostspielig und bei alltäglichen Fahrten ohne besondere Lasten aufgrund ihrer Größe und ihres Gewichts weniger geeignet sind als ein normales Fahrrad, wäre es hilfreich, wenn sie leihweise verfügbar wären.

Ergänzend können Lastenräder auch zum Transport von Kleinkindern, etwa auf Ausflügen, genutzt werden.²⁰

Lastenräder sind leihweise bereits im Angebot „Sprottenflotte“ der KielRegion verfügbar (KielRegion, 2020). Die Lastenfahrräder stehen dabei im Kontext des Verleihs normaler Fahrräder zur Verfügung. Dieser ist besonders im urbanen Raum attraktiv, wo eine höhere Dichte von Abstellstationen für die Leihfahrräder verfügbar gemacht werden kann und somit die Leihfahrräder auch zur Fahrt zwischen verschiedenen Abstellpunkten genutzt werden können. Sollte eine generelle Erweiterung der Sprottenflotte auf Wankendorf b. a. W. nicht erfolgen, wäre zu prüfen, ob die Sprottenflotte in Wankendorf dennoch den Verleih von Lastenrädern anbieten könnte, oder ob ein entsprechendes Angebot in Kooperation zwischen Wankendorfer Einzelhändlern und dem örtlichen Fahrrad-Fachgeschäft möglich wäre. Inwiefern hier Zuschüsse der Gemeinde oder Fördermittel z. B. der AktivRegion Schwentine-Holsteinische Schweiz oder anderer Programme verfügbar sind, wäre zu prüfen.

Ausgangspunkt wäre eine entsprechende Initiative der Gemeindevertretung.

11.3 LADEINFRASTRUKTUR FÜR ELEKTROFAHRZEUGE

Im ländlichen Raum ist der MIV schwerer zu ersetzen als in urbanen Regionen. Insofern ist davon auszugehen, dass er in Wankendorf auch längerfristig einen maßgeblichen Anteil des Modal Split ausmachen wird. Dabei ist anzustreben, den nicht vermeidbaren MIV möglichst umweltverträglich zu gestalten.

Wie sich Abbildung 6-2 entnehmen lässt, ist der Anteil der Nutzung erneuerbarer Energieträger im Verkehrsbereich mit unter 7 % noch geringer als im Wärmesektor. Um auch hier dem Ziel der Klimaneutralität näher zu kommen und den MIV auf eine im Vergleich zu Verbrenner-Fahrzeugen ökologischere Basis zu stellen, ist eine zunehmende Elektrifizierung des MIV geboten (Kämper, Helms, & Biemann, o. J.). Diese erfordert eine angemessene Ladeinfrastruktur (LIS).

Das hier betrachtete Quartier besteht überwiegend aus Einfamilienhäusern. Diese haben meist die Möglichkeit, am eigenen Haus, in der eigenen Garage oder im eigenen Carport eine private Wallbox zu errichten und das Auto somit privat zu laden. Diese Lademöglichkeit weist für die Hausbesitzer eine Reihe von Vorteilen auf:

²⁰ Falls Kleinkinder regelmäßig zu transportieren sind, z. B. täglich zur KiTa, lohnt sich meist die Beschaffung eines eigenen Lastenrades oder Fahrradanhängers.

- Sie ist am bequemsten, weil das Fahrzeug zwischen dem Ankommen zu Hause und der nächsten Abfahrt nicht mehr nach Abschluss des Ladevorgangs umgeparkt werden muss.
- Es besteht auch nicht das Risiko, dass die LIS von anderen Nutzern belegt sein könnte.
- Sie ist langfristig kostengünstig, weil nur der normale Haushalts-Stromtarif zu zahlen ist. Besonders preisgünstig wird das Laden, wenn eine hauseigene Photovoltaik-Anlage genutzt werden kann.
- Langfristig sind weitere Kostenvorteile über bidirektionales Laden oder die Steuerung der Ladezeiten gemäß netzzustandsabhängiger Stromtarife denkbar.

Auch im Quartier sind jedoch Mehrfamilienhäuser vorhanden, und es kann u. U. auch bei einzelnen Einfamilienhäusern vorkommen, dass aus baulichen Gründen, wegen der Qualität oder Lage der Stromanschlüsse oder aufgrund von Vorgaben eines Bebauungsplans privates Laden nicht möglich ist. Vor allem aber sollte auch Gästen, die aus privaten oder beruflichen Gründen Wankendorf aufsuchen, eine Lademöglichkeit angeboten werden. Bisher befindet sich die nächste Ladestation jedoch in Børnhøved, ca. 6 km vom Quartier entfernt (Bundesnetzagentur, 2022).

Möglicherweise wird zukünftig, insbesondere wenn auch die Kraftfahrzeuge zunehmend die nötigen technischen Voraussetzungen erfüllen, ein großer Teil der Ladevorgänge an Ultraschnellladestationen erfolgen, die über Leistungen von 150 kW oder mehr verfügen. Sie ermöglichen es, für 100 km Reichweite in wenigen Minuten zu laden, so dass die Ladevorgänge sich zunehmend den heutigen Tankvorgängen von Kfz. mit Verbrennungsmotoren annähern. 1.000 solcher Ladeparks sind im Rahmen des von der Bundesregierung geförderten „Deutschlandnetzes“ geplant, wobei die nächsten Standorte jedoch erst in Preetz, Neumünster und Bad Segeberg entstehen sollen (NOW, o. J.) und somit für Wankendorf nur bedingt relevant sind. Allerdings planen auch zunehmend Tankstellen entsprechende Lademöglichkeiten. Inwiefern dies auch bei in Wankendorf und der näheren Umgebung gelegenen Tankstellen der Fall ist, ist nicht bekannt. Sollten entsprechende Ultraschnellladesäulen verfügbar sein, werden möglicherweise die heute gebräuchlichen Normalladesäulen mit Ladeleistungen von bis zu 22 kW nur noch sehr begrenzt genutzt.

Da bisher jedoch in Wankendorf keinerlei Lademöglichkeit besteht, sollte die Errichtung zumindest einer Normalladesäule mit zwei Ladepunkten angestrebt werden. Angesichts der beschriebenen Unsicherheit der langfristigen Entwicklungen sollte ein weiterer Ausbau erst dann erfolgen, wenn diese Ladesäule so stark genutzt wird, dass häufiger kein Ladepunkt mehr verfügbar ist.

Ideal wäre es, wenn eine öffentlich verfügbare LIS aus privater Initiative entstehen würde - etwa am Standort der bisherigen Tankstelle, durch den Einzelhandel oder am örtlichen Hotel. Dies würde ein Handeln der Gemeinde erübrigen. Hier könnte die Gemeinde oder ggf. das Sanierungsmanagement mit möglichen Akteuren Kontakt aufnehmen und klären, ob entsprechende Planungen bestehen.

Sollte dies nicht der Fall sein, könnte hier auch die Gemeinde tätig werden und ggf. Dritte veranlassen, eine LIS zu errichten. Das mögliche Vorgehen zur Identifikation von Standorten und zur Ausschreibung ist in (Betz, Meereis, & Meins, 2022) beschrieben. Als Standorte bieten sich Bereiche an, die ohnehin stärker von Gästen frequentiert werden. Damit wird einem Ladeverhalten Rechnung getragen, das noch nicht durch Ultraschnelllademöglichkeiten geprägt ist und sich vom Tankvorgang des fossil betriebenen Fahrzeugs unterscheidet, indem alle ohnehin anstehende (auch kurzfristige) Parkvorgänge bei Verfügbarkeit von LIS zum Zwischenladen genutzt werden.

Diese Bereiche dürften in Wankendorf eher außerhalb des Quartiers liegen - dort, wo ohnehin regelmäßiger Besuchsverkehr gegeben ist. Hier bietet sich das Umfeld des Einzelhandels an, oder ggf. das Amt - insbesondere dann, wenn auch amtseigene Fahrzeuge auf Elektroantrieb umgestellt werden sollten.

Die Kosten einer Normladesäule könnten in der Größenordnung von etwa 10 T€ liegen. Ggf. kommen Kosten für den Netzanschluss sowie für den laufenden Betrieb, Wartung / Reparatur etc. hinzu. Es waren in der jüngeren Vergangenheit diverse Förderprogramme mit Förderquoten von bis zu 80 % verfügbar. Die Förderlandschaft ist jedoch sehr stark in Bewegung, so dass sie dann aktuell geprüft werden muss, wenn eine entsprechende Beschaffung ansteht.

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 2016 betrug der Energieaufwand für die Beheizung der Gebäude, wie in Abbildung 12-1 dargestellt, ca. 28 % (BMWE, 2018).

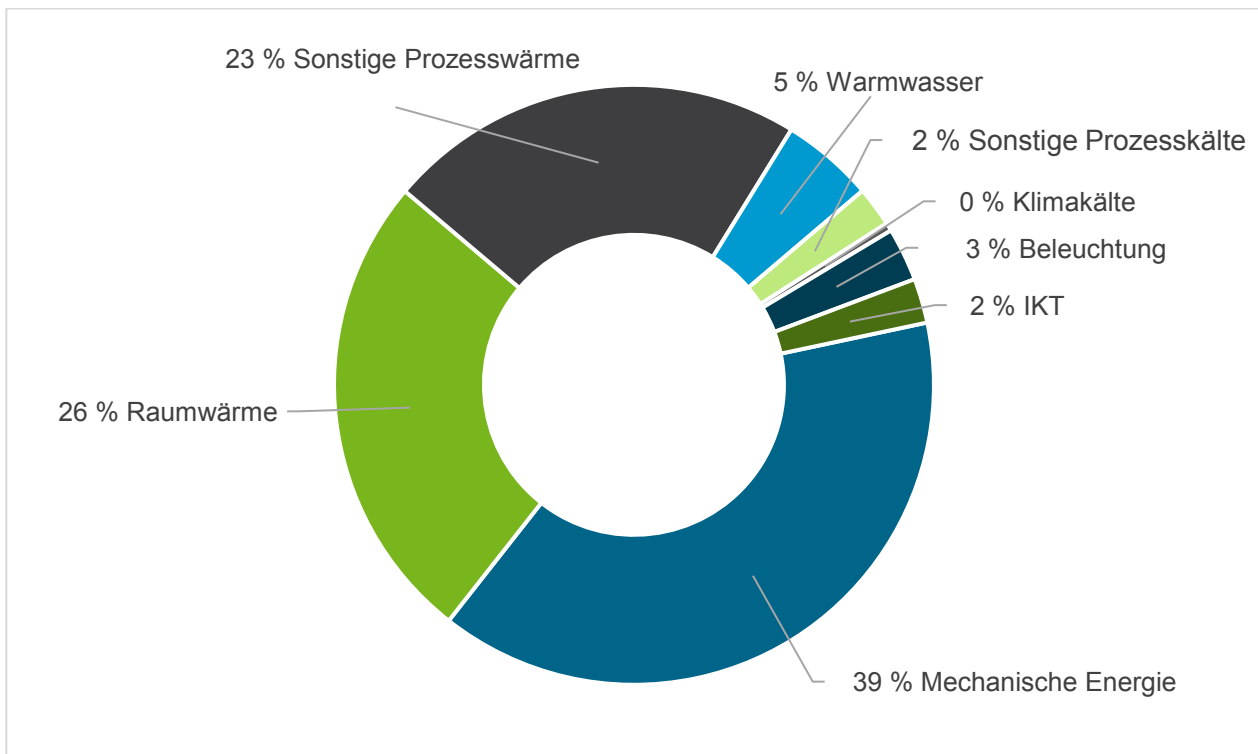


Abbildung 12-1: Endenergieverbrauch Raumwärme 2018 in Deutschland

Die Bundesregierung hat auf die Herausforderung der Reduktion der Treibhausgasemissionen im Gebäudebestand mit umfangreichen Förderprogrammen reagiert, zuletzt Anfang August 2022 und mit dem neuen Förderdesign ab September 2022 (vgl. Kap. 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-2020 sein. Dies gilt z. B. für die Einhaltung der Nachrüstpflichten im Gebäudebestand (vgl. Kapitel 8.1). 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 muss ein Betreiber des Wärmenetzes 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.

Da ein wirtschaftlicher Betrieb des Wärmenetzes aufgrund der stark angestiegenen Energiepreise möglich ist, sollten darin keine besondere Herausforderung bestehen.

12.2.3 WIRTSCHAFTLICHE HERAUSFORDERUNGEN

Die Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes hängt entscheidend von der Anschlussquote ab. Insofern besteht eine entscheidende Herausforderung darin, eine ausreichende Anzahl von Anschlussnehmern zu gewinnen. Erleichtert werden könnte dies allerdings durch die gestiegenen Preis fossiler Energieträger sowie das wachsende Bewusstsein für die bei regionalen Energiequellen höhere Versorgungssicherheit. Im Rahmen des Sanierungsmanagements muss

umfassend informiert werden, um ein ausreichendes Interesse von Anschlussinteressenten zu gewährleisten.

Ebenso wie die Privathaushalte sind auch mögliche gewerbliche Abnehmer in die weiteren Gespräche einzubeziehen. Für die öffentlichen Liegenschaften dürfte überall dort, wo nicht schon über das Bestandsnetz versorgt wird, die Entscheidung ein Selbstgänger sein.

12.3 MOBILITÄT

Im Bereich Mobilität wurden drei prioritäre Handlungsfelder identifiziert:

- Beim Lückenschluss überregionaler Fahrradwege dürfte das Haupthemmnis in den begrenzten Ressourcen des Kreises als Planungsträger liegen. Zur Überwindung des Hemmnisses müsste die Gemeinde eine für sie angemessene Priorisierung mit dem notwendigen Nachdruck einfordern.
- Beim Verleih von Lastenfahrrädern ist ein Akteur zu identifizieren, der die Administration sowie Wartung / Reparatur übernimmt und das oder die Räder beschafft. Sollte dies nicht die Sprossenflotte der KielRegion sein, müssten lokale Akteure gewonnen werden. Dies könnte durch einen Zuschuss der Gemeinde zur Anschaffung bzw. durch die Beschaffung von Fördermittel durch die Gemeinde oder Dritte erleichtert werden.
- Der Aufbau von Ladeinfrastruktur (LIS) ist heute aus technischer Sicht Standard. Insbesondere bei einer Normladesäule dürfte auch der Netzanschluss keine besondere Herausforderung darstellen. Insofern handelt es sich dann, wenn davon auszugehen ist, dass die LIS zumindest anfänglich nicht kostendeckend betrieben werden kann, vor allem um die Frage, wie das zu erwartende Defizit abgedeckt wird. Wenn hier Private aktiv werden, haben diese meistens einen sekundären Nutzen, der die Investition rechtfertigt, etwas beim Einzelhandel oder beim Hotel die Attraktivitätssteigerung für die eigenen Kunden. Ansonsten könnte die Gemeinde tätig werden und einen nach der zum entsprechenden Zeitpunkt verfügbaren Förderung verbleibenden Zuschussbedarf decken.

13 ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

13.1 LENKUNGSGRUPPE

Die Lenkungsgruppe des Projektes bestand aus der Bürgermeisterin (Silke Rossmann), Gemeinderatsvertretern (Sabine Friedel, Jürgen Kleinfeldt, Mathias Koch, Björn Loose, Heinz Michalske und Günter Voß), einer Klimaschutzmanagerin des Kreises Plön (Dorothee Arp), dem Vertreter des Kreises Eckart Schäfer und dem Vertreter des Amtes Bokhorst-Wankendorf (Marc Teegen). Geschäftsführend waren die Unternehmen der mit dem Quartierskonzept beauftragten Arbeitsgemeinschaft vertreten.

Die Lenkungsgruppe hat zwischen April 2022 und März 2023 insgesamt fünf 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. Weiterhin wurde ein Vorgespräch sowie eine Sondersitzung im kleineren Kreis mit dem Betreiber des Wärmenetzes durchgeführt, um die Bereitschaft und Bedingungen zur Erweiterung des Wärmenetzes abzustimmen.

13.2 ALLGEMEINE ÖFFENTLICHKEIT

Für die Öffentlichkeit des Quartiers wurde aufgrund des kurzen Projektzeitraums entschieden, lediglich zwei Informationsveranstaltungen sowie der Mobilitätsworkshop durchgeführt werden.²¹

Auf der Veranstaltung am 29. August 2022 wurden die Inhalte und die Vorgehensweise von Quartierskonzepten erläutert und allgemeine Informationen zu möglichen Sanierungsmaßnahmen vorgestellt sowie die drei Mustersanierungsberatungen verlost. Bei der zweiten öffentlichen Veranstaltung am 8. November 2022 wurden die Ergebnisse der Mustersanierungsberatungen und die

²¹ Geplant waren drei Veranstaltungen. Aus Effizienzgründen wurden zwei zusammengelegt.

Möglichkeiten einer klimafreundlichen und regionalen leitungsgebundenen Wärmeversorgung für das Quartier vorgestellt und mit dezentralen Wärmeversorgungsoptionen verglichen.

Der Mobilitätsworkshop fand am 20. November 2022 statt (vgl. Kapitel 11).



Abbildung 13-1: Erste öffentliche Veranstaltung in Wankendorf

Zu den Veranstaltungen wurden im gesamten Quartier Einladungen verteilt, auf der Webseite der Gemeinde geworben und zusätzlich Pressemitteilungen herausgegeben, sowie die lokale Presse eingeladen. Über die Veranstaltung wurde im Nachgang in den Zeitungen sh:z und Kieler Nachrichten berichtet.



Abbildung 13-2 Zweite öffentliche Veranstaltung

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 werden mithilfe dieser Elemente im Verlaufsprozess kontrolliert. 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 eindeutige Beurteilung der IST-Situation anhand von vergangenen Werten. Durch die Verwendung von Excel oder vergleichbaren Instrumenten ist eine problemlose Fortschreibung der Bilanz möglich.

Die Bilanz über den Ausgangszustand des Wärmebedarfs des Quartiers (IST-Zustand) ist in 7.4 zu finden. Der Fortschritt der energetischen Sanierung 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 Datenerfassung bei Projekten im kommunalen Gebäudebestand ist mit einem geringeren Aufwand verbunden als bei erweiterten Projekten mit mehreren, insbesondere privaten Akteuren.

Zur Erleichterung der Datenerfassung bei einer Beteiligung verschiedener Akteure empfehlen sich die Dokumentation der Sachstände, der Energieverbräuche und weitere Informationen entsprechend der Maßnahmenplanung.

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 des Quartierskonzeptes

INDIKATOR	EINHEIT	DATENQUELLE
Anschlussnehmer am Wärmenetz	Stück	Wärmenetzbetreiber
Verkaufte Wärmemenge im Netz	kWh/a	Wärmenetzbetreiber
Verluste im Wärmenetz	kWh/a	Wärmenetzbetreiber
Primärenergiefaktor Wärmenetz		Wärmenetzbetreiber
Einsatz dezentraler regenerativer Heizungen	Stück	Schornsteinfeger
Von Heizöl oder Flüssiggas auf erneuerbare Energieträger umgestellte Heizungen	Stück	Schornsteinfeger
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
Neu errichtete oder sanierte Fahrradwege, die auch für Bewohner des Quartiers relevant sind	km	Kreis
Anzahl der ausleihbaren Lastenfahrräder	Stück	Verleiher
Anzahl der Ausleihvorgänge von Lastenfahrrädern oder Ausleihzeiten	Stück/a bzw. h/a	Verleiher
Anzahl der in Wankendorf verfügbaren Ladepunkte	Stück	Bundesnetzagentur
Anzahl der Ladevorgänge an der LIS	Stück/a	Betreiber
An der LIS geladene Energiemenge	kWh/a	Betreiber
Anzahl Sanierungs- / Energieberatungen	Stück	Sanierungsmanager
Sanierte Gebäude (ggf. Differenzierung nach Sanierungsart)	Stück	Begehungen

14.3 DOKUMENTATION

Ein elementarer Teil der Erfolgskontrolle aller genannten Faktoren ist die fortlaufende Dokumentation der zu erfassenden Daten. Diese Dokumentation wird durch das Sanierungsmanagement übernommen und betreut. 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 Quartierskonzeptes 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.

Weiterführend wird dieser Bericht allen beteiligten Akteuren, politischen Gremien und der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt.

15 MAßNAHMENKATALOG UND EMPFEHLUNGEN FÜR DAS SANIERUNGSMANAGEMENT

Auf Basis der voran gegangenen Untersuchungen ergeben sich die in

Tabelle 15-1 dargestellten Haupt-Maßnahmenstränge. Diese können idealerweise im Sanierungsmanagement durchgeführt werden, das im Förderprogramm 432 der KfW der Umsetzungsbegleitung des Quartierskonzeptes dient. Es hat eine effektive und zeitnahe Konkretisierung und möglichst die Verwirklichung der geplanten Maßnahmen zu realisieren.

Dabei sollte einerseits ein „Kümmerer“ vor Ort verfügbar sein, der als Vertrauensperson mit angemessener Verfügbarkeit fungiert. Dies kann eine Einzelperson, ein Mitarbeiter des Amtes oder bei Durchleitung der Fördermittel beliebige Dritte sein.

Zusätzlich zu kommunikativen Kompetenzen muss eine Kombination aus technischem, betriebswirtschaftlichem, ggf. steuerlichem und ggf. rechtlichem Know-how vorhanden sein. Gerade wenn eine Einzelperson als Sanierungsmanager beschäftigt wird, kann kaum erwartet werden, dass alle diese Kompetenzbereiche im notwendigen Umfang vorhanden sind. Von daher sollte für das Sanierungsmanagement auch eine entsprechende Beauftragung externer Dritter in Erwägung gezogen werden.

Das Sanierungsmanagement fungiert als Anlauf- und Koordinationsstelle. Es vermittelt zwischen Bauherren und Maßnahmenträgern, unterstützt die Maßnahmenumsetzung im Quartier, berät private Bauherren über Fördermöglichkeiten und führt die weitere Öffentlichkeitsarbeit aus. Einen Überblick relevanter Aufgaben gibt

Tabelle 15-1.

Tabelle 15-1: Maßnahmenkatalog für Umsetzungen u. a. im Rahmen des Sanierungsmanagements

AUFGABEN	PRIORITÄT, ABLAUF / AKTEUR
Beschluss über die Durchführung eines Sanierungsmanagements	hoch, kurzfristig / Gemeinde
Beantragung und Einrichtung des Sanierungsmanagements als Koordinationsstelle der Maßnahmenumsetzung; Klärung der Aufgaben, die mit eigenem Personal erledigt und die extern vergeben werden sollen.	hoch, nach zuvor genanntem Punkt / Amt Bokhorst-Wankendorf
Identifikation des Betreibers der leitungsgebundenen Wärmeversorgung	hoch, kurzfristig / Gemeinde und Amt
Befragung des Interesses an einem Anschluss am Wärmenetz und an Mobilitätslösungen	hoch, nach Start des Sanierungsmanagements / Sanierungsmanager
Festlegung der zu erweiternden Versorgungsbereiche des Wärmenetzes	hoch, nach zuvor genanntem Punkt / Betreiber Wärmenetz mit Sanierungsmanager

AUFGABEN	PRIORITÄT, ABLAUF / AKTEUR
Konkretisierung der Planungen des Wärmenetzes	hoch, nach zuvor genanntem Punkt / Betreiber Wärmenetz mit Sanierungsmanager ²²
Vorlage konkreter Vertragsentwürfe an mögliche Anschlussnehmer des Wärmenetzes	hoch, nach zuvor genanntem Punkt / Betreiber Wärmenetz
Vertiefte Sanierungsberatungen im Gebäudebestand einschließlich regenerativer Versorgungsmöglichkeiten im Bereich Wärme und Strom (z. B. Photovoltaik): Erstberatung, ggf. Vermittlung zertifizierter Energieberater	mittel, langfristig laufend / Sanierungsmanager
Prüfung dezentraler Versorgungsoptionen für Liegenschaften, für die b. a. W. keine leitungsgebundene Wärmeversorgung angeboten wird, ggf. konzeptionelle Erarbeitung nachbarschaftlicher Insellösungen mit erneuerbaren Energieträgern	mittel, nach Klärung leitungsgebundener Versorgungsgebiete / Sanierungsmanager
Durchführung von Schulungen zu Energiefragen	niedrig, langfristig laufend / Sanierungsmanager
Koordination gemeinsamer Beschaffungen für Sanierungsmaßnahmen und erforderlicher Versorgungsanlagen	niedrig bzw. auf Anforderung, langfristig laufend / Sanierungsmanager
Dokumentation der Arbeiten und operative Umsetzung des Controlling-Konzeptes	niedrig, kontinuierlich / Sanierungsmanager
Anregung des Lückenschlusses der Fahrradwege nach Plön und Neumünster	mittel, Bau- Umwelt und Verkehrsausschuss, anschl. Kreis
Initiative zum Verleih von Lastenfahrrädern	mittel, baldmöglichst / Sanierungsmanager mit Gemeinde
Klärung von LIS-Interesse privater Akteure	hoch, baldmöglichst / Sanierungsmanager mit Gemeinde
ggf. Standortklärung, Ausschreibung und Errichtung von LIS auf Initiative der Gemeinde	hoch, ggf. nach vorangehend beschriebener Klärung / Sanierungsmanager mit Gemeinde

²² HOAI-Leistungsphasen 1 bis 3 als Bestandteil des Sanierungsmanagements

16 LITERATURVERZEICHNIS

- Agentur für Erneuerbare Energien (Hrsg.). (April 2020). Abgerufen am 27. Januar 2023 von Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen 2018: <https://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/endenergieverbrauch-nach-anwendungsbereichen-2018>
- Agentur für Erneuerbare Energien. (o. J.). *Energieverbrauch nach Strom, Wärme und Verkehr*. Abgerufen am 17. Januar 2023 von <https://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/endenergieverbrauch-strom-waerme-verkehr>
- AGFW. (Mai 2021). *Energetische Bewertung von Fernwärme*. Abgerufen am 30. Juni 2021 von Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.: agfw.de
- Amt Bokhorst-Wankendorf. (2022). *Preisabfrage der Gemeinde Wankendorf für Leistungen im Rahmen des KfW-Förderprogramms 432 "Energetische Stadtsanierung - Zuschüsse für integrierte Quartierskonzepte und Sanierungsmanager"*.
- BAFA. (2021). *Bundesförderung für effiziente Gebäude*. Abgerufen am 9. März 2021 von https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/Sanierung_Wohngebaeude/sanierung_wohngebaeude_node.html
- BAFA. (13. Januar 2022). *Allgemeines Merkblatt zur Antragstellung. Bundesförderung für effiziente Gebäude - Einzelmaßnahmen (BE EM) - Zuschuss*. Abgerufen am 27. September 2022 von cci-dialog.de: <https://cci-dialog.de/wp-content/uploads/2021/01/Merkblatt-Antragstellung-2.pdf>
- BAFA. (2022 a). *Bundesförderung für Energieberatung für Wohngebäude*. Abgerufen am 24. Oktober 2022 von https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Energieberatung_Wohngebaeude/energieberatung_wohngebaeude_node.html
- BAFA. (2022 b). *Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)*. Abgerufen am 11. Oktober 2022 von [bafa.de](https://www.bafa.de): https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente_Waermenetze/effiziente_waermenetze_node.html
- BAFA. (o. J.). *Förderübersicht: Bundesförderung für effiziente Gebäude*. Abgerufen am 19. Oktober 2022 von https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/beg_em_foerderuebersicht.pdf?__blob=publicationFile&v=10
- Betz, A., Meereis, J., & Meins, M. (Dezember 2022). Elektro-Mobil im ländlichen Raum - vom Konzept bis zur Umsetzung. *Die Gemeinde*, S. 316 - 319.
- BMDV. (28. Juli 2022). *Radschnellwege bringen Fahrradfahrer zügig & sicher ans Ziel!* Abgerufen am 16. Dezember 2022 von <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/StV/Radverkehr/radschnellwege.html>
- BMU. (2021). *Förderaufruf Kommunale Klimaschutz-Modellprojekte*. Abgerufen am 25. März 2021 von <https://www.klimaschutz.de/modellprojekte>

- BMW. (August 2018). *Energiedaten: Gesamtausgabe*. Abgerufen am 13. März 2019 von https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/Energiedaten/energiedaten-gesamt-pdf-grafiken.pdf?__blob=publicationFile&v=38
- BMWK. (1. August 2022). *Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze - BEW*. Abgerufen am 15. September 2022 von <https://www.bundesanzeiger.de/pub/de/amtliche-veroeffentlichung?2>
- Bundesfinanzministerium. (15. Dezember 2000). *AfA-Tabelle für die allgemein verwendbaren Anlagegüter*. Abgerufen am 9. März 2021 von https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Steuern/W_eitere_Steuertemen/Betriebspruefung/AfA-Tabellen/Ergaenzende-AfA-Tabellen/AfA-Tabelle_AV.html
- Bundesnetzagentur. (1. Oktober 2022). *Ladesäulenkarte*. Abgerufen am 16. Dezember 2022 von <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/E-Mobilitaet/Ladesaeulenkarte/Karte/start.html;jsessionid=DA3590F7F46327EFC07515EA9489622D>
- Bundesnetzagentur. (Dezember 2016). *Flächeninanspruchnahme für Freiflächenanlagen*. Abgerufen am 5. Dezember 2021 von https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/PV-Freiflaechenanlagen/Bericht_Flaecheninanspruchnahme_2016.pdf?__blob=publicationFile&v=2#:~:text=Entsprechende%20Gebote%20summiert
- Bundesregierung. (19. Dezember 2019). *CO₂-Bepreisung*. Abgerufen am 19. März 2021 von <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/co2-bepreisung-1673008>
- Bundesregierung. (Juli 2022). *Bundesgesetzblatt*. Abgerufen am 10. Dezember 2022 von [https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&start=//*\[@attr_id=%27bgbl122s1237.pdf%27\]#__bgbl__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl122s1237.pdf%27%5D__1674554015762](https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&start=//*[@attr_id=%27bgbl122s1237.pdf%27]#__bgbl__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl122s1237.pdf%27%5D__1674554015762)
- Bundesregierung. (o. J.). *Generationenvertrag für das Klima*. Abgerufen am 20. Mai 2022 von <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschutzgesetz-2021-1913672>
- Bundesverfassungsgericht. (29. April 2021). *Pressemitteilung Nr. 31/2021: Verfassungsbeschwerden gegen das Klimaschutzgesetz teilweise erfolgreich*. Abgerufen am 20. Mai 2022 von https://www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2021/bvg_21-031.html
- C.A.R.M.E.N. (2022). *Marktpreisvergleich*. Abgerufen am 25. März 2021 von <https://www.carmen-ev.de/service/marktueberblick/marktpreise-energieholz/marktpreisvergleich/>
- Google LLC. (2022). *Google Earth*. Abgerufen am 6. Juni 2022 von https://www.google.com/intl/de_de/earth/
- Google Maps. (9. Januar 2023). *Google Maps*. Abgerufen am 9. Januar 2023 von maps.google.de

- IB.SH. (o. J.). *Energetische Stadtsanierung*. Abgerufen am 20. Mai 2022 von <https://www.ib-sh.de/produkt/energetische-stadtsanierung/>
- IfEU. (November 2019). *Bilanzierungs-Systematik Kommunal*. Abgerufen am 13. März 2021 von https://www.ifeu.de/wp-content/uploads/BISKO_Methodenpapier_kurz_ifeu_Nov19.pdf
- IPP ESN. (6. September 2019). *Potenzialstudie Wasserstoffwirtschaft*. Abgerufen am 19. Oktober 2021 von https://ee-sh.de/de/dokumente/content/berichte_studien/2019-09-06_Potentialstudie-H2-NF-Endfassung-L-Web.pdf
- Kämper, C., Helms, H., & Biemann, K. (o. J.). *Wie klimafreundlich sind Elektroautos? Update Bilanz 2020*. Abgerufen am 16. Dezember 2022 von https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Verkehr/emob_klimabilanz_bf.pdf
- Kathke, S., Berger, C., Teucher, L., & Hanika, S. (2020). *Zukunftskonzept Daseinsvorsorge für Wankendorf & Nahbereich*. Berlin.
- KfW. (2022 a). *Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)*. Abgerufen am 17. Oktober 2021 von <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Bundesfoerderung-f%C3%BCr-effiziente-Geb%C3%A4ude/>
- KfW. (2022). *Die Effizienzhaus-Stufen für bestehende Immobilien und Baudenkmale*. Abgerufen am 21. Oktober 2022 von KfW: <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestehende-Immobilie/Energieeffizient-sanieren/Das-Effizienzhaus/>
- 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)/)
- KfW. (o. J. b). *Die Effizienzhaus-Stufen für bestehende Immobilien und Baudenkmale*. Abgerufen am 12. Dezember 2022 von <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestehende-Immobilie/Energieeffizient-sanieren/Das-Effizienzhaus/>
- KielRegion. (8. Oktober 2020). *Zuwachs für die Sprottenflotte: Lastenräder in der KielRegion*. Abgerufen am 16. Dezember 2022 von <https://www.kielregion.de/aktuelles/details/zuwachs-fuer-die-sprottenflotte-lastenraeder-in-der-kielregion/>
- Kölner Haus- und Grundbesitzverein von 1888. (2017). *Die Sanierungsrate, das unbekannte Wesen*. Abgerufen am 12. Januar 2023 von <https://www.koelner-hug.de/der-verein/aktuelles-service/aktuell/details/news/die-sanierungsrate-das-unbekannte-wesen/>
- Kreisverwaltung Plön. (2022). Auflistung Bauaktivitäten Wankendorf.
- NOW. (o. J.). *StandortTOOL Strom Deutschlandnetz*. Abgerufen am 16. Dezember 2022 von <https://www.standorttool.de/strom/deutschlandnetz/>
- Pfnür, A., Winiewska, B., Mailach, B., & Oschatz, B. (2016). *Dezentrale vs. zentrale Wärmeversorgung im deutschen Wärmemarkt*. Dresden.

- Schwochow, M. (2023). *Suche Postleitzahl*. Abgerufen am 9. Januar 2023 von <https://www.suche-postleitzahl.org/impressum>
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder. (10. Januar 2023). *Regionaldatenbank Deutschland*. Abgerufen am 10. Januar 2023 von <https://www.regionalstatistik.de/genesis/online>
- Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein. (2023). *Regionaldaten für Wankendorf*. Abgerufen am 9. Januar 2023 von <https://region.statistik-nord.de/detail/0010000000000000000/1/350/916/>
- Traber, T., & Fell, H.-J. (September 2019). *Erdgas leistet keinen Beitrag zum Klimaschutz*. Energy Watch Group. Abgerufen am 24. März 2021 von http://energywatchgroup.org/wp-content/uploads/EWG_Erdgasstudie_2019.pdf
- UBA. (Mai 2021). *Climate Change 45/2021: Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 - 2020*. Abgerufen am 21. Mai 2022 von https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-05-26_cc-45-2021_strommix_2021_0.pdf
- UBA. (14. März 2022). *Erneuerbare Energien in Zahlen*. Abgerufen am 20. Mai 2022 von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick>
- 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-eeeg>