

# Abschlussbericht

## Energetisches Quartierskonzept Borgfeld-Katrepel, Bremen

### **Auftraggeber**

Klimaschutzagentur Bremer Energie-Konsens GmbH  
Am Wall 172/173  
28195 Bremen

### **Auftragnehmerin**

FRANK Ecozwei GmbH  
Stadtdeich 7  
20097 Hamburg

### **in Kooperation mit**

IPP ESN Power Engineering GmbH  
Rendsburger Landstraße 196-198  
24113 Kiel

### **Ansprechpartner**

Noah Schöning  
noah.schoening@frank.de

Hamburg, den 15.02.2024

**Auftraggeber:** Klimaschutzagentur Bremer Energie-Konsens GmbH  
Am Wall 172/173  
28195 Bremen

**Ansprechpartner:** Henrik Unrath, Bremer Energie-Konsens GmbH

**Auftragnehmer:** FRANK Ecozwei GmbH  
Schwedendamm 16  
24143 Kiel

**Bearbeitung:**  
Dipl. Maren Grohs, Katharina Nolte M.Sc., Noah Schöning M.Sc.

**In Kooperation mit:** IPP ESN Power Engineering GmbH  
Rendsburger Landstraße 196-198  
24113 Kiel

**Bearbeitung:**  
Dipl.-Ing. Thomas Lutz-Kulawik, Jerry Becker B.Eng., Nick Zeisler M.Sc.

**Stand:** 15.02.2024

Redaktionsschluss für die im Bericht verwendeten Daten, Betrachtungen und Berechnungen war, sofern nichts Abweichendes angegeben ist, Januar 2024.

**Förderhinweis:** Das Projekt Energetische Stadtsanierung im Quartier „Borgfeld-Katrepel“ wird gefördert aus Mitteln des Bundes im Rahmen des KfW-Programms 432 „Energetische Stadtsanierung“ sowie ergänzend über die Senatorin für Umwelt, Klima und Wissenschaft der Freien Hansestadt Bremen.

**Gefördert durch:**



Die Senatorin für Umwelt,  
Klima und Wissenschaft



Freie  
Hansestadt  
Bremen

## Inhaltsverzeichnis

1	Tabellenverzeichnis.....	6
2	Abbildungsverzeichnis.....	7
3	Abkürzungsverzeichnis.....	9
4	Gender-Aspekte .....	10
5	Zusammenfassung.....	11
5.1	Zentrale Ergebnisse .....	11
5.2	Checkliste KfW energetische Stadtsanierung.....	14
5.3	Energie- und CO <sub>2</sub> -Bilanz - Verwendungsnachweis KfW energetische Stadtsanierung.....	15
6	Ausgangslage und Auftrag .....	15
7	Bestandsaufnahme .....	17
7.1	Räumliche Lage und Funktionen des Quartiers.....	17
7.2	Bevölkerung und Baufertigstellungen .....	18
7.3	Gebäude- und Heizungsbestand.....	19
7.3.1	Wohnbebauung.....	19
7.3.2	Sanierungsrate.....	19
7.3.3	Heizungen im Bestand .....	20
7.3.4	Fragebögen private Wohngebäude .....	22
7.4	Energie- und CO <sub>2</sub> -Bilanz des Quartiers .....	23
7.5	Zusammenfassung Bestandsaufnahme .....	25
8	Energie- und CO <sub>2</sub> -Minderungspotenziale durch Gebäudesanierung.....	26
8.1	Wohngebäude Kredit 261 und Zuschuss 261 .....	26
8.2	BAFA-Förderung .....	27
8.2.1	Wärmeschutz im Gebäudebestand (Bremer Aufbaubank).....	29
8.2.2	Tausch von Ölkesseln .....	31
8.3	Mustersanierungsberatungen - Energieberatung vor Ort.....	31
8.4	Mustersanierungskonzept 1 .....	33
8.4.1	Bestandsaufnahme .....	33
8.4.2	Sanierungsvarianten .....	38
8.4.3	Kostenschätzung.....	42
8.4.4	Wirtschaftliche Auswertung .....	42
8.5	Mustersanierungskonzept 2 .....	43
8.5.1	Bestandsaufnahme .....	44
8.5.2	Sanierungsvarianten .....	48
8.5.3	Kostenschätzung.....	52

8.5.4	Wirtschaftliche Auswertung .....	52
8.6	Mustersanierungskonzept 3 .....	54
8.6.1	Bestandsaufnahme .....	54
8.6.2	Sanierungsvarianten .....	59
8.6.3	Kostenschätzung.....	64
8.6.4	Wirtschaftliche Auswertung .....	64
8.7	Zusammenfassung Maßnahmen Gebäudesanierung .....	66
9	Versorgungsoptionen und -szenarien .....	67
9.1	Zentrale Versorgungsoptionen .....	67
9.1.1	Technische Versorgungslösungen .....	68
9.1.2	Entwurf Wärmenetz.....	70
9.1.3	Energiewirtschaftliche Ansätze.....	72
9.1.4	Zentrale Wärmeversorgung.....	73
9.1.5	CO <sub>2</sub> -Bilanz und Primärenergiefaktor.....	84
9.2	Betreiberkonzepte .....	88
9.3	Dezentrale Versorgungsoptionen .....	91
9.4	Vergleich zentraler und dezentraler Versorgungsoptionen .....	93
9.5	Sensitivitätsanalyse.....	95
9.6	Zusammenfassung Wärmeerzeugung.....	100
10	Mobilität.....	102
10.1	Ergebnisse Bürgerbeteiligung Mobilität .....	102
10.2	Verkehrsbehinderung durch Hol- und Bringverkehr .....	107
11	Klimaanpassung.....	109
11.1	Informationsveranstaltungen zum Thema Starkregenvorsorge.....	110
11.2	Pädagogische Projekte in Zusammenarbeit mit der Grundschule Borgfeld .....	111
12	Umsetzungshemmnisse und Möglichkeiten zu ihrer Überwindung .....	113
12.1	Gebäudesanierung.....	113
12.2	Leitungsgebundene Wärmeversorgung.....	114
12.2.1	Technische Herausforderungen .....	114
12.2.2	Rechtliche und organisatorische Herausforderungen .....	114
12.2.3	Wirtschaftliche Herausforderungen .....	114
12.3	Mobilität.....	115
12.4	Klimaanpassung.....	115
13	Öffentlichkeitsarbeit.....	116
13.1	Lenkungsgruppe .....	116
13.2	Allgemeine Öffentlichkeit.....	116
14	Controlling-Konzept.....	118

14.1	Energie- und CO <sub>2</sub> -Bilanz .....	118
14.2	Bewertungsindikatoren .....	118
14.3	Dokumentation .....	119
15	Maßnahmenkatalog und Empfehlungen für das Sanierungsmanagement .....	120
16	Literaturverzeichnis .....	122

## 1 Tabellenverzeichnis

Tabelle 5-1: Checkliste KfW .....	14
Tabelle 5-2: Energieeinsparungen.....	15
Tabelle 7-1 Ergebnisse der Fragebogenaktion .....	22
Tabelle 7-2: Heizenergiebedarf im Quartier .....	24
Tabelle 7-3: CO <sub>2</sub> -Emissionsfaktoren und Primärenergiefaktoren verschiedener Energieträger .....	24
Tabelle 7-4: Jährlicher Wärme-, Endenergie-, CO <sub>2</sub> - und Primärenergiebilanz für das Quartier Borgfeld Katrepel.....	25
Tabelle 8-1: Förderübersicht der BEG-Varianten (Stand August 2023) .....	28
Tabelle 8-2: Wärmeschutz im Gebäudebestand - Förderkonditionen, (Freie Hansestadt Bremen, 2017).....	30
Tabelle 8-3: Bauteile IST-Zustand, MSK 1.....	35
Tabelle 8-4: Übersicht Sanierungsvarianten, MSK 1 .....	38
Tabelle 8-5: Variantenvergleich MSK 1 .....	39
Tabelle 8-6: Kostenschätzung Sanierungsvarianten, MSK 1 .....	42
Tabelle 8-7: Bauteile IST-Zustand, MSK 2.....	45
Tabelle 8-8: Übersicht Sanierungsvarianten, MSK 2 .....	48
Tabelle 8-9: Variantenvergleich MSK 2 .....	49
Tabelle 8-10: Sanierungsvariante 4, MSK 2 .....	52
Tabelle 8-11: Kostenschätzung Sanierungsvarianten, MSK 2 .....	52
Tabelle 8-12: Bauteile IST-Zustand, MSK 3.....	56
Tabelle 8-13: Übersicht Sanierungsvarianten, MSK 3.....	60
Tabelle 8-14: Variantenvergleich MSK 3 .....	61
Tabelle 8-15: Kostenschätzung Sanierungsvarianten, MSK 3 .....	64
Tabelle 9-1: Energiewirtschaftliche Ansätze .....	73
Tabelle 9-2: Anlagendimensionierung und Energiebilanzen der zentralen Wärmeversorgung .....	75
Tabelle 9-3: Investitionen der zentralen Wärmeversorgung.....	78
Tabelle 9-4: Wärmegestehungskosten der zentralen Wärmeversorgung.....	82
Tabelle 9-5: Emissionsfaktoren und jährliche CO <sub>2</sub> -Emissionen der zentralen Wärmeversorgung.....	86
Tabelle 9-6: Primärenergiefaktoren und jährliche Primärenergiebedarf der zentralen Wärmeversorgung.....	87
Tabelle 9-7: Übersicht über mögliche Betreibermodelle.....	89
Tabelle 9-8: Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG).....	91
Tabelle 9-9: Eingangsparameter der Sensitivitätsanalyse .....	95
Tabelle 9-10: Legende der Diagramme zur Sensitivitätsanalyse .....	95
Tabelle 13-1: Abstimmung zu den Interessen der Einwohner des Quartiers .....	117
Tabelle 14-1: Bewertungsindikatoren .....	119
Tabelle 15-1: Maßnahmenkatalog .....	121

## 2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 5-1: Vergleich von Nahwärme mit dezentralen Versorgungsoptionen - durchschnittliche Brennstoff- und Stromkosten 1. Halbjahr 2022 und Mehrkosten im 2. Halbjahr 2022.....	12
Abbildung 6-1: Endenergieverbrauch in Deutschland 2022 nach Strom, Wärme und Verkehr (Agentur für Erneuerbare Energien, o. J.).....	16
Abbildung 6-2: Erneuerbare Energien - Anteile in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr (UBA, 2023) .....	16
Abbildung 7-1: Quartiersbegrenzung, Quelle: (Google LLC, 2023).....	18
Abbildung 7-2: Bevölkerungsentwicklung in Borgfeld, (Statistisches Landesamt Bremen, 2023).....	18
Abbildung 7-3: Baufertigstellungen in Borgfeld, (Statistisches Landesamt Bremen, 2023) ...	19
Abbildung 7-4: Entwicklung Wärmebedarf Katrepel, eigene Berechnung .....	20
Abbildung 7-5: Prozentuale Verteilung der Heizungstechnologien.....	21
Abbildung 7-6: Vorgehensweise zur Erstellung des Wärmeatlasses.....	23
Abbildung 7-7: Wärmeatlas des Quartiers .....	24
Abbildung 8-1: Neue Förderrichtlinie BEG Einzelmaßnahmen ab 01.01.2024, (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2023) .....	29
Abbildung 8-2: MSK 1 Vorderansicht, Foto: FRANK.....	33
Abbildung 8-3: 3D Modellierung MSK 1, erstellt durch FRANK mit dem Programm Hottgenroth .....	34
Abbildung 8-4: Thermische Gebäudehülle MSK 1, erstellt durch FRANK mit dem Programm Hottgenroth .....	34
Abbildung 8-5: Energetische Verluste und Gewinne IST-Zustand, MSK 1 .....	36
Abbildung 8-6: Energetische Verluste IST-Zustand, MSK 1.....	36
Abbildung 8-7: Gesamtbewertung IST-Zustand, MSK 1 .....	37
Abbildung 8-8: Gebäudehülle, Anlagentechnik, Umweltwirkung, MSK 1.....	37
Abbildung 8-9: Bewertung Variante 1, MSK 1.....	39
Abbildung 8-10: Bewertung Variante 2a, MSK 1 .....	40
Abbildung 8-11: Bewertung Variante 2b, MSK 1 .....	41
Abbildung 8-12: Bewertung Variante 3, MSK 1.....	41
Abbildung 8-13: Rentabilität der Varianten nach 40 Jahren, MSK 1.....	43
Abbildung 8-14: MSK 2 Vorderansicht, Foto: FRANK.....	43
Abbildung 8-15: 3D Modellierung MSK 2, erstellt durch FRANK mit dem Programm Hottgenroth .....	44
Abbildung 8-16: Thermische Gebäudehülle MSK 2, erstellt durch FRANK mit dem Programm Hottgenroth .....	45
Abbildung 8-17: Energetische Verluste und Gewinne IST-Zustand, MSK 2.....	46
Abbildung 8-18: Energetische Verluste IST-Zustand, MSK 2.....	46
Abbildung 8-19: Gesamtbewertung IST-Zustand, MSK 2 .....	47
Abbildung 8-20: Gebäudehülle, Anlagentechnik, Umweltwirkung, MSK 2.....	47
Abbildung 8-21: Bewertung Variante 1, MSK 2.....	49
Abbildung 8-22: Bewertung Variante 2, MSK 2.....	50
Abbildung 8-23: Bewertung Variante 3a, MSK 2.....	51
Abbildung 8-24: Bewertung Variante 3b, MSK 2.....	51
Abbildung 8-25: Rentabilität der Varianten nach 40 Jahren, MSK 2.....	53
Abbildung 8-26: MSK 3 Vorderansicht, Foto: FRANK.....	54
Abbildung 8-27: 3D Modellierung MSK 2, erstellt durch FRANK mit dem Programm Hottgenroth .....	55

Abbildung 8-28: Thermische Gebäudehülle MSK 2, erstellt durch FRANK mit dem Programm Hottgenroth .....	55
Abbildung 8-29: Energetische Verluste und Gewinne IST-Zustand, MSK 3 .....	57
Abbildung 8-30: Energetische Verluste IST-Zustand, MSK 3 .....	57
Abbildung 8-31: Gesamtbewertung IST-Zustand, MSK 3 .....	58
Abbildung 8-32: Gebäudehülle, Anlagentechnik, Umweltwirkung, MSK 3 .....	58
Abbildung 8-33: Bewertung Variante 1, MSK 3 .....	61
Abbildung 8-34: Bewertung Variante 2a, MSK 3 .....	62
Abbildung 8-35: Bewertung Variante 3a, MSK 3 .....	63
Abbildung 8-36: Bewertung Variante 3b, MSK 3 .....	63
Abbildung 8-37: Bewertung Variante 3c, MSK 3 .....	64
Abbildung 8-38: Rentabilität der Varianten nach 40 Jahren, MSK 3 .....	65
Abbildung 9-1: Mögliche Trassenführung zur Versorgung des Gesamtquartiers (Google LLC, 2023) .....	71
Abbildung 9-2: Netzverluste und Wärmelinienichte der untersuchten Netzvarianten bei 60 % Anschlussquote .....	72
Abbildung 9-3: Grafische Darstellung der Investitionen (netto) für die zentrale Wärmeversorgung .....	80
Abbildung 9-4: Wärmegestehungskosten der zentralen Wärmeversorgung .....	84
Abbildung 9-5: Vergleich der günstigsten zentralen Versorgungslösung mit dezentralen Versorgungsoptionen - durchschnittliche Brennstoff-/ Stromkosten 1. Halbjahr 2022 und Mehrkosten 2. Halbjahr 2022 .....	92
Abbildung 9-6: Jährliche Wärmekosten bei verschiedenen Preisänderungen für Strom .....	96
Abbildung 9-7: Jährliche Wärmekosten bei verschiedenen Preisänderungen für Erdgas .....	97
Abbildung 9-8: Jährliche Wärmekosten bei verschiedenen Preisänderungen für Holzpellets .....	98
Abbildung 9-9: Jährliche Wärmekosten bei verschiedenen Preisänderungen für Holzhackschnitzel .....	99
Abbildung 9-10: Jährliche Wärmekosten bei verschiedenen Anschlussquoten an ein potenzielles zentrales Wärmenetz .....	100
Abbildung 10-1: Verkehrsmittel für den Arbeitsweg .....	102
Abbildung 10-2: Anschaffung E-Auto .....	103
Abbildung 10-3: Beschäftigung mit dem Thema E-Mobilität .....	103
Abbildung 10-4: Bewertung der Situation für Fahrradfahrer in Katrepel .....	104
Abbildung 10-5: Situation für Autofahrer in Katrepel .....	104
Abbildung 10-6: Situation für Fußgänger in Katrepel .....	105
Abbildung 10-7: Verkehrsmittelwahl zum Einkaufen .....	105
Abbildung 10-8: Wunsch nach Carsharing im Quartier .....	106
Abbildung 10-9: Bewertung der ÖPNV-Anbindung im Quartier .....	106
Abbildung 11-1: Starkregenkarte Bremen, Quartiersausschnitt (Die Senatorin für Umwelt, Klima und Wissenschaft; Bundesamt für Kartographie und Geodäsie; Landesamt GeoInformation Bremen; Geologischer Dienst für Bremen; Vermessungs- und Katasteramt, Magistrat Bremerhaven; , o.J.) .....	110
Abbildung 12-1: Wärmebedarf Deutschland (Stand 2016) .....	113
Abbildung 13-1: Impressionen von den öffentlichen Veranstaltungen, Foto: energiekonsens .....	116
Abbildung 13-2: Wo leben die Besucher der Veranstaltung? Foto: FRANK .....	117

### 3 Abkürzungsverzeichnis

SI-Einheiten und allgemeinsprachliche Abkürzungen sind nicht erläutert.

a	Jahr
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
Bj	Baujahr
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BMWE	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BremKEG	Bremisches Klimaschutz- und Energiegesetz
C.A.R.M.E.N.	Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk e.V.
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
DZ	dezentrale Versorgung
EE	erneuerbare Energien / Energieträger
EEG	Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz)
el	elektrische (Leistung oder Arbeit)
EM	Einzelmaßnahme(n)
EVU	Energieversorgungsunternehmen
EWKG	Gesetz zur Energiewende und zum Klimaschutz in Schleswig-Holstein (Energiewende- und Klimaschutzgesetz Schleswig-Holstein)
EWP	Erdwärmepumpe
fp	Primärenergiefaktor
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GH	Gasheizung
GQ	Gesamtquartier
h	Stunde
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
IfEU	Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH
iSFP	individueller Sanierungsfahrplan
IPP ESN	IPP ESN Power Engineering GmbH
k. A.	keine Angaben verfügbar / gemacht
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
Kita	Kindertagesstätte
KWP	Kommunale Wärmeplanung
LIS	Ladeinfrastruktur
LWP	Luft-Wasser-Wärmepumpe

LoD	Level of Detail
OG	Obergeschoss
ÖPNV	öffentlicher Personennahverkehr
o. J.	ohne Jahresangabe
PH	Pelletheizung
PtH	Power-to-Heat
PV	Photovoltaik
QE	Endenergiebedarf
Qp	Primärenergiebedarf
ST	Solarthermie
SUKW	Die Senatorin für Umwelt, Klima und Wissenschaft
T€	1000 Euro
th	thermische (Leistung oder Arbeit)
Tr. m	Trassenmeter
UBA	Umweltbundesamt
U <sub>d</sub>	Wärmedurchgangskoeffizient Tür (Door)
U <sub>w</sub>	Wärmedurchgangskoeffizient Fenster (Window)
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient („unit of heat transfer“)
WDVS	Wärmedämm-Verbundsystem
WE	Wohneinheit
WLG	Wärmeleitfähigkeitsgruppe
WG	Wohngebäude
Z	Zentrale Versorgung (Wärmenetz)

## 4 Gender-Aspekte

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

## 5 Zusammenfassung

### 5.1 Zentrale Ergebnisse

Das integrierte energetische Quartierskonzept für das Quartier Borgfeld-Katrepel in der Freien Hansestadt Bremen befasste sich zum einen mit Sanierungsmöglichkeiten des Gebäudebestandes, um den aktuellen Wärmebedarf nachhaltig zu senken. Zum anderen wurde untersucht, wie sich der verbleibende Wärmebedarf möglichst klimaverträglich, wirtschaftlich und unter Nutzung lokaler Wertschöpfung decken lässt. Ergänzend wurden Mobilitätsfragen und die Anpassung an die Herausforderungen des Klimawandels im Quartier behandelt.

Drei exemplarische Mustersanierungsberatungen für quartierstypische Wohnhäuser machten deutlich, dass bei Nutzung der heute verfügbaren Fördermittel Maßnahmen zur energetisch optimierten **Gebäudesanierung** in vielen Fällen rentabel sind - vor allem, wenn ohnehin Sanierungsmaßnahmen wie z. B. der Tausch von Fenstern und Türen anstehen. Standards heutiger Neubauten können bei Sanierungen von Bestandsgebäuden jedoch in aller Regel nur selten (oder nur unter Einsatz von auch unter energetischen Gesichtspunkten unverhältnismäßigen Mitteln) erreicht werden. Hauseigentümer in Katrepel werden aufgrund der Baualtersklasse der Siedlungshäuser und den politisch implementierten Rahmenbedingungen für den Tausch von Heizungen in den nächsten Jahren verstärkt mit Sanierungsfragen konfrontiert sein. Eine fortgesetzte Information der Hauseigentümer im Quartier, z. B. im Rahmen eines sich an das Quartierskonzept anschließenden Sanierungsmanagements, könnte helfen, die entsprechenden Potenziale zu heben, denn es zeigt sich immer wieder, dass technische Möglichkeiten und Förderungen nur sehr bedingt bekannt sind.

Da im Bestand die Einsparmöglichkeiten sowohl aufgrund der Kosten als auch mit Blick auf die für Sanierungsmaßnahmen benötigte „graue Energie“<sup>1</sup> begrenzt sind, erfordert Klimaneutralität, die **Wärmeversorgung** der Gebäude auf erneuerbare Energieträger umzustellen. Für die Versorgung des Quartiers wurden zunächst verschiedenste Optionen *qualitativ* untersucht. Als unter technischen und wirtschaftlichen Aspekten grundsätzlich realisierbar erwiesen sich Holzhackschnitzelkessel und Wärmepumpen, so dass diese dann Gegenstand einer detaillierten Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und Klimabilanzierung waren. Zur Besicherung der Redundanz und zur Abdeckung von Spitzenlasten kann vorübergehend ein Erdgaskessel (ca. 1%) eingesetzt werden, da dieser durch niedrige Investitionskosten die Möglichkeit bietet, die weit überwiegend regenerative Wärmeerzeugung zu einem möglichst attraktiven Preis anzubieten und damit die Umsetzungswahrscheinlichkeit zu erhöhen. Bei weiteren Preissteigerungen der fossilen Energieträger kann eine regenerative Spitzenlastdeckung wirtschaftlich werden. Diese Option wurde ebenfalls auf Basis von Power-to-Heat bewertet. Als alternative Versorgungslösung wurden zudem einzelne Inselnetze mit dezentralen Wasserwärmepumpen, die über ein kaltes Nahwärmenetz versorgt werden, analysiert.

Bei der Beschaffung von Holzhackschnitzeln sollte generell auf eine regionale Herkunft Wert gelegt werden. Zusätzlich können regionale Produzenten auf Basis von langfristigen Lieferverträgen eine hohen Kostenstabilität garantieren. Für eine potentielle Wärmepumpenversorgung muss ebenfalls die Anbindung an das regionale Stromnetz geprüft werden. Die Akquirierung eines Lieferanten und das Führen solcher Gespräche kann in Rahmen eines möglichen Sanierungsmanagements erfolgen.

---

<sup>1</sup> „Graue Energie“ bezeichnet die Energie, die für den Bau und ggf. nachträgliche Sanierungsmaßnahmen, wie etwa Wärmedämmung, aufgewendet werden muss und quasi in den Baustoffen enthalten ist

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

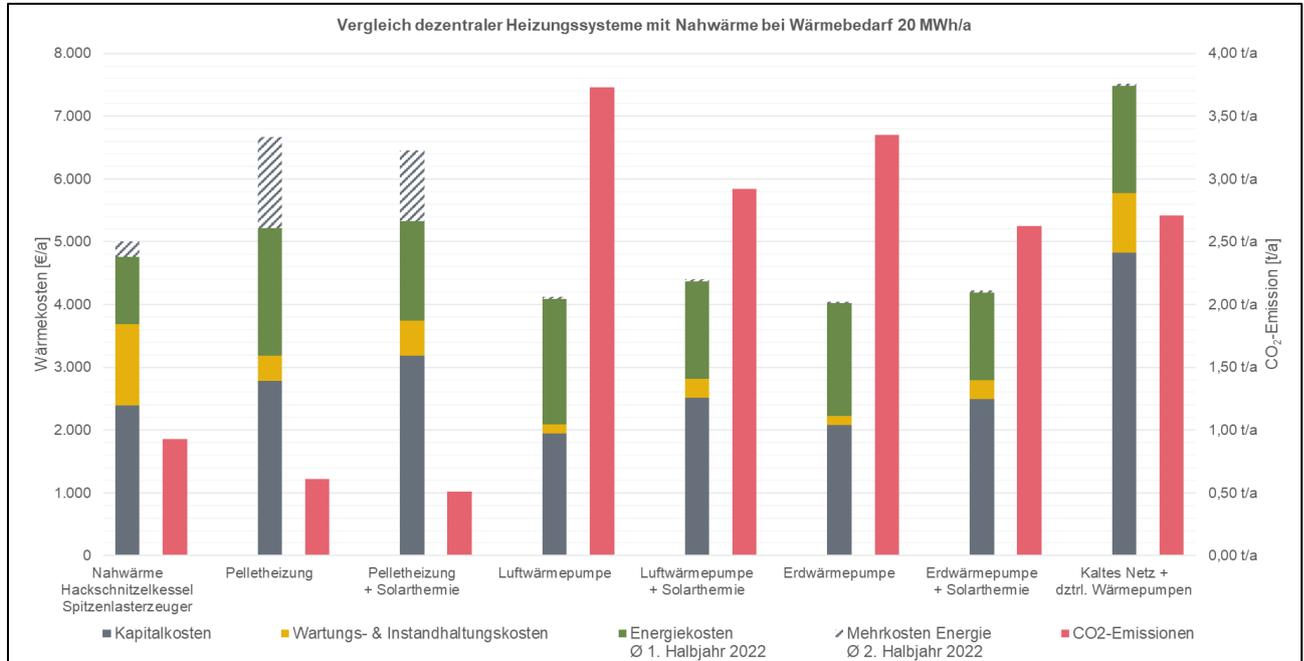


Abbildung 5-1: Vergleich von Nahwärme mit dezentralen Versorgungsoptionen - durchschnittliche Brennstoff- und Stromkosten 1. Halbjahr 2022 und Mehrkosten im 2. Halbjahr 2022

Im Rahmen der detaillierten Wirtschaftlichkeitsberechnung (siehe Abbildung 5-1) wurden die qualitativ ausgewählten Varianten betrachtet. Dabei zeigte sich, dass die favorisierte zentrale Wärmeversorgung (Hackschnitzelkessel + Spitzenlasterzeuger) auf Basis einer gewählten Anschlussquote von 60 % unwirtschaftlicher ist als eine dezentrale Wärmepumpenlösung der einzelnen Quartiersgebäude. Bei den Energiepreisen von August 2022 bestätigen sich die Kostenvorteile der dezentralen Versorgungsoptionen gegenüber der zentralen Versorgung.

Bei einer Anschlussquote von ca. 80 % verhalten sich die Kosten der zentralen Wärmeversorgung im Vergleich zu den dezentralen Alternativen in dem Quartier in einer vergleichbaren Größenordnung. Entscheidend für den Erfolg einer zentralen Wärmeversorgung ist eine möglichst hohe Anschlussquote. Bei einer Nahwärmeversorgung verursachen insbesondere die Baukosten des Wärmenetzes hohe Investitionen, die dann tragfähig sind, wenn sie auf möglichst viele Schultern verteilt werden. Die Beteiligung der Anwohner im Rahmen des Quartierskonzeptes war jedoch begrenzt. Im Verlauf eines anschließenden Sanierungsmanagements wäre im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit an der Beteiligung zu arbeiten, um das Interesse an einer Nahwärmeversorgung der Bewohner aller Haushalte zu erhöhen.

Die mögliche Umsetzung einer zentralen Wärmeversorgung kann zu einer höheren Kostenstabilität im Vergleich zu den dezentralen Alternativen führen. Zusätzlich könnten die Ressourcen für den Betrieb einer Nahwärmeversorgung regional bezogen werden, was einerseits zu einer höheren Versorgungssicherheit führt und andererseits einen großen Teil der Wertschöpfung in der Region hält. Es wird daher empfohlen, das Anschlussinteresse an ein Wärmenetz im Rahmen des Sanierungsmanagements nochmals zu prüfen und die regionale Verfügbarkeit der Energieträger zu bewerten. Bei fehlendem Interesse kann im Anschluss die dezentrale Versorgung des Quartiers mit einzelnen Wärmepumpen umgesetzt bzw. empfohlen werden.

Bei der Wahl der Wärmepumpe ist hierbei auf die jeweiligen gebäudetypischen Eigenschaften Rücksicht zu nehmen.

Ebenfalls betrachtet wurde die **Mobilität** im Quartier. Hier wurde per Befragung der Quartiersbewohner das Thema „Verkehrsbehinderungen durch Hol- und Bringverkehr“ als relevant identifiziert und zur näheren Betrachtung herangezogen. Maßnahmen dazu wurden mit den zuständigen Behörden der Freien Hansestadt Bremen abgestimmt.

Zudem wurden Möglichkeiten der **Klimaanpassung** geprüft. Da sich der öffentliche Raum im Quartier fast ausschließlich auf Straßen und Wege beschränkt, sind die Potentiale für bauliche Maßnahmen in diesem Bereich stark eingeschränkt und durch die öffentliche Hand nur begrenzt umsetzbar. Es wurden daher pädagogische und informative Angebote zur Anpassung an den Klimawandel konzipiert.

## 5.2 Checkliste KfW energetische Stadtsanierung

Tabelle 5-1: Checkliste KfW

Zu berücksichtigende Aspekte	Kapitel
Betrachtung der für das Quartier maßgeblichen Energieverbrauchssektoren (insbes. komm. Einrichtungen, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Industrie, private Haushalte) (Ausgangsanalyse)	7
Beachtung von Klimaschutz- und Klimaanpassungskonzepten, integrierten Stadtteilentwicklungs- oder wohnwirtschaftlichen Konzepten bzw. von integrierten Konzepten auf Quartiersebene	7.1,11
Beachtung der baukulturellen Zielstellungen unter besonderer Berücksichtigung von Denkmälern, erhaltenswerter Bausubstanz und Stadtbildqualität	7.3.1
Aussagen zu Energieeffizienzpotenzialen und deren Realisierung im Bereich der quartiersbezogenen Mobilität	10.2
Identifikation von alternativen, effizienten und gegebenenfalls erneuerbaren lokalen oder regionalen Energieversorgungsoptionen und deren Energieeinspar- und Klimaschutzpotenziale für das Quartier	9
Bestandsaufnahme von Grünflächen, Retentionsflächen, Beachtung von naturschutzfachlichen Zielstellungen und der vorhandenen natürlichen Kühlungsfunktion der Böden	11
Gesamtenergiebilanz des Quartiers (Vergleich Ausgangspunkt und Zielaussage)	5.3, 7.4
Bezugnahme auf Klimaschutzziele der Bundesregierung und energetische Zielsetzungen auf kommunaler Ebene	5, 6, 7
Konkreter Maßnahmenkatalog unter Berücksichtigung quartiersbezogener Wechselwirkungen	15
Analyse möglicher Umsetzungshemmnisse und deren Überwindungsmöglichkeiten	12
Aussagen zu Kosten, Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit der Investitionsmaßnahmen	8,9
Einbeziehung betroffener Akteure bzw. Öffentlichkeit in die Aktionspläne/Handlungskonzepte	13
Maßnahmen zur organisatorischen Umsetzung des Sanierungskonzepts (Zeitplan, Prioritätensetzung, Mobilisierung der Akteure und Verantwortlichkeiten)	15
Maßnahmen der Erfolgskontrolle und zum Monitoring	14

### 5.3 Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz - Verwendungsnachweis KfW energetische Stadtsanierung

Im Rahmen des Quartierskonzeptes wurden verschiedene Varianten einer zukünftigen Nahwärmeversorgung untersucht. Dem Vergleich von Status quo und möglicher zukünftiger Situation wurde dabei die Variante zugrunde gelegt, die sowohl wirtschaftlich als auch unter Klimagesichtspunkten die vorteilhafteste war. Bei dieser wird die Versorgung des gesamten Quartiers durch einen Holzhackschnitzelkessel und einen Erdgas-Spitzenlastkessel gewährleistet. Die Werte in Tabelle 5-2 beziehen sich auf eine Anschlussquote in Höhe von 100 %, da nur der Anschluss aller Gebäude das maximale Einsparpotenzial erschließt.

Tabelle 5-2: Energieeinsparungen

Bezeichnung	Heizenergiebedarf [MWh]	Endenergiebedarf [MWh]	Primärenergiebedarf [MWh]	CO <sub>2</sub> -Ausstoß [t]
Gegenwärtige Heizsituation	4.924	5.754	5.472	1.298
Zentr. Wärmeversorgung	4.924	6.853	2.397	428

## 6 Ausgangslage und Auftrag

Leitbild und Maßstab für die deutsche Klimaschutzpolitik sind die Vereinbarungen der UN-Klimarahmenkonvention und das Übereinkommen von Paris sowie die von der EU im Gesetzspaket von 2018 vorgegebenen Ziele für 2030. Im Klimaschutzplan 2050 legte die Bundesregierung zunächst erste Minderungsziele für die Treibhausgasemissionen fest. Aufgrund des Beschlusses des Bundesverfassungsgerichtes vom 24. März 2021 (Bundesverfassungsgericht, 2021) wurden weitere Verschärfungen beschlossen. So sollen nun die Treibhausgasemissionen im Vergleich zu 1990 bis 2030 um 65 % (zuvor: 55 %) und bis 2040 um 88 % gesenkt werden; für das Jahr 2045 (zuvor: 2050) wird Klimaneutralität angestrebt und für 2050 eine negative CO<sub>2</sub>-Bilanz (Bundesregierung, o. J.).

Der Senat der Freien Hansestadt Bremen hat bereits im Jahr 2009 das Klimaschutz- und Energieprogramm 2020 (KEP 2020) auf den Weg gebracht und einen Fahrplan für eine Dekarbonisierung von Bremen erstellt. Seit dem 27. März 2015 sind die Klimaschutzziele des KEP 2020 auch im Bremischen Klimaschutz- und Energiegesetz (BremKEG) festgehalten. In einem Senatsbeschluss vom 7. Juni 2022 wurde zudem das Ziel beschlossen, die Netto-Null Emissionen für die Freie Hansestadt Bremen bereits bis zum Jahre 2038 zu erreichen (Die Senatorin für Umwelt, Klima und Wissenschaft, 2023). Die Bremische Bürgerschaft hat anschließend im März 2023 einer Novellierung des BremKEG zugestimmt (Bremische Bürgerschaft, 2023).

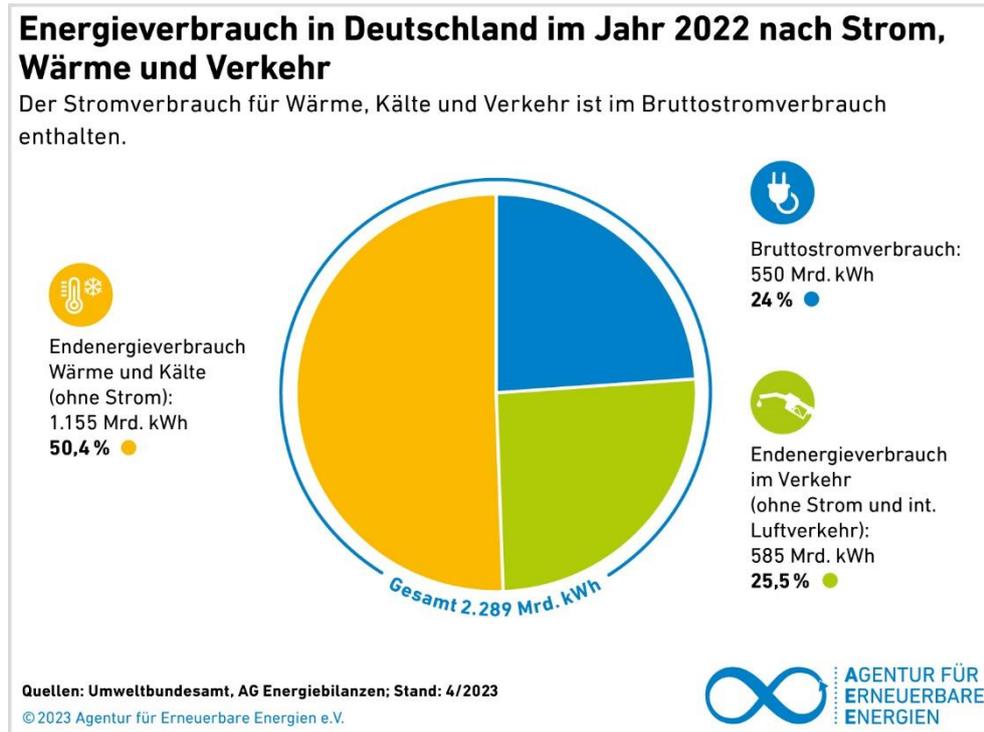


Abbildung 6-1: Endenergieverbrauch in Deutschland 2022 nach Strom, Wärme und Verkehr (Agentur für Erneuerbare Energien, o. J.)

Etwa 50,4 % des Endenergieverbrauchs Deutschlands waren 2022 auf Wärme- und Kältegewinnung zurückzuführen (vgl. Abbildung 6-1). Der Anteil erneuerbarer Energieträger lag 2022 im Wärmesektor bei lediglich 18,2 % (vgl. Abbildung 6-2). Insofern ist die Minderung der Treibhausgasemissionen im Wärmesektor eine der zentralen Herausforderungen der Klimaschutzpolitik in Deutschland.

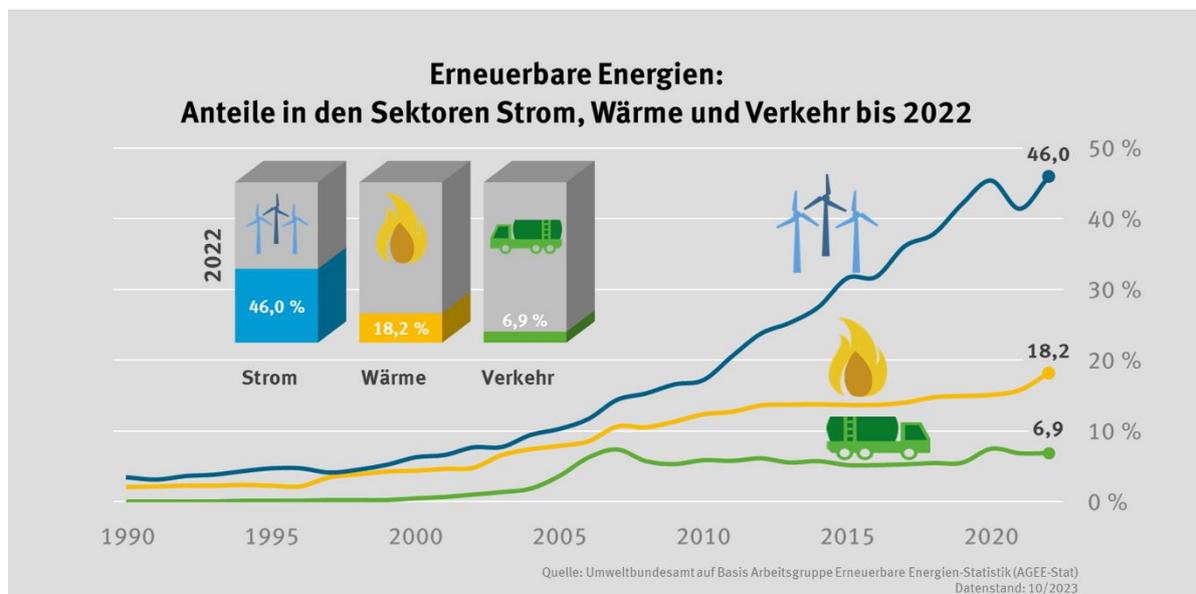


Abbildung 6-2: Erneuerbare Energien - Anteile in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr (UBA, 2023)

Das Programm „Energetische Stadtsanierung“ der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) greift diese Zielvorstellung auf und bietet mit einer 75 %igen Förderung die Möglichkeit, ein integratives, zukunftsweisendes Konzept zur energetischen Sanierung und Wärmeversorgung

innerhalb des jeweiligen Quartiers zu erstellen (KfW, o. J.). Die Umsetzung konnte anschließend für bis zu fünf Jahre durch ein in gleicher Höhe gefördertes Sanierungsmanagement begleitet werden. Stand 15.02.2024 können im Produkt „Energetische Stadtsanierung - Zuschuss (432)“ allerdings bis auf Weiteres keine Anträge mehr gestellt werden, da das Programm auf unbestimmte Zeit eingestellt wird.

In diesem Kontext hat sich die Bremer Klimaschutzagentur energiekonsens für das Land Bremen zur Erstellung eines energetischen Quartierskonzepts durch die IPP ESN Engineering GmbH (IPP ESN) in Kooperation mit FRANK Ecozwei GmbH (FRANK) für das Quartier Katrepel entschieden. Die Ergebnisse der Arbeiten sind im vorliegenden Bericht dargelegt.

## 7 Bestandsaufnahme

### 7.1 Räumliche Lage und Funktionen des Quartiers

Das Quartier „Katrepel“ ist ein ca. 27 ha großer Siedlungsbereich im Ortsteil Borgfeld im Nordosten von Bremen. Dieser Ortsteil ist durch Landwirtschaft und eine dörfliche Siedlungsstruktur geprägt und liegt ca. 30 Auto- oder Straßenbahnminuten vom Bremer Zentrum entfernt.

Das Quartier wird im Osten durch den Graben am Kiebitzbrink begrenzt. Im Norden verläuft das Quartier entlang des Krögerswegs und verlängert sich entlang der Katrepeler Landstraße und Borgfelder Landstraße. Weiter verläuft die Quartiersgrenze vom Friedhof Borgfeld Richtung Süden bis zum Krögersweg. Westlich erstreckt sich das Quartier bis zur Kreuzung Krögersweg/Moorkuhlenweg und verläuft Richtung Süden entlang des Querlandwegs. Südlich wird das Quartier durch den Vierrutenweg begrenzt und verläuft Richtung Osten bis zum Kiebitzbrink.

Das Quartier wird vornehmlich zu Wohnzwecken genutzt, vereinzelt sind Gewerbebetriebe wie z. B. ein Sanitärbedarf vorzufinden. Neben einer Grundschule finden sich auch eine Kita und ein evangelischer Kindergarten im Quartier. Nahversorgung, gastronomische Angebote sowie medizinische Versorgungsmöglichkeiten befinden sich fußläufig am westlichen Rand des Quartiers entlang der Borgfelder Heerstraße.

Das Quartier ist gut an den öffentlichen Nahverkehr angeschlossen. Am westlichen Rand des Quartiers befindet sich die Straßenbahnstation Daniel-Jacobs-Allee mit Verbindungen der Linie 4 Richtung Lilienthal oder Arsten und am südlichen Ende des Untersuchungsgebiets ist die Buslinie 31 (Richtung Borgfeld Ost oder Nedderland) über die Haltestelle Bürgermeister-Kaisen-Allee nutzbar.

Integrierte Stadtteilentwicklungs- oder wohnwirtschaftlichen Konzepte bzw. weitere für das Quartier relevante Konzepte sind nicht vorhanden.



Abbildung 7-1: Quartiersbegrenzung, Quelle: (Google LLC, 2023)

## 7.2 Bevölkerung und Baufertigstellungen

Da das begutachtete Quartier nur einen Bereich des Stadtteils Borgfeld und damit keine eigene Verwaltungseinheit darstellt, ist eine quartiersscharfe Analyse der demografischen und siedlungsgeographischen Entwicklung aufgrund der fehlenden Datengrundlage nur bedingt möglich.

Für die Einwohnerentwicklung wird der Stadtteil Borgfeld daher insgesamt betrachtet. Seit Beginn der 2010er-Jahre ist die Bevölkerungsentwicklung in Borgfeld relativ konstant. Der Anstieg der Baufertigstellungen (siehe Abbildung 7-3) zu Beginn der 2000er-Jahre ging zunächst mit einer Zunahme der Bevölkerung einher, bevor die Einwohnerentwicklung zu stagnieren begann. Gemäß den Gesprächen mit der Lenkungsgruppe deckt sich dies mit der Entwicklung der Bevölkerung von Katrepel. Der Altersschnitt der Bevölkerung in Katrepel wird zudem als ansteigend bewertet.

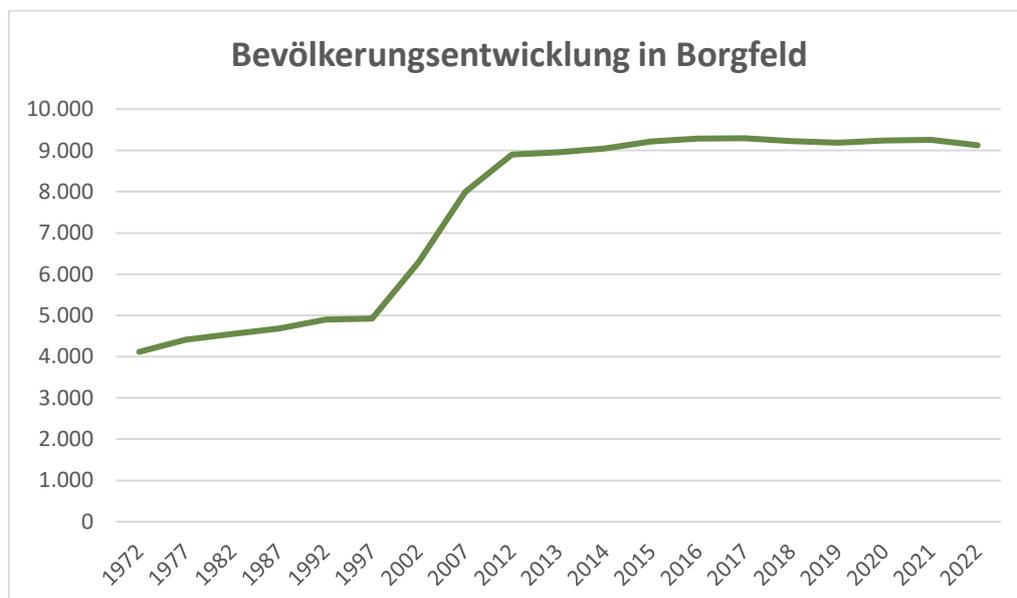


Abbildung 7-2: Bevölkerungsentwicklung in Borgfeld, (Statistisches Landesamt Bremen, 2023)

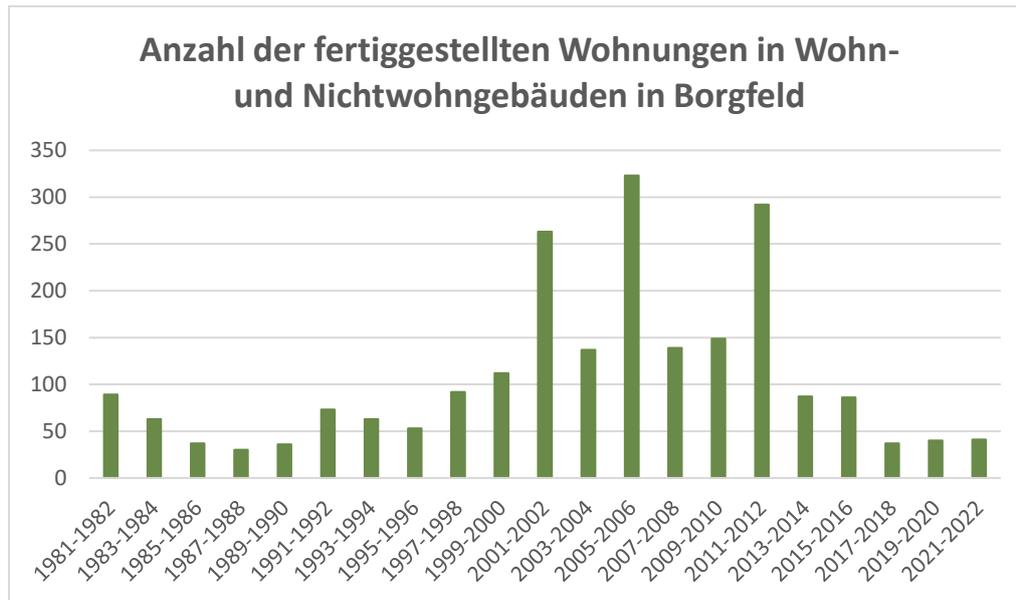


Abbildung 7-3: Baufertigstellungen in Borgfeld, (Statistisches Landesamt Bremen, 2023)

## 7.3 Gebäude- und Heizungsbestand

### 7.3.1 Wohnbebauung

Der Gebäudebestand im Quartier ist geprägt durch Einfamilienhäuser (Siedlungshäuser) aus den 1950er und -60er-Jahren. Diese wurden nach dem Zweiten Weltkrieg durch bäuerliche Vertriebene und Flüchtlingsfamilien auf ehemaligem Ackerland errichtet. Die Grundstücke waren so dimensioniert, dass genug Platz für eine nebenerwerbliche Subsistenzwirtschaft sowie ein Haus und einen Stall vorhanden war. Neben einer finanziellen Beteiligung mussten die Siedler Eigenleistung beim Straßen- und Hausbau erbringen. In den letzten Jahrzehnten wurden einige Grundstücke geteilt und mit ebenfalls meist Einfamilienhäusern nachverdichtet. Weiterhin machen die Siedlungshäuser über 80 % des Gebäudebestands im Quartier aus (eigene Erhebung). Das Quartier besteht ausschließlich aus Einfamilienhäusern und Doppelhaushälften.

Die evangelische Kirche Borgfeld an der Borgfelder Landstraße wurde im 13. Jh. errichtet und im 18. und 19. Jh. mehrfach umgebaut. Dieses Gebäude ist das einzige unter Denkmalschutz stehende Gebäude im Quartier (Landesamt für Denkmalpflege Bremen, 2023).

### 7.3.2 Sanierungsrate

Am 28. September 2010 hat die damalige Bundesregierung das Ziel festgeschrieben, bis 2050 einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand zu erreichen. In dem „Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung“ heißt es, dass „[...] eine Verdoppelung der energetischen Sanierungsrate von jährlich 1 % auf 2 % erforderlich [...]“ sei (Kölner Haus- und Grundbesitzverein von 1888, 2017). 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 Fördermittel wirtschaftlich sind. Aus den Ergebnissen der Mustersanierungskonzepte 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. Aufgrund der aktuellen Baukostensituation<sup>2</sup> erscheint allerdings auch ein landesweites Szenario mit 1 % Sanierungsrate bereits optimistisch. Den Berechnungen liegt die Annahme zugrunde, dass bei einer (wirtschaftlichen) Sanierung im Quartier Katrepel durchschnittlich 59 % des Heizenergiebedarfs eingespart werden können. Bei einer Sanierungsrate von 1 % könnte der Gesamtwärmebedarf der Gebäude bis zum Jahr 2050 um 16 % gesenkt werden, bei einer ambitionierten Sanierungsrate in Höhe von 2 % sogar um etwa das Doppelte (32 %). Aufgrund der Altersstruktur der Siedlungshäuser im Quartier ist von einem erhöhten Instandhaltungs- und Sanierungsbedarf in den nächsten Jahren auszugehen.

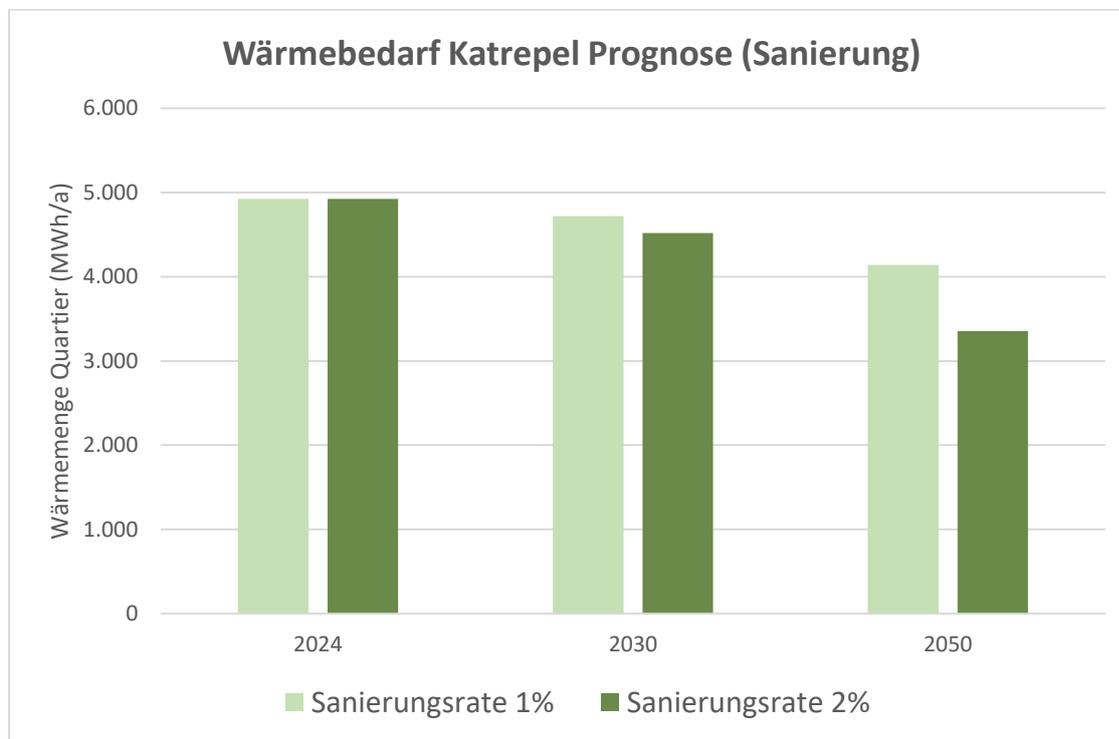


Abbildung 7-4: Entwicklung Wärmebedarf Katrepel, eigene Berechnung

### 7.3.3 Heizungen im Bestand

Aufgrund datenschutzrechtlicher Hindernisse wurden von der zuständigen Behörde keine Daten der Feuerstättenschau des Untersuchungsgebietes zur Verfügung gestellt. Gleiches gilt für Informationen aus dem örtlichen Wärmekataster, als auch für Daten des Gas- und Stromnetzes.

Alternativ wird daher auf eine frei zugängliche digitale Wärmekarte des Energieunternehmens E.ON zurückgegriffen. Diese Karte zeigt deutschlandweit für jedes Postleitzahlengebiet die Verteilung des Wärmebedarfes, die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Heiztechnologien, die Verteilung der Heiztechnologien und die Sanierungsraten im Gebäudebestand auf. Die Daten basieren auf frei zugänglichen Quellen, zumeist von Ämtern auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene

<sup>2</sup> Bau- bzw. Materialkosten sind durch corona- und kriegsbedingt beeinträchtigte Lieferketten in den letzten Jahren stark gestiegen. Die Inflation und steigende Energiepreise verschärfen die Situation.

und externen Dienstleistern (E.ON, 2023). Bei Anwendung der Informationen ist zu beachten, dass die statistischen Werte von den Realdaten abweichen können.

Das im Rahmen des Quartierskonzeptes betrachtete Untersuchungsgebiet liegt im Gebiet mit der Postleitzahl 28357. Die relative Verteilung der Heizungstechnologien für das Gebiet ist in der folgenden Abbildung 7-5 dargestellt. Der statistisch ermittelte Anteil an Fernwärmeversorgung in dem Postzahlgebiet wird nicht berücksichtigt, da der Versorgungsbereich außerhalb der Quartiersgrenze endet (Wesernetz Bremen GmbH, 2023).

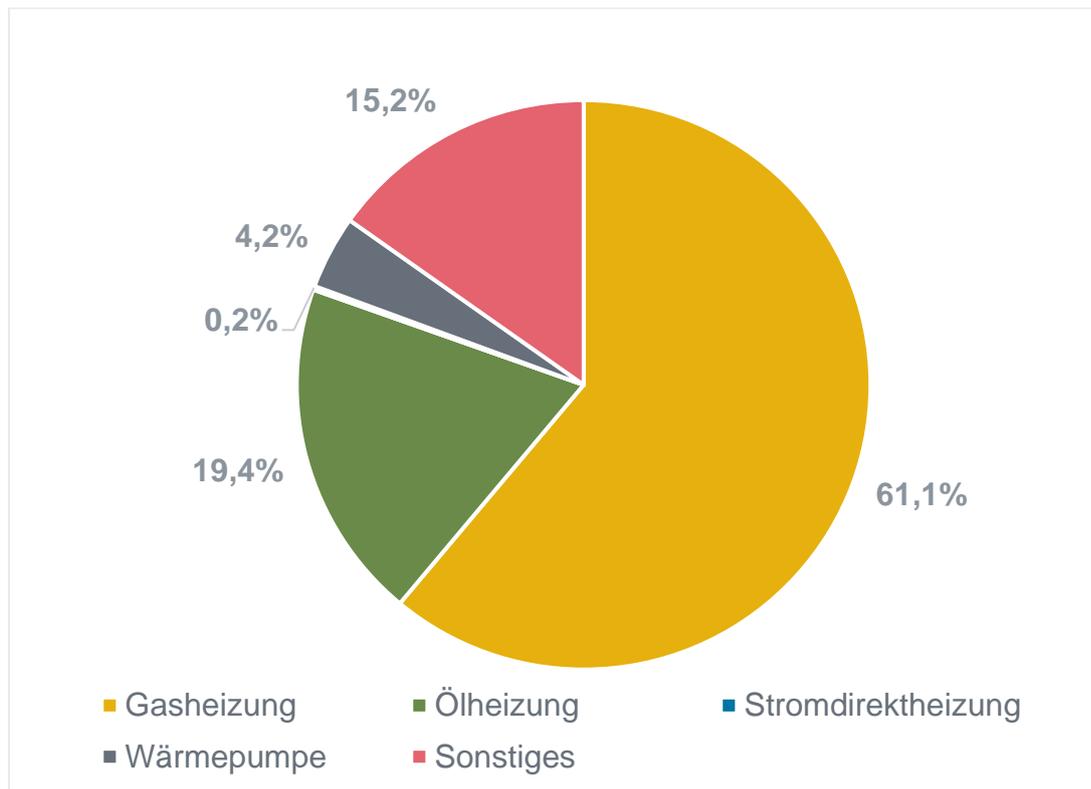


Abbildung 7-5: Prozentuale Verteilung der Heizungstechnologien

Auffällig ist der große Anteil an gasbetriebenen Kesselanlagen und Thermen (ca. 61 %). In der verwendeten Statistik findet keine Unterscheidung der gasförmigen Energieträger (Erdgas, Flüssiggas oder Biogas) statt. Es wird jedoch aufgrund der Lage des Quartiers im urbanen Raum, in dem eine vollumfassende Gasnetzinfrastruktur üblich ist, davon ausgegangen, dass Flüssiggas entweder gar nicht oder in wenigen Einzelfällen eingesetzt wird. Die Nutzung von Biogas bzw. Biomethan wird in den allermeisten Fällen bilanziell über die Wahl des Tarifs bestimmt, weniger über den realen Anteil im Gasnetz. Da dazu keinerlei Daten vorliegen, kann dies entsprechend nicht berücksichtigt und davon ausgegangen werden, dass alle Heizungen mit Erdgas betrieben werden. Weiterhin werden zahlreiche Haushalte (ca. 19 %) im Untersuchungsgebiet mit Ölheizgeräten versorgt. Wenige Haushalte versorgen sich bereits regenerativ auf Basis einer Wärmepumpe (ca. 4 %). Die verbliebenden Haushalte decken ihren Heizwärmebedarf über sonstige Heizungstechnologien (ca. 15 %). Hierunter fallen höchstwahrscheinlich in dem Untersuchungsgebiet Heizungsanlagen, die feste Biomasse (z. B. Holz) als Energieträger einsetzen.

Im Rahmen der statistischen Auswertung findet keine Differenzierung zwischen möglichen Primär- und Sekundärfeuerstätten (z. B. Erdgaskessel (primär), Holzofen (sekundär)) einzelner Haushalte statt. Des Weiteren stehen keine detaillierten Informationen über die jeweiligen

Altersverteilungen der Feuerungsanlagen zur Verfügung. Die Erfahrungen anderer Quartiere haben gezeigt, dass der Altersdurchschnitt der fossilen Bestandsheizungen sehr hoch ist und in den kommenden zehn Jahren ein großer Teil dieser ersatzbedürftig wird.

### 7.3.4 Fragebögen private Wohngebäude

Um die Abschätzung zum Wärmebedarf möglichst genau zu verifizieren sowie das Interesse an einer klimafreundlichen zentralen Wärmeversorgung abzufragen, wurde ein Fragebogen erstellt. Dieser wurde an alle Haushalte des Quartiers verteilt. Von den ca. 450 Bewohnern (Schätzung basierend auf Haushaltsgröße in Borgfeld (Statistisches Landesamt Bremen, 2023)) des Quartiers wurde so ein Großteil erreicht.

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

Tabelle 7-1 Ergebnisse der Fragebogenaktion

Charakteristik	Angabe	
Abgegebene Fragebögen	25	
Interesse an zentraler Wärmeversorgung	20	Ja
	5	Nein oder keine Angabe
Angabe Energieverbräuche	25	
Baualtersklasse vor 1949	1	
Baualtersklasse 1950-1964	11	
Baualtersklasse 1965-1979	3	
Baualtersklasse 1980-1999	6	
Baualtersklasse nach 2000	4	
Bj. Heizung	1980-2023 (Mittelwert 2008)	
Energieträger	5	Holz
	18	Erdgas
	5	Heizöl
	2	Strom
Mittelwert spez. Verbrauch	139	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)

## 7.4 Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz des Quartiers

Die Grundlage der Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanzierung sind die abgeschätzten spezifischen Heizwärmebedarfe nach Baualtersklassen (siehe Kapitel 7.3.1). Die zweite notwendige Kenngröße ist die Energiebezugsfläche. Hier erfolgt die Abschätzung auf Basis von Geodaten, die vom Geodatenservice Bremen kostenpflichtig bereitgestellt wurden. Mit Hilfe des Liegenschaftskatasters und des 3D-Gebäudemodells (LoD1) können die Gebäudegrundflächen und die jeweilige Geschossanzahl ermittelt werden. Die so berechneten Heizenergiebedarfe je Gebäude wurden in einem letzten Schritt mit den übermittelten Realdaten aus den Fragebogenerhebungen und den Mustersanierungsobjekten plausibilisiert.

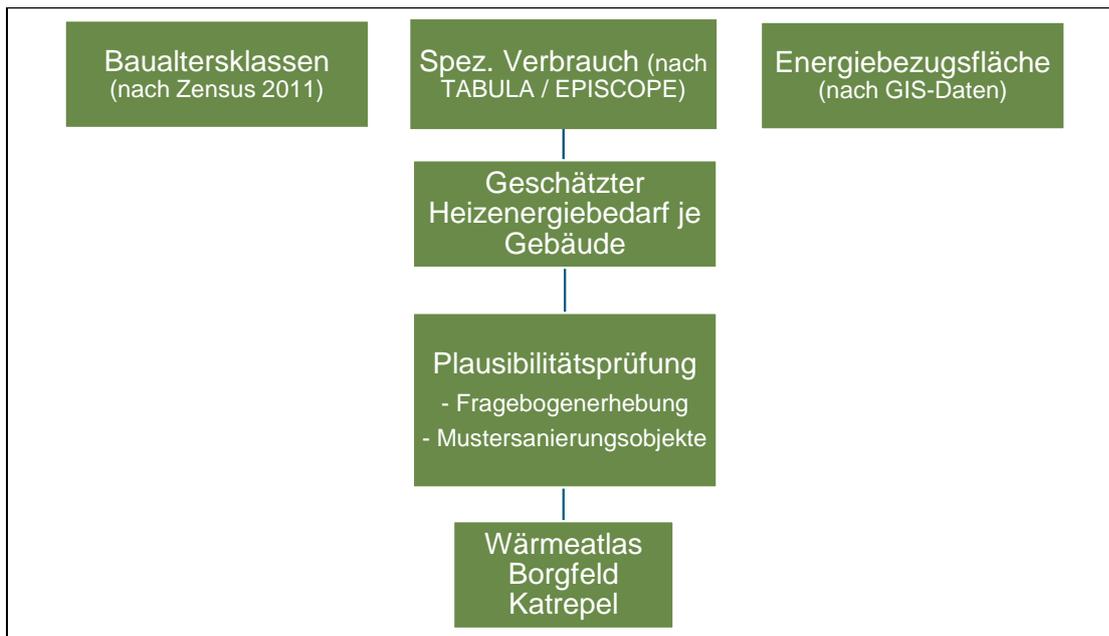


Abbildung 7-6: Vorgehensweise zur Erstellung des Wärmeatlasses

Das Ergebnis ist im Wärmeatlas in der folgenden Abbildung 7-7 dargestellt.

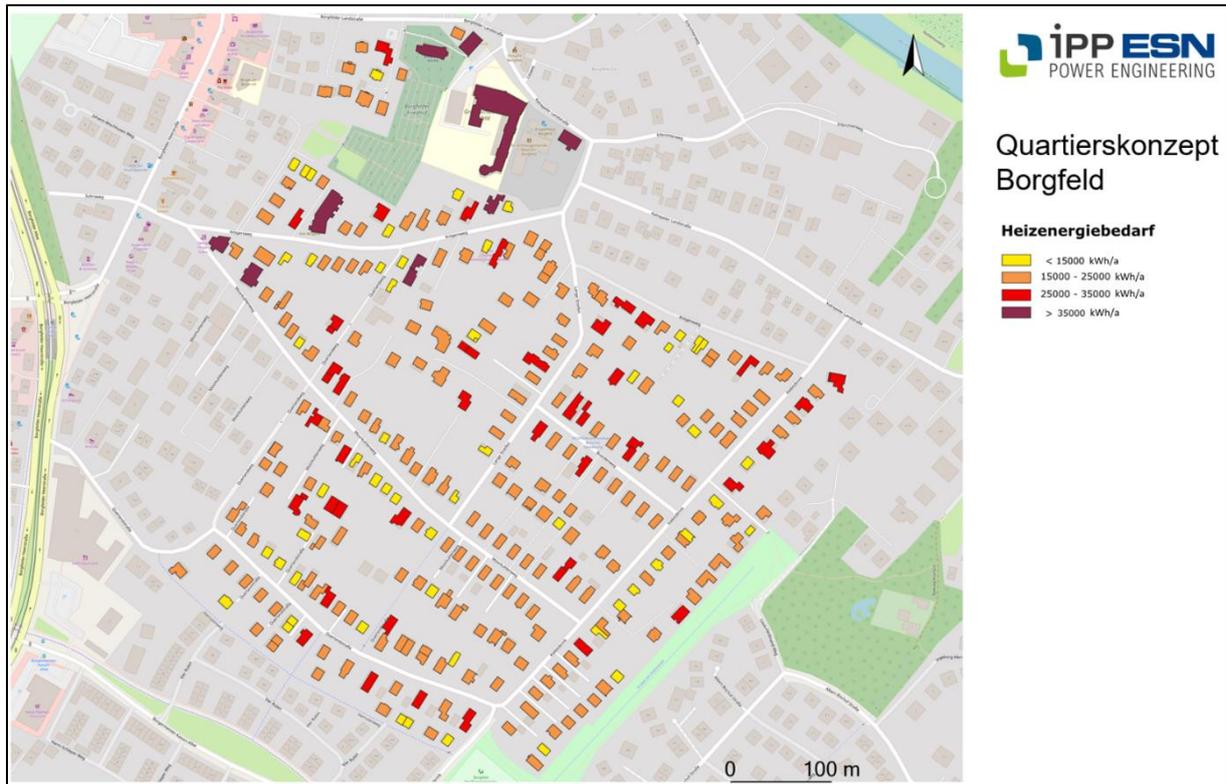


Abbildung 7-7: Wärmeatlas des Quartiers

Der Heizenergiebedarf im Quartier teilt sich gemäß Tabelle 7-2 auf die verschiedenen Gebäudarten (beheizt) auf.

Tabelle 7-2: Heizenergiebedarf im Quartier

Wohngebäude		Nichtwohngebäude		Gesamt
Anzahl	MWh/a	Anzahl	MWh/a	MWh/a
202	4.189	4	735	4.924

Aufgrund der bereits im Kapitel 7.3.3 erwähnten fehlenden Bereitstellung von Strom- und Gasverbräuchen und Feuerstättendaten, wird ebenfalls für die Bestimmung des End- und Primärenergiebedarfs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen auf die Verteilung der Heizungstechnologien in dem betroffenen Postleitzahlengebiet (siehe Abbildung 7-5) der digitale Wärmekarte des Energieunternehmens E.ON zurückgegriffen. Zusätzlich erfolgt die Bestimmung des Primärenergiebedarfs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Quartiers durch die Multiplikation der ermittelten Endenergieverbräuche mit den zugrunde gelegten spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissions- und Primärenergiefaktoren aus der Tabelle 7-3.

Tabelle 7-3: CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren und Primärenergiefaktoren verschiedener Energieträger

Energieträger	spezifische Emissionen	Quelle	Primärenergiefaktoren	Quelle
Erdgas	247 g/kWh	(IfEU, 2019)	1,1	GEG
Heizöl	318 g/kWh		1,1	
Umgebungswärme	0 g/kWh		0,0	
Holz	25 g/kWh		0,2	
Strom	475 g/kWh	(UBA, 2021)	1,8	

In Tabelle 7-4 ist die aktuelle Bilanz des Endenergiebedarfs, der CO<sub>2</sub>-Emissionen und des Primärenergiebedarfs des Quartiers dargelegt.

Tabelle 7-4: Jährlicher Wärme-, Endenergie-, CO<sub>2</sub>- und Primärenergiebilanz für das Quartier Borgfeld Katrepel<sup>3</sup>

Energieträger	Wärmebedarf [MWh]	Endenergiebedarf [MWh]	Primärenergiebedarf [MWh]	CO <sub>2</sub> -Ausstoß [t]
Heizöl	3.010	3.541	3.896	875
Erdgas	954	1.123	1.235	357
Strom	93	93	167	44
Umgebungs-wärme	123	123	0	0
Holz	743	875	175	22
<b>Summe</b>	<b>4.924</b>	<b>5.755</b>	<b>5.472</b>	<b>1.298</b>

## 7.5 Zusammenfassung Bestandsaufnahme

Das Quartier besteht fast ausschließlich aus den typischen Siedlungshäusern der 50er- und 60er- Jahren. Die Sanierungsstände der Gebäude sind sehr unterschiedlich. Grundsätzlich ist allerdings ein erhöhter Sanierungsbedarf in den kommenden Jahren zu erwarten. Aufgrund der hohen Baukosten und der aktuell begrenzten Verfügbarkeit von Handwerksbetrieben erscheint eine Sanierungsrate von 1 % pro Jahr deutlich realistischer als die von der Bundesregierung angestrebten 2 %. Die Bevölkerungsentwicklung wie auch die Fertigstellung von Wohngebäuden stagnierte zuletzt in Bremen-Borgfeld. Auch in Katrepel ist aufgrund der Flächenverfügbarkeit keine stark ansteigende Bautätigkeit und ein damit einhergehendes Bevölkerungswachstum mehr zu erwarten. Spezifische baukulturelle Besonderheiten oder Herausforderungen des Denkmalschutzes konnten nicht identifiziert werden. Die homogene Bebauung durch Siedlungshäuser erzeugt einen erhaltenswerten Charakter des Quartiers. Während heute verschiedene Dachbedeckungen und Fassadentypen zu finden sind, waren die Außenwände in den Anfangsjahren der Siedlung verputzt und die Dachziegel einheitlich. Eine grundsätzliche Erhaltung dieses Charakters ist auch vor dem Hintergrund von anstehenden Sanierungswellen erstrebenswert.

Im Quartier werden vorwiegend Gasheizungen zur Wärmeversorgung verwendet. Öl- und Holzheizungen sowie Wärmepumpen sind ebenfalls vorhanden. Zahlreiche Heizungsanlagen werden in den kommenden Jahren höchstwahrscheinlich ersatzbedürftig sein. Der aktuelle jährliche Heizenergiebedarf des Quartiers beträgt ca. 4.924 MWh/a. Hierfür werden aktuell CO<sub>2</sub>-Äquivalente in Höhe von ca. 1.298 t emittiert.

<sup>3</sup> Für die Bestimmung der Energiebilanz der eingesetzten Wärmepumpen im Quartier wird im Mittel eine Jahresarbeitszahl in Höhe von 2,5 angenommen.

## 8 Energie- und CO<sub>2</sub>-Minderungspotenziale durch Gebäudesanierung

Für die Sanierung von Wohngebäuden gab es in den letzten Jahren umfangreiche Förderprogramme. Ziel der Bundesförderung ist es, die Quote der energetischen Sanierungen zu erhöhen und dadurch den CO<sub>2</sub>-Ausstoß des Wohnungsbestandes in Deutschland zu reduzieren. Das trägt dazu bei, die energiepolitischen Ziele der Bundesregierung, insbesondere einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand bis zum Jahr 2050 zu erreichen. Die Förderung soll darüber hinaus die finanzielle Belastung für Eigentümer und Nutzer reduzieren.

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

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

Förderfähige Maßnahmen 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, werden ebenfalls mitgefördert (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 bei der KfW. Die Zuständigkeit für die Durchführung der Zuschussvariante für BEG-Einzelmaßnahmen liegt bei dem BAFA (KfW, o. J. a).

### 8.1 Wohngebäude Kredit 261 und Zuschuss 261

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

Wie hoch der Kreditbetrag für die Sanierung von bestehenden Immobilien zum Effizienzhaus ist, hängt davon ab, wie energieeffizient die sanierte Immobilie ist und wie hoch die förderfähigen Kosten sind. Wird eine Effizienzhaus-Stufe erreicht, wird das Vorhaben mit einem

Kreditbetrag von bis zu 120.000 € je Wohneinheit gefördert. Wenn die Immobilie zusätzlich die Kriterien für eine Erneuerbare-Energien-Klasse erreicht, steigt der maximale Kreditbetrag auf 150.000 € je Wohneinheit.

Der Tilgungszuschuss reduziert das Darlehen und verkürzt die Laufzeit. Es muss also nicht der gesamte Betrag zurückgezahlt werden. Der maximale Tilgungszuschuss liegt bei 45.500 € 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).

## 8.2 BAFA-Förderung

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

Das BAFA ermöglicht zusätzlich eine schrittweise Modernisierung der Gebäude mit einem individuellen Sanierungsfahrplan (iSFP) unter Begleitung durch einen Energie-Effizienz-Experten. Dabei wird die Zielstufe einer möglichen Modernisierung festgelegt. Für die Erstellung 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).

Vor dem Hintergrund des neuen Gebäudeenergiegesetzes wurde die Förderung von Einzelmaßnahmen an Heizung und Gebäudehülle zu Beginn des Jahres 2024 neu geordnet. Die Berechnung der Fördermittel für die hier betrachteten Mustersanierungskonzepte wurden mit dem Stand von August 2023 durchgeführt.

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

Bezeichnung	BEG EM	BEG 85 <sup>4</sup>	BEG 70	BEG 55	BEG 40
<b>KfW Wohngebäude – Kredit 261</b>	nein	ja			
<b>KfW Wohngebäude Kredit 261 – Förderhöchstbetrag</b>	---	bis zu 150.000 € Kredit je WE			
<b>KfW Wohngebäude Kredit 261 – Tilgungszuschuss</b>	---	5 % (von max. 150.000 € Kreditbetrag)	10 % (von max. 150.000 € Kreditbetrag)	15 % (von max. 150.000 € Kreditbetrag)	20 % (von max. 150.000 € Kreditbeitrag)
<b>BEG Einzelmaßnahmen – Zuschuss</b>	ja	nein			
<b>BEG Einzelmaßnahmen – Zuschusshöhe</b>	15-25 % (bei max. Investitionshöhe von 60.000 €/WE)	---			
<b>Zuschuss Baubegleitung</b>	ja				
<b>Zuschuss Baubegleitung</b>	50 % (2.000 € je WE, max. 40.000 € je Vorhaben)	50 % (4.000 € je WE, max. 40.000 € je Vorhaben)			
<b>Zuschuss Nachhaltigkeitszertifizierung</b>	Nur Neubau				
<b>Tilgungszuschuss Erneuerbare Energien</b>	nein	5 %			
<b>Zusatzförderung mit iSFP</b>	5 %	ja			

<sup>4</sup> Die Zahl hinter der jeweiligen BEG-Variante bezieht sich auf die KfW-Vorgaben für die Effizienzhausstandards. Beispiel BEG 70: Ein Effizienzhaus 70 benötigt 30% weniger Primärenergie als ein durch das GEG definiertes Referenzgebäude (also nur 70% der Primärenergie des Referenzgebäudes des GEG)

Seit dem 01.01.2024 gelten neue Förderbedingungen für die Einzelmaßnahmen. Die genauen Konditionen für die einzelnen Maßnahmen sind in Abbildung 8-1 aufgeführt.

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

Abbildung 8-1: Neue Förderrichtlinie BEG Einzelmaßnahmen ab 01.01.2024, (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2023)

Die förderfähigen Kosten für Einzelmaßnahmen im Bereich der Anlagen zur Wärmeerzeugung betragen ab 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 (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2023). Die Boni sind kumulierbar. Insgesamt kann die Zuschussförderung für den Heizungstausch für private Selbstnutzer bis zu 70 % betragen (Energiewechsel, 2024).

### 8.2.1 Wärmeschutz im Gebäudebestand (Bremer Aufbaubank)

Die Bremer Aufbaubank fördert Sanierungsmaßnahmen an Wohngebäuden mit bis zu 12 WE. Das Gebäude muss vor 1995 erbaut worden sein und antragsberechtigt sind ausschließlich Privatpersonen (Freie Hansestadt Bremen, 2017). Die Höhe der Förderung richtet sich nach Dämmstoffdicke und zu dämmender Gesamtfläche. Tabelle 8-2 gibt Aufschluss über die Förderrichtlinie.

Zur Bemessung der Dämmschichtdicken wird eine Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$  als Referenzwert herangezogen. Bei Verwendung von alternativen Dämmstoffen mit abweichender Wärmeleitfähigkeit muss die gleiche Dämmwirkung erzielt werden, um Förderung in gleicher Höhe abrufen zu können.

Der Tausch von alten Fenstern gegen 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen mit einem gut dämmenden Rahmen wird ebenfalls gefördert. Der U-Wert<sup>5</sup> des gesamten Fensters (Rahmen, Verglasung und Glasabstandhalter) darf höchstens 0,8 W/(m<sup>2</sup>K) betragen. Die Förderung richtet sich nach der Fensterfläche (50,00 €/m<sup>2</sup>).

Zusätzlich bietet die BAB einige Bonusförderungen an:

- Hydraulischer Abgleich: für Einfamilienhäuser bis zu 300,00 €, für Zweifamilienhäuser bis zu 400,00 €, für jede weitere Wohneinheit bis zu 100,00 €
- Nachbarschaftsbonus: Bonusförderung in Höhe von 20 % des Fördersatzes pro m<sup>2</sup> geförderter Dämmfläche für jeden in Frage kommenden Gebäudeeigentümer (gleichzeitige Dämmung von Außenwand und/oder Dach an mindestens zwei verbundenen Gebäuden)
- Bonusförderung bei mehreren Dämmmaßnahmen: Durchführung von zwei Dämmmaßnahmen bis zu 15 %, Durchführung von drei Dämmmaßnahmen bis zu 20 %, Durchführung von vier und mehr Dämmmaßnahmen bis zu 25 % (Freie Hansestadt Bremen, 2017).

Tabelle 8-2: Wärmeschutz im Gebäudebestand - Förderkonditionen, (Freie Hansestadt Bremen, 2017)

Maßnahme	Dämmstoffdicke in cm	Festbetrag	Förderbetrag in €/m <sup>2</sup>
Außenwand auf der Außenseite	14,00		14,00
	15,00		15,00
	16,00		16,00
	17,00		17,00
Zweischalige Außenwand	mind. 5,00	300,00	2,00
Außenwand auf der Innenseite	8,00		12,00
Kellerdecke/Sohle	10,00		4,50
Dachboden	24,00		4,50
Dach	18,00	300,00	6,00
	20,00	300,00	7,00
	22,00	300,00	8,00
	24,00	300,00	9,00

<sup>5</sup> Der U-Wert wird auch als Wärmedurchgangskoeffizient („unit of heat transfer“) bezeichnet. Dieser beschreibt die Menge an Energie, die durch entsprechende Bauteilfläche verloren geht. Umso niedriger der U-Wert, desto weniger Energie geht durch das Bauteil verloren (gemessen in Watt pro Quadratmeter und Kelvin).

### 8.2.2 Tausch von Ölkesseln

Gefördert wird der Ersatz von Ölheizkesseln durch Wärmeerzeuger mit einem möglichst geringen Einsatz an nicht erneuerbarer Primärenergie. Förderfähig ist der Tausch, wenn die neue Heizung einer der folgenden Technologien entspricht:

- Nah- oder Fernwärme auf der Basis von Kraft-Wärme-Kopplung, Wärme aus der Abfallverbrennung oder Abwärme: 1.000 € Anteilsfinanzierung, je Wohneinheit 100 € extra
- Wärmepumpen: 50 % der Bundesförderung laut Förderzusatz des Bundes
- Thermische Solaranlagen: 50 % der Bundesförderung laut Förderzusatz des Bundes
- Heizkessel auf Basis von Holzpellets oder Holzhackschnitzeln: 50 % der Bundesförderung laut Förderzusatz des Bundes (Freie Hansestadt Bremen, 2023).

### 8.3 Mustersanierungsberatungen - Energieberatung vor Ort

Es wurden für drei Gebäude des Quartiers Mustersanierungskonzepte erstellt, die den derzeitigen Gebäudezustand aufzeigen und entsprechende Sanierungsmaßnahmen ableiten lassen. Die Ergebnisse lassen Rückschlüsse auf den gesamten Bestand zu. Die Gebäude wurden so ausgewählt, dass möglichst quartierstypische Objekte mit unterschiedlichen Sanierungsständen und unterschiedlichen Heizungsarten begutachtet werden konnten. Ziel war es, übertragbare Maßnahmen zu entwickeln, die Energie einsparen und somit eine Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen bewirken.

Am 17.07.2023 fand die Begehung der drei Objekte mit den jeweiligen Eigentümern statt. Für die Bearbeitung wurden verschiedene Unterlagen zur Verfügung gestellt, u.a. Planunterlagen, Informationen über bereits durchgeführte Sanierungen und die Verbrauchsdaten der letzten Jahre. Mithilfe dieser Daten und der Begehungen wurde eine Energiebedarfsberechnung mit dem Programm Hottgenroth ETU-Planer nach DIN 18599 durchgeführt.

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

Im Anschluss daran erfolgte die energetische Bewertung des IST-Zustandes sowie die Beschreibung der Energiebilanz. Für die energetische Gebäudebewertung stellt der vorhandene Energieverbrauch einen wichtigen Indikator dar. Die Energiebilanz gibt Antworten auf die Fragen, ob das Haus viel oder wenig Energie verbraucht und durch welche Maßnahmen sich wie viel Energie einsparen lässt. Dazu werden alle Energieströme, die dem Gebäude zu- bzw. abgeführt werden, quantifiziert und anschließend bilanziert. Bei der Energiebilanz werden die Wärmeverluste und Wärmegewinne der Gebäudehülle sowie die Verluste der Anlagen zur Raumheizung, 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 [Gewinnung, Umwandlung, Verteilung]).

Besonders dargestellt werden auch die Energieverluste, die über die Gebäudehülle (Transmission), durch den Luftwechsel und bei der Erzeugung und Bereitstellung der benötigten Energie entstehen. Die Aufteilung der Verluste, d.h. der Transmissionsverluste der

Bauteilgruppen Dach, Außenwand, Fenster, Keller, der Anlagenverluste der Bereiche Heizung, Warmwasser, Hilfsenergie (Strom) sowie der Lüftungsverluste, sind für die einzelnen Gebäude tabellarisch oder in Diagrammen dargestellt.

Daraufhin fand eine Gesamtbewertung des Gebäudes statt. Diese erfolgte aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro Nutzfläche. Für die Einordnung der Energieeffizienz des Gebäudes ist der Primärenergiebedarf jedoch nicht geeignet. Er beziffert nicht nur die Energiemenge, die im Gebäude voraussichtlich verbraucht wird, sondern erfasst auch den Energiebedarf zur Herstellung, Lagerung und zum Transport der verwendeten Brennstoffe, so dass er im Grunde die Umweltbelastung widerspiegelt. Eine genauere energetische Bewertung erlaubt der Endenergiebedarf, da dieser den rechnerischen Verbrauch widerspiegelt. Der ermittelte Endenergiebedarf des Gebäudes basiert auf standardisierten normativen Randbedingungen (DIN V 18599) und kann daher in der Regel deutlich vom tatsächlichen Energieverbrauch des Gebäudes abweichen. Der tatsächliche Energieverbrauch stellt die Energiemenge dar, die innerhalb der letzten Jahre tatsächlich verbraucht wurde. Der tatsächliche Energieverbrauch eines Gebäudes ist sehr stark vom Nutzerverhalten der Bewohner abhängig. So haben die Nutzungsdauer, das Lüftungsverhalten, die Raumtemperaturen und die Anzahl bzw. Größe der beheizten Räume einen wesentlichen Einfluss. Im tatsächlichen Energieverbrauch sind zudem die Witterungsverhältnisse und die Außentemperatur am Gebäudestandort inbegriffen.

Aufbauend auf die Darstellung des energetischen IST-Zustands erfolgte die Ausarbeitung der drei bis fünf Sanierungsvarianten. Hierbei wurden geeignete Sanierungsmaßnahmen vorgeschlagen und dabei aufgezeigt, wie sich der Primär- und Endenergiebedarf sowie die CO<sub>2</sub>-Emissionen und der Transmissionswärmeverlust durch die errechneten Varianten verändern.

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

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

Die Ergebnisse der Mustersanierungskonzepte sind in Kapitel 8.4 bis 8.6 dargestellt.

## 8.4 Mustersanierungskonzept 1

Bei Mustersanierungskonzept (MSK) 1 handelt es sich um ein freistehendes Einfamilienhaus aus dem Jahr 1955 mit ca. 150 m<sup>2</sup> Wohnfläche. Es besitzt ein Vollgeschoss, ein Dachgeschoss sowie einen unbeheizten Spitzboden. Bei der Heizungsanlage handelt es sich um eine Erdgasheizung aus dem Jahr 2017.



Abbildung 8-2: MSK 1 Vorderansicht, Foto: FRANK

### 8.4.1 Bestandsaufnahme

In den letzten Jahren fanden einige Sanierungsmaßnahmen an dem Objekt statt. 2013 wurde eine Dachdämmung mit 24 cm Zwischensparrendämmung durchgeführt. Auch die oberste Geschossdecke wurde in diesem Zuge mit einer 28 cm-starken Dämmschicht versehen. Komplettiert wurde die Maßnahme mit dem Austausch der Dach- und Gaubenfenster. Die Außenwände sowie die Gaubenfront sind jeweils mit 6 cm gedämmt (Styropor und WDVS).

Die Außenwände und die Fenster stellen die größten energetischen Schwachpunkte der Immobilie dar (siehe auch Tabelle 8-3). Hier können durch Dämmungen und ohnehin notwendige Fenstertauschmaßnahmen signifikante Einspareffekte erzielt werden.

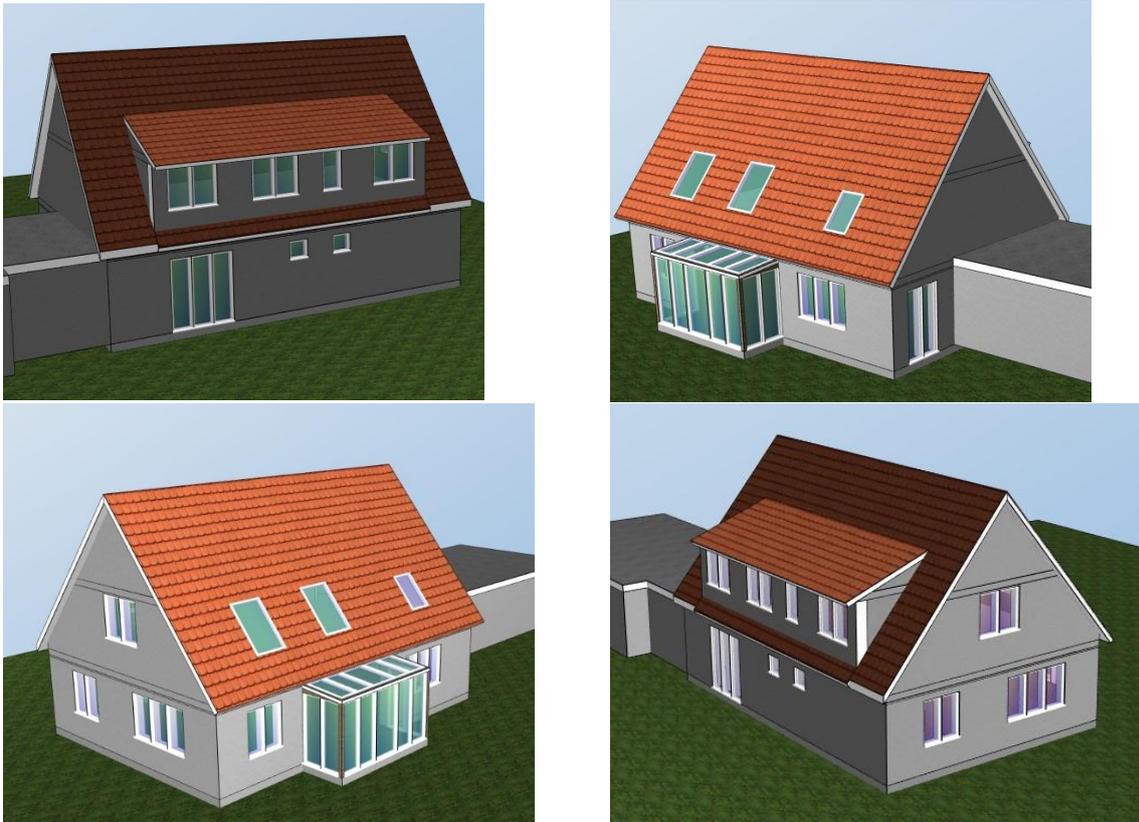


Abbildung 8-3: 3D Modellierung MSK 1, erstellt durch FRANK mit dem Programm Hottgenroth

### Thermische Gebäudehülle

Zur thermischen Gebäudehülle ist festzuhalten, dass das Erdgeschoss und das 1. Obergeschoss beheizt sind. Der Spitzboden ist unbeheizt.

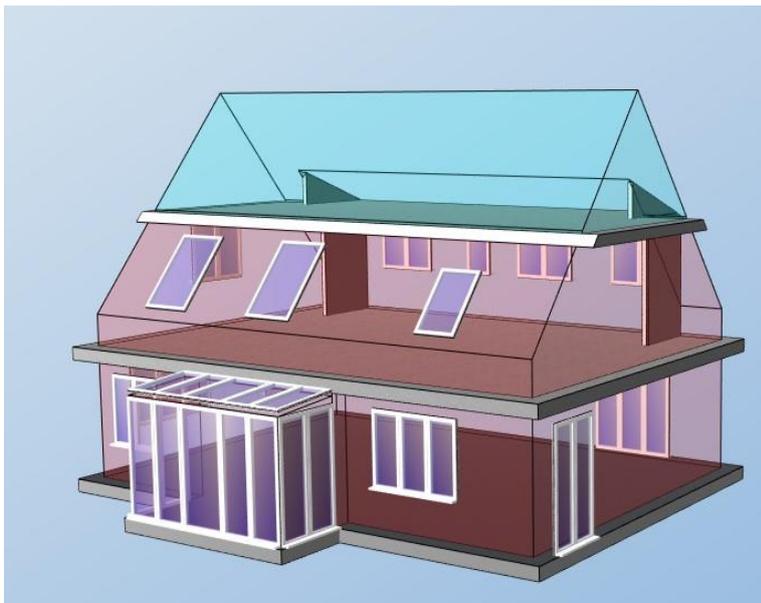


Abbildung 8-4: Thermische Gebäudehülle MSK 1, erstellt durch FRANK mit dem Programm Hottgenroth

## Energetische Bewertung IST-Zustand

In der folgenden Tabelle befindet sich eine Zusammenstellung der einzelnen Bauteile der Gebäudehülle mit den momentanen U-Werten. Zum Vergleich sind die Mindestanforderungen angegeben, die das GEG bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden stellt und die Anforderungen nach BEG, welche zu erreichen sind, um Fördermittel in Anspruch nehmen zu können.

Tabelle 8-3: Bauteile IST-Zustand, MSK 1

Bauteil	U-Wert in W/(m <sup>2</sup> ·K)	U <sub>max</sub> GEG in W/(m <sup>2</sup> ·K)	U <sub>max</sub> BEG in W/(m <sup>2</sup> ·K)
Sparrendach	0,22	0,24	0,14
oberste Geschossdecke	0,19	0,24	0,14
Gaube	0,22	0,24	0,14
Dachflächenfenster	1,30	1,40	1,00
Gaubenfenster	1,10	1,30	0,95
Fassade	0,52	0,24	0,20
Fenster	1,90	1,30	0,95
Verglaster Vorbau Eingangsbereich	1,90	1,30	0,95
Sohle gegen Erdreich	2,30	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 (23.555 kWh/a) die größten Verluste, gefolgt von den Anlagenverlusten (13.339 kWh/a) und den Lüftungsverlusten (7.661 kWh/a). Dies ist in Abbildung 8-5 dargestellt.

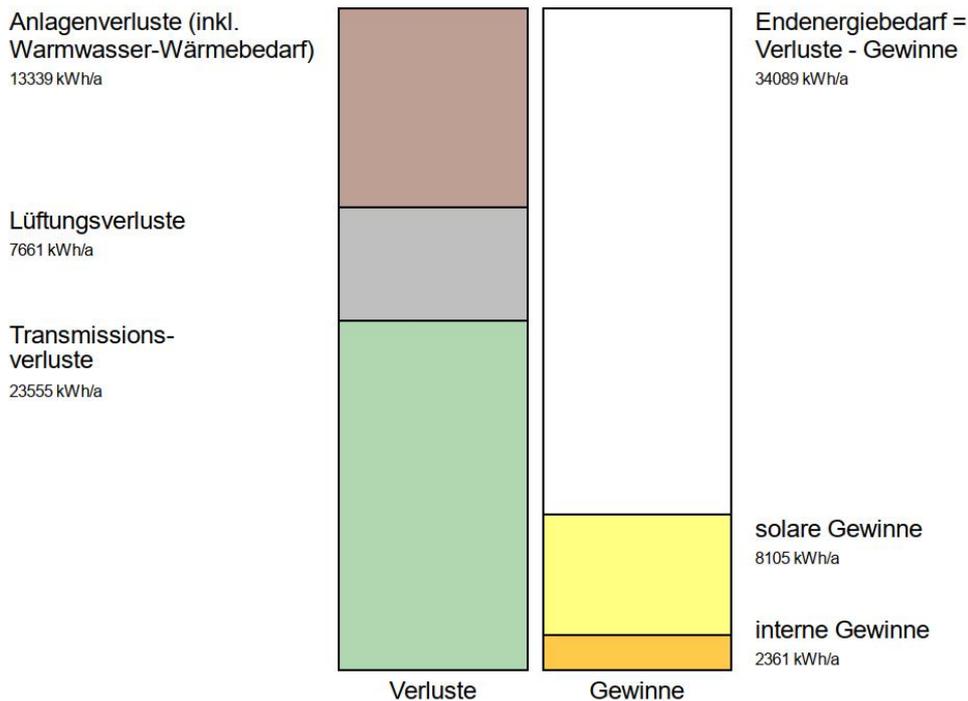


Abbildung 8-5: Energetische Verluste und Gewinne IST-Zustand, MSK 1

Wie genau sich die Transmissions- und Anlagenverluste zusammensetzen, ist der untenstehenden Abbildung 8-6 zu entnehmen. Demnach sind die größten Transmissionsverluste bei den Fenstern (8.621 kWh/a) zu verzeichnen, gefolgt von der Außenwand (6.723 kWh/a), der Sohle gegen Erdreich (6.439 kWh/a) und dem Dach (1.772 kWh/a). Bei den Anlagenverlusten stellen die Heizungsverluste nahezu die Gesamtverlustmenge; nur ein minimaler Teil geht auf die Hilfsenergie zurück.

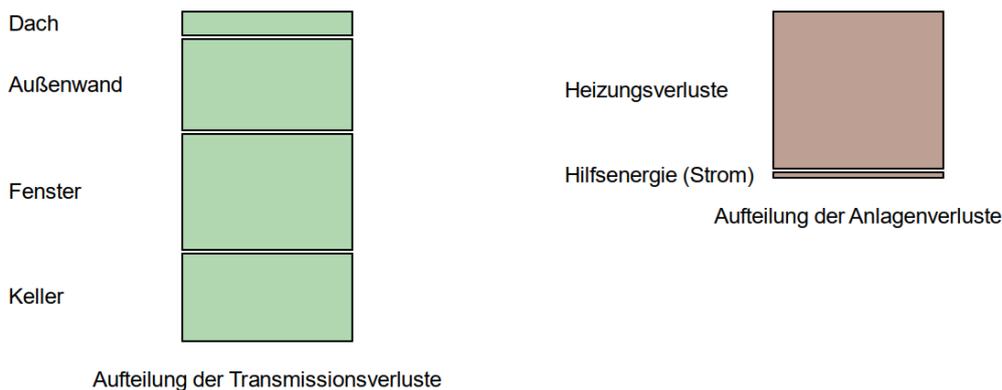


Abbildung 8-6: Energetische Verluste IST-Zustand, MSK 1

### Bewertung des Gebäudes

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen betragen im Bestand 52 kg/(m<sup>2</sup>·a). Grundlage für die CO<sub>2</sub>-Emissionsberechnung bilden die CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren gemäß Umweltbundesamt. In der energetischen Klassenbewertung auf Basis des Endenergiebedarfs wird das Gebäude in die Kategorie G eingeordnet (Klassen A-H). Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro Nutzfläche - zurzeit beträgt dieser 235 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Wie im

vorherigen Kapitel beschrieben, ist nicht der Primärenergiebedarf, sondern der Endenergiebedarf zur energetischen Bewertung des Gebäudes geeignet.

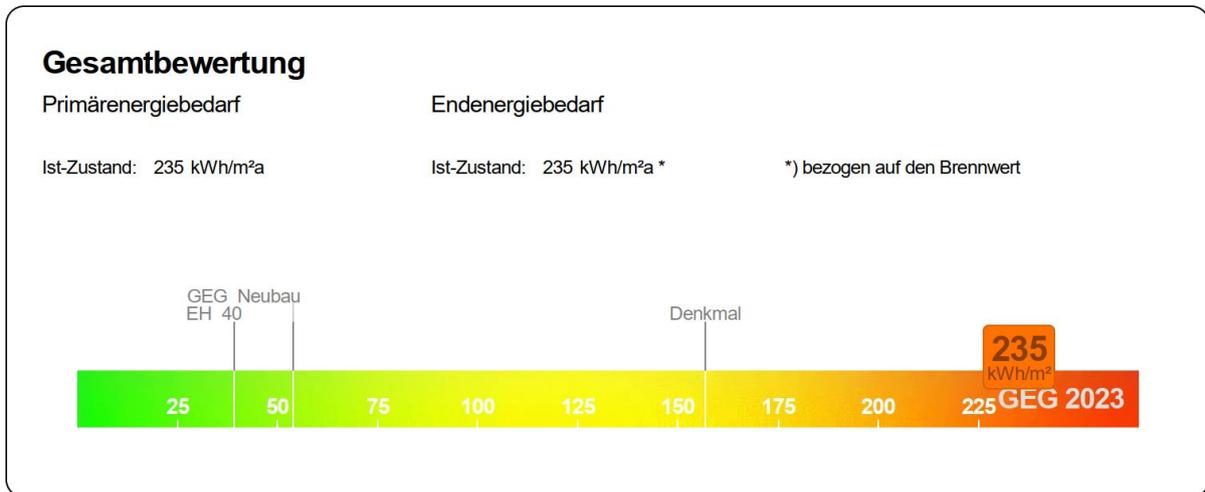


Abbildung 8-7: Gesamtbewertung IST-Zustand<sup>6</sup>, MSK 1

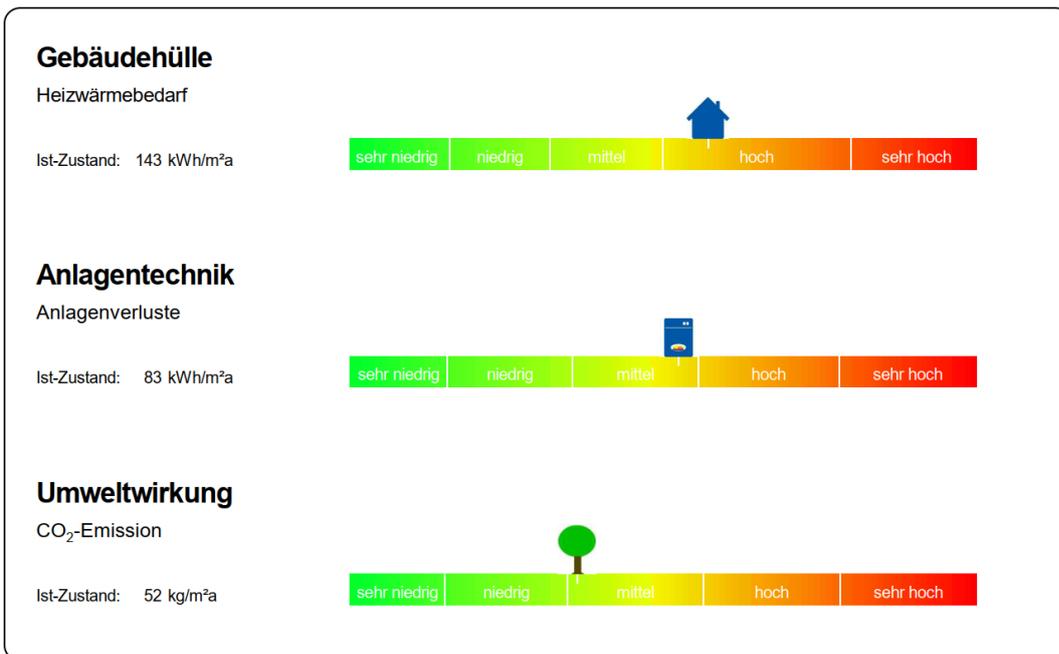


Abbildung 8-8: Gebäudehülle, Anlagentechnik, Umweltwirkung, MSK 1

Für die Berechnung im Rahmen dieses Projekts wurde folgendes Nutzungsverhalten zugrunde gelegt:

mittlere Innentemperatur:                      20,0 °C,

Luftwechselrate:                                      0,79 h<sup>-1</sup>,

<sup>6</sup> Die Angabe „kWh/m<sup>2</sup>a“ ist hier und in den nachfolgenden Grafiken zu verstehen als „kWh/(m<sup>2</sup>·a)“.

Warmwasser-Wärmebedarf: 1.330 kWh pro Jahr.

### 8.4.2 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 8-4 enthält eine Gegenüberstellung vier verschiedener Sanierungsvarianten.

Tabelle 8-4: Übersicht Sanierungsvarianten, MSK 1

Bauteil	Schritt 1: Außenwand + Teilaustausch Fenster	Schritt 2a: Außenwand + Teilaustausch Fenster, Nah- wärme	Schritt 2b: Außenwand + Teilaustausch Fenster, Wär- mepumpe	Schritt 3: Au- ßenwand + Teilaustausch Fenster, Wär- mepumpe + PV
<b>Baukonstruktion</b>				
Sparrendach	-	-	-	-
Gaube	-	-	-	-
Dachflächen- fenster	-	-	-	-
Fassade	10 cm Däm- mung WLG 032	10 cm Däm- mung WLG 032	10 cm Däm- mung WLG 032	10 cm Däm- mung WLG 032
Fenster	3-fach Vergla- sung $U_w$ 0,90	3-fach Vergla- sung $U_w$ 0,90	3-fach Vergla- sung $U_w$ 0,90	3-fach Vergla- sung $U_w$ 0,90
<b>Anlagentechnik</b>				
Hydraulischer Abgleich	-	ja	ja	ja
Dämmung der Heizungsleitun- gen im Unbe- heizten	-	ja	ja	ja
Vor-/Rücklauf- temperatur	-	55/45°C	50/40°C	50/40°C
Austausch Ther- mostatventil	-	ja	ja	ja
Austausch Hei- zungsanlage	-	ja, Nahwärme	ja, Wärme- pumpe	ja, Wärme- pumpe
Photovoltaik	-	-	-	ja
Wärmebrücken- faktor	0,10	0,10	0,10	0,10
Luftwechselrate	0,55	0,55	0,55	0,55

Tabelle 8-5: Variantenvergleich MSK 1

MSK 1	IST-Zustand	Variante 1	Variante 2a	Variante 2b	Variante 3
<b>Endenergie Gebäude [kWh/a]</b>	34.087	28.371	24.039	7.823	5.492
<b>Primärenergiebedarf Q<sub>P</sub> [kWh/(m<sup>2</sup>·a)]</b>	235	196	56	97	68
<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen Gebäude [t/a]</b>	7,5	6,3	3,9	4,4	3,1
<b>Reduzierung des Endenergiebedarfs</b>		-17%	-29%	-77%	-84%
<b>Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen</b>		-17%	-48%	-42%	-59%

### Variante 1: Außenwand + Teilaustausch Fenster

In Variante 1 wird ein Tausch der Fassadenfenster aus den 1980er Jahren empfohlen, bei den Fenstern handelt es sich dabei um neue dreifachverglaste Modelle. Zusätzlich sollte die Außenwand mit einer 10 cm Dämmschicht versehen werden. Die bisherige Dämmschicht wird aus Gewährleistungsgründen abgetragen.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 34.087 kWh/a reduziert sich auf 28.371 kWh/a. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 5.716 kWh/a bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 1.259 kg/a reduziert. Anders als der Endenergiebedarf berücksichtigt der Primärenergiebedarf auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes von 235 [kWh/(m<sup>2</sup>·a)] auf 196 [kWh/(m<sup>2</sup>·a)]. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 1 beträgt 17 %.

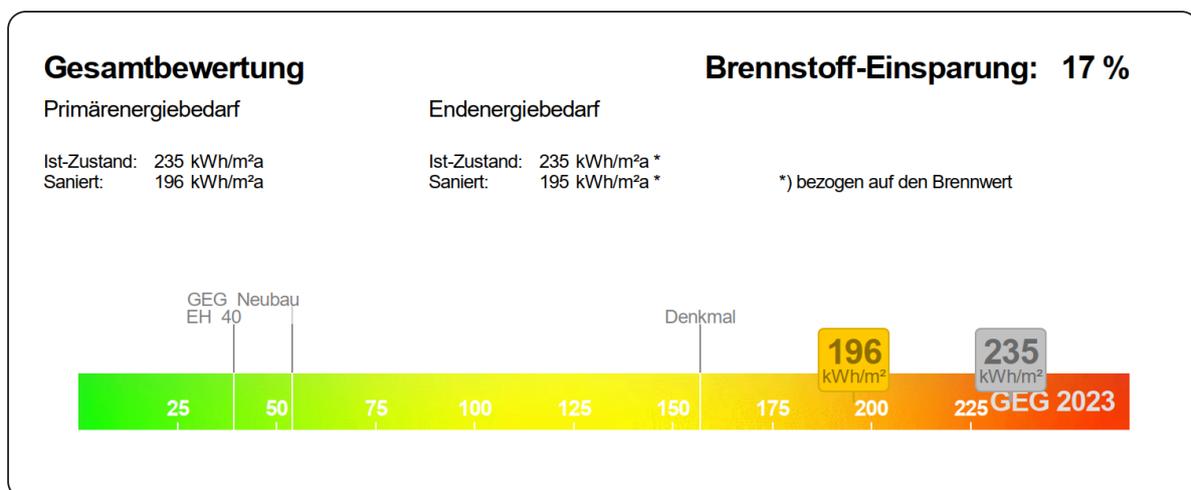


Abbildung 8-9: Bewertung Variante 1, MSK 1

### Variante 2a: Außenwand + Teilaustausch Fenster + Nahwärme

Neben den Maßnahmen an Fassadenfenstern und der Fassade wird in Variante 2a lediglich die Heiztechnik ausgetauscht. Statt der bisherigen Gasheizung wird der Anschluss an ein Nahwärmesetz realisiert sowie ein hydraulischer Abgleich durchgeführt, um eine gleichmäßige Verteilung der Wärme im Haus zu ermöglichen.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 34.087 kWh/a reduziert sich auf 24.039 kWh/a. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 10.048 kWh/a bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 3.602 kg/a reduziert. Anders als der Endenergiebedarf berücksichtigt der Primärenergiebedarf auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes von 235 [kWh/(m<sup>2</sup>·a)] auf 56 [kWh/(m<sup>2</sup>·a)]. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 2a beträgt 29 %.

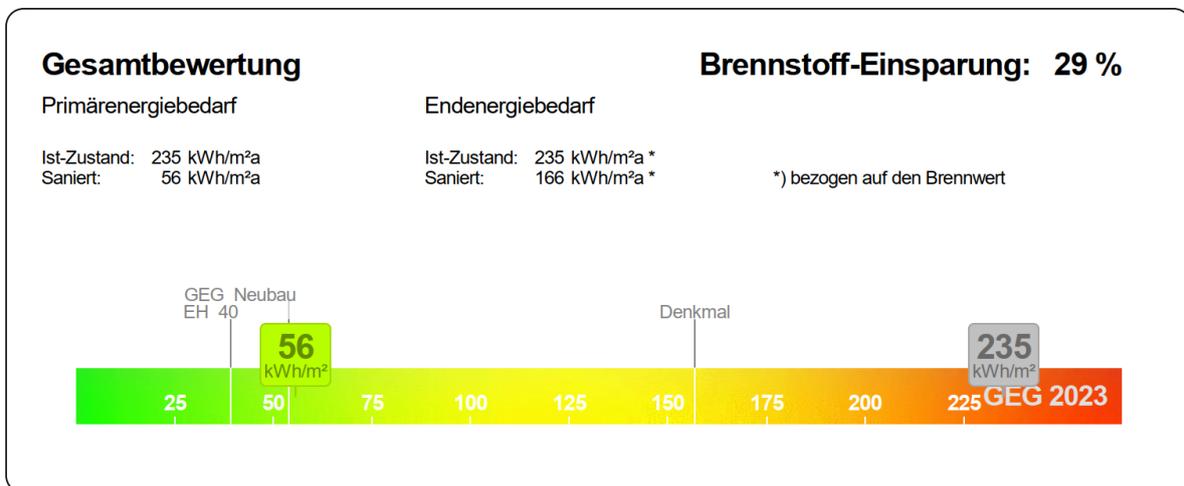


Abbildung 8-10: Bewertung Variante 2a, MSK 1

### Variante 2b: Außenwand + Teilaustausch Fenster + Wärmepumpe

Neben den Maßnahmen an Fassadenfenstern und der Fassade wird in Variante 2b lediglich die Heiztechnik ausgetauscht. Statt der bisherigen Gasheizung wird eine Wärmepumpe installiert sowie ein hydraulischer Abgleich durchgeführt, um eine gleichmäßige Verteilung der Wärme im Haus zu ermöglichen.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 34.087 kWh/a reduziert sich auf 7.823 kWh/a. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 26.264 kWh/a bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 3.132 kg/a reduziert. Anders als der Endenergiebedarf berücksichtigt der Primärenergiebedarf auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes von 235 [kWh/(m<sup>2</sup>·a)] auf 97 [kWh/(m<sup>2</sup>·a)]. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 2b beträgt 77 %.

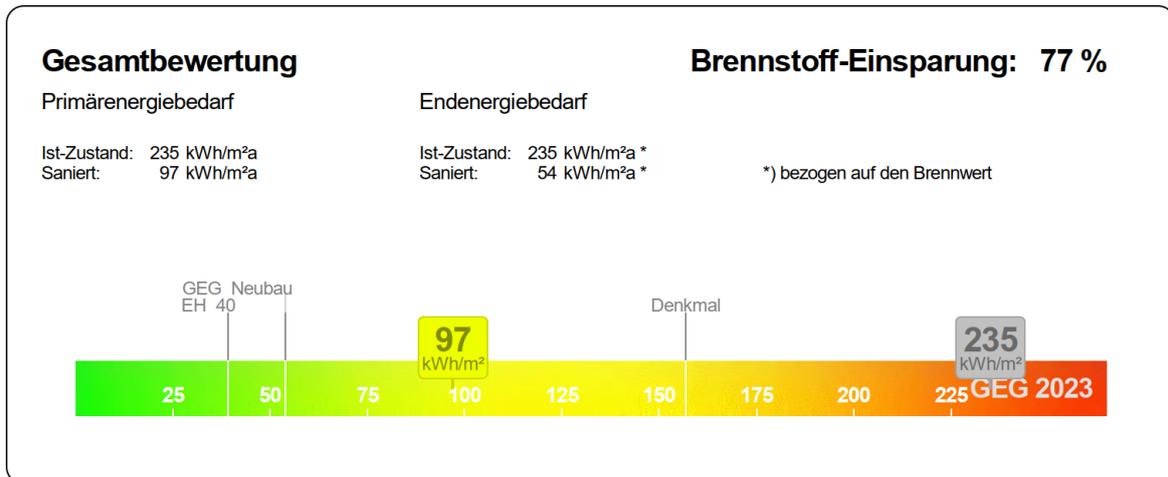


Abbildung 8-11: Bewertung Variante 2b, MSK 1

**Variante 3: Außenwand + Teilaustausch Fenster + Wärmepumpe + PV**

Sanierungsvariante 3 beinhaltet alle Maßnahmen, die auch schon in Variante 2b beschrieben wurden, ergänzt diese allerdings um die Installation einer Photovoltaikanlage auf dem Dach des Objekts.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 34.087 kWh/a reduziert sich auf 5.492 kWh/a. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 28.595 kWh/Jahr bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 4.437 kg/Jahr reduziert. Anders als der Endenergiebedarf berücksichtigt der Primärenergiebedarf auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes von 235 [kWh/(m<sup>2</sup>·a)] auf 68 [kWh/(m<sup>2</sup>·a)]. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 3 beträgt 84 %.

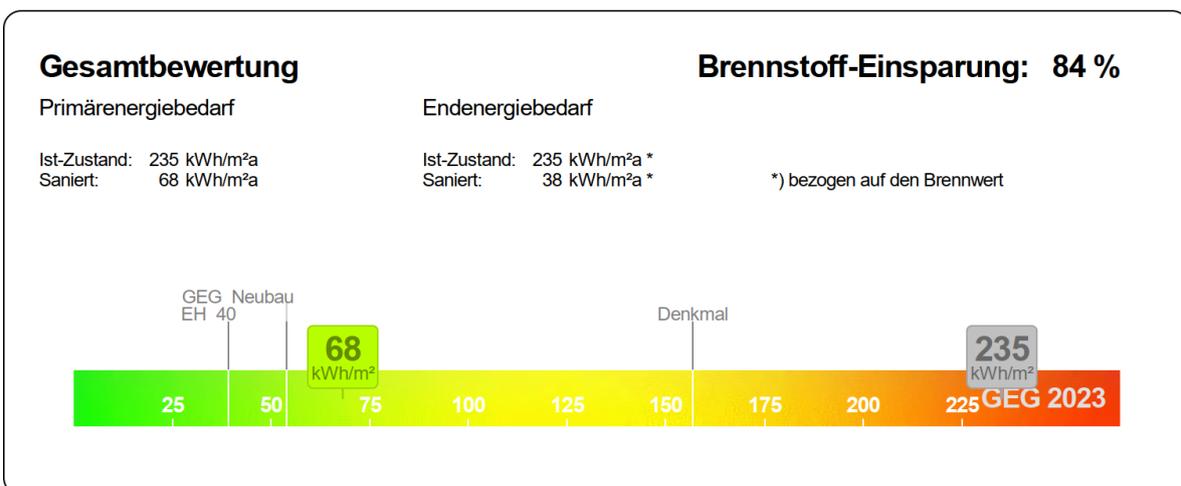


Abbildung 8-12: Bewertung Variante 3, MSK 1

### 8.4.3 Kostenschätzung

Tabelle 8-6 enthält die Kostenschätzung und basiert auf der DIN 276 - Kosten im Bauwesen.

Tabelle 8-6: Kostenschätzung Sanierungsvarianten, MSK 1

	Variante 1	Variante 2a	Variante 2b	Variante 3
<b>Gesamtkosten brutto</b>	46 T€	46 T€	76 T€	87 T€

### 8.4.4 Wirtschaftliche Auswertung

Die wirtschaftliche Auswertung erfolgt unter Einbezug der verfügbaren Fördermittel der BEG und der Förderung des Landes Bremen (BAB). Bei Ersterem handelt es sich um die Förderung der Einzelmaßnahmen, die als Zuschuss vom BAFA zur Verfügung gestellt.

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 Gebäudes liegt bei etwa 15.000 kWh/a. Der von Hottgenroth berechnete Endenergiebedarf kann um bis zu 200 % von den Realverbräuchen abweichen. Der Energiebedarf von Gebäuden ist sehr stark von dem individuellen Nutzungsverhalten und den geographischen Randbedingungen abhängig. Darüber hinaus wird bei Erdgas eine jährliche Teuerungsrate von 4 % angenommen. Bei den Energieträgern Strom und Nahwärme wird eine jährliche Teuerungsrate von 2 % angenommen.

Abbildung 8-13 zeigt für die einzelnen Sanierungsvarianten eine Gegenüberstellung der Investitionskosten und der Energiekosteneinsparnis (nach 40 Jahren) sowie Förderzuschüsse auf der anderen Seite.

Die Grafik verdeutlicht, dass sich Variante 2a, 2b und 3 nach knapp 40 Jahren amortisieren (Zahl der Jahre bis zur Amortisation ist in den Säulen angegeben). Das ist daran zu erkennen, dass die Förderzuschüsse und Energiekosteneinsparungen die Investitionskosten im Säulendiagramm übersteigen. Betrachtet man jedoch einen Tausch der Fenster als Sowieso-Kosten (Kosten, die ohnehin aufgrund von Gesetzgebung oder Abgängigkeit von Bauteilen anfallen), amortisiert sich auch Variante 1 in unter 40 Jahren. Neben der monetären Ersparnis resultieren aus energetischen Sanierungen auch eine Werterhaltung bzw. Wertsteigerung der Immobilie. Eine Wertsteigerung tritt vor allem bei Maßnahmen zur Erreichung eines Effizienzhausstandards ein. Außerdem sind ein verbessertes Wohnklima und ein geringerer CO<sub>2</sub>-Fußabdruck zu nennen.

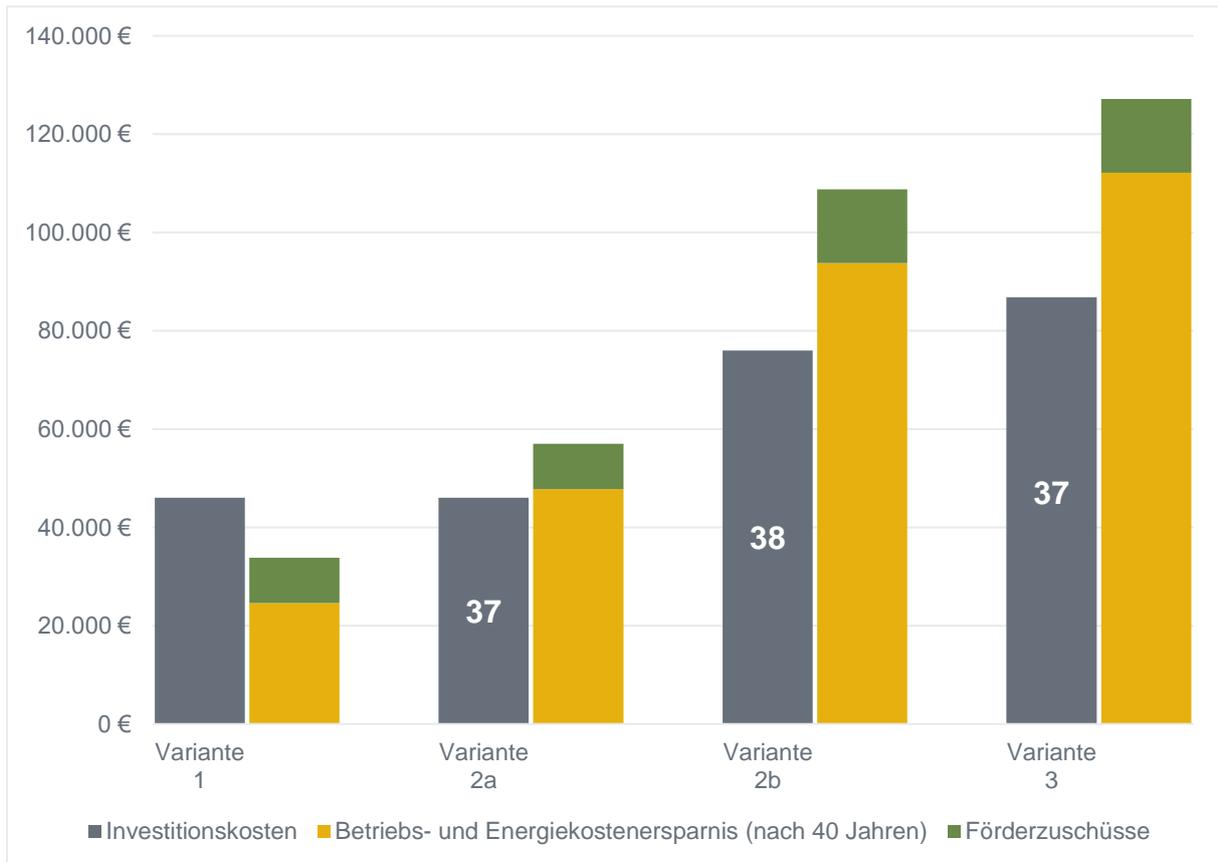


Abbildung 8-13: Rentabilität der Varianten nach 40 Jahren, MSK 1

## 8.5 Mustersanierungskonzept 2

Bei MSK 2 handelt es sich um ein freistehendes Einfamilienhaus aus dem Jahr 1954 mit ca. 140 m<sup>2</sup> Wohnfläche. Es besitzt ein Vollgeschoss, ein Dachgeschoss sowie einen unbeheizten Spitzboden. Bei der Heizungsanlage handelt es sich um eine neue Erdgasheizung aus dem Jahr 2023.



Abbildung 8-14: MSK 2 Vorderansicht, Foto: FRANK

### 8.5.1 Bestandsaufnahme

Die letzten Sanierungen des Gebäudes fanden in den 1980er Jahren statt. Die Heizungsanlage (Gas-Brennwertkessel) ist im Jahr 2023 neu eingebaut worden. In den 80er Jahren wurde das Haus mit einer Innendämmung von 2 cm, und einer Fassadendämmung von ca. 5 cm Stärke versehen. Zusätzlich ist eine Zwischensparrendämmung von ca. 12 cm vorhanden. Die Fenster wurden in den 70er Jahren getauscht, die Haustür im Jahr 1980.

Die oberste Geschossdecke sowie die Fenster und Türen stellen aufgrund Ihres Alters die größten energetischen Schwachpunkte des Objekts dar.

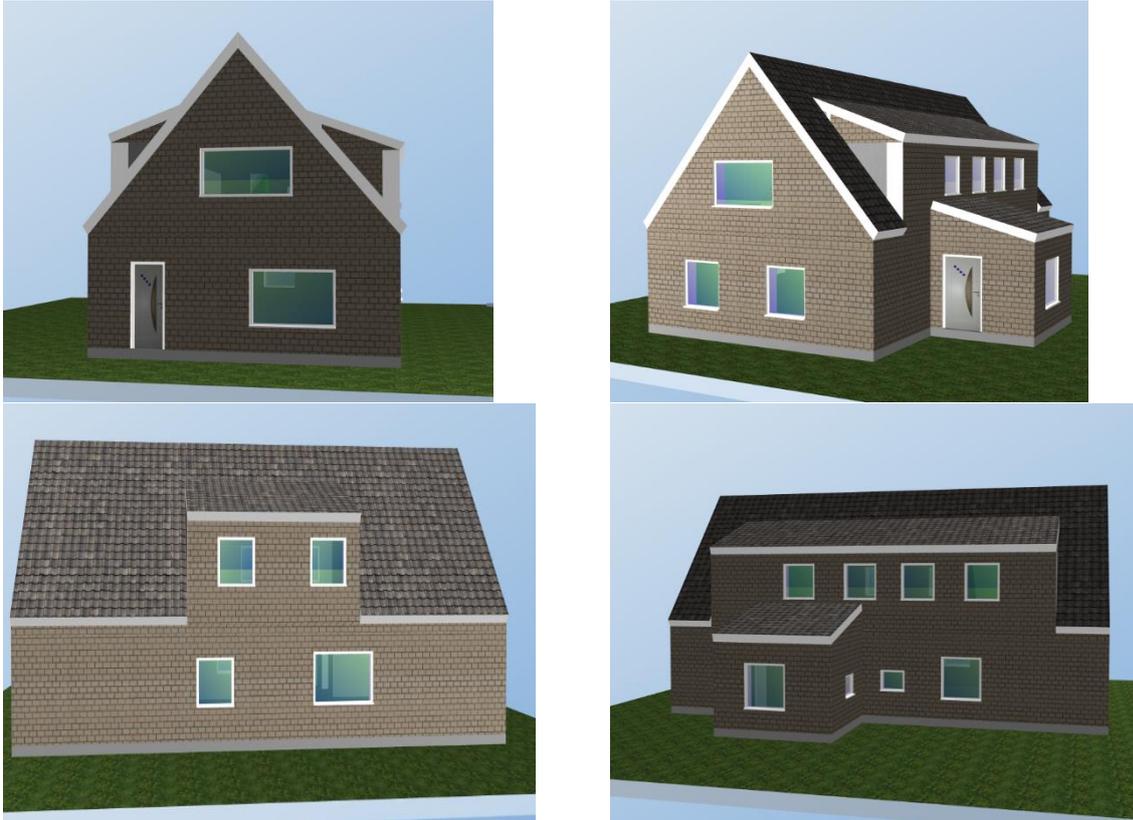


Abbildung 8-15: 3D Modellierung MSK 2, erstellt durch FRANK mit dem Programm Hottgenroth

#### Thermische Gebäudehülle

Zur thermischen Gebäudehülle ist festzuhalten, dass das Erdgeschoss und das 1. Obergeschoss beheizt sind. Der Spitzboden ist unbeheizt.

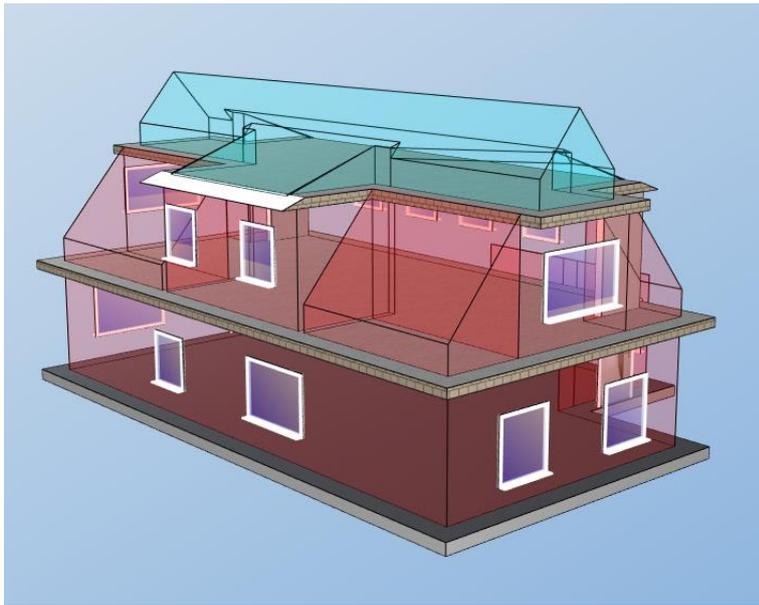


Abbildung 8-16: Thermische Gebäudehülle MSK 2, erstellt durch FRANK mit dem Programm Hottgenroth

### Energetische Bewertung IST-Zustand

In der folgenden Tabelle befindet sich eine Zusammenstellung der einzelnen Bauteile der Gebäudehülle mit den momentanen U-Werten. Zum Vergleich sind die Mindestanforderungen angegeben, die das GEG bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden stellt und die Anforderungen nach BEG, welche zu erreichen sind, um Fördermittel in Anspruch nehmen zu können.

Tabelle 8-7: Bauteile IST-Zustand, MSK 2

Bauteil	U-Wert in $W/(m^2 \cdot K)$	$U_{max}$ GEG in $W/(m^2 \cdot K)$	$U_{max}$ BEG in $W/(m^2 \cdot K)$
Sparrendach	0,41	0,24	0,14
oberste Geschosdecke	0,80	0,24	0,14
Fassade	0,44	0,24	0,20
Fenster	2,70	1,30	0,95
Hauseingangstür	2,90	1,80	1,30
Eingangstür Hinterhof	2,90	1,80	1,30
Sohle gegen Erdreich	2,30	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 (29.672 kWh/a) die größten Verluste, gefolgt von den Anlagenverlusten

(19.072 kWh/a) und den Lüftungsverlusten (11.207 kWh/a). Dies ist in Abbildung 8-17 dargestellt.

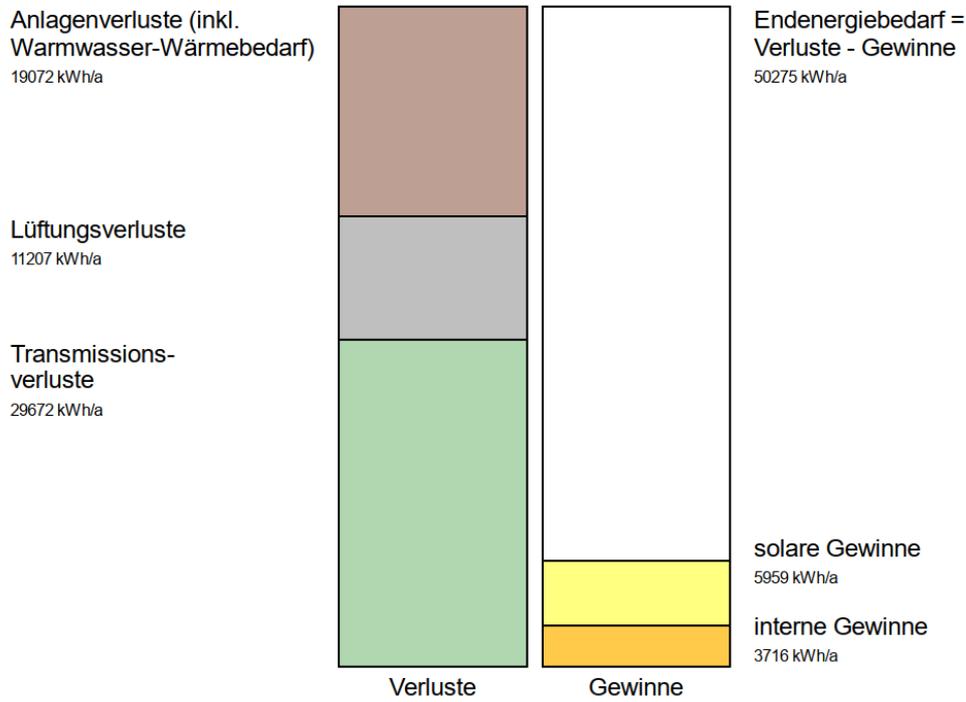


Abbildung 8-17: Energetische Verluste und Gewinne IST-Zustand, MSK 2

Wie genau sich die Transmissions- und Anlagenverluste zusammensetzen, ist Abbildung 8-18 zu entnehmen. Demnach sind die größten Transmissionsverluste bei der Außenwand (9.286 kWh/a) zu verzeichnen, gefolgt von der Sohle gegen Erdreich (7.557 kWh/a), den Fenstern (6.821 kWh/a) und dem Dach (6.008 kWh/a). Bei den Anlagenverlusten stellen die Heizungsverluste nahezu die Gesamtverlustmenge; nur ein minimaler Teil geht auf die Hilfsenergie zurück.

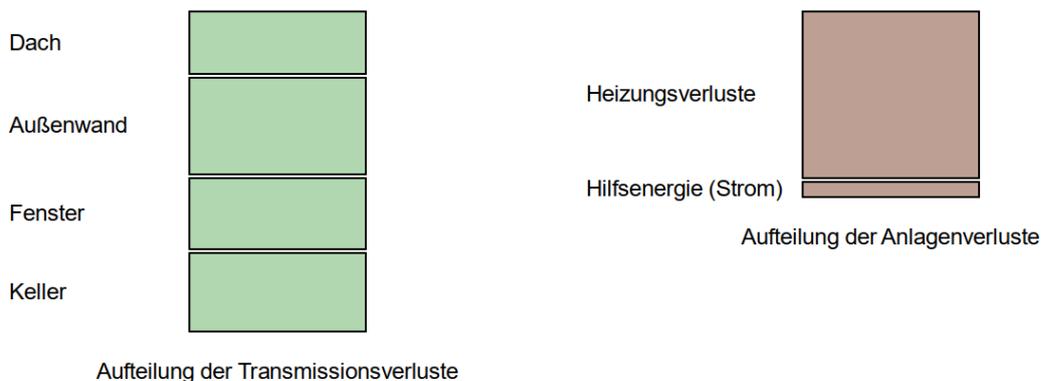


Abbildung 8-18: Energetische Verluste IST-Zustand, MSK 2

## Bewertung des Gebäudes

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen betragen im Bestand 54 kg/(m<sup>2</sup>·a). Grundlage für die CO<sub>2</sub>-Emissionsberechnung bilden die CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren gemäß Umweltbundesamt. In der energetischen Klassenbewertung auf Basis des Endenergiebedarfs wird das Gebäude in die Kategorie G eingeordnet (Klassen A-H). Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro Nutzfläche - zurzeit beträgt dieser 241 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Wie im vorherigen Kapitel beschrieben, ist nicht der Primärenergiebedarf, sondern der Endenergiebedarf zur energetischen Bewertung des Gebäudes geeignet.

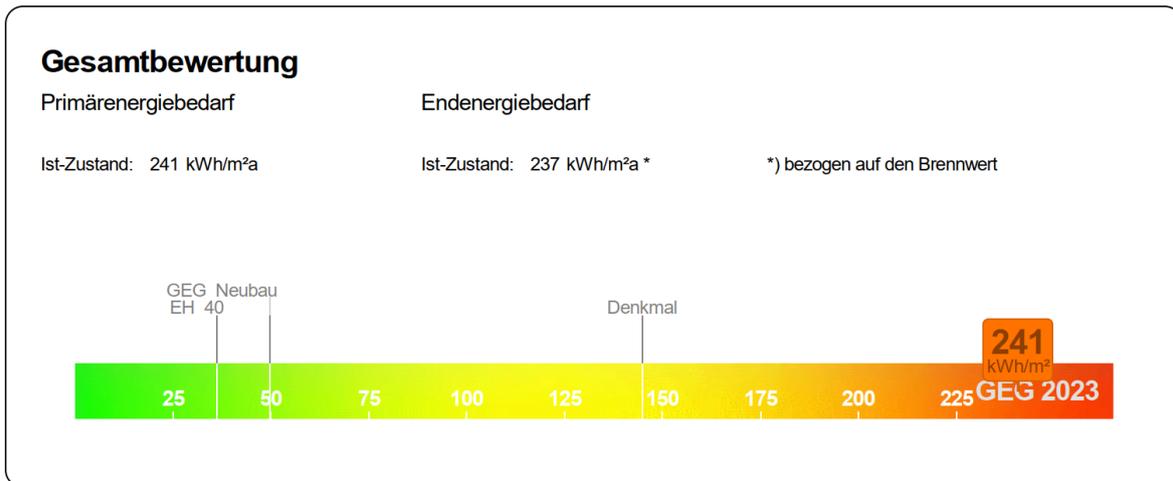


Abbildung 8-19: Gesamtbewertung IST-Zustand, MSK 2

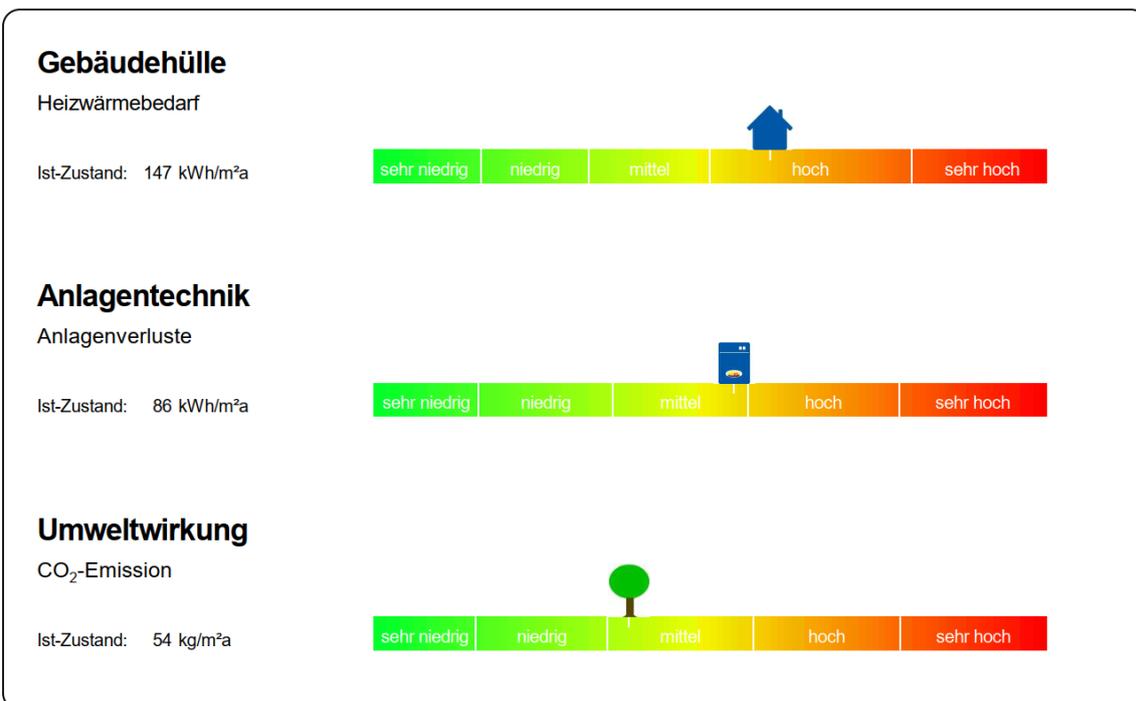


Abbildung 8-20: Gebäudehülle, Anlagentechnik, Umweltwirkung, MSK 2

Für die Berechnung im Rahmen dieses Projekts wurde folgendes Nutzungsverhalten zugrunde gelegt:

mittlere Innentemperatur: 20,0 °C,  
 Luftwechselrate: 0,79 h<sup>-1</sup>,  
 Warmwasser-Wärmebedarf: 1.262 kWh pro Jahr.

### 8.5.2 Sanierungsvarianten

Im Folgenden werden Maßnahmen zur Sanierung vorgeschlagen, welche sinnvoll miteinander zu Gesamtpaketen kombiniert wurden. Für eine vollumfängliche Planung ist eine objektbezogene Kostenschätzung (Leistungsphase 2) oder -berechnung (Leistungsphase 3) der HOAI von einem Architekten notwendig. Tabelle 8-8 enthält eine Gegenüberstellung vier verschiedener Sanierungsvarianten.

Tabelle 8-8: Übersicht Sanierungsvarianten, MSK 2

Bauteil	oberste Geschossdecke	oberste Geschossdecke + Fenster + Außentüren	oberste Geschossdecke + Fenster + Außentüren + Nahwärme	oberste Geschossdecke + Fenster + Außentüren + Wärmepumpe	oberste Geschossdecke + Fenster + Außentüren + Wärmepumpe + PV
<b>Baukonstruktion</b>					
oberste Geschossdecke	34 cm Dämmung WLG 032	34 cm Dämmung WLG 032	34 cm Dämmung WLG 032	34 cm Dämmung WLG 032	34 cm Dämmung WLG 032
Fassade	-	-	-	-	-
Fenster	-	3-fach-Verglasung $U_w = 0,9$	3-fach-Verglasung $U_w = 0,9$	3-fach-Verglasung $U_w = 0,9$	3-fach-Verglasung $U_w = 0,9$
Hauseingangstür	-	$U_d = 1,3$	$U_d = 1,3$	$U_d = 1,3$	$U_d = 1,3$
Eingangstür Hinterhof	-	$U_d = 1,3$	$U_d = 1,3$	$U_d = 1,3$	$U_d = 1,3$
<b>Anlagentechnik</b>					
Hydraulischer Abgleich	-	-	Ja	Ja	Ja
Vor-/Rücklauftemperatur	-	-	55°C / 45 °C	55°C / 45 °C	55°C / 45 °C
Austausch Thermostatventil	-	-	Ja	Ja	Ja
Austausch Heizungsanlage	-	-	Ja, Nahwärme	Ja. Wärmepumpe	Ja. Wärmepumpe
Photovoltaik	-	-	-	-	Ja
Wärmebrückenfaktor	0,10	0,10	0,10	0,1	0,1
Luftwechselrate	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55

Tabelle 8-9: Variantenvergleich MSK 2

MSK 1	IST-Zustand	Variante 1	Variante 2	Variante 3a	Variante 3b	Variante 4
<b>Endenergie Gebäude [kWh/a]</b>	50.275	46.756	42.404	36.813	11.792	8.395
<b>Primärenergiebedarf <math>Q_P</math> [kWh/(m<sup>2</sup>·a)]</b>	241	224	203	78	100	71
<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen Gebäude [t/a]</b>	11,4	10,6	9,6	5,9	6,6	4,7
<b>Reduzierung des Endenergiebedarfs</b>		-7%	-16%	-27%	-77%	-83%
<b>Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen</b>		-7%	-16%	-48%	-42%	-59%

### Variante 1: Oberste Geschossdecke

In Variante 1 wird eine Dämmung der obersten Geschossdecke empfohlen (34cm WLG 032) um so eine der größten Schwachpunkte der Gebäudehülle zu beseitigen. Die Heiztechnik wird nicht verändert.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 50.275 kWh/a reduziert sich auf 46.756 kWh/a. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 3.519 kWh/a bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 798 kg/a reduziert. Anders als der Endenergiebedarf berücksichtigt der Primärenergiebedarf auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes von 241 [kWh/(m<sup>2</sup>·a)] auf 224 [kWh/(m<sup>2</sup>·a)]. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 1 beträgt 7 %.

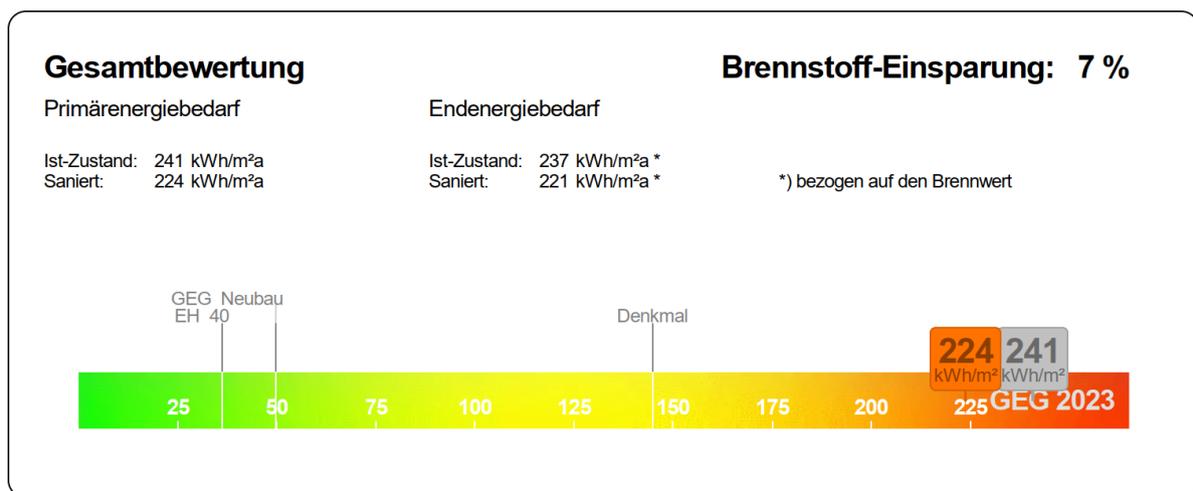


Abbildung 8-21: Bewertung Variante 1, MSK 2

### Variante 2: oberste Geschossdecke + Fenster + Außentüren

Neben der Dämmung der obersten Geschossdecke werden in Variante 2 auch die Fenster und die Hauseingangstüren getauscht. Bei den Fenstern sind dreifach verglaste Modelle mit einem U-Wert von 0,9 empfohlen. Die Türen sollten ein U-Wert von 1,3 oder niedriger aufweisen.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 50.275 kWh/a reduziert sich auf 42.404 kWh/a. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 7.871 kWh/a bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 1.803 kg/a reduziert. Anders als der Endenergiebedarf berücksichtigt der Primärenergiebedarf auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes von 241 [kWh/(m<sup>2</sup>·a)] auf 203 [kWh/(m<sup>2</sup>·a)]. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 2 beträgt 16 %.

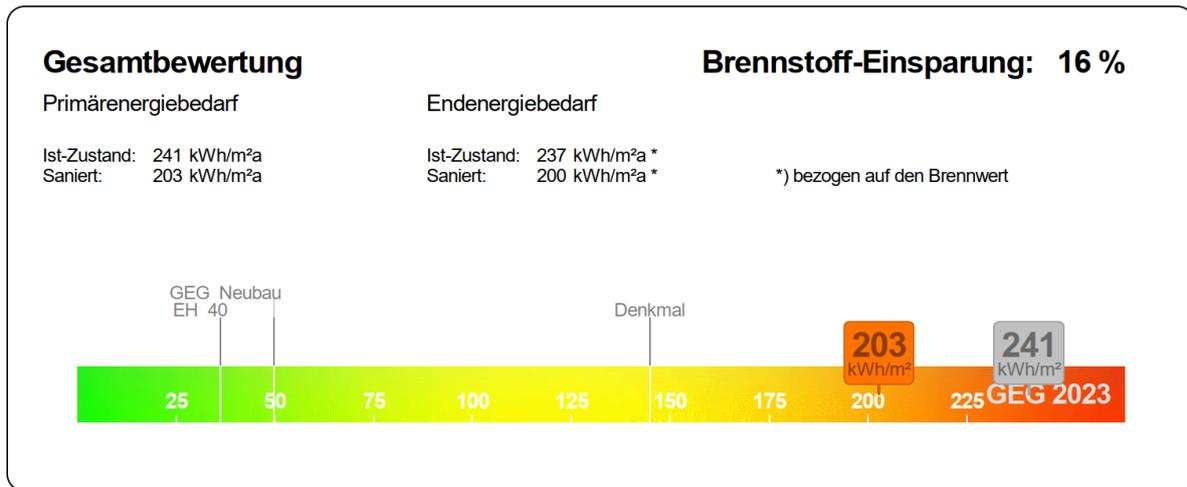


Abbildung 8-22: Bewertung Variante 2, MSK 2

**Variante 3a: oberste Geschossdecke + Fenster + Außentüren + Nahwärme**

Neben den Maßnahmen an oberster Geschossdecke und den Fenstern bzw. Türen wird in Variante 3a lediglich die Heiztechnik ausgetauscht. Wir empfehlen den Anschluss an ein Nahwärmenetz. Da die Heizung in diesem Objekt allerdings erst vor Kurzem eingebaut wurde, sollte dieser Schritt eher langfristig erwogen werden.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 50.275 kWh/a reduziert sich auf 36.813 kWh/a. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 13.465 kWh/a bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 5.441 kg/a reduziert. Anders als der Endenergiebedarf berücksichtigt der Primärenergiebedarf auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes von 241 [kWh/(m<sup>2</sup>·a)] auf 78 [kWh/(m<sup>2</sup>·a)]. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 3a beträgt 27 %.

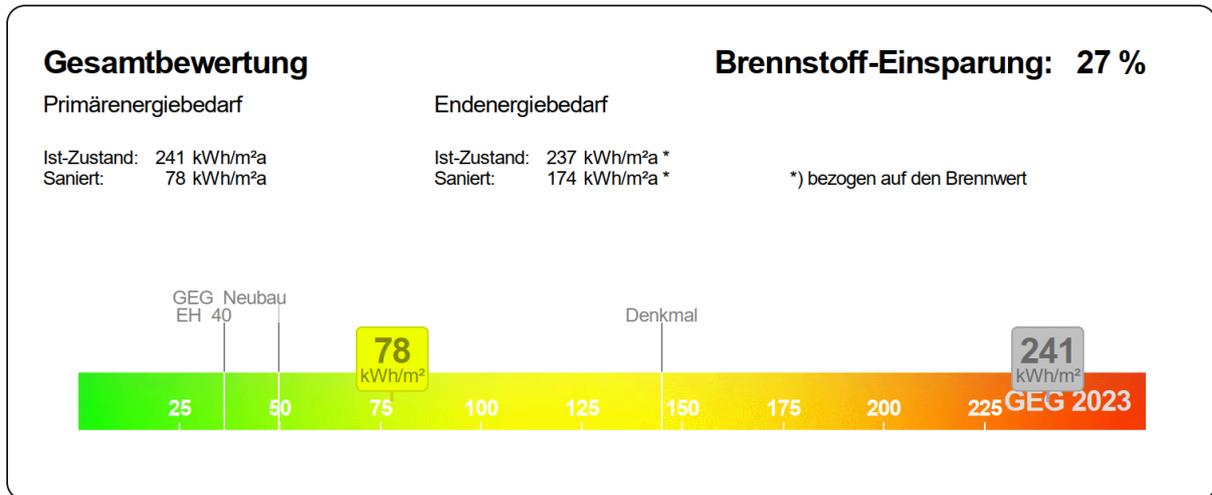


Abbildung 8-23: Bewertung Variante 3a, MSK 2

**Variante 3b: Außenwand + Teilaustausch Fenster + Wärmepumpe**

Sanierungsvariante 3b beinhaltet alle Maßnahmen, die auch schon in Variante 2b beschrieben wurden, allerdings wird statt eines Nahwärmeanschlusses hier der Einbau einer Wärmepumpe vorgenommen.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 50.275 kWh/a reduziert sich auf 11.792 kWh/a. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 38.483 kWh/a bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 4.764 kg/a reduziert. Anders als der Endenergiebedarf berücksichtigt der Primärenergiebedarf auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes von 241 [kWh/(m<sup>2</sup>·a)] auf 100 [kWh/(m<sup>2</sup>·a)]. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 3b beträgt 77 %.

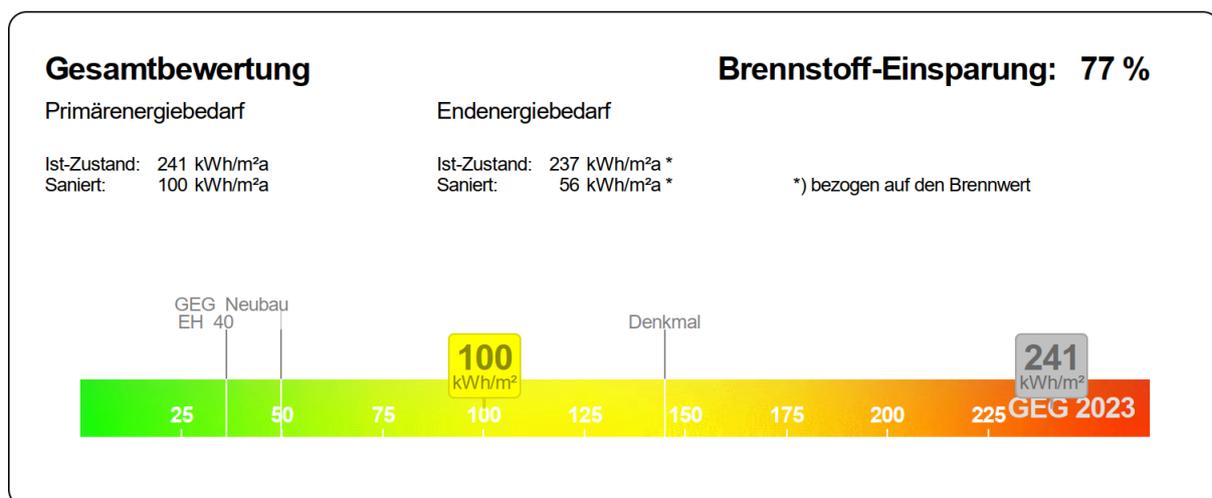


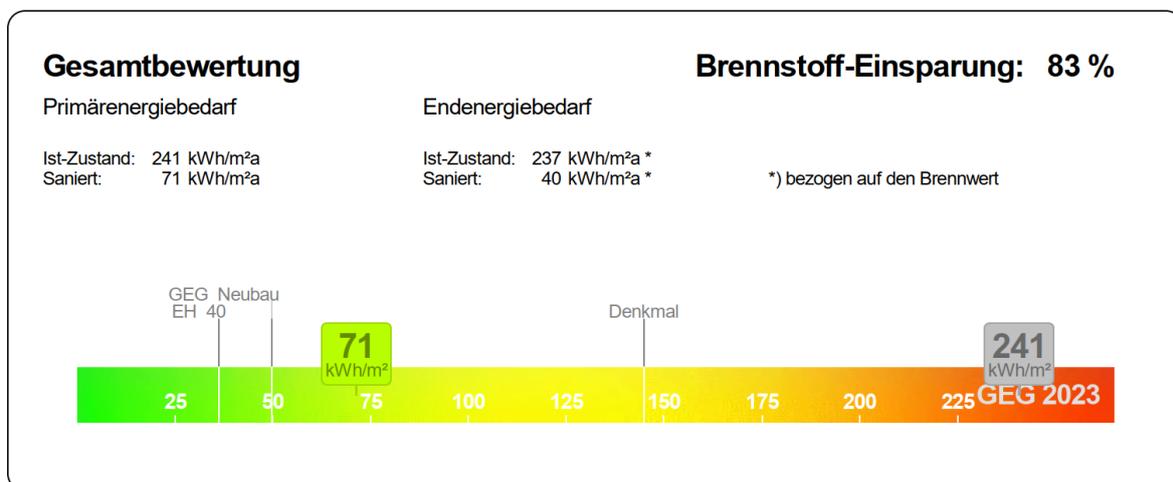
Abbildung 8-24: Bewertung Variante 3b, MSK 2

**Variante 4: Oberste Geschossdecke + Fenster + Außentüren + Wärmepumpe + PV**

Sanierungsvariante 4 beinhaltet alle Maßnahmen, die auch schon in Variante 3b beschrieben wurden, allerdings wird in dieser Variante noch eine PV-Anlage auf dem Dach des Objekts installiert.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 50.275 kWh/a reduziert sich auf 8.395 kWh/a. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 41.880 kWh/a bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 6.667 kg/a reduziert. Anders als der Endenergiebedarf berücksichtigt der Primärenergiebedarf auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes von 241 [kWh/(m<sup>2</sup>·a)] auf 71 [kWh/(m<sup>2</sup>·a)]. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 4 beträgt 83 %.

Tabelle 8-10: Sanierungsvariante 4, MSK 2



8.5.3 Kostenschätzung

Tabelle 8-11 enthält die Kostenschätzung und basiert auf der DIN 276 - Kosten im Bauwesen.

Tabelle 8-11: Kostenschätzung Sanierungsvarianten, MSK 2

	Variante 1	Variante 2a	Variante 2b	Variante 3	Variante 4
<b>Gesamtkosten brutto</b>	5 T€	26 T€	26 T€	56 T€	68 T€

8.5.4 Wirtschaftliche Auswertung

Die wirtschaftliche Auswertung erfolgt unter Einbezug der verfügbaren Fördermittel der BEG und der Förderung des Landes Bremen (BAB). Bei Ersterem handelt es sich zum einen um die Förderung der Einzelmaßnahmen, die als Zuschuss vom BAFA zur Verfügung gestellt werden.

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 Gebäudes liegt bei etwa 20.000 kWh/a. Der von Hottgenroth berechnete Endenergiebedarf kann um bis zu 200 % von den Realverbräuchen abweichen. Der Energiebedarf von Gebäuden ist sehr stark von dem individuellen Nutzungsverhalten und den geographischen Randbedingungen abhängig. Darüber hinaus wird bei Erdgas eine jährliche Teuerungsrate von 4 % angenommen. Bei den Energieträgern Strom und Nahwärme wird eine jährliche Teuerungsrate von 2 % angenommen.

Die Abbildung 8-25 zeigt für die einzelnen Sanierungsvarianten eine Gegenüberstellung der Investitionskosten und der Energiekostensparnis (nach 40 Jahren) sowie Förderzuschüsse auf der anderen Seite.

Die Grafik verdeutlicht, dass sich alle Varianten in unter 40 Jahren amortisieren. Dies ist daran zu erkennen, dass die Förderzuschüsse und Energiekosteneinsparungen die Investitionskosten und Sowieso-Kosten im Säulendiagramm übersteigen. Betrachtet man jedoch einen Tausch der Fenster als Sowieso-Kosten (Kosten, die ohnehin aufgrund von Gesetzgebung oder Abgängigkeit von Bauteilen anfallen), ergeben sich noch kürzere Amortisationszeiten. Neben der monetären Ersparnis resultieren aus energetischen Sanierungen auch eine Werterhaltung bzw. Wertsteigerung der Immobilie. Eine Wertsteigerung tritt vor allem bei Maßnahmen zur Erreichung eines Effizienzhausstandards ein. Außerdem sind ein verbessertes Wohnklima und ein geringerer CO<sub>2</sub>-Fußabdruck zu nennen. Insbesondere Variante 1 stellt sich in dieser Betrachtung als besonders kostengünstig und relativ wirtschaftlich da, wenngleich der Effekt auf Brennstoffeinsparung und CO<sub>2</sub>-Fußabdruck relativ gering ist.

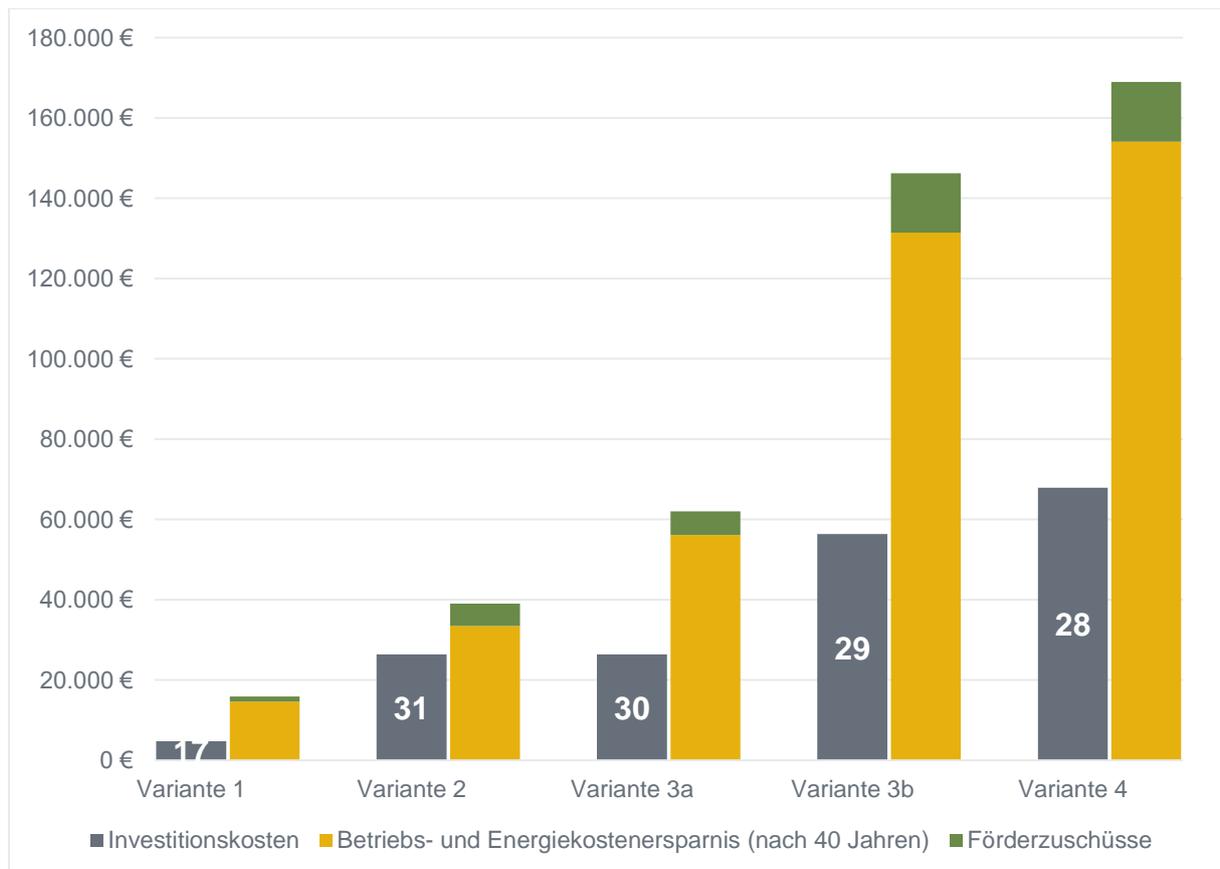


Abbildung 8-25: Rentabilität der Varianten nach 40 Jahren, MSK 2

## 8.6 Mustersanierungskonzept 3

Bei MSK 3 handelt es sich um ein freistehendes Einfamilienhaus aus dem Jahr 1965 mit ca. 135 m<sup>2</sup> Wohnfläche. Es besitzt ein Vollgeschoss, ein Dachgeschoss sowie einen unbeheizten Spitzboden und ist voll unterkellert. Bei der Heizungsanlage handelt es sich um eine Ölheizung aus dem Jahr 2002.



Abbildung 8-26: MSK 3 Vorderansicht, Foto: FRANK

### 8.6.1 Bestandsaufnahme

Die letzten Sanierungen des Gebäudes fanden in den 1970er und 1980er Jahren statt. Der Ölkessel ist im Jahr 2002 neu eingebaut worden.

1976 wurde ein Fenstertausch durchgeführt sowie eine Außenwanddämmung angebracht. 1980 folgte dann ein Austausch der Hauseingangstür. Es ist vom Eigentümer geplant, das Haus mittelfristig umfassend zu sanieren.

Die Fenster und Türen stellen aufgrund Ihres Alters die größten energetischen Schwachpunkte des Objekts dar.

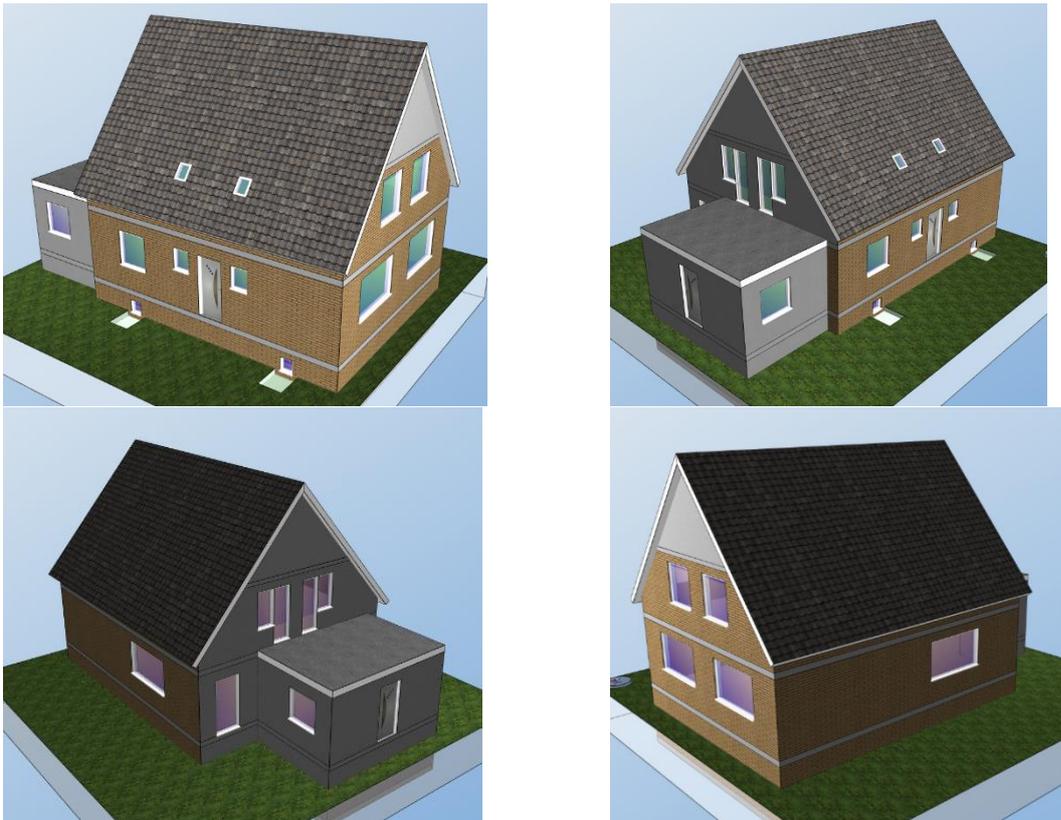


Abbildung 8-27: 3D Modellierung MSK 2, erstellt durch FRANK mit dem Programm Hottgenroth

### Thermische Gebäudehülle

Zur thermischen Gebäudehülle ist festzuhalten, dass das Erdgeschoss und das 1. Obergeschoss beheizt sind. Der Spitzboden ist aktuell unbeheizt, soll aber nach der Sanierung in die thermische Gebäudehülle integriert werden.

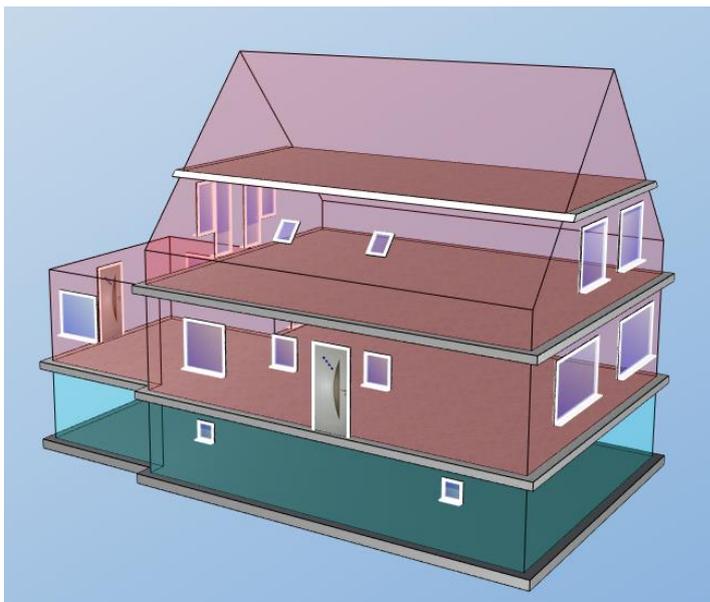


Abbildung 8-28: Thermische Gebäudehülle MSK 2, erstellt durch FRANK mit dem Programm Hottgenroth

## Energetische Bewertung IST-Zustand

In der folgenden Tabelle befindet sich eine Zusammenstellung der einzelnen Bauteile der Gebäudehülle mit den momentanen U-Werten. Zum Vergleich sind die Mindestanforderungen angegeben, die das GEG bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden stellt und die Anforderungen nach BEG, welche zu erreichen sind, um Fördermittel in Anspruch nehmen zu können.

Tabelle 8-12: Bauteile IST-Zustand, MSK 3

Bauteil	U-Wert in W/(m <sup>2</sup> ·K)	U <sub>max</sub> GEG in W/(m <sup>2</sup> ·K)	U <sub>max</sub> BEG in W/(m <sup>2</sup> ·K)
Sparrendach	1,4	0,24	0,14
Dachterrasse	1,3	0,24	0,14
Dachflächenfenster	4,3	1,4	1,00
Fenster	2,7	1,3	0,95
Fassade	1,4	0,24	0,20
Hauseingangstür	2,9	1,8	1,30
Kellerdecke	1,00	0,35	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 (56.345 kWh/a) die größten Verluste, gefolgt von den Anlagenverlusten (23.423 kWh/a) und den Lüftungsverlusten (10.312 kWh/a). Dies ist in Abbildung 8-29 dargestellt.

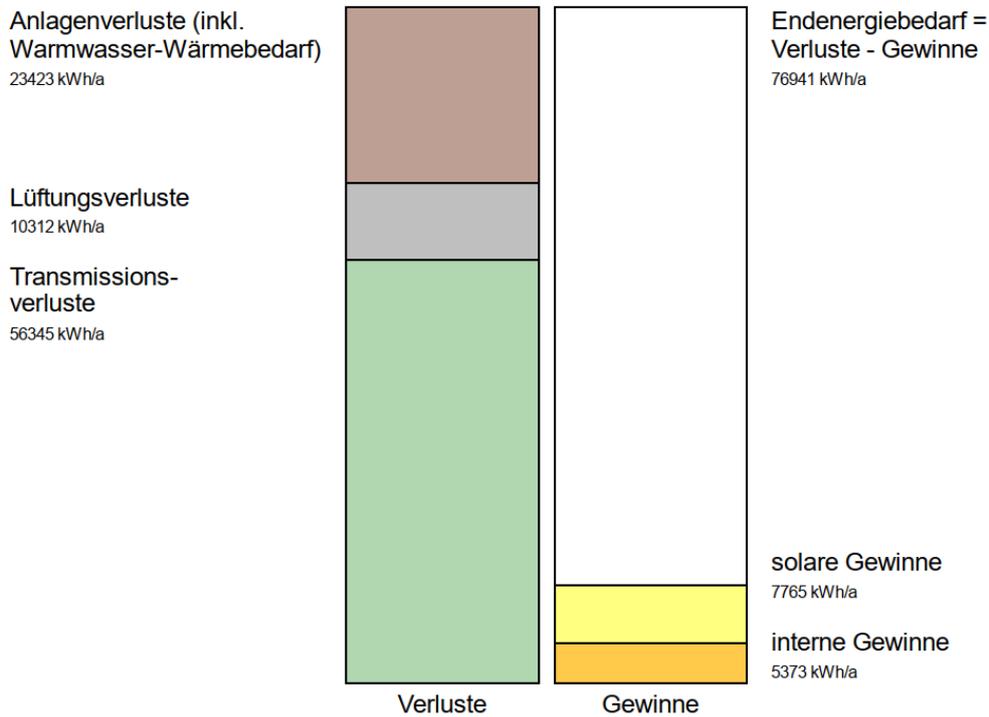


Abbildung 8-29: Energetische Verluste und Gewinne IST-Zustand, MSK 3

Wie genau sich die Transmissions- und Anlagenverluste zusammensetzen, ist Abbildung 8-30 zu entnehmen. Demnach sind die größten Transmissionsverluste bei der Außenwand (22.363 kWh/a) zu verzeichnen, gefolgt vom Dach (19.703 kWh/a), dem Keller (7.462 kWh/a) und den Fenstern (6.817 kWh/a). Bei den Anlagenverlusten stellen die Heizungsverluste nahezu die Gesamtverlustmenge; nur ein minimaler Teil geht auf die Hilfsenergie zurück.

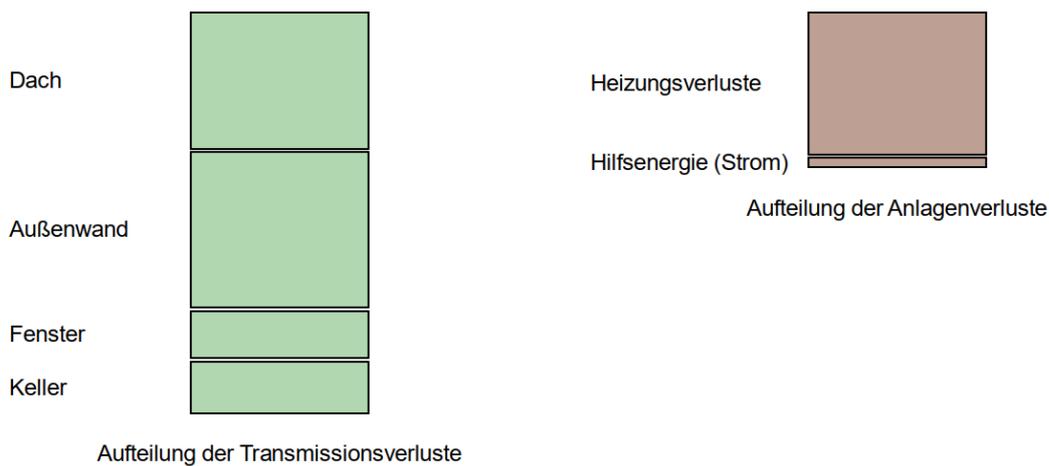


Abbildung 8-30: Energetische Verluste IST-Zustand, MSK 3

## Bewertung des Gebäudes

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen betragen im Bestand 116 kg/(m<sup>2</sup>·a). Grundlage für die CO<sub>2</sub>-Emissionsberechnung bilden die CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren gemäß Umweltbundesamt. In der energetischen Klassenbewertung auf Basis des Endenergiebedarfs wird das Gebäude in die Kategorie G eingeordnet (Klassen H). Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro Nutzfläche - zurzeit beträgt dieser 412 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Wie im vorherigen Kapitel beschrieben, ist nicht der Primärenergiebedarf, sondern der Endenergiebedarf zur energetischen Bewertung des Gebäudes geeignet.

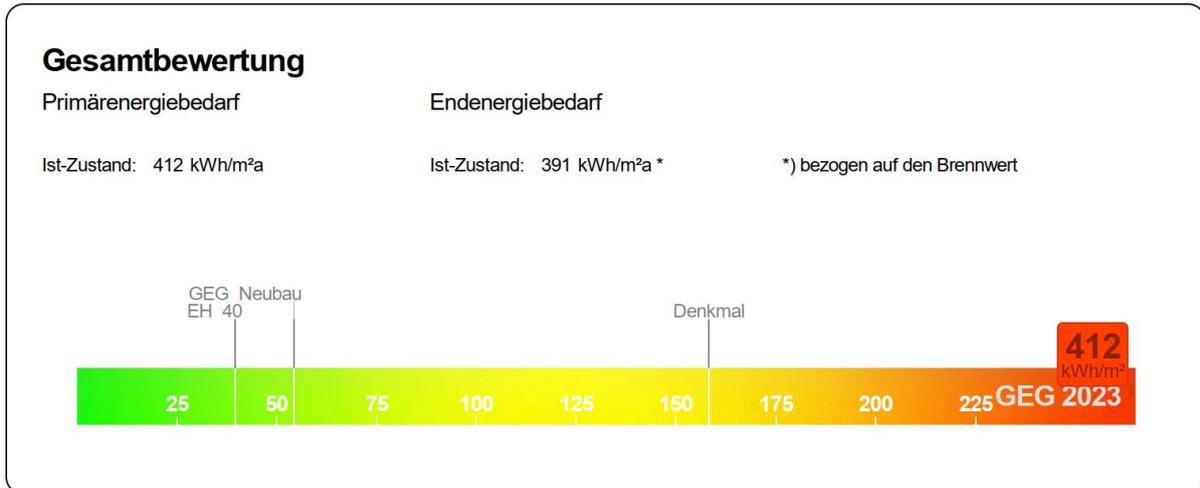


Abbildung 8-31: Gesamtbewertung IST-Zustand, MSK 3

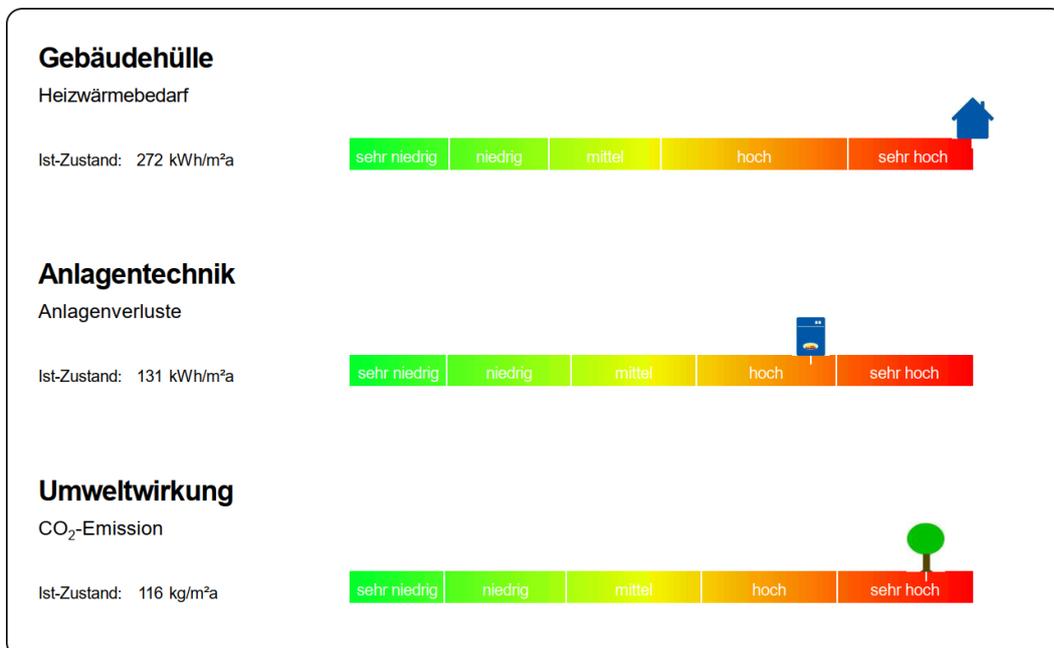


Abbildung 8-32: Gebäudehülle, Anlagentechnik, Umweltwirkung, MSK 3

Für die Berechnung im Rahmen dieses Projekts wurde folgendes Nutzungsverhalten zugrunde gelegt:

mittlere Innentemperatur:	20,0 °C,
Luftwechselrate:	0,79 h <sup>-1</sup> ,
Warmwasser-Wärmebedarf:	1.802 kWh pro Jahr.

### 8.6.2 Sanierungsvarianten

Im Folgenden werden Maßnahmen zur Sanierung vorgeschlagen, welche sinnvoll miteinander zu Gesamtpaketen kombiniert wurden. Für eine vollumfängliche Planung ist eine objektbezogene Kostenschätzung (Leistungsphase 2) oder -berechnung (Leistungsphase 3) der HOAI von einem Architekten notwendig. Tabelle 8-4 enthält eine Gegenüberstellung vier verschiedener Sanierungsvarianten.

Tabelle 8-13: Übersicht Sanierungsvarianten, MSK 3

Bauteil	Dach + Dachfenster + Kellerdecke	Außenwand + Fenster	Nahwärme mit Heizkörpern	Wärmepumpe mit Heizkörpern + PV	Wärmepumpe mit Fußbodenheizung+ PV
<b>Baukonstruktion</b>					
Sparrendach	16 cm Zwischensparrendämmung (WLG 035), 14 cm Aufsparrendämmung (WLG 035)	16 cm Zwischensparrendämmung (WLG 035), 14 cm Aufsparrendämmung (WLG 035)	16 cm Zwischensparrendämmung (WLG 035), 14 cm Aufsparrendämmung (WLG 035)	16 cm Zwischensparrendämmung (WLG 035), 14 cm Aufsparrendämmung (WLG 035)	16 cm Zwischensparrendämmung (WLG 035), 14 cm Aufsparrendämmung (WLG 035)
Dachterrasse	20 cm Dämmung WLG 035				
Dachflächenfenster	3-fach Verglasung $U_w$ 1,0				
Fassade	-	18 cm Dämmung WLG 035			
Fenster		3-fach Verglasung $U_w$ 0,90			
Hauseingangstür	-	$U_d$ 1,3	$U_d$ 1,3	$U_d$ 1,3	$U_d$ 1,3
Eingangstür Hinterhof	-	$U_d$ 1,3	$U_d$ 1,3	$U_d$ 1,3	$U_d$ 1,3
Kellerdecke	10 cm Dämmung WLG 024	3 cm Systemplatte FBH WLG 045, 4 cm Dämmung WLG 045, 10 cm Dämmung WLG 035			
<b>Anlagentechnik</b>					
Hydraulischer Abgleich	-	-	ja	ja	ja
Dämmung der Heizungsleitungen im Keller	-	-	ja	ja	ja
Vor-/Rücklauf-temperatur	-	-	55/45°C	50/40°C	45/35°C
Austausch Thermostatventil	-	-	ja	ja	ja
Austausch Heizungsanlage	-	-	Ja, Nahwärme	ja, Wärmepumpe	ja, Wärmepumpe
Photovoltaik	-	-	-	ja	ja
Wärmebrückenfaktor	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Luftwechselrate	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55

Tabelle 8-14: Variantenvergleich MSK 3

MSK 1	IST-Zustand	Variante 1	Variante 2	Variante 3a	Variante 3b	Variante 3c
Endenergie Gebäude [kWh/a]	76.941	49.725	25.398	21.989	3.726	3.364
Primärenergiebedarf $Q_P$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]	412	266	136	35	34	31
CO <sub>2</sub> -Emissionen Gebäude [t/a]	22,8	14,8	7,5	3,5	2,1	1,9
Reduzierung des Endenergiebedarfs		-35%	-67%	-71%	-95%	-96%
Reduzierung der CO <sub>2</sub> -Emissionen		-35%	-67%	-85%	-91%	-92%

### Variante 1: Dach + Dachfenster + Kellerdecke

In Variante 1 wird eine 16 cm Zwischensparrendämmung mit einer 14 cm Aufsparrendämmung im Dach empfohlen. Zusätzlich wird der Boden der Dachterrasse gedämmt und die Kellerdecke mit einer 10 cm Dämmung versehen. Die Dachflächenfenster werden gegen neue, dreifachverglaste Modelle ( $U_w$ : 0,9) ausgetauscht.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 76.941 kWh/a reduziert sich auf 49.725 kWh/a. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 27.216 kWh/a bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 8.068 kg/a reduziert. Anders als der Endenergiebedarf berücksichtigt der Primärenergiebedarf auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes von 412 [kWh/(m<sup>2</sup>·a)] auf 267 [kWh/(m<sup>2</sup>·a)]. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 1 beträgt 35 %.

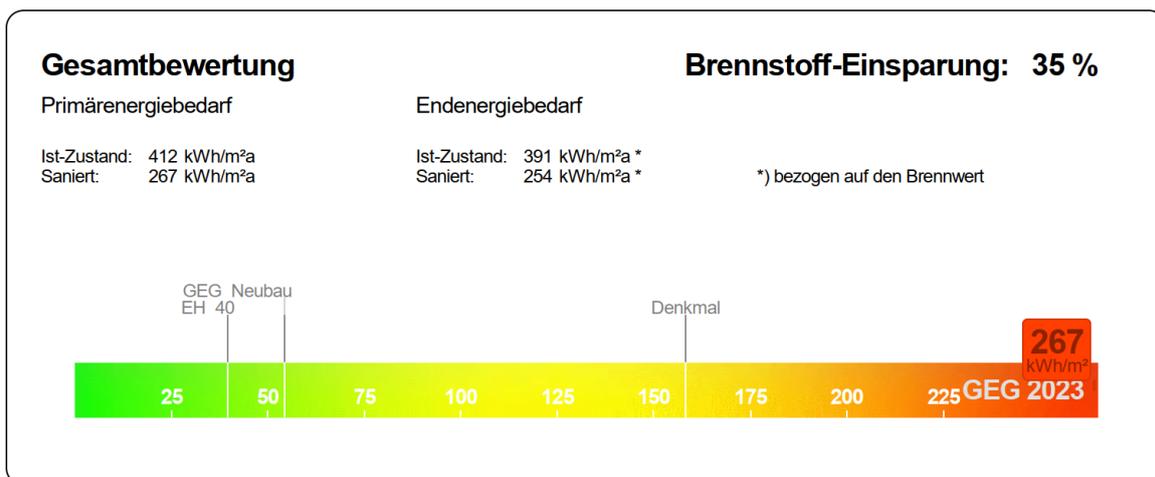


Abbildung 8-33: Bewertung Variante 1, MSK 3

### Variante 2: Dach + Dachfenster + Kellerdecke + Außenwand + Fenster

Zusätzlich zu den in Variante 1 vorgeschlagenen Maßnahmen werden in Variante 2 auch die weiteren Fenster ( $U_w$  0,9) sowie die Haustür ( $U_d$  1,3) getauscht. Zusätzlich wird die Dämmung der Außenwand auf insgesamt 18 cm aufgestockt.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 76.941 kWh/a reduziert sich auf 25.398 kWh/a. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 51.543 kWh/a bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 15.292 kg/a reduziert. Anders als der Endenergiebedarf berücksichtigt der Primärenergiebedarf auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes von 412 [kWh/(m<sup>2</sup>·a)] auf 137 [kWh/(m<sup>2</sup>·a)]. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 1 beträgt 67 %.

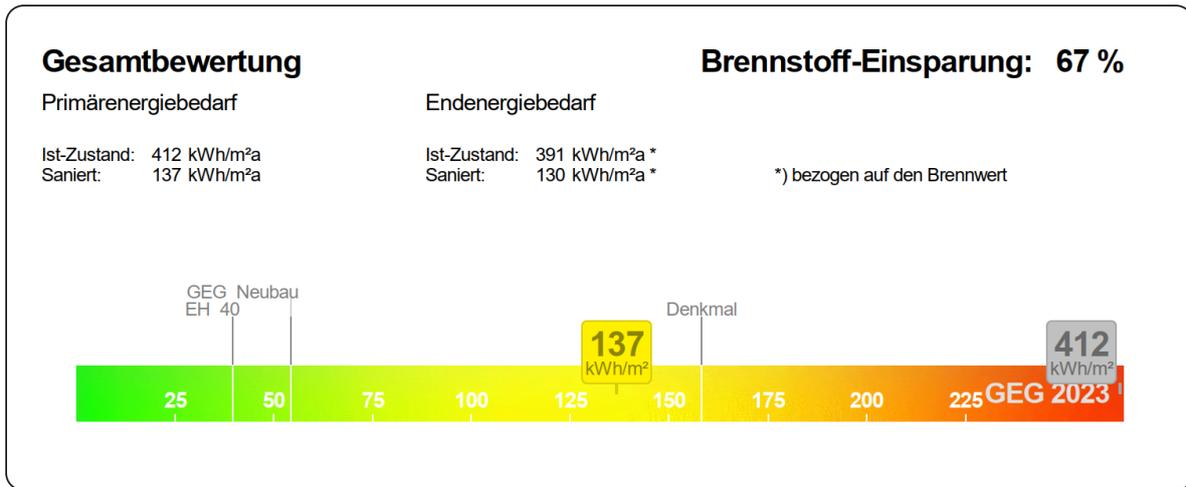


Abbildung 8-34: Bewertung Variante 2a, MSK 3

### Variante 3a: Effizienzhaus 70 mit Nahwärme

Neben den in Variante 2 genannten Maßnahmen an der Gebäudehülle ist in Variante 3a ein Anschluss an ein Nahwärmenetz vorgesehen. Mit der so erzielten Endenergieeinsparung wird der KfW-Effizienzhaus-70-Standard erreicht.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 76.941 kWh/a reduziert sich auf 21.989 kWh/a. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 54.952 kWh/a bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 19.326 kg/a reduziert. Anders als der Endenergiebedarf berücksichtigt der Primärenergiebedarf auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes von 412 [kWh/(m<sup>2</sup>·a)] auf 39 [kWh/(m<sup>2</sup>·a)]. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 3a beträgt 71 %.

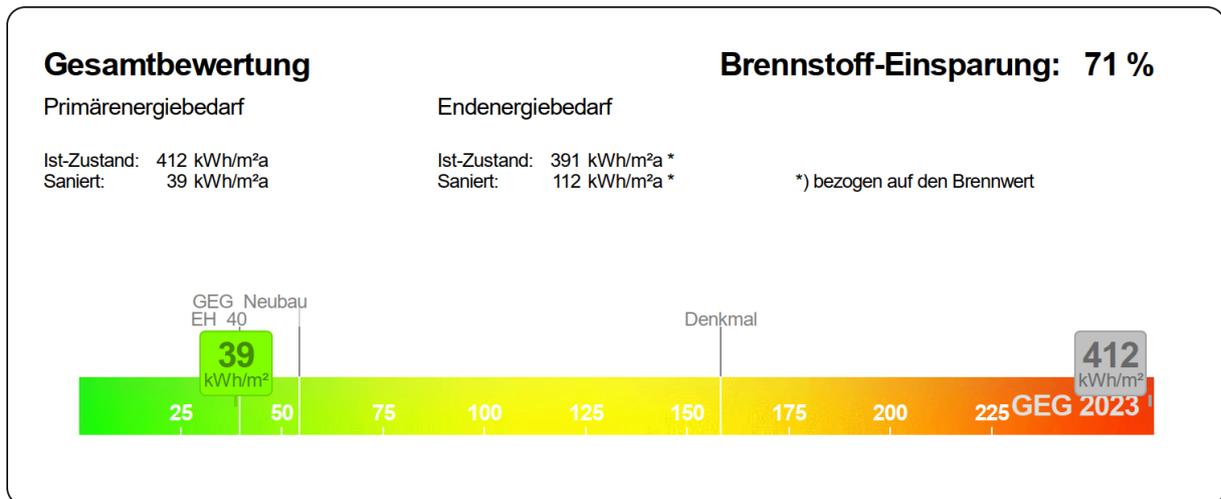


Abbildung 8-35: Bewertung Variante 3a, MSK 3

**Variante 3b: Effizienzhaus 70 mit Wärmepumpe + Heizkörper und PV**

Sanierungsvariante 3b beinhaltet alle Maßnahmen, die auch schon in Variante 3a beschrieben wurden, allerdings wird statt eines Nahwärmeanschlusses hier der Einbau einer Wärmepumpe vorgenommen und eine Photovoltaik-Anlage auf dem Dach des Objekts installiert.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 76.941 kWh/a reduziert sich auf 3.726 kWh/a. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 73.215 kWh/a bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 20.780 kg/a reduziert. Anders als der Endenergiebedarf berücksichtigt der Primärenergiebedarf auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes von 412 [kWh/(m<sup>2</sup>·a)] auf 34 [kWh/(m<sup>2</sup>·a)]. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 3a beträgt 95 %.

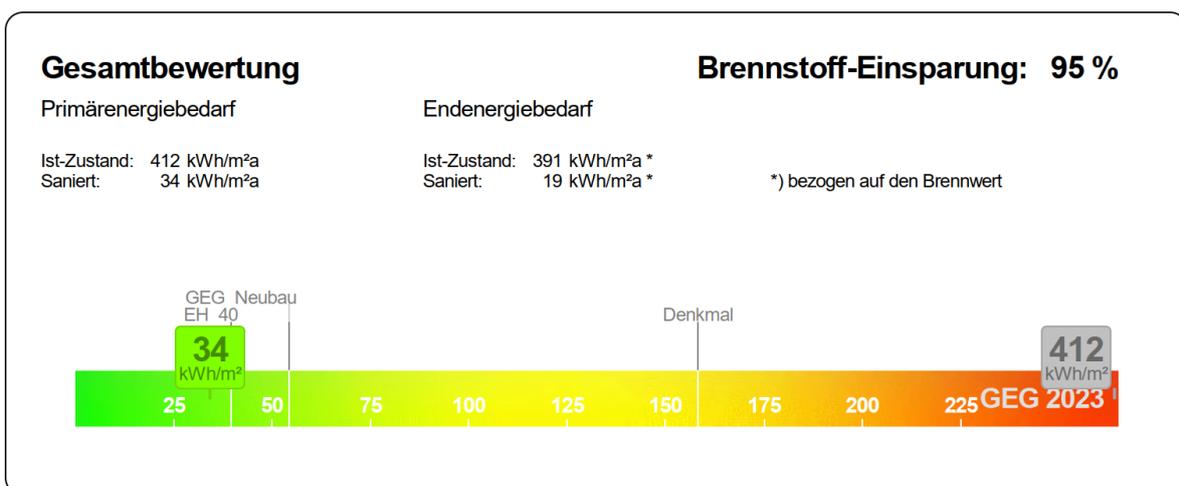


Abbildung 8-36: Bewertung Variante 3b, MSK 3

**Variante 3c: Effizienzhaus 70 mit Wärmepumpe + Fußbodenheizung und PV**

Sanierungsvariante 4 beinhaltet alle Maßnahmen, die auch schon in Variante 3b beschrieben wurden, allerdings wird in dieser Variante statt normalen Heizkörpern eine Fußbodenheizung realisiert.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 76.941 kWh/a reduziert sich auf 3.364 kWh/a. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 73.577 kWh/a bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 20.982 kg/a reduziert. Anders als der Endenergiebedarf berücksichtigt der Primärenergiebedarf auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes von 412 [kWh/(m<sup>2</sup>·a)] auf 31 [kWh/(m<sup>2</sup>·a)]. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 3a beträgt 96 %.

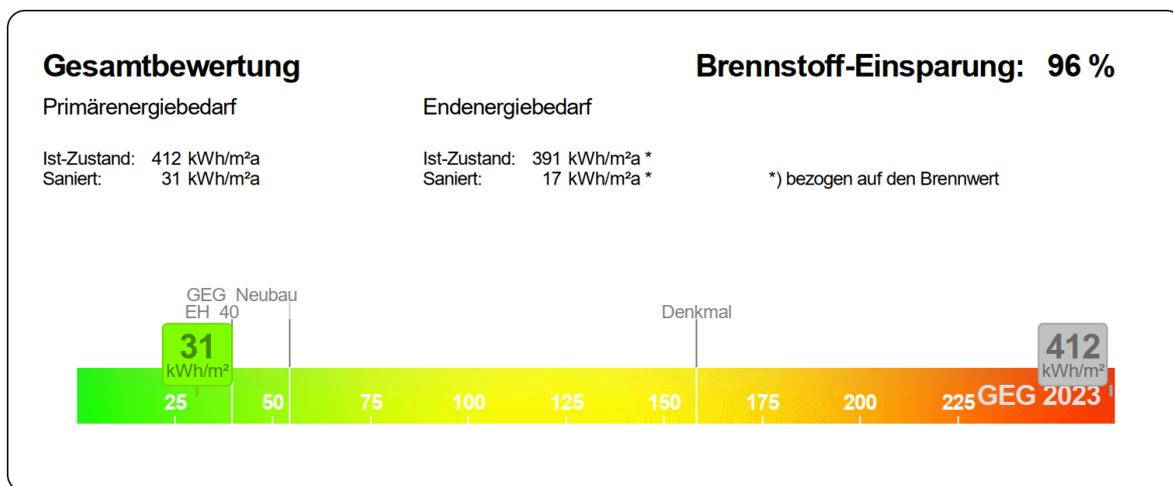


Abbildung 8-37: Bewertung Variante 3c, MSK 3

**8.6.3 Kostenschätzung**

Tabelle 8-15 enthält die Kostenschätzung und basiert auf der DIN 276 – Kosten im Bauwesen.

Tabelle 8-15: Kostenschätzung Sanierungsvarianten, MSK 3

	Variante 1	Variante 2	Variante 3a	Variante 3b	Variante 3c
<b>Gesamtkosten brutto</b>	79 T€	152 T€	152 T€	205 T€	222 T€

**8.6.4 Wirtschaftliche Auswertung**

Die wirtschaftliche Auswertung erfolgt unter Einbezug der verfügbaren Fördermittel der BEG und der Förderung des Landes Bremen (BAB). Bei Ersterem handelt es sich zum einen um die Förderung der Einzelmaßnahmen, die als Zuschuss vom BAFA zur Verfügung gestellt werden, sowie die Förderung der Komplettsanierung zum Effizienzhaus, die durch einen Kredit der KfW ermöglicht wird.

Es wird die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen über einen Zeitraum von 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 Gebäudes liegt bei etwa 3.000 l/a (Öl). Der von Hottgenroth berechnete Endenergiebedarf kann um bis zu 200 % von den Realverbräuchen abweichen. Der Energiebedarf von Gebäuden ist sehr stark von dem individuellen Nutzungsverhalten und den geographischen Randbedingungen abhängig. Darüber hinaus wird bei Öl eine jährliche Teuerungsrate von 4 % angenommen. Bei den Energieträgern Strom und Nahwärme wird eine jährliche Teuerungsrate von 2 % angenommen.

Die Abbildung 8-38 zeigt für die einzelnen Sanierungsvarianten eine Gegenüberstellung der Investitionskosten und der Energiekostensparnis (nach 40 Jahren) sowie Förderzuschüsse auf der anderen Seite.

Die Grafik verdeutlicht, dass sich alle Varianten nach maximal 30 Jahren amortisiert haben. Dies ist daran zu erkennen, dass die Förderzuschüsse und Energiekosteneinsparungen die Investitionskosten im Säulendiagramm übersteigen. Betrachtet man jedoch, wie bereits in den vorangegangenen Kapiteln erwähnt, auch Sowieso-Kosten, ergeben sich noch kürzere Amortisationszeiten. Gleichzeitig sind die umfangreichen Maßnahmen insbesondere für das Erreichen des Effizienzhaus-Standard kostspielig und teilweise deutlich höher als in den anderen Mustersanierungsbetrachtungen. Neben der monetären Ersparnis resultieren aus energetischen Sanierungen auch eine Werterhaltung bzw. Wertsteigerung der Immobilie. Eine Wertsteigerung tritt vor allem bei Maßnahmen zur Erreichung eines Effizienzhausstandards ein. Außerdem sind ein verbessertes Wohnklima und ein geringerer CO<sub>2</sub>-Fußabdruck zu nennen. Die Amortisationszeiten der Varianten sind bei MSK 3 relativ ähnlich, allerdings bei Kosten jeweils über 100.000 €.

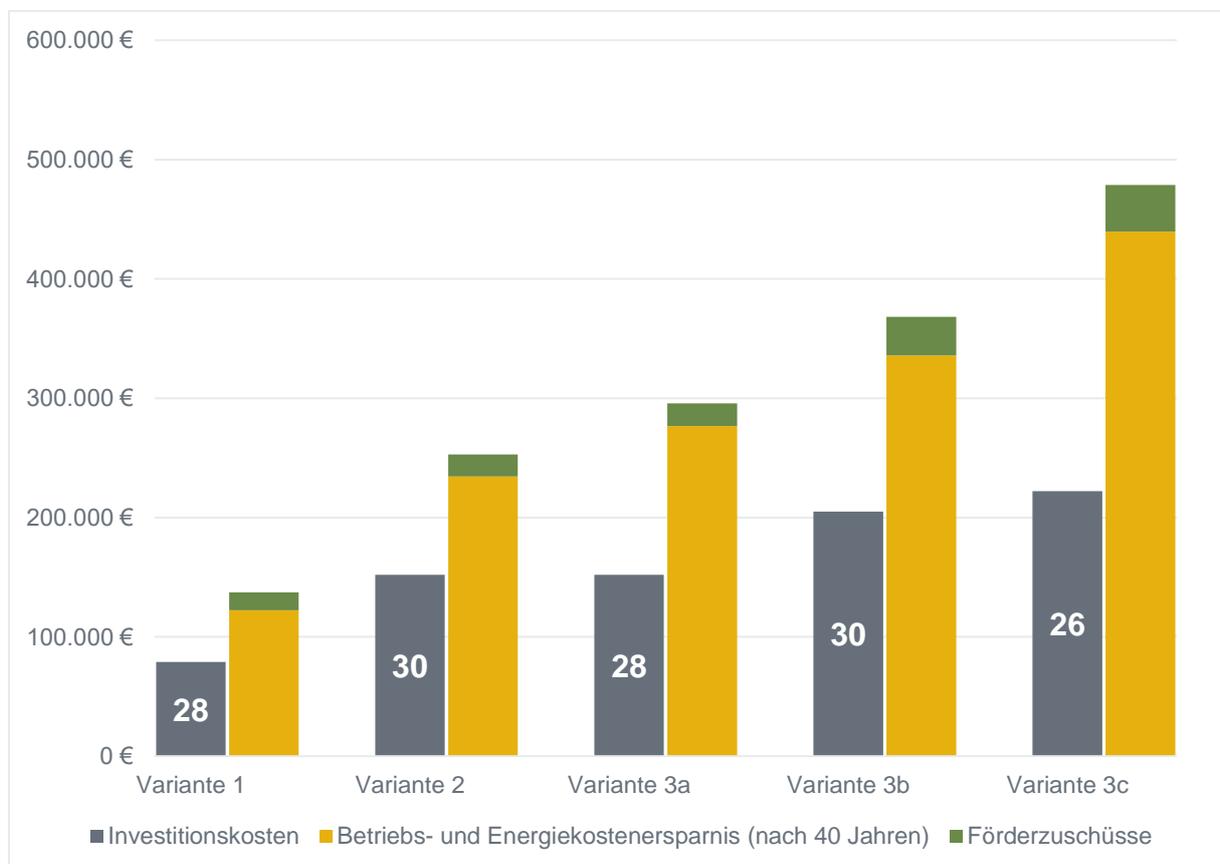


Abbildung 8-38: Rentabilität der Varianten nach 40 Jahren, MSK 3

## 8.7 Zusammenfassung Maßnahmen Gebäudesanierung

Für die drei Siedlungshäuser 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. Die wirtschaftliche Auswertung der Varianten bezieht sich auf den Stand aus dem Herbst 2023 und sollte von den Eigentümern Anfang 2024 dringend geprüft werden.

Bei MSK 1 bietet sich generell ein altersbedingter Tausch der Fenster an. Im gleichen Zuge sollte die Fassade gedämmt werden, da diese einen weiteren energetischen Schwachpunkt im Objekt darstellt und für hohe Transmissionswärmeverluste verantwortlich ist. Jedoch würde sich diese Variante allein nicht innerhalb von 40 Jahren amortisieren. Ein zusätzlicher Anschluss an ein Wärmenetz oder die Installation einer Wärmepumpe würde allerdings den Endenergiebedarf des Gebäudes stark senken und eine Amortisation innerhalb von 40 Jahren ist hier durchaus denkbar (unter Vorbehalt der sich derzeit wandelnden Förderkulisse).

Bei MSK 2 sind hohe Transmissionsverluste durch die oberste Geschossdecke sowie durch Fenster und Türen zu verzeichnen, weshalb vor allem in diesem Bereich energetische Einsparpotenziale identifiziert wurden. Von den erarbeiteten Sanierungsvarianten amortisieren sich alle innerhalb von 40 Jahren. Insbesondere der Einbau einer Wärmepumpe auch in Kombination mit einer Photovoltaikanlage, ermöglicht starke Brennstoffeinsparungen bei verhältnismäßig kurzen Amortisationszeiten.

Das MSK 3 verzeichnet die größten Wärmeverluste durch das Dach und die Dachflächenfenster. Ein besonderer Hebel zur Senkung der Emissionen besteht zusätzlich in der Heizungsart (Öl). Aufgrund der Größe und dem unsanierten Zustand der Immobilie, sind die Kosten für die einzelnen Maßnahmen hier ungleich höher als in den vorangegangenen Beispielen. Die Sanierungsvarianten, die den Effizienzhausstandard ermöglichen, amortisieren sich zwar ca. nach 30 Jahren, gleichzeitig fallen hier Kosten an, die mit den entsprechenden Krediten abgedeckt werden sollten.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass mit den Sanierungsvarianten Maßnahmen erarbeitet wurden, die die wesentlichen bautechnischen Punkte aufnehmen, die aktuell für Mängel an den Objekten sorgen. Hierbei wurden vor allem Einzelmaßnahmen entwickelt, wie der Tausch von Türen und Fenstern. Sanierungen, die ein Effizienzhaus erreichen, lassen sich bei MSK 1 und 2 entweder wirtschaftlich nicht darstellen oder sind bautechnisch und energetisch nicht sinnvoll. Insbesondere die Installation von Wärmepumpen oder Anschlüsse an ein noch zu prüfendes Wärmenetz sind extreme Hebel, um den Brennstoffbedarf und die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Siedlungshäuser zu senken. Im Bereich der Gebäudehülle sind stark unterschiedliche Sanierungsstände identifiziert worden. Jedoch ist davon auszugehen, dass insbesondere der Tausch von Fenstern und Türen bei entsprechendem Alter bei vielen Siedlungshäusern anzuraten ist. Aufgrund der Altersstruktur im Quartier und der derzeit häufigen Bewohnerwechsel, ist von einer verstärkten Sanierungstätigkeit in den nächsten Jahren auszugehen (siehe auch Kapitel 7.3.2).

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

## 9 Versorgungsoptionen und -szenarien

Die Reduzierung des Wärmebedarfs mithilfe energetischer Sanierung von Gebäuden ist ein erster Teilbereich des Quartierskonzeptes. Ein zweiter Bestandteil ist die Optimierung der Wärmeversorgung. 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, Dezentrale vs. zentrale Wärmeversorgung im deutschen Wärmemarkt, 2016). Eine eindeutige Abgrenzung zwischen Nah- und Fernwärme existiert dabei nicht, so dass beide Begriffe synonym verwendet werden können. Bei der dezentralen Versorgung, wie sie im Quartier aktuell üblich ist, wird im jeweiligen Gebäude selbst Wärme erzeugt; dies geschieht im Quartier bisher überwiegend auf Basis von Gasheizungen. 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.

Alternativ kann auch die sog. kalte Nahwärme eingesetzt werden. Dabei wird lediglich eine Wärmequelle mit niedrigerem Temperaturniveau benötigt. Dazu zählen beispielweise Abwärme aus Abwasserkanälen, Fluss- oder Seewasser oder Geothermie. Hiermit können auch Wärmequellen genutzt werden, die auf Basis konventioneller Wärmenetze bisher nicht nutzbar waren. Das nicht mehr gedämmte Wärmenetz wirkt u. U. noch als Erdwärmekollektor und liefert Wasser an die Gebäude. Dem Wärmenetz wird dezentral in den einzelnen Gebäuden durch eine Wasser-Wasser-Wärmepumpe Wärme entzogen. Diese Wärmepumpen arbeiten sogleich i. d. R. effizienter als Luft-Wasser-Wärmepumpen.

### 9.1 Zentrale Versorgungsoptionen

Vor dem Hintergrund der aus Klimaschutzgründen gebotenen Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen (Ziel Bremer Klimaschutzstrategie: Netto-Null Emissionen 2038 (Die Senatorin für Umwelt, Klima und Wissenschaft, 2023)) sowie mit Blick auf die Versorgungssicherheit wird sich zunächst auf eine zentrale und weitestgehend regenerative Wärmeversorgung des Quartiers fokussiert.

Die Struktur des Quartiers spielt hierbei eine wesentliche Rolle, da größere Entfernungen zwischen potenziellen Abnehmern aufgrund höherer Investitionskosten für die Leitungen sowie höherer Wärmeverluste innerhalb des Netzes zur wirtschaftlichen Verschlechterung führen. Das Quartier Borgfeld-Katrepel weist relativ gute Voraussetzungen auf. Einerseits liegen die Wohngebäude im Untersuchungsgebiet nahe beieinander, andererseits sind die Mehrzahl der potenziellen Wärmeabnehmer Einfamilienhäuser (siehe Kapitel 7.3.1). Die Betrachtung von zentralen Versorgungsoptionen fokussiert zumeist auf das gesamte Quartier. Es wird daher eine Netzvariante untersucht, welche ein Verbundnetz zur Versorgung des gesamten Quartiers beinhaltet. Eine mögliche leitungsgebundene Wärmeversorgung des Gesamtquartiers wird daher im Folgenden anhand ökologischer, technischer und wirtschaftlicher Kriterien auf Realisierbarkeit geprüft.

Die Planung des Wärmeverteilsystems setzt die Festlegung eines Wärmenetzaufbaus voraus. Hierbei muss neben der Darstellung der Struktur von Wärmeverteilungsnetzen und deren

Betriebstemperaturen auch auf die Netzdimensionierung und die Wärmeverluste eingegangen werden.

Die notwendige Energiezentrale sollte insbesondere bei einer Nutzung anzuliefernder Brennstoffe (z. B. Holzhackschnitzel) möglichst nahe einer Straße mit hohem Verkehrsaufkommen verortet werden, da so innerörtliche Störungen von Wohngebieten durch Emissionen, Brennstofflieferungen u. a. minimiert werden können. Im Rahmen des Quartierkonzeptes konnten aufgrund der dichten Bebauung im städtischen Raum keine eindeutigen Vorzugsflächen hierfür identifiziert werden. Zudem werden im Zuge der Bearbeitung von Quartierskonzepten keine Planungsleistungen erbracht, mit der die unterschiedlichen Möglichkeiten im Rahmen der Genehmigungsplanung geprüft werden. Dies kann zu Beginn eines möglicherweise anschließenden Sanierungsmanagements in Kombination mit Modul 1 der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) erfolgen. Für die Identifizierung eines potenziellen Standortes für ein Heizwerk sollten im Quartier alle kommunalen als auch private Flächen auf Eignung geprüft werden.

### 9.1.1 Technische Versorgungslösungen

In welcher Form sich eine zentrale Wärmeversorgung im Quartier zukünftig gestalten ließe, wird basierend auf den zur Verfügung stehenden Informationen über die Gebäude und die Gegebenheiten des Quartiers untersucht. In einem zweistufigen Verfahren wurden dabei zunächst vielfältigste derzeit verfügbare Verfahren und Technologien qualitativ anhand ökologischer, technischer und wirtschaftlicher Kriterien auf Realisierbarkeit im Quartier geprüft. Nach dieser mit der Lenkungsgruppe (vgl. Kapitel 13.1) abgestimmten Abwägung wurden der abschließliche Einsatz von Öl- und Gaskesseln, Brennstoffzellen, Pyrolyse, Erdgas-BHKW, Solarthermieanlagen, Tiefengeothermie und Nutzung von Flusswärme für eine Wasser-Wasser-Wärmepumpe in den 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.
- Der Einsatz eines Erdgas-BHKW wird angesichts der Nutzung eines fossilen Energieträgers, der aktuellen Förderbedingungen sowie der steigenden Bepreisung der CO<sub>2</sub>-Emissionen nicht als zukunftsfähige und wirtschaftliche Lösung angesehen.
- Brennstoffzellen wären nur dann ökologisch sinnvoll, wenn sie mit grünem Wasserstoff betrieben würden, der bisher kaum verfügbar ist. Hier kann er nicht wirtschaftlich eingesetzt werden und wird in absehbarer Zeit energiewirtschaftlich in anderen Bereichen (z. B. Dekarbonisierung bestimmter Industriesektoren oder Schwerlastverkehr) dringender als für Heizzwecke benötigt (IPP ESN, 2019).
- Grundsätzlich ist die Abwärmenutzung einer Pyrolyse, welche durch regionale und biogene Einsatzstoffe betrieben wird, nachhaltig und umweltfreundlich. Aufgrund geringer Erfahrungswerte mit Pyrolyse besonders in Verbindung der Wärmeversorgung von Quartieren und den hohen Investitionen, der eingeschränkten landwirtschaftlichen Nutzungsmöglichkeit der Reststoffe sowie den hohen Betriebs- und Wartungskosten erfolgten keine weiterführenden Untersuchungen.

- Die Integration von solarthermischen Anlagen in die Betrachtung der technischen Versorgungslösungen wurde aufgrund nicht ausreichender vorhandener Fläche ausgeschlossen.
- Im städtischen Raum müssen für die Nutzung von Flächen für solarthermische Anlagen stets die konkurrierenden Flächennutzungsinteressen beachtet werden. Hierbei spielen beispielweise der Erhalt von Grün- und Freiflächen eine zentrale Rolle. Mögliche Flächenpotenziale stellen daher vor allem Wohnbauflächenpotenziale, Baulücken oder Flächen, die durch den ruhenden Verkehr genutzt werden, dar. Die Verwendung dieser Flächenpotenziale ist zumeist nicht festgelegt. Im Untersuchungsgebiet stehen vereinzelte Baulücken zur Verfügung (Die Senatorin für Bau, Mobilität und Stadtentwicklung, 2023). Für eine mögliche zentrale Wärmeversorgung sind diese jedoch nicht ausreichend. Zudem stellen die Eigentumsverhältnisse eine große Herausforderung dar.
- Die Verwendung von Tiefengeothermie ist aufgrund der hohen Investitionskosten im Verhältnis zum Energiebedarf des Quartiers aus wirtschaftlicher Sicht nicht sinnvoll und wird daher ausgeschlossen.
- Eine Wärmenutzung des nahegelegenen Flusses „Wümme“ kann ebenfalls ausgeschlossen werden. Der Pegel der „Wümme“ ist tidebeeinflusst, d.h. die Fließrichtung ändert sich in Abhängigkeit der Gezeiten. Zudem müssen für eine mögliche Nutzung vor dem Hintergrund des Fischschutzes Anforderungen an die Einleittemperaturen eingehalten werden<sup>8</sup>. Aufgrund dieser Faktoren wird ein wirtschaftlich rentabler Betrieb dieser Wärmequelle ausgeschlossen.

Eine zentrale Versorgungsvariante sieht die zentrale Wärmebereitstellung mittels eines Holzhackschnitzel-Heizkessels vor. Dieser speist die erzeugte Wärme in das Wärmeverteilsystem und speichert ggf. aktuell nicht benötigte Wärme in einem Pufferspeicher, wodurch der Nutzungsgrad, die Lebensdauer und die Emissionen des Holzhackschnitzel-Heizkessels positiv beeinflusst werden. Die Vorratshaltung an Holzhackschnitzeln wird durch einen maßgeschneiderten Bunker gewährleistet. Der Strom zum Betrieb der Gesamtanlage wird aus dem öffentlichen Netz bezogen.

Bei der Beschaffung von Holzhackschnitzeln sollte generell auf eine regionale Herkunft Wert gelegt werden. Es ist zu prüfen, ob mit regionalen Produzenten auch langfristige Lieferverträge mit einer hohen Kostenstabilität eingegangen werden können. Alternativ oder ergänzend zum Fremdbezug ist außerdem das Potential selbst erzeugter Hackschnitzel aus städtischen Flächen und deren Qualität zu erheben.

Eine alternative, nach Abstimmung mit der Lenkungsgruppe betrachtete Quelle zur Versorgung des Nahwärmenetzes im Quartier, bilden elektrisch betriebene Luftwärmepumpen, die Außenluft und Strom aus dem öffentlichen Netz zur Wärmeerzeugung nutzen. Neben dem alleinigen Betrieb einer Großluftwärmepumpe wird ebenfalls die Kombination mit einem Holzhackschnitzel-Heizkessel betrachtet. Hierbei werden die Luft-Wasser-Wärmepumpen aufgrund der höheren Effizienz vorrangig im Sommer und damit vor allem zur Warmwasseraufbereitung eingesetzt, da die Effizienz dieser Technik stark von der Umgebungstemperatur abhängig ist.

---

<sup>8</sup> Nachfrage beim zuständigen Amt „Die Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau“

Zusätzlich wird bei allen genannten Versorgungslösungen zunächst noch ein Erdgaskessel betrachtet, der aber nur selten zum Einsatz kommt: bei vereinzelt Lastspitzen, wie sie an kalten Tagen auftreten können oder wenn andere Anlagen für kurze Zeit wegen Wartungs- oder Reparaturarbeiten außer Betrieb sind. Zudem wird durch die wirtschaftliche Sicherstellung der Besicherung die Umsetzungswahrscheinlichkeit einer potentiellen zentralen Wärmeversorgung erhöht. Für die Versorgungsoption mit einem Hackschnitzelkessel kann diese auch alternativ über einem Anschlussstutzen für eine mobile Heizzentrale bereitgestellt werden.

Für die kombinierte Lösung aus Holzhackschnitzelkessel und Luftwärmepumpe wird alternativ zu der Besicherung der Redundanz und von Spitzenlasten eine Power-to-Heat-Anlage bewertet. Diese Versorgungslösung ist damit vollständig unabhängig von fossilen Energieträgern.

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

Bis zu drei der betrachtenden Versorgungslösungen können somit die Wärmeversorgung des Quartiers vollumfänglich auf Basis von erneuerbaren Energieträgern bereitstellen.

### 9.1.2 Entwurf Wärmenetz

Für die Ermittlung der Gesamtinvestitionen sowie der Netzwärmeverluste ist die Bestimmung der Trassenlängen der untersuchten Wärmenetze erforderlich. Die Trassenlänge wurde anhand luftbildfotografischer Abbildungen 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 Netz sogenannter Twin-Rohren mit gemeinsamem Vor- und Rücklauf in einem Mantel und gemeinsamer Isolierung betrachtet worden. Die Wärmeverlustleistung beträgt dabei 15 W/Tr. m.

Die Auslegung der Wärmenetze erfolgte nach den aktuellen Wärmebedarfen der Gebäude im Quartier. Die Grundlage der Berechnungen ist angesichts der hier gegebenen Netz- bzw. Nutzerkonstellationen eine Anschlussquote von 100 %, sodass mit den berechneten Kapazitäten langfristig ein Wärmeanschluss für jeden einzelnen Haushalt gewährleistet werden kann. Die Wärmeerzeugungsanlagen wurden auf den aktuellen Wärmebedarf bei einer ambitionierten, aber durchaus realistischen Anschlussquote in Höhe von 60 % ausgelegt. Die Sanierungen werden jedoch nicht auf einen Schlag realisiert, sondern sukzessive über viele Jahre verteilt (vgl. Kapitel 7.3.2). Dadurch werden weitere Kapazitäten frei, durch die wiederum weitere Gebäude angeschlossen werden könnten. Einige Wärmeerzeugungsanlagen haben eine Lebensdauer von 10 bis 20 Jahren; hier kann dann die Dimensionierung bei der Erneuerung an die jeweilige Verbrauchsentwicklung angepasst werden. Außerdem wird durch eine Gebäudesanierung die Heizlast nur bedingt beeinflusst, da sich der Leistungsbedarf für das Trinkwarmwasser nicht verändern wird.

In Abbildung 9-1 ist eine mögliche Trassenführung des untersuchten Wärmenetzes zur Versorgung des gesamten Quartiers dargelegt. Dabei wurde eine Trassenlänge von ca. 3.200 Tm ermittelt.



Abbildung 9-1: Mögliche Trassenführung zur Versorgung des Gesamtquartiers (Google LLC, 2023)

Um das Wärmenetz im Hinblick auf Wärmenetzverluste bzw. Wärmeverteilung qualitativ bewerten zu können, müssen die zwischen der Heizzentrale und Abnehmern anfallende Netzwärmeverluste mitbetrachtet werden. Diese sind hauptsächlich von der Netzlänge und der Temperatur des Wärmeträgermediums abhängig. Hier würden bei einer Anschlussquote von 60 % etwa 18 % des eigentlichen Wärmebedarfs an Wärmenetzverlusten (vgl. Abbildung 9-2) anfallen. Die Wärmeverluste beeinflussen die Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes und sollten daher möglichst geringgehalten werden. Bei einer potentiell 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. Das würde die Wirtschaftlichkeit und die ökologische Effizienz des Gesamtsystems verschlechtern.

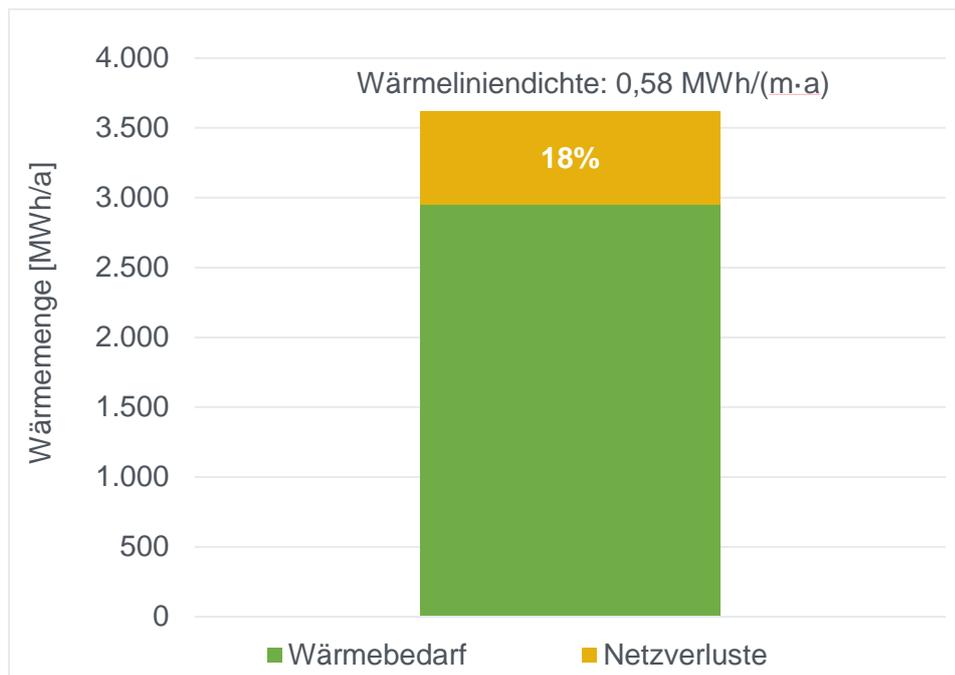


Abbildung 9-2: Netzverluste und Wärmeliniendichte der untersuchten Netzvarianten bei 60 % Anschlussquote

Die Anschlussdichte des untersuchten Wärmenetzes ist ebenfalls in Abbildung 9-2 dargestellt und setzt die abgenommene Wärmemenge ins Verhältnis zur Netzlänge. Je höher die Anschlussdichte ist, desto mehr Wärme wird pro Leitungsmeter über ein Jahr abgenommen. Daher wird angestrebt, eine möglichst hohe Anschlussdichte zu erzielen, da so neben den Investitionskosten für die Leitungen auch die Wärmeverluste innerhalb des Netzes in Relation zur Wärmeabnahme niedrig gehalten werden können. Aufgrund der gemäßigten Wärmeabnahme für den städtischen Raum hat das hier untersuchte Wärmenetz eine relative moderate Anschlussdichte.

### 9.1.3 Energiewirtschaftliche Ansätze

Um die im nächsten Schritt untersuchten Szenarien wirtschaftlich bewerten zu können, wurden energiewirtschaftlich relevante Rahmenparameter (Stand: August 2023) definiert. Neben einem Kapitalzins von 5 % p. a. wurden aktuelle Kosten für Energieeinkauf, Wartung und Instandhaltung angesetzt sowie eine CO<sub>2</sub>-Bepreisung anhand des gehandelten Börsenpreises der EEX-Börse (EEX, 2023) abgeleitet. Dieses Verfahren ermöglicht eine zukunftsorientierte Bewertung der Wärmeversorgungsvarianten. Die Ansätze für Wartungs- und Reparaturkosten wurden bei den Herstellern angefragt oder stammen aus vergleichbaren Projekten.

Tabelle 9-1 gewährt einen Überblick über die energiewirtschaftlichen Ansätze, die der Wirtschaftlichkeitsberechnung zu Grunde gelegt wurden. Für die wirtschaftliche Bewertung der zentralen Versorgungsvarianten wurde der durchschnittliche Preis von Gas, Strom, Hackschnitteln und der CO<sub>2</sub>-Bepreisung des ersten und des zweiten Halbjahres 2022 gebildet, um einen Vergleich in der Preisentwicklung zu ermöglichen.

Tabelle 9-1: Energiewirtschaftliche Ansätze

<b>Energiewirtschaftliche Ansätze</b>				
		zentral		
		netto	brutto	Einheit
MwSt.		19,00%		%
Kapitalzins		5,00%		p. a.
<b>Wartung und Instandhaltung</b>				
Biomassekessel		6,00%		p. a./Invest
Erdgaskessel		3,00%		p. a./Invest
Wärmepumpen		3,50%		p. a./Invest
Anlagentechnik und Installation		4,00%		p. a./Invest
Wärmenetz		0,50%		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.
<b>Energiekosten</b>				
Mischpreis Erdgas	Ø 1. Halbjahr 2022	5,68	6,76	ct/kWh <sub>Hi</sub>
	Ø 2. Halbjahr 2022	6,74	8,02	ct/kWh <sub>Hi</sub>
Hackschnitzel - WGH20	Ø 1. Halbjahr 2022	2,90	3,45	ct/kWh <sub>Hi</sub>
	Ø 2. Halbjahr 2022	3,57	4,25	ct/kWh <sub>Hi</sub>
Mischpreis Strom	Ø 1. Halbjahr 2022	20,29	24,15	ct/kWh <sub>el</sub>
	Ø 2. Halbjahr 2022	20,50	24,39	ct/kWh <sub>el</sub>
CO <sub>2</sub> -Bepreisung	Ø 1. Halbjahr 2022	82,81	98,54	€/t CO <sub>2</sub>
	Ø 2. Halbjahr 2022	77,51	92,24	€/t CO <sub>2</sub>

### 9.1.4 Zentrale Wärmeversorgung

In diesem Kapitel werden die verschiedenen zentrale Versorgungsoptionen für das Quartier betrachtet.

#### 9.1.4.1 Anlagendimensionierung und Energiebilanzen

Im ersten Schritt werden zunächst die Wärmeerzeuger dimensioniert und die unterschiedlichen Energieflüsse bilanziert. Hierfür werden Erzeuger und Verbraucher bzw. deren Lastgänge in ein Simulationstool eingebettet und analysiert. Tabelle 9-2 stellt die Energiebilanzen der einzelnen Versorgungsszenarien für das untersuchte Wärmenetz dar.

Die benötigte jährliche Wärmemenge aller Gebäude im Quartier liegt im Mittel bei etwa 4.924 MWh. Bei einer Anschlussquote von 60 % beträgt der Wärmeabsatz im zukünftigen Nahwärmenetz ca. 2.954 MWh/a. Obwohl die Wärmeverluste des Netzes durch moderne, gut gedämmte Wärmeleitungen verringert werden können, würde durch die Verteilung eine Wärmeenergie von 666 MWh pro Jahr verloren gehen, die dem zukünftigen Nahwärmenetz zusätzlich zugeführt werden muss. Diese Verluste betragen etwa 18 % des gesamten

Netzwärmebedarfs. Somit muss dem Wärmenetz unter Einbezug aller Übertragungsverluste eine jährliche Wärmemenge von etwa 3.620 MWh zugeführt werden.

In der Variante 1 übernimmt die Grundversorgung des zukünftigen Nahwärmenetzes eine mit regionalen Holzhackschnitzeln befeuerte Kesselanlage mit einer thermischen Leistung von 600 kW<sub>th</sub> (hier kostenseitig berücksichtigt als Erzeugersystem bestehend aus mehreren Kesselanlagen), die fast den kompletten Netzwärmebedarf (ca. 99 %) abdeckt. Die noch erforderliche fossile Wärmeerzeugung zur Abdeckung von Spitzenlasten aus dem Erdgaskessel an kalten Wintertagen macht dann weniger als 1 % des gesamten Netzwärmebedarfs aus.

Durch den Einsatz von mehreren Hackschnitzelkesselanlagen (Kaskadenschaltung) gibt es die Möglichkeit, die Wärmeversorgung ausschließlich auf erneuerbare Energieträger umzustellen. Durch die redundante Auslegung der Wärmeerzeuger kann im Stör- oder Wartungsfall trotzdem eine Versorgungssicherheit gewährleistet werden. Zusätzlich werden Anschlusspunkte für eine mobile Notlösung (z. B. mobiler Ölheizkessel) vorgesehen, welche nur im Notfall an das Wärmenetz angeschlossen und eingesetzt wird.

Die Option der „fossilen Spitzenlastabdeckung“ stellt einen Kompromiss dar: Einerseits handelt es sich bei Erdgas noch um einen fossilen Energieträger, der mittelfristig zu ersetzen ist. Andererseits sind aufgrund der sehr begrenzten Einsatzzeiten die CO<sub>2</sub>-Emissionen begrenzt und die relativ geringen Investitionskosten eines solchen Kessels halten die Kosten des Gesamtsystems in Grenzen. So kann eine möglichst hohe Anschlussquote erreicht werden, d. h. es wird vermieden, dass sich sehr preissensible Haushalte nicht anschließen und bei ihrer derzeitigen, komplett fossilen Versorgung verbleiben.

Beim Einsatz von Holz muss außerdem stets beachtet werden, dass diese Ressource begrenzt ist und keine Lösung für alle Gemeinden Deutschlands sein kann. Daher muss diese Variante immer im Einklang mit der lokalen langfristigen Verfügbarkeit von Hackschnitzeln stehen.

Eine zentrale Belieferung des Quartiers (Variante 3) ist mit Wärme durch Luftwärmepumpen mit einer thermischen Gesamtleistung von 450 kW<sub>th</sub> denkbar, wodurch etwa 96 % des Netzwärmebedarfs gedeckt werden könnten. Als Wärmequelle dient die Umgebungsluft und der Strom wird aus dem öffentlichen Netz bezogen. Da die Effizienz der Luftwärmepumpe mit sinkenden Außentemperaturen abnimmt, wird ein kleiner Anteil über den Erdgasspitzenlastkessel (ca. 4 %) geleistet.

Ebenfalls ist eine zentrale Versorgungslösung durch Luftwärmepumpen mit einer thermischen Gesamtleistung von 300 kW<sub>th</sub> zur Unterstützung der Hackschnitzelheizung möglich, wodurch etwa 61 % des Netzwärmebedarfs gedeckt werden können. Als Wärme- und Stromquelle agiert hier ebenfalls die Umgebungsluft und das öffentliche Netz. Die Luftwärmepumpe wird aufgrund ihrer Effizienz vorrangig im Sommer betrieben. Das mit Hackschnitzeln befeuerte Erzeugersystem mit einem Anteil von etwa 38 % am Netzwärmebedarf ist auf eine thermische Leistung von 400 kW<sub>th</sub> reduziert. Die verbleibende benötigte Wärmemenge wird fossil durch den Betrieb eines Erdgaskessels (Variante 2) zur Verfügung gestellt. Für diese Versorgungslösung wird alternativ in der Variante 4 eine CO<sub>2</sub>-emissionsfreie Spitzenlastabdeckung auf Basis einer Power-to-Heat-Anlage bewertet.

Eine alternative Quelle zur Versorgung des Quartiers bilden einzelne Inselnetze mit dezentralen Wasserwärmepumpen (16 Stk.), die über ein kaltes Nahwärmenetz versorgt werden, das Niedertemperaturwärme aus einem ca. 2.800 m<sup>2</sup> großen Erdsondenfeld mit insgesamt 35 Erdsonden bezieht. Die Bohrtiefe der Erdwärmesonden beträgt bei einer Entzugsleistung des Bodens von 50 W/m jeweils 100 m. Für die vollständige Wärmeversorgung des Quartiers sind

zahlreiche einzelne dieser Inselnetze notwendig. Aufgrund der dichten Bebauung im Untersuchungsgebiet ist dies unabdingbar, da keine ausreichend großen zusammenhängenden Freiflächen vorhanden sind. Die Umsetzbarkeit dieser Versorgungslösung auf das komplette Gebiet kann nach erfolgter Bewertung der wirtschaftlichen Randbedingungen im Rahmen eines möglichen Sanierungsmanagements weiter betrachtet werden.

Tabelle 9-2: Anlagendimensionierung und Energiebilanzen der zentralen Wärmeversorgung

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	
<b>Energiebilanzen</b>	<b>Hackschnitzelkessel + Spitzenlastzeuger</b>	<b>Wärmepumpe + Hackschnitzelkessel + Erdgaskessel</b>	<b>Wärmepumpe + Erdgaskessel</b>	<b>Wärmepumpe + Hackschnitzelkessel + PtH</b>	<b>Kaltes Netz + dztrl. Wärmepumpen</b>	
Anschlussquote	60%	60%	60%	60%		
Anschlussnehmer	124	124	124	124	16	Stk.
Wärmebedarf	2.954.324	2.954.324	2.954.324	2.954.324	320.000	kWh <sub>th</sub>
davon Wohngebäude	2.513.654	2.513.654	2.513.654	2.513.654	320.000	kWh <sub>th</sub>
davon Nichtwohngebäude	440.670	440.670	440.670	440.670	0	kWh <sub>th</sub>
Anschlussleistung	1.534	1.534	1.534	1.534		kW <sub>th</sub>
davon Wohngebäude	1.164	1.164	1.164	1.164		kW <sub>th</sub>
davon Nichtwohngebäude	370	370	370	370		kW <sub>th</sub>
<b>Wärmenetz</b>						
Gleichzeitigkeitsfaktor	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	
Trassenlänge Hauptstraße	3.213	3.213	3.213	3.213	377	m
Trassenlänge Hausanschluss	1.854	1.854	1.854	1.854	0	m
Netzverlustleistung	76	76	76	76	2	kW <sub>th</sub>
Netzverluste	665.804	665.804	665.804	665.804	16.513	kWh <sub>th</sub>
Netzverluste	18%	18%	18%	18%	5%	
Netzwärmebedarf	3.620.128	3.620.128	3.620.128	3.620.128	336.513	kWh <sub>th</sub>
Netzleistungsbedarf	1.034	1.034	1.034	1.034		kW <sub>th</sub>
Strombedarf	39.906	898.293	1.486.283	922.484	91.246	
Anschlussdichte	0,58	0,58	0,58	0,58	0,8	MWh/(m·a)
<b>Hackschnitzelkessel</b>						
Thermische Leistung	600	400		400		kW <sub>th</sub>
Erzeugte thermische Energie	3.586.200	1.393.360		1.393.360		kWh <sub>th</sub>
Brennstoffbedarf	4.219.059	1.639.247		1.639.247		kWh <sub>Hi</sub>
Hackschnitzelmenge	5.095	1.980		1.980		m <sup>3</sup>
Deckungsanteil von Wärmeeinspeisung	99%	38%		38%		
Betriebsstrom	35.862	13.934		13.934		kWh <sub>el</sub>

Wärmepumpe						
Thermische Leistung		300	450	300	15	kW <sub>th</sub>
Erzeugte thermische Arbeit		2.212.948	3.470.416	2.212.948	336.513	kWh <sub>th</sub>
Jahresnutzungsgrad		2,5	2,3	2,5	3,5	
Benötigte elektrische Arbeit		880.495	1.481.058	880.495	90.909	kWh <sub>el</sub>
Jahresarbeit Wärmeentzug Quelle		1.332.453	1.989.359	1.332.453	245.604	kWh <sub>th</sub>
Deckungsanteil von Wärmeeinspeisung		61%	96%	61%	100%	
Spitzenlasterzeuger						
Typ	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	PtH		
Erzeugte thermische Energie	42.373	24.435	160.537	24.435		kWh <sub>th</sub>
Brennstoffarbeit	45.563	26.275	172.620	0		kWh <sub>Hi</sub>
Betriebsstrom	424	244	1.605	24.435		kWh <sub>el</sub>
Deckungsanteil von Wärmeeinspeisung	1%	1%	4%	1%		
Wärmespeicher						
Speichergröße	40	50	50	50	5	m <sup>3</sup>

#### 9.1.4.2 Investitionsschätzung

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

Eine Aufstellung der Investitionskosten ist der Tabelle 9-3 zu entnehmen. Auf die in den einzelnen Ausgabenkategorien ermittelten Zwischensummen wurde ein spezifischer Aufschlag für Unvorhergesehenes und Planungsleistungen addiert, um einer für die Konzeptphase angemessenen konservativen Investitionskalkulation Rechnung zu tragen. Die Investitionen gehen als jährlich gleichbleibende Zahlung in die Wirtschaftlichkeitsberechnung ein. Die kapitalgebundenen Kosten orientieren sich an der Nutzungsdauer der technischen Anlagen gemäß VDI-Richtlinie 2067 – Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen (Bundesfinanzministerium, 2000).

Folgende Abschreibungszeiträume wurden angenommen:

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

Um die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes erneuerbarer Energieträger im Wärmebereich zu verbessern, können in der Regel Fördermittel auf Landes- und Bundesebene in Form von

zinsgünstigen Krediten und direkten Zuschüssen in Anspruch genommen werden. Die Freien Hansestadt Bremen verfügt zum aktuellen Zeitpunkt (Stand: August 2023) über kein Förderprogramm für den Aufbau von Wärmeverteilsystemen (Die Senatorin für Umwelt, Klima und Wissenschaft, 2024). Ein Beispiel für eine Förderung des Neubaus und Ausbau von Wärmenetze ist das „Landesprogramm Wirtschaft 2021–2027 – Nachhaltige Wärmeversorgungssysteme“ (Investitionsbank Schleswig-Holstein, 2024) in Schleswig-Holstein. Die staatliche Förderung erfolgt derzeit nach den Richtlinien des Bundes zur Förderung von effizienten Wärmenetzen und kann beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) beantragt werden.

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

Die maximal möglichen Förderungen über die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) liegen entsprechend den Versorgungsvarianten und den tatsächlich zu verlegenden Leitungslängen hier zwischen ca. 2,7 und 3,1 Mio. € (siehe Tabelle 9-3). Für ein Inselnetz (Kaltes Netz + dztrl. Wärmepumpen) kann die Förderung jeweils bis zu 600 T€ betragen.

Neben den bereits genannten Förderprogrammen, welche sich dadurch auszeichnen, dass sie bei Einhaltung der technischen und organisatorischen Vorgaben durch den Fördermittelgeber im Rahmen der Verfügbarkeit von Haushaltsmitteln gesichert zur Verfügung stehen, gibt es weitere investive Förderprogramme (z.B. Förderaufruf für investive Kommunale Klimaschutz Modellprojekte im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI)) (BMU, 2021), bei denen die Mittel im Bewerbungsverfahren vergeben werden. Die Bewerbung um solche potentiellen Förderprogramme kann die Aufgabe des möglichen Sanierungsmanagements sein. Hierbei ist es wichtig zu beachten, dass Förderprogramme für Wärmeversorgungssysteme sich regelmäßig ändern können.

Tabelle 9-3: Investitionen der zentralen Wärmeversorgung

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	
Investitionen	Hackschnitzkessel + Spitzenlastzeuger	Wärmepumpe + Hackschnitzkessel + Erdgaskessel	Wärmepumpe + Erdgaskessel	Wärmepumpe + Hackschnitzkessel + PtH	Kaltes Netz + dztrl. Wärmepumpen	
<b>Biomassekessel</b>						
Thermische Leistung	600	400		400		kW <sub>th</sub>
Kesselanlage inkl. Peripherie und Silo	480.000	420.000		420.000		€
Volumen Pufferspeicher	40	20		20		m <sup>3</sup>
Pufferspeicher	72.000	36.000		36.000		€
<b>Zwischensumme</b>	<b>552.000</b>	<b>456.000</b>		<b>456.000</b>		<b>€</b>
Unvorhergesehenes	55.000	45.600		45.600		€
Planung, Gutachten etc.	90.000	75.000		75.000		€
<b>Investition</b>	<b>697.000</b>	<b>576.600</b>		<b>576.600</b>		<b>€</b>
<b>Erdsonden</b>						
Sondenanzahl					35	
Sondenerschließung					300.000	
<b>Zwischensumme</b>					<b>300.000</b>	<b>€</b>
Unvorhergesehenes					30.000	€
Planung, Gutachten etc.					50.000	€
<b>Investition</b>					<b>380.000</b>	<b>€</b>
<b>Großwärmepumpe</b>					<b>dez. WP</b>	
Wärmequelle		Luft	Luft	Luft	Wasser	
Anzahl					16	Stk.
Thermische Leistung		300	450	300	240	kW <sub>th</sub>
Wärmepumpe		600.000	900.000	600.000	372.800	€
Volumen Pufferspeicher		30	50	30	5	
Pufferspeicher		54.000	90.000	54.000	20.800	€
Peripherie, Anlagenbau		130.000	198.000	130.000	32.000	€
<b>Zwischensumme</b>		<b>784.000</b>	<b>1.188.000</b>	<b>784.000</b>	<b>425.600</b>	<b>€</b>
Unvorhergesehenes		78.000	119.000	78.000	43.000	€
Planung, Gutachten etc.		130.000	200.000	130.000	70.000	€
<b>Investition</b>		<b>992.000</b>	<b>1.507.000</b>	<b>992.000</b>	<b>538.600</b>	<b>€</b>
<b>Erdgaskessel</b>						
Thermische Leistung	1.100	1.100	1.100			kW <sub>th</sub>
Kesselanlage	100.000	100.000	100.000			€
Zubehör	11.000	11.000	11.000			€
<b>Zwischensumme</b>	<b>111.000</b>	<b>111.000</b>	<b>111.000</b>			<b>€</b>
Unvorhergesehenes	11.000	11.000	11.000			€
Planung, Gutachten etc.	18.000	18.000	18.000			€
<b>Investition</b>	<b>140.000</b>	<b>140.000</b>	<b>140.000</b>			<b>€</b>

Power-to-Heat						
thermische Leistung				1.100		kW <sub>th</sub>
Kesselanlage				220.000		€
Zubehör				220.000		€
<b>Zwischensumme</b>				<b>440.000</b>		<b>€</b>
Unvorhergesehenes				44.000		€
Planung, Gutachten etc.				73.000		€
<b>Investition</b>				<b>557.000</b>		<b>€</b>
Elektro- und Anlagentechnik						
Druckhaltung und Wasser- aufbereitung	50.000	50.000	50.000	50.000	1.000	€
Pumpen	55.000	55.000	55.000	55.000	8.000	€
Steuer- und Regelungs- technik	30.000	45.000	45.000	45.000	4.000	€
elektrische Einbindung	15.000	50.000	50.000	50.000	2.000	€
hydraulische Einbindung	35.000	45.000	45.000	45.000	2.000	€
Hausübergabestation (≤ 50 kW)	800.000	800.000	800.000	800.000	8.000	€
Hausübergabestation (>50-120 kW)	9.000	9.000	9.000	9.000	0	€
Hausübergabestation (≥120 kW)	11.000	11.000	11.000	11.000	0	€
Anlagenbau	80.000	50.000	50.000	50.000	0	€
Brennstoffversorgung	20.000	20.000	20.000	20.000	0	€
Abgasanlage	100.000	70.000	70.000	70.000	0	€
<b>Zwischensumme</b>	<b>1.205.000</b>	<b>1.205.000</b>	<b>1.205.000</b>	<b>1.205.000</b>	<b>25.000</b>	<b>€</b>
Unvorhergesehenes	120.000	120.000	120.000	120.000	3.000	€
Planung, Gutachten etc.	200.000	200.000	200.000	200.000	4.000	€
<b>Investition</b>	<b>1.525.000</b>	<b>1.525.000</b>	<b>1.525.000</b>	<b>1.525.000</b>	<b>32.000</b>	<b>€</b>
Wärmenetz						
Transportleitungen	3.213	3.213	3.213	3.213	377	m
Hausanschlussleitungen	1.854	1.854	1.854	1.854	0	m
Transportleitungen	2.600.000	2.600.000	2.600.000	2.600.000	360.000	€
Hausanschlussleitungen	800.000	800.000	800.000	800.000	0	€
<b>Zwischensumme</b>	<b>3.400.000</b>	<b>3.400.000</b>	<b>3.400.000</b>	<b>3.400.000</b>	<b>360.000</b>	<b>€</b>
Unvorhergesehenes	340.000	340.000	340.000	340.000	40.000	€
Planung, Gutachten etc.	560.000	560.000	560.000	560.000	60.000	€
<b>Investition</b>	<b>4.300.000</b>	<b>4.300.000</b>	<b>4.300.000</b>	<b>4.300.000</b>	<b>460.000</b>	<b>€</b>
Grundstücke & Gebäude						
Heizhaus (Gebäude)	250.000	250.000	250.000	150.000	0	€
<b>Zwischensumme</b>	<b>250.000</b>	<b>250.000</b>	<b>250.000</b>	<b>150.000</b>	<b>0</b>	<b>€</b>
Unvorhergesehenes	25.000	25.000	25.000	15.000	0	€
Planung und Gutachten	41.000	41.000	41.000	25.000	0	€
<b>Investition</b>	<b>316.000</b>	<b>316.000</b>	<b>316.000</b>	<b>190.000</b>	<b>0</b>	<b>€</b>

<b>Summe</b>	<b>6.978.000</b>	<b>7.849.600</b>	<b>7.788.000</b>	<b>8.140.600</b>	<b>1.410.600</b>	<b>€</b>
davon Unvorhergesehenes	551.000	619.600	615.000	642.600	116.000	€
davon Planung, Gutachten etc.	909.000	1.024.000	1.019.000	1.063.000	184.000	€
<b>Summe (inkl. Förderung)</b>	<b>4.235.600</b>	<b>4.758.560</b>	<b>4.721.600</b>	<b>5.077.960</b>	<b>846.360</b>	<b>€</b>

BEW-Förderung Modul 2						
Biomassekessel	242.800	200.640		200.640		€
Großwärmepumpe (inkl. Quellenanlage)		344.800	522.800	344.800	319.440	€
Elektro- und Anlagentechnik	530.000	530.000	530.000	530.000	11.200	€
Wärmenetz	1.496.000	1.496.000	1.496.000	1.496.000	160.000	€
Gebäude	110.000	110.000	110.000	66.000	0	€
Planungsleistungen	363.600	409.600	407.600	425.200	73.600	€
<b>Förderung</b>	<b>2.742.400</b>	<b>3.091.040</b>	<b>3.066.400</b>	<b>3.062.640</b>	<b>564.240</b>	<b>€</b>

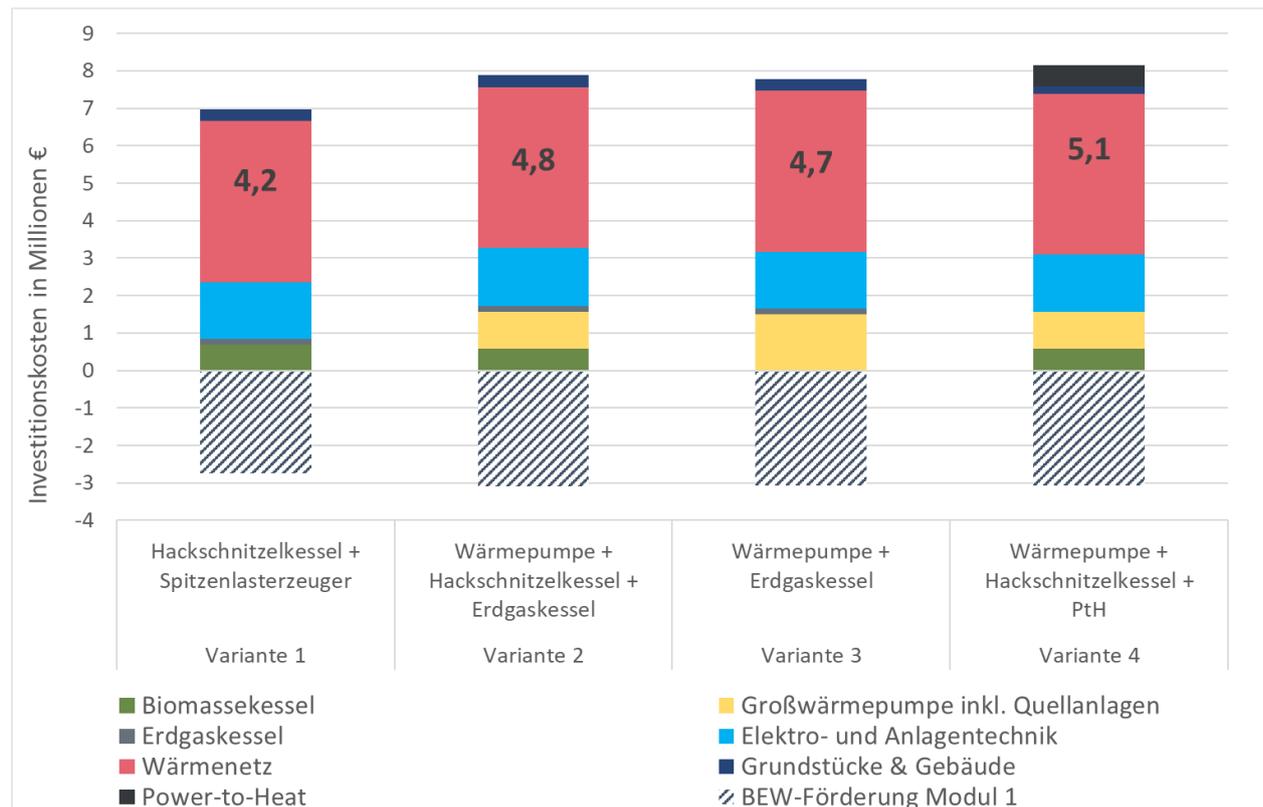


Abbildung 9-3: Grafische Darstellung der Investitionen (netto) für die zentrale Wärmeversorgung<sup>9</sup>

<sup>9</sup> Aus Gründen der Vergleichbarkeit wird auf die Darstellung des exemplarischen kalten Inselnetzes verzichtet.

### 9.1.4.3 Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Für die untersuchten Szenarien wurde auf Basis der Investitionsschätzungen und der Energiebilanzen eine statische Wirtschaftlichkeitsberechnung anhand der Ein- und Auszahlungen in den Kategorien Kapitalkosten, Betriebs-, Wartungs- und Instandhaltungskosten und Energiebezugskosten durchgeführt (vgl. Tabelle 9-4). Die Bewertung der Wirtschaftlichkeit erfolgt über die Berechnung der Wärmegestehungskosten des Wärmeerzeugersystems. Hierbei wurde eine Anschlussquote von 60 % angenommen.

Von den Ergebnissen der Wirtschaftlichkeitsberechnung ausgehend lässt sich grundsätzlich festhalten, dass die Wärmegestehungskosten der verschiedenen zentralen Versorgungsvarianten, unabhängig von der Wärmenetzgröße, angesichts der in einem Quartierskonzept unvermeidbaren Planungsunsicherheiten und möglichen Schwankungen in einer vergleichbaren Größenordnung liegen. Dabei weist die Wärme aus der mit Hackschnitzeln befeuerten Kesselanlage und dem Spitzenlastkessel zur Versorgung des gesamten Quartiers zunächst deutlich die beste Wirtschaftlichkeit der untersuchten Versorgungsvarianten auf. Dies liegt u. a. in dem angenommenen, günstigen Einkaufspreis der Hackschnitzel im Vergleich zu den Ansätzen des Strompreises begründet. Hierbei ist aber auch zu beachten, dass selbst bei der deutlichen Preissteigerung der Hackschnitzel im 2. Halbjahr 2022 diese Variante weiterhin die preiswerteste Versorgungsoption für das Quartier ist.

Die Substitution von biogener Wärme durch Wärme aus Luftwärmepumpen (Variante 3) führt vor allem aufgrund der niedrigen Jahresarbeitszahl und der daraus resultierenden höheren Strombezugskosten (Bezug aus öffentl. Netz) zu steigenden Wärmekosten. Das kann auch nicht durch die Betriebskostenförderung der BEW-Förderung kompensiert werden. Zudem sind für die Anschaffung der Luftwärmepumpen im Vergleich zum Hackschnitzel-Heizkessel erhebliche Mehrinvestitionen notwendig.

Ein potenzieller Erzeugermix des Hackschnitzelkessels mit Luftwärmepumpen und einer Spitzenlastabdeckung zur Wärmeversorgung von Katrepel, erweist sich hinsichtlich der Wärmegestehungskosten als die teurere Versorgungsoption für das Quartiers. Die Variante mit fossiler Spitzenlastabdeckung erzielt ähnliche Wärmekosten wie die Erzeugungsoption Luftwärmepumpe und fossiler Erdgaskessel. Das liegt daran, dass die Mehrkosten für die Anschaffung der beiden Erzeugungstechnologien inkl. Peripherie etc., kaum durch die geringeren Energiekosten (für Hackschnitzel) ausgeglichen werden können. Beim Einsatz der nicht-fossilen Power-to-Heat-Anlage zur Spitzenlastabdeckung erhöhen sich die jährlichen Kosten nochmals deutlich, da diese Technologie aktuell noch erhebliche höhere Aufwendungen hinsichtlich der Investitionen und im Betrieb bedarf.

Tabelle 9-4: Wärmegestehungskosten der zentralen Wärmeversorgung

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	
Wirtschaftlichkeit	Hackschnitzelkessel + Spitzenlasterzeuger	Wärmepumpe + Hackschnitzelkessel + Erdgaskessel	Wärmepumpe + Erdgaskessel	Wärmepumpe + Hackschnitzelkessel + PtH	Kaltes Netz + dztrl. Wärmepumpen	
<b>Investitionen</b>						
Biomassekessel	697.000	576.600	0	576.600	0	€/a
Erdgaskessel	140.000	140.000	140.000	557.000	0	€/a
Großwärmepumpe	0	992.000	1.507.000	992.000	918.600	€/a
Elektro- und Anlagentechnik	1.525.000	1.525.000	1.525.000	1.525.000	32.000	€/a
Wärmenetz	4.300.000	4.300.000	4.300.000	4.300.000	460.000	€/a
Grundstück & Gebäude	316.000	316.000	316.000	190.000	0	€/a
<b>Investitionssumme</b>	<b>6.978.000</b>	<b>7.849.600</b>	<b>7.788.000</b>	<b>8.140.600</b>	<b>1.410.600</b>	<b>€/a</b>
<b>Kapitalkosten</b>						
Biomassekessel	67.151	55.551	0	55.551	0	€/a
Erdgaskessel	11.234	11.234	11.234	44.695	0	€/a
Großwärmepumpe	0	84.862	128.918	84.862	78.583	€/a
Elektro- und Anlagentechnik	146.922	146.922	146.922	146.922	3.083	€/a
Wärmenetz	250.596	250.596	250.596	250.596	26.808	€/a
Grundstück & Gebäude	17.309	17.309	17.309	10.408	0	€/a
<b>Jährliche Kapitalkosten</b>	<b>493.212</b>	<b>566.474</b>	<b>554.980</b>	<b>593.034</b>	<b>108.474</b>	<b>€/a</b>
<b>Förderung</b>						
Biomassekessel	23.392	19.330	0	19.330	0	€/a
Großwärmepumpe	0	29.496	44.724	29.496	27.327	€/a
Elektro- und Anlagentechnik	51.061	51.061	51.061	51.061	1.079	€/a
Wärmenetz	87.184	87.184	87.184	87.184	9.325	€/a
Grundstücke & Gebäude	6.025	6.025	6.025	3.615	0	€/a
Planungsleistungen	29.176	32.867	32.707	34.119	5.906	€/a
<b>Jährliche Förderung</b>	<b>196.839</b>	<b>225.965</b>	<b>221.701</b>	<b>224.806</b>	<b>43.636</b>	<b>€/a</b>
<b>Betrieb und Wartung</b>						
Biomassekessel	36.420	30.096	0	30.096	0	€/a
Erdgaskessel	3.660	3.660	3.660	14.520	0	€/a
Großwärmepumpe	0	30.170	45.745	30.170	2.016	€/a
Elektro- und Anlagentechnik	53.000	53.000	53.000	53.000	1.120	€/a
Wärmenetz	18.700	18.700	18.700	18.700	1.000	€/a
Grundstücke & Gebäude	688	688	688	413	0	€/a
Versicherung/Sonstiges	16.633	18.673	18.513	20.075	3.312	€/a
Techn. Betriebsführung	16.633	18.673	18.513	20.075	3.312	€/a
Kaufm. Betriebsführung	16.068	16.068	16.068	16.068	2.080	€/a
<b>Jährliche Betriebs- und Wartungskosten</b>	<b>161.802</b>	<b>189.727</b>	<b>174.887</b>	<b>203.116</b>	<b>12.840</b>	<b>€/a</b>

Energiekosten Ø 1. Halbjahr 2022					
Mischpreis Erdgas	2.873	1.657	10.885	0	0 €/a
Hackschnitzel - WGH20	122.211	47.483	0	47.483	0 €/a
Mischpreis Strom	8.099	182.301	301.628	187.210	22.957 €/a
CO <sub>2</sub> -Bepreisung	1.034	597	3.919	0	0 €/a
<b>jährliche Energiebezugs- kosten</b>	<b>133.182</b>	<b>231.440</b>	<b>312.513</b>	<b>234.693</b>	<b>22.957 €/a</b>
Betriebskostenförderung					
Förderung Betrieb Wärme- pumpe öfftl. Strom (10 Jahre)		122.586	182.358	145.504	0 €/a
<b>Jährliche Betriebskosten- förderung</b>	<b>0</b>	<b>122.586</b>	<b>182.358</b>	<b>145.504</b>	<b>0 €/a</b>
Wirtschaftlichkeit Ø 1. Halbjahr 2022					
Wärmegestehungskosten	591.357	639.091	638.320	660.533	100.634 €/a
<b>Spezifische Wärmegeste- hungskosten (netto)</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>31 ct/kWh</b>
<b>Spezifische Wärmegeste- hungskosten (brutto)</b>	<b>24</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>37 ct/kWh</b>
Energiekosten Ø 2. Halbjahr 2022					
Mischpreis Erdgas	3.408	1.966	12.913	0	0 €/a
Hackschnitzel - WGH20	150.805	58.593	0	58.593	0 €/a
Mischpreis Strom	8.179	184.112	304.626	189.070	23.325 €/a
CO <sub>2</sub> -Bepreisung	1.034	380	2.499	0	0 €/a
<b>Jährliche Energiebezugs- kosten</b>	<b>163.427</b>	<b>245.051</b>	<b>320.038</b>	<b>247.663</b>	<b>23.325 €/a</b>
Wirtschaftlichkeit Ø 2. Halbjahr 2022					
Wärmegestehungskosten	621.601	652.702	645.845	673.503	101.002 €/a
<b>Spezifische Wärmegeste- hungskosten (netto)</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>32 ct/kWh</b>
<b>Spezifische Wärmegeste- hungskosten (brutto)</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>38 ct/kWh</b>

Eine Diversifizierung der Erzeugertechnologien zur Wärmeversorgung kann aber grundsätzlich im Betrieb und hinsichtlich zukünftiger Preisentwicklungen der notwendigen Energieträger vorteilhaft sein und zu einer langfristigen Kostenstabilität beitragen.

Das exemplarisch betrachtete Inselnetz mit dezentralen Wärmepumpen und kaltem Nahwärmenetz in Kombination mit elektrischer Nachheizung weist nochmals deutlich höhere Kosten auf. Hierbei ist zu beachten, dass das kalte Netz für eine Versorgung von lediglich 16 Gebäuden des Quartiers ausgelegt wurde und nicht im öffentlichen Raum verlegt wird. Für eine vergleichbare Versorgung des Quartiers müssen somit mehrere dieser Inselnetze installiert werden. Aus Gründen der Vergleichbarkeit der Wärmegestehungskosten werden daher in der folgenden Abbildung die spezifischen Wärmegestehungskosten (Jährliche Wärmekosten im Verhältnis zum jährlichen Wärmeabsatz) der Versorgungsoptionen dargestellt. Hierbei sind die Gestehungskosten unterteilt in Kapitalkosten (grau), Betriebs- und Wartungskosten (gelb) und Energiekosten (grün) der unterschiedlichen Versorgungsvarianten dargestellt. Die Preissteigerungen des zweiten Halbjahres 2022 sind in grau schraffiert dargestellt.

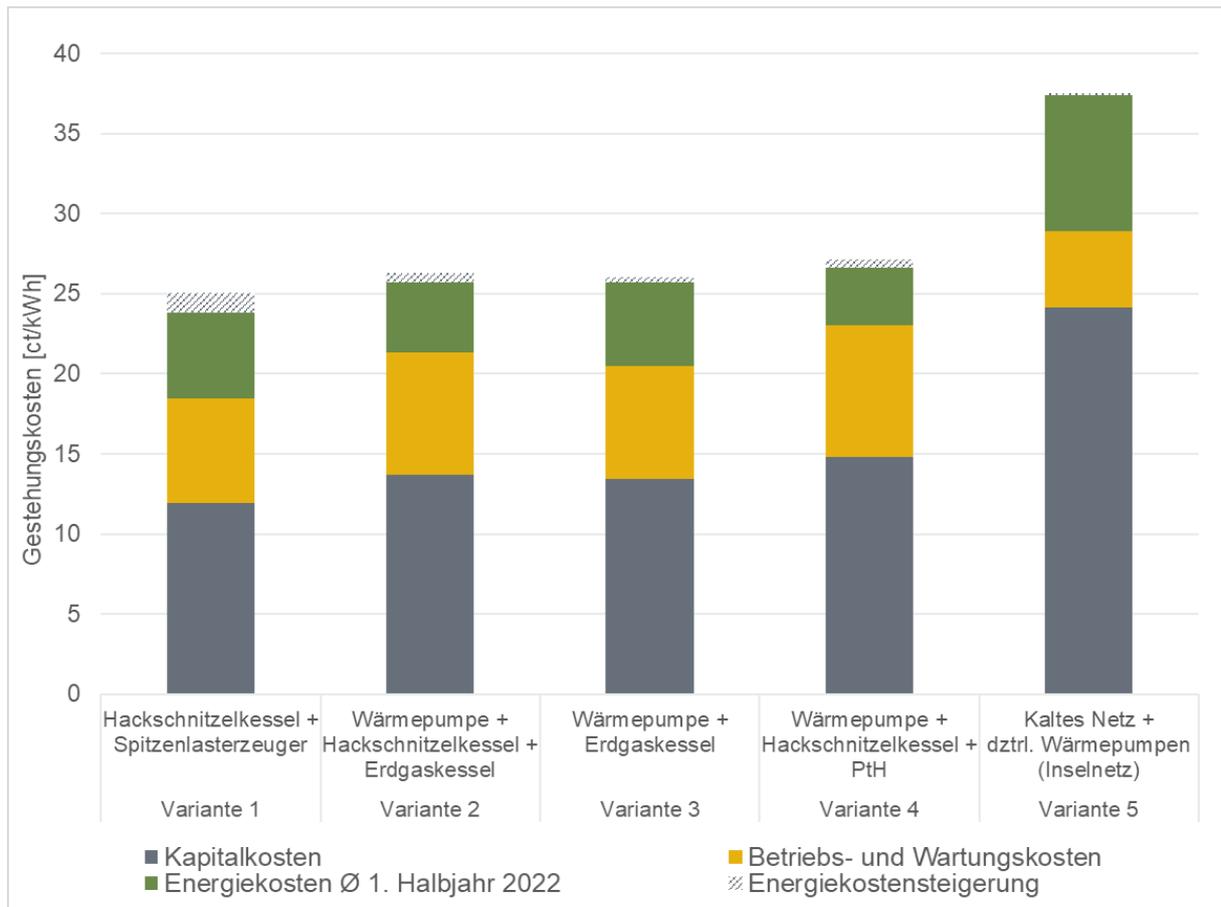


Abbildung 9-4: Wärmegestehungskosten der zentralen Wärmeversorgung

### 9.1.5 CO<sub>2</sub>-Bilanz und Primärenergiefaktor

Auf Basis der CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren aus Tabelle 7-3 wurden für die einzelnen Versorgungsszenarien die CO<sub>2</sub>-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 Hackschnitzeln sind im Gegensatz zu Heizöl und Erdgas nur die beim Herstellungs- und Veredelungsprozess sowie die beim Transport entstandenen Emissionen relevant. 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.

Aktuell betragen die CO<sub>2</sub>-Emissionen von dezentralen Öl-, Gas- und Feststoffheizungen im Quartier aus der Wärmeversorgung (Heizung + Warmwasser) 1.298 t/a. Bei der Umsetzung einer zentralen Wärmeversorgung auf Basis von Holzhackschnitzeln und fossilem Spitzenlastkessel ergeben sich im Vergleich zu den gegenwärtigen Heizsituationen bei einer Anschlussquote von 60 % Einsparungen der CO<sub>2</sub>-Emissionen von etwa 49 %, bei verbleibenden CO<sub>2</sub>-Emissionen von 656 t/a. Erfolgt die zentrale Wärmeversorgung des Quartiers alternativ beispielweise auf Basis von Hackschnitzelkessel, Luftwärmepumpen und einem Erdgaskessel, sinken die Emissionen lediglich auf insgesamt 994 t/a um 23 %.

Der Strombezug erfolgt bei diesen Varianten vollumfänglich aus dem öffentlichen Stromnetz. Aufgrund der aktuell noch fossilen Erzeugungsanteile des deutschen Strommix wirkt sich dies negativ auf die Bilanz aus. Der spezifische Emissionsfaktor im deutschen Strommix betrug im Jahr 2021 485 g/kWh (UBA, 2021). Darüber hinaus kann die CO<sub>2</sub>-Bilanz somit bei Bezug von einem Ökostromtarif bilanziell reduziert werden.

Tabelle 9-5 stellt die CO<sub>2</sub>-Bilanzen der Versorgungsvarianten für die untersuchten Wärmenetze dar. In den Varianten wird aufgrund der Anschlussquote von 60 % nur ein Teil des Quartiers über ein Wärmenetz versorgt. Es wird unterstellt, dass die Beheizung der nicht versorgten Liegenschaften prozentual wie bisher bestehen bleibt.

Das alternativ betrachtende kalte Nahwärmenetze wird nur exemplarisch als Insellösung dargestellt. Die Umsetzbarkeit dieser Versorgungslösung auf das komplette Gebiet kann, wie bereits erwähnt, im Rahmen eines möglichen Sanierungsmanagements weiter betrachtet werden.

Tabelle 9-5: Emissionsfaktoren und jährliche CO<sub>2</sub>-Emissionen der zentralen Wärmeversorgung

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Dimension
	Hackschnitzkessel + Spitzenlastzeuger	Wärmepumpe + Hackschnitzkessel + Erdgaskessel	Wärmepumpe + Erdgaskessel	Wärmepumpe + Hackschnitzkessel + PtH	Kaltes Netz + dztrl. Wärmepumpen (Inselnetz)	
<b>Emissionsfaktor</b>						
Spezifische Emissionsfaktor von Erdgas	247	247	247	247	247	g/kWh
CO <sub>2</sub> -Emissionen Erdgas	12,5	7,2	47,3	0,0	0,0	t CO <sub>2</sub> /a
Spezifische Emissionsfaktor von Biomasse	25	25	25	25	25	g/kWh
CO <sub>2</sub> -Emissionen Biomasse	105,5	41,0	0,0	41,0	0,0	t CO <sub>2</sub> /a
Spezifische Emissionsfaktor von Strom	475	475	475	475	475	g/kWh
CO <sub>2</sub> -Emissionen Strom	19,0	426,7	706,0	438,2	43,3	t CO <sub>2</sub> /a
<b>Spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor</b>	<b>46</b>	<b>161</b>	<b>255</b>	<b>162</b>	<b>135</b>	<b>g/kWh</b>
<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen</b>	<b>137</b>	<b>475</b>	<b>753</b>	<b>479</b>	<b>43</b>	<b>t CO<sub>2</sub>/a</b>

In der Gesamtbilanz werden die Emissionen der nicht angeschlossenen Gebäude, bei denen unterstellt wird, dass die Beheizung wie bisher bestehen bleibt, berücksichtigt. Zudem erscheint eine komplette kurzfristige Umsetzung der Gebäudesanierungen als sehr unwahrscheinlich.

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Dimension
	Hackschnitzkessel + Spitzenlastzeuger	Wärmepumpe + Hackschnitzkessel + Erdgaskessel	Wärmepumpe + Erdgaskessel	Wärmepumpe + Hackschnitzkessel + PtH	
<b>Gesamtemissionen</b>					
Emissionen aus zentraler Wärmeversorgung	137	475	753	479	g/kWh
Emissionen aus dezentraler Wärmeversorgung	519	519	519	519	t CO <sub>2</sub> /a
<b>Gesamtemissionen pro Jahr</b>	<b>656</b>	<b>994</b>	<b>1272</b>	<b>998</b>	<b>g/kWh</b>

Der Primärenergiebedarf der einzelnen Versorgungsvarianten für die untersuchten Wärmenetze ergibt sich aus dem Nutzwärmebedarf multipliziert mit dem berechneten Primärenergiefaktor. Tabelle 9-6 stellt die Primärenergiebedarfe der zentralen Versorgungsvarianten bei einer Anschlussquote von 60 % dar.

Tabelle 9-6: Primärenergiefaktoren und jährliche Primärenergiebedarf der zentralen Wärmeversorgung

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	
	Hackschnitzkessel + Spitzenlast-erzeuger	Wärme-pumpe + Hackschnitzkessel + Erdgaskessel	Wärme-pumpe + Erdgaskessel	Wärme-pumpe + Hackschnitzkessel + PtH	Kaltes Netz + dztrl. Wärmepumpen (Inselnetz)	Dimen-sion
<b>Primärenergiebedarf</b>						
Primärenergiefaktor von Erdgas	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	
Primärenergiebedarf Erdgas	55.632	32.081	210.769	0	0	kWh <sub>Hi</sub> /a
Primärenergiefaktor von Holz	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
Primärenergiebedarf Holz	843.812	327.849	0	327.849	0	kWh <sub>Hi</sub> /a
Primärenergiefaktor von Netzstrom	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	
Primärenergiebedarf Netzstrom	71.831	1.616.927	9.406	1.660.471	164.242	kWh <sub>el</sub> /a
Primärenergiefaktor von Netzstrom (Großwärmepumpe)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	
Primärenergiebedarf Netzstrom (Großwärmepumpe)	0	0	1.777.269	0	0	kWh <sub>el</sub> /a
<b>Primärenergiefaktor</b>	<b>0,33</b>	<b>0,67</b>	<b>0,68</b>	<b>0,67</b>	<b>0,51</b>	
<b>Primärenergiebedarf</b>	<b>971.274</b>	<b>1.976.858</b>	<b>1.997.444</b>	<b>1.988.321</b>	<b>164.242</b>	<b>kWh<sub>Hi</sub></b>

Es zeigt sich, dass die Wärmeerzeugung aus Hackschnitzeln im Gegensatz zu den Lösungen mit einer Wärmepumpe einen deutlich geringeren Primärenergiefaktor aufweist. Das liegt daran, dass Strom für Betrieb der Wärmepumpen, wie erwähnt, aus dem öffentlichen Netz vollständig bezogen wird und dieser mit einem Primärenergiefaktor von 1,8 bzw. 1,2 (Großwärmepumpen <500 kW<sub>th</sub>) gekennzeichnet ist.

## 9.2 Betreiberkonzepte

Bei einer zukünftigen Umsetzung eines Wärmenetzes im Quartier, stellt sich die Frage nach dem Betreiber. Grundsätzlich sind verschiedene Funktionen zu erfüllen:

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

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

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

Eine Übersicht über verschiedene Modelle zeigt Tabelle 9-7.

Tabelle 9-7: Übersicht über mögliche Betreibermodelle

Modell	Vorteile	Nachteile
<b>Bürgerenergiegenossenschaft</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abnehmer als Miteigentümer (identitätsstiftend!)</li> <li>• ggf. auch andere Versorgungen (Strom etc.) möglich</li> <li>• Wertschöpfung verbleibt zu großen Teilen in der Kommune</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufwand für Gründung und Aufbau der institutionellen und technischen Infrastruktur</li> <li>• Hohes Engagement von „Treibern“ nötig</li> <li>• Erfahrung mit Wärmenetzen und Wärmeherzeugung ebenso wie mit der Abrechnung fehlt i. d. R. zunächst</li> </ul>
<b>Kommune / kommunales EVU</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• auch andere Versorgungen (Strom etc.) möglich</li> <li>• ggf. Kommunalkreditkonditionen</li> <li>• Wertschöpfung verbleibt zu großen Teilen in der Kommune</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufwand für Gründung und Aufbau der institutionellen und technischen Infrastruktur</li> <li>• Erfahrung mit Wärmenetzen und Wärmeherzeugung wie mit Abrechnung fehlt i. d. R. zunächst</li> </ul>
<b>EVU aus der Region</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Know-how zu Errichtung, Betrieb i. d. R. vorhanden</li> <li>• Infrastruktur für Abrechnungen u. ä. vorhanden</li> <li>• ggf. Kommunalkreditkonditionen</li> <li>• ggf. kostengünstiger Einkauf (Mengen!) und Effizienzvorteile</li> <li>• Wertschöpfung verbleibt in (größerer) Region</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ggf. Interessenkonflikte wg. Gasverkauf</li> <li>• Erfahrung mit Wärmenetzen und den hier vorgesehenen Wärmequellen im Einzelfall zu prüfen</li> </ul>
<b>EVU aus anderen Regionen (Contractor)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Know-how zu Errichtung, Betrieb i. d. R. vorhanden</li> <li>• Infrastruktur für Abrechnungen u. ä. vorhanden</li> <li>• ggf. kostengünstiger Einkauf (Mengen!) und Effizienzvorteile</li> <li>• Umfangreiche Erfahrungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfahrung mit den hier vorgesehenen Wärmequellen zu prüfen</li> <li>• Gewinnmarge fließt aus der Region ab</li> </ul>

Für Bürgerenergiegenossenschaften spricht vor allem der auch unter Vermarktungseffekten wichtige Effekt, dass die Bürger ihre Energieversorgung in die eigene Hand nehmen, nicht mehr von Entscheidungen Dritter abhängen, mögliche Gewinne an die Nutzer zurückfließen und größtmögliche Teile der Wertschöpfung in der Region gehalten werden können. Die regionale Wertschöpfung und der Rückfluss von Gewinnen ist dabei jedoch nur in dem Umfang möglich, indem die Wertschöpfung auch tatsächlich innerhalb der Genossenschaft erfolgt. Sie

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

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

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

In dem Quartier Borgfeld-Katrepel bietet sich keine offensichtliche Lösung an. Das bestehende städtische Fernwärmenetz endet außerhalb der Quartiersgrenzen (Wesernetz Bremen GmbH, 2023). Für die Umsetzung des Vorhabens ist die Klärung eines möglichen Betreibers entscheidend. Dies setzt aber auch voraus, dass der Akteur bereit und in der Lage ist, die Investitionen in den Netzbau zu tragen und den Betrieb zu gewährleisten. Letztendlich wäre es eine der Aufgaben des Sanierungsmanagements, hier die entsprechenden Gespräche zu führen und die für alle Akteure passende Entscheidung vorzubereiten.

### 9.3 Dezentrale Versorgungsoptionen

Als Kostenvergleich zu einer zentralen Wärmeversorgung wurden für ein quartierstypisches Einfamilienhaus verschiedene dezentrale Wärmeversorgungsoptionen gegenübergestellt. Die Berechnungen berücksichtigen dabei die seit 01. Januar 2023 geltenden Fördermöglichkeiten für den Heizungsanlagentausch aus der Bundesförderung für effiziente Gebäude<sup>10</sup> (BAFA, 2021), die in Tabelle 9-8 dargestellt sind.

Tabelle 9-8: Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)

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

<sup>1</sup> ISFP-Bonus: Bei Umsetzung einer Sanierungsmaßnahme als Teil eines im Förderprogramm „Bundesförderung für Energieberatung für Wohngebäude“ geförderten individuellen Sanierungsfahrplanes (ISFP) ist ein zusätzlicher Förderbonus von 5 % möglich.

<sup>2</sup> Innovationsbonus Biomasse: Bei Einhaltung eines Emissionsgrenzwertes für Feinstaub von max. 2,5 mg/m<sup>3</sup> ist ein zusätzlicher Förderbonus von 5 % möglich.

<sup>3</sup> Wärmepumpen-Bonus: Wenn als Wärmequelle Wasser, Erdreich oder Abwasser erschlossen wird, ist ein zusätzlicher Förderbonus von 5 % möglich.

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)

Entscheidend für die Förderquote einer Erneuerung der Heizungsanlage ist, ob die bisherige installierte Heizungsanlage eine Gas- oder Ölheizung war. Da sich auf Grundlage der digitalen Wärmekarte für das Postzahlengebiet ein hoher Anteil an Gasheizungen im Quartier abschätzen lässt, wurde in den Berechnungen von einer dezentralen Gasheizung als aktuelle Versorgungsvariante ausgegangen.

Die Abbildung 9-5 zeigt die Jahreskosten möglicher dezentrale Versorgungsoptionen. Um die Auswirkungen von Preisschwankungen von Energie zu verdeutlichen, wurde zum Vergleich neben den durchschnittlichen Preisen von Gas, Strom und Holzpellets vom ersten Halbjahr 2022 auch die Mehrkosten durch die Preise vom zweiten Halbjahr 2022 ausgewiesen. Zusätzlich wurde ebenfalls für diesen Zeithorizont eine CO<sub>2</sub>-Bepreisung fossiler Energieträger (vgl. Kapitel 9.1.3) berücksichtigt.

<sup>10</sup> Eine reformierte Förderrichtlinie der „Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen“ wurde am 29.12.2023 im Bundesanzeiger (siehe Abbildung 8-1) veröffentlicht. Die Berechnungen im Rahmen des Quartierskonzeptes wurden zum Stand August 2023 durchgeführt.

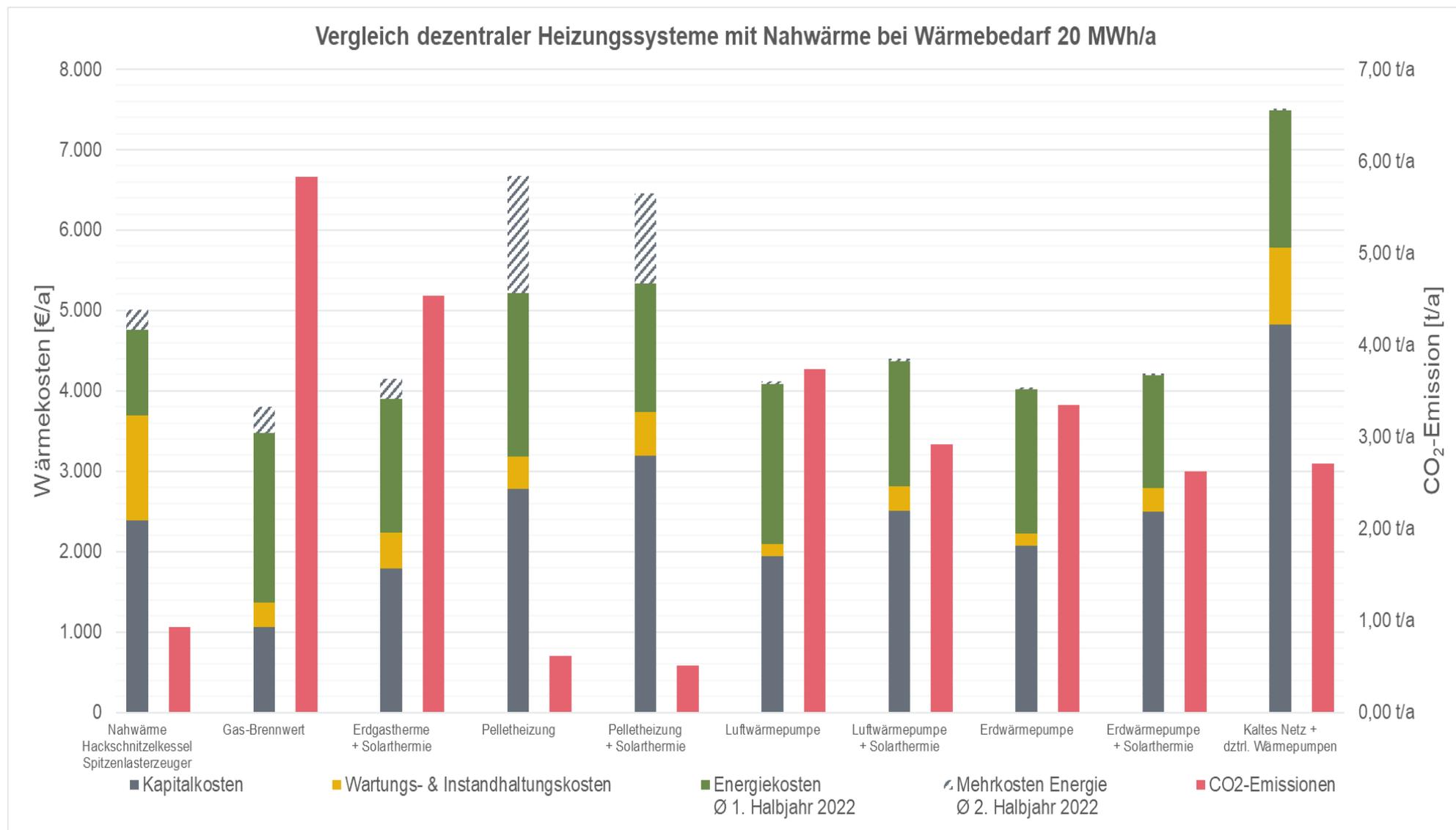


Abbildung 9-5: Vergleich der günstigsten zentralen Versorgungslösung mit dezentralen Versorgungsoptionen - durchschnittliche Brennstoff-/ Stromkosten 1. Halbjahr 2022 und Mehrkosten 2. Halbjahr 2022

## 9.4 Vergleich zentraler und dezentraler Versorgungsoptionen

Die Berechnungen (siehe Abbildung 9-5) haben gezeigt, dass der Aufbau einer zentralen Wärmeversorgungslösung zur Versorgung des gesamten Quartiers unter den getroffenen Annahmen und einer Förderung von 40 % der förderfähigen Ausgaben im Vergleich zu den dezentralen Alternativen weniger rentabel ist.

Hinsichtlich der wirtschaftlichen Rentabilität sind tatsächlich die Lösungen mit einer fossilen Gasbrennwerttherme am lukrativsten. Die Gasheizung war zu Spitzenzeiten der aktuellen Energiekrise die teuerste Lösung. Inzwischen ist das nicht mehr der Fall, sie bleibt aber die mit Abstand klimaschädlichste Versorgungsvariante. Die weiteren Entwicklungen der Energiepreise sind grundsätzlich schwer abzuschätzen. Absehbar ist jedoch, dass die steigende CO<sub>2</sub>-Bepreisung und die Kosten für den Betrieb eines Gasnetzes, dessen Betriebskosten aufgrund der Umstellung vieler Haushalte von immer weniger Kunden getragen werden müssen, langfristig zu unabdingbaren Preissteigerungen führen wird.

Außerdem sind neu zu installierende Gasheizungen<sup>11</sup> auf Grundlage des neuen Gebäudeenergiegesetzes nicht zukunftsträchtig. Für neu zu errichtende Heizungen wird ab dem nächsten Jahr ein Mindestanteil an Erneuerbaren Energien von 65 % zur Pflicht. Diese Tatsache ist im ersten Schritt nur für Neubaugebiete verpflichtend. Für Bestandsbauten ist die Pflicht von der Erstellung einer Kommunalen Wärmeplanung (KWP) abhängig. Laut dem Gesetz für die Wärmeplanung und Dekarbonisierung der Wärmenetze müssen Gemeinden mit mehr als 100.000 Einwohner bis zum 30. Juni 2026 eine KWP vorlegen. Die Verpflichtung für die Erhaltung des erneuerbaren Anteils greift einen Monat nach der Bekanntgabe der KWP.

Holzpellet-Heizungen (Pellets) und Wärmepumpenlösungen erfüllen diese Verpflichtungen problemlos. Gleiches gilt für die Kombination dieser Techniken mit der Solarthermie.

Unter den angenommenen Preisansätzen sind die Wärmepumpenlösungen die wirtschaftlichen dezentralen Versorgungsoptionen. Die besten Ergebnisse erzielen Erd- und Luftwärmepumpen mit jeweils jährlichen Kosten von ca. 4.100 €. Die Lösungen in Kombination mit Solarthermie sind hierzu im Vergleich hierzu um 100 € kostenintensiver.

Jedoch setzt eine derartige Versorgungslösung sogleich allerdings auch voraus, dass ihr Gebäude für die Versorgung mittels Wärmepumpe geeignet ist. Mögliche Kosten für z. B. den Austausch der Heizkörper, um niedrigere Versorgungstemperaturen zu ermöglichen, wurden in der Bewertung nicht berücksichtigt. Diese fallen für den jeweiligen Endkunden individuell spezifisch aus.

Um die Auswirkungen von Preisschwankungen von Energie zu verdeutlichen, wurden zum Vergleich, neben den durchschnittlichen Preisen von Gas, Strom und Holzpellets vom ersten Halbjahr 2022, auch die Mehrkosten durch die Preise vom zweiten Halbjahr 2022 ausgewiesen. Mit den zu verzeichnenden gestiegenen Energiepreisen im zweiten Halbjahr 2022 erhöhten sich vor allem die Wärmekosten der Versorgungsoptionen auf Basis des Energieträgers Holz und Gas. Die in der Abbildung 9-5 dargestellten Verhältnisse verschieben sich somit weiter zugunsten der dezentralen Wärmepumpenversorgung der Gebäude im Quartier.

Bei allen Vergleichen der zentralen und dezentralen Versorgungslösungen muss aber auch berücksichtigt werden, dass bei einer möglichen Nahwärmeversorgung zunächst eine

---

<sup>11</sup> Der Einbau neuer Gasheizungen ist grundsätzlich nicht ausgeschlossen. Gasheizungen, die in der Übergangsphase (zwischen Anfang 2024 und Ablauf der Übergangsfristen) eingebaut werden, müssen ab 2029 steigende Anteile Biomethan oder andere grüne Gase nutzen (15 % in 2029, 30 % in 2035, 60 % in 2040) – GEG 2024 §71 Absatz 9. In der Betrachtung wurden diese alternativen Versorgungsoptionen nicht berücksichtigt.

Anschlussquote von 60 % angenommen wurde. Bei Erhöhung oder Reduzierung der Anschlussquote verschlechtert/verbessert sich die Wirtschaftlichkeit (siehe Kapitel 9.5) der zentralen Lösungen erheblich. Bei einer Anschlussquote von 80 % verhält sich die wirtschaftlich beste zentrale Versorgungsoption, Hackschnitzelkessel und Spitzenlasterzeuger, in vergleichbarer Höhe (ca. 4.400 €/a) der Wärmekosten wie die bevorzugten dezentralen Versorgungsoptionen auf Basis einer Wärmepumpe. Des Weiteren muss auch beachtet werden, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Quartier bei einer zentralen Versorgung geringer gehalten werden als bei zahlreichen dezentralen Lösungen.

Da in alle Berechnungen Annahmen eingeflossen sind und Brennstoffpreise ebenso wie Investitionskosten weiterhin volatil bleiben, ist die heute seriös zu treffende Aussage vor allem die,

- dass die Kosten für eine Nahwärmeversorgung über ein Wärmenetz aufgrund der Struktur des Quartiers und dem hohen Zins teurer sind als die dezentralen Versorgungsoptionen,
- dass eine wirtschaftliche rentable Nahwärmeversorgung im Quartier von einer hohen Anschlussquote abhängig ist,
- der potenzielle Betrieb eines Holzhackschnitzelkessels stark abhängig von der regionalen Verfügbarkeit der Hackschnitzel ist. Nach erfolgter Prüfung dieser Verfügbarkeit kann auch eine zentrale Wärmepumpenlösung in Kombination mit einem Spitzenlasterzeuger geprüft werden.

Da in diesen getroffenen Annahmen im Rahmen eines Quartierskonzeptes systembedingt noch Ungenauigkeiten liegen, werden im Kapitel 9.5 unterschiedlichste Sensitivitätsanalysen durchgeführt, indem wesentliche, kostenbeeinflussende Parameter variiert wurden.

Die ökologische Betrachtung hat gezeigt, dass trotz nicht zu vernachlässigender Netzverluste durch den Aufbau eines zentralen Wärmenetzes, erhebliche Einsparpotentiale im Bereich der CO<sub>2</sub>-Emissionen und des Primärenergieeinsatzes zu erreichen sind. Dezentral sind diese vorerst mit einer Pelletheizung erreichbar, die jedoch mit einem zumindest bei den Einfamilienhäusern des Quartiers teilweise problematischen Platzbedarf für Kessel und insbesondere für die Pellets sowie mit einem deutlich höheren Aufwand der Nutzer für die Bestellung von Brennstoff, die Entsorgung von Asche, Wartung/ Reparatur und zu gegebener Zeit Neubeschaffung verbunden ist.

Die vergleichsweise hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen der dezentralen Wärmepumpen sind darauf zurückzuführen, dass hier der Strom vollständig aus dem öffentlichen Netz bezogen wird und damit die Emissionen des deutschen Strommix anzusetzen sind. Zum einen werden diese, wie bereits in Kapitel 9.1.5 erwähnt, mit dem zunehmenden Umstieg von fossilen auf regenerative Energieträger weiter sinken und es fallen dann nur noch minimale CO<sub>2</sub>-Emissionen an. Wird bei den Wärmepumpen beispielweise „echter“ Ökostrom angesetzt (Zerger, 2020), fallen nur noch minimale CO<sub>2</sub>-Emissionen an.

## 9.5 Sensitivitätsanalyse

Anhand eines typischen Einfamilienhauses im Quartier mit einem jährlichen Wärmebedarf von 20 MWh werden die jährlichen durchschnittlichen Wärmekosten unter Veränderung von jeweils einem wesentlichen Berechnungsparameter variiert. Hierbei wurde keine Inflation unterstellt. Diese Systematik zeigt Chancen und Risiken eines Projektes auf und lässt auch eine Nutzung der zuvor erstellten Berechnungen unter geänderten Rahmenbedingungen zu. Wenn sich z. B. Energiepreise verändern, kann die Auswirkung auf das Projekt anhand der Grafiken übersichtlich ermittelt werden.

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

Zur Abschätzung wirtschaftlicher Chancen und Risiken durch sich verändernde Energiepreise bedarf es zunächst der Quantifizierung möglicher Energiepreisentwicklungen. In Tabelle 9-9 wird ein Überblick über die Eingangsparameter der Sensitivitätsanalyse gegeben.

Tabelle 9-9: Eingangsparameter der Sensitivitätsanalyse

Preischancen / -risiken	
Steigerung des Erdgaspreises	4 bis 35 ct/kWh
Steigerung des Strompreises	20 bis 90 ct/kWh
Steigerung des Holzpelletpreises	2 bis 30 ct/kWh
Steigerung des Holzhackschnitzelpreises	0 bis 15 ct/kWh
Anschlussquote ans Wärmenetz	40 % bis 100 %

Tabelle 9-10 zeigt die Legende der Diagramme zur Sensitivitätsanalyse.

Tabelle 9-10: Legende der Diagramme zur Sensitivitätsanalyse

Z V1	Nahwärme Variante 1 – Hackschnitzelkessel + Spitzenlastzeuger	DZ	Dezentrale Versorgung
EWP	Erdwärmepumpe	PH	Pelletheizung
GH	Gasheizung	LWP	Luftwärmepumpe
KN + WWP	Kaltes Netz + dztrl. Wärmepumpe	ST	Solarthermie

Für die wirtschaftliche Bewertung der Versorgungsvarianten wird jeweils der durchschnittliche Preis von Gas, Strom, Holzpellets und Hackschnitzeln angesetzt, der im zweiten Halbjahr 2022 eingetreten ist. Die energiewirtschaftlichen Ansätze der dezentralen Versorgungslösungen werden in den Diagrammen als Basis<sup>12</sup> gekennzeichnet. Für die zentrale Wärmeversorgung gelten die im Kapitel 9.1.3 dargelegten Preisansätze der jeweiligen Energieträger.

<sup>12</sup> Bei der Sensitivitätsanalyse des Holzhackschnitzelpreises und der Anschlussquote werden die Ansätze der zentrale Wärmeversorgungslösung als Basis dargestellt, da eine Betrachtung nur zentral erfolgt.

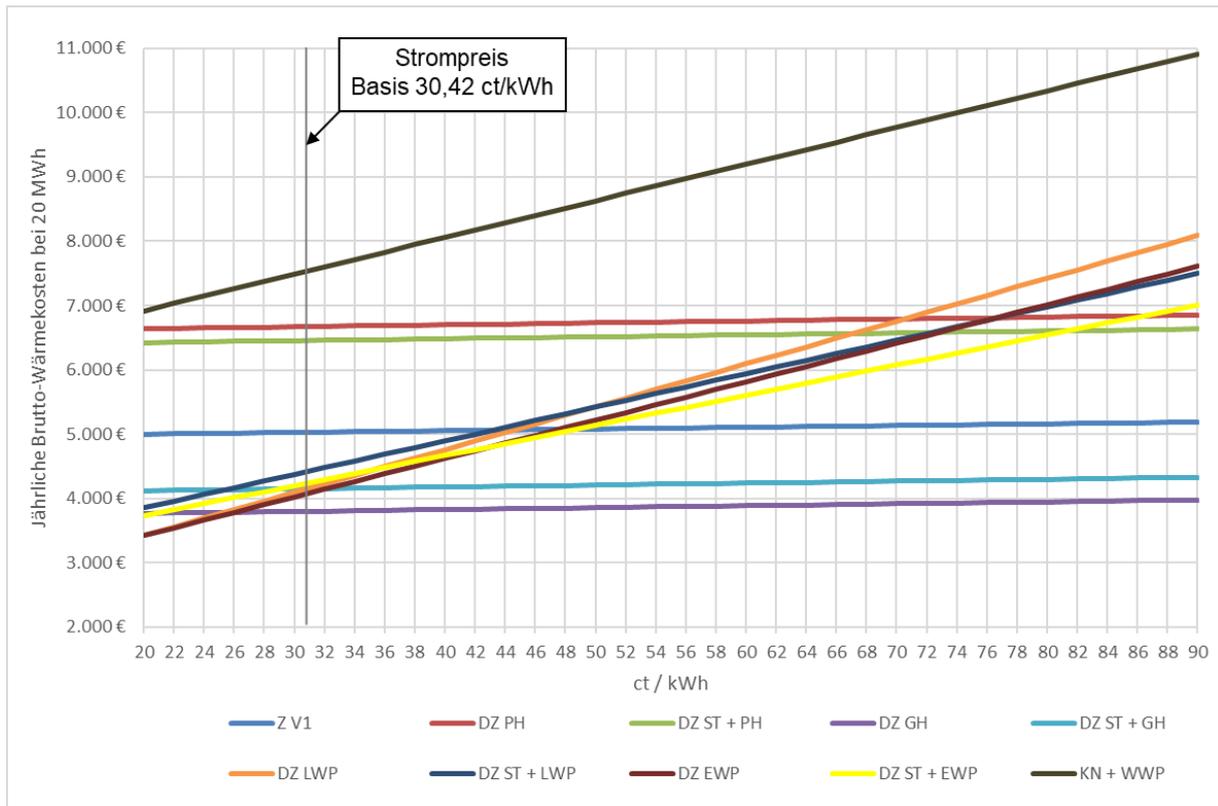


Abbildung 9-6: Jährliche Wärmekosten bei verschiedenen Preisänderungen für Strom

Die Stromkosten der dezentralen Varianten, welche eine Wärmepumpe vorsehen, steigen im Vergleich zu den Varianten ohne Wärmepumpe am stärksten, da der Energieträger Strom in den Wärmepumpen als einzige kostenpflichtige Energiequelle neben der kostenlosen Umweltenergie eingesetzt wird. Dieser Einfluss fällt bei den Varianten mit Solarthermie etwas geringer aus, da ein größerer Wärmeanteil durch die Umweltwärme gedeckt wird.

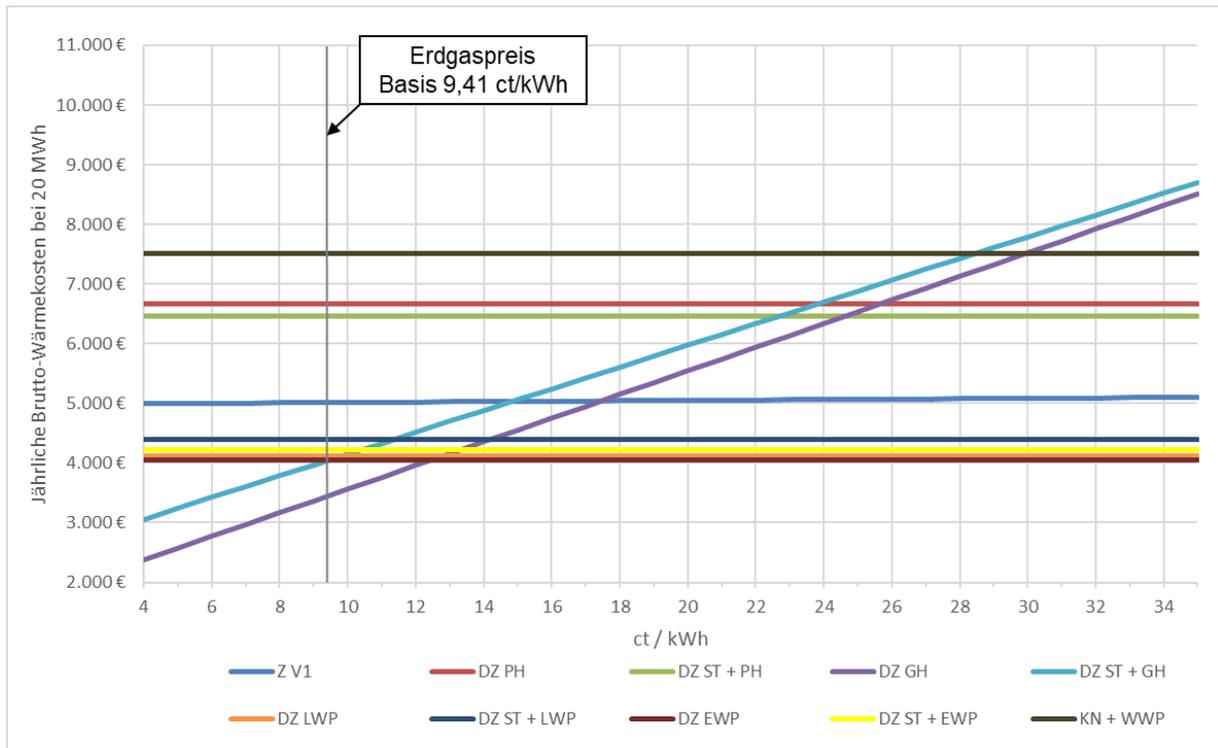


Abbildung 9-7: Jährliche Wärmekosten bei verschiedenen Preisänderungen für Erdgas

Für den fossilen Energieträger Erdgas werden die Wärmepreise der Versorgungsvarianten innerhalb einer Preisspanne von 4 bis 35 ct/kWh ermittelt, womit auch sehr stark schwankende Kosten, wie sie u. a. durch den russischen Angriffskrieg auf die Ukraine verursacht wurden, Berücksichtigung finden.

Aufgrund des geringen Anteils an der Wärmedeckung (ca. 1 %) durch den Erdgaskessel bei der favorisierten zentralen Versorgung, ist der Einfluss auf die jährlichen Wärmekosten minimal. Die Wärmekosten der dezentralen Varianten mit Erdgaskessel weisen hingegen einen erheblichen Einfluss auf, da der wesentliche Anteil an der Wärme auf Basis dieses Energieträgers erzeugt wird.

Hierbei ist auch heutzutage zu beachten, dass der Preis für Strom stark an die Entwicklung des Gaspreises gekoppelt ist. Eine Veränderung des Preises der jeweiligen Kostenkomponenten wird kaum ohne Beeinflussung des anderen Energieträgers eintreten.

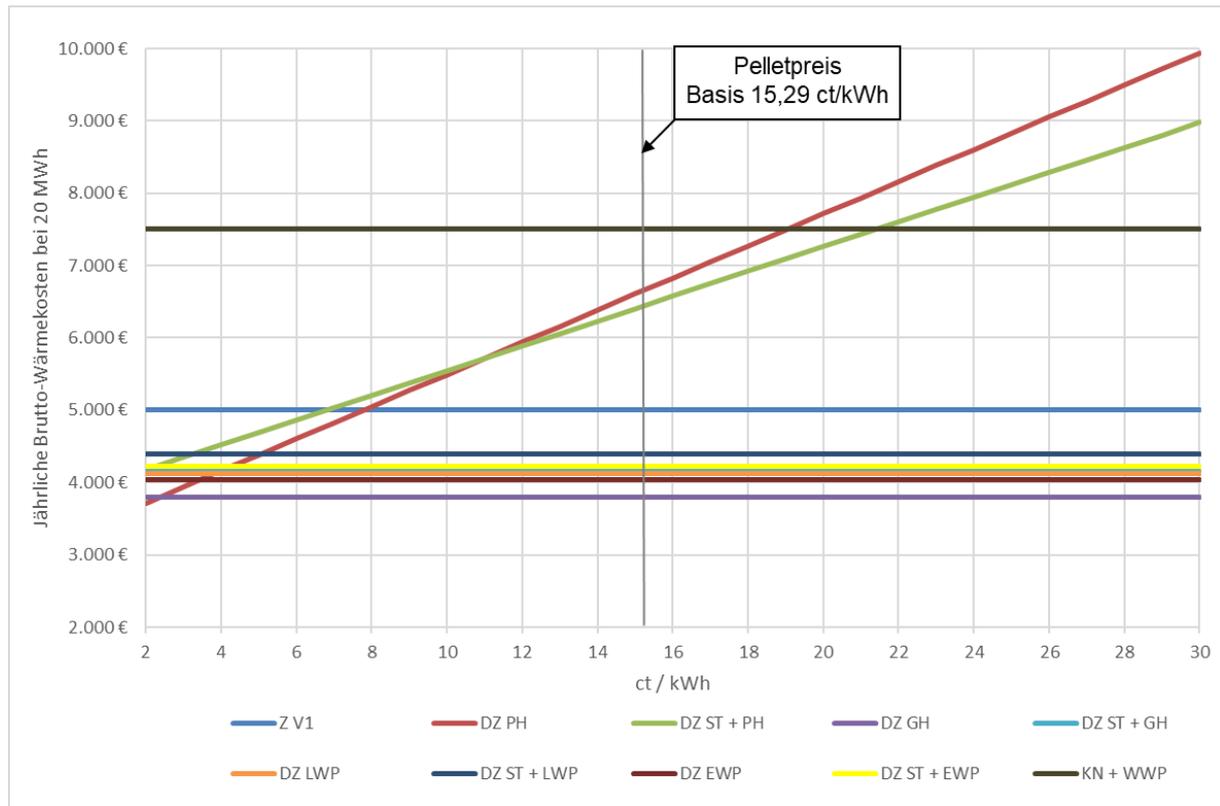


Abbildung 9-8: Jährliche Wärmekosten bei verschiedenen Preisänderungen für Holzpellets

Der Preis für Holzpellets stieg von Januar 2022 bis Dezember 2022 um über 70 % (C.A.R.M.E.N., 2022). Bei zukünftiger Installation von zahlreichen neuen Pelletheizungen erhöht sich der Bedarf an Pellets. Die Entwicklung des Pelletpreises wird davon abhängen, inwiefern zusätzliche Angebote auf dem Markt geschaffen werden. Mögliche Importe aus anderen Regionen, ggf. auch aus dem Ausland, würden die ökologische Bilanz deutlich verschlechtern. Falls beispielweise durch ein Überangebot an Pellets der Holzpelletpreis signifikant sinkt, sind die Wärmekosten der Holzpelletkessel-Varianten bei einem Holzpelletbruttopreis von unter 4 ct/kWh mit denen der dezentralen Wärmepumpen vergleichbar.

Auch für Holzhackschnitzel gab in den letzten Jahren deutliche Preisveränderungen – über 35 % zwischen den Monaten Januar 2022 bis Dezember 2022, allerdings auf einem niedrigeren absoluten Niveau (C.A.R.M.E.N., 2022). Bei steigendem Bedarf an Hackschnitzeln, ohne dass zusätzliche Angebote auf den Markt kommen, kann sich dies auch zukünftig weiterhin verändern und sogar verstärken.

Regionale Hackschnitzel können zu günstigeren Konditionen produziert und die Kosten über langfristige Verträge abgesichert werden. Somit besteht die Möglichkeit, dass die zentrale Variante auch zu Wärmebruttopreisen unter 4.000 €/a angeboten werden könnte.

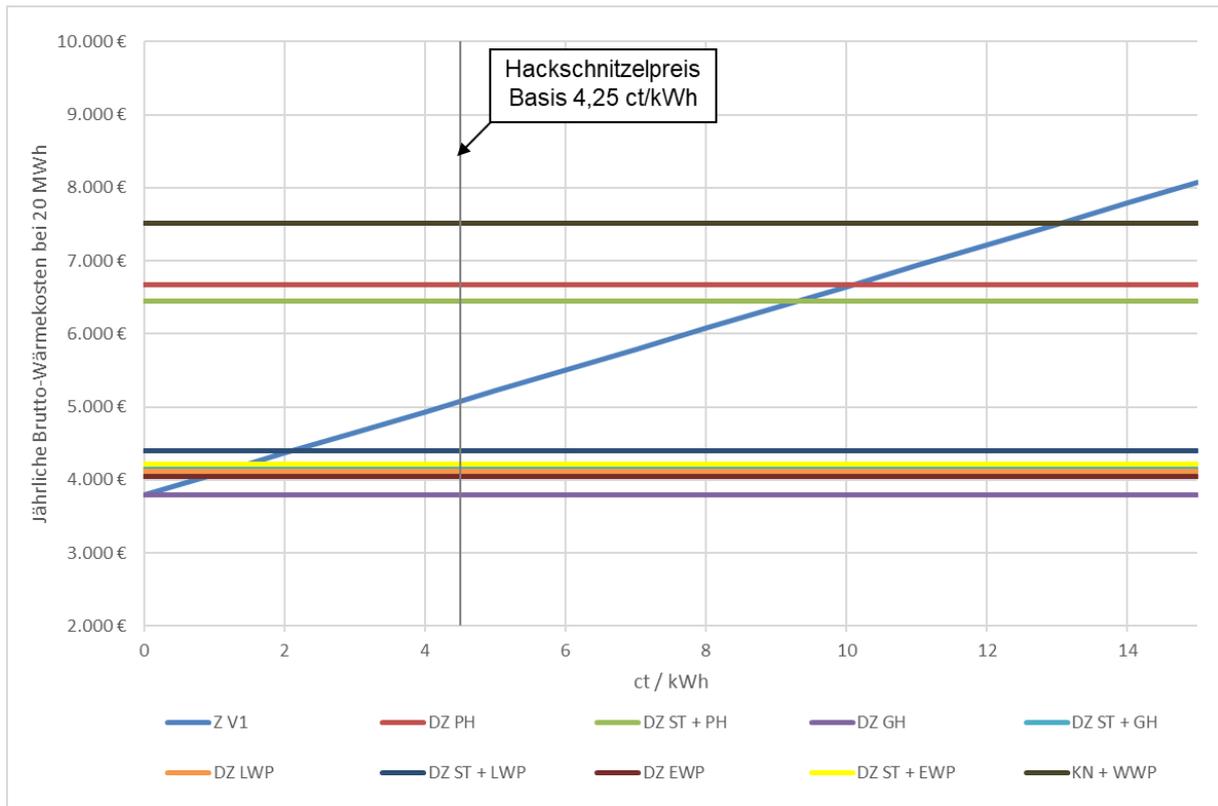


Abbildung 9-9: Jährliche Wärmekosten bei verschiedenen Preisänderungen für Holzhackschnitzel

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

Bei einer Anschlussquote von ca. 80 % sinken die Wärmekosten der zentralen Wärmeversorgung (Holzhackschnitzelkessel + Spitzenlastzeuger) auf ein ähnliches Niveau der favorisierten dezentralen Wärmepumpen-Varianten. Insofern ist die zumindest mittelfristige Sicherung einer ausreichenden Anschlussquote der entscheidende Erfolgsfaktor einer potenziellen zentralen Wärmeversorgung und muss im Mittelpunkt der Bemühungen eines eventuellen Sanierungsmanagements stehen.

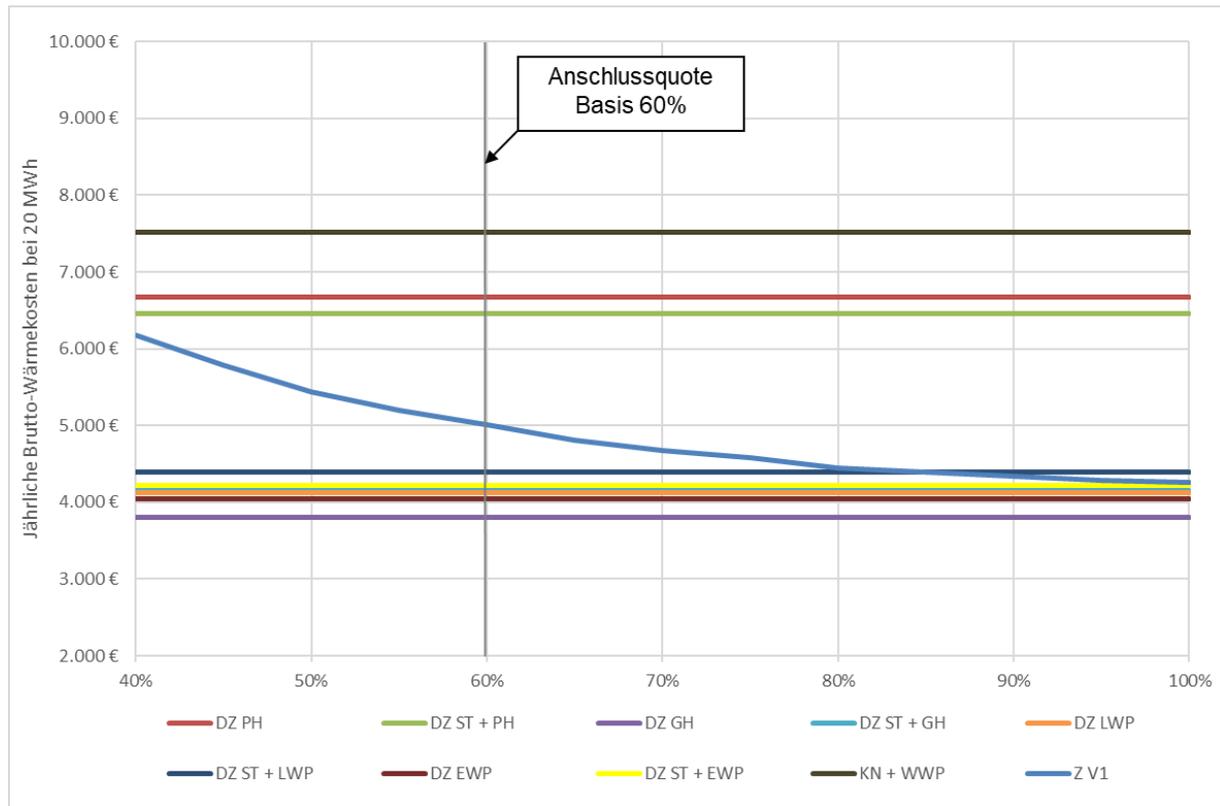


Abbildung 9-10: Jährliche Wärmekosten bei verschiedenen Anschlussquoten an ein potenzielles zentrales Wärmenetz

Die durchgeführten Sensitivitätsanalysen zeigen, dass alle getroffenen Variationen den Wärmepreis in unterschiedlichem Maße beeinflussen. Änderungen der Wirtschaftlichkeits-Rangfolge verschiedener Versorgungssysteme treten erwartungsgemäß bei stark steigenden Energiepreisen auf. Diese sind jedoch auch darauf zurückzuführen, dass in der Sensitivitätsanalyse immer nur ein Parameter, z. B. entweder der Preis von Erdgas oder der von Biomasse, verändert wurde. In der Praxis ist eine gewisse Korrelation der Preise zu erwarten.

Die Änderungen der Energiekosten zeigen bei den solarunterstützten dezentralen Wärmeerzeugersystemen (Wärmepumpen, Pelletheizung) erwartungsgemäß eine geringere Auswirkung als bei den entsprechenden Heizarten ohne Solarthermie. Bei entsprechenden Preissteigerungen der fossilen Energiekosten können die zusätzlichen Investitionen der solaren Wärmelösungen ausgeglichen oder sogar überkompensiert werden.

## 9.6 Zusammenfassung Wärmeerzeugung

Die Berechnungen haben gezeigt, dass der Aufbau einer leitungsgebundenen Wärmeversorgung sehr stark zur Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen beitragen kann. Durch Nutzung von regionalen Holzvorkommen könnten rund 99 % der benötigten Wärmemenge im Quartier nachhaltig durch regenerativ erzeugte Wärme bereitgestellt werden. Zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit wurde ein Spitzenlasthersteller, welcher nur 1% der benötigten Wärme liefert, in der zentralen Variante berücksichtigt. Mittel- bis langfristig könnte das fossile Erdgas durch andere Energieträger ersetzt werden.

Die Berechnungen haben ferner gezeigt, dass die Vergleiche verschiedener Energiesysteme sehr stark von der Entwicklung der Energiepreise abhängen. Eine besonders hohe Preisstabilität weist dabei die Nahwärmeversorgung über ein Wärmenetz auf, aufgrund der Verbundlösungen mit mehreren Wärmequellen in der Heizzentrale. Dies reduziert auch die Abhängigkeit von einem einzelnen Energieträger und erhöht die Versorgungssicherheit.

In Entscheidungen sind neben den aktuellen Preisen und den CO<sub>2</sub>-Emissionen weitere Faktoren mit einzubeziehen, wie etwa der höhere Komfort einer leitungsgebundenen Nah-/ Fernwärmeversorgung. So besteht keine Notwendigkeit mehr, sich um Reparatur, Wartung, Brennstoffbeschaffung etc. der dezentralen Anlagen zu kümmern und, im Gegensatz zu Öl- oder Pelletheizungen, kein Platzbedarf für die Brennstoffbevorratung in den einzelnen Gebäuden. Dabei lassen sich die Kosten der Wärmeversorgung weiter senken, wenn zunächst adäquate Gebäudesanierungen durchgeführt werden (vgl. Kapitel 8).

Der Aufbau einer zentralen leitungsgebundenen Wärmeversorgung lohnt sich in der durchgeführten Betrachtung nur unter Berücksichtigung einer hohen Anschlussquote der einzelnen Gebäude im Quartier<sup>13</sup>. Zudem sollte für die Umsetzung einer möglichen Versorgung die regionale Verfügbarkeit von Energieträgern überprüft werden. Alternativ wurden daher verschiedene dezentrale Versorgungsoptionen aufgezeigt. Die dezentrale Variante Pelletheizung in Verbindung mit Solarthermie bietet im Vergleich zu den betrachtenden Varianten die niedrigsten CO<sub>2</sub>-Emissionen. Aus wirtschaftlicher Sicht und unter Berücksichtigung der (aktuellen) zukünftigen Gesetzgebung stellt die dezentrale Variante mit Wärmepumpe (Quelle: Erde & Luft) im Vergleich derzeit die kostengünstigste dezentrale Wärmeversorgungsoption dar.

Unter gewissen Umständen können auch für benachbarte Häuser jeweils einzelne kleine Inselversorgungen aufgebaut werden. Auch wenn sich nur zwei oder drei Nutzer zusammenfinden, kann dennoch z. B. eine gemeinsame Pelletkessel-Anlage günstiger sein als Einzellösungen.

---

<sup>13</sup> Das Interesse nach den Wärmeversorgungslösungen für das Quartier war im Rahmen der öffentlichen Veranstaltungen gering. Daher wird eine überdurchschnittliche Anschlussquote als unwahrscheinlich betrachtet. Die Umsetzbarkeit kann aber im Rahmen eines Sanierungsmanagements, beispielweise durch eine neue Umfrage, neu bewertet werden.

## 10 Mobilität

Um die mobilitätsbezogenen Bedarfe und Interessen der Quartiersbewohner zu identifizieren, hat am 26.09.2023 ein BarCamp zu dem Thema in der Schützenhalle der Schützengilde Borgfeld stattgefunden. Bis auf wenige Teilnehmer der Lenkungsgruppe erschienen allerdings keine weiteren Personen zu dem Workshop, sodass eine Durchführung nicht möglich war. Um dennoch die Bevölkerung nach Handlungsbedarfen zu befragen, wurde eine Online-Umfrage konzipiert, die per QR-Code auf den Einladungen zur dritten Veranstaltung am 14.11.2023 beworben wurde. Insgesamt nahmen nur 5 Personen an der Umfrage teil. Die Ergebnisse werden trotzdem in diesem Bericht dokumentiert, auch wenn die Aussagekraft durch die geringe Teilnehmerzahl extrem eingeschränkt ist.

### 10.1 Ergebnisse Bürgerbeteiligung Mobilität

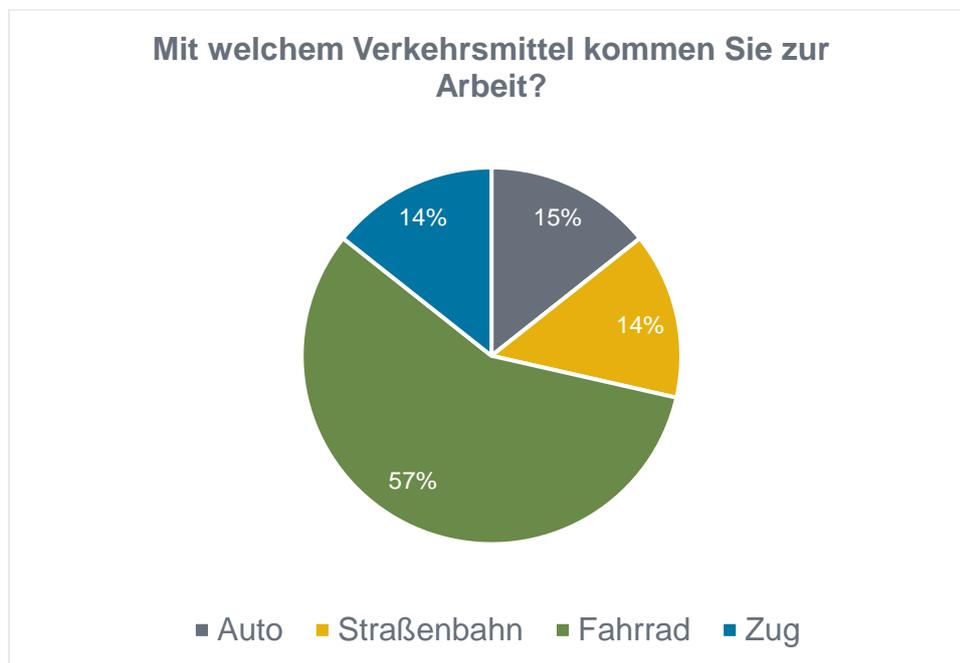


Abbildung 10-1: Verkehrsmittel für den Arbeitsweg

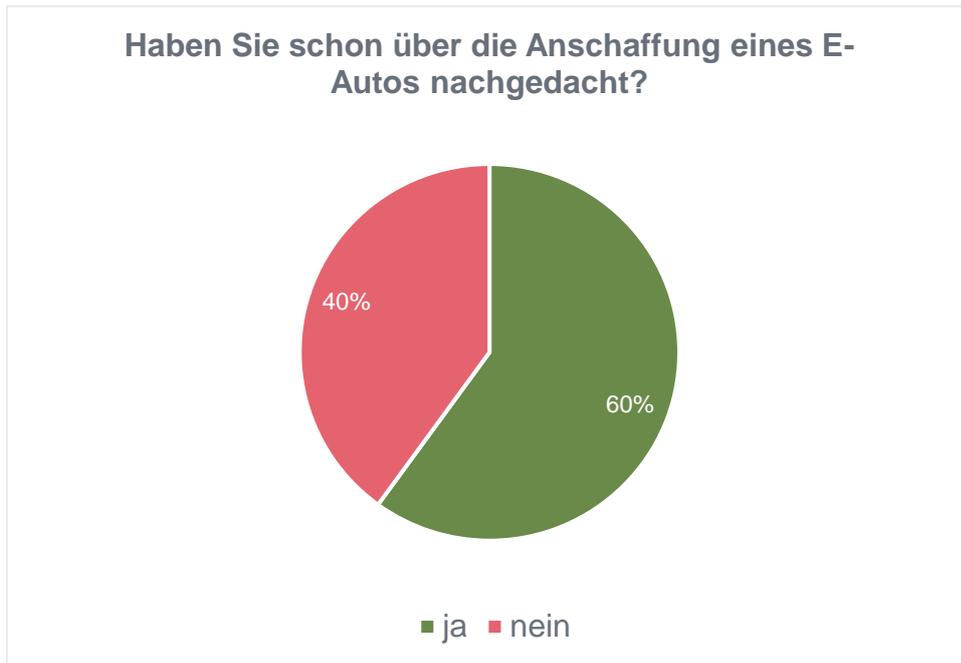


Abbildung 10-2: Anschaffung E-Auto

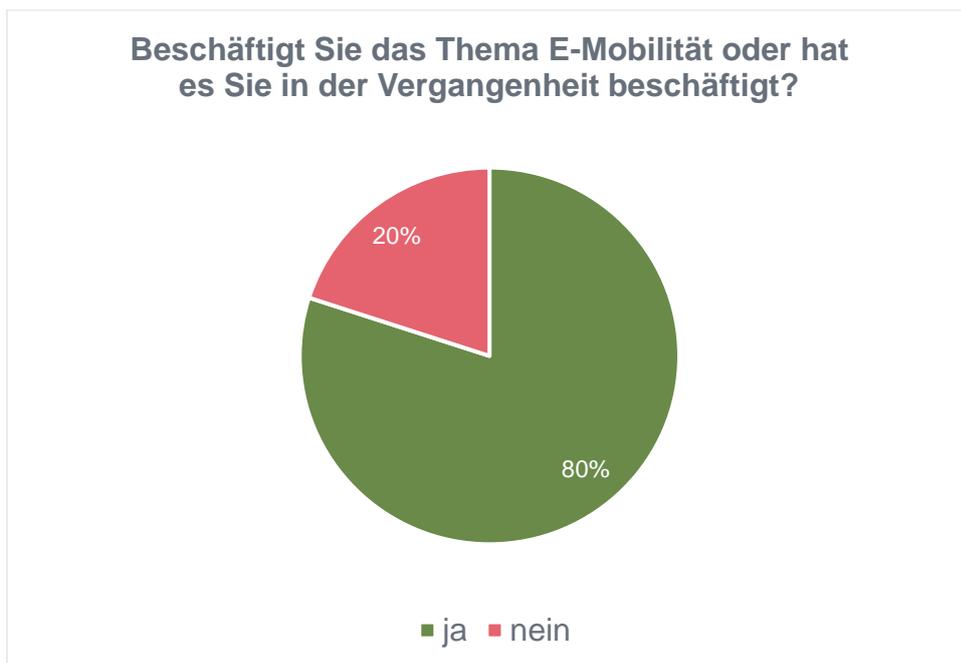


Abbildung 10-3: Beschäftigung mit dem Thema E-Mobilität

Neben ja/nein Fragen wurden auch Fragen mit skalierbaren Antworten gestellt. Für jede dieser Fragen galt eine Bewertung von „1 = sehr schlecht bis 5 = sehr gut“.

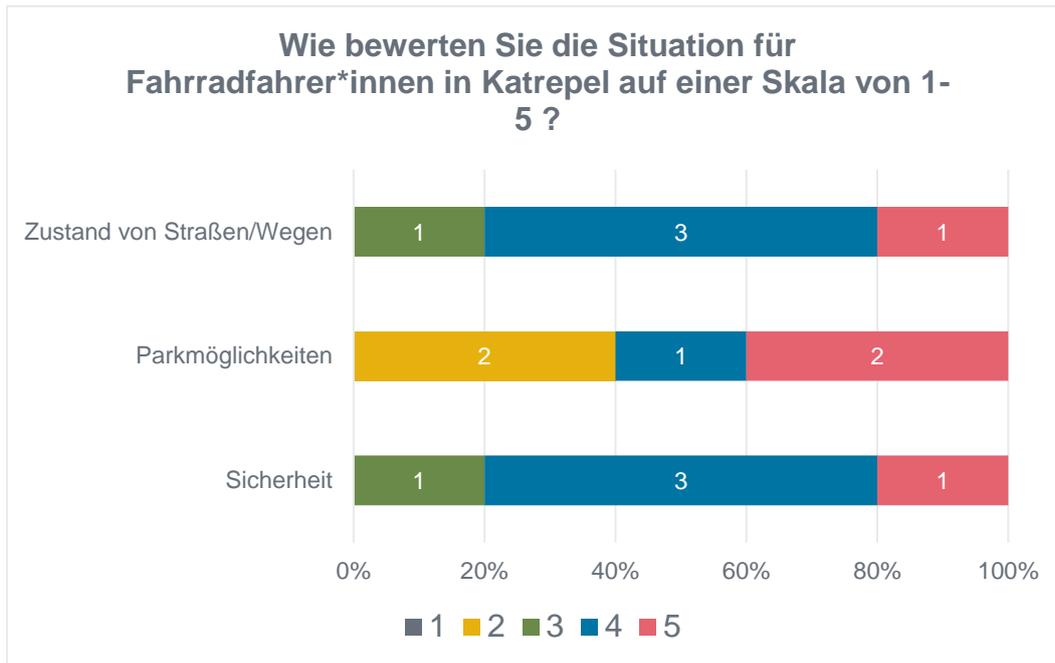


Abbildung 10-4: Bewertung der Situation für Fahrradfahrer in Katrepel

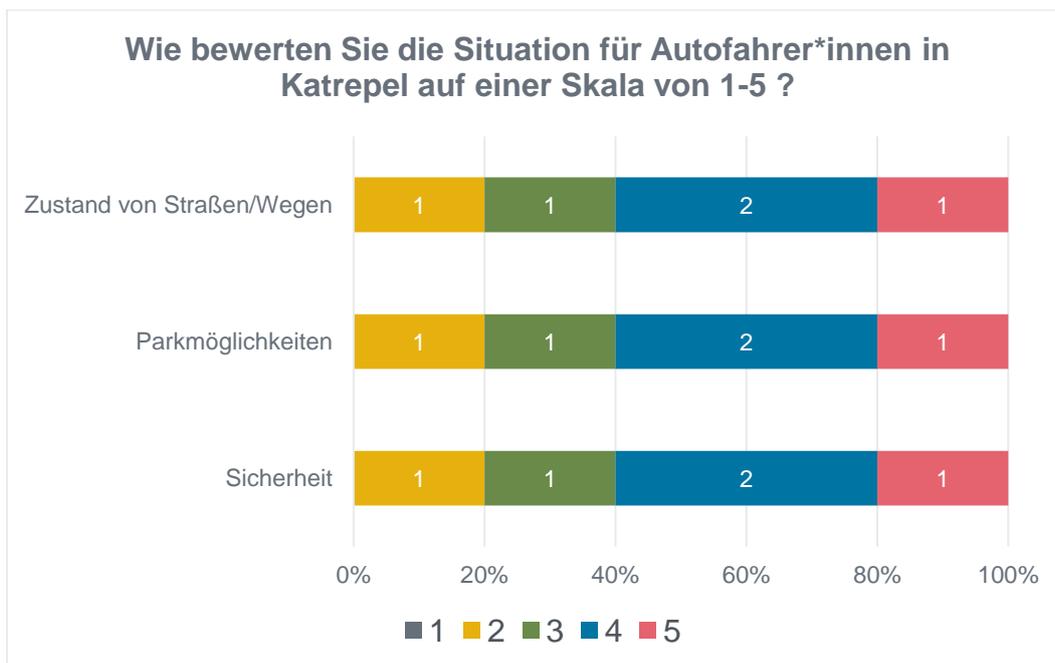


Abbildung 10-5: Situation für Autofahrer in Katrepel

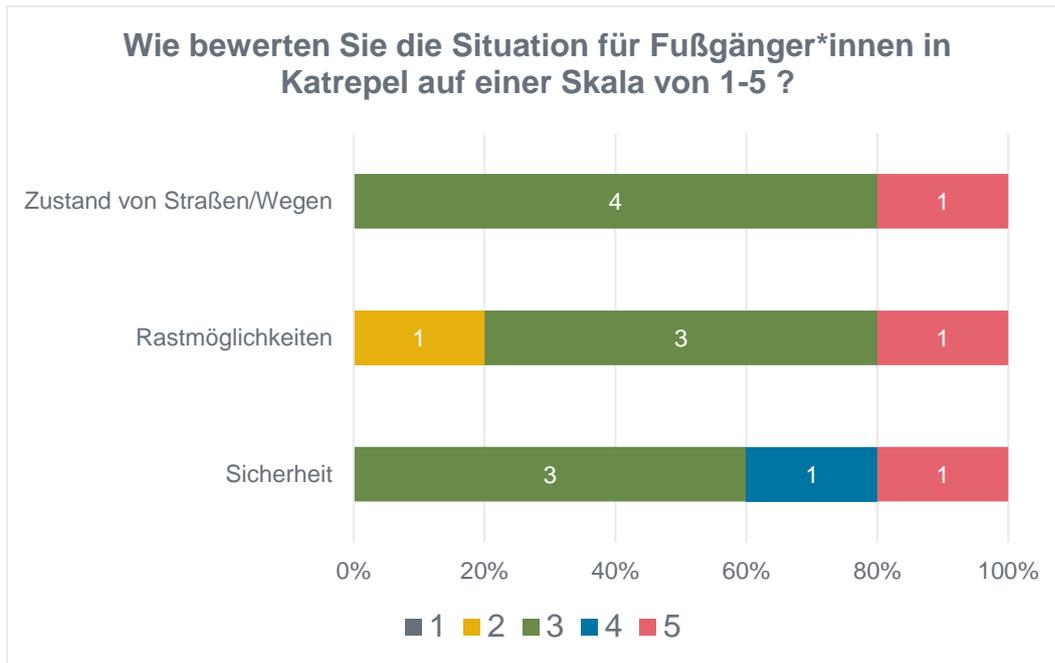


Abbildung 10-6: Situation für Fußgänger in Katrepel

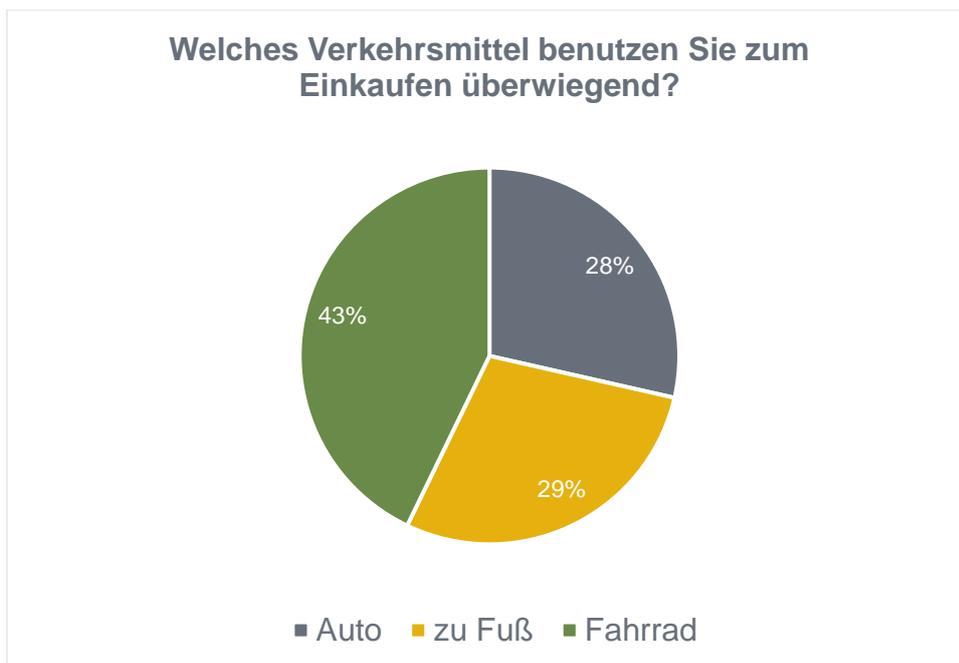


Abbildung 10-7: Verkehrsmittelwahl zum Einkaufen

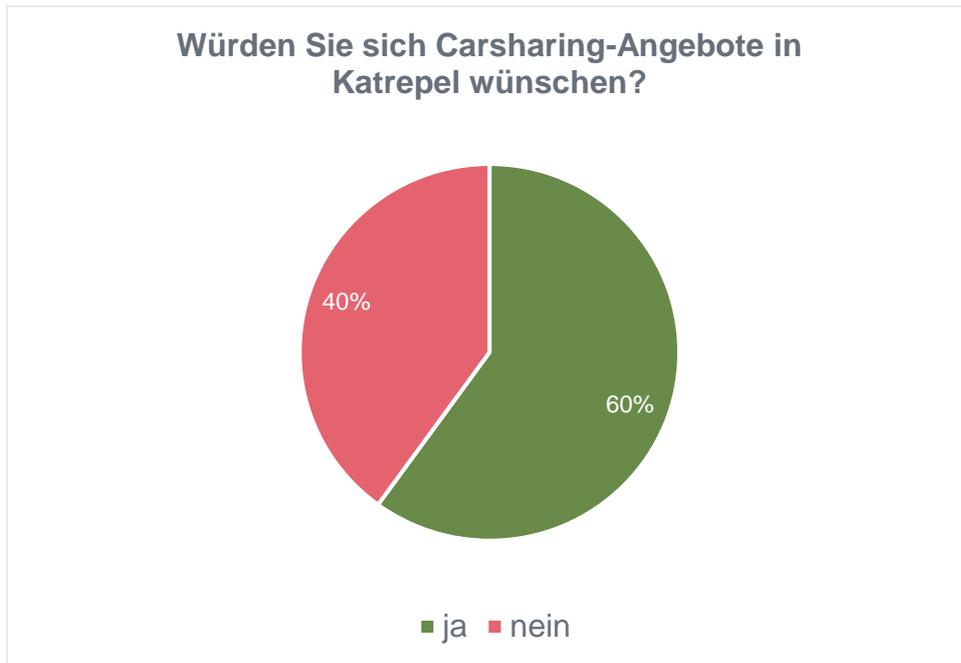


Abbildung 10-8: Wunsch nach Carsharing im Quartier

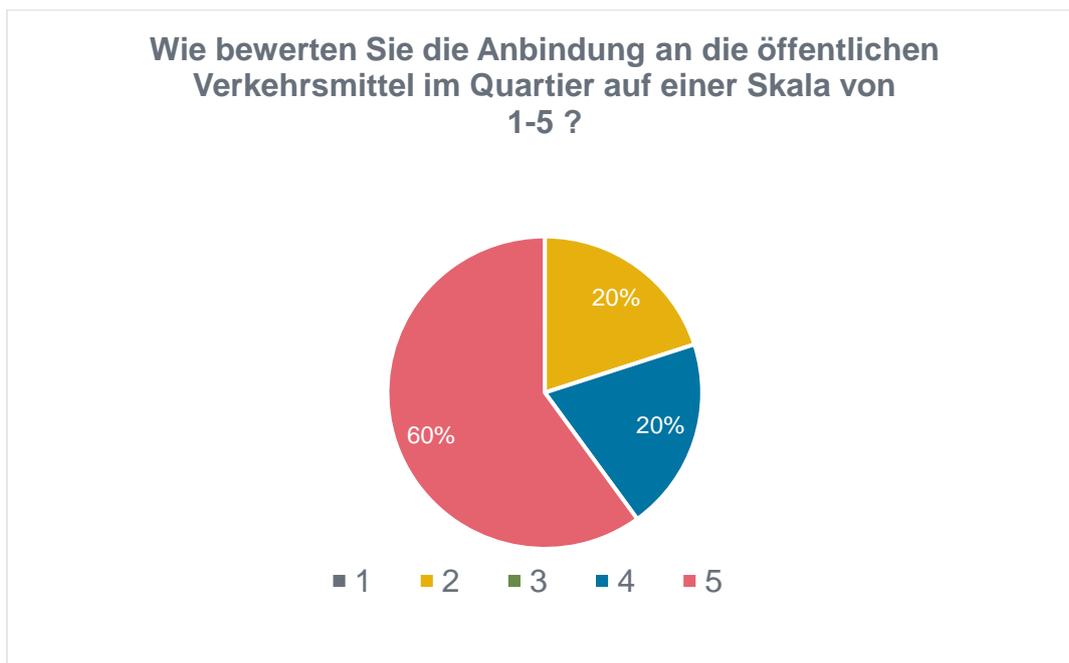


Abbildung 10-9: Bewertung der ÖPNV-Anbindung im Quartier

Katrepel ist über die Straßenbahnhaltestelle „Daniel-Jacobs-Allee“ an die Straßenbahnlinie 4 angebunden, die eine gute Verbindung in die Bremer Innenstadt ermöglichen. Die Haltestelle befindet sich zwar nicht im Quartier, ist aber auch aus dem östlichen Katrepel in 10-12 Minuten zu Fuß zu erreichen. An der Haltestelle Daniel-Jacobs-Allee, wie auch einige hundert Meter weiter südlich an der Bürgermeister-Kaisen-Allee, halten Busse, die das ÖPNV-Angebot in Katrepel verstärken. Abbildung 10-9 bestätigt die hohe Zufriedenheit der Katrepeler mit dem ÖPNV-Angebot im bzw. um das Quartier herum. Auch Abbildung 10-7 und Abbildung 10-1 weisen auf eine starke Nutzung von ÖPNV und Fahrrad hin. Die Bewertung der Situation verschiedener Verkehrsteilnehmer in Katrepel ist dagegen indifferent. Die Situation für

Fahrradfahrer wird mit durchschnittlich 3,45, für Autofahrer mit 3,25, und für Fußgänger mit 3 Punkten bewertet.

Abschließend konnten die Teilnehmenden Nachrichten zu zusätzlichen Themen hinterlassen. Dabei wurden folgende 2 Hinweise hinterlassen:

*„Die Borgfelder Heerstraße darf NICHT für den Autoverkehr gesperrt werden, da der Ausweichverkehr ein viel größeres Problem schaffen würde. Ferner sollten Kinder und Jugendliche nicht ständig zu allen Orten mit dem Auto gefahren werden, das würde die Probleme vor den Schulen und Kinderbetreuungen deutlich verringern!“*

*„Es fahren leider häufig Radfahrer auf den Gehwegen, selbst im Bereich des Kiebitzbrink der Fahrradstraße ist. Rechts vor links scheint nicht allen Verkehrsteilnehmer\*innen geläufig zu sein.“*

Im Rahmen der Lenkungsgruppe wurde entschieden, dass die ArGe in Abstimmung mit der Abteilung 5 – Verkehr der SBMUS Maßnahmenvorschläge für das Problem der „Elterntaxis“ und den damit verbundenen Verkehrsbehinderungen erarbeitet.

## 10.2 Verkehrsbehinderung durch Hol- und Bringverkehr

Die Verkehrsbehinderungen bzw. Stauungen durch Autos von Eltern betreffen insbesondere den Bereich der Katrepeler Landstraße an der Grundschule Borgfeld und der evangelischen Krippe sowie den Krögerweg auf Höhe der evangelischen Kita.

Seit einigen Jahren ist der Anteil der Kinder, die mit dem Auto zur Schule kommen deutschlandweit, steigend. Im Schnitt werden 33 % der Kinder regelmäßig mit dem Auto zur Grundschule gebracht. Freie Schulwahl, hohe Kfz-Verfügbarkeit, Zeitdruck in den Familien, Sorge der Eltern vor Verkehrsunfällen oder Sorge vor Kriminalität können zunehmenden Verkehr vor Schulen begünstigen, wenngleich die regionalen Unterschiede groß sind (mobilogisch!, 2018). Die ADAC-Stiftung empfiehlt Gegenmaßnahmen zu ergreifen, wenn 10-15 % der Kinder mit dem Auto zur Schule gebracht werden, es Störungen im fließenden Verkehr, im Busverkehr oder Fußgängerverkehr gibt oder häufig im Halteverbot geparkt wird. Zusätzlich sollten Schulkinder nicht ohne Querungshilfen die Straße vor der Bildungseinrichtung überqueren (ADAC-Stiftung, kein Datum).

Nach Absprache mit der Abteilung Verkehr der SBMS, konnten bauliche Maßnahmen im Bereich der Schule und der Krippe an der Katrepeler Landstraße ausgeschlossen werden. Die Einrichtung von Querungshilfen ist im Kurvenbereich der Katrepeler Landstraße nicht vorgesehen und auch aufgrund der eingeschränkten Sicht nicht sinnvoll. Auch im Bereich der Kita ist aufgrund der engen Straßenführung keine bauliche Änderung mehr möglich. Maßnahmen zur frühkindlichen Mobilitätserziehung scheinen daher geeigneter um das Problem Verkehrsstörungen vor den Einrichtungen in Katrepel nachhaltig einzudämmen. Platz für neue zentrale „Elternparkplätze“ ist nahe der Schule und Krippe zudem nicht vorhanden.

Repressive Maßnahmen und Sanktionierungen wie bspw. Halteverbotszonen, die Einbindung von Ordnungsämtern und Polizei oder Ermahnungen durch die Schule haben in der Vergangenheit vermehrt Anwendung gefunden, aber nur wenig Wirkung gezeigt. Eine Lenkung von schulischer Mobilität muss viel mehr die Attraktivität und Sicherheit von Fußwegen steigern und an der Motivation von Eltern und Schülern gearbeitet werden (mobilogisch!, 2018). Auch von Seiten der SBMS wird keine Halteverbotszone oder anderweitig sanktionierende Maßnahme für das Quartier erwogen.

Um die Nutzung von PKWs für den Schulweg wirksam zu mindern, sollte daher an der Motivation der Eltern und Schüler, der Sicherheit der Fuß- und Radwege und der Attraktivität des Stehenlassens von Autos gearbeitet werden. Diese 3 Faktoren werden auch als MAS-Kriterien bezeichnet.

**Motivation:** Um die Motivation von Schülern und Eltern für den Schulweg zu Fuß zu erhöhen, können Programme wie „die Fußgänger-Profis“ der niedersächsischen Landesregierung eine Hilfestellung bieten. Durch Belohnungssysteme (Punkte sammeln für den Schulweg zu Fuß) wird ein Anreiz für die Schüler geschaffen, die Eltern zum Verzicht auf das Auto zu bewegen. Eltern, denen die Selbstständigkeit und Bewegung ihrer Kinder ein Anliegen ist, werden ihre Kinder dabei unterstützen und auf das Auto verzichten (Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr et al., 2016). Ähnliche Systeme werden auch im Rahmen der „Klimaschule“-Plakette in Bremen genutzt.

**Attraktivität:** Der Weg zur Schule sollte für Schüler attraktiv und arm an Hindernissen sein. Hierfür können sogenannte „Walking-Busses“ eingerichtet werden, bei denen Elternteile an vorher festgelegten Treffpunkten Gruppen von Kindern „aufsammeln“ und zur Schule begleiten. Dies schafft Sicherheit für die Eltern bei gleichzeitiger Förderung der eigenständigen Mobilität der Kinder in Ihrem Wohnumfeld. Im Rahmen dieses Quartiersprojekts konnte nicht geprüft werden, ob es solche Initiativen an der Grundschule bereits gibt. Gespräche mit der Abteilung Verkehr der SBMS legen allerdings nahe, dass es in der Vergangenheit bereits Anstrengungen zur Etablierung von „Walking-Busses“ gab.

**Sicherheit:** Da keine baulichen Maßnahmen an der Grundschule Borgfeld oder den Kindertagesstätten angedacht sind, könnte die Einbindung eines für Borgfeld zuständigen Kontaktpolizisten sinnvoll sein. Die Präsenz von Kontaktpolizei zwecks Aufklärung und Überwachung des Verkehrsraums vor Schule und Kindertagesstätten, könnte helfen den Autoverkehr zu reduzieren, wenngleich dies mit hoher Unsicherheit behaftet ist.

Aus einer Erfüllung der MAS-Kriterien kann eine Reduzierung des „Elterntaxis-Problems“ resultieren. Gleichzeitig liegt die Verantwortung für frühkindliche Mobilitätserziehung bei den Eltern und insbesondere den Bildungseinrichtungen. Schule und Kitas sind daher dringend in die Maßnahmenentwicklung miteinzubeziehen, insbesondere für die Organisation von Info-Abenden oder für Projekte wie die Klimaschule oder Programme wie die „Fußgängerprofis“.

## 11 Klimaanpassung

Der Klimawandel stellt Norddeutschland in den kommenden Jahrzehnten vor zunehmende Herausforderungen in Bezug auf Extremwetterereignisse und die sich dadurch ändernden Lebensbedingungen insbesondere für vulnerable Gruppen wie alte Menschen oder Kinder. Zunächst eine kurze Einordnung der Klimaänderungen für die Region Niedersachsen, Bremen und Hamburg: Seit 1881 hat sich die Jahresmitteltemperatur um 1,8 °C (linearer Trend) erhöht. Auch die Anzahl der „heißen Tage“ (Tage mit einer Tageshöchsttemperatur von > 30 °C) hat sich im Betrachtungszeitraum seit 1961 um ca. 7,7 Tage erhöht (Deutscher Wetterdienst (DWD), o.J.). Für die Entwicklung der Anzahl von Starkregentagen (> 20mm pro Tag) war zuletzt kein klarer Trend erkennbar (Deutscher Wetterdienst (DWD), 2018)

Ein zukünftiger Anstieg der Temperatur im Bundesland Bremen ist, laut einer Begleitstudie des deutschen Wetterdienstes, mit hoher Wahrscheinlichkeit zu erwarten. Im Betrachtungszeitraum zwischen 2021 und 2050 beträgt dieser Anstieg etwa 1,0 bis 1,3 °C (wahrscheinlich, mittleres Vertrauen<sup>14</sup>). Der Unterschied zwischen den durch die Klimaprojektionen (Klimaschutz-Szenario und Weiter-wie-bisher-Szenario) projizierten Änderungen ist gering. Die Bandbreite der Ergebnisse liegt zwischen 0,7 und 2,1 °C. Für den langfristigen Planungshorizont ist der Temperaturanstieg stark vom gewählten Szenario abhängig und variiert zwischen 1,1 und 3,6 °C (Deutscher Wetterdienst (DWD), 2018).

Eine starke Änderung des mittleren Jahresniederschlags ist im genannten Planungshorizont (2021–2050) für das Bundesland Bremen nicht zu erwarten (praktisch sicher, sehr hohes Vertrauen). Derzeit wird mit einer Zunahme von 2 bis 5 % gerechnet (wahrscheinlich, mittleres Vertrauen). Der Unterschied zwischen den projizierten Szenarien ist ebenfalls gering. Die Bandbreite der Ergebnisse liegt zwischen -3 % und +11 % Änderung. Für den langfristigen Planungshorizont (2071–2100) ist mit einer Zunahme um +10 % zu rechnen (praktisch sicher, sehr hohes Vertrauen). Grundsätzlich gilt, dass eine Änderung von unter 10 % nicht von der natürlichen Klimavariabilität unterschieden werden kann. Für die Anzahl der Tage mit Niederschlag von mindestens 10 mm pro Tag (Starkregentage) ist sowohl für den kurz- als auch für den langfristigen Planungshorizont mit einer Zunahme zu rechnen. Jedoch sind die Prognosen für Starkregenereignisse von starker Unsicherheit geprägt (Deutscher Wetterdienst (DWD), 2018).

Daher macht es Sinn, Infrastruktur und Aufenthaltsflächen sowohl für zunehmende Hitzeperioden als auch für starke Niederschläge zu wappnen und an die Folgen des Klimawandels anzupassen. Insbesondere das Hochwasserereignis aufgrund der starken Regenfälle zwischen Weihnachten 2023 und Neujahr, weisen auf die Bedeutung der Themen Retention, Hochwasserschutz und Deichschutz hin.

Ein großer Teil des Quartiers weist heute günstige bioklimatische Bedingungen auf. Das Naturschutzgebiet „Borgfelder Wümmewiesen“ im Nordosten, sowie die landwirtschaftlich genutzte Wümmeniederung im Osten des Quartiers sind von hoher bioklimatischer Bedeutung für Katrepel und den östlichen Teil Borgfelds. Durch die lockere Bebauung im Quartier wird das Eindringen von Kaltluft aus den genannten Gebieten ermöglicht und verhindert das vermehrte Auftreten von Wärmeinseln (GEO-NET Umweltconsulting, 2013) .

---

<sup>14</sup> In der Klimamodellierung wird eine definierte und einheitliche Sprache genutzt. Die Belegbarkeit und Stichhaltigkeit der Annahmen wird in Vertrauen angegeben. Der Vertrauensgrad wird darin durch die fünf Begriffe sehr gering, gering, mittel, hoch und sehr hoch beschrieben. Alternativ kann die Wahrscheinlichkeit werden geben. Genauere Informationen sind in Deutscher Wetterdienst (DWD), 2018 zu finden (siehe Quellenverzeichnis).

Aufgrund des hohen Anteils an privaten Flächen in Katrepel sind die Möglichkeiten Klimaanpassungsmaßnahmen für den öffentlichen Raum (hauptsächlich Straßen) zu entwerfen in diesem Quartier begrenzt. Zusätzlich bietet Katrepel einen hohen Anteil an Grün- und Retentionsflächen (insb. Gärten) und weist einen vergleichsweise geringen Versiegelungsgrad auf. Im Rahmen der Lenkungsgruppe wurden zudem keine speziellen vulnerablen Räume identifiziert. Die folgenden Maßnahmen wurden von der ArGe erarbeitet und im Rahmen der letzten Lenkungsgruppensitzung für erstrebenswert empfunden.

### 11.1 Informationsveranstaltungen zum Thema Starkregenvorsorge

Gemäß der Starkregenvorsorgekarte der (siehe Abbildung 11-1) Freien Hansestadt Bremen sind einige Flächen in Katrepel vulnerabel bei Starkregenereignissen, insbesondere im Bereich privater Gärten. Diese Bereiche sind daher einer erhöhten Überflutungsgefahr ausgesetzt.



außergewöhnlicher Starkregen Überflutungsgefahr (max. Wasserstand)

<WERT>

- gering
- mäßig
- hoch
- sehr hoch

Abbildung 11-1: Starkregenkarte Bremen, Quartiersausschnitt (Die Senatorin für Umwelt, Klima und Wissenschaft; Bundesamt für Kartographie und Geodäsie; Landesamt GeoInformation Bremen; Geologischer Dienst für Bremen; Vermessungs- und Katasteramt, Magistrat Bremerhaven; o.J.)

In der Klimaanpassungsstrategie von Bremen und Bremerhaven wird Information und Bewusstseinsbildung für die Folgen des Klimawandels als eine Schlüsselmaßnahme (Nr.6) angesehen: „Über eine zielgruppenspezifische Ansprache soll dabei einerseits die Notwendigkeit und die Bedeutung der Klimaanpassung für die Lebensqualität in den Stadtgemeinden hervorgehoben werden. Darüber hinaus soll in der Öffentlichkeit ein Bewusstsein für die Risiken durch Klimaveränderungen geschaffen werden (Risikokommunikation), aber auch der Nutzen von Klimaanpassungsmaßnahmen vermittelt werden (Nutzenkommunikation)“ (Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr, 2018). Im Sinne dieser Strategie empfehlen wir die Organisation von einer oder mehrerer Informationsveranstaltungen zum Thema „Retention und Starkregenvorsorge in Haus und Garten“ für die Bewohner des Quartiers und Borgfeld gesamt. Das öffentliche Interesse an Überschwemmungsvorsorge und Schwammstadt-Ansätzen kann seit dem Hochwasser Ende des Jahres 2023 als hoch eingeschätzt werden.

Inhalt einer solchen Veranstaltung könnten sein:

- Information über die Klimaanpassungsstrategie und die Schlüsselmaßnahmen für die Stadtgemeinde Bremen (inkl. Vorstellung der Starkregenkarte und des Starkregenvororgeportals)
- Möglichkeiten der Regenrückhaltung (Retention) im Garten (z.B. Zisternen oder Retentionsmulden), Schwammstadt, naturbasierte Lösungen
- Schutz am Haus vor Regenwasser (z.B. Rückstauklappen, Erhöhungen von Kellereingängen etc.)
- Nachhaltige Nutzung von Regenwasser
- Hochwasserschutz
- Hinweise auf weitere Angebote der Stadt bzw. energiekonsens zum Thema Klimaanpassung (z.B. Förder- und Beratungsprogramme)

Die Organisation einer derartigen Veranstaltung kann durch energiekonsens in Zusammenarbeit mit dem Beirat Borgfeld stattfinden. Sollte ein Sanierungsmanagement beauftragt werden, kann die Organisation und Konzipierung einer solchen Veranstaltung auch durch den Sanierungsmanager übernommen werden. Denkbar wäre auch die Einbindung von externen Referenten aus Behörden oder Wissenschaft.

## 11.2 Pädagogische Projekte in Zusammenarbeit mit der Grundschule Borgfeld

Der Sensibilisierung von jungen Menschen für die Folgen der Klimakrise kann eine hohe Relevanz beigemessen werden, da jüngere Generationen zukünftig besonders von langfristig auftretenden Klimafolgen betroffen sind und den Klimaanpassungsprozess maßgeblich gestalten müssen. Kommunen und Klimaschutzagenturen sind daher aufgerufen kreative Formate zu entwickeln und in Zusammenarbeit mit Schulen und Lehrkräften umzusetzen. Beispielhaft können hier Aktionstage, Projektwochen oder Ausstellungen genannt werden, um sich den Themen Klimaschutz und Klimaanpassung niederschwellig zu nähern.

Wir empfehlen die Organisation und Durchführung von Aktionstagen/einer Aktionswoche zum Thema Klimawandel und Biodiversität zusammen mit der Grundschule Borgfeld. Auf diese Weise kann die Grundschule als Multiplikator von „Klimaanpassungswissen“ für Lehrer, Schüler und Eltern fungieren. Projekte innerhalb dieser Aktionstage könnten sein:

- Wissensvermittlung zum Thema Regenwasser und Versickerung (am praktischen Beispiel der Regentonne o.Ä.)
- Wissen zum Klimawandel generell

- Synergien zum Thema Biodiversität schaffen (z.B. Anlage einer Vogelschutzhecke, Insektenhotels)
- Wissensvermittlung: was passiert mit Menschen, Pflanzen und Tieren bei Dürre und Hitzeereignissen

Solche Projekte für Schüler, Lehrer und Eltern helfen dabei die Anpassungskapazität zukünftiger umsetzungsrelevanter Akteure zu steigern und lokales Wissen zum Klimaschutz aufzubauen. Eine Überschneidung mit dem Projekt „Schulen auf dem Weg zur Klimaneutralität“ der Freien Hansestadt Bremen ist zu prüfen.

## 12 Umsetzungshemmnisse und Möglichkeiten zu ihrer Überwindung

### 12.1 Gebäudesanierung

Die Gebäudesanierung ist klimapolitisch eine besondere Herausforderung: Ein großer, zusammenhängender Anteil der Energiebedarfsdeckung in Deutschland wird für die Raumwärmebereitstellung verwandt. Vom gesamten bundesdeutschen Endenergieverbrauch in 2016 betrug der Energieaufwand für die Beheizung der Gebäude, wie in Abbildung 12-1: Wärmebedarf Deutschland (Stand 2016) dargestellt, ca. 28 % (BMWE, 2018).

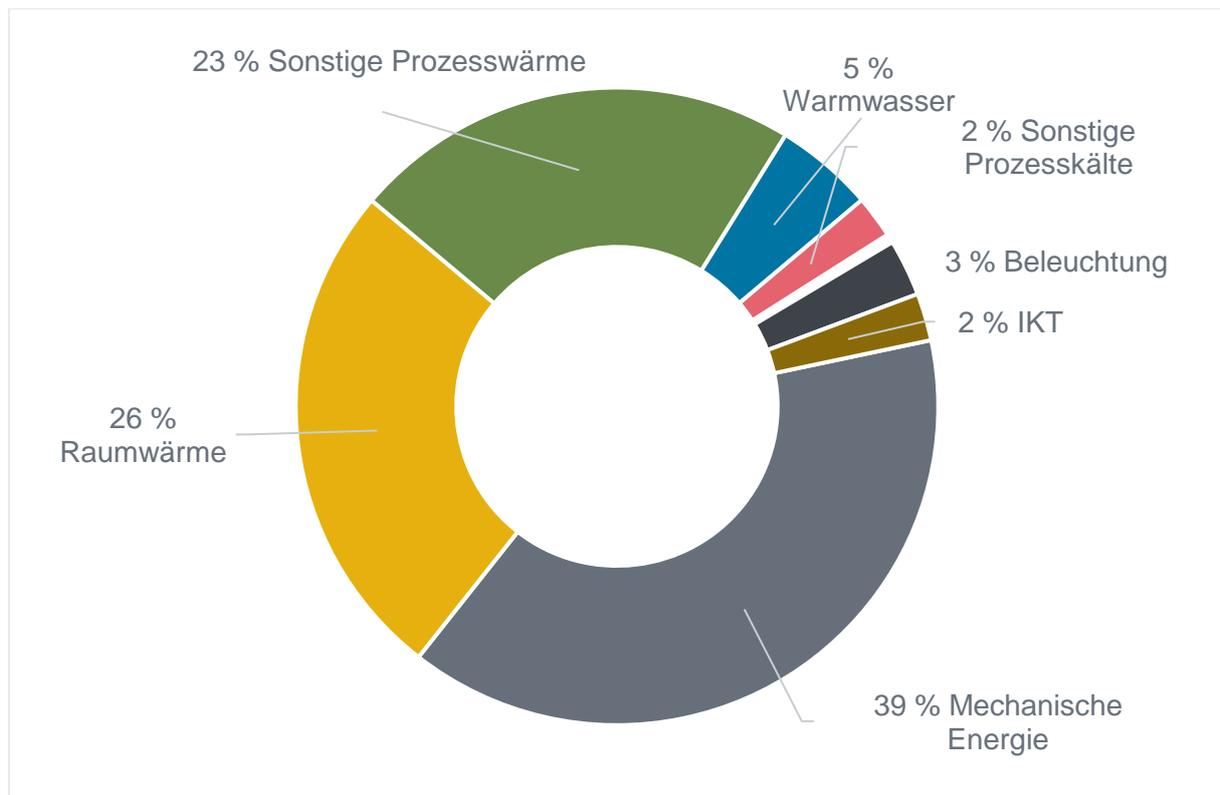


Abbildung 12-1: Wärmebedarf Deutschland (Stand 2016)

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. Dies ist ein wichtiger Bestandteil des Sanierungsmanagements, einschließlich der weiteren Einbindung externer Beratungsmöglichkeiten wie etwa der Verbraucherzentrale oder der energiekonsens. An die Notwendigkeit der jetzt dringenden Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen muss immer wieder erinnert werden.

## 12.2 Leitungsgebundene Wärmeversorgung

### 12.2.1 Technische Herausforderungen

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

### 12.2.2 Rechtliche und organisatorische Herausforderungen

Es muss ein Betreiber des Wärmenetzes gefunden werden. Sofern der Betreiber des Netzes nicht mit dem Wärmeerzeugern identisch ist, sind Verträge zu schließen, aus denen auch hervorgeht, wer für die Besicherung der Wärmeleistungen (Errichtung und Betrieb von Anlagen zur Erzeugung von Redundanz) verantwortlich ist.

Die Suche nach einem potenziellen Betreiber des Wärmenetzes stellt für das Quartier eine große Herausforderung dar. Eine offensichtliche Lösung bietet sich für das Quartier nicht an. Die entsprechenden Gespräche mit potentiellen Akteuren hierfür könnten im Rahmen eines Sanierungsmanagements geführt werden, sofern dieses realisiert werden kann. Sofern ein wirtschaftlicher Betrieb des Wärmenetzes gewährleistet werden kann, sollte hierbei keine große Herausforderung bestehen.

### 12.2.3 Wirtschaftliche Herausforderungen

Die Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes hängt entscheidend von der Anschlussquote ab. Gemessen an der Teilnehmerzahl an der Veranstaltung zur Wärmeversorgung in Borgfeld, ist nicht mit einer potentiell hohen Anschlussquote zu rechnen. Insofern besteht eine entscheidende Herausforderung darin, eine ausreichende Anzahl von Anschlussnehmern zu gewinnen. Erleichtert werden könnte dies allerdings durch die gestiegenen Preise fossiler Energieträger sowie das wachsende Bewusstsein für die bei regionalen Energiequellen höhere Versorgungssicherheit. Im Rahmen eines möglichen Sanierungsmanagements, vor allem mit einer potentiellen Vor-Ort-Person, müsste umfassend informiert werden, um ein ausreichendes Interesse von Anschlussinteressenten zu generieren.

Neben den Privathaushalten sind auch die öffentlichen Liegenschaften und die vereinzelt Gewerbeeinheiten in die weiteren Gespräche einzubeziehen. Die Zustimmung jener ist für den Projekterfolg unabdingbar.

### 12.3 Mobilität

Der Erfolg der Maßnahmen gegen den erhöhten Hol- und Bringverkehr vor Schule und Kindergärten hängt stark vom Verhalten der Eltern ab. Sollte das Auto für den Schulweg der Kinder als unverzichtbar erachtet werden, wird es schwierig das Problem „Elterntaxi“ in den Griff zu bekommen. Zusätzlich müssen die Bildungseinrichtungen Kapazitäten für Aufklärung und Kontrolle des Hol- und Bringverkehrs vorhalten. Sollten diese aufgrund von Personalmangel oder fehlendem Problembewusstsein nicht aktiviert werden können, stellt dies ein weiteres Hemmnis dar.

### 12.4 Klimaanpassung

Die in Kapitel 11 beschriebenen Maßnahmen benötigen aktive Koordination und Engagement zur Organisation z.B. von Veranstaltungen und zur Vernetzung der relevanten Akteure. Daher ist zu klären, wie entsprechende Aktivitäten finanziell und personell umgesetzt werden können. Sollte ein Sanierungsmanagement angestrebt werden, fiele dies in den Aufgabenbereich eines Sanierungsmanagers oder einer Sanierungsmanagerin. Doch auch die Energiekonsens kann in Zusammenarbeit mit Schule und Ortsbeirat Veranstaltungen oder schulische Projekte ins Leben rufen. Technische oder rechtliche Hemmnisse sind nicht identifiziert worden.

## 13 Öffentlichkeitsarbeit

### 13.1 Lenkungsgruppe

Die Lenkungsgruppe des Projektes bestand aus der energiekonsens (Henrik Unrath, zeitweise Alina Fischbeck), Ortsamtsleiter Karl-Heinz Bramsiepe, dem Ortsbeirat (Jürgen Klaes, Michael Kruse), der Senatorin für Umwelt, Klima und Wissenschaft (Sabine Rennies, Katja Stanislawski, Stefan Wittig), Immobilien Bremen (Annika Bruck, Tobias Utter) und der ArGe aus FRANK und IPP ESN.

Die Lenkungsgruppe hat zwischen April 2023 und Dezember 2023 insgesamt einmal in Präsenz und vier Mal digital getagt. Auf den Sitzungen wurden das Vorgehen sowie maßgebliche inhaltliche Weichenstellungen abgestimmt und beschlossen. Zudem diente die Lenkungsgruppe als Multiplikator ins Quartier sowie als Resonanzgruppe für Rückmeldungen aus dem Quartier.

### 13.2 Allgemeine Öffentlichkeit

Für die Öffentlichkeit des Quartiers wurden insgesamt drei Veranstaltungen durchgeführt. Zudem wurde das Projekt im Februar 2023 im Rahmen einer Ausschusssitzung des Ortsbeirats Borgfeld vorgestellt.

Auf der Veranstaltung am 16. Mai 2023 wurden die Inhalte und die Vorgehensweise von Quartierskonzepten erläutert und allgemeine Informationen zu möglichen Sanierungsmaßnahmen vorgestellt sowie die Bewerbungen um die drei Mustersanierungsberatungen entgegengenommen. Bei der zweiten öffentlichen Veranstaltung am 26. September 2023 wurden die Ergebnisse der Mustersanierungsberatungen vorgestellt. Die Möglichkeiten einer klimafreundlichen und regionalen leitungsgebundenen Wärmeversorgung für das Quartier wurden am 14.11.2023 vorgestellt und mit dezentralen Wärmeversorgungsoptionen verglichen.



Abbildung 13-1: Impressionen von den öffentlichen Veranstaltungen, Foto: energiekonsens

Zu den Veranstaltungen wurden im gesamten Quartier Einladungen verteilt, auf der Webseite der energiekonsens geworben und teilweise Pressemitteilungen herausgegeben, sowie die lokale Presse eingeladen.

Auf der ersten öffentlichen Veranstaltung wurde auch abgefragt, welche Themen des energetischen Quartierskonzepts für die Bewohner in Katrepel besonders interessant sind. Zusätzlich wurde eruiert, auf welche Weise die Bewohner gerne über anstehende Veranstaltungen

informiert werden wollen und welche Wochentage bzw. Uhrzeiten für Veranstaltungen anzustreben sind. Die Ergebnisse sind in Tabelle 13-1 dokumentiert.

Tabelle 13-1: Abstimmung zu den Interessen der Einwohner des Quartiers

Interesse an	Anzahl Abstimmungen
Heizungstausch/Wärmeversorgung	19
Photovoltaik	17
Energetische Sanierung	13
Mobilität	9
Klimaanpassung	4
Gewünschte Uhrzeit Veranstaltungen	Anzahl Abstimmungen
19 Uhr	16 (alle)
Interesse an Online-Veranstaltungen	Anzahl Abstimmungen
Ja	10
Nein	2
Egal	1
Sind Wurfsendungen zur Bewerbung gewünscht?	Anzahl Abstimmungen
Ja	16 (alle)
Welche Wochentage sind für Veranstaltungen erwünscht?	Anzahl Abstimmungen
Mo	6
Di	9
Mi	2
Do	2

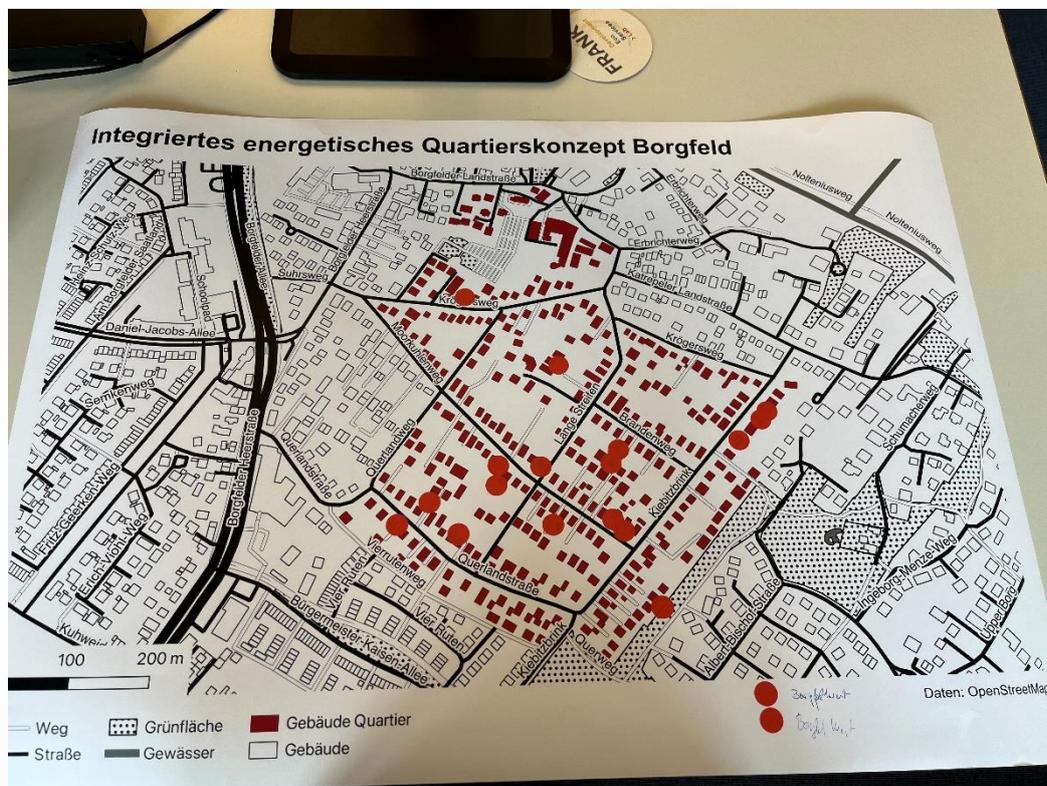


Abbildung 13-2: Wo leben die Besucher der Veranstaltung? Foto: FRANK

## 14 Controlling-Konzept

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

- fortschreibbare Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz als zentrales Ergebnis des Controllings,
- verschiedene Bewertungsindikatoren,
- durchgehende Dokumentation.

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

### 14.1 Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz

Die Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz ist in der Überprüfung der Erfolge einer energetischen Quartierssanierung der zentrale Baustein. Die Erfassung von Verbrauchs- und Emissionswerten im Rahmen des Quartierskonzeptes ermöglicht eine eindeutige Beurteilung der IST-Situation anhand von vergangenen Werten. Durch die Verwendung von Excel oder vergleichbaren Instrumenten ist eine problemlose Fortschreibung der Bilanz möglich.

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

### 14.2 Bewertungsindikatoren

Bewertungsindikatoren geben die Möglichkeit, einen Sachverhalt messbar zu bewerten. Ausschlaggebend für eine erfolgreiche Bewertung ist eine einfache Erfassbarkeit und gute Verfügbarkeit dieser Daten. Die Datenerfassung bei Projekten im kommunalen Gebäudebestand ist mit einem geringeren Aufwand verbunden als bei erweiterten Projekten mit mehreren, insbesondere privaten Akteuren.

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

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

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

Tabelle 14-1: Bewertungsindikatoren

Indikator	Einheit	Datenquelle
Anschlussnehmer am Wärmenetz	Stück	Wärmenetzbetreiber
Verkaufte Wärmemenge im Netz	kWh/a	Wärmenetzbetreiber
Verluste im Wärmenetz	kWh/a	Wärmenetzbetreiber
Primärenergiefaktor Wärmenetz		Wärmenetzbetreiber
Einsatz dezentraler Heizungen mit Nutzung regenerativer Energieträger	Stück	Schornsteinfeger (Pellets), Stromnetzbetreiber (Wärmepumpen)
Von fossilen auf erneuerbare Energieträger umgestellte Heizungen	Stück	Schornsteinfeger
Primärenergieeinsatz für das Quartier	kWh/a	zu aggregieren (ggf. Wärmenetzbetreiber für Nahwärme, Schornsteinfeger für Erdgas, Heizöl, Pellets etc.)
CO <sub>2</sub> -Emissionen	t/a	aus Primärenergieeinsatz abzuleiten
Anzahl Sanierungs- / Energieberatungen	Stück	Sanierungsmanager
Sanierte Gebäude (ggf. Differenzierung nach Sanierungsart)	Stück	Begehungen
Anzahl Veranstaltungen zum Thema Klimaanpassung	Stück	energiekonsens/Sanierungsmanager

### 14.3 Dokumentation

Ein elementarer Teil der Erfolgskontrolle aller genannten Faktoren ist die fortlaufende Dokumentation der zu erfassenden Daten. Diese Dokumentation wird durch ein mögliches Sanierungsmanagement übernommen und betreut. Die Dokumentation beinhaltet die Sammlung aller notwendigen Daten sowie deren abschließende Auswertung, die beispielsweise in einem jährlichen Bericht erfolgt. Auf Grundlage dieser Auswertung sind im Bedarfsfall Korrekturen der beschlossenen Inhalte des 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 dieser Bericht allen beteiligten Akteuren, politischen Gremien und der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt.

## 15 Maßnahmenkatalog und Empfehlungen für das Sanierungsmanagement

Auf Basis der voran gegangenen Untersuchungen ergeben sich die in Tabelle 15-1 dargestellten Haupt-Maßnahmenstränge. Diese können idealerweise im Sanierungsmanagement durchgeführt werden, das bislang im Förderprogramm 432 der KfW der Umsetzungsbegleitung des Quartierskonzeptes diente. Es hat eine effektive und zeitnahe Konkretisierung und möglichst die Verwirklichung der geplanten Maßnahmen zu realisieren. Dabei sollte ein „Kümmerer“ vor Ort verfügbar sein, der als Vertrauensperson mit angemessener Verfügbarkeit fungiert. Das kann eine Einzelperson, ein Mitarbeiter des Amtes oder bei Durchleitung der Fördermittel beliebige Dritte sein.

Zusätzlich zu kommunikativen Kompetenzen muss eine Kombination aus technischem, betriebswirtschaftlichem, ggf. steuerlichem und ggf. rechtlichem Know-how vorhanden sein. Gerade wenn eine Einzelperson als Sanierungsmanager beschäftigt wird, kann kaum erwartet werden, dass alle diese Kompetenzbereiche im notwendigen Umfang vorhanden sind. Von daher sollte für das Sanierungsmanagement auch eine entsprechende Beauftragung externer Dritter in Erwägung gezogen werden. Das Sanierungsmanagement fungiert als Anlauf- und Koordinationsstelle. Es vermittelt zwischen Bauherren und Maßnahmenträgern, unterstützt die Maßnahmenumsetzung im Quartier, berät private Bauherren über Fördermöglichkeiten und führt die weitere Öffentlichkeitsarbeit aus. Einen Überblick relevanter Aufgaben gibt Tabelle 15-1.

Stand Februar 2024 können keine Anträge auf Zuschüsse mehr für das Programm 432 mehr gestellt werden. Die Durchführung eines Sanierungsmanagements durch ein beauftragtes Büro oder die Einstellung eines internen Sanierungsmanagers, ist für Städte und Kommunen weiterhin möglich und sinnvoll, wenn die Kosten selbst getragen werden können. Unklar ist, ob eine Ersatzförderung durch Landesförderbanken oder andere Institutionen eingerichtet wird. Sollte in naher Zukunft kein Sanierungsmanagement für Katrepel eingerichtet werden können, sind alternative Beratungs- und Vernetzungsangebote in den Fokus zu rücken. Für die Hauseigentümer in Katrepel sind insbesondere die Angebote der energiekonsens und der Verbraucherzentrale Bremen von Bedeutung. Beispielhaft ist hier die Dämmvisite und die Solarenergieberatung der energiekonsens und die Heizungsvisite (energiekonsens in Kooperation mit der Verbraucherzentrale) zu nennen (energiekonsens, 2024). Informationsveranstaltungen und Beratungen finden zudem im klimabauzentrum der energiekonsens statt (Klimabauzentrum, 2024). Sollte kein Sanierungsmanagement realisiert werden können, bieten diese Angebote eine gute Möglichkeit Sanierungsbestrebungen im Quartier zu unterstützen.

Tabelle 15-1: Maßnahmenkatalog

Aufgaben	Priorität	Ablauf / Akteur
Beschluss über die Durchführung eines Sanierungsmanagements	hoch	kurzfristig / Gemeinde
Beantragung und Einrichtung des Sanierungsmanagements als Koordinationsstelle der Maßnahmenumsetzung; Klärung der Aufgaben, die mit eigenem Personal erledigt und die extern vergeben werden sollen.	hoch	nach zuvor genanntem Punkt / energiekonsens
Erneute Befragung des Interesses an einem Anschluss am Wärmenetz	hoch	kurzfristig, nach Start des Sanierungsmanagements / Sanierungsmanager
ggf. Identifikation des Betreibers der leitungsgebundenen Wärmeversorgung	hoch	nach Start des Sanierungsmanagements / Sanierungsmanager
ggf. Konkretisierung der Planungen des Wärmenetzes/ Überprüfung regionaler Verfügbarkeit der Energieträger	hoch	nach zuvor genannten Punkte / Betreiber Wärmenetz mit Sanierungsmanager <sup>15</sup>
Detaillierte Prüfung dezentraler Versorgungsoptionen für Liegenschaften, für die keine leitungsgebundene Wärmeversorgung angeboten (Ergebnisse vorheriger Punkte) wird, ggf. konzeptionelle Erarbeitung nachbarschaftlicher Insellösungen mit erneuerbaren Energieträgern	hoch	nach Klärung leitungsgebundene Wärmeversorgung / Sanierungsmanager
ggf. Vorlage konkreter Vertragsentwürfe an mögliche Anschlussnehmer des Wärmenetzes	mittel	nach zuvor genannten Punkten / Betreiber Wärmenetz
Vertiefte Sanierungsberatungen im Gebäudebestand einschließlich regenerativer Versorgungsmöglichkeiten im Bereich Wärme und Strom (z. B. Photovoltaik): Erstberatung, ggf. Vermittlung zertifizierter Energieberater	mittel	langfristig laufend / Sanierungsmanager
Durchführung von Schulungen zu Energiefragen	niedrig	langfristig laufend / Sanierungsmanager
Koordination gemeinsamer Beschaffungen für Sanierungsmaßnahmen und erforderlicher Versorgungsanlagen	niedrig	bzw. auf Anforderung, langfristig laufend / Sanierungsmanager
Dokumentation der Arbeiten und operative Umsetzung des Controlling-Konzeptes	niedrig	kontinuierlich / Sanierungsmanager
Konsultation der Schule in Borgfeld und Prüfung von Projekten zu Klimawandel/Biodiversität	niedrig	langfristig laufend
Konsultation des Ortsbeirats für Veranstaltung zum Thema Klimaanpassung	niedrig	bei Verdacht auf Schaden
Ansprache von Schule und Kindertagesstätten zum Thema „Hol- und Bringverkehr“, Vernetzung mit Kontaktpolizei und Behörden	niedrig	langfristig laufend

## 16 Literaturverzeichnis

- ADAC-Stiftung. (kein Datum). *Wenn Elterntaxis zur Gefahr werden-Tipps für den sicheren Weg zur Schule*. Abgerufen am 11. Januar 2024 von <https://verkehrshelden.com/artikel/kitaschule/elterntaxi>
- Agentur für Erneuerbare Energien. (o. J.). *Energieverbrauch nach Strom, Wärme und Verkehr*. Abgerufen am 17. Januar 2023 von <https://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/endenergieverbrauch-strom-waerme-verkehr>
- 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): <https://cci-dialog.de/wp-content/uploads/2021/01/Merkblatt-Antragstellung-2.pdf>
- BAFA. (2022). *Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)*. Abgerufen am 11. Oktober 2022 von [bafa.de](https://www.bafa.de): [https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente\\_Waermeneetze/effiziente\\_waermenetze\\_node.html](https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente_Waermeneetze/effiziente_waermenetze_node.html)
- BAFA. (2022a). *Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)*. Abgerufen am 11. Oktober 2022 von [bafa.de](https://www.bafa.de): [https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente\\_Waermeneetze/effiziente\\_waermenetze\\_node.html](https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente_Waermeneetze/effiziente_waermenetze_node.html)
- BAFA. (2023). *Urteil des BVerfGE: Auswirkungen auf BAFA Förderprogramme*. Abgerufen am 04. 12 2023 von [https://www.bafa.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/DE/Energie/20231218\\_ktf\\_urteil.html](https://www.bafa.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/DE/Energie/20231218_ktf_urteil.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](https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/beg_em_foerderuebersicht.pdf?__blob=publicationFile&v=10)
- BMU. (2021). *Förderaufruf Kommunale Klimaschutz-Modellprojekte*. Abgerufen am 25. März 2021 von <https://www.klimaschutz.de/modellprojekte>
- BMWI. (2018). *Energiedaten: Gesamtausgabe*. Abgerufen am 13. November 2023 von [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/Energiedaten/energiedaten-gesamt-pdf-grafiken.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=38](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/Energiedaten/energiedaten-gesamt-pdf-grafiken.pdf?__blob=publicationFile&v=38)
- BMWK. (2022). *Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze - BEW*. Abgerufen am 15. September 2022 von <https://www.bundesanzeiger.de/pub/de/amtliche-veroeffentlichung?2>
- Bremische Bürgerschaft. (2023). *Novellierung des Bremischen Klimaschutz- und Energiegesetzes (BremKEG)*. Abgerufen am 14. Februar 2024 von [https://paris.bremische-buergerschaft.de/starweb/paris/servlet.starweb?path=paris/LISSHFL.web&format=LISSESSH\\_MoreDokument\\_Report&search=WP=20+AND+DNR=1815+AND+DART=d](https://paris.bremische-buergerschaft.de/starweb/paris/servlet.starweb?path=paris/LISSHFL.web&format=LISSESSH_MoreDokument_Report&search=WP=20+AND+DNR=1815+AND+DART=d)
- Bundesfinanzministerium. (2000). *AfA-Tabelle für die allgemein verwendbaren Anlagegüter*. Abgerufen am 9. März 2021 von

[https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Steuer\\_n/Weitere\\_Steuerthemen/Betriebspruefung/AfA-Tabellen/Ergaenzende-AfA-Tabellen/AfA-Tabelle\\_AV.html](https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Steuer_n/Weitere_Steuerthemen/Betriebspruefung/AfA-Tabellen/Ergaenzende-AfA-Tabellen/AfA-Tabelle_AV.html)

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. (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](https://www.energiewechsel.de/KAENEF/Redaktion/DE/PDF-Anlagen/BEG/bundesfoerderung-f%C3%BCr-effiziente-gebaeude-einzelmassnahmen-20231229.pdf?__blob=publicationFile&v=3)

Bundesregierung. (o. J.). *Generationenvertrag für das Klima*. Abgerufen am 20. Mai 2022 von <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschutzgesetz-2021-1913672>

Bundesverfassungsgericht. (2021). *Pressemitteilung Nr. 31/2021: Verfassungsbeschwerden gegen das Klimaschutzgesetz teilweise erfolgreich*. Abgerufen am 20. Mai 2022 von <https://www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2021/bvg21-031.html>

C.A.R.M.E.N. (2022). *Marktpreisvergleich*. Abgerufen am 25. März 2023 von <https://www.carmen-ev.de/service/marktueberblick/marktpreise-energieholz/marktpreisvergleich/>

Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr. (2018). *Klimaanpassungsstrategie Bremen.Bremerhaven*. Bremen.

Deutscher Wetterdienst (DWD). (2018). *Begleitstudie Wetter und Klima im Land Bremen*. Abgerufen am 14. Februar 2024 von [https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwixzp7fjK2EAXWO9LslHWJ5B4AQFnoECBEQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.klimaanpassung.bremen.de%2Fsixcms%2Fmedia.php%2F13%2FWetter%252Bund%252BKlima%252Bim%252BLand%252BBremen\\_WEB.pdf&usg=AOvVaw](https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwixzp7fjK2EAXWO9LslHWJ5B4AQFnoECBEQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.klimaanpassung.bremen.de%2Fsixcms%2Fmedia.php%2F13%2FWetter%252Bund%252BKlima%252Bim%252BLand%252BBremen_WEB.pdf&usg=AOvVaw)

Deutscher Wetterdienst (DWD). (o.J.). *Zeitreihen und Trends*. Abgerufen am 28. Dezember 2023 von <https://www.dwd.de/DE/leistungen/zeitreihen/zeitreihen.html#buehneTop>

Die Senatorin für Bau, Mobilität und Stadtentwicklung. (2023). Abgerufen am 01. Mai 2023 von <https://bauluecken.bremen.de/>

Die Senatorin für Umwelt, Klima und Wissenschaft. (2023). *Klimaschutzstrategie 2038 der Freien Hansestadt Bremen*. Abgerufen am 3. Januar 2024.

Die Senatorin für Umwelt, Klima und Wissenschaft. (2024). *Übersicht klimaschutzbezogener Förderprogramme im Land Bremen*. Abgerufen am 12. Februar 2024 von <https://umwelt.bremen.de/klima/uebersicht-foerderprogramme-2147359>

Die Senatorin für Umwelt, Klima und Wissenschaft; Bundesamt für Kartographie und Geodäsie; Landesamt GeoInformation Bremen; Geologischer Dienst für Bremen; Vermessungs- und Katasteramt, Magistrat Bremerhaven;. (o.J.). *Auskunfts- und Informationssystem Starkregenvorsorge*. Abgerufen am 29. Dezember 2023.

E.ON, D. (2023). *Interaktive Wärmekarte Deutschland*. Abgerufen am 11. Oktober 2023 von <https://www.eon.com/de/c/waermewende/waermekarte.html>

- energiekonsens. (2024). *Die passende Beratung zum klimafreundlichen und energieeffizienten Eigenheim*. Abgerufen am 08. Februar 2024 von <https://energiekonsens.de/hauseigentuerer-in>
- Energiewechsel. (2024). *Auf einen Blick: Die neue Förderung*. Abgerufen am 15. Januar 2024 von [https://www.energiewechsel.de/KAENEF/Redaktion/DE/Downloads/foerderung-heizungstausch-beg.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=18](https://www.energiewechsel.de/KAENEF/Redaktion/DE/Downloads/foerderung-heizungstausch-beg.pdf?__blob=publicationFile&v=18)
- Freie Hansestadt Bremen. (2017). *Förderrichtlinie „Wärmeschutz im Wohngebäudebestand“ nach § 10 BremKEG*. Abgerufen am 15. Februar 2024 von [https://www.transparenz.bremen.de/metainformationen/foerderrichtlinie-waermeschutz-im-wohngebaeudebestand-nach-10-bremkeg-104625?template=20\\_gp\\_ifg\\_meta\\_detail\\_d](https://www.transparenz.bremen.de/metainformationen/foerderrichtlinie-waermeschutz-im-wohngebaeudebestand-nach-10-bremkeg-104625?template=20_gp_ifg_meta_detail_d)
- Freie Hansestadt Bremen. (2023). *Förderrichtlinie „Ersatz von Ölheizkesseln“ nach § 10 BremKEG*. Abgerufen am 15. Februar 2024 von [https://www.transparenz.bremen.de/metainformationen/foerderrichtlinie-ersatz-von-oelheizkesseln-129433?template=20\\_gp\\_ifg\\_meta\\_detail\\_d](https://www.transparenz.bremen.de/metainformationen/foerderrichtlinie-ersatz-von-oelheizkesseln-129433?template=20_gp_ifg_meta_detail_d)
- GEO-NET Umweltconsulting. (2013). *Klimaanalyse für das Stadtgebiet der Hansestadt Bremen*. Bremen. Abgerufen am 15. Januar 2024 von <https://www.klimaanpassung.bremen.de/klimainformationen/klimawandel-in-bremen/das-stadtklima-1473>.
- Google LLC. (2023). *Google Earth*. Abgerufen am 13. Juni 2023 von [https://www.google.com/intl/de\\_de/earth/](https://www.google.com/intl/de_de/earth/)
- IfEU. (2019). *Bilanzierungs-Systematik Kommunal*. Abgerufen am 13. März 2021 von [https://www.ifeu.de/wp-content/uploads/BISKO\\_Methodenpapier\\_kurz\\_ifeu\\_Nov19.pdf](https://www.ifeu.de/wp-content/uploads/BISKO_Methodenpapier_kurz_ifeu_Nov19.pdf)
- Investitionsbank Schleswig-Holstein. (2024). *Landesprogramm Wirtschaft 2021-2027 - Nachhaltige Wärmeversorgungssysteme*. Abgerufen am 12. Februar 2024 von <https://www.ib-sh.de/produkt/landesprogramm-wirtschaft-nachhaltige-waermeversorgungssysteme-1/>
- IPP ESN. (2019). *Potenzialstudie Wasserstoffwirtschaft*. Abgerufen am 19. Oktober 2023 von [https://ee-sh.de/de/dokumente/content/berichte\\_studien/2019-09-06\\_Potentialstudie-H2-NF-Endfassung-L-Web.pdf](https://ee-sh.de/de/dokumente/content/berichte_studien/2019-09-06_Potentialstudie-H2-NF-Endfassung-L-Web.pdf)
- 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-\(261-262\)/](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. (o. J.). *Energetische Stadtsanierung – Zuschuss*. Abgerufen am 19. Dezember 2023 von [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/Energie-und-Umwelt/F%C3%B6rderprodukte/Energetische-Stadtsanierung-Zuschuss-Kommunen-\(432\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/Energie-und-Umwelt/F%C3%B6rderprodukte/Energetische-Stadtsanierung-Zuschuss-Kommunen-(432)/)
- Klimabauzentrum. (2024). *Klimabauzentrum*. Abgerufen am 08. Februar 2024 von <https://klimabauzentrum.de/>

- Kölner Haus- und Grundbesitzverein von 1888. (2017). *Die Sanierungsrate, das unbekannte Wesen*. Abgerufen am 12. Januar 2023 von <https://www.koelner-hug.de/der-verein/aktuelles-service/aktuell/details/news/die-sanierungsrate-das-unbekannte-wesen/>
- Landesamt für Denkmalpflege Bremen. (2023). *Denkmalliste für das Land Bremen*. Abgerufen am 09. Januar 2024
- mobilogisch! (2018). *Elterntaxis sind vermeidbar*. Abgerufen am 11. Januar 2023 von <https://www.mobilogisch.de/41-ml/artikel/257-schulweg-elterntaxis-vermeiden.html>
- Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr et al. (2016). *Die Fußgänger-Profis: Unterrichtsmaterialien zur Mobilitätsbildung in den Jahrgängen 1 und 2 der Grundschule*. Abgerufen am 15. Januar 2024 von [https://www.mw.niedersachsen.de/download/108961/Broschuere\\_Fussgaenger-Profis.pdf](https://www.mw.niedersachsen.de/download/108961/Broschuere_Fussgaenger-Profis.pdf)
- Pfnür, A., Winiewska, B., Mailach, B., & Oschatz, B. (2016). *Dezentrale vs. zentrale Wärmeversorgung im deutschen Wärmemarkt*. Dresden.
- Pfnür, A., Winiewska, B., Mailach, B., & Oschatz, B. (2016). *Dezentrale vs. zentrale Wärmeversorgung im deutschen Wärmemarkt*. Dresden.
- Senatorin für Umwelt Klima und Wissenschaft. (2023). *Auswertung Beobachtungs- und Klimaprojektionsdaten des Deutschen Wetterdienst (DWD) für die Großraumregion Bremen-Oldenburg. Ref. 43 „Anpassung an den Klimawandel“ bei der Senatorin für Umwelt, Klima und Wissenschaft (SUKW); unveröffentlicht*. Bremen.
- Statistisches Landesamt Bremen. (2023). *Interaktiver Ortsteilatlas Bremen*. Abgerufen am 20. Dezember 2023 von <https://www.statistik-bremen.de/tabellen/kleinraum/ortsteilatlas/atlas.html>
- UBA. (2021). *Climate Change 45/2021: Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 - 2020*. Abgerufen am 21. Mai 2022 von [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-05-26\\_cc-45-2021\\_strommix\\_2021\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-05-26_cc-45-2021_strommix_2021_0.pdf)
- UBA. (2023). *Erneuerbare Energien in Zahlen*. Abgerufen am 9. Januar 2024 von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick>
- Wesernetz Bremen GmbH. (2023). *Fernwärme-Verfügbarkeit*. Abgerufen am 11. April 2023 von <https://www.wesernetz.de/fuer-mein-zuhause/nachhaltiges-zuhause/fernwaerme/fernwaerme-verfuegbarkeit>
- Zerger, C. (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>