FRANK

IPP ESN POWER ENGINEERING

IPP ESN Power Engineering GmbH
Ingenieurunternehmen für
Energie- und Umwelttechnik

BERICHT ÜBER INGENIEUR- UND BERATUNGSLEISTUNGEN

Berichtsumfang

ENERGETISCHES QUARTIERSKONZEPT NÖRDLICHES HANDEWITT

Auftraggeberin

GEMEINDE HANDEWITT
Hauptstraße 9
24983 Handewitt

Auftragnehmerin

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 20.03.2025

Auftraggeber:	Gemeinde Handewitt Hauptstraße 9 24983 Handewitt
Ansprechpartner:	Ute Runge, Abteilung Bauamt, Gemeinde Handewitt ute.runge@gemeinde-handewitt.de
Auftragnehmer:	IPP ESN Power Engineering GmbH Rendsburger Landstraße 196-198 24113 Kiel Bearbeitung: Patrice Ahmadi M. Eng., Kateryna Thomsen M. Eng.
in Kooperation mit:	FRANK Ecozwei GmbH Stadtdeich 7 20097 Hamburg Bearbeitung: Energieberater Stephan Silber, Marie Maluck M. Sc.
Stand:	20. März 2025 Redaktionsschluss für die im Bericht verwendeten Daten, Betrachtungen und Berechnungen war, sofern an einzelnen Stellen kein abweichendes Datum genannt ist, der Juli 2024
Förderhinweis:	Das Projekt Energetische Stadtsanierung im Quartier nördliches Handewitt wird gefördert aus Mitteln des Bundes im Rahmen des KfW-Programms 432 „Energetische Stadtsanierung“ sowie ergänzend über die IB.SH aus Mitteln des Landes Schleswig-Holstein.

Gefördert durch

Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen

Schleswig-Holstein
Der echte Norden

aufgrund eines Beschlusses des
Deutschen Bundestages

INHALTSVERZEICHNIS

1. Tabellenverzeichnis ... 1
2. Abbildungsverzeichnis ... 2
3. Abkürzungsverzeichnis ... 6
4. Gender-Aspekte ... 9
5. Zusammenfassung ... 10
   5.1 Zentrale Ergebnisse ... 10
      5.1.1 Reduktion des Wärmebedarfs ... 10
      5.1.2 Wärmeerzeugung ... 10
      5.1.3 Mobilität ... 13
   5.2 Checkliste KfW energetische Stadtsanierung ... 14
6. Bestandsaufnahme ... 15
   6.1 Räumliche Lage und Funktionen des Quartiers ... 15
   6.2 Bevölkerung, Baufertigstellungen ... 16
   6.3 Gebäude- und Heizungsbestand ... 17
      6.3.1 Wohnbebauung ... 17
      6.3.2 Derzeitige Wärmeerzeugung ... 19
   6.4 Zusammenfassung Bestandsaufnahme ... 28
   6.5 Energie- und CO_2-Bilanz des Quartiers ... 28
7. Energie- und CO_2-Minderungspotenziale durch Gebäudesanierung ... 32
   7.1 Gebäudesanierungspotenzial – Vorgehensweise, Rahmenbedingungen ... 32
   7.2 Förderprogramme und Umfeld für die energetische Sanierung ... 33
      7.2.1 BAFA Förderung Einzelmaßnahmen ... 34
      7.2.2 KfW-Förderung Einzelmaßnahmen an der Heiztechnik ... 35
   7.3 Mustersanierungsberatungen - Energieberatung vor Ort ... 35
      7.3.1 Mustersanierungskonzept 1 ... 37
      7.3.2 Mustersanierungskonzept 2 ... 48
      7.3.3 Mustersanierungskonzept 3 ... 59
      7.3.4 Mustersanierungskonzept Schützenheim Ellund ... 69
      7.3.5 Sanierungsrate ... 78
      7.3.6 Zusammenfassende Ergebnisse der Mustersanierungskonzepte nördl. Handewitt 79
8. Versorgungsoptionen und -szenarien ... 81
   8.1 Zentrale Versorgungsoptionen ... 81
      8.1.1 Betreiberkonzepte ... 82

8.1.1 Technische Versorgungslösungen ... 85
8.1.2 Entwurf Wärmenetze ... 88
8.1.3 Energiewirtschaftliche Ansätze ... 92
8.1.4 Zentrale Wärmeversorgung ... 93
8.2 Vergleich zentraler und dezentraler Versorgungsoptionen ... 100
8.3 Sensitivitätsanalyse ... 105
8.3.1 Sensitivitätsanalysen der zentralen Varianten ... 106
8.4 CO_2-Bilanz und Primärenergiefaktor ... 111
8.5 Zusammenfassung Wärmeerzeugung ... 114
9. Mobilität ... 115
9.1 Lückenschluss regionaler Fahrradwege ... 116
9.2 Verbesserung der bestehenden Fahrradinfrastruktur ... 117
9.3 Fahrradverleih ... 118
10. Umsetzungshemmnisse und Möglichkeiten zu ihrer Überwindung ... 119
10.1 Gebäudesanierung ... 119
10.2 Leitungsgebundene Wärmeversorgung ... 120
10.2.1 Technische Herausforderungen ... 120
10.2.2 Rechtliche und organisatorische Herausforderungen ... 120
10.2.3 Wirtschaftliche Herausforderungen ... 120
10.3 Mobilität ... 122
11. Öffentlichkeitsarbeit ... 123
11.1 Lenkungsgruppe ... 123
11.2 Allgemeine Öffentlichkeit ... 123
12. Controlling-Konzept ... 124
12.1 Energie- und CO_2-Bilanz ... 124
12.2 Bewertungsindikatoren ... 124
12.3 Dokumentation ... 125
13. Maßnahmenkatalog und Umsetzungsempfehlungen ... 126
14. Literaturverzeichnis ... 130
15. Anhänge ... 133

1. TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 5-1: Abgleich der Berichtsinhalte mit den Anforderungen der KfW 14
Tabelle 6-1: Auswertung der Fragebögen zu den Liegenschaften des Quartiers 26
Tabelle 6-2: jährlicher Heizenergiebedarf im Quartier 29
Tabelle 6-3: CO_2-Emissionsfaktoren und Primärenergiefaktoren verschiedener Energieträger 30
Tabelle 6-4: Jährliche Wärme-, Endenergie-, CO_2- und Primärenergiebilanz für das Quartier 31
Tabelle 7-1: Förderung und Boni Kredit (BMWK, o. J.) 33
Tabelle 7-2: Neue Förderrichtlinie BEG Einzelmaßnahmen seit 01.01.2024 (BMWK, 2023) 35
Tabelle 7-3: Bauteile IST-Zustand 39
Tabelle 7-4: Übersicht Sanierungsvarianten MSK 1 42
Tabelle 7-5: Variantenvergleich MSK 1 43
Tabelle 7-6: Kostenschätzung Sanierungsvarianten MSK 1 46
Tabelle 7-7: Bauteile Ist-Zustand 49
Tabelle 7-8: Übersicht Sanierungsvarianten MSK 2 52
Tabelle 7-9: Variantenvergleich MSK 2 53
Tabelle 7-10: Kostenschätzung Sanierungsvarianten MSK 2 57
Tabelle 7-11: Bauteile Ist-Zustand 60
Tabelle 7-12: Übersicht Sanierungsvarianten MSK 3 63
Tabelle 7-13: Variantenvergleich MSK 3 64
Tabelle 7-14: Kostenschätzung MSK 3 67
Tabelle 7-15: Bauteile IST-Zustand 71
Tabelle 7-16: Übersicht Sanierungsvarianten MSK 3 74
Tabelle 7-17: Kostenschätzung Schützenheim Ellund 75
Tabelle 7-18: Variantenvergleich Schützenheim Ellund 76
Tabelle 8-1: Übersicht Betreibermodelle 83
Tabelle 8-2: Netzparameter für den Ortsteil Ellund 89
Tabelle 8-3: Netzparameter Timmersiek 91
Tabelle 8-4: Energiewirtschaftliche Ansätze der zentralen Versorgungsvarianten (Phase 2) 92
Tabelle 8-5: Energiewirtschaftliche Ansätze der dezentralen Versorgungsvarianten 102
Tabelle 8-6: Eingangsparameter der Sensitivitätsanalyse 106
Tabelle 8-7: Emissionsfaktoren der zentralen Wärmeversorgung Ellund 112
Tabelle 8-8: Primärenergiefaktoren der zentralen Wärmeversorgung Ellund 113
Tabelle 12-1: Mögliche Indikatoren zum Controlling der Umsetzung des Quartierskonzeptes 125
Tabelle 13-1: Maßnahmenkatalog für Umsetzungen u. a. im Rahmen des Sanierungsmanagements 126

Tabelle 13-2: Zeitplan für die Umsetzung eines Wärmenetzes und kontinuierlicher Sanierungsberatungen 128
Tabelle 15-1: Energiewirtschaftliche Ansätze Phase 1 133
Tabelle 15-2: Investitionskosten der untersuchten Varianten in Timmersiek 133
Tabelle 15-3: Wärmegestehungskosten der zentralen Wärmeversorgung Timmersiek 136
Tabelle 15-4: Investitionskosten der untersuchten Varianten in Ellund 139
Tabelle 15-5: Wärmegestehungskosten der zentralen Wärmeversorgung in Ellund 141

2. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 5-1: Vollkostenvergleich Wärmenetz mit dezentralen Versorgungsoptionen für einen exemplarischen Verbrauch von 20 MWh/a. 12
Abbildung 6-1: Lage der Gemeinde Handewitt im Kreis Schleswig-Flensburg im Bundesland Schleswig-Holstein (Quelle: Wikipedia) 15
Abbildung 6-2: Das Quartier „Nördliches Handewitt“ (Quelle: Leistungsbeschreibung der Gemeinde für das Quartierskonzept) 16
Abbildung 6-3: Wohngebäudetypen in Handewitt (Statistikamt Nord, 2024) 17
Abbildung 6-4: Baualtersklassen Gemeinde Handewitt (Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2024) 18
Abbildung 6-5: Baualtersklassen Ellund, eigene Erhebung 18
Abbildung 6-6: Baualtersklassen Timmersiek-Unaften, eigene Erhebung 19
Abbildung 6-7: Baualtersklassen Gottrupel, eigene Erhebung 19
Abbildung 6-8: Verteilung der Feuerstätten nach Energieträger – Ellund und Gottrupel, Stand 2022 20
Abbildung 6-9: Kesselanlagen nach Baujahr und Energieträger – Ellund und Gottrupel, Stand 2022 21
Abbildung 6-10: Anzahl und Alter der Ölkessel – Ellund und Gottrupel, Stand 2022 22
Abbildung 6-11: Anzahl und Alter der Erdgaskessel – Ellund und Gottrupel, Stand 2022 23
Abbildung 6-12: Verteilung der Heizungssysteme nach Energieträger - Timmersiek 24
Abbildung 6-13: Kesselanlagen nach Baujahr und Energieträger – Timmersiek, Stand 2022 24
Abbildung 6-14: Anzahl und Alter der Ölkessel – Timmersiek, Stand 2022 25
Abbildung 6-15: Anzahl und Alter der Gaskessel – Timmersiek, Stand 2022 25
Abbildung 6-16: Fragebogen an alle Haushalte im Quartier 27
Abbildung 6-17: Vorgehensweise zur Erstellung der Wärmeatlasses 28
Abbildung 6-18: Wärmeatlas nördliches Handewitt - Gesamtquartier 29
Abbildung 6-19: Wärmeatlas Handewitt - Ellund 30
Abbildung 7-1: Mustersanierungsobjekt 1, Vorderansicht. Foto: FRANK 37
Abbildung 7-2: 3D Modellierung, erstellt durch FRANK mit dem Programm Hottgenroth 38
Abbildung 7-3: Thermische Gebäudehülle, v. l. n. r. Kellergeschoss, Erdgeschoss, Dachgeschoss 38

Abbildung 7-4: Energetische Verluste und Gewinne Ist-Zustand, MSK 1 40
Abbildung 7-5: Energetische Verluste Ist-Zustand, MSK 1 40
Abbildung 7-6: Gesamtbewertung Ist-Zustand MSK1 41
Abbildung 7-7: Gebäudehülle, Anlagentechnik, Umweltwirkung Ist-Zustand MSK 1 41
Abbildung 7-8: Bewertung Variante 1 des MSK 1 43
Abbildung 7-9: Bewertung Variante 2 des MSK 1 44
Abbildung 7-10: Bewertung Variante 3 des MSK 1 45
Abbildung 7-11: Bewertung Variante 3b des MSK 1 46
Abbildung 7-12: MSK 1, Rentabilität der Varianten nach 40 Jahren 47
Abbildung 7-13: Mustersanierungsobjekt 2, Vorderansicht, Foto: FRANK 48
Abbildung 7-14: 3D Modellierung, erstellt durch FRANK mit dem Programm Hottgenroth 48
Abbildung 7-15: Thermische Gebäudehülle, v. l. n. r. Erdgeschoss, Obergeschoss, Spitzboden 49
Abbildung 7-16: Energetische Verluste und Gewinne Ist-Zustand, MSK 2 50
Abbildung 7-17: Energetische Verluste Ist-Zustand, MSK 2 51
Abbildung 7-18: Gesamtbewertung Ist-Zustand, MSK 2 51
Abbildung 7-19: Gebäudehülle, Anlagentechnik, Umweltwirkung Ist-Zustand, MSK 2 52
Abbildung 7-20: Bewertung Variante 1, MSK 2 54
Abbildung 7-21: Bewertung Variante 2, MSK 2 54
Abbildung 7-22: Bewertung Variante 3a, MSK 2 55
Abbildung 7-23: Bewertung Variante 3b, MSK 2 56
Abbildung 7-24: Bewertung Variante 3c, MSK 2 56
Abbildung 7-25: MSK 2, Rentabilität der Maßnahmen nach 40 Jahren 58
Abbildung 7-26: Mustersanierungsobjekt 3, Vorderansicht, Foto: FRANK 59
Abbildung 7-27: 3D Modellierung, erstellt durch FRANK mit dem Programm Hottgenroth 59
Abbildung 7-28: Thermische Gebäudehülle MSK 3, v. l. n. r. Kellergeschoss, Erdgeschoss, Spitzboden 60
Abbildung 7-29: Energetische Verluste und Gewinne Ist-Zustand, MSK 3 61
Abbildung 7-30: Energetische Verluste Ist-Zustand, MSK 3 62
Abbildung 7-31: Gesamtbewertung Ist-Zustand, MSK 3 62
Abbildung 7-32: Gebäudehülle, Anlagentechnik, Umweltwirkung Ist-Zustand, MSK 3 63
Abbildung 7-33: Bewertung Variante 1, MSK 3 65
Abbildung 7-34: Bewertung Variante 2, MSK 3 66
Abbildung 7-35: Bewertung Variante 3a, MSK 3 66
Abbildung 7-36: Bewertung Variante 3b, MSK 3 67
Abbildung 7-37: MSK 3, Rentabilität der Maßnahmen nach 40 Jahren 69
Abbildung 7-38: Schützenheim Ellund, Vorderansicht, Foto: FRANK 69
Abbildung 7-39: 3D Modellierung, erstellt durch FRANK mit dem Programm Hottgenroth 70
Abbildung 7-40: Thermische Gebäudehülle, v. l. n. r. Erdgeschoss, Dachgeschoss 70

Abbildung 7-41: Energetische Verluste und Gewinne Ist-Zustand, Schützenheim Ellund 72
Abbildung 7-42: Energetische Verluste Ist-Zustand, MSK 1 72
Abbildung 7-43: Gesamtbewertung Ist-Zustand Schützenheim Ellund 73
Abbildung 7-44: Gebäudehülle, Anlagentechnik, Umweltwirkung Ist-Zustand MSK 1 73
Abbildung 7-45: Schützenheim Ellund, Rentabilität der Maßnahmen nach 40 Jahren 76
Abbildung 7-46: Bewertung Variante 1, MSK 3 77
Abbildung 7-47: Bewertung Variante 2, MSK 3 78
Abbildung 7-48: Entwicklung Wärmebedarf durch Gebäudesanierung 79
Abbildung 8-1: Versorgungsvarianten für die Ortsteile Ellund und Timmersiek 86
Abbildung 8-2: Versorgungsvarianten der zweiten Phase – Ortsteil Ellund 87
Abbildung 8-3: Entwurf Wärmenetz Ellund 89
Abbildung 8-4: Entwurf Wärmenetz Timmersiek V1 90
Abbildung 8-5: Entwurf Wärmenetz Timmersiek V2 91
Abbildung 8-6: Investitionskosten der Versorgungsvarianten in Timmersiek – Phase 1 95
Abbildung 8-7: Investitionskosten der zentralen Versorgungsoptionen in Ellund - Phase 2 96
Abbildung 8-8: Vergleich der Wärmegestehungskosten je kWh - Timmersiek 98
Abbildung 8-9: Vergleich der jährlichen Wärmekosten für ein beispielhaftes Gebäude des Quartiers - Timmersiek 98
Abbildung 8-10: Vergleich der Wärmegestehungskosten je kWh – Ellund 99
Abbildung 8-11: Vergleich der jährlichen Wärmekosten für ein beispielhaftes Gebäude des Quartiers - Ellund 99
Abbildung 8-12: Vergleich der präferierten Fernwärmevariante mit den typischen zur Verfügung stehenden dezentralen Heizungstechnologien 103
Abbildung 8-13: Pelletpreise im bundesdeutschen Durchschnitt von 2020 bis 2023 vgl. (C.A.R.M.E.N, 2024) 105
Abbildung 8-14: Sensitivität der Jahreskosten eines Beispielhauses mit 20 MWh Wärmebedarf in Abhängigkeit des Hackscnizelpreises 107
Abbildung 8-15: Sensitivität der Jahreskosten eines Beispielhauses mit 20 MWh Wärmebedarf in Abhängigkeit des Strompreises 108
Abbildung 8-16: Sensitivität der Jahreskosten eines Beispielhauses mit 20 MWh Wärmebedarf in Abhängigkeit des Abwärmepreises 108
Abbildung 8-17: Sensitivität der Jahreskosten eines Beispielhauses mit 20 MWh Wärmebedarf in Abhängigkeit der Anschlussquote 109
Abbildung 8-18: Sensitivität der Jahreskosten eines Beispielhauses mit 20 MWh Wärmebedarf in Abhängigkeit des Kapitalzinses 110
Abbildung 8-19: Sensitivität der Jahreskosten eines Beispielhauses mit 20 MWh Wärmebedarf in Abhängigkeit der Netzbaukosten 110
Abbildung 9-1: Verbesserungsvorschläge bestehender Fahrradinfrastrukturen 117
Abbildung 10-1: Endenergieverbrauch 2018 in Deutschland (Agentur für erneuerbare Energien, 2020) 119
Abbildung 15-1: Ergebnisplakat Lückenschluss Fahrradinfrastruktur 145

Abbildung 15-2: Ergebnisplakat Radewegesicherheit..... 146
Abbildung 15-3: Ergebnisplakat Optimierung des ÖPNV..... 147

3. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

SI-Einheiten und allgemeinsprachliche Abkürzungen sind nicht erläutert.

a	Jahr
Aw	Außenwand
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEHG	Gesetz über einen nationalen Zertifikatehandel für Brennstoffemissionen (Brennstoffemissionshandelsgesetz)
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BGA	Biogasanlage(n)
BHKW	Blockheizkraftwerk
Bj	Baujahr
BMU	Bundesministerium für Umwelt, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BMWE	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BMWT	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
BW	Biogaswärme
C.A.R.M.E.N.	Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk e.V.
CO_2	Kohlenstoffdioxid
Da	Dach
DFF	Dachflächenfenster
DG	Dachgeschoß
DZ	dezentrale Versorgung
EE	Erneuerbare Energien / Energieträger
EEG	Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz)
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz
EFH	Einfamilienhaus / -häuser
EG	Erdgeschoß
EH	Effizienzhaus
EK	Erdgaskessel
el	elektrisch(e) (Arbeit oder Leistung)
EU	Europäische Union
EVU	Energieversorgungsunternehmen

EWKG	Gesetz zur Energiewende und zum Klimaschutz in Schleswig-Holstein (Energiewende- und Klimaschutzgesetz Schleswig-Holstein)
EWP	Erdwärmepumpe
Fe	Fenster
GIS	Geoinformationssysteme, Geographische Informationssysteme
GEG	Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz)
GO	Gemeindeordnung
GVE	Großvieheinheit
h	Stunde
GZF	Gleichzeitigkeitsfaktor
Heizöl EL	leichtes Heizöl
Hi	Heizwert
HJ	Halbjahr
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
HSH	Hackschnitzelheizung
HSK	Hackschnitzelkessel
HÜS	Hausübergabestation
IB.SH	Investitionsbank Schleswig-Holstein
IfEU	Institut für Energie- und Umweltforschung
IPP ESN	IPP ESN Power Engineering GmbH
iSFP	individueller Sanierungsfahrplan
IWU	Institut Wohnen und Umwelt
k. A.	keine Angaben (verfügbar)
Ke	Keller
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
Kita	Kindertagesstätte
KSV	Kalksandstein-Verblender
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LoD	Level of Detail
LWP	Luftwärmepumpe
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MSK	Mustersanierungskonzept
MWVATT	Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Arbeit, Technologie und Tourismus des Landes Schleswig-Holstein
NKI	Nationale Klimaschutzinitiative

NOW	NOW GmbH - Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellen-technologie
NT	Niedertemperatur
NW	Nahwärme
NWG	Nichtwohngebäude
o. J.	ohne Jahresangabe
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PH	Pelletheizung
SerSan	Serielles Sanieren
SH	Schleswig-Holstein
T€	1000 Euro
t	Tonne
th	thermische (Leistung oder Arbeit)
UBA	Umweltbundesamt
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
WDVS	Wärmedämmverbundsystem
WE	Wohneinheit
WEG	Wohnungseigentumsgemeinschaften
WG	Wohngebäude
WLG	Wärmeleitgruppe
WPB	Worst Performing Building
WPG	Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (Wärmeplanungsgesetz)

4. GENDER-ASPEKTE

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

5. ZUSAMMENFASSUNG

5.1 ZENTRALE ERGEBNISSE

Das energetische Quartierskonzept befasste sich im Kern mit den Möglichkeiten

- den Wärmebedarf der privaten, öffentlichen und gewerblichen Liegenschaften zu senken und
- den verbleibenden Wärmebedarf weitestgehend klimaneutral zu decken.
- Ergänzend wurden zur Klimaentlastung im Bereich Mobilität geeignete Standorte für öffentliche Ladesäulen untersucht.

5.1.1 REDUKTION DES WÄRMEBEDARFS

Die Bebauungsstruktur im Quartier wird durch Einfamilienhäuser verschiedener Baualtersklassen geprägt. Diese weisen heterogene Sanierungsstände auf. Verhältnismäßig viele Gebäude stammen allerdings aus den 1960er bis 1980er Jahren.

Bei vielen Wohngebäuden sind energetische Sanierungspotenziale, insbesondere im Bereich der Gebäudehülle, festzustellen. Der altersbedingte Tausch von Fenstern oder Türen stellt für viele Objekte eine effiziente Möglichkeit dar, den Wohnkomfort zu steigern und Wärmeverluste zu minimieren. Eine Komplettsanierung zu einem Effizienzhaus ist für die meisten Gebäude nicht sinnvoll, da technisch nicht möglich und / oder wirtschaftlich nicht darstellbar.

Die in diesem Bericht beschriebenen Mustersanierungskonzepte zeigen wirtschaftlich darstellbare Sanierungsvarianten mit bis zu 80 % Endenergieersparnis auf. Diese sind häufig durch einen Heizungstausch zugunsten von regenerativen Heizungstypen erreichbar. Doch auch durch Maßnahmen an der Gebäudehülle sind zukünftig Reduktionen des Wärmebedarfs zu erwarten. Aufgrund der aktuell hohen Baukosten und der eingeschränkten Handwerkerverfügbarkeit ist allerdings ceteris paribus mit jährlichen Sanierungsraten von unter 2 % zu rechnen.

<u>Handlungsempfehlung:</u>

Aufgrund des Baualters vieler Gebäude und den daraus resultierenden energetischen Einsparpotentialen sind kontinuierliche Betrachtungen des Gebäudebestandes sinnvoll. Die Gemeinde sollte sich daher für tiefergehende Sanierungsberatungen des restlichen Bestandes, unter Einbeziehung von Energieeffizienzexperten, engagieren.

5.1.2 WÄRMEERZEUGUNG

Bisher versorgen sich die Liegenschaften des Quartiers überwiegend dezentral, d. h. in fast jedem Haus befindet sich ein Wärmeerzeuger, der das eigene Haus versorgt. Überwiegend handelt es sich dabei um Heizkessel, die mit Erdgas (325 Kessel) oder Heizöl (252 Kessel) betrieben werden. Zudem verfügen 452 Häuser über Kaminöfen, die mit Scheitholz befeuert werden können. Es ist zu vermuten, dass diese oft ergänzend eingesetzt werden; genaue Zahlen darüber sind nicht verfügbar. Überwiegend ist die Wärmeerzeugung im Quartier somit zum einen klimaschädlich, und zum anderen besteht eine hohe Abhängigkeit vom Import fossiler Energieträger, mit den nach dem Angriff Putins auf die Ukraine deutlich gewordenen Konsequenzen für die Preisstabilität.

Für die zukünftige Wärmeversorgung des Quartiers können zwei Wege der Wärmewende hin zur Klimaneutralität beschritten werden: Die Versorgung kann durch einen Austausch der Erdgas- und Heizölkessel gegen jeweils dezentrale andere Wärmeerzeuger wie etwa Wärmepumpe, Pelletkessel o. a. dargestellt werden. Alternativ kann ein Wärmenetz errichtet werden und die

Wärmegewinnung in einer gemeinsamen Heizzentrale auf Basis erneuerbarer Energien erfolgen. Beide Alternativen wurden im Rahmen des Quartierskonzeptes geprüft.

Für die Wärmeerzeugung in einer Heizzentrale wurden verschiedene Wärmequellen und technologische Optionen geprüft. In einer qualitativen Vorbetrachtung wurden die grundsätzlich verfügbaren Möglichkeiten der Wärmeerzeugung (Meereis, 2023) mit den konkreten Gegebenheiten des Quartiers abgeglichen. Im Anschluss daran erfolgten Berechnungen für die Ortsteile Ellund und Timmersiek mit spezifischen Versorgungslösungen im Rahmen einer differenzierten Betrachtung von technischen Rahmenbedingungen, Wirtschaftlichkeit und Klimaauswirkungen.

Als wirtschaftlichste und auch umsetzbare Varianten stellten sich die Versorgung eines Wärmenetzes in Ellund mit einem Holzhackschnitzelkessel oder mit einer Kombination aus Abwärme eines Biogas-BHKW und des Heizwerks ausgehend des Ortskerns der Gemeinde Handewitt heraus. Die Biogasanlage kann dabei ca. einen Drittel des Wärmebedarfs decken, während die restlichen zwei Drittel über einen Holzkessel oder eine Verbindungstrasse zum Scandipark bereitgestellt werden muss. Der Ausbau konnte dabei Stufenweise erfolgen. So sollten ausgehend der Biogasanlage Straßenzüge erschlossen werden. Sobald der Wärmebedarf die verfügbare Abwärme aus dem Biogas-BHKW übersteigt, kann für die Übergangsphase ein mobiler Kessel eingesetzt werden, während die Erschließung der Verbindungstrasse zum Scandipark gebaut wird.

Letztlich sind bei der möglichen Betrachtungstiefe eines Quartierskonzeptes Unschärfen von bis zu 20 % nicht ungewöhnlich. Zudem waren die Anlagen- und Netzpreise in der jüngeren Vergangenheit z. T. größeren Schwankungen unterworfen. Zur Erlangung von Fördermitteln muss ohnehin eine BEW-Machbarkeitsstudie erstellt werden. Parallel kann eine Abfrage des Anschlussinteresses im Quartier erfolgen. Insofern wird empfohlen, in der BEW-Machbarkeitsstudie noch einmal die aktuellen Preisstände abzufragen und dann unter Berücksichtigung des Anschlussinteresses eine abschließende Entscheidung über die Erzeugungstechnologien zu treffen.

Ein entscheidender Faktor für die Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes ist die Anschlussquote. Im Konzept wurde von 80 % ausgegangen und die Auswirkungen anderer Anschlussquoten im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse untersucht. Sollten z. B. nur 60 % angeschlossen werden, erhöhen sich die Preise des in Abbildung 5-1 untersuchten Einfamilienhauses um jährlich rund 500 €. Wenn dann jedoch in Quartiersbereichen mit einem niedrigeren Anschlussinteresse keine Leitungen verlegt werden, d. h. das Wärmenetz verkleinert und auf Bereiche mit hohem Anschlussinteresse konzentriert wird, reduziert sich dieser Effekt u. U. jedoch wieder.

Da für den Ortsteil Timmersiek keine günstigen Abwärmequellen erschlossen werden können und der Ortsteil aufgrund seiner Struktur für Fernwärme eher ungeeignet ist, konnte keine wirtschaftliche zentrale Versorgungsvariante ermittelt werden.

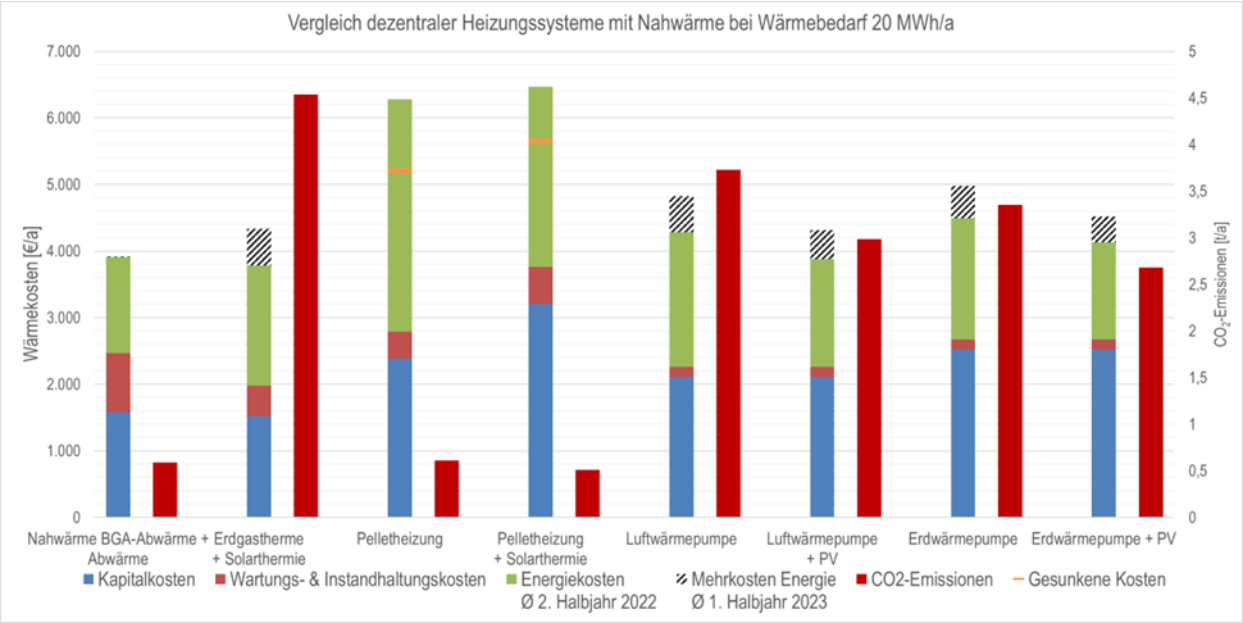

Abbildung 5-1: Vollkostenvergleich Wärmenetz mit dezentralen Versorgungsoptionen für einen exemplarischen Verbrauch von 20 MWh/a.

Ergänzend kann darauf verwiesen werden, dass ein Wärmenetz den Verbrauchern zahlreiche qualitative Vorteile bietet: So werden sie von Wartungs- und Reparaturarbeiten, Schornsteinfegeruntersuchungen etc. entlastet. Im Haus wird nur noch eine kleinere Hausübergabestation benötigt und Kessel, ggf. Vorratsbehälter für Heizöl, Pellets o. a. können entfallen, wodurch u. U. Raum geschaffen werden kann. Bei Ausfällen einzelner Erzeugungsanlagen ist im Wärmenetz stets eine Redundanz vorhanden, so dass eine Unterbrechung der Wärmelieferungen sehr unwahrscheinlich ist, und langfristig kann in einem Wärmenetz flexibler auf Markt- oder Technologieentwicklungen reagiert werden, indem in einer Heizzentrale ein Erzeuger ausgetauscht oder ergänzt wird, als wenn hunderte individuelle Anlagen ausgetauscht werden müssten. Vor allem jedoch erfüllen die Hauseigentümern durch den Anschluss an ein Wärmenetz automatisch alle Vorgaben des Gebäudeenergiegesetzes (GEG). Bei einer Nutzung lokaler, erneuerbarer Energieträger ergibt sich zudem Kostenstabilität und die Wertschöpfung kann zu größeren Teilen in der Region verbleiben.

Die Klimaauswirkungen der verschiedenen Varianten der Wärmegewinnung hängen maßgeblich davon ab, welche Stromerzeugung zugrunde gelegt wird. In Abbildung 5-1 wurden bei der Berechnung der CO_2-Emissionen die Emissionen des deutschen Strommix zugrunde gelegt, so dass Wärmepumpen noch vergleichsweise hohe CO_2-Emissionen aufweisen. Diese werden jedoch mit zunehmendem Anteil der regenerativen Stromerzeugung in den kommenden Jahren sukzessive zurückgehen. Da in Schleswig-Holstein 2022 26,0 Mio. MWh Strom aus erneuerbaren Energien erzeugt und lediglich 15,2 MWh verbraucht wurden (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, 2023) sowie teilweise Anlagen zur Stromerzeugung sogar mangels Transport- und Verwendungsmöglichkeiten abgeregelt wurden, lässt sich auch argumentieren, dass in Schleswig-Holstein weit überwiegend echter Ökostrom zum Einsatz kommt und somit Wärmepumpen heute schon praktisch klimaneutral betrieben werden können.

<u>Handlungsempfehlung:</u>

Der Gemeinde Handewitt wird empfohlen, die Planungen zum Ausbau eines Wärmenetzes im Ortsteil Ellund im Rahmen einer BEW-Machbarkeitsstudie weiter voranzutreiben und parallel mit

einer breiten Öffentlichkeitsarbeit für einen Anschluss zu werben. Die verschiedenen Optionen der Wärmeerzeugung für das Wärmenetz sollten dabei möglichst lange offengehalten werden.

Möglichst frühzeitig sollte die Gemeinde klären, welche Betreibermodelle gewünscht sind, und unter Beachtung der konzessions- und vergaberechtlichen Rahmenbedingungen einen Betreiber des Wärmenetzes ausfindig machen.

5.1.3 MOBILITÄT

Im Rahmen eines Workshops der vor einer der öffentlichen Informationsveranstaltungen stattgefunden hat, konnten Mitglieder der Gemeinde eigene Themen benennen, in Kleingruppen bearbeiten und Vorstellen. Im Fokus stand vor allem die Fahrradmobilität – an mehreren Orten der Gemeinde sind die Beschilderungen oder die Wegebeleuchtung unzureichend. Diese Punkte können nun durch Adressierung der verantwortlichen Institutionen angegangen werden (vgl. Abbildung 15-1 bis Abbildung 15-3).

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) (Ausgangsanalyse)	6
Beachtung von Klimaschutz- und Klimaanpassungskonzepten, integrierten Stadtteilentwicklungskonzepten oder wohnwirtschaftlichen Konzepten bzw. von integrierten Konzepten auf Quartiersebene	6
Beachtung der baukulturellen Zielstellungen unter besonderer Berücksichtigung von Denkmalen, erhaltenswerter Bausubstanz und Stadtbildqualität	6, 7.3
Aussagen zu Energieeffizienzpotenzialen und deren Realisierung im Bereich der quartiersbezogenen Mobilität	9
Identifikation von alternativen, effizienten und gegebenenfalls erneuerbaren lokalen oder regionalen Energieversorgungsoptionen und deren Energieeinspar- und Klimaschutzpotenziale für das Quartier	8
Bestandsaufnahme von Grünflächen, Retentionsflächen, Beachtung von naturschutzfachlichen Zielstellungen und der vorhandenen natürlichen Kühlungsfunktion der Böden	---
Gesamtenergiebilanz des Quartiers (Vergleich Ausgangspunkt und Zielaussage)	7.3.5, 7.3.6, 8.4, 8.5
Bezugnahme auf Klimaschutzziele der Bundesregierung und energetische Zielsetzungen auf kommunaler Ebene	6.5, 7.2
konkreter Maßnahmenkatalog unter Berücksichtigung quartiersbezogener Wechselwirkungen	7.3, 13
Analyse möglicher Umsetzungshemmnisse und deren Überwindungsmöglichkeiten	10
Aussagen zu Kosten, Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit der Investitionsmaßnahmen	7.3, 8
Einbeziehung betroffener Akteure bzw. Öffentlichkeit in die Aktionspläne / Handlungskonzepte	11
Maßnahmen zur organisatorischen Umsetzung des Sanierungskonzepts (Zeitplan, Prioritätensetzung, Mobilisierung der Akteure und Verantwortlichkeiten).	13
Maßnahmen der Erfolgskontrolle und zum Monitoring	12
Bei Digitalisierungsvorhaben: Nutzung von Open Source-Ansätzen und offenen Standards; Beachtung von Datenschutz und -sicherheit	---

6. 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 Bestandaufnahme des Projektgebietes ein erster essenzieller Schritt für die Entwicklung eines ganzheitlichen, integrierten energetischen Quartierskonzeptes.

6.1 Räumliche Lage und Funktionen des Quartiers

Die amtsfreie Gemeinde Handewitt ist mit 77,72 km² die flächengrößte Gemeinde im Kreis Schleswig-Flensburg, eine der größten im Bundesland Schleswig-Holstein und gehört zum Stadtumlandbereich des Oberzentrums Flensburg. Die Gemeinde hat 11.371 Einwohner (Stand 2023) verteilt auf acht Ortsteile (Statistikamt Nord, 2024).

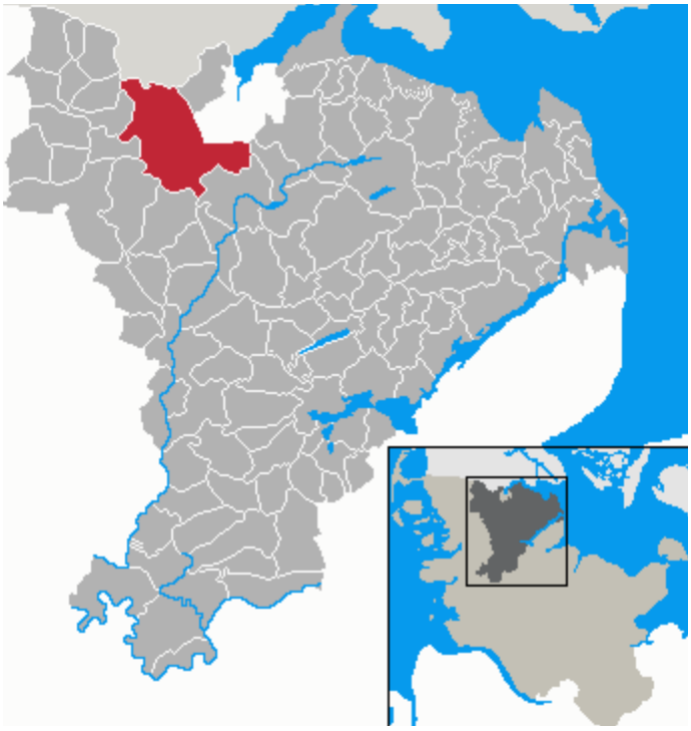

Abbildung 6-1: Lage der Gemeinde Handewitt im Kreis Schleswig-Flensburg im Bundesland Schleswig-Holstein (Quelle: Wikipedia)

Das Gebiet des energetischen Quartierskonzepts nördliches Handewitt erstreckt sich über eine Gesamtfläche von 23 km² und liegt im nördlichen Teil der großen Flächengemeinde Handewitt. Es umfasst die zwei kompakten Siedlungen Ellund und Timmersiek-Unaften, den nördlichen Bereich des Ortsteils Gottrupel sowie den umliegenden Bereich des Gemeindegebiets mit den dort gelegenen einzelnen Höfen (Abbildung 6-2). Das Quartier umfasst insgesamt 618 Gebäude.

Der Ortsteil Ellund verfügt über eine ländliche Siedlungsstruktur mit überwiegend landwirtschaftlicher Prägung. Es handelt sich um ein Haufendorf mit großen Grundstücken und überwiegend Einzelhausbebauung. Im Ort und am Ortsrand finden sich aktive und ehemalige landwirtschaftliche Betriebe. Neubaugebiete sind nicht entstanden und auch nicht geplant. Der Ortsteil Ellund kennzeichnet sich durch eine überwiegend ältere Bevölkerung. Verkehrstechnisch ist Ellund über

zwei Straßen an Handewitt-Ort (K130) sowie Harrislee/Flensburg (L192) angebunden. In beiden Richtungen besteht ÖPNV-Verbindung.

Der Ortsteil Timmersiek-Unaften besteht aus den ursprünglich zwei Dörfern Unaften und Timmersiek, die durch die Bebauung entlang des Medelyer Weges zu einem Dorf zusammengewachsen sind. Bei dem Ortsteil handelt es sich um ein Straßendorf mit überwiegend Einfamilienhausbebauung und einzelnen Wohnbaugebieten abgehend vom Medelyer Weg. Im Außenbereich gibt es einige landwirtschaftliche Betriebe. Zudem gibt es ein kleineres neues Einfamilienhausgebiet. Der Ortsteil Timmersiek-Unaften kennzeichnet sich durch eine jüngere Bevölkerung. Verkehrstechnisch läuft durch den Ort die B199 nach Flensburg. Zudem sind ÖPNV-Verbindungen in Richtung Handewitt-Ort und Flensburg vorhanden.

Außerhalb der beiden Ortsteile umfasst das Quartier noch rund 10-15 einzeln gelegene Höfe oder Häuser, die keiner kompakten Siedlungsstruktur zugeordnet werden können.

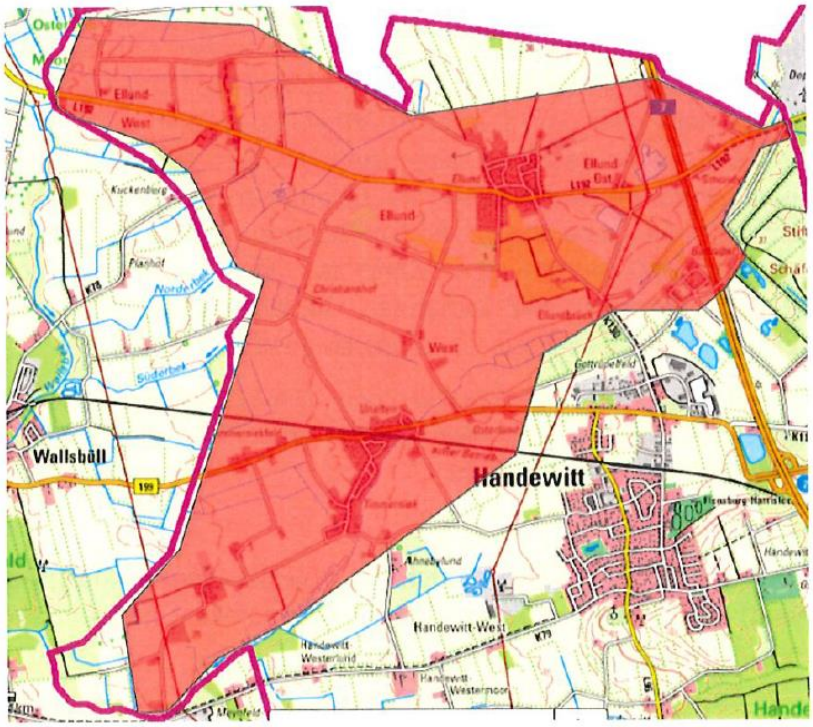

Abbildung 6-2: Das Quartier „Nördliches Handewitt“ (Quelle: Leistungsbeschreibung der Gemeinde für das Quartierskonzept)

6.2 Bevölkerung, Baufertigstellungen

Aufgrund der bessere Datenlage für das gesamte Gemeindegebiet werden die Bevölkerungsentwicklung und die Entwicklung der Baufertigstellungen auf Gemeindeebene betrachtet.

Die Einwohnerzahl der Gemeinde Handewitt hat seit der Volkszählung 1987 um nahezu die Hälfte zugenommen. Damit ist Handewitt deutlich stärker gewachsen als der Kreis Schleswig-Flensburg (+ 7 %), die Stadt Flensburg (+ 3 %) und das Land Schleswig-Holstein (+ 12 %). Laut kleinräumigen Prognosen des Kreises Schleswig-Flensburg wurde für die Gemeinde Handewitt eine Zunahme der Bevölkerung um 3,4 % für den Zeitraum 2015-2030 prognostiziert. Es lebten am 31.12.2023 11.371 Personen in der Gemeinde Handewitt. Über die Gemeindegrenze gab es mehr Zuzüge (824) als Fortzüge (774) (Statistikamt Nord, 2024).

6.3 Gebäude- und Heizungsbestand

6.3.1 Wohnbebauung

Der Bestand der Wohngebäude in Handewitt ist hauptsächlich durch Einfamilienhäuser geprägt. Mehrfamilienhäuser mit drei oder mehr Wohneinheiten machen lediglich 5 % des Gebäudebestands aus (siehe Abbildung 6-3). Auch im Quartier befinden sich überwiegend Einfamilienhäuser. Sehr vereinzelt gibt es Mehrfamilienhäuser, zum Beispiel am Medelbyer Weg im Ortsteil Unaften.

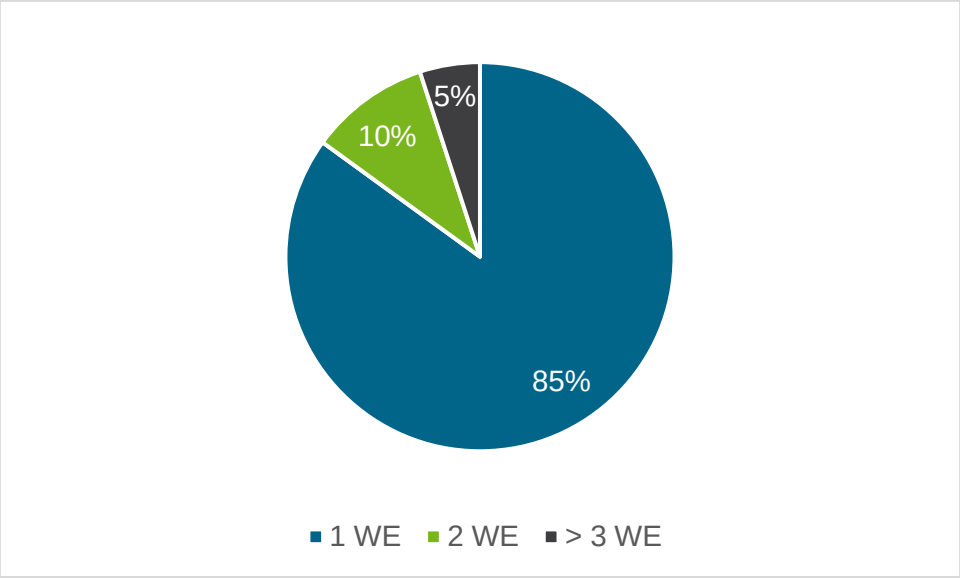

Abbildung 6-3: Wohngebäudetypen in Handewitt (Statistikamt Nord, 2024)

Die Wohngebäude in Handewitt weisen heterogene Baualtersklassen auf. Grundlage dieser Untersuchung bilden Daten zu den Baujahren der Wohngebäude der Regionaldatenbank Deutschland. Diese stammen aus dem Jahr 2022 (Stichtag 15.05.2022), beziehen sich auf das gesamte Gemeindegebiet und stellen Bauaktivitäten von „vor 1919“ bis zum Jahr „2016 und später“ dar. 2022 wurden 4.127 Gebäude in Handewitt gezählt (Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2024). Die Abbildung 6-4 zeigt, dass in der Gemeinde Handewitt besonders viele Bauaktivitäten in den 1990er Jahren stattgefunden haben, gefolgt von den 1970er, 2000er und 1960er Jahren.

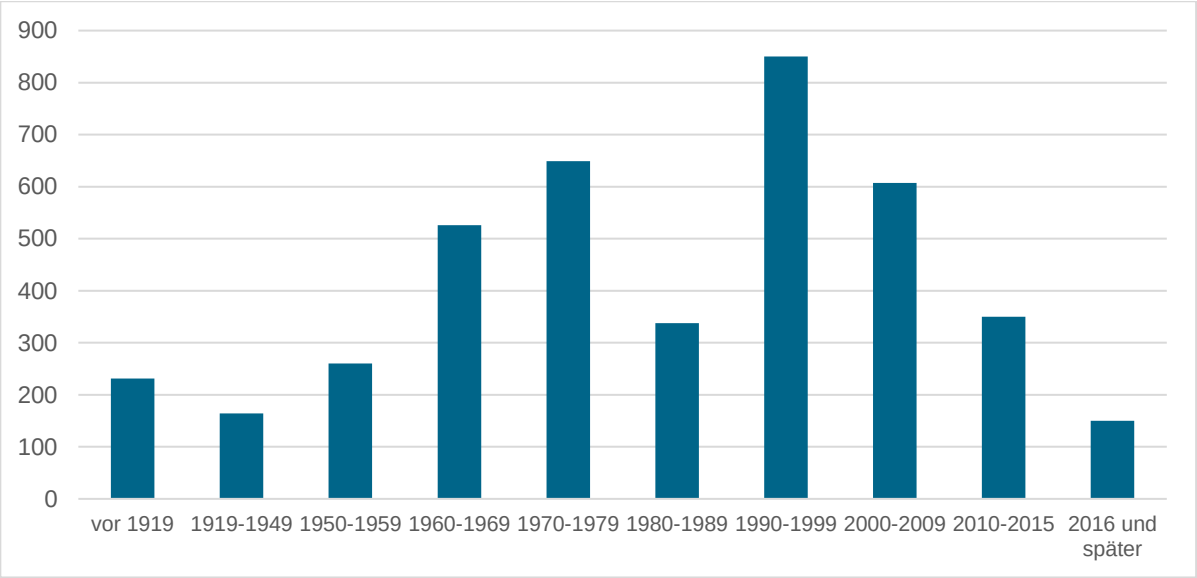

Abbildung 6-4: Baualtersklassen Gemeinde Handewitt (Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2024)

Die genauen Baualtersklassen in den Ortschaften Ellund, Timmersiek-Unaften und Gottrupel wurden im Rahmen einer Quartiersbegehung erfasst. Alle Ortsteile weisen heterogene Baualtersklassen auf.

In Ellund sind einige Gebäude im Dorfkern vor 1949 errichtet worden sind. Der Großteil der Bauaktivitäten fand jedoch in den 1960er, 70er und 80er Jahren statt. In den 90er und 2000er Jahren wurde vereinzelt nachverdichtet. In Timmersiek-Unaften befinden sich die ältesten Gebäude von vor 1949 entlang der Hauptverkehrsstraße Wallsbüll Weg / Unaften (B199). Der Großteil der Bauaktivitäten fand in den 1960er, 70er und 80er Jahren statt, insbesondere entlang des Medelbyer Wegs. In den 1990er und 2000er Jahren sind Neubauten im Bereich „Auf der Auwiese“ und im Süden des Medelbyer Wegs entstanden (Abbildung 6-6). Die Ortschaft Gottrupel ist vor allem durch Höfe geprägt, die vor 1949 entstanden sind (Abbildung 6-7).

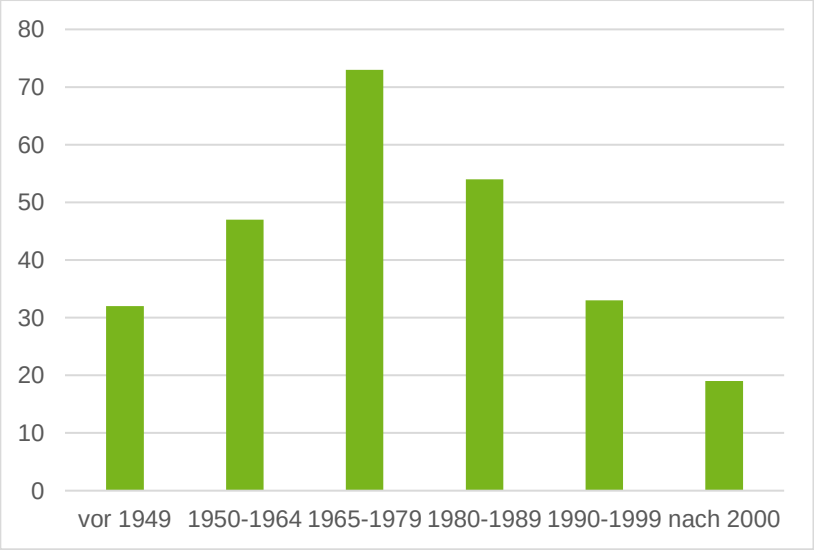

Abbildung 6-5: Baualtersklassen Ellund, eigene Erhebung

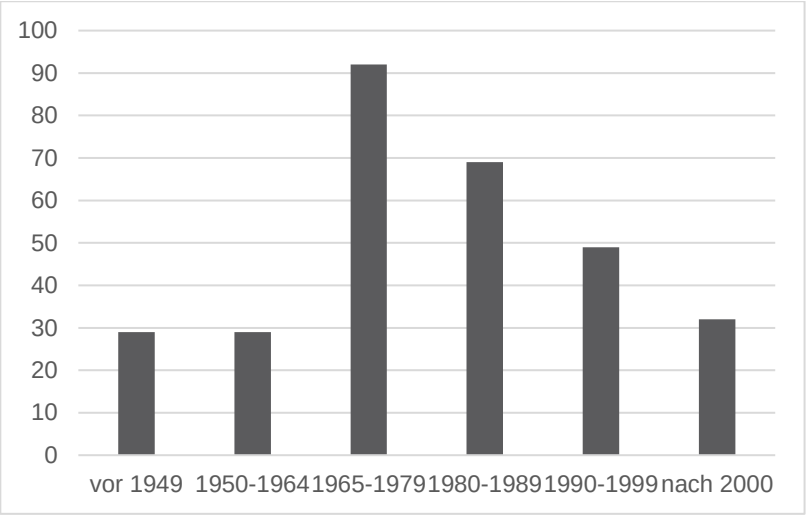

Abbildung 6-6: Baualtersklassen Timmersiek-Unaften, eigene Erhebung

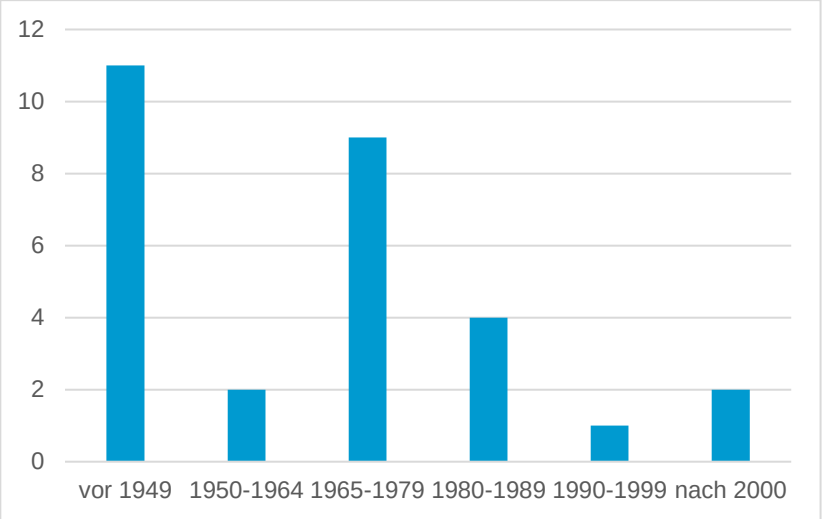

Abbildung 6-7: Baualtersklassen Gottrupel, eigene Erhebung

6.3.2 DERZEITIGE WÄRMEERZEUGUNG

Im Rahmen des Quartierskonzepts wurden Daten aus den digitalen Kehrbüchern des zuständigen Bezirksschornsteinfegers angefragt. Diese haben die Daten der Feuerstättenschau gemäß § 7 Abs. 11 EWKG zur weiteren Bearbeitung im Quartierskonzept anonymisiert übergeben. Die Auswertung der Daten gibt Aufschluss über die Verteilung der eingesetzten Energieträger, das Alter der Wärmeerzeuger und auch über die Verwendung von Zusatzfeuerungen wie z. B. offene Kamine.

Die Auswertung der Daten zeigt, dass in den Ortsteilen Ellund, Timmersiek und Gottrupel die Erdgas- und Ölheizung die dominanten Technologien zur Wärmebereitstellung darstellen. Dass es im Quartier mehr Feuerstätten als Gebäude gibt, ist darauf zurückzuführen, dass in diesen Daten nicht nur der primäre Wärmeerzeuger aufgeführt wird. Viele Gebäude haben zusätzlich noch Einzelraumfeuerungen in Form von Kaminöfen. Teilweise gibt es auch Holzöfen, die mit dem Zentralheizungssystem verbunden sind, so dass die Wärme aus der Holzfeuerung im gesamten Gebäude nutzbar ist. Von den 618 Gebüuden im Quartire geben die Feuerstättendaten Aufschluss

über 587 Gebäude. Gebäude, die über Wärmepumpen beheizt werden, werden vom Schornsteinfeger nicht aktiv erfasst, sodass davon ausgegangen werden kann, dass es sich bei der Differenz (31) um Gebäude handelt, die mittels Wärmepumpe versorgt werden. Darüber hinaus entsteht durch die Anforderung des Datenschutzes, die Daten nur anonymisiert zur Verfügung zu stellen eine Unsicherheit, ob die Daten tatsächlich vollständig sind.
In den folgenden Grafiken ist die Verteilung aufgeteilt nach Ortsteilen dargestellt. Aufgrund der geringen Anzahl der Gebäude in Gottrupel, wurden die Daten mit denen von Ellund zusammengefasst.

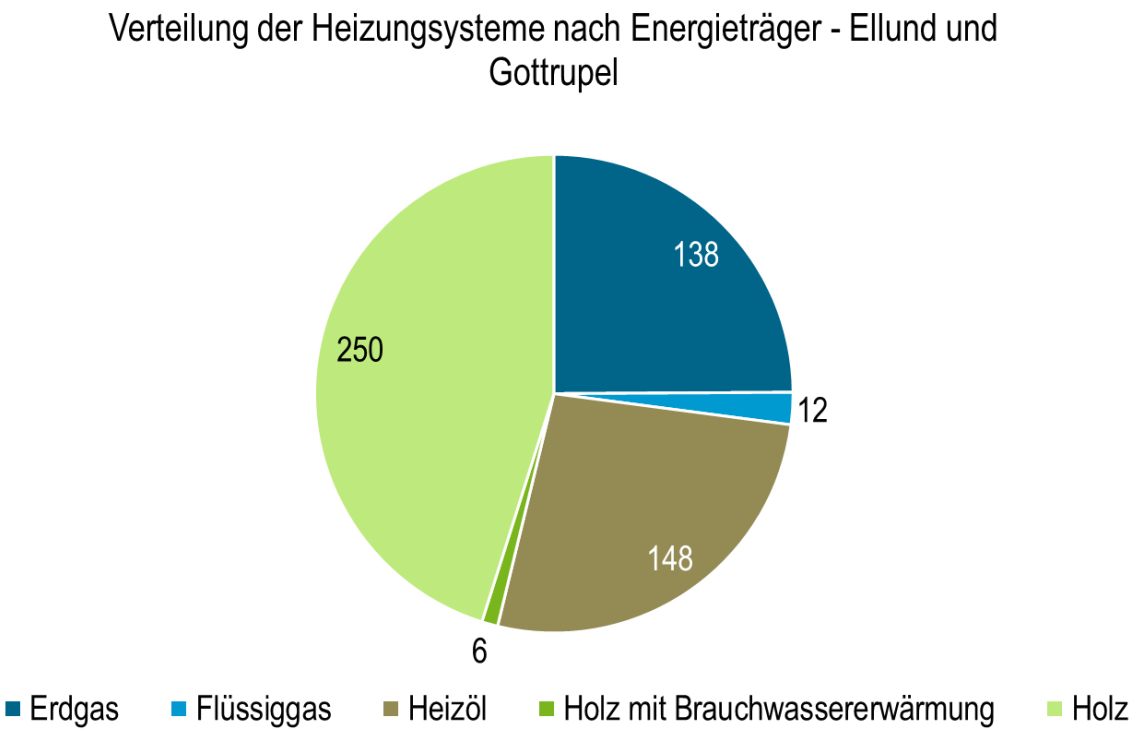

Abbildung 6-8: Verteilung der Feuerstätten nach Energieträger – Ellund und Gottrupel, Stand 2022

Fast jedes Gebäude verfügt über einen Kaminofen (hellgrün), der zusätzlich zur Hauptheizung eingesetzt wird. Etwa eine Hälfte der Gebäude wird primär über eine Gas- bzw. Flüssiggasheizung (blau) und die andere Hälfte über eine Ölheizung (braun) versorgt. In lediglich 6 Gebäuden (dunkelgrün) wird eine Holzheizung zur Versorgung mit Heizwärme und Brauchwarmwasser eingesetzt.

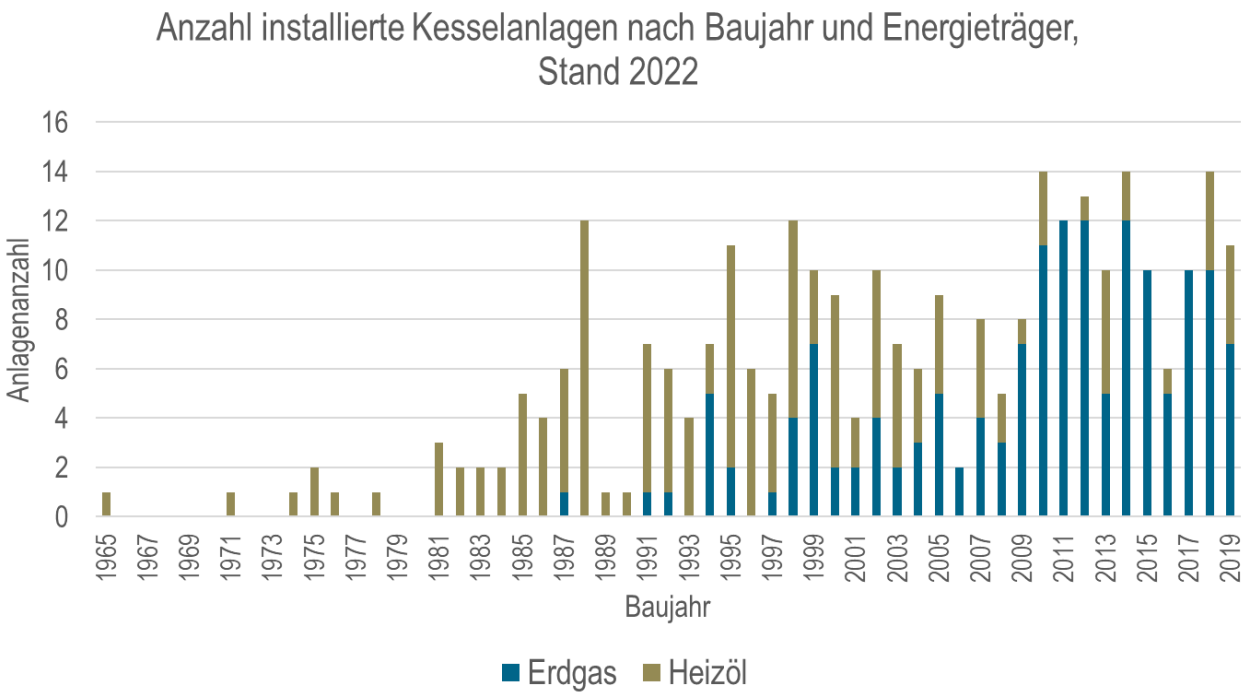

Abbildung 6-9: Kesselanlagen nach Baujahr und Energieträger – Ellund und Gottrupel, Stand 2022

Abbildung 6-9 zeigt die Aufteilung der Erdgas- und Ölheizungen nach Baujahren. Ölheizungen haben eine längere Lebensdauer als Gasheizungen. In den Jahren 2010 bis 2019 wurden ca. 120 Heizungen ersetzt. Für diese besteht derzeit noch kein Handlungsbedarf. In den Folgejahren werden vor allem die älteren Gasheizungen ersatzbedürftig.

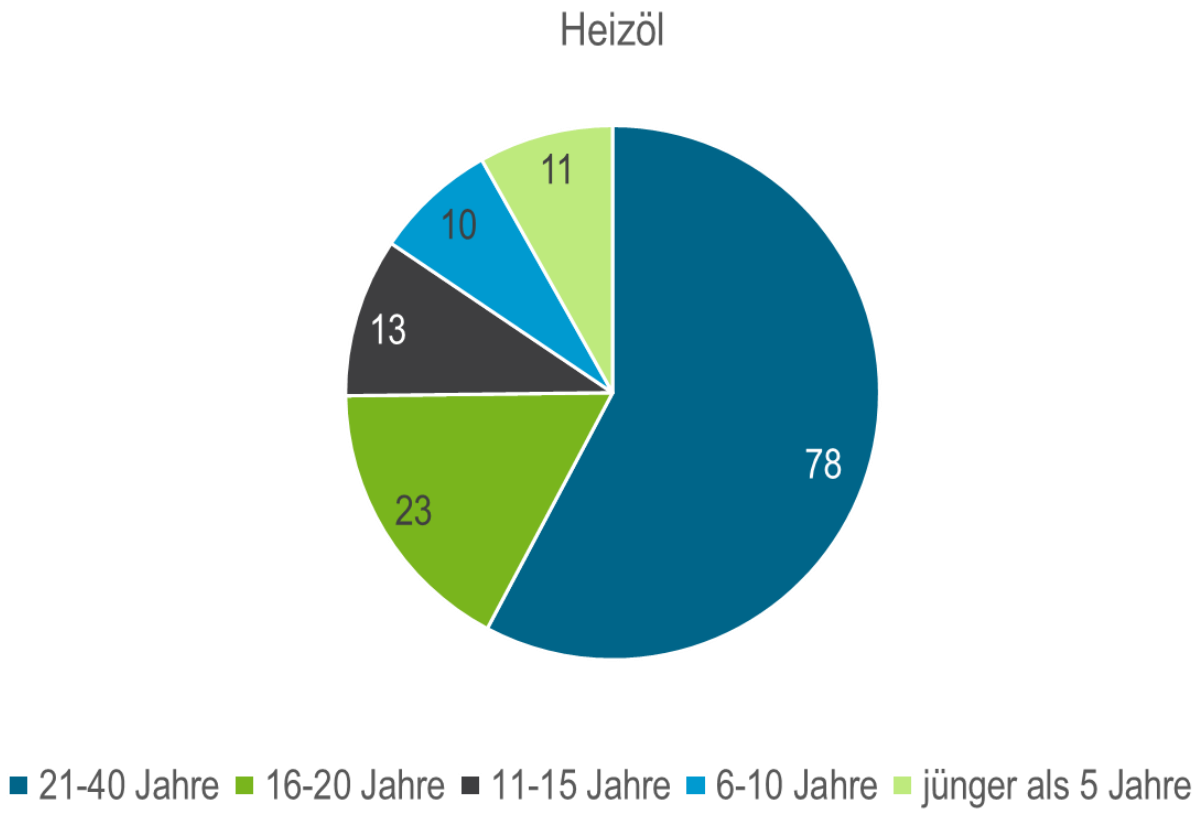

Abbildung 6-10: Anzahl und Alter der Ölkessel – Ellund und Gottrupel, Stand 2022

Mehr als die Hälfte der Heizölkessel ist bereits über 20 Jahre alt. Ob diese mittelfristig ersatzbedürftig sind, hängt auch davon ab, ob diese entsprechend der gesetzlichen Vorgaben nach 30 Jahren stillgelegt werden müssen (§ 72 GEG) oder durch eine Ausnahmeregelung davon ausgenommen sind (§72 und 73 GEG). So dürfen die Kessel auch länger als 30 Jahre betrieben werden, wenn es sich um Niedertemperatur- oder Brennwertkessel handelt oder es sich bei dem Gebäude um selbstgenutztes Eigentum handelt, das schon vor dem 01.02.2002 bewohnt wurde. (Gesetze-im-Internet, 2024)

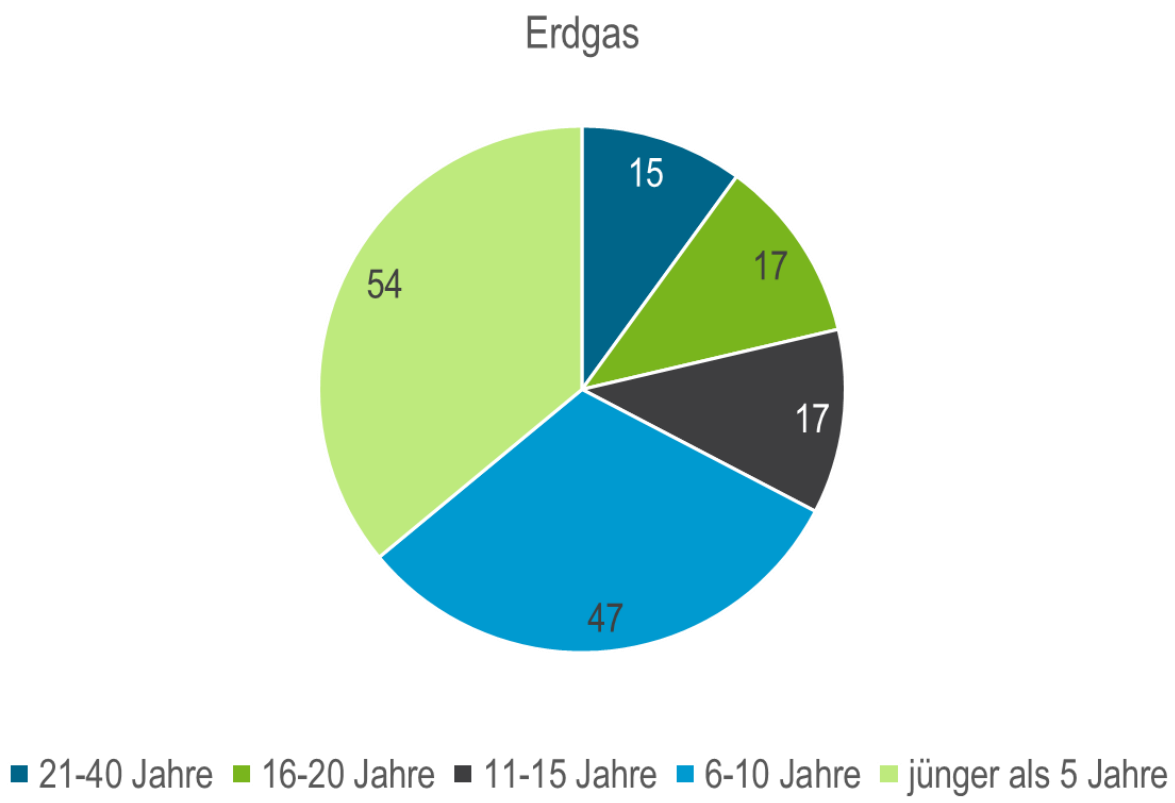

Abbildung 6-11: Anzahl und Alter der Erdgaskessel – Ellund und Gottrupel, Stand 2022

Von den 150 installierten Gaskesseln sind laut Feuerstättendatenbank 54 Anlagen bzw. 36 % jünger als 5 Jahre alt und 47 Anlagen bzw. 31 % zwischen 6 und 10 Jahren alt. Damit sind ca. zwei Drittel in den kommenden Jahren noch nicht ersatzbedürftig. Aus diesen Zahlen kann man eine Tendenz zur Umsetzungswahrscheinlichkeit einer zentralen Wärmeversorgung ableiten. Sind viele Heizungen in den kommenden Jahren ersatzbedürftig, so erhöht dies die Chance einer hohen Anschlussquote. In Ellund und Gottrupel ist dies aufgrund der Altersstruktur der Heizungsanlagen nicht der Fall.

Ein Vergleichbares Bild zeigen die Daten des Ortsteils Timmersiek.

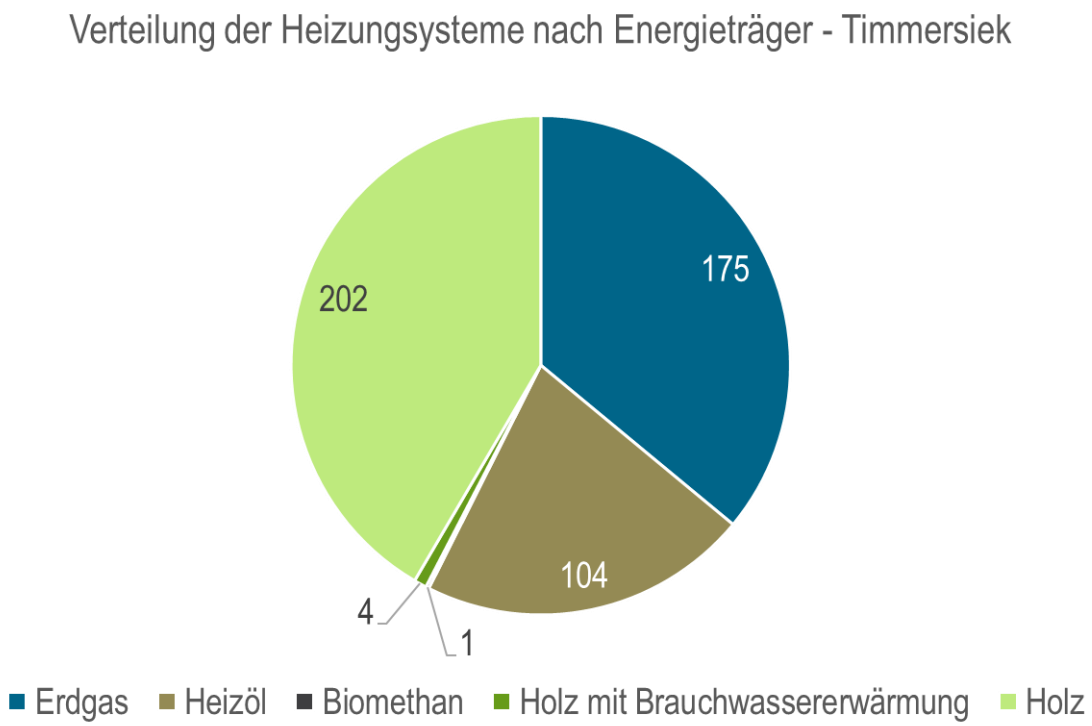

Abbildung 6-12: Verteilung der Heizungssysteme nach Energieträger - Timmersiek

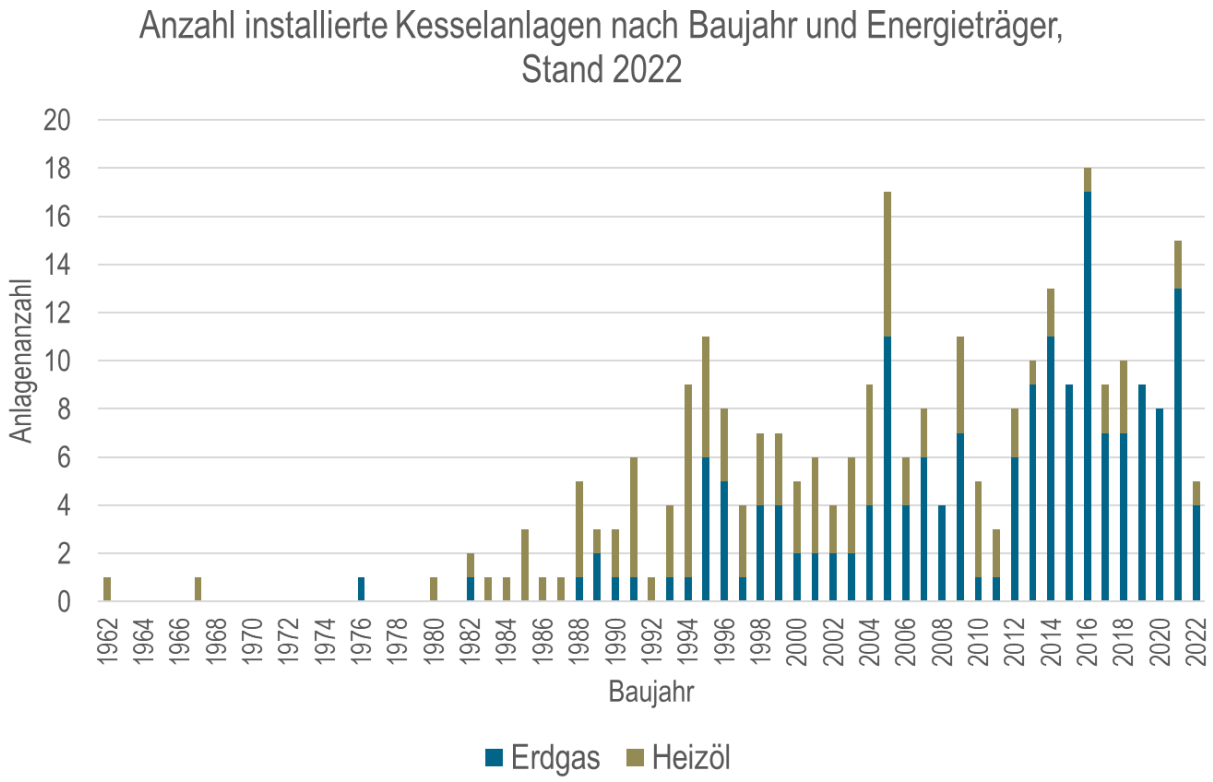

Abbildung 6-13: Kesselanlagen nach Baujahr und Energieträger – Timmersiek, Stand 2022

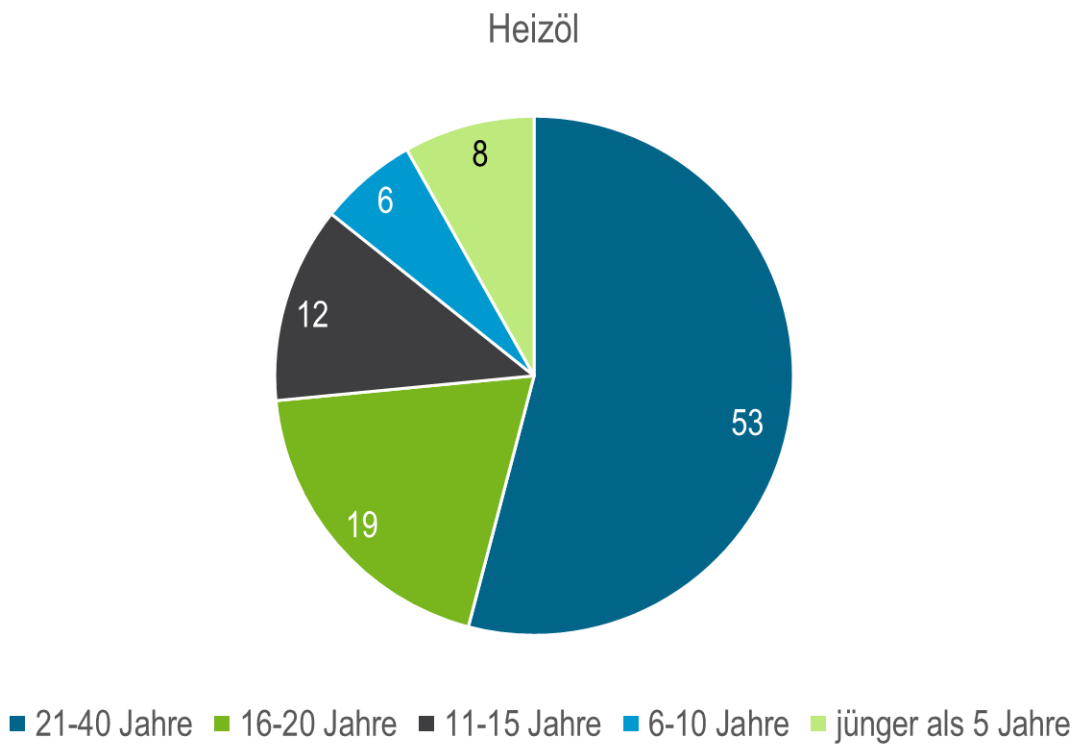

Abbildung 6-14: Anzahl und Alter der Ölkessel – Timmersiek, Stand 2022

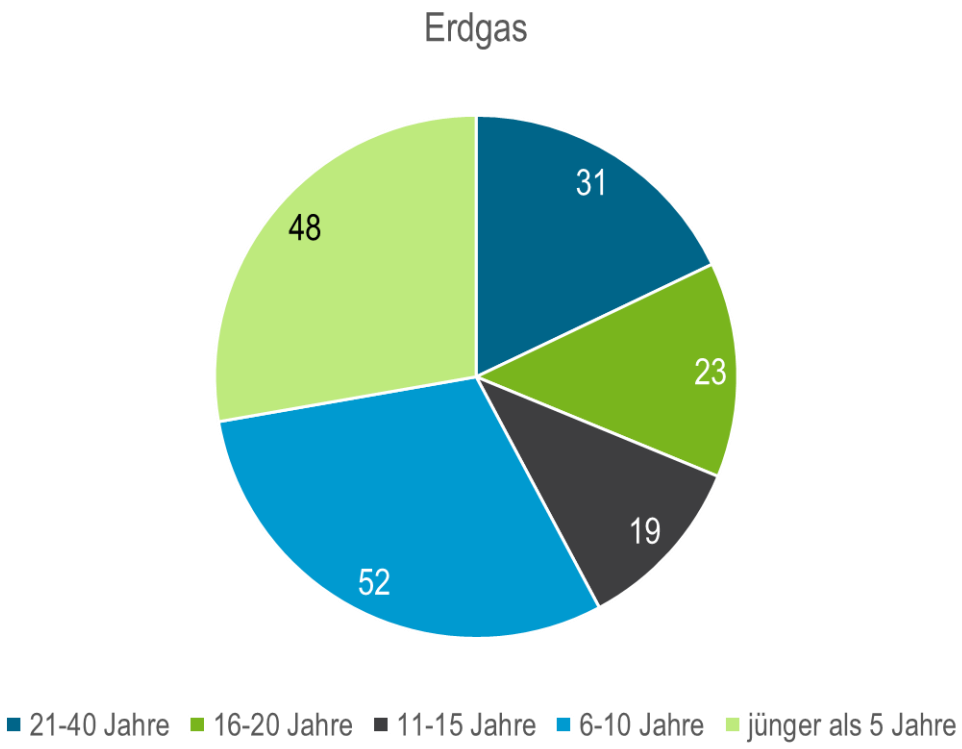

Abbildung 6-15: Anzahl und Alter der Gaskessel – Timmersiek, Stand 2022

Um die Abschätzung zum Wärmebedarf möglichst genau zu verifizieren sowie das Interesse an einer klimafreundlichen zentralen Wärmeversorgung abzufragen, wurde ein Fragebogen erstellt (vgl. Abbildung 6-16). Dieser wurde an alle Haushalte des Quartiers verteilt.

Die Auswertung der abgegebenen Fragebögen zeigt überwiegend ein grundsätzliches Interesse an einer klimafreundlichen zentralen Wärmeversorgung (vgl. Tabelle 6-1).

Tabelle 6-1: Auswertung der Fragebögen zu den Liegenschaften des Quartiers

Charakteristik	Angabe	Bezug
Abgebende Fragebögen:	35	
Interesse an zentr. Wärmeversorgung	33	Ja
	2	Nein
Angabe Energieverbräuche	34	
Baualtersklasse vor 1949	1	
Baualtersklasse 1950-1964	8	
Baualtersklasse 1965-1979	10	
Baualtersklasse 1980-1999	7	
Baualtersklasse nach 2000	9	
Bj. Heizung	1983-2023 (Mittelwert 2007)	
Energieträger	2	Holz
	18	Erdgas
	15	Heizöl
	2	Strom
Mittelwert spez. Verbrauch	112	kWh/(m²·a)

Basierend auf den Interessenbekundungen auf der öffentlichen Informationsveranstaltung wurden drei kostenfreie Energieberatungen für Wohngebäude vergeben (vgl. Kapitel 7). Aus den Fragebögen wurden drei quartierstypische Gebäude, mit unterschiedlichen Sanierungsständen und unterschiedlichen Baualtersklassen, ausgewählt. Damit wurde die Attraktivität der Informationsveranstaltung erhöht. Die Mustersanierungsberatung orientiert sich hierbei an der Bundesförderung für Energieberatung für Wohngebäude (IfEU, 2019).

Energetisches Quartierskonzept Nördliches Handewitt

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, Informationen zu Ihrer Heizung, dem Brennstoffverbrauch und Ihrem Gebäude aufzunehmen. In einer Auftaktveranstaltung am 09.03.2023 ab 18:30 Uhr im Schützenhaus Ellund (Waldstraße 26a, Handewitt) möchten wir Sie genauer informieren.

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

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 gerne per Mail (marie.maluck@frank.de) oder telefonisch (0151 29608118) 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. Alter der Heizungsanlage _____

9. Leistung der Heizungsanlage _____ kW

10. Brennstoff und Brennstoffverbrauch, jährlich

o Erdgas Verbrauch: _____ kWh oder m³ (Nichtzutreffende Einheit bitte streichen!)

o Heizöl Verbrauch: _____ Liter

o Nahwärme Verbrauch: _____ kWh

o Pellets Verbrauch: _____ kg

o Holz Verbrauch: _____ m³

o Strom Verbrauch: _____ kWh (für o Wärmepumpe o Stromheizung)

o Solarthermie

o Sonstiges Verbrauch: _____ Art der Heizung: _____

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

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

Abbildung 6-16: Fragebogen an alle Haushalte im Quartier

6.4 Zusammenfassung Bestandsaufnahme

Das Quartier nördliches Handewitt ist durch Einfamilienhäuser geprägt, nur vereinzelt finden sich Gebäude mit mehr als zwei Wohneinheiten. Die Baualtersklassen der Gebäude sind in allen drei Ortschaften heterogen, jedoch stammen die Gebäude der Ortsteile Ellund und Timmersiek-Unaften vor allem aus den 1960er bis 1980er Jahren. Der Ortsteil Gottrupel ist vor allem durch Höfe von vor 1949 geprägt. Während der Ortsteil Ellund durch eine eher ältere Bevölkerung geprägt ist, ist Timmersiek-Unaften demographisch ein „junger“ Ortsteil. Für die Gemeinde Handewitt ist laut Prognosen eine leichte Zunahme der Bevölkerung zu erwarten.

Im Quartier werden vorwiegend Gasheizungen und Ölheizungen zur Wärmeversorgung verwendet. Viele Haushalte nutzen Kaminöfen als zusätzliche (zweite) Wärmequelle. Der Heizungsbestand ist im Vergleich zu anderen Gemeinden im ländlichen Raum relativ jung, was die Etablierung eines Wärmenetzes erschweren könnte.

6.5 Energie- und CO_2-Bilanz des Quartiers

Grundlage der Energie- und CO_2-Bilanzierung sind die abgeschätzten spezifischen Heizwärmebedarfe nach Baualtersklassen (siehe Kapitel 6.3.1). 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.

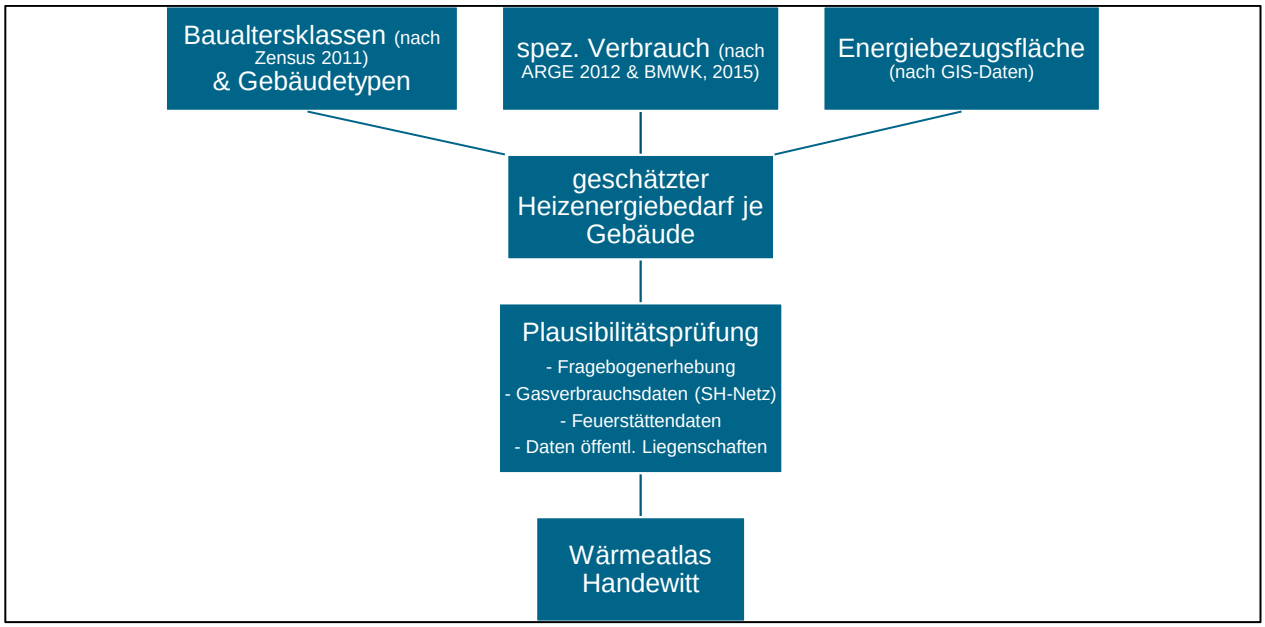

Abbildung 6-17: Vorgehensweise zur Erstellung der Wärmeatlasses

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 der Fragebogenerhebung, den Feuerstättendaten und des Gasverbrauchs plausibilisiert.[1]

[1] Der spezifische Verbrauch wurde nach dem Tabula-Verfahren ermittelt (IWU, 2015).

Das Ergebnis ist im Wärmeatlas (vgl. Abbildung 6-18 und Abbildung 6-19) dargestellt.

Der Heizenergiebedarf im Quartier ist Tabelle 6-2 zu entnehmen.

Tabelle 6-2: jährlicher Heizenergiebedarf im Quartier

Gebäude	
Anzahl	MWh/a
618	12.248

Abbildung 6-18: Wärmeatlas nördliches Handewitt - Gesamtquartier

Abbildung 6-18 zeigt den Wärmeatlas des Gesamtquartiers. Da es sich um eine Flächengemeinde handelt und die Ortsteile relativ weit auseinander liegen, ist diese Darstellung nicht interpretierbar. Im Folgenden werden die Kerngebiete der Ortsteile Ellund und Timmersiek detaillierter dargestellt. Der Ortsteil Gottrupel und einzelne Außenlieger werden in diesem Fall vernachlässigt. Eine hochauflösende Karte ist dem Bericht in einer separaten Datei beigelegt.

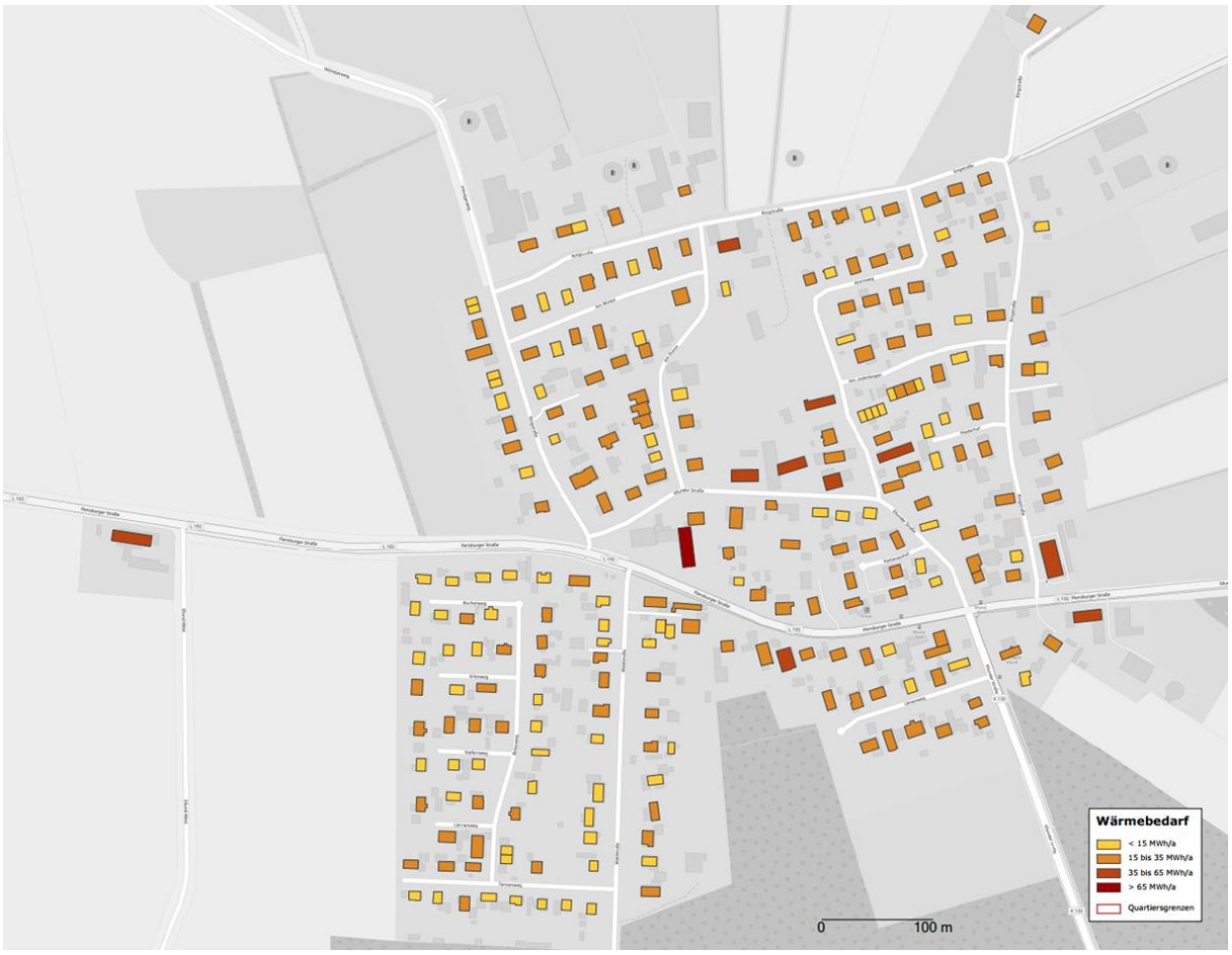

Abbildung 6-19: Wärmeatlas Handewitt - Ellund

Tabelle 6-3: CO_2-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 deutscher Mix	475 g/kWh		1,8 / 1,2 [2]	

Die Bestimmung der CO_2-Emissionen des Quartiers erfolgt durch die Multiplikation der ermittelten Energieverbräuche mit den zugrunde gelegten spezifischen CO_2-Emissionsfaktoren aus Tabelle 6-3. Tabelle 6-4 stellt die aktuelle Bilanz des Endenergiebedarfs, des Primärenergiebedarfs und der CO_2-Emissionen des Quartiers dar.

[2] Der niedrigere Primärenergiefaktor von 1,2 gilt für die Nutzung von Strom in Großwärmepumpen ab einer Leistung von 500 kW (vgl. § 22 Abs. 4 (2) GEG).

Tabelle 6-4: Jährliche Wärme-, Endenergie-, CO_2- und Primärenergiebilanz für das Quartier

Energieträger	Heizenergie-bedarf [MWh]	Endenergie bedarf [MWh]	Primärenergie-bedarf [MWh]	CO_2-Ausstoß [t]
Heizöl	4.446	4.940	5.434	1.571
Erdgas	5.523	6.136	6.750	1.516
Flüssiggas	212	235	259	65
Holz mit Brauch-wassererwär-mung	176	196	39	5
Holz[3]	1.344	1.680	336	42
Strom[4]	547	182	328	87
Summe	**12.248**	**13.370**	**13.147**	**3.285**

[3] Es wurde angenommen, dass die ca. 452 Gebäude, die zusätzlich zur Zentralheizung Holz nutzen, 15% des Wärmebedarfs darüber decken, da dies der Annahme des EWKG Schleswig-Holstein entspricht.
[4] Bei der strombasierten Wärmeversorgung wurde davon ausgegangen, dass diese mittels Wärmepumpe mit einer Arbeitszahl von 3 erfolgt.

7. ENERGIE- UND CO_2-MINDERUNGSPOTENZIALE DURCH GEBÄUDESANIERUNG

7.1 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 CO_2-Ausstoß des Wohnungsbestandes in Deutschland zu reduzieren. Dies trägt dazu bei, die energiepolitischen Ziele der Bundesrepublik Deutschland, insbesondere einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand, bis zum Jahr 2050 zu erreichen. Die Förderung soll darüber hinaus die finanzielle Belastung für Eigentümer und Nutzer reduzieren.

Die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) bündelt die energetische Gebäudeförderung des Bundes. 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, sei es in Folge einer Sanierung oder als Neubau (KfW, o. J. b).

Im Rahmen der Sanierung eines Wohngebäudes gibt es zahlreiche förderfähige Maßnahmen. Es werden als Voraussetzung für eine Förderung sowohl Anforderungen an die Qualität der Maßnahme als auch an ihre Umsetzung gestellt. So wird das Ziel einer energieeffizienteren Ausführung als beim gesetzlich vorgeschriebenen Mindeststandard erreicht.

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;
- Alle Umfeldmaßnahmen, die im direkten Zusammenhang mit der energetischen Sanierung stehen (z. B. Gerüststellung, Abriss/Entsorgung etc.).

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) hat die 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 sowie die Förderung der Einzelmaßnahmen zur Heiztechnik bei der KfW. Die Zuständigkeit für die Durchführung der Zuschussvariante für BEG-Einzelmaßnahmen an der Gebäudehülle liegt beim BAFA (KfW, o. J. a).

Für die energetische Sanierung von Nichtwohngebäuden bietet die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) ebenfalls umfassende Unterstützung. Das Teilprogramm BEG NWG umfasst Förderangebote für Maßnahmen, die auf eine Verbesserung der Energieeffizienz von Nichtwohngebäuden abzielen. Die KfW ist hierbei für die Kreditvariante zuständig (KfW-Kredit 263), während Zuschüsse für Einzelmaßnahmen häufig über das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) bereitgestellt werden.

7.2 Förderprogramme und Umfeld für die energetische Sanierung

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. Wenn die Immobilie zusätzlich die Kriterien für eine Erneuerbare-Energien-Klasse (EE) erreicht, steigt der maximale Kreditbetrag auf 150.000 € je Wohneinheit. Die EE wird erreicht, wenn mindestens 65 Prozent des Wärme- und Kälteenergiebedarfs mit erneuerbaren Energien gedeckt werden. Gleiche Konditionen gelten für die Nachhaltigkeitsklasse (NH). Diese wird erreicht, wenn das Objekt die aktuellen Anforderungen des staatlichen „Qualitätssiegels Nachhaltiges Gebäude“ erfüllt (KfW, 2023).

Zusätzlich können zwei Boni in Anspruch genommen werden. Fällt das Wohngebäude laut Energieausweis in die Energieklasse H, wird das Objekt in die „Worst Performing Building (WPB)“-Stufe eingeordnet. Sollte das Objekt durch eine serielle Sanierung (SerSan) eine Effizienzhausstufe erreichen, kann hierfür ebenfalls ein Bonus in Anspruch genommen werden. Als Serielle Sanierungen bezeichnet die KfW Sanierungsmaßnahmen, die mittels modular vorgefertigten Elementen durchgeführt werden. Dies kann Bauteile wie Dach oder Fassade oder auch die Anlagentechnik betreffen (KfW, 2023).

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. Bei einem Ein- oder Zweifamilienhaus, einer Doppelhaushälfte oder einem Reihenhaus beträgt der maximale Kreditbetrag bis 10.000 € je Vorhaben bei einem Tilgungszuschuss von 50 % (KfW, 2023).

Tabelle 7-1: Förderung und Boni Kredit (BMWK, o. J.)

		Klassen		Boni (bis 20% kumulierbar)	
	Tilgungszuschuss	EE	NH	WPB	SerSan
EH Denkmal	5 %	5 %	5 %	-	-
EH 85	5 %	5 %	5 %	-	-

EH 70	10 %	5 %	5 %	10 % (nur EE)	-
EH 55	15 %	5 %	5 %	10 %	15 %
EH 40	20 %	5 %	5 %	10 %	15 %

7.2.1 BAFA Förderung Einzelmaßnahmen

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 etwa Maßnahmen an der Gebäudehülle, Anlagentechnik 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 des iSFP 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, mit Ausnahme einer Heizungssanierung, 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).

Seit dem 01.01.2024 gelten neue Förderbedingungen für die Einzelmaßnahmen. Die genauen Konditionen für die einzelnen Maßnahmen sind in Tabelle 7-2 aufgeführt. Maßnahmen an der Heiztechnik werden von der KfW gefördert (vgl. Kapitel 7.2.2). Die maximale Förderung ist auf 70 % der förderfähigen Kosten gedeckelt.

Tabelle 7-2: Neue Förderrichtlinie BEG Einzelmaßnahmen seit 01.01.2024 (BMWK, 2023)

		Boni			
Einzelmaßnahmen	Zuschuss	iSFP-Bonus	Effizienz-Bonus	Klima-geschwindigkeits-Bonus	Einkommens-Bonus
Gebäudehülle	15 %	5 %			
Anlagentechnik	15 %	5 %			
Solarthermische Anlagen	30 %			max. 20 %[2]	30 %
Biomasseheizungen[1]	30 %			max. 20 %[2]	30 %
Wärmepumpen	30 %		5 %	max. 20 %[2]	30 %
Brennstoffzellenheizung	30 %			max. 20 %[2]	30 %
Wasserstofffähige Heizung (Investitionsmehrausgaben)	30 %			max. 20 %[2]	30 %
Innovative Heizungstechnik	30 %			max. 20 %[2]	30 %
Errichtung, Umbau, Erweiterung Gebäudenetz	30 %			max. 20 %[2]	30 %
Gebäudenetzanschluss	30 %			max. 20 %[2]	30 %
Wärmenetzanschluss	30 %			max. 20 %[2]	30 %
Heizungsoptimierung zur Effizienzverbesserung	15 %	5 %			
Heizungsoptimierung zur Emissionsminderung	50 %				

7.2.2 KfW-Förderung Einzelmaßnahmen an der Heiztechnik

Die Förderung für den Heizungstausch übernimmt seit Februar 2024 die KfW. Ab Mai sind selbstnutzende Eigentümer sowie WEGs antragsberechtigt. Planmäßig sollen ab August auch private Vermieter bzw. Unternehmen wie Wohnungsgesellschaften antragsberechtigt sein (KfW, 2024) .

Die förderfähigen Kosten für Einzelmaßnahmen im Bereich der Anlagen zur Wärmeerzeugung betragen seit dem 01.01.2024 30.000 € für die erste WE, jeweils 15.000 € für die zweite bis sechste WE und jeweils 8.000 € ab der siebten WE. Für alle weiteren Maßnahmen beträgt die Höchstgrenze der förderfähigen Ausgaben 30.000 €, bzw. 60.000 €, wenn ein iSFP-Bonus gewährt oder die antragstellende Person für einen iSFP nicht antragsberechtigt ist (BMWK, 2023). Die Boni sind kumulierbar. Insgesamt kann die Zuschussförderung für den Heizungstausch für private Selbstnutzer bis zu 70 % betragen (BMWK, o. J.). Für den Anschluss an ein Wärmenetz wird ein Zuschuss von 30 % der förderfähigen Kosten gewährt.

7.3 Mustersanierungsberatungen - Energieberatung vor Ort

Es wurden für drei Wohngebäude und ein Nichtwohngebäude des Quartiers Mustersanierungskonzepte erstellt, die den derzeitigen Gebäudestand aufzeigen und entsprechende Sanierungsmaßnahmen ableiten lassen. Die Ergebnisse lassen Rückschlüsse auf ähnliche Bestandsgebäude zu. Ziel ist es, übertragbare Maßnahmen zu entwickeln, die Energie einsparen und somit eine Reduzierung von CO_2-Emissionen bewirken.

Die Begehungen mit den jeweiligen Gebäudeeigentümern fanden am 03.05.2023 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 Begehungen wurden Energiebedarfsberechnungen mit dem Programm Hottgenroth ETU Planer nach der DIN 18599 durchgeführt.

Für die vier 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 und somit Energieverluste statt.

Im Anschluss daran erfolgte die energetische Bewertung der Ist-Zustände sowie die Beschreibung der Energiebilanzen. Für die energetischen Gebäudebewertungen stellen die vorhandenen Energieverbräuche wichtige Indikatoren dar. Die Energiebilanzen geben Antworten auf die Fragen, ob die Häuser viel oder wenig Energie verbrauchen 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, Trinkwarmwasserbereitung und Lüftungstechnik berücksichtigt. Aus der Bilanz ergibt sich dann der Endenergiebedarf Q_E (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 mit Gewinnung, Umwandlung und 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 / oberste Geschossdecke, Außenwand, Fenster, Keller / unterer Gebäudeabschluss, 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 der Gebäude statt. Diese erfolgte aufgrund der jährlichen Primärenergiebedarfe pro Nutzfläche. Für die Einordnung der Energieeffizienz der Gebäude an sich ist der Primärenergiebedarf jedoch nicht ausschlaggebend. 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 der Gebäude 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 Nutzungsverhalten 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 Sanierungsvarianten. Hierbei wurden geeignete Sanierungsmaßnahmen vorgeschlagen und dabei aufgezeigt, wie sich der Primär- und Endenergiebedarf sowie die CO_2-Emissionen und die Transmissionswärmeverluste durch die errechneten Varianten verändern.

Nach den energetischen Berechnungen 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 von Bedeutung,

da über entsprechende Vergleichsobjekte die Werthaltigkeit der Maßnahmen durch die Banken und ihre Sachverständigen geprüft werden können. 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 7.3.1 bis 7.3.3 dargestellt.

7.3.1 MUSTERSANIERUNGSKONZEPT 1

Bei Mustersanierungsobjekt 1 handelt es sich um ein freistehendes Einfamilienhaus aus dem Jahr 1969 mit einem Vollgeschoss, einem Spitzboden und einem Teilkeller. Das Gebäude wurde im Jahr 1975 erweitert. Der Wintergarten wurde 1999 angebaut. Die Wohnfläche beträgt ca. 130 m².

Abbildung 7-1: Mustersanierungsobjekt 1, Vorderansicht. Foto: FRANK

7.3.1.1 BESTANDSAUFNAHME

Das Objekt befindet sich in einem gepflegten Allgemeinzustand. Die Fassade ist zweischalig mit Luftschicht aufgebaut. Der Spitzboden, der Keller und der Wintergarten sind unbeheizt. Es fand ein Austausch einzelner Fensterscheiben statt. Im Jahr 2004 wurde die Heizung ausgetauscht (Ölheizung).

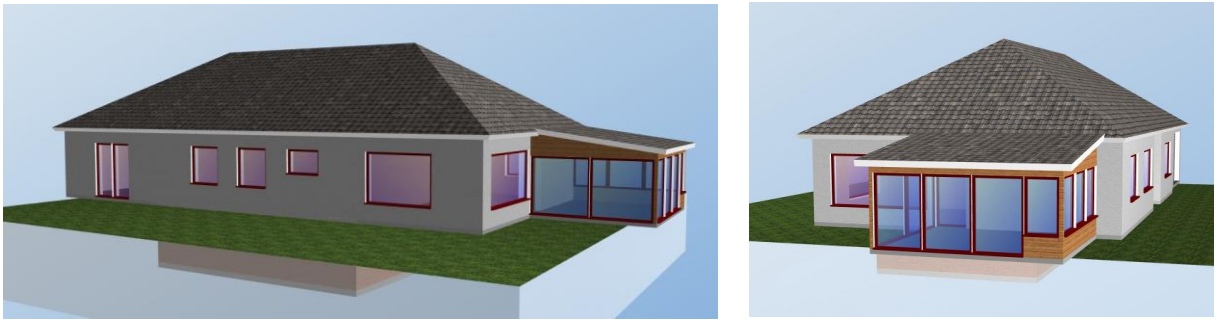

Abbildung 7-2: 3D Modellierung, erstellt durch FRANK mit dem Programm Hottgenroth

Thermische Gebäudehülle

Zur thermischen Gebäudehülle ist festzuhalten, dass das Kellergeschoss und das Dachgeschoss unbeheizt sind. Das Erdgeschoss ist beheizt, jedoch sind der Wintergarten und das Treppenhaus unbeheizt.

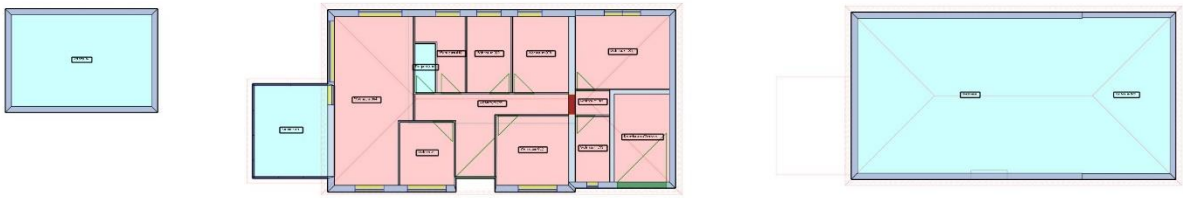

Abbildung 7-3: Thermische Gebäudehülle, v. l. n. r. Kellergeschoss, Erdgeschoss, Dachgeschoss

Energetische Bewertung Ist-Zustand

In der folgenden Tabelle befindet sich eine Zusammenstellung der einzelnen, energetisch relevanten Bauteile der Gebäudehülle mit den momentanen Dämmwerten (U-Werten). Zum Vergleich sind die Mindestanforderungen angegeben, die der Gesetzgeber mit dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) und der Fördermittelgeber bei förderfähigen Maßnahmen (BEG) bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden stellt.

Tabelle 7-3: Bauteile IST-Zustand

Bauteil	U-Wert [5] in W/(m²·K)	U_{max} GEG [6] in W/(m²·K)	U_{max} BEG [7] in W/(m²·K)
Oberste Geschossdecke	**0,19**	0,24	0,14
Außenwände	**0,90**	0,24	0,20
Fenster	**2,70**	1,30	0,95
Garagentor	**3,50**	1,80	1,30
Außentüren	**2,90**	1,80	1,30
Kellerdecke	**1,03**	0,30	0,25
Treppenhauswand zum Keller	**1,57**	0,30	0,25
Kellereingangstür (Flur)	**3,50**	1,80	1,30
Kellersohle gegen Erdreich	**1,03**	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 betrachteten Gebäude verursacht die Transmission (30.641 kWh/a) die größten Verluste, gefolgt von den Anlagenverlusten (16.089 kWh/a) und den Lüftungsverlusten (4.431 kWh/a).

[5] Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Grün= erfüllt die Vorgaben des GEG, rot= erfüllt die Vorgaben des GEG nicht

[6] Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der in dem GEG vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden.

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

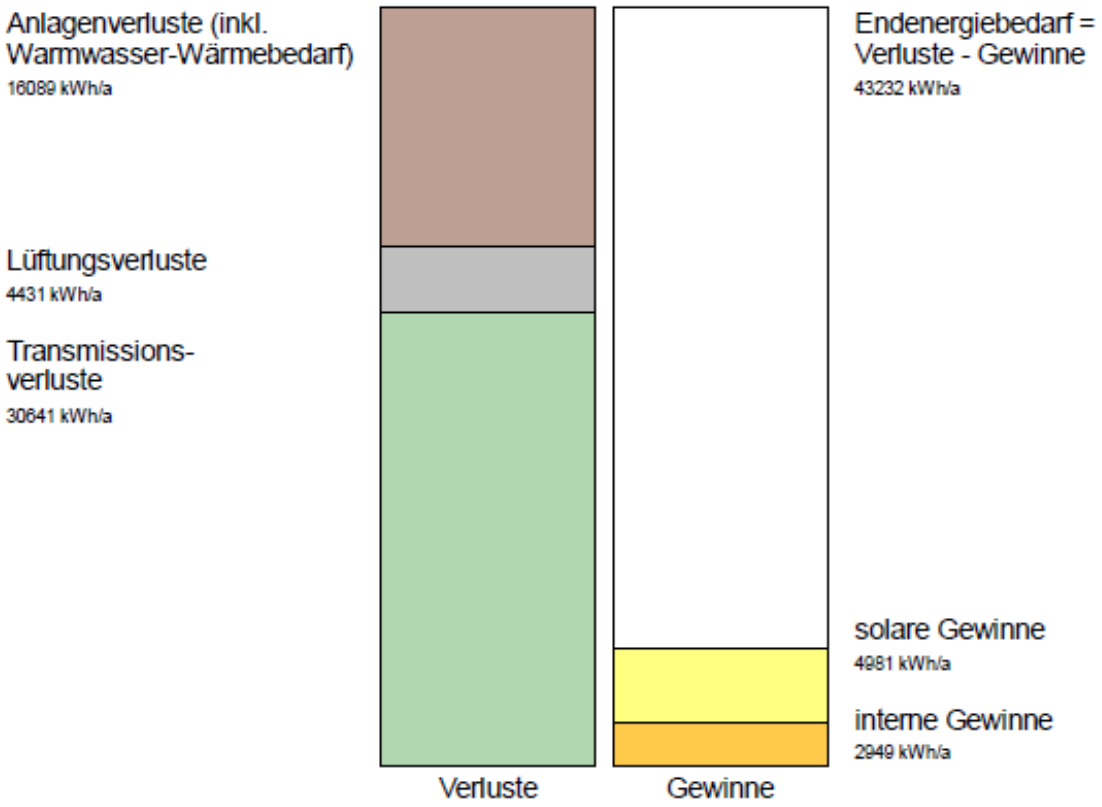

Abbildung 7-4: Energetische Verluste und Gewinne Ist-Zustand, MSK 1

Wie genau sich die Transmissionsverluste zusammensetzen, ist Abbildung 7-5 zu entnehmen. Demnach sind die größten Transmissionsverluste bei dem Keller / der Bodenplatte (11.900 kWh/a) zu verzeichnen, gefolgt von der Außenwand (10.600 kWh/a), den Fenstern (6.100 kWh/a) und der obersten Geschossdecke (2.000 kWh/a).

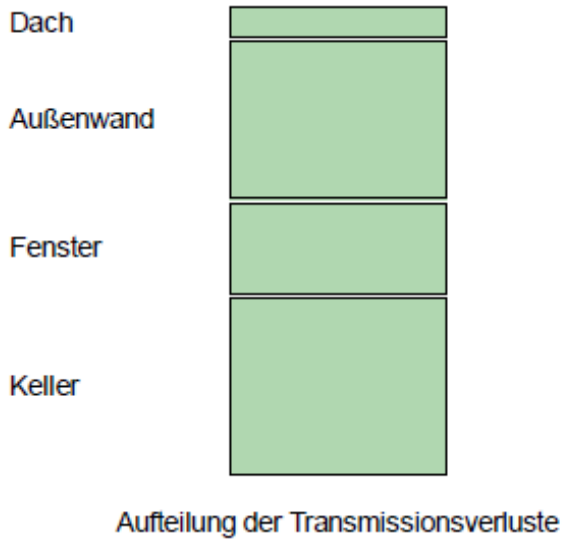

Abbildung 7-5: Energetische Verluste Ist-Zustand, MSK 1

Bewertung des Gebäudes

Die CO_2-Emissionen betragen im Bestand 89,5 kg/(m²·a). Grundlage für die CO_2-Emissionsberechnung bilden die CO_2-Emissionsfaktoren gemäß Anlage 9 GEG. In der energetischen Klassenbewertung auf Basis des Endenergiebedarfs wird das Gebäude in die Kategorie H eingeordnet (Klassen A-H). Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 316,8 kWh/(m²·a). Wie im vorherigen Kapitel beschrieben, ist nicht der Primärenergiebedarf, sondern der Endenergiebedarf zur energetischen Bewertung des Gebäudes geeignet.

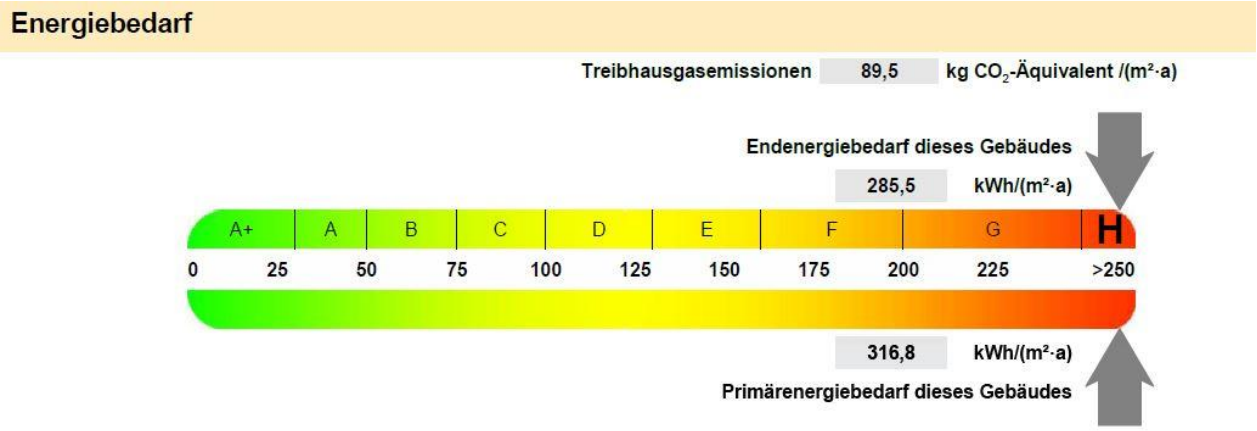

Abbildung 7-6: Gesamtbewertung Ist-Zustand MSK1

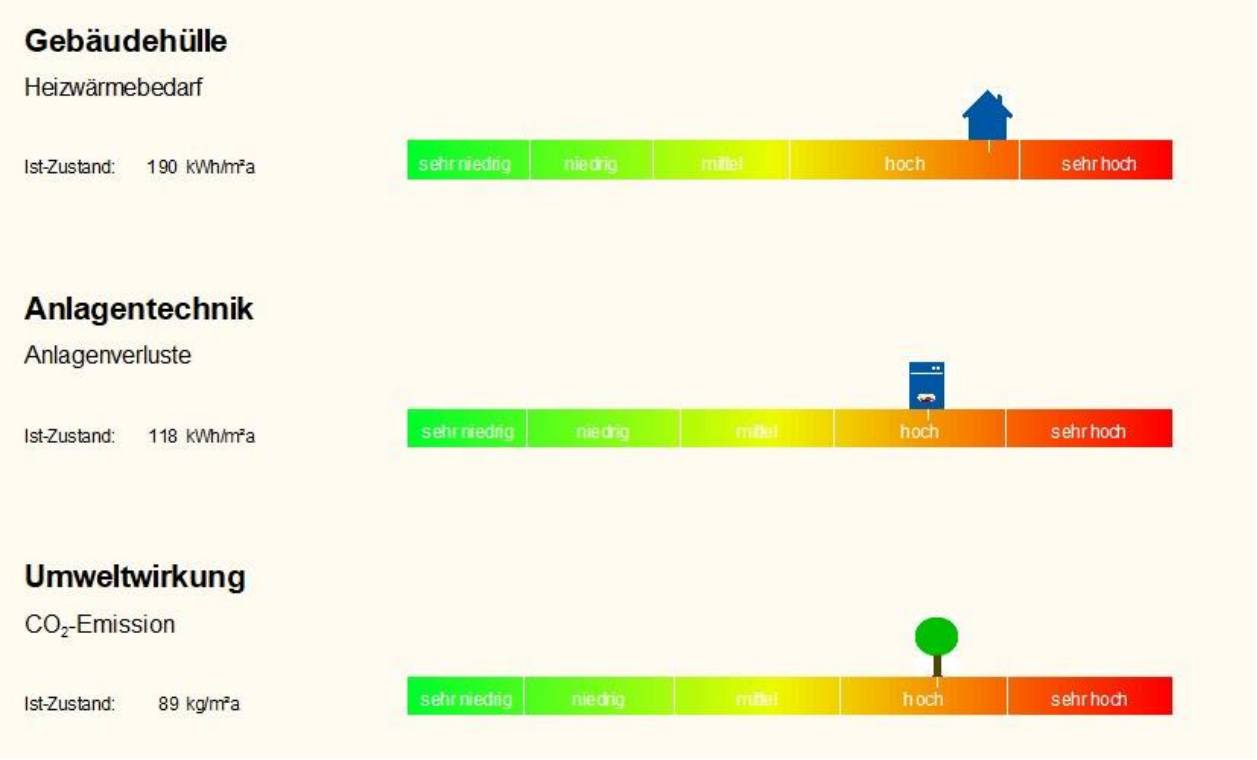

Abbildung 7-7: Gebäudehülle, Anlagentechnik, Umweltwirkung Ist-Zustand MSK 1

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

mittlere Innentemperatur:	18,5 °C,
Luftwechselrate:	0,53 h^{-1},
interne Wärmegewinne:	1.957 kWh pro Jahr,
Warmwasser-Wärmebedarf:	1.311 kWh pro Jahr.

7.3.1.2 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 Tabelle 7-4 enthält eine Gegenüberstellung der verschiedenen Sanierungsvarianten.

Tabelle 7-4: Übersicht Sanierungsvarianten MSK 1

Bauteil	V1: Einblasdämmung + Kellerdecke	V2: Fenster + Garagen-tor + Hausein-gangstür	V3a: Inkl. Kellerabgang + Nahwärme	V3b: Inkl. Kellerabgang + Wärmepumpe
Baukonstruktion				
Oberste Geschoss-decke	-	-	-	-
Außenwand	5,5 cm Einblasdäm-mung WLG 035	5,5 cm Einblasdäm-mung WLG 035	5,5 cm Einblasdäm-mung WLG 035	5,5 cm Einblasdäm-mung WLG 035
Fenster	-	Uw ≤ 0,90 W/(m²·K)	Uw ≤ 0,90 W/(m²·K)	Uw ≤ 0,90 W/(m²·K)
Garagentor	-	Ud ≤ 1,80 W/(m²·K)	Ud ≤ 1,80 W/(m²·K)	Ud ≤ 1,80 W/(m²·K)
Hauseingangstür	-	Ud ≤ 1,30 W/(m²·K)	Ud ≤ 1,30 W/(m²·K)	Ud ≤ 1,30 W/(m²·K)
Kellerdecke	8cm Dämmung WLG 026	8cm Dämmung WLG 026	8cm Dämmung WLG 026	8cm Dämmung WLG 026
Treppenhaus-wände (Abgang Keller)	-	-	8cm Dämmung WLG 024	8cm Dämmung WLG 024
Kellereingangstür (Flur)	-	-	Ud ≤ 1,30 W/(m²·K)	Ud ≤ 1,30 W/(m²·K)
Kellersohle gegen Erdreich	-	-	-	-
Anlagentechnik				
Hydraulischer Ab-geich	Ja	Ja	Ja	Ja
Austausch Heizung	-	-	Ja, Nahwärmeanschluss	Ja, Wärmepumpe

Tabelle 7-5: Variantenvergleich MSK 1

MSK 1	Ist-Zustand	V1:	V2:	V3a:	V3b:
Primärenergiebedarf [kWh/(m²·a)]	316	264	231	79	151
Endenergiebedarf [kWh/(m²·a)]	302	252	221	193	84
Reduzierung des Endenergiebedarfs		16 %	27 %	36 %	72 %
CO_2-Emissionen [kg/(m²·a)]	89	74	65	8	47
Reduzierung der CO_2-Emissionen		16 %	27 %	91 %	48 %

Variante 1: Einblasdämmung + Kellerdecke

In Variante 1 werden die 5,5 cm Luftschicht des zweischaligen Mauerwerks mittels Einblasdämmung WLG 035 gedämmt. Darüber hinaus wird die Kellerdecke mit 8 cm Dämmung WLG 026 versehen.

Der derzeitige, rechnerische Endenergiebedarf von 43.232 kWh/Jahr reduziert sich auf 36.105 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 7.127 kWh/Jahr bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO_2-Emissionen werden um 2.105 kg CO_2 pro Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

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 auf 265 kWh/m²/Jahr. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 1 beträgt 16 %.

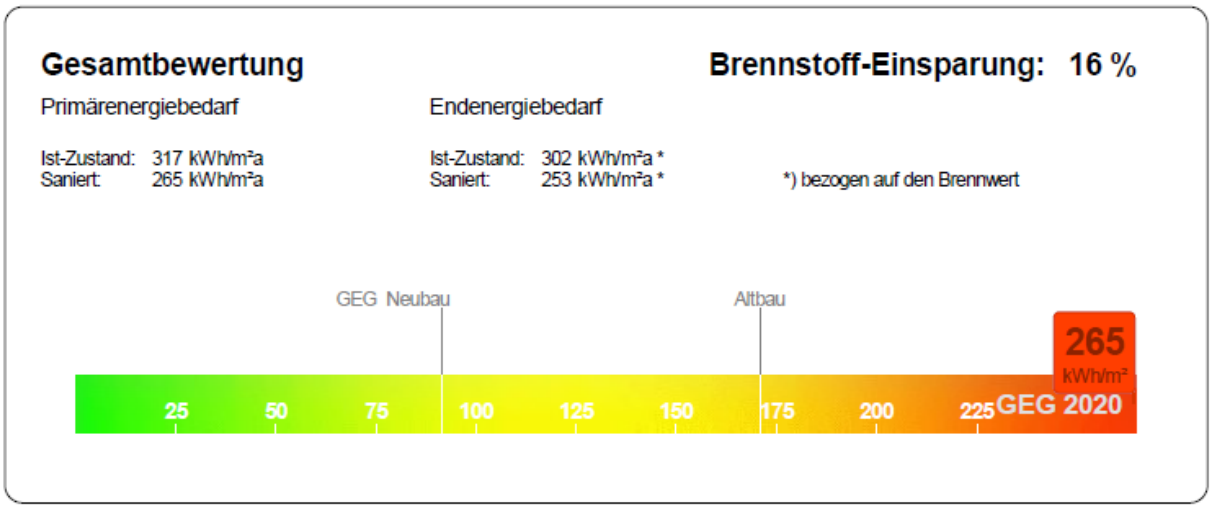

Abbildung 7-8: Bewertung Variante 1 des MSK 1

Variante 2: Variante 1 + Fenster + Hauseingangstür + Garagentor

Neben der Dämmung der Fassade und der Kellerdecke werden in Variante 2 zusätzlich das Garagentor, die Hauseingangstür und die Fenster (3-fach-Verglasung) ausgetauscht.

Der derzeitige, rechnerische Endenergiebedarf von 43.232 kWh/Jahr reduziert sich auf 31.543 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 11.689 kWh/Jahr bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO_2-Emissionen werden um 3.452 kg CO_2 pro 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 auf 231 kWh/m²/Jahr. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 2 beträgt 27 %.

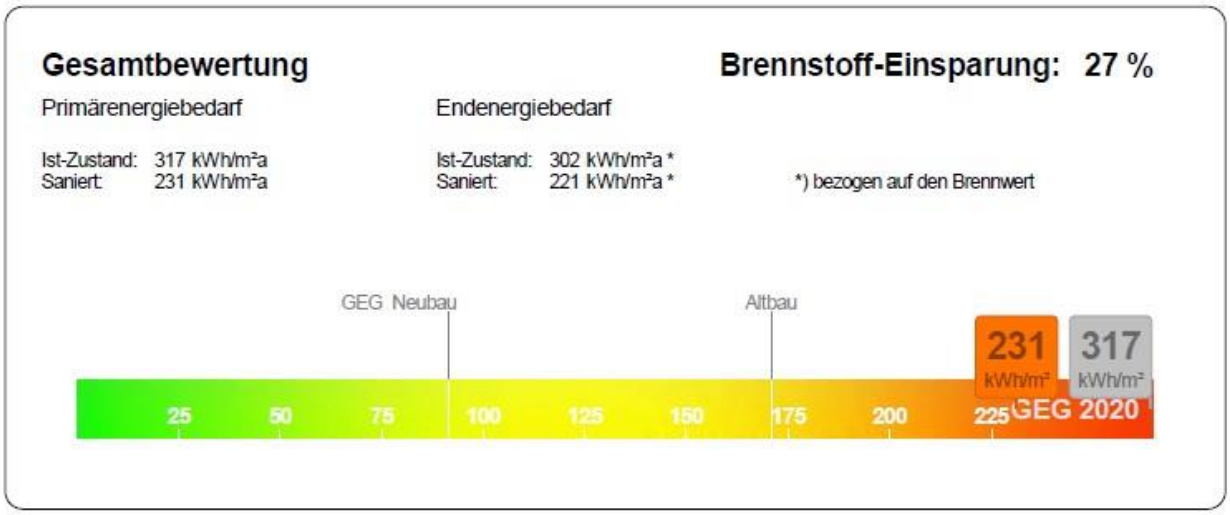

Abbildung 7-9: Bewertung Variante 2 des MSK 1

Variante 3a: Variante 2 + Kellerabgang + Nahwärme

Zusätzlich zu den in Variante 2 vorgeschlagenen Maßnahmen werden in Variante 3 die Treppenhauswände zum Keller gedämmt und die Kellereingangstür ausgetauscht. Weiterhin geht es in dieser Variante darum, die Heiztechnik zu verbessern. So ist aus energetischer Sicht ein Anschluss an das geplante Nahwärmenetz zu empfehlen.

Der derzeitige, rechnerische Endenergiebedarf von 43.232 kWh/Jahr reduziert sich auf 27.628 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 15.604 kWh/Jahr bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO_2-Emissionen werden um 11.614 kg CO_2 pro 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 auf 79 kWh/m²/Jahr. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 3a beträgt 36 %.

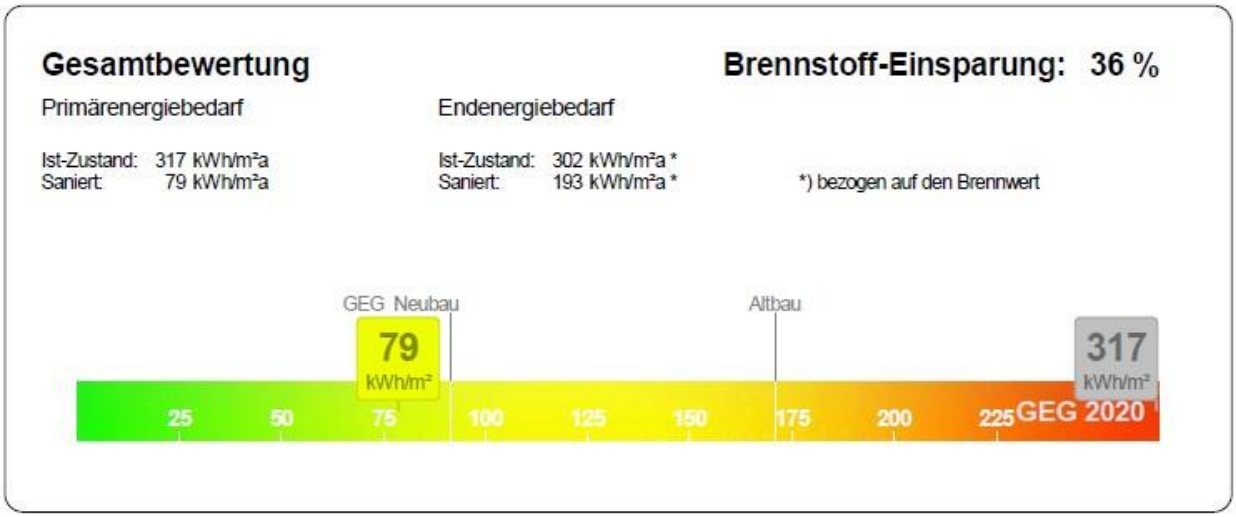

Abbildung 7-10: Bewertung Variante 3 des MSK 1

Variante 3b: Variante 2 + Kellerabgang + Wärmepumpe

Während in Variante 3a der Anschluss an ein Nahwärmenetz empfohlen wird, wird in Variante 3b der Einbau einer Luft-Wärmepumpe empfohlen.

Der derzeitige, rechnerische Endenergiebedarf von 43.232 kWh/Jahr reduziert sich auf 11.989 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 31.243 kWh/Jahr bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO_2-Emissionen werden um 6.079 kg CO_2 pro Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

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 auf 151 kWh/m²/Jahr. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 3b beträgt 72 %.

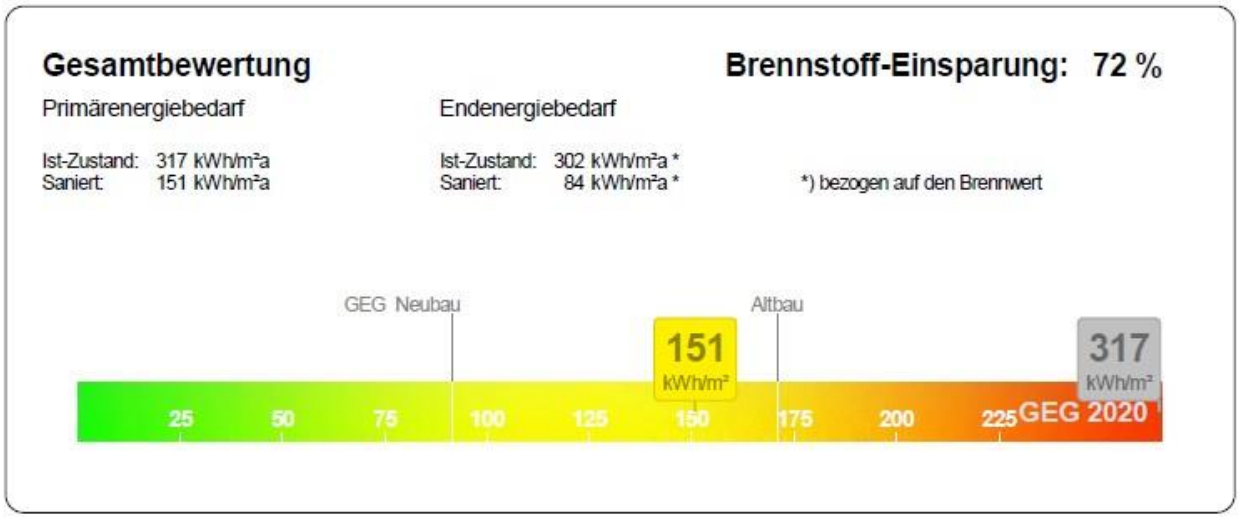

Abbildung 7-11: Bewertung Variante 3b des MSK 1

7.3.1.3 KOSTENSCHÄTZUNG

Tabelle 7-6 enthält die Kostenschätzung und basiert auf der DIN 276 - Kosten im Hochbau.

Tabelle 7-6: Kostenschätzung Sanierungsvarianten MSK 1

Kostenelement	Variante 1	Variante 2	Variante 3a	Variante 3b
	Einblasdämmung+Kellerdecke	Fenster+Garagentor+Hauseingangstür	Inkl. Kellerabgang+Nahwärme	Inkl. Kellerabgang+Wärmepumpe
Baukonstruktion				
Oberste Geschossdecke	-	-	-	-
Außenwand	4.500€	4.500€	4.500€	4.500€
Fenster	-	17.500€	17.500€	17.500€
Garagentor	-	5.000€	5.000€	5.000€
Hauseingangstür	-	5.000€	5.000€	5.000€
Kellerdecke	5.000€	5.000€	5.000€	5.000€
Innenwand Treppenhaus	-	-	2.000€	2.000€
Kellereingangstür	-	-	2.500€	2.500€
Anlagentechnik				
Nahwärmeanschluss	-	-	10.000€	-
Luft-Wärmepumpe	-	-	-	35.000€
Photovoltaikanlage	-	-	-	-
Kostenschätzung brutto	**9.500€**	**37.000€**	**51.500€**	**76.500€**
BEG-Förderung inkl. iSFP	**1.900€**	**7400€**	**11.300€**	**13.750€**
Endinvestition	**7.600€**	**29.600€**	**40.200€**	**62.750€**

7.3.1.4 Wirtschaftliche Auswertung

Die wirtschaftliche Auswertung erfolgt unter Einbezug der verfügbaren Fördermittel der BEG. Dabei handelt es sich um die Förderung der Einzelmaßnahmen, die als Zuschuss vom BAFA zur Verfügung gestellt werden, ergänzt durch den Zuschussbonus über einen individuellen Sanierungsfahrplan.

Es wird die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen über einen Zeitraum von 40 Jahren betrachtet. Basis für die Berechnung sind die Energieverbräuche und Kosten der vergangenen Jahre. Diese wurden den Heizkostenabrechnungen des Eigentümers entnommen. Der durchschnittliche Ölverbrauch des Objektes liegt bei etwa 3.000 Liter/Jahr. Dies ist ein geringer Verbrauch, sodass sich aufgrund der Höhe der Investitionskosten keine schnelle Amortisation einstellt. Für den Brennstoff wird eine Teuerungsrate von jährlich 4 % angenommen.

Die Abbildung 7-12 zeigt für die einzelnen Sanierungsvarianten eine Gegenüberstellung der Investitionskosten auf der einen Seite und der Energiekostenersparnis (nach 40 Jahren) sowie der Förderzuschüsse auf der anderen Seite. Die Abbildung zeigt auf, dass sich alle Varianten im Betrachtungszeitraum amortisieren. Variante 1 amortisiert sich nach 14 Jahren, Variante 2 nach 26 Jahren, Variante 3a nach 28 Jahren und Variante 3b nach 33 Jahren.

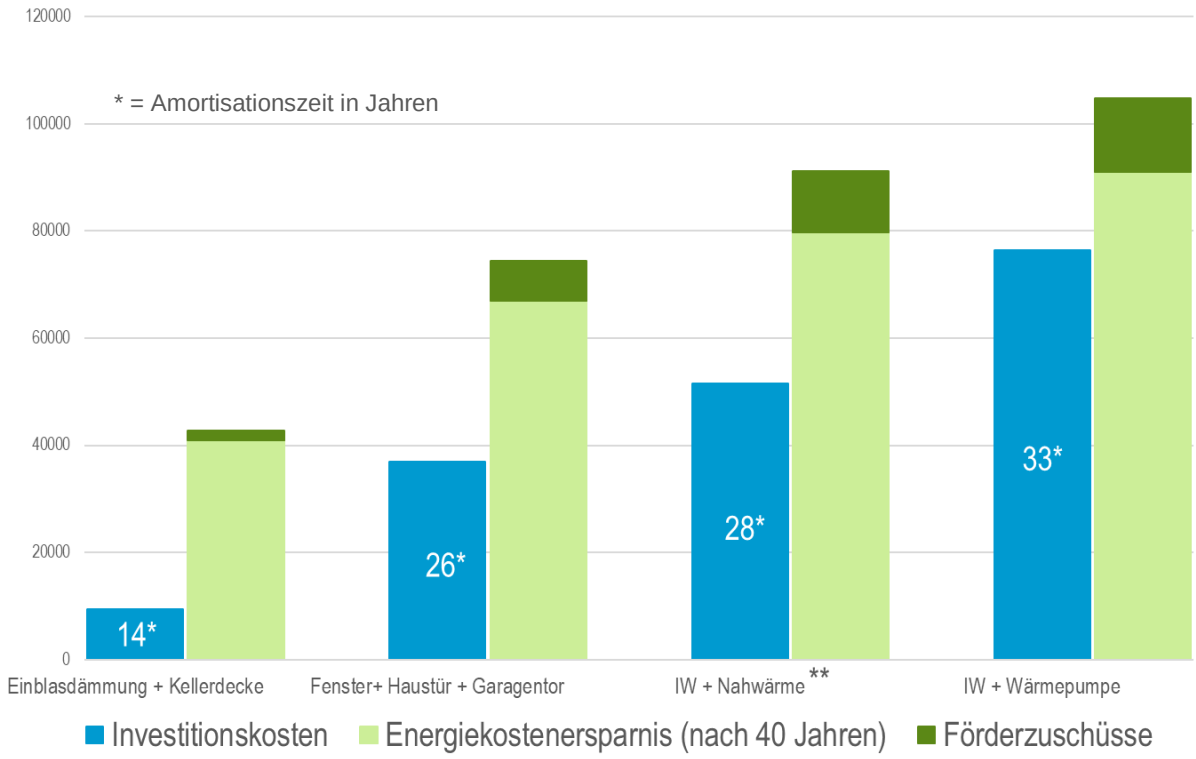

Abbildung 7-12: MSK 1, Rentabilität der Varianten nach 40 Jahren

7.3.2 MUSTERSANIERUNGSKONZEPT 2

Bei Mustersanierungsobjekt 2 handelt es sich um ein freistehendes Einfamilienhaus aus dem Jahr 1998 mit zwei Wohneinheiten. Das Objekt besteht aus einem Vollgeschoss und einem Dachgeschoss plus einem Spitzboden. Das Gebäude ist nicht unterkellert und wird vollständig als Wohnraum genutzt.

Abbildung 7-13: Mustersanierungsobjekt 2, Vorderansicht, Foto: FRANK

7.3.2.1 BESTANDSAUFNAHME

Das Objekt befindet sich in einem gepflegten Allgemeinzustand.

Es sind bislang keine Sanierungen an der Gebäudehülle durchgeführt worden. Bei der Heizung handelt es sich um eine 25 Jahre alte Ölheizung. Zudem gibt es einen Kaminofen.

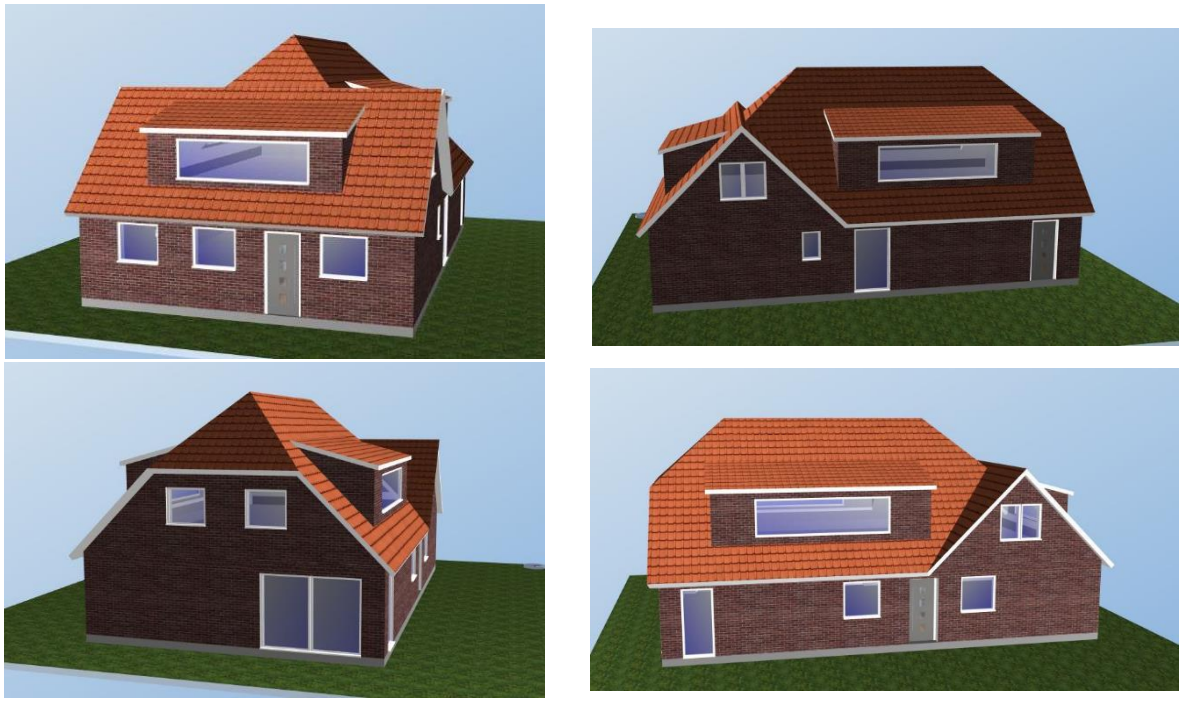

Abbildung 7-14: 3D Modellierung, erstellt durch FRANK mit dem Programm Hottgenroth

Thermische Gebäudehülle

Zur thermischen Gebäudehülle ist festzuhalten, dass das Erdgeschoss und das Obergeschoss beheizt sind und der Spitzboden unbeheizt.

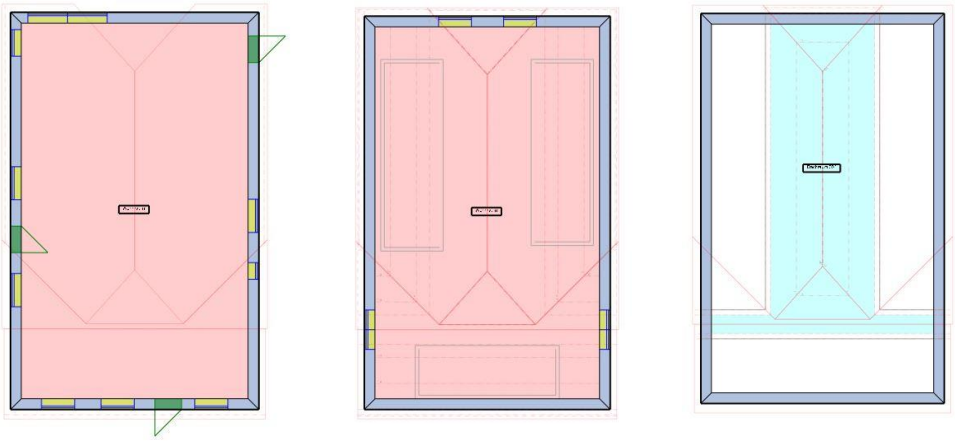

Abbildung 7-15: Thermische Gebäudehülle, v. l. n. r. Erdgeschoss, Obergeschoss, Spitzboden

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 der Gesetzgeber mit dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) und der Fördermittelgeber bei förderfähigen Maßnahmen (BEG) bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden stellt.

Tabelle 7-7: Bauteile Ist-Zustand

Bauteil	U-Wert[8] in W/(m²·K)	U_{max} GEG[9] in W/(m²·K)	U_{max} BEG[10] in W/(m²·K)
Dachschrägen	**0,22**	0,24	0,14
Oberste Geschossdecke	**0,22**	0,24	0,14
Gebäudewände	**0,26**	0,24	0,20
Außenwand	**0,34**	0,24	0,20
Fenster	**1,90**	1,30	0,95
Hauseingangstür	**2,30**	1,80	1,30
Kellersohle gegen Erdreich	**0,60**	0,30	0,25

8 Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet.

9 Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der in dem GEG vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden.

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

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 verursacht die Transmission (23.915 kWh/a) die größten Verluste, gefolgt von den Anlagenverlusten (20.853 kWh/a) und den Lüftungsverlusten (10.651 kWh/a).

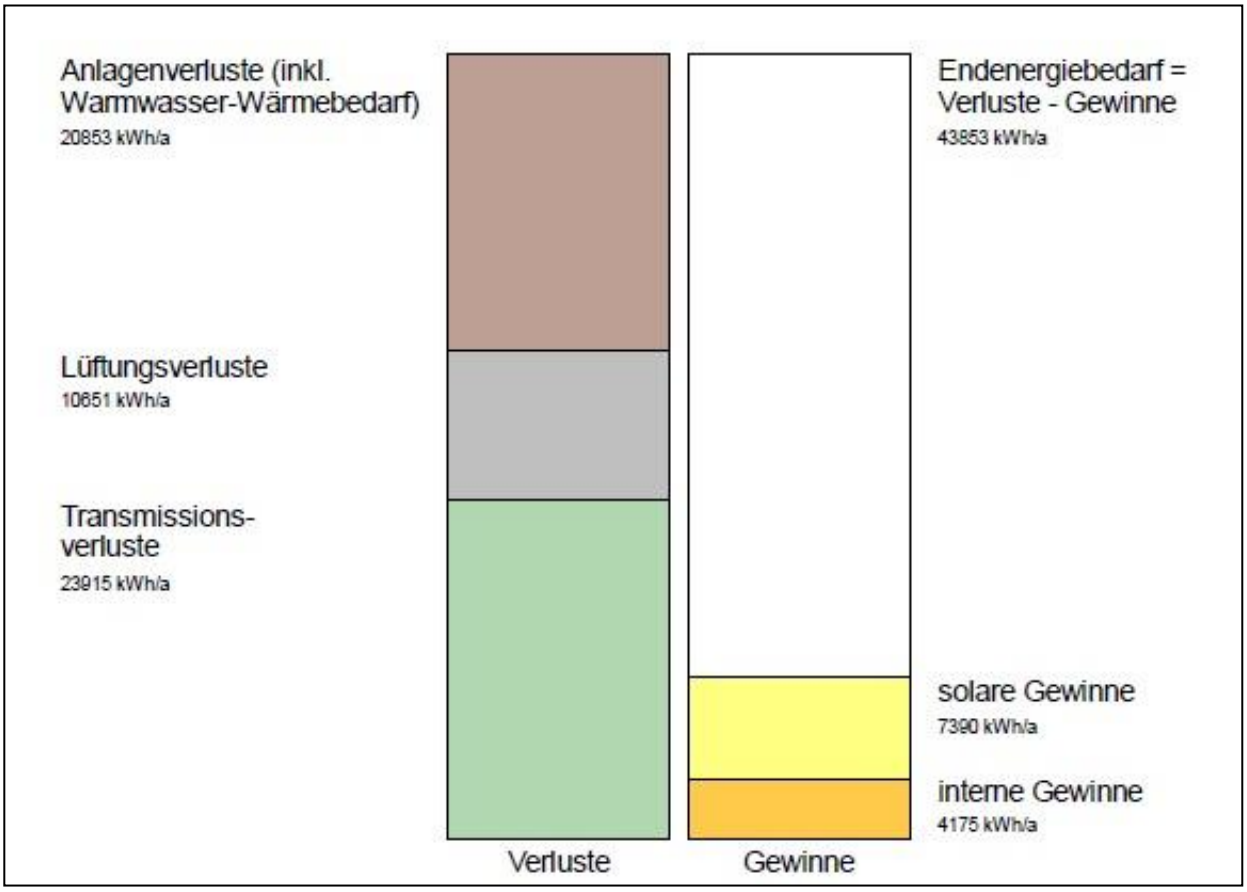

Abbildung 7-16: Energetische Verluste und Gewinne Ist-Zustand, MSK 2

Wie genau sich die Transmissionsverluste zusammensetzen, ist Abbildung 7-17 zu entnehmen. Demnach sind die größten Verluste bei den Fenstern (8.133 kWh/a) zu verzeichnen, gefolgt von der Fassade (7.431 kWh/a), der Keller (5.198 kWh/a) und dem Dach (3.153 kWh/a).

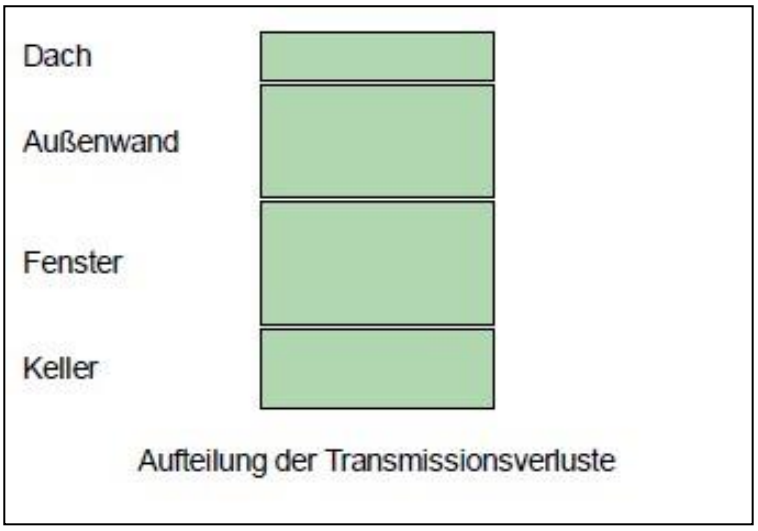

Abbildung 7-17: Energetische Verluste Ist-Zustand, MSK 2

Bewertung des Gebäudes

Die CO_2-Emissionen betragen im Bestand 57,4 kg/(m²·a). Grundlage für die CO_2-Emissionsberechnung bilden die CO_2-Emissionsfaktoren gemäß Anlage 9 GEG. In der energetischen Klassenbewertung auf Basis des Endenergiebedarfs wird das Gebäude in die Kategorie F eingeordnet (Klassen A-H). Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 203 kWh/(m²·a). Wie zuvor beschrieben, ist nicht der Primärenergiebedarf, sondern der Endenergiebedarf zur energetischen Bewertung des Gebäudes geeignet.

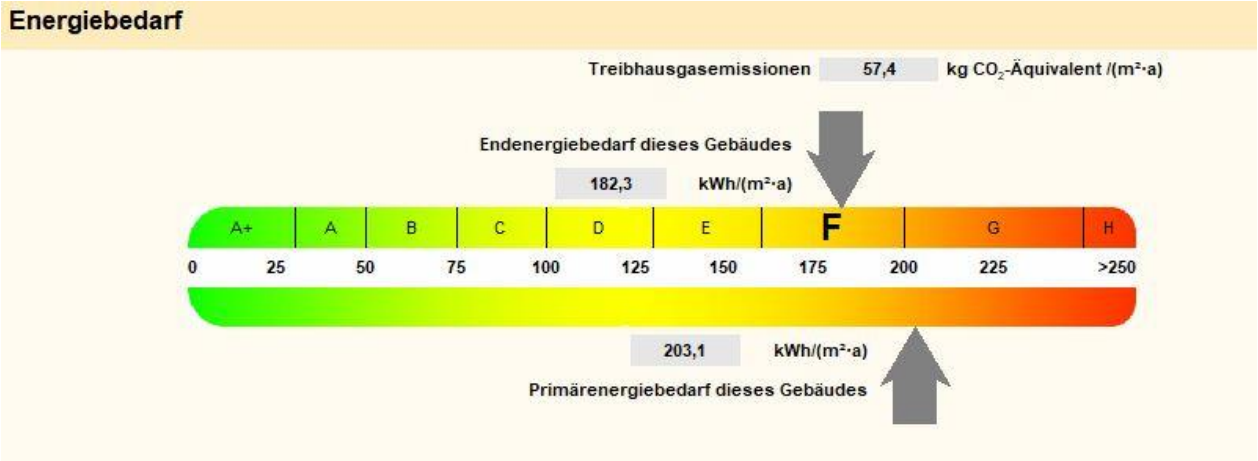

Abbildung 7-18: Gesamtbewertung Ist-Zustand, MSK 2

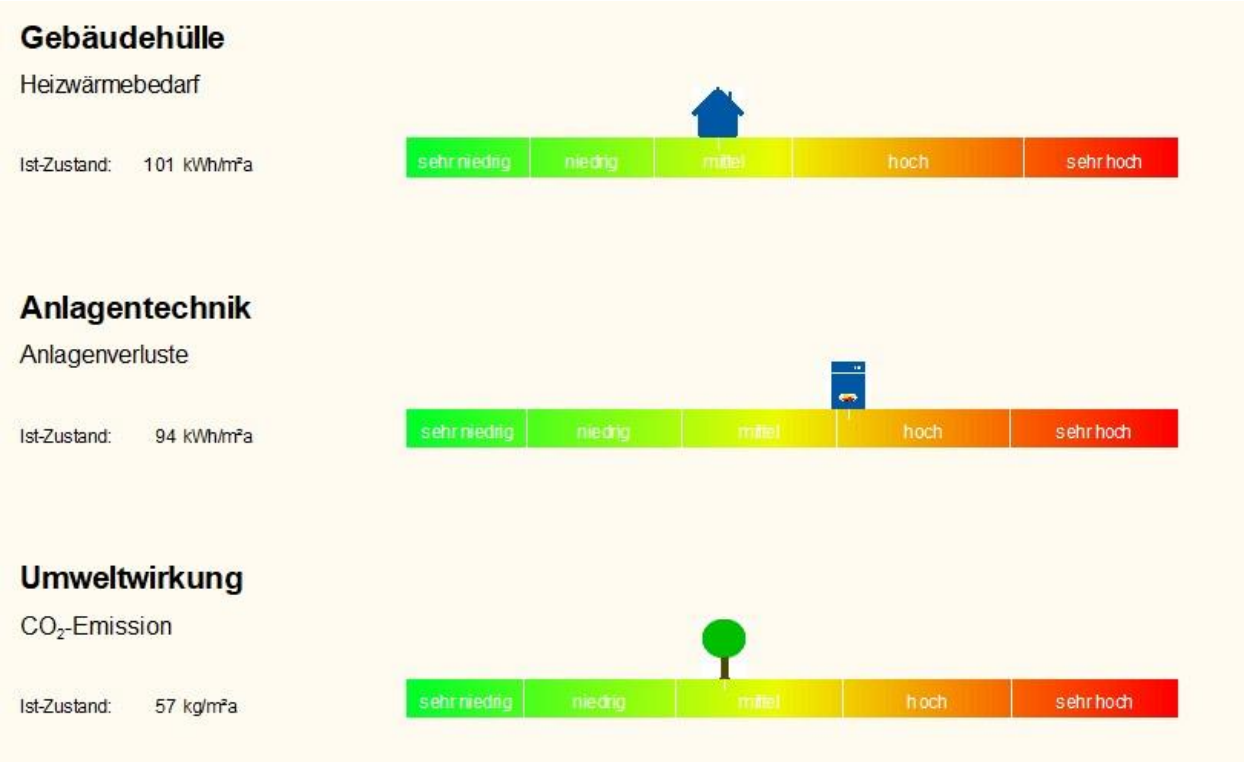

Abbildung 7-19: Gebäudehülle, Anlagentechnik, Umweltwirkung Ist-Zustand, MSK 2

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

mittlere Innentemperatur:	20,0 °C,
Luftwechselrate:	0,70 h^{-1},
interne Wärmegewinne:	3.119 kWh pro Jahr,
Warmwasser-Wärmebedarf:	2.089 kWh pro Jahr.

7.3.2.2 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 7-8 enthält die Gegenüberstellung vier verschiedener Sanierungsvarianten.

Tabelle 7-8: Übersicht Sanierungsvarianten MSK 2

Bauteil	V1: Fenster + Haustür	V2: Fenster + Haustür + Einblasdämmung	V3a: Fenster + Haustür + Einblasdämmung + Sole-Wärmepumpe	V3b: Fenster + Haustür + Einblasdämmung + Luft-Wärmepumpe	V3c: Fenster + Haustür + Einblasdämmung + Biomasseheizung (Holz)
Baukonstruktion					
Dachschrägen	-	-	-	-	-
Oberste Geschossdecke	-	-	-	-	-

Gaubenwände	-	-	-	-	-
Außenwand	-	4 cm Einblas-dämmung WLG 035	4 cm Einblas-dämmung WLG 035	4 cm Einblas-dämmung WLG 035	4 cm Einblas-dämmung WLG 035
Fenster	Uw ≤ 0,95 W/(m²K)	Uw ≤ 0,95 W/(m²K)	Uw ≤ 0,95 W/(m²K)	Uw ≤ 0,95 W/(m²K)	Uw ≤ 0,95 W/(m²K)
Hauseingangstür	UD ≤ 1,30 W/(m²K)	UD ≤ 1,30 W/(m²K)	UD ≤ 1,30 W/(m²K)	UD ≤ 1,30 W/(m²K)	UD ≤ 1,30 W/(m²K)
Anlagentechnik					
Hydraulischer Abgleich	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Heizungstausch	-	-	Ja, Sole-Wär-mepumpe	Ja, Luft-Wär-mepumpe	Ja, Biomassen-heizung (Holz)

Tabelle 7-9: Variantenvergleich MSK 2

	Ist-Zustand	V1:	V2:	V3a:	V3b:	V3c:
Primärenergiebedarf [kWh/(m²·a)]	203	189	179	62	100	30
Endenergiebedarf [kWh/(m²·a)]	43	41	39	7	12	35
Reduzierung des End-energiebedarfs	-	7 %	12 %	82 %	71 %	20 %
CO_2-Emissionen [kg/(m²·a)]	57	53	50	20	31	3
Reduzierung der CO_2-Emissionen	-	7 %	11 %	66 %	46 %	94 %

Variante 1: Fenster und Haustür

In Variante 1 werden die alten Fenster und die Hauseingangstür ersetzt. Bei den Fenstern handelt es sich um dreifach verglaste Modelle mit einem U_w-Wert von 0,95 W/(m²·K). Die neue Hauseingangstür soll einen U_D-Wert von 1,30 W/(m²·K) aufweisen. Zudem erfolgt ein hydraulischer Abgleich

Der derzeitige, rechnerische Endenergiebedarf von 43.853 kWh/Jahr reduziert sich auf 40.237 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 3.616 kWh/Jahr bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO_2-Emissionen werden um 1.071 kg CO_2 pro 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 auf 186 kWh/m²/Jahr. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 1 beträgt 8 %.

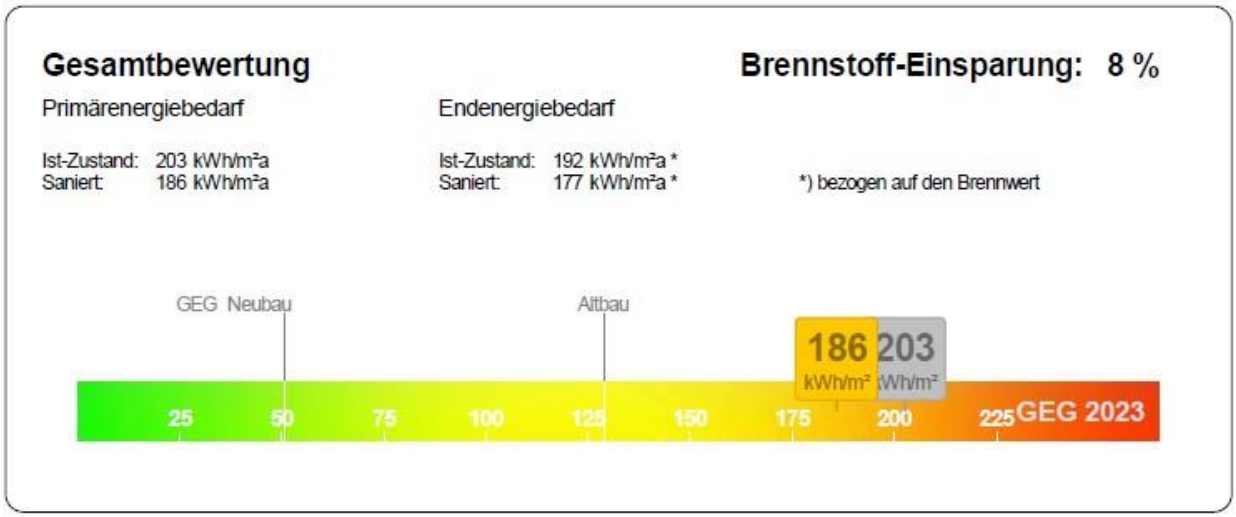

Abbildung 7-20: Bewertung Variante 1, MSK 2

Variante 2: Variante 1 + Außenwand Einblasdämmung

Neben dem Tausch der Fenster und der Hauseingangstür wird in Variante 2 zusätzlich die Außenwand gedämmt: Es wird die 4 cm Luftschicht des zweischaligen Mauerwerks mittels Einblasdämmung WLG 035 gedämmt.

Der derzeitige, rechnerische Endenergiebedarf von 43.853 kWh/Jahr reduziert sich auf 38.779 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 5.073 kWh/Jahr bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO_2-Emissionen werden um 1.503 kg CO_2 pro 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 auf 179 kWh/m²/Jahr. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 2 beträgt 12 %.

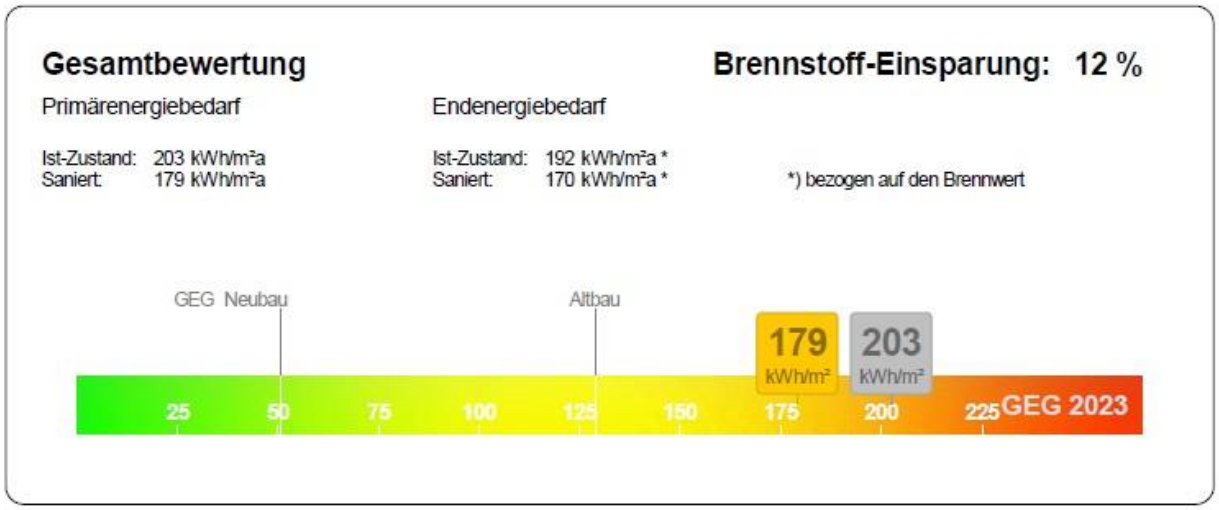

Abbildung 7-21: Bewertung Variante 2, MSK 2

Variante 3a: Variante 2 + Sole-Wärmepumpe

Nachdem in den Varianten 1 und 2 die Gebäudehülle auf einen guten energetischen Stand gebracht worden ist, geht es im nächsten Schritt darum die Heiztechnik zu verbessern. In der Variante 3a wird der Einbau einer Sole-Wärmepumpe empfohlen.

Der derzeitige, rechnerische Endenergiebedarf von 43.853 kWh/Jahr reduziert sich auf 7.959 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 35.894 kWh/Jahr bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO_2-Emissionen werden um 8.594 kg CO_2 pro 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 auf 63 kWh/m²/Jahr. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 3a beträgt 82 %.

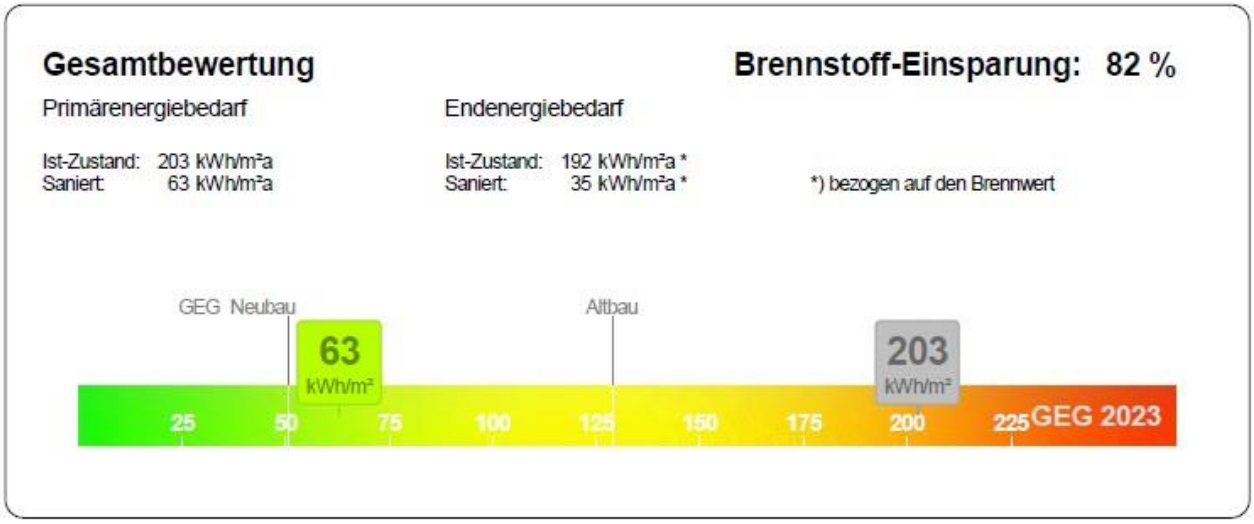

Abbildung 7-22: Bewertung Variante 3a, MSK 2

Variante 3b: Variante 2 + Luft-Wärmepumpe

Anders als bei der Variante 3a wird bei der Variante 3b der Einsatz einer Luft-Wärmepumpe empfohlen.

Der derzeitige, rechnerische Endenergiebedarf von 43.853 kWh/Jahr reduziert sich auf 12.607 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 31.246 kWh/Jahr bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO_2-Emissionen werden um 5.991 kg CO_2 pro Jahr reduziert.

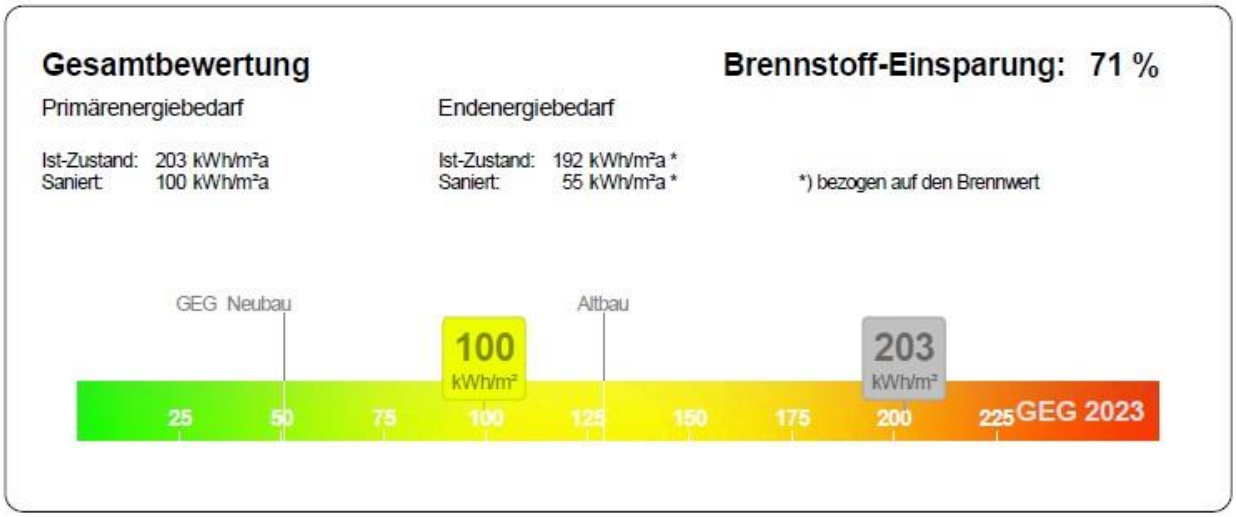

Abbildung 7-23: Bewertung Variante 3b, MSK 2

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 auf 100 kWh/m²/Jahr. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 3b beträgt 71 %.

Variante 3c: Variante 2 + Biomasseheizung (Holz)

Anders als bei der Variante 3a und 3b wird bei der Variante 3c eine Biomasseheizung (Holz) empfohlen.

Der derzeitige, rechnerische Endenergiebedarf von 43.853 kWh/Jahr reduziert sich auf 35.107 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 8.746 kWh/Jahr bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO_2-Emissionen werden um 12.252 kg CO_2 pro Jahr reduziert.

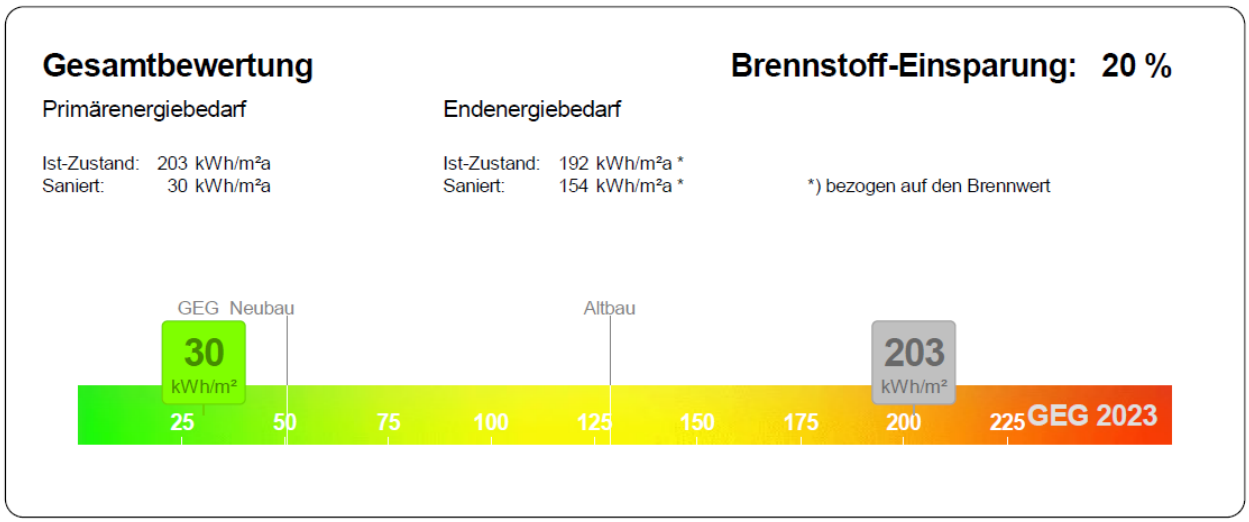

Abbildung 7-24: Bewertung Variante 3c, MSK 2

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 auf 100 kWh/m²/Jahr. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 3b beträgt 71 %.

7.3.2.3 KOSTENSCHÄTZUNG

Tabelle 7-10 enthält die Kostenschätzung und basiert auf der DIN 276 - Kosten im Hochbau.

Tabelle 7-10: Kostenschätzung Sanierungsvarianten MSK 2

Kostenelement	Variante 1	Variante 2	Variante 3a	Variante 3b	Variante 3c
	Fenster+Haustür	Fenster+Haustür+Einblasdämmung	Fenster+Haustür+Einblasdämmung+Sole-Wärmepumpe	Fenster+Haustür+Einblasdämmung+Luft-Wärmepumpe	Fenster+Haustür+Einblasdämmung+Biomasseheizung(Holz)
Baukonstruktion					
Dachschrägen	-	-	-	-	-
Oberste Geschossdecke	-	-	-	-	-
Gaubenwände	-	-	-	-	-
Außenwand	-	5.800€	5.800€	5.800€	5.800€
Fenster	25.000€	25.000€	25.000€	25.000€	25.000€
Hauseingangstür	5.000 €	5.000€	5.000€	5.000€	5.000€
Kellersohle gegen Erdreich		-	-	-	-
Sole- Wärmepumpe		-	45.000€	-	-
Luft-Wärmepumpe		-	-	35.000€	-
Biomasseheizung (Holz)		-	-	-	35.000€
Anlagentechnik					
Hydraulischer Abgleich	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Austausch Heizungsanlage	Nein	Nein	Ja, Sole-Wärmepumpe	Ja, Luft-Wärmepumpe	Ja, Biomasseheizung (Holz)
Photovoltaikanlage	-	-	-	-	-
Kostenschätzung brutto	**30.000€**	**35.800€**	**80.800€**	**70.800€**	**70.800€**
BEG-Förderung inkl. iSFP	**6.000€**	**7.160€**	**25.160€**	**19.410€**	**14.160€**
Endinvestition	**24.000€**	**28.640€**	**55.640€**	**51.390€**	**56.640€**

7.3.2.4 Wirtschaftliche Auswertung

Die wirtschaftliche Auswertung erfolgt unter Einbezug der verfügbaren Fördermittel der BEG. Dabei handelt es sich um die Förderung der Einzelmaßnahmen, die als Zuschuss vom BAFA zur Verfügung gestellt werden, ergänzt durch den Zuschussbonus über einen individuellen Sanierungsfahrplan.

Es wird die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen über einen Zeitraum von 40 Jahren betrachtet. Basis für die Berechnung sind die Energieverbräuche und Kosten der vergangenen Jahre. Diese wurden den Heizkostenabrechnungen des Eigentümers entnommen. Der durchschnittliche Ölverbrauch des Objektes liegt bei etwa 3.000-4.000 Liter/Jahr. Für den Brennstoff wird eine Teuerungsrate von jährlich 4 % angenommen.

Die Abbildung 7-26 zeigt für die einzelnen Sanierungsvarianten eine Gegenüberstellung der Investitionskosten auf der einen Seite und der Energiekostenersparnis (nach 40 Jahren) sowie Förderzuschüsse auf der anderen Seite. Es zeigt sich, dass sich alle Varianten amortisieren. Die Varianten 3a und 3b amortisieren sich mit 14 bzw. 15 Jahren am schnellsten.

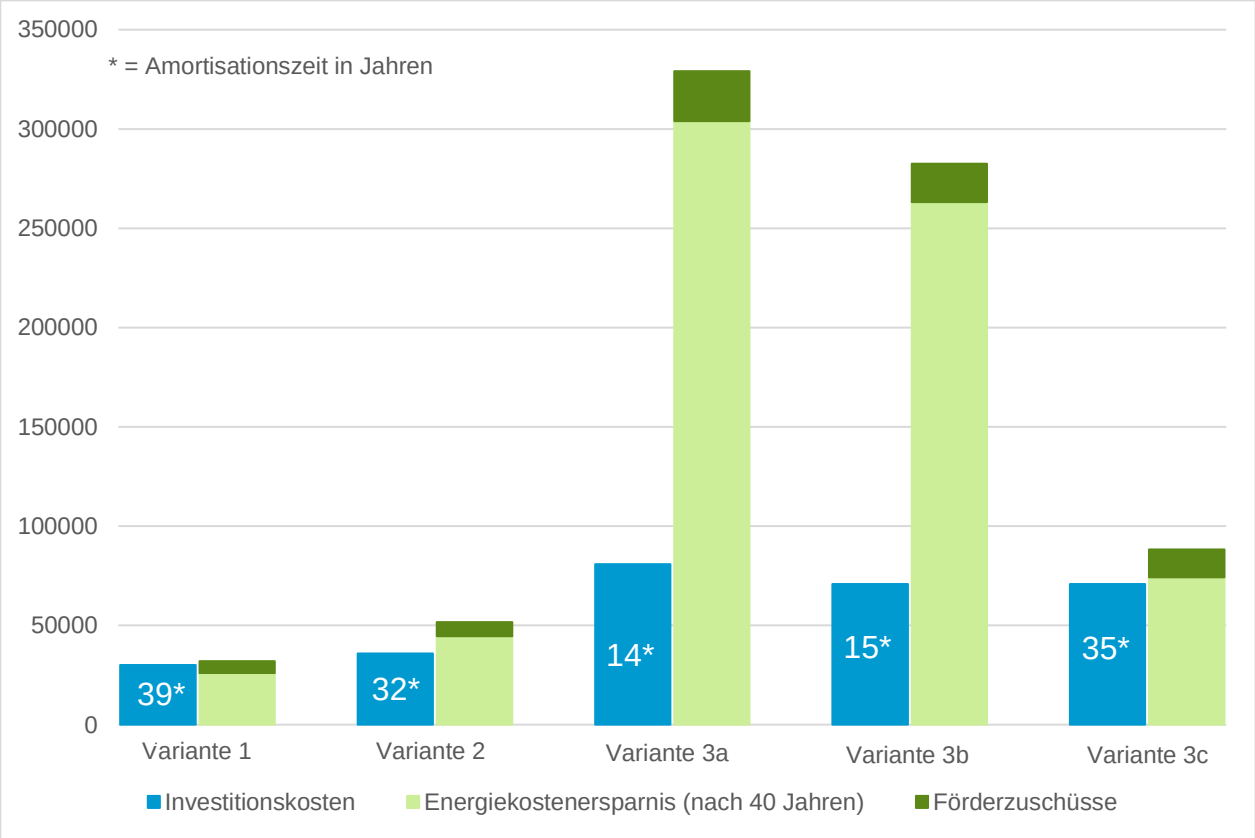

Abbildung 7-25: MSK 2, Rentabilität der Maßnahmen nach 40 Jahren

7.3.3 MUSTERSANIERUNGSKONZEPT 3

Bei Mustersanierungsobjekt 3 handelt es sich um ein freistehendes Einfamilienhaus aus dem Jahr 1959, das als Wohnraum genutzt wird. Das Gebäude besteht aus einem Vollgeschoss und einem Spitzboden und ist teilunterkellert. Anbauten erfolgten im Jahr 1992 (hinten) und im Jahr 1995 (Eingang). Die Wohnfläche beträgt 144 m².

Abbildung 7-26: Mustersanierungsobjekt 3, Vorderansicht, Foto: FRANK

7.3.3.1 BESTANDSAUFNAHME

Das Objekt befindet sich in einem gepflegten Allgemeinzustand.

Bei der Außenfassade des Objektes handelt es sich um ein zweischaliges Mauerwerk. Im Jahr 2018 erfolgte eine Einblasdämmung. Im Jahr 2012 fand ein Heizungstausch statt, es handelt sich um eine Erdgasheizung.

Abbildung 7-27: 3D Modellierung, erstellt durch FRANK mit dem Programm Hottgenroth

Thermische Gebäudehülle

Zur thermischen Gebäudehülle ist festzuhalten, dass der Keller, der Spitzboden und das Treppenhaus unbeheizt sind, das Erdgeschoss ist beheizt.

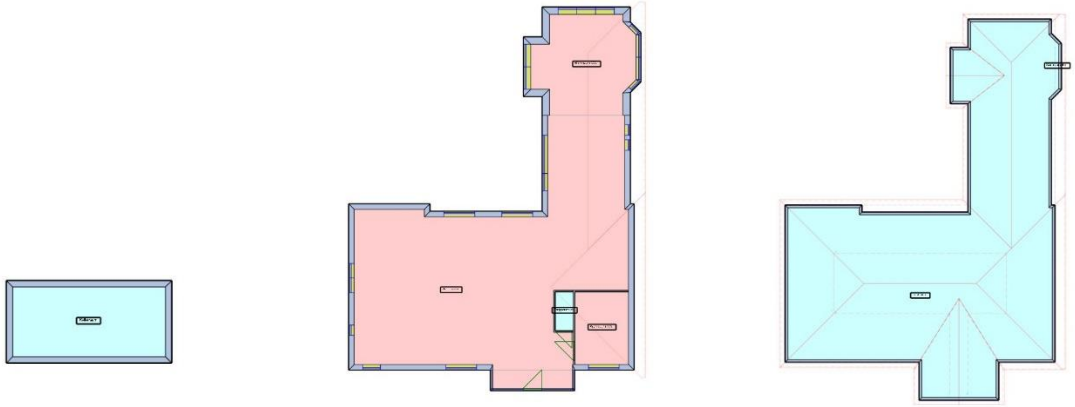

Abbildung 7-28: Thermische Gebäudehülle MSK 3, v. l. n. r. Kellergeschoss, Erdgeschoss, Spitzboden

Energetische Bewertung Ist-Zustand

In Tabelle 7-11 befindet sich eine Zusammenstellung der einzelnen Bauteile der Gebäudehülle mit den momentanen U-Werten. Zum Vergleich sind die Mindestanforderungen angegeben, die der Gesetzgeber mit dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) und der Fördermittelgeber bei förderfähigen Maßnahmen (BEG) bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden stellt.

Tabelle 7-11: Bauteile Ist-Zustand

Bauteil	U-Wert in W/(m²·K)	U_{max} GEG in W/(m²·K)	U_{max} BEG in W/(m²·K)
Oberste Geschossdecke Bestand	0,33	0,24	0,14
Oberste Geschossdecke Anbau '92	0,27	0,24	0,14
Außenwand Bestand	0,49	0,24	0,20
Außenwand Anbau '92	0,37	0,24	0,20
Fenster Bestand	2,70	1,30	0,95
Fenster Anbau '92	1,50	1,30	0,95
Fenster Eingangsbereich '95	1,60	1,30	0,95
Außentüren	1,60	1,80	1,30
Kellerdecke	0,95	0,30	0,25
Innenwände Treppenabgang	2,23	0,30	0,25
Kellertür Treppenabgang	3,50	1,80	1,30
Kellersohle gegen Erdreich Anbau '92 und Eingangsbereich	0,51	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 betrachteten Gebäude verursacht die Transmission (26.207 kWh/a) die größten Verluste, gefolgt von den Anlagenverlusten (13.470 kWh/a) und den Lüftungsverlusten (8.717 kWh/a).

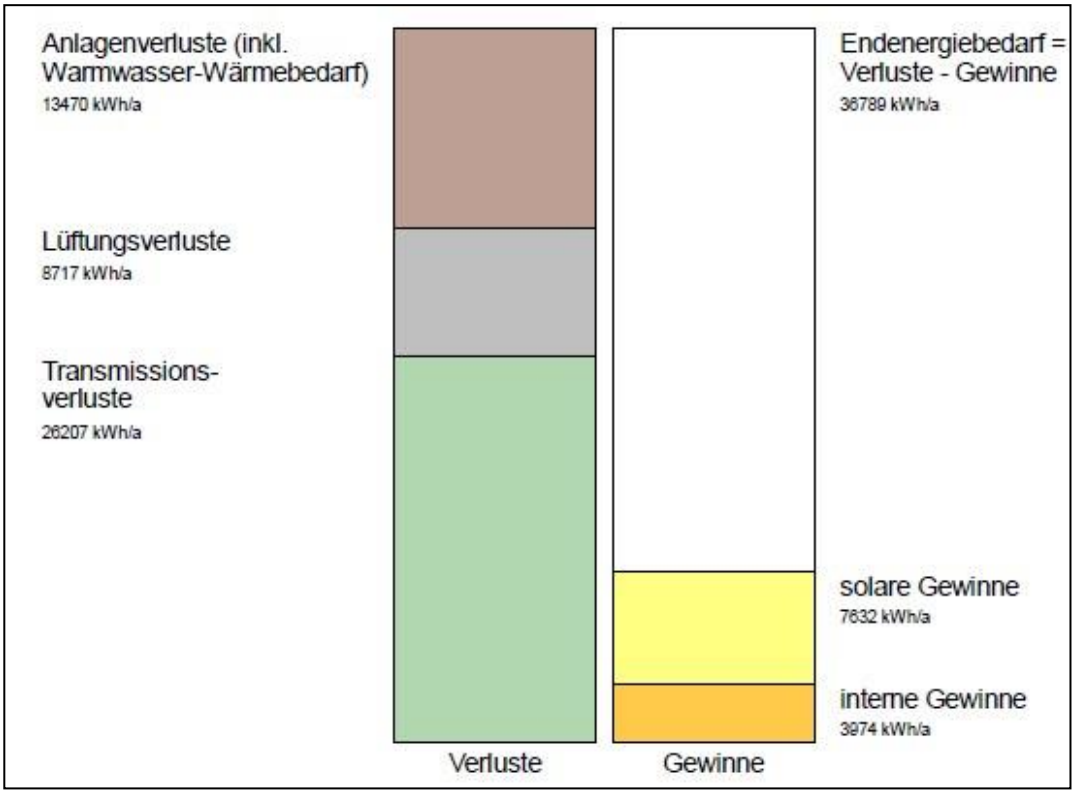

Abbildung 7-29: Energetische Verluste und Gewinne Ist-Zustand, MSK 3

Wie genau sich die Transmissionsverluste zusammensetzen, ist der nachfolgenden Grafik zu entnehmen. Demnach sind die größten Transmissionsverluste bei den Fenstern (9.200 kWh/a) zu verzeichnen, gefolgt von der Außenwand (7.900 kWh/a), dem Dach (4.900 kWh/a) und dem Keller/Bodenplatte (4.200 kWh/a).

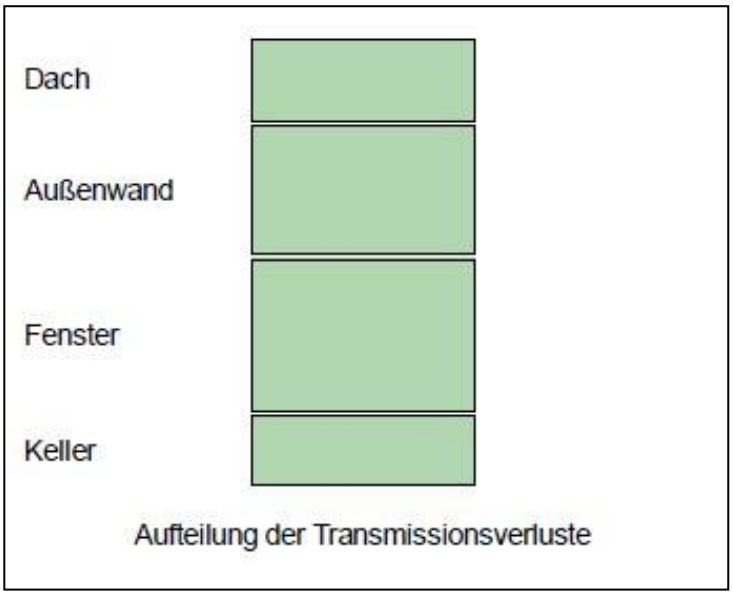

Abbildung 7-30: Energetische Verluste Ist-Zustand, MSK 3

Bewertung des Gebäudes

Die CO_2-Emissionen betragen im Bestand 48,9 kg/(m²·a). Grundlage für die CO_2-Emissionsberechnung bilden die CO_2-Emissionsfaktoren gemäß Anlage 9 GEG. In der energetischen Klassenbewertung auf Basis des Endenergiebedarfs wird das Gebäude in die Kategorie F eingeordnet (Klassen A-H). Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 222,6 kWh/(m²·a). Wie im vorherigen Kapitel beschrieben, ist nicht der Primärenergiebedarf, sondern der Endenergiebedarf zur energetischen Bewertung des Gebäudes geeignet.

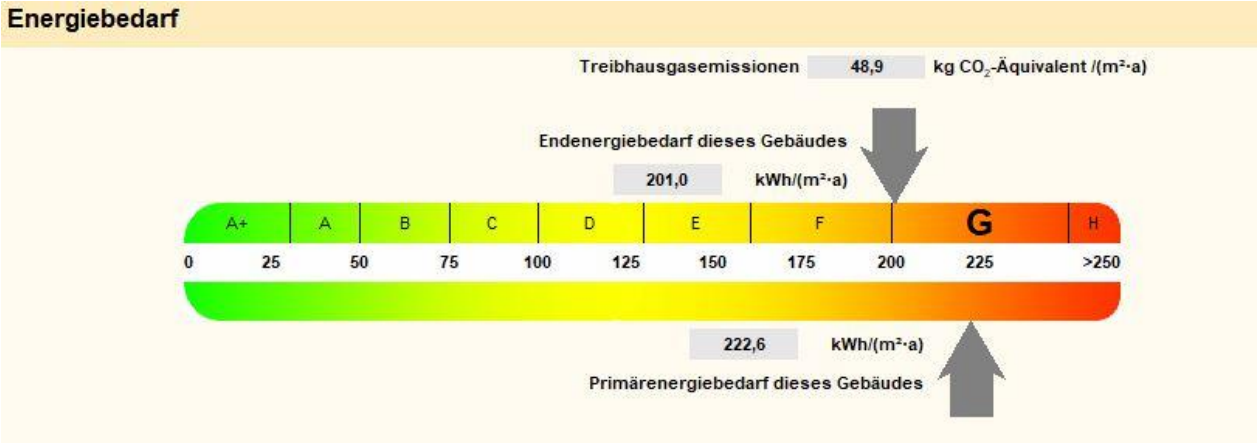

Abbildung 7-31: Gesamtbewertung Ist-Zustand, MSK 3

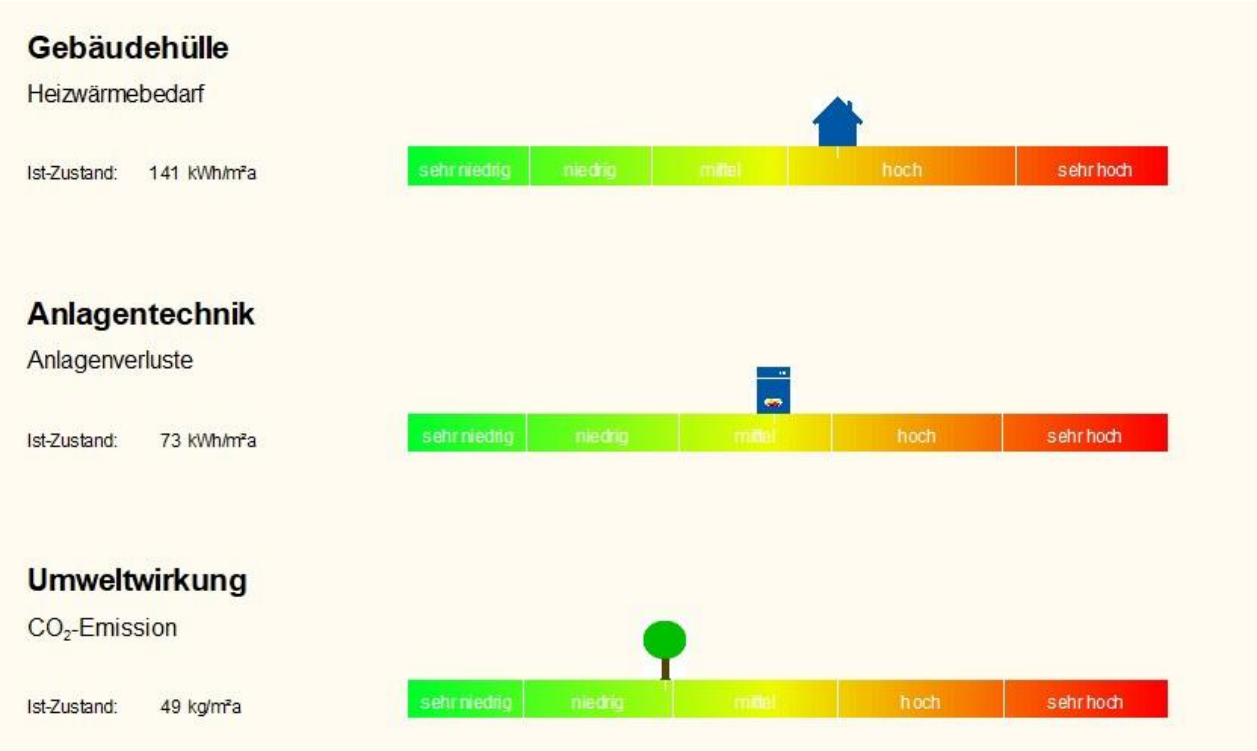

Abbildung 7-32: Gebäudehülle, Anlagentechnik, Umweltwirkung Ist-Zustand, MSK 3

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

mittlere Innentemperatur:	20,0 °C,
Luftwechselrate:	0,79 h^{-1},
interne Wärmegewinne:	2.260 kWh pro Jahr,
Warmwasser-Wärmebedarf:	1.513 kWh pro Jahr.

7.3.3.2 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 7-12: Übersicht Sanierungsvarianten MSK 3

Bauteil	V1: EM: 3-fach verglaste Fenster	V2: EM: Fenster+Geschossdecke+Kellerdecke	V3a: EH 85 mit Nahwärme	V3b: EH 85 mit Wärmepumpe
Baukonstruktion				
Oberste Geschossdecke Bestand	-	14 cm WLG 035	14 cm WLG 035	14 cm WLG 035
Oberste Geschossdecke Anbau '92	-	12 cm WLG 035	12 cm WLG 035	12 cm WLG 035

Außenwand Bestand	-	-	10 cm WLG 035	10 cm WLG 035
Außenwand Anbau '92	-	-	10 cm WLG 035	10 cm WLG 035
Fenster Bestand	$U_w \leq 0{,}95$ W/(m²K)	$U_w \leq 0{,}95$ W/(m²K)	Uw ≤ 0,95 W/(m²K)	$U_w \leq 0{,}95$ W/(m²K)
Fenster Anbau '92	$U_w \leq 0{,}95$ W/(m²K)	$U_w \leq 0{,}95$ W/(m²K)	Uw ≤ 0,95 W/(m²K)	$U_w \leq 0{,}95$ W/(m²K)
Fenster Eingangs-bereich '95	-	-	-	-
Außentüren	-	-	-	-
Kellerdecke	-	10 cm WLG 032	10 cm WLG 032	10 cm WLG 032
Innenwände Trep-penabgang	-	-	10 cm WLG 028	10 cm WLG 028
Kellertür Treppenabgang	-	-	Ud ≤ 1,30 W/(m²K)	$U_d \leq 1{,}30$ W/(m²K)
Kellersohle gegen Erdreich Anbau '92 und Eingang	-	-	-	-
Anlagentechnik				
Hydraulischer Abgleich	Ja	Ja	Ja	Ja
Heizungstausch	-	-	Ja, Nahwärme	Ja, Wärmepumpe

Tabelle 7-13: Variantenvergleich MSK 3

	Ist-Zustand	V1:	V2:	V3a:	V3b:
Primärenergiebedarf [kWh/(m²·a)]	222	208	191	145	51
Endenergiebedarf [kWh/(m²·a)]	222	208	191	30	92
Reduzierung des Endener-giebedarfs		6 %	14 %	35 %	77 %
CO_2-Emissionen [kg/(m²·a)]	49	46	42	8	29
Reduzierung der CO_2-Emis-sionen		6 %	14 %	83 %	41 %

Variante 1: Austausch der Fenster (dreifach verglast)

In Variante 1 werden die alten Fenster gegen neue 3-fach-verglaste Fenster ausgetauscht.

Der derzeitige, rechnerische Endenergiebedarf von 36.789 kWh/Jahr reduziert sich auf 34.475 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 2.313 kWh/Jahr bei gleichem Nutzer-verhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO_2-Emissionen werden um 506 kg CO_2 pro 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 auf 209 kWh/m²/Jahr. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 1 beträgt 6 %.

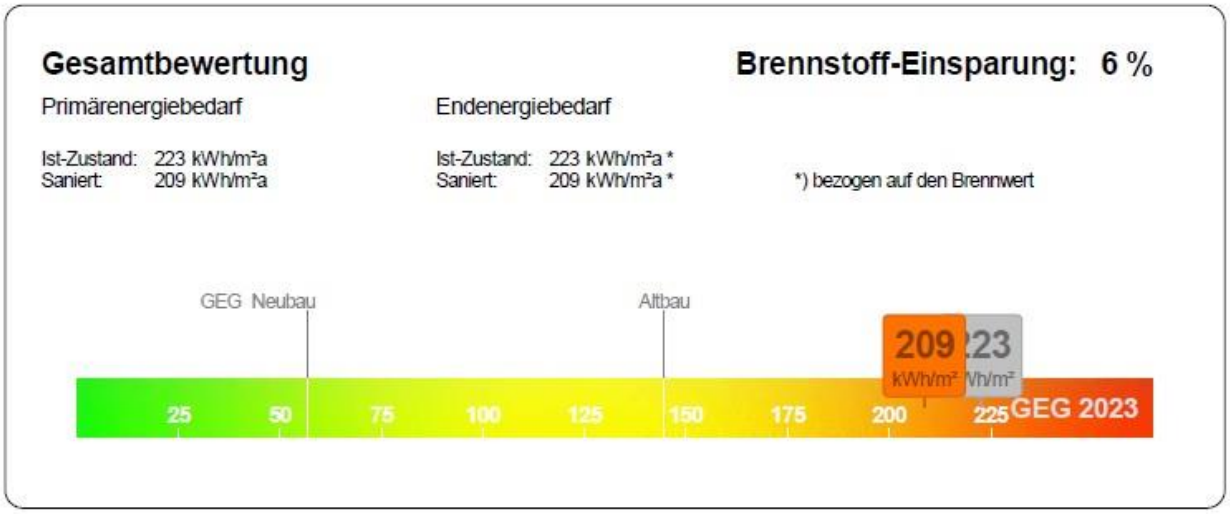

Abbildung 7-33: Bewertung Variante 1, MSK 3

Variante 2: Variante 1 + Dämmung oberste Geschossdecke + Kellerdecke

In Variante 2 werden zusätzlich zum Austausch der Fenster die oberste Geschossdecke mit 14 cm WLG 035 sowie die oberste Geschossdecke des Anbaus mit 12 cm WLG 035 gedämmt. Weiterhin erfolgt die Dämmung der Kellerdecke mit 10 cm WLG 032.

Der derzeitige, rechnerische Endenergiebedarf von 36.789 kWh/Jahr reduziert sich auf 31.558 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 5.230 kWh/Jahr bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO_2-Emissionen werden um 1.146 kg CO_2 pro 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 auf 191 kWh/m²/Jahr. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 2 beträgt 14 %.

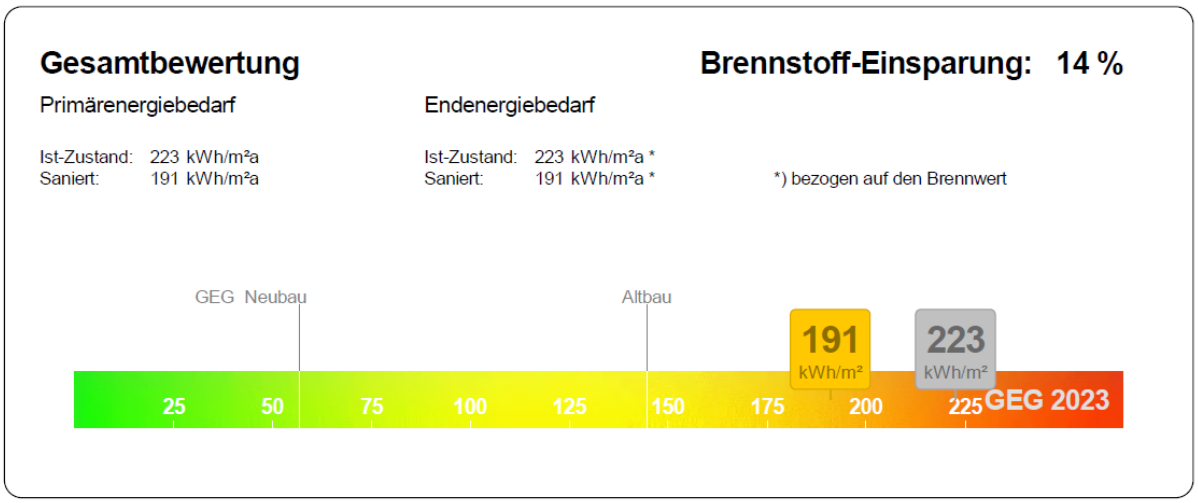

Abbildung 7-34: Bewertung Variante 2, MSK 3

Variante 3a: EH 85 mit Nahwärme

In Variante 3a wird zusätzlich zu den in Variante 2 beschriebenen Maßnahmen die Außenwand mit 10 cm WLG 035 gedämmt. Zudem werden die Innenwand des Treppenabgangs mit 10 cm WLG 028 gedämmt und die Kellertür ausgetauscht. In dieser Variante erfolgt der Anschluss an das Nahwärmenetz.

Der derzeitige, rechnerische Endenergiebedarf von 36.789 kWh/Jahr reduziert sich auf 23.923 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 12.865 kWh/Jahr bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO_2-Emissionen werden um 6.738 kg CO_2/Jahr reduziert.

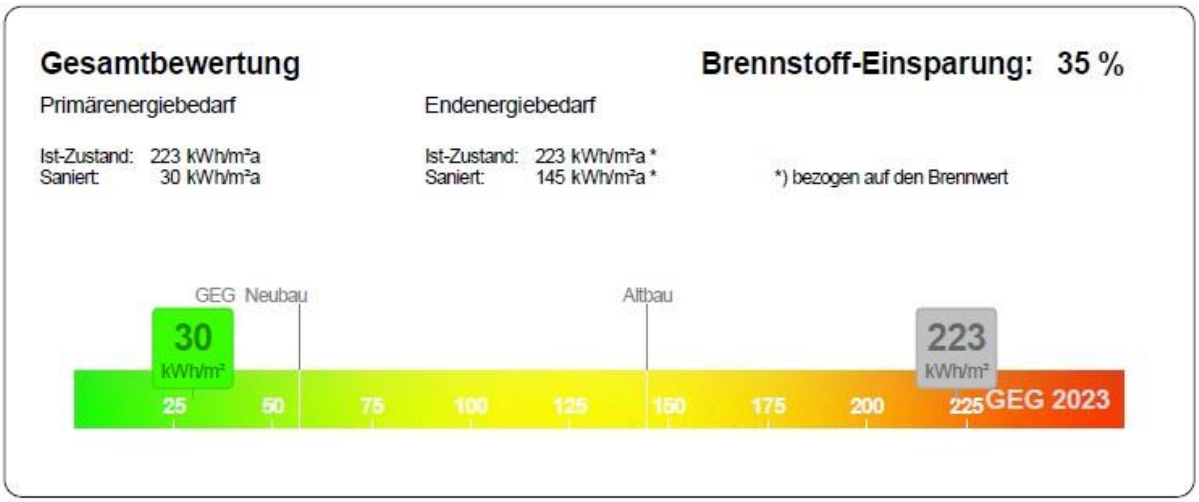

Abbildung 7-35: Bewertung Variante 3a, MSK 3

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 auf 30 kWh/m²/Jahr. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 3a beträgt 35 %.

Variante 3b: EH85 mit Luft-Wasser-Wärmepumpe

Variante 3b unterscheidet sich zu Variante 3a darin, dass anstelle des Anschlusses an das Nahwärmenetz der Einsatz einer Luft-Wasser-Wärmepumpe erfolgt.

Der derzeitige, rechnerische Endenergiebedarf von 36.789 kWh/Jahr reduziert sich auf 8.437 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 28.352 kWh/Jahr bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO_2-Emissionen werden um 3.352 kg CO_2 pro 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 auf 92 kWh/m²/Jahr. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 3b beträgt 77 %.

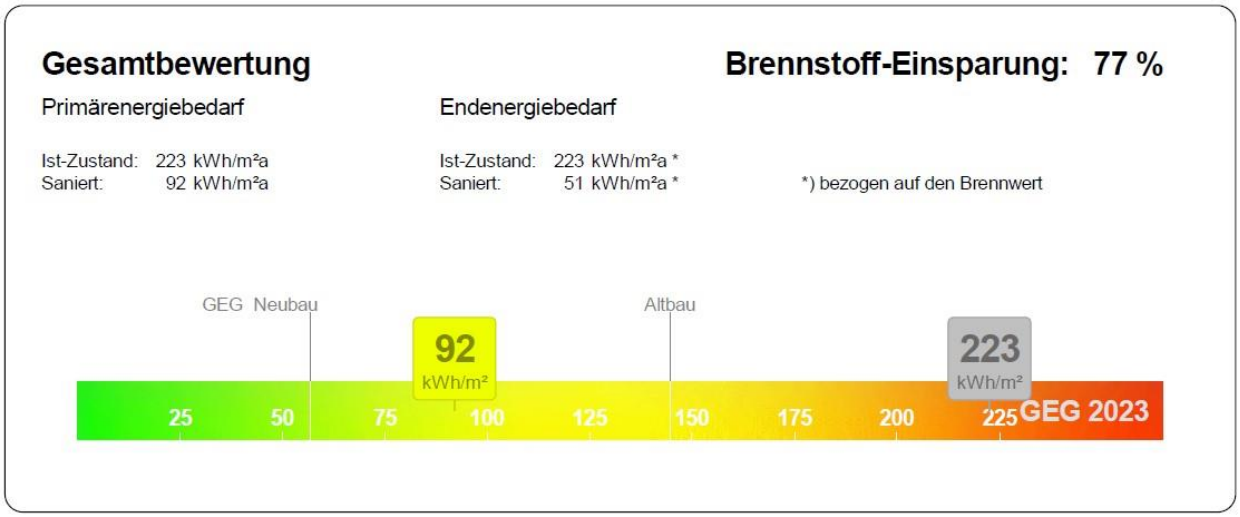

Abbildung 7-36: Bewertung Variante 3b, MSK 3

7.3.3.3 Kostenschätzung

Tabelle 7-14 enthält die Kostenschätzung und basiert auf der DIN 276 - Kosten im Hochbau.

Tabelle 7-14: Kostenschätzung MSK 3

Kostenelement	Variante 1 EM: 3-fach verglaste Fenster	Variante 2 EM: Fenster+Geschossdecke+Kellerdecke	Variante 3a EH 85 mit Nahwärme	Variante 3b EH 85 mit Wärmepumpe
Baukonstruktion				
Oberste Geschossdecke Bestand	-	15.000€	15.000€	15.000€
Oberste Geschossdecke Anbau '92	-			
Außenwand Bestand	-	-	40.000€	40.000€
Außenwand Anbau '92	-	-		
Fenster Bestand	19.500 €	19.500€	19.500€	19.500€
Fenster Anbau '92				

Fenster Eingangsbereich '95	-	-	-	-
Außentüren	-	-	-	-
Kellerdecke	-	3.000€	3.000€	3.000€
Innenwände Treppenabgang	-	-	1.500€	1.500€
Kellertür Treppenabgang	-	-	2.500€	2.500€
Kellersohle gg Erdreich Anbau '92 und Eingang	-	-	-	-
Anlagentechnik				
Nahwärmeanschluss	-	-	10.000€	-
Wärmepumpe	-	-	-	35.000€
Photovoltaikanlage	-	-	-	-
Kostenschätzung brutto	**19.500 €**	**37.500 €**	**91.500 €**	**116.500 €**
Förderung inkl. iSFP	**-3.900 €**	**-7.500 €**	**-13.000 €**	**-13.750 €**
Endinvestition	**15.600 €**	**30.000 €**	**78.500 €**	**102.750 €**

7.3.3.4 Wirtschaftliche Auswertung

Die wirtschaftliche Auswertung erfolgt unter Einbezug der verfügbaren Fördermittel der BEG. Dabei handelt es sich um die Förderung der Einzelmaßnahmen, die als Zuschuss vom BAFA zur Verfügung gestellt werden, ergänzt durch den Zuschussbonus über einen individuellen Sanierungsfahrplan.

Es wird die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen über einen Zeitraum von 40 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 Objektes liegt bei etwa 34.000 kWh/a. Für den Brennstoff wird eine Teuerungsrate von jährlich 4 % angenommen.

Die Abbildung 7-37 zeigt für die einzelnen Sanierungsvarianten eine Gegenüberstellung der Investitionskosten auf der einen Seite und der Energiekostenersparnis (nach 40 Jahren) sowie Förderzuschüsse auf der anderen Seite. Es zeigt sich, dass sich alle Varianten innerhalb von 40 Jahren amortisieren. Variante 3b amortisiert sich nach 23 Jahren und damit am schnellsten.

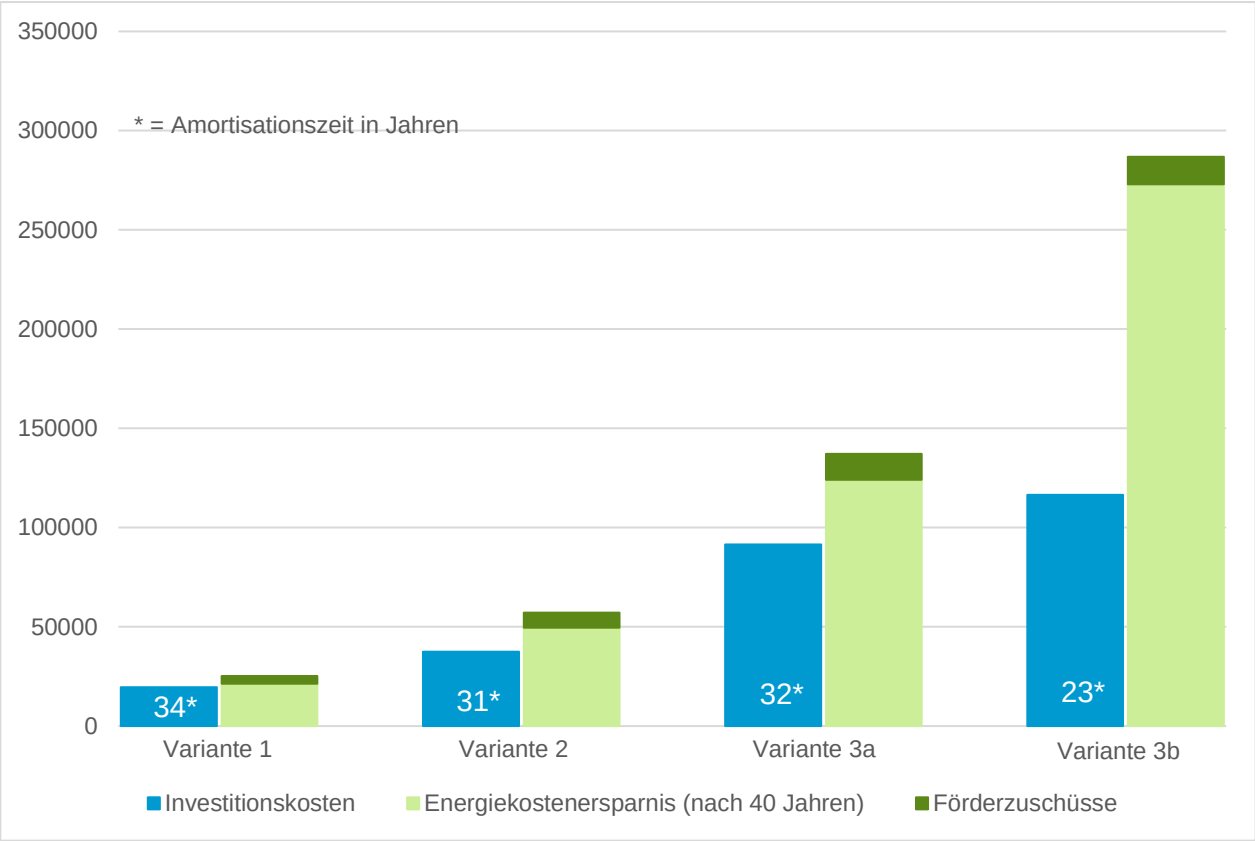

Abbildung 7-37: MSK 3, Rentabilität der Maßnahmen nach 40 Jahren

7.3.4 MUSTERSANIERUNGSKONZEPT SCHÜTZENHEIM ELLUND

Ergänzend zu den drei Mustersanierungskonzepten für Wohngebäude erfolgte auch eine Untersuchung eines Nichtwohngebäudes im Quartier. Dabei handelt es sich um das Schützenheim Ellund. Am 09.03.2023 fand die Begehung des Schützenheims statt.

Abbildung 7-38: Schützenheim Ellund, Vorderansicht, Foto: FRANK

Das Schützenheim wurde im Jahr 1973 errichten. In den Jahren 1984, 1991 und 2012 wurde das Gebäude durch Anbauten erweitert. Die Gebäudefläche beträgt 538 m².

7.3.4.1 BESTANDSAUFNAHME

Das Objekt befindet sich in einem gepflegten Allgemeinzustand.

Es hat ein Fensteraustausch stattgefunden, weitere Sanierungen sind nicht erfolgt.

Das Gebäude wird mit Öl beheizt (Verbrauch ca. 2.100 Liter/Jahr).

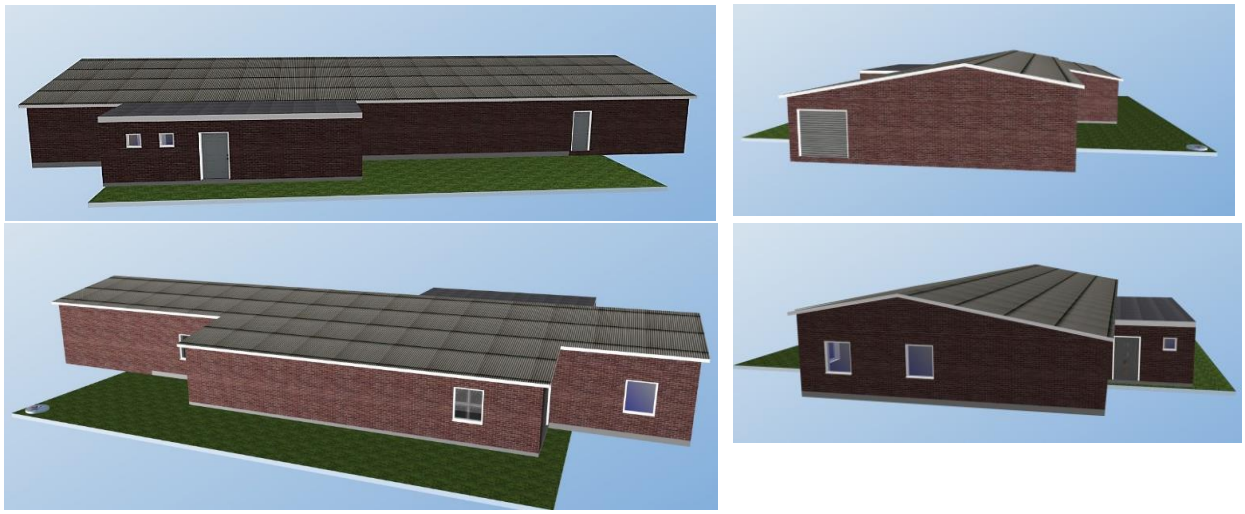

Abbildung 7-39: 3D Modellierung, erstellt durch FRANK mit dem Programm Hottgenroth

Thermische Gebäudehülle

Zur thermischen Gebäudehülle ist festzuhalten, dass das Erdgeschoss beheizt ist. Das Dachgeschoss ist unbeheizt.

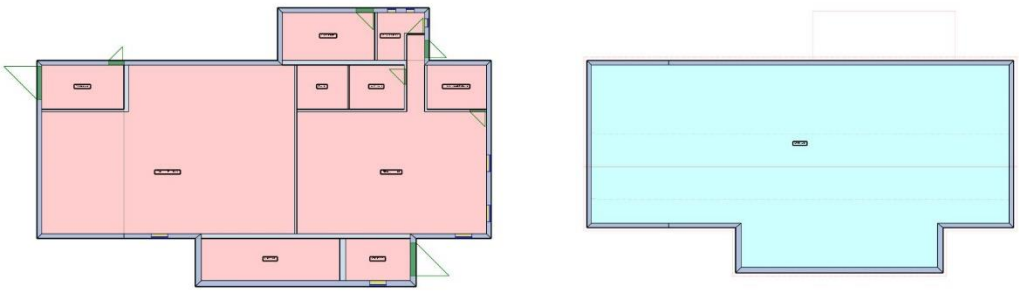

Abbildung 7-40: Thermische Gebäudehülle, v. l. n. r. Erdgeschoss, Dachgeschoss

Energetische Bewertung Ist-Zustand

In der folgenden Tabelle befindet sich eine Zusammenstellung der einzelnen, energetisch relevanten Bauteile der Gebäudehülle mit den momentanen Dämmwerten (U-Werten). Zum Vergleich sind die Mindestanforderungen angegeben, die der Gesetzgeber mit dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) und der Fördermittelgeber bei förderfähigen Maßnahmen (BEG) bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden stellt.

Tabelle 7-15: Bauteile IST-Zustand

Bauteil	U-Wert [11] in W/(m²·K)	U_{max} GEG [12] in W/(m²·K)	U_{max} BEG [13] in W/(m²·K)
Dach	0,38	0,24	0,14
Oberste Geschossdecke	0,46	0,24	0,14
Flachdach Anbau 2008	0,25	0,24	0,14
Außenwand	0,80	0,24	0,20
Außenwand Anbau 2008	0,24	0,24	0,20
Fenster	1,80	1,30	0,95
Glasbausteine	5,00	1,30	0,95
Garagentore / Nebeneingangstüren	4,00	1,30	0,95
Eingangstür Anbau 2008	1,80	1,80	1,30
Boden gg Erdreich Bestand	1,27	0,30	0,25
Boden gg Erdreich Anbau 1991	0,54	0,30	0,25
Boden gg Erdreich Anbau 2008	0,34	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 betrachteten Gebäude verursacht die Transmission (60.975 kWh/a) die größten Verluste, gefolgt von den Anlagenverlusten (47.545 kWh/a) und den Lüftungsverlusten (14.765 kWh/a).

[11] Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Grün= erfüllt die Vorgaben des GEG, rot= erfüllt die Vorgaben des GEG nicht

[12] Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der in dem GEG vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden.

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

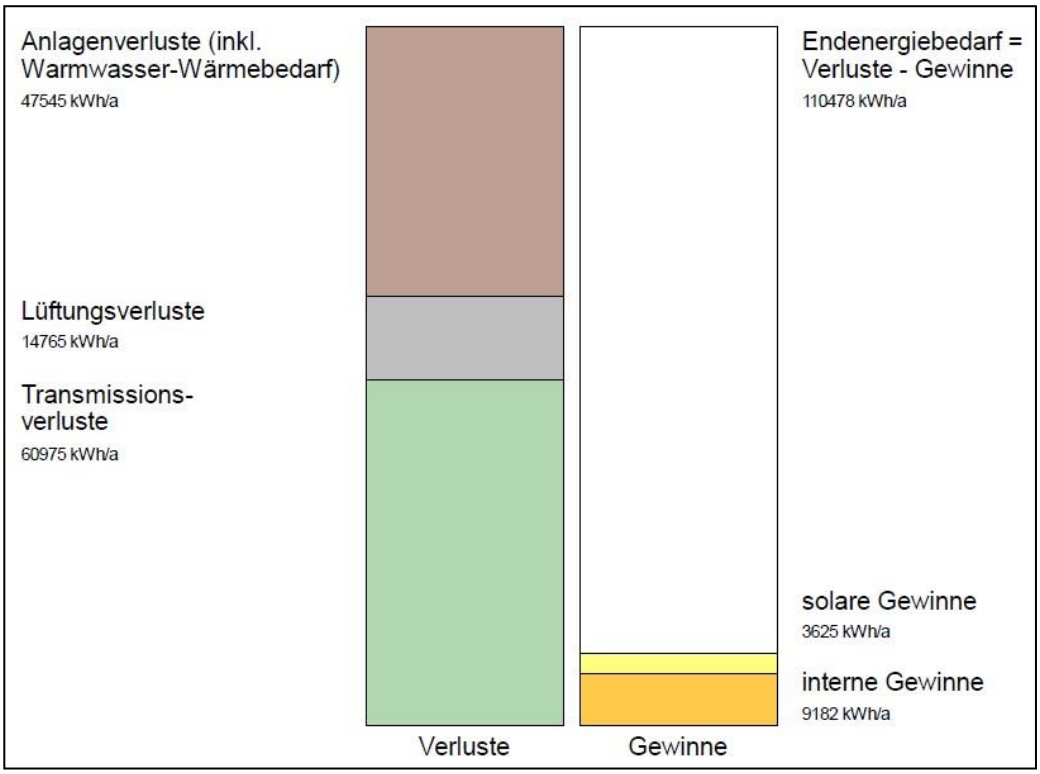

Abbildung 7-41: Energetische Verluste und Gewinne Ist-Zustand, Schützenheim Ellund

Wie genau sich die Transmissionsverluste zusammensetzen, ist Abbildung 7-43 zu entnehmen. Demnach sind die größten Verluste bei der Außenwand (22.600 kWh/a) zu verzeichnen, gefolgt von der Bodenplatte (20.200 kWh/a), dem Dach (15.800 kWh/a) und den Fenstern (2.300 kWh/a).

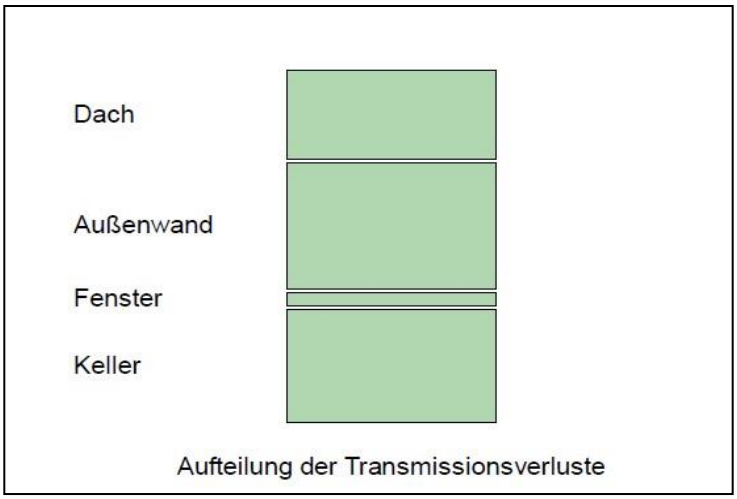

Abbildung 7-42: Energetische Verluste Ist-Zustand, MSK 1

Bewertung des Gebäudes

Die CO_2-Emissionen betragen im Bestand 65,9 kg/(m²·a). Grundlage für die CO_2-Emissionsberechnung bilden die CO_2-Emissionsfaktoren gemäß Anlage 9 GEG. In der energetischen Klassenbewertung auf Basis des Endenergiebedarfs wird das Gebäude in die Kategorie H eingeordnet (Klassen A-H). Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen

Primärenergiebedarfs pro Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 233,1 kWh/(m²·a). Wie im vorherigen Kapitel beschrieben, ist nicht der Primärenergiebedarf, sondern der Endenergiebedarf zur energetischen Bewertung des Gebäudes geeignet.

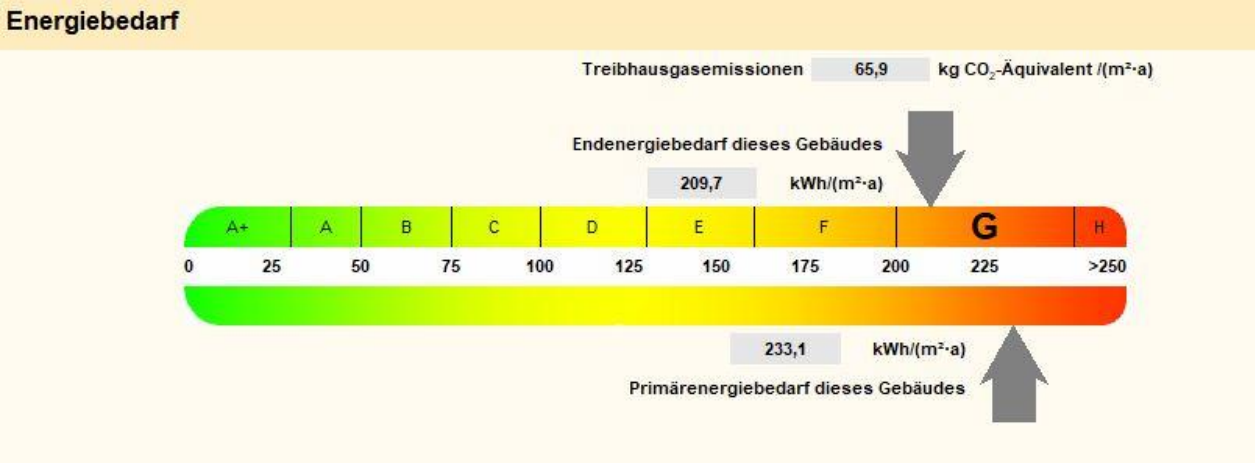

Abbildung 7-43: Gesamtbewertung Ist-Zustand Schützenheim Ellund

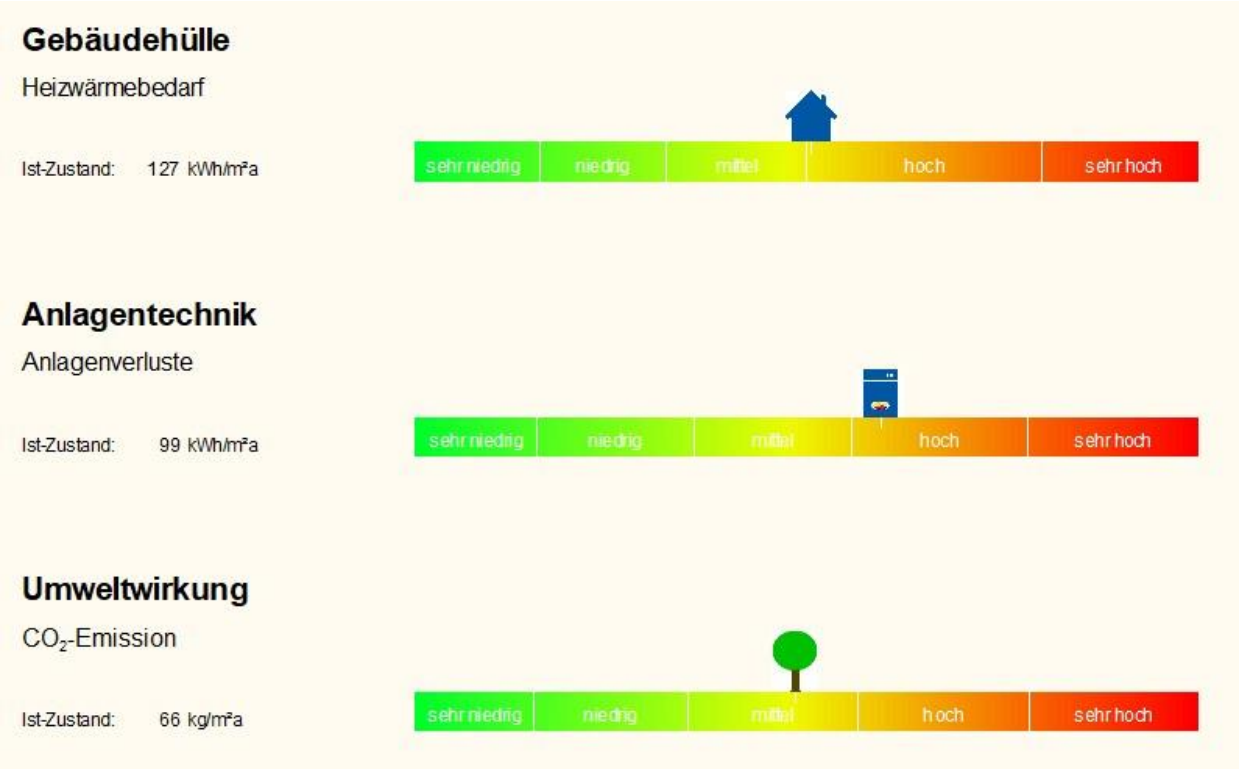

Abbildung 7-44: Gebäudehülle, Anlagentechnik, Umweltwirkung Ist-Zustand MSK 1

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

mittlere Innentemperatur:	18,0 °C,
Luftwechselrate:	0,53 h^{-1},
interne Wärmegewinne:	6.809 kWh pro Jahr,
Warmwasser-Wärmebedarf:	4.560 kWh pro Jahr.

7.3.4.2 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.

Tabelle 7-16: Übersicht Sanierungsvarianten MSK 3

Bauteil	V 1: Fassadendämmung	V 2: Fassadendämmung + Kellerdecke
Baukonstruktion		
Dach		
Oberste Geschossdecke		18 cm WLG 035
Flachdach Anbau 2008		
Außenwand	5 cm WLG 035	5 cm WLG 035
Außenwand 2008	4 cm WLG 035	4 cm WLG 035
Fenster		
Glasbausteine		
Garagentore/Nebenein-gangstür		
Eingangstür Anbau 2008		
Boden gg. Erdreich Bestand		
Boden gg. Erdreich Anbau 1991		
Boden gg. Erdreich Anbau 2008		
Anlagentechnik		
Hydraulischer Abgleich	ja	ja
Austausch Heizungsanlage	-	-
Wärmebrückenfaktor	0,1	0,1
Luftwechselrate	0,7	0,7

7.3.4.3 Kostenschätzung

Tabelle 7-14 enthält die Kostenschätzung und basiert auf der DIN 276 - Kosten im Hochbau.

Tabelle 7-17: Kostenschätzung Schützenheim Ellund

Kostenelement	Variante 1	Variante 2
	Fassadendämmung	Fassadendämmung + Kellerdecke
Baukonstruktion		
Dach	-	-
Oberste Geschossdecke	-	25.000 €
Flachdach Anbau 2008	-	-
Außenwand	9.000 €	9.000 €
Außenwand Anbau 2008		
Fenster	-	-
Glasbausteine	-	-
Garagentore/Nebeneingangstür	-	-
Eingangstür Anbau 2008	-	-
Boden gg Erdreich Bestand	-	-
Boden gg Erdreich Anbau 1991	-	-
Boden gg Erdreich Anbau 2008	-	-
Kostenschätzung brutto	**9.000 €**	**34.000 €**
BEG-Förderung inkl. iSFP	**-1.350 €**	**-5.100 €**
Endinvestition	**7.650 €**	**28.900 €**

7.3.4.4 Wirtschaftliche Auswertung

Die wirtschaftliche Auswertung erfolgt unter Einbezug der verfügbaren Fördermittel der BEG. Dabei handelt es sich um die Förderung der Einzelmaßnahmen, die als Zuschuss vom BAFA zur Verfügung gestellt werden, ergänzt durch den Zuschussbonus über einen individuellen Sanierungsfahrplan.

Es wird die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen über einen Zeitraum von 40 Jahren betrachtet. Basis für die Berechnung sind die Energieverbräuche und Kosten der vergangenen Jahre. Diese wurden den Heizkostenabrechnungen des Eigentümers entnommen. Der durchschnittliche Ölverbrauch des Objektes liegt bei etwa 2.100 l/a. Für den Brennstoff wird eine Teuerungsrate von jährlich 4 % angenommen.

Die Abbildung 7-45 zeigt für die einzelnen Sanierungsvarianten eine Gegenüberstellung der Investitionskosten auf der einen Seite und der Energiekostenersparnis (nach 40 Jahren) sowie

Förderzuschüsse auf der anderen Seite. Variante 1 amortisiert sich nach 18 Jahren, Variante 2 nach 30 Jahren.

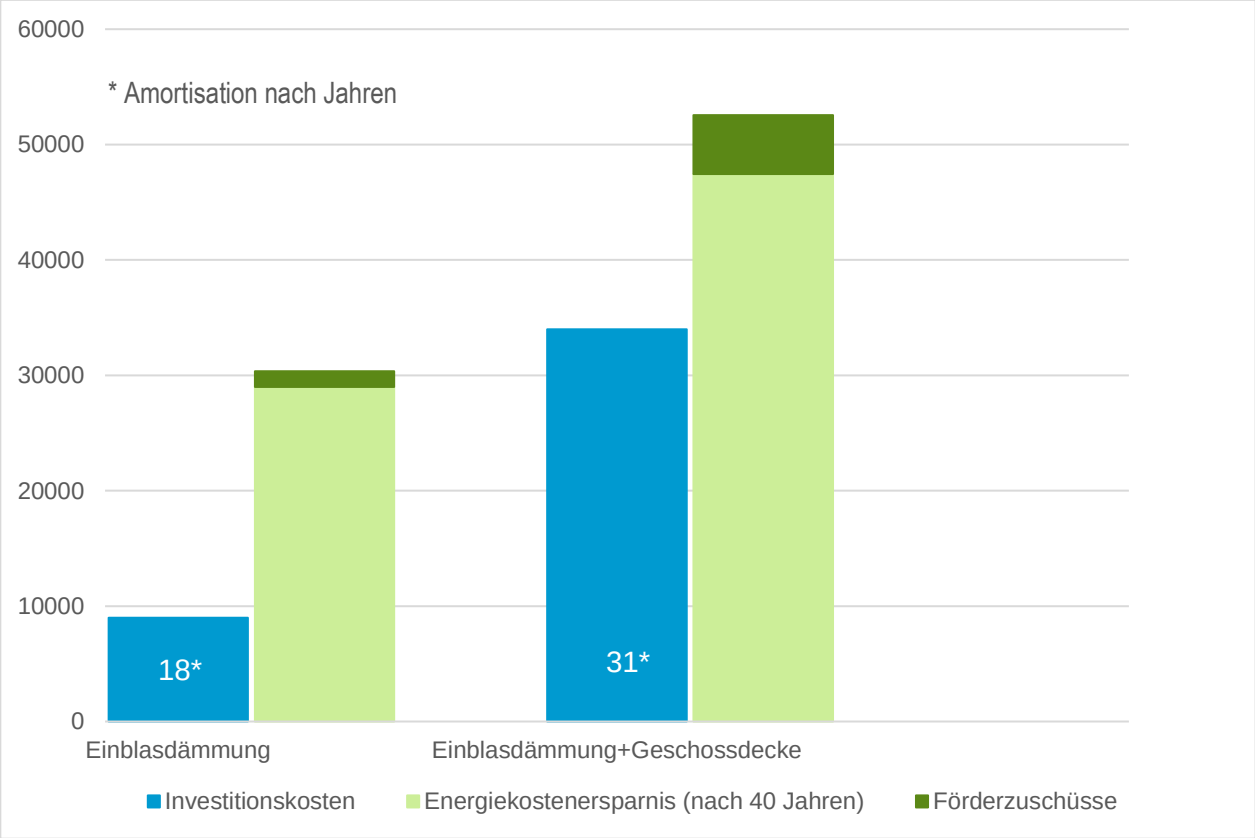

Abbildung 7-45: Schützenheim Ellund, Rentabilität der Maßnahmen nach 40 Jahren

Tabelle 7-18: Variantenvergleich Schützenheim Ellund

	Ist-Zustand	V 1: …	V 2: …
Primärenergiebedarf [kWh/(m²·a)]	233	208	191
Endenergiebedarf [kWh/(m²·a)]	222	198	182
Reduzierung des Endenergiebedarfs		11 %	18 %
CO_2-Emissionen [kg/(m²·a)]	66	59	54
Reduzierung der CO_2-Emissionen		11 %	18 %

Variante 1: Fassadendämmung

In Variante 1 werden die Außenwand des Hauptgebäudes mit 5 cm WLG 035 und die Außenwand des Anbaus von 2008 mit 4 cm WLG 035 gedämmt.

Der derzeitige, rechnerische Endenergiebedarf von 110.478 kWh/Jahr reduziert sich auf 98.405 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 12.073 kWh/Jahr bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO_2-Emissionen werden um 3.572 kg CO_2 pro 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 auf 208 kWh/m²/Jahr. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 1 beträgt 11 %.

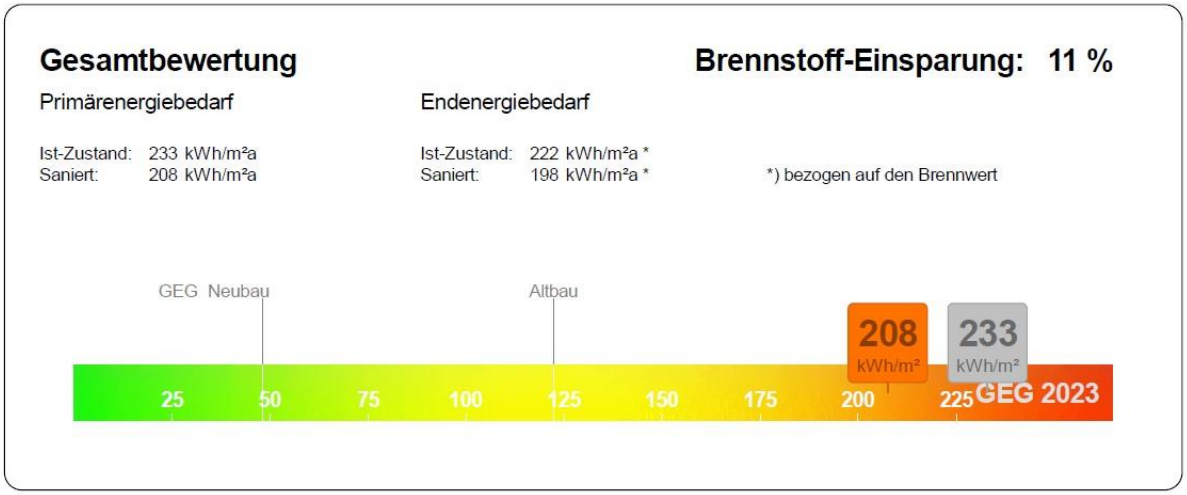

Abbildung 7-46: Bewertung Variante 1, MSK 3

Variante 2: Fassadendämmung + Geschossdecke

In Variante 2 wird zusätzlich zur Fassadendämmung die oberste Geschossdecke mit 18 cm WLG 035 gedämmt.

Der derzeitige, rechnerische Endenergiebedarf von 110.478 kWh/Jahr reduziert sich auf 90.285 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 20.193 kWh/Jahr bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO_2-Emissionen werden um 5.977 kg CO_2 pro 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 auf

191 kWh/m²/Jahr. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 2 beträgt 18 %.

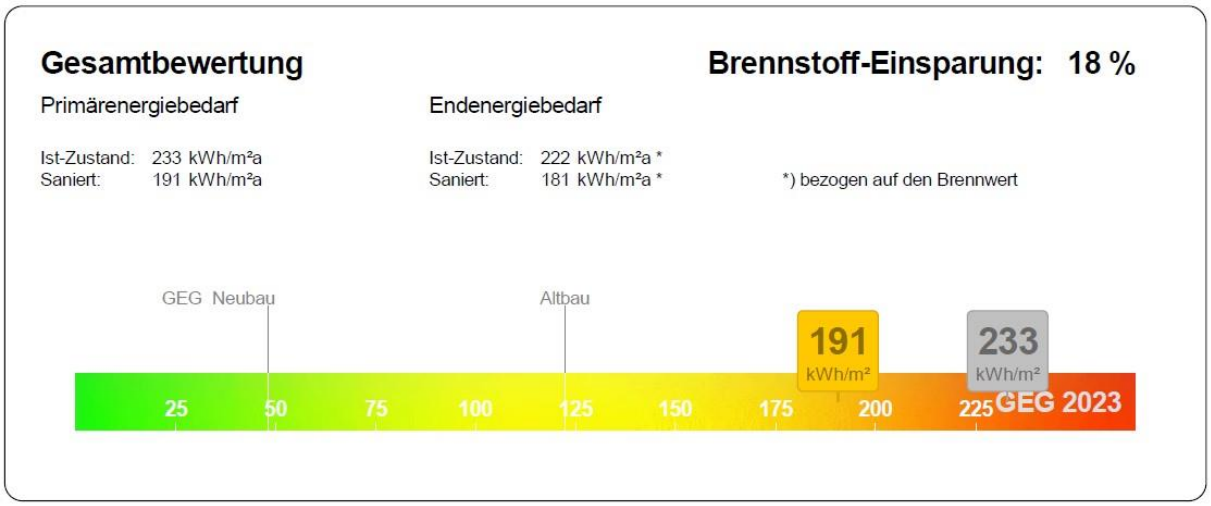

Abbildung 7-47: Bewertung Variante 2, MSK 3

7.3.5 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 die „... Verdoppelung der energetischen Sanierungsrate von jährlich etwa 1 % auf 2 % erforderlich …“ sei (BMWT & BMU, 2010). Eine einheitliche Definition für den Begriff der „Sanierungsrate“ liegt bislang jedoch nicht vor.

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 jeweilige Baualtersklasse im Quartier hat, leiten wir ab, um wie viel Prozent der Wärmebedarf bei einer „quartiersdurchschnittlichen Sanierung“ sinkt. Aus dieser quartiersdurchschnittlichen Sanierung berechnen wir die Wärmebedarfseinsparungen bis zum Jahr 2030 bzw. bis zum Jahr 2050 für die Sanierungsrate von 1 % bzw. von 2 %.

Dabei orientiert sich die Rate von 1 % am bundesdeutschen Durchschnitt, die Rate von 2 % stellt ein optimistischeres Szenario dar. Den Berechnungen liegt die Annahme zugrunde, dass bei einer durchschnittlichen Sanierung im Quartier nördliches Handewitt durchschnittlich 36 % des Heizenergiebedarfs eingespart werden können. Diese Zahl ist abhängig von der Gebäudealtersstruktur und der Intensität der Sanierungen im Quartier. Bei einer Sanierungsrate von 1 % könnte der Wärmebedarf der Gebäude bis zum Jahr 2050 um 10 % gesenkt werden, bei einer ambitionierten Sanierungsrate in Höhe von 2 % sogar um das Doppelte.

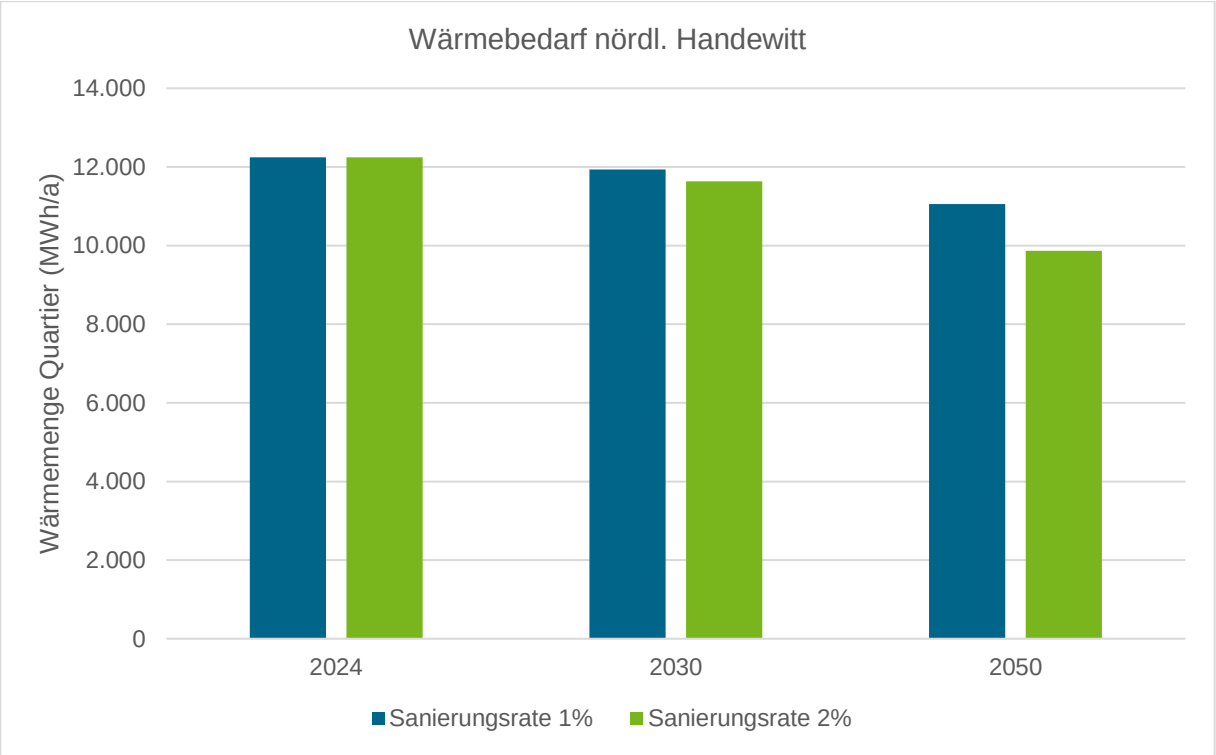

Abbildung 7-48: Entwicklung Wärmebedarf durch Gebäudesanierung

7.3.6 Zusammenfassende Ergebnisse der Mustersanierungskonzepte nördl. Handewitt

Für die vier Mustersanierungsobjekte 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 MSK 1 handelt es sich um ein Gebäude aus dem Jahr 1969. Es wurden bisher, bis auf den Austausch von einigen Fenstern, noch keine energetischen Maßnahmen durchgeführt. Die Sanierung der Gebäudehülle bietet daher jede Menge Energieeinsparpotential. Die Variante 1, die die Durchführung der Einblasdämmung der Außenwand und die Dämmung der Kellerdecke vorsieht, amortisiert sich schon nach 14 Jahren. Es wird insgesamt empfohlen, die Gebäudehülle energetisch zu sanieren, um einen besseren Wohnkomfort zu erzielen. Mit der Sanierung sinkt die Heizlast und es kann eine kleinere und somit kostengünstigere Heizung verbaut werden.

Bei MSK 2 handelt es sich um ein Gebäude aus dem Jahr 1998. Es wurden noch keine Sanierungen durchgeführt. Der Austausch der Heizungsanlage bietet das größte energetische Einsparpotential. Die Varianten 3a und 3b, die neben der Einblasdämmung der Außenwand und dem Austausch der Fenster und Außentüren den Einbau einer Sole-Wärmepumpe bzw. einer Luft-Wärmepumpe empfehlen, amortisieren sich bereits nach 14 bzw. 15 Jahren.

Bei MSK 3 handelt es sich um ein Haus aus dem Jahr 1959. Die höchste Energiekostenersparnis ergibt sich durch die Komplettsanierung zum Effizienzhaus und den Austausch der Heizungsanlage. Die Sanierung zum Effizienzhaus mit Einsatz einer Luft-Wärmepumpe amortisiert sich nach 23 Jahren am schnellsten. Die übrigen errechneten Varianten amortisieren sich erst nach 31-34 Jahren.

Das Schützenheim Ellund wurde im Jahr 1973 errichtet und durch mehrere Anbauten erweitert. Ein Fensteraustausch hat stattgefunden, die größten Energieverluste sind über die Fassade und Bodenplatte zu verzeichnen. Die Durchführung einer Einblasdämmung der Fassade würde den Energieverbrauch reduzieren und sich nach 18 Jahren amortisieren. Wird zusätzlich zur Einblasdämmung noch die oberste Geschossdecke gedämmt, lässt sich der Energieverbrauch noch weiter reduzieren, die Maßnahme amortisiert sich jedoch erst nach 31 Jahren.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass alle Gebäude Potential zur energetischen Sanierung aufweisen. Je neuer das Gebäude ist, desto weniger Energieeinsparpotential ist in der Gebäudehülle zu erwarten. Eine Außenwanddämmung ist im Vergleich zur Kerndämmung eine sehr kostspielige Sanierungsvariante, welche die Amortisationszeit deutlich verlängert. Der Einbau einer neuen Heizungsanlage auf Basis erneuerbarer Energien (z. B. Nahwärme oder Wärmepumpe) erfüllt die gesetzlichen Vorgaben und reduziert den CO_2-Ausstoß.

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.

Die Sanierungsrate in einem Quartier hängt von verschiedenen Faktoren ab. Aufgrund der aktuell hohen Baukosten und der eingeschränkten Verfügbarkeit von Handwerksbetrieben ist mit einer hohen Sanierungsrate von 2 % in naher Zukunft nicht zu rechnen

8. 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. Nach der Betrachtung der Sanierungspotenziale im vorangegangenen Kapitel folgt in diesem Kapitel die ganzheitliche Untersuchung der Versorgungsoptionen des Quartiers.

Man unterscheidet bei der Wärmeversorgung zwischen einer dezentralen, also gebäudeindividuellen Wärmeversorgung und einer zentralen Versorgung mit Nah- oder Fernwärme (Pfnür, Winiewska, Mailach, & Oschatz, 2016). Eine eindeutige Abgrenzung zwischen Nah- und Fernwärme existiert dabei nicht, so dass beide Begriffe synonym verwendet werden können. Bei der dezentralen Versorgung, wie sie in den meisten Ortsteilen von Handewitt aktuell üblich ist, wird im jeweiligen Gebäude selbst Wärme erzeugt. Dies geschieht im Quartier bisher überwiegend auf Erdgasbasis mit dezentralen Heizkesseln in den einzelnen Häusern. 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 weitestgehend 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, der durch Solarthermieanlagen „beladen“ wird. Das dann nicht mehr gedämmte Wärmenetz wirkt u. U. noch als Erdwärmekollektor und liefert über das im kalten Wärmenetz zirkulierende Wasser Energie an die Gebäude. Dem Wärmenetz wird dezentral in den einzelnen Gebäuden durch eine Wasserwärmepumpe Wärme entzogen. Die Option kalter Nahwärme erschien im vorliegenden Quartier mit seinem großen Anteil an Bestandsgebäuden jedoch nicht als sinnvoll und wurde nicht tiefergehend betrachtet.

8.1 ZENTRALE VERSORGUNGSOPTIONEN

Vor dem Hintergrund der aus Klimaschutzgründen gebotenen Senkung der CO_2-Emissionen sowie mit Blick auf die Versorgungssicherheit wird zunächst auf eine zentrale und weitestgehend regenerative Wärmeversorgung des Quartiers fokussiert.

Im Quartier wurden die zusammenhängenden Siedlungsgebiete untersucht, die Außenlieger können nicht wirtschaftlich erschlossen werden und wurden daher vernachlässigt. Die Gemeinde Handewitt ist eine Flächengemeinde und die Ortsteile Ellund und Timmersiek durch ihre ländliche und dörfliche Bebauungsstruktur geprägt. Das Ortsbild wird von Einfamilienhäusern und landwirtschaftlichen Betrieben dominiert.

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. Eine neu zu errichtende Energiezentrale, an die Brennstoffe anzuliefern sind, sollte möglichst straßennah an oder nahe einer Straße mit hohem Verkehrssaufkommen verortet werden, da so innerörtliche Störungen von Wohngebieten vor allem durch Brennstofflieferungen minimiert werden können.

Die Berechnung der Versorgungsoptionen ist in zwei Phasen erfolgt. Nach der ersten Berechnung der abgestimmten Versorgungsoptionen, kam eine weitere hinzu:

Im Ortskern von Handewitt besteht bereits ein Wärmenetz, dass ausgehend eines Altholzheizwerks, dass sich im Gewerbegebiet der Gemeinde befindet, versorgt wird. Zwischen dem Ortskern Handewitt und Ellund liegt der Scandinavian Park (Großer Supermarkt und Rasthof). Auch dieser

wird über eine Trasse mit Fernwärme versorgt. Diese Trasse ist bereits so ausgelegt, dass auch eine Erschließung des Ortsteilts Ellund möglich wäre. Die Abwärmeleistung würde ausreichen, um den Ortsteil Ellund ohne zusätzliche Wärmerzeugungsanlagen zu versorgen. Um konkrete Verhandlungen zur Machbarkeit der Versorgung aufzunehmen und die Ansätze zur Berechnung mit dem Bestandsnetzbetreiber abzustimmen, wurde das Quartierskonzept pausiert. Während dieser Pausierung haben sich die Energiewirtschaftlichen Ansätze, also die Kostenstrukturen stark verändert, sodass die Berechnungen der zweiten Phase nicht mehr mit denen der ersten Phase vergleichbar sind. Insofern werden die Berechnungen der ersten Phase lediglich für den Ortsteil Timmersiek und die Berechnungen der zweiten Phase lediglich für den Ortsteil Ellund vorgestellt.

8.1.1 BETREIBERKONZEPTE

Der Betrieb eines Wärmenetzes kann in verschiedenen Konstellationen erfolgen. Zum einen gibt es Unternehmen, die auf Bau und Betrieb von Wärmenetzen spezialisiert sind (Contractoren) und dieses in der gesamten Region oder auch deutschlandweit anbieten. Denkbar sind jedoch auch lokale Lösungen, sei es in der Form von Bürgerenergiegenossenschaften, wie sie in verschiedenen Orten in Schleswig-Holstein schon vorhanden sind, oder in Form einer kommunalen Gesellschaft. Lokale Lösungen haben in der Regel den Vorteil, dass es eine stärkere Identifikation der Kunden mit dem Versorger gibt (insbesondere bei einer genossenschaftlichen Lösung sind die Kunden selbst Miteigentümer der Wärmeversorgung) und dass größere Teile der Wertschöpfung und die Marge in der Kommune bzw. der Region bleiben. Letzteres setzt allerdings voraus, dass die Leistungen auch weitestgehend selbst oder lokal erbracht werden, da bei einer Vergabe einzelner Stufen der Wertschöpfungskette (z. B. Planung, Bau, Betriebsführung) an einen Dritten außerhalb der Region Wertschöpfung und Teile der Marge doch wieder abfließen.

Eine Übersicht möglicher Vor- und Nachteile verschiedener Organisationsformen ist in Tabelle 8-1 aufgeführt. Dabei handelt es sich um grundsätzliche und mögliche Eigenschaften; letztlich ist stets die genaue örtliche Ausgestaltung entscheidend.

Zu beachten ist, dass Bau und Betrieb eines Wärmenetzes aus einer Vielzahl von Aufgaben bestehen:

- Ausbau des Netzes (Planung, Ausschreibung, Bauüberwachung, Inbetriebnahme),
- Eigentum am Netz,
- technischer Betrieb (Steuerung von Wärmeerzeugungsanlagen und Netz, Wartung / Reparaturen etc.),
- Wärmeeinspeisung (besichert - d. h. mit garantierter Lieferung einschließlich Redundanzvorhaltung - oder unbesichert) und
- administrativer Betrieb (kaufmännische Aufgaben wie Abrechnung, geforderte Deklarationen etc.).

Diese Funktionen können zusammenfallen - z. B. wenn darauf spezialisierte Unternehmen das Netz auf eigene Rechnung bauen und betreiben - müssen es aber nicht. So können, wie bereits erwähnt, Bürgerenergiegenossenschaften oder kleinere kommunale EVU Teile der Leistungen auslagern. Möglich sind auch öffentlich-private Partnerschaften, bei denen spezialisierte Unternehmen und die Kommune eine gemeinsame Wärmegesellschaft gründen. Ebenfalls denkbar und in Gemeinden in Schleswig-Holstein z. T. auch schon praktiziert ist die Variante, dass die Kommune Eigentümerin des Netzes ist, das Netz aber für z. B. 15 oder 20 Jahre an einen Dritten

verpachtet, der damit die Kommune von sämtlichen operativen Aufgaben des Wärmenetzbetriebs entlastet.

Als Eigentümerin behält die Kommune die langfristige Entscheidungshoheit über die Wärmeversorgung, für den Bau des Netzes können Kommunalkreditkonditionen genutzt werden und die Rückflüsse der Baukosten durch die Pacht können über die Mindest-Lebensdauer des Netzes (40 Jahre) kalkuliert werden. Bei Unternehmen in privater Rechtsform drängen die finanzierenden Banken i. d. R. darauf, dass der Rückfluss des investierten Kapitels innerhalb von 15 oder maximal 20 Jahren gewährleistet ist. Dies kann nur über höhere Wärmepreise (im Normalfall erhöhter Grundpreise) der Kunden in dieser Zeitphase gewährleistet werden, was die Attraktivität des Wärmenetzes und damit - sofern die Kommune nicht gemäß § 17 Gemeindeordnung Schleswig-Holstein ein Anschluss- und Benutzungsgebot erlässt - die Anschlussquote reduziert.

Tabelle 8-1: Übersicht Betreibermodelle

MODELL	VORTEILE	NACHTEILE
BÜRGERENERGIE-GENOSSENSCHAFT	• Abnehmer als Miteigentümer (identitätsstiftend!) • ggf. auch andere Versorgungen (Strom etc.) möglich • Wertschöpfung verbleibt, sofern die Leistungen in der Genossenschaft erbracht werden, in der Kommune	• Hohes Engagement von zunächst ehrenamtlichen „Treibern“ nötig • Erfahrung mit Wärmenetzen und Wärmeerzeugung sollte vorhanden sein, da sonst Wertschöpfung doch ausgelagert werden muss • Investitionsvolumen ggf. zu groß
KOMMUNE / KOMMUNALES EVU	• hohes Vertrauen der Bürger • auch andere Versorgungen (Glasfaser, Strom etc.) möglich • u. U. Kommunalkreditkonditionen möglich • Wertschöpfung kann zumindest zu großen Teilen in der Kommune bleiben	• Zustimmung Kommunalaufsicht einzuholen • Hoher Aufwand für Gründung und Aufbau der Infrastruktur • Know-how zu Wärmenetzen, Wärmeerzeugung, Abrechnung etc. aufzubauen oder auszulagern
LOKALE AKTEURE (NICHT-EVU)	• ggf. hohes Vertrauen der Bürger • Wertschöpfung kann zumindest zu großen Teilen in der Kommune oder Region bleiben	• Erfahrung mit Wärmenetzen und den hier in Frage kommenden regenerativen Wärmequellen sowie mit den administrativen Prozessen im Einzelfall zu prüfen
EVU AUS DER REGION	• Know-how zu Errichtung, Betrieb i. d. R. vorhanden • Infrastruktur für Abrechnungen u. ä. vorhanden • ggf. Kommunalkreditkonditionen möglich • ggf. kostengünstiger Einkauf (Mengen!) und Effizienzvorteile	• ggf. Interessenkonflikte wg. Erdgasverkauf • Erfahrung mit Wärmenetzen und den hier in Frage kommenden regenerativen Wärmequellen im Einzelfall zu prüfen • Wertschöpfung und Gewinnmarge nur noch in größerer Region

EVU **AUS ANDEREN REGIONEN (CONTRACTOR)**	• Know-how zu Errichtung, Betrieb i. d. R. vorhanden • ggf. kostengünstiger Einkauf (Mengen!) und Effizienzvorteile • Umfangreiche Erfahrungen	• Erfahrung mit den hier in Frage kommenden regenerativen Wärmequellen zu prüfen • Gewinnmarge und große Teile der Wertschöpfung fließen aus der Region ab

Für die Entscheidung ist maßgeblich, ob in der Kommune die Wärmeversorgung als Daseinsvorsorge verstanden wird. Sollte hier eine positive Entscheidung fallen, gleichzeitig aber keine Bereitschaft bestehen, operative Aufgaben in einem eigenen kommunalen EVU wahrnehmen zu lassen, bietet sich beim Aufbau eines Netzes die kombinierte Ausschreibung von Bau des Wärmenetzes sowie seines Betriebs über 10, 15 oder 20 Jahre an. Dabei können exakte Vorgaben zur Art der Wärmeerzeugung gemacht werden, oder eine Funktionalausschreibung unter definierten Rahmenbedingungen (wie etwa weitestgehende Klimaneutralität der Wärmeversorgung), z. B. im Rahmen eines relativ offenen wettbewerblichen Verfahrens, gewählt werden.

Bei der Verpachtung eines im Eigentum der Kommune befindlichen Wärmenetzes an einen Betreiber stellen sich verschiedene Rechtsfragen im Zusammenhang mit dem Vergaberecht, dem Kartellrecht, dem Kommunalrecht, dem Kreditwesensgesetz und dem EU-Beihilferecht, wie beispielsweise folgende:

- Ein Pachtvertrag mit Betriebspflichten dürfte nach aktueller Rechtspraxis in den meisten Fällen dem Vergaberecht unterliegen - vor allem dann, wenn Vorgaben zur Art und Weise des Betriebs gemacht werden. Abhängig von der Marktsituation vor Ort kann das Kartellrecht zur Ausschreibungspflicht der Wegerechte bzw. bei Errichtung des Netzes im Eigen- oder Regiebetriebes des Pachtvertrages selbst führen.
- Haushaltsrechtlich ist darauf zu achten, dass die konkrete Vertragsgestaltung nicht in die Nähe zu verbotenen Spekulationsgeschäften nach § 75 Absatz 2 GO rückt, z. B. durch einen variablen Pachtzins, der sich an der abgenommenen Wärmemenge orientiert, oder durch eine einseitige Risikotragung, wie sie häufig im Falle einer Trennung von Netz und Erzeugungsanlage vorzufinden ist. Außerdem verlangen Haushalts- und EU-Beihilferecht grundsätzlich einen marktüblichen Pachtzins.
- Das Kreditwesensgesetz kann einschlägig sein, wenn der Pachtvertrag dadurch in die Nähe eines Finanzierungsleasings rückt, dass die Gefahr des zufälligen Unterganges vertraglich auf den Pächter abgewälzt wird.

Sollten sich Investoren finden, die ein Wärmenetz aufbauen und betreiben würden, ohne dass die Kommune involviert ist, stellt sich lediglich die Frage, ob die Gestattung der Wegenutzung konzessionsrechtliche Konsequenzen hat.

Der Bundesgerichtshof hat 2024 festgestellt, dass Gemeinden in Bezug auf die Vergabe von Wegerechten für die Verlegung und den Betrieb von Wärmeleitungen sogenannte Monopolisten sind und daher grundsätzlich der Missbrauchskontrolle marktbeherrschender Unternehmen nach § 19 GWB unterliegen. Ob hieraus zugleich die Pflicht zur Ausschreibung von Wegerechten resultiert, weil sich nach erstmaliger Verlegung eines Netzes wirtschaftlich und ggf. auch technisch faktisch kein weiterer Wärmeanbieter im Gemeindegebiet betätigen kann, ist umstritten. Richterlich ist diese Frage bisher nicht geklärt. Die Tendenz in der Literatur geht - soweit ersichtlich - dahin, dass die Erstvergabe von Wegerechten insbesondere für Nahwärmenetze nicht ausgeschrieben

werden muss. Allerdings trifft die Gemeinde eine Reihe von Pflichten bei der Vertragsgestaltung, z. B. hinsichtlich Vertragslänge, Höhe der Konzessionsabgabe[14] und der Endschaftsklausel.

Grundsätzliches Interesse an einer Versorgung des Ortsteils Ellund hat sowohl der ansässige Biogasanlagenbetreiber als auch der Betreiber des Wärmenetzes im Ortskern der Gemeinde Handewitt M&M Energy. Ob dies auch den Aufbau und / oder Betrieb eines Wärmenetzes umfasst, oder ob bei den Investitionen ein Engagement der Kommune erforderlich wäre, wurde parallel zur Konzeptphase diskutiert. Ein abschließender Beschluss dazu steht zum Zeitpunkt der Berichtsverfassung noch aus.

8.1.1 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 anhand ökologischer, technischer und wirtschaftlicher Kriterien qualitativ auf Realisierbarkeit im Quartier geprüft. Nach dieser mit der Lenkungsgruppe (vgl. Kapitel 11.1) abgestimmten Abwägung wurden die Wärmeerzeugung durch Einsatz von Öl- und Gaskesseln (ausgenommen Redundanzabdeckung und Spitzenlasten), Brennstoffzellen, Erdgas-BHKW und Pyrolyse in den quantitativen Detailbetrachtungen für den Ausbau einer zentralen Wärmeversorgung nicht weiter berücksichtigt:

- Alleinige Öl- und Erdgaskessel sind aus Klimaschutzgründen und zunehmend auch aus Kostengründen sowie aufgrund der eingeschränkten Versorgungssicherheit für eine zentrale Wärmeversorgung nicht weiter akzeptabel. Darüber hinaus müssen sich aufgrund von § 30 WPG ab März 2025 neue Wärmenetze zu mindestens 65 % aus erneuerbaren Quellen versorgen.
- Der Einsatz eines Erdgas-BHKW wird angesichts der Nutzung eines fossilen Energieträgers, der aktuellen Förderbedingungen sowie der steigenden Bepreisung der CO_2-Emissionen bestenfalls noch als Brückentechnologie und nicht mehr als langfristige Lösung angesehen - die Einschränkungen hinsichtlich des erneuerbaren Anteils gelten analog zu denen für Öl- und Erdgaskessel.
- 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).
- Die Erfahrungswerte mit Pyrolyseanlagen sind bisher begrenzt und sie sind mit hohen Investitions-, Betriebs- und Wartungskosten verbunden. Aufgrund der eingeschränkten landwirtschaftlichen Nutzungsmöglichkeit der entstehenden Produkte sind andere Absatzwege zu identifizieren. Insgesamt ist daher die Pyrolyse weniger als Anlage zur Wärmegewinnung zu sehen, sondern eher als Produktionsanlage, deren Abwärme dann, wenn die Anlage ohnehin zu Produktionszwecken errichtet wird, sinnvollerweise genutzt werden sollte. Daher gibt es im Moment auch keine Förderung von Pyrolyse als Wärmeerzeugungsanlage. Eine entsprechende Anlage mit nicht genutzter Abwärme ist im Quartier oder seinem näheren Umfeld aktuell nicht geplant.

[14] Ob zwingend eine Konzessionsabgabe zu erheben ist, wäre zu abzuwägen.

8.1.1.1 PHASE 1 (FEBRUAR 2022)

Abbildung 8-1 stellt die unterschiedlichen Versorgungsvarianten und die Deckungsanteile der Erzeugungsanlagen der ersten Untersuchungsphase dar. Variante 1.1 bis 1.3 sind die Versorgungsoptionen für den Ortsteil Ellund, während sich 2.1 bis 2.3 auf den Ortsteil Timmersiek beziehen.

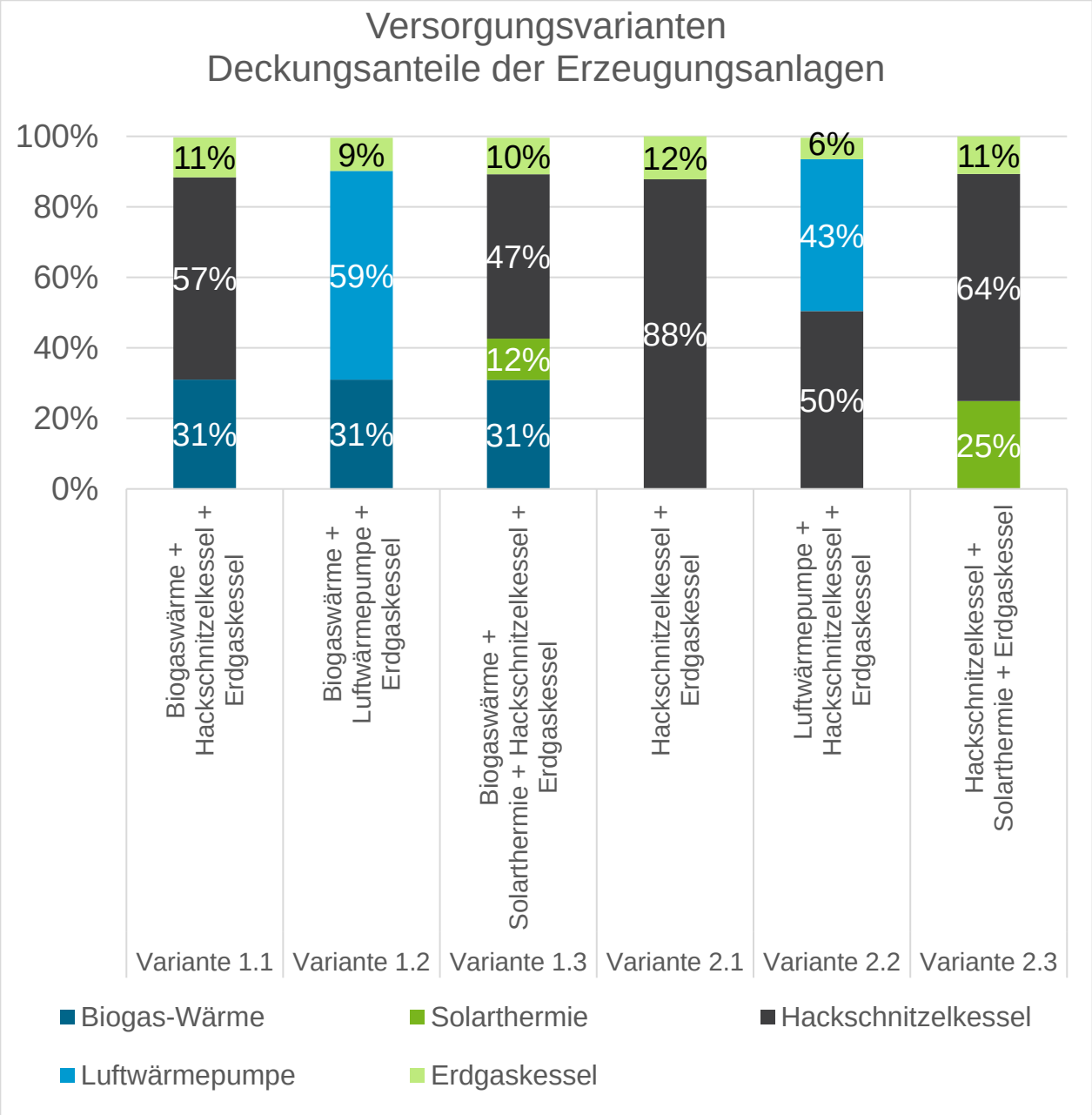

Abbildung 8-1: Versorgungsvarianten für die Ortsteile Ellund und Timmersiek

Im Ortsteil Ellund kann Abwärme aus dem bestehenden Biogas-BHKW genutzt werden und ca. 31 % des Wärmebedarfs decken. In Variante 1.1 wird die Abwärme um einen Hackschnitzelkessel und einen Erdgaskessel für die Spitzenlast ergänzt. Der Erdgaskessel wird dabei so groß dimensioniert, dass dieser im Falle eines Ausfalls oder bei Wartungsarbeiten die Versorgung vollumfänglich besichert. Bei Variante 1.2 wird die Abwärme um eine Luftwärmepumpe und einen Erdgaskessel ergänzt. Variante 1.3 entspricht Variante 1.1 zzgl. einer Solarthermieanlage. Diese

kann jedoch lediglich 12 % der Wärme bereitstellen, da diese die Wärme vor allem im Sommer produziert, wenn der Wärmebedarf gering ist und bereits Abwärme aus dem Biogas-BHKW verfügbar ist. Diese beiden Erzeugungsanlagen stehen also in Konkurrenz zueinander und wurden daher in der zweiten Phase der Betrachtungen vernachlässigt.

In Timmersiek ist der einzige Unterschied, dass keine lokale Abwärme verfügbar ist. In diesem Fall kann bei Versorgungsvariante 2.3 ca. ein Viertel durch die Solarthermieanlage erzeugt werden.

8.1.1.2 Phase 2 (März 2024)

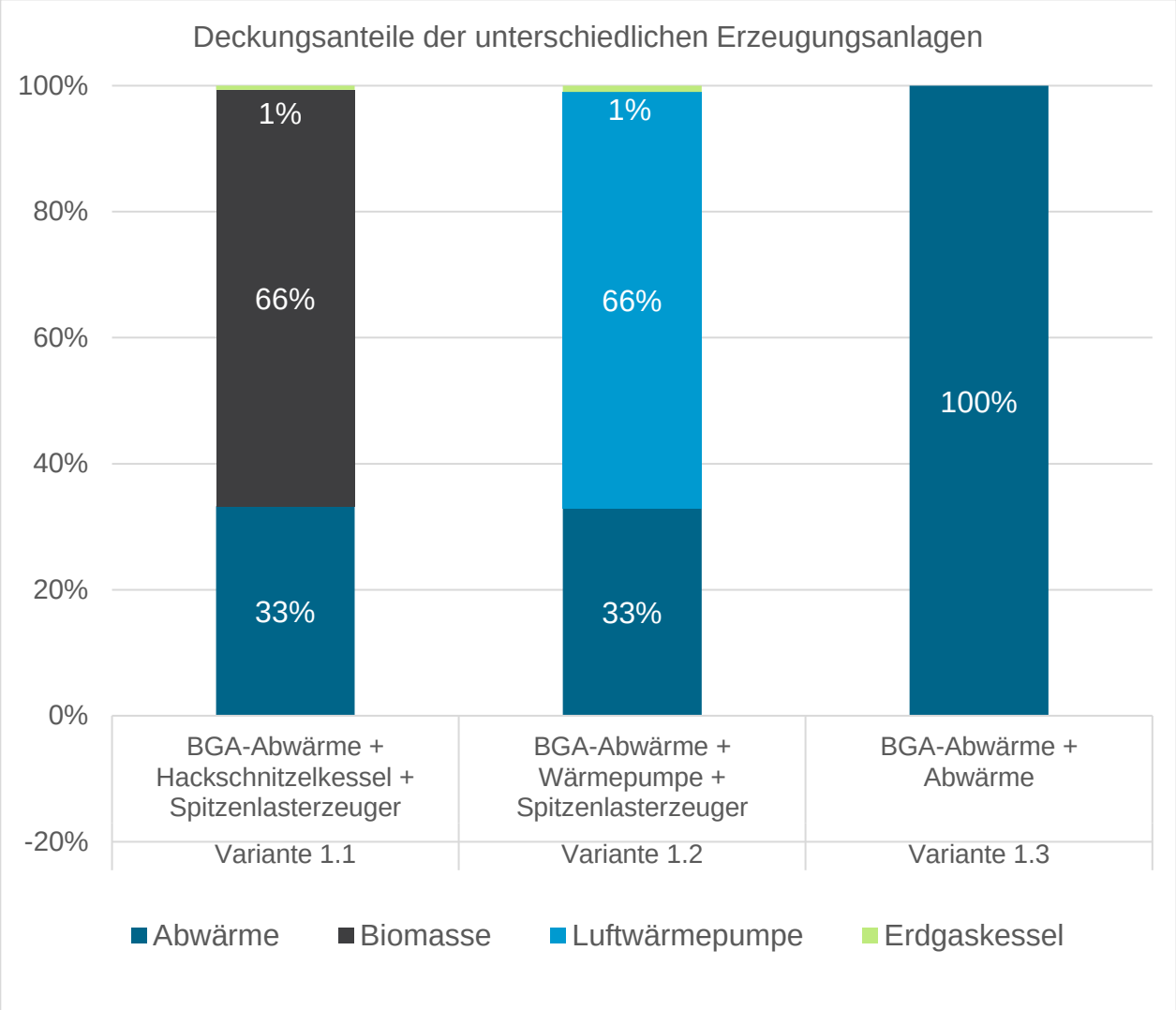

Abbildung 8-2: Versorgungsvarianten der zweiten Phase – Ortsteil Ellund

In der zweiten Phase der Betrachtungen wurde die Versorgung mittels Solarthermieanlage verworfen und stattdessen die Versorgung über die Abwärme ausgehend des Scandiparks betrachtet (Variante 1.3).

8.1.2 Entwurf Wärmenetze

Für die Ermittlung der Gesamtinvestitionen sowie der Netzwärmeverluste ist die Bestimmung der Trassenlänge des untersuchten Wärmenetzes erforderlich. Die Trassenlänge wurde GIS-basiert näherungsweise ermittelt. Die Netzwärmeverluste, die durch Wärmeabgabe aus den mit heißem Wasser gefüllten Heizungsleitungen an das umgebende Erdreich entstehen, sind hierbei exemplarisch für ein gut gedämmtes und zu empfehlendes Wärmenetz sogenannter Twin-Rohre mit gemeinsamem Vor- und Rücklauf in einem Mantel und gemeinsamer Dämmung und Isolierung betrachtet worden.

Die Auslegung des Wärmenetzes erfolgt nach den aktuellen Wärmebedarfen der Gebäude. Grundlage der Berechnung ist angesichts der hier gegebenen Netz- bzw. Nutzerkonstellationen eine Anschlussquote von 80 %. Alle Wärmeerzeugungsanlagen wurden ebenfalls auf den aktuellen Wärmebedarf bei einer Anschlussquote in Höhe von 80 % ausgelegt, da davon auszugehen ist, dass sich nicht alle Eigentümer sofort anschließen lassen werden. Langfristig ist zudem 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. 7.3.6). Dadurch werden weitere Kapazitäten frei, durch die wiederum weitere Gebäude angeschlossen werden können.

Einige Wärmeerzeugungsanlagen haben eine Lebensdauer von 10 bis 20 Jahren; hier kann dann die Dimensionierung bei der Erneuerung an die jeweilige Verbrauchsentwicklung angepasst werden. Außerdem wird durch eine Gebäudesanierung die Heizlast nur teilweise beeinflusst, da sich der Leistungsbedarf für das Trinkwarmwasser nicht in Abhängigkeit vom Gebäudezustand verändert, sondern auf Basis des Nutzerverhaltens.

Abbildung 8-3 stellt die mögliche Haupttrassenführung des untersuchten Wärmenetzes in Ellund in rot dar. Die Netzvarianten für die Versorgung des Ortsteils Timmersiek sind in Abbildung 8-4 und Abbildung 8-5 dargestellt.

Um das Wärmenetz im Hinblick auf Wärmenetzverluste bzw. Wärmeverteilung qualitativ bewerten zu können, müssen die zwischen Heizzentrale und Abnehmern anfallende Netzwärmeverluste mit betrachtet werden (vgl. Abbildung 8-3). Diese sind hauptsächlich von der Netzlänge, der Temperatur des Wärmeträgermediums und der Rohrleitungsdimension abhängig. Im Rahmen des Quartierskonzepts wurde jedoch keine Rohrnetzberechnung vorgenommen, sodass die Wärmenetzverluste lediglich über die Netzlänge und einen pauschalen Ansatz von 15 W/m ermittelt wurden. 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, da die Wärmeverlustleistung lediglich von der Temperaturdifferenz zwischen dem Heizungswasser in den Rohren und dem umgebenden Erdreich abhängt, nicht jedoch von der durchfließenden Wassermenge; die relativen Verluste steigen somit. Die Wirtschaftlichkeit und die ökologische Effizienz des Gesamtsystems verschlechtern sich in Folge.

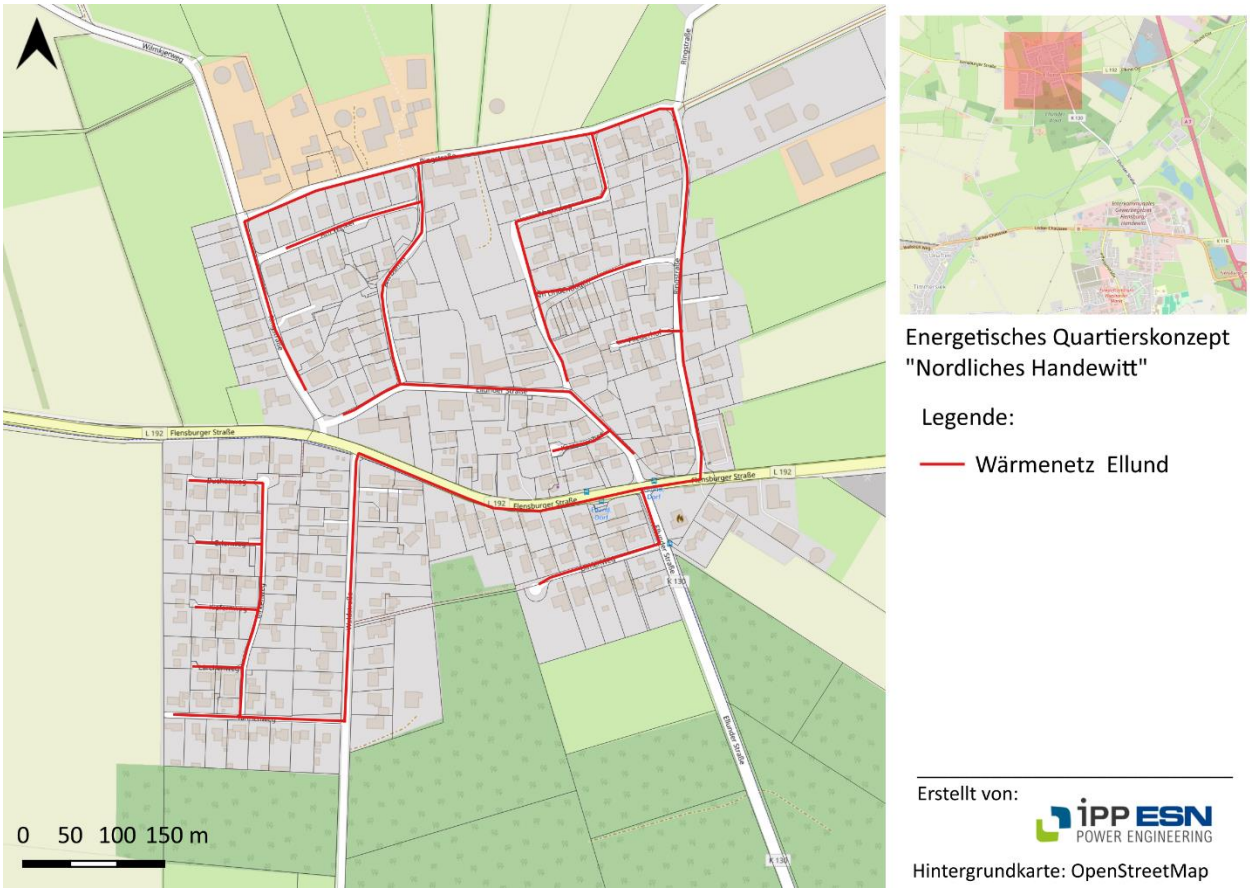

Abbildung 8-3: Entwurf Wärmenetz Ellund

Tabelle 8-2: Netzparameter für den Ortsteil Ellund

NETZPARAMETER[15]		EINHEIT
Trassenlänge	7.108	m
davon Verteilleitungen	4.096	m
davon Hausanschlussleitungen	3.012	m
Netzverluste	622.661	kWh_{th}/a
Wärmeabsatz	3.721.744	kWh_{th}/a
Netzwärmebedarf	4.344.405	kWh_{th}/a
Anschlussnehmer	201	Stk.
Wärmeliniendichte	**0,52**	**MWh/(m·a)**

Die in Abbildung 8-3 rot dargestellte Verteilleitung, welche sich in der Straße befindet, besitzt eine Länge von etwa 4 km. Die Länge der Rohrleitung zwischen dem Wärmenetz und dem jeweiligen Hausanschlussraum wurde pauschal mit 15 m je Anschluss abgeschätzt, sodass bei einer Anschlussquote von 80 % zusätzlich zur Hauptleitung etwa 3 km Hausanschlusstrassen verlegt werden müssen. Insgesamt ergeben sich somit etwa 7 km Wärmenetztrasse. Aus der Netzlänge und

[15] Diese Werte beziehen sich auf eine ambitionierte Anschlussquote in Höhe von 80 %

dem Netzwärmebedarf kann die sog. Wärmeliniendichte abgeleitet werden. Dieser Faktor besagt, wie viel Wärme je Trassenmeter verteilt werden kann und lässt erste Rückschlüsse auf die Machbarkeit eines Wärmenetzes zu. Je höher dieser Wert, umso wirtschaftlicher das Netz. Im ländlichen Raum sind aufgrund der großen Grundstücke und dem überwiegenden Anteil an Einfamilienhäuser niedrige Wärmeliniendichten zwischen 0,45 und 0,7 üblich. Der Ortsteil Ellund liegt mit 0,52 eher im unteren Bereich.

Bei der Versorgung ausgehend des Scandiparks sind 1,7 km zusätzliche Verteilleitung erforderlich, die neben zusätzlichen Investitionskosten auch zu einem höheren Verlust beitragen (+150.000 kWh_{th}) und die Wärmeliniendichte auf 0,42 reduziert.

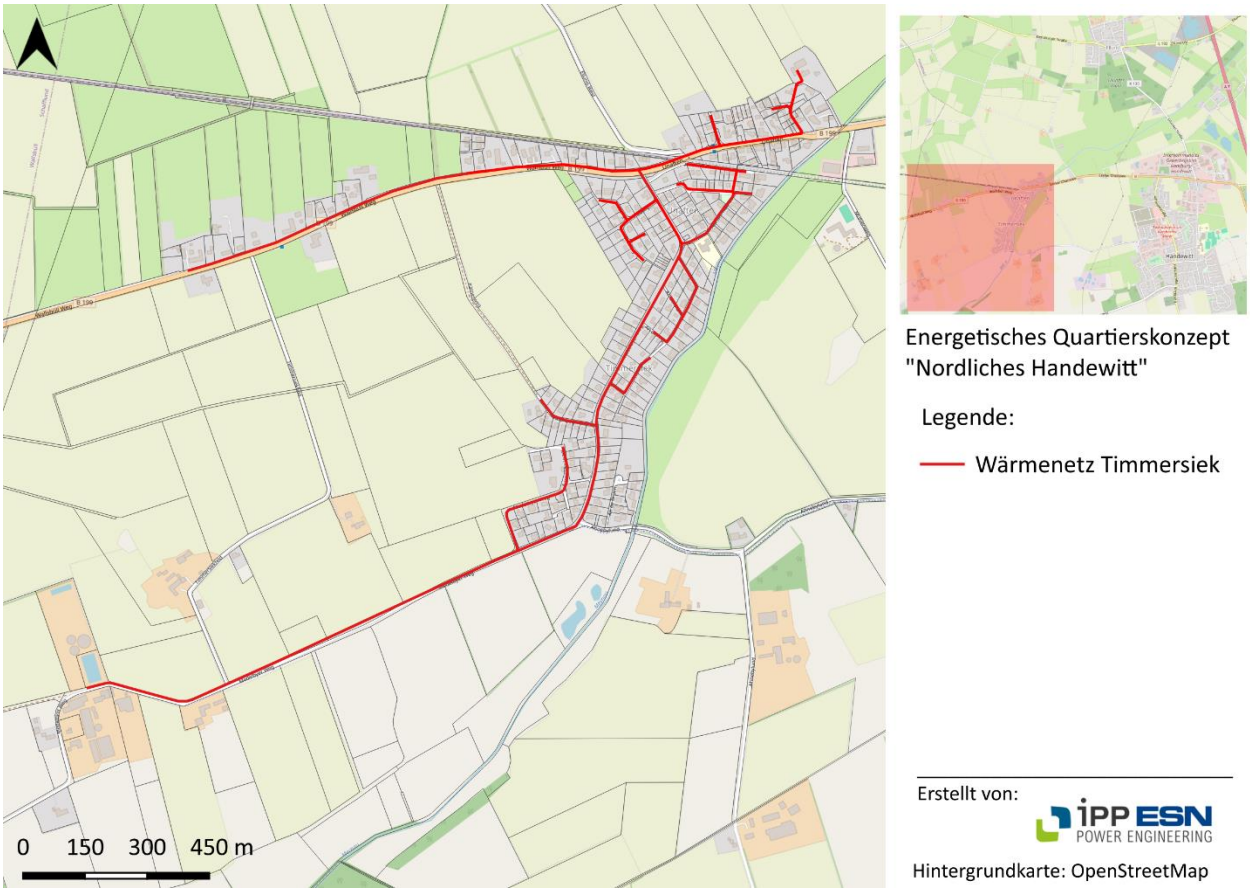

Abbildung 8-4: Entwurf Wärmenetz Timmersiek V1

Im Südwesten Timmersieks befindet sich eine Biogasanlage. Für die Erschließung wäre eine lange Verteilleitung erforderlich. Gleichzeitig verfügt der Biogasanlagenbetreiber lediglich über Abwärme in den Sommermonaten, da ein großer Anteil des Biogases über eine Leitung zum Heizwerk im Ortskern der Gemeinde Handewitt transportiert und dort in einem Satelliten-BHKW genutzt wird. Aufgrund dieser Tatsachen lohnt sich die Investition in diesen Trassenabschnitt nicht und wurde nicht tiefergehend betrachtet. Der Wallsbüll Weg (B199) im Nordwesten des Ortsteils ist zum größten Teil lediglich einseitig bebaut. Entsprechend ist die Wärmeliniendichte in diesem Bereich sehr niedrig. Aus diesem Grund wurde auch dieser Abschnitt in der weiteren Betrachtung vernachlässigt.

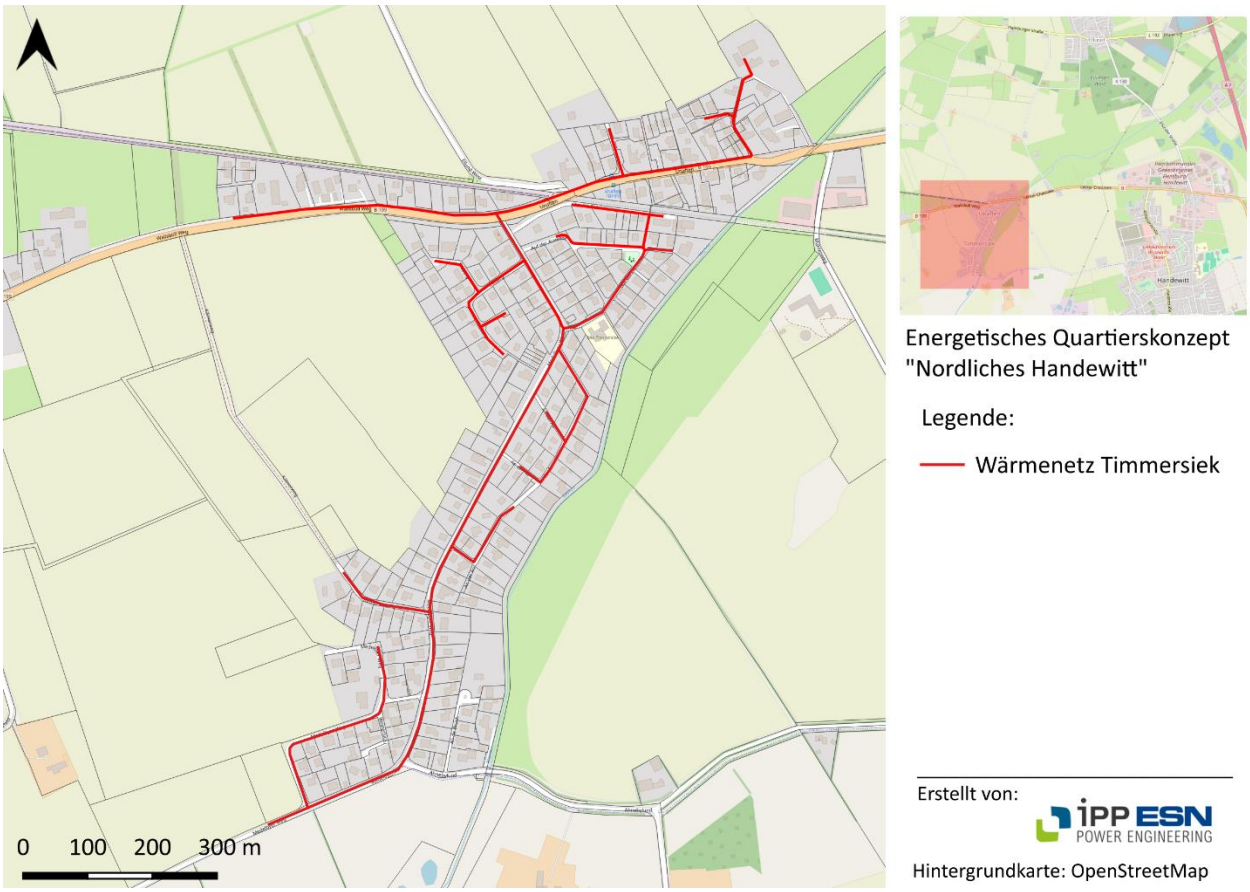

Abbildung 8-5: Entwurf Wärmenetz Timmersiek V2

Tabelle 8-3: Netzparameter Timmersiek

NETZPARAMETER[16]		EINHEIT
Trassenlänge	8.815	m
davon Verteilleitungen	5.263	m
davon Hausanschlussleitungen	3.012	m
Netzverluste	1.158.291	kWh_{th}/a
Wärmeabsatz	4.535.452	kWh_{th}/a
Netzwärmebedarf	5.693.743	kWh_{th}/a
Anschlussnehmer	237	Stk.
Wärmeliniendichte	**0,51**	**MWh/(m·a)**

[16] Diese Werte beziehen sich auf eine ambitionierte Anschlussquote in Höhe von 80 %

8.1.3 ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE ANSÄTZE

Um die untersuchten Szenarien wirtschaftlich bewerten zu können, wurden energiewirtschaftlich relevante Rahmenparameter definiert. Neben einem Kapitalzins von 5 % p. a. wurden aktuelle Kosten für Wartung und Instandhaltung angesetzt. Für den Energieeinkauf wurden Preise aus dem zweiten Halbjahr 2022 und dem ersten Halbjahr 2023 angesetzt. Die Preise für Strom und Erdgas sind dem statistischen Bericht zur Energiepreisentwicklung mit Stand Januar 2023 (Statistisches Bundesamt, 2024) entnommen. Die Preise für biogene Brennstoffe (Holz-Pellets, Holzhackschnitzel) wurden der Marktübersicht des C.A.R.M.E.N e.V. entnommen (C.A.R.M.E.N, 2024). Für Holzhackschnitzel wurden die Preise für die Qualität mit 20 % Wassergehalt zu Grunde gelegt.

Der CO_2-Preis, welcher in den Brennstoffkosten fossiler Brennstoffe inkludiert ist, wird bis 2026 gemäß BEHG kontinuierlich ansteigen. Ab 2026 werden die CO_2-Zertifikate versteigert, sodass der resultierende Preis aktuell nicht exakt bestimmt werden kann.

Tabelle 8-4: Energiewirtschaftliche Ansätze der zentralen Versorgungsvarianten (Phase 2)

Energiewirtschaftliche Ansätze zentrale Versorgungsoptionen				
		netto	brutto	Einheit
MwSt.		19,00%		
Marge		0,00%		
Kapitalzins		3,00%		p. a.
Wartung und Instandhaltung				
Biomassekessel		3,00%		p. a./Invest
Erdgaskessel		2,00%		p. a./Invest
Wärmepumpen		1,50%		p. a./Invest
Solarthermie		3,00		€/MWh
Anlagentechnik und Installation		1,50%		p. a./Invest
Wärmenetz		1,00%		p. a./Invest
Grundstücke & Gebäude		0,25%		p. a./Invest
Versicherung/Sonstiges		0,50%		p. a./Invest
technische Betriebsführung		0,50%		p. a./Invest
kaufmännische Betriebsführung		130 €	155 €	p. Anschluss./p. a.
Energiekosten				
Mischpreis Abwärme	Ø 2. Halbjahr 2022	5,00	5,95	ct/kWh_{th}
	Ø 1. Halbjahr 2023	5,00	5,95	ct/kWh_{th}
Mischpreis Erdgas	Ø 2. Halbjahr 2022	6,74	8,02	ct/kWh_{Hi}
	Ø 1. Halbjahr 2023	6,82	8,11	ct/kWh_{Hi}
Hackschnitzel - WGH20	Ø 2. Halbjahr 2022	3,57	4,25	ct/kWh_{Hi}
	Ø 1. Halbjahr 2023	3,42	4,08	ct/kWh_{Hi}
Pellets - 5 Tonnen	Ø 2. Halbjahr 2022	11,05	13,15	ct/kWh_{Hi}
	Ø 1. Halbjahr 2023	6,55	7,79	ct/kWh_{Hi}
Mischpreis Strom	Ø 2. Halbjahr 2022	20,50	24,39	ct/kWh_{el}
	Ø 1. Halbjahr 2023	21,55	25,64	ct/kWh_{el}
CO_2-Bepreisung	Ø 2. Halbjahr 2022	77,51	92,24	€/t CO_2
	Ø 1. Halbjahr 2023	87,11	103,66	€/t CO_2

Zwischen der Konzeption eines Wärmenetzes und der Inbetriebnahme und ersten Wärmelieferung an Kunden liegen erfahrungsgemäß mindestens drei bis fünf Jahre. Während die Energiepreise in der Zwischenzeit steigen, fallen oder auf konstantem Niveau bleiben können, dürften die CO_2-Preise mindestens auf das doppelte, wahrscheinlicher auf das zweieinhalb- bis dreifache steigen. Da die CO_2-Zertifikate ab 2027 möglicherweise ohne Vorgaben eines Mindest- oder Höchstpreises frei an der Börse gehandelt werden, wurde für die fossilen Brennstoffe statt der in 2022 anfallenden 30 €/t der Preis angesetzt, der sich bereits im europäischen Emissionshandel frei an einer Börse über Angebot und Nachfrage ergibt und derzeit bei ca. 80 €/t liegt (European Energy Exchange, 2023). Die Ansätze für Wartungs- und Reparaturkosten wurden bei den Herstellern angefragt, stammen aus vergleichbaren Projekten oder aus der Richtlinie VDI 2067.

Tabelle 8-4 gewährt einen Überblick über die energiewirtschaftlichen Ansätze für die zentralen Varianten, die der Wirtschaftlichkeitsberechnung zu Grunde gelegt wurden. Für die wirtschaftliche Bewertung der zentralen Versorgungsvarianten wurde der durchschnittliche Preis von Gas, Strom und Hackschnitzeln vom zweiten Halbjahr 2022 und ersten Halbjahr 2023 angesetzt.

Die Ansätze für die Berechnung der ersten Phase sind Tabelle 15-1 im Anhang zu entnehmen.

8.1.4 ZENTRALE WÄRMEVERSORGUNG

In den folgenden Abschnitten sollen diese Versorgungsoptionen wirtschaftlich bewertet, miteinander und mit dezentralen Alternativen verglichen werden.

8.1.4.1 ANLAGENDIMENSIONIERUNG UND ENERGIEBILANZEN

Zuerst erfolgt die Dimensionierung der Wärmeerzeuger und die Bilanzierung der verschiedenen Energieflüsse.

Da ein Hackschnitzelkessel gegenüber einem Erdgaskessel deutlich geringere Brennstoffkosten aufweist und der Investitionsbedarf je kW installierter Leistung eher moderat ansteigt, lässt sich ein relativ groß dimensionierter Hackschnitzelkessel wirtschaftlich betreiben. In diesen Varianten fungiert der Gaskessel im Wesentlichen als Redundanzanlage zur Besicherung im Fall von Störungen des Hackschnitzelkessels und zur Abdeckung besonders hoher Lastspitzen. Da die Ressource Holz begrenzt ist und keine Lösung für alle Gemeinden Deutschlands sein kann (Meereis, 2023), muss die Nutzung dieser Technologie immer im Einklang mit der lokalen langfristigen Verfügbarkeit von Hackschnitzeln stehen.

Wärmepumpen weisen dagegen einen höheren Investitionsbedarf je kW installierter Leistung auf als Biomassekessel. Daher werden Großwärmepumpen möglichst nur für die Grund- und Mittellast ausgelegt. Die Spitzenlastabdeckung übernimmt möglichst ein Spitzenlasterzeuger wie z. B. ein Gaskessel, der niedrige spezifische Investitionskosten je kW installierter Leistung aufweist. In der Folge ist der Anteil des Gaskessels an der Wärmeerzeugung bei Varianten, die Wärmepumpen, aber keine Hackschnitzelkessel beinhalten, höher als bei Varianten, in denen der Hackschnitzelkessel Teile der Spitzenlast abdecken kann. Die benötigte elektrische Energie zum Betrieb der Wärmepumpen wird aus dem öffentlichen Stromnetz bezogen.

Die „fossilen Spitzenlastabdeckung“ durch den Erdgaskessel stellt im Sinne der Wärmewende 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 und Anteile an der Wärmeerzeugung die CO_2-Emissionen gering und die vergleichsweise niedrigen Investitionskosten eines solchen Kessels halten die Kapitalkosten des Gesamtsystems in

Grenzen. Eine Dimensionierung z. B. der Biomassekessel gemäß des gesamten Netzleistungsbedarf wäre mit signifikant höheren Investitionskosten verbunden. Durch die niedrigeren Investitionskosten des nur sehr begrenzt genutzten Erdgaskessels kann vermieden werden, dass sich besonders preissensible Haushalte gegen einen Fernwärmeanschluss entscheiden und so lange wie möglich bei einer fossilen Wärmeversorgung bleiben. Dies kann eine höhere Anschlussquote zur Folge haben, die wiederum den Dekarbonisierungseffekt des Netzes für das Quartier verstärkt.

Es wird in der Dimensionierung der Wärmeerzeuger jedoch stets darauf geachtet, dass der Erdgaskessel einen Anteil von 10 % an der Wärmebereitstellung nicht überschreitet. Anderenfalls entspräche das Wärmenetz nicht den Förderbedingungen der Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW). Ohne investive Förderung lassen sich Wärmenetze derzeit jedoch nicht errichten und wirtschaftlich betreiben.

8.1.4.2 INVESTITIONSSCHÄTZUNG

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

Auf die in den einzelnen Ausgabenkategorien ermittelten Zwischensummen wurde ein spezifischer Aufschlag für Unvorhergesehenes und Planungsleistungen addiert, um einer für die Konzeptphase angemessen konservativen Investitionskalkulation Rechnung zu tragen.

8.1.4.2.1 PHASE 1

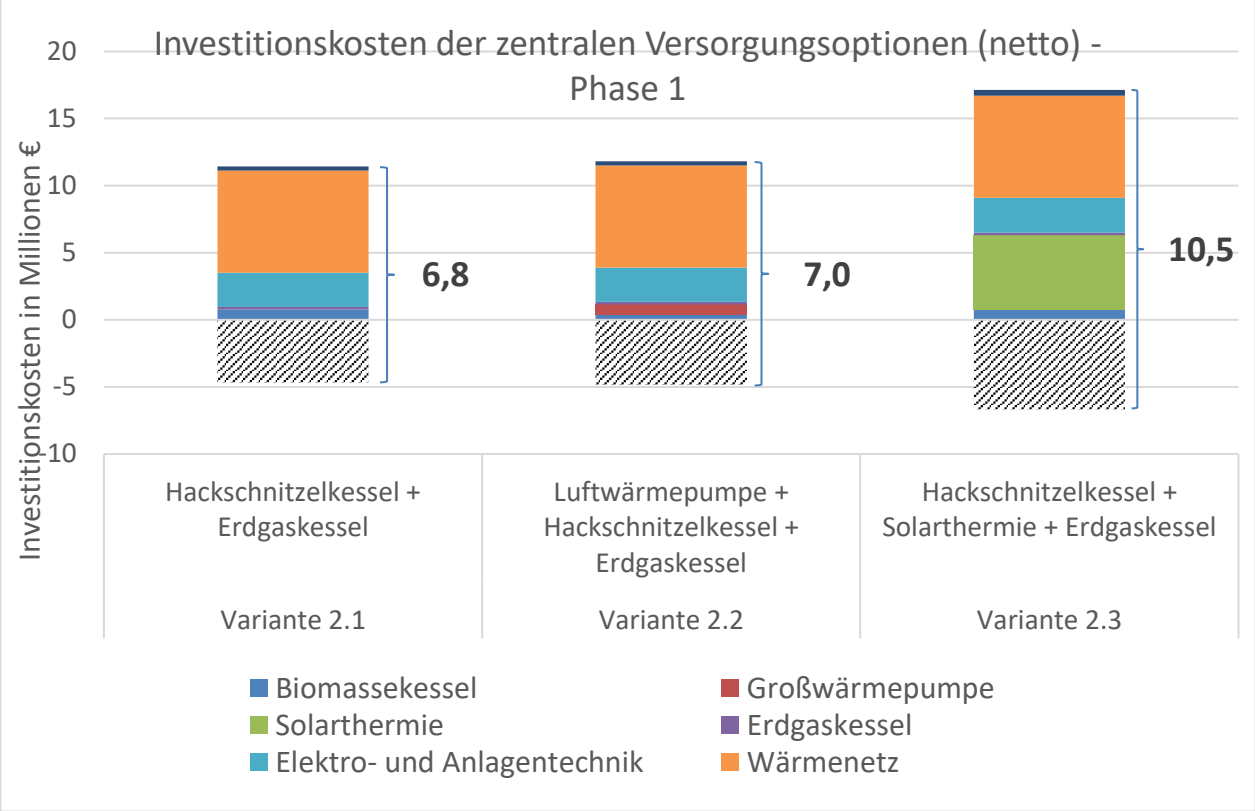

Abbildung 8-6: Investitionskosten der Versorgungsvarianten in Timmersiek – Phase 1

Abbildung 8-6 zeigt die Investitionskosten der unterschiedlichen Versorgungsoptionen. Den größten Anteil der Investitionen aller Versorgungsoptionen betreffen das Wärmenetz (orange). Neben den Investitionen ist auch die erzielbare Fördersumme in grau schraffiert dargestellt. Die Zahl neben der geschweiften Klammer zeigt die langfristig zu finanzierende Summe, also die Investitionssumme abzüglich der Förderung nach BEW. Die Variante mit dem Hackschnitzelkessel erfordert die niedrigste Investition. Während Wärmepumpen nur etwas teurer sind, sind für Solarthermieanlagen deutlich höhere Investitionen erforderlich.

Nach Förderung fallen für den Ortsteil Timmersiek zwischen 6,8 und 10,5 Mio. € Investitionskosten an.

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 eine systematische Förderung für erneuerbare und klimaneutrale Neubaunetze mit maximal 40 % der förderfähigen Ausgaben für die Investitionen in Erzeugungsanlagen und Infrastruktur vor, sowie auch eine Betriebskostenförderung für Solarthermieanlagen und Wärmepumpen (BAFA, 2023). Die Gesamtförderung wird auf die Wirtschaftlichkeitslücke begrenzt. Hierfür muss aufzeigt 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).

8.1.4.2.2 PHASE 2

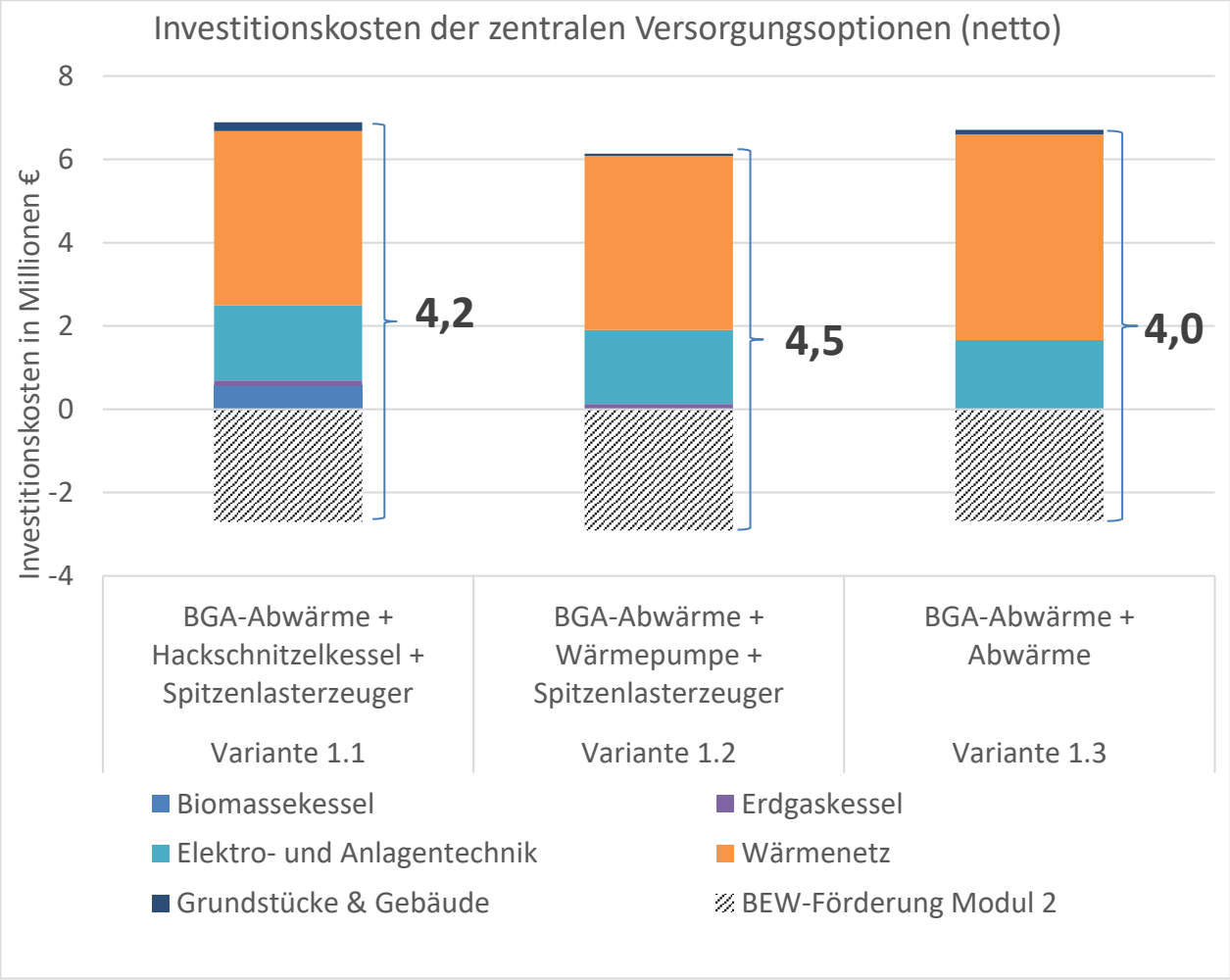

Abbildung 8-7: Investitionskosten der zentralen Versorgungsoptionen in Ellund - Phase 2

Die Investitionen für den Ortsteil Ellund liegen je nach Versorgungsvariante zwischen 4,0 und 4,5 Mio. € nach Förderung durch die BEW.

Die detaillierten Investitionskosten finden sich im Anhang in Tabelle 15-2 und Tabelle 15-4.

8.1.4.3 WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNGEN

Für die untersuchten Phasen und 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 Energiebezugskosten durchgeführt (vgl. Tabelle 15-3 und Tabelle 15-5)

Die Bewertung der Wirtschaftlichkeit erfolgt über die Berechnung der Wärmegestehungskosten des Wärmeerzeugersystems. Hierbei wurde eine ambitionierte Anschlussquote in Höhe von 80 % angenommen.

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 (VDI 2067-1, 2012).

Folgende Nutzungszeiträume wurden angenommen:

- Holzhackschnitzelkessel: 15 Jahre
- Großwärmepumpe (Luft): 18 Jahre
- Großwärmepumpe (Erde / Gewässer): 20 Jahre
- Erdsonden: 50 Jahre
- Erdgaskessel: 20 Jahre
- Elektro- und Anlagentechnik: 15 Jahre
- Bautechnik (inkl. Wärmenetz): 40 Jahre
- Gebäude und Außenanlagen: 50 Jahre

Diese Nutzungszeiträume sind nicht notwendigerweise identisch mit den rechtlich vorgeschriebenen Abschreibungszeiträumen, den von einem Betreiber gewünschten Refinanzierungszeiträumen oder den Kreditlaufzeiten für das eingesetzte Fremdkapital. Dies führt dazu, dass die tatsächlichen jährlichen Kapitalkosten über die Betriebsdauer eines Wärmenetzes variieren und zeitweilig höher ausfallen als durch die beschriebene Betrachtungsweise berücksichtigt. Die daraus resultierenden variablen Kosten können jedoch nicht in einer statischen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung abgebildet werden, sondern erfordern eine dynamische Gewinn- und Verlustrechnung, die den Leistungsumfang einer Konzeptphase übersteigt.

In Abbildung 8-8 sind die spezifischen Wärmegestehungskosten je kWh und in Abbildung 8-9 die Jahreskosten dargestellt, die für die Beheizung eines Gebäudes des Quartiers mit einem exemplarischen Wärmebedarf von 20 MWh/a bei Versorgung über ein Wärmenetz durch die unterschiedlichen Erzeugerkombinationen verursacht werden. Die Kosten sind unterteilt in die Bereiche Kapitalkosten (blau), Betriebs- und Wartungskosten (rot) und Energiekosten (grün). Hierbei sei darauf hingewiesen, dass dies die Kosten sind, die dem Energieversorger entstehen. Die Kosten für die Kunden liegen tendenziell etwas höher, da in diesen Kosten noch keine Marge inkludiert ist.

8.1.4.3.1 PHASE 1

Vergleicht man die Wärmegestehungskosten der unterschiedlichen Versorgungsvarianten untereinander, wird deutlich, dass die Wärmegestehungskosten der Varianten auf Hackschnitzelbasis am niedrigsten sind, gefolgt von den Varianten auf Basis von Luftwärmepumpen.

Der Einsatz von Solarthermie verringert die variablen Kosten auf Grund der niedrigeren Energiebeschaffung. Allerdings werden diese Einsparungen von den Fixkosten aufgrund der höheren Investitionen aufgehoben. Die Einbindung von Solarthermie in eine Versorgungsvariante auf Hackschnitzelbasis führt daher zu ca. 30 % höheren Kosten.

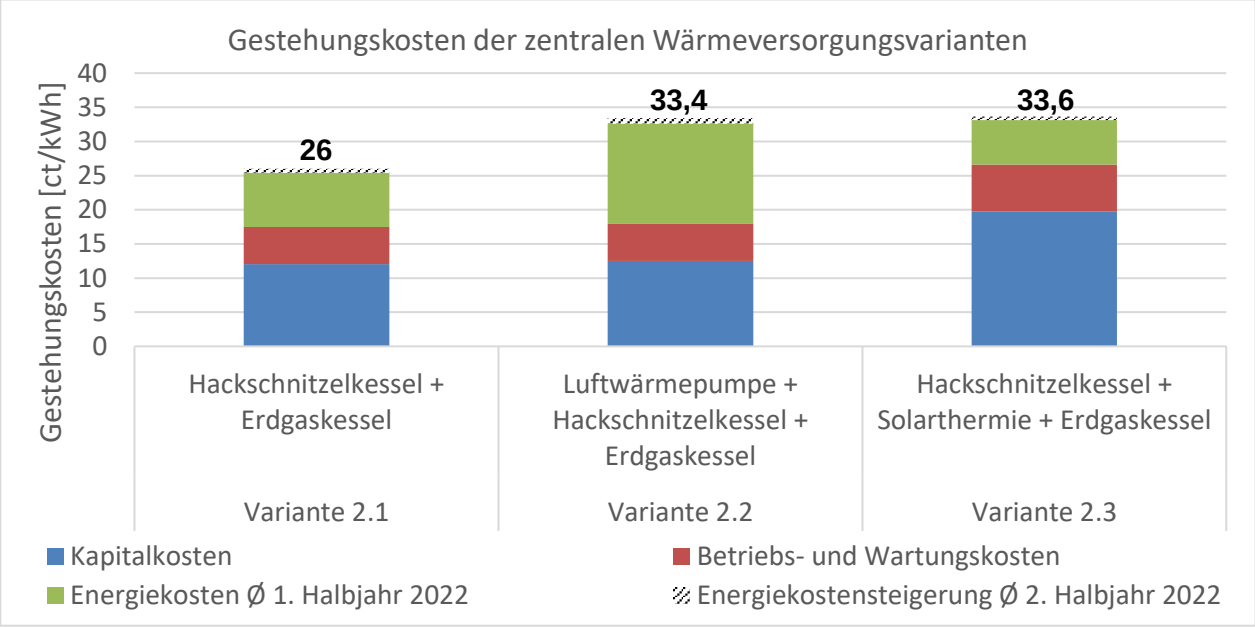

Abbildung 8-8: Vergleich der Wärmegestehungskosten je kWh - Timmersiek

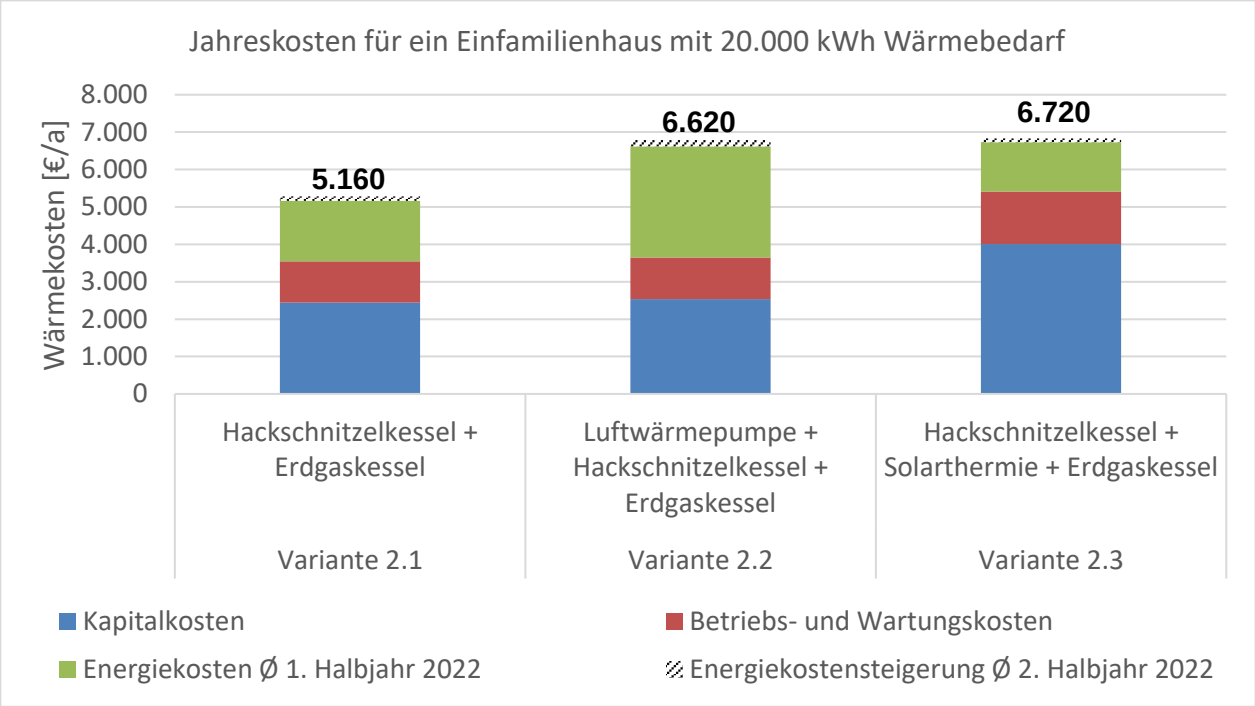

Abbildung 8-9: Vergleich der jährlichen Wärmekosten für ein beispielhaftes Gebäude des Quartiers - Timmersiek

Für die Versorgung eines durchschnittlichen Einfamilienhauses betragen die Jahreskosten der günstigsten zentralen Versorgungsvariante ca. 5.160 €.

8.1.4.3.2 PHASE 2

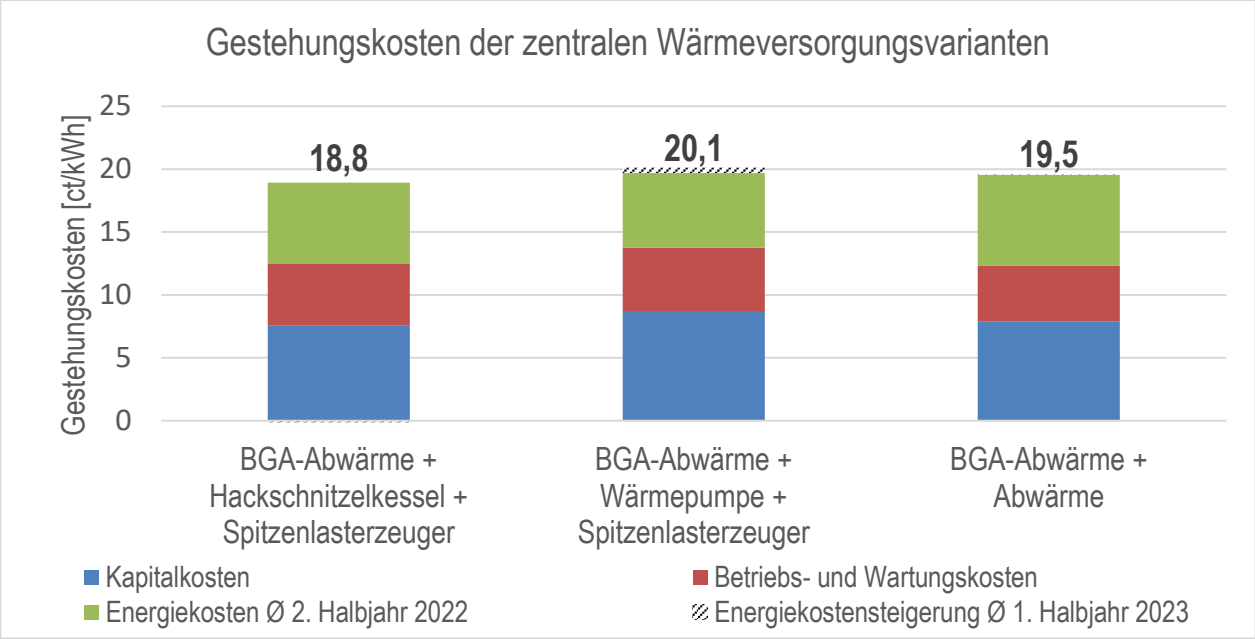

Abbildung 8-10: Vergleich der Wärmegestehungskosten je kWh – Ellund

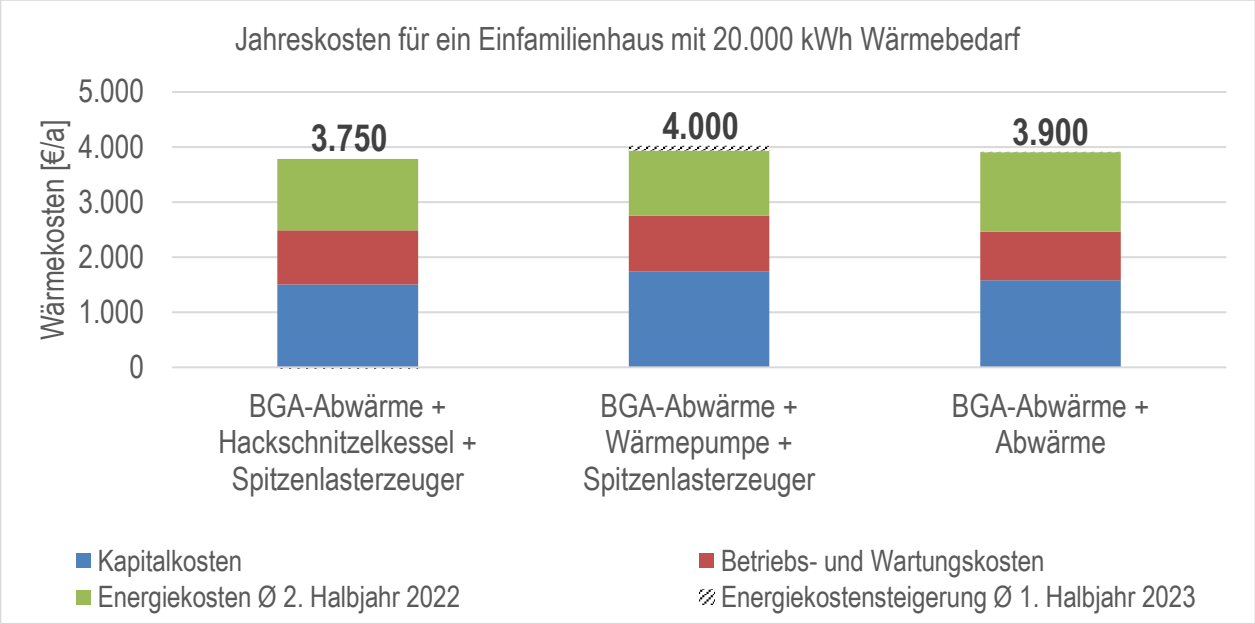

Abbildung 8-11: Vergleich der jährlichen Wärmekosten für ein beispielhaftes Gebäude des Quartiers - Ellund

8.2 VERGLEICH ZENTRALER UND DEZENTRALER VERSORGUNGSOPTIONEN

Als Kostenvergleich zu einer zentralen Wärmeversorgung sowie für die Teile des Quartiers, in denen möglicherweise wegen geringer Wärmeabnahmedichten kein Wärmenetz in Frage kommt, wurden für ein quartierstypisches Einfamilienhaus verschiedene dezentrale Wärmeversorgungsoptionen gegenübergestellt. Die Berechnungen berücksichtigen dabei die seit Anfang 2024 geltenden Fördermöglichkeiten für den Heizanlagentausch aus der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BAFA, 2024).

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 und die Grundförderung in Höhe von 30 % bei allen dezentralen Versorgungsvarianten berücksichtigt. Abbildung 8-12 zeigt die Jahreskosten eines Objektes mit jährlichem Wärmebedarf von 20 MWh/a, die bei Nutzung der verschiedenen möglichen dezentralen Heizungssysteme anfallen.

In den angesetzten Energiekosten wurde wie bei den zentralen Varianten statt des im Jahr 2023 gültigen CO_2-Preis von 30 € pro Tonne der im Europäischen Emissionshandel in 2023 ermittelte CO_2-Preis von ca. 80 €/t berücksichtigt (vgl. Tabelle 8-5). Die indirekten Emissionen der Wärmepumpen durch den Bezug von Netzstrom werden bereits jetzt über diesen an der Börse ermittelten CO_2-Preis abgegolten, der in dem Strompreis inkludiert ist. Für Pellets werden keine Brennstoffbezogenen CO_2-Gebühren erhoben. Die Emissionen entstehen ausschließlich in der Vorkette, also durch Energieverbräuche, die in der Herstellung der Pellets auftreten. Diese Emissionen werden ggf. mit CO_2-Gebühren beaufschlagt, sofern die verwendeten Energieträger in Deutschland bzw. der EU bezogen wird. Die Auswirkungen des CO_2-Preises auf die Energiekosten der Pelletheizung sind vernachlässigbar gering.

Um die unterschiedlich starken Auswirkungen durch schwankende Energiepreise abzubilden, wurden die jährlichen Wärmekosten bei den Energiepreisen des 2. Halbjahres 2022 verglichen mit denen der Energiepreise des 1. Halbjahres 2023, d. h. es wurden die Mehrkosten bei den Preisen des 1. Halbjahres 2023 ausgewiesen. Beides sind exemplarische Betrachtungen - je nach den gewählten Zeitpunkten können sich auch andere Schwankungen der Gesamtkosten ergeben. Insofern geben die Betrachtungen lediglich Indikationen dazu, welche Versorgungsvarianten höhere Schwankungen haben könnten als andere.

Die zugrunde liegenden Energiepreise für die leitungsgebunden Energieträger Erdgas und Strom wurden dem Statistischen Bericht zur Energiepreisentwicklung entnommen (Statistisches Bundesamt, 2024). Die dort für die Abgabe an Privathaushalte gelisteten Durchschnittspreise berücksichtigen neben Neukundentarifen insbesondere langfristige Verträge. Dadurch fällt die Schwankung eher gering aus.

Pellets werden hingegen i. d. R. ähnlich wie Heizöl unregelmäßig und auf Vorrat eingekauft. Dadurch muss zum Zeitpunkt des Einkaufs der aktuelle Preis gezahlt werden, der sich am aktuellen Marktpreis orientiert (C.A.R.M.E.N, 2024). Dabei wurden die Preise für Sackware im bundesdeutschen Durchschnitt angesetzt.[17] Diese Preise schwanken, wie auch die Marktpreise für

[17] Wenn ausreichend Lagerkapazitäten vorhanden sind, könne auch größere Gebinde abgenommen werden, wodurch sich die Energiebezugskosten reduzieren. Inwiefern diese bei Bestandsgebäuden, die ihre Heizung umrüsten, errichtet werden können, ist im Einzelfall zu prüfen.

Erdgas und Strom, deutlich stärker als die vorwiegend üblichen Arbeitspreise einer leitungsgebundenen Versorgung mit Energieträgern für Privatkunden, bei denen oft eine z. B. einjährige Preisbindung besteht.

In Tabelle 8-5 sind die energiewirtschaftlichen Energiewirtschaftliche Ansätze dargestellt, die der wirtschaftlichen Berechnung der dezentralen Versorgungsvarianten zu Grunde liegen.

Beim Ersatz eines (vorhandenen) Gaskessels wird davon ausgegangen, dass zusätzlich eine Solarthermieanlage errichtet wird, um so die Anforderungen von § 9 Abs. 1 EWKG zu erfüllen.[18] Zum Zeitpunkt der Erarbeitung des Quartierskonzeptes und der zugrundeliegenden Berechnungen waren die Anforderungen nach § 9 Abs. 1 EWKG die strengste Vorgabe zur Errichtung einer Erdgastherme in Schleswig-Holstein.

Mittlerweile wurden diese Anforderungen durch perspektivisch strengere Vorgaben des § 71 Abs. 9 GEG ersetzt. So müssen Erdgaskessel, die ab dem 01.01.2024 errichtet werden, ab 2029 mit 15 % erneuerbaren Gasen betrieben werden und dieser Anteil steigt über 30 % ab 2035 bis auf 60 % ab 2040. 2045 muss die komplette Klimaneutralität gegeben sein. Diese Vorgaben werden auf Grund der deutlich höheren Preise für erneuerbare Gase zu einem signifikanten Kostenanstieg bei der Nutzung von neu installierten Erdgasthermen führen.

Die ermittelten Kosten für die Beheizung mit Wärmepumpen gelten unter der Annahme, dass das Gebäude bereits geeignet ist, mit geringeren Vorlauftemperaturen der Heizung von 40 bis 50 °C beheizt zu werden. Sind die vorhandenen Heizkörperflächen zu klein, so steigen entweder die Energiekosten auf Grund höherer Vorlauftemperaturen und der daraus resultierenden geringeren Effizienz der Wärmepumpe, oder es steigen die Kapitalkosten, da zusätzlich zum Einbau der Wärmepumpe einige oder alle Heizkörper getauscht werden müssen. Anzahl und Leistung der auszutauschenden Heizkörper sind jedoch sehr individuell und von Gebäude zu Gebäude unterschiedlich. Daher ist es nicht möglich, diese Kosten verallgemeinernd für das Quartier darzustellen.

[18] „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. …“

Tabelle 8-5: Energiewirtschaftliche Ansätze der dezentralen Versorgungsvarianten

		netto	brutto	Einheit
MwSt.		19,0 %		
Kapitalzins		5,0 %		p. a.
Wartung und Instandhaltung				
Biomassekessel		336	400	€/Jahr
Erdgaskessel		252	300	€/Jahr
Ölkessel		294	350	€/Jahr
Wärmepumpen		126	150	€/Jahr
Solarthermie		126	150	€/Jahr
Energiekosten				
Mischpreis Erdgas	Ø 2. Halbjahr 2022	7,91	9,41	ct/kWh$_{Hi}$
	Ø 1. Halbjahr 2023	10,34	12,30	ct/kWh$_{Hi}$
Pellets - 5 Tonnen	Ø 2. Halbjahr 2022	12,85	15,29	ct/kWh$_{Hi}$
	Ø 1. Halbjahr 2023	8,72	10,37	ct/kWh$_{Hi}$
Mischpreis Strom	Ø 2. Halbjahr 2022	25,56	30,42	ct/kWh$_{el}$
	Ø 1. Halbjahr 2023	32,35	38,50	ct/kWh$_{el}$
CO_2-Bepreisung	Ø 2. Halbjahr 2022	77,51	92,24	€/t CO_2
	Ø 1. Halbjahr 2023	87,11	103,66	€/t CO_2

In Abbildung 8-12 sind die jährlichen Wärmegestehungskosten der unterschiedlichen typischerweise für die dezentrale Wärmeversorgung eingesetzten Heizungstechnologien für ein beispielhaftes Gebäude mit einem jährlichen Wärmebedarf von 20 MWh dargestellt. Dargestellt sind die jeweiligen Anteile, die sich durch die Investition in die Heizungsanlage, die regelmäßige Wartung / Reparatur und die Energiekosten ergeben. Verglichen werden sie mit der Versorgung aus einem Wärmenetz, wobei die Kosten und Emissionen der zentralen Variante angesetzt werden, die auf der Nutzung der Abwärme aus der Biogasanlage und der Abwärme ausgehend des Scandiparks beruht. Neben den Kosten sind auch die Emissionen der unterschiedlichen Versorgungsvarianten (rot) dargestellt.

Es lässt sich ablesen, dass die Erdgastherme mit Unterstützung durch Solarthermie die geringsten Kapitalkosten unter den dezentralen Heizungstechnologien hervorruft. Außerdem liegen die Wärmegestehungskosten der Wärmepumpen mit den Wärmegestehungskosten der Erdgastherme mit Solarthermie in der gleichen Größenordnung, bzw. sind günstiger, wenn selbst erzeugter PV-Strom ca. 20 % des benötigten Stroms der Wärmepumpe ausmacht. Die Investitionen in die PV-Anlage sind dabei nicht in der Grafik als Investitionskosten ausgewiesen, sondern im Preis (14,07 ct/kWh) für den selbst erzeugten Strom enthalten und gehen als Teil der Energiekosten in die Kosten der Wärmeerzeugung ein.

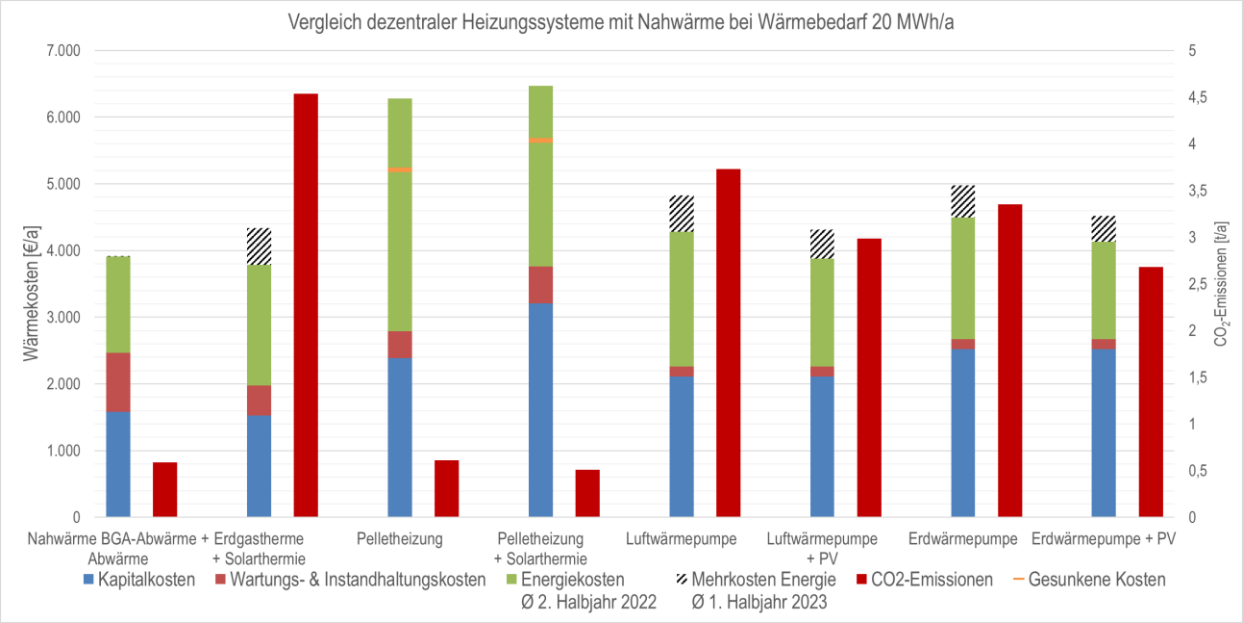

Abbildung 8-12: Vergleich der präferierten Fernwärmevariante mit den typischen zur Verfügung stehenden dezentralen Heizungstechnologien

Die Berechnungen zeigen, dass der Aufbau einer zentralen Wärmeversorgungslösung für ein durchschnittliches Gebäude im Quartier ähnliche bzw. leicht geringere Kosten hervorruft als der Einbau und Betrieb einer erneuerbaren Heizungslösung auf Wärmepumpenbasis. Dies gilt insbesondere unter Berücksichtigung der gestiegenen Energiekosten im ersten Halbjahr 2023 bei gleichzeitig leicht gesunkenen Hackschnitzelpreisen. Da bei einigen Gebäuden mindestens einzelne Heizkörper ausgetauscht oder leicht höhere Strombedarfe in Kauf genommen werden müssten, können die Kosten für das durchschnittliche Gebäude im Quartier bei Beheizung mit dezentralen Wärmepumpen u. U. auch deutlich über den Kosten der zentralen Versorgung liegen.

Es gilt zu beachten, dass dieses Preisgefüge für eine hohe Anschlussquote in Höhe von 80 % gilt. Konkurrenzfähige Kosten sind also nur dann erreichbar, wenn sich fast alle Gebäude des Ortsteils

an das Wärmenetz anschließen. Die Auswirkungen einer geringeren Anschlussquote auf die Gestehungskosten werden in Kapitel 8.3 diskutiert.

Gleichzeitig liegen die CO_2-Emissionen, die indirekt durch die Nutzung der Wärmepumpen hervorgerufen werden, bei einem Vielfachen der CO_2-Emissionen, die durch die Versorgung aus dem Wärmenetz verursacht werden. Diese hohen Emissionen sind auf die Emissionen aus der deutschen Stromerzeugung zurückzuführen. Wird „echter“ Ökostrom (Zerger, 2020) anstelle des Graustroms aus deutschem Strommix zum Betrieb der Wärmepumpen eingesetzt, fallen nur noch minimale CO_2-Emissionen an. Mit zunehmendem Umstieg auf Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen werden diese CO_2-Emissionen jedoch automatisch sinken; zudem sind die Emissionen des in Schleswig-Holstein vorhandenen Strommix deutlich geringer (vgl. Kapitel 8.4).

Die Kosten bei dezentraler Beheizung mit Pellets liegen deutlich höher als bei der zentralen Versorgung aus dem Wärmenetz. Grund hierfür sind sowohl hohe Investitionskosten als auch hohe Energiebezugskosten. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Pelletpreise im 2. Halbjahr 2022 auf einem Allzeithoch waren (s. Abbildung 8-13), was sich durch signifikant gesunkene Energiebezugskosten für Pelletheizungen im 1. Halbjahr 2023 auswirkt. Die Pelletheizungen stellen jedoch trotz gesunkener Kosten weiterhin die teuerste Option dar. Die Beheizung mit Pellets verursacht unter allen verglichenen Technologien die geringsten CO_2-Emissionen und unterschreiten dabei auch die Emissionen des Wärmenetzes um nahezu die Hälfte.

Die dezentrale Beheizung mittels Erdgastherme unter Einbindung von Solarthermie ist unter den derzeitigen Gegebenheiten mit den Kosten der zentralen Versorgung vergleichbar.

Durch die Änderung des Gebäudeenergiegesetz vom 19.10.2023, lässt sich eine neu eingebaute Erdgastherme längstens bis Ende 2028 ohne einen Anteil von erneuerbaren Gasen betreiben. Biomethan, als derzeit wichtigstes verfügbares erneuerbares Gas, wird derzeit für Großkunden mit dem anderthalbfachen Preis von Erdgas gehandelt. Es ist daher absehbar, dass das aktuell geringere Preisniveau nur für ein Fünftel der voraussichtlichen Nutzungsdauer einer Erdgastherme anzusetzen ist.

Die Gasheizung war zu Spitzenzeiten der Energiekrise eine ausgesprochen teure Lösung. Inzwischen ist das nicht mehr der Fall, sie bleibt aber die mit Abstand klimaschädlichste Versorgungsvariante mit den nahezu neunfachen Emissionen der Versorgung aus dem Wärmenetz. Die weiteren Entwicklungen der Energiepreise sind schwer abzuschätzen. Absehbar ist jedoch, dass der steigende CO_2-Preis und die Kosten für den Betrieb eines Gasnetzes, dessen Betriebskosten aufgrund der Umstellung vieler Haushalte von immer weniger Kunden getragen werden müssen, langfristig zu Preissteigerungen führen werden. Darüber hinaus lässt § 71 Abs. 8 GEG den Einbau einer Gastherme, die hauptsächlich fossil betrieben wird, längstens bis Mitte 2028 zu.

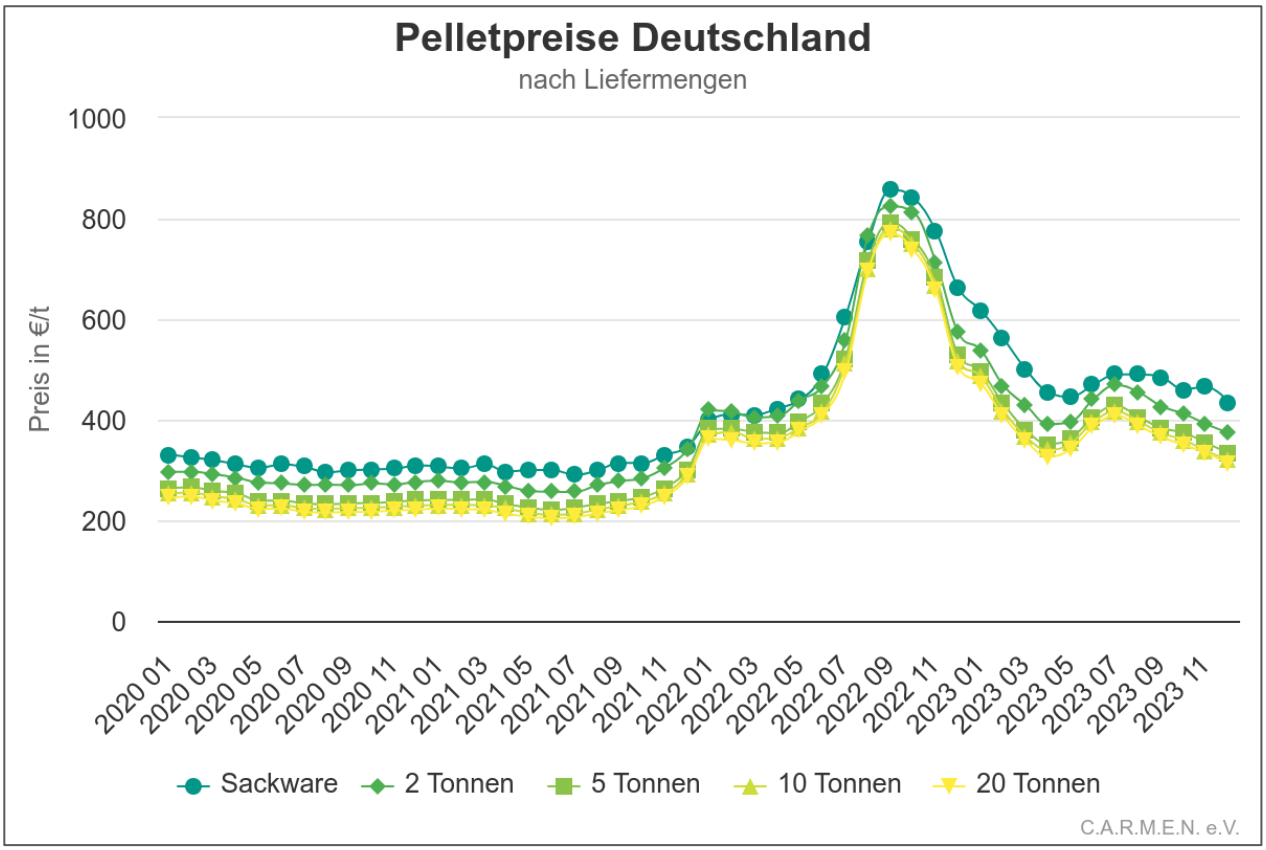

Abbildung 8-13: Pelletpreise im bundesdeutschen Durchschnitt von 2020 bis 2023 vgl. (C.A.R.M.E.N, 2024)

Bei der Betrachtung von Abbildung 8-12 fällt auf, dass der Anteil der Energiebezugskosten an den Wärmegestehungskosten bei der zentralen Wärmeversorgung niedriger ausfällt als bei allen dezentalen Varianten. Die Versorgung mit Wärme aus dem Wärmenetz hat somit das Potential, stabile, d. h. weniger energiepreisabhängige Wärmekosten zu gewährleisten. Es muss dabei darauf hingewiesen werden, dass alle Anlagen- und Energiepreise derzeit starken Schwankungen unterliegen und die Berechnungen für Wärmenetze in einem frühen Konzeptstadium wie hier typischerweise Ungenauigkeiten von bis zu 20 % aufweisen können. Die Auswirkungen von Kostenschwankungen werden im nachfolgenden Kapitel 8.3 näher betrachtet.

8.3 SENSITIVITÄTSANALYSE

Da in den Annahmen im Rahmen eines Quartierskonzeptes systembedingt noch Unsicherheiten liegen, werden in diesem Kapitel unterschiedlichste Sensitivitätsanalysen dargestellt und interpretiert. Diese Sensitivitätsanalysen variieren stets einen Parameter, der die Kosten beeinflusst, während alle anderen Parameter konstant gehalten werden. 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.

Von herausgehobener Bedeutung ist vor allem, ob sich bei der Variation die Rangfolge der Wirtschaftlichkeit der Versorgungsvarianten verändert. Dies hätte zur Folge, dass die Entscheidung für eine bestimmte Versorgungsvariante bei sich ändernden Bedingungen ab einem bestimmten Punkt unter ausschließlicher Berücksichtigung wirtschaftlicher Gesichtspunkte anders ausfallen müsste.

Zur Abschätzung wirtschaftlicher Chancen und Risiken durch sich verändernde Energiepreise bedarf es zunächst der Quantifizierung möglicher Energiepreisentwicklungen. Hierbei wurde die Spanne so gewählt, dass sowohl eine Preissenkung auf das Preisniveau vor der Energiepreiskrise abgebildet werden kann sowie auch ein deutlicher Anstieg der jeweiligen Preise weit über das Niveau der kürzlich erlebten Energiepreiskrise hinaus. Es sei darauf hingewiesen, dass es sich bei den in den Sensitivitätsanalysen dargestellten Energiepreisen und Wärmegestehungskosten um Brutto-Werte handelt.

Abbildung 8-13 lässt sich entnehmen, dass es in den letzten drei Jahren erhebliche Preisveränderungen für Holzpellets gab. Die maximale Preissteigerung gegenüber dem Preis von Dezember 2020 betrug fast 350 %. Jedoch auch die langfristige Preissteigerung bis Dezember 2023 beträgt über 40 % (C.A.R.M.E.N, 2024). Nimmt die Anzahl von Holzpelletsheizungen in starkem Maße zu, ohne dass zusätzliche Angebote auf den Markt kommen, könnten die Preise langfristig weiter steigen.

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 werden die Auswirkungen einer geringeren / höheren Anschlussquote in Folge einer abweichenden Anzahl der an das Wärmenetz angeschlossenen Gebäude dargestellt.

Tabelle 8-6 gibt einen Überblick über die Eingangsparameter der Sensitivitätsanalyse. Basiswerte sind hier die Preise des zweiten Halbjahres 2022.

Tabelle 8-6: Eingangsparameter der Sensitivitätsanalyse

VERÄNDERLICHE PARAMETER	
Strompreis	10 bis 60 ct/kWh
Hackschnitzelpreis	0 bis 15 ct/kWh
Biogaswärme	0 bis 10 ct/kWh
Anschlussquote an das Wärmenetz	40 bis 100 %
Kapitalzinssatz	0,5 bis 6,5 %
Baukosten des Wärmenetzes	100 bis 1300 €/Tr.m

8.3.1 SENSITIVITÄTSANALYSEN DER ZENTRALEN VARIANTEN

In diesem Kapitel werden zunächst die wesentlichen Sensitivitäten der zentralen Versorgungsoptionen dargestellt und diskutiert. Zunächst werden dazu die Preise der wesentlich eingesetzten Energieträger variiert. Die Betrachtungen beschränken sich auf Phase 2 des Quartierskonzepts, also auf die Versorgungsoptionen des Ortsteils Ellund. Aufgrund ähnlicher Versorgungsvarianten lassen sich die Erkenntnisse auch auf die entsprechenden Versorgungsoptionen der Phase 1 für den Ortsteil Timmersiek übertragen.

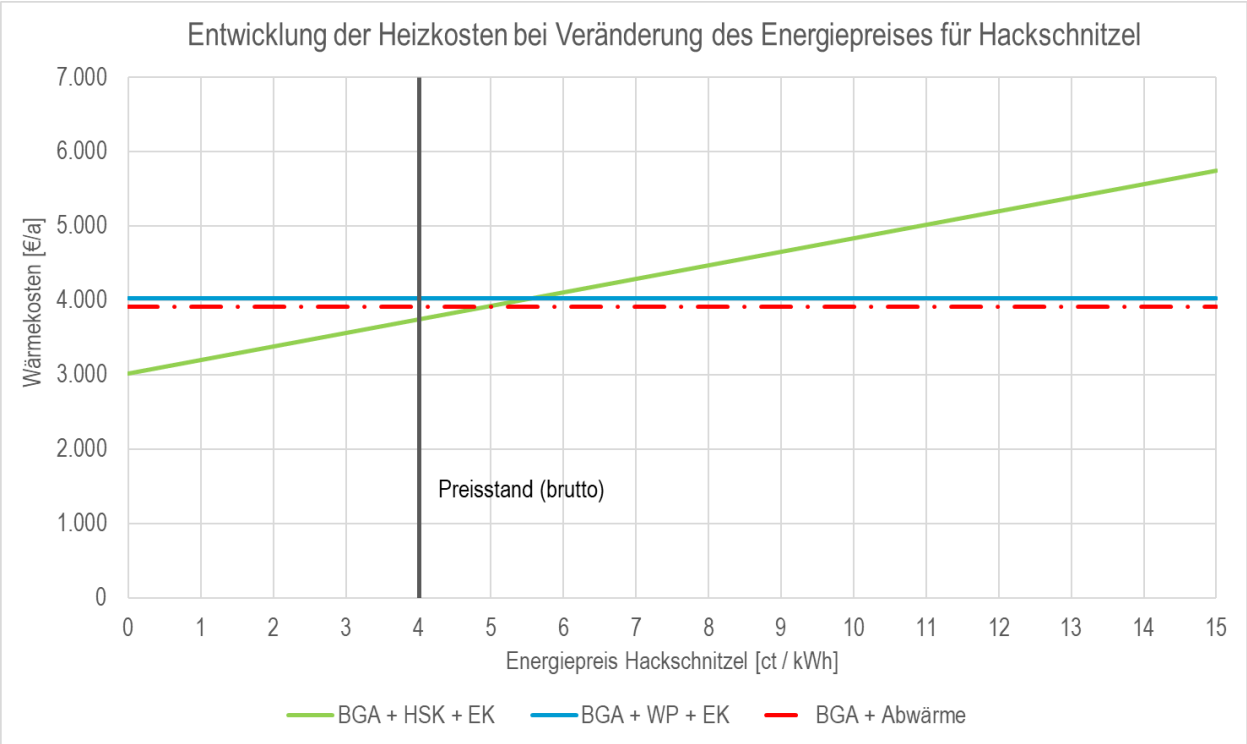

Abbildung 8-14: Sensitivität der Jahreskosten eines Beispielhauses mit 20 MWh Wärmebedarf in Abhängigkeit des Hackscnizelpreises

In Abbildung 8-14 sind die Auswirkungen des Preises für Hackschnitzel mit 20 % Restfeuchte auf die Wärmegestehungskosten für ein Referenzgebäude abgebildet. Es zeigt sich, dass der preisliche Vorteil, den die Nutzung von Holzhackschnitzeln gegenüber der Nutzung einer Luftwärme beim angenommenen Preis noch bieten würde, erst bei Preissteigerungen der Holzhackschnitzel in Höhe von 50 % auf ca. 6 ct/kWh ausgeglichen würde.

In Abbildung 8-15 sind die Auswirkungen des Preises für Strom auf die Wärmegestehungskosten für ein Referenzgebäude abgebildet. Es ist ersichtlich, dass alle Varianten eine Sensitivität hinsichtlich des Strompreises aufweisen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in allen Varianten in geringem Maße Strom für Netzpumpen und Eigenbedarf der Wärmeerzeuger eingesetzt wird. Bei der Variante, die überwiegend Wärmepumpen nutzt, ist die Abhängigkeit vom Strompreis deutlich ausgeprägter als bei den anderen Varianten. Hier reichen bereits Preissteigerungen von ca. 10 % bei den Varianten ohne Unterstützung durch einen Hackschnitzelkessel und 30 % Strompreissteigerung bei der Variante mit Hackschnitzelkessel, um die Wärmegestehungskosten aller anderen Varianten zu übertreffen.

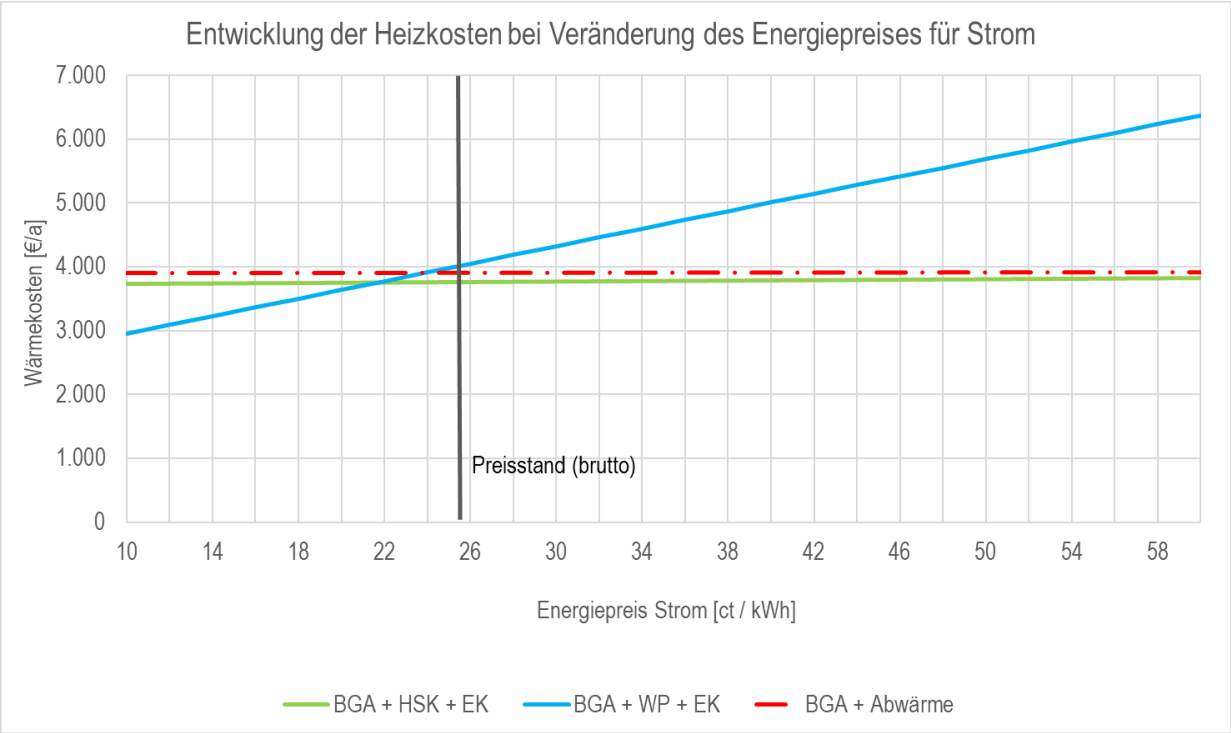

Abbildung 8-15: Sensitivität der Jahreskosten eines Beispielhauses mit 20 MWh Wärmebedarf in Abhängigkeit des Strompreises

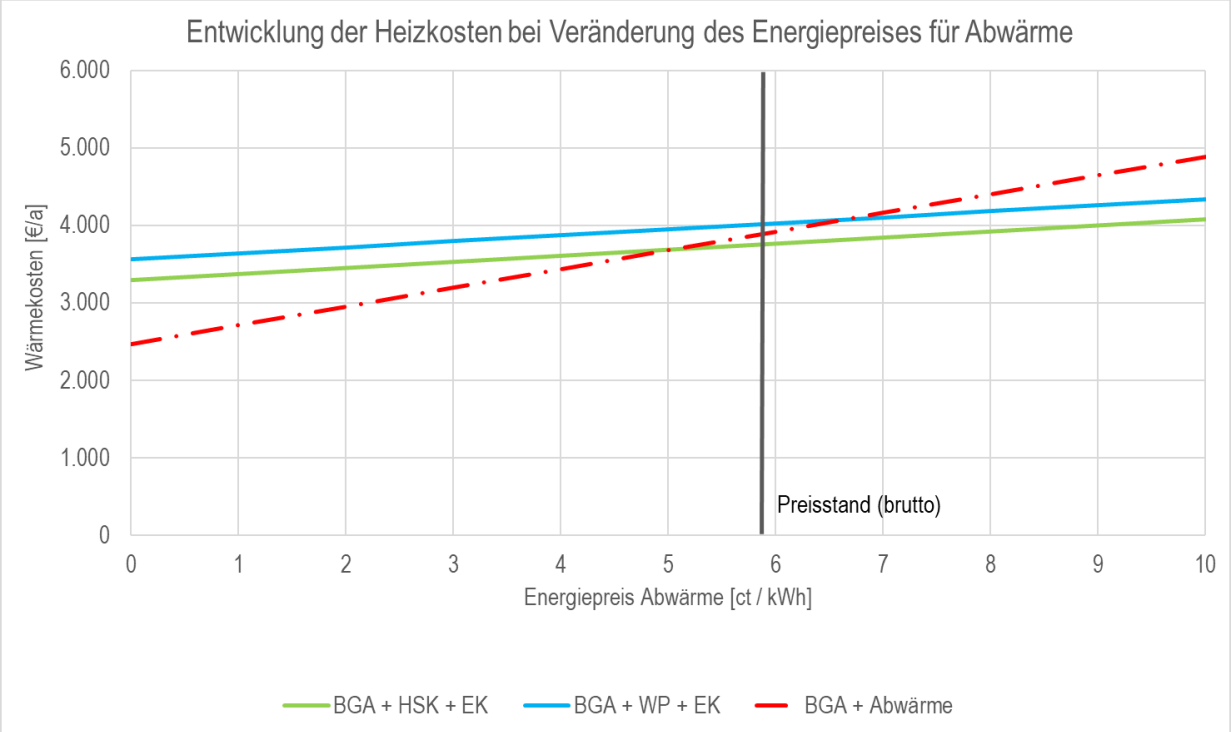

Abbildung 8-16: Sensitivität der Jahreskosten eines Beispielhauses mit 20 MWh Wärmebedarf in Abhängigkeit des Abwärmepreises

In Abbildung 8-16 sind die Auswirkungen eines variierenden Abwärmepreises auf die Wärmegestehungskosten dargestellt. Die Varianten, die die Nutzung der Abwärme aus dem Biogas-BHKW vorsehen, sind weniger stark von der Preisänderung beeinflusst als die Variante, die die gesamte Wärmeversorgung aus Biogas-BHKW Abwärme und Abwärme ausgehend des Scandiparks

darstellt. Ab einem Abwärmepreis größer 6,8 ct/kWh (brutto) ist die Vollversorgung aus Abwärme teurer als die Varianten, die zu einem Drittel aus Biogas-BHKW-Abwärme versorgt werden.

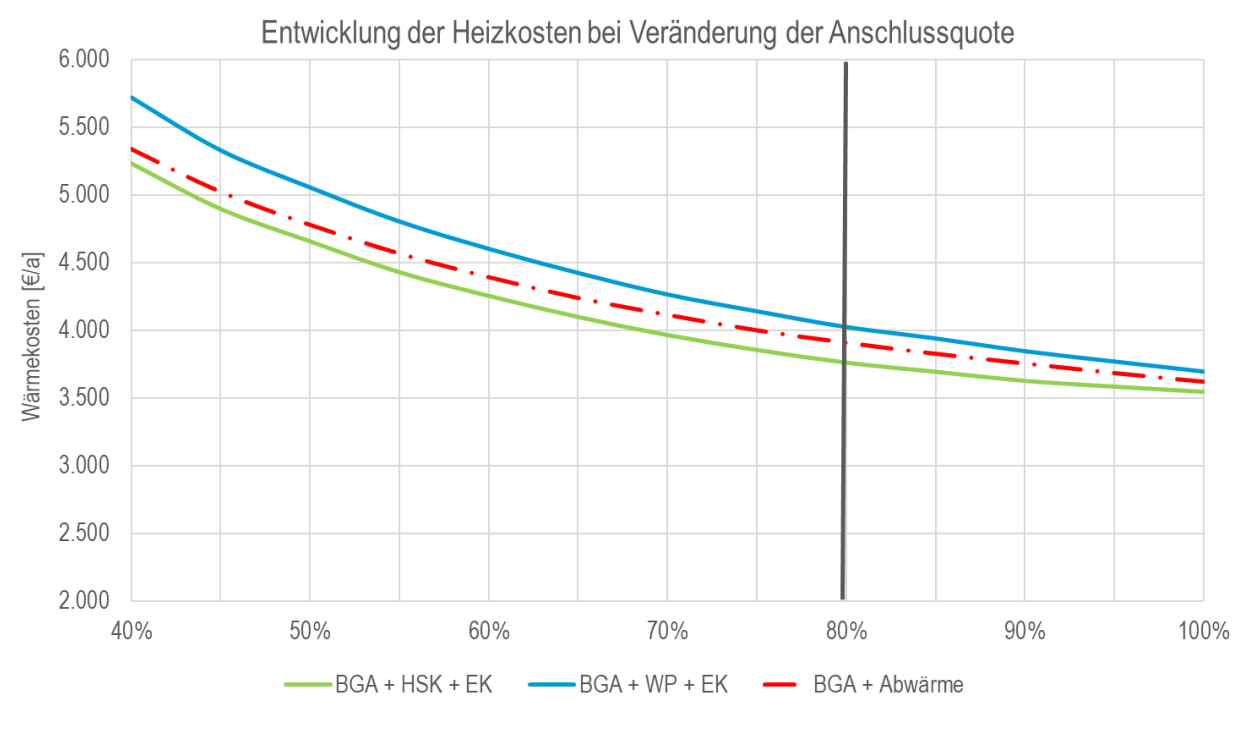

Abbildung 8-17: Sensitivität der Jahreskosten eines Beispielhauses mit 20 MWh Wärmebedarf in Abhängigkeit der Anschlussquote

In Abbildung 8-17 sind die Auswirkungen der Anschlussquote der Gebäude im Quartier auf die Wärmegestehungskosten für ein versorgtes Referenzgebäude mit einem Wärmebedarf von 20 MWh für die untersuchten Varianten dargestellt.

Bei allen Varianten steigen die Kosten der Wärmelieferung bei einer Anschlussquote von 60 % gegenüber den angenommenen 80 % um rund 13 % an. Unterhalb von 60 % Anschlussquote sind dann deutlichere Steigerungen zu verzeichnen. Daher ist eine hohe Anschlussquote für den Erfolg eines Wärmenetzes entscheidend.

Für alle Varianten ist ein einheitlicher Kapitalzinssatz von 3 % p. a. angenommen worden. In Abbildung 8-18 sind die Auswirkungen unterschiedlicher Kapitalzinssätze auf die Wärmegestehungskosten für ein versorgtes Referenzgebäude mit einem Wärmebedarf von 20 MWh dargestellt. Sollte der Zins z. B. auf 5 % steigen ist bei allen Versorgungsoptionen eine Preissteigerung in Höhe von 7 % zu erwarten.

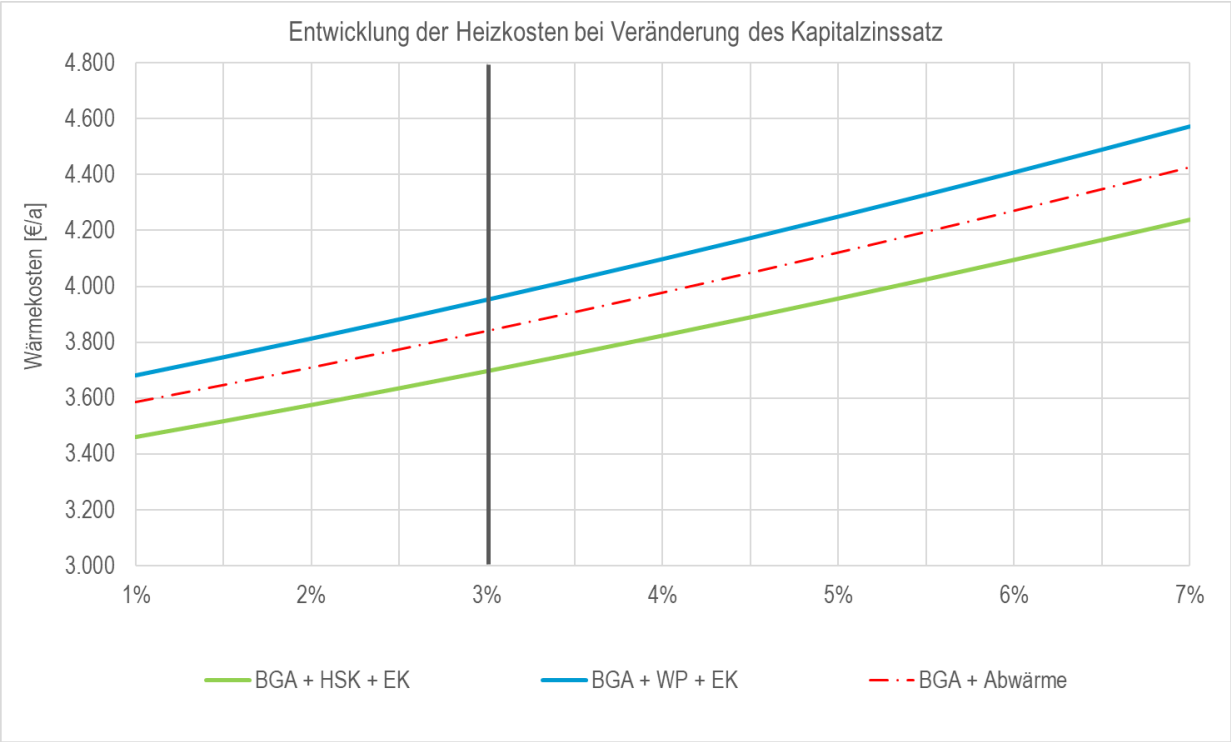

Abbildung 8-18: Sensitivität der Jahreskosten eines Beispielhauses mit 20 MWh Wärmebedarf in Abhängigkeit des Kapitalzinses

Da ein großer Teil der Investition auf den Bau des Netzes entfällt und diese Kosten in den vergangenen Jahren gestiegen sind, ist in Abbildung 8-19 die Veränderung der Jahreskosten in Abhängigkeit der Netzbaukosten dargestellt.

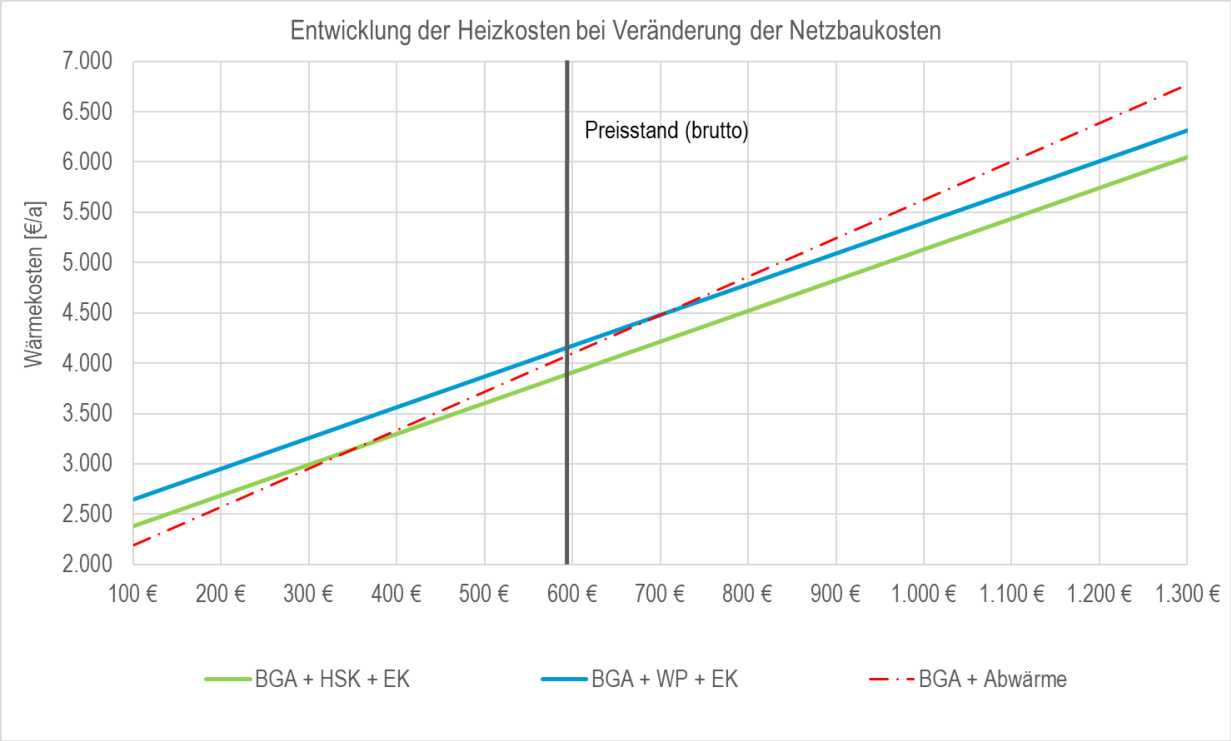

Abbildung 8-19: Sensitivität der Jahreskosten eines Beispielhauses mit 20 MWh Wärmebedarf in Abhängigkeit der Netzbaukosten

Aufgrund der langen Transportleitung ausgehend des Scandiparks sind die Gestehungskosten dieser Variante stärker durch die Netzbaukosten beeinflusst. So wird diese Variante ab mittleren Baukosten in Höhe von ca. 700 €/Tr.m teurer als die beiden Versorgungsvarianten, dessen Heizwerk ortsnah steht. Aufgrund der hohen Auslastung der Tiefbauunternehmen ergeben öffentliche Ausschreibungen derzeit sehr hohe Netzbaukosten von bis zu 900 €/Tr.m. In diesem Fall lägen die Jahreskosten der zentralen Versorgungsoptionen zwischen 4.750 und 5.250 €/a und damit in gleicher Größenordnung der dezentralen Alternativen. Bei noch höheren Baukosten übersteigen die Kosten die der dezentralen Alternativen.

8.4 CO_2-Bilanz und Primärenergiefaktor

Auf Basis der CO_2-Emissionsfaktoren aus Tabelle 6-3 wurden für die einzelnen Versorgungsszenarien die CO_2-Bilanzen erstellt. Hierbei wurde das Methodenpapier „BISKO“ - Bilanzierungs-Standard Kommunal zu Grunde gelegt, das vom Institut für Energie- und Umweltforschung GmbH entwickelt wurde und für Energie- und Treibhausgasbilanzen Bilanzierungsregeln für Kommunen in Deutschland liefert (IfEU, 2019).

Bei der Verbrennung von Holzpellets[19] 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. Für die Ermittlung der Emissionen durch den Einsatz von Strom, welcher für den Betrieb der Wärmepumpen sowie der Anlagentechnik benötigt wird (z. B. Steuer- und Regelungstechnik der Wärmeerzeuger oder Hochleistungspumpen zur Förderung des Wassers im Wärmenetz)[20] wurde der spezifische Emissionsfaktor für den deutschen Strommix verrechnet. Dieser betrug im Jahr 2021 etwa 475 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, sodass die Emissionen der Varianten mit signifikantem Wärmepumpenanteil mit der Zeit automatisch sinken. Zudem kann darauf verwiesen werden, dass in Schleswig-Holstein mehr Strom aus erneuerbaren Energieträgern gewonnen als insgesamt verbraucht wird und zeitweise sogar Anlagen abgeregelt werden müssen, so dass faktisch weit überwiegend Grünstrom im Netz ist.

[19] hier nur relevant bei der dezentralen Versorgung

[20] Der Strom für die Umwälzpumpen wird dem Wärmenetz zugerechnet.

Tabelle 8-7: Emissionsfaktoren der zentralen Wärmeversorgung Ellund

Energiebilanzen	BGA-Abwärme + Hackschnitzelkessel + Spitzenlasterzeuger	BGA-Abwärme +Wärmepumpe + Spitzenlasterzeuger	BGA-Abwärme +Abwärme	Dimension
Emissionsfaktor				
spezifische Emissionsfaktor von Erdgas	247	247	247	g/kWh
CO_2-Emissionen Erdgas	**8,5**	**3,9**	**0,0**	t CO_2/a
spezifische Emissionsfaktor von Solarthermie	24	24	24	g/kWh
CO_2-Emissionen Solarthermie	**0,0**	**0,0**	**0,0**	t CO_2/a
spezifische Emissionsfaktor von Biomasse	25	25	25	g/kWh
CO_2-Emissionen Biomasse	**84,6**	**0,0**	**75,4**	t CO_2/a
spezifische Emissionsfaktor von Strom	475	475	475	g/kWh
CO_2-Emissionen Strom	**15,9**	**603,9**	**2,1**	t CO_2/a
spezifische Emissionsfaktor von Biogas-Wärme	0,0	0,0	0,0	g/kWh
CO_2-Emissionen Bigas-Wärme	**0**	**0**	**0**	t CO_2/a
spezifische CO_2-Emissionsfaktor	**29**	**163**	**21**	g/kWh
CO_2-Emissionen	**109**	**608**	**77**	t CO_2/a

Aktuell betragen die CO_2-Emissionen von dezentralen Öl-, Gas- und Stromheizungen im Quartier aus der Wärmeversorgung (Heizung + Warmwasser) ca. 3.285 t/a. Bei einer Anschlussquote von 80 % innerhalb des potenziellen Versorgungsgebietes Ellund wird unterstellt, dass die Beheizung der verbleibenden 20 % nicht versorgten Liegenschaften wie bisher bestehen bleibt und daher einen Sockelbetrag von 20 % der bisherigen Emissionen bestehen bleibt, zu dem die Emissionen der zentralen Wärmeversorgung und derjenigen Gebäude, die nicht in den Versorgungsgebieten liegen, addiert werden.

Diese Annahme ist insofern gerechtfertigt, dass ca. 38 % der bestehenden fossilen Heizungen weniger als fünf Jahre alt sind. Daher besteht die Möglichkeit, dass ein Großteil dieser Heizungen in ca. 15 bis 20 Jahren noch betrieben werden, während sich die meisten Gebäude mit aktuell älterer Heizung an das Wärmenetz angeschlossen haben könnten. Da die modernen Heizungen tendenziell etwas effizienter sind als die Älteren, sind sie voraussichtlich für lediglich 20 bis 30 % der Emissionen verantwortlich. In dem Umfang, in dem auch die verbleibenden dezentralen Heizungsanlagen auf erneuerbare Energieträger umgestellt werden, werden auch die CO_2-Emissionen der dezentral versorgten Gebäude sinken.

Bezeichnung	Heizenergiebedarf [MWh]	Endenergiebedarf [MWh]	Primärenergiebedarf [MWh]	CO_2-Ausstoß [t]
Gegenwärtige Heizsituation	12.248	13.370	13.147	3.285
Mit zentr. Wärmeversorgung	12.248	13.933	9.763	2.367
Differenz in %	0	+4,2	-26	-28

Bei einer zentralen Versorgung des Ortsteils Ellund auf Basis von Abwärme ergeben sich im Vergleich zu den gegenwärtigen Heizsituationen Einsparungen der CO_2-Emissionen des Gesamtquartiers von etwa 28 %, bei verbleibenden CO_2-Emissionen von ca. 2.367 t/a.

Mit der jährlichen Zunahme des Erneuerbare-Energien-Anteils an der Stromerzeugung in Deutschland werden die Emissionen der Varianten mit signifikantem Wärmepumpenanteil mit der Zeit jedoch automatisch sinken. Dahingegen verbleiben die Emissionen der anderen Varianten nahezu unverändert auf ihrem bereits niedrigen Niveau.

Tabelle 8-8: Primärenergiefaktoren der zentralen Wärmeversorgung Ellund

Energiebilanzen	BGA-Abwärme + Hackschnitzelkessel + Spitzenlasterzeuger	BGA-Abwärme + Wärmepumpe + Spitzenlasterzeuger	BGA-Abwärme + Abwärme	Dimension
Primärenergiefaktor				
Primärenergiefaktor von Erdgas	1,1	1,1	1,1	
Primärenergiebedarf Erdgas	**37.769**	**17.205**	**0**	kWh_{Hi}/a
Primärenergiefaktor von Biogas-Wärme/Abwärme	0,0	0,0	0,0	
Primärenergiebedarf Biogas-Wärme	**0**	**0**	**0**	kWh_{Hi}/a
Primärenergiefaktor von Holz	0,2	0,2	0,2	
Primärenergiebedarf Holz	**676.753**	**0**	**602.857**	kWh_{Hi}/a
Primärenergiefaktor von Netz-Strom	1,8	1,8	1,8	
Primärenergiebedarf Netz-Strom	**60.110**	**8.056**	**8.098**	kWh_{el}/a
Primärenergiefaktor von Netz-Strom (Großwärmepumpe)	1,2	1,2	1,2	
Primärenergiebedarf Netz-Strom (Großwärmepumpe)	**0**	**1.520.392**	**0**	kWh_{el}/a
Primärenergiefaktor	**0,30**	**0,42**	**0,30**	
Primärenergiefaktor nach Kappung (§ 22 Abs. 3 GEG)	**0,20**	**0,42**	**0,20**	
Primärenergiebedarf	**774.632**	**1.545.653**	**610.955**	kWh_{Hi}

Da eine kurzfristige Umsetzung umfangreicher Gebäudesanierungen als 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 und stellt die Primärenergiebedarfe der Versorgungsvarianten bei einer Anschlussquote von 80 % dar. Es zeigt sich, dass alle untersuchten Varianten grundsätzlich niedrige Primärenergiefaktoren aufweisen. Durch den hohen Primärenergiefaktor von Netzstrom ist der resultierende Primärenergiefaktor in der Variante, in der eine Wärmepumpe eingesetzt wird, am höchsten. Die Varianten, die Biogaswärme oder Hackschnitzel einsetzen, unterschreiten die Kappungsgrenze von 0,3 und erhalten durch Anrechnung des erneuerbaren Anteils den bestmöglichen Primärenergiefaktor von 0,2. Demgegenüber wird Holz als Energieträger mit dem Faktor 0,2 bewertet.

8.5 ZUSAMMENFASSUNG WÄRMEERZEUGUNG

Von den untersuchten zentralen Wärmeversorgungsoptionen sind die Versorgungsoptionen in Ellund unter den gegebenen Annahmen wirtschaftlich darstellbar und konkurrenzfähig zu dezentralen Alternativen. Die ermittelten Kosten entsprechen den Vollkosten einer dezentralen Heizung. So bleibt die Möglichkeit eines adäquaten Wärmepreises als Anreizes für potenzielle Kunden, der neben Faktoren wie Komfort- und Platzgewinn und niedrige eigene Investitionen zur Attraktivität des Wärmenetzes beiträgt. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass die zu Grunde gelegte Anschlussquote von 80 % ambitioniert ist. Begleitend zu weiteren Untersuchungen sollte daher frühzeitig das Anschlussinteresse der Gebäudebesitzer abgeklärt und Kundenakquisition betrieben werden.

Im Ortsteil Timmersiek ist aufgrund der langgezogenen Struktur und der Tatsache, dass die Abwärme aus der Biogasanlage nicht wirtschaftlich erschlossen werden kann, eine wirtschaftlich attraktive Fernwärmeversorgung auch bei ambitionierten Anschlussquoten in Höhe von 80 % nicht erreichbar.

Als Ergebnis des energetischen Quartierskonzeptes wird empfohlen, eine Errichtung eines Wärmenetzes und die Versorgung dieses Wärmenetzes durch vornehmlich Abwärme aus der Biogasanlage und Abwärme ausgehend des Scandiparks weiter zu untersuchen. Diese Variante ist zwar nicht die günstigste Variante, verspricht aber aufgrund der Nutzung von Abwärme die höchste Preisstabilität. Um den Kapitaldienst zu minimieren, kann der Ausbau Prozesshaft in Teilschritten erfolgen, um die Investitionen aufzuteilen:
Zunächst könnten die an der Biogasanlage anliegenden Straßenzüge erschlossen und vollumfänglich über die Abwärme der Biogasanlage versorgt werden. Sobald der Wärmebedarf die verfügbare Abwärme übersteigt, kann die Wärmeversorgung über einen mobilen Heizkessel dargestellt werden, während die Erschließung der Versorgungstrasse ausgehend des Scandiparks erfolgt.

Insbesondere bei Hackschnitzeln ist derzeit von einer deutlich steigenden Nachfrage auszugehen, weil viele Wärmenetzbetreiber und auch Besitzer größerer Liegenschaften sowie Akteure in Industrie und Gewerbe, Hackschnitzel auf Grund der Speicherbarkeit der Energie, der vergleichsweise geringen Investitionen in den Wärmeerzeuger und der hohen Temperaturen, die eine Verbrennung liefern kann, schätzen. Gleichzeitig ist die Möglichkeit, das Angebot passend zur Nachfrage zu erhöhen, durch die bestehenden Waldflächen und deren nachhaltige Bewirtschaftung begrenzt.

Auf Grund der deutlich schlechteren Bewertung des Energieträgers Netzstrom sind die Emissionen mit Wärmepumpe ca. fünffach höher als bei einer Variante, die vollständig auf Biomasse basiert. Bei Nutzung der Abwärme können die CO_2-Emissionen eines Durchschnittsgebäudes, das an das Wärmenetz (0,6 t/a) angeschlossen wird ggü. einer Gasheizung (4,6 t/a) um 87 % gesenkt werden.

9. MOBILITÄT

Die Möglichkeiten, im ländlichen Raum den Modal Split[21] zu verändern, sind begrenzt - insbesondere hinsichtlich der Entscheidungen, die auf Quartiers- oder gemeindlicher Ebene getroffen werden können. So liegen beispielsweise sowohl die Entscheidungen über ÖPNV-Anbindungen als auch über die Qualität von Straßen- und Radschnellwegverbindungen bei übergeordneten Planungsinstanzen. Trotzdem müssen die Bedarfe der Gemeinden identifiziert werden, um diese an die verantwortlichen Stellen richten zu können.

Zunächst werden stichwortartig allgemeine Handlungsfelder und Maßnahmen beschrieben und danach auf die individuellen Aspekte der Gemeinde eingegangen.

1. **Stärkung des öffentlichen Nahverkehrs (ÖPNV)**

- **Bedarfsorientierte Buslinien (On-Demand-Verkehr)**: Flexibel gestaltete Kleinbusse oder Sammeltaxis, die auf Abruf fahren, können helfen, Gebiete zu bedienen, die für reguläre Buslinien nicht kosteneffizient wären.
- **Regelmäßige, zuverlässige Verbindungen**: Die Einführung von Taktfahrplänen (z. B. jede Stunde) kann die Nutzung des ÖPNV attraktiver machen.
- **Interkommunale Zusammenarbeit**: Durch die Kooperation mehrerer Gemeinden können größere Verkehrsnetze und ein besserer ÖPNV-Dienst bereitgestellt werden.
- **Fahrgastinformationssysteme**: Digitale Echtzeit-Informationen über Abfahrtszeiten und Verspätungen erhöhen die Zuverlässigkeit und das Vertrauen in den ÖPNV.

2. **Förderung von Radverkehr und Fußgängerverkehr**

- **Fahrrad-Infrastruktur**: Der Ausbau von Radwegen und die Bereitstellung von Fahrradabstellanlagen, insbesondere an ÖPNV-Haltestellen, erleichtern das Umsteigen und fördern die Nutzung des Fahrrads.
- **Leihfahrräder und E-Bikes**: Fahrradverleihsysteme, insbesondere für E-Bikes, sind eine Möglichkeit, auch längere Distanzen in ländlichen Gebieten zu überwinden.
- **Verkehrssichere Gestaltung von Straßen**: Fußgängerfreundliche Maßnahmen wie Zebrastreifen, Gehwege und verkehrsberuhigte Bereiche machen das Zu-Fuß-Gehen sicherer und attraktiver.

3. **Carsharing und Mitfahrgelegenheiten**

- **Carsharing-Angebote**: In ländlichen Regionen können Kommunen Kooperationen mit Carsharing-Anbietern eingehen oder selbst kleine Carsharing-Flotten betreiben.
- **Digitale Mitfahrplattformen**: Apps oder Online-Plattformen zur Organisation von Mitfahrgelegenheiten reduzieren die Anzahl der Einzelfahrten und steigern die Auslastung von Autos.

4. **Multimodale Mobilitätskonzepte**

- **Mobilitätsstationen**: An wichtigen Knotenpunkten (z. B. Bahnhöfen oder zentralen Haltestellen) können Mobilitätsstationen eingerichtet werden, die verschiedene Verkehrsmittel (ÖPNV, Fahrräder, Carsharing) bündeln und den Umstieg erleichtern.

[21] Beschreibt die Verteilung des Personen-Transportaufkommens auf verschiedene Verkehrsträger oder Verkehrsmittel (Verkehrsmittelwahl).

- **Mobility as a Service (MaaS)**: Digitale Plattformen, die alle Verkehrsmittel in einer App integrieren und die Buchung sowie Bezahlung vereinfachen, fördern die Nutzung verschiedener Verkehrsmittel.

5. **Förderung der Elektromobilität**

- **Ladeinfrastruktur**: Der Ausbau von Ladestationen für Elektroautos und E-Bikes in ländlichen Gebieten fördert den Umstieg auf emissionsfreie Fahrzeuge.
- Im Scandipark ist ein umfangreiches Angebot vorhanden.

6. **Intelligente Verkehrssteuerung und Digitalisierung**

- **Digitale Fahrgemeinschaften**: Apps zur Organisation von Fahrgemeinschaften und zur Koordination von Lieferungen können den Individualverkehr reduzieren.

7. **Verkehrsberuhigung und Umgestaltung des Straßenraums**

- **Tempo-30-Zonen in Ortsdurchfahrten**: Eine Reduzierung der Geschwindigkeit kann den Verkehrsfluss beruhigen und den Fuß- und Radverkehr sicherer machen.
- **Rückbau von Straßen und Flächenumwidmung**: Die Umgestaltung von Straßen zu Aufenthaltsräumen oder Fußgängerzonen erhöht die Attraktivität von Ortskernen.

Zur Erarbeitung aktueller Handlungsmöglichkeiten wurden die Bewohnenden 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 zu verschiedenen Mobilitätsoptionen sowie zu aktuellen Entwicklungen 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,
- Verbesserung der Radewegequalität und Straßenbeleuchtungen
- Optimierung des ÖPNV

identifiziert. Die Ergebnisplakate sind Abbildung 15-1 bis Abbildung 15-3 im Anhang zu entnehmen.

9.1 LÜCKENSCHLUSS REGIONALER FAHRRADWEGE

In der Flächengemeinde Handewitt orientieren sich wichtige regionale Verkehre zum Besuch weiterführender Schulen, zu Arbeitsplätzen, Einkäufen, gesundheitlichen Einrichtungen, Freizeitangeboten etc. zu den unterschiedlichen Ortsteilen der Gemeinde selbst und zu Nachbargemeinden wie Harrislee, Flensburg und in das dänische Grenzgebiet. 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. Benannt wurden vor allem unzumutbare Streckenabschnitte für Schulkinder, die von den Außenbereichen zu den Schulen der unterschiedlichen Ortsteile pendeln müssten.

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.).

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

9.2 Verbesserung der bestehenden Fahrradinfrastruktur

Ein weiterer Schwerpunkt der Diskussionen war die Verbesserung der Qualität der bestehenden Fahrradinfrastruktur. So wurden vor allem Verbesserungsvorschläge für die Verbindungswege von und nach Flensburg benannt. So fehlt eine Beleuchtung vor und hinter dem Tunnel, der als Unterführung zur Kreuzung der B199 dient. Um auf den weiterführenden Fahrradweg zu gelangen, der südlich parallel der B199 verläuft, muss man eine Straße kreuzen. Ein Wunsch zur Verbesserung der Sicherheit war Hinweisschilder aufzustellen, die auf querende Fahrradfahrer hinweisen. Dazu kommt, dass dieser Fahrradweg gar nicht beleuchtet werde.
Durch fehlende Beleuchtungen entstehen Angsträume. Dies schmälert die Attraktivität dieser Mobilitätslösungen, die wiederum zu einer geringeren Nutzung führen.

Abbildung 9-1: Verbesserungsvorschläge bestehender Fahrradinfrastrukturen

9.3 FAHRRADVERLEIH

Die KielRegion macht es bereits vor: Mit mehr als 1.200 Rädern an über 225 Stationen steht, die SprottenFlotte in rund 60 Städten und Gemeinden zur Verfügung. Ein vergleichbares Angebot gibt es im Kreis Schleswig-Flensburg noch nicht. Durch die Nähe der Gemeinde Handewitt zur Stadt Flensburg ließe sich ggf. im Rahmen einer Kooperation eine ähnliche regional gefasste Infrastruktur aufbauen.

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.[22]

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. Inwiefern hier Zuschüsse der Gemeinde oder Fördermittel verfügbar sind, wäre zu prüfen.

Ausgangspunkt wäre eine entsprechende Initiative der Gemeindevertretung.

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

10. Umsetzungshemmnisse und Möglichkeiten zu ihrer Überwindung

10.1 Gebäudesanierung

Die Gebäudesanierung ist klimapolitisch eine besondere Herausforderung: Ein großer, zusammenhängender Anteil der Energiebedarfsdeckung in Deutschland wird für die Raumwärmebereitstellung verwandt. Vom gesamten bundesdeutschen Endenergieverbrauch in 2018 betrug der Energieaufwand für die Beheizung der Gebäude, wie in Abbildung 10-1 dargestellt, ca. 25 % (BMWE, 2018).

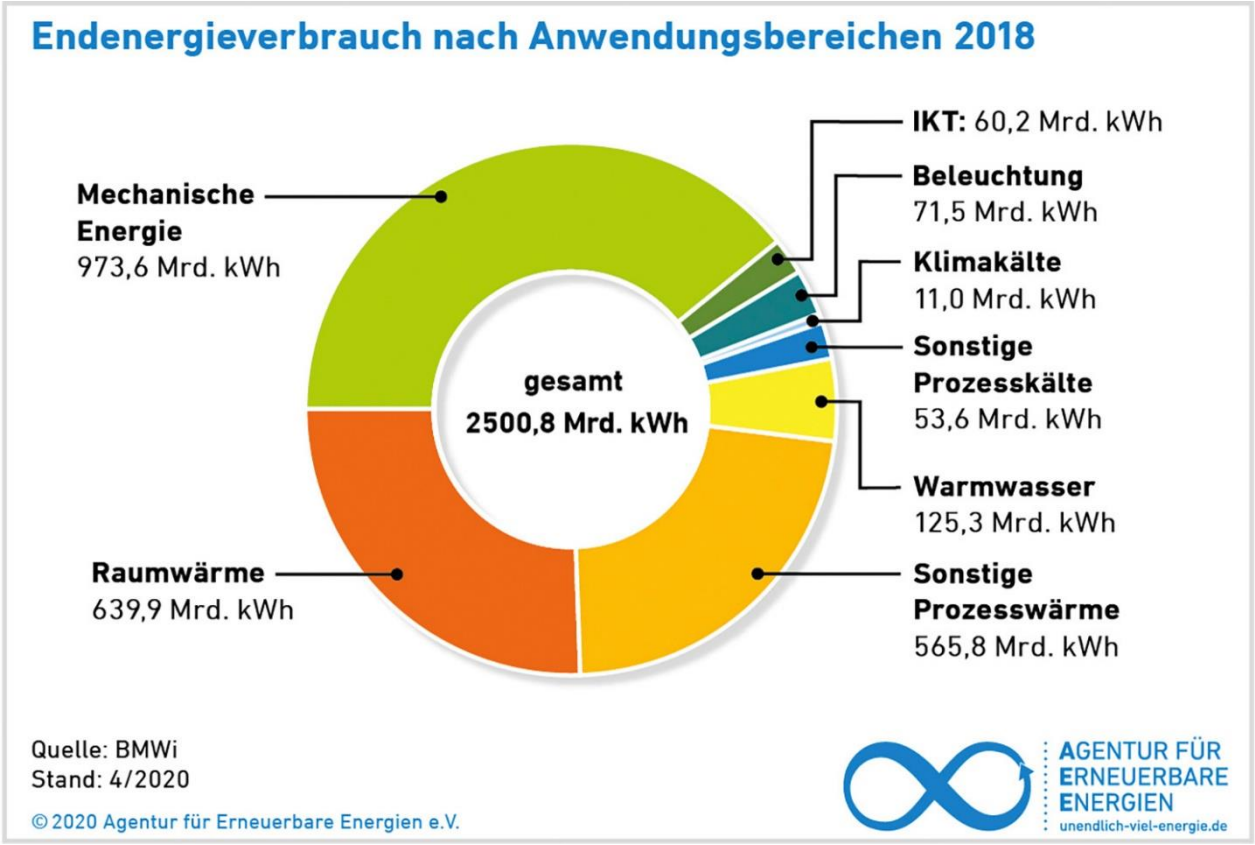

Abbildung 10-1: Endenergieverbrauch 2018 in Deutschland (Agentur für erneuerbare Energien, 2020)

Die Bundesregierung hat auf die Herausforderung der Reduktion der Treibhausgasemissionen im Gebäudebestand mit umfangreichen Förderprogrammen reagiert. 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. An die Notwendigkeit der jetzt dringenden Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen muss immer wieder erinnert werden.

10.2 Leitungsgebundene Wärmeversorgung

10.2.1 Technische Herausforderungen

Der Bau und Betrieb von Wärmenetzen sind etablierte Vorgehensweisen, die keine technischen Herausforderungen bieten. Auch die Möglichkeiten der Dämmung und Isolierung zur Minimierung der Wärmeverluste haben sich in den vergangenen Jahrzehnten kontinuierlich verbessert. Technisch-fachliche Herausforderungen bestehen also lediglich bei einzelnen Varianten der Wärmeerzeugung zur Einspeisung in das Wärmenetz.

Auch bei den hier in Frage kommenden Technologien zur Wärmeerzeugung - Luftpumpen, Hackschnitzelkessel, Solarthermie und Abwärme - handelt es sich um etablierte Technologien.

10.2.2 Rechtliche und organisatorische Herausforderungen

Die maßgebliche organisatorische Herausforderung besteht in der Klärung der Betreiberfrage. Hier bestehen die in Kapitel 8.1.1 beschriebenen Möglichkeiten mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen sowie Rahmenbedingungen.

Die rechtlichen Rahmenbedingungen (vor allem Vergabe- und Konzessionsrecht, ggf. Kommunalrecht) sind zu klären, sobald die Kommune über ihre Präferenzen hinsichtlich möglicher Betreibermodelle entschieden hat.

Hier sind rechtzeitig Kontakte mit der Kommunalaufsicht zu suchen, um auch deren Zustimmung zu sichern.

10.2.3 Wirtschaftliche Herausforderungen

Eine wirtschaftliche Herausforderung besteht in den Kostenentwicklungen von Wärmenetzsystemen. Die Zurückhaltung bei der Einführung von Wärmenetzsystemen auf Basis erneuerbarer Energieträger in den vergangenen Jahrzehnten, u. a. aufgrund der Verfügbarkeit billiger und vermeintlich sicherer Erdgaslieferungen vor allem aus Russland, hat trotz der bekannten Klimaschutz-Notwendigkeiten zu einem Entscheidungs- und Investitionsstau geführt. Da die Illusion der billigen und sicheren Erdgasversorgung mit dem russischen Angriffskrieg auf die Ukraine geplatzt ist, werden nun in sehr vielen Kommunen Wärmenetzsysteme auf Basis regionaler erneuerbarer Energieträger geplant. Dies führt zu einer stark erhöhten Nachfrage, die vermutlich erst im Laufe der Zeit durch zusätzliche Angebote gedeckt werden kann. Somit besteht das Risiko steigender Kosten und / oder längerer Ausführungsfristen. Steigende Kosten werden zusätzlich befeuert, wenn die Zinsen auf einem hohen Niveau bleiben oder sogar noch weiter bzw. wieder steigen sollten.

Diesen Herausforderungen kann nur durch ein rasches Vorantreiben der Entscheidungen begegnet werden - sofern nicht auf ein langfristig wieder sinkendes Preisniveau spekuliert wird. Ein Abwarten bietet aber keine Garantien für niedrigere Kosten und würde das Ziel der Klimaneutralität gefährden.

Die Belastung durch hohe Zinsen könnte durch eine Betreiberkonstellation, die die Nutzung von Kommunalkreditkonditionen ermöglicht, gemildert werden - unter der Annahme, dass in dieser Konstellation zu gleichen Kosten gebaut werden kann.

Die zweite wirtschaftliche Herausforderung besteht in der Sicherung einer ausreichend hohen Anschlussquote an das Wärmenetz. Dieser muss durch eine intensive, systematische und klare Öffentlichkeitsarbeit unter Einbeziehung des zukünftigen Betreibers begegnet werden. Ggf. sollten zuerst die Straßen bzw. Quartiersbereiche erschlossen werden, die über die höchsten Wärmeliniendichten bzw. das höchste Anschlussinteresse verfügen. Je nach gewählten Materialen der Wärmeleitungen kann ein nachträglicher Anschluss technisch schwierig sein. Insofern könnten Modelle angeboten werden, die einen kurzfristigen Anschluss sichern, bei denen die Lieferung aber erst später aufgenommen wird. Die Anschlussnehmer müssten dann aber darüber aufgeklärt werden, dass die Förderung des Hausanschlusses bei einer späteren Aufnahme der Lieferungen nicht unbedingt gesichert ist und das Preismodell muss auch den Interessen des Betreibers Rechnung tragen. Es wird für die meisten Nutzer also unattraktiver sein als die sofortige Aufnahme der Lieferungen.

Ein Hemmnis für eine hohe Anschlussquote eines Wärmenetzes ist auch der Einbau von Wärmepumpen, z. B. in Haushalten, deren bisheriger Heizkessel irreparabel ausfällt. Erste Versorgungsunternehmen bieten hier in Kooperation mit örtlichen Handwerksunternehmen temporäre Lösungen an, bei denen Kunden, die sich kurzfristig an das Wärmenetz anschließen lassen und die über noch gut funktionsfähige Erdgaskessel verfügen, diese abgekauft und bei den Kunden, deren Heizungsanlage ausfällt, die sich aber erst später an das Wärmenetz anschließen lassen können, temporär eingebaut wird. Dies stellt eine win-win-Situation dar, da sowohl den Kunden, die sich bei einem noch voll funktionsfähigen Erdgaskessel schnell an das Netz anschließen können, finanzielle Anreize geboten werden, als auch die Kunden, bei denen ein Anschluss erst später möglich ist, nicht für viele Jahre oder ganz für das Wärmenetz verloren sind.

Im Sinne einer Vermeidung von Fehlanreizen wäre es auch sinnvoll, wenn in Bereichen, in denen ein Wärmenetz geplant ist - z. B. als Ergebnis eines Quartierskonzeptes oder spätestens der kommunalen Wärmeplanung - Wärmepumpen nicht mehr staatlich gefördert würden. Damit könnten auch der ggf. erforderliche Ausbau von Strom-Verteilnetzen sowie in Zeiten von Dunkelflaute die elektrischen Leistungen auf die Gebiete fokussiert werden, in denen kein Wärmenetz möglich ist. Diese Entscheidung liegt jedoch nicht in der Hand der Gemeinde Handewitt.

Möglich zur Sicherung einer hohen Anschlussquote wäre der Erlass einer Anschluss- und Benutzungspflicht für das Wärmenetz. Wenngleich die rechtlichen Voraussetzungen dazu mit § 17 GO SH in Verbindung mit § 109 GEG bestehen, führt dies regelmäßig zu politischen Kontroversen, da es ein Eingriff in die Entscheidungsfreiheit der Bürger darstellt. Als politisch legitim könnte es dann angesehen werden, wenn in einem Quartier eine Mehrheit der Bürger einen Anschluss an das Wärmenetz wünscht, die Anschlussquote für einen wirtschaftlich darstellbaren Betrieb aber durch eine Minderheit, die keinen Anschluss wünscht, verhindert würde. Die Nicht-Errichtung des Wärmenetzes würde dann ja die Entscheidungsfreiheit der Mehrheit einschränken. Gleichzeitig muss in der Satzung geregelt werden, ab wann ein Benutzungszwang zumutbar ist. So darf eine Investition in eine Heizungsanlage, die in den letzten Jahren durchgeführt wurde nicht einfach

entwertet werden. Daher müsste in der Satzung festgelegt werden, ab welchen Heizungsalter ein Anschluss- und Benutzungszwang zumutbar ist, was gemessen an den relativ jungen Heizungen im Ortsteil Ellund somit zunächst keine große Wirkung erzielt. Erst wenn diese Heizungen die Altersgrenze überschritten haben, muss der Hauseigentümer dem Anschlusszwang Folge leisten. Insofern ist dieses Mittel nicht zu empfehlen.

10.3 MOBILITÄT

Für alle angesprochenen Handlungsfelder gibt es marktgängige technische Lösungen, für die keine besondere Herausforderungen bestehen. Mögliche Herausforderungen bestehen bei Klärung der Zuständigkeiten und Kostenverteilung bei interkommunalen Vorhaben in den Gebieten, die mehrere Gemeinden betreffen. Dies kann vor allem die Prozesszeiten verlängern und damit die Umsetzung verzögern.

11. ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

11.1 LENKUNGSGRUPPE

Primäre Aufgabe der Lenkungsgruppe ist die Steuerung des Projektes. Gleichzeitig können ihre lokalen Mitglieder in das Quartier hinein kommunizieren und dienen auch als Resonanzgruppe für Reaktionen aus dem Quartier. Zur Lenkungsgruppe gehörten

- der Bürgermeister,
- Vertreter der Gemeindeverwaltung Handewitt,
- Eine Klimaschutzmanagerin der Klimaschutzregion Flensburg
- Der Betreiber des Bestandsnetzes im Ortskern der Gemeinde

sowie geschäftsführend die Arbeitsgemeinschaft aus IPP ESN sowie FRANK Ecozwei.

Die Lenkungsgruppe trat im Projektverlauf zu fünf Sitzungen zusammen, in denen jeweils der Projektstand und Zwischenergebnisse diskutiert und Anregungen für die weitere Arbeit aufgegeben wurden. Die erste Sitzung fand statt am 15. Dezember 2022, die fünfte am 11. Juli 2024. Zusätzlich erfolgte mit Teilen der Lenkungsgruppe zu Beginn des Projektes eine Quartiersbegehung, die der Festlegung der Baualtersklassen verschiedener Siedlungsbereiche sowie der Identifikation anderer energetisch relevanter Sachverhalte diente.

11.2 ALLGEMEINE ÖFFENTLICHKEIT

Die allgemeine Öffentlichkeit wurde in drei Veranstaltungen eingebunden, zu der über die Presse, die Website der Stadt und per Post an alle Bewohner des Quartiers eingeladen wurde:

- In der Auftaktveranstaltung am 9. März 2023 wurden die anstehenden Arbeiten des Quartierskonzeptes vorgestellt, allgemeine Informationen zu Sanierungsmöglichkeiten gegeben und es konnten Bewerbungen um die Mustersanierungsberatungen abgegeben werden. Auf dieser Veranstaltungen konnte die Teilnehmenden auch Einschätzungen zu ihrer aktuellen Beheizungssituation abgeben.
- Auf der zweiten öffentlichen Veranstaltung am 13. Juli 2023 wurden die Ergebnisse der Mustersanierungsberatungen vorgestellt. Im Vorwege wurde das BarCamp zum Thema Mobilität durchgeführt.
- Die dritte öffentlichen Veranstaltung ist geplant für nach Fertigstellung des vorliegenden Berichtes, im Frühjahr 2025. Auf ihr sollen die Wärmenetzoptionen einschließlich der Wärmeerzeugung vorgestellt und mit dezentralen Beheizungsmöglichkeiten verglichen werden.

Die Beteiligung an den bereits durchgeführten Veranstaltungen war verhalten, aber umfasste Menschen aus dem gesamten Gemeindegebiet.

12. 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 CO_2-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.

12.1 ENERGIE- UND CO_2-BILANZ

Die Energie- und CO_2-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 vergangen Werten. Damit ist auch eine problemlose Fortschreibung der Bilanz möglich.

Die Bilanz über den Ausgangszustand des Wärmebedarfs des Quartiers (Ist-Zustand) ist in Kapitel 6.5 zu finden. Der Fortschritt der energetischen Sanierung wird über die Differenz zwischen Start-Bilanz und der jeweils aktuellen Bilanz deutlich.

12.2 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 12-1 dargestellt.

Tabelle 12-1: Mögliche Indikatoren zum Controlling der Umsetzung des Quartierskonzeptes

INDIKATOR	EINHEIT	DATENQUELLE / VERANTWORTLICHE
Anschlussnehmer am Wärmenetz	Anzahl	Wärmenetzbetreiber
Verkaufte Wärmemenge im Netz	kWh/a	Wärmenetzbetreiber
Verluste im Wärmenetz	kWh/a bzw. %	Wärmenetzbetreiber
Primärenergiefaktor Wärmenetz	---	Wärmenetzbetreiber
Einsatz dezentraler regenerativer Heizungen	Anzahl	Schornsteinfeger (Verbrennungsheizungen), Stromnetzbetreiber (WP)
Von Heizöl oder Gas auf erneuerbare Energieträger umgestellte Heizungen	Anzahl	Schornsteinfeger (Verbrennungsheizungen), Stromnetzbetreiber (WP)
Primärenergieeinsatz für das Quartier	kWh/a	zu aggregieren (Wärmenetzbetreiber für Nahwärme, Schornsteinfeger für Erdgas, Heizöl, Pellets etc., Stromnetzbetreiber für WP - Sanierungs- / Klimaschutzmanagement[23])
CO_2-Emissionen	t/a	aus Endenergiebedarf abzuleiten
Anzahl Sanierungs- / Energieberatungen	Anzahl	Sanierungs- / Klimaschutzmanagement [23]
Sanierte Gebäude (ggf. Differenzierung nach Sanierungsart)	Anzahl	Sanierungs- / Klimaschutzmanagement [23]
Veranstaltungen zum Energiesparen in privaten Haushalten	Anzahl & Zahl der Teilnehmenden	Sanierungs- / Klimaschutzmanagement [23]

12.3 DOKUMENTATION

Ein elementarer Teil der Erfolgskontrolle aller genannten Faktoren ist die fortlaufende Dokumentation der zu erfassenden Daten.[23] Die Dokumentation beinhaltet die Sammlung aller notwenigen Daten sowie deren abschließende Auswertung, die beispielsweise in einem jährlichen Bericht erfolgt. Auf Grundlage dieser Auswertung sind im Bedarfsfall Korrekturen der beschlossenen Inhalte des Quartierskonzepts abzuleiten und umzusetzen. Im Hinblick auf den Aufwand eines vollständigen Controllings und der Zeit, bis Maßnahmen verwirklicht sind, sollte eine Wirkungskontrolle frühestens nach einem Jahr erfolgen.

Weiterführend wird die Wirkungskontrolle ebenso wie der vorliegende Bericht allen beteiligten Akteuren, politischen Gremien und der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt.

[23] In der Systematik des Förderprogramms „KfW 432“ folgte auf das Quartierskonzept, in dem die Möglichkeiten dargestellt werden, das der Umsetzung dienende Sanierungsmanagement. Durch den ersatzlosen Wegfall des Förderprogramms wird nun die weitere Umsetzung und Verfolgung erschwert. Ggf. können (Teil-) Aufgaben vom Klimaschutzmanager wahrgenommen werden.

13. Maßnahmenkatalog und Umsetzungsempfehlungen

Auf Basis der voran gegangenen Untersuchungen ergeben sich die in Tabelle 13-1 dargestellten Haupt-Maßnahmenstränge.

Speziell mit Blick auf den Bau eines Wärmenetzes dürfte angesichts der aktuellen Förderbedingungen die Erstellung einer BEW-Machbarkeitsstudie erforderlich sein, die bis zur Leistungsphase 4 der HOAI reicht. Idealerweise wird diese bereits vom zukünftigen Betreiber des Wärmenetzes beauftragt; die Kommune kann hier jedoch auch zur Beschleunigung des Prozesses tätig werden. Es sollte dann aber sichergestellt sein, dass der spätere Betreiber mit vergleichbaren Prämissen in die Planungen einsteigt.

Tabelle 13-1: Maßnahmenkatalog für Umsetzungen u. a. im Rahmen des Sanierungsmanagements

Aufgaben	Priorität, Zeitpunkt, Akteure	Kapitel
Identifikation des Betreibers der leitungsgebundenen Wärmeversorgung	hoch, schnellstmöglich, Kommune mit Klimaschutzmanager	8.1.1
Öffentliche Information über Versorgungsmöglichkeiten, insbesondere Wärmenetz, und Befragung zum Anschlussinteresses an ein Wärmenetz	hoch, mittelfristig, Wärmenetzbetreiber oder Kommune	11, 6.3.2
Festlegung der anfänglichen Versorgungsbereiche des Wärmenetzes	hoch, anschließend, Wärmenetzbetreiber	
Konkretisierung der Planungen des Wärmenetzes, BEW-Machbarkeitsstudie	hoch, parallel, Wärmenetzbetreiber oder ggf. anfänglich Kommune	13
Vorlage konkreter Vertragsentwürfe an mögliche Anschlussnehmer des Wärmenetzes	hoch, anschließend, Wärmenetzbetreiber	
Vertiefte Sanierungsberatungen im Gebäudebestand einschließlich regenerativer Versorgungsmöglichkeiten: Erstberatung, ggf. Vermittlung zertifizierter Energieberater	mittel, kontinuierlich, Klimaschutzmanagement	11, 7.2, 7.3
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 Festlegung Versorgungsbereiche Wärmenetz / mit kommunaler Wärmeplanung, Klimaschutzmanagement	8.2
Durchführung einer mehrjährigen Informations- und Energieberatungskampagne zur energetischen Gebäudesanierung für private Hausbesitzer	Hoch, kurzfristig und kontinuierlich, Klimaschutzmanagement	7.2, 7.3, 8.2
Koordination gemeinsamer Beschaffungen für Sanierungsmaßnahmen und erforderlicher Versorgungsanlagen außerhalb des Wärmenetzes	niedrig, kontinuierlich, Klimaschutzmanagement	

Prüfung der Förderfähigkeit für Fördermittel zur Erstellung und Verbesserung von Radwegen.	Mittel, kurzfristig, Klimaschutzmanagement	9.1
Förderantragsstellung zur Erstellung und Verbesserung von Radwegen	Mittel, nach Prüfung der Förderfähigkeit, Klimaschutzmanagement	9.1
Planung und Erstellung von Radschnellwegen zur Schließung von Lücken regionaler Fahrradwege und zur Verbesserung der Verkehrssicherheit	Mittel, nach Fördermittelbewilligung	9.1, 9.2
Prüfung der Fördermittelverfügbarkeit für Fahrradverleihkonzepte	Mittel, kurzfristig, Klimaschutzmanagement	9.3
Ausschreibung Betrieb eines Fahrradverleihs	Mittel, nach Fördermittelbescheid, Gemeinde Handewitt	
Dokumentation der Arbeiten und operative Umsetzung des Controlling-Konzeptes	niedrig, kontinuierlich, Kommune / Klimaschutzmanagement	12

Tabelle 13-2: Zeitplan für die Umsetzung eines Wärmenetzes und kontinuierlicher Sanierungsberatungen

Leistungen	2025	2026	2027	2028	2029
Betreiberidentifikation					
Öffentlichkeitsarbeit / Akquisition					
Festlegung des Versorgungsgebiets					
Beantragung der BEW-Machbarkeitsstudie					
Erstellung der Machbarkeitsstudie und Planungsleistungen LP 1-4					
Vertragsabschluss mit den Wärmenetzkunden					
Beantragung BEW-Modul 2					
Planung LP 5-8					
Bau des Wärmenetzes					
Inbetriebnahme des Netzes					
Vertiefende Sanierungsberatungen					
Prüfung Förderfähigkeit Radwegeverbesserung					
Förderantragsstellung Radwegeverbesserung					
Ausschreibung, Planung und Erstellung von Radschnellwegen					
Prüfung Fördermittelverfügbarkeit für Fahrradverleihkonzepte					
Antragsstellung Fördermittel für Fahrradverleih					
Ausschreibung Fahrradverleih					
Planung und Bau von Fahrradverleihstationen					
Dokumentation					

Der in Tabelle 13-2 dargestellte Zeitplan des Wärmenetzbaus bezieht sich auf die Umsetzung eines Nahwärmenetzes in Ellund unter Inanspruchnahme der BEW-Förderung. Sollte das Fernwärmenetz mit Fördermitteln nach KWKG umgesetzt werden, ist eine Zeitersparnis von mehr als ein Jahr möglich.

Die im September 2022 eingeführte Bundesförderung für effiziente Wärmeversorgung ist in vier Module unterteilt:

- Modul 1 - Machbarkeitsstudien und Transformationspläne
- Modul 2 - Systemische Förderung für Neubau und Bestandsnetze
- Modul 3 - Einzelmaßnahmen
- Modul 4 - Betriebskostenförderung

Dabei stellt Modul 1 mit der Machbarkeitsstudie die Basis für die investive Förderung nach Modul 2. Im Rahmen der einjährigen Machbarkeitsstudie werden die ersten vier Leistungsphasen gemäß HOAI erbracht und ein Preismodell für potenzielle Wärmenetzkunden entwickelt. Dafür wird nach umfangreicher Bestandsaufnahme mindestens eine Zielvariante definiert und sowohl technisch als auch wirtschaftlich untersucht. Soweit das Ergebnis der Machbarkeitsstudie positiv ausfällt, kann die Förderung der weiteren Planungsleistungen zu 50 % und die der Investitionen zu 40 % im Rahmen von Modul 2 beantragt werden. Modul 3 dient der niederschwelligen Förderung von Einzelmaßnahmen, also z. B. kleinen Erweiterungen von Bestandsnetzen. Im Rahmen von Modul 4 kann bei Einsatz einer Wärmepumpe oder einer Solarthermieanlage eine Betriebskostenförderung für einen Zeitraum von 10 Jahren beantragt werden.

14. LITERATURVERZEICHNIS

Agentur für erneuerbare Energien. (April 2020). *Energieverbrauch in Deutschland.* Abgerufen am 17. Mai 2024 von https://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/endenergieverbrauch-nach-anwendungsbereichen-2018

BAFA. (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. (Januar 2023). *Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW).* Abgerufen am 28. Juni 2023 von https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente_Waermenetze/effiziente_waermenetze_node.html

BAFA. (2024). *Bundesförderung für effiziente Gebäude*. Abgerufen am 4. Juli 2024 von https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/Sanierung_Wohngebaeude/sanierung_wohngebaeude_node.html

BAFA. (o. J.). *Förderübersicht: Bundesförderung für effiziente Gebäude*. Abgerufen am 16. Juni 2023 von https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/beg_em_foerderuebersicht.pdf?__blob=publicationFile&v=10

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

BMWE. (August 2018). *Energiedaten: Gesamtausgabe.* Abgerufen am 13. März 2019 von https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/Energiedaten/energiedaten-gesamt-pdf-grafiken.pdf?__blob=publicationFile&v=38

BMWK. (1. August 2022). *Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze - BEW.* Abgerufen am 28. Juni 2023 von https://www.bundesanzeiger.de/pub/de/amtliche-veroeffentlichung?4

BMWK. (2023). *Bundesanzeiger - Richtlinie für die Bundesförderung für wffiziente Gebäude BEG. Einzelmaßnahmen (BEG EM).* Abgerufen am 02. Januar 2023 von https://www.energiewechsel.de/KAENEF/Redaktion/DE/PDF-Anlagen/BEG/bundesfoerderung-f%C3%BCr-effiziente-gebaeude-einzelmassnahmen-20231229.pdf?__blob=publicationFile&v=3

BMWK. (o. J.). *Auf einen Blick: Die neue Förderung für den Heizungstausch*. Abgerufen am 15. Januar 2024 von https://www.energiewechsel.de/KAENEF/Redaktion/DE/Downloads/foerderung-heizungstausch-beg.pdf?__blob=publicationFile&v=18

BMWT & BMU. (2010). *Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung*. Abgerufen am 15. Juli 2024 von https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/energiekonzept-2010.pdf?__blob=publicationFile&v=5

C.A.R.M.E.N. (2024). *Marktüberblick - Energieholz - Pelletpreise*. Abgerufen am 21. Juni 2024 von https://www.carmen-ev.de/service/marktueberblick/marktpreise-energieholz/marktpreise-pellets/

European Energy Exchange. (18. Dezember 2023). Emission Spot Primary Market Auction Report 2023. Leipzig. Abgerufen am 21. Juni 2024 von https://www.eex.com/de/marktdaten/umweltprodukte/eex-eua-primary-auction-spot-download

Gesetze-im-Internet. (12. 11 2024). Abgerufen am 2024 von Gesetze-im-Internet: https://www.gesetze-im-internet.de/geg/__72.html

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

IWU. (Februar 2015). *Deutsche Wohngebäudetypologie*. Abgerufen am 22. September 2022 von https://www.episcope.eu/downloads/public/docs/brochure/DE_TABULA_TypologyBrochure_IWU.pdf

KfW. (2023). *Wohngebäude Kredit - 261*. Abgerufen am 28. Juni 2024 von https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestehende-Immobilie/F%C3%B6rderprodukte/Bundesf%C3%B6rderung-f%C3%BCr-effiziente-Geb%C3%A4ude-Wohngeb%C3%A4ude-Kredit-(261-262)/

KfW. (2023). *Wohngebäude Kredit - 261*. Abgerufen am 23. Juni 2023 von https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestehende-Immobilie/F%C3%B6rderprodukte/Bundesf%C3%B6rderung-f%C3%BCr-effiziente-Geb%C3%A4ude-Wohngeb%C3%A4ude-Kredit-(261-262)/

KfW. (2024). *Aktuelle Informationen zur Heizungsförderung*. Abgerufen am 27. März 2024 von https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Heizungsf%C3%B6rderung/

KfW. (o. J. a). *Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)*. Abgerufen am 17. Oktober 2021 von https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Bundesf%C3%B6rderung-f%C3%BCr-effiziente-Geb%C3%A4ude/

KfW. (o. J. b). *Die Effizienzhaus-Stufen für bestehende Immobilien und Baudenkmale*. Abgerufen am 7. Juni 2024 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/

Meereis, J. (Juni 2023). Wärmeerzeugung: Immer Pest oder Cholera? *Die Gemeinde*, S. 159 - 163.

Pfnür, A., Winiewska, B., Mailach, B., & Oschatz, B. (2016). *Dezentrale vs. zentrale Wärmeversorgung im deutschen Wärmemarkt.* Dresden.

Statistikamt Nord. (2024). *Regionaldaten für Handewitt.* Abgerufen am 17. 11 2024 von https://region.statistik-nord.de/detail/0010000000000000000/1/352/119891/#menu-1914

Statistische Ämter des Bundes und der Länder. (2024). *Zensus 2022.* Abgerufen am 17. 11 2024 von https://www.zensus2022.de/DE/Aktuelles/Gebaeude_Wohnungen_VOE.html

Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein. (6. Dezember 2023). *Stromerzeugung in Schleswig-Holstein 2022*. Abgerufen am 24. Juni 2024 von https://www.statistik-nord.de/fileadmin/Dokumente/Presseinformationen/SI23_131.pdf

Statistisches Bundesamt. (25. März 2024). Statistischer Bericht - Daten zur Energiepreisentwicklung - Januar 2024. Wiesbaden, Deutschland. Abgerufen am 21. Juni 2024 von https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Preise/Publikationen/Energiepreise/statistischer-bericht-energiepreisentwicklung-5619001241015.xlsx?__blob=publicationFile

VDI. (September 2012). *VDI 2067-1:2012-09 - Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Blatt 1: Grundlagen und Kostenberechnung.* VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik (GBG), Fachbereich Technische Gebäudeausrüstung, Düsseldorf.

Zerger, C. (8. Oktober 2020). *Für einen fairen Ökostrom-Markt außerhalb des EEG*. Abgerufen am 17. Januar 2023 von https://www.klimareporter.de/strom/fuer-einen-fairen-oekostrom-markt-ausserhalb-des-eeg

15. ANHÄNGE

Tabelle 15-1: Energiewirtschaftliche Ansätze Phase 1

Energiewirtschaftliche Ansätze							
		zentral			dezentral		
		netto	brutto	Einheit	netto	brutto	Einheit
MwSt.		19,00%		%			
Kapitalzins		5,00%		p. a.	5,00%		p. a.
Wartung und Instandhaltung							
Biomassekessel		3,00%		p. a./Invest	336	400	€/Jahr
Erdgaskessel		2,00%		p. a./Invest	252	300	€/Jahr
Ölkessel		2,00%		p. a./Invest	294	350	€/Jahr
Wärmepumpen		1,50%		p. a./Invest	126	150	€/Jahr
Solarthermie		0,50%		p. a./Invest	42	50	€/Jahr
Anlagentechnik und Installation		1,50%		p. a./Invest			
Wärmenetz		0,25%		p. a./Invest			
Grundstücke & Gebäude		0,25%		p. a./Invest			
Versicherung/Sonstiges		0,50%		p. a./Invest			
technische Betriebsführung		0,50%		p. a./Invest			
kaufmännische Betriebsführung		130 €	155 €	p. P./p. a.			
Energiekosten							
Preisvergleich	**Ø 1. Halbjahr 2022**						
	Ø 2. Halbjahr 2022						
Mischpreis Biogaswärme / Abwärr	Ø 1. Halbjahr 2022	4,00	4,76	ct/kWh$_{th}$		0,00	ct/kWh$_{th}$
Mischpreis Biogaswärme Preisgle	Ø 2. Halbjahr 2022	5,00	5,95	ct/kWh$_{th}$		0,00	ct/kWh$_{th}$
Mischpreis Erdgas	Ø 1. Halbjahr 2022	8,08	9,61	ct/kWh$_{Hi}$	9,29	11,06	ct/kWh$_{Hi}$
	Ø 2. Halbjahr 2022	10,48	12,47	ct/kWh$_{Hi}$	12,05	14,34	ct/kWh$_{Hi}$
Mischpreis Hackschnitzel	Ø 1. Halbjahr 2022	2,98	3,55	ct/kWh$_{Hi}$	3,43	4,08	ct/kWh$_{Hi}$
	Ø 2. Halbjahr 2022	2,98	3,55	ct/kWh$_{Hi}$	3,55	4,23	ct/kWh$_{Hi}$
Mischpreis Holzpellets	Ø 1. Halbjahr 2022	7,35	8,75	ct/kWh$_{Hi}$	8,46	10,06	ct/kWh$_{Hi}$
	Ø 2. Halbjahr 2022	12,85	15,29	ct/kWh$_{Hi}$	14,78	17,58	ct/kWh$_{Hi}$
Mischpreis Strom	Ø 1. Halbjahr 2022	31,59	37,59	ct/kWh$_{el}$	36,32	43,23	ct/kWh$_{el}$
	Ø 2. Halbjahr 2022	33,26	39,58	ct/kWh$_{el}$	38,25	45,51	ct/kWh$_{el}$
CO_2-Bepreisung	*Ø Jahr 2023-2032*	73,80	87,82	€/t CO_2	73,80	87,82	€/t CO_2

Tabelle 15-2: Investitionskosten der untersuchten Varianten in Timmersiek

Investitonen		Hack-schnit-zelkessel +Erdgas-kessel	Luftwär-mepumpe +Hack-schnitzel-kessel +Erdgas-kessel	Hack-schnit-zelkessel +Solar-thermie + Erdgas-kessel	Di-men sion
Biomassekessel					
thermische Leistung	ca.	800	400	800	kW$_{th}$
Kesselanlage inkl. Peripherie und Silo	750 €/kW	600.000	300.000	600.000	€

Zwischensumme	**ca.**	**600.000**	**300.000**	**600.000**	**€**
Unvorhergesehenes	10%	60.000	30.000	60.000	€
Planung, Gutachten etc.	15%	99.000	49.500	99.000	€
Investition Biomassekessel	**ca.**	**759.000**	**379.500**	**759.000**	**€**
Großwärmepumpe					
Wärmequelle			Aerother-mie		
Anzahl	ca.		6		Stk.
thermische Leistung	ca.		600		kW_{th}
Wärmepumpe	800 €/kW		500.000		€
Peripherie, Anlagenbau	20%		100.000		€
Zwischensumme	**ca.**		**600.000**		**€**
Unvorhergesehenes	10%		60.000		€
Planung, Gutachten etc.	15%		99.000		€
Investition Großwärmepumpe	**ca.**		**759.000**		**€**
Solarthermie					
Bruttokollektorfläche	ca.			4.000	m²
Kollektorfeld inkl. Montage, Aufständerung und Netzan-bindung	750 €/m²			3.000.000	€
Verohrung / Tiefbau	300 €/m²			1.200.000	€
Solarspeicher, Nebenarbeiten	1.500 €/m³			240.000	€
Zwischensumme	**ca.**			**4.444.000**	**€**
Unvorhergesehenes	10%			444.400	€
Planung, Gutachten etc.	15%			666.600	€
Investition Solarthermie	**ca.**			**5.555.000**	**€**
Erdgaskessel					
thermische Leistung	ca.	700	900	700	kW_{th}
Kesselanlage	85 €/kW	100.000	100.000	100.000	€
Zubehör	10 €/kW	50.000	50.000	50.000	€
Zwischensumme	**ca.**	**150.000**	**150.000**	**150.000**	**€**
Unvorhergesehenes	10%	15.000	15.000	15.000	€
Planung, Gutachten etc.	15%	24.750	24.750	24.750	€
Investition Erdgaskessel	**ca.**	**189.750**	**189.750**	**189.750**	**€**

Wärmespeicher					
Volumen Pufferspeicher	ca.	20	20	20	m³
Pufferspeicher	1.800 €/m³	36.000	36.000	36.000	€
Zwischensumme	**ca.**	**36.000**	**36.000**	**36.000**	**€**
Unvorhergesehenes	10%	3.600	3.600	3.600	€
Planung, Gutachten etc.	5%	1.980	1.980	1.980	€
Investition Wärmespeicher	**ca.**	**41.580**	**41.580**	**41.580**	**€**
Elektro- und Anlagentechnik					
Druckhaltung und Wasseraufbereitung	ca.	50.000	50.000	50.000	€
Pumpen	ca.	55.000	55.000	55.000	€
Steuer- und Regelungstechnik	ca.	30.000	45.000	45.000	€
elektrische Einbindung	ca.	15.000	50.000	50.000	€
hydraulische Einbindung	ca.	35.000	45.000	45.000	€
Hausübergabestation (<= 50 kW)	6.500 €/HÜS	1.534.000	1.534.000	1.534.000	€
Hausübergabestation (>120 kW)	14.500 €/HÜS	11.600	11.600	11.600	€
Hausübergabestation (>150-200 kW)	18.500 €/HÜS	0	0	0	€
Anlagenbau	ca.	80.000	50.000	80.000	€
Brennstoffversorgung	ca.	20.000	20.000	20.000	€
Abgasanlage	ca.	100.000	70.000	70.000	€
Zwischensumme	**ca.**	**1.930.600**	**1.930.600**	**1.960.600**	**€**
Unvorhergesehenes	15%	289.590	289.590	294.090	€
Planung, Gutachten etc.	15%	333.029	333.029	338.204	€
Investition Elektro- & Anlagentechnik	**ca.**	**2.553.219**	**2.553.219**	**2.592.894**	**€**
Wärmenetz					
Länge Transportleitungen	ca.	5.263	5.263	5.263	€
Länge Hausanschlussleitungen	ca.	3.552	3.552	3.552	€
Transportleitungen	810 €/m	4.263.030	4.263.030	4.263.030	€
Hausanschlussleitungen	420 €/m	1.491.840	1.491.840	1.491.840	€
Zwischensumme	**ca.**	**5.754.870**	**5.754.870**	**5.754.870**	**€**
Unvorhergesehenes	15%	863.231	863.231	863.231	€
Planung, Gutachten etc.	15%	992.715	992.715	992.715	€

Investition Wärmenetz	**ca.**	**7.610.816**	**7.610.816**	**7.610.816**	**€**
Grundstücke & Gebäude					
Heizhaus (Gebäude)	ca.	250.000	250.000	250.000	€
Flächenbedarf		0	0	8.000	m²
Grundstück	8,5 €/m	0	0	68.000	€
Zwischensumme	**ca.**	**250.000**	**250.000**	**318.000**	**€**
Unvorhergesehnes	15%	37.500	37.500	47.700	€
Planung und Gutachten	15%	43.125	43.125	54.855	€
Investition Grundstück & Gebäude	**ca.**	**330.625**	**330.625**	**420.555**	**€**
Summe	**ca.**	**11.484.989**	**11.864.489**	**17.169.594**	**€**
Unvorhergesehenes	ca.	1.268.921	1.298.921	1.728.021	€
Planung, Gutachten etc.	ca.	1.494.599	1.544.099	2.178.104	€
Summe (inkl. Förderung)	**ca.**	**6.807.534**	**7.030.284**	**10.483.246**	**€**

Tabelle 15-3: Wärmegestehungskosten der zentralen Wärmeversorgung Timmersiek

Wirtschaftlichkeit		Hack-schnitzel-kessel +Erdgas-kessel	Luftwärme-pumpe +Hack-schnitzel-kessel +Erdgas-kessel	Hackschnit-zelkessel +Solarther-mie + Erd-gaskessel	Di-men-sion
Brennstoffzufuhr Erdgas	ca.	825.339	415.476	723.105	kWh_{Hi}
Brennstoffzufuhr Hackschnitzel	ca.	5.908.681	3.403.699	4.322.977	kWh_{Hi}
Brennstoffzufuhr Holzpellets	ca.	0	0	0	
Wärmezufuhr Biogaswärme	ca.	0	0	0	kWh_{th}
Strombezug öfftl. Netz	ca.	142.545	1.311.483	149.515	kWh_{el}
Jahresarbeit Wärmeentzug Quelle Luft	ca.	0	1.281.186	0	kWh_{th}
erzeugte Wärmemenge	ca.	4.535.452	4.535.452	4.535.452	kWh_{th}
CO_2-Emissionen Erdgas	ca.	203,9	102,6	178,6	t CO_2
Investitionen					
Hackschnitzelkessel	ca.	759.000	379.500	759.000	€
Solarthermie	ca.	0	0	5.555.000	€

Erdgaskessel	ca.	189.750	189.750	189.750	€
Luftwärmepumpe	ca.	0	759.000	0	€
Wärmespeicher	ca.	41.580	41.580	41.580	€
Elektro- und Anlagentechnik	ca.	2.553.219	2.553.219	2.592.894	€
Wärmenetz	ca.	7.610.816	7.610.816	7.610.816	€
Grundstück & Gebäude	ca.	330.625	330.625	420.555	€
Investitionssumme	**ca.**	**11.484.989**	**11.864.489**	**17.169.594**	**€**
Kapitalkosten					
Hackschnitzelkessel	20 Jahre	60.904	30.452	60.904	€
Solarthermie	20 Jahre	0	0	445.748	
Erdgaskessel	20 Jahre	15.226	15.226	15.226	€
Luftwärmepumpe	20 Jahre	0	60.904	0	€
Wärmespeicher	20 Jahre	3.336	3.336	3.336	€
Elektro- und Anlagentechnik	15 Jahre	245.983	245.983	249.805	€
Wärmenetz	40 Jahre	443.544	443.544	443.544	€
Grundstück & Gebäude	50 Jahre	18.111	18.111	23.037	€
jährliche Kapitalkosten	**ca.**	**787.104**	**817.557**	**1.241.600**	**€**
Förderung					
Biomassekessel	20 Jahre	21.184	10.592	21.184	€
Solarthermie	20 Jahre	0	0	156.903	€
Großwärmepumpe	20 Jahre	0	21.184	0	€
Wärmespeicher	20 Jahre	1.271	1.271	1.271	€
Elektro- und Anlagentechnik	15 Jahre	85.559	85.559	86.889	€
Wärmenetz	40 Jahre	154.276	154.276	154.276	€
Grundstücke & Gebäude	50 Jahre	6.299	6.299	8.013	€
Planungsleistungen	20 Jahre	59.965	61.951	60.643	€
jährliche Förderung	**ca.**	**328.555**	**341.133**	**489.180**	**€**
Betrieb und Wartung					
Hackschnitzelkessel	ca.	19.800	9.900	19.800	€
Solarthermie	ca.	0	0	24.442	
Erdgaskessel	ca.	3.300	3.300	3.300	€
Luftwärmepumpe	ca.	0	9.900	0	€

Elektro- und Anlagentechnik	ca.	33.303	33.303	33.820	€
Wärmenetz	ca.	66.181	66.181	66.181	€
Grundstücke & Gebäude	ca.	719	719	914	€
Versicherung/Sonstiges	ca.	26.565	27.431	41.526	€
technische Betriebsführung	ca.	26.565	27.431	41.526	€
kaufmännische Betriesführung	ca.	30.784	30.784	30.784	€
jährliche Betriebs- und Wartungskosten	**ca.**	**207.216**	**208.948**	**262.293**	**€**
Energiekosten Ø 1. Halbjahr 2022					
Mischpreis Biogaswärme / Abwärme	4,00 ct/kWh	0	0	0	€
Mischpreis Erdgas	8,08 ct/kWh	66.677	33.565	58.418	€
Mischpreis Hackschnitzel	2,98 ct/kWh	176.367	101.596	129.035	€
Mischpreis Holzpellets	7,35 ct/kWh	0	0	0	€
Mischpreis Strom	31,59 ct/kWh	45.025	414.252	47.226	€
Quartiersstrom	0,00 ct/kWh	0	0	0	€
CO_2-Bepreisung	73,8 €/t	15.045	7.574	13.181	€
jährliche Energiebezugskosten	**ca.**	**303.114**	**556.987**	**247.861**	**€**
Wirtschaftlichkeit Ø 1. Halbjahr 2022					
Wärmegestehungskosten pro Jahr	ca.	968.879	1.242.358	1.262.575	€
spezifische Wärmegestehungskosten (netto)		**21**	**27**	**28**	**ct/kWh**
spezifische Wärmegestehungskosten (brutto)		**25**	**33**	**33**	**ct/kWh**
Energiekosten Ø 2. Halbjahr 2022					
Mischpreis Biogaswärme / Abwärme	5,00 ct/kWh	0	0	0	€
Mischpreis Erdgas	10,48 ct/kWh	86.470	43.529	75.760	€
Mischpreis Hackschnitzel	2,98 ct/kWh	176.367	101.596	129.035	€
Mischpreis Holzpellets	12,85 ct/kWh	0	0	0	€
Mischpreis Strom	33,26 ct/kWh	47.407	436.171	49.725	€
Quartiersstrom	0,00 ct/kWh	0	0	0	€
CO_2-Bepreisung	73,8 €/t	15.045	7.574	13.181	€
jährliche Energiebezugskosten	**ca.**	**325.289**	**588.870**	**267.702**	**€**
Wirtschaftlichkeit Ø 2. Halbjahr 2022					
Wärmegestehungskosten pro Jahr	ca.	991.055	1.274.242	1.282.416	€
spezifische Wärmegestehungskosten (netto)		**22**	**28**	**28**	**ct/kWh**

spezifische Wärmegestehungskosten (brutto)		**26,0**	**33,4**	**33,6**	**ct/kWh**

Tabelle 15-4: Investitionskosten der untersuchten Varianten in Ellund

Investitonen			BGA-Abwärme + Hackschnitzelkessel + Spitzenlasterzeuger	BGA-Abwärme + Wärmepumpe + Spitzenlasterzeuger	BGA-Abwärme + Abwärme	Dimension
Biomassekessel						
thermische Leistung	ca.		500		0	kW_{th}
Kesselanlage inkl. Pheripherie und Silo	300.000 €	300 €/kW	460.000		0	€
Volumen Pufferspeicher	ca.		25		25	m³
Pufferspeicher	1.800 €/m³		45.000		0	€
Zwischensumme	**ca.**		**505.000**		**0**	**€**
Unvorhergesehenes	10%		51.000		0	€
Planung, Gutachten etc.	2%		10.000		0	€
Investition Biomassekessel	**ca.**		**566.000**		**0**	**€**
Großwärmepumpe						
Wärmequelle				Luft		
Anzahl	ca.					Stk.
thermische Leistung	ca.			600		kW_{th}
Wärmepumpe	1.000 €/kW	500 €/kW		900.000		€
Volumen Pufferspeicher	ca.			20		
Pufferspeicher	1.800 €/m³			36.000		
Peripherie, Anlagenbau	20%			188.000		€
Zwischensumme	**ca.**			**1.124.000**		**€**
Unvorhergesehenes	10%			112.000		€
Planung, Gutachten etc.	2%			20.000		€
Investition Großwärmepumpe	**ca.**			**1.256.000**		**€**
Erdgaskessel						
thermische Leistung	ca.		1.100	1.100	0	kW_{th}
Kesselanlage	85 €/kW		100.000	100.000	0	€

Zubehör	10 €/kW		11.000	11.000	0	€
Zwischensumme	**ca.**		**111.000**	**111.000**	**0**	**€**
Unvorhergesehenes	10%		11.000	11.000	0	€
Planung, Gutachten etc.	2%		2.000	2.000	0	€
Investition Erdgaskessel	**ca.**		**124.000**	**124.000**	**0**	**€**
Elektro- und Anlagentechnik						
Länge Direktleitung				0		
Direktleitung	500 €/m		0	0	0	
Elektrischer Leistungsbedarf Heizhaus			10	320	10	kWel
elektrische Einbindung	200 €/kW		15.000	64.000	15.000	€
Druckhaltung und Wasseraufbereitung	ca.		50.000	50.000	50.000	€
Pumpen	ca.		55.000	55.000	55.000	€
Steuer- und Regelungstechnik	ca.		30.000	30.000	30.000	€
hydraulische Einbindung	ca.		45.000	45.000	30.000	€
Hausübergabestation (<= 50 kW)	6.500 €/HÜS		1.310.000	1.310.000	1.310.000	€
Hausübergabestation (>120 kW)	14.500 €/HÜS		12.000	12.000	12.000	€
Hausübergabestation (>150-200 kW)	18.500 €/HÜS		0	0	0	€
Anlagenbau	ca.		50.000	50.000	50.000	€
Brennstoffversorgung	ca.		20.000	0		€
Abgasanlage	ca.		100.000	50.000		€
Zwischensumme	**ca.**		**1.687.000**	**1.666.000**	**1.552.000**	**€**
Unvorhergesehenes	5%		80.000	80.000	80.000	€
Planung, Gutachten etc.	2%		40.000	30.000	30.000	€
Investition Elektro- & Anlagentechnik	**ca.**		**1.807.000**	**1.776.000**	**1.662.000**	**€**
Wärmenetz						
Länge Transportleitungen	ca.		4.096	4.096	4.096	m
Länge Versorgungstrasse					1.764	m
Länge Hausanschlussleitungen	ca.		3.012	3.012	3.012	m
Transportleitungen	600 €/m		2.500.000	2.500.000	2.500.000	€
Versorgungstrasse	400 €/m				705.600	
Hausanschlussleitungen	450 €/m		1.400.000	1.400.000	1.400.000	€
Zwischensumme	**ca.**		**3.900.000**	**3.900.000**	**4.605.600**	**€**

Unvorhergesehenes	5%		200.000	200.000	230.000	€
Planung, Gutachten etc.	2%		80.000	80.000	100.000	€
Investition Wärmenetz	**ca.**		**4.180.000**	**4.180.000**	**4.935.600**	**€**
Längengewichte Wärmenetzkosten			**588**	**588**	**556**	€
Grundstücke & Gebäude						
Heizhaus (Gebäude)	ca.		200.000	50.000	100.000	€
Zwischensumme	**ca.**		**200.000**	**50.000**	**100.000**	**€**
Unvorhergesehnes	5%		10.000	3.000	5.000	€
Planung und Gutachten	2%		4.000	1.000	2.000	€
Investition Grundstück & Gebäude	**ca.**		**214.000**	**54.000**	**107.000**	**€**
Summe	**ca.**		**6.891.000**	**7.390.000**	**6.704.600**	**€**
davon Unvorhergesehenes	ca.		352.000	406.000	315.000	€
davon Planung, Gutachten etc.	ca.		136.000	133.000	132.000	€
Summe (inkl. Förderung)	**ca.**		**4.184.200**	**4.483.800**	**4.022.760**	**€**

Tabelle 15-5: Wärmegestehungskosten der zentralen Wärmeversorgung in Ellund

Wirtschaftlichkeit		BGA-Abwärme + Hackschnitzelkessel +Spitzenlasterzeuger	BGA-Abwärme + Wärmepumpe + Spitzenlasterzeuger	BGA-Abwärme + Abwärme	Dimension
Brennstoffzufuhr Erdgas	ca.	34.335	15.641	0	kWh_{Hi}
Brennstoffzufuhr Hackschnitzel	ca.	3.383.765	0	0	kWh_{Hi}
Wärmezufuhr Biogaswärme	ca.	1.445.400	1.445.400	4.498.931	kWh_{th}
Strombezug öfftl. Netz	ca.	33.395	1.271.469	4.499	kWh_{el}
Jahresarbeit Wärmeentzug Quelle	ca.	0	1.625.003	0	kWh_{th}
erzeugte Wärmemenge	ca.	3.721.744	3.721.744	3.721.744	kWh_{th}
CO_2-Emissionen (fossil)	ca.	8,5	3,9	0,0	t CO_2
Investitionen					
Biomassekessel	ca.	566.000	0	0	€
Erdgaskessel	ca.	124.000	124.000	0	€

Großwärmepumpe	ca.	0	1.256.000	0	€
Elektro- und Anlagentechnik	ca.	1.807.000	1.776.000	1.662.000	€
Wärmenetz	550	3.909.400	3.909.400	4.879.600	€
Grundstück & Gebäude	ca.	214.000	54.000	107.000	€
Investitionssumme	**ca.**	**6.620.400**	**7.119.400**	**6.648.600**	**€**
Kapitalkosten					
Biomassekessel	15 Jahre	47.412	0	0	€/a
Hausanschlusskostenbeiträge	20 Jahre	-134.969	-134.969	-134.969	€/a
Erdgaskessel	20 Jahre	8.335	8.335	0	€/a
Großwärmepumpe	20 Jahre	0	91.322	0	€/a
Erdsonden / Gewässerentnahme	50 Jahre	0	0		
Elektro- und Anlagentechnik	15 Jahre	151.366	148.769	139.220	€/a
Wärmenetz	20 Jahre	262.773	262.773	327.986	€/a
Grundstück & Gebäude	50 Jahre	8.317	2.099	4.159	€/a
jährliche Kapitalkosten	**ca.**	**343.234**	**378.329**	**336.395**	**€/a**
Förderung					
Biomassekessel	15 Jahre	18.630	0	0	€/a
Solarthermie	20 Jahre	0	0	0	€/a
Großwärmepumpe	20 Jahre	0	33.231	0	€/a
Erdsonden / Gewässerentnahme	50 Jahre	0	0		
Elektro- und Anlagentechnik	15 Jahre	59.206	58.503	54.683	€/a
Wärmenetz	20 Jahre	110.234	110.234	130.011	€/a
Grundstücke & Gebäude	50 Jahre	3.265	816	1.632	€/a
Planungsleistungen	20 Jahre	3.603	3.522	3.549	€/a
jährliche Förderung	**ca.**	**194.937**	**206.306**	**189.875**	**€/a**
Betrieb und Wartung					
Biomassekessel	ca.	16.680	0	0	€/a
Solarthermie	ca.	0	0	0	€/a
Erdgaskessel	ca.	2.440	2.440	0	€/a
Großwärmepumpe	ca.	0	18.540	0	€/a
Elektro- und Anlagentechnik	ca.	26.505	26.190	24.480	€/a
Wärmenetz	ca.	41.000	41.000	48.356	€/a

Grundstücke & Gebäude	ca.	525	133	263	€/a
Versicherung/Sonstiges	ca.	20.241	21.754	19.454	€/a
technische Betriebsführung	ca.	20.241	21.754	19.454	€/a
kaufmännische Betriesführung	ca.	26.104	26.104	26.104	€/a
jährliche Betriebs- und Wartungskosten	**ca.**	**153.736**	**157.915**	**138.110**	**€/a**
Energiekosten Ø 2. Halbjahr 2022					
Mischpreis Biogaswärme / Abwärme	5,00 ct/kWh	72.270	72.270	224.947	€/a
Mischpreis Erdgas	6,74 ct/kWh	2.314	1.054	0	€/a
Hackschnitzel - WGH20	3,57 ct/kWh	120.948	0	0	€/a
Pellets - 20 Tonnen	11,05 ct/kWh	0	0	0	€/a
Mischpreis Strom	20,50 ct/kWh	6.844	260.598	922	€/a
Direktstrom (EE)	8,00 ct/kWh	0	0	0	€/a
CO_2-Bepreisung	47,5 €/t	403	184	0	€/a
jährliche Energiebezugskosten	**ca.**	**202.377**	**333.922**	**225.869**	**€/a**
Betriebskostenförderung					
Förderung Betrieb Wärmepumpe öfftl. Strom (10 Jahre)	ca.		148.959		€/a
Förderung Betrieb Solarthermie (10 Jahre)	ca.				€/a
jährliche Betriebskostenförderung	**ca.**	**0**	**148.959**	**0**	**€/a**
Wirtschaftlichkeit Ø 2. Halbjahr 2022					
Wärmegestehungskosten pro Jahr	ca.	504.410	514.901	510.499	€/a
spezifische Wärmegestehungskosten (netto)		**14**	**14**	**14**	**ct/kWh**
spezifische Wärmegestehungskosten (brutto)		**16,1**	**16,5**	**16,3**	**ct/kWh**
Energiekosten Ø 1. Halbjahr 2023					
Mischpreis Biogaswärme / Abwärme	5,00 ct/kWh	72.270	72.270	224.947	€/a
Mischpreis Erdgas	6,82 ct/kWh	2.340	1.066	0	€/a
Hackschnitzel - WGH20	3,42 ct/kWh	115.892	0	0	€/a
Pellets - 20 Tonnen	6,55 ct/kWh	0	0	0	€/a
Mischpreis Strom	21,55 ct/kWh	7.195	273.953	969	€/a
Direktstrom (EE)	8,00 ct/kWh	0	0	0	€/a
CO_2-Bepreisung	57,1 €/t	484	221	0	€/a
jährliche Energiebezugskosten	**ca.**	**198.181**	**347.510**	**225.916**	**€/a**

Wirtschaftlichkeit Ø 1. Halbjahr 2023					
Wärmegestehungskosten	ca.	500.214	528.489	510.546	€/a
spezifische Wärmegestehungskosten (netto)		**13**	**14**	**14**	**ct/kWh**
spezifische Wärmegestehungskosten (brutto)		**18,8**	**20,1**	**19,5**	**ct/kWh**

FRANK iPP ESN Power Engineering

BarCamp Mobilität nördliches Handewitt

Initiative: - fehlende Radwege (Ausbauqualität), „letzte Meile Schule"
- Fahrradstationen (Leihräder)

Wenn sie umgesetzt ist, ist Folgendes erreicht:

- Sicherheit aller Teilnehmer
- Klimafreundlichkeit
- höheren Anreiz

Diese Schritte (Aktivitäten, Infrastruktur, ...) sind nötig:

- bauliche Voraussetzungen
- Zuständigkeitsfindung
- Förderprogramme

Mitwirken müssen ...

- Gemeinde
- Straßenbaulastträger
- Grundstückseigentümer

Sonst noch wichtig (Kosten, Voraussetzungen, ...):

Abbildung 15-1: Ergebnisplakat Lückenschluss Fahrradinfrastruktur

FRANK iPP ESN Power Engineering

BarCamp Mobilität nördliches Handewitt

Initiative: Radwege sicher machen, Beleuchtung Einmündungen von Straßen

Wenn sie umgesetzt ist, ist Folgendes erreicht:

Vermeidung von Unfallgefahren
Wenn die Radwege besser werden, werden sicher mehr benutzt

Diese Schritte (Aktivitäten, Infrastruktur, ...) sind nötig:

Schäden an den Fahrbahnen ausbessern
Querungen durch Kabelarbeiten

Mitwirken müssen ...

Gemeinde, Landesamt für Straßenbau Bund und Land

Sonst noch wichtig (Kosten, Voraussetzungen, ...):

Diese Probleme wurden schon bei anderen Veranstaltungen angesprochen
z.T. im Dorfentwicklungsplan aufgenommen
Was wurde umgesetzt??

Abbildung 15-2: Ergebnisplakat Radewegesicherheit

BarCamp Mobilität nördliches Handewitt

Initiative: ÖPNV optimieren

Wenn sie umgesetzt ist, ist Folgendes erreicht:

- Attraktivität steigern
- Flexibilität
- Auslastung optimieren

Diese Schritte (Aktivitäten, Infrastruktur, ...) sind nötig:

- Fahrpläne ergänzen mit On-Demand-System
- Busgröße an Stoßzeiten anpassen

Mitwirken müssen ...

- Kreis, Gemeinde, Stadt, ...

Sonst noch wichtig (Kosten, Voraussetzungen, ...):

- nachhaltige ÖPNV (Elektro, Brennstoffzelle etc.)
- Kosten positiv, aber Rabattmodelle möglich

Abbildung 15-3: Ergebnisplakat Optimierung des ÖPNV